Geologische Beobachtungen vor und während der Errichtung der Staumauer in Zervreila (bei Vals, Graubünden)

Autor(en): **Cadisch, Joos**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **52 (1959)**

Heft 2

PDF erstellt am: **17.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-162587

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Geologische Beobachtungen vor und während der Errichtung der Staumauer in Zervreila (bei Vals, Graubünden)

Von **Joos Cadisch**, Bern

Mit 1 Textfigur

In den Jahren 1934 und 1935 unternahm der Verfasser im Auftrage des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft Rekognoszierungen in Zervreila. Die Ergebnisse gelangten in Band 3 der Folge «*Die verfügbaren Wasserkräfte der Schweiz*» zur Veröffentlichung. 1943–1944 beurteilte R. Staub die Staumöglichkeit im Auftrage der Firma J. Hausammann und F. O. Kälin. Weitere Abklärungen und Aufnahmen erfolgten wieder durch den Verfasser im Auftrage des kantonalen Bauamtes in Chur und des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft. Mit Hilfe von Studierenden des Berner geologischen Instituts wurde das Gelände der für den Bau einer Staumauer in Frage kommenden Talenge 1:5000 und 1:1000 aufgenommen. Auf der rechten Talseite liess das kantonale Bauamt in der Folge drei Sondierstollen vortreiben und einen Schurfgraben ausheben. Nach erfolgtem Baubeschluss waren R. Staub und der Verfasser als Oberexperten tätig, während eine Reihe jüngerer Kollegen in ihren wissenschaftlichen Arbeitsgebieten praktisch wirkten und E. Weber überall als Mitarbeiter zur Verfügung stand. Seit 1955 bearbeiteten Doktoranden von Herrn Prof. E. Niggli, zuerst von Leiden und dann von Bern aus, die petrographischen Probleme von Zervreila und Umgebung. Die erzielten Ergebnisse gelangten erst nach Durchführung unserer Vorarbeiten teilweise zur Veröffentlichung (s. unten).

Einige technische Angaben[1])

Die Staumauer von Zervreila, eine Bogengewichtsmauer (Gleichwinkelmauer Typ Jörgensen), ist maximal 150 m hoch. Sie weist ein Betonvolumen von 627 000 m³ auf. Die Kronenlänge beträgt 500 m. Das Stauziel liegt bei 1862 m, das Senkungsziel bei 1735 m. Die eingestaute Wassermenge beläuft sich auf 100 Mio m³. Das Gefälle der Mauerhöhe wird in einem kleinen Seekraftwerk ausgenützt, das 15,1 Mio kWh Winterenergie liefert. Aus dem Stausee gelangt das Wasser durch Freispiegelstollen über das Peiltal ins Safiental. Vom Peiltal und vom Guralätschbach her kann das Wasser ins Staubecken rückgeleitet werden. Die hauptsächliche Gewinnung elektrischer Energie erfolgt in den Zentralen Safienplatz und Rothenbrunnen. Die totale mittlere Jahresproduktion der Werkgruppe beläuft sich auf 533 Mio kWh.

Die geologische Situation

Das glazial übertiefte Becken von Zervreila liegt im Bereiche des Zervreilerlappens der Aduladecke. An der Sperrstelle steht beidseitig Zervreilergneis, ein

[1]) Siehe u. a. M. Kohn (1956): *Staumauer und Seekraftwerk Zervreila*, in: Wasser- und Energiewirtschaft 7–9.

Phengitgneis, an. Auf der linken (nördlichen) Talseite grenzt dieses auffällig plattige Gestein mit einem aus grossen Linsen und Schollen bestehenden amphibolitischen Übergangshorizont an die hangenden Paragneise, die vom nördlichen Mauerende an nach oben zunächst wieder mit Phengitgneis wechseln. Auf der südlichen (rechten) Talseite treten die Paragneise infolge des NNE-Fallens erst über der Mauerkrone auf. Die Lagerungsverhältnisse sind hier zudem etwas unregelmässiger.

Die sehr regelmässige Bankung des Adulakristallins war schon früheren Autoren, so auch ALB. HEIM aufgefallen. Sie wurde während langer Zeit als in hercynischen Gneisen, Paragesteinen und Amphiboliten erhalten gebliebene Schichtung aufgefasst. R. O. MÜLLER[2]) betrachtet die Bankung oder Bänderung als alpine Schieferung, die den weitgehend migmatisierten Gesteinen aufgeprägt wurde. Es wird von diesem Autor Gewicht auf die Fältelungserscheinungen gelegt, die in der Hauptsache als S–N angelegte, plastische und eher rigide W–E-Achsen unterschieden wurden. Nach der Strukturkarte MÜLLERS handelt es sich genauer genommen um eine NNW- und eine ENE- bis NE-Richtung.

Das Streichen der Gesteinslagen beträgt im Mauerbereich im Mittel N 114° E bei einem mittleren Fallen von 23° NNE. Da der Tallauf annähernd N 50° E gerichtet ist, treten auf der rechten Talseite vorwiegend Plattenflächen, auf der linken Talflanke Plattenköpfe in Erscheinung. Der Erosion gegenüber erwiesen sich die Plattenköpfe als sehr widerstandsfähig, sie weisen weitgehend Gletscherschliff auf. Die Formen sind rundlich, die Wände steil, daher die Ortsbezeichnung «Festung» (im oberen Teil des Beckens).

Der Einfluss von Lagerung und Talbildung auf die Qualität der Mauerunterlage

Schon die erste Besichtigung hatte ergeben, dass die Gesteinsplatten der rechten Talseite stark aufgelockert sind. Im Waldgebiet waren hier meterbreite Spalten sichtbar. In einem auf 1822 m ungefähr im Mauertrasse vorgetriebenen Sondierstollen (Nr. 3) traf man bei Progressive 38 m und ca. 25 m Überlagerung auf eine offene Kluft. Verbrannte man hier Papier, so erschienen an der Oberfläche Rauchschwaden. Es ging deshalb da und dort das Gerücht, in Zervreila rauche es zum Berg heraus, was als wenig günstiges Omen galt. Ein Versuch, Gelände mit stärkerer Auflockerung abzugrenzen, scheiterte. Die Darstellung einer grossen Anzahl von Messungen in Kugelprojektion erwies sich als zwecklos, da die Platten am Hang parallel verschoben waren. In den Sondierstollen zeigte sich dann allerdings, dass die stärkere Auflockerung des Gesteins im Mittel nur etwa 10–25 m tief reichte. Die weitgehende oberflächliche Auflockerung der Gesteinslagen auf der südlichen Talseite und die unversehrt gebliebene Lagerung am nördlichen Hang spiegelt sich mit grösster Deutlichkeit in den Zahlen der injizierten Zementmengen wider, die von der Motor-Columbus AG. in Baden in verdankenswerter Weise zur Verfügung gestellt wurden:

---

[2]) R. O. MÜLLER (1958): *Petrographische Untersuchungen in der nördlichen Adula*. Diss. Univ. Bern; Schweiz. min.-petr. Mitt. *38*/2.

1. *Tiefeninjektion* (in die Felsunterlage), im Mittel ca. 50–90 m tief.

	Linke (N) Talflanke: (Seite der Plattenköpfe)	Rechte (S) Talflanke: (Seite der Schichtplatten)
Totale Bohrlochlänge	2351,48 m	5215,93 m
Zementverbrauch	92700 kg	2967150 kg
pro m Bohrloch (Am^1)	39,42 kg	568,86 kg

2. *Kontaktinjektionen* (in die Mauerbasis)

	Linke Talflanke:	Rechte Talflanke:
Fläche (Horizontalprojektion)	5300 m^2	5400 m^2
Zementverbrauch	71600 kg	694000 kg
pro m^2 Fläche (Am^2)	13,5 kg	128,5 kg

Die auf den beiden Talseiten injizierten Zementmengen verhalten sich demnach wie folgt:

Tiefeninjektion links zu rechts pro m Bohrloch 1:14,4;

Kontaktinjektion links zu rechts pro m^2 Fläche 1: 9,5.

Die Abhängigkeit der Gesteinsqualität an der Oberfläche von Lagerung und Morphologie ist somit eine ganz beträchtliche.

Im Durchschnitt ergibt sich für die Zementinjektion der beiden Mauerseiten ein Betrag von (Am^1) 404 kg/m, ein für kristalline Gesteine beträchtlich hoher Koeffizient, wie er gelegentlich für Kalkgebirge erwähnt wird.

Über Ruschelzonen und Klüfte

Es war naheliegend, in Berücksichtigung der oberflächlich starken Auflockerung der Gneise auf der rechten Talseite eine Felssackung zu vermuten und nach einer hangwärtigen Ablösungsfläche zu suchen. Eine solche für die Projektierung prohibitive Abrissfläche schien nach Auffassung verschiedener Fachleute in ca. 1920 m Höhe auf der rechten Talseite vorzuliegen; wir dachten an eine glaziale Rinne. So galt es denn, vermittels Sondierstollen und Schurfgraben eine Abklärung herbeizuführen. Ein im Dezember 1948 auf ungefähr 1920 m erstellter, 14 m langer und 4 m breiter Graben erreichte in etwa 5 m Tiefe den geschlossenen Fels. Man hatte es nicht mit einer rezenten Abrissfläche, sondern mit einer vom Gletscher herauspräparierten alpinen Ruschelzone zu tun. An den Wänden der Rinne, die Gletscherschliff aufwiesen, fanden sich denn auch Moränenreste, die fest wie Beton an den Fels gepresst waren. Dass «magere» Moräne vorlag, ging aus einer Korngrössenanalyse der EMPA hervor. Um alle Zweifel zu beheben, wurde ein schon vorhandener Sondierstollen samt Abzweiger bergwärts unter der Rinne durch verlängert, so dass er eine allenfalls vorhandene Abrissfläche hätte queren müssen. Eine solche «Schaufelfläche» traf man indessen nicht an, wohl aber verschiedene Mylonitzonen, die wie die Ruschelzone der oberflächlich vorhandenen Rinne einem allgemein festgestellten Kluftsystem angehören, das NE streicht (vgl. unten). Solche Ruschelzonen sind vor allem auf der vom Gletscher reingescheuerten und vegetationsarmen linken Talseite deutlich sichtbar, wo sie aus dem untersten Teil des Beckens gegen Frunt hinaufziehen. Eine derselben lässt sich im Luftbild gegen zwei Kilometer weit bis in die Alp Padanatscha verfolgen.

Im Verlaufe der geologischen Untersuchungen in grosser Zahl gemessene Klüfte haben wir in stereographischer Projektion dargestellt. Diese Klüfte teilen das ganze Gebirge in Pakete auf und ermöglichen den oberflächlichen Zerfall der Gesteine. In der Regel setzen die Flächen rasch an Lagerflächen ab. Die statistische Bearbeitung sämtlicher Kluftmessungen liess folgende Systeme erkennen (vgl. Fig. 1):

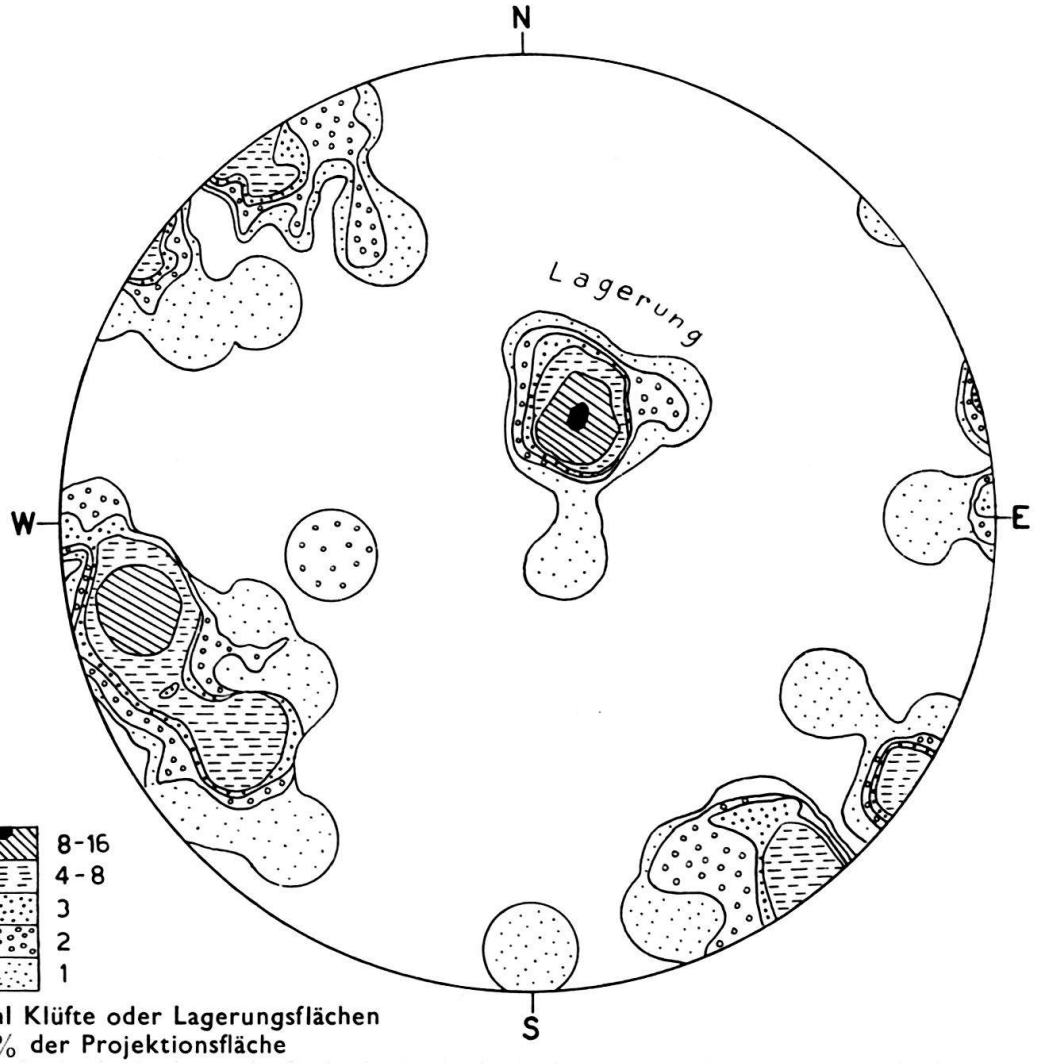

Fig. 1. Zervreila. Darstellung von Klüften und Lagerungsflächen im Innern des Gebirges, in flächentreuer Polarprojektion (in obere Kugelhälfte), mit Linien gleicher Häufigkeit

1. das N 50° E-System, dessen Flächen steil gegen NW bis SE einfallen. Es streicht parallel einem von R. O. Müller beschriebenen Faltenachsensystem und parallel dem Nordrand des Gneiskerns der Aduladecke.

2. das N 160°-System mit steil SW fallenden Flächen.

Die Kluftsysteme 1 und 2 durchsetzen die Lagerungsflächen, welche im Mittel N 114 E streichen und mit 23° NNE einfallen. 1 und 2 sind also jünger als die (alpine) Lagerung. Man darf die Systeme 1 und 2 vielleicht als korrespondierende Scherflächensysteme auffassen. Das N 50°-System fällt mit der Richtung des Tales zusammen, dürfte somit für die Talbildung bestimmend gewesen sein.

Seismische Untersuchungen

Im Jahre 1952 wurden durch Dipl.-Phys. A. SÜSSTRUNK seismische Messungen durchgeführt, die in erster Linie der Bestimmung des mittleren Elastizitätsmoduls galten, dessen Kenntnis für die Berechnung der Mauer erwünscht war. Gleichzeitig resultierten auch Werte der Fortpflanzungsgeschwindigkeiten. Die in den längeren, auf der rechten Talseite vorgetriebenen Sondierstollen gemessenen Geschwindigkeiten betrugen von der Erdoberfläche bis in etwa 20 bzw. 40 m Tiefe, d. h. im aufgelockerten Gestein, 2,8–3,7 km/sec. Tiefer im Gebirge ergaben sich Werte von im Mittel etwas mehr als 4,3 km/sec. Die seismische Aufnahme brachte eine willkommene Bestätigung der geologischen Stollenaufnahme.

Die im Gebirgsinnern, d. h. im frischen, kompakten Gestein erhaltenen Werte sind etwas niedriger als in ähnlichen Gneisen anderer Gebiete. So wurden in Sambuco (Maggiagebiet) 4,3–4,7 km/sec, im Triftgebiet (Gadmental) 4,3–4,5 km/sec gemessen. Annähernd gleiche Werte erhielt A. SÜSSTRUNK bei Peccia-Cavergno (Maggiawerk) mit 4,0–4,4 km/sec.

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Wellen war in Zervreila in verschiedenen Richtungen dieselbe, d. h. die Plattung des Gneises bewirkt keine Anisotropie, sondern das Gestein verhält sich für seismische Wellen homogen. Dies spricht für relativ geschlossene Kluftsysteme. Merkwürdigerweise zeigten die plattigen Zervreiler Phengitgneise und die Paragesteine keine wesentlichen Geschwindigkeitsunterschiede.