

Kurze Mitteilungen zur Mineralogie der Schweiz

Objektyp: **Group**

Zeitschrift: **Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen
= Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie**

Band (Jahr): **34 (1954)**

Heft 2

PDF erstellt am: **21.09.2024**

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>

Kurze Mitteilungen zur Mineralogie der Schweiz

6

Über Apatit von Val Casatscha

Von *Robert L. Parker* (Zürich)

Apatitfunde kommen in den Alpen so zahlreich und in so schöner Entwicklung vor, dass eine Ausbeute schon aussergewöhnliches an sich haben muss, soll sie in diesem Rahmen besondere Aufmerksamkeit auf sich lenken. Gleichwohl kann gesagt werden, dass die von den Strahlern L. u. G. VENZIN 1953 in der Val Casatscha gesammelten Kristalle als besonders schöne Exemplare von Kluftapatiten gelten dürfen. Hierzu trägt die oft beträchtliche Grösse der Individuen bei, wie auch ihre sehr flächenreiche Entwicklung und klare durchsichtige Beschaffenheit verbunden mit einer ungewöhnlich kräftigen Amethystviolettten Farbe.

Der Fund steht offensichtlich mit einem solchen von 1938 in Beziehung, für welchen Scantschallas als näherer Fundpunkt angegeben wurde und welcher Material von ähnlicher Ausbildung und Farbe zutage förderte.

Das Violett der neugefundenen Kristalle erscheint gegenwärtig recht intensiv weil typische Exemplare unmittelbar nach dem Fund in die Sammlungen gelangten und den Farbton noch ganz bruchfrisch aufwiesen. Es ist zu hoffen, dass sie ihn bei Aufbewahrung im Dunkel beibehalten werden.

Das grösste dem Schreibenden vorliegende Exemplar (abgebildet auf Tafel 15 in „Die Mineralfunde der Schweizer Alpen“ und Nr. 195389 der ETH-Sammlung) ist ein mit einer unteren Bruchfläche versehener klarer glänzender Kristall von ca. 25 mm Länge und 15 mm Breite. Immerhin gab es eine Reihe anderer Kristalle, die nur wenig kleinere Dimensionen, allerdings bei meist schlankerem Habitus aufwies. Eines der schönsten Exemplare dieser Art (von Prof. F. de Quervain freundlichst zur Verfügung gestellt) ist in Figur 2 dieser Arbeit abgebildet.

Die Formenführung dieser Kristalle ist eine reichliche und kann im Gnomono-Stereogramm¹⁾, Figur 1, überblickt werden. Aus diesem ist ersichtlich, dass neben $r(10\bar{1}2)$, $x(10\bar{1}1)$, $y(20\bar{2}1)$, den drei allverbreiteten Dipyramiden 1. Stellung, auch $z(30\bar{3}1)$ als viel seltenere Form festgestellt wurde. Sie war an vielen der Kristalle zu beobachten, allerdings mit ganz minimalen Flächen,

¹⁾ Einzelheiten über die Theorie und Konstruktion solcher Figuren können bei R. L. Parker, Zeitschr. f. angew. Mathematik u. Physik (ZAMP), Vol. IV, 1953, Fasc. 6, S. 497—499, eingesehen werden.

die nur hie und da eine zur Diagnose ausreichende Messung gestatteten. Sie wurde in den Zeichnungen weggelassen, um nicht einen übertriebenen Eindruck ihrer Grösse zu erwecken. Die Zone der Formen 2. Stellung ist mit den beiden typischen Formen $s(11\bar{2}1)$ und $v(11\bar{2}2)$ besetzt, während an Dipyramiden 3. Stellung die ebenfalls typischen $\mu(21\bar{3}1)$, $n(31\bar{4}1)$ und $o(31\bar{4}2)$ zugegen sind. Die Basis $o(0001)$ und die Prismen 1. und 2. Stellung $m(10\bar{1}0)$ und $a(11\bar{2}0)$ vervollständigen die Formenliste. Von den letztgenannten Formen ist a an den verfügbaren Kristallen nur selten als fassbare Abstumpfung der Kanten des anderen Prismas zugegen. Sie ist von den angeführten Formen wohl die am wenigsten typische dieser Fundstelle und ist nicht in die Zeichnungen mitaufgenommen worden. Von einer Zusammenstellung gemessener Winkel kann abgesehen werden, weil die festgestellten Positionen durchgängig eine auffallend exakte Übereinstimmung mit jenen der Goldschmidtschen Winkel tabellen aufwiesen. Das dort angenommene Achsenverhältnis von $a:c = 1:0,7337$ darf somit als das für das vorliegende Material zutreffende angesehen werden.

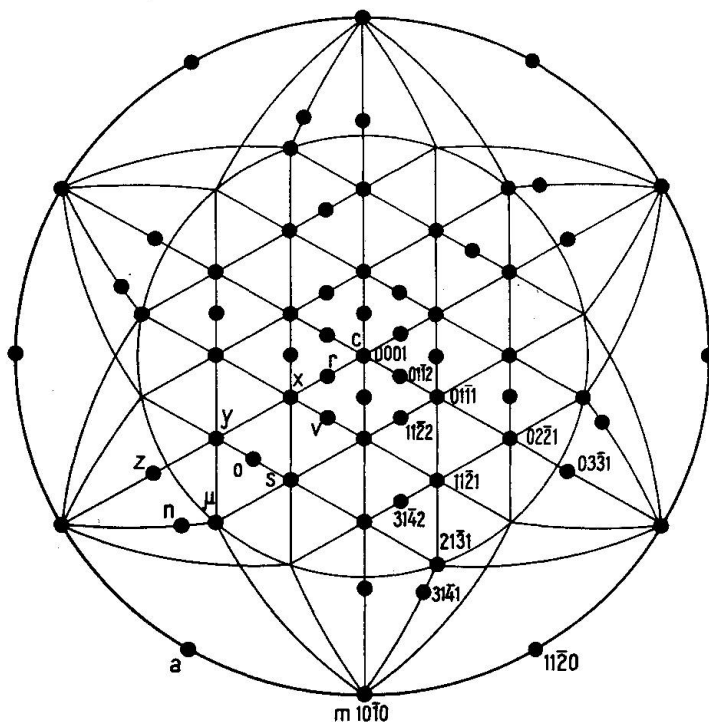


Fig. 1. Gnomono-Stereogram der am Apatit von Val Casatscha beobachteten Formen. Flachere Dipyramiden bis und mit $\mu(21\bar{3}1)$ sind in gnomonischer, steilere Formen (mit μ angefangen) und Prismen sind stereographisch wiedergegeben.

Es erschien interessant, festzustellen welche Werte der Lichtbrechung mit diesem Achsenverhältnis Hand in Hand gehen. Messungen der Minimalablenkung in Natriumlicht an natürlichen 60° -Prismen führten zu den Werten

$$n_e = 1,6351; n_w = 1,6381; \Delta = 0,0030.$$

Bei völlig normaler Doppelbrechung fallen die Brechungsindizes in das Gebiet der Werte, die bei Fluorapatiten angetroffen werden, und zwar eher zu den höheren (siehe z. B. P. NIGGLI, Lehrbuch der Mineralogie, Berlin 1926, Band 2, S. 394). Immerhin kann eine recht genaue Übereinstimmung mit einem anderen Kluftapatit festgestellt werden, nämlich mit demjenigen der Knappenwand, Untersulzbachtal. Für diesen bestimmte H. BAUMHAUER die Werte

$$n_e = 1,6357; n_w = 1,6388; \Delta = 0,0031.$$

(Zitiert nach Danas System of Mineralogy, New York 1951, Band 2, S. 882.)

Bemerkenswert ist das Vorhandensein unter den Kristallen von Vertretern zweier stark verschiedener Kristalltypen, die sich hauptsächlich im Habitus, z. T. aber auch in der Formenführung unterscheiden. Von diesen ist der eine durch eine kräftige Entwicklung der Basis ausgezeichnet, was den Individuen ein säuliges oder sogar dicktafeliges Aussehen verleiht. Der obengenannte grosse Kristall ist, wie in der zitierten Photographie ersichtlich, ein typischer Vertreter dieser Kategorie. Demgegenüber weisen andere Kristalle eine nur sehr kleine Basis auf. Sie pflegen schlankprismatisch, in extremen Fällen sogar nadelig ausgebildet zu sein, wobei ein ungewöhnlich starkes Hervortreten der Dipyramiden 2. und 3. Stellung den Individuen einen eigenartig zugespitzten Aspekt verleiht. Der in Figur 2 abgebildete Kristall kann als ein charakteristischer Repräsentant dieser Entwicklungstendenz angesprochen werden. Auch von so geformten Kristallen ist eine Photographie an der genannten Stelle veröffentlicht.

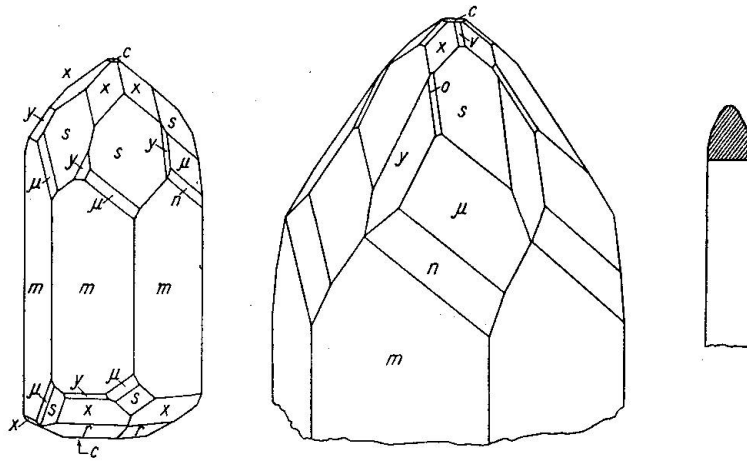


Fig. 3.

Fig. 2.

Fig. 2. Kopfende eines typisch langprismatischen Kristalls. Idealisiert. Die kleine Figur gibt die Originalgrösse des Individuums und den abgebildeten Bereich wieder.

Fig. 3. Naturgetreue Wiedergabe eines Kristalls, der am oberen Ende die Zuspitzung des langgestreckten, am unteren die Basisentwicklung des säuligen Typs zeigt.

Ein oft vorhandener Unterschied zwischen beiden Typen, der sich allerdings nicht sehr auffällig auswirkt, ist das häufige Fehlen von $r(10\bar{1}2)$ am schlankprismatischen Typ, der somit als Dipyramiden 1. Stellung gewöhnlich

nur x und y aufweist. Demgegenüber sind an säuligen Kristallen entweder alle drei dieser Formen oder dann r und x (ohne y) vorhanden. Die ausserordentlich schmalen Flächen der selteneren Form z wurden besonders am schlanken zugespitzten Typ beobachtet.

Auf welche äussere Umstände die Herausbildung der zwei Typen zurückzuführen ist, kann aus dem vorliegenden Material nicht entschieden werden. Auf alle Fälle müssen die Einflüsse äusserst subtiler und lokaler Natur gewesen sein, was aus den sehr innigen räumlichen Beziehungen der Vertreter beider Kategorien zueinander hervorgeht. Einige typische Beispiele dieser Art sind folgende.

Aus dem älteren Fund von Scantschallas liegt ein hübsch subparallel verwachsenes Paar von Kristallen vor, von denen einer dem einen, der andere dem zweiten Typ angehört. Im Material des neuen Fundes liegt ein Exemplar des schlanken Typs vor, das aus einem Aggregat viel kleinerer Kristalle herauswächst, die alle extreme Beispiele des säuligen Typs darstellen und zu deren dicktafeligen Variante gehören. Am auffälligsten treten aber die gegenseitigen Beziehungen der beiden Typen an einem zweiendig entwickelten Kristall zutage, der am einen Ende die zugespitzte, am anderen die basal-abgeplattete Ausbildung zur Schau trägt. Dieser immerhin 18 mm lange Kristall ist in Figur 3 einigermaßen naturgetreu abgebildet und lässt in seinen oberen und unteren Terminalflächen sehr deutlich die Merkmale der zwei Typen erkennen. Leider weisen beide Abfolgen von Endflächen eine rauhe glanzlose Beschaffenheit auf, die anscheinend auf Ätzung beruht und die Beurteilung von Entwicklungseinzelheiten gelegentlich erschwert.

Die aus den beschriebenen Einzelheiten hervorgehende Variabilität der Ausbildung dieser Apatite erscheint an und für sich nicht verwunderlich, wenn man bedenkt, dass die Kristallart ein Vertreter der intermediären Entwicklungsbestrebungen im Sinne von P. NIGGLI ist. Es ist dementsprechend im ganzen gesehen die Mineralart als morphologisch äusserst variabel zu bezeichnen. Auffällig ist vielmehr die unverkennbare Tendenz, nicht etwa regellose Schwankungen in der Ausbildung, sondern reproduzierbare Kristalltypen entstehen zu lassen. Diese können für eine Fundstelle oder ein Fundgebiet typisch sein, oder wie hier für gewisse Individuen innerhalb eines Gesamtfundes.

Mineralogische Sammlung Eidg. Tech. Hochschule.

Röntgenographische und spektrographische Untersuchungen an Bazzit¹⁾

Von H. Huttenlocher †, Th. Hügi und W. Nowacki (Bern)

Im Sommer 1952 gelang es Ing. O. HAGER an der linken Talseite des oberen Val Strem (Kt. Graubünden) aus einem Block von Zentralem Aaregranit (Herkunft: Stremhörner) eine Stufe mit 34 kleinen Bazzitsäulchen

¹⁾ Vortrag, gehalten am 26. September 1954 an der Jahresversammlung der Schweiz. Min. Petr. Gesellschaft in Altdorf.

(mm-lang und kleiner) zu isolieren. Einleitend sei kurz an die bisherigen Bazzitfunde in der Schweiz erinnert.

Vor rund 45 Jahren fand der Strahler J. TRESCH im Etlital (Weitenalpkehle) zwei Kristallstufen mit Quarz, Albit (?), Hämatit (spärlich), Chlorit und einem kräftig blauen Mineral (im Schrifttum verschiedentlich als „Turmalin“ erwähnt)²⁾. Später wurde durch A. INDERGAND eine ähnliche Stufe im Walde unter den Wilerflühen östlich der Bahnstation Gurtnellen gefunden. In den 30er Jahren soll durch G. RESEK auf den Schutthalden westlich unter dem Weitenalpstock eine vierte Stufe beigebracht worden sein, die ebenfalls das erwähnte blaue Mineral enthält. Auf Grund der von PARKER-DE QUERVAIN und WEBER (1939) durchgeführten Untersuchungen und Vergleichen mit dem Original-Bazzit handelt es sich bei dem charakteristischen blauen Mineral dieser Stufen um Bazzit. Dieses Mineral ist erstmals durch ARTINI (1915) beschrieben worden. Es wurde 1914 von Ing. E. BAZZI in Drusen des Bavenogranites gefunden und nach dem Finder benannt. Durch die Beschreibung von HUTTENLOCHER (1952, 1954) kennt man Bazzit neuerdings auch aus dem Grimselgebiet, wo BECK (s. auch BECK 1954) auf einem Pegmatithandstück aus dem Zuleitungsstollen Obaraar dieses Mineral fand. Der Bazzit vom Val Strem tritt zusammen mit Quarz als Zerrkluftmineral in ausgebleichtem, parallelstruiertem Zentralem Aaregranit auf. Das Gestein, auf dem die Kluffmineralien aufsitzen, zeigt die üblichen Auslaugungs- und Zersetzungerscheinungen (vgl. z. B. HUTTENLOCHER 1952). Auch die neuen Stufen zeichnen sich durch Spärlichkeit des Bazzitmaterials aus (Länge der hexagonalen Kristallsäulchen einige mm, Dicke rund 1 mm). Die Bazzitfunde des östlichen Aarmassivs liegen im Zentralen Aaregranit, und zwar auf einer Linie, die etwa 1 km einwärts parallel zur nördlichen Granitkörpergrenze liegt.

ARTINI (1915) hat seinerzeit mit Hilfe mikrochemischer Methoden festgestellt, dass es sich beim Bazzit um ein Sc-Silikat handle, dem andere seltene Erden wie Ce sowie ferner Fe und Na beigemischt seien (s. auch HEY 1950, Seite 97 — 14. 8. 11). Schweizerische Bazzite sind bisher nicht chemisch untersucht worden, nicht zuletzt wegen mangelnden Materials. Die uns zur Verfügung gestellte Untersuchungssubstanz (1,5 mg) der Bazzitstufe aus dem Val Strem wurde mittels eines Zeiss-Quarzspektrographen (Modell Q 24) nach der Glimmschichtmethode im Gleichstromkohlebogen analysiert (9 A, 80 V). Dabei konnten folgende Elemente nachgewiesen werden: Hauptbestandteile: (rund 10000 Teile pro Million und mehr) Be (stst)³⁾, Si (stst), Al (stst), Mg (stst), Fe (stst), Sc (stst), Na (st), Ca (m). Vergleichsaufnahmen ergaben einen Sc-Gehalt von rund 3 Gew.-%. Nebenbestandteile: (einige 1000 Teile pro Million und weniger) Ga (ss), V (ss), Sn (ss), Cu (s), Yb (ss), Y (ss-sss), Ag (sss), Sr (m), Ba (st). Der untersuchte Bazzit dürfte demnach im wesentlichen ein Be-Al-Silikat mit Sc, Fe sowie Alkalien und Erdalkalien sein. Diese am Bazzit schweizerischer Provenienz ermittelten Analysendaten weichen somit von denen ARTINIS (1915) ab, der u. a. kein Be nachweisen konnte. Inzwischen hat auch BERTOLANI (1948) an italienischem Bazzitmaterial, das

²⁾ Wie Herr Prof. F. DE QUERVAIN uns mitteilte, ist das in Frage stehende Mineral in den Erläuterungen zu Blatt 4 der „Geotechnischen Karte der Schweiz“ (Bern 1938) als „Beryll (resp. beryllartiges Mineral)“ aufgeführt.

³⁾ Elemente geordnet nach steigenden Ionenradien.

allerdings durch Muskowit verunreinigt war, spektrographische Untersuchungen vorgenommen.

Zu Vergleichszwecken wurde u. a. Beryll aus einem Aplitgranit an der Ostflanke des Piz Posta bialla (Koord. 714300/182100) spektrographisch analysiert. Hier erscheint Sc bloss als Nebenbestandteil; im übrigen aber wurden die gleichen Elemente gefunden. Es sei noch erwähnt, dass an gewissen Beryllen Norwegens Sc-Gehalte von einigen hundert Teilen pro Million bis zu 10000 Teilen pro Million (= 1%) festgestellt worden sind (OFTEDAL, 1943). Nachdem es BOROVIK (1946) gelungen war, Berylle durch Zugabe von Sc_2O_3 -Pulver über lange Zeitintervalle intensiv tiefblau zu färben, ist mit entsprechenden Versuchen an Beryll schweizerischer Herkunft begonnen worden. Die diesbezüglichen Resultate stehen aber noch aus.

Von einem Bazzitkristall, die meistens hexagonal kurzprismatisch ausgebildet, stark ankorrodiert, stark von Quarz durchsetzt und subparallel verwachsen sind, wurde an einem sehr kleinen Splitter folgende Röntgenaufnahmen hergestellt: //c, Drehdiagramm, Weissenbergdiagramme 0-te bis 4-te Schichtlinie; //a, Dreh- und Schwenkdiagramme, Weissenbergdiagramme 0-te und 1-te Schichtlinie. Aus diesen ergaben sich die Gitterkonstanten zu $a=9,50$, $c=9,18$ Å. Mit der experimentell zu $d=2,767_5$ g/cm³ bestimmten Dichte und unter Annahme von $n=2$ Formeleinheiten pro Elementarzelle (wie beim Beryll, vgl. unten) ergibt sich ein Molekulargewicht von $M=594,5$. Die beobachteten Auslöschungen (hkl) in allen Ordnungen, ($h\bar{h}2hl$), ($h\bar{h}0l$) und ($000l$) nur mit $l=2n$ vorhanden, führen auf die Raumgruppe D_{6h}^2-P6/mcc (eventuell C_{6v}^2-P6cc), dieselbe wie bei Beryll.

Zum Vergleich wurden an einem wasserklaren Beryllsplitter (Herkunft: Bob Ingersoll Mine, Keystone, S. Dakota, Calif.; vgl. J. JAKOB, 1938) analoge Röntgenaufnahmen gemacht, welche die Gitterkonstanten $a=9,22$, $c=9,18$ Å ergaben, das heisst $a_{\text{Bazzit}} > a_{\text{Beryll}}$, $c_{\text{Bazzit}} = c_{\text{Beryll}}$; Raumgruppe wieder D_{6h}^2-P6/mcc . Mit d (experimentell) = $2,713$ g/cm³ und $M=537,4$, (entsprechend der Formel $6\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{BeO}$) ergibt sich $n=2$; umgekehrt erhält man aus der bei J. JAKOB angegebenen Analyse folgende Atomzahlen pro Zelle: 11,8 Si, 4,1 Al, 5,6 Be, 0,1 Li, 0,7 Na, 0,0₅ K, 2,4 H und 37,0 O, welche zur Formel $2 \times (5,9 \text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2,8 \text{BeO} \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O} \cdot \frac{1}{4} \text{R}_2\text{O})$ mit $\text{R}^1 = \text{Li}, \text{Na}, \text{K}$ führen (M exp. = 548,4). Nach der üblichen Anschauung über die Struktur des Berylls würden also pro Elementarzelle 1(1,2) H₂O und 1(0,8₅) Alkali-Ion (R^1) im Kanal sitzen.

Die Bazzit- und Berylldiagramme sind z. T. sehr ähnlich, so dass der Bazzit wahrscheinlich im Prinzip einen Beryllstrukturtypus aufweist. Auffallend ist, dass z. B. die Reflexe ($22\bar{4}0$) und ($30\bar{3}0$) beim Bazzit relativ wesentlich intensiver als beim Beryll sind; ausserdem $a_{\text{Ba}} > a_{\text{Be}}$ (Gitteraufweitung $\perp c$). Es fragt sich nun, wo die zusätzlichen Kationen, speziell Sc^{+3} , Mg^{+2} , Fe^{+2} , Na^{+1} , Ba^{+2} , sich in der Struktur befinden. Geochemisch (z. B. V. M. GOLDSCHMIDT, 1954, p. 302) ist wegen der Grösse der Ionenradien Sc^{+3} (0,83) eher mit Mg^{+2} (0,78) und Fe^{+2} (0,83) als mit Al^{+3} (0,57) verwandt; ein Ersatz von Al^{+3} durch Sc^{+3} (bei gleichzeitigem Ersatz von Al^{+3} durch Mg^{+2} oder Fe^{+2}) kommt aber auch vor (K. RANKAMA and TH. G. SAHAMA, 1950, p. 511). Die Stärke der Reflexe ($30\bar{3}0$) und ($22\bar{4}0$) und die Gitteraufweitung $\perp c$ scheint uns anzudeuten, dass die Kanäle im Bazzit besetzt sind und dass

ein gewisser Ersatz der Al^{+3} durch andere Ionen stattgefunden hat⁴). Die Intensitäten der Reflexe (000 l) sind bei beiden Mineralien ähnlich, insbesondere ist (0008) stark.

Die Arbeit wird fortgesetzt [vorläufige Mitteilungen vgl. H. HUTTENLOCHER, TH. HÜGI und W. NOWACKI (1954)]; die Strukturbestimmung von Bazzit ist unabhängig auch von G. PEYRONEL (1954) begonnen worden.

Wir danken Herrn Ing. O. HAGER, dass er uns von seiner Bazzitstufe einige Kristalle zur Verfügung stellte; Herrn Prof. Dr. J. JAKOB (Zürich) für das Beryllmaterial, Herrn Prof. Dr. W. FEITKNECHT für die Benutzung des Spektrographen und den Herren Dr. H. BÜRKI und G. F. BONSMAS für die Herstellung der Röntgenaufnahmen.

Literatur

- ARTINI E. (1915), Due minerali di Baveno contenenti terre rare: weibyite e bazzite. Rend. Accad. Lincei [5] **24**, 313—319 (N. J. Min. 1917, —30—).
- BECK G. (1954), Über Funde von Monazit, Xenotim, Autunit und Bazzit an der Grimsel. Schweiz. Min. Petr. Mitt. **34**, 188—189.
- BERTOLANI M. (1948), Le terre rare nella bazzite di Baveno. Rend. Soc. Min. Ital. **V**, 73—78.
- BOROVIK S. A. (1946), Laboratory experiments on introduction of scandium into the crystal lattice of beryl. C. R. (Doklady) Acad. Sci. URSS. **53**, 65—66 [Min. Abstr. **10**, 318; Chem. Abstr. **41**, 4990b]; auch: Content of scandium in beryls and some other minerals. Ibid. **40** (1943), 111—112 [Min. Abstr. **9**, 84; Chem. Abstr. **38**, 6240⁶].
- GOLDSCHMIDT V. M. (1954), Geochemistry. Oxford Univ. Press.
- HEY M. H. (1950), An index of mineral species and varieties arranged chemically. British Museum, London.
- HUTTENLOCHER H. (1952), Von Granit, Gneis und Kristallen an der Grimsel. In: Über die Grimsel. Festgabe an die Teilnehmer der Versammlung der Schweiz. Naturf. Ges. in Bern 1952.
- (1954), Über alpine Kluftmineralisation im Aarmassiv. Fortschr. Min. **32** (1953, publ. 1954), 85.
- HUTTENLOCHER H., HÜGI TH. und NOWACKI W. (1954), Röntgenographische und spektographische Untersuchungen am Bazzit vom Val Strem (Kt. Graubünden, Schweiz). Experientia (Basel) **10**, 366.
- OFTEDAL I. (1943), Scandium in biotite as a geologic thermometer. Norsk Geol. Tidsskr. **23**, 202—213.
- PARKER R. L., DE QUERVAIN F. und WEBER F. (1939), Über einige neue und seltene Mineralien der Schweizeralpen. Schweiz. Min. Petr. Mitt. **19**, 293—306.
- PEYRONEL G. (1954), Recherches sur la structure cristalline d'un silicate naturel à composition quantitative inconnue. Acta Cryst. **7**, 631 (Vortragsreferat).
- RANKAMA K. and SAHAMA TH. G. (1950), Geochemistry. Univ. Chicago Press.

Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität Bern.

⁴) Anm. bei der Korrektur: inzwischen von Dr. G. BERGERHOFF ausgeführte Fourierprojektionen $||c$ und a bestätigen dies, sowie den Berylltypus an sich.

Über den Goldfund im Gotthardtunnel vom Jahre 1873

Von *H. Huttenlocher* † und *Th. Hügi* (Bern)

Gold gehört bekanntlich zu den selteneren Mineralien unseres Landes. In den Sanden verschiedener Schweizerflüsse und Bäche wie Aare, Reuss, Rhein, Arve und La London bei Genf und der vielen Bäche des Napfgebietes ist gelegentlich Seifengold in Form kleiner Flitter und Blättchen gefunden und zeitweise gewaschen worden, wenn auch ohne wirtschaftlichen Erfolg (siehe z. B. NIGGLI-STROHL, 1924; S. 183—186 in: Bureau für Bergbau des KIAA, 1947). Goldführende Quarzgerölle der Nagelfluh-Konglomerate oder Bruchstücke von Gangquarz mit Berggold aus Kristallin-Massiven bilden im wesentlichen die Muttergesteine des Seifengoldes. Berggold konnte dagegen bis jetzt bloss an wenigen Stellen nachgewiesen werden. Bekannte Fundpunkte sind, wenn wir vom Gotthardtunnel absehen: Alpe Rescignaga im Val Traversagna bei Roveredo (Quarzbruchstücke mit Gold, KNOBLAUCH-REINHARD 1939), Poschiavo sowie bei Sedrun und in der Lukmanierschlucht (Gold zusammen mit Pyrit, z. T. auch Bleiglanz und Magnetkies sowie Quarz. Bezüglich der letztgenannten Vorkommen siehe NIGGLI-KÖNIGSBERGER-PARKER 1940 und PARKER 1954). Nach E. NIGGLI (1944) handelt es sich bei dem Goldfund bei Sedrun um kleinste Flitterchen, die am Weg nach Cavorgia bei Koord. 702,62/170,36 in einem Quarzgang vom Strahler AMBR. CAVENG gefunden wurden. Das Auftreten von Gold zusammen mit Pyrit, Kalzit und Quarz in Schichten des Aalénien ob Felsberg am Calanda hat CADISCH (1939) beschrieben. In feinsten Verteilung kommt Gold auf den Lagerstätten von Gondo, Astano und Salanfe vor. Auf letzterer fanden RICKENBACH-VON KÄNEL (1953) in Erzanschliffen 0,001—0,02 mm grosse Goldpartikel von unregelmässiger Gestalt, und zwar vorwiegend an Korngrenzen gebunden (z. B. zwischen Löllingit und Arsenkies).

Kürzlich wurde dem einen von uns (H. H.) durch Herrn H. A. STALDER, Sekundarlehrer, eine seinerzeit im Gotthardtunnel gefundene Goldstufe vorgelegt. Das war der äussere Anlass, sich erneut mit diesem in seiner Art einzigen Mineralfund auf schweizerischem Gebiet zu befassen. Der Besitzer der Stufe erklärte sich in verdankenswerter Weise bereit, das zu Untersuchungszwecken minimal benötigte Material zur Verfügung zu stellen.

Ferner möchten wir an dieser Stelle den Herren Dr. ED. GERBER, Dr. O. GRÜTTER und Prof. R. L. PARKER dafür danken, dass sie uns bereitwillig Goldstufen aus den von ihnen verwalteten Sammlungen leihweise überliessen und mit verschiedenen Angaben dienten. Herr Forstinspektor A. SCHWAB war uns mit Nachforschungen in Archiven der SBB in Luzern behilflich.

Historisches

Über den seinerzeit im Gotthardtunnel gemachten Goldfund haben STAPFF (1874 — siehe unter „Geol. Vorkommnisse im Gotthardtunnel“ —, 1875 und 1880) und STUDER (1875) berichtet. Dank der weitsichtigen Planung der damals für den Bau der Bahn verantwortlichen Behörden sind wir über die geologische Situation dieses Fundes recht gut orientiert. Die beim Vortrieb

durchfahrenen Gesteine und die dabei gefundenen Mineralien wurden laufend registriert und die Ergebnisse der Stollenaufnahmen in den Rapporten niedergelegt, die von der Schweizerischen Eidgenossenschaft herausgegeben wurden. Der besagte Goldfund ist bei m. 499 ab Südportal gemacht worden¹⁾. In den benachbarten Tunnelstrecken wurden während des Vortriebes im November 1873 folgende Gesteine angetroffen:

von 475,9—480,3 m Granatglimmerschiefer
 480,3—487,4 m Amphibolglimmerschiefer
 487,4—496,6 m Granatglimmerschiefer
 496,6—508,9 m Amphibolglimmerschiefer
 508,9—527,0 m Granatglimmerschiefer

Diese Gesteine gehören, im Sinne der heutigen Gliederung des Gotthardmassivs, zur Tremolaserie s. l. (P. NIGGLI 1934). Glimmerschiefer, Granatglimmerschiefer, Hornblendegarbenschiefer, Amphibolite wechsellagern unter sich mit Gneisen. Die beobachteten Klüfte der erwähnten Tunnelstrecke gehören zwei charakteristischen Systemen an: Es sind dies ein erstes, Nord-Süd orientiertes, mit steilem Einfallen gegen Westen, und ein zweites, Ost-West verlaufendes, dessen Klüftflächen 30 bis 60° gegen Süden einfallen. Ein bei m. 477,5 ange-
 troffener Quarzgang und ein Feldspatgang bei m. 505,8 gehören dem Ost-West-System an. Dem andern, Nord-Süd verlaufenden Kluftsystem entsprechen verschiedene Kalkspatgänge und zahlreiche mit Kalkspat erfüllte Spalten. Einer dieser Kalkspatgänge ist durch den in ihm gemachten Goldfund besonders bemerkenswert. Nach STAPFF (1880) trat das Gold in einem schmalen, 3—4° W orientierten und mit 79—86° gegen W gerichteten Gang an der Grenze zwischen Granatglimmerschiefer und Amphibolglimmerschiefer auf. Das Gold sass in dünnen, zackigen, hellgelben Blättchen auf und in klaren Kalkspatkristallen, welche von sehr kleinen Bergkristallen begleitet waren. Der Kalkspat enthielt auch Pyritkristalle, die zum grössten Teil in Limonit umgewandelt waren und nach einem vorgenommenen Versuch güldisch zu sein schienen. In einem grösseren Quantum der gesammelten Gangmasse konnte kein gediegenes Gold mehr nachgewiesen werden. Der erwähnte Kalkspatgang gehört dem jüngsten der das Gebirge durchsetzenden Kluftsysteme an. Wie STAPFF (1880) auf Seite 50 mitgeteilt hat, handelt es sich bei dem gefundenen Gold um eine silberhaltige Legierung mit 50% Au. Die Zusammensetzung scheint, wie die Farbe, etwas veränderlich. Eine frühere Bestimmung ergab auf Grund des spezifischen Gewichtes 30—40% Ag und 70—60% Au.

Beobachtungen an Goldstufen

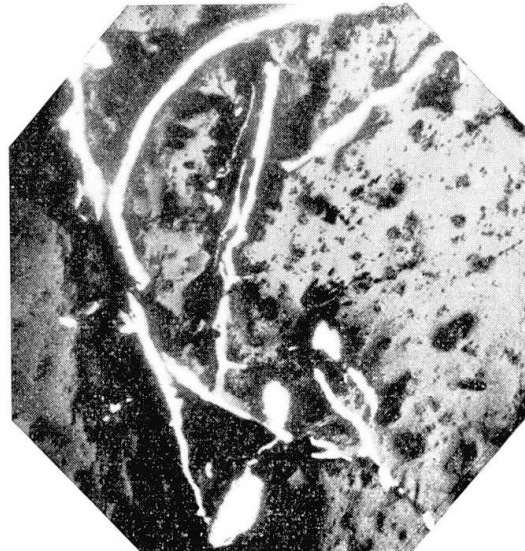
Um sich für die Beurteilung der wahren Wachstumsverhältnisse und Beziehungen des duktilen Goldes zu seiner Gangart von Beschädigungen und Störungen, die an alten Stufen stets anzutreffen sind, frei zu machen, wurde an der uns vorgelegten Probe eine kleine frische Bruchfläche angelegt.

Dabei ist ersichtlich, dass das Gold auf Korngrenzen von Kalzit oder Quarz die Gangmasse in der Regel als dünne, unregelmässig gestaltete Bleche

¹⁾ Museumsstufen dieser Fundstelle tragen oft die Bezeichnung „m. 500 ab Südportal“.

durchsetzt. Nicht selten bildet es in grob-spätigem Kalzit ausserdem mit gut entwickelten Flächen begrenzte, verzerrte Oktaeder. In allen Fällen erfolgte die Durchwachsung des Goldes ganz unabhängig von jeglicher Orientierung zum Wirtskristall und zeigt sich weder an Spaltrisse noch an Zwillingslamellen gebunden (Fig. 1).

Meist derber Kalzit und Quarz bilden die Gangart. Gelegentlich erkennt man drusige Beschaffenheit. In solchen Fällen zeigt Kalzit $\langle 01\bar{1}2 \rangle$ -End-



1 mm

Fig. 1. Anschliffbild: Zeigt die gebogenen Goldbleche (hell) in kalzitischer Gangart (grau) eingewachsen. Stufe Eig. H. A. Stalder.

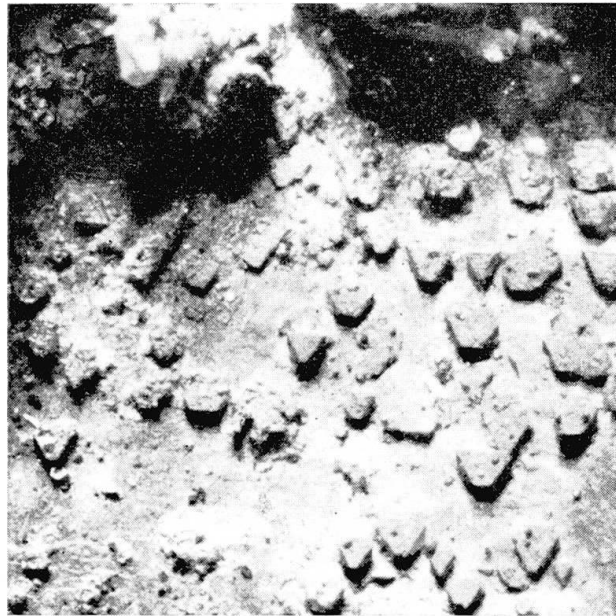


1 mm

Fig. 2. Längs der rhomboedrischen Spaltrisse korrodierter Kalzit mit aufsitzenden kleinen Skalenoeder-Neubildungen — Stufe MB 291, Naturhist. Museum Bern.

begrenzung mit kurzen $\langle 10\bar{1}0 \rangle$ -Flächen und ist schwach chloritisch überzogen. Es handelt sich um mehrphasigen Karbonatabsatz. In der Umgebung des Goldes erscheint der Kalzit entlang der Spaltrisse bis in tiefe Schluchten gelöst. Dieses rhomboderische Grabnetz weist beginnende Regeneration durch einen schimmernden Belag feinsten Skalenoeder auf (siehe Fig. 2). Das Gold scheint in solchen Fällen oxydativ gebräunt.

Das Gold bildet, wenn in der Gangart eingewachsen, meist gekrümmte-wellige, flächenhafte (blechförmige) oder stengelige (stäbchenförmige) Gebilde. Beide Ausbildungen scheinen verzerrte Oktaeder darzustellen, wie man sie an gelegentlich auftretenden, nur klein entwickelten (111)-Flächen ableiten möchte. Die Ausdehnung der Bleche kann über cm^2 -Grösse hinausgehen; die Dicke beträgt rund 0,1—0,3 mm. Die Stäbchen erreichen bis zu 0,5 mm Durchmesser. Das in derber Gangmasse eingewachsene Gold weist, abgesehen von seiner welligen Beschaffenheit, stets glatte Flächen auf und ist gegenüber dem nichtmetallischen Partner scharf abgegrenzt. Es fehlen jegliche Anzeichen metasomatischer Beziehungen zwischen beiden; alles spricht für gleichzeitige Abscheidung des Goldes und der Gangart. Wo Gold aber durch nachträglich zirkulierende Lösungen von seiner Gangart abgetrennt und dabei selbst auch beeinflusst worden ist, da erscheint seine Oberfläche rau und von kleinen, warzigen Aufwachsungen bedeckt (siehe Fig. 3, 4). Bei Lupenbetrachtung stellen sie kleine selbständige Oktaeder dar (Kantenlänge: 0,07—0,3 mm), die



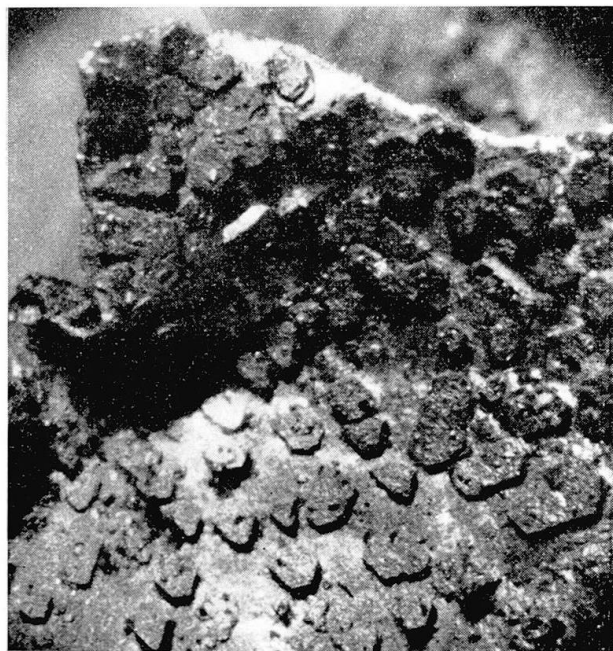
1 mm

Fig. 3. Goldblechpartie mit parallel angeordneten, mehr oder weniger verzerrten, dem Einkristall-Blech aufgewachsenen Oktaedern. Links unten erscheint die Blechoberfläche angeätzt (horizontal verlaufende, schmale, helle Ziselierungsrillen). Das Blech zeigt Verbiegungen, insbesondere am oberen Bildrand. — Stufe VS 5597 aus Mineralog. Sammlung der ETH, Zürich.

in gegenseitiger Parallelorientierung auf tafeliger Unterlage aufsitzen. Diese erweist sich durch ihre allerfeinsten Stufen- und Streifenziselierung tatsächlich als Oktaederfläche, so dass die wellig gekrümmten Bleche als (111)-Flächen von Einkristallen anzusehen sind (siehe Fig. 3). Die warzigen Aufwachsungen sind keineswegs Ätzhügel, sondern müssen als spätere Aufkristallisation gut ausgebildeter idiomorpher, doch verzerrter Oktaeder mit (111) als gemeinsame Verwachsungsfläche angesprochen werden (Fig. 4). Dem Aufwachsungsprozess ging ein schwaches Ätzstadium voraus, welches die in Fig. 3 erkennbare feinste Linienziselierung erzeugte.

Zur Ermittlung der Zusammensetzung des Goldes kann auch das Reflexionsvermögen herangezogen werden (BEREK, 1931). Die für die Au-Ag-Legierungen massgebenden Reflexe mit Grün-, Rot- und Orangefilter weisen verschiedene Kurven auf (RAMDOHR, 1950). In unserem Falle sprechen die mit dem Grünfilter ermittelten Reflexionsprozente Werte für Ag-Gehalte von 50—75%, die Kurven für Rot und Orange sind weniger entscheidend, da ihre Reflexwerte bei flacher Kurvenlage Schwankungen von 30—70% zulassen.

Schliesslich sei erwähnt, dass an den verfügbaren Goldblechstückchen das spez. Gewicht pyknometrisch zu 14,3 bestimmt wurde. Daraus resultiert ein Ag-Gehalt von rund 43% (bei Annahme eines spez. Gewichtes von 10,5 für reines Ag und 19,3 für reines Au). In Elektrum aus dem Altai fand PILIPENKO (1915) bei Ag-Gehalten von 38,05—38,23% bereits ein spez. Gewicht von 14,68 (ausser Ag, Au noch 0,17—0,22% Fe und Spur Cu enthaltend).



1 mm

Fig. 4. Goldblechpartie mit stark verzerrten Oktaedern (rechte Bildhälfte). Gleiche Stufe wie Fig. 3.

Haupt- und Nebenbestandteile des Goldes und Deutung der Paragenese

Aus begreiflichen Gründen stand für die Analyse Material nur in sehr beschränktem Umfange zur Verfügung. Der Freundlichkeit von Herrn Dr. M. ADLER verdanken wir eine orientierende Bestimmung, die nach der Strichprobe im Laboratorium der Edelmetallkontrolle der Oberzolldirektion in Bern vorgenommen wurde. Der Au-Gehalt liegt demnach zwischen 40 und 50%, wobei ungefähr gleich viel Ag vorhanden sein soll. Anschliessend bestimmten wir den Au-Gehalt mittels eines Zeiss-Quarzspektrographen Q 24²⁾ unter Anwendung der Glimmschichtmethode (9 A, 80 V; normierte Kohleelektroden). Von dem sehr geschmeidigen und dehnbaren Material (= Gold und Legierung, s. unten) wurden je 2,5 mg sorgfältig mit je 10 mg Bergkristallpulver im Achatmörser fein zerrieben und die so erhaltene, homogene Pulvermischung in die Bohrung der normierten Kohleelektrode eingefüllt. Die Verwendung von Quarz ermöglichte eine ausreichende Zerkleinerung des duktilen Goldes. Die Gehaltsermittlung geschah durch visuellen Vergleich geeigneter Analyselinien (Au = 2675,95 Å und schwächerer Linien des unter gleichen Bedingungen aufgenommenen Analysengutes und des synthetischen Au-Ag-Legierungsmaterials³⁾). Der Ag- und Au-Gehalt der Stufe aus dem Gotthardtunnel beträgt demnach je rund 50% (Genauigkeit der Methode: $\pm 30\%$). Gold mit merklichem Silbergehalt wird allgemein als Elektrum bezeichnet. Die Angaben über die untere und obere Grenze seines Ag-Gehaltes lauten im mineralogischen Schrifttum ganz verschieden. Am zweckmässigsten dürfte jedoch die von DANA (1946) und HEY (1950) gewählte Festlegung sein, wonach Gold mit mehr als 20% Silber als Elektrum bezeichnet wird. Bei dem untersuchten Gold handelt es sich demnach um Elektrum, d. h. um eine natürliche Gold-Silber-Legierung.

An Nebenbestandteilen enthält die untersuchte Probe: Al (st) – Ba (st) – Bi (m) – Ca (m) – Cr (m-s) – Cu (st-m) – Fe (m) – Ir (s) – Mg (st) – Mo (m) – Ni (sss) – Pb (ss) – Sc (ss) – Sr (st) – Te (?s).

Die Elemente Cd, Co, Ga, Ge, Hg, Pt, Rh, Sn, Ti, Tl, V, W waren nicht nachweisbar. Sie dürften demnach nur in Mengen vorhanden sein, die unter der Nachweisempfindlichkeitsgrenze für das betr. Element liegen.

Gold gehört zu den siderophilen Elementen, was insbesondere durch die Untersuchungen von GOLDSCHMIDT-PETERS (1932) erhärtet worden ist. Diese Siderophilie findet im spektrographischen Befund erneut ihre Bestätigung. Als Nebenbestandteile konnten die typischen siderophilen Elemente Fe, Ni, Ir und Mo nachgewiesen werden. Aber auch die weiterhin gefundenen chalkophilen Elemente Cu und Bi treten erfahrungsgemäss gerne zusammen mit Gold auf. Die Erdalkali-Nebenbestandteile dürften im wesentlichen auf Reste von der dem Gold anhaftenden Gangart zurückführbar sein. Die Gold(-Elektrum)-Kalzit-Quarz-Pyrit-Paragenese muss wohl auf Grund aller vorliegenden Daten mit der alpinen Metamorphose s. l. und damit mit Stoffmobilisationen

²⁾ Herrn Prof. W. FEITKNECHT sei für die Apparaturbenützung bestens gedankt.

³⁾ Dieses erhielten wir aus den Beständen des erwähnten Laboratoriums für Edelmetallkontrolle.

von hydrothermalestem Charakter in Zusammenhang gebracht werden. Altersmässig wäre die untersuchte Paragenese etwa mit den goldführenden Quarz-Pyritgängen aus dem „Golddistrikt des Monte Rosa-Gebietes“ vergleichbar. Nach HUTTENLOCHER (1934) dürfte diese Mineralisation in die letzten, aber nicht allerletzten alpinen Bewegungsphasen fallen, da sie teilweise noch kräftige mechanische Umlagerungen erfahren hat. Das Gotthardvorkommen gehört wohl zu noch jüngeren Phasen. Den seit längerer Zeit bekannten Gas- und Flüssigkeitseinschlüssen in Gangquarzen der Alpen wird neuerdings vermehrte Aufmerksamkeit geschenkt. Nach DEICHA (1950) sprechen die in den eingangs erwähnten vererzten, gelegentlich goldführenden Quarzgängen im Tavetscher-zwischenmassiv der Lukmanierschlucht angetroffenen Einschlüsse besagter Art für den erfolgten Aufstieg von „fluides géochimiques profonds“, der entlang von Klüften des benachbarten Aar- und Gotthardmassivs erfolgen konnte. Für die Arsen-Gold-Lagerstätte von Salanfe hingegen nehmen RICKENBACH-VON KÄNEL (1953) permische Erzbildungsphasen für wahrscheinlich an. Zur Sicherstellung der Entstehungsgeschichte und des Bildungsalters aller schweizerischen Goldvorkommen im Alpengebiet sind weitere Untersuchungen notwendig.

Literatur

- BEREK M. (1931): Das Problem der quantitativen Mikroskopie der Erzminerale und seine Lösung. II. Teil Z. Krist., Bd. 77, S. 1—22.
- Bureau für Bergbau des KIAA (1947): Der schweizerische Bergbau während des zweiten Weltkrieges (vervielf. Manuskript).
- CADISCH J. (1939): Die Erzvorkommen am Calanda (Kanton Graubünden und St. Gallen). Schweiz. Min. Petr. Mitt., Bd. XIX, S. 1—20.
- DANA'S system of mineralogy, 7th edit. by Palache-Berman-Fronde!, Vol. I, New York 1946.
- DEICHA G. (1950): La montée de fluides géochimiques d'origine profonde entre les massifs de l'Aar et du Saint-Gothard. C. R. somm. Séances Soc. géol. France, 5^e Série, t. 20^e, No 16, p. 285—287.
- Geologische Vorkommnisse im Gotthardtunnel* (Mitteilungen des Oberingenieurs der Gotthardbahn): Mitt. XII [über Gold], Alpenpost, Repertorium der gesamten Alpenkunde, Bd. VI, Nr. 3/4, S. 39—40, Zürich 1874.
- GOLDSCHMIDT V. M. und PETERS CL. (1932): Zur Geochemie der Edelmetalle. Nachr. Ges. Wiss. Göttingen. Math.-physikal. Klasse. S. 377—401.
- HEY M. H. (1950): An index of mineral species and varieties arranged chemically. British Museum, London.
- HUTTENLOCHER H. F. (1934): Die Erzlagerstättenzonen der Westalpen. Schweiz. Min. Petr. Mitt., Bd. XIV, S. 22—149.
- KNOBLAUCH P. und REINHARD M. (1939): Geologischer Atlas der Schweiz 1 : 25 000, Erläuterungen zu Blatt Nr. 11 (516 Iorio). Herausg. von der Schweiz. Geol. Komm., Bern.
- NIGGLI E. (1944): Das westliche Tavetscher Zwischenmassiv und der angrenzende Nordrand des Gotthardmassivs. Schweiz. Min. Petr. Mitt., Bd. XXIV, S. 58—301.
- NIGGLI P. und STROHL J. (1924): Zur Geschichte der Goldfunde in schweizerischen Flüssen. Viertelj.-Schrift Naturf. Ges. Zürich, Bd. LXIX, S. 317—325.
- NIGGLI P. (1934): Das Gotthardmassiv. Geol. Führer der Schweiz. Fasc. II, S. 139—145, Basel.
- NIGGLI P., KÖNIGSBERGER J. und PARKER R. L. (1940): Mineralien der Schweizeralpen., Bd. I und II, Basel.

- PARKER R. L. (1954): Die Mineralfunde der Schweizeralpen, Basel.
- PILIPENKO P. P. (1915): Mineralogy of the Western Altai. Bull. Imper. Tomsk. Univ. No 63, 763 pp. [zitiert nach: Min. Abstr., Vol. 2, 1923, S. 109—115].
- RAMDOHR F. (1950): Die Erzminerale und ihre Verwachsungen, Berlin (Akademie Verlag).
- RICKENBACH E. und VON KÄNEL F. (1953): Die Arsen-Gold-Lagerstätte von Salanfe (Wallis). Beitr. z. Geol. d. Schweiz, Geotechn. Serie, Liefg. 31, Bern.
- STAFF F. M. (1875): Rapport mensuel No 12 du Conseil Fédéral Suisse sur l'état des travaux de la ligne du St-Gothard au 30 novembre 1873, in: Rapports du Conseil Fédéral Suisse aux gouvernements des états qui ont participé à la subvention de la ligne du St-Gothard sur la marche de cette entreprise pendant le deuxième exercice du 1^{er} octobre 1873 au 30 septembre 1874. Vol. 2, Berne.
- (1880): Generelles geologisches Profil in der Ebene des Gotthardtunnels. Spez. Beil. Quartalsber. Schweiz. Bundesraths über den Gang der Gotthardbahn-Unternehmung.
- STUDER B. (1875): Die Gotthardbahn (mit Nachtrag). Mitt. Naturf. Ges. Bern aus dem Jahre 1874, Nr. 828—873, S. 117—134.

Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität Bern.