Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 52 (1959)
Heft: 2

Artikel: Geologie des Stollens vom Peilertal (südlich Vals) ins oberste Safiental
Autor: Nabholz, Walther K.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-162588

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Geologie des Stollens vom Peilertal (südlich Vals) ins oberste Safiental

Von **Walther K. Nabholz**, Bern[1])

Mit 2 Figuren und 1 Tabelle im Text und 1 Tafel (I)

Am 5. September 1959 fand die offizielle Einweihung der heute in vollem Betrieb stehenden Kraftwerke Zervreila statt, die das Wasser des Valserrheins mit seinen obersten Zuflüssen sowie des Safientals zur Elektrizitätsgewinnung ausnützen. Ein 35 km langes Stollen- und Druckschachtsystem verbindet das Speicherbecken Zervreila (Stauziel 1862 m) über das Seekraftwerk am Fusse der 150 m hohen Staumauer und das Maschinenhaus Safien Platz (1295 m) mit der Zentrale Rothenbrunnen im Domleschg (622 m), wo das Wasser in den Hinterrhein zurückgegeben wird.

Als geologische Oberexperten betreuten die Herren Professoren J. CADISCH und R. STAUB mit einigen Mitarbeitern die geologischen Fragen der Projektierung und Bauausführung. Der Verfasser freut sich, den 70. Geburtstag von Professor STAUB zum Anlass nehmen zu dürfen, um über die geologischen Ergebnisse zu berichten, die der Bau eines einzelnen, aber wohl des interessantesten Stollenteilstückes mit sich brachte. Zur Wahl dieses Themas führte den Verfasser die dankbare Erinnerung an seine Zürcher Studienzeit und an seinen damaligen Lehrer STAUB, der es stets meisterhaft verstand, Wissenschaft und Praxis miteinander zu verbinden. Weiterhin freut es den Verfasser, dass er mit der Beschreibung der geologischen Verhältnisse des Stollenteilstücks, das vom Peilertal ins oberste Safiental führt, hier anschliessen kann an den vorstehenden Beitrag CADISCH, der sich mit der Geologie der Sperrstelle und Staumauer Zervreila befasst.

Beim Stollenteilstück, dessen Geologie hier beschrieben ist, handelt es sich um den Wasser-Überleitungsstollen zwischen dem Fenster bei der Valatschalp oberhalb Peil[2]) und dem Ausgleichsbecken bei der Wanne[2]) (im folgenden Wanna genannt) im obersten Safiental. Mit 6½ km Länge ist es – von Fenster zu Fenster gemessen – das längste Teilstück des gesamten Stollensystems der Kraftwerke Zervreila. Es wurde vom Herbst 1951 bis zum Frühjahr 1954 vorgetrieben[3]) und durchörtert die Gebirgsgruppe Teischerhorn–Tomülgrat (Wasserscheide zwischen Valser- und Safiental) annähernd in der Richtung des allgemeinen, gegen NE zu gerichteten Axialgefälles. Wie Tafel I zeigt, hat der Stollen ein einmaliges Profil durch den Rücken der Adula-Decke mit den Kristallin-Trias-Serien des Fanella-Lappens und der Unteren Valser Schuppen und durch die Trias-Bündnerschiefer-Serien der darüberliegenden Misoxer Zone (Obere Valser Schuppen, Aul-Lappen,

---

[1]) Der Verfasser spricht der Oberbauleitung der Kraftwerke Zervreila (Ingenieurgemeinschaft Motor Columbus AG., Baden, und Ingenieurbüro F. O. Kälin, Meilen) den besten Dank aus für die Erlaubnis zur Veröffentlichung der vorliegenden Mitteilung.

[2]) Auf Blatt 257 Safiental der Landeskarte 1:50 000, Ausgabe 1955 und jünger, ist das Stollentrasse eingetragen.

[3]) Ausführende Unternehmung: Firma Hew & Co., Chur. Der Verfasser möchte dieser Firma und ihren Angestellten für die tätige Mithilfe bei der geologischen Stollenaufnahme auch hier bestens danken.

Grava-Serie, Tomül-Lappen) erschlossen. Die Gesteine und Abfolgen dieses Gebietes sind in NABHOLZ (1945) beschrieben. Die nachfolgenden Ausführungen sind als Ergänzung dieser früheren Arbeit des Verfassers gedacht, wobei insbesondere auf das Verhalten der Gesteinsserien hinsichtlich des Stollenbaus hingewiesen sei. Die exakte Gesteinsbeschreibung ist in grösserem regionalem Zusammenhang für einen späteren Zeitpunkt vorgesehen.

Der Freispiegelstollen hat einen freien Querschnitt von 10 m^2 (Lichtweite 3,60 m) und fällt in Richtung Wanna mit 0,8 ‰ Gefälle. Um ein Durchflussvermögen von 20 m^3/sec zu gewährleisten, ist er über seine ganze Länge ausbetoniert. Die Ausbruchsfläche für den Stollenquerschnitt betrug in gutem Fels etwa 12,5 m^2 und stieg in schlechtem Gebirge bis 20 m^2.

Die geologische Prognose mit dem zugehörigen Profil (siehe Tafel I oben) wurde ausschliesslich auf Grund geologischer Feldaufnahmen an der Terrainoberfläche im Maßstab 1:10 000 ausgearbeitet. Da das Gebirge in vielen Teilen durch unruhigen Schuppenbau charakterisiert ist, konnte der sichere Verlauf der Gesteinsgrenzen ins Berginnere meist nur auf relativ kurze Distanz angegeben werden (ausgezogene Linien). Die vermutete Fortsetzung dieser Gesteinsgrenzen bis zum Stollentrasse (in der Prognose als gestrichelte Linien) wurde durch den geologischen Befund im wesentlichen bestätigt. Die geologische Stollenaufnahme erfolgte im Maßstab 1:500 und wurde jeweils bald nach dem Vortrieb durchgeführt. Nach diesen Detailplänen ist das untere Profil auf Tafel I zusammengestellt worden, das nicht nur die geologischen Resultate wiedergibt, sondern auch den Einfluss der Gebirgsart auf den beim Stollenvortrieb angewandten Einbau und auf den Fortschritt des Stollenvortriebs festhält. Hiezu sei bemerkt, dass der Vortrieb mittels Richtstollen vorgenommen wurde, den man nachträglich ausweitete. Vollausbruch wurde im Vortrieb von Valatsch aus für die Strecke 1440 m bis zum Durchschlag (1880 m) angewandt, wobei beim schweren Einbau Stahlbögen anstelle von Holz traten.

Im folgenden sei das Stollengebirge, von Valatsch gegen Wanna fortschreitend, kurz charakterisiert (vgl. Taf. I):

Das 174 m lange Stollenfenster Valatsch und die ersten 20 m des Überleitungsstollens liegen in standfestem, lagig-bankigem, feinkörnigem Muskowit-Chlorit-Albitgneis des Fanella-Lappens. Das Dach des letzteren wird von einem phengitführenden Augengneis gebildet, dessen Augen aus Na-Kalifeldspat bestehen [4]). Dann folgt ein 30 cm mächtiges Quarzitband, das als Fortsetzung eines tektonisch ausgequetschten Triaszuges zu betrachten ist, der die Grenze zwischen dem Fanella-Lappen und den Unteren Valser Schuppen bildet. Die anschliessenden, vorwiegend feinkörnigen Gneise der Unteren Valser Schuppen bestehen aus den gleichen Gesteinstypen wie im Fanella-Lappen; bei 125–130 m ist eine Augengneislage mit Na-Kalifeldspat eingelagert. Das ohne jeden Einbau standfeste Stollengebirge hält bis 334 m an.

Im Abschnitt zwischen 300 und 500 m werden die für die Unteren Valser Schuppen charakteristischen Schuppen von Gneis–Trias-Gesteinspaketen gequert. Die Trias besteht hier aus dolomitischen und kalkigen, feinkörnigen Marmoren, in denen ab und zu Lagen von Rauhwacke vorkommen. Letztere sind, wie

[4]) Über die Gesteine des Fanella-Lappens wird die nächstens erscheinende Dissertation von L. VAN DER PLAS, Leiden (Holland) detaillierte Angaben enthalten.

schon nach der Prognose zu erwarten war, Träger von gipsreichem Wasser. Aus der 10–50 cm dicken Rauhwackenlage, die bei 350 m einen gleich dicken Triasmarmor unterlagert, erfolgte beim Vortrieb am 15. 2. 1952 ein Wassereinbruch, der den Stollen rückwärts gegen das Portal zu teilweise unter Wasser setzte. Seither trat hier ca. 35 l/sec Wasser aus, das 250–291 mg SO_4/l enthielt. Der beim Stollenvortrieb von hier bis 500 m notwendig gewordene Einbau ist auf gebräche Gesteinspartien zurückzuführen, wie sie in tektonischen Schuppenzonen mit häufigem Gesteinswechsel Gneis–Triasmarmor zu erwarten sind. Der Abschnitt 500 bis 1065 m quert den höheren Teil der Unteren Valser Schuppen mit mächtigen Gesteinspaketen von dolomitisch-kalkiger Trias, in welche schmale Keile von Glimmerschiefern eingespiesst sind. Zusammen mit diesen z. T. kalkführenden Glimmerschiefern kommen phengitführende Na-Kalifeldspatgneise vor, wie sie für das prätriasische Kristallin der Adula typisch sind. Die feinmarmorisierte, dolomitisch-kalkige Trias bildete trotz ihrer Klüftung ein standfestes Stollengebirge. Bei 805 m enthielt eine 5–10 cm klaffende Kluft Bachkies; die kürzeste Distanz zur Terrainoberfläche beträgt hier 500 m.

Einige bautechnische Schwierigkeiten bereitete die Durchörterung der Oberen Valser Schuppen, die sich im Vortrieb von Valatsch her früher einstellten als nach der Prognose erwartet; sie bilden den Abschnitt 1065 m bis zum Durchschlag 1880 m und darüber hinaus die vordersten 30 m des Vortriebs von Wanna her (4535–4557 m). Die am Aufbau der Oberen Valser Schuppen beteiligten Gesteine sind in erster Linie Bündnerschieferpakete mit sandig-tonigen Kalkphylliten und Paketen von Kalkschiefern bis massigen Kalken, ferner Triaslamellen, die neben Dolomit und Kalk häufig Rauhwacke führen; als Einlagerungen finden sich Grünschieferzüge (Prasinite und prasinitische Mischgesteine) und eine Lamelle eines flaserigen Phengit-Augengneises. In der Basis der Oberen Valser Schuppen (1065 bis 1095 m) fand sich eine Rauhwacke in Wechsellagerung mit einem mylonitisierten tonigen Kalkglimmerschiefer. Dieser Kalkglimmerschiefer hielt bis 1260 m an; bis 1190 m war er kräftig mylonitisiert und enthielt tektonisch eingepressten Gips, teils in Linsen, teils diffus im Gesteinsmylonit verteilt. Von 1190–1260 m nahm die Mylonitisierung allmählich ab. Die Strecke 1065–1260 m bestand aus allseitig druckhaftem und blähendem Gebirge, das bis 1250 m trocken war. Kapphölzer und auch Steher der Zimmerung mussten nach dem Vortrieb noch während vieler Wochen laufend ausgewechselt werden, selbst Versuchsringe von 25 cm Betonstärke bei 2,1 m Radius, und von 50 cm Betonstärke bei 1,8 m Radius, erlitten nach 3 Monaten Risse im Scheitel und an der Ulme. Dann aber war das Gebirge ins Gleichgewicht gekommen und bereitete dem Fertigausbau des Stollens keine Schwierigkeiten mehr (vgl. Frey 1956). Einen Eindruck von der Gewalt des Gebirgsdruckes in dieser Strecke vermitteln die Figuren 1 und 2, die Gesteinsfalten zeigen, die sich innerhalb weniger Tage in den künstlich geschaffenen Stollenhohlraum hineinstülpten. Die Sohlenhebungen, die hier gemessen wurden, zeigten als Maximalwert 60 cm innerhalb von 3 Tagen. Von 1250–1280 m war das Gebirge nass, und bei 1260 m erfolgte ein Material- und Wassereinbruch mit zuerst etwa 12 l/sec. Es wurde hier bis 860 mg SO_4/l gemessen. Durch diesen Wassereinbruch trat eine neue Verzögerung des Vortriebs ein (siehe Taf. I, Zeitdiagramm). Ein stark zerquetschter Grünschiefer von ca. 1 m Dicke bildete an der Stelle des Ein-

bruchs und von 1260–1300 m die Unterlage des etwa 2 m mächtigen Phengit-Augengneises, der den sog. kristallinen Kern der Oberen Valser Schuppen bildet. Dann folgte bis 1350 m ein massiger, sandiger Kalkmarmor, der sich als standfest erwies. Von 1350–1575 m querte man Schuppen von sandigen Kalkschiefern

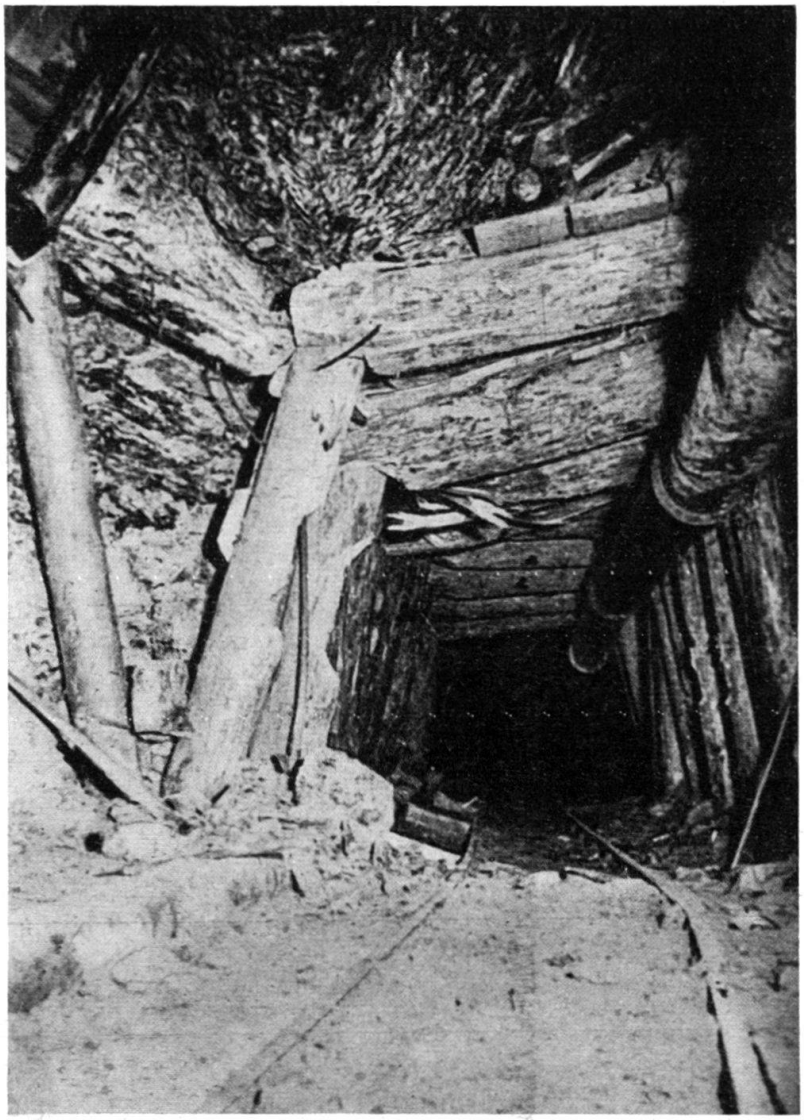


Fig. 1. Stollen Valatsch-Wanna bei 1108 m. Im mylonitisierten Kalkglimmerschiefer, der tektonisch eingepressten Gips enthält, hat sich über dem linken Parament aus der ursprünglich flach nach links einfallenden Schicht eine Falte gegen den Stollenhohlraum vorgestülpt und drückt nun auf die Zimmerung. Bildung der Falte innerhalb einiger Tage

Photo Dipl. Ing. K. Jäger

(± tonig) mit einer jeweils zugehörigen dolomitischen Triasbasis und erreichte dann von 1575–1720 m einen mächtigen, in sich verschuppten Grünschieferzug eines massigen Prasinits, der sich längs der tektonischen Horizonte, in nassem Zustand, als gebräches Gebirge erwies. Schwierigkeiten bereitete dann wieder die Durchörterung des oberen Teils der Oberen Valser Schuppen, und zwar besonders in der Übergangszone des Grünschiefers in die überlagernde Trias (mit bis 4 m mächtiger Rauhwacke) und von hier in die überlagernden sandigen Tonschiefer.

Dieser von 1720–1790 m reichende Abschnitt zeigte nasses (bis 610 mg SO_4/l), sehr druckhaftes Gebirge, mit Sohlenhebungen bis 50 cm im Zeitraum von 3 Tagen. Die Gesteine waren längs tektonischen Gleitzonen mylonitisiert. Es erfolgten einige Firsteinbrüche, die bis 15 m hohe Hohlräume schufen[5]). Gegen die Stelle des Durchschlags zu (1880 m) wurde der tonige Bündnerschiefer kalkiger und trockener, und dadurch weniger druckhaft.

Bedeutend einfacher gestaltete sich der Vortrieb von Wanna aus, für den vom Baubeginn an grössere Vortriebsleistungen vorgesehen waren, da er nicht gegen das Gefälle verlief. Abgesehen von der Eingangspartie musste hier nur in der Übergangszone der Oberen Valser Schuppen zum überlagernden Aul-Lappen schwerer Einbau angewandt werden (4510 m bis Durchschlag 4557 m). Triasdolomit und Rauhwacke überlagern hier die obersten gequälten Kalkschiefer der Oberen Valser Schuppen.

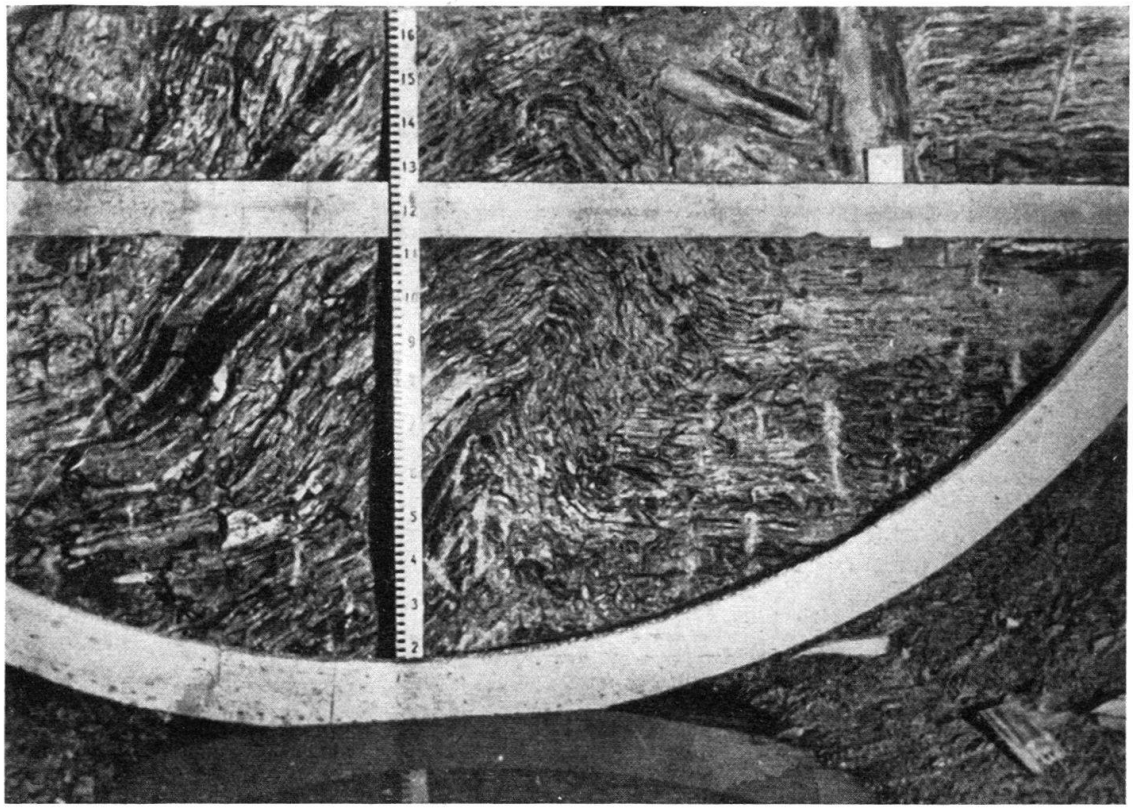


Fig. 2. Stollen Valatsch–Wanna bei 1108 m. Gesteinsfalte in der Sohle des Stollens (mylonitisierter Kalkglimmerschiefer), die sich aus ursprünglich flacher Lagerung innerhalb weniger Tage in den Stollenhohlraum emporstülpte. Vorher lag die Stollensohle beim horizontalen Brett (siehe den Fuss des Stehers der Zimmerung rechts im Bild)

Photo Dipl. Ing. K. Jäger

Mit verhältnismässig sehr wenig Einbau erscheint die Strecke 2930–4510 m, die in den grobbankigen und massigen Kalkmarmoren des Aul-Lappens liegt,

[5]) Am 29. Oktober 1953 stand der Vortrieb bei 1730 m, als die vordersten 6 m in der Übergangszone des Grünschiefers in die überlagernde Trias mit Rauhwacke einstürzten. Dem Einbruch entströmten sofort 50–60 l/sec Wasser, die den Stollen rückwärts bis 1200 m überfluteten. Weitere Firsteinbrüche erfolgten aus den überlagernden sandigen Tonschiefern von 1750–1790 m.

in deren oberem Teil sich feinkörnige, dichte Grünschieferzüge (Prasinite) einschalten. Die höchste Felstemperatur wurde mit 18° bei 800 m Überdeckung gemessen (3130 m). Hieraus lässt sich eine geothermische Tiefenstufe von 60 m errechnen. Es ist anzunehmen, dass das Wasser, das von der Oberfläche her durch die klüftigen Aulmarmore einsickert, abkühlend wirkt (s. Taf. I, Quellaustritte 3500–4500 m). Nur vereinzelte dieser Wasseraustritte zeigen erhöhten SO_4-Gehalt, der vom Durchfluss durch die überlagernde Trias herrühren dürfte (4020 m: bis 205 mg SO_4/l; 3390 m: bis 451 mg SO_4/l; 3105 m: 972 mg SO_4/l).

Tabelle 1. Chemische Prüfung durch die EMPA (12. 10. 1953) von Sackproben (je ca. 10 kg) aus der Anhydritstrecke Wanna (Gew.-%)

Probe entn. bei	2606 m	2675 m	2725 m	2785 m	2786 m	2875 m	2918 m
Makroskopisches Aussehen	Anhydrit + Grünschiefer	Anhydrit	Anhydrit	Anhydrit	Talkschiefer i. Anhydrit	Anhydrit	Anhydrit + Quarzgrus
Gehalt (Gew.-%)							
HCl-unlösliche Anteile	19,4	11,3	5,6	30,5	66,5	12,1	30,2
Sesquioxyde $Al_2O_3 + Fe_2O_3$	1,6	0,6	0,4	1,4	4,5	0,7	3,2
Calciumoxyd CaO	30,5	33,7	36,4	28,8	10,7	33,2	29,4
Magnesiumoxyd MgO	3,4	2,9	2,6	3,4	2,0	3,6	4,6
Schwefelsäureanhydrid SO_3	37,2	44,6	50,4	20,2	1,3	43,1	9,1
	92,1	93,1	95,4	84,3	85,0	92,7	76,5
Mikroskopische Prüfung der HCl-unlöslichen Anteile (%)	Quarz + Tonsubst.	viel Quarz + etw. eisenschüssige Tonsubst.	Quarz + eisensch. Tonsubst.	sehr viel Quarz + Tonsubst.	sehr viel Quarz + Tonsubst.	sehr viel Quarz + Tonsubst.	sehr viel Quarz + Tonsubst.
$CaSO_4$ (Anhydrit)	63,2	75,8	85,7	34,3	2,2	73,3	15,5
$CaMg(CO_3)_2$ (Dolomit)	14,8	8,2	3,6	17,8	10,9	9,9	25,6
$CaCO_3$*)	0	0	0	12,8	10,7	0	25,1
$MgCO_3$*)	0,4	2,3	3,8	0	0	2,9	0
$FeCO_3$	2,3	0,9	0,6	2,0	6,5	1,0	4,6
HCl-unlöslich	19,4	11,3	5,6	30,5	66,5	12,1	30,2
Summe	100,1	98,5	99,3	97,4	96,8	99,2	101,0

*) Rest, der nach der Berechnung von Dolomit übrigbleibt

Von 2600–2930 m durchörtert der Stollen die Trias in der Basis der Grava-Serie, die hier aus einer mächtig angeschwollenen Anhydritmasse mit tektonisch eingeschuppten Grünschieferzügen besteht. Diese Strecke zeigte massige Bänke von weissem Anhydrit mit glänzenden Kristallflächen, der völlig trocken lag ausser an seiner Basis bei 2930 m (Tropfwasser mit 1030 mg SO_4/l). Das Ge-

birge war standfest und wurde von 2720–2760 m im Vollausbruch erschlossen. Die Analysen der Tabelle 1, die auf Anregung von Prof. CADISCH ausgeführt wurden, zeigen, dass nirgends reiner Anhydrit vorliegt (maximaler Anhydritgehalt: 86%). Obwohl das Wasser während vielen Monaten über den blossliegenden Anhydrit floss, und obwohl zwischen Vortrieb (April–Juni 1953) und Verkleidung der Strecke mit Spezialbeton (Oktober 1954) der Anhydrit der feuchten Stollenluft ausgesetzt war, zeigte sich nirgends Umwandlung in Gips. Die Frage, unter welchen Umständen der Anhydrit sich umzuwandeln beginnt und zum blähenden Gebirge wird (Hauenstein-Basistunnel, Simplontunnel!), ist noch weitgehend ungelöst[6]). Heute ist die Anhydritstrecke durch Injektionsschirme an ihren Enden nach Möglichkeit vor allfälligem Wasserzutritt geschützt und mit Spezialbeton verkleidet.

Die sandigen Kalkphyllite der Grava-Serie, die teils mehr tonig, teils mehr kalkig ausgebildet sind, boten auf der weitgehend trockenen Strecke 600–2600 m nirgends Anlass zu bautechnischen Schwierigkeiten. Bei Berührung mit Stollenluft wittern sie relativ rasch nach.

Die Grünschieferzüge (Prasinite) in der Basis des Tomül-Lappens, die sich zwischen 280 und 600 m erfreulicherweise dort einstellten, wo sie nach der Prognose erwartet wurden, hielten das Oberflächenwasser der weiten Hänge der Safiental-Westseite mit ihren Rutschungen und Sackungen vom Eindringen in die tiefere Grava-Serie ab. Dafür waren die tonigen Kalkphyllite im Tomül-Lappen (0–280 m) nass und zeigten gegen den Stollenausgang in zunehmendem Masse Auflockerungserscheinungen. Dies erforderte – wie erwartet – beim Vortrieb einigen Einbau (s. Taf. I).

LITERATUR

BOLLI, H. M., & NABHOLZ, W. K. (1959): *Bündnerschiefer, ähnliche fossilarme Serien und ihr Gehalt an Mikrofossilien.* Eclogae geol. Helv. *52*/1, 237–270.

CADISCH, J. (1956): *Probleme der Tunnelgeologie.* Techn. Rdsch. *19*, 27. 4. 56.

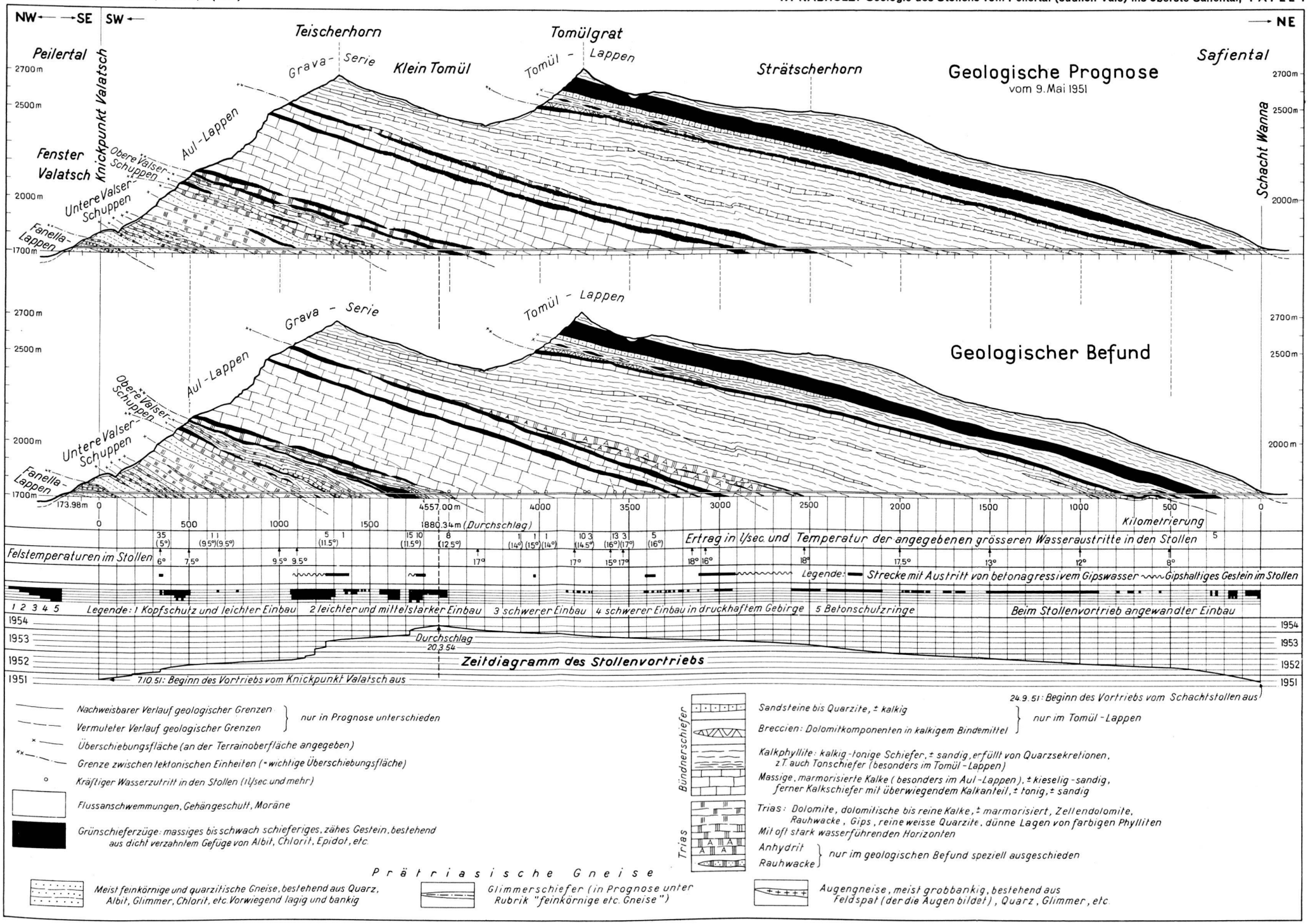
FREY-BÄR, O. (1956): *Sicherung des Stollenvortriebes.* Schweiz. Bauztg., Nr. 38, 22. 9. 56.

MOTOR-COLUMBUS AG. & ING.-BÜRO F. O. KÄLIN (1954): *Die Kraftwerkgruppe Zervreila.* Wasser- u. Energiewirtschaft, *1954*, Nr. 3.

MÜLLER, R. O. (1958): *Petrographische Untersuchungen in der nördlichen Adula.* Schweiz. min.-petr. Mitt. *38*/2, 403–474.

NABHOLZ, W. (1945): *Geologie der Bündnerschiefergebirge zwischen Rheinwald, Valser- und Safiental.* Eclogae geol. Helv. *38*/1, 1–119.

[6]) Vielfältige Erfahrungen beim Stollenbau im Anhydrit und Gips konnten in neuerer Zeit in den französischen Westalpen durch die *Electricité de France* gewonnen werden. Der Autor dankt für ausführliche diesbezügliche Mitteilungen seinem französischen Kollegen CLAUDE BORDET vom Service géologique der E. d. F.



Wasser-Überleitungsstollen Peil (Valatsch)-Wanna der Kraftwerke Zervreila AG., Geologische Prognose, Stollenaufnahme und Profilausarbeitung von W. Nabholz