

BEITRÄGE ZUR GEOLOGIE DER SCHWEIZ
KLEINERE MITTEILUNGEN

Nr. 51

**Das Auftreten des Molybdänglanzes im
westlichen Aarmassiv und Molybdängehalte
von Gesteinen der gleichen Region**

von

A. STECK und TH. HÜGI

Vorwort der Schweizerischen Geotechnischen Kommission

Die Herren Dr. A. Steck und Prof. Th. Hügi legten der Kommission ein Manuskript „Das Auftreten des Molybdänglanzes im westlichen Aarmassiv und Molybdängehalte von Gesteinen der gleichen Region“ vor. Die Kommission nahm die Arbeit für die Kleineren Mitteilungen entgegen. Sie dankt den Autoren für die Untersuchung der Verbreitung des Molybdäns in granitischen Gesteinen des westlichen Aarmassivs. Diese bietet ein besonderes Interesse im Zusammenhang mit der bekannten Molybdänlagerstätte am Alpjahorn im Baltschiedertal (Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, Lief. 33).

Für den Inhalt von Text und Figuren sind die Autoren allein verantwortlich.

Zürich, September 1970.

Der Präsident der
Schweiz. Geotechnischen Kommission

Prof. F. DE QUERVAIN

Erscheint gleichzeitig in
„Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen“
Band 50, Heft 2, 1970

Das Auftreten des Molybdänglanzes im westlichen Aarmassiv und Molybdängehalte von Gesteinen der gleichen Region*)

Von *Albrecht Steck* (Basel)**) und *Theodor Hügi* (Bern)***)

Mit 8 Textfiguren und 3 Tabellen

Abstract

This paper deals with occurrences of molybdenite in the Western Aarmassif. Localities are tabulated and shown on a petrological map and in a bloc-diagram as well. Molybdenite has been found in cavities of the pegmatitic facies of the "Zentrale Aaregranit" of hercynian age. Quartz-veins (mm-dm) contain also molybdenite (flakes up to 3 cm). Such MoS_2 -veins are related to the aplitic or porphyric facies (= border facies) of the "Zentrale Aaregranit", but also to biotite- and hornblende-biotite-gneisses of the surrounding prehercynian complex of metamorphics ("Altkristallin-Komplex"). Molybdenite has been formed in connection with the late stage of the intrusion of the "Zentrale Aaregranit". In 11 cases for MoS_2 the 2 H-modification has been found. 21 samples of granitic rocks have been analysed by means of spectrographic methods for Mo-, Co-, Cr-, Pb-, Ag- and Be-contents. The data are tabulated. Diagrams illustrate thin sections and petrofabrics.

Einleitung

In letzter Zeit konnte der eine Autor (A. St.) im westlichen Aarmassiv eine Reihe von Beobachtungen über Vererzungen machen, die mit dem Zentralen Aaregranit in Zusammenhang stehen. Systematische geochemische Untersuchungen befassen sich u. a. auch mit dem Element Molybdän und werden unter der Leitung des andern Autors (Th. H.) durchgeführt¹⁾. Im nachstehen-

*) Erscheint gleichzeitig als „Beiträge zur Geologie der Schweiz, Kleinere Mitteilungen Nr. 51“.

**) PD. Dr. A. Steck, Mineralogisch-petrographisches Institut der Universität, Bernoullianum, 4000 Basel. Gegenwärtige Adresse: Laboratoire de Minéralogie, Palais de Rumine, 1000 Lausanne.

***) Prof. Dr. Th. Hügi, Abteilung für Geochemie des Mineralogisch-petrographischen Instituts der Universität, Sahlistr. 6, 3012 Bern.

¹⁾ Die vorliegende Arbeit ist in verdankenswerter Weise durch finanzielle Unterstützung der Schweiz. Geotechnischen Kommission, der Schweiz. Geologischen Kommission und des Schweizerischen Nationalfonds ermöglicht worden.

den soll anhand einer Fundortkarte (Fig. 5) zuerst über das Auftreten und die Genese des Molybdänglanzes berichtet werden. Anschließend folgen die Resultate der geochemischen Untersuchungen, welche das westliche Aarmassiv betreffen.

Bisher ist Molybdänglanz (bzw. Molybdänit) an verschiedenen Stellen in den Schweizeralpen gefunden worden. Das Mineral wird erstmals von KENNGOTT (1866) in seinen „Mineralien der Schweiz“ vom Lägendgrat im Baltschiedertal beschrieben. Dieses grösste Vorkommen im Aarmassiv wurde bis zum heutigen Tag immer wieder neu auf seine wirtschaftliche Bedeutung hin untersucht. Die Lagerstätte ist zuletzt von LEDERMANN (1955) und SCHENKER (1965) ausführlich beschrieben worden.

VON FELLENBERG (1893) erwähnt weitere kleinere Vererzungen aus den Zentralen Aaregraniten des westlichen Aarmassivs, so auch einen Serizitgneis-Block mit Molybdänglanz von der Moräne des Distelgletschers.

1914 hat KÖNIGSBERGER, der vorwiegend das mittlere und östliche Aarmassiv beging, heute noch anerkannte Gedanken zur Genese der Mineralisationen geäußert. Nach seiner Auffassung ist Molybdänglanz ein magmatisch-pneumatolytisches Mineral, das im Anschluss an die Intrusion und Erstarrung der Zentralen Aaregranite zusammen mit Quarz auf Klüften kristallisierte. Die Erzgänge sind stets von der alpidischen Dynamometamorphose überprägt.

KÖNIGSBERGER (1914) hat folgende Fundpunkte von Molybdänglanz östlich des Sustenpasses erwähnt: Kartigelfirn im Meiental, am Wissen im Fellital und am Bruchplankenstock im Wicheltal. HUGI (1923) beschrieb ferner Molybdänglanz aus dem Amsteger-Stollen.

Im westlichen Aarmassiv ist kürzlich Molybdänglanz von LABHART (1967) in einer Uranvererzung festgestellt worden. In einem schwarz anwitternden Epidot-Biotit-Apatit-Schiefer treten im Altkristallin nördlich Naters und Mörel als Erzminerale Uraninit, Molybdänglanz und Pyrit auf. In einem Handstück sind nachgewiesen worden: 790 ppm Uran, 35 ppm Thorium und 75 ppm Molybdän.

Unter zwei Malen fanden in den letzten Jahren Teilnehmer der Grimsel-exkursion des Mineralogischen Institutes der Universität Bern (Leiter Th. Hügi) an zwei benachbarten Stellen Molybdänglanz. Die Fundpunkte liegen unterhalb Gletsch, und zwar unmittelbar vor und nach der Strassenkurve beim Bahntunnel vor der Rhonebrücke. Molybdän ist in diesem Erz chemisch nachgewiesen worden. Der röntgenographisch bestimmte Molybdänglanz $2H^2$) tritt in der Hauptmigmatitzone von Gletsch auf (C. NIGGLI, 1965).

Molybdänglanz erscheint in beiden Fällen als hauchdünner Anflug in

²⁾ Die röntgenographische Ermittlung dieser Probe führte in verdankenswerter Weise Dr. St. Graeser, früher Bern, jetzt Basel, durch; der 2-H-Typ ist durch Vergleich mit Aufnahmen von ausgewerteten Filmen anderer Vorkommen hexagonalen und trigonalen Molybdänglanzes bestimmt worden (siehe auch GRAESER, 1965).

gabbroiden Gesteinstypen. Die hier vorkommenden Gesteine bestehen nach C. NIGGLI (1965) aus den Hauptgemengteilen: grüne Hornblende, Biotit, Epidot, Plagioklas (Andesin-Labradorit) und den Nebengemengteilen: Quarz, Titanit, Apatit, Pyrit. In derartigen gabbroiden Gesteinen kann gelegentlich auch Kupferkies und Malachit auftreten. Der Molybdänglanzfund bei Gletsch liegt in den altkristallinen Hüllgesteinen, 500 m südlich des Zentralen Aaregranites.

Ausserhalb des Aarmassivs ist Molybdänglanz von folgenden Stellen der Schweizeralpen erwähnt worden: aus dem Mont-Blanc-Massiv (P. NIGGLI et al., 1940), aus dem Gotthardtunnel und vom Fornogebiet (WEIBEL, 1966), Binna-tal (GRAESER, 1965), aus dem Mattertal und bei Isérables (HÜGI et al., 1967), bei Lodrino-Ticino (BIANCONI-SIMONETTI, 1967) und vom Valle Onsernone (KOBÉ, 1968).

Zu diesen bekannten Vorkommen gelang es in den Jahren 1960 bis 1967 eine Anzahl neuer Daten über die Molybdänerze des westlichen Aarmassivs zu sammeln. Eine Zusammenstellung aller neuen und alten Beobachtungen im Aarmassiv erschien uns als wünschenswert, besonders da heute in dieser Region sehr schön eine *zonale Verteilung* des Molybdänglanz nachzuweisen ist. Auf die Bedeutung dieses neuen Ergebnisses kommen wir bei der Besprechung der Genese der Mineralisationen nochmals zurück.

Strukturelle und mineralfazielle Untersuchungen erlauben uns, die Mineralisation zeitlich in die geologische Geschichte des westlichen Aarmassivs einzustufen (STECK, 1966).

In einer späten Phase der herzynischen Orogenese drangen die Schmelzen der Zentralen Aaregranite auf Spalten in eine oberflächennahe ältere Migmatitserie und erstarrten als mittel- bis grobkörnige Biotitgranite, welche mit messerscharfen Eruptivkontakten und einer aplitischen oder porphyrischen Randfazies an das Nebengestein grenzen. Eine nur sehr schwache Kontaktmetamorphose ist mit klassischen Methoden an der Umkristallisation der präexistierenden Hornblende in Biotit im Meterbereich unmittelbar am Kontakt zu erkennen.

Nach FRANKS (1968) erfolgte die Platznahme des Zentralen Aaregranites im östlichen Aarmassiv, im Maderanertal nach der Ablagerung der oberkarbonen Vulkanite, Konglomerate und Schiefer. Nach JONGMANN'S (1960) stammen die Pflanzenabdrücke in den Schiefen von einer Westphalien-D-Flora. Mit diesen Befunden stimmt das von WÜTHRICH (1965) mit der Rb/Sr-Methode an Gesamtgesteinsproben des Zentralen Aaregranites bestimmte mittlere Alter von 270 Millionen Jahren sehr gut überein.

In den seltenen primären Drusen im Granit wurde an zwei Orten Molybdänit 2 H gefunden.

Unmittelbar im Anschluss an die Intrusion und Erstarrung des Zentralen Aaregranites drangen in E-streichende Klüfte in der obersten Aufstülpung der

Grisighorngranitzunge (Zentraler Aaregranit) und ihren vorwiegend granitoiden Dachgesteinen hochhydrothermale sulfidische Erzlösungen, welche hier Magnetkies-Kupferkies-Mineralisationen erzeugten. Diese führen akzessorisch Molybdänit 2 H (STECK, 1966). Die Erzgänge werden von jüngeren zentral-aargranitischen Alpit- und Pegmatitgängen durchsetzt, welche auf Kontraktionsklüften des sich abkühlenden Granites intrudierten. Anschliessend wurden Quarzporphyr- und Lamprophyrgänge gefördert.

Die verbreiteten molybdänglanzführenden Gänge, welche zu über 99 Vol-% aus dem Erzmineral und Quarz bestehen, sind stets jünger als die postgranitischen Ganggesteine. Diese Molybdänglangzgänge durchschlagen nach HUTTENLOCHER (1921) und LEDERMANN (1955) im Lägendgrat zwischen Baltschieder- und Gredetschtal Quarzporphyrgänge und nach eigenen Beobachtungen am Grisighorn die oben erwähnten Magnetkies-Kupferkies-Mineralisationen. Das relative Alter gegenüber den Lamprophyren konnte nirgends bestimmt werden. Das prätriadische Alter der wahrscheinlich permischen Quarzporphyre wurde von HUTTENLOCHER (1921) erstmals nachgewiesen und von SCHENKER (1965) und BAER (1959) bestätigt. Die Molybdänglanzmineralisationen sind stets von der jüngeren tertiären Metamorphose überprägt (KÖNIGSBERGER, 1914; STALDER, 1964; STECK, 1966b).

Die molybdänitführenden Drusen in der pegmatitischen Fazies des Zentralen Aaregranits

Der Zentrale Aaregranit, ein mittelkörniger Biotitgranit, enthält nur an wenigen Stellen, vorwiegend in seiner 50 cm bis 5 m mächtigen aplitischen Randfazies, pegmatitische Partien und in letzteren vereinzelt miarolithische Hohlräume. In zwei solchen Pegmatitdrusen wurde Molybdänglanz gefunden, und zwar in beiden Fällen innig verwachsen mit Quarz und Mikroklin, womit man gleiches Alter für diese Mineralien annehmen darf.

Mineralbestand der beiden molybdänglanzführenden Drusen:

Fundort: Ijollital (628 200/134 000).

Molybdänit-2 H, Quarz, Mikroklin.

Fundort: Sparrhorn (641 700/139 450).

Molybdänit-2 H, Quarz, Mikroklin, saussuritisierte Plagioklas, grobblättriger Muskowit, Granat, es handelt sich im wesentlichen um einen Almandin-Spessartinmischkristall (STECK, 1966a), grüner Biotit und Epidot.

Der saussuritisierte Plagioklas besteht aus einem Albit, welcher mit den feinkörnigen Umwandlungsprodukten Serizit, Epidot-Klinozoisit und Carbonat, selten auch alpidischem Granat – einem Almandin-Spessartin-Grossular-Mischkristall – gefüllt ist.

Es besteht heute kein Zweifel darüber, dass die Saussuritisierung der Plagioklase und die Grünfärbung der Biotite im wesentlichen während der

alpidischen Regionalmetamorphose erfolgte. Man beobachtet diese Erscheinungen in gleicher Weise in allen Gesteinstypen des Aarmassives. Kombinierte gefügekundliche und mineralfazielle Untersuchungen erlauben uns, diese Kristallisation, z. B. auch von Epidot, mit den alpidischen Strukturen zeitlich zu korrelieren (STECK, 1966a, 1968). WÜTHRICH (1965) gelang es, mit Rb/Sr-Isotopenbestimmungen das tertiäre Alter der Grünverfärbung der ursprünglich braunen Biotite der Zentralen Aaregranite eindeutig nachzuweisen.

Als weiteres Erzmineral fanden wir in einer anderen Pegmatitdruse des Granites Magnetit, hier graphisch verwachsen mit Quarz.

Die molybdänglanzführenden Gänge

Häufig trifft man einige Millimeter bis Dezimeter mächtige, spaltenfüllende Quarzgänge, welche bis zu 3 cm grosse Molybdänglanzblätter enthalten. In diesen Gängen überwiegt meist Quarz mit mehr als 90 Vol-% gegenüber dem Erzmineral. Seltener sind weitgehend plane Kluftflächen mit einer bis Millimeter dicken monomineralischen Molybdänglanzschicht belegt. Der Molybdänglanz tritt auch hier in allen röntgenoptisch untersuchten Proben in der hexagonalen Modifikation auf. Als Akzessorien trifft man neben den Hauptgemengteilen Quarz und Molybdänglanz: Hämatit, Goethit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), Fluorit, Mikroklin und während der alpidischen Metamorphose neu kristallisierten Serizit, Epidot und Granat. Der Granat besteht zu je einem Drittel aus Almandin-Spessartin und Grossularkomponenten. Letztere Mineralien sind an alpidische Scherflächen gebunden, welche die Gänge durchsetzen. Es ist nicht ausgeschlossen, dass sowohl der Fluorit, als auch der Hämatit alpidisch neu kristallisiert sind. Der Goethit, welcher in Säumen den Hämatit umschliesst, bildete sich vermutlich oberflächennah, unter Einwirkung der Atmosphärien. An den der Verwitterung ausgesetzten Aufschlussflächen kristallisierte gelber „Molybdänocker“ und weisser Powellit. Letzterer bildet ein weisses Pulver an Stelle von herausgewittertem Molybdänsulfid. Es handelt sich um den zweiten Nachweis des Ca-Molybdatminerals aus der Schweiz (vergleiche BIANCONI, 1967).

MoS₂-Gänge sind am häufigsten in der aplitischen und porphyrischen Randfazies der Zentralen Aaregranite, seltener im Innern der Granite (Grimselgebiet), treten aber auch in altkristallinen Biotit- und Hornblende-biotitgneisen, und zwar in der Nachbarschaft der Aaregranite, auf.

Die Struktur der Molybdänit-Quarzgänge

Im folgenden werden einige typische Gangbilder dargestellt. Die Fig. 1 zeigt das Dünnschliffbild eines Quarzporphyrs, der von einem mikroklinführenden Molybdänglanz-Quarzgang durchsetzt wird. Die Molybdänglanz-



Fig. 1. Dünnschliffbild eines Mikroklin führenden Molybdänglanz-Quarzganges, welcher einen postzentraalaregranitischen Quarzporphyr durchschlägt. Eine alpidische Schieferung (S_1) hat den Gang und das Nebengestein überprägt.

(Schwarz = Molybdänit - 2 H, weiss (im Gang) = Quarz, fein punktiert = Mikroklin, Einsprenglinge im Quarzporphyr = saussuritisierte Plagioklas, gestrichelt = Biotit und Serizit.)

blätter befinden sich vorwiegend im Zentrum des Quarzganges. Mehr randlich sind einzelne Mikroklinkörner im Quarz eingesprengt. Die Glimmer des Nebengesteins sind in einem schmalen Saum ausgebleicht. Die Paralleltexur im Quarzporphyr besitzt alpidisches Alter; dass sie jünger ist als die Mineralisation ist in dieser Figur nicht ersichtlich.

Eindeutig erkennt man die sekundäre, tertiäre Überprägung eines Molybdänit-Quarzganges durch eine alpidische Schieferung am Beispiel der Fig. 2.

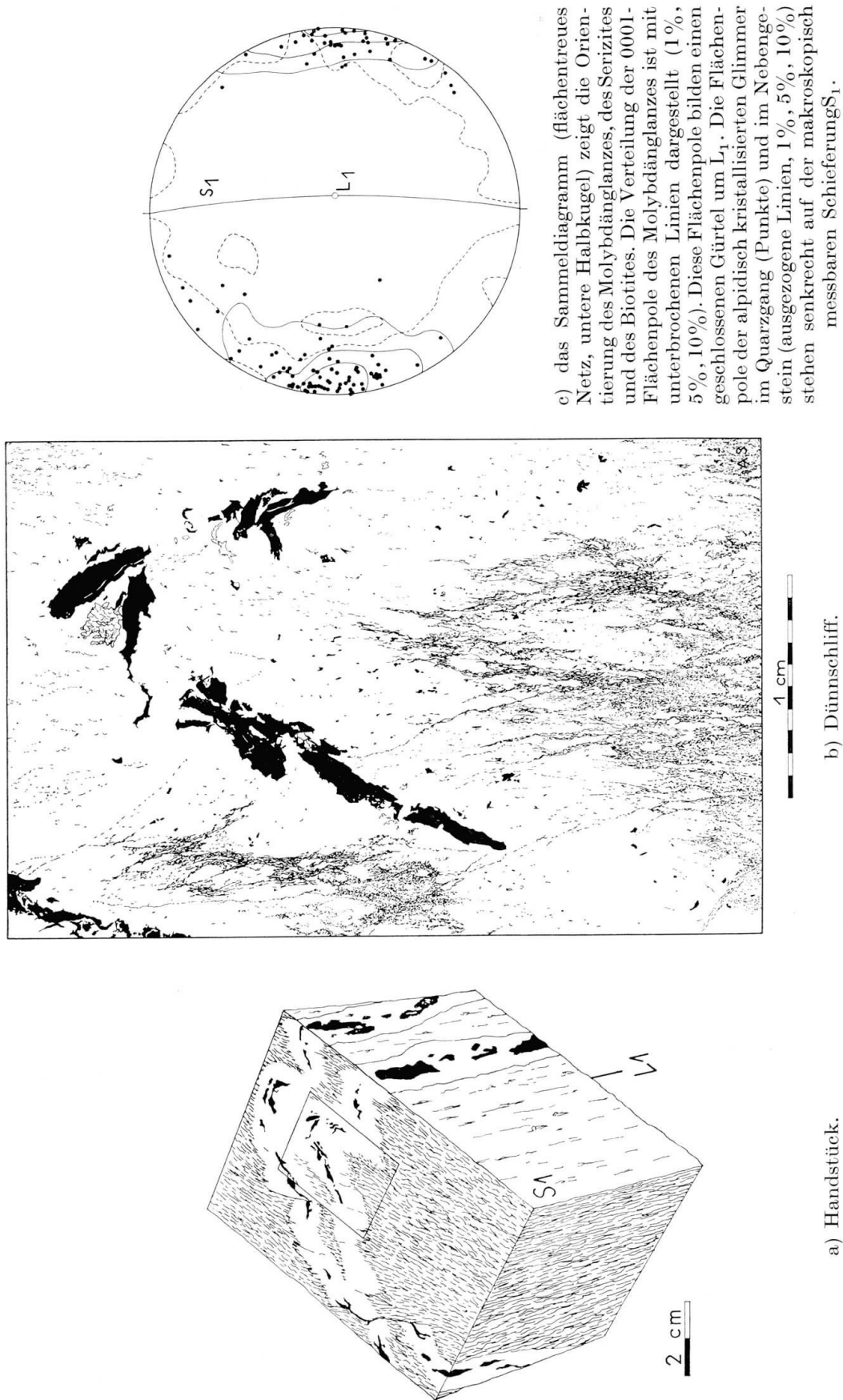


Fig. 2. Der Molybdänglanz-Quarzgang ist durch die jüngere alpidische Schieferung S_1 zersert und verfaltet worden.

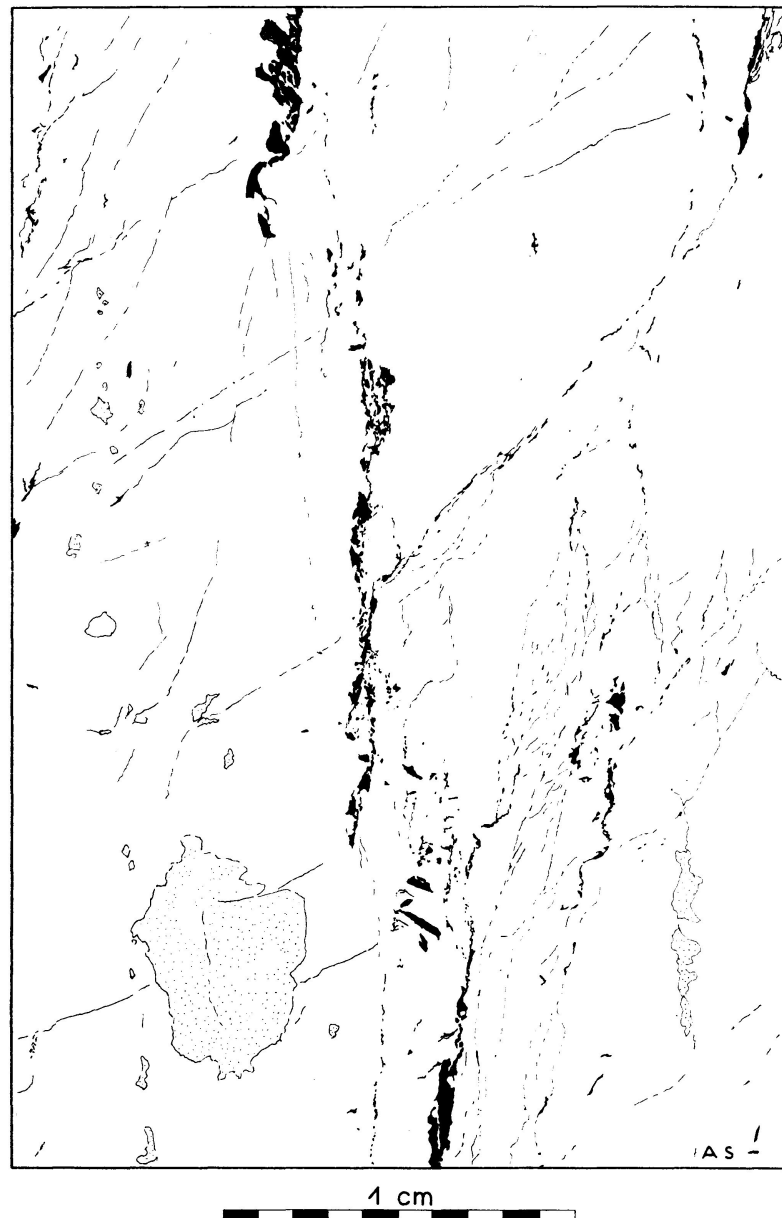


Fig. 3. Dünnschliffzeichnung eines Molybdänglanz-Quarzganges. Der Molybdänglanz wurde durch die alpidische mechanische Formung zerrissen, zerfetzt und auf Scherflächen ausgewalzt. In keinem der untersuchten Dünnschliffe und Anschliffe konnte eine alpidische Rekristallisation des Minerals nachgewiesen werden.

Es handelt sich hier um die dominierende NE-streichende Schieferung S_1 mit der steilen Mineralstreckung L_1 (STECK, 1966 und 1968). Der Gang wurde als kompetente Lage im glimmerreichen Gneis, der kataklastischen Fazies des Baltschiedergranites, in Stauchfalten gelegt. Das Deformationsbild erinnert an ptygmatische Erscheinungen.

Auf Fig. 3 ist der wahrscheinlich hercynisch kristallisierte Molybdänglanz während der alpidischen Formung zerrissen, zerfetzt und auf jungen Scherflächen ausgewalzt worden.

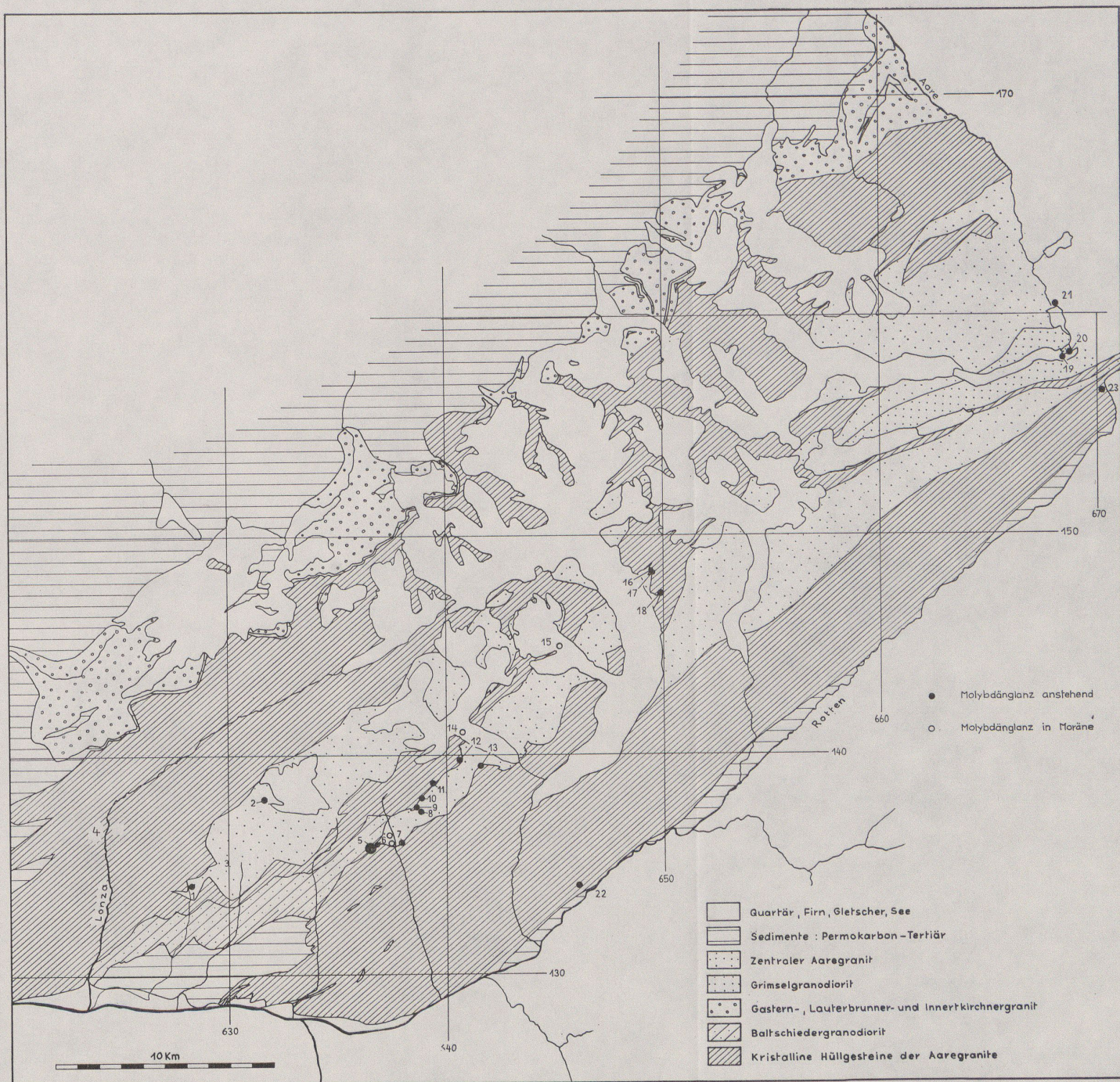


Fig. 5. Fundorte von Molybdänglanz im westlichen Aarmassiv.

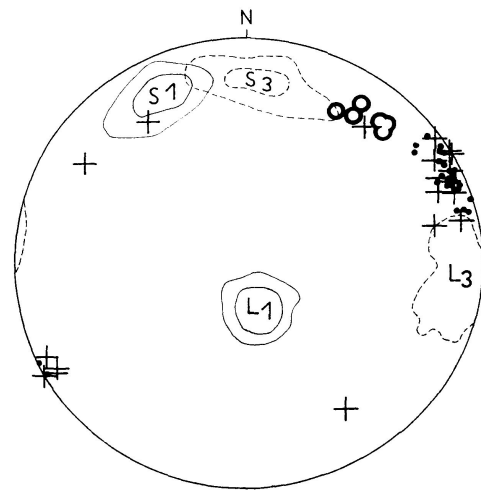
Leere Seite
Blank page
Page vide

In keinem der untersuchten Dünnschliffe konnte eine alpidische Rekristallisation oder Neubildung des Molybdänglanzes nachgewiesen werden.

Die Verbreitung des Molybdänglanzes

Die Karte Fig. 5 und die Tabelle 2 enthalten die Fundorte von Molybdänglanz im westlichen Aarmassiv. Die Verteilungskarte stellt nur annähernd die wirklichen Verhältnisse dar, da nicht im ganzen Gebiet mit der gleichen Intensität nach Molybdänit gesucht wurde. Besonders gut bekannt sind die schönen Aufschlüsse längs der Grimselstrasse zwischen Innertkirchen im Haslital und Oberwald im Goms (STALDER, 1964, C. NIGGLI, 1965, und Exkursionen des Mineralog.-petrograph. Institutes Bern unter Leitung von Th. Hügi). Im

Fig. 4. Räumliche Orientierung der MoS_2 -führenden Klüfte im Zentralen Aaregranit nördlich der Stau-mauer Räterichsboden. Darstellung auf dem flächentreuen Netz untere Halbkugel. Wie bereits STALDER (1964) festgestellt hat, sind die spätherzynischen Molybdänglanz führenden Klüfte (Kreise) anders orientiert, als die mit Chlorit belegten alpidischen Zerrklüfte (Kreuze). Das Diagramm zeigt ausserdem die Orientierung der ersten alpidischen Schieferung S_1 mit der steilen Mineralstreckung L_1 , der E-streichenden Blattverschiebungsflächen S_3 mit dem flachen Linear L_3 (10%, 30%) und die Richtung der Faltenachsen B_2 , welche senkrecht auf den tertiären Klüften stehen (vgl. STECK, 1968).



westlichen Teil des Massivs sind viele Beobachtungen aus der Umgebung der Lagerstätte am Lägendgrat zuletzt von LEDERMANN (1955) und SCHENKER (1965) beschrieben worden. A. Steck gelang es im Rahmen eines Kartierungsauftrages der Schweizerischen Geologischen Kommission, das Vorkommen der Mineralisationen im Aletschgebiet eingehend zu untersuchen. Auf die dort gewonnenen Erkenntnisse soll im folgenden näher eingegangen werden. Über die Geologie des Gebietes informiert sich der Leser mit Vorteil anhand des „Geologischen Blockdiagramms des westlichen Aarmassivs“, Tafel I, in STECK (1968). Im Detail kartiert (1 : 10 000) wurde der 18 km lange Aaregranitzug, welcher das Grisighorn, die Fusshörner, das Zenbächenhorn und das Olmenhorn aufbaut und an seinen Enden am linken Ufer des Gr. Aletschgletschers in der Westflanke des Wannenhornes und im Gredetschtal unter dem Längendgrat abtaucht. Das Stereogramm (Fig. 6) zeigt die räumliche Verteilung der Mineralisationen in Kulissenprofilen quer durch den Intrusivkörper. Im Granit bilden Biotit-, Aplit- und Pegmatitschlieren ein Gewölbe. Letzteres ist an einem tertiären Bruch parallel zur dominierenden alpidischen Schieferung zer-

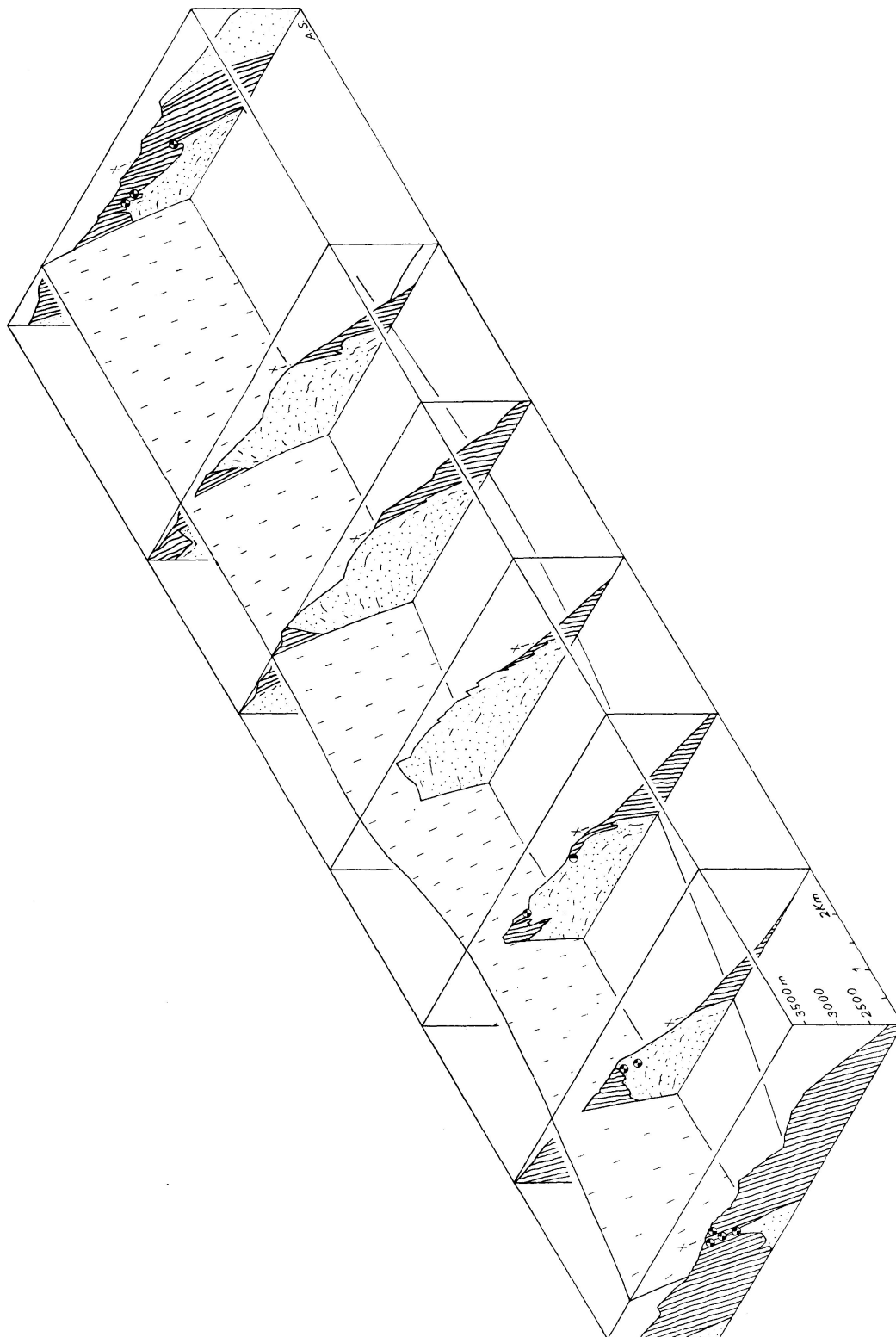


Fig. 6. Das Stereogramm zeigt die räumliche Verteilung der Molybdänglanz-Mineralisationen in 7 Kulissenprofilen quer durch den 18 km langen Grisighorn-Granitzug (Zentraler Aaregranit).

schert und gegen NW aufgeschoben. Im Süden und in seinem Dache grenzt der Zentrale Aaregranit, ein mittel- bis grobkörniger Biotitgranit mit einer durchschnittlich 50 cm bis 5 m mächtigen aplitischen Randfazies und einem messerscharfen Eruptivkontakt diskordant an die im allgemeinen isoklinal nach Südosten einfallenden, vorwiegend migmatischen altkristallinen Hüllgesteine. Es handelt sich um eine prä-aaregranitisch migmatisierte Gesteinsserie, welche Granite, diverse Gneise, Amphibolite und einzelne Serpentine enthält. Molybdänglanz findet man nur in der obersten Aufstülpung des Intrusivkörpers und ihrer unmittelbaren Umgebung. In den Zentralen Partien,

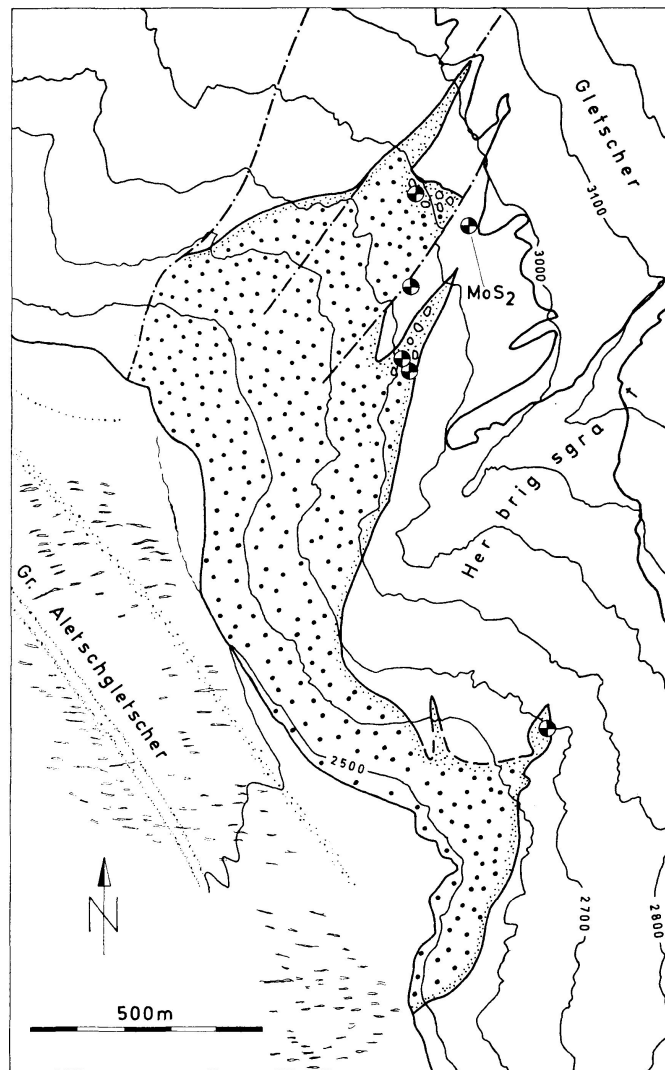


Fig. 7. Östliches Ende des Grisenhorn-Granitzuges (Zentraler Aaregranit) auf dem linken Ufer des Grossen Aletschgletschers, in der Westflanke des Wannenhornes. Der Zentrale Aaregranit (grob punktiert) grenzt an seinen primären Eruptivkontakten mit einer 50 cm bis zu 50 m mächtigen aplitischen Randfazies (fein punktiert) – an einigen Stellen mit Nebengesteinsschollen – an das Altkristallin, welches aus schlierigen und gebänderten Migmatitgneissen, Biotitgraniten vom Typ des Baltschiedergranites und Hornblendesyeniten besteht. Im Norden ist der Zentrale Aaregranit an einzelnen alpidischen Brüchen zerschert (strichpunktierte Linien).

wo die höchsten Teile des Granitzuges wegerodiert sind, konnten keine Mineralisationen festgestellt werden. An den beiden Enden in der Westflanke des Wannenhornes und im Gredetschtal, im sogenannten Herdgraben, sind die Vererzungen an grosse Apophysen des Intrusivgesteins gebunden. Die Fig. 7 zeigt die Verhältnisse auf dem linken Ufer des Grossen Aletschgletschers.

Zur Genese der Molybdänitvorkommen

Auf der geologischen Karte (Fig. 5) und der Fig. 6 tritt auffällig das gehäufte Vorkommen des Molybdänglanzes in der obersten Aufstülpung der Grisighorn-Granitzunge und ihren benachbarten Hüllgesteinen in Erscheinung. Ähnliche räumliche Beziehungen zwischen Graniten und später gebildeten Mineralisationen sind von vielen Granitgebieten beschrieben worden. STEINMANN (1910) nannte solche Erzvorkommen „gebundene Erzgänge“. Eine solche zonale Verteilung der Mineralisationen weist auf eine genetische Beziehung mit der Granitintrusion hin (Fig. 8). Wir müssen annehmen, dass die Förderung der

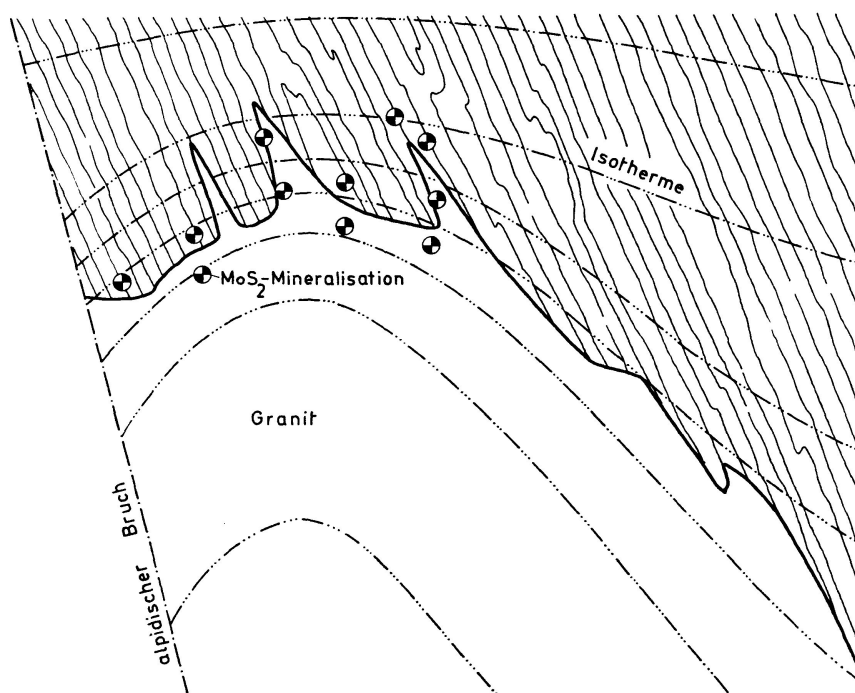


Fig. 8. Skizze zur Deutung der lokalen Anreicherung der MoS_2 -Mineralisationen im Bereich der obersten Aufstülpung der Grisighorn-Granitzunge.

molybdänführenden Lösungen unmittelbar im Anschluss an die Platznahme der Zentralen Aaregranite und ihrer Ganggesteine erfolgte. Wir vermuten ferner, dass rasch wechselnde chemische und physikalische Bedingungen im Grenzbereich Granit-Alt-kristallin die lokale Auskristallisation des Molybdänglanzes aus „Restlösungen“ der granitischen Schmelze verursachten. So bestand kurz nach dem Erstarren der Granitschmelze ein steiles Temperatur-

gefälle zwischen dem noch heissen Intrusivkörper und dem kalten Nebengestein. Ausserdem änderten sich möglicherweise auch die chemischen Bedingungen in den molybdänführenden Lösungen beim Austritt aus dem Granit in das umgebende Altkristallin, infolge einer chemischen Reaktion der Lösung mit dem Nebengestein. Das Vorkommen von Molybdänglanz in primären Pegmatitdrusen des Granites zeigt, dass bereits mit der Granitschmelze molybdänführende Lösungen gefördert wurden. Die Mehrzahl der Mineralisationen entstanden aber erst zu einem späteren Zeitpunkt, nach der Platznahme der Quarzporphyre.

Nach den Feldbefunden vermuteten wir einen primär erhöhten Mo-Gehalt der Zentralen Aaregranite gegenüber andern Gesteinen des Massivs. Die chemischen Analysen bestätigten aber diese Idee nicht. Die Proben des Zentralen Aaregranites enthalten, wie diejenigen des Altkristallins, in der Regel weniger als 3 ppm Mo (Tab. 3). Wir folgern aus diesen Daten, dass nicht die silikatische Granitschmelze Träger des Molybdäns war, sondern weitgehend selbständige sulfidische Lösungen, welche das Element zu den Mineralisationsstellen führten. Dafür spricht der deutlich erhöhte Mo-Gehalt von 135 ppm im Magnetkies-Kupferkiesgang (siehe p. 260).

Viele Granite sind durch bestimmte Mineralisationsfolge gekennzeichnet, so auch die Zentralen Aaregranite. Vorerst zeichnen sie sich durch ihre allgemeine Armut an Erzmineralien und grösseren Mineralisationen aus. Ausserdem sind die Erzmineralparagenesen in der Regel sehr einfach. Eine Ausnahme bildet die Lagerstätte am Bristenstock (HUGI, 1923, HUTTENLOCHER, 1936) mit einer sehr reichhaltigen Mineralgesellschaft, welche zur Zeit vom Berner Doktorand J. P. Jenni neu bearbeitet wird. Typisch für die Zentralen Aaregranite und für den Mont-Blanc-Granit im westlich gelegenen Mont-Blanc-Massiv sind die verbreiteten, aber nur sehr kleinen Vorkommen von Molybdänglanz mit Quarz. Solche oder ähnliche Mineralisationen fehlen in den beiden extern gelegenen Teilmassiven Gastern-Lauterbrunner-Innertkirchner-Granitzone und Aiguilles Rouges-Massiv.

Während der tertiären Orogenese wurden die hercynischen Mineralisationen im Aarmassiv von der hier nur schwachen und selektiv wirkenden alpidischen Regionalmetamorphose überprägt. Das Aarmassiv befindet sich in der Chloritoid- und Stilpnomelanzone (E. NIGGLI, 1960; E. NIGGLI und C. NIGGLI, 1965), bzw. in der Albitzone der Karbonatgesteine (E. WENK, 1962) und der Amphibolite (E. WENK und F. KELLER, 1969). Bei dieser Überprägung wurde der Molybdänglanz mechanisch verformt; nirgends konnte eine alpidische Neukristallisation nachgewiesen werden. Alpidischer Molybdänglanz, und zwar die trigonale Modifikation Molybdänit 3 R, findet sich erst in der Oligoklas-Amphibolitzone der alpidischen Regionalmetamorphose am Längenbach im Binnatal. Dort gelang es GRAESER (1965), erstmals die trigonale Modifikation für die Schweiz nachzuweisen.

Geochemische Daten

Wie einleitend erwähnt, wurden granitische Gesteine verschiedener Gebiete der Schweiz auf seltene Elemente untersucht. Das Material ist im Zusammenhang mit radiometrischen Stollenmessungen gesammelt worden, z. T. aber auch an der Oberfläche, so u. a. aus dem engeren Arbeitsgebiet von A. Steck (Proben SH 210a und folg.). Die Gehalte sind spektrographisch ermittelt worden. Zunächst ging es vor allem darum, an einer möglichst grossen Zahl von Proben festzustellen, ob überdurchschnittliche Gehalte auftreten, d. h., wo allenfalls Anomalien vorkommen. In der Tabelle 3 sind die an Gesteinen des westlichen Aarmassivs gefundenen Gehalte an Mo, Co, Cr, Pb, Ag und Be zusammengestellt. Die Spektralanalyse ist mit einem Hilger-Large-Quarz-Glass-Spektrographen ausgeführt worden (normierte Kohleelektroden mit innerem Standard: In (3258.56 Å) für Pb, Ag; Pd (3114.04 Å) für Mo, Co und Cr; Ni (2347.5 Å) für Be. Gleichstrombogen, RSV-Anregungsgerät, Jaco-Mikrophotometer-Comparator der Jarrell Ash, Platten: Gevaert 23 D 56). Nach der angewandten Methodik liegt die Nachweisgrenze für die einzelnen Elemente für Mo bei 3, Co 3, Cr 30, Pb 1, Ag 0,5, Be 1 ppm; der relative Fehler beträgt 10%, z. T. weniger. Die in der Tabelle 3 angegebenen Werte stellen die Mittel aus Doppelbestimmungen dar. Für die Ausführung der spektrographischen Arbeiten danken wir an dieser Stelle Herrn H. Bühlmann bestens.

Geochemisch hat Molybdän siderophilen Charakter, zeigt aber chalkophile Tendenz. Mo erscheint oft angereichert in Graniten und tritt dann gewöhnlich in der Form von Molybdänglanz auf. Die wichtigsten Mo-Lagerstätten sind denn auch an Granite gebunden. Basische Gesteine enthalten allgemein weniger Mo als saure. Es gelten beispielsweise folgende Durchschnittsgehalte:

Erdkruste	1,5 ppm Mo	(TAYLOR, 1964)
Granite	2	(TAYLOR, 1964)
Granite Schwarzwald	12	(RANKAMA-SAHAMA, 1950)
Gabbro, Norite	3	(RANKAMA-SAHAMA, 1950)

Die meisten der in Tabelle 3 aufgeführten Proben zeigen weniger als 3 ppm Mo. Höhere Werte sind gebunden an vererzte Gesteinsproben. Deutliche Anomalien in bezug auf Mo, Co, Cr und Pb wurden in einem Magnetkies-Kupferkiesgang (Nr. SH 551) gefunden. In diesem Erzgang konnten dann nachträglich auf Grund der zuerst ermittelten Mo-Anomalie im Anschliff an Proben der gleichen Lokalität kleinste Molybdänglanzflitter gefunden werden. Interessant ist das Resultat, dass die untersuchten Gesteine, welche nicht nachträglich mineralisiert worden sind, stets weniger als 3 ppm Mo enthalten, und zwar sowohl die Zentralen Aaregranite und seine Aplite als auch die Granite des Altkristallins. Ausserhalb des hier diskutierten Gebietes zeigte ein Zentraler Aaregranit aus einem Stollen des Kraftwerkes Göschenen einen Mo-Gehalt von

45 ppm. Diese Anomalie ist mineralogisch noch nicht abgeklärt. Deutlich erhöhte Co-, Cr- und Pb-Gehalte stehen offensichtlich mit der Vererzung in Zusammenhang. Analoges gilt für die leicht erhöhten Ag-Gehalte. Während das Blei an den in Vererzungen akzessorisch auftretenden Bleiglanz gebunden ist, können in bezug auf Kobalt und Chrom keine näheren Angaben gemacht werden. Die gefundenen Pb-Gehalte zwischen 5 und 38 ppm in Graniten, Apliten und Pegmatiten lassen sich mit dem in Feldspäten fixierten Blei erklären. Für Granite und Aplite aus dem Aarmassiv konnte gezeigt werden, dass die höheren Pb-Gehalte von 20–30 ppm gebunden sind an feldspatreichere Gesteinstypen (siehe HÜGL, 1956). Aplite, Pegmatite und die Granite zeigen die für das Aarmassiv üblichen Be-Werte (siehe HÜGL-RÖWE 1970, im Druck). Deutlich erhöhte Be-Gehalte haben ein Granodiorit und ein Quarzporphyr.

Geochemisch nicht einheitlich zu deuten sind vorderhand die neuesten Molybdänglanzfunde in der Schieferhülle südlich des Zentralen Aaregranites bei Mörel und Gletsch. Im letzteren Falle könnte Mo primär magmatisch im gabbroiden Gestein angereichert worden sein. Eine andere Möglichkeit wäre, auch hier den Granit als den Träger des Mo anzusehen. Die Distanz zum „südlichen Aaregranit“, dem südlichsten Zentralen Aaregranitzug, ist relativ kurz, d. h. rund 500 m. Es sei in diesem Zusammenhang darauf verwiesen, dass A. Steck verschiedentlich Molybdänglanz in der den Zentralen Aaregranit begleitenden altkristallinen Schieferhülle gefunden hat, so z. B. am Wannenhorn (siehe Tab. 2). Diese Molybdänglanzfunde liegen aber deutlich näher am Granitkontakt.

Über Molybdängehalte in Gewässern, Gesteinen und Böden publizierten kürzlich WENGER und HÖGL (1968). Im Baltschiedertal sind deutlich erhöhte Mo-Gehalte gefunden worden und zwar im Bachwasser bis $40,5 \mu\text{g Mo/l}$, im Nebengestein (Baltschiedergranit) des Molybdänvorkommens bis $42,6 \text{ mg Mo/kg}$, während Bodenproben bis $40,5 \text{ mg Mo/kg}$ ergaben.

Tabelle 1. d-Werte von Powellit

Die äusserst kleine Substanzmenge erlaubte uns nur eine Deby-Scherrer-Pulveraufnahme. Als Eichsubstanz wurde Quarz beigelegt. Belichtungszeit: 24 Std.! FeK-Strahlung

Powellit vom Baltschiedertal		Powellit von Lodrino BIANCONI et al. (1967)		synt. Powellit SWANSON et al. (1956)	
I	d in Å	I	d in Å	I	d in Å
100	4,73	35	4,765	28	4,76
	3,11	100	3,107	100	3,10
	2,86	30	2,860	13	2,86
	2,62	38	2,614	16	2,61
	—	7	2,378	3	2,38
	2,28	27	2,291	10	2,290
50		15	2,2625	6	2,262
		15	1,9925	5	1,993
	1,920	80	1,930	30	1,929
	1,840	40	1,8495	13	1,848

Powellit vom Balt-schiedertal		Powellit von Lodrino BIANCONI et al. (1967)		synt. Powellit SWANSON et al. (1956)	
I	d in Å	I	d in Å	I	d in Å
20	1,687	40	1,694	14	1,694
	1,628	18	1,6345	5	1,635
50	1,582	60	1,588	22	1,588
	1,548	28	1,551	9	1,552
	1,435	12	1,439	3	1,438
	1,423	9	1,430	2	1,429
	1,381	8	1,387	3	1,386
		8	1,356	4	1,355
		8	1,339	3	1,399
	1,304	12	1,3075	4	1,307
		7	1,261	2	1,260
	1,252	10	1,255	7	1,254
	1,247	25	1,249	12	1,249
	1,203	20	1,204	5	1,204
	1,187	17	1,1885	5	1,188
	1,167	22	1,1695	4	1,169
	1,128	18	1,1305	3	1,130
	1,091	18	1,0925	3	1,092
	1,081	25	1,082	4	1,082
		7	1,041	2	1,041
	1,034	14	1,035	3	1,0344
	1,009	25	1,009	5	1,0087

Tabelle 2. Fundorte von Molybdänglanz im westlichen Aarmassiv

Fundort: Nr. Modifikation:	Beschreibung des Vorkommens:
1. Ijollital 628 200/134 000 2 H**)	1 cm grosses blätteriges Aggregat von Molybdänglanz in einer Quarz-Mikroclin-Pegmatitschliere in der normalen grobkörnigen Fazies des Zentralen Aaregranites.
2. Bietschhorn Gipfel*)	Nach mündlicher Mitteilung von Dr. H. Ledermann (Solothurn) tritt in der porphyrischen Fazies des Zentralen Aaregranites auf dem Bietschhorn Gipfel Molybdänglanz auf.
3. Rämi*)	VON FELLEBERG (1893) erwähnt ein Vorkommen von Molybdänglanz im Zentralen Aaregranit im Rämi (Bietschtal), leider ohne genaue Fundortangabe.
- Distelgletscher, Moräne (ohne nähere Angaben) *)	In einem grünen Serizitgneis-Block tritt Molybdänglanz in feinen Blättern auf. Die blättrigen Aggregate durchsetzen das Gestein glimmerartig (FELLEBERG 1893).
4. Wasserstollen der Lonzawerke, Hohsteg*)	H. LEDERMANN (1942) fand Molybdänglanz im Wasserstollen der Lonzawerke Hohsteg-Mittel; die genaue Lokalität ist nicht angegeben.
5. Alpjahorn 2 H	Es handelt sich um das einzig bis heute bekannte Vorkommen, das die Bezeichnung Lagerstätte verdient. Die Mineralisation soll hier nicht näher beschrieben werden (vgl. H. LEDERMANN, 1955).
6. Herdgraben 2 H	In der nordöstlichen Fortsetzung der Lagerstätte auf der Nordflanke des Alpjahornes treten im Herdgraben im Gredetschtal unmittelbar über einer Apophyse des Zentralen Aaregranites einzelne molybdänglanzführende Quarzgänge auf. Dieses Erz findet man auch häufig in Blöcken auf dem Schuttkegel am Fusse des Herdgrabens. Das Material stammt aus der stark steinschlägigen Ostwand des Lägendgrates. Diese Vorkommen lassen sich kontinuierlich vom Herdgraben im Gredetschtal bis zum Hauptvorkommen auf der westlichen Seite des Lägendgrates verfolgen. Eine neue Detailkartierung des Lägendgrates ist in Angriff genommen worden, konnte aber bis jetzt noch nicht abgeschlossen werden.

Fundort: Nr. Modifikation:	Beschreibung des Vorkommens:
7. Gredetschtal, linkes Ufer 638 000/134 000 2 H	Ein 2 cm mächtiger Quarzgang mit einzelnen Molybdänglanzflittern ist hier in der aplitischen Randfazies des Zentralen Aaregranites anstehend.
8. Grisighorn 638 800/134 450 2 H	Ein 3 cm mächtiger Quarzgang mit Molybdänglanzblättchen durchsetzt hier die normale grobkörnige Fazies des Zentralen Aaregranites.
9. Grisighorn 638 600/137 650 *)	Ein 3 cm mächtiger Quarzgang mit einzelnen bis 5 mm grossen Molybdänglanzflittern durchschlägt in der aplitischen Randfazies des Zentralen Aaregranites diskordant einen älteren Kupferkies-Magnetkiesgang und einen Aplitgang.
10. Unterbäckessel 638 800/138 000 *)	a) Ein 80 cm grosses annähernd isometrisches Quarznest in der aplitischen Randfazies des Zentralen Aaregranites enthält im Zentrum einzelne bis 2 cm grosse Molybdänglanzschuppen. b) Eine genaue E-streichende und senkrecht stehende plane Kluft in der aplitischen Randfazies des Zentralen Aaregranites ist mit einer bis 2 mm dicken Molybdänglanzschicht belegt.
11. Unterbäckessel 639 400/138 750 2 H	Ein 3 cm mächtiger Quarzgang mit bis 2 cm grossen Molybdänglanzblättern durchsetzt diskordant einen quarzdioritischen Biotitgneiss des Altkristallins.
12. Hohstock-Nordwand 640 620/139 750 *)	Einige bis cm-grosse Molybdänglanzflitter sind hier in einer 10 cm mächtigen Quarzlage in der aplitischen Randfazies des Zentralen Aaregranites eingesprengt.
13. Sparrhorn 641 700/139 450 2 H	Eine Quarzmikroklinpegmatitdruse in der aplitischen Randfazies des Zentralen Aaregranites enthält im Feldspat eingewachsen eine 1 cm grosse Molybdänglanzschuppe.
14. Oberaletsch- gletscher *)	Auf der Moräne des Oberaletschgletschers wurde ein Zentraler Aaregranitblock mit einem molybdänglanzführenden Quarzgang, der wahrscheinlich aus dem Nesthorn stammt, gefunden.
15. Mittelaletsch- gletscher *)	Zentraler Aaregranitblock mit einem Molybdänglanz-Quarzgang, der vom Gletscher aus dem Aletschhorn hierher transportiert wurde.
16. Westflanke des Wannenhornes 649 450/148 400 2 H	Mehrere, einige cm mächtige molybdänglanzführende Quarzgänge durchsetzen hier ungefähr 10–30 cm vom Kontakt des Zentralen Aaregranites entfernt gebänderte Biotitgneisse des Altkristallins.
17. Westflanke des Wannenhornes 649 500/148 250 2 H	Verschiedene, einige cm dicke molybdänglanzführende Quarzgänge sowie dasselbe Mineral als bis mm dicker Kluftbelag treten hier in der aplitischen Randfazies (Apophyse) des Zentralen Aaregranites auf. Einzelne Gänge durchschlagen auch altkristalline Biotit- und Hornblende-Biotit-Gneisse.
18. Westflanke des Wannenhornes 647 350/149 850, 2 H	MoS ₂ -führende Quarzgänge in einer Apophyse des Zentralen Aaregranites.
19. Grimsel (Druckschacht d. Kraftwerkes Oberaar) 668 600/158 000 *)	Molybdänglanz auf Kluftfläche (STALDER, 1964).
20. Grimselstaumauer 668 700/158 200 *)	Molybdänglanz auf Kluftfläche im Grimselgranodiorit (STALDER, 1964).
21. Staumauer Räterichs- boden, 2 H	Mehrere parallele mit MoS ₂ belegte Klüfte im Zentralen Aaregranit (Fig. 4).
22. Nördlich Mörel *)	Molybdänglanz als Begleitmineral einer Uranvererzung (LABHART, 1967).
23. Unterhalb Gletsch 2 H	Molybdänglanz in gabbroiden Gesteinen der Hauptmigmatitzone von Gletsch (Grimselxkursion des Mineralogischen Institutes der Universität Bern unter Leitung von Th. Hügi).

*) Modifikation nicht bestimmt.

**) Modifikation aus den d-Werten bestimmt.

Tabelle 3. Mo-, Co-, Cr-, Pb-, Ag- und Be-Gehalte granitischer Gesteine

Probe	Gestein / Lokalität	Gehalt in ppm an					
		Mo	Co	Cr	Pb	Ag	Be
SH 210 a	Granatführender Aplit im Zentralen Aaregranit = ZAGr. (639 800/138 750/2880)	<3	<3	<30	14	<0,5	3,5
210 b	Aplit im ZAGr. Fundort wie 210 a	<3	<3	<30	6,5	<0,5	5
211	Aplit-schlieren im ZAGr. Fundort wie 210 a	<3	<3	<30	~20	<0,5	2,5
213	Zentraler Aaregranit Fundort wie 210 a	<3	<3	<30	13	<0,5	3
221	Granatführender Aplit im ZAGr. (639 750/138 750/2920)	<3	<3	<30	11,5	<0,5	4,5
233 b	Aplitischer Quarz-Mikroklinpegmatit aus der aplit. Randfazies des ZAGr. (639 780/139 120/3000)	<3	<3	<30	37	<0,5	3,5
233 b	Mikroklin aus gleichem Gestein	<3	<3	<30	11,5	<0,5	<1
244	Aplit im Altkristallin (641 400/137 580/2420)	<3	<3	<30	12	<0,5	2
256	Normale grobkörnige Fazies des ZAGr. (639 780/139 120/3000)	<3	<3	<30	17	<0,5	3,5
286	Altkristalliner Biotitgranit (640 290/139 400/3020)	<3	<3	<30	9	<0,5	3
296	Altkristalliner Granitgang (640 050/139 350/3020)	<3	<3	<30	11	<0,5	3
350	Altkristalliner, porphyrischer Granitgang (644 400/138 700/1750)	<3	<3	<30	33	<0,5	3
352	Altkristalliner Granit (641 850/135 770/1760)	<3	<3	<30	38	<0,5	2
360	Altkristalliner Granodiorit (643 210/135 655/1400)	<3	<3	<30	25	<0,5	10,5
396	Altkristalliner Biotitgranit (640 500/139 530/3100)	<3	<3	<30	5	<0,5	1,5
451 I	Granatführende Muskowit-Pegmatit-Schlieren im ZAGr. (641 600/139 400/2880)	<3	<3	<30	18	<0,5	4
482	Metasomatischer Magnetkies-Kupferkiesergang im ZAGr. (638 550/137 700/3020)	5	<3	33	420	>3	3,5
489	Quarzporphyr in hercynischer Deformationsbreccie im Altkristallin (638 420/137 850/3100)	<3	<3	<30	25	<0,5	8
551	Magnetkies-Kupferkiesgang (638 550/137 700/3020)	135	>100	>100	720	>3	4
591	Quarzporphyrang (639 400/139 100/3050)	<3	<3	<30	8,5	<0,5	2,5
636	Granatführendes Quarz-Mikroklin-Pegmatitnest im Altkristallin (640 660/140 650/2520)	<3	<3	<3	36	>3	1

Literaturverzeichnis

SMPM = Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen

Eclogae = Eclogae geologicae Helvetiae

- BAER, A. (1959): L'extrémité occidentale du massif de l'Aar. Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat. 82, 5–160.
- BIANCONI, F. und SIMONETTI, A. (1967): La brannerite e la sua paragenesi nelle pegmatitit di Lodrino (Ct. Ticino). SMPM 47, 887–934.
- V. FELLEBERG, EDM. (1893): Geologische Beschreibung des westlichen Theiles des Aarmassivs. Beitr. geol. Karte Schweiz, 21. Liefg.
- FRANKS, G. D. (1968): A Study of Upper Paleozoic Sediments and Volcanics in the Northern Part of the Eastern Aar Massif. Eclogae, 61/1, 49–140.
- GRAESER, S. (1965): Über Funde der neuen rhomboedrischen MoS₂-Modifikation (Molybdänit-3R) und von Tungstenit in den Alpen. SMPM 44/1, 121–128.
- HÜGI, TH. (1956): Vergleichende petrologische und geochemische Untersuchungen an Graniten des Aarmassivs. Beitr. geol. Karte Schweiz N. F. 94.
- HÜGI, TH., KÖPPEL, V., QUERVAIN, F. DE und RICKENBACH, E. (1967): Die Uranvererzungen bei Isérables (Wallis). Beitr. Geol. Schweiz, geotechn. Ser. Lief. 42.
- HÜGI, TH. und RÖWE, D. (1970): Berylliumminerale und Berylliumgehalte granitischer Gesteine der Alpen (im Druck).
- HUGI, E. (1923): Über einige Gesteins- und Mineralvorkommnisse der Wasserstollen des Kraftwerkes Amsteg (Uri). SMPM 3, 263–297.
- HUTTENLOCHER, H. (1921): Beiträge zur Petrographie und Geologie des westlichen Aarmassivs. Diss. Bern.
- (1936): Zur Mangan-Zinn-Silberlagerstätte aus dem Wasserstollen des Amsteger Kraftwerkes. SMPM 16, 406–408.
- JONGMANN, W. J. (1960): Die Karbonflora der Schweiz. Beitr. geol. Karte Schweiz N.F. 108.
- KOBE, H. W. (1968): Molybdänglanz im Valle Onsernone (Tessin). SMPM 48/2, 459–461.
- KOENIGSBERGER, J. (1914): Molybdänglanz im Aaregranit. Cbl. Mineral. usw., Jg. 1914, 493–494.
- LABHART, T. P. (1967): Die Uranvererzungen am Südrand des Aarmassivs bei Naters (Kt. Wallis, Schweiz). Beitr. Geol. Schweiz, geotechn. Ser., Lief. 43.
- LEDERMANN, H. (1955): Zur Kenntnis der Molybdänglanzlagerstätte im Baltschiedertal (Wallis). Beitr. Geol. Schweiz, geotechn. Ser. 33.
- NIGGLI, C. (1965): Petrographie und Petrogenese der Migmatite und Gneise im südlichen Aarmassiv zwischen Obergestelen und Furkapass. Diss. Bern.
- NIGGLI, E. (1960): Mineral-Zonen der alpinen Metamorphose in den Schweizer Alpen. Int. Geol. Congr., Rep. 21. Sess. Norden XIII, 132–138, Copenhagen.
- NIGGLI, E. und NIGGLI, C. (1965): Karten der Verbreitung einiger Mineralien der alpinen Metamorphose in den Schweizeralpen (Stilpnomelan, Alkali-Amphibol, Chloritoid, Staurolith, Disthen, Sillimanit). Eclogae 58/1, 335–368.
- NIGGLI, P., KOENIGSBERGER, J. und PARKER, R. L. (1940): Die Mineralien der Schweizeralpen. Bd. 1 und 2, Wepf, Basel.
- SCHENKER, M. (1965): Neuere Beobachtungen über das Auftreten und die Ausdehnung der Molybdänglanzvorkommen im Baltschiedertal (Wallis). Eclogae 58/1, 423–441.
- STALDER, A. (1964): Petrographische und mineralogische Untersuchungen im Grimselgebiet. SMPM 44/1, 187–398.

- STECK, A. (1966a): Petrographische und tektonische Untersuchungen am Zentralen Aaregranit und seinen altkristallinen Hüllgesteinen im westlichen Aarmassiv im Gebiet Belalp-Grisighorn. Beitr. geol. Karte Schweiz, N.F. 130. Liefg.
- (1966b): Magnetkies-Kupferkies-Vererzungen am Kontakt des Zentralen Aaregranites im westlichen Aarmassiv nördlich Brig. SMPM 46/2, 389–412.
- (1968): Die alpidischen Strukturen in den Zentralen Aaregraniten des westlichen Aarmassivs. Eclogae 61/1, 19–48.
- WEIBEL, M. (1966): Die Mineralien der Schweiz. Birkhäuser, Basel.
- WENGER, R. und HÖGEL, O. (1968): Molybdän als Spurenelement in unserer Ernährung. Mitt. Gebiet. Lebensmittel. Hygiene, Eidg. Gesundheitsamt Bern, Vol. 59/6, 1–21.
- WENK, E. (1962): Plagioklas als Indexmineral in den Zentralalpen. SMPM 42, 139–152.
- WENK, E. und KELLER, F. (1969): Isograde in Amphibolitserien der Zentralalpen. SMPM 49/1, 157–198.
- WÜTHRICH, H. (1965): Rb-Sr-Altersbestimmungen am alpin metamorph überprägten Aarmassiv. SMPM 45, 875–972.

Manuskript eingegangen am 31. März 1970.