

# Über geologisch-technische Erfahrungen beim Bau des Stubachwerkes.

Von H. Ascher und K. Powondra.

(Mit 9 Tafeln und 22 Zeichnungen.)

## H. A. Einleitung und geologische Grundlagen.

Dem beharrlichen Drängen unseres lieben Freundes Oberberggrat Dr. Ampferer verdankt diese Arbeit ihre Entstehung. Er hatte den Wunsch, die geologischen Aufschlüsse und die geologisch-technischen Erfahrungen, die sich beim Ausbau der österreichischen Wasserkraftanlagen ergaben, in diesen Jahrbüchern zu sammeln. So stecken wir in seinen reichen Kranz ein bescheidenes Sträußlein von Hochgebirgsblumen, gepflückt von uns Ingenieuren im Vorbeigehen neben unserer technischen Berufsarbeit.

Mangel und Einseitigkeiten sind damit begründet, vielleicht auch entschuldigt. Bei jenen denken wir vor allem an das Fehlen einer Einordnung unserer Beobachtungen in die großen pétrographischen, tektonischen und morphologischen Zusammenhänge des Alpenbaues und an unsere mangelhafte geologische Schulung, bei diesen verweisen wir auf die Abschweifungen ins technische Gebiet, wenn wir sie auch auf solche Fälle beschränkten, wo die geologischen Verhältnisse auf unsere Arbeit einen unmittelbaren Einfluß ausübten.

Dagegen haben wir — wie beim Spullerseewerk — außer der Geologie auch den allgemeinen physikalischen Rahmen, der das Stubachwerk umschließt, in unsere Betrachtung einbezogen, vor allem die Wetter- und Wasserverhältnisse.

Ein großer Reiz lag für uns darin, unsere Berufsarbeit durch die Verknüpfung mit wissenschaftlichen Problemen über ihre rein praktischen Ziele hinauszuhoben. Wir danken deshalb unseren Vorgesetzten für ihr einsichtsvolles Gewährenlassen und für die mannigfache Förderung, vor allem der Direktion für Elektrisierung der Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen mit ihrem früheren Direktor Herrn Sektionschef Ing. P. Dittes, ihrem jetzigen Leiter Herrn Ministerialrat Ing. H. Luithlen und dem Vorstande der Bauabteilung Herrn Ministerialrat Ing. C. Schnürer. Die Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen hat auch die Drucklegung unserer Arbeit ermöglicht, wofür wir noch besonderen Dank sagen.

Auch der Bauunternehmung Brüder Redlich und Berger in Wien, die ihren alten guten Ruf bei der Ausführung des Stubachwerkes von neuem bewährte, gebührt unser Dank, denn sie hat unsere Bestrebungen jederzeit aufs uneigennützigste gefördert und ebenfalls den Druck der Arbeit unterstützt.

Ferner danke ich meinem verehrten Lehrer Herrn Professor Dr. W. Schmidt in Tübingen, der meine ersten Schritte im Gebiete petrographischer Untersuchungsmethoden leitete und mir auch sonst mit seinem Rate in treuer Freundschaft zur Seite stand.

Als geologische Unterlagen für die Verfassung des Bauentwurfes dienten ein geologisches Gutachten über alle drei Stufen des Stubachwerkes von Herrn Oberbergrat Dr. O. Ampferer mit Schnitten und geologischer Übersichtskarte im Maßstab 1 : 12500 vom Jahre 1912, ferner ein amtliches geologisches Gutachten über die oberste Stufe des Werkes von Herrn Ministerialrat Ing. M. Singer aus dem Jahre 1920 mit Schnitten und geologischem Plan im Maßstab 1 : 12500, schließlich ein zweites Gutachten von demselben über die Oberwasserführung der obersten Stufe mit Schnitten und geologischem Plan im Maßstab 1 : 2000 aus dem Jahre 1923.

Die Aufnahme der durch den Bau vermittelten Aufschlüsse und ihre Auswertung für die Ausfeilung des Bauentwurfes besorgte die Bauleitung der Österreichischen Bundesbahnen für das Stubachkraftwerk in den Jahren 1925 bis 1929, wobei meinem sehr geschätzten Kollegen Herrn Ing. K. Powondra neben seiner schweren und verantwortungsreichen Arbeit als Bauführer des Schrägschachtes auch dessen genaue geologische Aufnahme zufiel. Ihm verdanken wir auch eine große Anzahl von feinfühlig erfaßten Lichtbildaufnahmen aus dem Baubereiche.

Die neue Alpenvereinskarte der Glocknergruppe, das Meisterwerk H. Rohns, bietet eine vorzügliche Grundlage für geologische Aufnahmen. Leider umfaßt sie nicht den ganzen Bereich der vorliegenden Aufnahme. So wurde, um auf eine einheitliche Geländedarstellung bei ihrer Wiedergabe nicht verzichten zu müssen, die Originalaufnahmeaktion des Kartographischen Institutes in Wien verwendet.

Das Stubachtal greift mit seinen beiden Quelllästen des Weißbaches und Tauerntmoosbaches rückwärts bis zum Kalsertauern, der die Granatspitzgruppe von der Glocknergruppe scheidet. Beide Gruppen bilden nicht nur scharf getrennte orographische Einheiten, sondern sind auch grundverschieden in ihrem inneren Aufbau. Daher ist das an ihrer Grenze gelegene Stubachtal vor anderen Tauerntälern durch eine besondere Mannigfaltigkeit des geologischen Baues und der Formen ausgezeichnet.

Die Tektonik des Gebietes haben Löwl und Kölbl entziffert, nachdem schon Peters und Stur die ersten Vorarbeiten geleistet hatten. Während Löwl den Granatspitzkern noch als einen im ursprünglichen Verbande liegenden Lakkolithen auffaßte, hat Kölbl die verwickelte Durchbewegtheit und Deckennatur des mächtigen Granitgneiskörpers nachgewiesen.

Im Bereiche des Stubachtales tauchen seine Bänke mit östlichem bis nördlichem Fallen unter die kristallinen Sedimente unter, welche als Schieferhülle die Mulde der Glocknergruppe sowie das nördliche Vorland der Hohen Tauern zusammensetzen.

Die oberste Stufe des Stubachwerkes liegt ganz im Granitgneis, u. zw. in dessen oberster Zone, welcher die jüngste Großphase der Alpenbildung durch die Ausbildung von Quetsch- und Gleitzonen eine besondere Prägung gegeben hat.

In diesen Zonen ist der Kalifeldspat des Granitgneises in Muskowit umgewandelt, wobei Kieselsäure frei wird, die sich in Form zahlloser Quarzlinsen im Glimmer verteilt. Die Quarzlinsen sind meist lange ausgezogen und haben die Stärke von etwa einem Millimeter bis zu mehreren Dezimetern. Es finden sich aber auch einige Meter starke Körper von Quarz, die auch nur als ausgezogene große Linsen anzusprechen sind. Eine besonders große ausgewitterte Linse liegt am Wege vom Sprengbündl zum Fenster 1. Eine andere wurde mit dem Fensterstollen 1 durchfahren.

Im Mikroskop zeigen die meist zu ganz kleinen Körnern zertrümmerten Quarze mit den sie umfließenden Muskowiten ein Bewegungsbild von seltener Lebhaftigkeit.

Diese serizitisierten Zonen erreichen bedeutende Mächtigkeit. Man findet sie im Sperrfundament über 20 m, im Stollen rund 50 m stark, gemessen senkrecht zur Schieferung. Im Gegensatz zum grobklüftigen Granitgneis ist der schmiegsame Serizitschiefer wenig zerklüftet, oft dagegen fein gefältelt. Er ließ sich stauchen. Der Serizitschiefer spricht im allgemeinen auf Beanspruchungen noch plastisch an, bei denen der spröde Gneis schon längst in die Brüche geht. Wir haben aber auch offene Klüfte im Schiefer gefunden, die den Eindruck machten, wie wenn sich das Hangendblatt unter dem Zwange einer seitlichen Druckspannung vom Liegendblatt abgehoben hätte.

Zwischen dem richtungslos körnigen Granit und dem feinblättrigen Serizitschiefer sind alle Zwischenglieder vorhanden. Eine nicht geklärte Erscheinung ist es, daß häufig beim Wechsel von Gneis auf Serizitschiefer eine Anreicherung von Biotit auftritt, der mit seiner dunklen Färbung im lichten Gestein die oft undeutlichen Schriftzüge der Gebirgsbewegung leserlich macht. Es liegt wohl hieran, daß gerade diese Stellen besonders lebhaft bewegt erscheinen. Auch Schlieren von feinkörnigem Chlorit kommen an solchen Übergangsstellen manchmal vor.

In der Rundhöckerlandschaft, die das Tauernmoos von drei Seiten umgibt, zeigt sich der Wechsel zwischen beiden Gesteinen auffällig in den Oberflächenformen an. Infolge des schrägen Nordostfallens der Bänke wechseln beständig an der Oberfläche die Schichtköpfe von Serizitschiefer und Gneis miteinander ab. Die widerstandsfähigen, vom Eise zu Rundkuppen geschliffenen Bänke des letzteren ragen zwischen den rinnenartig ausgehobelten Vertiefungen auf, die dem Ausstriche des weichen Schiefers entsprechen.

Die Schieferhülle ist dem Granitgneis mit tektonischer Konkordanz aufgelagert. Die Grenze ist an dem Wechsel der Formen und Farben des Gesteins weithin im Landschaftsbild zu erkennen.

Im Stubachtal erfährt die untere Schieferhülle eine besondere Bereicherung durch eine ganze Kette von Peridotitstöcken, die von NW gegen SO schief über das ganze Tal hinziehen.

Das Fenster 2 des Schrägschachtes reicht mit seinen äußeren 60 m gerade noch in die Schieferhülle hinein, so daß es den Kontakt zwischen ihr und dem Zentralgneis erschloß. Dieser Kontakt ist in Fig. 1<sup>1)</sup> dargestellt.

1) Auf Tafel XXII unten.

Die Schieferhülle wird dort durch einen Amphibolit vertreten, der sich fast überall als schmales Band zwischen Peridotit und Granitgneis einschleibt, gerade an dieser Stelle aber breiteren Raum gewinnt.

Das Schliffbild zeigt die grüne Hornblende ungerichtet und fein verteilt oder in Haufen geballt zwischen einem Grundgewebe von Quarz und Albit-Oligoklas. Häufig treten Chlorit und Granat hinzu. Dem freien Auge fällt oft eine schlierige Anordnung der dunklen und der lichten Gemengteile auf, die sich zu eigenartigen, manchmal sich kreuzenden Scharen von geschwungenen Linien zusammensetzen. Stellenweise bilden diese Schlieren mit Fältelung und Stauchung die Durchbewegung des Gesteines ab. Gerade an dem durch das Fenster 2 erschlossenen Kontakt ist die Bewegung äußerst lebhaft.

An der linken Ulme wurde eine Schale von enggestauchtem Biotit-schiefer angefahren, der allseits von Amphibolit umschlossen ist.

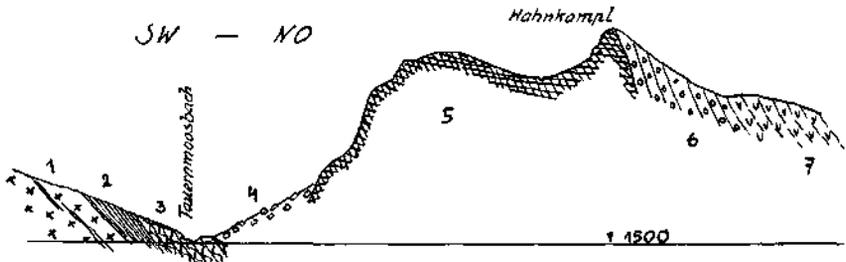


Fig. 2. Kontakt am Peridotit östlich das Hahnkampfs.

1 = Granitgneis mit einzelnen serizitischen Lagen. 2 = Serizitschiefer. 3 = Amphibolit. 4 = Bergschutt. 5 = Peridotit. 6 = Chloritischer Biotit-Amphibolit. 7 = Granat-Chloritschiefer.

Der Zentralgneis ist vom Kontakt an auf etwa 100 Stollenmeter in Serizitschiefer verwandelt, der die bezeichnende Spickung durch Quarz-linsen und an vielen Stellen Fältelung aufweist. Vereinzelt haben sich im durchbewegten, fließenden Gestein noch kleine linsenförmige Inseln von körnigem Granitgneis erhalten.

Außerhalb des engeren Kontaktbereiches zeigen die erwähnten Amphibolite gewöhnlich eine Zusammenballung der Hornblendens in dunkelgrüne Häufchen, die der lichten Grundmasse eine pantherartige Musterung geben.

Ein Profil senkrecht auf den Unterlauf des Tauernmoosbaches gibt eine Vorstellung der Schichtenfolge der unteren Schieferhülle in diesem Teile des Stubachtales (siehe Fig. 2). Es durchschneidet den großen Peridotitkörper nahe seinem Südostende. Die dem Peridotit unmittelbar angelagerten Bänke des Amphibolits und Granitgneises, in diesem Schnitte nicht sichtbar, fallen hier nach S ein. Die chloritischen Biotit-Amphibolit-schiefer am Nordostrande des Peridotits stehen saiger. Überhaupt zeigt der Peridotit im Streichen seiner Grenzflächen keine so strenge Unterordnung unter das regionale Nordostfallen der Schieferhülle wie deren übrige Glieder und erweist sich auch dadurch als Fremdkörper in ihr.

Auch bei den von Hammer aufgefundenen neuen Peridotitvorkommen des mittleren Ötztales und bei dem von Ampferer beschrie-

benen riesigen Peridotitkollolithen des Zlatibors spielen Amphibolite als umhüllende Gesteine eine große Rolle.

Ein unterirdischer Zusammenhang der ganzen Reihe von Peridotitvorkommen ist nicht wahrscheinlich. Das nordwestliche, am linken Ufer des Ödbaches gelegene, ist durch dessen tiefe Schlucht abgetrennt, deren Sohle und rechtes Ufer nirgends einen Ausbiß von Peridotit zeigen. Die nächste kleine Linse östlich der Böndlhütte dürfte allerdings mit der folgenden großen zusammenhängen, denn beide werden nur durch eine Zunge des ausgehöhlten Bergsturzes voneinander getrennt, der den Nordwestfuß der Teufelsmühle bedeckt.

Nun folgt der Hauptkörper, eine elliptische Masse von 3·3 km Länge und 1·2 km Breite, die sich schräg über das Stubachtal legt. Die Stubache hat sich 400 m tief in das harte Gestein eingesägt. Diesem Peridotitstock verdankt das Tal einen seiner schönsten landschaftlichen Reize. Hoch über der Tal-schlucht trägt der Peridotit auf stämmigen Schultern jene unwegsame und geheimnisvolle Einsamkeit der Retten- und Wiegen-tröge, die mit ihren verschwiegenen Weihern und Wasserfällen zwischen hundertjährigem Zirbenwald ein würdiger Altar für die darüber aufragende Hoheit des Hochgebirges sind.

Östlich vom Rettenkogel taucht dieses Vorkommen unter die höheren Glieder der Schieferhülle unter.

Das nächste von Kölbl beschriebene Vorkommen bildet den auffallend rostbraunen Felskopf im Westhange des Hocheisers. Mit der in den Totenköpfen gipfelnden langgestreckten Linse zwischen Riffelkees und Totenlöchern endet der Peridotit im Stubachtal.

Der Peridotit zeigt an vielen Stellen kräftige Serpentinisierung, besonders in der Nähe des Kontaktes mit dem hangenden und liegenden Gestein. Das Köpfl bei Kilometer 13·8 und die Kehre in Kilometer 14·4/5 der Autostraße zum Enzingerboden sind bequem zugängliche Beispiele hierfür. Am Kontakt ist der Serpentin oft geschiefert. Becke hat ihn eingehend behandelt.

Nicht immer grenzt Amphibolit an den Peridotit, manchmal fehlt er überhaupt und es treten dann andere Kontaktgesteine an seine Stelle.

So knapp westlich des Enzingerbodens, wo der Granitgneis selbst in geschieferter Ausbildung unmittelbar an den Peridotit herantritt. Im Dünnschliff sieht man außer den primären Albiten mit grober Zwillingsstreifung auch enggestreifte Albite, die sich auf Kosten der Orthoklase gebildet haben. Das Gestein führt etwas Granat und Chlorit. Seine Schieferung entsteht durch Quarzlagen und Muskovit.

50 m oberhalb dieser Stelle schiebt sich zwischen Granitgneis und Peridotit ein feinschiefriger, granat- und zoisitführender Biotit-Plagioklasgneis ein, dem Muskovit vollkommen fehlt. Er dürfte dem Floitit Beckes entsprechen. Diese Stelle ist in der Fig. 3 wiedergegeben.

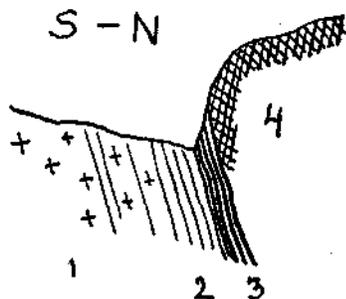


Fig. 3. Kontakt am Peridotit westlich des Enzingerbodens.

1 = Granitgneis mit serizitischen Lagen. 2 = Floitit. 3 = Geschieferter Serpentin. 4 = Peridotit.

Im Hangenden des Peridotits liegen Gesteinsfolgen, die bei aller Mannigfaltigkeit im einzelnen doch gemeinsame Züge aufweisen, welche für eine gemeinsame Geschichte Zeugnis ablegen:

In der Anordnung einer feinverteilten Kohlensubstanz und primärer Zoisite bildet sich eine alte, sehr feinblättrige Schieferung ab. Sie durchläuft das Gestein unbekümmert um den heutigen Mineralbestand und ist oft in lebhaft kleine Falten gelegt.

Ferner fällt im neuen Mineralbestand eine durchgreifende Albitisierung auf. Zu den Plagioklasen treten noch Neubildungen von Biotit und Chlorit.

Die Plagioklase haben häufig Zonenbau; ihre Kerne sind dann basischer als die sie umgebenden Höfe. Oft ist der Anorthitgehalt des Kernes schon in Zoisit verwandelt (sekundäre Zoisite). Die Albite haben ausgefranzte Umrisse und wachsen häufig zu einem vollkommen geschlossenen Pflaster zusammen.

Auch Biotit und Chlorit sind als Neubildungen durch die Richtungslosigkeit ihrer Lagerung und ihre unregelmäßige Umrandung gekennzeichnet.

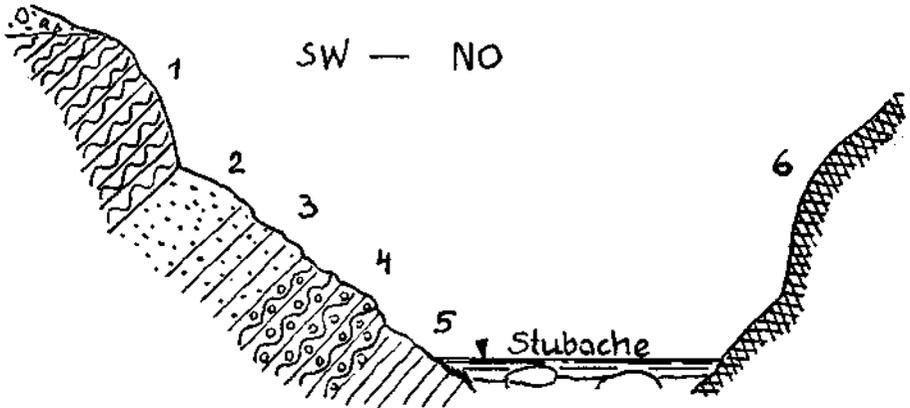


Fig. 4. Kontakt am Peridotit südlich des Wiegenbündls.

- 1 = Chlorit-Amphibolit. 2 = Weißer, ungeschieferter Quarzit. 3 = Gelblicher, geschieferter Quarzit. 4 = Chlorit-Amphibolit mit Granat. 5 = Chlorit-Amphibolit mit Biotit.

Im allgemeinen gilt von dieser Gesteinsfolge, daß die Häufigkeit der Chlorite mit der Entfernung vom Peridotit nach oben zunimmt und daß die Amphibole sich mehr in den unteren Gliedern in der Nachbarschaft des Peridotits anreichern. Die Biotite bevorzugen eine mittlere Lage. Doch ist diese Gesetzmäßigkeit schon deshalb keine strenge, weil Chlorit in fast allen Gliedern dieser Gesteinsgruppe vorkommt. Er macht sie zu einer ausgesprochenen Grünschieferreihe, die nicht nur im Handstück, sondern auch im weiteren Landschaftsbild ihre Farbe zur Geltung bringt. Am Wiegenbündl bildet sie die östliche Talwand.

Vor dem Eingehen auf diese Gesteinsfolge sollen aber noch kurz die Verhältnisse unmittelbar im Kontakt zwischen ihr und dem unter ihr liegenden Peridotit gestreift werden.

Die Fig. 4 zeigt den Kontakt südlich des Punktes 1261 am Wiegenbündl. Dort wechsellagern im Nebengestein feinkörnige, geschieferte und ungeschieferte lichte Quarzite mit chloritischen Biotit-Amphiboliten.

Bezeichnend ist die starke Schieferung fast überall in der Nähe des Kontaktes.

Am Nordwestfuß des Hahnkampls (Punkt 1926) schieben sich zwischen den Serpentin und die chloritischen Biotit-Amphibolite feinkörnige, schwarze, geschieferte und graphitische Quarzite ein.

Die Verhältnisse am Kontakt im O der großen Peridotitlinse bei Punkt 2105 gibt die Fig. 5 wieder. Dort zeigt der Kontaktschiefer im Schliff ein feinkörniges Pflaster von Plagioklas, Zoisit, Epidot, Biotit, Amphibol und Titanit.

Im Hangenden des Peridotits tritt manchmal ein ähnlicher Amphibolit auf wie in seinem Liegenden.

Im Mikroskop sieht man einen mittel- bis feinkörnigen Pflasterverband, in dem größere an den Rändern ausgefranzte Plagioklase auffallen, die von zahlreichen kleinen Zoisit- und Epidotnadeln erfüllt sind. Die Hornblenden sind zum Teil gerichtet und verursachen dadurch eine undeutliche Schieferung des Gesteins.

Auf ihm liegt ein feinkörniger Biotitamphibolit mit nach oben zunehmendem Chloritgehalt, dessen Grundmasse aus grüner Hornblende,

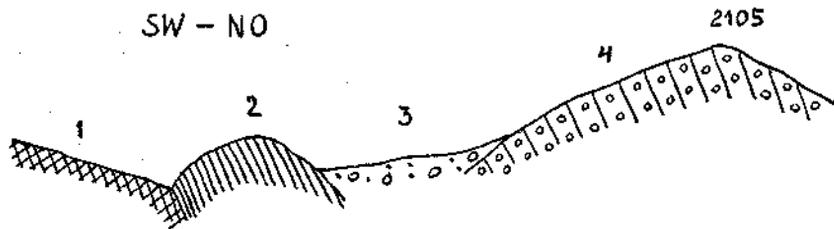


Fig. 5. Kontakt am Peridotit östlich des Punktes 2105.

- 1 = Peridotit. 2 = Zoisit-Biotit-Amphibolit. Stellenweise geschiefert. 3 = Moräne.  
4 = Feinkörniger, dunkler Hornblendegneis.

Plagioklas und Chlorit besteht, zu denen sich häufig Mineralien der Epidotgruppe, seltener Granat gesellen. Auch Quarz ist gewöhnlich vertreten. Die zahlreichen kleinen bis mittelgroßen samtbraunen Einsprenglinge von Biotit sind für das Gestein bezeichnend. Die Farbe der Grundmasse ist häufig lichtgrün, meist aber durch graphitische Beimengungen silbergrau bis schwarz abgeändert. Die junge Plagioklasbildung enthält zahlreiche Einschlüsse von Epidot und Zoisit. Durch das Hinzutreten oder Fehlen des Muskowits kommen weitere Änderungen in diese trotzdem nach außen gut abgegrenzte Reihe.

Die feinverteilte graphitische Beimengung gestattet bei einzelnen Gliedern dieser Reihe die Ablesung verschiedener Mineralisationsphasen.

Bei Punkt 1261 am Wiegenböndl (Hopfbachalm) steht ein graphitischer Chloritschiefer an. Zwischen einem Geflecht von Chlorit, Biotit und Quarz liegen große, zonar gebaute Feldspate, deren Kern aus Oligoklas (23% Anorthit) besteht und deren Hof saurer zusammengesetzt ist. Die Graphitschnüre laufen durch die Höfe unbeirrt durch, während sie in den Oligoklaskernen verdreht sind. Die Wälzung der Kerne fällt also noch vor die Zeit des Anwachsens der Höfe.

Während der Biotit dieses Gesteines als Neubildung kaum eine regelmäßige Anordnung erkennen läßt, ist der Chlorit manchmal in die Schieferungsrichtung gelegt und dabei oft verwachsen mit dem gleichgerichteten Muskowit. Dabei ist der Chlorit nur zum Teil von Graphit durchwachsen. Andere Chloritblätter sind frei von jenem.

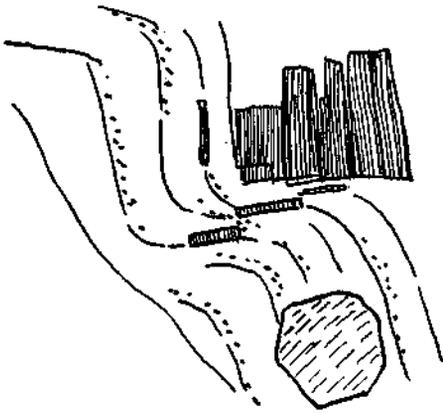


Fig. 6. Gefügebild aus den Grünschiefern. Feinschraffiert: Biotit. Strichliert: Granat. Geschlepptes Band: Albit-Oligoklas mit feinverteiltem Graphit.

dann pseudomorph die dort vorgefundene Kleintektonik. Die Fig. 6 und 7 geben die im vorstehenden geschilderten Verhältnisse wieder.

Das Gestein führt auch Granat. Seine lagenweise Anordnung bildet wohl eine Schieferung des sedimentären Ausgangsgesteines ab. Das  $s_i$  der Granaten liegt aber unabhängig vom  $s$  des Gesteines und steht häufig senkrecht auf ihm.

Wesentlich anders als die bisher beschriebene ist die Ausbildung der unteren Schieferhülle im W des Tauernmooses am Südgrat des Hocheisers. Dieses Profil, Fig. 8, gibt eine etwa um  $90^\circ$  verschwenkte Fortsetzung des von Kölbl westlich des Tauernmoos-Sees aufgenommenen Profiles.

Es beginnt in der Eiserscharte (2843 m) mit einem lichten, geschieferten porphyrischen Zweiglimmergneis, auf den bis zur halben Höhe des Berges Glimmerschiefer und Schiefergneis mit und ohne

Der Biotit wird ausnahmslos und unbekümmert um seine Lage von den Graphitbändern durchzogen.

Man sieht Feldspate, die zum Teil durch Biotit verdrängt wurden; denn die den Feldspat abbildenden geschlossenen Graphitzzeichnungen reichen in den benachbarten Biotit hinüber. Die Biotite sind also noch nach Abschluß der Feldspatbildung auf deren Kosten gewachsen.

Noch ein anderes Anzeichen spricht für ein Wachstum der Biotite in junger Zeit: sie setzen sich nämlich gerne an Stellen fest, wo der Feldspat geschleppt ist, und übernehmen

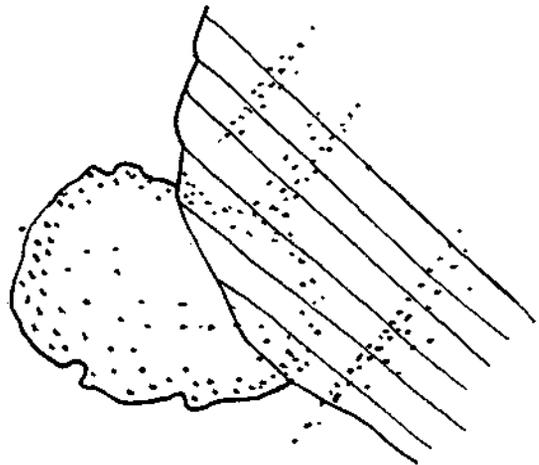


Fig. 7. Gefügebild aus den Grünschiefern. Schraffiert: Biotit. Daneben ein Feldspat, dessen ehemalige Ausdehnung aus der graphitischen Zeichnung ersichtlich ist.

Granat und Chlorit in beständigem Wechsel folgen. Das Gestein fällt auch hier gleichmäßig gegen NO.

Vom unteren Drittel des Grates zieht die auffallende Narbe einer Störung durch die Westwand gegen NW herab, die auch auf der neuen Alpenvereinskarte ins Auge fällt. Oberhalb dieser Störungslinie ist das Gestein enge gefältelt. In der oberen Hälfte des Südgrates ändert das Gestein seinen Charakter. Zwischen meist dunkle Granitschiefer, Gneise und weiße, feinkörnige und lichte Quarzite schalten sich aplitische Lagen und weiße Serizitschiefer ein. Diese Serizitschiefer sind von denen des Granitgneises mit freiem Auge nicht zu unterscheiden.

Kehren wir in das mittlere Stubachtal zum Wiegenböndl zurück.

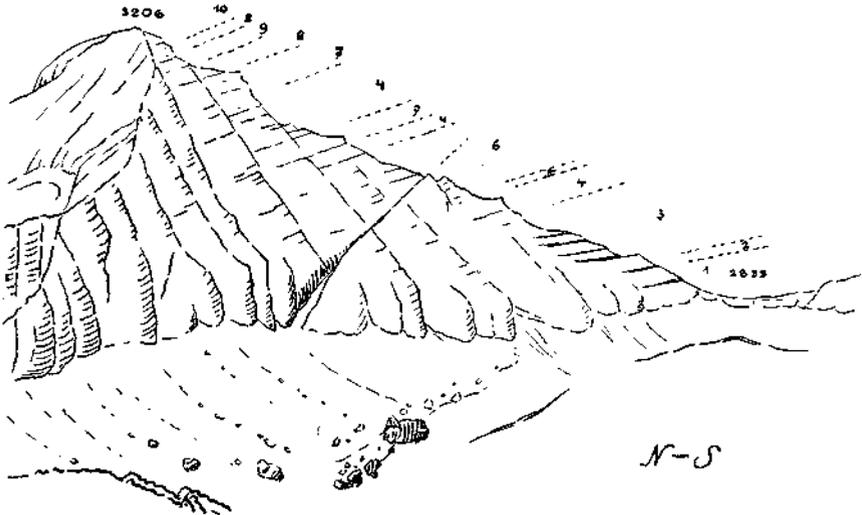


Fig. 8. Profil Südgrat des Hoch-Eiserns.

1 = Geschieferter, porphyrischer, zweiglimmeriger Gneis. 2 = Dunkler, feingeschieferter Schiefergneis. 3 = Lichte und dunkle zweiglimmerige Schiefer, z. T. granatführend mit biotitreichen Zwischenlagen. 4 = Dunkler Granatschiefergneis. 5 = Grauer, zweiglimmeriger Glimmerschiefer mit Zoisit. 6 = Lichter Schiefergneis mit Granat und Chlorit. 7 = Weißer, feinkörniger Quarzit. 8 = Lichter Serizitschiefer. 9 = Aplitischer Gneis. 10 = Grauer, feingeschieferter Biotitgneis mit aplitischen Zwischenlagen.

Über den chloritischen Biotit-Amphiboliten liegt eine Gesteinsgruppe von großer und schneller Abwechslung sowohl im Streichen als auch quer dazu. Sie wurde auf der Karte in eine Ausscheidung zusammengefaßt, weil sich der Verfolgung und Darstellung der einzelnen Glieder zu große Schwierigkeiten entgegen stellten. Auch sie fällt gegen NO.

Ein Profil östlich des Punktes 2105 entlang des Abfalles zur Wurfbalm ergibt von W nach O nachstehende Schichtenfolge, deren Glieder meist nur wenige Meter mächtig sind:

1. Feinkörniger, dunkler Chlorit-Amphibolit mit Granat.
2. Lichter Chlorit-Serizitschiefer mit Granat.
3. Dunkelgrauer, grobkörniger Chlorit-Biotitgneis mit Granat.
4. Derselbe ohne Granat.

5. Lichter, feinkörniger Granatglimmerschiefer.
6. Dunkler, feinkörniger Chlorit-Amphibolit.
7. Dunkelgrauer, feinkörniger Biotitschiefer ohne Hornblende.
8. Dunkelgrüner, feinkörniger Chlorit-Biotitschiefer.
9. Dunkler, grobkörniger Chlorit-Biotitschiefer mit Granat.
10. Lichter Granatglimmerschiefer.

Weiter nördlich, in der Nähe der Wurfalm, nimmt diese Reihe noch einzelne Lagen von Biotitgneis, weißem Quarzit und lichtem Serizitschiefer auf. Der letztere sieht im Handstück ebenfalls dem Serizit des Granitgneises zum Verwechseln ähnlich.

Unter den Gliedern der Grünschieferreihe treten zuerst vereinzelt, dann immer häufiger und geschlossener solche auf, die Kalzit enthalten. Die ersten Schichtenglieder, die Kalk aufnehmen, sind Albit-Chloritschiefer und Granat-Chloritschiefer. Vom Schrabach an stellen sich auch reine Kalkphyllite ein, die aus einem pflasterartigen Verbände von Muskowit, Quarz, Kalzit und etwas Feldspat bestehen. Meist ist aber dem Kalkphyllit mehr oder weniger Chlorit beigemischt und oft vertritt dieser allein die Rolle des schiefernden Bestandteiles.

Gegen das Hangende liegen in den chloritischen Kalkphylliten einige dünne Lagen graublauen oder weißen Marmors.

Zwischen und über diesen Chloritschiefern mit und ohne Kalk schalten sich in mehrfacher Wechsellagerung aplitische, biotitfreie Gneise ein.

Außer Muskowit und Quarz enthalten sie große Mikrokline und reine Albite. Die wenig ausgeprägte Schieferung wird durch Lagen von Quarz und Muskowit hervorgerufen. Die einzelnen Muskowite liegen aber nur dort, wo sie in dünnen Schnüren aneinandergereiht sind, in der Schieferung, während sie sonst nahezu ungerichtet sich zu länglichen Haufen zusammenballen.

Ein geringer Kalzitgehalt des Gneises läßt sich durch dessen Einschaltung zwischen die Kalkphyllite erklären und widerspricht deshalb nicht der Wahrscheinlichkeit, daß hier eine durch Schuppung wiederholte Einschaltung eines Orthogneises vorliegt.

Die Einschaltungen erreichen eine Mächtigkeit von 30 und 40 m.

Die vorliegenden Aufnahmen lassen wegen ihrer räumlichen Beschränkung nicht mit Sicherheit die Behauptung zu, daß dieser Horizont von Orthogneisen derselbe sei wie der vom oberen Hocheiser-Südgrat beschriebene. Es kann daher nur die Vermutung ausgesprochen werden, daß hier eine Zentralgneisdecke von weiterer Erstreckung vorliegt. Die auf S. 266 besprochene einheitliche Prägung der zwischen ihr und der Granatspitzdecke liegenden Gesteinsreihe würde mit dieser Vermutung durchaus im Einklang stehen.

Die Fig. 9 und 10 geben mit Profilen längs des oberen Schroffenbaches und des Erlwiesgrabens (N und O Wirtshaus Schneiderau) Beispiele für den Aufbau dieser steilen Hänge.

Es wurde schon erwähnt, daß in unmittelbarer Nähe der großen Peridotitlinse in Anpassung an deren Umriß das Streichen und Fallen kleine Abweichungen vom regionalen Nordostfallen zeigt. Einen auf-

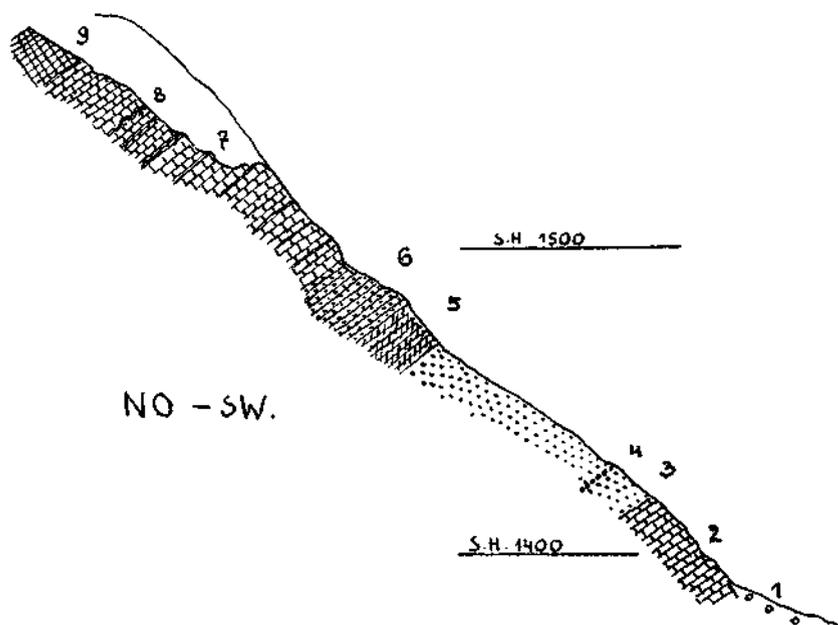


Fig. 9. Profil Schrofensbachgraben.

1 = Hangschutt. 2 = Lichter, aplitischer Gneis. 3 = Kalkglimmerschiefer ohne Chlorit mit 4 = Marmorband, 1 m mächtig. 5 = Glimmerschiefer. 6 = Chloritischer Kalkphyllit. 7 = Lichte, mikroklinreiche, aplitische Gneise, nach oben mit Zwischenlagen von Kalkphyllit. 8 = Chloritschiefer. 9 = Chlorit-Biotit-Amphibolit.

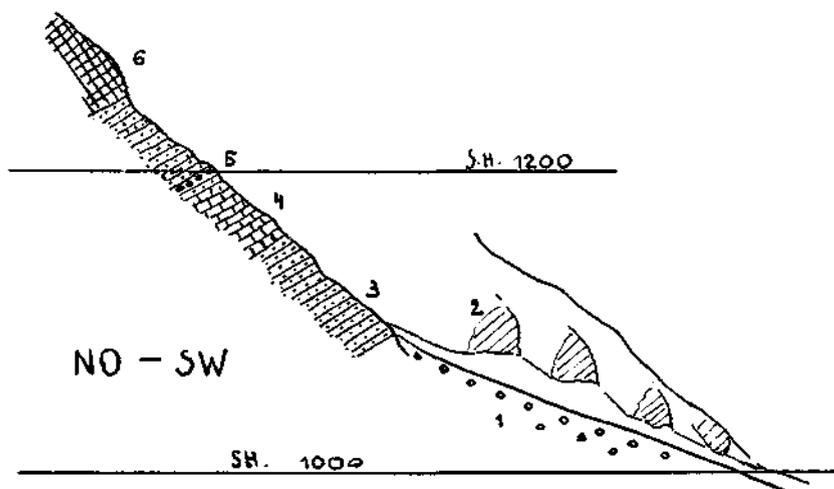


Fig. 10. Profil Erlwiesgraben.

1 = Schuttkegel. 2 = Chloritische Phyllite und Kalkphyllit wechsellagernd. 3 = Chloritischer Kalkphyllit. 4 = Lichte, mikroklinreiche, aplitische Gneise. 5 = Graublauer Marmor, 1 m mächtig. 6 = Biotit-Chloritschiefer.

fallenden Sprung macht die Richtung der Gesteinszüge in der Schneiderau. Auf der östlichen Talseite herrscht dort noch das Nordostfallen. Auf der westlichen fallen die Gesteinslagen gegen NW ein. Aus der vorliegenden Aufnahme läßt sich nicht entscheiden, wie weit diese geänderte Richtung nach W beibehalten wird und ob sie im ursächlichen Zusammenhang mit dem kleinen Peridotitstock steht, der am linken Ufer des untersten Ödbaches auftaucht.

Auch bei diesem Peridotitvorkommen treten dieselben Gesteinsfolgen und Kontakterscheinungen auf wie bei dem größeren südöstlich gelegenen. Unterhalb der Gastegeralm taucht der Peridotit endgültig unter die Schieferhülle.

Eine eigene Betrachtung erfordert noch die Formenwelt des Stubachtals. Die Tafeln XV—XVII geben von ihr eine gute Anschauung.

Wie alle Tauerntäler zeigt es einen ausgesprochenen Stufenbau. Während aber die meisten dieser Täler über eine einfache Treppe von 2 bis 3 Stufen ihren vergletscherten Talschluß ersteigen, ist das Stubachtal durch eine besondere Mannigfaltigkeit der Formen ausgezeichnet. Schon die Karte zeigt auf den ersten Blick, daß die einzelnen Verzweigungen unseres Tales in ihrer morphologischen Ausbildung volle Selbständigkeit besitzen.

Bei ihrer Besprechung werden die morphologischen Bezeichnungen in derselben Bedeutung gebraucht, in der sie Heritsch verwendet.

Die Ostalpen trugen noch im Miozän Mittelgebirgscharakter. Ihre Berge überragten nur mit mäßigen Höhen eine ruhig geformte Landschaft. Durch Höherschalten einzelner Gebirgsgruppen im Verlaufe des Alpenausbaues erhielt die Erosion den Anstoß, mit kräftigem Einschneiden von ihrer Basis aus diese Altformen anzugreifen. Bevor diese noch ganz zerstört waren, lenkte oft eine neuerliche Hebung den Angriff der Erosion auf die eben geschaffenen Neuförmungen und entzog gleichzeitig die Altformen großenteils ihrer Einwirkung. Eine mehrmalige Wiederholung dieses Vorganges ließ die jungen, steilen Hochgebirgsformen entstehen, ohne dabei ganz die Spuren der alten Zwischenzustände zu vernichten. Die Oberfläche einer alpinen Gebirgsgruppe setzt sich also aus Teilen zusammen, die ihre Formgebung zu verschiedenen Zeiten erfahren haben.

Die ältesten Formenreste finden sich im Innern großer Gebirgsgruppen. Diese hochgelegenen und sanft geneigten, oft heute noch von Firnlagern bedeckten Altflächen werden als „Firnfeldniveau“ oder „Alte Gebirgsoberfläche“ zusammengefaßt. Heritsch und viele andere weisen darauf hin, daß ihre Höhenlage nach der Längsrichtung der Zentralalpen wechselt. In der Venedigergruppe ist sie bis über 3300 m Seehöhe gehoben; sie liegt in der Granatspitzgruppe um 300—400 m tiefer und steigt in der Glocknergruppe etwa ebenso hoch wieder an. Diese Verstellungen müssen in nachmiozäner Zeit gelegentlich der erwähnten Höherschaltungen stattgefunden haben.

Das Stubachtal nimmt also mit seiner westlichen Talseite an dem verhältnismäßig nieder liegenden Altflächensystem der Granatspitzgruppe, mit seiner östlichen Talseite an dem höhergeschalteten der Glockner-

gruppe teil. Es liegt gerade in dem Streifen, in dem sich die Verstellung vollzogen haben muß.

Vielleicht ist dieser tektonisch gestörte Streifen für die Anlage des Tales mitbestimmend gewesen.

In diesem Zusammenhang gewinnt die Tatsache Bedeutung, daß die bevorzugte Kluftrichtung im Granitgneis des oberen Stubachtales das saigere Streichen N—45°—O besitzt, und daß dieser Richtung auch Verwerfungen sowie große offene Klüfte folgen, die sich über hunderte von Metern durch die Felshänge ziehen. Ferner sei schon hier darauf hingewiesen, daß die später zu besprechenden Altflächenreste zu beiden Seiten des Tales häufig nicht auf gleicher Höhe liegen.

Als Teile der alten Gebirgsoberfläche können in der Granatspitzgruppe angesehen werden: das Sonnlickkees, die Hochfläche des Hochfillecks, das Landeckkees, einzelne hochgelegene Karansätze im Teufelsmühl- und Glanzgschirrkamm, vielleicht auch die Einebnung der Glanzscharte. An der Ostseite des Tales gehören hieher der oberste Boden des Ödwinklkeeses, das Riffkees und die Totenlöcher, das Kleineiser- und Schwarzkarlkees, das Wurfkees und Maurerkees sowie der oberste Kessel der Wintergasse, dessen Boden bis zum Kleetörl hinauszieht.

Ein Teil dieser Flächen vermittelt einen gestuften Anstieg zum hochgeschalteten Firnfeldniveau der inneren Glocknergruppe, das im Schmiedingerkees, oberen Hocheiserkees, vor allem aber im obersten Pasterzenboden und im Fuscherkamm 3000 *m* Seehöhe erreicht und mit weiten Flächen übersteigt.

In die alte Gebirgsoberfläche schneidet nun das oberste Hochtalssystem ein. Es hat die innersten Talwinkel häufig zu Trögen umgestaltet, deren heutige charaktervolle Form ein Ergebnis der Überarbeitung durch das Eis ist.

Im Dorferödtales laufen die Trogschultern vom See 2135 an beiden Talflanken entlang mit leichtem Gefälle talaus.

Im Tale des Weißbaches beginnen sie am unteren Ende des Sonnlickkeeses bei 2442 über dem Weißsee und ziehen auch von dort langsam absteigend talaus. Der Weißsee gehört dem Boden des Troges an.

1 *km* unterhalb, beim „unteren Winkel“, schiebt sich ein zweiter Trogschluß in das Tal ein, dessen Schultern ebenfalls am Gehänge talauswärts sich verfolgen lassen. Bei der Alpe Französach wiederholt sich diese Erscheinung zum drittenmal. Im Boden dieses Troges liegt der Grünsee. Die wundervolle Geländedarstellung Rohns in der neuen Alpenvereinskarte zeigt zwei Trogwände übereinander auf beiden Talseiten.

Wir haben hier eine für die Quelltäler des Stubachs bezeichnende Erscheinung vor uns: die Auflösung der großen Stufen in mehrere kleine. In den Nachbartälern sind die Gefälle viel einheitlicher zusammengefaßt. Auch aus dieser Tatsache kann eine Beziehung zur Eigenschaft des Stubachtales als „Schaltstreifen“ abgeleitet werden.

Dieselbe Erscheinung zeigt sich im Ödwinkl—Tauernmoostal. Der oberste Trog schneidet auf etwa 2600 *m* Seehöhe in flacher geneigte Hänge des Firnfeldniveaus unterhalb der Westwand des Johannesberges

ein. Der mittlere und untere Teil des Ödwinkkeeses liegen schon im Trog. Ein zweiter, niederer Trog frißt sich unterhalb des Gaulmöslsteiges in das obere Tal ein. Seine Sohle bildet das ganz vom jungen Schwemmland erfüllte Tauernmoos, an dessen Flanken die niederen Trogwände entlang laufen.

Unterhalb des Tauernmooses liegt wieder ein jüngerer Trog, der Abschluß der Klausen, die zum Enzingerboden hinabzieht. Seine Abschlußwand, die Klausenwand, wird noch später besprochen werden. Sie begrenzt die Seebarre auf der Talseite.

Die ursprüngliche Fortsetzung des alten Tales geht aber nicht durch diesen Trog, sondern östlich vom Rettenkogel über „Deutschland“ und Kühntauern und endet dort frei in die Luft hinaus über dem 400 m tiefer liegenden Trogboden der Wurfalm. Dieses alte Talstück wurde außer Dienst gestellt, als die Erosion sich im Zuge des heutigen Niederwinkls und Enzingerbodens einen Zugang zum Tauernmoosboden eröffnet und den Talbach in diesen neuen Weg hineingezogen hatte.

Heute wird das alte Tal — aber in umgekehrter Richtung — ein Stück weit vom Schwarzkarlbach durchflossen und führt damit dem Tauernmoos ein Einzugsgebiet zu, das ihm orographisch nicht angehört.

Ein ähnlicher Vorgang hat das östlich des Tauernmooses gelegene Hochtal, dessen oberster Teil heute vom Kleineiserkees erfüllt wird, umgestaltet. Es ist eine der oben erwähnten Stufen, die zum hochgelegenen Firnfeldniveau der inneren Glocknergruppe überleitet. Dieses Tal zog einst unter dem Westfuß des Hocheisers entlang nach N zum Schwarzkarl. Später wurde es an mehreren Stellen vom Tauernmoos her angezapft und dadurch in eine Reihe von Mulden zerlegt.

Zwischen den Kerben der neuen Entwässerung haben sich noch Reste der ehemaligen linken Talwand erhalten. Wie aus den Schießscharten eines riesigen Wehrganges schaut man zwischen ihnen 600 m tief hinab auf die grüne Flut des Stausees.

Im W des Enzingerbodens findet sich ein genaues Gegenstück zu der Entwicklung, die wir am Tauernmoos kennenlernten. Ein altes, heute nur mehr auf kurze Strecken vom fließenden Wasser benütztes Tal zieht vom Grünsee zwischen Teufelsmühle und Wiegenköpfen nach N und endet heute 600 m über der Schneiderau am freien Hang. Wie das Tauernmoos ist auch dieses Tal vom Enzingerboden her durch eine kurze, steile Erosionsrinne, Daberl genannt, angezapft worden.

Wir sehen also die Erosion vom Enzingerboden aus, der selbst ein Trogschluß ist, nach links und rechts rückwärts greifend in die Nachbartäler einbrechen und diese dem mittleren Tallauf angliedern.

Dieser Vorgang steht durchaus im Einklang mit den Bedingungen, die die Gebirgshebung schafft. Allgemein nimmt er folgenden Verlauf:

Die Hebung vergrößert das Gefälle, was verstärkte Erosion, d. h. Vertiefung der Talfurchen, nach sich zieht. Diese Vertiefung geht, weil die Übersteilung der Hänge bald am natürlichen Böschungswinkel eine Grenze findet, mit einer Verbreiterung des Talraumes Hand in Hand. In dem Kampf um den Talraum, der so zwischen Nachbartälern entsteht, hat das tiefer gelegene Tal die besseren Aussichten.

Auch andere Umstände nahmen auf diesen Kampf Einfluß. So hat die Verschiedenheit der Gesteine sicher eine Rolle bei der Auswahl der Talfurchen gespielt. In den meisten Fällen wird sich ein Nachweis dafür kaum erbringen lassen, weil die Folgen der Gesteinsbeschaffenheit in allen Phasen von den Folgen der Gebirgshebung überlagert wurden und der Vorgang dadurch viel zu verwickelt wurde, als daß er sich in Gedanken wieder aufbauen ließe.

Es fällt aber auf, daß der Talzug, welcher sich durchgesetzt hat, mitten durch den harten Peridotit schneidet, während die mattgesetzten Täler östlich und westlich an ihm vorbeiführen. Am naheliegendsten wäre als Erklärung eine tektonische Vorzeichnung der heutigen Talrinne. Der Lage des Stubachtales in einem „Schaltstreifen“ würde diese Erklärung nicht widersprechen.

Sie fände sogar eine Stütze in der verschiedenen Höhenlage der Altflächenreste, welche unmittelbar zu beiden Seiten der Bachschlucht liegen. Im O überragen sie die Rettentröge, eine von S gegen N abfallende Schräge von 1860 bis 1600 *m* Seehöhe, im W liegen die gerundeten Wiegenköpfe 1750—1720 auf breiter, fast ebener Hochfläche. Die Abfälle beider Altflächen zur Schlucht sind wie angehackt mehrfach mit schmalen horizontalen Leisten versehen. Der Bergsturz am Ausgang des Enzingerbodens läßt sich mit bis in die allerjüngste Zeit reichenden Krustenbewegungen gut in Einklang bringen.

Zwischen dem Enzingerboden und der Schneiderau liegen noch zwei Talstufen, zwischen die sich der grüne, fruchtbare Boden des Wiegenbündls einschleibt. Der Trogschluß der oberen Stufe wird von der eben besprochenen Schlucht zum Enzingerboden durchrissen.

Über die untere Stufe stürzt der Tauernfall in eine enge Schlucht, die mit sanftem Gefälle in die Böndlau und Schneiderau leitet. Die vereinigte Trogwand dieser zwei Stufen zieht beiderseits des Stubachtales fast ohne Unterbrechungen 10 *km* weit bis in das Salzachtal hinaus. Es ist der „untere Taltrog“, nach Heritsch der „Richtersche Trog“. Mit seiner kräftigen Trogform öffnet er die Mündung des Stubachtales gegen das Pinzgau zwischen den beiderseitigen hochgelegenen alten Talbodenresten. Es sind dies im W die Scheitereralm (Punkt 1251), im O der Löwenkopf (Punkt 1277) und der Seetalkogel (Punkt 1568).

Die langen Reihen von Altformenresten, die sich zu beiden Seiten des Stubachtales hinziehen, versprechen zusammen mit dem im Vorstehenden berührten Formenschatz des oberen Stubachtales einem Morphologen reiche Ernte.

Das Stubachtal ist reich an Zeugen einstiger Vergletscherung. Die heute unvergletscherten Teile des Ödwinkls und des Weißbachtals bilden mit dem sie trennenden Rücken Schafbühel—Sprengkogel eine ausgedehnte Rundhöckerlandschaft, die sich beiderseits des Enzingerbodens auf den hochgelegenen Talschultern des Rettenkogels und der Wiegenköpfe noch weit nach N fortsetzt.

Auf den Ebenen und sanft geneigten Flächen dieses Gebietes findet sich allenthalben erratisches Gut in Form großer Blöcke, oft auch als dünner Überzug von Grundmoräne.

Vor der schuttbeladenen Zunge des Ödwinklkeeses liegt ein hoher Stirnmoränenwall vom letzten Gletscherhochstand der vierziger Jahre des vorigen Jahrhunderts. Der seitherige Rückgang der Gletscherzunge beträgt 520 *m*. Verhältnismäßig noch größer ist der Schwund des Sonnblickkeeses, das bei jenem Gletscherhochstand in den Weißsee kalbte.

Im mittleren Stubachtal — etwa vom Wiegenböndl an abwärts — sind die Talhänge weithin mit mächtigen Massen von Grundmoräne bedeckt. Sie bildet guten Waldboden oder fruchtbare, stellenweise zur Versumpfung neigende Almen wie Hopfbach, Grindschachen, Hasenau u. a. Zunehmende Steilheit begünstigt auf diesen Hängen Rutschungen und Plaiken. Die bezeichnenden welligen Oberflächenformen der Rutschlehen beherrschen dann das Bild.

Beim Straßenbau wurde dort Grundmoräne von über 20 *m* Mächtigkeit erschlossen. Die Furchen des Scheibenbaches und des mittleren Schrofensbaches schneiden in die Grundmoräne ein, ohne den festen Untergrund zu erreichen.

Der gegenüber liegende westliche Talhang ist mit dichtem Wald bestanden. Auch an den steilsten Böschungen fehlen Aufschlüsse. In dem ganzen großen Gebiet zwischen dem Felsfuß der Teufelsmühle und der Schneiderau findet sich trotz starker Durchtalung kein anstehender Fels. Es macht den Eindruck, daß hier ein tiefverschüttetes Tal herabzieht, die Fortsetzung des von einem riesigen Bergsturz abriegelten Tales der Wiegentröge (westlich der Wiegenköpfe).

Die Seitengräben, welche das untere Stubachtal von links aufnimmt, sind in ihrem Mittellauf von ungeheuren Grundmoränenmassen erfüllt, welche von den Wasserläufen in gefährdenden steilen Plaiken unter-schnitten werden. Bei einem Gewitter am 2. August 1927 brachte der Guggererbach mit einer Mure rund 10.000 *m*<sup>3</sup> Grundmoränengut in den Talboden der Stubache.

Besonders umfangreich sind die Plaiken im Gebiete des Sturmbaches entwickelt, wo sie fast alljährliche Verbauungen erfordern. Die Grundmoränen am Mittellauf des Sturmbaches sind in einer Mächtigkeit von 150 *m* erschlossen. Sie sind soweit verfestigt, daß sich in ihnen natürliche Böschungen bis zu 70° Neigung bilden und durch Jahre erhalten.

Ähnliche Verhältnisse herrschen am Scheitererbach. Auch die weiten, heuduftenden Almböden von Scheitern hoch über der Mündung des Stubachtales sind von Grundmoränen bedeckt.

Von dieser Moränenart ist ein anderes Vorkommen scharf zu trennen, das als mäßig hoher großenteils überwachsener Rücken im Winkel zwischen der Mündung des Ödbaches in die Stubache liegt. Er besteht ausschließlich aus Blöcken und Schutt von Granitgneis und unterscheidet sich schon dadurch, sowie durch die ansehnliche Größe mancher Blöcke vom Bachschutt der Stubache.

Einer Ableitung aus dem Ödbach widerspräche schon die verhältnismäßig hohe Lage. Die Zusammensetzung rein aus Granitgneis weist auf die Herkunft aus der Dorferöd, welche bis auf die letzten 700 *m* ihres linken Hanges ganz in diesem Gestein liegt. Es kann sich nur um den rechten Teil einer Stirnmoräne des Dorferöd-gletschers

handeln, deren linker Teil durch den Bach abgetragen worden ist. Die Höhenlage auf rund 1000 *m* und die ziemlich gute Erhaltung der Form spricht für Ampferers Schlußzeit.

Ein anderer Zeuge der Schlußzeit ist vermutlich die Moräne, die am linken Stubachufer von der Mündung des Guggererbaches nach N zieht und mit einem Erosionsrand gegen den Talboden abfällt. Das Gut „Boden Asten“ steht auf ihr. Auf dem anderen Stubachufer entspricht ihr ein von der Ache unterschrittener Steilrand, in dem sich reichlich erratisches Geschiebe findet. Ob die Moräne dem Stubachgletscher oder dem hier mündenden Guggerertal zuzuteilen sei, wage ich nicht zu entscheiden.

Am Ausgang des Stubachtales hat sich rechts im „Köhlbichl“ ein Stück alte Stirnmoräne des Stubachgletschers erhalten, das in den ebenen Talboden des Pinzgaues hinaus vorspringt.

## Geologisch-technische Beschreibung.

### H. A. Sperrmauer, Stausee, Einlauf.

Das Stubachwerk ist ein Speicher- und Spitzenwerk. Als Speicher dient das weiträumige Becken des Tauernmooses, eine großartige, glaziale Seewanne, die vom ausgedehnten und flachen Schuttkegel des Ödwinklbaches erfüllt ist. Der ehemalige See war auf eine kleine Wasserfläche im N des großen Beckens zurückgedrängt. Den talseitigen Abschluß des Beckens bildet eine rund 30 *m* hohe Felsbarre, die der Tauernmoosbach in einer kurzen Schlucht durchschnitten hat.

Eine verhältnismäßig kleine Sperrmauer von 28.000 *m*<sup>3</sup> Mauerwerksinhalt und 190 *m* Länge schließt diese Schlucht und verwandelt damit das Tauernmoos in einen 1·5 *km*<sup>2</sup> großen See von 21·4 Millionen *m*<sup>3</sup> Nutzinhalt. Der Höchststau liegt in 2003 *m* Seehöhe, die tiefste Absenkung 1984·50.

Der Hochwasserüberfall wurde 500 *m* nördlich der Sperre als Streichwehr in einer Einsenkung der Seebarre angelegt. Die Oberwasserführung geschieht durch einen Schrägschacht, in dem ein Druckrohr frei und begehbar verlegt ist. Den Einlauf in dieses vermittelt ein mit einem Feinrechen ausgerüstetes Einlaufbauwerk. Es enthält die Absperrvorrichtungen, deren Gestänge durch einen saigeren Schacht bis über den Höchststau geführt sind, und die Stiegenanlage für den Stollenweg.

Das Krafthaus am Enzingerboden, dessen Fußboden 1473 *m* hoch liegt, enthält 4 Maschinensätze zu 8000 PS und 2 Hilfssätze zu je 750 PS, deren einer durch eine besondere Leitung aus dem Grünsee gespeist wird. Eine Vergrößerung der Anlage ist vorgesehen.

An die hiemit kurz umrissene oberste Stufe des Stubachwerkes<sup>1)</sup> reihen sich zwei weitere an, für deren Ausbau erst allgemeine Entwürfe vorliegen. Die zweite Stufe zwischen Enzingerboden und Schneiderau hat 480 *m* Gefälle, die dritte von dort nach Uttendorf 180 *m*.

Eine 17 *km* lange Autostraße, deren oberste 9 *km* neu erbaut wurden, verbindet Uttendorf mit dem Enzingerboden.

<sup>1)</sup> Eine ausführliche Beschreibung des bautechnischen Teiles der obersten Stufe siehe Ascher, „Das Stubachwerk der Österreichischen Bundesbahnen“ in *Wasserkraft und Wirtschaft*, München 1929.

Das Tauernmoos ist, wie erwähnt, talseits von einem horizontalen Gneisrücken abgeschlossen, der bei 600 m Länge und kaum 100 m mittlerer Breite sich wie eine natürliche Sperrmauer vor den ge-

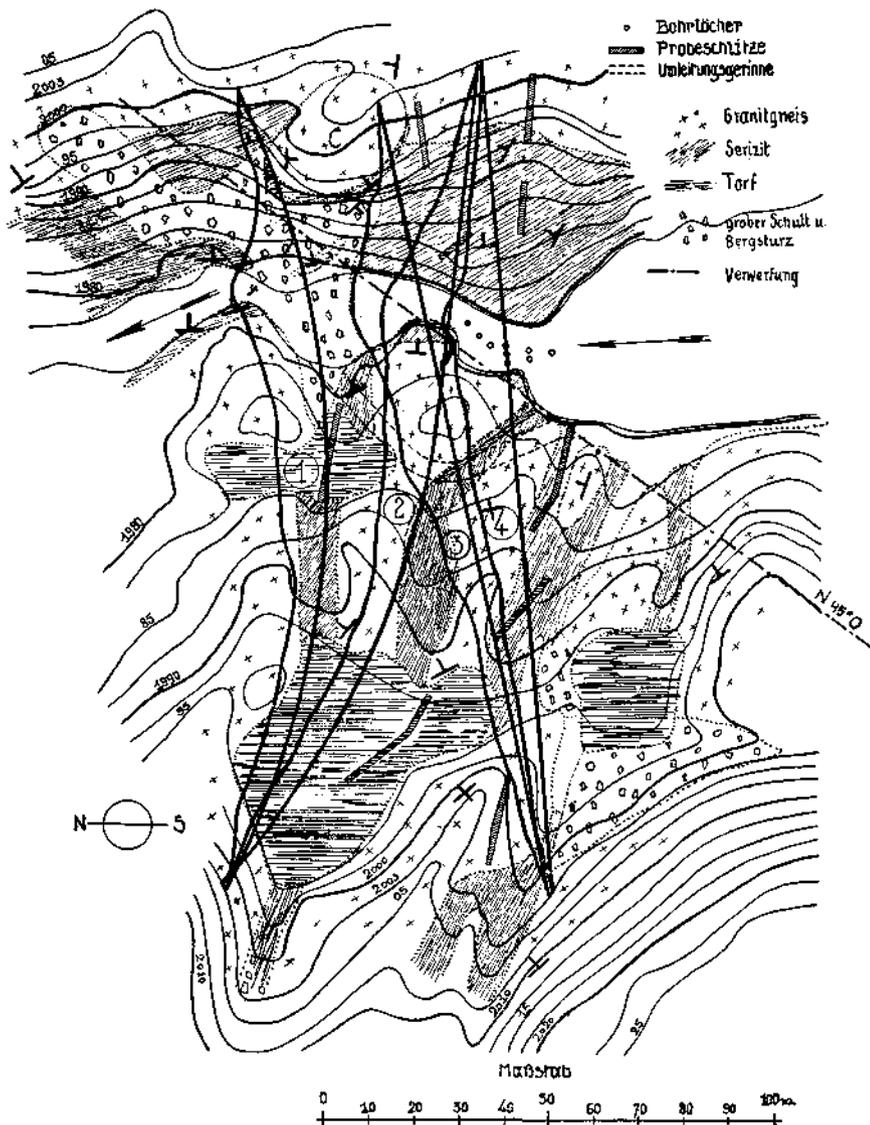


Fig. 11. Geologische Übersicht der Sperrungsumgebung.

waltigen Absturz in den darunter ansetzenden Trogschluß legt. In diese das Tauernmoos etwa 30 m überragende Seebarre hat der Bach eine kurze Schlucht eingeschnitten, die zur Anlage einer Sperrmauer wie geschaffen war. Die Zeichnung 11 zeigt verschiedene Sperrlagen, die

miteinander in Wettbewerb traten. Eine genaue Untersuchung des Untergrundes bestimmte die Auswahl:

Die Lage 1 wurde wegen zu großer Kubatur und wegen eines kleinen Bergsturzes an der rechten Schluchtseite verworfen. Dieser Bergsturz steht vermutlich im Zusammenhang mit einer Bewegung, die das steil darüber aufragende Felsköpfe *C* in nachglazialer Zeit mitgemacht hat. Durch Ausmessen der Schieferungsrichtung am Umfange des Köpfe konnte eine Verdrehung und Senkung des etwa 700 m<sup>2</sup> bedeckenden Felskörpers nachgewiesen werden. Damit schied auch die Sperranlage 3 aus, deren rechter Flügel sich an dasselbe Köpfe anlehnt hätte.

Der Vorschlag 2 empfahl sich wegen der guten Anlehnung der Flügel und wegen des bogenförmigen Grundrisses. Der Westflügel dieser Sperranlage führt aber durch ein Torflager, dessen überraschende Mächtigkeit von 6 m durch einen Probeschlitz und mittels Bohrern erschlossen wurde. Eine durch das Eis ausgetiefte flache Felswanne ist vollständig von Torf erfüllt. Man sieht die Vertorfung in allen Entwicklungsstufen an den zahlreichen Miniaturseen, die in der Gletscherschlifflandschaft des Tauernmooses liegen. Ganz abgesehen von der durch die Torfbeseitigung beim Sperrenaushub verursachten Mehrarbeit hätte die Lösung 2 besondere technische Schutzmaßnahmen am luftseitigen Sperrfuß erfordert, weil die schweflige Säure des Torfwassers den Beton angreift.

So wurde die Sperranlage immer weiter nach Süden gegen das Tauernmoos gedrängt, bis hier ein anderes Hindernis Halt gebot: der Felsriegel der Seebarre fällt unter die Sedimente des Tauernmoosbodens ein. Eine Reihe von Probebohrungen gab Aufschluß darüber, daß die Sperre bei weiterem Hinausschieben ihren wasserseitigen Fuß verlieren würde. Tiefere Gründung im Schwemmland bedeutet nicht nur vermehrtes Mauerwerk, sondern auch erhöhte Kosten der Wasserhaltung.

Alle diese Hindernisse grenzten schließlich die Lage der Sperre auf ganz engem Raume so ein, daß von einer freien Wahl keine Rede mehr sein konnte.

Dieser Verlauf bei der Ermittlung einer günstigen Sperranlage ist geradezu bezeichnend; er geht in sehr ähnlicher Weise bei der Erbauung der meisten Talsperren vor sich; fast immer läßt sich also eine ganz bestimmte Sperranlage mit guter Begründung als die beste und wirtschaftlichste bezeichnen.

Die Fundierungsverhältnisse der Stubachsperrre waren günstig. Wo nicht gesunder Fels an der Oberfläche anstand, wurde er in geringer Tiefe erreicht.

Im Durchschnitt betrug die Fundierungstiefe an 3 m. Am wasserseitigen Fuß wurde eine tieferreichende Schürze ausgehoben. Das Fundament stieg meist von der Wasserseite gegen die Luftseite zu an. Wo dies nicht zutraf, wurde auch luftseitig ein tieferer Fuß ausgebrochen. Ebene und glatte Felsoberflächen wurden mit dem Bohrhammer oder mit kurzen liegenden Schüssen aufgeraut.

Da der Beton wasserdicht an den Fels anschließen muß, wurde alles lockere Gestein durch Abklopfen ermittelt und entfernt.

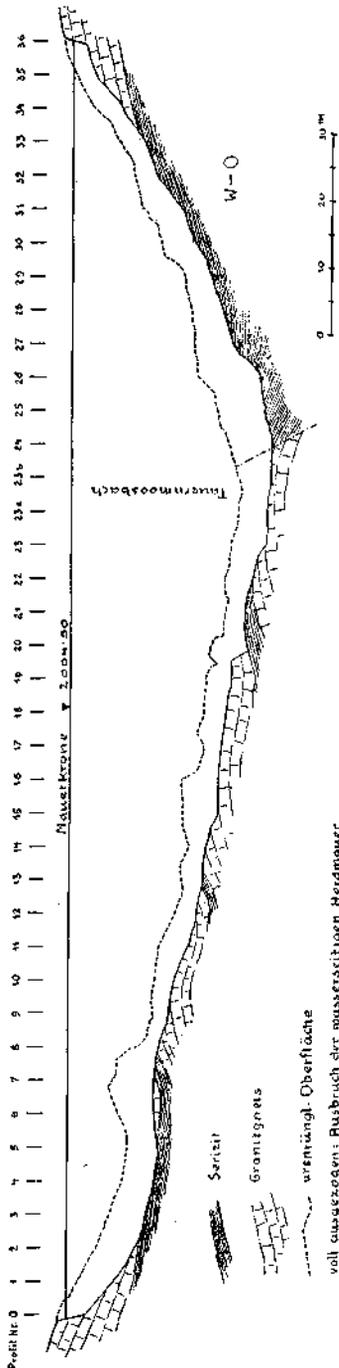


Fig. 12. Längenschnitt der Sperrmauer.

Wie bei der Fundierung der Spullersperren drang die Bauleitung auch hier darauf, daß in den tieferen Lagen des Ausbruches nur mehr ganz kurze und schwache Schüsse angesetzt und daß die letzte Gesteinsschichte durch Abkeilen entfernt wurde. Dieser Vorgang ist überall zu empfehlen, wo nicht von vorneherein Hochdruckinjektionen in Aussicht genommen sind. Aber selbst diese sind nicht imstande, alle haarfeinen Klüfte zu verschließen, die ein schneller, rücksichtsloser Ausbruchbetrieb im Gestein öffnet.

Der oben beschriebene vorsichtige Vorgang ist natürlich nur bei kleinen Sperrmauern anwendbar und muß mit dem Unternehmer vertraglich ausbedungen werden.

Im Sperrbereich wechseln serizitische mit Gneislagen ab. Meist sind sie durch Übergänge miteinander verbunden. Im Sperrgrundriß Taf. XXI ist der Versuch gemacht, diese Übergänge zeichnerisch darzustellen.

Der Gneis ist ausgesprochen bankig. Seine Absonderungsflächen liegen 2 bis 5 dm von einander entfernt. Häufig ist er von Quarzschnüren durchzogen. An ihnen erst erkennt man mit freiem Auge, daß das Gestein durchbewegt ist.

Der ruhige und leichte Faltenwurf, den die Bankung erkennen läßt und auf den sich auch die Zeichnung 12 des Sperrnängenschnittes sowie die Fallzeichen im Sperrgrundriß beziehen, erscheint wie eine Bewegung höherer Ordnung, welche die Bewegtheit des kleinen Kornes überlagert. So verschieden ist die Resonanz ein und derselben Bewegung in verschieden gebautem und dimensioniertem Stoff!

Die Bewegung des kleinen Kornes machen die Quarzbänder, der Serizit, besonders aber die Biotitblätter sichtbar, die im lichten Gestein schwarz auf weiß zeichnen. Im gewaschenen frischen Bruch des Sperrgrundes

waren prachtvolle Bewegungsbilder zu beobachten. Der bei zügellosester Wildheit der Einzelform doch von einem großen Rhythmus getragene Schwung läßt sich nur mit dem Lodern großer Flammen vergleichen.

Ein drittes Taktmaß zeigt die Bewegung im Dünnschliff. Hier herrscht — im Serizit und Biotit — Fließstruktur, durchwegs gerichtete Bewegung.

In Gesellschaft von Quarz- und Biotitbändern trat öfters Chlorit in körnigen, bis zu mehreren Zentimeter starken, gangförmigen Anhäufungen auf.

Im Ring 6 fand sich derber Bleiglanz zwischen Aplit und Biotit.

Die Sperre wird schräg von einer Verwerfung durchquert, die hier gerade steil nach NO fällt. Sie streicht am Fuße des bei der Auswahl der Sperranlage besprochenen Köpfels C durch und ist wohl der Anstifter der dortigen kleinen Bewegungen. Man sieht die Narbe dieser Verwerfung weithin nach SW gegen die Niedere Scharte durch das Rundhöckergelände fast genau  $N-45^{\circ}-O$  streichen.

Auch im weiteren Umkreis des Baues spielt diese Richtung eine im Landschaftsbild auffallende Rolle. Es folgen ihr die großen, offenen Klammen, die die Westwand des Rettenkogels durchstreichen. Auch der talseitige Abfall der Seebarre, Klausenwand genannt, folgt ihr. Dieser Abfall ist ein Teil des Trogschlusses des zum Enzingerboden hinabziehenden Tauernmoosbachtals. Der Trogschluß liegt nicht symmetrisch zum Verlauf des Tales. Sein rechtsufriger Teil, eben die Klausenwand, schneidet die Talrichtung schnurgerade aber schräg. Eine tektonische Vorzeichnung dieser Wand ist daher wahrscheinlich.

Die frischen Formen der oben angeführten Störungen sprechen für ein ganz junges Alter.

Auch die in Fig. 18 eingetragene große saigere Kluff beim Abfluß des Grünsees steht mit dem saigeren Streichen von  $N-60^{\circ}-O$  der besprochenen Richtung nahe.

Die Richtung  $N-45^{\circ}-O$  saiger, ist übrigens eine Hauptklüftungsrichtung im Granitgneis der Sperre. Außer ihr ist noch die Klüftung  $W-O$  mit steilem Nordfallen betont. Beide Klüftungen zerlegen zusammen mit den annähernd söhligem Lagerfugen den Sperrengneis in parallelepipedische Körper. Die Gesetzmäßigkeit ist aber nur eine teilweise; viele Klüfte lassen sich überhaupt nicht einordnen.

Die Klüftung des Granitgneises ist nahe der Oberfläche ungemein kräftig entwickelt und schafft dabei manchmal abenteuerliche Formen. Nach der Tiefe zu nimmt sie schnell ab. Die von uns im Sperrgrund erreichten Tiefen von 6 bis 7 m waren aber noch nicht kluffrei. Meist waren die Klüfte mit Bestegen von Zersatz des Gneises oder eingeschwemmtem Humus erfüllt und schlossen daher wasserdicht.

Stiny hat darauf hingewiesen, daß es bei der Verfolgung von Störungszonen wichtig ist, die Klüftung besonders zu beachten.

Da die Entscheidung über die allfällige Anlage einer Schottersperre noch während des Baues getroffen werden mußte, war es wichtig, einen Einblick in die Größe der Sand- und Schlammführung des Ödwinklbaches zu gewinnen und wenigstens deren Dimension kennen zu lernen.

Zweierlei Messungen, im Jahre 1927 durchgeführt, sollten darüber Auskunft geben. Unser frühverstorbenen Kamerad Ing Franz Jeschovsky hat sich um sie besondere Verdienste erworben.

Mittels eines 8 cm-Preßluftrohres wurde Wasser nahe der Bachsohle gefaßt und mit natürlichem Gefälle in eine Holzkiste von bekanntem Inhalt geleitet, aus der es über einen Überfall abfloß, nachdem es seine Geschiebe in der Kiste abgelagert hatte. Nach Füllung der Kiste mit Sand ergab sich aus der Wasserführung des (immer voll laufenden) Rohres, der Sandmenge und der Füllungszeit eine bestimmte Sandführung für  $1 m^3$  Wasser beim mittleren Pegelstand dieses Zeitabschnittes. Die öftere Wiederholung dieser Messungen bei verschiedenen Wasserständen ermöglichte schließlich die Aufstellung einer Bezugslinie zwischen den mittleren Pegelständen (Wasserführung) des Tauernmoosbaches und seiner Sandführung bezogen auf  $1 m^3$  Wasser.

Die zweite Messung bestand in Schöpfproben, die mit einem 80 l Gefäß genommen wurden. Ihr fester Rückstand, der hauptsächlich aus Sinkstoffen bestehend, wurde gemessen. Eine Klärung des Wassers wurde dabei nicht abgewartet, die Schwebstoffe sind daher nicht berücksichtigt. Diese Proben ergaben ähnlich wie die vorigen eine Bezugslinie zwischen Pegelstand und Sinkstoffführung.

Gewiß sind beide Meßarten mit beträchtlichen Fehlerquellen behaftet. Schon bei der Aufstellung der Bezugslinien zwischen Sinkstoffführung und Pegelständen lassen sich Willkürlichkeiten kaum vermeiden. Die Sinkstoffführung während der Hochwasserspitzen ist durch Extrapolierung ermittelt.

Bei der ersten Meßart wurde hauptsächlich grober und mittelkörniger Sand (nach Ramann) erfaßt, der bei mittleren Wasserständen nahe der Sohle in Bewegung ist. Daneben Feinkies bis zu 3 cm Korngröße und eine geringe Menge abschleimbarer Teile. Größeres Geschiebe fand nicht den Weg in das Rohr oder verlegte es. Die Feinstoffe wurden zum weitaus größten Teil vom überfallenden Wasser wieder aus der Kiste entführt. Die nur einige Stunden dauernden geschiebereichen Spitzen fanden keine Berücksichtigung.

Auch die mit den Wasserständen wechselnden Druckhöhen und Durchflußgeschwindigkeiten im Rohr sind nicht berücksichtigt, ferner die gelegentlichen Verstopfungen seines Einlaufes. Da die vorstehenden Fehlerquellen fast durchwegs das Messungsergebnis verkleinern, kann man zum rohen Ausgleich annehmen, daß die mit dieser Meßart gewonnenen Werte ungefähr nur die Sandmengen geben.

Bei der zweiten Meßart ist zu berücksichtigen, daß man mit einem großen Gefäß nur an einer tieferen Stelle schöpfen konnte aber dabei die geschiebereiche Sohlenschicht des Wassers nicht mehr erfaßte. Tatsächlich ergab die Ausbeute fast nur Feinsand und abschleimbare Teile und wurde daher als „Schlamm“ verzeichnet. Auf dieser Grundlage sind in Tafel XXIII die Summenlinien der Sand- und Schlammengen für das Jahr 1927 eingetragen.

Die Meßstelle lag unterhalb der Sperre am unteren Ende des Tauernmoosbodens und nicht an dessen oberem Ende, wo die Geschiebeablagerung beginnt. Dort tritt der Ödwinklbach von seinem steilen

Oberlauf mit plötzlichem Gefällsknick auf seinen nur 1 % geneigten Schuttkegel hinaus, der das ganze Tauernmoos erfüllt. Dieser obere Platz war 2 km von der Baustelle entfernt und deshalb für regelmäßige Messungen zu entlegen. Wir versuchten vergeblich, mit Hilfe einer größeren Anzahl gleichzeitiger Messungen am oberen und unteren Ende des Tauernmooses eine eindeutige Beziehung zwischen der Geschiebeführung beider Stellen zu erhalten.

Es unterliegt aber keinem Zweifel, daß die Geschiebeführung, besonders des größeren Kornes, beim Eintritt der Gletscherbäche auf das Tauernmoos größer ist als bei deren Austritt, daß also am Tauernmoosboden Sedimente abgelagert wurden.

Die Anzeichen frischer Aufschotterungen herrschten im oberen Teil des Tauernmooses vor. In seinem unteren breiten Teil liegt auf dem grob- bis feinsandigen Schwemmland fast durchwegs eine mehrere Dezimeter starke Schichte feinsandig-torfiger Ablagerungen und unverletzter Weideboden.

Im Jahre 1927 betrug die ermittelte Sandmengensumme  $17.957 m^3$ , die Schlammengensumme  $11.183 m^3$ . Beide Sinkstoffgruppen werden nunmehr schon im Delta der Zubringer oder in dessen Nähe abgelagert. Dabei ist allerdings folgendes zu bedenken:

Der Wasserspeicher wird während des Winters abgearbeitet. Im Frühsommer, während der Auffüllung des Speichers, gerade wenn die Zubringer am wasser- und geschiebereichsten sind, liegen ihre Mündungen mitten im Staubecken. Sie wandern mit steigendem Seespiegel nach rückwärts und aufwärts und bestreuen auf diesem Wege eine längere Strecke mit Sinkstoffen und Geschiebe. Das Delta wird in die Länge gezogen und verliert dabei seine bezeichnende Form und Böschung.

Erst nach vollendeter Seeauffüllung tritt wieder normale Deltabildung ein und dauert dann so lange, als die Wasserentnahme durch die Zuflüsse des Speichers gedeckt ist.

Übersteigt die Wasserentnahme die Zuflüsse, dann sinkt der Seespiegel wieder. Aber die meist kleine Wasserführung des Spätherbstes und Winters bringt nahezu keine Geschiebe und Sinkstoffe. Während der spätherbstlichen Absenkung des Sees setzt also in der Regel die Sedimentierung aus.

Dagegen wird das noch unverfestigte freigelegte Delta nunmehr den Angriffen des Wassers und des Wetters ausgesetzt. Seine im Wasser gebildeten steilen Böschungen sind an der Luft nicht bestandfähig, solange sie nicht durch den Frost gebunden und durch eine Schneedecke geschützt sind. Die Inanspruchnahme des Speichers durch den Werksbetrieb hat also auf die Sedimentierung einen wesentlichen Einfluß und gestaltet diese im Lauf der Jahre zu einem sehr verwickelten Vorgange, welcher mit der von Singer vorgeschlagenen Rechnungsmethode nicht mehr überblickt werden kann.

Außer den oben angeführten Sinkstoffen und Geschieben fördert noch eine dritte Komponente die Verlandung des neuen Speichers. Das sind die Schwebstoffe, äußerst feine Mineralteilchen, die sich selbst im vollkommen ruhenden Wasser wochenlang schwebend erhalten. Von

ihnen hat das Wasser des Tauernmoossees und in geringerem Maße auch das des Weißsees seine milchige Trübung, die selbst im Winter nicht ganz verschwindet.

Im Jahre 1929 war der See in der Zeit vom 7. Mai bis 9. Juli aufgestaut worden. Das Wasser war am 29. August im ganzen See so trübe, daß Gegenstände  $\frac{1}{2}$  m unter der Oberfläche nicht mehr wahrnehmbar waren. Ein Teil dieser Trübung rührte allerdings noch vom Baustaub her.

Eine an diesem Tage unweit des Entnahmebauwerks und nahe dem Wasserspiegel entnommene 5-l-Probe benötigte zur Klärung fünf Wochen vollkommener Ruhe und enthielt 0.1214 g getrockneten Rückstand<sup>1)</sup> in Form eines ungemein feinen lichtgrauen Pulvers. Gleichmäßige Verteilung vorausgesetzt, wären im Gesamtjahreszufluß von 50,000.000 m<sup>3</sup> Wasser rund 1200 t solcher Schwebstoffe enthalten, von denen ein großer Teil durch die Turbinen in die Stubache abgeht.

Während daher den Schwebstoffen nur ein geringer Anteil an der Verlandung zufällt, waren sie für die Dichtung des Sperrmauerbetons von großer Bedeutung, weil ihr Korn von einer viel kleineren Größenordnung ist als das des Zementes, das bei Injektionen in Betracht kommt. Nach Terzaghi leiten 0.0002 mm weite Spalten noch den hydrostatischen Druck weiter, während die Zementkörnchen mindestens hundertmal größerer Ordnung sind. Die Durchsickerungen von Wasser durch den Sperrbeton, die nach dem ersten Vollstau insgesamt rund 1.5 Sekundenliter betrug, ging unter Einwirkung der „Selbstdichtung“ durch diese Schwebstoffe in wenigen Monaten auf ein Fünftel dieser Menge zurück.

Bei der mikroskopischen Untersuchung ging mir Herr Prof. Ing. Dr. Stiny der Technischen Hochschule in Wien in liebenswürdigster Weise an die Hand, wofür ich ihm auch hier danke. Die Untersuchung ergab, daß die Hauptmasse der Sinkstoffe zu etwa gleichen Teilen aus Quarz und Glimmer besteht. Die Quarzteilchen haben kantig-splittige Form. Die größte beobachtete Längenausdehnung betrug 0.03 mm. Die übergroße Mehrzahl der Körnchen erreichte aber kaum eine solche von 0.001 mm. Von derselben Größe sind auch die Glimmerblättchen, die durch ihre ausgefranzten Ränder auffallen.

Eine Messung der Zufuhr grober Geschiebe fand überhaupt nicht statt. An der Meßstelle bei der Sperre führte der Bach solche Geschiebe nur bei hohen Wasserständen. Nach den von Singer zusammengestellten Angaben über viele Gewässer der Ost- und Westalpen könnte man die Geschiebeführung (ohne Sand und Feinkies) auf etwa 100 m<sup>3</sup> je 1 km<sup>2</sup> Einzugsgebiet schätzen, was eine Jahresmenge von rund 2300 m<sup>3</sup> für das Tauernmoos ergäbe. Jedenfalls spielt das gröbere Geschiebe im Vergleich zu Sinkstoffen und Sand für das Tauernmoosbecken keine große Rolle.

Für unser Gebiet erhält man nach vorstehendem eine jährliche Geschiebe- und Sinkstoffracht von 30—35.000 m<sup>3</sup>. Auf 1 km<sup>2</sup> Einzugs-

<sup>1)</sup> Für die Wägung danke ich hier nochmals Herrn Professor Dr. Böck der Technischen Hochschule in Wien.

gebiet kommen somit durchschnittlich 1280 bis 1500  $m^3$  Geschiebe und Sinkstoffe im Jahre. Das ergibt, roh gerechnet, einen durchschnittlichen jährlichen Abtrag von 1 bis 1·5  $mm$ .

Der Hauptzubringer ist der Ödwinklbach. Knapp unter seinem Ursprung am Ödwinkelkees bietet eine kleine Klamm die Gelegenheit zur Anlage eines Entsandungsbeckens von etwa 200.000  $m^3$  Inhalt. Die Kosten seines Ausbaues ständen in keinem Verhältnis zur Kürze der Zeit, durch die es bis zur Verlandung seinem Zwecke dienen könnte. Daher blieb die Anlage unausgeführt.

Die Tafel XXIII gibt auch über Niederschlag und Abfluß, Abendtemperatur und Schneeschmelze am Tauernmoos im Jahre 1927 Auskunft.

Die Niederschläge wurden mit einem einfachen Ombrometer gemessen, zu dem erst während des Jahres 1928 drei Totalisatoren traten. Die Abflüsse wurden an dem durch genaue Flügelmessungen geeichten Pegelprofil unterhalb der Sperrmauer gemessen. Vom ersten Staubebeginn (3. September 1928) an gab der Seepegel in Verbindung mit der aus photogrammetrischen Plänen ermittelten Seestand—Wassermengenlinie die Größe des täglichen Zuflusses an.

Im Jahre 1927 betrug die Niederschlagshöhe am Tauernmoosboden 2354  $mm$ . Die Niederschlagsmenge für das ganze Einzugsgebiet berechnet sich danach auf 55,084.000  $m^3$ , wobei die Zunahme der Niederschläge mit der Höhe noch nicht berücksichtigt ist. Messungen hierüber fehlen. Auch die Verdunstungshöhe<sup>1)</sup> ist uns nicht bekannt. Man ist auf Annahmen und Schätzungen angewiesen.

Bei der Annahme, daß die mittlere Niederschlagshöhe des ganzen Einzugsgebietes um 5 Prozent höher ist als die des Tauernmooses und daß die jährliche Verdunstungshöhe nur 20 Prozent der Niederschlagshöhe beträgt, errechnet sich für 1927 ein Abfluß von 46.271.000  $m^3$  gegen einen gemessenen Abfluß von 51,825.000.<sup>2)</sup> Der Unterschied zwischen beiden Zahlen entfällt auf die Gletscherschmelze. Bei einer Gletscheroberfläche von gegen 7  $km^2$  in unserem Gebiete gäbe dies eine mittlere Erniedrigung des Eises um 0·80  $m$ .

Das heiße Jahr 1928 zeigt dieselbe Erscheinung viel stärker. Die entsprechenden Zahlen für dieses Jahr sind:

Gemessene Niederschlagshöhe . . . . .	2.038 $mm$
hieraus berechneter Gesamtniederschlag . . . . .	47,711.000 $m^3$
berechneter Abfluß gegen . . . . .	$47.711 \times 1.5 \times 0.8 = 40.077.000 m^3$ .
Gemessener Abfluß . . . . .	57.237.000 $m^3$ .

1) Ich danke hier Herrn Prof. Dr. Lehmann der Technischen Hochschule in Zürich für seine gütige Beratung in der Frage der Verdunstung.

2) Auf 1  $km^2$  entfällt also ein mittlerer Abfluß von 2,220.000  $m^3$  im Jahre 1927 und von 2,450.000  $m^3$  im Jahre 1928.

Die Schwankungen nach der Jahreszeit sind beträchtlich und werden durch folgende Zahlen aus dem Jahre 1928 veranschaulicht:

Im Juli betrug der Abfluß 15,600.000  $m^3$ , woraus sich ein mittlerer Abfluß von 667.000  $m^3$  auf 1  $km^2$  errechnet. Im März betragen die entsprechenden Zahlen 271.000  $m^3$  und 11700  $m^3/km^2$ . Der wasserreichste Tag war der 30. August mit einem Abfluß von 874.000  $m^3$  und einem mittleren Tagesabfluß von 37.300  $m^2/km^2$ . Für den wasserärmsten Tag desselben Jahres, den 29. März, sind die entsprechenden Zahlen: 5.000  $m^3$  und 214  $m^3/km^2$ .

Der Unterschied von  $17,106.000 m^3$  stammt aus der Eisschmelze, was einer Erniedrigung der Eiskörper im Jahre 1928 um rund  $2,5 m$  entspricht.

Wegen der immerhin unsicheren Annahmen kommt diesen Zahlen nur symptomatische Bedeutung zu. Sie erhalten eine Stütze in einer Beobachtung am Tauernmoos. Die Schmelze des Winterschnees<sup>1)</sup> und damit die Wasserführung des Tauernmoosbaches erreicht im Juni, spätestens Anfang Juli ihren Höhepunkt. Während im Jahre 1927 der Juni als wasserreichster Monat  $13,400.000 m^3$  ergab, waren im Jahre 1928, nach einem schneearmen Winter, die abflußreichsten Monate Juli mit  $15,600.000 m^3$  und August mit  $15,200.000 m^3$  Abfluß. Dies sind aber die Monate mit der stärksten Eisschmelze. Bezeichnend für das Schwinden der Gletscher ist auch die zunehmende Zerrissenheit ihrer obersten Firnfelder.

Unmittelbare Beobachtungen sprechen für noch größere Abschmelzungsbeträge.

Der Eisspeicher des Stubachwerkes wirkt sich also sehr ergiebig aus. Aber er ist nicht unerschöpflich und die Sorge um seine Erhaltung wäre berechtigt, wenn die klimatischen Verhältnisse der letzten Jahre durch längere Zeit andauern sollten.

Die kleinen übersommernden Firnlager, die vor wenigen Jahren noch in großer Zahl unterhalb der eigentlichen Schneegrenze den Fuß schattiger Hänge umsäumten, sind fast alle verschwunden. Alter, harter Firn im Hintergrunde des Tauernmooses, der im Sommer 1925 noch  $6-8 m$  Mächtigkeit aufwies, war bis zum Herbst 1929 restlos abgeschmolzen.

Dies legt eine Erklärung für die Enttäuschungen nahe, welche die Zuflüsse eines anderen Kraftwerkspeichers der Österreichischen Bundesbahnen in den letzten Jahren gebracht haben. Im Einzugsgebiet des Spullersee, das in seinen höchstgelegenen Teilen gerade noch die Schneegrenze erreicht, bestanden im Jahre 1920, als der dortige Bau begann, noch eine große Anzahl übersommernder alter Firnlager. So am Ostfuße des Kammes Gehrengrat—Pfaffeneck, am Nordfuße der Wildgrubenspitzen, des Roggals und der Goppelspitze und besonders in dem zum Grubenjoch hinaufziehenden Tale. Ähnlich war es auf den zum Klostertal abfallenden Hängen der Ferwallberge. Diese zum Teil vereisten Firnfelder verschwanden binnen wenigen Jahren vollkommen.

Ihr Abschmelzen brachte im Spullerseegebiet einen Zuschuß zu dem aus unmittelbaren Niederschlägen stammenden Wasser, der damals einem hohen Abflußbeiwerte zugeschrieben wurde. Diese Firnfelder spielten dort also die Rolle der Gletscherspeicher, konnten sie aber nicht lange durchhalten und zehrten sich schnell dabei auf. Im Vergehen tauschten sie mit ihren Schmelzwässern über die Wasserspende, die aus den Abflüssen der Niederschläge allein zur Verfügung stand.

So wirkte sich dort die Schneearmut der letzten Jahre doppelt aus: im Verbrauch langjähriger Firnspeicher und im Sinken der Wasserspende.

<sup>1)</sup> Der Schneepegel, dessen Ablesungen auf Tafel XXIII verzeichnet sind, steht an sonniger Stelle am Tauernmoos. Er zeigt also für den größten Teil des höher und schattiger gelegenen Einzugsgebietes eine verfrühte Absenkung des Schneestandes.

Diese klimatische Erscheinung begann etwa im Jahre 1923. Es dauerte aber eine Reihe von Jahren, bis sie voll zur Wirkung kam und als Änderung gegenüber den früheren Verhältnissen überblickt werden konnte.

Wiederholt wurden im Seewasser Temperaturmessungen ausgeführt. Die Fig. 13 zeigt das Ergebnis von fünf über den ganzen See verteilten Temperaturmessungen am 29. August 1929 zur Mittagszeit bei einer

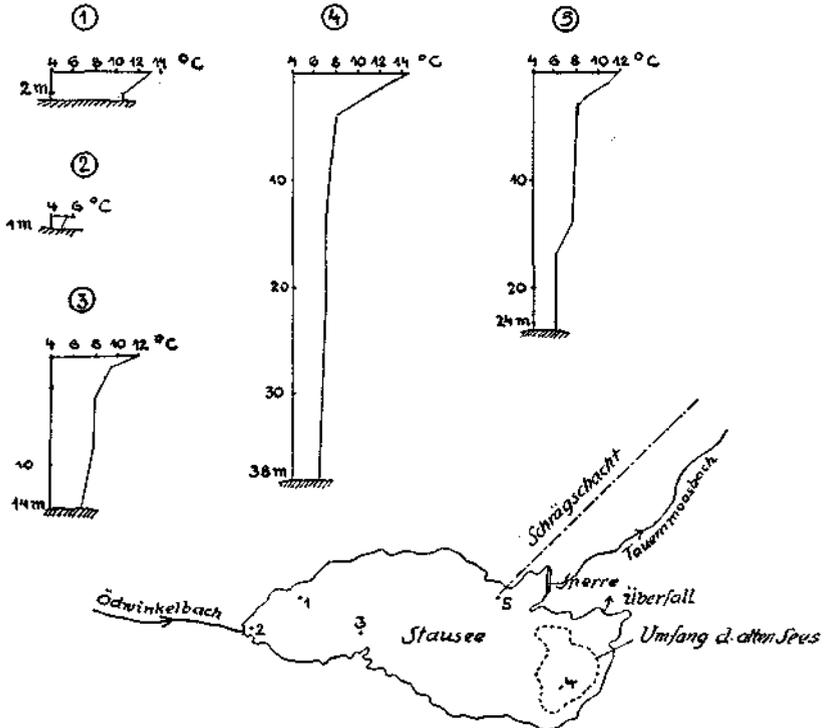


Fig. 13. Schaubilder der Temperaturlotungen am Tauernmoossee.

Die Tiefen sind vertikal, die Temperaturen horizontal aufgetragen. Der Seespiegel lag auf der Höhe 2003·10.

Lufttemperatur von 22° C. Der See war vollgestaut. Zur selben Zeit hatte das am Enzingerboden aus den Maschinen kommende, abgearbeitete Seewasser eine Temperatur von 6·4°.

Die Temperaturprofile zeigen eine deutliche Sprungschicht in der Tiefe von 2 bis 4 m unter dem Wasserspiegel. Ihre Tiefenlage nimmt mit der Entfernung vom Ödwinkelbach, dem Hauptzubringer, zu. Die Unregelmäßigkeit im Temperaturprof. 5 ist jedenfalls durch die Strömung beim Einlauf hervorgerufen, dessen Rechenöffnung zwischen den Koten 1982 und 1987·5 liegt.

Im Winter findet eine Umkehr in der Temperaturschichtung statt. Die obersten Schichten kühlen sich bis nahe an 0° ab.

Eine Temperaturmessung am 16. Jänner 1930 hatte folgendes Ergebnis:

Tiefe in Metern... 0·0 1·0 2·0 3·0 4·0 6·0 10·0 15·0 17·3 (Boden)  
Wassertemp. °C... 0·5 0·6 0·7 0·9 0·9 0·9 1·0 1·1 1·2

Diese Meßstelle lag nahe der Meßstelle 5 in Fig. 13, der Seespiegel stand an jenem Tag auf 1998·69 m Seehöhe, also um rund 4·30 unter dem höchsten Staumaß. Die Lufttemperatur betrug  $-3^{\circ}$  C um 11 Uhr vormittags. Der See war mit einer Eisschichte von 38 cm Stärke bedeckt, auf der 12 cm Neuschnee lag. Das Eis war auf seine ganze Stärke klar und einheitlich.

Die Eisstärke der Seen wächst im Verlaufe des Winters; dabei wird die Zusammensetzung des Eises immer komplizierter. Dies rührt daher,

*Tauernmoossee 10.4.1929*

*Grünsee 17.3.1926.*

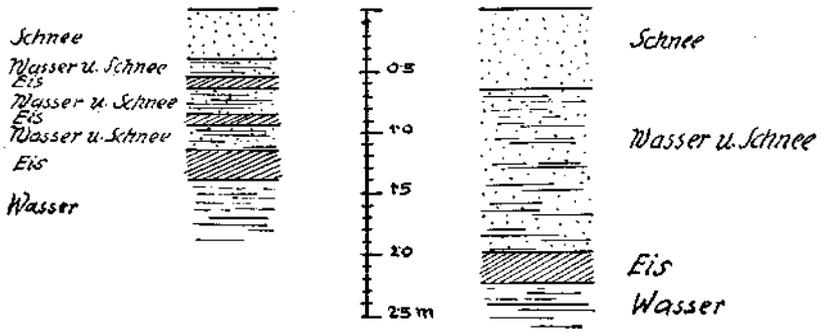


Fig. 14. Eisdecke am Tauernmoossee und Grünsee.

daß die Eisdecke unter der wachsenden Last des auf ihr liegenden Schnees in das Wasser taucht. Dabei saugt auch der Schnee Wasser und gefriert. Die mehrmalige Wiederholung dieses Vorganges erzeugt gegen Schluß des Winters Verhältnisse, wie sie in Fig. 14 dargestellt sind.

### K. P. Schrägstollen.

Für die Wasserführung vom Tauernmoospeicher zum Krafthaus am Enzingerboden entschloß man sich zum Bau eines Rohrstollens, der auf 1700 m Grundrißlänge einen Höhenunterschied von 520 m zu überwinden hatte. Von einer geradlinigen Führung des Stollens in einer einheitlichen Neigung von rund 30 % wurde zur Erzielung möglichst kurzer Fensterstollen abgegangen, die Schrägstollenlinie im vertikalen Sinne zweimal (bei Fenster 1 und 2) geknickt und dadurch in drei angenähert gleich lange Abschnitte von 15, 31, bzw. 48 % Neigung unterteilt. Der Schrägstollen wurde in den Ostabhang des Sprengkogelmassivs verlegt und kam damit zur Gänze in den Granitgneis des Granatspitzkernes zu liegen, u. zw. in dessen oberste, der Schieferhülle naheliegende Schichten. Die starke Faltung und Schollenverschiebung in dieser Randzone ließ nach dem geologischen Gutachten des Herrn

Ministerialrates Ing. Singer außer körnigem Granitgneis mit schwacher Ausprägung der Richtung alle Übergänge zum Serizit erwarten. Das Streichen des Gebirges, das an sehr zahlreichen Stellen im Stollen gemessen wurde, bewegte sich zwischen  $15$  und  $50^\circ$  NW, das Fallen zwischen  $30$  und  $50^\circ$  NO. Der Schnitt des Gebirgstreichens mit dem Schrägstollen, der bei  $26^\circ$  nordwestlicher Richtung  $8$ — $26^\circ$  Neigung hatte, war daher namentlich im obersten Teile ein sehr flacher. Lediglich Fenster 1, das  $36^\circ$  nordöstliche Richtung hatte, traf das Streichen nahezu senkrecht.

### Gesteinsverhältnisse.

Die durch den Schrägstollen aufgeschlossenen Gesteinsverhältnisse bestätigen die Voraussage des Gutachters. Überraschend war die Mächtigkeit der serizitisierten Gneisstrecken. Die in den Zonen besonders starker Störungen erwarteten Erschwernisse wie Druck und Wasserzudrang blieben erspart. Die von den Fensterstollen und beim Stollenausgange am Enzingerboden zu durchfahrenden Bergschuttstrecken waren überraschend kurz und betrug  $17$  bis  $29$  *m*. In Zeichnung Fig. 15 ist ein geologischer Längenschnitt des Schrägstollens auf Grund der tatsächlichen Aufschlüsse dargestellt. Die Gesteinsverhältnisse der Oberfläche sind in strenger Anlehnung an das geologische Gutachten des Herrn M. R. Ing. Singer verzeichnet. Das interessante und wechselvolle Bild, das das durch den Schrägstollen aufgeschlossene Gebirge namentlich im oberen Teile bot, führte dazu, daß die Ulmen und die Firste des Schrägstollens im Maßstabe  $1:100$  während des Vortriebes in der Natur gezeichnet wurden. Die Beilage 3 bringt eine vereinfachte und verkleinerte Darstellung dieser Aufnahme. Einzelne besonders interessante Stellen wurden auch photographiert. Siehe Tafeln XVIII und XIX.

Der Gneis hat namentlich von  $980$  bis  $1030$  *m* und  $1300$  bis  $1400$  *m* granitischen Charakter. In der Nähe der Serizitstrecken war der Gneis dagegen kleinbankig und stark zerklüftet. Vom weichen lichten Serizite mit feinblättriger Struktur und schwachen Quarzkörnern bis zum Granitgneis von hoher Festigkeit wurden die verschiedenartigsten Zwischenglieder aufgeschlossen, wie fester, feingefalteter Serizit mit groben Quarzkörnern, Serizit mit Biotit und Chlorit und faustgroßen Milchquarzaugen, ferner fester wenig serizitischer Gneis, Biotitbänder im Übergang zum Serizit, Aplitausscheidungen im Gneis und Milchquarz bis zu  $1$  *m* Mächtigkeit als Kluftausfüllung im Gneis oder auch als band- oder linsenartige Zwischenlagerung im Serizit. Bei einzelnen, kleinen Hohlräumen wurde auch Bergkristall vorgefunden.

Die Gesteinsverhältnisse im Schrägstollen sind heute noch größtenteils sichtbar, weil nur die weichsten Serizitpartien verkleidet wurden.

Auf eine eingehende Aufnahme und Darstellung der Gesteinsverhältnisse in den Fensterstollen mußte wegen Zeitmangels verzichtet werden. Besonderes Interesse bietet Fenster 2, das nach  $20$  *m* Bergschutt auf zirka  $28$  *m* Länge im Hornblendegneis verlief, worauf stark durchbewegter Serizit mit Biotit und Chlorit und Quarzaugen folgte. Die Fensterstollen 1 und 2 sind mit Ausnahme der Bergschuttstrecken zur Gänze unverkleidet belassen worden. Die Gesteinsverhältnisse können hier besonders gut nachträglich eingesehen und vom Fachgeologen studiert werden.



### Wasser- und Luftverhältnisse.

Vom Tauernmoos bis zum Festpunkt III wurde keine Quelle angefahren. Nur an einzelnen Verwerfungen und manchmal über Serizit im Liegenden trat Tropfwasser auf. Der gesamte Wasserabfluß aus dieser Stollenstrecke beträgt etwa 0·2 Liter pro Minute. Der gesamte Wasserzutritt in der Strecke vom Festpunkt III bis zum Festpunkt IV beträgt 6 bis 12 Liter pro Minute und rührt von zwei Quellen, die über serizitischen Lassen, und einer Quelle, die aus einer Verwerfung austritt, sowie von wenigen Tropfstellen bei Verwerfungen her. Die Temperatur des Wassers wurde mit 5·6° C. festgestellt. Stollenfenster 1 war vollständig trocken, Fenster 2 hatte eine Schichtquelle im Gneis von 4 Liter pro Minute Ergiebigkeit.

Die Gesteinstemperaturen sowie die Stollenlufttemperatur bewegten sich zwischen 5 und 6° C. Die Belüftung des Stollens während der Arbeit bot trotz der zum Teile sehr großen Neigung keine Schwierigkeiten. Für die Lufterneuerung genügte die übliche Zubringung von Frischluft durch je einen Sulzerventilator mit 15 KW-Elektromotor pro Ort. Die Frischluftrohrleitung von 30 cm Durchmesser mußte allerdings stets bis knapp vor Ort vorgelegt sein. 20 Minuten nach dem Abschluß konnte die Arbeit wieder aufgenommen werden. Nach erfolgtem Durchschlag hatte die große Stollenneigung meist sehr starke Zugluft zur Folge. Das Ziehen richtete sich ausschließlich nach der Größe der Differenz der Lufttemperatur im Freien und der Stollentemperatur (5 bis 6° C). Bei höherer Außentemperatur war das Ziehen nach abwärts, bei höherer Stollentemperatur nach aufwärts gerichtet, weil die Wirkung des Schrägstollens der eines Kamines ähnlich war. Dies hatte zur Folge, daß im kalten Winter 1928/29 die kalte Luft vom Enzingerboden eingesogen wurde und zu einer auf 500 m Länge oder 200 m Höhe reichenden Vereisung der Stollensohle führte. Durch entsprechend angebrachte Türen, die auch eine Regelung der Luftbewegung durch angebrachte Schieber gestatteten, wurde dem starken, gesundheitsschädlichen Ziehen begegnet, andererseits die entsprechende Lufterneuerung erreicht.

### Vortrieb der Stollen.

Der Vortrieb der Fensterstollen, für die 0·5 % Neigung und ein Lichtmaß 2·2 × 2·2 m vorgeschrieben war, erfolgte im vollen Querschnitt mit je zwei Ingersoll-Handbohrhämern pro Ort. Ein Teil des Fensters 1 wurde vor Fertigstellung der Druckluftanlagen unter Handminierung vorgetrieben. Die Ergebnisse stellten sich wie folgt:

Ort	Gestein	Mittl. Tagesfortschritt	Vortriebsart
Fenster 1 (177·4 m lg)	Granitgneis	0·85 m	Handbohrung Ingersoll-Handbohrhämmer
	"	1·95 m	
	Serizit	3·80 m	
Fenster 2 (236·7 m lg)	Amphibolit	2·30 m	"
	Gneis, teils bankig, teils granitisch	2·57 m	
Fenster 3 (110 m lg)	Gneis bankig	2·90 m	"

Bei Fenster 1, das nahezu senkrecht auf das Streichen des Gebirges vorgetrieben wurde, machte sich im Gneis die dadurch hervorgerufene starke Verspannung des Gebirges hemmend bemerkbar. Der blätterige Serizit schoß sich in dieser Richtung besser als in der Richtung des Streichens, da er in letzterer Richtung zu Bürstenbildungen neigt.

Der Vortrieb des Schrägstollens erfolgte von Fenster 1, 2, 3 und vom Enzingerboden aus. Der Vortrieb wurde mit je drei Ingersoll-Handbohrhämmern (einfache Meißelschneide des Bohrers) pro Ort aufgenommen. Nach Erprobung verschiedener Modelle wurde von Fenster 1 und 2 aus ein Teil des Schrägstollens mit je zwei schweren Bohrhammern (Schnellbohrhammer Modell „D. C. R. W. 23“ der Firma Ingersoll, Rand & Co.), die von lotrechten Spannsäulen getragen werden, vorgetrieben. Dieser Bohrhammer ist 25 kg schwer. Das Bohrmehl wird durch Druckwasser, das durch den Hohlbohrer in das Bohrloch gelangt, entfernt. Verwendet wurde hiebei schwedischer Stahl und Kreuzmeißelschneide des Bohrers. Die Vortriebsergebnisse ohne Berücksichtigung der horizontalen Stollenstrecke am Enzingerboden und einzelner Versuchsstrecken sind in nachstehender Tabelle zusammengefaßt. Die Fläche des mittleren Schrägstollenprofils betrug  $6.6 m^2$  und ist in Zeichnung Fig. 16 dargestellt. Der Vortrieb erfolgte im vollen Profile.

Gestein	Länge	Leistung pro Tag	Vortriebsart
Gneis	780.1 m	2.52 m	Handbohrhammer
"	325.8 m	2.49 m	„D. C. R. W. 23“
Serizit	434.6 m	3.39 m	Handbohrhammer
"	59.6 m	3.05 m	„D. C. R. W. 23“
Gneis	1105.9 m	2.51 m	Durchschnitt
Serizit	494.2 m	3.37 m	"
Gneis und Serizit	1600.1 m	2.78 m	Gesamtdurchschnitt

Bei Errechnung der Durchschnittswerte ist die Zeit für Nebenarbeiten, die sich insbesondere aus der schwierigen Schutterung bei der Neigung des Stollens ergaben, inbegriffen. Die Werte sind daher gedrückt.

Der schwere Schnellbohrhammer bewährte sich beim Vortrieb im Gneis für die ausführende Bauunternehmung Brüder Redlich und Berger, Wien, insofern, als er zwar keine Erhöhung des Fortschrittes, wohl aber eine Verminderung der Zahl der Mineure von 6 auf 4 pro Ort ermöglichte. Im Serizite stand der leichte Bohrhammer im Vorteile, weil der weiche Serizit kein gutes Verspannen der tragenden Spannsäule gestattete und Lockerungen der letzteren zu Bohrerverklemmungen führten.

Nachteilig für die volle Ausnützung des schweren Bohrhammers war auch die große Stollenneigung, die das Entfernen und Zubringen der

schweren Bohrhämmer, der Spannsäulen und Druckwasserkübel bei jedem Abschusse erschwerte. Außerdem muß nach dem Abschusse bei Wiederaufnahme der Arbeit das Schuttergut vor Ort so weit entfernt werden, daß die Spannsäulen verläßlich eingebaut werden können. Die Zeit vom Abschusse bis zum Bohrbeginne ist daher bei Verwendung dieser Modelle eine verhältnismäßig große, wogegen die leichten Handbohrhämmer sofort nach Entfernung absturzdrohender Gesteinspartien angesetzt werden können. Bei festem Gneis konnte die erhöhte Bohr-

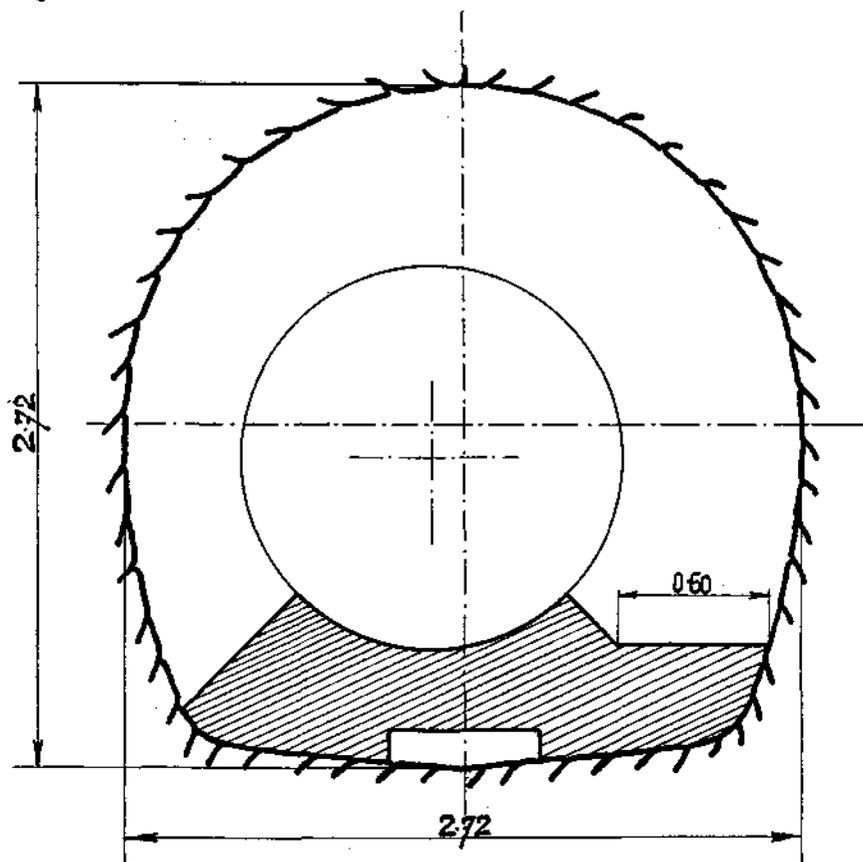


Fig. 16. Stollenquerschnitt.

geschwindigkeit des schweren Bohrhammers diesen Zeitverlust einbringen, im auch mit Handbohrhämmer leicht abzubohrenden Serizite jedoch nicht. Hier blieb der Handbohrhammer im Vorteile.

Die Brust wurde mit 20 bis 25 Loch von 90—130 cm Länge abgebohrt und im Mittel mit 18 kg Dynamit Nr. 1 abgeschossen. Der damit erzielte Fortschritt betrug im Gneis 70—90 cm, im Serizite 90—110 cm. Danach bewegte sich der Sprengmittelverbrauch zwischen 16 und 26 kg/lfm. In einer ungefähr 300 m langen Gneisstrecke im Stollen zwischen Festpunkt III und IV betrug nach unseren Beob-

achtungen der mittlere Sprengmittelverbrauch  $24.7 \text{ kg/lfm}$ , bei einer Stollenausbruchfläche von  $6.2 \text{ m}^2$ . Wird durch den geringeren Sprengmittelverbrauch in den Serizitstrecken der durchschnittliche Verbrauch des gesamten Stollens heruntergedrückt, so erfährt er durch die Profilvergrößerung des Stollens vom Festpunkte II bis III auf  $6.6 \text{ m}^2$  und vom Festpunkte II bis I auf  $7.4 \text{ m}^2$  wiederum eine Erhöhung und stellte sich daher angenähert auf  $24 \text{ kg/lfm}$  Stollen oder  $3.6 \text{ kg/m}^3$  Gestein. Durch einige Zeit wurden im sehr festen Gneis die Einbruchschüsse statt mit Dynamit Nr. 1 mit Sprengelatine geladen, jedoch damit keine Erparnisse erzielt. Bei der starken Gebirgsverspannung im Fenster 1 wurde versuchsweise zuerst ein Einbruch in die Brust abgeschossen, dann erst wurden entsprechend der Wirkung der Einbruchschüsse die Randschüsse gebohrt und abgeschossen. Einer geringen Ersparung an Sprengmitteln stand der Arbeitszeitverlust durch die öftere Unterbrechung beim zweimaligen Abschusse gegenüber, so daß es bei bezüglichen Versuchen blieb und der Abschluß der ganzen Brust auf einmal in der üblichen Reihenfolge erfolgte. Der Verbrauch an Zündschnüren betrug im Mittel  $8\frac{1}{2}$  Ringe pro Angriff, der an Zündkapseln 20—28 Stück pro Angriff.

Der Verbrauch an Bohrern richtete sich sehr nach der Härte des Gesteins. Im Milchquarz wurden 2—6 cm (selten bis 20 cm), im Gneise 18—40 cm, im Serizite 70—120 cm Bohrloch mit einer Schärfe hergestellt. Im allgemeinen wurde bei dreischichtigem (24 stündigem) Vortriebe mit zweischichtigem (16 bis 18 stündigem) Schmiedebetriebe das Auslangen gefunden. Die Zahl der in einer Schmiedearbeitschicht zu 8—9 Stunden herzustellenden Schärfen und Härten der Bohrer bewegte sich daher zwischen 80 und 300. Bei den schweren Bohrhämmern („D. C. R. W. 23“) wurde bei 50 cm Bohrloch im Gneise eine Schärfe verbraucht.

Im Allgemeinen bohrte sich Serizit nach jeder Richtung sehr leicht. Grobbankiger Gneis bohrte sich gut, ergab jedoch eine schlechtere Schußwirkung, weil meist Büchsen bis zu 40 cm zurückblieben. Kleinbankiger Gneis und Gneis mit starker Klüftung führte leicht zu Bohrer-Verklümmungen und Bohrerbrüchen; die Schußwirkung war jedoch eine gute.

#### Materialförderung.

Die Art der Schutterung, die die Vortriebsleistung beeinflusste, war nach der Neigung des Stollens verschieden und das Ergebnis sorgfältiger Erprobungen und Beobachtungen der Bauunternehmung Brüder Redlich und Berger.

Der Schrägstollen von Festpunkt I bis II gestattete wegen seiner 15% Neigung weder ein freies Fahren, noch die Anlage eines Bremsberges, bei dem der volle Wagen den leeren hochzieht, weil der Leerwagen oft wesentlich mit Werkzeug belastet wird. Es wurde hier eine eingleisige Anlage eingebaut und der Leerwagen von  $1.5 \text{ m}^3$  Fassungsraum mit einer nächst dem Fenster 1 aufgestellten, elektrisch betriebenen Winde zu einer 4 bis 10 m vor Ort aufgestellten Verladebühne aufgezogen; die Schutterung von der Brust bis zur Verladebühne erfolgte

mit Schubkarren. Nach 4 bis 8 *m* Vortrieb wurde die Verladebühne vorgebaut, was etwa drei Arbeitsstunden der ganzen Belegschaft in Anspruch nahm. Die Aufzugsgeschwindigkeit betrug 0·8, später 1·1 *m* pro Sekunde.

Im Schrägstollen von Festpunkt II bis III mit 31% Neigung wurde eine zweigleisige Bremsberganlage mit Förderwagen von 0·9 *m*<sup>3</sup> Fassungsraum eingebaut. Das Räderwerk war in der Verladebühne untergebracht, die 6 bis 40 *m* von der Brust (je nach dem Stande des Vortriebes) entfernt war.

Nach 30 bis 35 *m* Vortrieb wurde die Verladebühne wieder gegen die Brust vorgebaut. Der Vorbau der Bühne (Räumung des Restmaterials, Gleisvorlage, Vorbau) erforderte 16 bis 24 Stunden und legte den Vortrieb still. Die Förderung von der Brust bis zur Verladebühne erfolgte mit Hilfe eines Zugseilbaggers, dessen Antrieb auf der Verladebühne stand. Knapp vor der Brust war lediglich auf einer horizontalen Spannsäule eine Führungsrolle eingebaut, die bei jedem Abschusse leicht entfernt und wieder angebracht werden konnte. Dieser Zugseilbagger bewährte sich nicht allein im weichen, in Blättchen zerfallenen Schuttergut des Serizits, sondern auch im Schuttergut des Gneises sehr gut.

Im Stollen vom Festpunkte III bis zum Stollenfester 3 mit 48% Neigung wurde eine ähnliche zweigleisige Bremsberganlage mit Förderwagen von 0·75 *m*<sup>3</sup> Fassungsraum eingebaut, die ähnlich obiger vorgebaut wurde. Die Förderung von der Brust zur Verladebühne erfolgte in blechbeschlagenen Holzrinnen bis auf eine Weite von 20 *m*, da die Neigung gerade noch ein Gleiten des Gneismaterials zuließ. Die Bühne mußte jedoch nach je 20 *m* Vortrieb vorgebaut werden. Später wurde auch hier ein Zugseilbagger eingebaut, der sich den Blechrinnen weit überlegen zeigte und ein Vorsetzen der Bühne nach 30 bis 35 *m* Vortrieb gestattete. Das Vorsetzen der Bühne nahm 24 Stunden in Anspruch.

### Stollenmauerungen.

Die Bergschuttstrecken der Fenster 1 und 2 wurden mit einem 30 *cm* starken Mauerwerk ausgekleidet. Die Lichtweite betrug 2·0 *m*. Bei der Bergschuttstrecke des Hauptstollens am Enzingerboden wurde die Mauerstärke wegen der im sehr groben Blockwerke beobachteten unregelmäßigen Drücke von 30 auf 40 und 45 *cm* erhöht. Die Lichtweite betrug hier 2·66 *m*. Das vom Schrägstollen durchfahrene Gebirge war durchwegs standfest. Das leichte Abblättern des Gesteines in manchen Serizitstrecken ließ es jedoch angezeigt erscheinen, diese zu verkleiden, um eine fortwährende Verunreinigung im Stollen hintanzuhalten und um durch verminderten Zutritt der feuchten Stollenluft eine rasche Verwitterung aufzuhalten. Durch Herrn Ministerialrat Ing. Schnürer wurde angeregt, an Stelle eines leichten Verkleidungsmauerwerkes die Serizitflächen zu torkretieren.<sup>1)</sup>

Die von uns vorerst vorgenommenen Versuche hatten ein Ergebnis, das unsere Erwartungen übertraf. Der Torkret haftete nicht nur an

<sup>1)</sup> „Torkret“ ist ein Verfahren, bei dem mittels Druckluft ein Gemenge von Zement, Sand und Wasser an die zu torkretierende Fläche geschleudert wird.

den büstenartigen Schichtköpfen, sondern auch an den glatten, sich sehr fett anfühlenden Schichtflächen des Serizites derart fest, daß es bei Zerschlagen der Probekörper nicht gelang, den Torkret vom Serizite zu lösen, sondern sich stets früher der Serizit vom Serizite trennte. Am Torkret haften fest die Serizitschuppen. Auf Grund dieses Ergebnisses wurden die in Frage stehenden Serizitflächen mit einer Torkret-haut von 2 cm Stärke überzogen. Das Mischgut bestand aus vier Teilen Sand vom Tauermmoos und einem Teile Zement. Die Raschheit der Aufbringung des Torkrets, die reine Anschmiebung an den Ausbruch bei Überkubaturen, die Möglichkeit der Verkleidung von Teilen des Stollenumfanges oder selbst nur einzelner weicher Serizitbänder brachten sehr wesentliche Ersparnisse an Zeit und Arbeit. Das Aussehen ist ein gefälliges. Soviele dies die nun fast vierjährige Beobachtungszeit schließen läßt, wurde das angestrebte Ziel damit voll erreicht. Nicht bewährt hat sich das Torkretverfahren auf Flächen mit Tropf- oder Rieselwasser, weil der Zementmörtel vor Erhärtung abgewaschen wurde. Die wenigen feuchten Serizitstrecken wurden daher mit einem Verkleidungsmauerwerke versehen. In den Fensterstollen wurde auf eine Verkleidung auch der weichsten Serizitstrecken verzichtet.

83 m Bergschuttstrecke einschließlich Fensterstollen wurden in Bruchstein, 51·7 m des Schrägschachtes in Beton (160 kg Portlandzement auf 1 m<sup>3</sup> Gemenge) ausgemauert; 89·9 m Schrägschacht und außerdem Einzelflächen von zusammen 397 m<sup>2</sup> wurden mit Torkret verkleidet. Die Verwendung von Schuttergut aus den Deponien des Fensters 1 und 2 ohne eigene Vorbereitung des Materials mußte infolge des Ergebnisses von Probewürfeln, die bei Portlandzement 160 pro Kubikmeter nur eine Würfeldruckfestigkeit von 20 kg aufwiesen, untersagt werden. Die Festigkeit wird durch die Vermengung mit serizitischem Material und das im Schuttergut befindliche Bohrmehl ungünstig beeinflusst. Serizitfreies, im Brecher gebrochenes Gneisschuttergut, dem eigens erzeugter Sand und Feinkies zugesetzt wurde, hatte, wie bezügliche Versuche am Enzingerboden ergaben, Festigkeiten von 120 bis 130 kg pro Quadratcentimeter bei 160 kg, 230 kg pro Quadratcentimeter bei 230 kg Portlandzement pro Kubikmeter Gemenge. Das so vorbereitete Ausbruchmaterial eignete sich also gut für die Betonierungsarbeiten. Das gesamte Gneisausbruchmaterial vom Festpunkte III bis zum Fenster 3 wurde auch tatsächlich zur Betonierung des Krafthauses und kleinerer Betonarbeiten im Stollen verwendet, weil von Anfang an darauf Bedacht genommen wurde und serizitisches Material getrennt auf eigenen Deponien gelagert wurde.

Die Mauerung der Fensterstollenportale und des Portales am Enzingerboden sowie der anschließenden Blockwerkstrecken erfolgte in Bruchsteinmauerwerk, für das sich der gut spaltbare Gneis besonders eignete.

#### H. A. Grünsee, Enzingerboden und Autostraße.

Das glaziale Seebecken des Grünsees wird als Speicher für die Hilfsmaschinen des Kraftwerkes benutzt. Sein Abfluß ist durch ein niederes Wehr gestaut, das nicht auf einer Felsschwelle, sondern auf Schutt gegründet und daher nicht wasserdicht ist. Da für den zweiten Ausbau

des Hauptwerkes auch eine Erhöhung des jetzigen niederen Grünseestaus durch Erbauung einer Bogensperre ins Auge gefaßt ist, kommt der künftigen Sperrenstelle erhöhte Bedeutung zu.

Die Felschwelle am Abfluß des Grünsees ist von einer Klamm durchsägt, die aber verschüttet ist, so daß die Sohle des Weißbaches dort nicht auf Fels, sondern auf Schutt liegt. Eine 5 m tiefe Sondierungsgrube erschloß das in Fig. 17 dargestellte Profil. Der weiteren Abteufung dieser Grube stellten sich Schwierigkeiten in der Wasserhaltung entgegen. Eine Fortsetzung der Aufschlußarbeit müßte mittels Stollen und Querschlägen von einer der beiden Felsflanken her erfolgen.

Während die Felsriegel diluvialer Zungenbecken sehr häufig aus festem und gesundem Gestein bestehen, zeigt der den Grünsee ab-

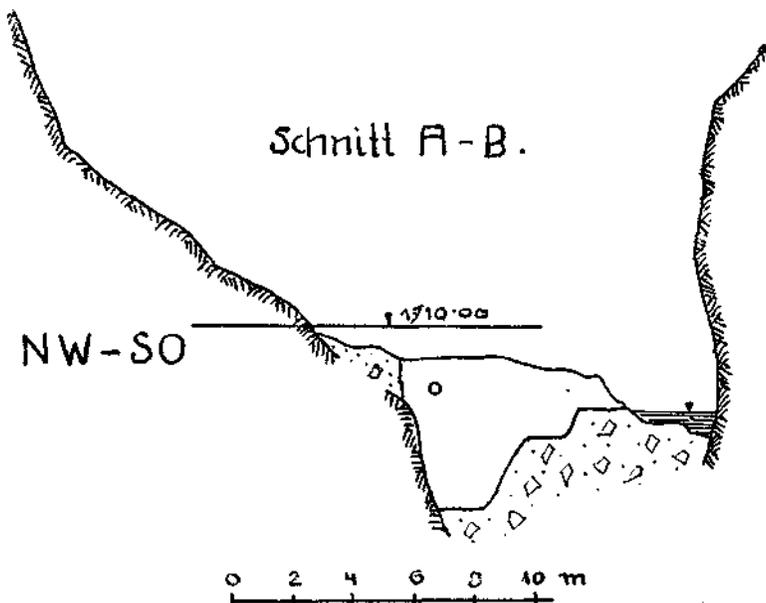


Fig. 17. Grünseeabfluß, Schnitt.

Das anstehende Gestein ist Granitgneis mit vereinzelt serizitischen Lagen.

schließende Riegel die Spuren tiefgreifender Zerklüftung, welche die Bildung von Bergstürzen begünstigt. Die Zuschüttung der Abflußklamm erfolgte durch solch einen Bergsturz vom linken Schluchthang. Auch heute ist die Felswand auf dieser Seite durch eine tiefe und offene Kluft von dem hinter ihr aufsteigenden Hügel „Stierbichel“ abgetrennt (siehe Zeichnung 18). Die Kluft streicht  $N - 60^\circ - O$  saiger und liegt damit der schon oben erwähnten Hauptkluftrichtung sehr nahe. Dasselbe Flächenelement kehrt in den sonst unregelmäßigen Begrenzungen der Felswände immer wieder.

Einen weiteren Beleg für die Neigung zu Bergstürzen bildet der auffallend mächtige, nacheiszeitliche Schuttkegel des Weißbaches am Enzingerboden. Für diesen ganz jungen Kegel kommt als Schutteinzugs-

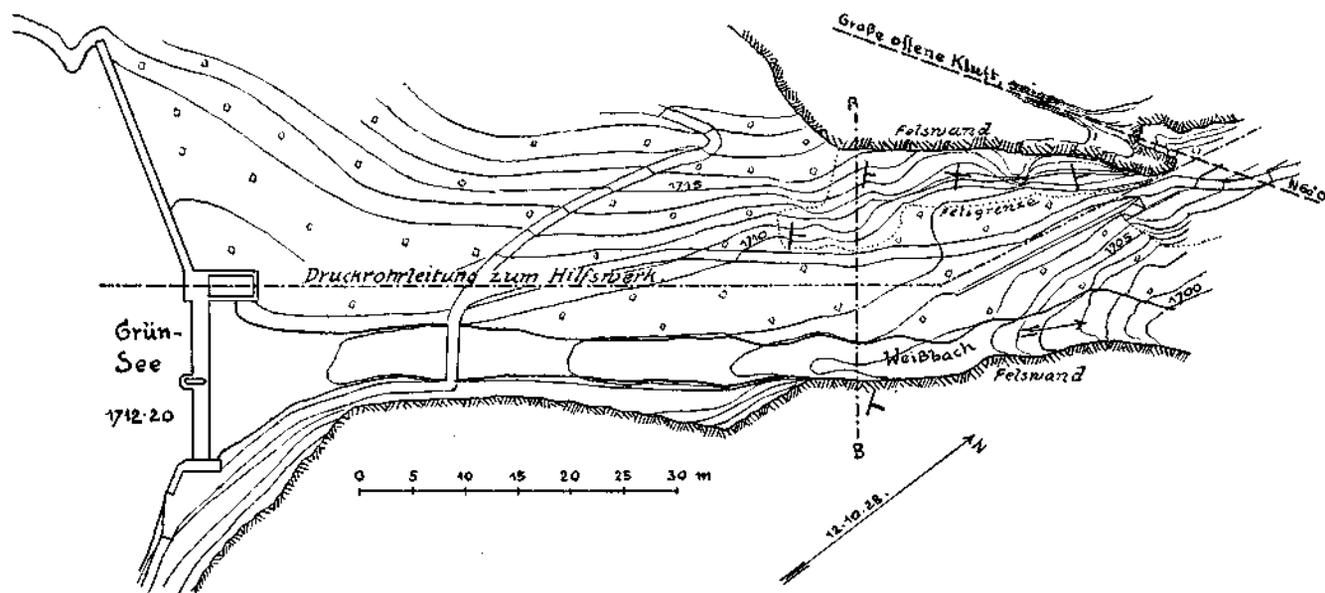


Fig. 18. Grünseeabfluß, Grundriß.

Links der Grünsee und das Stauwerk mit Schieberkammer und Landflügel. Gestrichelt: Steilaufsteigende Felswände.  
Punktirt: Umgrenzung des anstehenden Felsens

gebiet nur die 800 m lange Schlucht unterhalb des Grünsees in Betracht. Dieses kurze Nährgebiet könnte keinen so großen Schuttkörper erzeugen, wenn die Bergstürze aus den Felsflanken der Schlucht dem Bache nicht immer neue Schuttmassen zuwürfen.

Eine Beteiligung von Moränen am Aufbau dieses Schuttkegels ist nicht wahrscheinlich und läßt sich nicht nachweisen.

Wo der NW-Abfall des Sprengriedels mit gewaltiger Wand im Enzingerboden wurzelt, liegt das Krafthaus.

Seine Achse und die des Unterwasserkanals folgt einer quellenreichen Verschneidung des großen vom Weißbach aus S vorgebauten Schuttkegels mit dem des Tauernmoosbaches. Der Aushub für die Turbinenschächte und Maschinenfundamente erschloß sehr gut die gemeinsame Naht der ineinander verzahnten Schuttkegel, in denen feine und grobe Sedimente abwechseln. Sie entstammen größtenteils dem Granitgneis.

Mehrfache Einlagerungen von feinem blauen und grauen Letten zeugen von vorübergehender Bildung seichter Tümpel in diesem geschützten Winkel. Auf den Schuttkegel des Tauernmoosbaches legte sich später ein Bergsturz. Ihn krönt heute das kleine Fichtenwäldchen an der Straße vor dem Krafthaus.

Hangschutt, Bergstürze, Schuttkegel und Seeablagerungen sind die jungen Bildungen, welche das glaziale Seebecken des Enzingerbodens umsäumen und ausfüllen.

Diese hoch hinaufreichende Verkleidung der Talwände mit jungen durchlässigen Schuttkörpern ist auch der Grund, warum die Trinkwasserversorgung des Enzingerbodens auf Schwierigkeiten stieß. Erst am Fuße der Schutthalden treten reichliche Quellen aus dem Boden heraus. Sie liegen zu tief, als daß ihr Wasser mit eigenem Druck den Verwendungsstellen zugeführt werden könnte, und würden daher die Anlage von Pumpwerken nötig machen.

Solche Quellen treten, wie schon erwähnt, beim Krafthaus auf, dann entlang des ganzen Fußes des westlichen Talhanges sowie unter dem nördlichen Teil des östlichen. Dort ist der Enzingerboden auf seine ganze Breite versumpft.

Zwei Quellen, die eine über dem Blockhaus, die andere am Sprengsedl, die beide entsprechende Höhenlage haben, verraten durch ihr trübes Wasser zu Regenzeiten und durch die großen Unterschiede ihrer Wassertemperaturen einen oberflächlichen Einzug.

Nur am Westhange des Tales tritt, gerade noch in genügender Höhe, eine Reihe von schwachen Quellen aus dem bewaldeten Bergstürze aus. Sie dürften dem vom Blockwerk verdeckten Ausstreichen einer Serizitschichte im Granitgneis ihr Dasein verdanken. An diese Quellen wurde die Trinkwasserversorgung des Krafthauses und der Siedlungsanlage des Enzingerbodens angeschlossen.

Die Nutzwasserversorgung erfolgt aus den Druckrohrleitungen oder durch eine Pumpenanlage aus dem Unterwassergraben. Ihr Hochbehälter ist als 15 m langer kreisrunder Stollen von 3 m Durchmesser im Granitgneis 50 m über dem Krafthause angelegt. Seine Sohle erhielt ein Betonpflaster, die Ulmen und die Firse nur einen Torkretanwurf.

Der südliche, vom Hangschutte eingeengte Teil des Enzingerbodens ist von den Schuttkegeln des Tauernmoos- und Weißbaches erfüllt. Ein breites Bergsturzesgebiet, z. T. mit ganz frischen Abrissen, umsäumt den Westhang des Talkessels. Von O schleuderte der Peridotit des Rettenkogels seine Riesenblöcke bis in die Mitte des grünen Bodens hinein. Den Ausgang sperrt ein mächtiger Bergsturz vom Wiegenkopf.

So bedroht feindliche Urgewalt von allen Seiten die kleine grüne Oase.

Durch Jahrhunderte war die dürftige Alm weltfern in einsamer Kampf- und Lebensgemeinschaft mit der starken Hochgebirgsnatur. Heute surren dort die Maschinen und senden Kraftströme weit ins Land hinaus: morgen, beim Ausbau der zweiten Stufe, wird der untere Teil des Bodens wieder ein See werden, das Ausgleichsbecken für die zweite Oberwasserführung. Dann wird am Nordende des Enzingerbodens, wo von links der gewaltige Peridotitbergsturz herabzieht, ein Stauwerk entstehen, und deshalb rechtfertigt diese Stelle eine genauere Betrachtung.

Der Bergsturz hat die Felsschwelle des alten Seebeckens unter seinen Trümmernmassen begraben und die Stubache an die rechte Talseite gedrängt. Gleich unterhalb des Enzingerbodens teilt sich das Tal in zwei Äste, die sich noch ober dem Niederwinkel wieder vereinigen. Die Fig. 19 gibt eine Profilreihe durch dieses Doppeltal.

In der rechten Talschlucht tost die junge Stubach hinab. Der Eingang des linken Talastes ist verschüttet.

Zweifellos ist die Stubach auch einmal durch ihn geflossen, bis ihr der Bergsturz diesen Weg verlegte und sie in die rechte Schlucht hinüberdrängte. Daß aber diese, die breiter und tiefer als die linke ist, schon vorher bestanden hat, daß die Ache also nur in ihr altes Bett zurückgekehrt ist, geht aus folgender Überlegung hervor:

Der Bergsturz ist jünger als das glaziale Rückzugsstadium, in dem die Talwände noch durch den Eiskörper verspannt waren. Die Frische des Bergsturzes, die großen Hohlräume zwischen seinen Blöcken, auf welchen kaum die erste Vegetation Fuß fassen konnte, spricht sogar für eine sehr junge Zeit. In einer kurzen Zeit wäre es aber dem Wasser auch mit tektonischer Nachhilfe kaum möglich gewesen, die tiefe und breite Schlucht, in der es jetzt bergab stürmt, erst zu schaffen. Es muß daher schon vorher dort ein altes Tal bestanden haben, das der Bach aus irgendeinem Grunde einmal verlassen hatte, um vorübergehend seinen Lauf weiter westlich zu nehmen.

Wir erinnern uns hier nochmals daran, daß es wahrscheinlich tektonische Kräfte waren, die der Stubache den Weg quer durch den großen Peridotitstock öffneten.

Für das Schrittmaß der reinen Erosion im harten Peridotit bietet die Sohle des Stubachtals  $\frac{1}{2}$  km abwärts einen bezeichnenden Beleg.

Dort haben Stubache und Würfbach vor und nach ihrer Vereinigung im Peridotit 25—30 m tiefe Klammern mit scharfen Kanten eingesägt. Die zwischen und neben ihnen erhaltene Oberfläche des alten trogförmigen Talbodens zeigt an vielen Stellen die Spuren der Eisbearbeitung, an anderen wieder eine dünne Auskleidung mit Grundmoräne.

Die Klammern stellen also die Arbeit der Stubache seit der letzten Großvergletscherung dar (Fig. 20).

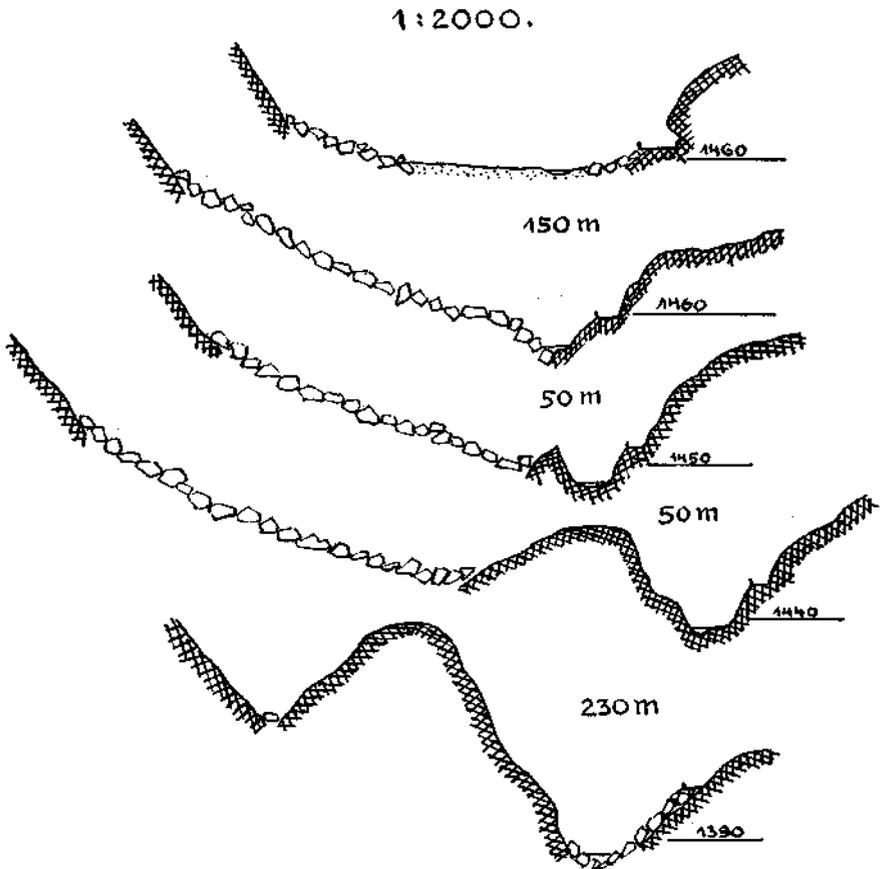


Fig. 19. Ausgang des Enzingerbodens, Schnitte.

Das oberste Profil ist genau aufgenommen, die vier folgenden näherungsweise. Die Meterangaben zwischen den Profilen bedeuten die Entfernungen zwischen den einzelnen Profilen. Links Ost, rechts West.

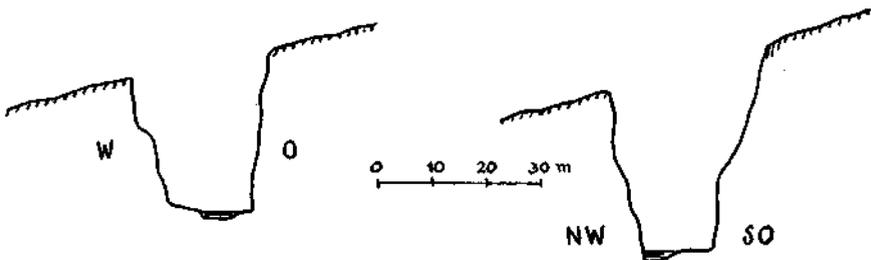


Fig. 20. Stubachschlucht unterhalb des Niederwinkls, Schnitte.  
Die glazial bearbeitete Talsoble ist gestrichelt.

Die Errichtung des Stubachwerkes hatte den Bau einer Autostraße von Uttendorf bis zum Enzingerboden zur Voraussetzung. Bis zur Schneiderau folgt sie im allgemeinen dem alten Sträßlein, von dort an ist sie ein Neubau, der mit einer fast ununterbrochenen Kette von Aufschlüssen ein Profil durch die untere Schieferhülle legt. Nur mit Opfern kann sich dieser Verkehrsweg gegen die zerstörenden Naturgewalten behaupten. Im äußeren Stubachtale drohen die Murgänge aus den Seitengraben, welche in mächtige Grundmoränenlager einschneiden. Innerhalb des Hirschentores bestreichen Lawinen und Steinschlag die Straße. Ein Bergsturz sperrt dort mit gewaltigen Blöcken das Tal.

Von der Schneiderau an entwickelt sich die Straße in Kehren am östlichen Talhange aufwärts. Dieser Hang ist ganz von Grundmoränen bedeckt. Seine Oberfläche verrät mit ihren Nischen und ausbauchenden Buckeln die Neigung zur Plaikenbildung.

Südöstlich der Reichenberg-Asten löste der Anschnitt eines solchen mit Wald bestandenen Hanges durch die Autostraße eine Rutschung aus, die zu besonderen baulichen Vorkehrungen zwang. Die Straße durchzieht hier eine steile 150 m breite Mulde, die mit Grundmoräne ausgekleidet ist. An ihrem Fuße steht das Grundgebirge, Chloritschiefer, in vereinzelt vorstehenden Felsköpfen an, die steil in das Tal abfallen.

Als die Rutschungen längs des geplanten Straßenzuges nicht zur Ruhe kamen, wurde eine Tieferlegung der Straße auf die Felsköpfe erwogen. Diese wären als Widerlager für weitgespannte Tragwerke benützt worden, um die dazwischenliegenden Plaikenstellen zu überbrücken.

Dieses Vorhaben war der Anlaß zu mehreren Sondierungen auf den Felsköpfen und zur Abteufung eines Schachtes, der später durch einen Stollen einen Wasserabzug erhielt. Diese Aufschlüsse gaben folgenden Befund: Die Felsköpfe sind durchwegs vom Eise bearbeitet. Ihre Oberfläche fällt bergwärts ein und ist von horizontal liegenden Bänder-tonen überlagert. In deren Hangendem liegt Grundmoräne. Beim Schacht und Stollen wurde das Grundgebirge nicht erreicht. Sie liegen ganz in der Grundmoräne. Die Verhältnisse sind in den Fig. 21 und 22 wiedergegeben.

Die Tieferlegung der Straße wurde dann aufgegeben. Über den durch 2—3 m tiefe Sickerschlitze entwässerten Steilhang wurde die Straße im ursprünglichen Linienzug geführt. Er schneidet den Hang möglichst wenig an. Der Straßenkörper samt Stütz- und Futtermauern ist ganz aus durchlässigem Trockenmauerwerk erstellt, das die Bergfeuchtigkeit nicht staut und kleine Bewegungen des Bodens ohne Schaden verträgt. Der im Plaikengebiet stehende Wald wurde niedergelegt und damit dem Winde die Angriffskraft genommen, der über den Hebel der Bäume mit deren Wurzeln immer wieder den Boden lockerte. Dieser wurde dafür durch Flechtzäune befestigt. Infolge dieser Maßnahmen sind die Rutschungen seit dem Jahre 1926 zum Stillstand gekommen.

Südlich vom Schrabach durchzieht die Straße die Grünschiefer, zu beiden Seiten der Wiegenböndlbrücke die chloritischen Biotit-Amphibolite. Bevor sie in den anstehenden Peridotit eintritt, quert sie einen Berg-

sturz desselben, der Gelegenheit zur Anlage einer Schottererzeugung bot. Von hier aus wurde der ganze Straßenzug zwischen Uttendorf und Enzingerboden mit einem vorzüglichen Hartschotter versehen.

Vom Niederwinkl an erklimmt die Straße in vielen Kehren die steile Peridotitschlucht zum Enzingerboden hinauf.

Den größten Teil der Baustoffe für das Stubachwerk lieferten die Vorkommen im Tale.

Die Sand- und Schottergewinnung für den Sperrenbeton wurde im oberen Teile des Tauernmoosbodens angelegt. Die Geschiebe des Öd-

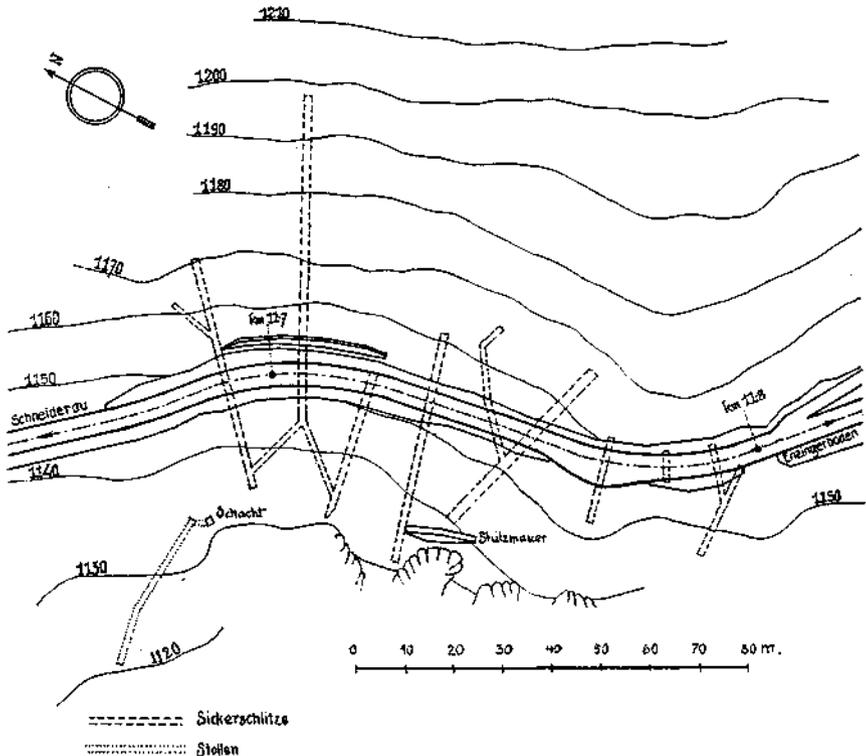


Fig. 21. Schrabachplaike, Grundriß.

winklbaches erfahren auf seinem flachen Schuttkegel eine Aufbereitung nach ihrer Korngröße. Eine Reihe von Probegruben, die der Länge nach auf dem Schuttkegel angelegt wurden, gaben Aufschluß über die Veränderung des Kornes in der Richtung der Erzeugenden. Auf diesem Einblicke fußend, wurde für die Schottergewinnung eine Stelle gewählt, deren natürliche Zusammensetzung aus Grob- und Feinkorn ungefähr dem Gemenge entsprach, welches der Sperrenbeton erforderte. Die genaue Regelung des Kornes besorgte dann die Aufbereitungsanlage, die in der üblichen Weise mit Steinbrechern, Mühlen und Sortiermaschinen ausgerüstet war.

Die Sedimente des Tauernmooses entstammen zu etwa drei Viertel dem Granitgneis, zum Reste den Gesteinen der unteren Schieferhülle. Sie wurden mittels eines Dampfbaggers gewonnen, nach dem die oberste sandige Humusschichte entfernt worden war.

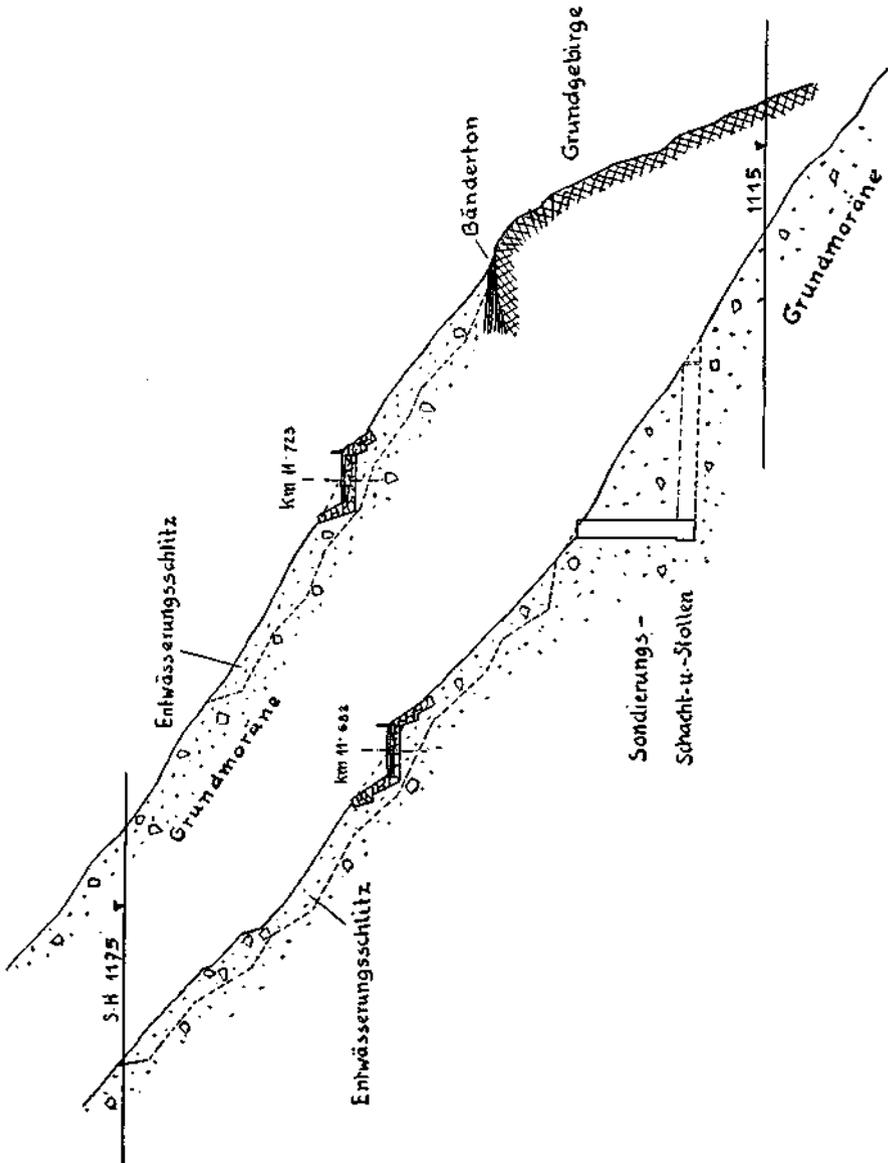


Fig. 22. Schrabachplaike, Schnitt.

In dem überall am Tauernmoos anstehenden Granitgneis stand ein vorzüglicher Mauerstein zur Herstellung der beiderseitigen Sperrverkleidungen zur Verfügung. Ein geeigneter Steinbruch erfordert grob-bankigen, leicht nach außen fallenden Fels mit möglichst wenig schief-

rigen Zwischenlagen. Diese Gesichtspunkte, zu denen noch die Forderung nach einer leichten und kurzen Zufuhr trat, bestimmten die Auswahl des Steinbruches. Der Granitgneis läßt sich von Lage zu Lage leicht und in regelmäßigen Begrenzungsflächen abkeilen. Man erhielt so mit geringem Aufwand lagerhafte Quadern von gleichmäßiger Stärke.

Die Versuche über Druckfestigkeit des Granitgneises senkrecht zum Lager wurden vom Laboratorium der Bundesbahndirektion Innsbruck durchgeführt und hatten folgendes Ergebnis:

Trockene Proben.....	994, 1053, 1117, 1372, 1514	kg/cm <sup>2</sup>
Nasse Proben.....	942, 1016, 1030, 1060	kg/cm <sup>2</sup>
Trockene Proben nach 25 Frösten.....	933, 1357	kg/cm <sup>2</sup>
Nasse Proben nach 25 Frösten.....	914, 933	kg/cm <sup>2</sup>

Eine Pumpenanlage versorgte die Betonmischmaschinen über einen zwischengeschalteten Hochbehälter mit Wasser aus dem Tauernmoosbach. Die Untersuchung der für die Betonerzeugung in Betracht kommenden Wasser brachte die in Spalte 1 bis 3 der folgenden Zusammenstellung angeführten Ergebnisse. Die Spalte 4 bezieht sich auf Moorwasser, wie es in der Nachbarschaft der Sperre verschiedentlich auftrat (siehe Zeichnung 11). Die Untersuchung wurde im Laboratorium der Bundesbahndirektion Innsbruck durch Herrn Prof. M. Gläser durchgeführt.

	1. Tauern- bach	2. Schwarz- Karlbach	3. Quelle westl. d. Sperre	4. Torf- wasser
CO <sub>2</sub> gebunden.....	0.0067	0.0095	0.0023	
CO <sub>2</sub> frei.....	0.0028	0.0022	0.0066	
CO <sub>2</sub> aggressiv.....	0.0187	0.0095	0.0192	
H <sub>2</sub> S.....	0.0028	0.0036	0.0057	0.0057
SO <sub>3</sub> .....	0.0034	0.0010	Spur	0.1171
O absorbiert.....	0.0182	0.0125	0.0097	
CaO.....	0.0052	0.0041	Spur	0.0554
MgO.....	0.0030	0.0028	0.0021	0.0179
Gesamthärte.....	0.94d	0.80d	0.30d	
Reaktion.....	amphoter	amphoter	amphoter	stark alkalisch

Die Zuschläge für den Beton des Krafthauses stammen ebenfalls aus dem Granitgneis. Zum Unterschied vom Tauernmoos wurde dort aber nicht Grubengut, sondern Quetschgut verwendet. Die Aufbereitungsanlage wurde teils mit dem Ausbruch des untersten im Granitgneis liegenden Schrägschachtteiles, im übrigen mit Steinen beschickt, die in einer nahen Schutthalde gewonnen wurden.

Für die Kunstbauten der Straße wurde Granitgneis wegen seiner guten Bearbeitungsfähigkeit vorgezogen. Wo er, wie in der Niederwinkelschlucht, nur als erratisches Gut in unzureichender Menge zur Verfügung stand, wurde für jenen Zweck auch auf Peridotit gegriffen. Dieser eignete sich weniger als Mörtelmauerstein, weil er nicht lagerhaft bricht und darum viel Mörtel braucht und weil er sich nur schwer zuarbeiten läßt. Bei Handbohrung erforderte dieses harte Gestein nach 1—3 cm Bohrloch schon eine Bohrerschneide, bei Maschinenbohrung nach 8 bis 12 cm.

Dagegen wurde der Peridotit für Trockenschichtungen bevorzugt, weil er wegen seiner außerordentlichen Härte und Druckfestigkeit (um  $3000 \text{ kg/cm}^2$ ) die Spitzenlagerung auch bei großer Auflast verträgt. Einige der Kehren der Autostraße in der Niederwinkelschlucht haben daher einen trockengemauerten Unterbau aus Peridotit.

Eine weitere Verwendung fand der Peridotit als Grundbaustein der Straße, vor allem aber als Schotter und Splitt zur Herstellung der Straßendecke. Seine Eignung für diesen Zweck ist hervorragend.

Im unteren Teil der Straße fanden beim Mauern die Gesteine der Schieferhülle, Marmor und Chloritamphibolit, neben erraticischem Granitgneis Verwendung. Der Straßengrundbau ist dort größtenteils aus Chloritamphibolit hergestellt.

### Verzeichnis des benützten Schrifttums.

Aigner, Über Talbildung am Südrande der Niederen Tauern. Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften, Wien, 1925.

Ampferer, Über die Entstehung der Hochgebirgsformen in den Ostalpen. Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins, 1915.

Ampferer, Über morphologische Arbeitsmethoden. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, 1922.

Ampferer, Über das Verhältnis zwischen Aufbau und Abtragung in den Alpen. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, 1923.

Ampferer, Über einige Beziehungen zwischen Tektonik und Morphologie. Zeitschrift für Geomorphologie, 1925.

Ampferer, Zur Tektonik und Morphologie des Zlatibornmassivs. Denkschriften der Akademie der Wissenschaften, Wien, 1923.

Ampferer, Über die Ablagerungen der Schlußzeit in der Umgebung des Arlbergpasses. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, 1929.

Becke, Olivinfels und Antigorit-Serpentin aus dem Stubachtal. Tscherma's Mineralogisch-petrographische Mitteilungen, Band 14.

Hammer, Eklogit und Peridotit in den mittleren Öztaler Alpen. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, 1926.

Heritsch, Entstehung der Hochgebirgsformen. Graz, 1927.

Kölbl, Zur Tektonik des mittleren Abschnittes der Hohen Tauern. Zentralblatt für Mineralogie, 1924.

Kölbl, Tektonik der Granatspitzgruppe in den Hohen Tauern. Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften, 1923.

Löwl, Der Granatspitzkern. Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins, 1896.

Löwl, Rund um den Großglockner. Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins, 1898.

Maurer und Lütchg, Einige Ergebnisse über die Verdunstungsgröße freier Wasserflächen im schweizerischen Hochgebirge. Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt, 1923.

Redlich—Terzaghi—Kampe, Ingenieurgeologie. Wien—Berlin, 1929.

Schmidt W., Grauwackenzone und Tauernfenster. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, 1921.

Schmidt W., Gebirgsbau- und Oberflächenbau der Alpen. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, 1923.

Schmidt W., Bewegungsspuren in Porphyroblasten. Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften, 1918.

Singer, Rechnen mit Geschiebemengen. Zeitschrift für Gewässerkunde, Band XI.

Stiny, Bewegungen der Erdkruste und Wasserbau. Die Wasserwirtschaft, Wien, 1926.

Terzaghi, Erdbaumechanik. Leipzig—Wien, 1925.

Winkler, Geologische Probleme in den östlichen Tauern. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, Wien, 1926.

Karte der Glocknergruppe 1:50.000, herausgegeben vom Deutschen und Österreichischen Alpenverein, 1890.

Karte der Glocknergruppe 1:25.000, herausgegeben vom Deutschen und Österreichischen Alpenverein 1928.

Spezialkarte von Österreich 1:75.000, herausgegeben vom Kartographischen Institut Wien, Blätter Großglockner und Kitzbühel—Zell am See.

Originalaufnahmesektion Nr. 5149/2, 1:25.000, herausgegeben vom Kartographischen Institut Wien.

### Verzeichnis der Zeichnungen.

1. Kontakt zwischen Schieferhülle und Granitgneis im Fenster 2 (auf der Tafel des Schrägstollens).
2. Kontakt am Peridotit östlich Hahnkampfl.
3. Kontakt am Peridotit westlich des Enzingerbodens.
4. Kontakt am Peridotit südlich des Wiegenbündls.
5. Kontakt am Peridotit östlich des Punktes 2105.
6. Gefügebild aus dem Grünschiefer.
7. Gefügebild aus dem Grünschiefer.
8. Profil Südgrat des Hocheisens.
9. Profil Schrofensbachgraben.
10. Profil Erlwiesgraben.
11. Geologische Übersicht der Sperrenumgebung.
12. Längenschnitt der Sperre (vereinfacht).
13. Schaubilder der Temperaturlotungen am Tauernmoossee.
14. Eisdecke am Tauernmoossee und Grünsee.
15. Übersichtslängenschnitt des Stollens.
16. Stollenquerschnitt.
17. Grünseeabfluß, Schnitt.
18. Grünseeabfluß, Grundriß.
19. Ausgang des Enzingerbodens, Schnitte.
20. Stubachschlucht unterhalb Niederwinkl, Schnitte.
21. Schrabachplaike, Grundriß.
22. Schrabachplaike, Schnitte.

### Verzeichnis der Tafeln.

- XV. Tauernmoos und Rettenkogel.
- XVI. Stubachtal und die Lerchwand.
- XVII. Aussicht vom Hoch Eiser und Aussicht vom Kreefelderweg.
- XVIII. Schrägschacht Ulmenbild Stm 88—92.
- XIX. Schrägschacht Ulmenbild Stm 45—48.
- XX. Geologische Karte des mittleren Stubachtals.
- XXI. Geologischer Grundriß der Sperre.
- XXII. Geologisches Längenprofil des Stollens und Fig. 1.
- XXIII. Wasser- und Wetterbeobachtungen am Tauernmoos.

## Erläuterungen zu den Tafeln.

### Tafel XV. **Tauernmoos vom Rettenkogel.** (Aufnahme W. Wagner, Wien.)

Der Tauernmoossee ist gut zur Hälfte gefüllt. Man sieht die flachen Schuttkegel der in ihn mündenden Bäche. Rechts im Mittelgrund die Stanmaner und die ehemalige Abflussschlucht des Tauernmoosbaches. Die Seebarre zieht von ihr gegen den Aufnahmestandpunkt. Rechts vorne der Abfall der Klausenwand (S. 274 und 281). Im Hintergrund links die Hohe Riffl 3346, deren Gipfel den Rand der alten Landoberfläche des obersten Pasterzenkeeses bildet, während er gegen das Stubachtal in mehrfachen Stufen (Totenlöcher, unterer Rifflkees) absinkt. Am Totenköpfel (rechts der Riffl) sieht man die Schilffgrenze in etwa 2800 m Höhe.

### Tafel XVI. **Abschluß des Stubachtales, gesehen von der Lerehwand.** (Aufnahme W. Wagner, Wien.)

Das Bild zeigt das Vordringen des Tiefenschurfes aus dem mittleren Stubachtal gegen die Altflächenlandschaft im obersten Stubachtal. Im Vordergrund das Wiegenbündl, darüber, vom Rettenkogel zu den Wiegenköpfen quer über das Tal, der große Peridotitstock, der in der Mitte durch die Niederwinkelschlucht zum grell beleuchteten Enzingerboden durchschnitten ist (2. Talstufe). Die 3. Talstufe liegt zwischen Enzingerboden und Grünsee, dessen Kessel rechts ober jenem mit auffallenden Trogwänden zu sehen ist. Diese gehören zur 4. und 5. Talstufe. Das Weißbachtal hat seine alte Fortsetzung vom Grünsee oberhalb der Wiegenköpfe zum rechten Bildrand. Im Hintergrund rechts die Altflächenlandschaft der Granatspitzgruppe, links Eiskögele, Hohe Riffl und Klein-Eiser mit Stufenabfall von Altflächen gegen das Stubachtal.

### Tafel XVII. **Bild 1. Hintergrund des Stubachtales, gesehen vom Krefelderweg.** (Aufnahme K. Powondra.)

Das Bild zeigt eine Altflächenlandschaft, die von dem im Vordergrund rechts, aber außerhalb des Bildes liegenden Enzingerboden aus durch junge Erosion angegriffen wird. Im Mittelgrund der Stausee des Tauernmooses, hinter ihm das Trogtal des Oedwinkbaches, vor ihm seine ehemalige Fortsetzung, die hoch über der jüngeren Erosionsschlucht des Wurfbaches (im Vordergrund) abbricht. Links vom Tauernmoossee die Altfläche des unteren Rifflkeeses. Im Hintergrund über dem Stausee der Medetzkopf, rechts von diesem die Einsenkung der Kaiser Tauern. Von diesem zieht das Tal des Weißbaches zum Grünsee (am rechten Bildrand) herab. Im Hintergrund über dem Grünsee das Firnfeldniveau der Granatspitzgruppe mit Granatspitze und Hochfilleck.

### Bild 2. **Aussicht vom Hoch-Eiser 3206 gegen W und SW.** (Aufnahme K. Powondra.)

Das Bild zeigt hauptsächlich Altflächen. Von den zwischen ihnen liegenden jungen und steilwandigen Tälern ist nur das Felbertal (im Mittelgrund rechts) erkennbar. Im Vordergrund das vom vollen Stausee bedeckte Tauernmoos. Links das Delta des Oedwinkbaches, rechts die 190 m lange Staumaner. Im Mittelgrund links der Weißsee, von dem das Trogtal des Weißbaches nach rechts quer durch das Bild zieht. Zwischen Weißbachtal und Tauernmoos die niedere Rundhöckerlandschaft der Schafbühel. Über dem Weißbachtal der Hauptkamm der Granatspitzgruppe mit (von links) Kaiser Bärenkopf, Granatspitze, Somblick und Hochfilleck. Seine Gletscher gehören der alten Landoberfläche an. Darüber im Hintergrund die höher geschalteten Altflächen der Venedigergruppe.

### Tafel XVIII. **Schrägschacht. Stollenmeter 88—92.** (Aufnahme Brugnara.)

Linke Ulme. Bildlänge in der Natur ungefähr 4 m. Die mehrfach geschleppte Quarzfatte bildet die Durchbewegung des Gebirges ab. Rechts von ihr aplitischer Gneis. Links biotitischer Serizitschiefer. In halber Bildhöhe am linken Bildrand eine nicht serizitierte Gneisscholle, welche als ganze verdreht wurde.

### Tafel XIX. **Schrägschacht. Stollenmeter 45—48.** (Aufnahme Brugnara.)

Linker Ulm. Bildlänge in der Natur ungefähr 3 m. Die fein ausgewalzten und ineinandergfalteten Quarzbänder lassen die lebhaftere Durchbewegung des Gebirges erkennen. Am linken Bildrand vorherrschend feingeschieferter Granitgneis. In der Mitte und rechts vorwiegend Serizitschiefer. Die dunklen Streifen und Flächen im Serizitschiefer sind biotitreiche Lagen, die fast durchwegs Stauchungserscheinungen zeigen.

W

Stammaner  
|



O

W. W. W. W. W.



Bild 1.

Tauernmoossee

Granatspitze



Bild 2.

Sonnblick

Gr. Venediger



NW

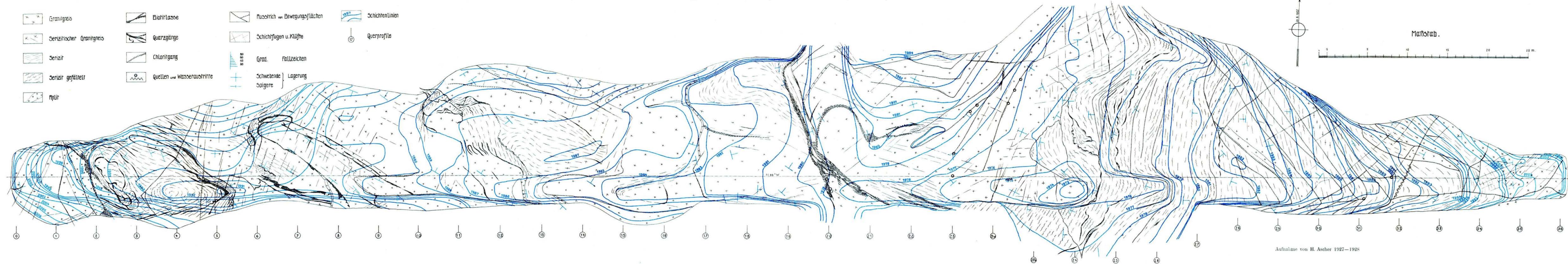


SO





# Geologischer Grundplan der Tauernmoossperr.



Aufnahme von H. Ascher 1927—1928

# Geologisches Profil durch den Schrägstollen.

Aufnahme von K. Powondra

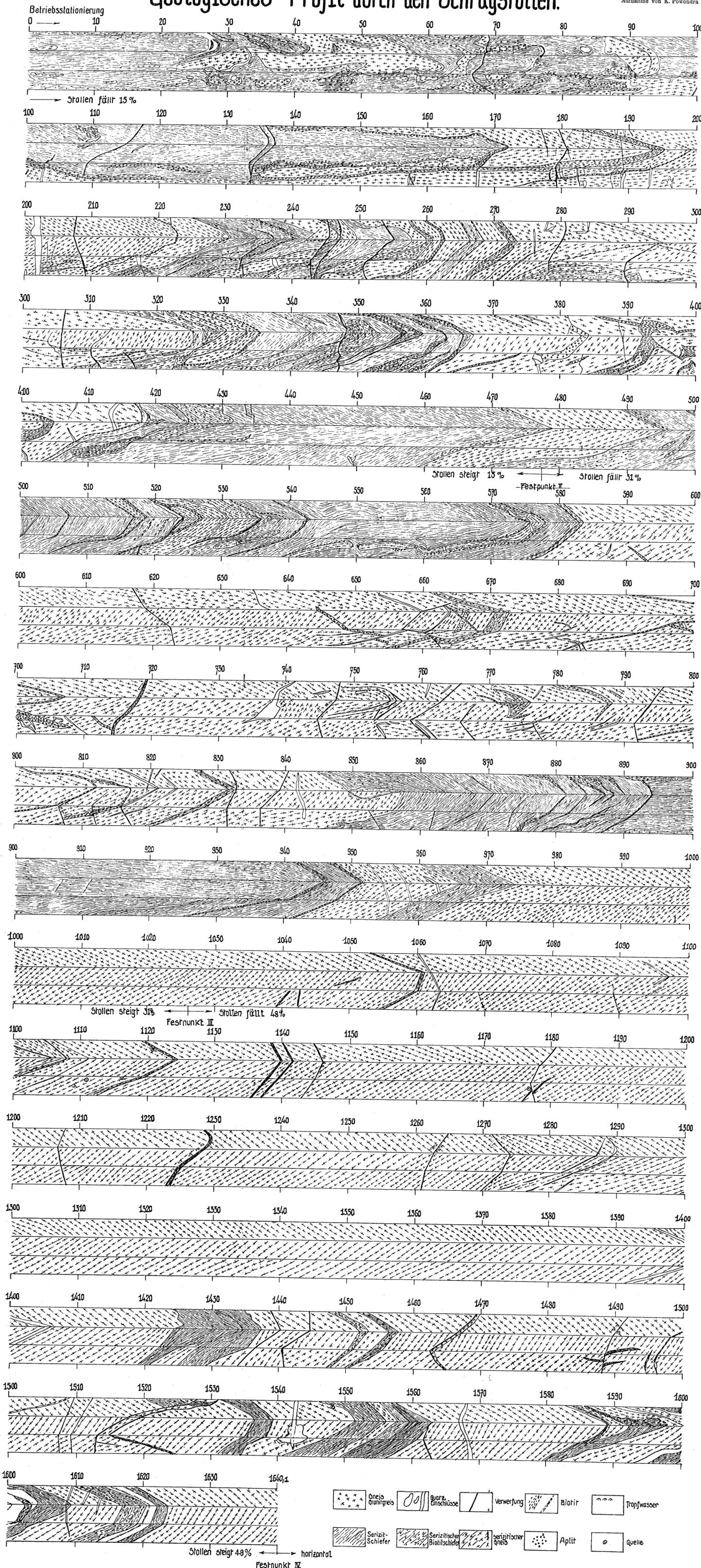
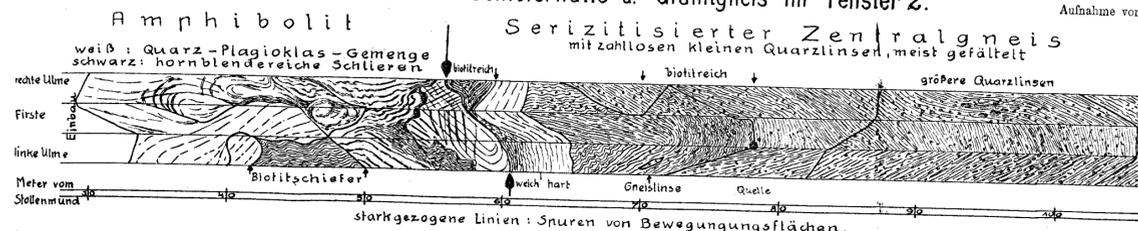


Fig. 1 Kontakt zwischen Schieferhülle u. Granitgneis im Fenster 2.

Aufnahme von H. Ascher



# Wetter- und Wasserbeobachtung am Tauernmoos, Jahr 1927.

