

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

Band: 45 (1965)

Heft: 2

Artikel: Die Mineralfundstellen im Dolomit des Binnatales

Autor: Graeser, Stefan

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-35205>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 27.01.2026

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

Die Mineralfundstellen im Dolomit des Binnatales

Von *Stefan Graeser* (Bern)*)

Mit 31 Textfiguren, 4 Tabellen und 1 Tafelbeilage

ABSTRACT

The famous mineral quarry Lengenbach in Binnatal (Ct. Valais, Switzerland), which has been abandoned for a long time, was reopened in the summer 1958. The quarry is known especially for its large number of rare Pb-Cu-Ag-Tl-As-sulphosalts. Together with the search for minerals a new study of the quarry itself and of all the dolomite outcrops of the Binnatal has been undertaken by the author.

The mineral deposits in the dolomite, which are described in this work, lie in the triassic dolomite of the Monte Leone nappe. A summary of geology and petrography of the region studied is given in part I.

The various dolomite outcrops, in which the minerals have been found, are described in part II. The often stated theory, that the sulphosalts occur only in the Lengenbach, turned out to be wrong. The Lengenbach shows the most intensive ore-mineralisation, but sulphosalts could be found in almost all other dolomite outcrops. An important fact is, that outside the Lengenbach only sulphosalts with less As occur and especially such minerals, in which the As can be exchanged by Sb. During this work we found the Pb-Bi-sulphosalt giessenite, a new rhombohedral polytype of molybdenite (now also known from Canada) and several minerals such as enargite, geocronite, boulangerite (now also found in Tavetsch), and the Ce-carbonate parisite for the first time in Switzerland.

The most interesting minerals found in the dolomite are described in part III. The minerals were studied by X-rays (Debye-Scherrer- and Weissenberg-methods), chemical analyses (spectral analyses), with microscope and ore-microscope. For some of the rare sulphosalts the powder data are given for the first time. A table of powder patterns has been worked out for a quick and certain identification of the sulphosalts. Spectral analyses have been made on the mineral groups tennantite-tetrahedrite and jordanite-geocronite. Tennantites of the Binnatal usually have more As than Sb, but there occurs also the Sb-mineral tetrahedrite. A similar result was found by the analyses of jordanite, which lead to the identification of geocronite. All sulphosalts, from which we had enough material, were

*) Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität Bern.

studied in polished sections. For this purpose only such minerals were used, that were identified chemically or by X-rays. From the polished sections we determined the microhardness (in Vickers hardness numbers), the reflectivity (by electric and optical photometers), and the other ore-microscopic properties. Many of the Lengenbach sulphosalts, for which existed no or unsure determinations, were now precisely studied. First ore-microscopic determinations were made on the new Cu-As-sulphosalt sinnerite, the new Pb-Bi-sulphosalt giessenite, marrite and molybdenite-3R. Jordanite-geocronite showed a very clear variation of ore-microscopic properties with chemical composition, whereas tennantite-tetrahedrite exhibited almost uniform properties for all samples studied. Tourmaline showed a dependency (in refringence) on the associated minerals.

These studies lead to the following explanation for the genesis of the sulphosalts in Binnatal: an old, prealpine mineral association of galena, blende, pyrite reacted — presumably towards the end of alpine metamorphism —, with As-Sb-bearing liquid solutions forming the various sulphosalts. The ore-solutions seem to stand in correlation with a small Cu-As-deposit found by the author in the gneisses further to the South.

ZUSAMMENFASSUNG

In Zusammenhang mit der im Sommer 1958 erfolgten Neuerschliessung der Mineralfundstelle Lengenbach, die ihre Berühmtheit der grossen Zahl von seltenen Pb-Cu-Ag-Tl-As-Sulfosalzen verdankt, wurde eine neue Untersuchung sämtlicher Mineralvorkommen im Dolomit des Binnatales (Kt. Wallis) vorgenommen, da diesen — abgesehen vom Lengenbach — bisher nur wenig Beachtung geschenkt worden war.

Die in dieser Arbeit untersuchten Mineralfundstellen liegen im Trias-Dolomit, der zur Monte-Leone-Decke gehört. Geologie und Petrographie des gesamten Tales werden in Teil I zur Übersicht kurz behandelt.

In Teil II werden die verschiedenen Fundstellen im Dolomit des Binnatales beschrieben. Die immer wieder auftauchende Theorie, dass die Fundstelle Lengenbach in bezug auf ihre Sulfosalz-Vererzung völlig isoliert dastehe, konnte widerlegt werden. Wenn auch der Lengenbach die intensivste Vererzung aufweist, so treten doch im gesamten Binnatal eine grosse Zahl von Sulfosalz-Vorkommen auf. Dabei konnten wir feststellen, dass ausserhalb des Lengenbaches nur die As-ärmeren Vertreter der Sulfosalze vorkommen und vor allem solche, bei denen das As durch Sb ersetzt werden kann, die also Mischkristalle bilden. Bei der Untersuchung der verschiedenen Dolomitaufschlüsse wurden das neue Pb-Bi-Sulfosalz Giessenit, eine neue rhomboedrische Molybdänglanz-Modifikation (inzwischen auch aus Kanada bekannt) sowie eine ganze Anzahl von Mineralien zum ersten Mal in der Schweiz gefunden, wie Enargit, Geokronit, Boulangerit (nun auch im Tavetsch nachgewiesen) und das Ce-Karbonat Parisit.

In Teil III werden die wichtigeren Mineralien der Dolomitfundstellen beschrieben. Die Mineralien wurden röntgenographisch (Pulver- und z. T. auch Einkristall-Methoden), chemisch (Spektralanalysen), mikroskopisch, erzmikroskopisch und morphologisch untersucht. Von mehreren der seltenen Sulfosalze werden zum ersten Mal die Pulverdaten angegeben. Um die Identifizierung der Sulfosalze zu erleichtern wurde eine Tabelle mit Strichdiagrammen nach den Pulveraufnahmen

ausgearbeitet, die eine rasche und eindeutige Bestimmung der einander oft sehr ähnlichen Sulfosalze ermöglicht. Spektralanalysen wurden an Fahlerzen und der Gruppe Jordanit-Geokronit gemacht. Bei den Fahlerzen stellte sich heraus, dass sie z. T. sehr viel Sb enthalten (Tetraedrit); dasselbe ergab sich bei der Untersuchung der Jordanit-Proben, was zur Identifizierung von Geokronit führte. Von sämtlichen Sulfosalzen, von denen genügend Material zur Verfügung stand, wurden Erzanschliffe hergestellt, und zwar wurden ausschliesslich röntgenographisch oder spektralanalytisch identifizierte Mineralien verwendet. An den Präparaten wurden die Mikrohärtigkeit (in Vickers Härtezahlen), das Reflexionsvermögen (mit einem elektrischen Photometer und einem optischen Spaltphotometer) sowie die erzmikroskopischen Eigenschaften bestimmt. An vielen der Lengenbacher Sulfosalze, von denen entweder keine oder unsichere Angaben existieren, konnten nun eindeutige Bestimmungen durchgeführt werden. Zum ersten Mal erzmikroskopisch untersucht wurden: das neue Cu-As-Sulfosalz Sinnerit, das neue Pb-Bi-Sulfosalz Giessenit, Marrit und Molybdänit-3R. Bei Jordanit-Geokronit konnte eine sehr deutliche Abhängigkeit der erzmikroskopischen Eigenschaften von der chemischen Zusammensetzung festgestellt werden, während sich bei Tennantit-Tetraedrit praktisch keine Unterschiede ergaben. Bei Turmalin liess sich — nach den Lichtbrechungen — eine deutliche Abhängigkeit von den mit ihm vergesellschafteten Mineralien erkennen.

Die Befunde dieser Untersuchungen führten uns (Teil IV) zur Annahme folgender Erklärung für die Genese der Sulfosalz-Vorkommen des Binnatales: ein alter, wohl präalpiner Mineralbestand im Dolomit, der im wesentlichen Bleiglanz, Zinkblende, Pyrit umfasste, reagierte — vermutlich gegen Ende der alpinen Metamorphose — mit zugeführten As-Sb-haltigen Lösungen unter Bildung der diversen Sulfosalze. Die Zufuhr der Erzlösungen wird in Zusammenhang gebracht mit einer in den südlich anstehenden Gneisen liegenden Cu-As-Vererzung, die vom Autor neu gefunden wurde.

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort	601
Einleitung	602
I. Geologisch-petrographischer Überblick	603
1. Geologie und Tektonik	603
2. Petrographische Übersicht	604
a) Bündnerschiefer	605
b) Gesteine der Trias	606
c) Gneise	607
d) Ganggesteine	607
e) Ultrabasische Gesteine	609
II. Beschreibung der Mineralfundstellen im Dolomit	610
1. Lengenbach	611
2. Messerbach	625

3. Dolomitaufschluss südlich Giessen	629
4. Turttschi	631
5. Reckibach („Schmids Tobel“)	636
6. Kohlplatz	639
7. Im Kinn	640
8. Ostabhang Breithorn–Saflischtal–Saflischpass	641
9. Michibach	643
10. Weisse Fluh	644
11. Hinterer Kollergraben	647
12. Halsen	648
13. Dolomitaufschluss nördlich Freiche	650
14. Schmidigen Wissi	652
15. Dolomitaufschluss südlich Schmidigen Wissi	653
16. Galen	655
17. Feldbach, Hölzerspitz	657
18. Furggelti (nordöstlich Hölzerspitz).	660
19. Tschampigen Wissi	661
20. Dolomitaufschlüsse am Fuss des Ofenhorns	663
21. Ochsenfeld	666
22. Balmen	668
23. Albrun-Pass	670
24. Ehemalige Pb-Mine (Italien)	671
Zusammenfassung von Teil II	673
III. Spezielle Untersuchungen an Mineralien aus dem Dolomit	674
A. Sulfosalze und Sulfide	678
1. Zinkblende	678
2. Die Fahlerz-Gruppe	679
3. Enargit	689
4. Sinnerit	691
5. Bleiglanz	694
6. Smithit und Trechmannit	695
7. Seligmannit	698
8. Hatchit	702
9. Hutchinsonit	707
10. Marrit	711
11. Skleroklas (= Sartorit)	714
12. Baumhauerit	719
13. Rathit I und Rathit II.	726
14. Dufrénoysit	732
15. Lengenbachit	737
16. Jordanit-Geokronit	744
17. Boulangerit	752
18. Giessenit	754
19. Pyrit	759
20. Arsenkies (Arsenopyrit)	760
21. Molybdänit-3R	763

22. Realgar-Auripigment	765
Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse an Sulfosalzen	769
B. Karbonate	773
Parisit	773
C. Phosphate	776
1. Hamlinit (Goyazit)	776
2. Apatit	778
D. Silikate	779
1. Turmalin	779
2. Skapolith	781
IV. Zur Genese der Sulfosalz-Vorkommen des Binnatales	783
Mineral-Index	790
Literaturverzeichnis	791

VORWORT

Diese Arbeit wurde mir im Jahre 1958 von Herrn Prof. Dr. E. Niggli übertragen im Zusammenhang mit der Neuerschliessung der Mineralienfundstelle Lengenbach. Die Felduntersuchungen, in Zusammenarbeit mit der „Arbeitsgemeinschaft Lengenbach“ erstreckten sich über die Zeit von 1958—1963.

Herzlichen Dank schulde ich in erster Linie meinem sehr verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. E. Niggli, der mir ein Gebiet zur Bearbeitung übertrug, das ich von Kindesbeinen auf kenne, und das mir zur zweiten Heimat geworden ist. Er nahm stets grossen Anteil an meiner Arbeit und stand mir jederzeit ratend und helfend zur Seite, wenn sich Schwierigkeiten irgendwelcher Art ergaben.

Mein Dank gilt sodann auch der Leiterin des Labors für Altersbestimmungen, Frä. P.-D. Dr. E. Jäger, die für mich die Altersbestimmungen an einem Pegmatit vom Binnatal durchführte und mir bei deren Interpretation half.

Dem Leiter der Abteilung für Kristallographie und Strukturlehre, Herrn Prof. Dr. W. Nowacki, der mir mehrmals ein Weissenberg-Röntgengoniometer für meine Untersuchungen zur Verfügung stellte und der mir eine Anzahl röntgenographisch identifizierter Proben zur Verfügung stellte, bin ich zu grossem Dank verpflichtet.

Herr Prof. Dr. Th. Hügi führte mich in die Spektrographie ein und gestattete mir die Benützung des mit Mitteln des Schweiz. Nationalfonds ausgestatteten Spektrallabors.

Herrn Prof. Dr. A. Streckeisen verdanke ich viele wertvolle Diskussionen und Hinweise.

Herrn H. Huber vom Min.-petr. Institut Bern, der sämtliche Dünnschliffe und unzählige Röntgenaufnahmen für mich herstellte, möchte ich meinen herzlichen Dank aussprechen.

Meinem Freunde Viktor Kunz von der Abteilung für Kristallographie, der mir bei meinen kristallographischen Problemen stets helfend beistand, bin ich für seine stetige Hilfsbereitschaft zu grossem Dank verpflichtet.

Meinem ehemaligen Studienkollegen Herrn Dr. R. O. Müller von der Ciba AG in Basel verdanke ich viele Röntgenfluoreszenz-Analysen, die für mich sehr wichtig waren, da sie keine Zerstörung des Materials erforderten.

Der „Arbeitsgemeinschaft Lengenbach“, dem ehemaligen Präsidenten der Museumskommission, Herrn R. von Sinner †, dem heutigen Präsidenten, Herrn von Wattenwyl, sowie dem früheren Konservator der Mineralogischen Abteilung am Naturhistorischen Museum Bern, Herrn Dr. H. Adrian, und seinem Nachfolger, Herrn Dr. H. A. Stalder, möchte ich danken für die Möglichkeit, im Rahmen der Ausbeutungsarbeiten im Lengenbach mitarbeiten zu dürfen.

Herr Prof. Dr. F. de Quervain vom Institut für Kristallographie und Petrographie an der ETH in Zürich gestattete mir freundlicherweise die Benützung des Leitz-Mikroskop-Photometers und Herrn Viktor Köppel verdanke ich die Anleitung zum Gebrauch des Gerätes.

Mein Dank gilt auch den Herren Prof. Dr. E. Wenk und Prof. Dr. P. Bearth vom Min.-petr. Institut der Universität Basel für anregende Diskussionen über das Gebiet des Binnatales.

Herr Prof. Dr. E. Nickel (Mineralog. Institut der Universität, Fribourg) gestattete mir freundlicherweise die Durchsicht der Baumhauer-Sammlung aus dem Lengenbach.

Vielmals danken möchte ich sodann dem Binner Strahler Josef Imhof und seinen Söhnen für die jahrelange fruchtbare Zusammenarbeit im Lengenbach und auch im übrigen Binnatal.

Mein Dank richtet sich schliesslich an die vielen Mineralienfreunde, die Jahr für Jahr das Binnatal besuchen, und von denen ich manchen guten Hinweis erhalten konnte.

EINLEITUNG

Als im Jahre 1958 die „Bernische Arbeitsgemeinschaft Lengenbach“ (s. S. 613) geschaffen wurde, mit dem Ziel der Neuerschliessung der Mineralfundstelle Lengenbach, erhielt ich von Herrn Prof. Dr. Niggli den Auftrag, mineralogische und lagerstättenkundliche Untersuchungen Hand in Hand mit der Mineralausbeutung durchzuführen, verbunden mit einer Neubearbeitung des gesamten Binnatales. Im Laufe der Zeit ergab sich bei der Untersuchung der Fundstellen im Dolomit eine solche Fülle von Material, dass die Arbeiten sich mehr und mehr auf dieses Gebiet konzentrierten.

Nachdem die Grube zu Beginn des Sommers 1958 teilweise von ihrer Schuttbedeckung befreit worden war, wurde zunächst ein genauer Plan der Fundstelle im Massstab 1 : 200 aufgenommen. Infolge der tiefgreifenden Veränderungen, die sich im Verlauf einer erweiterten Freilegung im Sommer 1963 ergaben, musste jedoch ein neuer, vereinfachter Plan der Grube hergestellt werden (Fig. 7).

Die Feldbegehungen erstreckten sich über das gesamte Binnatal,

vom Saflischpass im Westen bis über die italienische Grenze im Osten. Da sich der Schwerpunkt der Arbeit dann auf die verschiedenen Dolomit-Züge verlagerte, wurde auf eine nähere Untersuchung der Gneise verzichtet, so dass in dieser Beziehung auf die Literatur verwiesen wird (BADER, 1934).

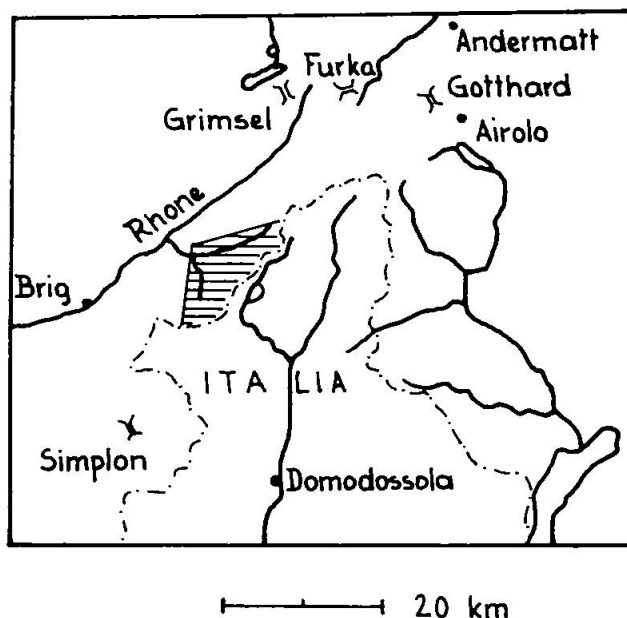


Fig. 1. Übersichtskärtchen. Schraffiert: Untersuchungsgebiet.

I. Geologisch-petrographischer Überblick

1. GEOLOGIE UND TEKTONIK

Das Binnatal liegt im Bereich der penninischen Decken, und zwar der Monte-Leone-Decke im besonderen. An gewissen Stellen sieht man deutlich, dass es sich um die steilgestellte Stirnregion der Decke handelt, zum Beispiel ist an der Ostflanke des Breithorns die Umbiegung des Dolomites weithin sichtbar. Der südliche Teil des Binnatales ist grösstenteils aus den Gneisen der Monte-Leone-Decke aufgebaut, während die Berge nördlich der Binna hauptsächlich aus den sedimentären Bündnerschiefern bestehen, was auch morphologisch sehr deutlich in Erscheinung tritt. Im heutigen Zustand liegt praktisch nur noch der liegende Schenkel der Decke vor; die Sedimente im oberen Teil sind fast vollständig abgetragen, nur vereinzelt findet man dort noch Bündnerschiefer (zum Beispiel am Cherbadung und südlich vom Schwarzhorn). Deshalb liegt im allgemeinen die Schichtfolge verkehrt: das Jüngste (Bündner-

schiefer) liegt zuunterst, das Älteste (Gneise) zuoberst. Im Anschluss an die penninischen Bündnerschiefer folgen gegen Norden die gotthardmassivischen Bündnerschiefer; die beiden Serien werden stellenweise durch schmale Trias-Züge voneinander getrennt, die Grenze verläuft nördlich des Binnatales.

Die Innenstruktur der Decke ist ausserordentlich kompliziert und lässt sich, wie auch BADER (1934) feststellte, nur aus der genauen Kartierung des Binnatales allein nicht mit Sicherheit ermitteln. Nach der Lage der Dolomitschichten, die stellenweise in zwei und mehr annähernd parallel zueinander verlaufenden Zügen vorliegen, kann man schliessen, dass die Decke in der Stirnregion zum Teil stark verschuppt und überschoben ist. Im Talabschluss gegen Osten wurde das Gestein intensiv verfaltet, was man deutlich beim Dolomit an der Basis des Ofenhorns und bei der Fundstelle Balmen erkennen kann. Beim Dolomit kann man generell drei verschiedene Hauptzüge unterscheiden (vgl. Fundstellenkarte):

a) Der Feldbacher Dolomit ist der am weitesten nördlich verlaufende Zug und erstreckt sich vom Feldbachtal über Galen-Turtschi-Saflischtal-Saflischpass weiter nach Westen. Der Feldbacher Zug wird häufig von Grünschiefern begleitet.

b) Der Lengenbacher Zug zieht sich vom Turbental über Tschampigen Wissi-Halsen-Weisse Fluh-Lengenbach-Reckibach gegen den Saflischpass hinauf. In diesem Dolomit-Zug liegen die interessantesten Mineralfundstellen des Binner Dolomites.

c) Der Balmen-Ofenhorn-Zug erstreckt sich vom Blatt über die Basis des Ofenhorns-Eggerofen-Ochsenfeld nach den Balmen hinüber. Ein kleiner Ausläufer dieses Zuges zweigt ab gegen den Albrunpass hinauf.

Es sei hier noch vermerkt, dass die Zugehörigkeit einer Mineralfundstelle zu einem bestimmten Dolomit-Zug noch nichts aussagt über ihren Mineralinhalt.

2. PETROGRAPHISCHE ÜBERSICHT

Die Gesteine, in deren Bereich das Binnatal liegt, erlitten während der alpinen Gebirgsbildung eine Metamorphose, die im allgemeinen etwa mesozonalen Bedingungen entspricht. Das wird — nach E. NIGGLI (1955) — bestätigt durch den Fund eines Ca-Glimmers (Margarit) in den Granat-Glimmerschiefern (Quartenschiefer?) ca. 200 m nordöstlich der Fundstelle Reckibach (Koordinaten des Fundpunktes der Granat-Glimmerschiefer: 657.810/134.750, 1630 m ü. M.). Die Metamorphose

fand wohl bei verhältnismässig hohem Druck statt, wofür nach E. NIGGLI (1960) das Vorkommen von Disthen spricht. Disthen wurde allerdings nur an einer Stelle im Tal festgestellt, und zwar im Dolomit und in den Bündnerschiefern am Fuss des Ofenhorns.

Die Gebirge des Binnatales werden durch folgende Gesteinsserien aufgebaut:

- | | | | | | | | | | |
|---------------------------|--|---|---------------------------|--|-----------|--|-----------|--|---------|
| a) Bündnerschiefer | | | | | | | | | |
| b) Triadische Gesteine | <table border="0"> <tr><td>{</td><td>Quartenschiefer (?)</td></tr> <tr><td></td><td>Dolomit</td></tr> <tr><td></td><td>Rauhwacke</td></tr> <tr><td></td><td>Quarzit</td></tr> </table> | { | Quartenschiefer (?) | | Dolomit | | Rauhwacke | | Quarzit |
| { | Quartenschiefer (?) | | | | | | | | |
| | Dolomit | | | | | | | | |
| | Rauhwacke | | | | | | | | |
| | Quarzit | | | | | | | | |
| c) Gneise | | | | | | | | | |
| d) Ganggesteine | <table border="0"> <tr><td>{</td><td>Pegmatite</td></tr> <tr><td></td><td>Aplite</td></tr> </table> | { | Pegmatite | | Aplite | | | | |
| { | Pegmatite | | | | | | | | |
| | Aplite | | | | | | | | |
| e) Ultrabasische Gesteine | <table border="0"> <tr><td>{</td><td>Grünschiefer, Amphibolite</td></tr> <tr><td></td><td>Serpentin</td></tr> </table> | { | Grünschiefer, Amphibolite | | Serpentin | | | | |
| { | Grünschiefer, Amphibolite | | | | | | | | |
| | Serpentin | | | | | | | | |

a) Die Bündnerschiefer

Die Bündnerschiefer, die fast den gesamten nördlichen Teil des Tales aufbauen, wurden nicht näher untersucht, da sie einerseits von BADER (1934) beschrieben worden sind und andererseits von einem Doktoranden des Geologischen Institutes Bern (H. LÜTHY) in einer Dissertation eingehend untersucht werden. Es sei nur erwähnt, dass die Bündnerschiefer in zwei sehr unterschiedlichen Typen vorliegen, nämlich den kalkig-sandigen (die die Hauptmasse darstellen) und den tonig-sandigen Bündnerschiefern, die stellenweise massenhaft Granat führen, der über 1 cm gross werden kann. Solche Granat-Glimmerschiefer findet man vor allem östlich der Freiche (auf dem Weg zum Albrunpass) und bei der Lokalität Blatt.

Am westlichen Ende des Aufschlusses am Turtschi steht zwischen dem Dolomit und den nördlich daran anschliessenden Bündnerschiefern ein Konglomerat an, in dem Prof. Wenk (Min.-Petr. Institut Basel) bei einer früheren Begehung des Tales unter anderem Gerölle von massigem Granit fand (vgl. E. NIGGLI, in HÜGI et al., 1962). BURCKHARDT (1942) fand im Nordtessin (Basodinogebiet) sehr ähnliche Konglomeratbänke, die er als Produkte einer zeitweiligen Emersion, also als echte Konglomerate, deutet. Es dürfte sich demnach in unserem Fall ebenfalls um ein Bündnerschiefer-Konglomerat handeln (vgl. auch S. 631).

b) Die Gesteine der Trias

Den Hauptanteil dieser Gruppe stellen die Dolomite, deren Mineralinhalt der Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit ist, weshalb hier eine kurze petrographische Beschreibung dieser Gesteine als Übersicht gegeben sei. Neben dem Dolomit sind die übrigen Glieder dieser Serie von untergeordneter Bedeutung und kommen auch nur vereinzelt vor.

Der *Dolomit* selber tritt in verschiedenen Ausbildungsarten auf. Man kann hauptsächlich zwei Arten unterscheiden:

- den zuckerkörnigen Dolomit (weiss oder graublau gefärbt),
- den kompakten marmorartigen Dolomit.

Der zuckerkörnige Dolomit, der sehr leicht in einen feinen Sand zerfällt (unangenehm bekannt bei vielen Lengenbacher Mineralstufen) sieht unter dem Mikroskop sehr homogen aus. Er besteht zu mindestens 95% aus rundlichen, wenig verzahnten Dolomitkörnern. Auch die Grösse der einzelnen Körner ist sehr einheitlich und beträgt im Mittel etwa 0,05—0,1 mm. Der graublaue Dolomit ist auch meistens mehr oder weniger zuckerkörnig, doch enthalten die Dolomitkörner ein dunkles Pigment, das nach BADER (1934) „Kohle“ ist (vgl. S. 617).

Der kompakte Dolomitmarmor kommt im allgemeinen in der Nähe des Kontaktes gegen den Gneis vor. Im Dünnschliff sieht dieses Gestein viel inhomogener aus als der zuckerkörnige Dolomit, sowohl in bezug auf die Mineralzusammensetzung als auch in der Korngrösse. Der kompakte Dolomit kann bis über 40% nicht-karbonatische Mineralien wie Quarz, Feldspäte (Alkalifeldspat und Plagioklas), Glimmer, Turmalin etc. enthalten. Infolge des oft hohen Gehaltes an Glimmer (Phlogopit) kann dieser Dolomit dunkelbraun gefärbt sein. Vor allem unterscheidet er sich jedoch vom zuckerkörnigen Dolomit in der Korngrösse: sie ist sehr uneinheitlich und reicht von <0,01 mm bis >1 mm, und zwar sind die grossen Körner stark miteinander verzahnt, wobei die Hohlräume dazwischen durch sehr kleine Körner ausgefüllt werden. Auf der starken Verzahnung beruht der viel stärkere Zusammenhalt dieses Dolomittypus.

Die *Rauhwacke* wurde nur an einigen wenigen Aufschlüssen beobachtet (Reckibach, Weisse Fluh, südlich des Schiessstandes Binn u. a.). Sie ist von gelbbrauner Farbe und besteht aus Calcit mit ziemlich viel Talk und etwas Quarz. Die Rauhwacken-Züge sind meistens nur wenig mächtig (1—2 m).

Quarzit, der mit einiger Sicherheit zur Trias gehört, wurde etwa 200 m nordöstlich vom Reckibach gefunden, wo er das Liegende eines schma-

len Rauhwacken-Zuges bildet. Im Dünnschliff erkennt man, dass das Gestein fast ausschliesslich aus Quarz besteht und daneben nur wenig Muskowit und Karbonat enthält. Die Mächtigkeit des Quarzites beträgt ca. 3—4 m.

Quartenschiefer sind ebenfalls nicht eindeutig nachweisbar. Immerhin wurden an einigen Aufschlüssen Granat-Glimmerschiefer festgestellt, die zwischen dem Dolomit und den Bündnerschiefern liegen und somit entweder zur Trias oder zum Lias gehören. Sie weisen meistens beträchtliche Gehalte an Turmalin, Epidot-Klinozoisit, Granat etc. auf. An einer Stelle (200 m nordöstlich der Fundstelle Reckibach) wurde in diesem Gestein auch reichlich Ca-Glimmer (Margarit) beobachtet. Die Lichtbrechung des Margarites beträgt für $n_Y \geq 1,640$; die Doppelbrechung ist deutlich niedriger als die des Muskowites, der im selben Schliff vorkommt. Leider konnte nicht genügend Material für eine Röntgenaufnahme isoliert werden. Die Turmaline dieser fraglichen Quartenschiefer sind fast stets sehr schön zonar gebaut: meistens ist ein hellgrüner Kern mit niedrigerer Lichtbrechung von einer höherbrechenden dunkelgrünen Hülle umgeben. Die Gesteine von verschiedenen Aufschlüssen sind einander sehr ähnlich, allerdings ist der Quarzgehalt grösseren Schwankungen unterworfen, und vereinzelt tritt auch Plagioklas auf. Die Mächtigkeit dieser Gesteine ist nicht sicher anzugeben: sie scheint von weniger als 10 m bis über 30 m zu reichen. Gesteine dieser Art findet man vor allem an folgenden Stellen: Lengenbach, Messerbach, Reckibach und 200 m nordöstlich davon, Galen etc. BADER (1934) erwähnt auch Quartenschiefer im Binnatal, beschreibt sie jedoch nicht und gibt auch keine Fundstellen an.

c) Die Gneise

Diese wurden von BADER (1934) eingehend bearbeitet und sollen hier nicht näher beschrieben werden. Es handelt sich zu einem grossen Teil offensichtlich um metamorphe alte Granite, die stellenweise von zahlreichen Pegmatiten und Apliten durchschlagen werden. Die Unterteilung in Ortho- und Paragneise ist zum Teil sehr schwierig und nicht eindeutig durchführbar. Auf der Fundstellenkarte wird für sämtliche Gneise nur eine einzige Signatur verwendet.

d) Die Ganggesteine

Pegmatite. Ein erster Pegmatit wurde in der Nordflanke des Schwarzhorns auf ca. 2560 m ü. M. (Koord. 132.350/660.500) gefunden. Es ist

ein grosser, etwa 4—5 m mächtiger Gang, der sich gegen oben auf annähernd 60 m verfolgen lässt. Er streicht ziemlich genau in NW-SE-Richtung. Es handelt sich um einen grobkörnigen Muskowit-Pegmatit (die Muskowit-Tafeln können über 5 cm Durchmesser erreichen), mit ausserordentlich grossem Quarzgehalt. Im Dünnschliff erkennt man sehr grosse Alkalifeldspatkörner mit perthitischen Entmischungslamellen von Plagioklas; stellenweise beobachtet man eine ausgeprägte Mikroklingitterung. Die diskordante Lage des Pegmatites im Gneis schien zunächst auf einen jungen, alpin gebildeten Gang zu deuten. Daraufhin wurden dann ca. 20 kg Proben des Pegmatites geschlagen, um eine Altersbestimmung daran vorzunehmen. Im Labor für Altersbestimmungen des Mineralogisch-Petrographischen Institutes Bern wurde zunächst eine Bestimmung nach der Rb-Sr-Methode an Muskowit gemacht, die ein Alter von $34,7 \pm 3,0$ ($35,8 \pm 3,1$) Mio. Jahren lieferte, welches Alter für einen alpin gebildeten Pegmatit als durchaus möglich erschien. Als dann zur Kontrolle am Alkalifeldspat ebenfalls eine Rb-Sr-Bestimmung durchgeführt wurde, resultierte ein Alter von 560 ± 90 Mio. Jahren, was eine junge Bildung höchst unwahrscheinlich macht. Die beiden Alter erklären sich wohl daraus, dass der Muskowit bei der Metamorphose rekristallisierte und dabei sein $Sr_{rad.}$ weitgehend verlor, wodurch sein Alter stark verjüngt wurde, während die Feldspäte dieses Sr aufnahmen und deshalb viel älter erscheinen als sie in Wirklichkeit sind. Leider konnte in diesem Fall die Gesamtgesteinsmethode nicht angewendet werden, da der Pegmatit in seiner Mineralzusammensetzung völlig inhomogen ist: der innere Teil des Ganges besteht zur Hauptsache aus Quarz, während die randlichen Partien eher eine normalpegmatitische Zusammensetzung besitzen. Offenbar handelt es sich um einen alten Pegmatit, der während der alpinen Gebirgsbildung aufriss, in welchem Hohlraum dann zugeführter Quarz abgesetzt wurde.

	Rb ⁸⁷ ppm	Sr ⁸⁷ _{rad.} ppm	% rad.	comm. Sr ppm	Rb-Sr-Alter in Mio Jahren
Muskowit	351	0,179	22,2	9,1	$34,7 \pm 3,0$
	348	0,183	21,7	9,6	$35,8 \pm 3,1$
Alkalifeldspat	235	1,93	12,0	205	560 ± 90

Mit diesen Resultaten kann man folgende Überlegungen anstellen: Wenn man annimmt, der Pegmatit habe einen Gehalt an Muskowit von 20% und an Alkalifeldspat von 20% (was im Durchschnitt ungefähr richtig sein dürfte) und es sei kein Rb-Verlust der Mineralien eingetreten,

dass ferner das wahre Alter des Pegmatites 240 Mio. Jahre betrage, so kann man folgende Überschlagsrechnung aufstellen:

Für ein Alter von 240 Mio. Jahren müsste der Muskowit einen Gehalt von 1,27 ppm $\text{Sr}_{\text{rad.}}^{87}$ besitzen; da er aber heute nur noch 0,179 ppm enthält, muss er etwa 1,09 ppm an den Alkalifeldspat abgegeben haben, der heute 1,93 ppm $\text{Sr}_{\text{rad.}}^{87}$ aufweist. Der ursprüngliche Gehalt des Alkalifeldspates an $\text{Sr}_{\text{rad.}}^{87}$ hätte somit etwa 0,84 ppm betragen, wofür sich ein Alter von 244 Mio. Jahren ergibt. Das wahre Alter des Pegmatites liegt also mit einiger Wahrscheinlichkeit bei etwa 250 Mio. Jahren.

Nachträglich wurden dann auch noch Feldbeobachtungen gemacht, die gegen einen jungen, diskordanten Pegmatit sprechen. So wurde zum Beispiel festgestellt, dass die grossen Muskowittafeln am Rande des Pegmatites genau die gleiche Paralleltexur besitzen wie das Nebengestein. Das Nebengestein dieses Pegmatites ist ein saurer Orthogneis, der in der Umgebung des Ganges Anzeichen einer geringen Cu-Vererzung (Malachitbildung) aufweist (vgl. Teil IV).

Ein ähnlicher, ebenfalls sehr quarzreicher Pegmatit wurde einige hundert Meter weiter westlich gefunden; weitere Pegmatite treten in dem Gebiet zwischen Schwarzhorn und Cherbadung sowie zwischen Hirlihorn und Stockhorn auf (hier zum Teil auch Aplite).

e) Die ultrabasischen Gesteine

Die grösste Masse dieser Gesteine stellt der *Serpentin-Komplex* vom Geisspfad. Diese grosse ultrabasische Gesteinsmasse, die sich über ca. 5 km entlang der schweizerisch-italienischen Grenze erstreckt, wurde mehrmals untersucht; es seien hier nur die Arbeiten von PREISWERK (1901), SCHNELL (1921) und BADER (1934) zitiert. Das Gestein besteht vorwiegend aus einem mehr oder weniger stark serpentinisierten Dunit. PREISWERK stellte fest, dass im Zentrum des Komplexes noch hauptsächlich von der Metamorphose wenig berührte Dunite vorliegen, die er als Muttergesteine des Serpentin bezeichnet. Gegen die Randpartien hin nimmt dann der Serpentinisierungsgrad sehr stark zu. Zugleich mit der Serpentinisierung fand auch eine Neubildung von Aktinolith statt. Bei unseren Untersuchungen wurde zudem eine Rückbildung von Olivin beobachtet, wobei neugebildeter Olivin den Aktinolith verdrängt.

Über den Aufbau des Komplexes sind die genannten Autoren annähernd gleicher Meinung, nicht jedoch in bezug auf das Alter der Entstehung. Während BADER und vor allem SCHNELL der Ansicht sind, dass der Geisspfad-Serpentin zu den mesozoischen Ophiolithen der Bündner-

schiefer gehöre, glaubt PREISWERK eher, dass es sich um einen älteren, prätriadischen Serpentin handle. Zunächst stellt sich die Frage, ob sich der Serpentin in den Gneisen in annähernd primärer Lage befindet, oder ob er zu den mesozoischen Sedimenten gehört und während der alpinen Gebirgsbildung von diesen getrennt wurde und infolgedessen heute in sekundärer Lage vorliegt, wobei sich allerdings aus der Beantwortung dieser Frage keine Entscheidung über das Alter des Serpentin ergibt.

PREISWERK beschreibt in seiner Dissertation Grenzbildungen zwischen dem Serpentin und dem Gneis, die ihm den Schluss nahelegen, dass sich der Serpentin in primärer Lage befinde. Auch bei unseren Untersuchungen wurden mehrere Stellen gefunden (hauptsächlich entlang des Nordkontaktes auf der Linie Schwarzhorn–Fleschenhorn–Wannigrat), die eine gewisse Kontakteinwirkung des Serpentin auf den Gneis wahrscheinlich machen. An einer Stelle führt der Gneis in Kontaktnähe sehr viel Hornblende und zeigt ein hornfelsähnliches Aussehen; mit steigender Entfernung vom Kontakt nimmt der Gneis dann wieder seine gewöhnliche Ausbildung an. Eine ganze Anzahl solcher Kontakterscheinungen machen die primäre Lage des Serpentin im Gneis durchaus denkbar. Auf die Frage des Alters soll hier nicht eingegangen werden, da hierfür zu wenig eindeutige Untersuchungsergebnisse vorliegen.

Die Grünschiefer, die eindeutig mesozoischen Alters sind, treten fast stets zwischen den Triasdolomiten und den jurassischen Bündnerschiefern auf. Teils sind es Züge von grösserer Ausdehnung, teils sind es nur Linsen von wenigen Metern Grösse. Sie ziehen sich durch das ganze Binnatal, vom Saflischpass im Westen über das Feldbachtal weiter gegen Osten. Im Dünnschliff erkennt man, dass die Hornblende gegenüber den übrigen Gemengteilen (Plagioklas, Epidot, Quarz, Rutil) stark vorherrscht. Während die Gesteine dieses Zuges eine ausgesprochen schiefrige Textur besitzen, sind die bekannten Amphibolite von Tschampig-Keller (Freiche) völlig massig. Im Vergleich zu den Grünschiefern sind sie auch viel gröberkörnig (besonders die Hornblende) und erhalten ziemlich viel Biotit. Nach PREISWERK und BADER gehören diese Gesteine ebenfalls zu den Grünschiefern mesozoischen Alters.

II. Beschreibung der Mineralfundstellen im Dolomit

Das Binnatal ist in naturwissenschaftlichen Kreisen seit langer Zeit schon weltbekannt. Es verdankt diese Berühmtheit in allererster Linie seinem ausserordentlichen Reichtum an schönen und seltenen Mineralien.

Jahr für Jahr pilgern Scharen von Leuten ins Binnatal und durchstreifen die Berge mit Hammer und Meissel, und jedes Jahr verlassen unzählige Mineralstufen das Tal und gelangen in alle Welt.

Diese Arbeit soll nur einen kleinen Teil der gesamten Mineralfundstellen umfassen, nämlich diejenigen, die in den verschiedenen Dolomit-Zügen gelegen sind. Im Dolomit liegt nun die Fundstelle, der das Binnatal einen grossen Teil seines Ruhmes verdankt: der Lengenbach. So soll denn auch die Beschreibung dieser Fundstelle an erster Stelle stehen.

Der Mineralgehalt der beschriebenen Fundstellen wird jeweils, zunächst ohne Berücksichtigung der Häufigkeit, in der Reihenfolge nach STRUNZ (1957) angeführt. Eine Angabe der ungefähren Häufigkeit erfolgt bei der näheren Beschreibung des Mineralgehaltes. Der genauen Untersuchung einer Anzahl von interessanten und seltenen Mineralien — vor allem Sulfosalzen und Sulfiden — ist ein eigenes Kapitel gewidmet.

1. Der Lengenbach

Koordinaten: 660.150/135.150.

Höhe ü. M.: 1660,6 m (Stollen-Niveau des „Engländerstollens“ bei Punkt B in der Fig. 7 (s. S. 620). Die Sohle der Grube liegt etwa 0,5—1 m, im Westen ca. 2 m tiefer (September 1963).

Die Mineralfundstelle am Lengenbach (der Name ist auf der Schweizerischen Landeskarte nicht angegeben; es ist der am weitesten östlich verlaufende Zufluss des Messerbachs) liegt knapp 1 km südöstlich vom Weiler Imfeld und ist zu Fuss vom Dorfe Schmidigenhäusern (Binn) in einer guten Stunde zu erreichen. Die Fundstelle liegt etwas oberhalb des Zusammenflusses von Lengenbach und Messerbach. Zur Zeit ist die Stelle schon von weitem sichtbar durch die grosse weisse Schuttdeponie, die während der neuen Ausbeutungsperiode seit 1958 aufgeschüttet worden ist.

Wir wollen hier auch noch kurz die historische Entwicklung der Lagerstätte streifen. Die ersten Arbeiten am Lengenbach reichen ins frühe 18. Jahrhundert zurück und sind eng verknüpft mit den damaligen Bergbauversuchen im Binnatal. Im Jahre 1728 beauftragte der Walliser Landrat den Landeshauptmann J.-G. Courten, einen Experten ausfindig zu machen, der die Eisenlagerstätten des Tales untersuchen und ausbeuten sollte. Im Verlaufe von zwei Jahren wurden dann die beiden Engländer Mandel und Aston für die Dauer von 10 Jahren verpflichtet. Die Arbeiten begannen im Jahre 1731, wobei ihr Interesse hauptsächlich den kleinen Eisenlagerstätten im Dolomit (Feldbach und wohl auch am Hölzerspitz) und im Gneis (Helsenhorn) galt. Daneben untersuchten sie

aber auch andere Lagerstätten, darunter den Lengenbach. Wohl aus dem Jahre 1731 stammt der grosse Suchstollen im Lengenbach, der heute allgemein als „Engländerstollen“ bezeichnet wird. Dieser Stollen diente wohl nur der Erschürfung des Vorkommens und nicht — wie oft angenommen wird — der Ausbeutung von Pyrit, da er ungefähr senkrecht zum Streichen der Schichten angelegt wurde und nicht etwa den pyritreichen Zonen folgte. Die Anwesenheit der beiden „Fremden“ war den Einheimischen von Anfang an ein Dorn im Auge, und sie versuchten mit allen Mitteln, die Regierung in Sitten dazu zu bringen, den Vertrag mit den zwei Fremden zu lösen. Der Landeshauptmann sah sich schliesslich gezwungen, dem Engländer Aston, der die Nachfolge Mandels angetreten hatte, den Rat zu geben, das Land zu verlassen, da er seines Lebens nicht mehr sicher sei.

Später wurden dann noch weitere Versuche gemacht, die Binner Erz-lagerstätten auszubeuten, sie scheiterten jedoch stets nach kürzerer oder längerer Zeit an der geringen Rentabilität.

Die wissenschaftlichen Untersuchungen der Lengenbacher Mineralien begannen in den dreissiger Jahren des letzten Jahrhunderts (CH. LARDY, 1833). In den folgenden Jahren beschäftigten sich zahlreiche namhafte Wissenschaftler aus ganz Europa mit der Erforschung der seltenen Mineralien (DESCLOIZEAUX, MARIGNAC, VOM RATH, BAUMHAUER, SOLLY und andere mehr). Vor allem der Engländer SOLLY widmete sich dieser Aufgabe mit unermüdlicher Energie, und er entdeckte auch die grösste Zahl an neuen Mineralien aus dem Lengenbach. Es ist deshalb ein ausgesprochen unverdientes Schicksal, dass sich ausgerechnet das von GAGARIN und CUOMO (1949) nach ihm benannte Mineral „Sollyit“ nur als eine innige Verwachsung von anderen Mineralkomponenten herausstellte (BÜRKI in NOWACKI et al., 1951).

Bei Bohrarbeiten im Jahre 1902 stiess der Strahler Franz Jentsch, unter dessen Leitung die Mineralausbeutung damals vor sich ging, unerwarteterweise auf den „Engländerstollen“ und glaubte zunächst, er hätte eine Riesenkluft entdeckt, da die Existenz des Stollens vollkommen in Vergessenheit geraten war. In der darauffolgenden Zeit wurde das Wasser des Lengenbaches durch den alten Engländerstollen abgeleitet, so dass dieser fast vollständig mit Schwemmsand ausgefüllt wurde und deshalb heute leider nicht mehr begehbar ist. Nach dem Tode von Franz Jentsch im Winter 1907/08 wurde die Arbeit im Lengenbach eine Zeitlang eingestellt, bis sie dann schliesslich durch eine Gruppe von Strahlern — darunter auch Anton Imhof, den Vater von Josef Imhof, dem heutigen Strahler — wieder aufgenommen wurde. Zu Beginn

dieses Jahrhunderts wurde eine Anzahl weiterer kleiner Stollen angelegt, die den mineralreichsten Zonen folgten. Die Spuren dieser Arbeiten sind heute wieder sichtbar, nachdem die Grube vollständig ausgeräumt worden ist.

Im Laufe der Zeit verfiel dann die Fundstelle; die Westseite wurde durch Abrutschen der Moränenbedeckung völlig verschüttet, und die ganze Grube wurde durch Unwetter und Lawinen mit Schutt, Holz und Steinblöcken langsam zugefüllt und bot schon in den Jahren, da H. BADER im Binnatal arbeitete (1930—1933), einen traurigen Anblick.

In Zusammenhang mit der Arbeitsbeschaffung wurde 1936 unter Prof. Dr. P. NIGGLI, dem damaligen Präsidenten der Schweizerischen Geotechnischen Kommission („Geotechnische Beratungsstelle“), ein Projekt zur Wiedererschliessung der Fundstelle ausgearbeitet. Anscheinend wurde jedoch nur eine Expertise gemacht, zu weiteren Arbeiten kam es wohl wegen des herannahenden Zweiten Weltkrieges nicht mehr.

Während der Kriegsjahre und der darauffolgenden Zeit arbeiteten nur noch der heutige Strahler des Binnatales, Josef Imhof, und seine Söhne in der Grube. Bis zu dieser Zeit war der Zerfall schon so weit fortgeschritten, dass nur noch die allerobersten Partien des Dolomites aus der Schuttbedeckung hervorragten. Dessenungeachtet fand Josef Imhof damals (1945) den bisher grössten und schönsten Realgarkristall (vgl. S. 766), der heute im Naturhistorischen Museum in Bern eine besondere Rarität darstellt.

In den fünfziger Jahren wurde dann vielerorts der Wunsch geäussert, dass die Grube wieder ausgeräumt und regelmässig darin gearbeitet werde. Auf Anregung von Dr. H. GROSSGLAUSER und dem damaligen Präsidenten der Kommission des Naturhistorischen Museums Bern, Rudolf von SINNER, wurde dann die „Bernische Arbeitsgemeinschaft Lengenbach“ gebildet, die sich zunächst aus dem Konzessionär der Grube, Josef Imhof, dem Naturhistorischen Museum Bern, dem Mineralogisch-Petrographischen Institut Bern und dem Bally-Museum Schönenwerd zusammensetzte. Nach einer Erweiterung im Jahre 1963 umfasste die „Arbeitsgemeinschaft Lengenbach“ folgende Mitglieder: Josef Imhof, Naturhistorisches Museum Bern, Mineralogisch-Petrographisches Institut Bern, Naturhistorisches Museum Basel, Dr. Häfliger von Basel und V. Sicher aus Gurtnellen. Im Sommer 1958 nahm man mit Hilfe eines Trax die Ausräumung der Grube in Angriff, wobei zunächst die rechte Bachseite des Lengenbaches vom Schutt befreit und gleichzeitig mit der Ausbeutung von Mineralien begonnen wurde. Nach der Vergrösserung der Arbeitsgemeinschaft wurde im Sommer 1963 nochmals ein Trax

eingesetzt und nun auch die linke Bachseite ausgeräumt, wobei zugleich auch die Sohle der Grube tiefer gelegt wurde. Bei diesen Ausräumungsarbeiten wurden auch die während früherer Ausbeutungsperioden erstellten kleinen Stollen wieder freigelegt (vgl. Fig. 5, S. 616). Wenn auch in sehr vielen Dolomitaufschlüssen des Tales Sulfosalz-Mineralien nachgewiesen werden konnten, so scheint der Lengenbach doch ein ausgesprochenes Maximum in der Intensität der Vererzung darzustellen, und es ist anzunehmen, dass die Menge der interessanten Sulfosalze gegen Westen und Osten allmählich abnimmt.

Die während der neuen Ausbeutungsperiode geförderten Mineralstufen wurden jeweils zunächst an Ort und Stelle untersucht und so gut als möglich nach morphologischen Eigenschaften bestimmt, sodann numeriert und katalogisiert. Am Berner Mineralogischen Institut wurden die besonders interessanten und vor allem die nur nach ihrer Morphologie nicht sicher bestimmbar Mineralien näher untersucht, wobei sich die Abteilung für Kristallographie und Strukturlehre (Leitung: Prof. W. NOWACKI) speziell der Kristallchemie und der genauen Strukturbestimmung der seltenen Sulfid-Mineralien widmete. Bisher sind gegen 3000 Mineralstufen nach Bern gelangt, wo sie an die Mitglieder der Arbeitsgemeinschaft verteilt wurden. Mit Ausnahme des nicht eindeutig gesicherten Pb-As-Sulfosalzes Liveingit (SOLLY und JACKSON, 1901) und des fraglichen Vorkommens von Ilmenit (LEWIS, 1913) konnten sämtliche früher beschriebenen Mineralien wieder gefunden werden. 1962 wurde ein etwas ungewöhnlich ausgebildetes Sulfosalz gefunden, bei dessen Untersuchung durch die Abteilung für Kristallographie sich herausstellte, dass es eine neue Mineralart darstellt, die zu Ehren des um den Lengenbach verdienten ehemaligen Präsidenten der Museumskommission Bern, Rudolf von Sinner, den Namen Sinnerit erhielt (MARUMO und NOWACKI, 1964).

Der Dolomit besitzt im Lengenbach die beträchtliche Mächtigkeit von ca. 240 m. Die Lage ist überkippt: im Liegenden folgen granatreiche Schiefer, die wohl jünger sind als der Dolomit und entweder als obere Trias (Quartenschiefer, Mächtigkeit über 30 m) oder als liasische Bündnerschiefer aufzufassen sind. Überlagert wird der Dolomit von biotitreichen Gneisen, die zu der penninischen Monte-Leone-Decke gehören. In der Grube selbst fällt der Dolomit mit etwa 80—85° gegen Süden ein, weiter südlich, beim Kontakt mit den Gneisen, liegt er etwas flacher (ca. 70°). Die Ausbildung des Dolomites ist im allgemeinen ausgesprochen zuckerkörnig, gegen den Gneiskontakt zu wird er jedoch kompakt und marmorartig. Die Farbe des Gesteins ist meist reinweiss, kann aber stel-

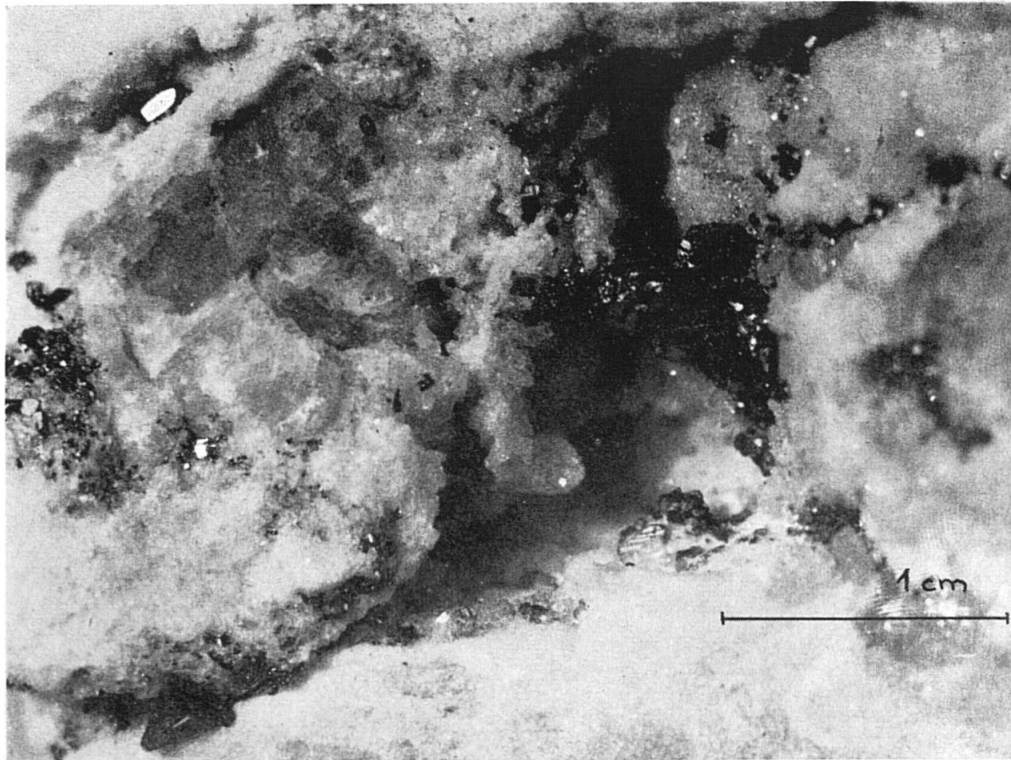


Fig. 2. Druse im Dolomit, mit Skleroklas, Pyrit etc. besetzt.



Fig. 3. Die Grube Lengenbach zu Beginn dieses Jahrhunderts. Links oben ist der Einbau in dem heute noch von Schutt bedeckten Teil der Grube zu sehen. Photo: Prof. W. J. LEWIS, freundlicherweise vom British Museum, London, zur Verfügung gestellt.



Fig. 4. Die Grube Lengenbach im Frühjahr 1958, vor Beginn der Ausräumungsarbeiten.

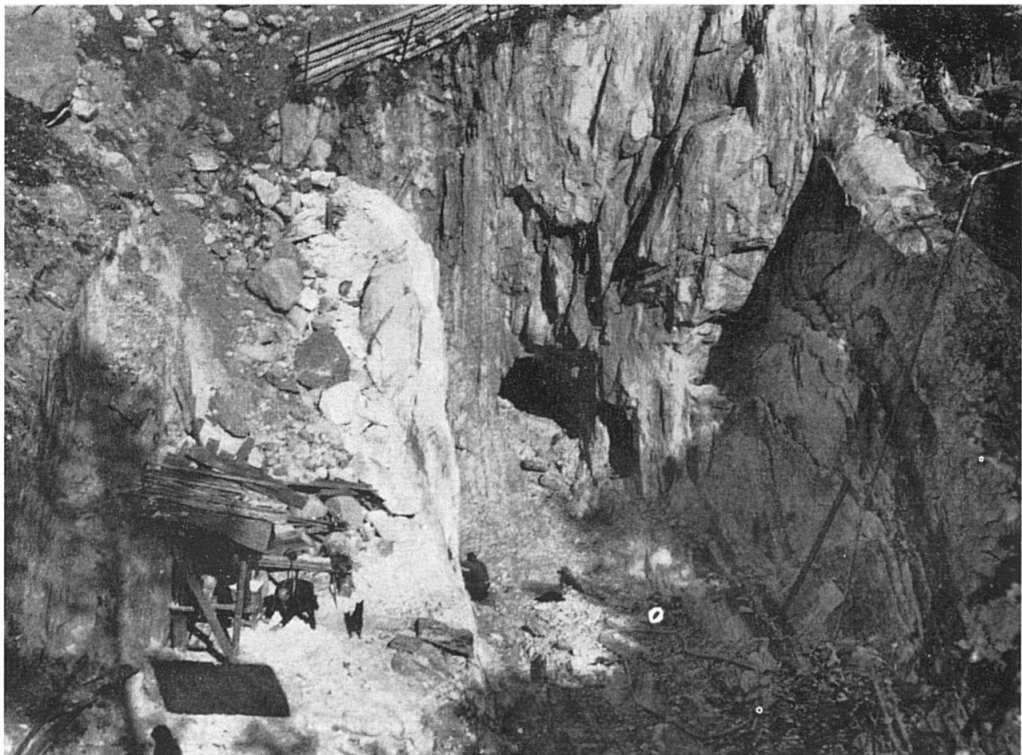


Fig. 5. Die Mineralfundstelle Lengenbach (Zustand im Sept. 1963), östlicher Teil der Grube. Rechts neben dem grossen Stolleneingang ist die Öffnung des „Engländerstollens“ sichtbar, dessen Sohle auf 1660,6 m ü. M. liegt.

lenweise deutlich blaugrau werden. Die Graufärbung des Dolomites wird durch ein dunkles Pigment verursacht. BADER (1934) untersuchte das Pigment und kam zu dem Schluss, dass es nicht Pyrit sei, sondern Kohle. Auch vom Autor wurden Untersuchungen an diesem Pigment angestellt. Zu diesem Zweck wurde eine möglichst stark gefärbte Probe des grauen Dolomites in HCl 1 : 1 gelöst und der Rückstand abfiltriert. Unter dem Mikroskop betrachtet besteht der Rückstand aus Quarz, Phlogopit und einem sehr feinkörnigen, schwarzen Material, das völlig opak ist. Dieses Material wurde hierauf — nach JÄGER und STRECKEISEN (1958) — mit 10 Teilen Al_2O_3 verdünnt und auf der Apparatur für Differential-Thermo-Analysen (DTA) untersucht, wobei mir Herr Dr. Tj. Peters behilflich war. Die Probe wurde bis auf 900°C aufgeheizt; die Aufheizgeschwindigkeit betrug dabei $10^\circ\text{C}/\text{Minute}$. Die Aufnahme zeigte eine charakteristische exotherme Wärmereaktion mit dem Maximum bei 675°C ; der Verlauf der Kurve ist gut symmetrisch. Diese exotherme Reaktion ist mehr oder weniger charakteristisch für Kohlenstoff, allerdings zeigt auch Pyrit einen ähnlichen Effekt (infolge Oxydation), doch ist der Verlauf der Kurve von Pyrit deutlich verschieden, zudem wurde mikroskopisch und röntgenographisch festgestellt, dass die Probe praktisch frei von Pyrit war. JÄGER und STRECKEISEN (1958) bestimmten bei ihren Kohlenstoffnachweisen — auf derselben Apparatur — folgende Verbrennungstemperaturen:

Anthrazit (Vignonepass)	= 555°C (2% C in Al_2O_3)
Graphit (Ceylon)	= 855°C (2% C in Al_2O_3)

Bei der Untersuchung von graphithaltigen Gesteinsproben vom Simplon (Kohlenstoffgehalte 1—3%) erhielten die beiden Autoren den exothermen Effekt für Graphit jedoch schon bei 650°C . Die Pigmentprobe des Lengenbacher Dolomites wurde hierauf durch Schweretrennung noch weitgehend von Verunreinigungen (Quarz, Phlogopit) befreit und röntgenographisch mit der Pulverkamera untersucht. Auf der Aufnahme liessen sich jedoch neben den vorhandenen schwachen Quarzlinien keine sicheren Graphitlinien feststellen. Möglicherweise liegt der Kohlenstoff noch nicht als gut kristallisierter Graphit vor.

Die Sulfosalze wie auch die meisten übrigen Mineralien sind einerseits derb im Gestein eingeschlossen, anderseits, wo Hohlräume vorlagen, darin sehr gut auskristallisiert. Bei den Hohlräumen handelt es sich fast ausnahmslos um Drusen, die offenbar durch zirkulierende Lösungen gebildet worden sind. Die Form der Hohlräume ist nicht einheitlich, meistens etwas langgestreckt (vgl. Fig. 2); ihr Inhalt kann im Maximum

Mineralassoziation

Sulfosalze und Sulfide	Oxyde
Zinkblende	o Ilmenit
Tennantit (Binnit)	Quarz
Wurtzit	Rutil
+ Sinnerit	
Bleiglanz	Karbonate
+ Smithit	Calcit
+ Trechmannit	Dolomit
Seligmannit	Malachit
+ Hatchit	Cerussit
Hutchinsonit	
+ Marrit	Sulfate (Molybdate)
+ Skleroklas (Sartorit)	Baryt
+ Baumhauerit	Wulfenit
o+ Liveingit	
+ Rathit I	Phosphate
+ Rathit II	Hamlinite
Dufrénoysit	Apatit
+ „fasriges Sulfosalz“	
+ Lengenbachit	Silikate
Jordanit	Turmalin
Proustite	Muskowit
Xanthokon ¹⁾	Phlogopit
Pyrit	Fuchsit
Markasit ²⁾	Albit
Arsenkies	Adular
Molybdänglanz-3 R	Hyalophan
Realgar	Skapolith
Auripigment	

+ = bisher nur im Binnatal nachgewiesen.

o = konnte in der neuen Ausbeutungsperiode noch nicht gefunden werden.

¹⁾ = NOWACKI et al. (1964b).

²⁾ = mündliche Mitteilung von Prof. Nowacki.

über 1 dm³ betragen. Bei der Bildung der Drusen wurde ein Teil des dabei herausgelösten Dolomitmaterials jeweils in den entstandenen Hohlräumen wieder abgesetzt und bildete hier grössere gelbliche Dolomitkörner; in dem restlichen Hohlraum konnten dann die übrigen Mineralien auskristallisieren. Die zirkulierenden Wässer stiegen vorzugsweise entlang den natürlichen Schichtungsflächen empor, der Absatz der Erze erfolgt jedoch nicht immer streng konkordant zur Schichtung. Es scheint, dass die Erzbänder im allgemeinen die Tendenz haben, etwas flacher gegen Süden einzufallen als die Schichtung. Zerrklüfte, die durch

Bewegungen im Gestein entstanden sind, treten eher selten auf. Im südlichen Teil der Grube wurden mehrere senkrecht zur Streichrichtung stehende Klüfte von zum Teil beträchtlicher Grösse (einige dm³ Inhalt) gefunden, die hauptsächlich mit kleinen Realgar-Kristallen besetzt waren.

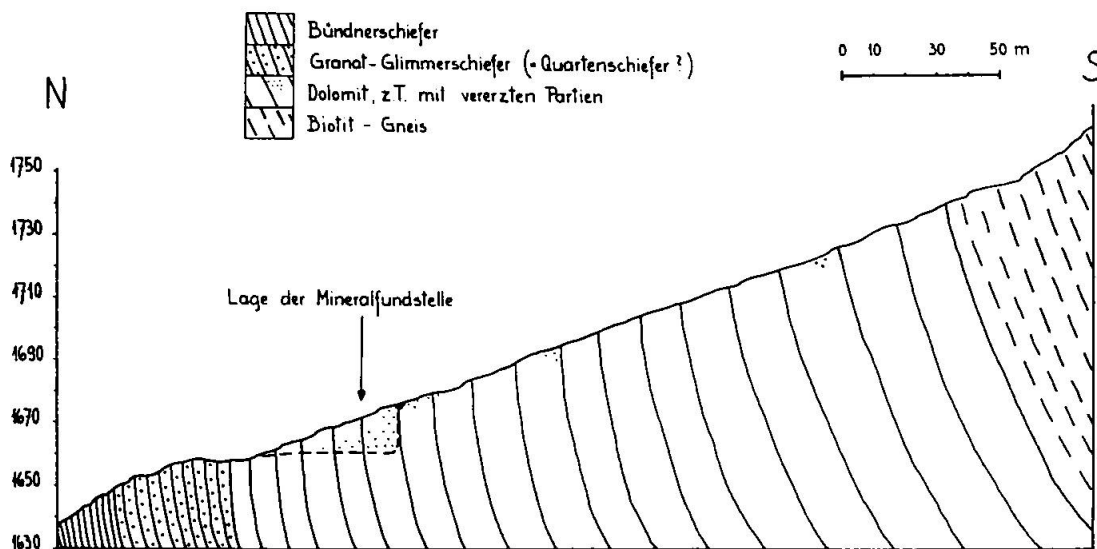


Fig. 6. Profil durch den Dolomit entlang des Lengenbaches.

Die Verteilung der Mineralien auf das gesamte Dolomitprofil ist recht unterschiedlich. Es gibt sich folgende Grossunterteilung (vgl. Fig. 6):

- im Norden, beim Kontakt mit den fraglichen Quartenschiefern ist der Dolomit reich an Phlogopit und enthält daneben etwas Pyrit und Rutil. Andere Erzminerale treten nicht auf. Diese mineralarme Zone reicht ca. 20—30 m gegen Süden.
- südlich daran anschliessend folgt die Hauptvererzungszone, in der die bekannten Sulfosalzminerale vorkommen. Die Mächtigkeit dieser Zone ist nicht sicher anzugeben, da die Erstreckung gegen Süden nicht bekannt ist. Mit dem Abbau wurde stets bei dem kleinen Wasserfall, der die Grube gegen Süden abschliesst, aufgehört, obwohl deutliche Anhaltspunkte vorliegen, dass auch südlich des Wasserfalles interessante Mineralien gefunden werden können.
- noch weiter gegen Süden folgen dann harte, marmorartige Dolomitschichten, die — nach Untersuchungen an der Oberfläche — neben den üblichen Mineralien wie Dolomit, Calcit, Phlogopit etc. nur wenig Pyrit, Rutil, Bleiglanz, Jordanit und Fahlerz enthalten.

Die eigentliche Fundstelle Lengenbach liegt also im südlichen jüngsten Teil des Dolomites. Nach den Beobachtungen, die seit der Wieder-

erschliessung im Sommer 1958 gemacht wurden, ergibt sich auch in der Hauptvererzungszone eine deutliche Gliederung. Bei der Katalogisierung der Mineralien wurden — soweit dies möglich war — jeweils die Fundpunkte notiert und auf einem Plan eingetragen (Fig. 7). Dieser Plan entspricht einigermaßen der Skizze nach SOLLY im Buche von

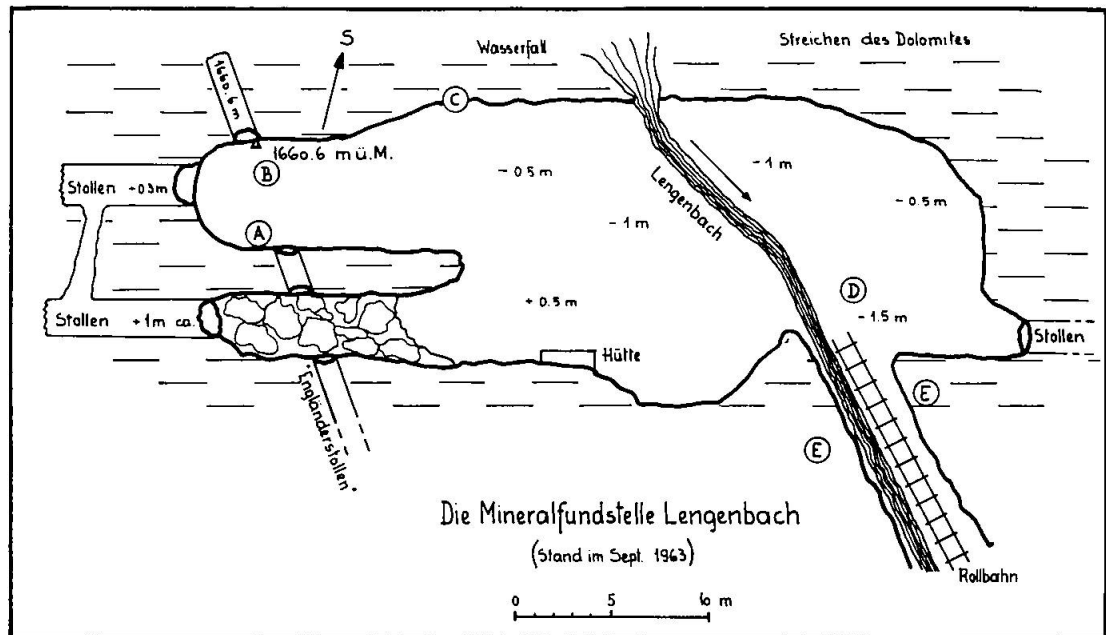


Fig. 7. Plan der Fundstelle Lengenbach, aufgenommen im September 1963.

DESBUISSONS (1909), doch scheint dabei das Streichen des Dolomites falsch eingetragen zu sein. Im Laufe der Zeit liess sich dann eine deutliche Ortsabhängigkeit der Mineralien erkennen. In der eigentlichen Fundstelle kann man etwa folgende Verteilung der Mineralien feststellen (vgl. Fig. 7):

- im nördlichsten vererzten Teil, nordwestlich der Punkte E konnten wir an Erzmineralien — neben Pyrit — nur Bleiglanz finden.
- etwas weiter gegen Süden, bei den Punkten E, tritt dann, meist noch zusammen mit Bleiglanz, Jordanit auf. In diesen Teilen des Dolomites konnten wir nie eine Spur Realgar entdecken.
- Lengenbachit, Jordanit, Seligmannit, Marrit etc. wurden im Sommer 1963 in zahlreichen Exemplaren bei Punkt D gefunden.
- in der ersten Zeit nach 1958 wurde zu einem grossen Teil in der Zone um Punkt A gearbeitet, wo vor allem Realgar, Skleroklas, Baumhauerit, Zinkblende auftreten.

- etwa bei Punkt B konnten die meisten Hutchinsonite, dazu Realgar, Skleroklas, Rathit I und Rathit II, Binnit gefunden werden; aus dieser Region stammt auch der Hatchitfund.
- bei Punkt C, in der steilen Wand unter dem Wasserfall tritt massenhaft Arsenkies als gesteinsbildendes Mineral auf.

Trägt man nun in einem Diagramm die chemische Zusammensetzung der Sulfidminerale in Atomprozenten auf (Fig. 8), so zeigt es sich, dass der As-Gehalt der Sulfosalze von Nordwesten gegen Südosten zunimmt, indem bei den Punkten E nur As-arme bis As-freie Mineralien vorkommen, während die As-reichsten vor allem bei den Punkten A, B und C auftreten (Fig. 7). Es ist natürlich denkbar, dass sich analog dazu eine Zunahme des As-Gehaltes nach der Tiefe feststellen liesse. Da aber die Höhendifferenzen des jetzigen Abbaues kaum einige Meter betragen, können wir hierüber vorläufig noch keine Angaben machen.

BADER (1934) und andere Autoren unterteilten die vererzte Partie des Dolomites in drei verschiedene Zonen:

- Zone unterhalb des Wasserfalls, auf der rechten Bachseite,
- Zone ca. 15 m weiter nördlich, unter dem Bach,
- Zone auf der linken Bachseite, nahe der vorigen Zone.

Unserer Ansicht nach wäre es jedoch besser, den ganzen vererzten Teil des Dolomites als eine einzige Zone zu betrachten, denn innerhalb dieser Region gibt es keine völlig erzfreien Schichten, die eine solche Gliederung rechtfertigen würden. Sogar die in früheren Ausbeutungsperioden als unergiebig stehen gelassene Dolomitrippe in der Mitte der Grube lieferte im Sommer 1961 mehrere sehr schöne Mineralien.

Die mineralogischen Arbeiten im Lengenbach um die Jahrhundertwende herum galten fast ausschliesslich den Mineralien, nicht aber der Grube selber, so dass heute leider verhältnismässig wenig genaue Angaben über die Fundpunkte der früher ausgebeuteten Mineralien vorliegen. Eine Beschreibung der Grube findet sich bei ZELLER (1895), der angibt, dass in der nördlichen Region hauptsächlich Bleiglanz, Zinkblende, Jordanit, Tennantit und Skleroklas gefunden wurden, Realgar jedoch nur in den weiter südlich gelegenen Partien. Weiter befasst sich hauptsächlich SOLLY (1899 und 1907) mit der Fundstelle, von dessen Arbeiten wir jeweils leider nur kurze Referate finden konnten. Die Angaben von DESBUISSONS (1909) sind manchmal etwas unklar, stimmen aber mit unseren Beobachtungen im grossen und ganzen überein. Auch BADER (1934), der bei seinen Untersuchungen im Binnatal die Fund-

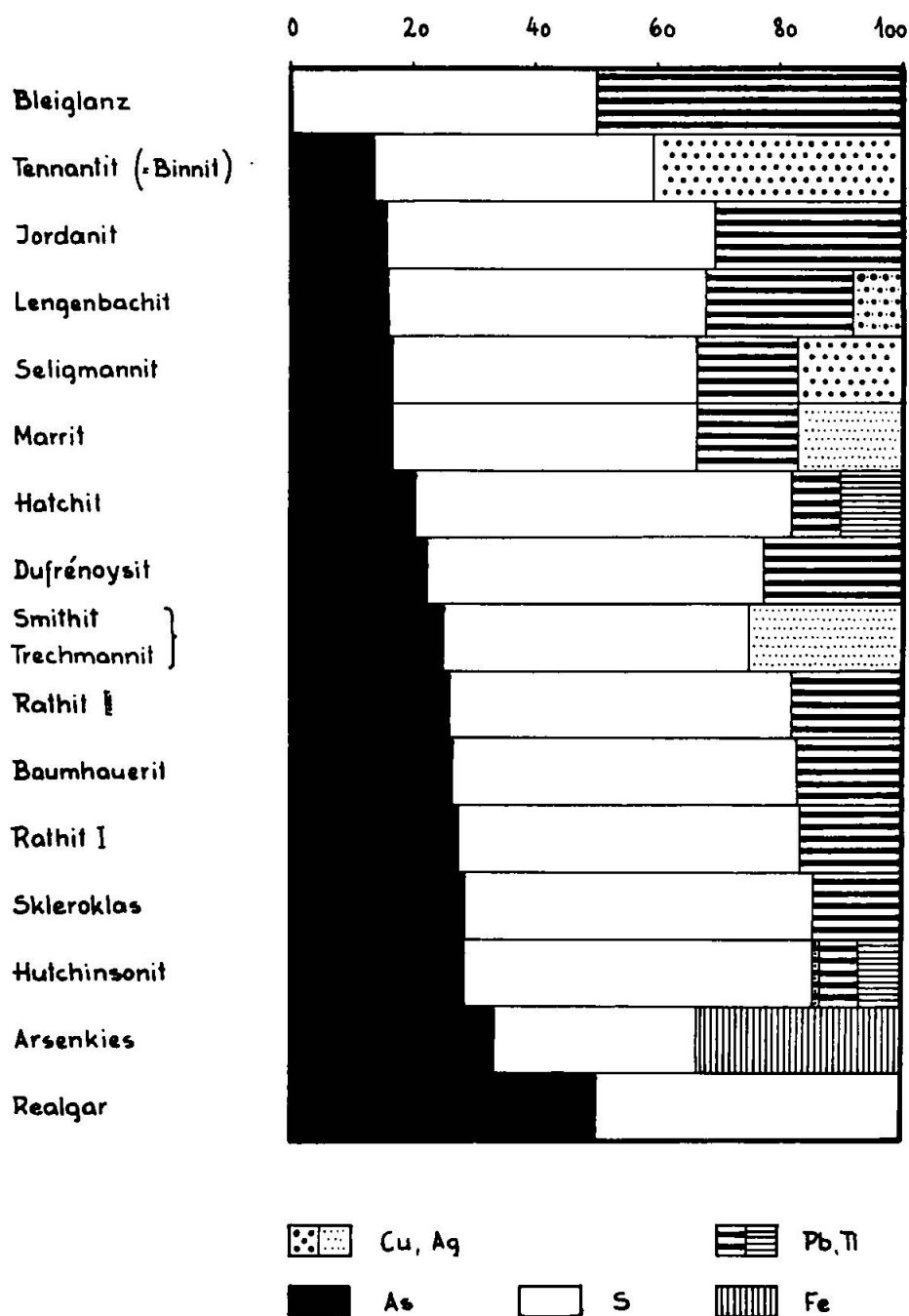


Fig. 8. Chemische Zusammensetzung einiger Sulfosalze und Sulfide (dargestellt in Atom%).

stelle Lengenbach schon in äusserst schlechtem Zustand vorfand, gibt unter anderm an, dass Jordanit und Bleiglanz in der nördlichsten Zone am häufigsten waren.

Eine Erklärung für diese selektive Verteilung der Erzminerale folgt weiter unten (Teil IV).

Die Angabe der Häufigkeit (Reihenfolge der Menge) der Mineralien ist schwierig und ungenau. Für den bisher abgebauten und untersuchten Teil des Dolomites (an neuen Stellen durchgeführte Arbeiten können diese Angaben wieder völlig verändern) innerhalb der Hauptvererzungszone kann man unter den Sulfosalzen und Sulfiden etwa diese Reihenfolge angeben: Pyrit, Zinkblende, Realgar, Skleroklas, Arsenkies, Tennantit, Rathit I, Rathit II, Auripigment, Bleiglanz, Jordanit, Dufrénoysit, Baumhauerit, Lengenbachit, Hutchinsonit, Seligmannit, Wurtzit, Wulfenit, Molybdänit-3R, Proustit, Xanthokon, Marrit, Trechmannit, Smithit, Markasit, Sinnerit, (Liveingit).

Bei dieser Häufigkeitsangabe konnte das stellenweise massenhaft auftretende derbe Erzmaterial, bei dem es sich in den meisten Fällen um Rathit II oder Jordanit handelt, nicht berücksichtigt werden, da es morphologisch meistens nicht mit Sicherheit bestimmbar ist. Die Sulfosalze sind häufig sehr eng miteinander verwachsen, und zwar sind es meistens solche Mineralien, die einen ähnlichen Arsengehalt besitzen, zum Beispiel sind Jordanit und Bleiglanz, oder Jordanit, Lengenbachit und Seligmannit, oder Skleroklas, Rathit, Baumhauerit etc. oft auf derselben Stufe vertreten. Über die Sulfidmineralien soll hier weiter nichts gesagt werden, da die meisten von ihnen in einem speziellen Abschnitt genau beschrieben werden (Teil III A). Sehr interessant ist die Ausbildung des massenhaft auftretenden Pyrites: sie zeigt eine deutliche Abhängigkeit von der Art der Begleitmineralien.

Bei den nicht-sulfidischen Mineralien dürfte die Reihenfolge der Häufigkeit etwa so liegen: Dolomit, Calcit, Muskowit, Phlogopit, Baryt, Quarz, Hyalophan, Adular, Turmalin, Rutil, Hamlinite, Fuchsit, Malachit, Apatit, Albit, Skapolith.

Auch diese Mineralien sollen, soweit sie nicht hier behandelt werden, in einem eigenen Abschnitt beschrieben werden (Teil III).

Dolomit ist, wie nicht anders zu erwarten, das häufigste Mineral überhaupt. Er ist in jedem Hohlraum vertreten; wo Dolomit mit Sulfosalzen assoziiert ist, sind die Kristalle meist klein. Die grössten Kristalle können über 1 cm im Durchmesser erreichen. *Calcit* findet sich in gelbbraunen bis farblosen, selten schwach grünlichen Kristallen, die 3—4 cm lang werden können. Die Hauptform ist stets das Skalenoeder, dessen Kanten meistens stark gerundet sind. *Baryt* ist recht häufig und tritt in mehreren verschiedenen Typen auf. Oft findet man farblose, glasklare Kristalle (bis 5 mm Durchmesser) von pseudokubischem Habitus, die sehr flächenreich sind. Gross ausgebildet sind vor allem die Formen {110}, {001} und {102}. Daneben treten bis 5 mm lange rhombenförmige

Kristalle auf, die nach (001) abgeplattet sind. Eine Besonderheit dieses Typs ist, dass er stets zonarggebaut ist, wobei der durchsichtige Kern von einem helleren, undurchsichtigen Rand umgeben ist. Ein dritter Typ findet sich in länglichen, nach [100] gestreckten und nach [001] abgeflachten Kristallen, die oft schwach blau gefärbt sind. Dieser Typ kann annähernd 1 cm lang werden. *Quarz* zeigt oft die durch Ausbildung steiler Rhomboeder hervorgerufene zugespitzte Form des „Tessiner Habitus“ (PARKER, 1963) und besitzt oft Einschlüsse von Sulfosalzen. Es wurden bis 5 cm lange Kristalle gefunden. *Hyalophan* lässt sich morphologisch nicht von *Adular* unterscheiden. Das beste Mittel zur Unterscheidung ist die Bestimmung der Lichtbrechung, die aber — infolge variierendem Ba-Gehalt — sogar am gleichen Kristall wechseln kann. An einem grossen *Hyalophan* wurde die Lichtbrechung für $n_Y = 1,542$ (Na_D -Licht) bestimmt. Nach WINCHELL (1951) ist das ein *Hyalophan* mit ca. 22 Mol% *Celsian*. *Hyalophan* kann bis gegen 2 cm lang werden. *Rutil* besitzt oft eine sehr interessante Form: er ist häufig rein bipyramidal ausgebildet, wobei die Prismenflächen manchmal nur angedeutet sind. Diese Form scheint hauptsächlich im südlichen Teil der Grube aufzutreten, gegen den nördlichen Rand zu wurden wieder die bekannten langstengeligen Kristalle gefunden. Die bipyramidalen *Rutil*-kristalle dürften im Maximum einen Durchmesser von 2—3 mm erreichen. *Apatit* wurde vom Autor zum ersten Mal im Lengenbach entdeckt. Es sind wasserklare, flächenreiche Kristalle, die bis gegen 3 mm gross werden. *Albit*, der früher sehr selten gefunden wurde, kam auf mehreren Stufen zum Vorschein; es sind kleine, milchigweisse Kristalle (bis 2 mm lang), die im allgemeinen wohl unverzwilligt sind. *Skapolith* wird schon von DESBUISSONS (1909) ohne nähere Angaben erwähnt. Er ist selten und tritt in stark zersetzten weissen Stengeln (bis mehrere cm lang) mit manchmal deutlich erkennbarer tetragonaler Ausbildung auf.

Der Lengenbach scheint die am stärksten vererzte Fundstelle im Dolomit des Binnatales zu sein. Im Unterschied zu den meisten übrigen Fundstellen des Tales ist der Lengenbach eine ausgesprochene As-Lagerstätte; es werden fast ausschliesslich As-haltige Sulfosalze gefunden. Sb tritt nur an der Peripherie des Vorkommens auf und nur in sehr kleinen Mengen, zum Beispiel in *Jordanit* und *Fahlerz* (*Tennantit*; siehe S. 681, 749) sowie in *Lengenbachit* (HUTCHINSON, 1907) und *Seligmannit* (PRIOR, 1910). Merkwürdig ist das scheinbar vollständige Fehlen von *Fluorit* im Lengenbach, der sonst an sehr vielen Fundstellen des Tales nachgewiesen worden ist, zum Teil in beträchtlichen Mengen.

Gewisse Ähnlichkeiten mit dem Lengenbach, zumindest in bezug auf

die Mineralführung dürfte die Lagerstätte Wiesloch/Baden in Deutschland besitzen (SEELIGER, 1954), wo unter anderm auch Hutchinsonit gefunden wurde. Die Zusammenhänge zwischen den beiden Lagerstätten sollen bei der Erklärung der Genese (Teil IV) erörtert werden.

Die anfänglich überraschend grosse Zahl von Mineralien, die auf den Lengenbach beschränkt waren, ist einerseits durch genauere Untersuchungen anderer Fundstellen, anderseits durch die Weiterentwicklung der wissenschaftlichen Apparate, wodurch auch an winzigen Mineralproben eindeutige Bestimmungen möglich wurden, stark zurückgegangen und wird wohl in Zukunft noch weiter abnehmen. Immerhin sind heute noch mindestens 10 verschiedene Mineralarten nur aus dem Lengenbach bekannt. Nachdem die Fundstelle endlich aus ihrem annähernd 50jährigen Dornröschenschlaf erweckt wurde, besteht auch die recht grosse Wahrscheinlichkeit, dass weitere neue Mineralien entdeckt werden, vor allem, wenn man auch im Lengenbach auf Bi-haltige Sulfosalze stösst, die ja an einer anderen Fundstelle im Binnatal schon gefunden worden sind (GRAESER, 1963). Es bestehen deutliche Anhaltspunkte dafür, dass man Bi auch im Lengenbach finden kann — eventuell in grösserer Tiefe oder auch südlich des kleinen Wasserfalles. Es ist deshalb zu hoffen, dass die Arbeiten auch in Zukunft fortgesetzt werden und vor allem, dass möglichst grossflächig abgebaut wird und nicht nur an Stellen, wo schon vor 50 Jahren ausgebeutet worden ist.

Auf alle Fälle wird der Lengenbach seine internationale Geltung bewahren und auch weiterhin Mineralogen aus aller Welt begeistern können.

2. Der Messerbach

Koordinaten: a) 660.060/135.100	b) 660.075/135.000
Höhe ü. M.: a) 1650 m	b) 1660 m

Der Messerbach ist der westlichste und grösste der drei Bäche, die sich hier zu einem grossen Bach vereinigen. Er nimmt zunächst den Schwarzenbach und weiter unten den Lengenbach auf. Von historischem Interesse ist ein sogenannter „Kalkofen“, der sich auf dem linken Ufer des Messerbachs befindet. Bis vor ungefähr 40—50 Jahren wurde vielerorts im Binnatal der Dolomit zu „Kalk“ gebrannt und als Mörtel verwendet. Bei vielen der grösseren Dolomitaufschlüsse sind noch Überreste solcher Kalköfen zu sehen, doch dürfte dieser wohl am besten erhalten sein. Dass ENGELMANN (1877) diesen Kalkofen als Hochofen ansah, der zur Verhüttung der im Lengenbach gewonnenen Erze diente, ist erstaunlich, denn erstens gab es im Binnatal zur Verhüttung besser ge-

eignete Erze als die des Lengenbachs und zweitens befand sich höchst wahrscheinlich ein kleiner Hochofen im Längtal, auf halbem Weg nach Heilig-Kreuz (Kohlplatz)¹⁾.

Durch den Messerbach wird sozusagen das gesamte Profil des Dolomites freigelegt. Da der Dolomit hier die genaue Fortsetzung des Lengenbacher Zuges gegen Westen darstellt, war es von besonderem Interesse, nachzuprüfen, ob hier auch noch Sulfosalze auftreten und vor allem, was für Arten gefunden werden können. Nachdem dieser Aufschluss nur etwa 100—150 m westlich vom Lengenbach liegt, konnte mit einiger Wahrscheinlichkeit angenommen werden, dass auch hier Sulfosalze vorkommen. Wenn die Feststellung von GRUSČA (1930):

„Die Lagerstätte (Lengenbach) steht vollständig isoliert da, die sie charakterisierende Mineralisation konzentriert sich auf einen kleinen Teil der dolomitischen Zone ...“

zutraf, so wäre die Sulfosalz-Vererzung ein äusserst merkwürdiges und kaum erklärliches Phänomen.

Da im Lengenbach die Sulfosalz-Vererzung auf den jüngsten Teil des Dolomites beschränkt ist, war es naheliegend, auch im Messerbach zunächst die nördlich gelegenen Partien zu untersuchen. Nach eingehendem Suchen konnte eine kleine Anzahl von Sulfosalzen gefunden werden.

Im nördlichen Teil des Aufschlusses — der die direkte Fortsetzung der vererzten Schichten des Lengenbaches darstellt — besitzt der Dolomit dieselbe zuckerkörnige Ausbildung wie im Lengenbach und enthält zahlreiche kleine Drusen (Grössenordnung einige cm³), hingegen praktisch keine Klüfte. Gegen den Gneiskontakt im Süden wird der Dolomit viel kompakter und besitzt viele verhältnismässig grosse Klüfte, deren Hohlraum mehrere Liter betragen kann. Diese beiden Teile des Aufschlusses werden getrennt behandelt, da ihre Paragenesen völlig verschieden sind.

Die Grossgliederung ist im Messerbach, wie nicht anders zu erwarten war, sehr ähnlich wie im Lengenbach. Sulfosalze konnten nur im nördlichsten Teil des Dolomites gefunden werden, während der südlichere Teil neben Bleiglanz, Pyrit, Rutil etc. keine Erzminerale mehr enthält.

a) In den nördlichsten 50 m des Aufschlusses konnten — analog zum Lengenbach — mehrere Sulfosalz-Mineralien gefunden werden. Ganz im Norden stehen dieselben graublauen Schichten an wie im Lengenbach; in diesen scheint Tennantit verhältnismässig häufig zu sein.

¹⁾ Vgl. die Karte von G. WALSER: „Vallesia superior ac inferior“, Norimbergae, 1768.

Mineralassoziation

Sulfosalze und Sulfide	Sulfate
Zinkblende	Baryt
Tennantit	Phosphate
Bleiglanz	Apatit
Seligmannit	Silikate
Jordanit	Turmalin
Pyrit	Muskowit
Oxyde	Phlogopit
Quarz	Albit
Rutil	Adular
Anatas	
Karbonate	
Calcit	
Dolomit	
Malachit	

Am interessantesten in dieser Region ist der rechtsufrige Abhang, von wo die meisten der gefundenen Sulfosalzproben stammen. Die Paragenese, nach Menge geordnet, ist hier etwa diese: Dolomit, Calcit, Muskowit, Phlogopit, Quarz, Pyrit, Zinkblende, Rutil, Baryt, Bleiglanz, Tennantit, Malachit, Jordanit, Seligmannit.

Muskowit ist in Drusen und im Gestein enthalten, wo er von dem zum Teil ebenfalls annähernd farblosen Phlogopit nur nach seinen optischen Eigenschaften unterschieden werden kann. Am Muskowit vom Messerbach wurden folgende Daten bestimmt: $n_Y = 1,586$ (für NaD -Licht) und $2V_X = 46^\circ$. *Zinkblende* kommt vor in Gängchen im Dolomit und als recht schöne Kristalle von hellgelber Farbe in Hohlräumen, oft zusammen mit Tennantit. *Rutil* ist nicht sehr häufig, ist stets gut ausgebildet und besitzt einen kurzprismatischen Habitus. *Baryt* ist identisch mit dem merkwürdigen gelblichen, zonargebauten Typus vom Lengenbach (vgl. S. 624). *Tennantit* ist nicht besonders selten. Er ist im allgemeinen gut kristallisiert, aber stets als reine Tetraeder und nie in der kugeligen Ausbildung wie diejenigen vom Lengenbach. Wo das Fahlerz längere Zeit der Verwitterung ausgesetzt war ist es von einer Malachitschicht überzogen. Von *Jordanit* wurde ein ziemlich grosser Kristall gefunden, der — vor Entnahme der Proben für die röntgenographische Untersuchung, Spektralanalyse und Erzanschleiff die — beträchtliche Grösse von $8 \times 11 \times 2$ mm besass. Er ist mit einer braunen Verwitterungsschicht überzogen; nach Entfernung dieser Schicht kam jedoch das absolut frische Material zum Vorschein mit grauschwarz-

glänzender Bruchfläche. Die Zwillingslamellen sind im frischen Bruch nur undeutlich zu erkennen. *Seligmannit* ist — wie auch im Lengenbach — ein seltenes Mineral. Wir fanden nur eine Stufe mit *Seligmannit*, der keine guten Kristallformen besitzt. Das Mineral ist eng mit *Jordanit* verwachsen. Die Bruchflächen sind teilweise mit Anlauffarben überzogen.

b) Weiter gegen Süden zu, bis zum Kontakt mit dem überlagernden Gneis, scheinen keine Sulfosalze mehr aufzutreten. Nahe beim Gneiskontakt — etwa 20 m nördlich davon — ist auf der linken Seite des Messerbaches der Dolomit wieder sehr gut aufgeschlossen. Von dieser Stelle dürfte der 4 cm grosse Szepterquarz stammen, den BADER (1934) fand und genau beschrieb. Die Paragenese in diesem Aufschluss ist, nach Häufigkeit geordnet: Dolomit, Calcit, Muskowit, Phlogopit, Quarz, Turmalin, Albit, Pyrit, Adular, Rutil, Apatit, Bleiglanz, Anatas.

Dieser Aufschluss liefert wohl die schönsten *Dolomit*-Kristalle im Binnatal; sie werden über 3 cm gross und sind von einer ausserordentlichen Klarheit. Die Kluftwände sind meistens dicht besetzt mit *Dolomit*-Kristallen, die fast ausnahmslos verzwillingt sind. Auch von *Calcit* kann man schöne und grosse Kristalle finden (über 2 cm lang). Es sind stets steile Skalenoeder, die oben durch kleine Rhomboederflächen abgestumpft sind. Die Kanten sind stark gerundet, wodurch die Kristalle einen tonnenförmigen Habitus erhalten. *Quarz* ist nicht sehr häufig und selten gross; der ausserordentlich schöne Szepterquarz von BADER (4 × 2,5 cm) dürfte eher eine Seltenheit darstellen. *Turmalin* findet sich in merkwürdigen, manchmal mehrere cm langen, haardünnen Nadeln von blassgrüner Farbe. Die Lichtbrechung dieses Turmalins beträgt für $n_O = 1,637$ (Na_D-Licht) und entspricht somit den meisten Turmalinen von den übrigen Fundstellen. Nach der Lichtbrechung handelt es sich um einen Dravit mit ca. 20—30 Mol% Uvit (WINCHELL, 1951). *Albit* ist überraschend häufig und bildet durch vielfache Verwachsungen recht grosse Aggregate. BADER (1934) bestimmte daran im Dünnschliff einen Anorthitgehalt von 5%. *Adular* kommt in grossen Kristallen vor. An einem Kristall wurde die Lichtbrechung bestimmt; sie beträgt für $n_Z = 1,525$; es handelt sich also um reinen Adular, ohne Ba-Gehalt (in dem südlichen Aufschluss konnte auch kein Baryt gefunden werden). *Apatit* ist sehr selten, es wurde nur ein Kriställchen von ca. 1 mm Grösse entdeckt, da es infolge seines diamantartigen Glanzes auffiel. Es ist von flachprismatischer Ausbildung mit grosser Basis; ist flächenreich und ausgezeichnet kristallisiert. Etwas ungewöhnlich ist das Vorkommen von *Anatas* im Dolomit, erklärt sich aber durch den Umstand, dass

Anatas von derselben Ausbildung (spitzpyramidale Form, gelbbraune Farbe) in Klüften des direkt südlich folgenden Gneises recht häufig ist. Die Anatase werden hier im Dolomit kaum grösser als 0,5—1 mm. Ein analoges Auftreten von Anatas wurde weiter östlich entdeckt (Halsen).

Die Fundstelle am Messerbach trägt noch deutlich die Züge der Verwandtschaft mit dem Lengenbach. Untersucht man die Paragenese aber genau, so ergeben sich ausserordentlich charakteristische Unterschiede. Von der im Lengenbach so zahlreichen Gruppe der Sulfosalze finden wir hier offenbar nur drei Vertreter: Tennantit, Jordanit und Seligmannit. Aus der Fig. 8 (S. 622) erkennt man sofort, dass es sich bei diesen drei Mineralien um diejenigen Glieder der Sulfosalzgruppe mit dem niedrigsten As-Gehalt handelt — abgesehen vom Lengenbachit, der ohnehin einen Spezialfall darstellt. Hiezu tritt noch eine weitere äusserst wichtige Tatsache: alle drei der genannten Mineralien können das As gegen Sb austauschen und so eine mehr oder weniger lückenlose Mischkristallreihe bilden: Tennantit-Tetraedrit, Jordanit-Geokronit, Seligmannit-Bournonit. An Tennantit und Jordanit wurde der Gehalt an Sb_2S_3 spektralanalytisch bestimmt (s. S. 681, 749).

Zusammenfassend lässt sich also im Vergleich zum Lengenbach das Folgende feststellen: im Messerbach überwiegt As noch stark gegenüber Sb, doch reicht die Menge an As nur noch zur Bildung von Sulfosalzen mit geringem As-Gehalt (bezeichnenderweise konnte hier nie Realgar gefunden werden). Während im Lengenbach Sb gegenüber As nur in Spuren vorhanden ist, tritt es hier schon in grösseren Mengen auf. Wenn BADER (1934) schreibt, dass — nach Aussagen von Strahlern — am Messerbach auch Skleroklas gefunden worden sein soll, so handelt es sich dabei höchstwahrscheinlich um eine Falschbestimmung — was bei dem meist stark verwitterten Zustand der Mineralien im Messerbach sehr leicht möglich ist — da von den Binner Sulfosalzen der Skleroklas ausgerechnet eines der höchstarsenierten Mineralien ist.

Die Fundstelle am Messerbach ist ein äusserst wichtiger Hinweis für die Erklärung der Genese der Sulfosalz-Vererzungen des Binnatales.

3. Dolomitaufschluss südlich Giessen

Koordinaten: 658.900/135.100

Höhe ü. M.: 1715 m

Der Dolomit setzt sich vom Messerbach gegen Westen fort und ist im Wald an mehreren Stellen schlecht aufgeschlossen. Der Dolomitzug ist im Wald, auch wenn er nicht zutage tritt, leicht zu verfolgen, da

er im Gelände eine auffällige Stufe bildet. Der Dolomit, der gegenüber Verwitterung und Erosion viel weniger widerstandsfähig ist als die Gneise im Hangenden und die Bündnerschiefer im Liegenden, ist stark abgetragen, so dass im Profil eine Stufe entstanden ist, die sich wie ein breiter Weg ausnimmt. Die Aufschlüsse sind im allgemeinen nur sehr klein. Leider ist der Dolomitaufschluss in der tief eingefressenen Schlucht des Englischbaches nicht — oder nur mit speziellen Hilfsmitteln — zugänglich, so dass diese Stelle nicht untersucht werden konnte. Etwa 150 m östlich des Englischbaches befindet sich ein sehr kleiner, nur wenige m² grosser Aufschluss im Dolomit, der recht interessant ist.

Das Gestein besitzt eine gelbliche Farbe und ist schwach zuckerkörnig ausgebildet. Die Mineralien sitzen im allgemeinen in Drusen, die selten und nur von geringer Grösse sind. Der Dolomit wird von schmalen, einige cm dicken Quarzadern durchzogen, in denen vereinzelt etwas derbes Fahlerz gefunden wurde.

Mineralassoziation

Sulfosalze und Sulfide	Karbonate
Fahlerz (Tennantit)	Calcit
Bleiglanz	Dolomit
Pyrit	Cerussit
Oxyde	Malachit
Quarz	Silikate
Rutil	Turmalin
	Phlogopit
	Muskowit

Nach Häufigkeit geordnet ergibt sich die Reihenfolge: Dolomit, Calcit, Quarz, Phlogopit, Muskowit, Rutil, Pyrit, Turmalin, Fahlerz, Bleiglanz, Malachit, Cerussit.

Calcit tritt in gelblichen, sehr stark gerundeten Kristallen von geringer Grösse auf, in sklenoedrischer Ausbildung. *Turmalin* findet sich in blassgrünen Stengeln in Drusen, meistens mit Quarz verwachsen. An diesem Turmalin wurden folgende optischen Daten bestimmt:

$$\begin{aligned} n_O &= 1,634 & \Delta &= 0,020 \\ n_E &= 1,614 \end{aligned}$$

Danach handelt es sich um ziemlich reinen Dravit (NaMg-Turmalin), (WINCHELL, 1951). *Fahlerz* ist verhältnismässig häufig und immer derb eingesprengt in Quarzbändern. Es ist oberflächlich schwach in Malachit umgewandelt. Aus der Röntgenaufnahme wurde für die Gitterkon-

stante $a_0 = 10,252 \text{ \AA}$ bestimmt, woraus man schliessen darf, dass es Tennantit ist, der aber gegenüber demjenigen vom Messerbach deutlich mehr Sb enthält. *Bleiglanz* ist spärlich vertreten und sitzt direkt im Dolomit. Er ist stets von einer Verwitterungsschicht überzogen, die als *Cerussit* bestimmt wurde.

Diese kleine Fundstelle südlich von Giessen enthält offenbar Fahlerz als einziges Sulfosalz-Mineral. Dieses Fahlerz lässt im Vergleich zum Tennantit vom Messerbach erkennen, dass Sb gegenüber As weiter etwas zugenommen hat.

4. Turtschi

Koordinaten: 658.180/135.320

Höhe ü. M.: 1440 m

Diese Fundstelle, die nach der im Volksmund gebräuchlichen Bezeichnung „Turtschi“ benannt wird, ist neben dem Lengenbach wohl die interessanteste Mineralfundstelle im Dolomit des Binnatales. Der Aufschluss liegt direkt am Weg, der das Dorf Binn mit dem Weiler Giessen verbindet, etwa 450 m südwestlich von Giessen.

Während des letzten Krieges wurde im Turtschi für kurze Zeit der Dolomit zur Gewinnung von Mg abgebaut (wie uns der Strahler Josef Imhof mitteilte, soll es sich um eine Firma Posd und Gleyserer in Lausanne gehandelt haben); das Verfahren wurde aber infolge Unrentabilität bald wieder eingestellt. Immerhin wurden durch diesen Abbau sowie durch eine spätere Verbreitung des Weges frische Aufschlüsse geschaffen, die nun eine genaue Untersuchung dieses Dolomitaufschlusses ermöglichen. Über Mineralfunde bei diesen Arbeiten ist sehr wenig bekannt; vom Strahler Josef Imhof wurde uns berichtet, dass nur etwas Bleiglanz gefunden wurde, die seltenen Mineralien wurden entweder nicht beachtet oder, was wahrscheinlicher ist, nicht erkannt.

Der Dolomit im Turtschi gehört nicht zu dem Lengenbacher Zug, der weiter südlich verläuft, sondern scheint die Fortsetzung des Feldbacher Dolomites zu bilden, der zum letzten Mal in der Gipfelpyramide des Galen aufgeschlossen ist. Dafür spricht auch das Vorkommen von Grünschiefern in unmittelbarer Nachbarschaft des Dolomites (ca. 100—200 m weiter nordöstlich aufgeschlossen), die ja am Galen direkt an den Dolomit angrenzen.

Wie eingangs erwähnt wurde (S. 605) fand Prof. WENK hier eine merkwürdige Konglomerat-Bildung, die neben zahlreichen Dolomit-Schmitzen auch Granitkomponenten enthält. Es wird angenommen, dass

es sich hierbei um ein Basiskonglomerat der Bünderschiefer handelt. Das Profil am Turttschi umfasst von Norden nach Süden folgende Einheiten:

	Bündnerschiefer
3—4 m	Bündnerschiefer-Konglomerat (mit Granit-Komponenten und Dolomit-Schmitzen)
1—2 m	Gneis
ca. 50 m	Dolomit
	? Bündnerschiefer (nicht mehr aufgeschlossen)

Die Granitkomponenten des Konglomerates sind meistens klein (einige cm) und von rundlicher Form. Häufig sind sie untrennbar mit den Dolomit-Schmitzen verbunden. Im Dünnschliff erkennt man, dass die Hauptkomponenten des Gesteins Quarz, Alkalifeldspat, Albit und Muskowit sind; der Alkalifeldspat weist manchmal eine deutliche Mikroklingitterung auf. Die Zusammensetzung entspricht einem sauren Granit. Die Dolomitschmitzen sind meistens von hellblauer, zum Teil auch von brauner Farbe und sind sehr feinkörnig. Ihre Form ist meistens länglich-ellipsoidal.

Der südlich des Konglomerates anstehende Gneiszug ist im allgemeinen nur 1—2 m mächtig. Er ist zusammengesetzt aus Quarz, Alkalifeldspat, Albit und Muskowit und sieht im Dünnschliff ausgesprochen massig aus, ist jedoch im Handstück deutlich paralleltexturiert. Ob dieses Gestein im Zusammenhang steht mit den im Feldbach stellenweise nördlich des Dolomites anstehenden Gneisen ist ungewiss.

Der Dolomit selbst liegt in der üblichen zuckerkörnigen Ausbildung vor, ist zum Teil aber auch sehr kompakt, vor allem im südlichsten Teil. Im nördlichsten Teil des Aufschlusses scheinen Drusen völlig zu fehlen; hier findet man nur Bleiglanz und Zinkblende in 1—2 cm mächtigen Erzbändchen. In der mittleren Zone des Dolomites sind Drusen recht häufig (Inhalt bis einige cm³), meistens in Verbindung mit Quarzbändern. Im südlichsten Teil, wo der Dolomit ausgesprochen massig ausgebildet ist, treten ebenfalls Drusen und stellenweise grosse Klüfte auf (bis dm³-gross), die aber meistens nur Dolomit enthalten.

Auch im Dolomit vom Turttschi lässt sich nach den Mineralien eine deutliche Gliederung erkennen. Von Norden nach Süden ist die Abfolge etwa diese:

— Nördlich vom Weg, direkt am Bach, ist sehr viel Bleiglanz, Zinkblende und etwas Pyrit vorhanden. Die Erze sind hier immer derb in schmalen, nur einige cm mächtigen Erzbändchen enthalten, die etwa konkordant zur Schichtung verlaufen. Drusen oder Klüfte werden in

Mineralassoziation

Sulfosalze und Sulfide	Karbonate
Zinkblende	Calcit
Fahlerz	Dolomit
Bleiglanz	Sulfate
Seligmannit	Baryt
Geokronit	Phosphate
Giessenit	Apatit
Pyrit	Silikate
Molybdänglanz-3 R	Turmalin
Oxyde	Phlogopit
Quarz	Muskowit
Rutil	Plagioklas
	Adular
	Hyalophan

dieser Region praktisch keine gefunden, deshalb gibt es hier auch keine gut kristallisierten Mineralien. Der Dolomit ist ziemlich weich und hat die übliche gelblich-weiße Farbe.

— Südlich vom Weg folgt eine ziemlich mineralreiche Zone. Die mineralreichen Bänder verlaufen, gleich wie im Lengenbach, mehr oder weniger konkordant zum Streichen der Schichten. Handstücke von dieser Stelle sehen solchen vom Lengenbach zum Verwechseln ähnlich. Allerdings ist hier Quarz viel häufiger; die Mineralien sitzen in Hohlräumen von Quarzbändern und nicht wie dort direkt im Dolomit. In dieser Region treten Geokronit, Seligmannit, Fahlerz, Bleiglanz etc. auf. Die Mächtigkeit dieser Zone beträgt ca. 1—2 m.

— Weiter südlich schliesst eine ausgesprochen mineralarme Zwischenzone an. Das Gestein ist hier ziemlich kompakt, fast ohne Hohlräume. Man findet bloss Pyrit und etwas Fahlerz, das derb im Gestein eingesprengt ist.

— Von hier gegen Süden folgt dann die wohl interessanteste Zone im Dolomit vom Turttschi. Hier wurden die beiden neuen Mineralien Molybdänglanz-3 R und das einzige Bi-Sulfosalz des Binnatales, Giessenit (GRAESER, 1963) gefunden. Der Dolomit ist in dieser Zone sehr kompakt, ausgesprochen marmorartig und enthält viele Drusen. Darin kommen Molybdänglanz-3 R, Giessenit, Fahlerz, Bleiglanz sowie viel Rutil, Pyrit und Phlogopit vor. Merkwürdig ist das massenhafte Auftreten von Plagioklas, der als gesteinsbildendes Mineral, aber in schönen idiomorphen Kristallen regellos im Dolomit sitzt.

— Im südlichsten aufgeschlossenen Teil ist der Dolomit blaugrau, hat sehr viele, oft recht grosse Drusen und auch Klüfte, die wie üblich

senkrecht zum Streichen stehen. Etwa in der Mitte des Aufschlusses wird der Dolomit von einem ca. 20—30 cm mächtigen Quarzgang diskordant durchzogen, der wohl hydrothermalen Ursprungs ist. In dem blaugrauen Dolomit findet man viel Quarz, grosse, langstengelige Rutilkristalle und oliv- bis dunkelgrüne Turmalinstengel, aber nie eine Spur von Sulfosalzen.

Die Angabe einer Häufigkeit der Mineralien ist wieder sehr schwierig, da sie von Meter zu Meter stark ändert. Für die gesamte Fundstelle kann etwa diese Reihenfolge richtig sein: Dolomit, Quarz, Adular, Phlogopit, Calcit, Muskowit, Turmalin, Plagioklas, Rutil, Pyrit, Bleiglanz, Zinkblende, Hyalophan, Baryt, Apatit, Molybdänglanz-3R, Fahlerz, Geokronit, Seligmannit, Giessenit.

Die merkwürdigen *Plagioklas*-Kristalle sind völlig idiomorph, obwohl sie nur gesteinsbildend vorkommen. Sie sind grau-weiss durchsichtig und können über 6 mm gross werden. Die Zwillingslamellen sind nicht zahlreich und verhältnismässig grob, so dass sie zum Teil von blossen Auge erkennbar sind. Die optische Untersuchung ergab:

$$\begin{aligned} n_X &= 1,536 \text{ (für Na}_D\text{-Licht)} \\ 2V_Z &\geq 80^\circ \\ \epsilon &= -4\text{—}5^\circ \text{ (X' } \wedge \text{ Spaltbarkeit (010))} \end{aligned}$$

Nach WINCHELL (1951) und TROEGER (1956) ergibt das etwa einen Plagioklas mit der Zusammensetzung $\text{Ab}_{85}\text{An}_{15}$ (Albiklas). Am *Turmalin* wurde für $n_O = 1,637$ gemessen, was einem Dravit mit etwa 30 Mol% Uvit entspricht. *Rutil* ist stellenweise recht gross und ausgesprochen langstengelig, vor allem im südlichsten Teil des Dolomites. In der Zone, wo er mit Molybdänglanz-3R etc. vergesellschaftet ist, tritt Rutil massenhaft auf in kleinen, kurzsäuligen Kristallen, die in ihrer Ausbildung stark dem bipyramidalen Typus vom Lengenbach gleichen. *Bleiglanz* zeigt, wo er kristallisiert gefunden wird, einen ziemlich ungewöhnlichen Habitus: das Oktaeder ist einzige Form; ich konnte nie eine zusätzliche Fläche an den winzigen Kriställchen finden. Die Bleiglanzkristalle sind immer eng mit den Sulfosalz-Mineralien vergesellschaftet. *Hyalophan* ist ein eher seltenes Mineral. Es sind kleine, wasserklare Kristalle, oft vielfach miteinander verwachsen. Folgende optische Daten wurden daran bestimmt:

$$\begin{aligned} n_Z &= 1,547 \\ n_X &= 1,544 \quad (\text{Für Na}_D\text{-Licht)} \\ 2V_X &> 70^\circ \\ r &> v \end{aligned}$$

Nach diesen Daten liegt ein Hyalophan mit etwa 22 Mol% Celsian vor (WINCHELL, 1951). Das Mineral lässt sich nach seiner Ausbildung nicht von gewöhnlichem Adular unterscheiden. Ein ziemlich sicherer Hinweis auf Hyalophan ist das Auftreten von Baryt in der näheren Umgebung des Minerals. *Baryt* ist ebenfalls nicht häufig. Er findet sich in schönen farblosen bis schwach bläulichen Kristallen. Vereinzelt treten auch gelbliche, schlecht kristallisierte Baryte auf. *Apatit* findet man als glasklare, gut entwickelte Kristalle in kurzprismatischer Ausbildung mit grosser Basisfläche, kaum grösser als 1—2 mm. Die Lichtbrechung beträgt für $n_0 = 1,633$; es handelt sich demnach wohl um reinen Fluorapatit (TROEGER, 1956). *Apatit* ist ziemlich selten, dürfte aber auch oft übersehen werden. Hier am Turtschi wurde die neue MoS_2 -Modifikation *Molybdänit-3R* (TRAILL, 1963) gefunden und daran die röntgenographische Untersuchung vorgenommen (GRAESER, 1964). Das Mineral sitzt meistens in Drusen, manchmal auch direkt im Gestein. Es sind hell-silbrig-glänzende, dünne Blättchen, die im allgemeinen gut kristallisiert sind. Das *Fahlerz* hat einen beträchtlichen Sb-Gehalt; da aber As deutlich überwiegt, gehört es noch zu Tennantit. Spektralanalytisch wurde das Verhältnis $\text{As}_2\text{S}_3 : \text{Sb}_2\text{S}_3 = 2,57$ bestimmt, entsprechend einem Gehalt von ca. 72 Mol% Tennantit. Es kristallisiert immer rein tetraedrisch, mit Hauptform Tristetraeder und ist häufig vielfach nach (111) verwachsen; ein derartiges Fahlerz-Aggregat besitzt die ansehnliche Grösse von 9 mm. Die Lagerstätten an der Weissen Fluh und das Turtschi sind die ersten und bisher einzigen Fundstellen von *Geokronit* (s. S. 744) in der Schweiz. *Geokronit* ist hier ausnahmslos polysynthetisch verzwilligt; die zahlreichen Lamellen erkennt man von blossen Auge (Fig. 25, S. 740), sowohl am Kristall wie im frischen Bruch. *Seligmannit* dürfte ziemlich viel Sb enthalten und sich damit dem Sb-Äquivalent Bournonit nähern. Das äussert sich einerseits in den röntgenographischen Daten, anderseits auch in der Morphologie (sehr ähnlich der „Rädelerz“-Verwachsung des Bournonites). *Fahlerz* und vor allem *Geokronit* und *Seligmannit* sind immer sehr eng miteinander verwachsen. Als ausserordentliche Seltenheit kann man sodann das erste Bi-Sulfosalz des Binnatales, den *Giessenit*, finden, als winzige, höchstens 1—2 mm lange Nadelchen, stets eng mit Bleiglanz assoziiert.

Nach den bisher bekannten Tatsachen stellt das Turtschi einen besonderen Typus der Binner Minerallagerstätten im Dolomit dar, da es die einzige Fundstelle von Bi-Mineralien ist. Da aber der mit *Giessenit* vergesellschaftete *Molybdänglanz-3R* nachträglich auch im Lengenbach südlich des kleinen Wasserfalles gefunden wurde, besteht eine gewisse

Wahrscheinlichkeit, dass dort ebenfalls Bi-Mineralien vorkommen könnten.

In dieser Lagerstätte hat nun das As keine so ausgesprochene Vorherrschaft mehr über Sb wie bei den bisher besprochenen Fundstellen; spektralanalytische Untersuchungen (s. S. 681, 749) an Geokronit und Fahlerz ergaben, dass die Menge an Sb schon recht nahe an diejenige von As reicht.

5. Reckibach („Schmids Tobel“)

Koordinaten: 657.700/134.500

Höhe ü. M.: 1645 m

Etwa 700—800 m südöstlich der Kirche von Willern hat der Reckibach einen sehr grossen Dolomitaufschluss geschaffen, der hier wieder die Fortsetzung des Lengenbacher Zuges bildet. Der Dolomit ist ziemlich mächtig und wird etwa in der Mitte getrennt durch einen schmalen Zug von Granat-Glimmerschiefern (?Quartenschiefer). Von Norden gegen Süden gehend findet man folgendes Profil:

	Granatreiche Bündnerschiefer
40—50 m	Dolomit
ca. 20 m	Granat-Glimmerschiefer
50—60 m	Dolomit
	Biotit-Gneis

Im Dolomit kommt auch ein ca. 1—2 m breites, versacktes Band Rauhwacke vor, deren stratigraphische Stellung nicht zu erkennen ist. BADER (1934), der die Fundstelle nach der Familie Schmid, Besitzerin des Hotels Ofenhorn, benannte, fand hier in herumliegenden Blöcken eine ganze Anzahl interessanter Mineralien. Nach langem Suchen konnten wir auch im anstehenden Dolomit eine kleine, aber reichhaltige Fundstelle entdecken. Die kleine, mineralreiche Stelle liegt auf der rechten Hangseite auf 1645 m ü. M. Die am stärksten vererzte Zone befindet sich in einer kleinen Antiklinalfalte von etwa einem Meter Schenkellänge, vor allem im Kern der Falte. Der Dolomit besitzt an dieser Stelle die charakteristische zuckerkörnige Ausbildung und ist in pyritreichen Stücken nicht von Lengenbacher Dolomit zu unterscheiden. Das Gestein enthält hier massenhaft kleine, rundliche Drusen und vereinzelt auch grössere, flache Hohlräume.

Nach Häufigkeit geordnet ist die Paragenese für den gesamten Auf-

Mineralassoziation

Sulfosalze und Sulfide	Karbonate
Zinkblende	Calcit
Tennantit	Dolomit
Bleiglanz	Sulfate
Dufrénoysit	Baryt
Jordanit	Phosphate
Pyrit	Apatit
Realgar	Silikate
Halogenide	Turmalin
Fluorit	Muskowit
Oxyde	Phlogopit
Quarz	Adular
Rutil	Hyalophan

schluss: Dolomit, Calcit, Phlogopit, Muskowit, Pyrit, Adular, Quarz, Turmalin, Fluorit, Rutil, Dufrénoysit, Zinkblende, Hyalophan, Baryt, Bleiglanz, Jordanit, Tennantit, Realgar — Apatit.

Eine äusserst ungewöhnliche Ausbildung besitzt *Turmalin*. Er tritt auf in pseudohexagonalen Prismen mit grossem Pedion; nur wenn man genau beobachtet, entdeckt man die winzigen Pyramidenflächen, welche die trigonale Symmetrie beweisen. Die Kristalle besitzen eine auffällige blaugrüne Farbe und sind oft zonargefärbt (innen dunkel, aussen hell). Der Turmalin konnte hier nur gesteinsbildend und nicht in Drusen gefunden werden. Die optischen Daten:

$$n_O = 1,632$$

$$n_E = 1,610$$

$$\Delta = 0,022$$

Es ist also ziemlich reiner Dravit (WINCHELL, 1951). Eine weitere merkwürdige Tatsache lieferte die Dünnschliffuntersuchung: die Turmalinstengel sind zu ca. 70% von Karbonatmaterial ausgefüllt. Das wurde schon bei der Bestimmung der Lichtbrechung vermutet, da auch reine Turmalinkristalle nach dem Pulverisieren zu mehr als der Hälfte aus Dolomit bestanden. Die Karbonatteilchen sind rundlich, gelängt und besitzen eine deutliche Einregelung, die aber von der c-Achse des Turmalins verschieden ist. Anscheinend hat der Turmalin bei seiner Entstehung den umgebenden Dolomit teils verdrängt, teils einfach eingeschlossen. Der Reckibach ist im Binnatal die Fundstelle, wo *Fluorit* am häufigsten auftritt. Es sind farblose bis hellgrünliche Kristalle, entweder reine Würfel (100) oder Kombination von Würfel und Oktaeder,

bis 8 mm gross. In Drusen findet man stets schöne farblose Kristalle, deren Oberfläche infolge Anätzung meist rauh ist. Die grünlichen Fluorite sind häufig reine Oktaeder. Merkwürdigerweise sind die Dufrénoysitstengel sehr oft direkt in dem grünen Fluorit eingewachsen. *Dufrénoysit* wurde im Binnatal zum ersten Mal ausserhalb vom Lengenbach gefunden. Da er nicht sehr typisch ausgebildet ist und nicht aus den Röntgen-Pulveraufnahmen bestimmt werden konnte, wurde er dann mit Einkristallaufnahmen untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass das Mineral identisch ist mit dem Dufrénoysit vom Lengenbach. Dufrénoysit ist hier gegenüber den andern Sulfosalzen bedeutend häufiger als im Lengenbach. Das grösste Exemplar misst $35 \times 3 \times 2$ mm, hat also eine ansehnliche Grösse. Die Kristalle sind, ähnlich wie im Lengenbach, langstengelig und in der Prismenzone gerundet, haben aber stets eine bräunliche Verwitterungsschicht. *Zinkblende* ist von hellgelber Farbe und kommt derb in Gängen und gut kristallisiert in Drusen vor. *Hyalophan* ist identisch mit dem vom Lengenbach; es sind wasserklare, flächenreiche Kriställchen, manchmal ausgesprochen langstengelig, die stets mit Baryt vergesellschaftet sind. Ihre Grösse beträgt im allgemeinen nur einige mm. Optische Daten:

$$\begin{aligned} n_x &= 1,534 \\ n_y &= 1,540 \\ X \wedge a &= \text{ca. } -9^\circ \end{aligned}$$

Nach WINCHELL (1951) ist das ein Hyalophan mit ca. 18—19 Mol% Celsian. *Baryt* ist eher selten und entspricht den farblosen, isometrischen Barytkristallen vom Lengenbach. *Jordanit* ist auch verhältnismässig selten und konnte nur derb in Gängen, eng verwachsen mit Bleiglanz, gefunden werden. Nach BADER (1934) gibt es aber hier ebenfalls die charakteristischen pseudohexagonalen Jordanitkristalle wie im Lengenbach, allerdings nur in geringer Grösse. Merkwürdig ist das fast vollständige Fehlen von Tennantit im Reckibach, der doch sonst sehr oft das einzige Sulfosalz-Mineral ist. Ich konnte *Tennantit* nur erzmikroskopisch nachweisen, als Einschluss im Dufrénoysit, der das Fahlerz wohl verdrängt hat. Sehr interessant ist das Vorkommen von *Realgar*. „Schmids Tobel“ ist somit im Binnatal die einzige Fundstelle von Realgar neben dem Lengenbach. Er ist allerdings auch extrem selten, es wurde nur ein einziger ca. 2 mm langer Kristall in einer Druse gefunden, der für eine Röntgenaufnahme geopfert wurde. *Apatit* ist ebenfalls ausserordentlich selten. BADER (1934) fand einen winzigen Kristall, an dem er durch goniometrische Bestimmung des Achsenverhältnisses fest-

stellte, dass es ein chlorarmer Apatit ist (entspricht hiermit den Apatiten von anderen Fundstellen im Dolomit des Binnatales).

Der Reckibach ist also wieder eine Fundstelle mit ziemlich reinen As-Sulfosalzen und hat somit grosse Ähnlichkeiten mit dem Lengenbach. Die Unterschiede, die BADER (1934) gegenüber dem Lengenbach anführt, fallen dahin; es gibt nur einen wirklichen Unterschied, und das ist die viel geringere Konzentration an As, denn:

- Jordanit ist nicht das einzige As-Mineral (Tennantit, Dufrénoysit, Realgar),
- Baryt entspricht einer der verschiedenen Ausbildungsarten dieses Minerals im Lengenbach ziemlich genau,
- Fluorit fehlt allerdings im Lengenbach, Apatit konnte hingegen auch dort nachgewiesen werden.

Der Reckibach ist im Binnatal sogar die dem Lengenbach am nächsten verwandte Fundstelle.

Das Auftreten von Dufrénoysit ist ausserordentlich aufschlussreich: Dieses Mineral gehört ebenfalls noch zu den Mineralien mit niedrigem As-Gehalt (vgl. Fig. 8, S. 622), liegt aber doch eine deutliche Stufe höher als Jordanit, Seligmannit etc. Zur Bildung höher arsenierter Sulfosalze reichte das vorhandene As-Material offenbar nicht, aus diesem Grunde ist Realgar so extrem selten und schon eher als ein Ausnahmefall zu betrachten.

6. Kohlplatz

Koordinaten: 656.725/133.800

Höhe ü. M.: 1350 m

Westlich vom Reckibach hört die Sulfosalzvererzung allmählich auf, das letzte Fahlerz wurde ca. 300 m westlich vom Reckibach gefunden. Dieses Fahlerz besitzt eine Gitterkonstante von 10,290 Å, ist also ziemlich reich an Sb und dürfte etwa in der Mitte zwischen Tennantit und Tetraedrit stehen. Weiter gegen Westen scheint nur noch Bleiglanz aufzutreten, ohne die geringsten Anzeichen von Sulfosalz-Mineralien.

Der Dolomit setzt sich in mehreren annähernd parallelen Zügen gegen Westen fort, zunächst in den Ostabhang des Breithorns, dann durch das Saflischtal und über den Saflischpass ins Simplongebiet.

Ein kleiner Aufschluss wurde beim Kohlplatz (etwa in der Mitte zwischen Binn und Heilig-Kreuz) durch den Längtalbach geschaffen, der den Dolomit auf eine Mächtigkeit von ca. 20 m freigelegt hat. Es

handelt sich hierbei um den am weitesten südlich verlaufenden Dolomitzug, der sehr wahrscheinlich die Fortsetzung des Lengenbacher Dolomites darstellt.

Der Dolomit liegt hier in der üblichen zuckerkörnigen Ausbildung vor. Im gesamten Aufschluss sind die Drusen selten und von geringer Grösse (meistens kleiner als 1 cm³). Pyrit und Bleiglanz finden sich vorwiegend in schmalen Erzbändchen.

Mineralassoziation

Sulfosalze und Sulfide	Karbonate
Zinkblende	Calcit
Bleiglanz	Dolomit
Pyrit	Silikate
Oxyde	Muskowit
Quarz	Phlogopit
Rutil	

Nach Häufigkeit geordnet: Dolomit, Calcit, Phlogopit, Pyrit, Muskowit, Quarz, Bleiglanz, Zinkblende, Rutil.

Pyrit ist das weitaus häufigste Erzmineral. Es sind meistens kaum verwitterte, kleine Kristalle, die in Bändern den Dolomit durchziehen. *Bleiglanz* findet sich ebenfalls in schmalen Erzbändern und vereinzelt auch in Hohlräumen als rundliche Körner, die aber keine Kristallformen besitzen. *Zinkblende* kommt als kleine, hellgelbe Kristalle in Drusen vor.

Diese Fundstelle zeigt, dass die As-Sb-Vererzung offenbar gegen Westen aufhört und dass die gesamte Mineralführung geringer wird. Es konnten keine As-Mineralien gefunden werden, obwohl der Dolomit gut aufgeschlossen und sehr leicht zugänglich ist.

7. Im Kinn

Koordinaten: 656.725/133.960

Höhe ü. M.: 1360 m

Auf dem linken Ufer des Längtalbaches ist der weiter nördlich verlaufende Dolomitzug aufgeschlossen, der möglicherweise die Fortsetzung des Feldbacher Dolomites bildet. Der Dolomit ist nur über einige m² aufgeschlossen, so dass nur ein kleiner Teil des gesamten Profils untersucht werden konnte.

Der Dolomit ist stark zuckerkörnig und kann in pyritreichen Stücken sehr ähnlich aussehen wie derjenige vom Lengenbach. Drusen sind auch

Mineralassoziation

Sulfosalze und Sulfide	Karbonate
Zinkblende	Calcit
Bleiglanz	Dolomit
Pyrit	Silikate
Oxyde	Muskowit
Quarz	Phlogopit
Rutil	

hier sehr selten und meistens kleiner als 1 cm³, vereinzelt treten auch kleine Kluftflächen, die wie üblich senkrecht zum Streichen des Dolomites stehen.

Nach Häufigkeit geordnet: Dolomit, Calcit, Phlogopit, Pyrit, Muskowit, Quarz, Rutil, Zinkblende, Bleiglanz.

Neben den gewöhnlichen Rhomboedern wurde eine höchst merkwürdige, faserige Ausbildungsart von *Dolomit* gefunden, die häufig die Drusen fast vollständig mit weissen, wollartigen Fasern ausfüllt. Zunächst wurde angenommen, dass es sich um organisches Material handle, da die Gebilde aber unter dem Mikroskop starke Doppelbrechung aufweisen, wurden sie geröntgt. Die Pulveraufnahme ergab dann eindeutig Dolomit. Diese faserartige Ausbildung von Dolomit wurde später auch an zahlreichen anderen Fundstellen beobachtet. *Rutil* findet man ziemlich häufig, stets in langstengeliger Ausbildung. *Zinkblende* ist dunkelbraun und besitzt oft einen starken metallischen Glanz.

Dieser Dolomitaufschluss entspricht genau demjenigen vom Kohlplatz. Auch hier konnte keine Spur einer As-Vererzung nachgewiesen werden.

8. Ostabhang Breithorn — Saflischtal — Saflischpass

Der Dolomit, der schon im Längtal in zwei getrennten Zügen auftritt, erscheint gegen das Breithorn zu und im Saflischtal stellenweise in drei verschiedenen Zügen. Gleich wie im Binnatal (Turtschi, Galen, Feldbach) ist der am weitesten nördlich verlaufende Dolomit vielerorts von Grünschiefern begleitet.

Die grösseren Aufschlüsse dieses Gebietes wurden fast ausnahmslos genau untersucht. Die Mineralführung ist sehr spärlich und entspricht derjenigen der beiden oben beschriebenen Aufschlüsse. Die Vermutung, dass die As-Vererzung westlich vom Längtalbach nicht mehr nachgewiesen werden könne, wurde bestätigt. Die spärlichen Funde von Fahlerz im Dolomit des Simplongebietes (zum Beispiel im Glisshornsattel,

Mineralassoziation

Sulfosalze und Sulfide	Karbonate
Bleiglanz	Calcit
Pyrit	Dolomit
Oxyde	Silikate
Quarz	Phlogopit
Rutil	Muskowit
	Skapolith

von wo ich eine Probe von Prof. A. Streckeisen erhalten habe) dürfte keinesfalls mehr mit den Sulfosalz-Lagerstätten des Binnatales in genetischem Zusammenhang stehen.

Die Häufigkeit der Mineralien variiert in den verschiedenen Aufschlüssen nur unwesentlich und dürfte etwa diese Reihenfolge einnehmen: Dolomit, Calcit, Phlogopit, Pyrit, Muskowit, Quarz, Rutil, Bleiglanz, Skapolith.

Dolomit überwiegt gegenüber den andern Mineralien sehr stark. Am Breithorn wurden in der „Hohle“ (Koord. 655.050/133.090, Höhe ü. M.: 2170 m) recht schöne Dolomitrkristalle gefunden. *Pyrit* ist stellenweise ziemlich häufig und kann beträchtliche Grössen erreichen (mehrere cm). Er ist fast ausnahmslos mit einer dicken Oxydschicht überzogen. *Quarz* kommt selten in guten Kristallen vor, ist aber meistens in grossen Quantitäten vorhanden, teils in schmalen Quarzadern, teils in diskordanten Quarzgängen, die bis 40 cm mächtig werden können. *Bleiglanz* ist nicht häufig, aber doch immer anwesend. Er ist meistens derb, direkt im Dolomit eingeschlossen. *Skapolith* wurde gänzlich unerwarteterweise in allerdings sehr stark verwittertem Zustand an einer einzigen Fundstelle („im Rohr“, Koord.: 656.500/133.725, Höhe ü. M.: 1480 m) entdeckt.

Zusammenfassend kann man für diese ganze Reihe von Dolomitaufschlüssen westlich des Längtalbaches folgendes festhalten:

— Die As-Vererzung reicht nicht weiter nach Westen als etwa bis zum Längtalbach. Westlich davon fehlen jegliche Anzeichen einer As-Vererzung.

— Bleiglanz ist — wenn auch nie in grösseren Mengen — stets anwesend und dürfte deshalb wohl unabhängig von der As-Vererzung sein.

— Überraschenderweise konnte in dem ganzen ausgedehnten Gebiet nie Turmalin gefunden werden, was darauf hinweisen würde, dass sich der Turmalin in Zusammenhang mit der viel intensiveren Mineralisierung der weiter östlich gelegenen Binner Lagerstätten gebildet hat.

9. Michibach

Koordinaten: 660.900/135.400

Höhe ü. M.: 1835 m

Verfolgt man den Dolomit vom Lengenbach aus gegen Osten, so trifft man zunächst im Wald auf einige kleine und schlechte Aufschlüsse, die ohne Bedeutung sind. Der erste grössere Aufschluss tritt dann im Bachbett des Michibaches zutage (Breite des Dolomitprofils ca. 140 m). Der Dolomit ist im Michibach sehr eintönig, meistens weiss und sehr kompakt, nur vereinzelt zuckerkörnig. Drusen sind ziemlich selten, dafür sind viele Klüfte vorhanden, auf denen aber meistens nur Quarz aufgewachsen ist. Der gesamte Aufschluss ist sehr mineralarm.

Mineralassoziation

Sulfosalze und Sulfide	Karbonate
Fahlerz	Calcit
Bleiglanz	Dolomit
Pyrit	Malachit
Oxyde	Silikate
Quarz	Turmalin
Rutil	Phlogopit
	Muskowit

Nach Häufigkeit geordnet: Dolomit, Calcit, Phlogopit, Quarz, Muskowit, Turmalin, Pyrit, Rutil, Bleiglanz, Malachit, Fahlerz.

Während die Dolomitkristalle meistens in Drusen gefunden werden, ist Quarz hauptsächlich auf Kluftflächen aufgewachsen. *Phlogopit* ist im Süden, gegen den Kontakt mit dem Gneis zu, ausserordentlich häufig, zusammen mit braunem *Turmalin*. *Bleiglanz* ist nicht sehr selten, man findet ihn stets derb im Dolomit eingesprengt. *Fahlerz* ist sehr selten und immer stark in Malachit zersetzt. Es wurde nicht einmal mehr genügend reines Material zusammengebracht, um eine interpretierbare Röntgen-Pulveraufnahme davon zu machen. Die Aufnahme war so schlecht, dass sie gerade noch zur Identifizierung genügt, die Bestimmung der Gitterkonstanten war leider nicht möglich.

In diesem Aufschluss wurden zu wenige und keine frische Mineralien gefunden, so dass man keine allgemeinen Angaben darüber machen kann. Da der Bach sich nur wenig in den Dolomit eingefressen hat, ist das Gestein nur in oberflächlich stark verwittertem Zustand zugänglich. Immerhin lässt sich eine gewisse Ähnlichkeit mit dem kleinen Dolomit-aufschluss südlich von Giessen erkennen.

10. Weisse Fluh

Koordinaten: 661.400/135.600

Höhe ü. M.: 1920 m

Etwa 1,5 km östlich vom Lengenbach ist an der Weissen Fluh der Dolomit über seine gesamte Mächtigkeit aufgeschlossen. Die Weisse Fluh (der Name bezieht sich auf die weisse Farbe des Gesteins) ist eine weitere hochinteressante Mineralfundstelle im Dolomit des Binnatales.

Da der Dolomit hier vollkommen aufgeschlossen ist, kann man sehr schön die Gesteinsabfolge erkennen. Von Norden gegen Süden ergibt sich etwa folgendes Profil:

	Granatreiche Bünderschiefer
1—2 m	Quarzmarmor
ca. 2 m	Rauhwanke
80—100 m	Dolomit
	Gneis

Die Weisse Fluh ist einer der wenigen Dolomitaufschlüsse des Tales, wo Rauhwanke ansteht. Die grosse Dolomitmasse ist im allgemeinen zuckerkörnig und von weisser Farbe, dazwischen gibt es aber auch wieder schmale Züge von graublauen Schichten (selten breiter als 50 cm). Der graublaue Dolomit sieht im Dünnschliff viel einheitlicher aus als der weisse. Er besteht zu mehr als 95% aus Dolomit, die Gehalte an Quarz und Glimmer sind verschwindend klein. In der Nähe des Kontaktes gegen den Gneis ist der Dolomit sehr grobkörnig und erhält durch den Reichtum an Phlogopit und braunem Turmalin eine braune Färbung. Im Dünnschliff zeigt sich, dass vor allem die Dolomitkörner sehr gross sind (bis über 1 mm im Durchmesser). Der Quarzgehalt beträgt weniger als 10%, während Phlogopit und Muskowit zusammen mindestens 20% erreichen.

Die Mineralien finden sich meistens gut ausgebildet in Drusen, seltener als derbes Material in Bändern (Erzminerale). Die Drusen befinden sich in rundlichen, harten Knauern, die ein Produkt der zirkulierenden Lösungen darstellen. Im Mittelpunkt dieser Knollen befinden sich fast stets mehrere cm³-grosse Drusen, die vor allem die Sulfosalzminerale und auch Quarz enthalten. Im Südteil des Aufschlusses kommen auch bis m²-grosse Kluftflächen vor, die meistens dicht mit kleinen Quarzkristallen bewachsen sind.

Nach Häufigkeit geordnet ergibt sich etwa diese Reihenfolge: Dolomit, Calcit, Phlogopit, Quarz, Muskowit, Turmalin, Pyrit, Rutil, Blei-

Mineralassoziation

Sulfosalze und Sulfide	Karbonate
Zinkblende	Calcit
Fahlerz	Dolomit
Bleiglanz	Malachit
Geokronit	Cerussit
Pyrit	Phosphate
Halogenide	Apatit
Fluorit	Silikate
Oxyde	Turmalin
Quarz	Muskowit
Rutil	Phlogopit
	Albit
	Skapolith

glanz, Fahlerz, Zinkblende, Geokronit, Skapolith, Albit, Malachit, Cerussit, Apatit — Fluorit.

Quarz ist vor allem im südlichen Teil der Lagerstätte sehr häufig. Er sitzt hier auf Kluftflächen und überzieht diese mit einem dichten Rasen von unzähligen Kriställchen, die kaum grösser werden als 2—3 cm. Sie sind langstengelig bis nadelig und besitzen oft den typischen Dauphinéhabitus, häufig aber pseudo-hexagonale Form. Sie sind sehr flächenarm, meistens sind nur die beiden Rhomboeder $p \{10\bar{1}1\}$ und $z \{01\bar{1}1\}$ sowie das Prisma $\{10\bar{1}0\}$ und nur selten die s -Fläche $(11\bar{2}1)$ vorhanden. Das positive Rhomboeder p ist immer grösser ausgebildet als das negative; die unter dem negativen Rhomboeder z liegende Prismenfläche ist stets parallel zu dieser Kante gestreift (durch Ansätze zur Bildung steilerer Rhomboeder), während die unter p liegende Fläche mehr oder weniger glatt ist. Die Kristalle sind sehr klar und enthalten wenig Einschlüsse; oft haben sie merkwürdige, haarfeine Spaltrisse parallel der Längsachse. Der in den Drusen häufige farblose bis schwach grünliche *Glimmer* ist reiner Muskowit (optische Daten: $n_Y = 1,584$, $2V_X = 47^\circ$). *Turmalin* ist von wechselnder Farbe, teils braungrün, teils grasgrün. Die Lichtbrechung wurde für eine Richtung bestimmt, sie beträgt für $n_O = 1,638$ (Na_D-Licht), danach ist es ein Dravit mit etwa 40 Mol% Uvit. *Bleiglanz* ist ziemlich häufig und findet sich fast im gesamten Dolomit. Er ist entweder derb im Gestein eingeschlossen oder kristallisiert in Drusen. Zusammen mit dem Geokronit wurden dieselben kleinen Bleiglanzoktaeder gefunden wie im Turtschi. Die Oberfläche der Bleiglanzkörner ist matt und angelaufen, zum Teil hat sich eine dünne Verwitterungsschicht von Cerussit gebildet. *Fahlerz* sitzt meistens gut kristallisiert in Drusen. Es hat immer rein tetraedrischen Habitus.

BADER (1934), der hier zuerst das Fahlerz gefunden hat, bestimmte goniometrisch an einem Bruchstück die folgenden 5 Flächenformen: {111}, {112}, {100}, {141}, {233}. Die beiden Flächen {111} und {112} herrschen stark vor und bestimmen die Form. Ich fand analoge Kristalle (Fig. 10), daneben aber auch kleinere, an denen nur das Tetraeder {111} ausgebildet ist. BADER (1934) wies am Fahlerz von der Weissen Fluh qualitativ das As nach. Anhand von Spektralanalysen (s. S. 681) wurde festgestellt, dass Sb etwa in gleicher Menge wie As darin enthalten ist, das Fahlerz steht also ziemlich genau in der Mitte der Mischungsreihe Tennantit-Tetraedrit. Das Fahlerz ist durch Verwitterung etwa in Malachit umgewandelt, der sich aber durch Behandlung mit Säure leicht entfernen lässt. *Zinkblende* ist nicht sehr häufig. Sie ist, wohl infolge grossem Fe-Gehalt, dunkelbraun gefärbt und stark in Rost zersetzt. Das mit Jordanit isomorphe As-Sb-Mineral *Geokronit* (s. S. 744) wurde hier zum ersten Mal im Binnatal gefunden und mittels röntgenographischer Untersuchungen, Röntgenfluoreszenz- und Spektralanalysen identifiziert. Neben reinem Geokronit (mit As:Sb = 1:1) tritt hier auch noch ein intermediäres Glied auf, das näher bei Jordanit steht. Diese Mineralien sind überraschend häufig, man findet sie in fast gleicher Menge wie Fahlerz. Geokronit sitzt meistens gut kristallisiert in Drusen, ist aber oft mit einer Verwitterungskruste bedeckt. Die Ausbildung ist, wie bei Jordanit, typisch pseudo-hexagonal, mit starker, von blossen Auge erkennbarer Zwillingslamellierung. Die Kristalle können über 1 cm gross werden und sind mit Bleiglanz und Fahlerz assoziiert. *Skapolith* bildet stengelige Aggregate, die bis 5 cm lang werden. Die Umwandlung in Muskowit ist sehr weit fortgeschritten, so dass sie nur nach morphologischen Eigenschaften und in Analogie zu einem ähnlichen Vorkommen (am Fuss des Ofenhorns) bestimmt werden konnten, wo neben ebenso stark verwitterten Kristallen aber noch relativ frische Skapolithe gefunden wurden, die röntgenographisch und optisch identifiziert werden konnten. Die Skapolithe treten nur gesteinsbildend auf. Vereinzelt kommt auch *Albit* vor. Es sind kleine, meistens unverzwilligte, milchig-weiße Kristalle, die in ihrer Ausbildung denjenigen vom Lengenbach sehr ähnlich sind. Optische Daten:

$$\begin{aligned} n_Y &= 1,532 && (\text{Na}_D\text{-Licht}) \\ 2V_Z &= 70\text{--}80^\circ \\ r &< v \end{aligned}$$

Es ist also reiner Albit (TRÖGER, 1956). *Apatit* ist sehr selten. Zwei winzige, wasserklare Kriställchen wurden zusammen mit Fahlerz gefun-

den. Sie sind kurzprismatisch, nach der Basis abgeflacht und sehr flächenreich. Die Lichtbrechung beträgt für $n_o = 1,633$ (Na_D-Licht), was reinem Fluor-Apatit entspricht (TRÖGER, 1956). BADER (1934) beschreibt von der Weissen Fluh auch *Fluorit*. Er fand das hier sehr seltene Mineral in kleinen, hellvioletten Würfeln, womit der Fluorit von der Weissen Fluh identisch ist mit dem Vorkommen am Fuss des Ofenhorns.

Wie Spektral- und Röntgenfluoreszenzanalysen (s. S. 681, 749) an Fahlerz und Geokronit zeigen, ist die Lagerstätte an der Weissen Fluh ziemlich reich an Sb; die Mengen an As und Sb dürften etwa gleich sein. Wahrscheinlich ist hier verhältnismässig mehr Sb vorhanden als an der zweiten Geokronit-Fundstelle Turttschi.

11. Hinterer Kollergraben

Koordinaten: 662.130/135.890

Höhe ü. M.: 1960 m

Östlich von der Weissen Fluh tritt der Dolomit (Lengenbacher Zug) in dem Tobel, das der hintere Kollergraben gebildet hat, zutage. Er ist hier in seiner gesamten Mächtigkeit (90—100 m) aufgeschlossen. Das Gestein ist ausgesprochen kompakt und massig. Er ist von bräunlicher Farbe, mit helleren und dunkleren Bändern, deren Färbung durch Phlogopit verursacht wird, der in stark wechselnder Menge auftritt.

Drusen sind ziemlich selten, dafür gibt es massenhaft Klüfte, die aber praktisch mineralleer sind. Der gesamte Aufschluss ist sehr arm an Mineralien.

Mineralassoziation

Sulfosalze und Sulfide	Karbonate
Zinkblende	Calcit
Bleiglanz	Dolomit
Pyrit	Silikate
Oxyde	Phlogopit
Quarz	Muskowit
Rutil	

Nach der Häufigkeit geordnet: Calcit, Dolomit, Phlogopit, Muskowit, Pyrit, Quarz, Rutil, Zinkblende, Bleiglanz.

Calcit ist vor allem im südlichen Teil des Aufschlusses sehr häufig, wo er Kluftwände und auch Hohlräume überzieht. Der *Dolomit* scheint stellenweise etwas Fe-haltig zu sein, da er unter Rostbildung verwittert. *Rutil* besitzt die übliche nadelige Ausbildung. *Zinkblende* ist verhältnis-

mässig häufig, sie kommt teils gesteinsbildend, teils gut kristallisiert in ~~/~~ Kohlräumen vor. Sie ist dunkelbraun bis schwarz gefärbt, praktisch opak, und ist nur in sehr dünnen Splittern gelbbraun durchscheinend. Sie tritt unverzwilligt, mit den beiden Tetraedern $\{111\}$ und $\{11\bar{1}\}$ als Hauptformen auf. Infolge ihrer schwarzen Farbe sieht sie Fahlerzkristallen täuschend ähnlich, die vollkommene Spaltbarkeit der Zinkblende beseitigt jedoch jeden Zweifel. *Bleiglanz* ist seltener als Zinkblende. Er findet sich gesteinsbildend oder in sehr feinkörnigen Aggregaten auf Kluftflächen, ist aber nie gut kristallisiert.

Es bestehen deutliche Anzeichen dafür, dass in diesem Aufschluss keine Sulfosalzminerale mehr auftreten. Der Dolomit ist viel kompakter als zum Beispiel an der Weissen Fluh. Bezeichnenderweise wurde hier ebenfalls kein Turmalin gefunden (vgl. Dolomitaufschlüsse östlich vom Längtalbach, S. 639ff.). Einerseits treten also wohl keine Sulfosalze mehr auf, andererseits findet man aber Zinkblende und Bleiglanz — ein weiterer Hinweis darauf, dass diese Mineralien nicht mit der Sulfosalz-Vererzung in Verbindung standen.

Man könnte demnach annehmen, dass zwischen der Weissen Fluh und diesem Aufschluss das Ostende der mit dem Lengenbach in Zusammenhang stehenden Sulfosalz-Vererzung liegt, gleich wie das gegen Westen zu auch der Fall zu sein scheint; denn der Reckibach dürfte kaum in direkter genetischer Verbindung mit dem Lengenbach gestanden haben.

12. Halsen

Koordinaten: 663.500/136.325

Höhe ü. M.: 2040 m

Vom Hinteren Kollergraben gegen Osten zu ist der Dolomit auf weite Strecken von Schutt bedeckt. Er ist erst wieder südlich des Halsensees und weiter östlich, gegen die Binna zu, aufgeschlossen. Der Dolomit liegt in der üblichen zuckerkörnigen Ausbildung vor; beim Kontakt mit dem südlich anstehenden Gneis wird er sehr kompakt und erhält durch massenhaftes Auftreten von Phlogopit eine bräunliche Färbung. Die Mineralien sitzen entweder derb im Gestein oder in den nicht sehr häufigen Drusen, die gewöhnlich von geringer Grösse sind (Grössenordnung cm^3). Klüfte kommen nur vereinzelt vor und sind meistens mineralleer.

Nach Häufigkeit geordnet: Dolomit, Calcit, Phlogopit, Quarz, Muskowit, Pyrit, Turmalin, Rutil, Bleiglanz, Zinkblende, Adular, Anatas, Fahlerz, Malachit, Jordanit, Apatit.

Mineralassoziation

Sulfosalze und Sulfide	Karbonate
Zinkblende	Calcit
Fahlerz (Tennantit)	Dolomit
Bleiglanz	Malachit
Jordanit	Phosphate
Pyrit	Apatit
Oxyde	Silikate
Quarz	Turmalin
Rutil	Talk
Anatas	Muskowit
	Phlogopit
	Adular

Die hier vorkommenden *Quarz*-Kristalle zählen wohl zu den schönsten aus dem Dolomit des Binnatales. Sie werden nicht gross (max. 3—4 cm), haben sehr wenig Einschlüsse (Dolomit, Pyrit) und sind wasserklar, durchaus vergleichbar mit den bekannten „Carrara-Diamanten“. Sie gehören meistens zum Dauphinétyp, aber bei weitem nicht so ausgeprägt wie bei anderen Fundstellen. Sie zeigen dieselbe Eigenschaft wie die Kristalle von der Weissen Fluh: die Prismenfläche unter dem negativen Rhomboeder ist gestreift durch Ansätze zur Bildung steilerer Rhomboeder. Die Quarze sind — gegenüber solchen von anderen Fundstellen im Dolomit — verhältnismässig flächenreich. Die s-Fläche ist oft gut ausgebildet, während die Trapezoederfläche meistens fehlt. Die steileren Rhomboeder, die auf den Prismenflächen die Streifung verursachen, konnten auf dem Goniometer nicht eingemessen werden, da sie nur noch undeutliche Lichtzüge lieferten. Der in Drusen häufige farblose *Glimmer* ist nach den optischen Daten ($n_Y = 1,568$, $2V_X = 47^\circ$) reiner Muskowit. *Turmalin* tritt in vollkommen ausgebildeten Kristallen von olivgrüner Farbe auf und ist völlig durchsichtig. Nach der Lichtbrechung für $n_O = 1,637$ (für Na_D -Licht) ist es ein Dravit mit ca. 40 Mol% Uvit (nach WINCHELL, 1951). *Bleiglanz* findet man ziemlich häufig in Gängchen, derb im Dolomit eingeschlossen. Sehr selten kommen auch winzige oktaedrische Kristalle vor. Die *Zinkblende* ist schwarz, mit schwachem Metallglanz. Sie ist häufig gut kristallisiert und täuscht durch Verzwillingung und annähernd gleicher Ausbildung der beiden Tetraeder höhere Symmetrie vor. *Adular* ist eher selten und von geringer Grösse. Nach der Lichtbrechung für $n_Y = 1,522$ ist es reiner Adular. Halsen ist die zweite Fundstelle von *Anatas* im Dolomit des Binnatales. Es sind honiggelbe, spitzpyramidale Kristalle von etwa 1—2 mm Grösse,

die in ihrer Ausbildung sehr ähnlich denjenigen sind, die PENG (1955) von der ca. 1 km südöstlich gelegenen Fundstelle Balmen (im Gneis) beschreibt. Die Anatase wurden nur in der südlichen Randzone des Dolomites, nahe beim Gneiskontakt, gefunden und stehen wohl in Zusammenhang mit den im Gneis vorkommenden Anatasen. Aus diesem Vorkommen von Anatas im Dolomit kann man schliessen, dass für die jeweilige Bildung von Anatas oder Rutil nicht so sehr die Druck- und Temperaturverhältnisse von Bedeutung sind (da diese hier ja praktisch die gleichen waren), sondern vielmehr das — je nach Gesteinsart verschiedene — Milieu der Lösungen, aus denen die Mineralien auskristallisierten. Das würde erklären, weshalb die Anatase ausschliesslich in der an den Gneis grenzenden Randzone des Dolomites auftreten. *Fahlerz* ist selten und stark in Malachit umgewandelt. Es sitzt stets in den quarzreichen Partien des Dolomites. Nach der Bestimmung der Gitterkonstanten $a_0 = 10,250 \text{ \AA}$ handelt es sich um Fahlerz, bei dem As gegenüber Sb deutlich vorherrscht (Tennantit). *Jordanit* ist sehr eng mit Bleiglanz verwachsen und lässt eindeutig erkennen, dass er auf Kosten des Bleiglanzes entstanden ist. Stellenweise sind die Bleiglanzkörner randlich vollkommen in Jordanit umgewandelt. Dies deutet darauf hin, dass bei der Reaktion von Bleiglanz mit As-Lösungen gleich Jordanit entstand und nicht zuerst der noch etwas As-ärmere Gratonit, der merkwürdigerweise und aus bisher unbekannten Gründen im Dolomit des Binnatales nicht vorzukommen scheint. Nach der Spektralanalyse handelt es sich um Jordanit, bei dem ein Teil des As durch Sb ersetzt ist (s. S. 749). Der sehr seltene *Apatit* wurde in Begleitung von Jordanit gefunden. Es sind kleine, wasserklare Kristalle von kurzprismatischem Habitus.

Die Fundstellen in der Umgebung des Halsensees gehören zum As-reichen Lagerstätten-Typus des Binnatales; As überwiegt stark über Sb. Im übrigen ist die Vererzung sehr schwach, die Menge an vorhandenem As und Sb ist klein, was schon der Umstand beweist, dass nur die beiden As-ärmsten Vertreter der Binner Sulfosalze auftreten.

13. Dolomitaufschlüsse nördlich Freiche

Koordinaten: 662.900/137.100

Höhe ü. M.: 2160 m

Etwa 500 m nördlich der Freiche (Tschampig-Keller) liegen einige kleine Dolomitaufschlüsse. Der Dolomit ist ziemlich kompakt und besitzt eine graublaue Färbung. Vereinzelt treten kleine Drusen auf (Grös-

senordnung cm^3), die jedoch meistens nur Dolomit und Quarz enthalten. Kluftflächen (senkrecht zum Streichen des Dolomites) sind häufig, führen aber praktisch keine Mineralien. Der Dolomit ist reich an Quarz, der das Gestein in Adern durchzieht. Die Sulfid-Mineralien sitzen grösstenteils in den quarzreichen Partien.

Mineralassoziation

Sulfosalze und Sulfide	Karbonate
Zinkblende	Calcit
Bleiglanz	Dolomit
Boulangerit	Silikate
Pyrit	Phlogopit
Oxyde	Muskowit
Quarz	Adular
Rutil	

Nach Häufigkeit: Dolomit, Calcit, Muskowit, Phlogopit, Quarz, Pyrit, Bleiglanz, Zinkblende, Rutil, Adular, Boulangerit.

Quarz ist ziemlich häufig, gut ausgebildete Kristalle sind allerdings sehr selten. Es wurden zwei merkwürdige Skelett-Quarze gefunden, die offenbar nach ihrer Bildung durch zirkulierende Lösungen stark angegriffen worden sind. Die Auflösungserscheinungen scheinen absolut gesetzmässig zu sein und gingen wohl am schnellsten nach den Rhomboederflächen, da diese am ganzen Kristall ständig wieder auftauchen, während die ursprünglichen Prismenflächen vielfach noch erhalten sind. Ein Versuch, die bei der Resorption entstandenen Flächenelemente goniometrisch einzumessen, scheiterte an ihrer schlechten Beschaffenheit und oft rundlichen Ausbildung. *Bleiglanz* ist meistens derb eingesprengt in Quarzadern, vereinzelt treten auch korrodierte rundliche Kristalle auf. *Zinkblende* ist dunkelbraun und findet sich ebenfalls in den quarzreichen Partien. Manchmal kommen auch rundliche, zum Teil stark angewitterte Kristalle vor. *Adular* findet sich ziemlich selten als kleine, klare Kriställchen in Hohlräumen. Die Lichtbrechungsbestimmung daran ergab für $n_Y = 1,525$ (für Na_D -Licht), was einem Celsiangehalt von höchstens 5 Mol% entspricht, es ist also noch kein Hyalophan. *Boulangerit* tritt stets in Quarzadern auf. Er bildet strahlige Aggregate, die bis 5 mm lang werden können. Stellenweise ist Boulangerit ziemlich häufig. Diese Fundstelle und diejenigen vom Tavetsch (WEIBEL und KÖPPEL, 1962) sind bisher die einzigen Fundstellen von Boulangerit in der Schweiz.

Dieser Aufschluss ist im grossen und ganzen ziemlich mineralarm, er ist jedoch von grosser Bedeutung durch das Vorkommen von Bou-

langerit: hier wurde das einzige reine Pb-Sb-Sulfosalz des Binnatales gefunden. Merkwürdigerweise konnte hier keine Spur von Fahlerz gefunden werden, das doch an andern Fundstellen des Binnatales oft den einzigen Vertreter der Sulfosalze darstellt.

14. Schmidigen Wissi

Koordinaten: 662.200/137.130

Höhe ü. M.: 1980 m

Im Gebiet der Alpe Schmidigen Wissi findet sich eine ganze Anzahl von kleinen Dolomitaufschlüssen; der Alpweg führt eine Strecke weit direkt durch den Dolomit. Der Name „Wissi“ rührt übrigens von der weissen Farbe des Dolomites her, gleich wie bei der später zu besprechenden Fundstelle „Tschampigen Wissi“.

Der Dolomit ist durchwegs weiss und grösstenteils ausgesprochen zuckerkörnig, besitzt jedoch stellenweise eine stark schiefrige Textur. Drusen sind in diesem Gebiet sehr häufig und werden manchmal recht gross (bis dm³). Sie enthalten neben Dolomit und Calcit meistens auch Baryt und Fluorit. Klüfte sind eher selten und im allgemeinen mineral-leer. Bleiglanz und Zinkblende findet man meistens als derbes Material in Erzbändern.

Mineralassoziation

Sulfosalze und Sulfide	Karbonate
Zinkblende	Calcit
Fahlerz	Dolomit
Bleiglanz	Cerussit
Pyrit	Malachit
Halogenide	Sulfate
Fluorit	Baryt
Oxyde	Silikate
Quarz	Muskowit
Rutil	Phlogopit

Nach Häufigkeit ergibt sich etwa diese Reihenfolge: Dolomit, Calcit, Muskowit, Phlogopit, Baryt, Quarz, Fluorit, Pyrit, Bleiglanz, Zinkblende, Rutil, Fahlerz, Malachit, Cerussit.

Calcit kann hier erstaunliche Dimensionen erreichen: ein stark angewitterter, als Skalenoeder ausgebildeter Kristall besitzt die Länge von ca. 10 cm. In überraschender Menge tritt *Baryt* auf; an dieser Fundstelle scheint Baryt häufiger zu sein als an irgend einer anderen Fundstelle

im Dolomit des Binnatales. Die Ausbildung des Barytes ist verschieden von derjenigen im Lengenbach. Die Kristalle sind wasserklar, nach [100] gestreckt und können bis etwa 1 cm lang werden. Auf den ersten Blick sehen sie kleinen Quarzkristallen täuschend ähnlich. Manchmal sind ganze Drusenwände überzogen mit Baryt. *Quarz* ist nicht sehr häufig und meistens von geringer Grösse. Es handelt sich nicht um einen einheitlichen Quarztypus; meistens sind die Kristalle pseudohexagonal ausgebildet, seltener mit Andeutung von Tessiner Habitus, vereinzelt auch als Dauphiné-Typ. Sie sind sehr flächenarm und besitzen im allgemeinen nur Prisma und Rhomboeder. Auch *Fluorit* tritt — ähnlich wie Baryt — in einer für das Binnatal ungewohnten Menge auf. Das Mineral ist farblos, durchsichtig und besitzt eine sehr unterschiedliche Ausbildung: einerseits gibt es einfache Kristalle, mit (100) als einziger Form, andererseits aber sehr komplizierte Typen, die durch Kombination sehr vieler Formen einen kugeligen Habitus erhalten. *Bleiglanz* und *Zinkblende* bilden stellenweise ganze Erzbänder, die zum Teil noch etwas mit Pyrit vermischt sind. *Bleiglanz* findet sich selten auch in Drusen, die Kristalle sind aber stets durch Verwitterung stark abgerundet. *Fahlerz* ist ziemlich selten und an der Oberfläche in *Malachit* umgewandelt. Aus der Pulveraufnahme wurde für $a_0 = 10,260 \text{ \AA}$ bestimmt, wonach es sich um einen Sb-haltigen Tennantit handelt, der wohl sehr ähnlich ist dem Fahlerz von der etwas weiter östlich gelegenen Fundstelle Tschampigen Wissi. Röntgenographisch konnte auch *Cerussit* nachgewiesen werden, der sich häufig als Verwitterungsprodukt auf den in Drusen sitzenden rundlichen Bleiglanzkörnern gebildet hat.

Die Fundstelle Schmidigen Wissi wird charakterisiert durch die auffallende Häufigkeit von Baryt und auch von Fluorit, welche beiden Mineralien an anderen Fundstellen im Dolomit des Binnatales sonst eine eher untergeordnete Rolle spielen. Dagegen konnten hier weder Turmalin noch Adular (und Hyalophan) gefunden werden. Fahlerz stellt den einzigen Sulfosalzvertreter dar. Aus der Gitterkonstanten dieses Tennantites kann man schliessen, dass As noch merklich über Sb vorherrscht.

15. Dolomitaufschlüsse südlich Schmidigen Wissi

Koordinaten: 662.300/136.600

Höhe ü. M.: 1720 m

Im Bett des von Schmidigen Wissi gegen Süden fliessenden Baches ist der Dolomit auf lange Strecken freigelegt. Die Stellung dieser Dolomitaufschlüsse ist nicht sicher, vor allem bei den weiter nördlich gelegenen

Partien ist nicht eindeutig ersichtlich, ob es sich um anstehendes oder versacktes Gestein handelt. Nur bei den weiter südlich gelegenen Aufschlüssen dürfte es sich sicher um anstehendes Gestein handeln. BADER (1934) hat allerdings sämtliche Aufschlüsse als anstehend kartiert.

Der Dolomit ist weiss bis gelbweiss und meistens stark zuckerkörnig. Die Zuckerkörnigkeit ist in diesem Fall mindestens zu einem Teil auf den Einfluss des Oberflächenwassers zurückzuführen, dem der Dolomit hier ständig ausgesetzt ist. Die Mineralien sitzen vorwiegend in Drusen, die mehrere cm^3 gross werden können, oder auch als derbes Material im Gestein eingesprengt (Fahlerz in Quarzadern). Klüfte sind nicht häufig und fast stets sehr mineralarm.

Mineralassoziation

Sulfosalze und Sulfide	Karbonate
Zinkblende	Calcit
Fahlerz	Dolomit
Bleiglanz	Cerussit
Pyrit	Malachit
Oxyde	Phosphate
Quarz	Apatit
	Silikate
	Hemimorphit
	Turmalin
	Muskowit
	Phlogopit

Nach Häufigkeit geordnet: Dolomit, Muskowit, Phlogopit, Quarz, Pyrit, Calcit, Turmalin, Bleiglanz, Zinkblende, Fahlerz, Malachit, Cerussit, Hemimorphit, Apatit.

Quarz ist an und für sich häufig, gute Kristalle sind hingegen sehr selten. Die Quarzkristalle zeigen im allgemeinen Andeutungen von Tessiner Habitus. *Pyrit* durchzieht den Dolomit in Schnüren von sehr kleinen Körnern, die stets stark verwittert sind (Bildung von Fe-Hydroxyden). *Turmalin* ist eng mit Quarz verwachsen, zum Teil darin eingewachsen. Er ist in dünnen Stengeln von hellgrüner Farbe, in dickeren Stengeln olivgrün. Die Bestimmung der Lichtbrechung ergab für $n_o = 1,638$ (für NaD -Licht), es ist somit ein Dravit mit ca. 40 Mol% Uvit. *Bleiglanz* findet man als rundliche Körner in Drusen, meistens teilweise mit einer Verwitterungsschicht von Cerussit bedeckt. *Zinkblende* sitzt auch stets in Hohlräumen, es sind aber nur noch geringe Reste vorhanden, die der Verwitterung widerstanden haben. Aus der Entstehung von Fe-Hydroxy-

den bei der Zersetzung kann man schliessen, dass die Zinkblende ziemlich Fe-reich ist. *Fahlerz* findet man vereinzelt in grossen Knollen, in Quarzadern eingeschlossen und sehr stark in Malachit umgewandelt. Nach der daran vorgenommenen Spektralanalyse ist es ein Sb-haltiger Tennantit mit einem As/Sb-Verhältnis von ungefähr 2 : 1. Die Verwandtschaft dieses Fahlerzes mit demjenigen von Schmidigen Wissi und Tschampigen Wissi ist deutlich zu erkennen. Dies ist die einzige Fundstelle im Binnatal, an der *Hemimorphit* nachgewiesen werden konnte. Das Mineral tritt auf in bräunlichen bis farblosen radialstrahligen Aggregaten, immer zusammen mit stark verwitterter Zinkblende, aus der sich der *Hemimorphit* gebildet hat. Das Mineral wurde röntgenographisch und optisch identifiziert, die kristalloptischen Daten sollen hier kurz angegeben werden:

$$\begin{array}{ll} n_X = 1,616 & 2V_Z = \text{ca. } 48^\circ \\ n_Y = 1,618 & (\text{Na}_D\text{-Licht}) \quad r \ll v \\ n_Z = 1,638 & \text{deutliche Dispersion der Aus-} \\ \hline \Delta = 0,022 & \text{lösung.} \end{array}$$

Diese Werte stimmen gut überein mit den Angaben von WINCHELL (1951). *Apatit* kann in verhältnismässig grossen Kristallen auftreten (ca. 4—5 mm Durchmesser). Nach der Lichtbrechung ($n_O = 1,633$ für Na_D -Licht) handelt es sich wohl um Fluorit-Apatit, analog den anderen Apatitvorkommen im Dolomit des Binnatales.

Diese Aufschlüsse stellen einen häufigen Typus der Binner Dolomit-Lagerstätten dar, mit relativ viel As und wenig Sb. Gegenüber der sonst sehr ähnlichen Fundstelle Schmidigen Wissi fällt vor allem das Fehlen von Baryt auf. Der starke Einfluss der Verwitterung äussert sich im Auftreten einer ganzen Anzahl von Sekundärmineralien (*Hemimorphit*, *Cerussit*, Fe-Hydroxyde etc.).

16. Galen (Südabhang)

Koordinaten: 659.800/136.380

Höhe ü. M.: 1720 m

Der Südabsturz des Galen wird durch steilstehende Dolomitschichten gebildet. Das Gestein ist in seiner Beschaffenheit völlig verschieden von sämtlichen anderen Dolomitvorkommen im Binnatal. Der Dolomit ist sehr stark verschiefert, so dass man nach seiner Ausbildung direkt von einem „Dolomit-Schiefer“ sprechen könnte (in Übereinstimmung mit H. LÜTHY vom Geologischen Institut Bern, der den nördlichen Teil des

Binnatales geologisch bearbeitet). Im gesamten Aufschluss ist sehr viel Quarz vorhanden, zum Teil wird der Dolomit von ca. 20—30 cm mächtigen diskordanten Quarzbändern durchzogen. Im Dünnschliff ist ebenfalls zu erkennen, dass der Dolomit sehr viel Quarz enthält, stellenweise nähert er sich in seiner Zusammensetzung schon dem Quarzit. Der Quarz zeigt unter dem Mikroskop stets eine auffallend starke undulöse Auslöschung. Das Gestein ist ziemlich grobkörnig, die mittlere Korngrösse liegt etwa bei 0,5 mm.

In diesem Aufschluss wurde ein ca. 2—3 m mächtiger Zug von grauschwarzen Granat-Turmalin-Glimmerschiefern gefunden, die grosse Ähnlichkeiten mit den als fragliche Quartenschiefer bezeichneten Gesteinen von anderen Fundstellen besitzt. Unter dem Mikroskop erkennt man, dass sie zum grössten Teil aus Glimmer (Muskowit und Biotit) bestehen, daneben enthalten sie noch Turmalin und Granat. Das Gestein weist eine starke Kleinfältelung auf.

Der eigentliche Dolomit ist sehr kompakt und enthält viele, zum Teil sehr grosse Klüfte, deren Inhalt mehrere dm³ betragen kann. Die Klüfte enthalten vor allem grosse Adulare, daneben Quarz, Turmalin etc.

Mineralassoziation

Sulfosalze und Sulfide	Silikate
Pyrit	Turmalin
Oxyde	Muskowit
Quarz	Phlogopit
Rutil	Albit
Karbonate	Adular
Calcit	
Dolomit	
Aragonit	

Die Reihenfolge nach Häufigkeit ist etwa diese: Adular, Quarz, Muskowit, Dolomit, Calcit, Phlogopit, Turmalin, Aragonit, Rutil, Pyrit, Albit.

Adular ist ausgesprochen häufig und erreicht manchmal beträchtliche Grössen (bis über 4 cm). Nach der daran bestimmten Lichtbrechung ($n_Y = 1,522$, für Na_D-Licht) ist es ein reiner Adular. *Quarz* ist fast überall vorhanden, erreicht aber stets nur geringe Grösse (bis 2 cm lang). Die Kristalle sind deutlich trigonal ausgebildet und zeigen manchmal Anklänge an Tessiner Habitus. s-Flächen sind verhältnismässig häufig zu erkennen. Auch hier sind die unter dem negativen Rhomboeder gelegenen Prismenflächen gestreift durch Ansätze zur Bildung steilerer Rhomboeder. *Dolomit* und *Calcit* treten im Vergleich zu anderen Fund-

stellen stark zurück. *Turmalin* ist praktisch in jeder Kluft anwesend. Er ist von olivbrauner Farbe und bedeutend grösser als in den übrigen Dolomitaufschlüssen (mehrere cm lang). Die Lichtbrechung dieses Turmalins beträgt für $n_O = 1,638$ bei Na_D -Licht (Dravit mit ca. 40 Mol% Uvit), womit er der Mehrzahl der Turmaline von anderen Dolomitaufschlüssen des Binnatales entspricht. *Aragonit* findet sich in milchig-weissen bis durchsichtigen Kristallen, häufig auf Adular aufgewachsen. Das Mineral ist meistens blätterig, zum Teil auch stengelig ausgebildet. Folgende optischen Daten wurden daran bestimmt:

$$\begin{array}{lll} n_X = 1,526 & & \\ n_Z = 1,683 & (\text{Na}_D\text{-Licht}) & 2V_X = 16^\circ \\ \hline \Delta = 0,157 & & \end{array}$$

Albit ist oft auf Quarz aufgewachsen. Unter dem Mikroskop liess sich keine Verzwillingung erkennen, anscheinend sind die Kristalle vorwiegend unverzwillingt. Nach der Lichtbrechung von $n_Y = 1,532$ (Na_D -Licht) ist es reiner Albit.

Der Dolomitaufschluss am Galen ist wesentlich verschieden von den übrigen, im allgemeinen weiter südlich gelegenen Fundstellen und hat höchstens einige Ähnlichkeiten mit den Aufschlüssen, die im gleichen Dolomitzug in der Fortsetzung gegen Osten folgen (Feldbach, Furggelti). Auffallend ist vor allem die Verschiedenheit der Mineralassoziation im Vergleich zu anderen Dolomitaufschlüssen (starkes Zurücktretten von Sulfiden und auch Karbonaten, grosse Häufigkeit von Silikaten).

17. Feldbach, Hölzerspitz

Im Feldbach und südlich vom Hölzerspitz führt der Dolomit zum Teil recht beträchtliche Mengen von Fe-Erzen, die zu Beginn des 18. Jahrhunderts auch abgebaut wurden. Die Spuren dieser Arbeiten sind heute noch deutlich zu erkennen. Die Bergbauperioden dauerten nur kurze Zeit, da sich der Abbau als sehr unrentabel erwies. Der letzte Besitzer der Erzgrube Feldbach, Pierre de Rivaz, schreibt in seinen Aufzeichnungen die auch auf viele anderen schweizerischen Lagerstätten zutreffenden Worte²⁾:

„Il y avait une minière appelée Feldbach, la plus riche de toute ... le filon était fort grand et promettait beaucoup, mais il lui est arrivé ce qui arrive presque toutes les minières de ce pays, il avait de fort belles apparences en commençant, il a continuellement diminué et se perdit enfin cette année dernière ...“

²⁾ Archive cantonal de Sion, Dossier Rivaz, C XXXIII.

a) Feldbach

Koordinaten: 661.620/138.000

Höhe ü. M.: 2360 m

Die ehemaligen Erzgruben befinden sich direkt gegenüber der Alphütte bei Schönbiel auf dem linken Ufer des Baches und sind noch als Löcher zu erkennen. Im Feldbach lässt sich von Norden nach Süden etwa folgendes Profil verfolgen:

	Bündnerschiefer
20—30 m	Gneise (stellenweise Grünschiefer)
ca. 40 m	Dolomit
10—15 m	Gneise Bündnerschiefer

Die eigentlichen Erzträger sind der Dolomit, ein feinkörniger Quarzit und ein sehr merkwürdiges Albit-Glimmergestein, die beide auch dem Dolomit als unregelmässige Linsen eingelagert sind (vgl. auch HUGI und HIRSCHI, 1938). Von besonderem Interesse ist das eigenartige Albit-Glimmergestein. Es gibt hier zwei deutlich voneinander verschiedene Ausbildungsarten:

- eine feinkörnige, richtungslose Varietät mit gleichmässiger Verteilung von Albit und Glimmer (vor allem hellbraunem Biotit);
- eine stark schiefrige Varietät, bei der Biotit stark überwiegt und 80% überschreitet. In diesem Gestein ist der Biotit von auffallend grüner Farbe (wohl infolge hohem Fe-Gehalt).

Der Biotit zeigt häufig pleochroitische Höfe, die sich um Zirkon und, nach HUGI und HIRSCHI (1938), auch um Orthit gebildet haben. Das Phänomen der pleochroitischen Höfe sowie die ganze Lagerstätte wurden von den beiden Autoren eingehend bearbeitet. Sehr interessant ist auch der Albit, der ca. 5—10% An enthält. Der Plagioklas scheint bei der Metamorphose albitisiert worden zu sein, wobei randlich und auf Spaltrissen starke Karbonatausscheidung erfolgte. Die Entstehung dieser merkwürdigen Gesteinsarten ist ungewiss. Beim Erz selber handelt es sich um ein feinkörniges Gemenge von Magnetit, Pyrit und Dolomit, das sich als unregelmässig begrenzte Linsen im Gestein befindet.

Bei einer im Auftrag des „Arbeitsausschusses für die Untersuchung schweizerischer Mineralien und Gesteine auf Atombrennstoffe und seltene Elemente“ vorgenommenen Radioaktivitätsmessung wurde lokal eine stark erhöhte Aktivität in dem schmalen Gneiszug nördlich des

Dolomites gefunden; bis über 1000 Impulse/sec, bei einem Background von 70—80 I/s. Diese Aktivität stellt den weitaus höchsten gemessenen Wert im gesamten Binnatal dar. Merkwürdigerweise und gegen alle Erwartungen wurde im Dolomit keine erhöhte Aktivität festgestellt trotz der zahlreichen pleochroitischen Höfe im Biotit. Die U-Vererzung scheint unabhängig zu sein von der Magnetit-Vererzung, da weder der Dolomit noch die südlich davon anstehenden Gneise eine erhöhte Aktivität zeigen.

Mineralassoziation

Der Dolomit hat praktisch keine Drusen und nur wenig Klüfte, auf denen fast nur Quarz zu finden ist. Der Mineralgehalt ist ausgesprochen gering und umfasst Quarz, Magnetit, Pyrit, Biotit, Phlogopit, Turmalin und stellenweise massenhaft limonitisches Material als Verwitterungsprodukt der Fe-Mineralien.

b) Südlich vom Hölzerspitz

Koordinaten: 662.750/138.200

Höhe ü. M.: 2610 m

Südlich vom Hölzerspitz liegt eine sehr ähnliche Fe-Lagerstätte in einem weiter südwestlich vom Feldbach verlaufenden Dolomitzug. Auch hier scheint früher etwas Erz abgebaut worden zu sein, doch konnten keine näheren Angaben darüber gefunden werden.

Mineralparagenese

Sie ist sehr ähnlich wie im Feldbach, doch scheint die Verwitterung hier weiter fortgeschritten zu sein, indem der Gehalt an Fe-hydroxydischem Material den an unverwittertem Erz stark überwiegt. Bei dem unverwitterten Erz handelt es sich ebenfalls um Magnetit und Pyrit. Die Mineralien, die abseits der Fe-Vererzung gefunden werden, sind identisch mit denjenigen von der Fundstelle Tschampigen Wissi und werden dort besprochen.

Diese beiden Fe-Lagerstätten dürften völlig unabhängig sein von den As-Sb-Vererzungen im Dolomit. Andererseits bestehen auffallende Analogien dieser beiden Erzvorkommen mit der Magnetit-Lagerstätte Schmiedmatten oberhalb Berisal, die ebenfalls im Dolomit liegt (vgl. HUGI und HIRSCHI, 1938; HUGI, 1927).

18. Furggelti (nordöstlich Hölzerspitz)

Koordinaten: 663.000/138.600

Höhe ü. M.: 2600 m

In der Fortsetzung des Feldbaches gegen Osten spaltet sich der Dolomit in zwei parallel verlaufende Züge auf; gegen das Furggelti hinauf ist jedoch wieder nur ein Dolomitzug aufgeschlossen, der aber weiter südlich verläuft. Der gesamte Dolomit ist sehr reich an Quarz, häufig ist er von konkordant verlaufenden Quarzadern wechselnder Mächtigkeit durchzogen. Stellenweise ist das Gestein stark verfäلتelt und zertrümmert und enthält relativ grosse Kluftflächen. An diesen Stellen findet man massenhaft Quarzkristalle (bis über 7 cm gross) und auch Dolomitekristalle von beträchtlicher Grösse.

Mineralassoziation

Sulfosalze und Sulfide	Karbonate
Pyrit	Calcit
Oxyde	Dolomit
Quarz	Silikate
Rutil	Muskowit
	Phlogopit

Nach Häufigkeit: Dolomit, Quarz, Calcit, Muskowit, Pyrit, Rutil, Phlogopit.

Dolomit ist ausgesprochen häufig und findet sich in mehrere cm grossen Kristallen, die aber meistens trübe und undurchsichtig sind. Sie sind stets vielfach verzwilligt. *Quarz* tritt in schönen, verhältnismässig grossen Kristallen auf. Die kleineren Kristalle sind klar und fast frei von Einschlüssen, während grössere deren sehr viele enthalten (Rutil, Dolomit, Pyrit, Flüssigkeitseinschlüsse). Vor allem die grösseren Kristalle zeigen starke Andeutungen von Tessiner Habitus. s-Flächen sind nicht selten, aber stets sehr klein. Hier wurde dieselbe Beobachtung gemacht wie an anderen Fundstellen, dass die Prismenflächen unter dem positiven Rhomboeder glatt und unter dem negativen gestreift sind. *Calcit* kann erstaunlich gross werden: ein als milchigweisses Skalenoeder ausgebildeter Kristall von hier misst über 8 cm Länge.

Die Sulfosalz-Vererzung scheint hier vollkommen zu fehlen. Pyrit ist wohl das einzige Sulfidmineral. Nach der Mineralassoziation lassen sich gewisse Ähnlichkeiten mit den Dolomitaufschlüssen im Saflischtal erkennen.

19. Tschampigen Wissi

Koordinaten: 662.870/138.100

Höhe ü. M.: 2480 m

Südlich vom Hölzerspitz, auf dem Gebiet der Alpe Tschampigen Wissi ist der Dolomit (Lengenbacher Zug) auf sehr weite Strecken aufgeschlossen. Er ist in dieser Region sehr interessant und mineralreich. Im allgemeinen ist das Gestein von weisser Farbe (daher der Name „Wissi“) und typisch zuckerkörnig ausgebildet. Drusen sind häufig, aber stets klein (Grössenordnung cm^3) und kommen meistens in Zusammenhang mit schmalen Quarzbändern (5—10 cm mächtig) vor. Klüfte sind ebenfalls zahlreich vorhanden und meistens mit Quarz- und Dolomitkristallen besetzt.

Mineralassoziation

Sulfosalze und Sulfide	Karbonate
Zinkblende	Calcit
Fahlerz	Dolomit
Bleiglanz	Cerussit
Pyrit	Azurit
Oxyde	Malachit
Quarz	Silikate
Rutil	Muskowit
	Phlogopit
	Adular
	Skapolith

Nach Häufigkeit: Dolomit, Quarz, Muskowit, Phlogopit, Pyrit, Calcit, Malachit, Azurit, Fahlerz, Rutil, Adular, Skapolith, Bleiglanz, Zinkblende, Cerussit.

Über den ganzen Aufschluss verteilt findet man massenhaft *Dolomit*-Kristalle in den zahlreichen Drusen und Klüften. Das Mineral kann hier in makellosen wasserklaren Kristallen (bis über 3 cm gross) vorkommen. *Quarz*-Kristalle sind ebenfalls sehr häufig und zum grössten Teil von ausserordentlicher Klarheit und Schönheit. Sie besitzen im allgemeinen wenig Einschlüsse von Fremdmaterial, vereinzelt sind sie allerdings fast ausgefüllt durch Einschlüsse (Dolomit, Pyrit, Muskowit, Rutil). Auch Flüssigkeitseinschlüsse sind häufig und zum Teil so gross, dass sie von blossen Auge erkennbar sind. Es sind Zweiphasen-Einschlüsse (flüssig und gasförmig). Bei Erwärmung mit der Hand kann die flüssige Phase zum Verschwinden gebracht werden. Bei den Einschlüssen dürfte es sich wohl um CO_2 handeln. Die Hohlräume sind oft mit ihrer Längs-

achse parallel zur c-Achse des Quarzes angeordnet. Manche Quarzkristalle haben auch massenhaft von Auge erkennbare Einschlüsse eines langstengeligen Minerales mit quadratischem bis rechteckigem Querschnitt, das sich nicht mehr bestimmen lässt; möglicherweise handelt es sich um Skapolith. Die Ausbildung des Quarzes ist wechselnd: häufig ist der normale pseudohexagonale Typ, zum Teil mit Andeutung von Tessiner Habitus, seltener Dauphiné-Typen. Die Kristalle von Tschampigen Wissi sind wohl die flächenreichsten der Binner Dolomitfundstellen; s- und x-Flächen sind oft recht gross ausgebildet. Diejenigen Kristalle, bei denen anhand von x-Flächen eine Unterscheidung in R- und L-Formen möglich war, wurden ausgezählt, wobei ein ungefähres Verhältnis von $R : L \sim 3 : 1$ ermittelt wurde. Einige Kristalle wurden auf dem Goniometer ausgemessen; neben den üblichen Formen $(10\bar{1}1)$, $(10\bar{1}0)$, $(11\bar{2}1)$, $(51\bar{6}1)$ wurden noch die steileren Rhomboeder $(30\bar{3}1)$, $(70\bar{7}2)$ und $(\bar{2}3.0.23.7)$ festgestellt. *Calcit* ist nicht sehr häufig, findet sich aber vereinzelt in verwitterten Skalenoedern von einigen cm Länge. *Malachit* und *Azurit* kommen in überraschender Menge vor und verfärben stellenweise den ganzen Dolomit. Tschampigen Wissi ist die einzige Fundstelle im Binnatal, wo Azurit in deutlich feststellbarer Menge auftritt. Das Mineral ist manchmal in schönen flachprismatischen Einzelkristallen ausgebildet. Auch *Fahlerz* tritt recht häufig auf, jedoch stets nur in derben Knollen und nie mit äusseren Kristallformen. Hier wurden die grössten Fahlerzproben des gesamten Binnatales gefunden: ein Stück Fahlerz von dieser Fundstelle wog vor Entnahme der Untersuchungsproben annähernd 20 g. Nach der Spektralanalyse ist es ein ziemlich Sb-reicher Tennantit ($As/Sb = 1,88$ entsprechend ca. 65% Tennantit-Molekül). Gleich wie an anderen Fundstellen ist das Fahlerz meistens eng mit Quarz assoziiert. *Adular* ist eher selten, aber oft verhältnismässig gross. Folgende Werte für die Lichtbrechung wurden daran bestimmt:

$$\begin{aligned} n_Y &\sim 1,532 \quad \text{für Na}_D\text{-Licht} \\ n_Z &= 1,536 \end{aligned}$$

Es ist demnach kein reiner Adular, sondern scheint etwa 10 Mol% Celsian zu enthalten. *Skapolith* findet man in langstengeligen, zum Teil verbogenen Kristallen, die infolge Umwandlung in Glimmer weiss und undurchsichtig geworden sind. *Bleiglanz* tritt fast ausschliesslich gesteinsbildend auf, zusammen mit Fahlerz oder auch dunkelbrauner Zinkblende und ist mehr oder weniger stark mit einer Verwitterungsschicht von Cerussit bedeckt.

Die Fundstelle Tschampigen Wissi stellt den üblichen Typus der

Binner Dolomit-Lagerstätten dar. Das As tritt ziemlich stark zurück, dafür kommt mehr Sb vor. Fahlerz ist einziges Sulfosalzmineral. Ungeöhnlich ist die grosse Häufigkeit von Azurit, der stellenweise in grösserer Menge als Malachit vorliegt.

20. Dolomitaufschlüsse am Fuss des Ofenhorns

Koordinaten: 665.250/136.780

Höhe ü. M.: 2200 m

Im östlichen Talabschluss des Binnatales bilden mächtige Dolomitschichten die Basis des Ofenhorns. Infolge mehrfacher Verfaltung erreichen sie eine Mächtigkeit von weit über 100 m. Der Dolomit ist durchwegs gut aufgeschlossen. Im Hangenden des Dolomites folgen die Gneise der Monte-Leone-Ofenhorn-Decke, im Liegenden sind stellenweise die Bündnerschiefer aufgeschlossen; die Serie ist überkippt. Die gesamte Region Blatt-Ochsenfeld weist den Charakter eines geologischen Fensters auf. In den quarzreichen Partien der Bündnerschiefer findet sich stellenweise massenhaft Disthen.

Der Dolomit selber ist ziemlich kompakt und nur selten deutlich zuckerkörnig. Drusen sind vor allem im unteren Teil des Aufschlusses häufig und oft von beträchtlicher Grösse (bis dm³); sie enthalten aber meistens nur Dolomit, Calcit, Quarz, Adular, selten etwas Fluorit und Enargit. Die übrigen Mineralien wie Skapolith, Grammatit, Disthen, Turmalin treten fast ausschliesslich gesteinsbildend auf. Fahlerz ist im allgemeinen derb eingesprengt in Quarzadern. Häufig sind auch grosse Klüfte vorhanden, die meistens Calcit, Dolomit und Adular enthalten. Gegen den Eggerofen zu findet man stellenweise bis über 1 m mächtige diskordante Quarzgänge im Dolomit.

Mineralassoziation

Sulfosalze und Sulfide	Karbonate
Zinkblende	Calcit
Kupferkies	Dolomit
Fahlerz (Tennantit)	Malachit
Enargit	Silikate
Bleiglanz	Disthen
Pyrit	Turmalin
Halogenide	Grammatit
Fluorit	Muskowit
Oxyde	Phlogopit
Quarz	Adular
Rutil	Skapolith

Die Häufigkeit der Mineralien ist je nach Fundpunkt stark verschieden. Für den gesamten Aufschluss ergibt sich etwa diese Reihenfolge: Calcit, Dolomit, Phlogopit, Muskowit, Quarz, Grammatit, Skapolith, Pyrit, Fluorit, Turmalin, Adular, Bleiglanz, Zinkblende, Fahlerz, Rutil, Malachit, Enargit, Disthen, Kupferkies.

Phlogopit ist stellenweise ausserordentlich häufig und bildet oft nach der c-Achse gestreckte Kristalle, die dem bräunlichen Turmalin zum Verwechseln ähnlich sind. Vereinzelt werden farblose bis schwach grünliche Blättchen gefunden, die zunächst als Talk betrachtet wurden. Nach den optischen Daten ($2V_X \approx 0^\circ$, $n_Y = 1,563$ für Na_D -Licht) handelt es sich dabei ebenfalls um Phlogopit. Quarz liegt massenhaft in Quarzadern und -knauern vor, jedoch nur selten in guten Kristallen. Grössere Kristalle treten vor allem gegen Osten zu auf (Eggerofen). Sie haben ziemlich viele Einschlüsse wie Rutil, Pyrit, Flüssigkeiten und ein weisses, strahliges Mineral, bei dem es sich um Skapolith handeln könnte (sehr ähnlich wie bei Tschampigen Wissi). Mehrfach wurden gesteinsbildend im Dolomit vollausgebildete Quarzkristalle gefunden, die stets starke Druckeinwirkungen erkennen lassen. Diese Kristalle, die über 6 cm lang werden können, dürften also älter sein als die letzten Bewegungen im Dolomit. Ein weiteres sehr häufiges Mineral ist *Grammatit*, der grosse, radialstrahlige Aggregate („Sonnen“) aus dünnen, weissen Stengeln von über 10 cm Länge bildet. Die optischen Daten ($2V_X > 80^\circ$, $n_Y = 1,614$ für Na_D -Licht) stimmen mit den Werten von TRÖGER (1956) für Grammatit (Tremolit) überein. Nach der Lichtbrechung scheint er identisch zu sein mit GÜBELINS (1939) „grauschwarzem Grammatit“ von Campolungo. Der *Skapolith*, der zunächst nur in einigen wenigen Exemplaren gefunden wurde (GRAESER, 1959) ist hier ein häufiges und weitverbreitetes Mineral, stellenweise treten direkt Skapolithbänder auf, die regellos durch den Dolomit ziehen. Die Lichtbrechung deutet nach WINCHELL (1951) auf einen Karbonat-Skapolith mit ca. 50% Meionit (S. 782). Man findet das Mineral in deutlich tetragonalen, langstengeligen Kristallen, die meistens durch Umwandlung in Muskowit milchigweiss getrübt sind. Vereinzelt kommen auch unverwitterte, durchsichtige Skapolithe vor, zum Teil schwach grünlich oder bläulich gefärbt (eventuell infolge Verfärbung durch Malachit und Azurit). Die Prismenzone ist im allgemeinen gut ausgebildet, dagegen sind Endflächen ausserordentlich selten. Ein grosser Kristall ($6 \times 1,5 \times 1,5$ cm), der auch Pyramidenflächen aufweist, besitzt die Formen $\{100\}$, $\{110\}$, $\{111\}$. *Fluorit* findet man am Westende der Dolomitaufschlüsse verhältnismässig häufig. Dank seiner intensiv violetten Farbe erkennt man das Mineral sehr

rasch, obwohl es selten grösser wird als 2—3 mm. Die Farbe ist nicht gleichmässig über den ganzen Kristall verteilt: meistens ist der Kern stark gefärbt, gegen aussen verblasst die Farbe. Hauptform ist der Würfel {100}, manchmal ist sehr klein auch {110} vorhanden. *Turmalin* liegt in der üblichen olivgrünen bis bräunlichen Färbung vor. Die Lichtbrechung wurde bestimmt und beträgt für $n_o = 1,638$ (Na_D-Licht) analog zu den meisten anderen Vorkommen. *Fahlerz* wurde nur in derben, unkristallisierten Exemplaren gefunden. Nach der Spektralanalyse handelt es sich um Tennantit mit kleinem Sb-Gehalt (As : Sb = 8,2, entsprechend ca. 89% Tennantit-Molekül). Dies ist die einzige analysierte Fahlerzprobe, die beträchtliche Mengen Fe enthält. *Enargit* dürfte unseres Wissens hier zum ersten Mal in der Schweiz gefunden worden sein. Auch dieses Mineral tritt meistens nur in schlechter Ausbildung auf. *Disthen* wurde im Dolomit des Binnatales nur an dieser Stelle gefunden. Er ist makroskopisch kaum zu erkennen, da der blaue Farbton fast völlig fehlt. *Kupferkies* ist ausserordentlich selten. Es wurde nur ein Exemplar gefunden, das eng mit Fahlerz verwachsen ist und wohl auf Kosten von Fahlerz entstanden ist. Dies ist im Binnatal bisher die einzige Fundstelle für Kupferkies, neben der knapp zwei Kilometer weiter östlich gelegenen ehemaligen Pb-Mine auf italienischem Boden. Bei Radioaktivitätsmessungen für den „Arbeitsausschuss für die Untersuchung schweizerischer Mineralien und Gesteine auf Atombrennstoffe und seltene Elemente“ wurde in einem etwas weiter nördlich gelegenen Dolomitaufschluss eine ziemlich starke radioaktive Quelle gefunden (zweithöchste gemessene Aktivität im Binnatal: 250—300 Impulse/sec. entsprechend einem Wert von $4 \times$ „Background“). Die Quelle liefert einige Sekundenliter Wasser, das nach der Rotfärbung des Gesteins viel Fe enthalten dürfte, was auch am Geschmack des Wassers feststellbar ist. Der Austrittspunkt der Quelle ist ein kleines, rundes Loch, das fast den Anschein erweckt, als sei es von Menschenhand gemacht worden.

Nach den beiden hier gefundenen Sulfosalzen Tennantit und Enargit überwiegt das As stark gegenüber Sb. Als ganzes betrachtet sind die Aufschlüsse an der Basis des Ofenhorns deutlich verschieden von den übrigen Fundstellen im Dolomit des Binnatales: Enargit und Disthen konnten nur hier gefunden werden, Grammatit nur noch an einer zweiten Stelle, und die ausserordentliche Häufigkeit von Skapolith wurde nur hier festgestellt. Möglicherweise ist die starke Verfaltung des Dolomites verantwortlich für die abweichende Mineralparagenese. Es bestehen deutliche Parallelen zwischen dieser Fundstelle und denjenigen von Campolungo (vgl. GÜBELIN, 1939), wenn auch im Binnatal ausser Disthen

die charakteristischen Al-Mineralien von Campolungo fehlen. Wiederholt wurde von Mineraliensammlern über angebliche Funde von Korund im Binnatal berichtet, die ich jedoch nie bestätigen konnte.

21. Ochsenfeld

Koordinaten: 665.700/136.080

Höhe ü. M.: 2300 m

Auf der Hochebene Ochsenfeld, am Fuss des Albrunhorns, liegt eine Anzahl von Aufschlüssen eines sehr ungewöhnlich ausgebildeten, ausserordentlich quarzreichen Dolomites. Das Gestein besitzt eine grauschwarze Farbe und scheint unter starker Einwirkung von zirkulierenden Lösungen gestanden zu haben. Das Gestein ist sehr grobkörnig und nie zuckerkörnig. Im Dünnschliff sieht man sogleich, dass Quarz der häufigste und wichtigste Gemengteil ist und das Gestein somit eine annähernd quarzitisches Zusammensetzung besitzt. Die Korngrösse des Quarzes ist sehr unterschiedlich, neben grossen Körnern (bis 0,5 mm Durchmesser) erkennt man ganze Züge von sehr feinkörnigem Quarz (kleiner als 0,05 mm). Der Quarzgehalt dürfte mindestens 40% erreichen, während dafür die Karbonatmineralien stark zurücktreten. Neben Quarz ist vor allem Baryt sehr häufig, der in Körnern von über 1 mm Durchmesser vorkommt und stets mit Bleiglanz und Fluorit vergesellschaftet ist.

Das Gestein hat viele und zum Teil recht grosse, ausgelaugte Drusen, deren Hohlraum über 1 dm³ betragen kann. Sie enthalten jedoch nur selten gut ausgebildete Mineralien. Eigentliche Klüfte fehlen fast vollständig und sind mineralleer.

Mineralassoziation

Sulfosalze und Sulfide	Karbonate
Zinkblende	Calcit
Fahlerz (Tetraedrit)	Dolomit
Bleiglanz	Cerussit
Pyrit	Malachit
Halogenide	Parisit
Fluorit	Silikate
Oxyde	Turmalin
Quarz	Muskowit
	Phlogopit

Nach Häufigkeit geordnet: Quarz, Phlogopit, Bleiglanz, Baryt, Pyrit, Dolomit, Turmalin, Fahlerz, Zinkblende, Muskowit, Calcit, Fluorit, Malachit, Parisit.

Quarz ist zwar häufig, findet sich aber stets nur in sehr kleinen Kri-

stallen. *Phlogopit* tritt massenhaft auf und färbt stellenweise den ganzen Dolomit dunkelbraun. In überraschender Menge kommt hier *Bleiglanz* vor. Er bildet zum Teil kleine Gänge im Dolomit, findet sich aber auch in würfeligter Ausbildung in Drusen. Einzelne Exemplare können mehrere cm gross werden. Unter dem Mikroskop und auch makroskopisch erkennt man eine ziemlich starke Umwandlung in *Cerussit* an den Rändern und entlang Spaltrissen. *Baryt* ist schwierig zu identifizieren, da er stets schlecht kristallisiert ist. Er tritt sowohl gesteinsbildend als auch in Hohlräumen auf. *Turmalin* ist auffallend grasgrün bis flaschengrün gefärbt. Die Lichtbrechung dieses Turmalins beträgt für:

$$\begin{array}{rcl} n_O & = & 1,638 \quad \text{in NaD-Licht} \\ n_E & = & 1,621 \\ \hline A & = & 0,017 \end{array}$$

Nach WINCHELL (1951) ergibt das einen Dravit mit ca. 60—70 Mol% Uvit. *Fahlerz* ist eher selten. Es ist meistens unkristallisiert, vereinzelt kommen auch rundliche, tetraedrische Kristalle vor. Nach der Spektralanalyse ist es praktisch reines Sb-Fahlerz (Tetraedrit) mit ziemlich hohem Ag-Gehalt. *Fluorit* ist schwierig zu erkennen, da er kaum gut kristallisiert auftritt. Er überzieht stellenweise die Drusenwände mit schwach grünen, rundlichen Aggregaten. Als grosse Seltenheit kommt hier das Cer-Lanthan-Karbonat *Parisit* vor. Es wurde nur ein einziger, auf Tetraedrit aufgewachsener, Kristall gefunden, an dem die zur Identifizierung notwendigen röntgenographischen und optischen Untersuchungen vorgenommen wurden (S. 773). Das Binnatal wird unseres Wissens damit zur ersten Fundstelle von *Parisit* in der Schweiz. Die Fundstelle im Dolomit auf dem Ochsenfeld ist in mehrfacher Hinsicht beachtenswert:

- Von hier stammt die einzige reine Sb-Fahlerz-Probe (Tetraedrit) des gesamten Tales.
- Dies ist bisher die einzige Fundstelle im Dolomit des Binnatales, an der Karbonate von seltenen Erden gefunden wurden.
- Die Beschaffenheit des gesamten Dolomites ist sehr ungewöhnlich für das Binnatal mit seinem grossen Quarzreichtum, der starken Auslaugung des Gesteins (die vielleicht ein Grund dafür ist, dass man fast keinen Calcit mehr finden kann). Auch der sehr grosse Gehalt an Bleiglanz ist aussergewöhnlich: eine entsprechende Fundstelle gibt es schon im Binnatal nicht, hingegen liegt weiter östlich (auf italienischem Gebiet) eine kleine aufgelassene alte Pb-Mine im Dolomit, die allerdings noch bedeutend mehr Bleiglanz führt.

22. Balmen

Koordinaten: 664.450/136.150 }
 Höhe ü. M.: 2290 m } westlicher Aufschluss

Am Fusse des Bochtenhornes liegt ein grosser, weithin sichtbarer Dolomitaufschluss. Das Gestein ist, ähnlich wie am Ofenhorn, stark verfaltet. Die Lage des Dolomitzkörpers ist unklar: gegen Nordosten scheint er in Zusammenhang zu stehen mit den Dolomitzfelsen an der Basis des Ofenhorns, gegen Westen setzt er sich nicht mehr weiter fort, sondern keilt plötzlich aus. Da das westliche Ende des Aufschlusses nur mangelhaft aufgeschlossen ist, findet man hier keine näheren Anhaltspunkte zur Erklärung der tektonischen Stellung des Komplexes.

Innerhalb des Aufschlusses kann man zwei deutlich voneinander verschiedene Partien unterscheiden. Der ca. 80—100 m mächtige, weiter östlich gelegene Teil scheint praktisch nur silikatische und karbonatische Mineralien zu enthalten, während der westliche, etwa 50 m mächtige Teil stellenweise massenhaft Sulfidmineralien aufweist. Klüfte und vor allem Drusen (bis dm³-gross) sind im gesamten Aufschluss zahlreich vorhanden, führen jedoch im allgemeinen fast nur Dolomit, Calcit, Quarz und Adular; Grammatit, Turmalin und Skapolith treten nur gesteinsbildend auf. Fahlerz ist meistens derb eingesprengt direkt im Dolomit oder in Quarzbändern von einigen cm Mächtigkeit.

Mineralassoziation

Sulfosalze und Sulfide	Sulfate
Fahlerz	Baryt
Bleiglanz	Silikate
Pyrit	Turmalin
Oxyde	Grammatit
Quarz	Phlogopit
Rutil	Phengit (?)
Karbonate	Adular
Calcit	Skapolith
Dolomit	
Malachit	

Die Angabe der Häufigkeit der verschiedenen Mineralien ist sehr schwierig und nicht allgemein gültig, da die Zahl der Mineralien von Ort zu Ort stark wechseln kann. Im ganzen gesehen kann man etwa diese Reihenfolge aufstellen: Quarz, Dolomit, Adular, Phengit, Calcit, Pyrit, Rutil, Turmalin, Phlogopit, Fahlerz, Malachit, Bleiglanz, Grammatit, Skapolith, Baryt.

Quarz findet man praktisch in jeder Druse, er ist jedoch oft nur von geringer Grösse. Etwa in der Mitte des gesamten Aufschlusses treten massenhaft recht grosse Quarzkristalle auf. In ihrer Ausbildung sind sie meistens extrem nadelig und werden etwa 4—5 cm lang. Bei den meisten dieser Kristalle herrscht eine Rhomboederfläche sehr stark über die anderen vor: es sind ganz ausgesprochene Dauphiné-Quarze. Dabei sind die Rhomboederflächen ausnahmslos glatt und glänzend, während die Prismenflächen rau und matt sind. Sämtliche untersuchten Kristalle wiesen Prisma und Rhomboeder als einzige Flächenformen auf. Häufig enthalten sie Einschlüsse von Dolomitekristallen, manchmal sind sie fast völlig ausgefüllt durch Dolomitkörner. *Dolomitkristalle* findet man oft in grossen und schönen Exemplaren, die jedoch meistens verwittert sind, wobei auffällt, dass die Basis viel stärker angegriffen ist als die Rhomboederflächen. *Adular* tritt zwar massenhaft auf, aber stets nur in kleinen Exemplaren. Nach der Lichtbrechung für $n_Y = 1,522$ (in Na_D -Licht) ist es annähernd reiner Adular. Der ausserordentlich häufige helle bis schwach grünliche Glimmer ist — nach den optischen Daten — ein dem *Phengit* nahestehendes Mineral. Folgende Werte wurden daran bestimmt:

$$2V_X = 34\text{—}35^\circ \quad (\text{Na}_D\text{-Licht})$$

$$n_Y = 1,592$$

Auch die daran hergestellte Röntgen-Pulveraufnahme deutet mit grosser Wahrscheinlichkeit auf *Phengit*. *Turmalin* ist blassgrün bis braungrün gefärbt. Seine Lichtbrechung beträgt für $n_O = 1,638$ (für Na_D -Licht), er ist demnach identisch mit denjenigen der meisten übrigen Fundstellen. *Fahlerz* tritt für das Binnatal in durchaus ungewohnter Menge auf. Am häufigsten findet man es in den nördlichen Randgebieten des Aufschlusses. Es bildet meistens kleine 6—7 cm lange Gängchen entweder direkt im Dolomit, sehr oft aber auch in Quarzadern, wobei rundliche Knollen von 10×15 mm Grösse keine Seltenheit sind. Äusserst selten findet man auch Einzelkristalle von *Fahlerz*, die als rundliche Tetraeder auftreten. Nach der Spektralanalyse ist es ein stark Sb-haltiger Tennantit mit $\text{As} : \text{Sb} = 1,83$ (entsprechend ca. 65 Mol% Tennantit). Tennantit ist hier beträchtlich viel häufiger als Bleiglanz. *Grammatit* tritt vor allem in den nördlich gelegenen Teilen des Dolomites auf; er bildet weisse, radialstrahlige Aggregate, analog zu dem Vorkommen am Ofenhorn. *Skapolith* ist ziemlich selten und scheint nur in stark verwittertem Zustand vorzukommen. *Baryt* wurde nur in wenigen, schlecht kristallisierten Exemplaren gefunden.

Die Fundstelle Balmen hat einige Ähnlichkeiten mit denjenigen von Tschampigen Wissi, vor allem was die Menge und die chemische Zusammensetzung des Fahlerzes betrifft. Allgemein betrachtet ist es der übliche Typus der Binner Sulfosalzfundstellen, allerdings mit einem recht bedeutenden Sb-Gehalt.

23. Albrun-Pass

Koordinaten: 666.300/136.130

Höhe ü. M.: 2460 m

Der Dolomit am Fuss des Ofenhorns zieht sich über den Eggerhofen und ohne deutliche Zusammenhänge über den Albrunpass nach Italien. Ziemlich genau auf der Grenze ist der Dolomitzug gut aufgeschlossen. Schon von weitem sieht man, dass sich das Gestein stark unterscheidet von der üblichen Ausbildung des Dolomites: es ist nicht weiss, sondern graubraun, zudem ist es absolut nicht zuckerkörnig, sondern sehr kompakt. Die Korngrösse des Dolomites ist sehr grob und kann über 1 mm im Durchmesser erreichen. Während Drusen fast völlig zu fehlen scheinen, findet man vereinzelt Klüfte (bis dm³-gross), die vor allem Adular und Quarz enthalten.

Mineralassoziation

Sulfosalze und Sulfide	Silikate
Pyrit	Turmalin
Oxyde	Muskowit
Quarz	Phlogopit
Rutil	Adular
Karbonate	
Calcit	
Dolomit	

Nach Häufigkeit: Dolomit, Phlogopit, Adular, Rutil, Turmalin, Muskowit, Quarz, Pyrit, Calcit.

Phlogopit ist ausserordentlich häufig, auf ihm beruht zu einem grossen Teil die Braunfärbung des Gesteins. Vereinzelt kommen Phlogopitblättchen von mehreren cm Durchmesser vor. Auch *Adular* findet man in ungewöhnlichen Mengen. Er ist hier zu sehr schönen, glasklaren Kristallen ausgebildet. Merkwürdigerweise ist das Mineral hier fast stets verzwillingt und kommt oft in der charakteristischen Vierlingsbildung vor, daneben auch in grossen, durch vielfache Verzwillingung gebildeten, Aggregaten. Die für n_Y bestimmte Lichtbrechung von 1,522 entspricht reinem, Na-armem Adular. Ein weiteres häufiges Mineral ist *Rutil*, der

in einer seltenen Reinheit vorkommt, so dass auch verhältnismässig dicke Stengel noch blutrot durchscheinend sind. *Turmalin* findet man oft in grossen Kristallen von sehr klarer Beschaffenheit. Das Mineral besitzt stets eine dunkelolivbraune Farbe. Die Lichtbrechung beträgt für $n_o = 1,638$. *Calcit* ist an der Oberfläche praktisch nicht mehr vorhanden, was wohl auf die Verwitterung zurückzuführen ist, da auch Pyrit nur in sehr stark verwittertem Zustand vorliegt.

24. Ehemalige Pb-Mine (Italien)

Koordinaten: 667.000/135.675

Höhe ü. M.: 2310 m

Verfolgt man vom Albrunpass den Weg weiter gegen Italien, so stösst man nach einiger Zeit wieder auf ein Dolomitband (Mächtigkeit ca. 30—40 m). Wenn man diesem Band in nordöstlicher Richtung nachgeht, so findet man auf ca. 2310 m ein kleines aufgelassenes Bergwerk, in dem zu früheren Zeiten Bleiglanz abgebaut wurde. Mehrere kleine Stollen deuten auf den einstigen Bergwerksbetrieb. Nähere Angaben über dieses Bergwerk wurden in der Literatur nicht gefunden. Auf der Karte von SCHMIDT und PREISWERK (1908) ist die Lagerstätte vermerkt, und auch im Buch von DESBUISSONS (1909) findet man eine kurze Angabe darüber.

Das Erz, das abgebaut wurde, ist ziemlich reiner Bleiglanz und enthält nur wenig Kupferkies, Pyrit, Fahlerz. Die Erzgänge verlaufen annähernd parallel zum Streichen des Dolomites. Es sind im allgemeinen nur schmale Erzbändchen, deren Mächtigkeit 5—10 cm wohl kaum übersteigt.

Diese Lagerstätte ist verhältnismässig reich an Mineralien. Die Mineralien sitzen einerseits derb in Erzbändern, daneben aber auch in den zahlreich vorhandenen, ziemlich grossen Drusen (manchmal über 1 dm³ gross) abseits der Erzbänder. Die Drusen enthalten vor allem Bleiglanz, Baryt und Quarz. Fahlerz findet man meistens derb eingesprengt in Quarzadern.

Nach Häufigkeit ergibt sich etwa diese Reihenfolge: Bleiglanz, Quarz, Dolomit, Phlogopit, Pyrit, Baryt, Kupferkies, Muskowit, Turmalin, Cerussit, Fahlerz, Malachit, Calcit, Adular.

Bleiglanz findet man zum grössten Teil als derbes Erz in den Erzgängen, seltener auch als mehrere cm grosse Kristalle in Drusen. *Baryt* tritt in für das Binnatal ungewohnter Menge auf, und zwar in zwei verschiedenen Ausbildungsarten: häufig in klaren, isometrisch ausge-

Mineralassoziation

Sulfosalze und Sulfide	Sulfate
Kupferkies	Baryt
Fahlerz	Silikate
Bleiglanz	Turmalin
Pyrit	Muskowit
Oxyde	Phlogopit
Quarz	Adular
Karbonate	
Calcit	
Dolomit	
Cerussit	
Malachit	

bildeten Kristallen und seltener als grosse, zonargebaute Tafeln, die nach (001) abgeflacht sind. Für diese beiden Typen gibt es analoge Barytarten im Lengenbach. Diese Fundstelle ist neben derjenigen am Fusse des Ofenhorns die einzige im Binnatal und seiner Umgebung, die *Kupferkies* enthält. Das Mineral ist hier bedeutend häufiger als in der knapp 2 km westlich gelegenen Fundstelle im Binnatal. Der Kupferkies sitzt stets in rundlichen Körnern zwischen dem Bleiglanz. *Turmalin* ist im allgemeinen klein und von gelbgrüner Farbe. Die daran bestimmte Lichtbrechung beträgt:

$$\begin{array}{rcl} n_O & = & 1,638 \quad (\text{Na}_D\text{-Licht}) \\ n_E & = & 1,622 \\ \hline \Delta & = & 0,016 \end{array}$$

Cerussit findet man fast auf jedem Bleiglanzkristall in Form einer Verwitterungskruste. *Fahlerz* scheint ziemlich selten zu sein und tritt nur als derbes Erz auf. Die Gitterkonstante des Mineralen wurde zu 10,290 Å bestimmt, wonach dieses Fahlerz etwa in der Mitte zwischen Tennantit und Tetraedrit liegen dürfte (vgl. Fig. 11, S. 685).

Diese kleine Bleilagerstätte ist in mehreren Hinsichten sehr interessant. Der Bleiglanz trägt deutlich die Züge einer sekundären Mobilisierung, wahrscheinlich wurde er sogar vollständig umgelagert und befindet sich somit nicht mehr in primärer Lage. Das bekräftigen Funde von winzigen rundlichen Bleiglanzkörnern, die, analog zu denjenigen des Lengenbaches (vgl. Fig. 12, S. 686), durch wässrige Lösungen angegriffen wurden. Man kann diese rundlichen Partikel noch finden als Einschlüsse von Quarz, wo sie dem Einfluss der Lösungen entzogen worden waren. Im Gegensatz zum Lengenbach treten hier aber keine Pb-As-Sulfosalze auf; Fahlerz ist das einzige As-Sb-Mineral.

ZUSAMMENFASSUNG VON TEIL II

Zum Abschluss von Teil II sollen kurz noch einige zusammenfassende Angaben über die Paragenesen der verschiedenen Minerallagerstätten im Dolomit angegeben werden.

Tabelle 1. *Verzeichnis der Mineralien aus dem Dolomit des Binnatales.*

Sulfosalze und Sulfide	Halogenide
Zinkblende	Fluorit
Kupferkies	Oxyde
Tennantit	o Ilmenit
Tetraedrit	Quarz
Wurtzit	Rutil
Enargit	Anatas
+ Sinnerit	Karbonate
Bleiglanz	Calcit
+ Smithit	Dolomit
+ Trechmannit	Aragonit
Seligmannit	Cerussit
+ Hatchit	Azurit
Hutchinsonit	Malachit
+ Marrit	Parisit
+ Skleroklas	Sulfate (Molybdate)
+ Baumhauerit	Baryt
o+ Liveingit	Wulfenit
+ Rathit I	Phosphate
+ Rathit II	Hamlinite
Dufrénoysit	Apatit
+ Lengenbachit	Silikate
Jordanit	Disthen
Geokronit	Hemimorphit
Boulangerit	Turmalin
+ Giessenit	Grammatit
Proustit	Talk
Xanthokon ¹⁾	Muskowit
Pyrit	Phlogopit
Markasit ²⁾	Fuchsit
Arsenkies	Albit
Molybdänit-3R	Adular
Realgar	Hyalophan
Auripigment	Skapolith

+ = bisher nur im Binnatal gefunden.

o = früher schon beschrieben, aber von uns nicht gefunden.

¹⁾ = NOWACKI et al. (1964b).

²⁾ = mündliche Mitteilung von Prof. Nowacki.

Nach P. NIGGLI et al. (1940) gehören sämtliche Fundstellen des Tales zu der Fundortgruppe 11 (Binnatal-Simplon-Gebiet) und umfassen als „metamorphe Trias-Dolomite“ die Paragenesetypen 100, 101, 102, 103, 107. Neu ist dabei die stellenweise überraschende Häufigkeit von Skapolith (vgl. Typ 107), womit die Binner Dolomitlagerstätten den Fundstellen von Campolungo noch etwas ähnlicher werden. Einen an und für sich neuen und ungewöhnlichen Typus stellt die Fundstelle Ochsenfeld dar mit dem Vorkommen eines Minerals mit seltenen Erden (Parisit). Eine Anzahl der Fundstellen sollten nach diesen Untersuchungen, entsprechend dem Typenverzeichnis nach P. NIGGLI, andere Nummern erhalten. Da aber, wie auch P. NIGGLI et al. (1940) angeben, in diesem speziellen Fall die Regel der Abhängigkeit der Paragenese vom Muttergestein nicht oder nur für die häufigste Paragenese gilt (vgl. auch Teil IV), kann die Art des Paragenesetyps jederzeit ändern.

Wenn man sämtliche im Dolomit des Binnatales vorkommenden Mineralien zusammenstellt (Tab. 1), so erhält man die stattliche Zahl von 59 verschiedenen Spezies, von denen — bis zum jetzigen Moment — 11 Mineralarten ausschliesslich im Binnatal gefunden worden sind. Die noch nicht mit Sicherheit bestätigte Spezies Liveingit sowie das fragliche Vorkommen von Ilmenit sind dabei nicht berücksichtigt worden. Auch das merkwürdige gelbe Umwandlungsprodukt von Realgar, bei dem es sich erwiesenermassen nicht um Auripigment handelt, wird hier noch nicht aufgeführt, da die Untersuchungen daran noch nicht abgeschlossen sind (vgl. auch Teil III).

III. Spezielle Untersuchungen an Mineralien aus dem Dolomit

In diesem Abschnitt werden die neuesten Untersuchungsergebnisse sowie die neueren Literaturdaten einer Anzahl von Mineralien aus dem Dolomit des Binnatales zusammengestellt. Es wurde, vor allem bei den schwierig zu bestimmenden Sulfosalzmineralien, besonderer Wert darauf gelegt, nur einwandfrei identifizierte Mineralien zu verwenden. Zu diesem Zweck dienten in erster Linie röntgenographische Methoden (zum Teil in Zusammenarbeit mit der Abteilung für Kristallographie, von der wir in vielen Fällen sicher bestimmte Mineralien für unsere Untersuchungen erhalten konnten). Es wurden ausschliesslich solche Mineralien untersucht, die — soweit sie nicht aus dem Lengenbach stammten — vom

Autor persönlich gefunden wurden. Von einigen ausserordentlich seltenen Mineralien aus dem Lengenbach konnten wir leider keine Proben erhalten, da sie für die röntgenographisch-strukturellen Untersuchungen benötigt wurden, so dass die Angaben für einzelne Mineralien nicht vollständig sind.

Nicht alle gefundenen Mineralien werden näher beschrieben; das Kapitel ist den Untersuchungen an 27 besonders interessanten Mineralien gewidmet, die in der Reihenfolge nach STRUNZ (1957) behandelt werden. Für die übrigen Mineralien finden sich Angaben bei der Beschreibung der Fundstellen (vgl. Mineral-Index S. 790).

METHODISCHES

a) Kristallographie

Da vom Autor nur wenige Mineralien zur Identifizierung mit der Einkristallkamera röntgenographisch untersucht wurden (Dufrénoysit, Giessenit), wurden die kristallographischen Daten zum grössten Teil der Literatur und den neuesten Arbeiten der Abteilung für Kristallographie entnommen.

Sämtliche Mineralien, von denen genügend Material vorlag, wurden mit der Röntgen-Pulverkamera untersucht. Dazu wurde eine Bradley-9-cm-Kamera und Fe-K α -Strahlung, mit Mn gefiltert, verwendet. Die Filme wurden dabei so eingelegt, dass eine „symmetrische“ Aufnahme entsteht und die Linien mit grossen Glanzwinkeln bei der Eintrittsöffnung in der Mitte des Filmes nahe beieinander liegen (Aufstellung nach VAN ARKEL), so dass der Einfluss der Filmschrumpfung sehr klein wird. Die Präparate wurden nach der Methode von HIEMSTRA (1956) hergestellt, die sehr wenig Material erfordert, was bei den Sulfosalzen von besonderer Wichtigkeit ist, da so der Einfluss von Verwachsungen, Verdrängungen etc. sehr klein wird. Die Mineralsplitter wurden zusammen mit Gummilösung zwischen zwei Glasplättchen zerdrückt und zu einer Kugel geformt, die auf einem Glasfaden montiert wurde. Um eine möglichst geringe Schwärzung des Untergrundes zu erreichen, wurde die Kamera während der Aufnahme evakuiert. Die Ergebnisse der Untersuchungen an Sulfosalzen sind in Strichdiagrammen in der Tab. 4, (S. 774) zusammengestellt.

Bei den Gliedern der Fahlerzgruppe wurde jeweils die Gitterkonstante a_0 aus den in α_1 - und α_2 -Linien aufgespaltenen Reflexen 844, 10.2.2

und 952 für Fe-K $_{\alpha}$ -Strahlung ($\lambda_{\alpha_1} = 1,936 \text{ \AA}$, $\lambda_{\alpha_2} = 1,940 \text{ \AA}$) ermittelt, wobei für die dritte Dezimalstelle nicht extrapoliert werden musste. Anhand von Vergleichsaufnahmen an Silicium (Si purum, 99%) wurde die Fehlergrenze bei der Bestimmung der Gitterkonstanten zu etwa $\pm 0,002\text{--}0,003 \text{ \AA}$ bestimmt. Die Genauigkeit bei den Pulveraufnahmen entspricht etwa der Zahl der angegebenen Dezimalstellen der d-Werte.

b) Morphologie, physikalische Eigenschaften, typische Bestimmungsmerkmale

Die morphologischen Angaben über die Mineralien beziehen sich ausschliesslich auf Material aus dem Binnatal.

Die physikalischen Eigenschaften wurden im allgemeinen ebenfalls an Mineralien aus dem Binnatal bestimmt, zum Teil wurden auch — der Vollständigkeit halber — Angaben der Literatur entnommen, wo nicht genügend Material zur Untersuchung vorlag.

Unter den „typischen Bestimmungsmerkmalen“ werden leicht erkennbare, charakteristische Eigenschaften beschrieben, die eine Identifizierung der Mineralien aus dem Dolomit des Binnatales erleichtern.

c) Chemische Zusammensetzung

Mit Ausnahme der Angaben bei den Fahlerzen sowie der Gruppe Jordanit-Geokronit, die vom Autor spektralanalytisch untersucht wurden, stammen die meisten Analysendaten aus der Literatur.

d) Mikroskopische Untersuchung

α) *Erzmikroskop*. Da die erzmikroskopischen Eigenschaften der Sulfosalze des Binnatales bisher teils unsicher, teils völlig unbekannt waren, wurde auf diese Untersuchung besonderes Gewicht gelegt. Es wurde nur solches Material verwendet, das zuvor röntgenographisch eindeutig bestimmt worden war. Sämtliche hier angegebenen Messungen (Reflexionsvermögen, Mikrohärtigkeit etc.) stammen von Mineralien aus dem Binnatal.

Das Reflexionsvermögen wurde nach zwei verschiedenen Methoden gemessen: einerseits mit dem elektrischen Mikroskop-Photometer MPE der Firma Leiz, andererseits mit dem optischen Spaltphotometer nach BERÉK (Leiz, Wetzlar). Die Messungen am elektrischen Mikroskop-Photometer wurden bei grünem Licht (5300 \AA) in Luft vorgenommen; zur Eichung diente Pyrit von Rio Marina, Elba (Reflexionsvermögen = 54,5%). Nach je 3 Messungen wurde die Eichung wieder kontrolliert.

Es wurden pro Anschliff je 5 Messungen abgelesen. Bei anisotropen Mineralien werden jeweils die beiden Extremwerte angegeben. Die Fehlergrenze beträgt ca. $\pm 0,5\%$. Bei dem optischen Spaltphotometer wurde die Eichung nach dem Reflexionsvermögen von Bleiglanz von 41,6% für oranges Licht (RAMDOHR, 1960) vorgenommen. Die Messungen erfolgten bei Na_D -Licht in Luft. An jedem Präparat wurden mindestens 10 Messungen vorgenommen; die daraus resultierende Fehlergrenze liegt bei $\pm 1\text{--}3\%$. Die Messungen erfolgten stets bei völliger Finsternis, um den Einfluss von Streulicht auszuschalten.

Die Mikrohärtte wurde mit dem Härtemikroskop (GKN-Micro-Hardness-Tester) bestimmt. Es wurde fast stets mit dem Auflagegewicht von 100 g gearbeitet, bei sehr weichen Mineralien mussten kleinere Gewichte verwendet werden. Bei guter Übereinstimmung wurden je 3 Messungen vorgenommen, andernfalls bedeutend mehr. Die Angabe erfolgt in Vickers Härtezahlen für die Mittelwerte, in Klammern ist der Streubereich angegeben. Zum Vergleich seien hier noch die Härtezahlen einiger Mineralien des Binnatales aufgeführt, in Gegenüberstellung zu den Zahlen, die BOWIE und TAYLOR (1958) gemessen haben (zwischen Klammern):

Bleiglanz	69,4	(76)
Zinkblende	168	(186)
Arsenkies	968	(1094)

Die Anschliffe der Erzminerale wurden grösstenteils maschinell hergestellt (Anschliffmaschine der Firma Dépiéieux), sehr kleine Kristalle mussten manchmal von Hand angeschliffen werden, da sie auf der Maschine häufig aus der Einbettungsmasse herausgerissen wurden. Die kleinen Mineralproben wurden, ähnlich wie von GIUSČA (1930) beschrieben, in Gips eingebettet und hierauf zusammen mit den normalen Präparaten mit kaltem Kunstharz eingegossen, im Vakuum imprägniert und bei 30—40° C getrocknet. Da die Binner Sulfosalze bei sehr niedrigen Temperaturen entstanden sind, war die Verwendung von kaltem Kunstharz besonders wichtig, da sonst eventuell eine Veränderung der Eigenschaften bewirkt worden wäre.

β) Durchlichtmikroskop. An einer Anzahl von nicht opaken Mineralien wurden die optischen Eigenschaften bestimmt. Die Lichtbrechungen wurden nach der Immersionsmethode mit den CARGILLE-Lichtbrechungsflüssigkeiten für Na_D -Licht ermittelt. Die richtigen Flüssigkeiten wurden anschliessend mit dem ABBE-Refraktometer (Firma Zeiss) kontrolliert. Die Fehlergrenze für die Bestimmung der Lichtbrechungen dürfte etwa bei $\pm 0,002\text{--}0,003$ liegen.

A. SULFOSALZE UND SULFIDE

Da die Fundstelle Lengenbach — und damit auch das Binnatal — ihre Berühmtheit in erster Linie der Vielfalt und Schönheit der Sulfid-Mineralien verdankt, nimmt die Beschreibung dieser Gruppe den grössten Platz ein.

1. Zinkblende

Da die Zinkblende bei der Genese der Sulfosalzminerale eine gewisse Rolle gespielt hat, soll sie hier ganz kurz behandelt werden. Die allgemein bekannten kristallographischen Daten etc. sollen dabei nicht zur Sprache kommen.

a) Morphologie, Farbe etc.

Zinkblende findet sich vorwiegend als derb im Dolomit eingesprengtes Erz; manchmal tritt sie, zusammen mit Bleiglanz, in Erzbändern von mehreren cm Mächtigkeit auf. Häufig kommen aber auch sehr gut kristallisierte Exemplare (bis gegen 2 cm Kantenlänge) in Drusen des Dolomites vor. Die Hauptform der Zinkblende ist das Tetraeder, und zwar — nach BADER (1934) — das negative Tetraeder $\{1\bar{1}1\}$. Meistens ist aber auch das positive Tetraeder ausgebildet, das manchmal annähernd die Grösse des negativen erreicht, wodurch das Mineral oktaedrischen Habitus erhält. Neben den beiden Tetraedern ist fast stets auch noch der Würfel vorhanden. Zinkblende findet sich im Lengenbach manchmal in merkwürdiger orientierter Verwachsung mit Sulfosalzen. So kam im Sommer 1963 ein sehr schönes Exemplar zum Vorschein, bei dem Zinkblende und Jordanit so miteinander verwachsen sind, dass die Trigyre der Zinkblende parallel zu der Pseudohexagyre des Jordanits verläuft (vgl. NOWACKI et al., 1964b). Die Farbe der Zinkblende kann sehr stark variieren: sie reicht von hellgelb-durchsichtig bis zu schwarzbraun-opak. Die schwarzbraunen Zinkblendekristalle lassen sich ohne Ankratzen (wobei die vollkommene Spaltbarkeit und die dunkelbraun durchscheinende Farbe sichtbar werden) nicht von Fahlerz unterscheiden. Die hellgelbe Zinkblende findet sich ausschliesslich zusammen mit einer mehr oder weniger intensiven Sulfosalzvererzung, während die schwarzen vorwiegend dort auftreten, wo nur sehr wenige oder gar keine Sulfosalze vorliegen. Die Farbverschiedenheiten dürften auf einen wechselnden Fe-Gehalt zurückzuführen sein. Eine Erklärung für diese

Beobachtungen folgt in Teil IV bei der Erklärung der Genese der Binner Sulfosalzvorkommen.

b) Fundstellen

Zinkblende findet man — wenn auch im allgemeinen nur in kleinen Mengen — fast in allen Dolomitaufschlüssen des Tales, und zwar auch dort, wo keine Sulfosalzvererzung auftritt, und ist meistens mit Bleiglanz und Pyrit assoziiert.

2. Die Fahlerz-Gruppe (Tennantit-Tetraedrit)

Da im Dolomit des Binnatales neben praktisch reinem Tennantit (As-Fahlerz) auch annähernd reiner Tetraedrit (Sb-Fahlerz) und mehrere intermediäre Glieder der Mischkristallreihe auftreten, wird für die Mineralien dieser Gruppe im allgemeinen die übergeordnete Bezeichnung „Fahlerz“ verwendet.

Als in den Jahren 1830—1840 die wissenschaftliche Untersuchung der Lengenbacher Sulfosalze ihren Anfang nahm, wurde das einzige kubische Mineral als „Kugelbinnit“ von den übrigen, meist stengelig ausgebildeten Sulfosalzen abgetrennt, als kubisch-holoedrisches Mineral betrachtet und somit für eine neue, selbständige Spezies gehalten. Erst PRIOR und SPENCER (1899) erkannten die Hemiedrie des Binnites und seine Identität mit Tennantit.

a) Kristallographie

Kubisch-hexakistetraedrisch, $T_d^3-143\ m$

Tennantit (SG 108a)	Tetraedrit (SG 484)
Ag-haltig, Sb-frei	Ag-haltig, As-frei
(Lengenbach, Binnatal)	(Ochsenfeld, Binnatal)
$a_0 = 10,23\ \text{\AA}$	$a_0 = 10,39\ \text{\AA}$

Von sämtlichen im Binnatal gefundenen Fahlerzproben wurden zunächst einmal Röntgen-Pulveraufnahmen gemacht und daraus die Gitterkonstanten berechnet. Zur Berechnung der Gitterkonstanten wurden jeweils die in α_1 - und α_2 -Linien aufgespaltenen Reflexe 844, 10.2.2 und 952 verwendet. Die von PAULING und NEUMANN (1934) für Tennantit berechnete Gitterkonstante von $10,21\ \text{\AA}$ fanden wir nie, da die Tennantite vom Lengenbach meistens etwas Ag enthalten, wodurch die Gitterkonstante vergrößert wird (vgl. Fig. 9). Die Proben von verschiedenen

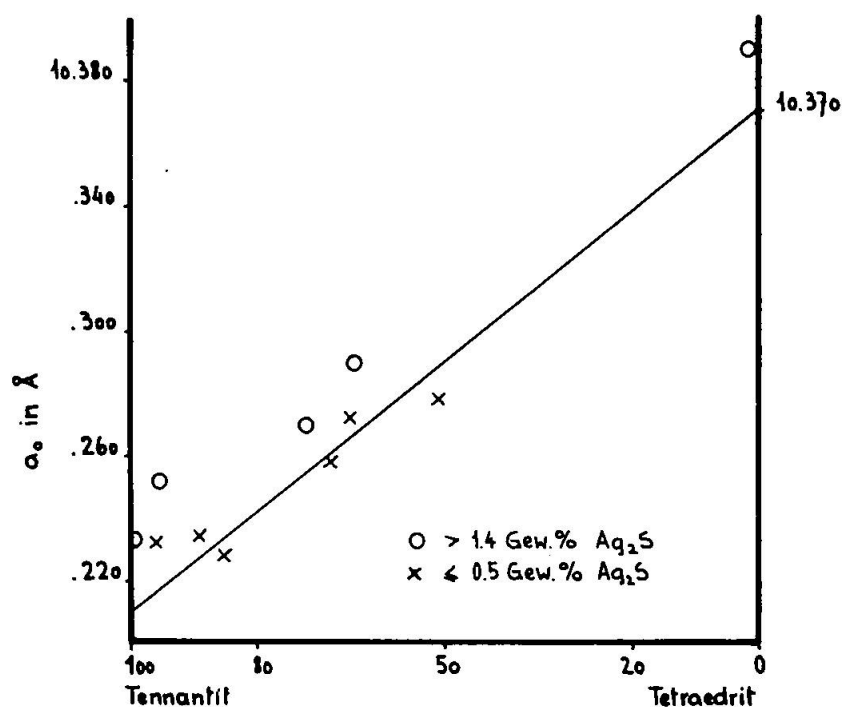


Fig. 9. Abhängigkeit der Gitterkonstanten a_0 von der chemischen Zusammensetzung einiger Binner Fahlerze.

Fundstellen des Tales ergaben sehr unterschiedliche Werte für a_0 ; die dabei festgestellte Variation reicht von 10,230 Å bis 10,390 Å; also von Tennantit bis zu Tetraedrit. Diese Ergebnisse gaben dann Anlass zu einer chemischen Untersuchung (Spektralanalysen) derjenigen Proben, von denen genügend Material vorlag.

Es seien hier noch die d-Werte von 4 starken Linien dreier verschiedener Fahlerze angegeben, und zwar von:

hkl	Intensität	SG 108a	SG 106	SG 484
222	100	2,961	2,970	2,995
440	90	1,810	1,817	1,833
622	70	1,542	1,550	1,564
844	40	1,045	1,049	1,061

Probe SG 108a: Tennantit vom Lengenbach.

Probe SG 106: einem intermediären Glied mit $As : Sb \approx 1 : 1$ (Weisse Fluh).

Probe SG 484: Tetraedrit (Ochsenfeld).

Die Spektralanalysen zu diesen drei Fahlerzproben sind aus der Tabelle 2 ersichtlich. Die Strichdiagramme nach Röntgen-Pulveraufnahmen von Tennantit und Tetraedrit sind in Tab. 4, S. 774, angegeben.

Tabelle 2. *Spektralanalysen von Fahlerzen.*

Probe	Tennan- tit (SG 108a)	Tennan- tit (SG 701)	Tennan- tit (SG 355)	Tennan- tit (SG 108)	Tennan- tit (SG 751)	Tennan- tit (SG 400)	Tennan- tit (SG 686)	Tennan- tit (SG 109)	Tennan- tit (SG 336)	Tennan- tit (SG 106)	Tetra- edrit (SG 484)
Gew.-%											
Ag ₂ S	1,4	0,5	2,2	0,5	< 0,5	1,7	≤ 0,5	≤ 0,5	1,6	< 0,5	4,7
ZnS	12,5	10,8	11,2	5,3	4,5	12,8	8,5	11,1	8,6	10,8	9,3
As ₂ S ₃	33,3	32,4	29,9	21,4	22,0	25,3	16,4	21,1	19,9	14,0	n.n. ¹⁾
Sb ₂ S ₃	n.n. ¹⁾	2,0	≈ 2,0	3,6	5,5	13,6	10,7	15,5	15,0	19,1	32
Bi ₂ S ₃	—	—	—	—	Spuren	—	—	—	—	—	—
Fe	—	—	—	Spuren	—	—	—	—	—	—	—
Tennantit- Mol	100%	95,7	95,4	89,1	84,8	72,0	67,8	65,3	64,6	50,2	0
a ₀ in Å	10,233	10,232	10,252	10,235	10,227	10,270	10,259	10,273	10,290	10,276	10,390
Reflexions- vermögen	31,0%					30,3		31,3	31,2	30,5	31,8
Vickers Härte	400					413		413	394	407	400
Strich	bräun- lichrot	rot- braun	zinno- berrot	grau- grün		rot- braun	grau- braun	rot- braun	grau- braun	rot- braun	grau
Ausbildung	„kuge- lig“	tetra- edrisch	tetra- edrisch	derb	derb	tetra- edrisch	derb	derb	tetra- edrisch	tetra- edrisch	tetra- edrisch
Fundstelle	Lengen- bach	Lengen- bach	Messer- bach	Fuss Ofenhorn	Cher- badung	Turtschi	S Schmi- digen Wissi	Tscham- pigen Wissi	Balmen	Weisse Fluh	Ochsen- feld
Analytiker	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG

¹⁾ n.n. = nicht nachweisbar (für As₂S₃ < 2%; für Sb₂S₃ < 1%).

b) Morphologie

Die Fahlerze sind die — bisher — einzigen kubischen Sulfosalze des Binnatales. Aus diesem Grunde konnten sie auch schon früh von den übrigen untereinander sehr ähnlichen Sulfosalzen unterschieden werden. Die bekannten „Binnite“ des Lengenbaches sind fast ausnahmslos sehr flächenreich und wirken in ihrer kugeligen Ausbildung ausgesprochen pseudo-holoedrisch (Fig. 10). Über die Morphologie dieser speziellen Art von Tennantit sind in letzter Zeit mehrere Arbeiten erschienen: SCHALLER (1961), NICKEL und SCHALLER (1963), SCHALLER und NICKEL (1963). Genaue Daten finden sich darüber auch bei BADER (1934). Eine weitere kristallographische Untersuchung der Binnite dürfte sich hiermit erübrigen. Die Tennantit-Morphologie wurde jedoch sehr interessant durch den Fund eines kleinen Fahlerzkristalles oberhalb des Wasserfalles, der die Grube Lengenbach gegen Süden abschliesst: dieses Kriställchen besass nämlich die typisch hemiedrische Form, während sonst im Lengenbach fast ausschliesslich die kugeligen Binnite gefunden wurden. Der Kristall wurde zunächst geröntgt, wobei für $a_0 = 10,232 \text{ \AA}$ bestimmt wurde, was annähernd reinem Tennantit entspricht. Hierauf wurde der ca. 1,5—2 mm grosse Kristall auf dem zweikreisigen Goldschmidt-Goniometer ausgemessen. Es wurden folgende Formen gefunden: $\{112\}$, $\{116\}$, $\{1.1.10\}$, $\{100\}$, $\{101\}$, $\{011\}$, $\{121\}$, $\{141\}$; die Form $\{112\}$ herrscht stark vor und bestimmt den Habitus. Die von den bekannten Binniten abweichende Ausbildung des Kristalles gab dann Anlass zu einer chemischen Untersuchung, wozu das ausserordentlich schöne Mineral leider zerstört werden musste. Die Spektralanalyse lieferte die überraschende Tatsache, dass dieser tetraedrische Tennantitkristall einen Gehalt von 2,0 Gew. % Sb_2S_3 aufweist, während bei den „kugeligen“ Binniten Sb_2S_3 spektralanalytisch nicht mehr nachweisbar war (in dieser Anordnung also $< 1\%$ sein muss). Auch die Binnitanalysen in der Literatur geben für die Lengenbacher Binnite kein Sb an. Sämtliche Binner Fahlerzproben von tetraedrischer Ausbildung ergaben für den Sb_2S_3 -Gehalt mindestens 2%, meistens sogar bedeutend mehr. Es wäre also möglich, dass die pseudo-holoedrische Ausbildung nur solange möglich ist, als ein bestimmter Prozentsatz an Sb_2S_3 nicht überschritten wird.

c) Physikalische Eigenschaften

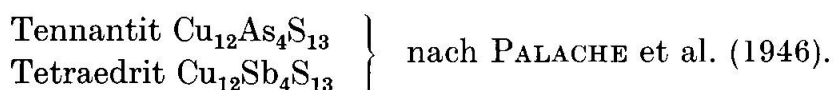
Farbe:	Schwarz, meist mit hohem Glanz, zum Teil in Splittern rot durchscheinend (infolge Zn-Gehalt).
Strich:	Schwarzgrau bis zinnoberrot (je nach Zn-Gehalt).

Härte:	4—4½.
Bruch:	Muschelig, ohne Andeutung einer Spaltbarkeit. Die frischen Bruchflächen weisen stets einen hohen Glanz auf.
Spaltbarkeit:	Keine.
Spez. Gewicht:	4,617 Tennantit von Tschampigen Wissi (SG 109)
	4,651 Ag-haltiger Tennantit, Lengenbach (SG 724),
	4,705 Ag-Sb-haltiger Tennantit, Balmen (SG 339).

d) Typische Bestimmungsmerkmale

Die flächenreichen, kugeligen Binnitkristalle wie auch die tetraedrisch ausgebildeten sind ohne Schwierigkeit von den anderen, meist stengeligem Sulfosalzen des Binnatales zu unterscheiden. Derbes, unkristallisiertes Material zeigt oft die charakteristische Zersetzung in Malachit und Azurit (die allerdings auch bei Enargit vorkommt, der aber mehrere gute Spaltbarkeiten hat). Im frischen Bruch erkennt man sofort das Fehlen jeglicher Spaltbarkeit und die schwarzglänzende muschelige Bruchfläche. Zudem sind die Mineralien der Fahlerzgruppe neben Enargit bedeutend härter als die übrigen Sulfosalze.

e) Chemische Zusammensetzung



Bei den Fahlerzen des Binnatales wird Cu stets durch etwas Zn und Ag, selten durch Fe ersetzt; As und Sb können sich gegenseitig teilweise oder vollständig ersetzen. Durch den Einbau von Ag und vor allem von Sb wird das Gitter erweitert, so dass die Gitterkonstante einen guten Hinweis auf den Sb-Gehalt ergibt (vgl. Fig. 11).

Da nach den Röntgenaufnahmen an Proben von verschiedenen Fundstellen des Binnatales eine stark unterschiedliche chemische Zusammensetzung zu erwarten war, wurden an einigen Proben, von denen genügend Material vorlag, Analysen vorgenommen. Da stets nur wenig Mineralsubstanz zur Verfügung stand (im allgemeinen wurden 0,01 bis 0,05 g verwendet) und ausschliesslich einzelne Kristalle oder derbes Erz von ein und demselben Handstück verwendet werden sollten, kamen nass-chemische Verfahren nicht in Frage. Die Fahlerzproben wurden deshalb spektralanalytisch untersucht. Es sollten folgende Probleme bearbeitet werden:

- die Verteilung der Elemente As, Sb, Zn, Ag im gesamten Binnatal (da Fahlerz vom Autor an zahlreichen Stellen gefunden worden ist);
- Zusammenhänge zwischen chemischer Zusammensetzung und Gitterdimensionen, erzmikroskopischen Eigenschaften, Strichfarbe etc.
- Eventuelle Abhängigkeit der Morphologie vom Chemismus („kugelliger“ und tetraedrischer Habitus).

Arbeitsmethoden: Folgende spektrographische Ausrüstung wurde verwendet:

Spektrograph: Hilger & Watts.

Anregungsgerät: RSV (Dr. R. Seitner & Co., Hechendorf).

Mikrophotometer-Komparator (Auswertung der Platten): Jarrel-Ash.

Sämtliche Elemente mussten in einer einzigen Mischung bestimmt werden, da sonst in vielen Fällen das Untersuchungsmaterial nicht gereicht hätte. Nach vielem Ausprobieren wurde folgende Mischung als die geeignetste gefunden: 1 Teil Analysenprobe mit 10 Teilen Kohlepulver verdünnt. Als interner Standard wurde Bi verwendet, und zwar in etwa gleicher Konzentration wie die gesuchten Elemente. Die Standards wurden aus den — zuvor auf ihre Reinheit geprüften — Sulfiden der zu bestimmenden Elemente gemischt. Anstelle des gekauften Sb_2S_3 , das infolge allzu starker Verunreinigung völlig unbrauchbar war, wurde natürlicher Antimonglanz verwendet, der ebenfalls zuerst auf seine Reinheit geprüft worden war. Zur Aufnahme von Eichkurven wurden Mischungsreihen hergestellt, und zwar mit As_2S_3 und Sb_2S_3 im Abstand von je 5 Gew.%, mit ZnS und Ag_2S im Abstand von je 2 Gew.%. Für die photometrische Auswertung der Spektralplatten wurden folgende Analysenlinien verwendet:

As	2780 Å
Sb	2598 Å
Ag	3382 Å
Zn	3345 Å
Bi	2897 Å

Die aufgenommenen Eichkurven waren im allgemeinen sehr gut. Sicherheitshalber wurden auf den Analysenplatten stets so viele Standards aufgenommen, dass eine neue Eichkurve gezeichnet werden konnte, obwohl — wie sich nachträglich zeigte — die Werte von verschiedenen Platten praktisch identisch waren.

Anregung. Abgefunkt wurde bei 12 Å im Gleichstrom-Abreissbogen während 80 sec. Es wurde kathodische Anregung verwendet.

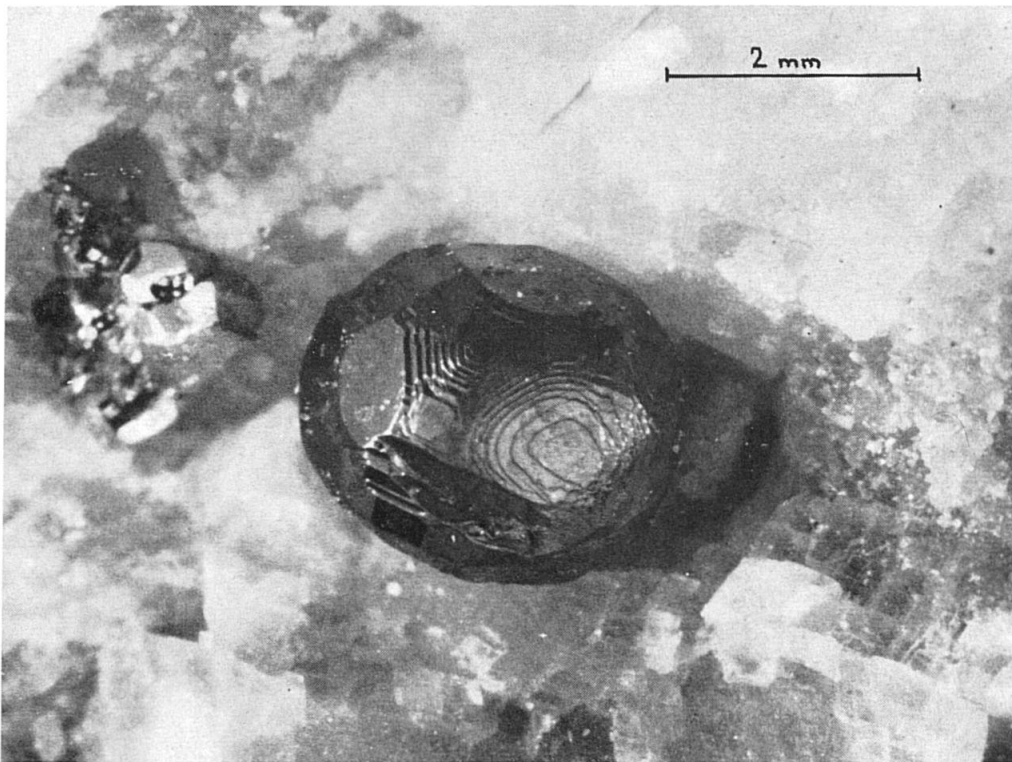


Fig. 10. Tennantit (Binnit) vom Lengenbach. Typus der pseudo-holoedrischen Binnite (reines Cu-As-Fahlerz) SG 724.

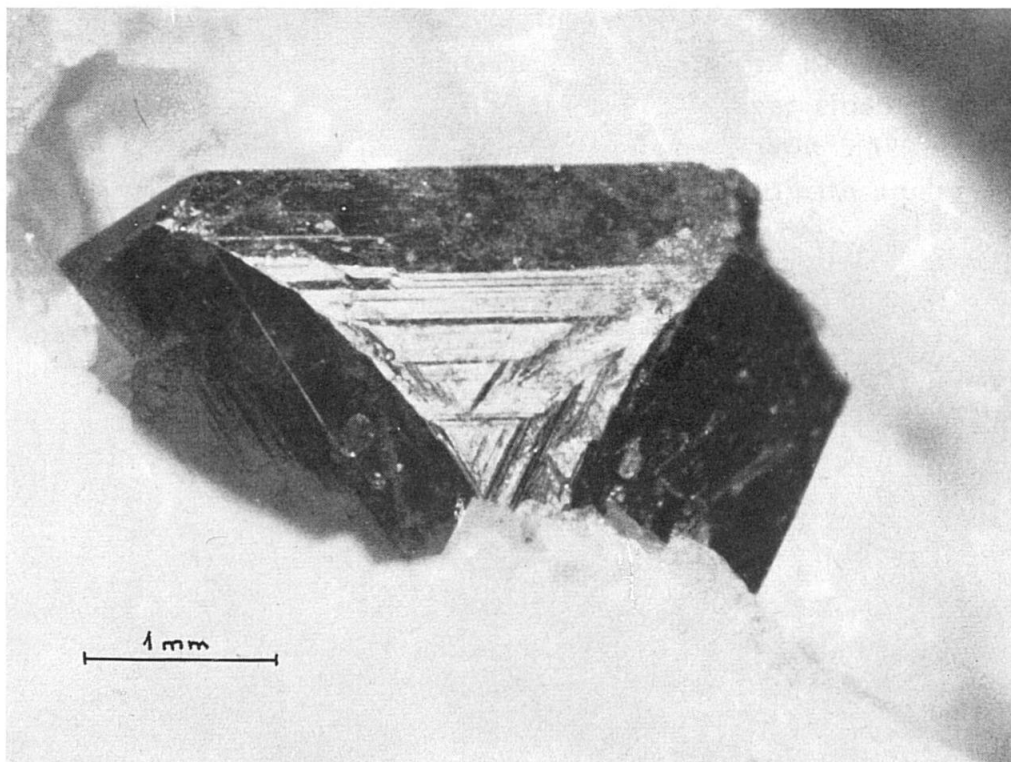


Fig. 11. Fahlerz-Kristall von der Weissen Fluh. Typus der rein tetraedrisch ausgebildeten Fahlerze (Cu-As-Sb-Fahlerz) SG 106.

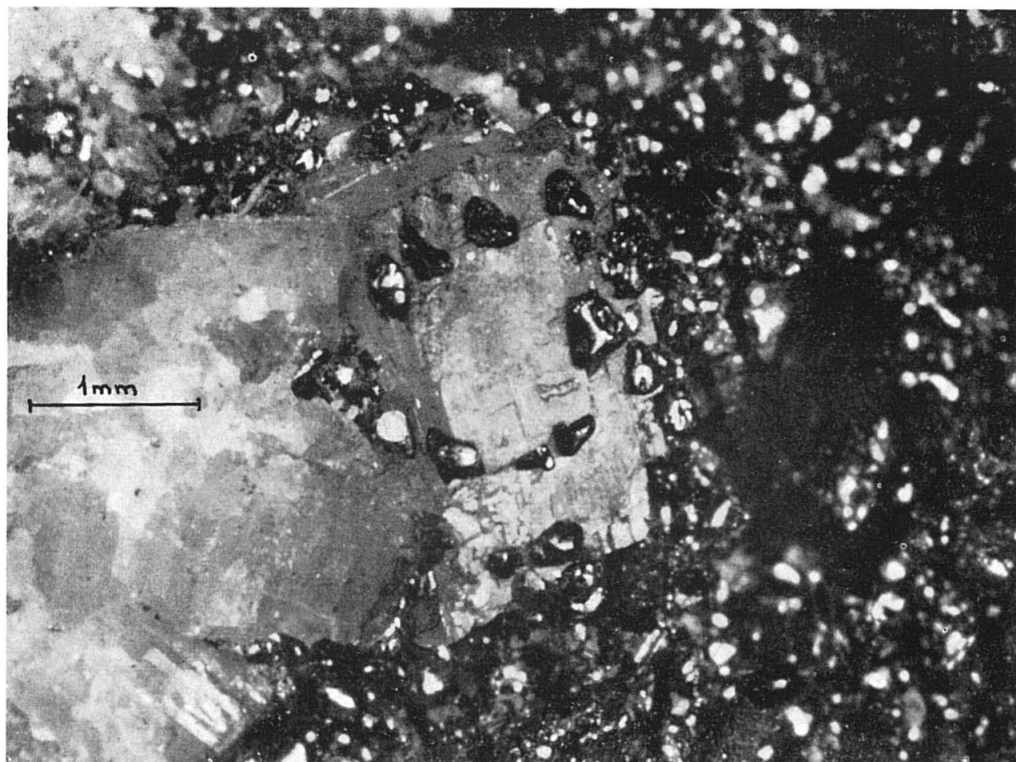


Fig. 12. Bleiglanz vom Lengenbach. Die rundliche Form dieser Kristalle lässt deutlich die starke Einwirkung von Lösungsvorgängen erkennen.

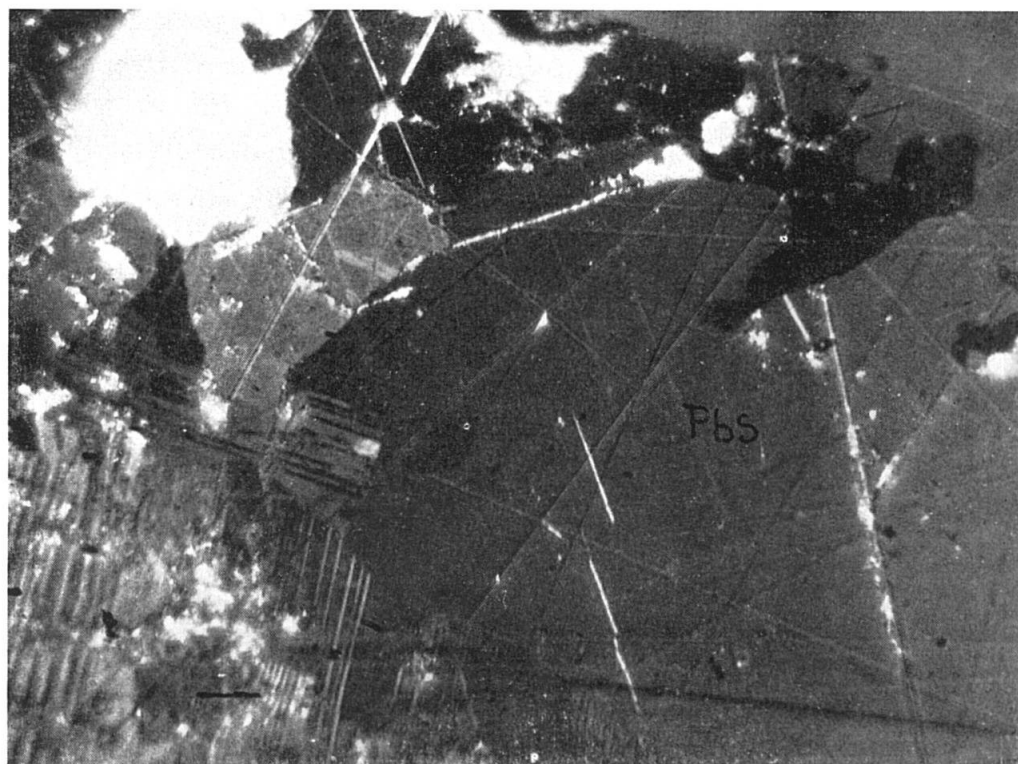


Fig. 13. Anschliff: Bleiglanz vom Lengenbach (SG 711). Einer der oben abgebildeten Bleiglanz-Kristalle zeigt im Anschliff sehr schön die Verdrängung durch verschiedene Sulfosalze, hauptsächlich durch Jordanit (erkennbar an der Zwillingslamellierung). Gekreuzte Polarisatoren, Vergrößerung $300\times$.

Fehlergrenzen. Die Fehlergrenzen wurden aus den Aufnahmen der Standards bestimmt, da nur von diesen eine genügende Anzahl von Messungen vorlag. Die absoluten Fehler betragen:

$$\begin{aligned}\text{für As}_2\text{S}_3 &= \text{bis zu } \pm 2\text{—}3\% \\ \text{für Sb}_2\text{S}_3 &= \text{bis zu } \pm 1,5\text{—}2\% \\ \text{für Ag}_2\text{S} &= \text{bis zu } \pm 1\text{—}1,5\% \\ \text{für ZnS} &= \text{bis zu } \pm 1\text{—}1,5\%\end{aligned}$$

Resultate (vgl. Tab. 2).

— As_2S_3 - Sb_2S_3 : Die Spektralanalysen zeigen recht deutlich, dass im Gebiet des Binnatales im allgemeinen die As-reicheren Glieder der Fahlerzgruppe überwiegen, dass aber immerhin von einer Fundstelle (Ochsenfeld) Tetraedrit stammt. Betrachtet man nun die Sb-Gehalte der Binner Fahlerze, so ergibt sich die auffällige Tatsache, dass wohl Tennantit und Tetraedrit sowie mehrere intermediäre Glieder bis zu 50 Mol% Tennantit auftreten, dass aber bei keiner der analysierten Proben das Sb gegenüber As überwiegt ausser im Tetraedrit, wo jedoch kein As mehr nachweisbar ist (vgl. Fig. 9). Sehr interessant ist auch die Feststellung, dass im allgemeinen mit wachsender Entfernung vom Lengenbach der Sb-Gehalt der Fahlerze zunimmt.

— ZnS: Die ZnS-Gehalte der Binner Fahlerze sind im allgemeinen recht hoch, was schon beim Pulverisieren deutlich in Erscheinung trat: bei Gehalten von $>10\text{—}11\%$ ZnS erhielt das Pulver einen auffälligen Stich ins Rote, während bei dem niedrigen Gehalt von $5,3\%$ ein grau-grünes Pulver vorlag. Der meist hohe ZnS-Gehalt dürfte auch auf die erzmikroskopischen Eigenschaften einen Einfluss haben.

— Ag_2S : Die Fahlerze des Binnatales scheinen durchwegs ziemlich arm an Ag zu sein. Den Maximalwert von $4,7\%$ Ag_2S erreicht der Tetraedrit von der Fundstelle Ochsenfeld, die einen etwas abweichenden Typus der Binner Dolomitfundstellen darstellt.

f) Erzmikroskopische Eigenschaften

Von einer Anzahl Fahlerzproben des Binnatales wurden Anschliffe hergestellt, um die Abhängigkeit der erzmikroskopischen Eigenschaften vom Chemismus zu untersuchen.

Reflexionsvermögen: Elektr. Photometer: $30,3\text{—}31,8\%$ (in Luft, grün);
Spaltphotometer: $29,0\text{—}32,5\%$ (in Luft, NaD -Licht)
Diese Werte wurden an 6 verschiedenen Proben gemessen.

Härte:	394—413 (Mittelwerte). Die Härte wurde ebenfalls an 6 verschiedenen Proben gemessen; die Gesamtvariation geht von 370 bis 425.
Farbe:	Grauweiss, im Vergleich zu Bleiglanz schwach rötlichbraun. Der grünliche Ton, den RAMDOHR (1960) für reinen Tennantit angibt, war kaum zu bemerken, was wohl auf den im allgemeinen hohen ZnS-Gehalt zurückzuführen ist.
Bei gekreuzten Polarisatoren waren sämtliche untersuchten Fahlerze völlig isotrop.	
Innenreflexe:	Bei Tennantit vom Lengenbach konnten deutliche gelbrote Innenreflexe beobachtet werden.

Die Werte für Reflexionsvermögen und Härte der analysierten Proben sind aus der Tab. 2 (S. 681) ersichtlich.

Die sich ergebenden Unterschiede sind also ausserordentlich gering, obwohl das untersuchte Material von praktisch reinem Tennantit über mehrere Zwischenglieder bis zu Tetraedrit reicht. Möglicherweise hat der Ag-Gehalt einen Einfluss auf das Reflexionsvermögen, da die höchsten Werte bei den Ag-reichsten Fahlerzen gemessen wurden. Nach den Angaben von BOWIE und TAYLOR (1958) ergibt sich ein recht deutlicher Unterschied zwischen Tennantit und Tetraedrit, sowohl im Reflexionsvermögen als auch in der Härte. Die von diesen Autoren gemessenen Härtezahlen liegen tiefer als die an den Fahlerzen des Binnatales bestimmten Werte. Merkwürdigerweise scheint bei den Fahlerzen die Härte mit zunehmendem Sb-Gehalt grösser zu werden (BOWIE und TAYLOR, 1958), während zum Beispiel bei der Mischungsreihe Jordanit-Geokronit das Gegenteil der Fall ist.

g) Fundstellen

— im Binnatal:

- * Lengenbach
- Messerbach
- südlich Giessen
- Turtschi
- Schmids Tobel (Reckibach)
- Michibach
- * Weisse Fluh
- Halsen
- Schmidigen Wissi
- nördlich Jennig-Keller
- Tschampigen Wissi

Fuss Ofenhorn
 Ochsenfeld
 Balmen
 (alte Pb-Mine südl. des Albrunpasses, Italien)
 Hohsandhorn

— übrige Fundstellen (ausserhalb des Binnatales):

die Mineralien der Fahlerzgruppe sind häufig und weitverbreitet, sowohl in der Schweiz wie im Ausland.

* = Vor dieser Arbeit schon bekannte Fundstellen von Fahlerz im Binnatal.

3. Enargit

Dieses Sulfosalzmineral war bisher in der Schweiz unbekannt. Als grosse Seltenheit konnte es nun von uns im Dolomit des Binnatales nachgewiesen werden.

a) Kristallographie

Orthorhombisch, C_{2v}^7 -Pnm2

$$a_0 = 6,41 \text{ \AA}$$

$$b_0 = 7,42 \text{ \AA} \quad \text{Enargit von Ouray Co., Colorado}$$

$$c_0 = 6,15 \text{ \AA}$$

(PEACOCK u. THOMPSON, in BERRY u. THOMPSON, 1962).

Das Mineral wurde im Binnatal auf Grund von Röntgen-Pulveraufnahmen identifiziert, die gut mit den Angaben in der Literatur übereinstimmen. Die d-Werte der sieben stärksten Linien seien hier angegeben; das Strichdiagramm für Enargit vom Binnatal ist in Tab. 4 (s. S. 774) dargestellt.

A.		B.	
I	d in Å	I	d in Å
100	1,855	90	1,86
80	3,21	100	3,22
70	2,84	80	2,87
60	1,73	60	1,73
60	1,59	50	1,59
60	1,044	40	1,049
60	1,263	40	1,266

A. Enargit vom Fuss des Ofenhorns. Binnatal (SG 521)

B. Enargit von Ouray Co., Colorado (BERRY u. THOMPSON, 1962)

b) Morphologie

Im Binnatal konnten leider keine gut ausgebildeten Kristalle gefunden werden. Selten kommen kleine, kurzstengelige Kriställchen vor, die eng miteinander verwachsen sind. Das Mineral ist oft mit einer blauen Anlauffarbe überzogen. Wo der Enargit längere Zeit der Verwitterung ausgesetzt war, tritt eine randliche Zersetzung in Malachit auf. Das Mineral scheint hier hauptsächlich gesteinsbildend und nicht in Hohlräumen vorzukommen. Die grössten bisher gefundenen Enargitaggregate erreichen einen Durchmesser von ca. 2–3 mm.

c) Physikalische Eigenschaften

Farbe: Schwarz, metallisch glänzend.
 Strich: Grauschwarz.
 Härte: 3–3½.
 Spaltbarkeit: Vollkommen nach (110), deutlich nach (100) und (010), undeutlich nach (001), nach PALACHE et al. (1946).
 Spez. Gewicht: 4,45 (PALACHE et al., 1946).

d) Typische Bestimmungsmerkmale

Da Enargit nach mehreren Richtungen sehr gut spaltbar ist, kann er dunkler Zinkblende zum Verwechseln ähnlich sehen. Ein eindeutiges Unterscheidungsmerkmal ist jedoch die häufige Verwitterungsschicht von Malachit, die im Binnatal sonst nur Fahlerz aufweist, das aber infolge Abwesenheit jeglicher Spaltbarkeit mühelos von Enargit unterschieden werden kann. Entfernte Ähnlichkeit hat sodann auch Bleiglanz, dessen Spaltflächen aber immer hellsilbrig glänzen, während die des Enargites schwarz sind.

e) Chemische Zusammensetzung



Das As kann dabei teilweise durch Sb (< 7%) ersetzt werden (RAMDOHR, 1960). Vom Binnatal liegt bisher noch zu wenig reines Material vor, um eine Spektralanalyse daran vorzunehmen.

f) Erzmikroskopische Eigenschaften

An einem Anschliff von Enargit vom Binnatal (SG 521) wurden folgende Daten bestimmt:

- Reflexionsvermögen: Elektr. Photometer: 27,5—26,0% (in Luft, grün)
 Spaltphotometer: 28,6% (in Luft, Na_D-Licht)
 Dies stimmt gut überein mit dem von FOLINSBEE (1949) mittels Photozelle gemessenen Wert von 28,0%.
- Härte: 370 (370—383) } je nach Richtung.
 233 (3 × 233)
- Farbe: Weiss, gegen Bleiglanz schwach gelblichbraun, in Öl deutlich rosa.
- Bireflexion: Schwach, nur an Korngrenzen sichtbar; in Öl stark erhöht.
- Bei gekreuzten Polarisatoren: Anisotropieeffekte sind sehr stark, mit deutlichem Farbwechsel von braunrot → blaugrün. In Öl wird der Farbwechsel noch beutend verstärkt und geht von rotviolett → dunkelblaugrün.
- Innenreflexe konnten keine beobachtet werden.
- Gefüge: Verhältnismässig grosse Körner, scheinbar ohne gesetzmässige Verwachsung.

g) Fundstellen

— Im Binnatal:

Am Fuss des Ofenhorns; diese Lokalität ist somit bisher die einzige Fundstelle von Enargit in der Schweiz.

— Übrige Fundstellen:

Enargit ist in gewissen CuAs-Lagerstätten sehr häufig und ein wichtiges Cu-Erz (z. B. Butte, Montana; Cerro de Pasco, Peru; Tsumeb, Südwest-Afrika, etc.).

4. Sinnerit

Ein im Sommer 1962 gefundenes Mineral, das schon bei den Untersuchungen im Lengenbach wegen seiner von den übrigen Sulfosalzmineralien abweichenden Ausbildung auffiel, wurde von der Abteilung für Kristallographie als neue Mineralart bestimmt und zu Ehren des ehemaligen Präsidenten der Museumskommission des Naturhistorischen Museums Bern, Rudolf von Sinner (gest. 1961), der bei der Wiedererschliessung des Lengenbaches massgeblich beteiligt war, Sinnerit genannt (MARUMO und NOWACKI, 1964).

a) Kristallographie

Dieses neue Sulfosalzmineral besitzt eine komplizierte Überstruktur. MARUMO und NOWACKI (1964) ermittelten die folgenden kristallographischen Daten des Sinnerites:

$$\begin{aligned} \text{Pseudozelle:} \quad a' &= 3,72 \text{ \AA} \\ b' &= 3,70 \text{ \AA} \\ c' &= 5,24 \text{ \AA} \\ \alpha' &= \beta' = \gamma' = 90^\circ \end{aligned}$$

Die Symmetrie der Pseudozelle ist pseudokubisch.

$$\begin{aligned} \text{Wahre Zelle:} \quad a_0 &= 20 a' = 74,4 \text{ \AA} \\ b_0 &= 4 b' = 14,80 \text{ \AA} \\ c_0 &= 2 c' = 10,28 \text{ \AA} \end{aligned}$$

Die wahre Symmetrie ist wahrscheinlich triklin.

Das Pulverdiagramm von Sinnerit hat gewisse Ähnlichkeiten mit denjenigen von Zinkblende und von Tetraedrit (vgl. Strichdiagramme in Tab. 4, S. 774). Die aus dem Pulverdiagramm bestimmten d-Werte sollen hier angegeben werden:

Sinnerit vom Lengenbach

I	d in Å
100	3,04
30	2,63
90	1,856
80	1,584
30	1,313
50	1,204
20	1,173
70	1,071
60	1,010

b) Morphologie

Der einzige bisher gefundene Kristall von Sinnerit sass auf einem Tennantit auf. Das stahlgraue Mineral ist langstengelig ausgebildet und parallel zur Stengelachse gestreift. Senkrecht zur Stengelachse erkennt man eine grosse, glatte Fläche. Der Kristall besass ursprünglich eine Länge von ca. 1—2 mm.

c) Typische Bestimmungsmerkmale

Sinnerit sieht mehreren der Pb-As-Sulfosalze des Lengenbaches sehr ähnlich, bei denen jedoch nie die auffallende, senkrecht zur Stengelachse

liegende, glatte Fläche beobachtet wurde. Ein weiteres sehr ähnliches Mineral ist sodann Seligmannit (bei der Bestimmung im Lengenbach wurde das Mineral von uns als fraglicher Seligmannit bezeichnet), der aber im allgemeinen schwarz glänzend ist und vor allem nie eine so deutliche Streifung parallel zur Stengelachse zeigt.

d) Chemische Zusammensetzung

An Splittern des Minerals wurden zwei Analysen mit der Mikrosonde vorgenommen, die folgende Resultate lieferten (MARUMO und NOWACKI, 1964):

	I.	II.	III.
Cu	41,3	39,1	40,34
As	29,2	19,7	30,58
S	29,8	28,7	29,08
	100,3%	97,5%	100,00%

- I. Analyse mit der Mikrosonde an Sinnerit vom Lengenbach.
 II. Analyse mit der Mikrosonde an Sinnerit vom Lengenbach.
 III. Theoretische Zusammensetzung $\text{Cu}_{1,4}\text{As}_{0,9}\text{S}_{2,0}$.

e) Erzmikroskopische Eigenschaften

Ein kleiner Splitter des neuen Minerals wurde mir zur Herstellung eines Anschliffes überlassen, wofür den beiden Autoren MARUMO und NOWACKI freundlich gedankt sei.

- Reflexionsvermögen: Elektr. Photometer: 31,5—29,5% (in Luft, grün)
 Spaltphotometer: 28,5% \pm 1—2% (in Luft, NaD -Licht)
 Das Mineral reflektiert somit sehr ähnlich wie Fahlerz, aber etwas niedriger.
- Härte: 373 (357—390). Das Mineral ist ausserordentlich spröde; in den Ecken der Eindruckfläche bildeten sich Risse. Die Härte ist ebenfalls sehr ähnlich wie bei Fahlerz, aber doch merklich geringer.
- Farbe: Im Vergleich zu Bleiglanz deutlich gelbbraun.
- Bireflexion: Ist nicht zu beobachten.
- Bei gekreuzten Polarisatoren: Die Anisotropie ist deutlich, auch im homogenen Korn. In Öl wird die Anisotropie stark, mit Farbwechsel von graubraun zu graublau.
- Gefüge: Das Mineral ist massenhaft verzwillingt nach einer

unbekannten Richtung. Es sind sehr unregelmässige, geflammte Leisten (entfernte Ähnlichkeit mit der Verzwilligung des Arsenkieses).

Im einfach polarisierten Licht ist Sinnerit nicht von den Fahlerzen zu unterscheiden, bei gekreuzten Polarisatoren sind die ungewöhnliche Ausbildung der Zwillingslamellen und die deutliche Anisotropie charakteristisch für Sinnerit.

f) Fundstellen

Lengenbach ist erste und bisher einzige Fundstelle von Sinnerit.

5. Bleiglanz

Da Bleiglanz für die Genese der Sulfosalze eine wichtige Rolle spielt, soll er hier kurz beschrieben werden. Auf die bekannten kristallographischen Daten etc. soll hier jedoch nicht eingegangen werden.

a) Morphologie

Im allgemeinen findet man Bleiglanz derb eingesprengt im Dolomit. Seltener kommt er auch mehr oder weniger gut kristallisiert in Drusen vor (meist als Kombination von Würfel und Oktaeder), wo er in Exemplaren von mehreren cm Grösse auftritt. Vereinzelt wurden an der Fundstelle im Turtschi kleine Kristalle (höchstens 3—4 mm gross) gefunden, die das Oktaeder als einzige Form besitzen. Im Lengenbach kamen ferner mehrere Proben mit einem sehr merkwürdig ausgebildeten Bleiglanz zum Vorschein, der erst röntgenographisch identifiziert werden konnte. Es handelt sich um rundliche, glänzende Körner, die starke Resorptionserscheinungen aufweisen, was in Fig. 12 gut zu erkennen ist. Schon makroskopisch konnte man deutlich eine innige Verwachsung dieser Bleiglanzkörner mit einem spitzbipyramidal ausgebildeten Mineral beobachten, bei dessen röntgenographischer Untersuchung sich herausstellte, dass es sich um eine ungewöhnlich ausgebildete Art von Jordanit handelt. Die sehr enge Verwachsung von Bleiglanz mit Jordanit (oder dessen As-Sb-Äquivalent Geokronit) konnte auch an vielen anderen Fundstellen des Binnatales festgestellt werden.

b) Erzmikroskopische Untersuchung

Die merkwürdigen rundlichen Bleiglanzkörner vom Lengenbach wurden vom Autor auch erzmikroskopisch untersucht, wobei sich die überraschende Tatsache ergab, dass das Mineral nicht homogen ist: der Blei-

glanz besitzt häufig einen Umwandlungsrand von Sulfosalzen, bei denen es sich ebenfalls wieder in den meisten Fällen um Jordanit handelt, daneben kommt vereinzelt auch Seligmannit sowie wahrscheinlich Lengenbachit, ferner eine ganze Anzahl anderer Sulfosalze vor, die infolge ihrer geringen Grösse nicht bestimmt werden konnten (vgl. Fig. 13). Es ist offenbar eine sehr charakteristische Eigenschaft des Bleiglanzes, dass er da, wo er zusammen mit As-Sb-Pb-Sulfosalzen vorkommt, innig mit diesen verwachsen ist. Das Pb-Sb-Sulfosalz Boulangerit tritt im Binnatal ebenfalls randlich eng mit Bleiglanz verwachsen auf, desgleichen das Pb-Bi-Sulfosalz Giessenit. Ein weiteres wichtiges Charakteristikum ist, dass Bleiglanz stets nur mit As-Sb-armen Sulfosalzmineralien vorkommt (Jordanit ist das As-ärmste Pb-As-Sulfosalz des Binnatales). Die Erklärung für diese Befunde folgt in Teil IV (Genese der Sulfosalzvorkommen).

c) Fundstellen

Bei den Untersuchungen für diese Arbeit wurde festgestellt, dass Bleiglanz — wenn auch meist nur in geringen Mengen — praktisch in allen Binner Dolomitaufschlüssen nachweisbar ist, auch dort, wo keine Sulfosalzmineralien vorkommen, wie zum Beispiel in den Aufschlüssen im Saffischtal. Die Intensität der Bleiglanzvererzung ist sehr wechselhaft; während meistens nur geringe Mengen angetroffen werden, liegt östlich des Albrunpasses (auf italienischem Gebiet) eine beträchtliche Bleiglanzkonzentration vor, die früher sogar abgebaut worden ist.

6. Smithit und Trechmannit

Beide Mineralien wurden von SOLLY (1905) im Lengenbach gefunden und beschrieben. Schon vor der Herstellung einer chemischen Analyse nahm SOLLY an, dass es sich bei beiden Mineralien um Pb-As-Sulfosalze handle. Das eine Mineral benannte er nach G. F. Smith, Kristallograph am Britischen Museum, das andere nach Dr. C. O. Trechmann, der sich auch mit der Untersuchung von Lengenbacher Mineralien befasste.

a) Kristallographie

Smithit (Lengenbach)	Trechmannit (Lengenbach)
Monoklin, C_{2h}^6 -A 2/a	Rhomboedrisch, C_{3i}^2 -R $\bar{3}$ oder C_3^4 -R 3
$a_0 = 17,23 \text{ \AA}$	$a_0 = 14,02 \text{ \AA}$
$b_0 = 7,78 \text{ \AA}$	$c_0 = 9,15 \text{ \AA}$
$c_0 = 15,19 \text{ \AA}$	$a_{rh} = 8,65 \text{ \AA}$
$\beta = 101^\circ 12'$	$\alpha_0 = 108^\circ 17'$
(BERRY u. THOMPSON, 1962)	(NOWACKI et al. 1961)

Die Pulverdiagramme der beiden Mineralien sind charakteristisch und gestatten eine sichere Identifikation. Von Smithit konnten wir leider kein Material für eine Pulveraufnahme erhalten, weshalb hier die Werte von BERRY und THOMPSON (1962) angegeben seien. Da die Werte von Trechmannit zum ersten Mal bestimmt worden sind, werden sämtliche gemessenen d-Werte angegeben. Die Strichdiagramme der beiden Mineralien finden sich in Tab. 4 (S. 774).

A.		B.	
I	d in Å	I	d in Å
20	4,23	40	7,12
20	3,92	20	5,12
10	3,53	50	4,31
80	3,21	30	4,15
10	3,12	50	3,67
100	2,82	30	3,26
60	2,72	90	3,17
5	2,53	40	3,07
5	2,35	10	2,80
5	2,29	100	2,72
5	2,08	50	2,66
30	1,981	20	2,05
50	1,953	80	1,944
20	1,907	70	1,889
40	1,701	20	1,827
40	1,661	10	1,764
40	1,608	10	1,715
10	1,537	10	1,652
5	1,490	20	1,648
5	1,451	10	1,621
20	1,414	10	1,604
10	1,366	60	1,576
10	1,285	40	1,524
30	1,271	20	1,352
5	1,245	20	1,256
5	1,232	20	1,196
10	1,144		

A. Synthetisches $\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$, identisch mit Smithit (BERRY u. THOMPSON, 1962).

B. Trechmannit vom Lengenbach (L 2989).

b) Morphologie

Smithit tritt auf in dünnblättrigen, nach (100) tafligen Kristallen von manchmal pseudohexagonaler Form.

Trechmannit ist stets sehr klein und besitzt einen isometrischen Habitus.

c) *Physikalische Eigenschaften*

Diese Angaben stammen von SMITH und PRIOR (1907) an Material vom Lengenbach.

	Smithit	Trechmannit
Farbe:	zinnoberrot	zinnoberrot
Strich:	zinnoberrot	zinnoberrot
Härte:	1 ½—2	1 ½—2
Spaltbarkeit:	vollkommen nach (100)	gut nach (10 $\bar{1}$ 1), deut- lich nach (0001)
spez. Gewicht:	4.88	—

d) *Typische Bestimmungsmerkmale*

Beide Mineralien gehören zu der Gruppe der roten Sulfosalze des Lengenbaches. Smithit ist dabei sehr leicht zu erkennen dank seiner tafligen, entfernt glimmerähnlichen Ausbildung. Trechmannit hingegen ist sehr schwierig von den ähnlichen Mineralien zu unterscheiden, vor allem von den dunkelroten, Zn-reichen Binnitkristallen, die unter Umständen einen ausgesprochen rhomboedrischen Habitus besitzen können. Trechmannit ist mit Sicherheit wohl nur röntgenographisch zu identifizieren.

Die Angabe bei BADER (1934), dass Smithit häufiger sei als Hutchinsonit, dürfte — nach unseren Beobachtungen — kaum den Tatsachen entsprechen, vielmehr scheint Hutchinsonit das häufigste unter den roten Sulfosalzen zu sein, während Hatchit, Smithit und Trechmannit alle drei extrem selten sind.

e) *Chemische Zusammensetzung*

Sowohl Smithit als auch Trechmannit sind reine Ag-As-Sulfosalze mit der Zusammensetzung $\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$. Dies wurde auch bestätigt durch zwei neue Analysen mit der Mikrosonde:

	I.	II.	III.
Ag	42,5 ± 1	44,5 ± 1	43,69
As	30,4 ± 0,5	29,3 ± 0,5	30,36
S	29,2 ± (1—2)	26,3 ± (1—2)	25,95
	102,1%	100,1%	100,00%

- I. Analyse von Smithit mit der elektronischen Mikrosonde } (NOWACKI u.
 II. Analyse von Trechmannit mit der elektr. Mikrosonde } BAHEZRE, 1963).
 III. Theoretische Zusammensetzung $\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$.

f) Erzmikroskopische Eigenschaften

Für die erzmikroskopische Untersuchung konnten wir ebenfalls kein Material erhalten.

g) Fundstellen

— Im Binnatal:

Lengenbach.

— Übrige Fundstellen:

SEELIGER (1954) beobachtete in einem Anschliff von Pb-Zn-Erzen aus Wiesloch (Baden) ein Mineral, das er als Smithit ansieht. Da SEELIGER in Wiesloch auch Hutchinsonit nachweisen konnte, ist es denkbar, dass Smithit ebenfalls anwesend ist.

h) Syntheseveruche

BELAND und PEACOCK (1946) erhielten bei Hydrothermalsynthesen mit Lösungen von Na-Sulfiden, Ag und As bei Temperaturen unter 400° C und Drucken unter 900 Atmosphären gute Kristalle von Smithit, konnten jedoch keinen Trechmannit herstellen.

7. Seligmannit

Das Mineral wurde 1901 von Baumhauer im Dolomit des Lengenbaches entdeckt und zu Ehren des Koblenzer Bankiers G. Seligmann (1849—1920) Seligmannit getauft. Er stellte durch Kristallmessungen fest, dass das Mineral orthorhombisch ist und vermutete — bevor die chemische Zusammensetzung bekannt war! — auf Grund morphologischer Ähnlichkeiten, dass es isomorph mit Bournonit sei und somit das As-Endglied einer Mischkristallreihe zwischen Bournonit und Seligmannit darstelle (BAUMHAUER, 1901). Durch die chemische Analyse und später auch durch röntgenographische Untersuchungen wurde die Richtigkeit dieser Vermutung bewiesen.

a) Kristallographie

Seligmannit vom Lengenbach, Binnatal (BERRY u. THOMPSON, 1962)

Orthorhombisch, D_{2h}^{13} -Pnmm

$$a_0 = 8,11 \text{ \AA}$$

$$b_0 = 8,74 \text{ \AA}$$

$$c_0 = 7,63 \text{ \AA}$$

Das Pulverdiagramm ist sehr linienreich und charakteristisch für die Gruppe Seligmannit-Bourbonit. Es kann allerdings nicht zur Unterscheidung dieser beiden Mineralien verwendet werden, da ihre Strukturen bis auf geringfügige Unterschiede in den Parametern identisch sind. Die d-Werte einiger starker Linien von 3 Seligmannitkristallen aus dem Binnatal sowie von Bourbonit (Neudorf, Harz) werden angegeben:

A.		B.		C.		D.	
I	d in Å	I	d in Å	I	d in Å	I	d in Å
100	2,72	100	2,71	100	2,73	100	2,74
70	3,86	70	3,83	60	3,84	80	3,90
80	1,754	70	1,749	70	1,765	60	1,765
40	2,59	50	2,57	30	2,58	50	2,59
30	1,911	30	1,903	20	1,945	30	1,945
30	1,416	40	1,413	20	1,422	20	1,427

A. Seligmannit, Lengenbach (SG 726).

B. Seligmannit, Messerbach (SG 259).

C. Seligmannit-Bourbonit, Turttschi (SG 401).

D. Bourbonit, Neudorf (Harz, Deutschland) aus BERRY u. THOMPSON (1962).

Das Strichdiagramm für Seligmannit vom Messerbach ist in Tab. 4, S. 774, angegeben.

Die beiden Seligmannitproben A und B sind praktisch identisch, während die Probe vom Turttschi schon deutliche Verwandtschaft mit Bourbonit aufweist.

b) Morphologie

Die Seligmannitkristalle vom Lengenbach sind sehr gut ausgebildet und reich an Flächen. Sie sind dünnstengelig, nach [001] gestreckt, wobei die Basis (001) immer als grosse, glänzende Fläche auftritt. Die Zone [001] ist ausgezeichnet durch ihren Reichtum an Flächen. Die Seligmannite vom Lengenbach sitzen sehr häufig auf anderen Sulfosalzen, auf denen sie wirr durcheinander wachsen. Zwillinge nach (110) sind bekannt. Das Mineral ist im Lengenbach sehr selten und stets von geringer Grösse; Kristalle von über 1 cm Grösse bilden schon eine Ausnahme.

Die gegen Bourbonit gehenden Kristalle vom Turttschi sind deutlich verschieden von denen des Lengenbaches. Sie sind kurzsäulig, viel weniger langgestreckt und weisen die bekannte, als „Rädelerz“ bezeichnete, vielfache Verzwillingung nach (110) auf. Die einzelnen Individuen

sind recht gross; das gesamte Aggregat ist ca. 10 mm lang. Die Kristalle umwachsen einen grossen Geokronit, aus dem sie wohl entstanden sind (Fig. 15).

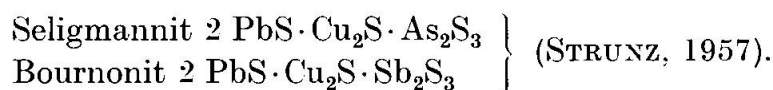
c) Physikalische Eigenschaften

Farbe:	Schwarzglänzend bis stahlgrau.
Strich:	Schokoladebraun bis grauschwarz.
Härte:	2½—3.
Spaltbarkeit:	Keine; sehr schlecht nach (100), (010), (001) (SOLLY, 1903).
Bruch:	Muschelig.
Zwillinge:	Nach (110) sehr häufig.
Spez. Gewicht:	Von PRIOR (1910) wurden an Lengenbacher Seligmannit die Werte 5,44 und 5,48 bestimmt.

d) Typische Bestimmungsmerkmale

Von den PbAs-Sulfosalzen des Lengenbaches lässt sich Seligmannit recht gut unterscheiden. Die Farbe der stengeligen, Pb-haltigen Sulfosalze ist im allgemeinen deutlich bleigrau, während die des Seligmannites schwarz ist. Ein weiteres typisches Merkmal für Seligmannit ist die stets gut ausgebildete glänzende Basisfläche, die keinerlei Streifung besitzt und die langstengeligen Kriställchen rechtwinklig begrenzt, was bei den meist niedriger symmetrischen PbAs-Mineralien nicht der Fall ist. Die Kanten zwischen den Flächen sind ausnahmslos scharf, ohne die bei den übrigen Sulfosalzen so häufige, charakteristische Rundung. Isometrische Seligmannitkristalle können sehr ähnlich aussehen wie Tennantit (Binnit), der dieselbe schwarzglänzende Farbe hat. Im allgemeinen wird aber die Unterscheidung möglich sein auf Grund der morphologischen Eigenschaften des Seligmannites [gross entwickelte Zone [001] und gut ausgebildete Basisfläche (001)]. Langstengelige Rutilkristalle, die ebenfalls gewisse Ähnlichkeiten mit Seligmannit haben können, sind dank ihrer viel grösseren Härte sowie dem sehr häufigen Fehlen einer Basisfläche leicht von Seligmannit zu unterscheiden.

Die bournonitähnlichen Kristalle vom Turtschi sind mit ihrer charakteristischen Zwillingsbildung kaum mit einem anderen Mineral des Binnatales zu verwechseln.

e) Chemische Zusammensetzung

Zwischen diesen beiden Mineralien besteht eine begrenzte Mischbarkeit. Beim Sb-Endglied der Reihe wird Sb höchstens bis zum Verhältnis $\text{Sb} : \text{As} = 4 : 1$ durch As ersetzt (FRONDEL, 1941). Dieser Befund könnte Analogien mit den Verhältnissen in der Fahlerzgruppe haben; bei den Fahlerzen des Binnatales wurden ähnliche Verhältnisse angetroffen (s. S. 687).

f) Erzmikroskopische Eigenschaften

Vom Lengenbach war kein Material zur Hand, um einen Erzanschliff herzustellen. Nach den Röntgenaufnahmen ist aber der Seligmannit vom Messerbach annähernd identisch mit dem vom Lengenbach (er könnte sogar noch reinerer Seligmannit sein als der vom Lengenbach!), so dass für Lengenbacher Seligmannit dieselben Befunde gelten dürften. Die Angabe von Reflexionsvermögen und Härte erfolgt für zwei Fundstellen getrennt, und zwar ist:

- I. reiner Seligmannit vom Messerbach (SG 259),
- II. intermediäres Glied der Reihe Seligmannit-Bournonit vom Turttschi (SG 401).

Reflexionsvermögen: Elektr. Photometer: 40,0—36,0%³⁾ 42,0—36,0³⁾
 Spaltphotometer: 37,5% 37,0%

Die Messungen mit dem elektrischen Photometer wurden bei grünem Licht, diejenigen mit dem Spaltphotometer bei Na_D -Licht in Luft vorgenommen.

Härte: 162 (160–167) 154 (149–161)

Das Material ist spröd, die Eindrücke waren jedoch gut. Die etwas geringere Härte bei II. lässt auf einen etwas höheren Sb-Gehalt schliessen als bei I.

Farbe: Weiss, gegen Bleiglanz schwach rötlichbraun.

Bireflexion: Schwach, aber an Zwillingslamellen deutlich sichtbar, in Öl bedeutend verstärkt.

Bei gekreuzten Polarisatoren: Anisotropieeffekte sind ziemlich stark, auch am homogenen Korn sichtbar; in Öl wird die Anisotropie sehr stark.

³⁾ Anisotropie!

Innenreflexe:	Wurden keine gefunden.
Gefüge:	Polysynthetische Zwillingslamellen sind sehr häufig, auch bei sehr kleinen Körnern. Die Form der Lamellen ist sehr uneinheitlich, lange nicht so regelmässig wie bei Jordanit. Im allgemeinen sind sie sehr schmal, sie können aber sehr breit werden. Häufig verjüngen sie sich gegen das eine Ende und schwänzen dann plötzlich aus.

Die Glieder der Gruppe Jordanit-Geokronit haben in ihren erzmikroskopischen Eigenschaften sehr grosse Ähnlichkeiten mit Seligmannit. Eine Unterscheidung ist aber möglich auf Grund der viel regelmässigeren Zwillingslamellen und der bedeutend schwächeren Bireflexion bei Jordanit.

g) Fundstellen

— Im Binnatal:

Lengenbach*,
Messerbach,
Turtschi.

— Übrige Fundstellen:

Ursprünglich war Seligmannit nur als seltenes Mineral aus dem Dolomit des Binnatales bekannt; in den letzten 30 Jahren wurde er in vielen anderen Cu-As-Lagerstätten gefunden, wie zum Beispiel Recsk, Ungarn; Cerro de Pasco, Peru, Bingham, Utah (vgl. RAMDOHR, 1960).

* = Bisher bekannte Fundstellen im Binnatal.

8. Hatchit

Dieses Mineral, das von R. H. SOLLY 1902 gefunden worden ist (SOLLY und SMITH, 1912), ist wohl eines der seltensten Mineralien des Lengenbaches. SOLLY standen nur 5 Kristalle zur Verfügung, die auf einem anderen Sulfosalz aufgewachsen waren, wobei der grösste Kristall die Länge von 0,7 mm erreichte. Er wartete zunächst noch mit der Untersuchung, da er hoffte, noch mehr Material zu erhalten. Als aber infolge des zunehmenden Zerfalls der Fundstelle keine Hoffnung mehr bestand, zusätzliches Material zu finden, bearbeitete er die wenigen Kristalle, die vorhanden waren und nannte das Mineral Hatchit, zu Ehren des Geologen F. H. Hatch (1864—1932). Infolge ungenügender Angaben — die chemische Zusammensetzung konnte nicht ermittelt werden — wurde

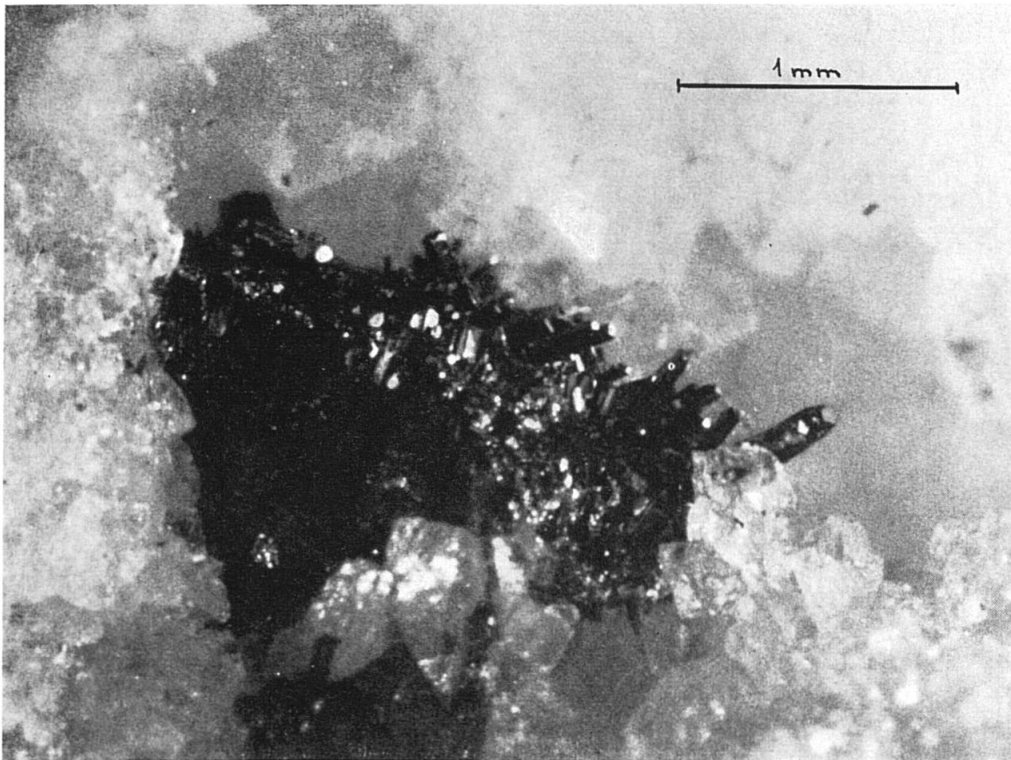


Fig. 14. Seligmannit (Lengenbach). Dünne, langprismatische Kriställchen mit grosser, gut ausgebildeter Basis, auf anderem Sulfosalz aufgewachsen (SG 726).

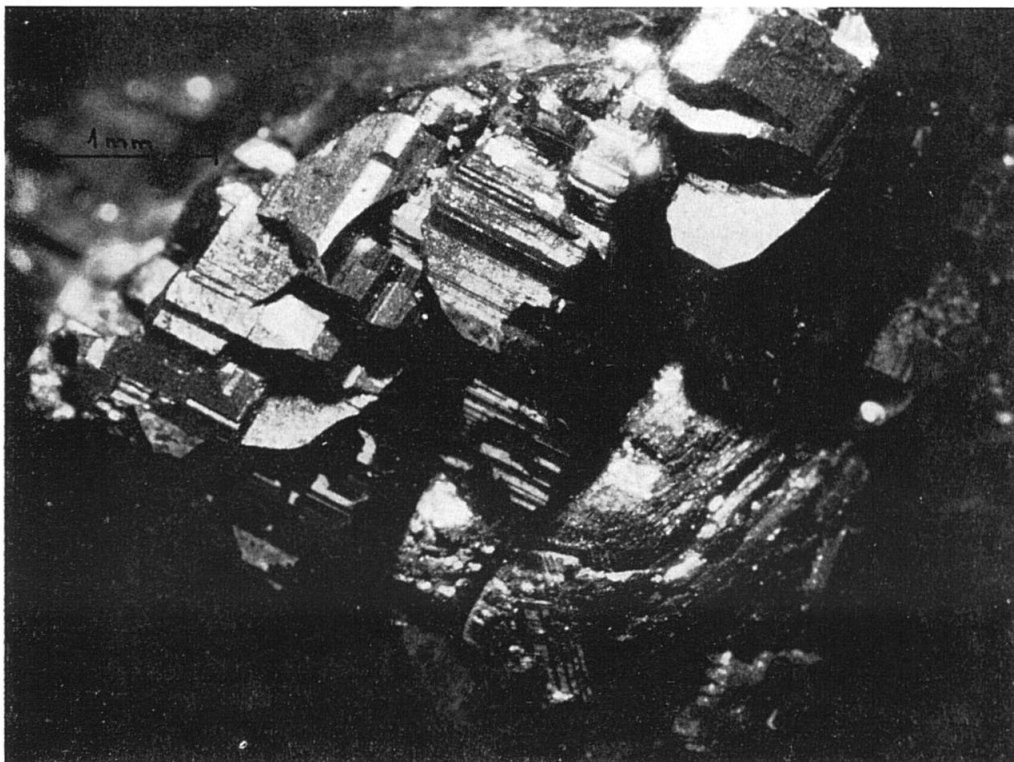


Fig. 15. Seligmannit (Turtzchi). An „Rädelerz“ erinnernde Verwachsung von Seligmannit auf Geokronit, der deutlich zu erkennen ist an der auffälligen Zwillinglamellierung (Mitte, unten) (SG 400).

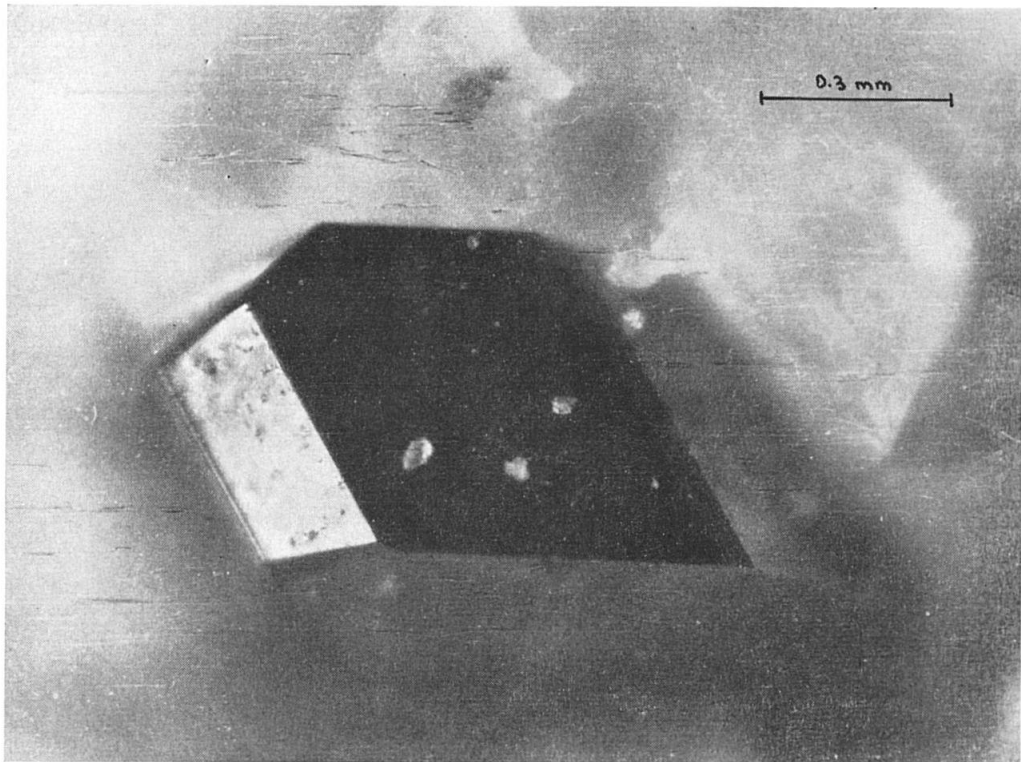


Fig. 16. Hatchit vom Lengenbach. An dem deutlich triklinen Kristall erkennt man das starke Vorherrschen der Zone [100].

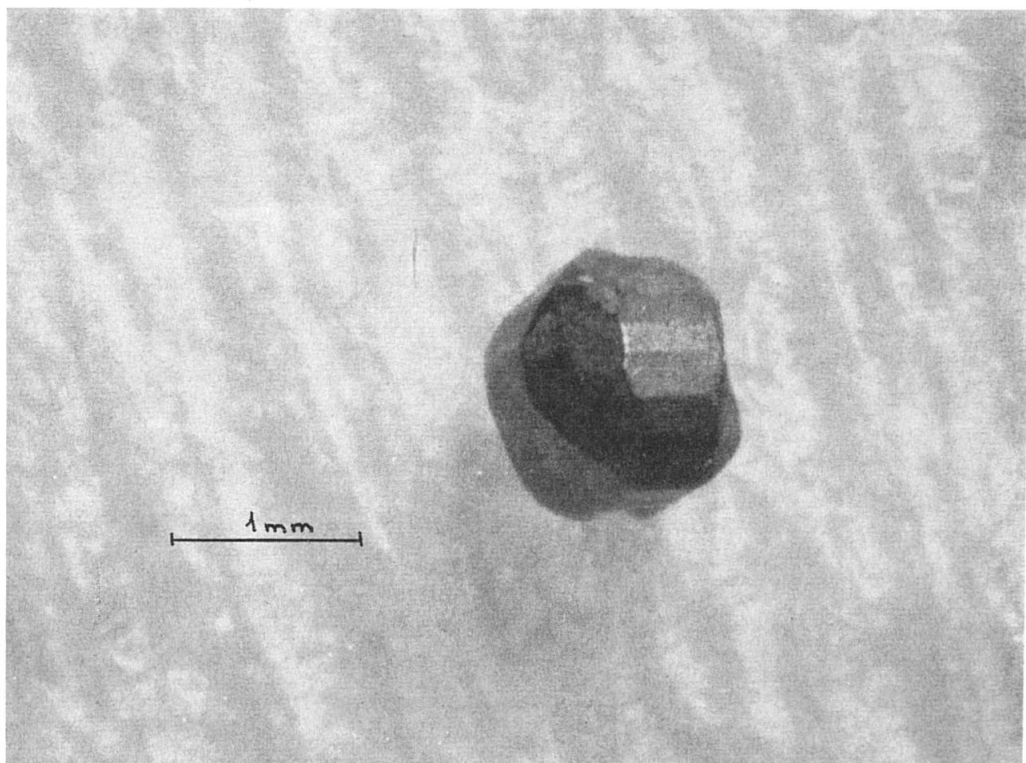


Fig. 17. Marrit-Kristall vom Lengenbach. Die beiden flächenreichen Zonen sind deutlich erkennbar. (Nr. XII-34; B. M. 87130, British Museum, London.)

die Existenz des Minerals später angezweifelt, und RAMDOHR (1943) nahm auf Grund gewisser morphologischer Ähnlichkeiten an, Hatchit sei identisch mit dem Pb-As-Sulfosalz Gratonit.

Im Verlaufe der Neuausbeutung konnten nun im Sommer 1960 wieder mehrere Hatchitkristalle gefunden werden. Röntgenographische Untersuchungen und eine Analyse mit der neuen elektronischen Mikrosonde in Paris bewiesen dann eindeutig die Existenz von Hatchit als einer selbständigen Mineralart.

a) Kristallographie

Hatchit vom Lengenbach (NOWACKI et al., 1961)

Triklin, C_1^1 -P $\bar{1}$ oder C_1^1 -P1

$$\begin{array}{ll} a_0 = 9,27 \text{ \AA} & \alpha_0 = 113^\circ 23' \\ b_0 = 7,81 \text{ \AA} & \beta_0 = 116^\circ 33' \\ c_0 = 8,01 \text{ \AA} & \gamma_0 = 85^\circ 06' \\ a_0 : b_0 : c_0 = 1,187 : 1 : 1,026 \end{array}$$

Um sicher zu sein, dass dieses triklone Mineral auch wirklich identisch mit SOLLYS Hatchit sei, mussten die beiden Achsenverhältnisse — das röntgenographisch bestimmte und das von SOLLY goniometrisch gefundene — miteinander in Übereinstimmung gebracht werden. Nach einer Transformation der Achsen SOLLYS ergab sich:

$$a : b : c = 1,183 : 1 : 1,022$$

Die Achsen von SOLLY mussten folgendermassen transformiert werden: $a' \rightarrow b$, $b' \rightarrow c$, $c' \rightarrow a$. Damit dürfte die Identität unseres Minerals mit dem Hatchit von SOLLY wohl gesichert sein (V. KUNZ in NOWACKI et al., 1961).

Das Pulverdiagramm von Hatchit (Untersuchungsmaterial von NOWACKI et al., 1961) ist charakteristisch; es enthält wenige und schwache Linien. Es werden hier sämtliche gemessenen Linien angegeben, das Strichdiagramm befindet sich in der Tab. 4 (S. 774).

I	d in Å	I	d in Å
10	4,58	10	2,77
10	4,36	30	2,72
20	3,61	20	2,62
40	3,44	20	1,784
60	3,35	30	1,749
100	2,88		

b) Morphologie

Die 1960 gefundenen Hatchite zeigen unter der Lupe ausserordentlich deutlich die triklone Symmetrie. Man erkennt gut das deutliche Vorherrschen einer Zone, bei der es sich wohl um $[100]$ handelt (transformiert). SOLLY fand bei seinen Kristallen 21 Formen, die hier untransformiert angegeben werden: $\{100\}$, $\{110\}$, $\{\bar{2}10\}$, $\{\bar{3}20\}$, $\{\bar{1}10\}$, $\{2\bar{2}1\}$, $\{2\bar{5}1\}$, $\{1\bar{1}1\}$, $\{103\}$, $\{001\}$, $\{0\bar{1}2\}$, $\{0\bar{1}1\}$, $\{0\bar{2}1\}$, $\{13\bar{6}\}$, $\{25\bar{6}\}$, $\{\bar{1}12\}$, $\{11\bar{1}\}$, $\{32\bar{1}\}$, $\{010\}$.

Während SOLLYS Hatchite alle auf einem anderen Sulfosalz aufgewachsen waren (wohl Rathit), sassen unsere Kristalle in einer Druse direkt im Dolomit und waren mit Hutchinsonit vergesellschaftet. Die Grösse von Hatchitkristallen dürfte 1 mm nicht übersteigen.

c) Physikalische Eigenschaften

Farbe: Bleigrau bis schwarzgrau, im durchscheinenden Licht jedoch deutlich dunkelrot. Der Hatchit gehört ebenfalls zu den seltenen roten Sulfosalzen des Lengenbaches.

Strich: Schokoladebraun.

d) Typische Bestimmungsmerkmale

Hatchit gehört zu der Gruppe der roten Lengenbacher Sulfosalze, von denen er, falls gut kristallisiert, mühelos unterschieden werden kann dank der deutlich triklinen Ausbildung. Eine gewisse Ähnlichkeit besitzen schlecht ausgebildeter Tennantit (der bei hohem Zn-Gehalt rot durchscheinend sein kann) und vor allem verzerrte Hutchinsonitkristalle. In diesem letzteren Fall hilft wohl nur die röntgenographische Untersuchung.

e) Chemische Zusammensetzung

	I.	II.	III.
Tl	$27,1 \pm 1$	27,3	27,7
Pb	$23,8 \pm 1$	24,2	24,5
As	$21,7 \pm 1$	21,2	21,5
S	$27,5 \pm (1-2)$	27,3	26,3
	100,1 %	100,0 %	100,0 %

I. Analyse an Splintern eines Hatchitkristalles, der zuvor röntgenographisch identifiziert worden war (L 1268). Die Analyse wurde mittels

der elektronischen Mikrosonde (EMS) in Paris vorgenommen (NOWACKI und BAHEZRE, 1963).

II. Entspricht der Zusammensetzung $\text{Ti}_8\text{Pb}_7\text{As}_{17}\text{S}_{51}$.

III. Entspricht der Zusammensetzung $16 \text{TiS}_2 \cdot 14 \text{PbS} \cdot 17 \text{As}_2\text{S}_3$.

Da es nun dank der elektronischen Mikrosonde möglich ist, winzige Mineralsplitter zu analysieren (was gerade bei den Sulfosalzen mit ihren häufigen Verwachsungen und Mischkristallen von entscheidender Bedeutung ist), konnte schliesslich auch die chemische Zusammensetzung des umstrittenen Minerals ermittelt werden. Der Hatchit ist also nach dem Hutchinsonit ein weiteres Ti-As-Sulfosalz, was erklärt, warum er von derselben Stelle stammt, wo auch Hutchinsonit am häufigsten auftritt, zudem war auf der Hatchitstufe Hutchinsonit ebenfalls vertreten.

f) Erzmikroskopische Eigenschaften

Da auch bei dem neuen Fund nur sehr wenig Material zum Vorschein kam, war es vorläufig leider noch nicht möglich, einige Mineralsplitter für einen Erzanschliff zu erhalten.

g) Fundstellen

— Im Binnatal:

Lengenbach. Hatchit konnte nur im Lengenbach gefunden werden.

— Übrige Fundstellen:

Nachdem eindeutig nachgewiesen werden konnte, dass Hatchit nicht mit Gratonit identisch ist, wird die Lagerstätte Lengenbach zur einzigen Fundstelle von Hatchit.

9. Hutchinsonit

1903 berichtete SOLLY in einem Vortrag in Cambridge über mehrere neue Mineralien aus dem Lengenbach. Eines davon nannte er später Hutchinsonit, zu Ehren des Mineralogen Prof. Hutchinson (1866—1937) in Cambridge (SOLLY, 1905). Das Mineral gehört zu der Gruppe der seltenen roten Sulfosalze vom Lengenbach, ist aber bei weitem das häufigste davon.

a) Kristallographie

Hutchinsonit vom Lengenbach (NUFFIELD, 1947)

Orthorhombisch, D_{2h}^{15} -Pbca

$$a_0 = 10,80 \text{ \AA}$$

$$b_0 = 35,35 \text{ \AA}$$

$$c_0 = 8,16 \text{ \AA}$$

Das Pulverdiagramm von Hutchinsonit weist verhältnismässig viele starke Linien auf. Es ist nicht sehr charakteristisch, dürfte aber im allgemeinen zur Identifikation genügen. Die d-Werte von Hutchinsonit wurden neu bestimmt; da sie von den Werten in der Literatur etwas abweichen, sollen einige der stärksten Linien hier angegeben werden (Strichdiagramm für Hutchinsonit vom Lengenbach in Tab. 4, S. 774):

A.		B.	
I	d in Å	I	d in Å
100	2,74	70	2,74
100	2,68	100	2,70
70	3,79	40	3,85
70	3,69	60	3,71
60	3,05	90	3,06
50	4,44	60	4,45
30	2,39	60	2,39

A. Hutchinsonit vom Lengenbach (BERRY u. THOMPSON, 1962).

B. Hutchinsonit vom Lengenbach (neu bestimmte Werte).

b) Morphologie

Hutchinsonit kommt in mehreren, wesentlich voneinander verschiedenen Ausbildungsarten vor:

α) Gut ausgebildete, prismatische Kristalle von dunkelroter Farbe, die stets sehr flächenreich sind. Sie sind nach der c-Achse gestreckt, wobei die Zone [001] besonders flächenreich ist, auch die Endflächen sind meistens gut ausgebildet. Ihre Grösse kann etwa 1—2 mm betragen. Dieser Typus sitzt im allgemeinen allein in Drusen und ist nicht mit andern Sulfosalzen assoziiert, dafür aber häufig mit dem bipyramidalen Rutil und Realgar.

β) Stellenweise ist eine andere Ausbildungsart sehr verbreitet. Das sind blätterige Kriställchen, die radialstrahlig miteinander verwachsen sind. Ihre Farbe ist dunkelrot, oft schwarz, und sie sind dann nur bei starkem Licht an den Kanten rot durchscheinend. Diese Hutchinsonite

sind stets sehr klein und dürften kaum die Grösse von 1 mm überschreiten. Im Sommer 1962 wurden im südöstlichen Teil der Grube Lengenbach eine ganze Anzahl von Hutchinsoniten dieser Art gefunden; sie sitzen auf Kluftflächen und nicht in Drusen und sind mit sehr viel Realgar vergesellschaftet.

γ) GIUSCA (1930) erwähnt, dass infolge von Verdrängungsprozessen Hutchinsonit als dünne Schicht andere Sulfosalze überzieht. Die Mineralien erhalten dadurch eine schimmernde, goldrote Farbe, darunter erscheint jedoch gleich wieder das grauschwarze Sulfosalzmineral. Ob es sich bei diesen Überzügen anderer Mineralien stets um Hutchinsonit handelt, steht wohl noch nicht sicher fest.

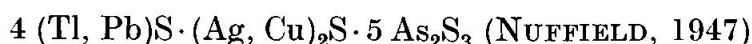
c) Physikalische Eigenschaften

Farbe:	Dunkelweinrot bis schwarz; auch die schwarzen Kristalle sind an den Kanten rot durchscheinend.
Strich:	Rot.
Härte:	Wird stets mit $1\frac{1}{2}$ —2 angegeben. Nach der Bestimmung mit dem Härtemikroskop dürfte sie aber merklich höher liegen (etwa bei Seligmannit und Jordanit).
Spaltbarkeit:	Nach (010) deutlich (nach PALACHE et al., 1946).
Bruch:	Muschelig.
Spez. Gewicht:	4,6—4,7 wurden an Lengenbacher Hutchinsonit bestimmt (SMITH und PRIOR, 1907).

d) Typische Bestimmungsmerkmale

Ähnlich im Aussehen sind natürlich alle übrigen roten Sulfosalze wie: Trechmannit, Smithit, Hatchit sowie auch Realgar. Trechmannit ist dunkler rot, mit mehr metallischem Glanz und dürfte weniger gut lichtdurchlässig sein. Smithit ist in seiner dünnblättrigen Ausbildung kaum mit Hutchinsonit zu verwechseln. Hatchit ist stärker opak und auf Grund der meist deutlich erkennbaren triklinen Symmetrie nicht allzu schwierig zu unterscheiden. Realgar besitzt das viel hellere Rot, ausserdem ist seine Strichfarbe (gelb) völlig verschieden.

e) Chemische Zusammensetzung



Zwei neue Analysen an Hutchinsonit vom Lengenbach werden von NOWACKI und BAHEZRE (1963) angegeben:

	I.	II.
Tl	20,04	20 \pm 1
Pb	18,03	17,3 \pm 1
Cu	0,91	—
Ag	ca. 0,1	—
As	30,17	36,8
S	26,03	26,5 \pm (1—2)
H ₂ O (105°)	4,63	—
	99,91%	100,6%

I. Chemische Analyse, entspricht der Formel $\text{Tl}_{10,0}\text{Pb}_{8,9}\text{Cu}_{1,5}\text{Ag}_{0,09}\text{As}_{41,81,8}\text{S}_2$.

II. Analyse mit der elektronischen Mikrosonde.

Eine vom Autor vorgenommene Spektralanalyse von Hutchinsonit ergab, dass Ag_2S weit unter 0,5% liegen muss, hingegen waren beträchtliche Mengen von Cu vorhanden.

f) Erzmikroskopische Eigenschaften

Reflexionsvermögen: Elektr. Photometer: 31,0—30,0% (in Luft, grün)
Spaltphotometer: $29,2 \pm 1\%$ (in Luft, NaD -Licht)
RAMDOHR (1960) gibt einen berechneten Wert von 27,2% an.

Härte: 170,5 (170—171). Das Material ist weniger spröde als bei den meisten anderen Sulfosalzen, die Eindrücke waren sehr gut. An den Kanten der Eindruckflächen bildeten sich Risse mit scheinbarer Dreier-Symmetrie.

Farbe: Reinweiss, gegen Bleiglanz sehr schwach gelbbraun. In Öl erhält die Farbe einen bläulichen Ton.

Bireflexion: Schwach.

Bei gekreuzten Polarisatoren: Es treten violette bis tiefblaue Polarisationsfarben auf.

Die Anisotropie ist deutlich.

Innenreflexe: Von roter Farbe, treten massenhaft auf und über-tönen häufig die Polarisationsfarben.

Gefüge: Verwachsungen wurden keine beobachtet.

Hutchinsonit ist neben den Cu-As-Sulfosalzen Fahlerz, Enargit und Sinnerit das am schwächsten reflektierende Sulfosalz des Binnatales und ist auf Grund der zahlreichen Innenreflexe leicht zu erkennen. Allerdings könnte die Unterscheidung von den übrigen roten Sulfosalzen des Len-

genbaches (Hatchit, Smithit, Trechmannit), deren erzmikroskopische Eigenschaften noch nicht bekannt sind, sehr schwierig sein.

g) Fundstellen

— Im Binnatal:

Lengenbach ist einziger Fundort.

— Übrige Fundstellen:

Wiesloch/Baden in Deutschland. SEELIGER (1954) fand hier das Mineral zusammen mit Gratonit, Jordanit, Auripigment, Bleiglanz und einem Mineral, das SEELIGER als möglichen Smithit bezeichnet.

10. Marrit

Im Juli 1904 fand SOLLY im Lengenbach eine Dolomitstufe mit ca. 15 kleinen, unbekannten Kristallen, die er dann als neue Mineralart bestimmte und zu Ehren von Dr. J. E. Marr als Marrit bezeichnete. SOLLY (1905) ermittelte die kristallographischen Eigenschaften, Strich und Härte des Minerals, für eine chemische Analyse und zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes hatte er zu wenig Material. Bis zum Sommer 1963 war dies die einzige — identifizierte! — Marritstufe, die im Lengenbach gefunden wurde. 1963 wurden dann zwei unbekannte Mineralien aus dem Lengenbach auf Grund ihrer Identität mit einem zuvor von der Abteilung für Kristallographie (Mineralogisches Institut Bern) untersuchten Originalkristall von SOLLYS Marrit, der von Dr. G. F. Claringbull (British Museum, London) zur Verfügung gestellt worden war, als Marrite erkannt (WUENSCH et al., 1963). Von der Abteilung für Kristallographie konnten wir das Mineral auch zur Herstellung von Photographien erhalten, wofür hier bestens gedankt sei.

a) Kristallographie

Marrit vom Lengenbach (WUENSCH et al., 1963)

Monoklin-prismatisch, C_{2h}^5 - $P2_1/a$

$$a_0 = 7,291 \text{ \AA}$$

$$b_0 = 12,68 \text{ \AA}$$

$$c_0 = 5,998 \text{ \AA}$$

$$\beta = 91^\circ 13'$$

Diese Daten stammen von SOLLYS Originalkristall und sind in Übereinstimmung mit denen der neu gefundenen Marrite. WUENSCH ver-

mutet eine Isomorphie von Marrit mit dem Pb-Ag-Sb-Sulfosalz Freieslebenit, was auch nach der Ähnlichkeit der Pulverdiagramme der beiden Mineralien wahrscheinlich ist.

Das Pulverdiagramm von Marrit ist sehr linienreich und besitzt starke Reflexe bis zu den grossen θ -Werten. Da die d-Werte dieses Minerals bisher noch nicht bekannt waren, sollen hier sämtliche gemessenen d-Werte des Marrites angegeben werden. Die d-Werte zeigen gewisse Ähnlichkeiten mit denjenigen von Freieslebenit. Das Strichdiagramm von Marrit findet sich in Tab. 4 (S. 774).

I	d in Å	I	d in Å
10	4,80	50	2,05
10	4,40	40	2,01
100	3,45	10	1,880
30	3,15	20	1,803
30	3,08	30	1,745
70	3,00	20	1,114
40	2,91	40	0,996
100	2,75	10	0,985
30	2,11		

Die d-Werte der vier stärksten Linien von Freieslebenit (von Hiendelaencina, Spanien) betragen: 2,83 (100), 3,48 (80), 2,98 (70), 1,784 (50), nach BERRY und THOMPSON (1962).

b) Morphologie

Marrit scheint im allgemeinen in isometrischer bis kugeliger Ausbildung vorzukommen. Der Habitus wird bestimmt durch den ausserordentlichen Flächenreichtum der Zonen [001] und [100] (vgl. die Zeichnung in SOLLY, 1905). Die flächenreichen Zonen sind gut erkennbar auf Fig. 17. Die bisher grössten Marritkristalle dürften etwa die Grösse von 5 mm erreichen.

c) Physikalische Eigenschaften

Farbe:	Bleigrau bis schwarzgrau. Häufig sind die Kristalle mit einer merkwürdigen irisierenden Schicht überzogen (ähnlich wie manchmal auch Binnit und Jordanit).
Strich:	Schwarzbraun.
Härte:	3.
Spaltbarkeit:	Undeutliche Absonderung.
Zwillinge:	Makroskopisch ist keine gesetzmässige Verwachsung zu erkennen.

d) Typische Bestimmungsmerkmale

Das Mineral ist ausserordentlich schwierig zu identifizieren und manchmal kaum zu unterscheiden von Jordanit, Binnit und auch Pyrit. Jordanit besitzt oft — im Unterschied zu Marrit — eine mehr oder weniger deutlich sichtbare Zwillinglamellierung. Binnit sieht im frischen Bruch rein schwarz aus, während bei Marrit die Farbe eher gegen silbergrau geht. Im Gegensatz zu Binnit scheint Marrit eine undeutliche Spaltbarkeit zu besitzen, die allerdings auch auf Absonderung nach Zwillingsebenen beruhen kann. Gegenüber Pyrit, der infolge von Anlauffarben auch marritähnlich sein kann, ist die viel grössere Härte des Pyrites ein eindeutiges Unterscheidungsmerkmal.

e) Chemische Zusammensetzung

An einem winzigen Splitter von SOLLYS Marritkristall wurde eine Analyse mit der elektronischen Mikrosonde vorgenommen, welche folgendes Resultat ergab (WUENSCH et al., 1963):

	I.	II.
Pb	$41,0 \pm 1,0$	42,62
Ag	$23,7 \pm 1,5$	22,19
As	$17,9 \pm 0,5$	15,41
S	$18,8 \pm 1,0$	19,78
	101,4%	100,00%

I. Analyse an Marrit vom Lengenbach mit der Mikrosonde.

II. Theoretische Zusammensetzung $2\text{PbS} \cdot \text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$.

Also ergibt auch die chemische Zusammensetzung einen Hinweis auf die Möglichkeit einer Isomorphie von Marrit mit Freieslebenit ($2\text{PbS} \cdot \text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$). Über eine eventuelle Mischkristallbildung zwischen den beiden Mineralien ist noch nichts bekannt.

f) Erzmikroskopische Eigenschaften

Zur Herstellung des Anschliffs wurde ein Splitter von dem neugefundenen Marrit verwendet, dessen Identität mit SOLLYS Marrit zuvor röntgenographisch festgestellt worden war.

Reflexionsvermögen: Elektr. Photometer: 34,0—31,5% (in Luft, grün)
 Spaltphotometer: $32,5 \pm 1$ —2% (in Luft, NaD-Licht)

	Für Freieslebenit wurde mit der Photozelle ein Reflexionsvermögen von 35,9% gemessen (FOLINSBEE, 1949).
Härte:	167,6 (161—171).
Farbe:	Weiss, im Vergleich zu Bleiglanz deutlich geblich-braun gefärbt.
Bireflexion:	Ist weder in Luft noch in Öl zu bemerken.
Bei gekreuzten Polarisatoren:	Die Anisotropie ist deutlich, auch im homogenen Korn. In Öl sind die Effekte stark, mit auffälligem Blaustich in Hellstellung.
Innenreflexe:	Hellrote Innenreflexe sind massenhaft vorhanden.
Gefüge:	Zwillingslamellen sind vorhanden, aber nicht sehr häufig. Es sind schmale Leisten von wechselnder Breite. Es scheinen zwei verschiedene Systeme von Lamellen aufzutreten, die sich spitzwinklig schneiden. Vereinzelt beobachtet man merkwürdig verbogene Lamellen.

Das Verhalten bei gekreuzten Polarisatoren, vor allem in Öl, sowie die etwas ungewöhnliche Ausbildung der Zwillingslamellen sind recht charakteristisch für Marrit.

g) Fundstellen

— Im Binnatal:

Lengenbach ist einzige Fundstelle von Marrit.

— Übrige Fundstellen:

Keine.

11. Skleroklas (= Sartorit, Arsenomelan)

Das Mineral ist, da es das häufigste Glied der Lengenbacher Sulfosalze darstellt, schon seit langer Zeit bekannt. Als erster erwähnte wohl SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN im Jahre 1854 das Mineral und nannte es Arsenomelan. Wegen der Ähnlichkeit der verschiedenen Sulfosalze und ihrer komplizierten Kristallographie wurden sie häufig verwechselt, und die Benennung der Mineralien war alles andere als einheitlich. In diese Konfusion der Namen brachte dann G. VOM RATH (1864) Klarheit, gestützt auf genaue kristallographische und chemische Untersuchungen. Für das Mineral mit der chemischen Zusammensetzung $\text{PbS} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$ verwendete er die Bezeichnung Skleroklas. Für dasselbe Mineral schlug

dann später DANA den Namen Sartorit vor, zu Ehren von SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN, dem Entdecker des Minerals.

a) Kristallographie

G. v. RATH (1964) beschrieb Skleroklas als kleine prismatische Kristalle von orthorhombischer Symmetrie. BAUMHAUER (1895) bestimmte das Mineral ebenfalls als orthorhombisch, erhielt aber für gewisse Pyramidenformen sehr komplizierte Indizes. SOLLY (1903) hingegen beschrieb Skleroklas als monoklin. SMITH und SOLLY (1919) kamen nach eingehenden Untersuchungen an dem Mineral zu dem Schluss, dass Skleroklas durch drei Kristallgitter, ein monoklines und zwei triklone, aufgebaut sei. Zudem schlugen sie für einen Skleroklaskristall von TRECHMANN (1907), der nicht genau mit anderen Kristallen übereinstimmte, den Namen Sartorit- α vor. Die Aufstellung der verschiedenen Symmetrien wurde vorgenommen, um für einige Flächen, die „irrationale“ Indizes ergaben, eine bessere Übereinstimmung mit den gemessenen Winkeln zu erhalten.

Die ersten röntgenographischen Untersuchungen an Skleroklas wurden von BANNISTER et al. (1939) vorgenommen, wobei sich ergab, dass Sartorit- α mit gewöhnlichem Skleroklas identisch ist. Zudem stellten sie bei Skleroklas eine komplizierte Überstruktur fest. Sie konnten nun auch für die Flächen, die — bezogen auf das Pseudogitter — „irrationale“ Indizes ergaben, einfachere Indizes erhalten, wenn sie auf das wahre Gitter bezogen wurden. Diese Angaben sowie die unten folgenden kristallographischen Daten wurden der Arbeit von IITAKA (in NOWACKI et al., 1961) entnommen, der die Struktur von Skleroklas vollständig bestimmt hat.

— Pseudozelle: Monoklin, C_{2h}^5 - $P2_1/n$

$$\begin{aligned} a'_0 &= 19,62 \text{ \AA} \\ b'_0 &= 7,89 \text{ \AA} \\ c'_0 &= 4,19 \text{ \AA} \\ \beta &= 90^\circ \end{aligned}$$

— Wahre Zelle: Monoklin, C_{2h}^2 - $P2_1/m$ oder C_{2h}^1 - $P2/m$

$$\begin{aligned} a_0 &= 3 \times 19,62 = 58,9 \text{ \AA} \\ b_0 &= 7,89 \text{ \AA} \\ c_0 &= 11 \times 4,19 = 46,1 \text{ \AA} \\ \beta &= 90^\circ \end{aligned}$$

Die Röntgen-Pulveraufnahme ergibt das typische Sulfosalzdiagramm, mit vielen, relativ schwachen Linien für die kleinen Werte für θ° und wenigen sehr schwachen Linien bei den grossen θ -Werten. Das Diagramm ist sehr ähnlich denjenigen der übrigen reinen Pb-As-Sulfosalze wie Rathit I und Rathit II, Dufrénoysit, Baumhauerit etc., lässt sich aber anhand von Strichdiagrammen mühelos von diesen unterscheiden (vgl. Tab. 4, S. 774). Die d-Werte einiger starker Linien seien hier angegeben:

A.		B.	
I	d in Å	I	d in Å
100	3,49	60	3,51
90	2,76	100	2,76
80	2,96	90	2,96
60	2,33	70	2,33
50	3,87	50	3,88
40	4,15	40	4,15

A. Skleroklas vom Lengenbach (BERRY u. THOMPSON, 1962).

B. Skleroklas vom Lengenbach (neu bestimmte Werte).

b) Morphologie

Skleroklas bildet stets nach der b-Achse gestreckte Kristalle, die nach (100) abgeflacht sind. Meistens sind sehr viele papierdünne, flache Kristalle nach (100) aufeinander gewachsen, die gleichfalls alle nach der b-Achse gestreckt sind. Durch ein allmähliches Schmälerwerden der aufgewachsenen Subindividuen entsteht ein dammförmiges Gebilde, das aber sehr oft zuoberst noch die breite, glänzende Fläche (100) aufweist. Auf der obersten, glatten Fläche sind häufig sehr kleine, teils gleichorientierte, teils senkrecht dazu stehende Kriställchen zu beobachten. Durch diese vielfache Verzwillingung parallel (100) entsteht eine deutliche und charakteristische Riefung parallel der b-Achse. Einzelkristalle, ohne diese Riefung, sind nicht häufig und nur sehr klein. Endflächen gegen die b-Achse sind ziemlich selten ausgebildet, da die Kristalle sehr oft an beiden Enden im Dolomit eingewachsen sind, und wenn vorhanden, dann stets nur klein und ohne Glanz. Skleroklas kann recht gross werden und die Länge von einigen cm erreichen.

c) Physikalische Eigenschaften

Farbe: Stahlgrau, mit hohem metallischem Glanz.
 Strich: Schokoladebraun.
 Härte: 3.

Spaltbarkeit: Deutlich nach (100).
Bruch: Muschelig.
Zwillinge: Nach (100) sehr häufig.
Spez. Gewicht: 5,05 (BAUMHAUER, 1895, an Lengenbacher Skleroklas).

Gleich wie Rathit II, Realgar, Baumhauerit etc. hat Skleroklas die unangenehme Eigenschaft, bei geringer Erwärmung — blosse Handwärme oder Sonnenschein genügen! — mit hörbarem Knall zu zer springen. Da dieser Vorgang besonders bei grossen Stücken zu beobachten ist, darf man annehmen, dass der Grund dafür in Inhomogenitäten und Einschlüssen der Mineralien liegt.

d) Typische Bestimmungsmerkmale

Naturgemäss sehr ähnlich sind die übrigen stengeligen Pb-As-Sulfosalze Rathit I, Rathit II, Dufrénoysit und Baumhauerit. Die vielfache Verwachsung von zahlreichen, flachen Kristallen, wobei aber meistens zuoberst noch die grosse und glatte Fläche (100) auftritt, ist recht charakteristisch für Skleroklas. In der Prismenzone und in der Abschrägung gegen (010) sowie bei den winzigen, zuoberst aufgewachsenen Subindividuen sind die Kanten nie gerundet (wichtiger Unterschied gegenüber Dufrénoysit und Baumhauerit), ausserdem ist Skleroklas im allgemeinen glänzend und besitzt keine Anlauffarben. Schief zur Stengelachse verlaufende Zwillinglamellen, wie sie häufig bei Rathit I und Baumhauerit, selten bei Dufrénoysit vorkommen, konnten bei Skleroklas nicht beobachtet werden.

Skleroklas ist — falls typisch ausgebildet — von den stengeligen Pb-As-Sulfosalzen noch am leichtesten zu erkennen, in untypischer Ausbildung ist eine sichere Unterscheidung von Rathit I, Dufrénoysit und Baumhauerit nur nach morphologischen Eigenschaften ausgeschlossen. In diesem Falle hilft nur die genaue röntgenographische Untersuchung des Minerals.

e) Chemische Zusammensetzung

Die chemische Zusammensetzung von Skleroklas ist schon lange bekannt, da von diesem Mineral stets genügend Material für chemische Analysen erhältlich war. Die Formel $\text{PbS} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$, die auch heute noch gilt, wurde schon von S. VON WALTERSHAUSEN (1855) angegeben. Eine Analyse mit der elektronischen Mikrosonde bestätigte die bekannte Zusammensetzung, ergab aber noch die überraschende Tatsache, dass

Skleroklas recht bedeutende Mengen Thallium enthalten kann. Der Skleroklas ist von den Pb-As-Sulfosalzen des Binnatales das As-reichste Glied.

	I.	II.
Pb	42 \pm 1	42,7
Tl	2,6 \pm 1	—
As	28,6 \pm 0,5	30,9
S	27 \pm (1—2)	26,4
	100,2%	100,0%

I. Analyse mit der Mikrosonde an Skleroklas vom Lengenbach (NOWACKI u. BAHEZRE, 1963).

II. Theoretische Zusammensetzung $\text{PbS} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$.

f) Erzmikroskopische Eigenschaften

Von mehreren röntgenographisch identifizierten Skleroklasproben wurden Erzanschliffe hergestellt.

Reflexionsvermögen: Elektr. Photometer: 39,0—35,0% (in Luft, grün)
Spaltphotometer: 32,5 \pm 1—2% (in Luft, Na_D -Licht)

FOLINSBEE (1949) bestimmte mit der Photozelle 34,5%.

Härte: 195,5 (194—197). Das Material ist sehr spröd, die Eindrücke waren jedoch gut.

Farbe: Rein weiss, gegen Bleiglanz erhält die Farbe eine gelbbraune Tönung.

Bireflexion: Ist weder in Luft noch in Öl zu beobachten.

Bei gekreuzten Polarisatoren: Die Anisotropie ist deutlich, aber schwächer als bei Dufrénoysit, in Öl wird sie etwas verstärkt.

Gefüge: Zwillinge nach (100) sind häufig und bilden oft dunkelrote Streifen von gleichbleibender Dicke.

Innenreflexe: Sind tiefrot und zahlreich vorhanden.

In ihren erzmikroskopischen Eigenschaften sind dem Skleroklas sehr ähnlich die auch chemisch nahe verwandten Mineralien Rathit II und Baumhauerit. Auf Grund von genauen Härtebestimmungen lässt sich Skleroklas von ihnen unterscheiden — Skleroklas ist das härteste Mineral unter den Binner Pb-As-Sulfosalzen.

g) Fundstellen

— Im Binnatal:

Lengenbach.

— Übrige Fundstellen:

Keine. Skleroklas konnte bisher nur im Lengenbach gefunden werden, wo er den häufigsten Vertreter der Sulfosalzgruppe darstellt.

h) Syntheseveruche

Bei ihren hydrothermal-synthetischen Versuchen gelang RÖSCH und HELLNER (1959) die Herstellung von Skleroklas aus natürlichem PbS und As₂S₃ bei Variation von Temperaturen von 150 bis 600° C und Drucken von 1 bis 1800 atm. Neben dem bekannten Skleroklas erhielten sie noch eine neue Varietät (Sartorit II), die keine Überstruktureffekte und eine Verdoppelung der b₀-Gitterkonstanten zeigt. Versuchsbedingungen dabei waren: Temperatur 480° C, Druck 1500 atm., Dauer 6 Tage. Diese neue Varietät konnte bisher in der Natur nicht nachgewiesen werden.

12. Baumhauerit

Im Jahre 1901 entdeckte SOLLY (1902) ein weiteres neues Sulfosalzmineral, das er zu Ehren des Mineralogen Prof. Baumhauer (Fribourg), der ebenfalls einen grossen Teil seiner Forschungen den Lengenbacher Mineralien widmete, Baumhauerit nannte.

a) Kristallographie

Baumhauerit vom Lengenbach (NOWACKI et al., 1961)

Triklin, C₁¹-P1

$$a_0 = 22,9 \text{ \AA}$$

$$b_0 = 8,37 \text{ \AA}$$

$$c_0 = 7,92 \text{ \AA}$$

$$\beta = 90^\circ \quad \alpha = \gamma = 90^\circ$$

Dieser Baumhauerit ergab einen starken piezoelektrischen Effekt, weshalb von den beiden möglichen Raumgruppen C₁¹-P1 und C₁¹-P $\bar{1}$ die azentrische C₁¹-P1 als die richtige angenommen werden muss. Nach der Strukturbestimmung von Baumhauerit nimmt LE BIHAN (1962) an, dass auch eine zentrosymmetrische Varietät existiert, die die gleichen

Gitterkonstanten wie azentrischer Baumhauerit, aber eine etwas verschiedene chemische Zusammensetzung besitzt. Eine Unterscheidung der zwei Varietäten ist nur möglich bei der vollständigen Strukturbestimmung. Die hier angegebenen Eigenschaften von Baumhauerit gelten für die azentrische Form. Für die erzmikroskopische Untersuchung wurden Splitter eines auf Grund seiner Piezoelektrizität als azentrisch bestimmten Baumhauerites verwendet.

Das Pulverdiagramm von Baumhauerit ist ebenfalls ein typisches Sulfosalzdiagramm, das bei direktem Vergleich zweier Filme oder bei Verwendung von Strichdiagrammen die sichere Unterscheidung des Baumhauerites von andern Sulfosalzen ermöglicht. Das Strichdiagramm von Baumhauerit findet sich in Tab. 4 (S. 774). Die neu ermittelten Werte stimmen mit den Angaben von BERRY und THOMPSON (1962) gut überein — abgesehen von den Intensitäten — während die d-Werte von HARCOURT (1942) verhältnismässig stark abweichen. Für einige der stärkeren Linien seien hier die d-Werte angegeben:

A.		B.	
I	d in Å	I	d in Å
100	3.00	60	3.02
100	2.94	70	2.95
100	2.76	60	2.77
80	4.11	100	4.15
80	3.43	40	3.46
80	3.25	60	3.24
60	3.56	60	3.59
60	2.33	100	2.34
60	2.08	40	2.09

A. Baumhauerit vom Lengenbach (BERRY u. THOMPSON, 1962).

B. Baumhauerit vom Lengenbach (neu bestimmte Werte).

b) Morphologie

Baumhauerit ist meistens deutlich nach der b-Achse gestreckt. Ein typisches Kennzeichen für Baumhauerit sind die immer ausgesprochen gerundeten Kanten. In der Zone [010] wird die Rundung durch eine Unzahl von Flächen bewirkt — BADER (1934) gibt nach der Literatur für die h0l-Flächen 76 Formen (etwa zwei Drittel aller Flächen!) an. In der Abschrägung gegen die b-Achse zu sind die Kristalle ebenfalls sehr stark abgerundet, und zwar hier zum grossen Teil nicht durch kristallographische Flächen, sondern einfach durch eine allgemeine Rundung, die den Eindruck erweckt, als sei sie durch Auflösungserschei-

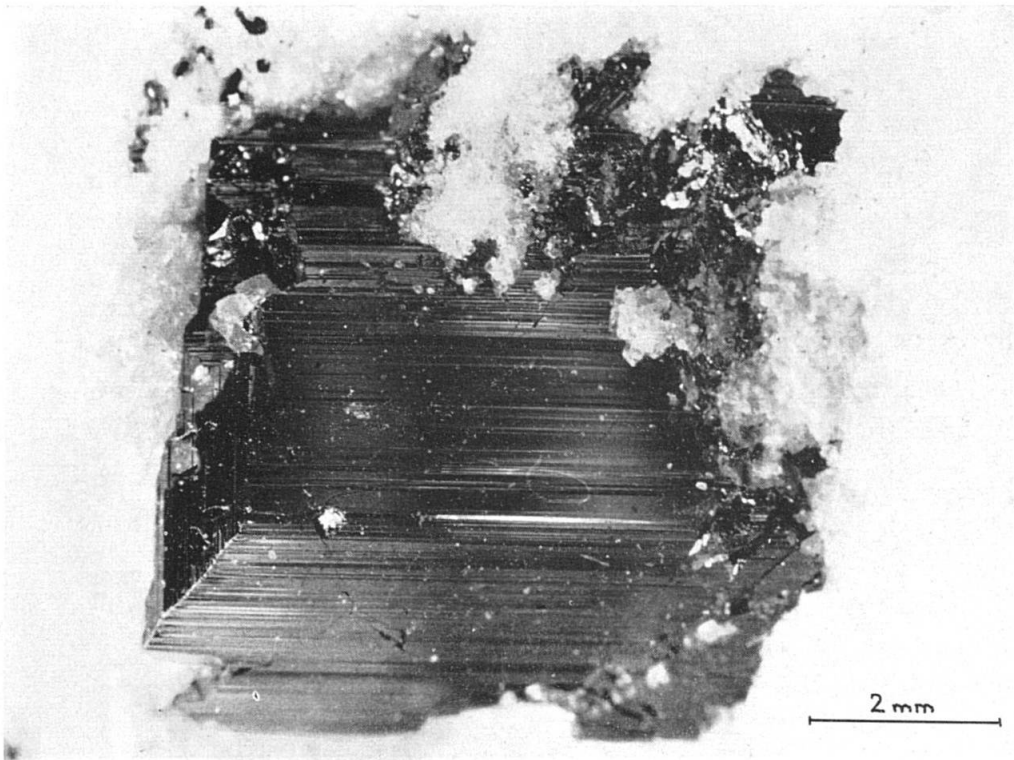


Fig. 18. Skleroklas vom Lengenbach in der für das Mineral typischen Ausbildung.

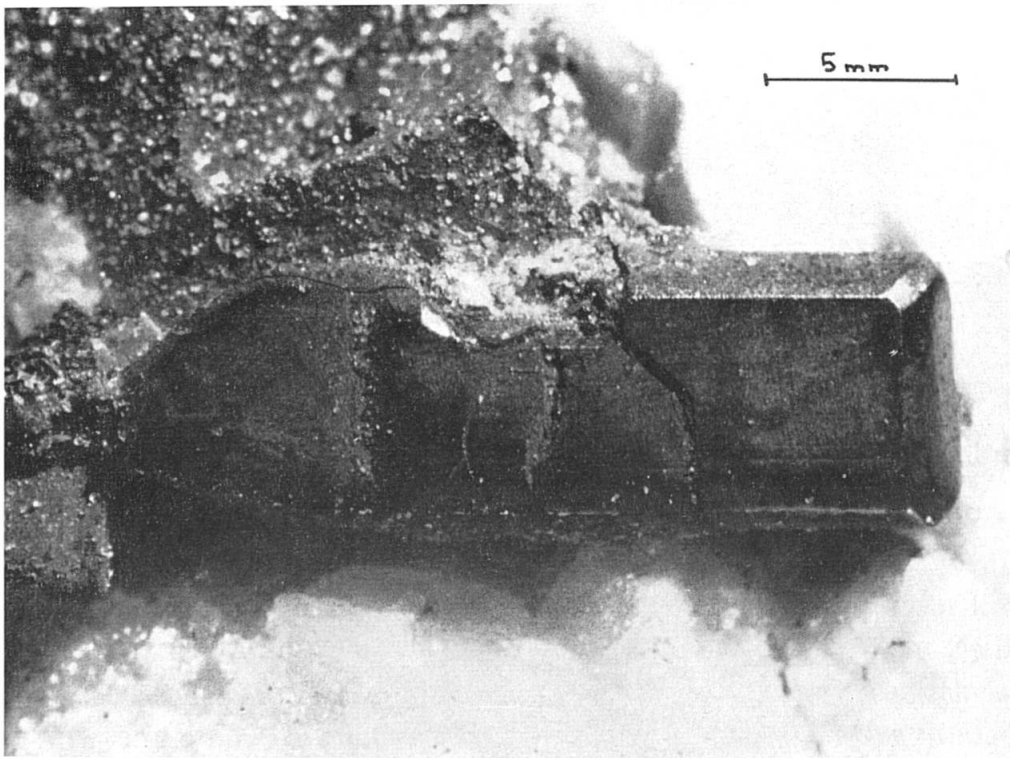


Fig. 19. Baumhauerit vom Lengenbach. Die charakteristischen Rundungen des Baumhauerites sind sehr schön zu erkennen.

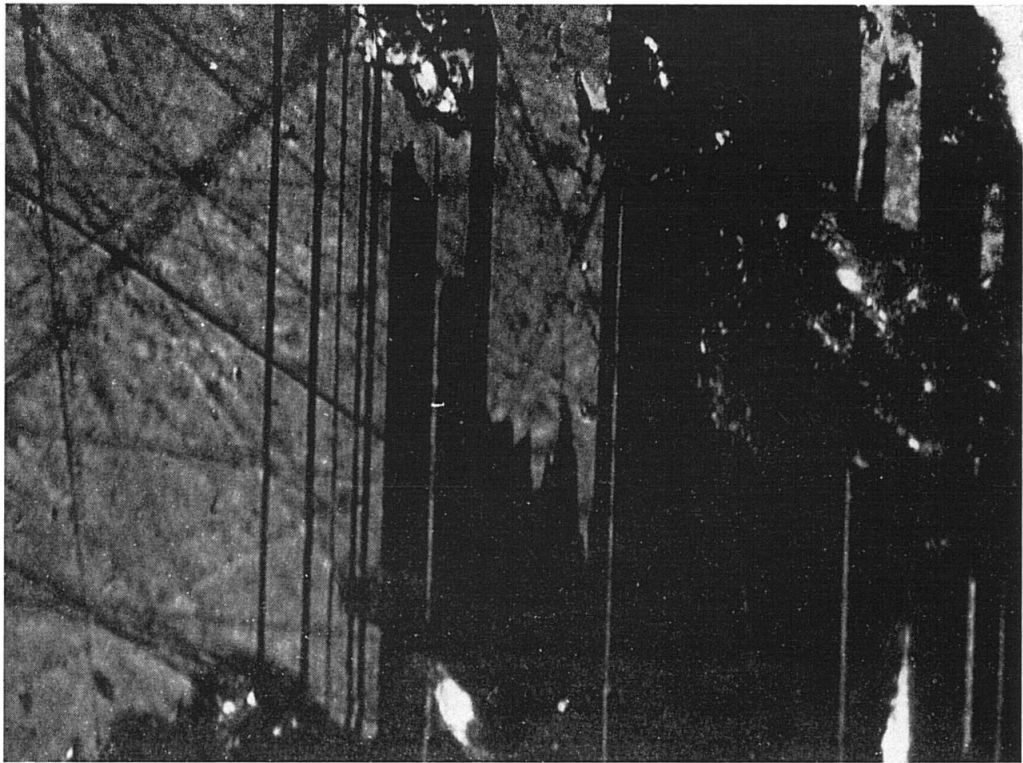


Fig. 20. Anschliff: Rathit I vom Lengenbach (SG 805). Sehr deutlich sichtbare Zwillingslamellen von unregelmässiger Beschaffenheit. Gekreuzte Polarisatoren, Ölimmersion. Vergrößerung $900\times$.

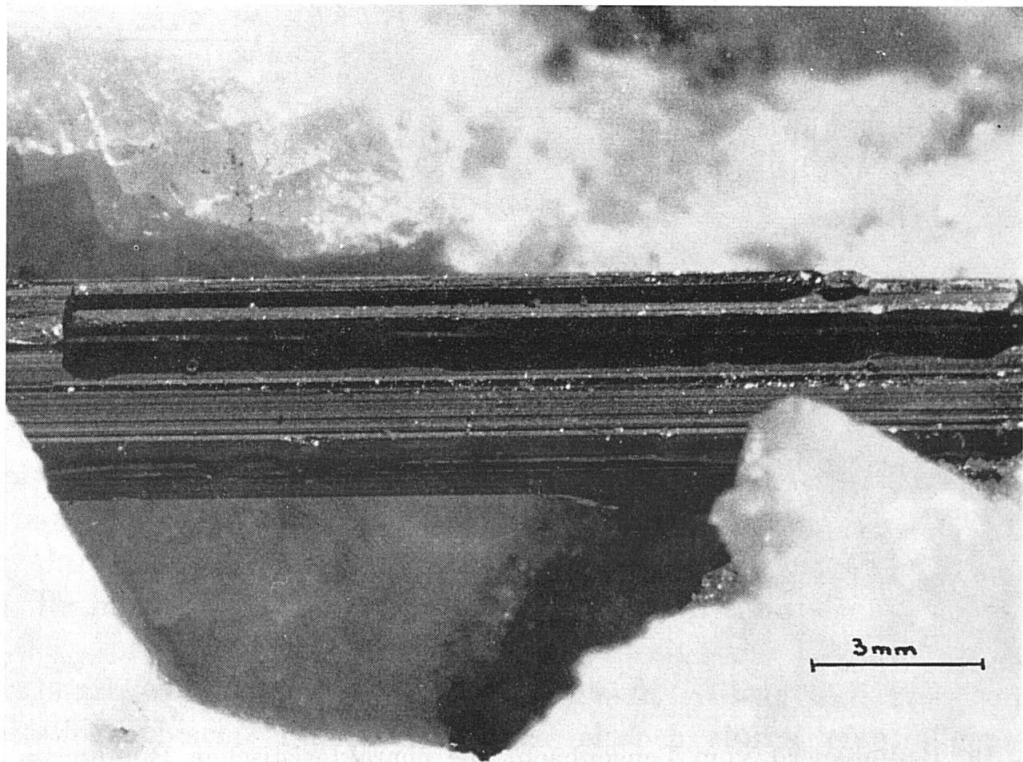


Fig. 21. Rathit II vom Lengenbach (L 2406). Der matte, glanzlose Kristall zeigt die charakteristische Rillung parallel der Stengelachse.

nungen entstanden. Auf der gross ausgebildeten Fläche (100) sind häufig kleinere, gleich orientierte Individuen aufgewachsen, die alle dieselben charakteristischen Rundungen aufweisen wie der grosse Kristall. Auf (100) erkennt man meistens auch rundliche Vertiefungen und Buckel, wodurch der ganze Kristall ein sehr uneinheitliches Aussehen erhält. Polysynthetische Verzwilligung ist häufig, vor allem bei grossen Exemplaren. Es handelt sich um Zwillingslamellierung nach verschiedenen Gesetzen unbekannter Richtung; die Lamellen schneiden sich unter annähernd 45° beziehungsweise etwa 90° und sind manchmal schon von blossen Auge sichtbar. Die bei den meisten anderen stengeligen Sulfosalzen so charakteristische Streifung parallel der Längsachse ist bei Baumhauerit im allgemeinen nur schwach ausgeprägt. Baumhauerit kann manchmal verhältnismässig sehr gross werden (mehrere cm lang). Unter den Pb-As-Sulfosalzen des Lengenbaches ist er ein eher seltenes Mineral.

c) Physikalische Eigenschaften

Farbe:	Bleigrau bis stahlgrau, im allgemeinen deutlich heller als Skleroklas. Frische Kristalle haben einen lebhaften Metallglanz, während angewitterte oft mit einer glanzlosen blaugrauen Schicht überzogen sind.
Strich:	Schokoladebraun.
Härte:	3.
Spaltbarkeit:	Nach (100) deutlich.
Bruch:	Muschelig.
Zwillinge:	Polysynthetisch nach (100) sowie nach anderen Richtungen, wobei die Lamellen auf (100) sichtbar sind.
Spez. Gewicht:	5.3 (GIUSČA, 1930, an Lengenbacher Baumhauerit).

d) Typische Bestimmungsmerkmale

In typischer Ausbildung ist Baumhauerit mühelos zu identifizieren, oft kann er jedoch sehr schwer von andern Pb-As-Sulfosalzen wie Skleroklas, Dufrénoysit, Jordanit unterschieden werden. Ein wichtiger Unterschied gegenüber Skleroklas ist die meist sehr ausgeprägte Abrundung von Baumhauerit, die bei Skleroklas vollständige fehlt. Zudem konnten bei Skleroklas keine schief zur Stengelachse verlaufenden Zwillingslamellen beobachtet werden, wie sie bei grossen Baumhaueritkristallen recht häufig sind. Dufrénoysit ist im allgemeinen nur in der Stengelzone gerundet, die Abschrägung gegen die b-Achse wird hingegen durch wohldefinierte Flächen mit scharfen Kanten gebildet, ausserdem ist die

Rillung parallel der Stengelachse meistens deutlicher ausgeprägt als bei Baumhauerit. Jordanit kann den kurzprismatischen, tafeligen Baumhaueritkristallen manchmal sehr ähnlich sein. Da aber Jordanit ein As-armes Sulfosalz ist — gegenüber dem As-reichen Baumhauerit — kommt er nicht mit denselben Begleitmineralien vor wie Baumhauerit. Während Jordanit meistens mit Bleiglanz, Lengenbachit etc. vergesellschaftet ist, wird Baumhauerit von Skleroklas, Rathit I, Rhathit II, Realgar — lauter As-reichen Mineralien — begleitet. Diese Methode — aus den Begleitmineralien auf ein unbekanntes Mineral zu schliessen — hat sich im Lengenbach als sehr nützlich erwiesen, nicht nur bei den Sulfosalzen, sondern zum Beispiel auch bei Silikatmineralien (Hyalophan—Adular). Im Zweifelsfalle genügt eine Röntgen-Pulveraufnahme zur sicheren Unterscheidung des Baumhauerites von der Gruppe Jordanit-Geokronit.

e) Chemische Zusammensetzung

Baumhauerit gehört zu den As-reichen Mineralien der Pb-As-Sulfosalze des Lengenbaches.

	I.	II.	III.
Pb	$48,0 \pm 1$	48,8	47,5
As	$26,6 \pm 0,5$	26,6	27,5
S	$27,0 \pm (1-2)$	24,6	25,0
	101,6%	100,0%	100,0%

I. Analyse mit der Mikrosonde an azentrischem Baumhauerit vom Lengenbach (NOWACKI u. BAHEZRE, 1963).

II. Theoretische Zusammensetzung $4\text{PbS} \cdot 3\text{As}_2\text{S}_3$.

III. Theoretische Zusammensetzung $5\text{PbS} \cdot 4\text{As}_2\text{S}_3$.

GIUSČA (1930) schloss auf Grund erzmikroskopisch beobachteter Verdrängungserscheinungen, dass dem Baumhauerit die Formel $5\text{PbS} \cdot 4\text{As}_2\text{S}_3$ zukomme. Bei der Strukturbestimmung ergaben sich folgende Zusammensetzungen:

— für azentrischen Baumhauerit: $\text{Pb}_{11}\text{As}_{17}\text{S}_{36}$ (NOWACKI et al., 1961),

— für zentrischen Baumhauerit: $\text{Pb}_{10}\text{As}_{18}\text{S}_{36}$ (LE BIHAN, 1962).

f) Erzmikroskopische Eigenschaften

Ein Splitter des als azentrisch bestimmten Baumhauerites von Lengenbach wurde angeschliffen und untersucht:

- Reflexionsvermögen: Elektr. Photometer: 39,0—34,0% (in Luft. grün)
 Spaltphotometer: $31,5 \pm 1$ —2% (in Luft. NaD-Licht)
- Härte: 179 (175—182), also gleich wie bei Rathit II, der aber niedrigeres Reflexionsvermögen besitzt. Baumhauerit ist viel weniger spröde als Rathit II. Ausbrüche wurden nicht beobachtet; die Eindrücke waren sehr gut (kleiner Streubereich).
- Farbe: Reinweiss, im Vergleich zu Bleiglanz rosabraun getönt, manchmal mit deutlichem Blaustich. In Öl erscheint ein blaugrüner Farbton.
- Bireflexion: War weder in Luft noch in Öl zu erkennen, dagegen gibt allerdings GIUSČA (1930) eine sehr deutliche Bireflexion an.
- Bei gekreuzten Polarisatoren: Anisotropieeffekte sind deutlich. In Öl ist ein merklicher Farbwechsel zu erkennen, mit auffälligem blaugrauem Farbton in Hellstellung.
- Gefüge: Sehr schmale Zwillingslamellen nach (100) von stets gleichbleibender Breite sind ziemlich häufig. In gewissen Schnittlagen sind die schmalen Lamellen gleichmässig dunkelrot gefärbt (bei gekreuzten Polarisatoren), sehr ähnlich wie bei Skleroklas, was wohl auf Innenreflexen beruhen dürfte.
- Innenreflexe: Tiefrot.

Baumhauerit lässt sich im allgemeinen auf Grund seiner Eigenschaften bei gekreuzten Polarisatoren ohne grössere Schwierigkeiten von seinen Begleitmineralien unterscheiden.

g) Fundstellen

— Binnatal:

Lengenbach.

— Übrige Fundstellen:

An dem umstrittenen „Guitermanit“ von der Zuni-Mine (Colorado), bei dem RAMDOHR (1960) feststellte, dass es sich um inhomogenes Material handelt, fanden FERRARI und CURTI (1934) mit Hilfe von Pulveraufnahmen, dass „Guitermanit“, das heisst wohl seine Hauptkomponente, identisch sei mit Jordanit. Neuerdings geben BERRY und THOMPSON (1962) auf Grund von Pulveraufnahmen an, dass „Guitermanit“ — eventuell ebenfalls eine Komponente davon —

identisch sei mit Baumhauerit. Eine eindeutige Antwort kann hier bloss die Untersuchung an sorgfältig isolierten Einzelkristallen mit röntgenographischen Methoden geben.

RAMDOHR (1960) erwähnt sodann ein weiteres — ebenfalls nicht gesichertes — Vorkommen von Baumhauerit von Cerro de Pasco (Peru).

h) Syntheseversuche

RÖSCH und HELLNER (1959) konnten bei ihren ausserordentlich interessanten Hydrothermalsynthese-Versuchen aus Pulver von natürlichem PbS und As₂S₃ bei Variation der Temperaturen von 150 bis 600° C und der Drucke von 1 bis 1800 atm. eine ganze Anzahl von Sulfosalzen herstellen, darunter auch Baumhauerit.

13. Rathit I und Rathit II

Im Jahre 1896 wurde von BAUMHAUER (1896) im Dolomit des Lengenbaches eine weitere neue Mineralart entdeckt und beschrieben, die zuvor entweder als Skleroklas oder Dufrénoysit bestimmt worden war. Das Mineral erhielt, zu Ehren des Professors für Mineralogie in Bonn, G. v. RATH, den Namen Rathit.

BERRY (1953) entdeckte dann bei röntgenographischen Untersuchungen an Lengenbacher Sulfosalzen die von dem bisher bekannten Rathit völlig verschiedene Art des Rathit II. Unserer Meinung nach wäre es wohl besser gewesen, wenn der Rathit II einen eigenen Namen erhalten hätte, da die beiden Mineralien in ihren morphologischen, kristallographischen und erzmikroskopischen Eigenschaften keine besondere Verwandtschaft erkennen lassen.

LE BIHAN (1962) beschreibt dann gar drei Rathit-Arten; ihr Rathit I entspricht jedoch nicht BERRYS Rathit I, wodurch die Sache unnötigerweise noch weiter kompliziert wird. Wie NOWACKI et al. (1963) feststellten, ist der Rathit I von LE BIHAN weitgehend identisch mit Dufrénoysit.

Rathit II_{Berry} entspricht dem Rathit II_{Le Bihan},

Rathit I_{Le Bihan} ist identisch mit Dufrénoysit.

Rathit I_{Berry} und Rathit III_{Le Bihan} besitzen gleiche chemische Zusammensetzung, aber verschiedene Struktur.

Wir werden hier stets nur die Bezeichnungen von BERRY verwenden.

a) Kristallographie

Rathit I (NOWACKI et al. 1963)	Rathit II (LE BIHAN, 1962)	Rathit I _{Le Bihan} = Dufrénoysit (LE BIHAN, 1962)
$a_0 = 24,98 \text{ \AA}$	$a_0 = 8,43 \text{ \AA}$	$a_0 = 8,43 \text{ \AA}$
$b_0 = 7,93 \text{ \AA}$	$b_0 = 70,9 \text{ \AA}$	$b_0 = 25,80 \text{ \AA}$
$c_0 = 8,42 \text{ \AA}$	$c_0 = 7,91 \text{ \AA}$	$c_0 = 7,91 \text{ \AA}$
$\beta = 98^\circ 25'$	$\beta = 90^\circ$	$\beta = 90^\circ$
Monoklin, C_{2h}^5 -P 2 ₁ /n	Monoklin, C_2^2 -P 2 ₁	Monoklin, C_2^2 -P 2 ₁

(alle drei Proben stammen aus dem Lengenbach)

Wenn man nun die Daten von Rathit Ia mit denjenigen von Dufrénoysit vergleicht, sieht man gleich, dass sie praktisch identisch sind. Die Pulverdiagramme der beiden Rathite sind deutlich verschieden voneinander, so dass sie sich mühelos anhand von Strichdiagrammen unterscheiden lassen (vgl. Tab. 4, S. 774). Die d-Werte einiger starker Linien seien hier angegeben:

<i>Rathit I</i>	A.		B.	
	I	d in Å	I	d in Å
	100	2,74	100	2,75
	100	2,87	70	2,87
	60	3,09	40	3,09
	50	3,42	70	3,39
	40	2,99	60	2,99
	30	1,786	30	1,781

A. Rathit I vom Lengenbach (neu bestimmte Werte).

B. Rathit I vom Lengenbach (BERRY u. THOMPSON, 1962).

<i>Rathit II</i>	A.		B.	
	I	d in Å	I	d in Å
	100	2,98	100	2,99
	90	2,10	60	2,09
	60	3,44	60	3,39
	50	2,35	80	2,35
	40	3,22	70	3,20
	40	1,787	30	1,781

A. Rathit II vom Lengenbach (neu bestimmte Werte).

B. Rathit II vom Lengenbach (BERRY u. THOMPSON, 1962).

b) Morphologie

SOLLY (1901) beschreibt 5 mehr oder weniger verschiedene Typen von Rathit. Bei den Arbeiten im Lengenbach seit 1958 stellte sich her-

aus, dass hauptsächlich zwei völlig verschiedene Arten vorliegen; eine entspricht dem Rathit I und die andere dem Rathit II.

— Rathit I findet man in länglichen, nach der Prismenzone abgerundeten Kristallen, die stets einen hohen Glanz besitzen. Die Flächen sind häufig uneben und unregelmässig ausgebildet. Die Riefung parallel der Stengelachse ist nicht sehr ausgeprägt. Endflächen sind äusserst selten, da die Kristalle meist an beiden Enden eingewachsen sind. Sehr oft erkennt man schon von blossen Auge massenhaft auftretende Zwillinglamellen, die schief zur Stengelachse verlaufen. Eigenartigerweise ist Rathit I meistens sehr eng mit Realgar verwachsen, zum Teil sitzt er direkt im Realgar. Rathit I scheint nie in so grossen Exemplaren aufzutreten wie Rathit II. Rathit I entspricht etwa dem 1. und 5. Typ in der Beschreibung von SOLLY (1901).

— Rathit II ist meistens ausgesprochen langstengelig nach [001], von bleigrauer bis schwarzgrauer Farbe und stets matt. Charakteristisch für Rathit II sind die tiefen Rillen parallel der Längsachse, die wohl durch Verwachsung vieler Individuen entstanden ist. Zwillinglamellen sind nur äusserst selten von blossen Auge zu erkennen. Rathit II kann erstaunliche Dimensionen erreichen; seit 1958 sind mehrere Exemplare gefunden worden, die eine Länge von 4 cm und mehr aufweisen. Rathit II entspricht ungefähr dem Typ 4 bei SOLLY (1901).

Ganz allgemein dürften die beiden Rathite häufiger sein als bisher angenommen wurde, da sehr viel Baumhauerit und Skleroklas auf Kosten von Rathit I und Dufrénoysit von Rathit II bestimmt wurde und immer noch wird.

c) Physikalische Eigenschaften

	Rathit I	Rathit II
Farbe:	stahlgrau bis silbergrau, hochglänzend	bleigrau bis schwarzgrau, matt, oft mit einer glanzlosen Schicht überzogen
Strich:	schokoladebraun	schokoladebraun
Härte:	3	3, härter als Rathit I
Spaltbarkeit:	undeutlich	vollkommen nach (100), evtl. infolge Verwachsung
Zwillinge:	polysynthetisch, sehr häufig	sehr selten polysynthetische Lamellen
Spez. Gewicht:	5.453	(SOLLY u. PRIOR, 1919, an Lengenbacher Rathit.)

Die grossen Kristalle von Rathit II besitzen die bei Skleroklas erwähnte Eigenschaft, bei geringer Erwärmung in Stücke zu zerspringen, in ganz besonders starkem Mass. Bei diesen Kristallen ist es sehr ratsam,

sie nicht zu lange in der Hand zu behalten oder gar der Sonne ausgesetzt liegen zu lassen.

d) Typische Bestimmungsmerkmale

Rathit I ist oft sehr schwierig von Baumhauerit und Skleroklas zu unterscheiden. Allerdings fehlen die für Baumhauerit so charakteristischen rundlichen Buckel auf den Flächen bei Rathit I, und bei Skleroklas konnte nie eine schief zur Stengelachse verlaufende Zwillingslamellierung beobachtet werden. Zudem ist die Farbe des Baumhauerites meistens deutlich bleigrau.

Rathit II kann sehr ähnlich ausgebildet sein wie Dufrénoysit und manchmal auch wie Skleroklas, doch scheint er, im Unterschied zu Dufrénoysit, nie kantengerundet zu sein. Auch ist die Rillung parallel zur Stengelachse bei Rathit II viel deutlicher ausgeprägt als bei Dufrénoysit oder Skleroklas.

Die beiden Rathite gehören zu den am schwierigsten zu identifizierenden Mineralien des Lengenbaches.

e) Chemische Zusammensetzung

Gleich wie Skleroklas kann auch Rathit I geringe Mengen von Thallium ins Gitter aufnehmen. Bei dem inzwischen diskreditierten „Sollyit“ wurde das schon vor PRIOR (in SOLLY, 1919) festgestellt. Nach den Strukturbestimmungen wurden für die beiden Rathite folgende Zusammensetzungen festgestellt:

Rathit I: $(\text{Pb}, \text{Tl})_9\text{As}_{15}\text{S}_{30}$ (NOWACKI et al., 1963),

Rathit II: $\text{Pb}_9\text{As}_{13}\text{S}_{28}$ (LE BIHAN, 1962).

Rathit I besitzt also einen etwas höheren As-Gehalt als Rathit II. Eine Analyse mit der Mikrosonde ergab an Rathit I folgende Werte (NOWACKI und BAHEZRE, 1963):

	A.	B.
Pb	$41,2 \pm 1$	40,7
Tl	$3,6 \pm 1$	3,1
As	$27,0 \pm 0,5$	27,2
S	$28 \pm (1-2)$	29,0
	99,8%	100,0%

A. Analyse mit der Mikrosonde an Rathit I vom Lengenbach.

B. Theoretische Zusammensetzung $\text{Pb}_{6,5}\text{Tl}_{0,5}\text{As}_{12}\text{S}_{29}$.

f) Erzmikroskopische Eigenschaften

Die beiden Rathite unterscheiden sich auch in ihren erzmikroskopischen Eigenschaften sehr deutlich.

Rathit I (SG 805)

- Reflexionsvermögen: Elektr. Photometer: 38,5—34,0% (in Luft, grün)
 Spaltphotometer: $36,5 \pm 1$ —2% (in Luft, Na_D-Licht)
- Härte: 161 (159—163). Das Mineral ist sehr spröde, es bildeten sich Risse in den Ecken der Eindruckflächen; trotzdem waren die Eindrücke verhältnismässig gut.
- Farbe: Reinweiss.
- Bireflexion: In Luft schwach an Lamellen erkennbar, in Öl ausserordentlich schön zu sehen.
- Bei gekreuzten Polarisatoren: Die Anisotropie ist sehr stark, schon in Luft. Rathit I zeigt die stärksten Anisotropieeffekte aller Lengenbacher Pb-As-Sulfosalze. In Öl wird die Anisotropie extrem stark.
- Gefüge: Zwillingslamellen nach nur einer Richtung sind sehr häufig. Ihre Form ist unregelmässig, im Aussehen ähnlich den Plagioklaslamellen (vgl. Fig. 20, S. 722).
- Innenreflexe: Braunrot bis hellrot.

Rathit I besitzt gegenüber den anderen Sulfosalzen die stärkste Anisotropie. Sehr charakteristisch ist auch der plagioklasähnliche Lamellenbau.

Rathit II (SG 435)

- Reflexionsvermögen: Elektr. Photometer: 36,0—34,0% (in Luft, grün)
 Spaltphotometer: $34,0 \pm 1$ % (in Luft, Na_D-Licht)
 Rathit II reflektiert demnach merklich niedriger als Rathit I.
- Härte: 178 (173—183). Rathit II ist extrem spröde; an den Rändern der Eindruckflächen entstanden Ausbrüche, und in den Ecken bildeten sich Risse. Dessenungeachtet waren die Eindrücke verhältnismässig gut.
- Farbe: Weiss, im Vergleich zu Bleiglanz ist ein schwacher Stich gegen bräunlichgrün zu erkennen.

- Bireflexion: GIUSČA (1930) beschreibt einen ziemlich starken Reflexionspleochroismus von Rathit. Da wir dies bei Rathit II nicht feststellen konnten, erscheint es sehr wahrscheinlich, dass es sich bei dem von GIUSČA untersuchten Mineral um Rathit I handelt.
- Bei gekreuzten Polarisatoren: Die Anisotropie ist deutlich, aber viel schwächer als bei Rathit I oder Dufrénoysit. Sie ist sehr stark von der Schnittlage abhängig: Schnitte senkrecht zur Stengelachse erscheinen praktisch isotrop. In Öl werden die Effekte etwas verstärkt.
- Gefüge: GIUSČA (1930) beschreibt bei seinem Rathit polysynthetische Zwillinge nach (074) von unregelmässigem Bau. Da bei unserem Rathit-II-Anschliff keine Lamellen beobachtet werden konnten, obwohl es sich um einen sehr grossen Kristall handelt (Durchmesser ca. 2 cm), deutet auch dies darauf hin, dass GIUSČA Rathit I untersucht hat.
- Innenreflexe: Von hellroter Farbe, nicht sehr häufig.

Rathit II ist erzmikroskopisch nicht leicht zu identifizieren, doch lässt er sich bei genauer Bestimmung von Mikrohärtigkeit und Reflexionsvermögen von den übrigen Sulfosalzen unterscheiden.

g) Fundstellen

— Im Binnatal:

Lengenbach.

— Übrige Fundstellen:

Keine. Sowohl Rathit I als auch Rathit II wurden bisher nur im Lengenbach gefunden.

h) Synthesversuche

Beide Mineralien, Rathit I und Rathit II, konnten auf hydrothermalsynthetischem Wege aus $\text{PbS-As}_2\text{S}_3$ -Mischungen im geeigneten Verhältnis hergestellt werden, bei Variation der Temperaturen von 150 bis zu 600° C und der Drucke von 1 bis zu 1800 atm. (RÖSCH und HELLNER, 1959).

14. Dufrénoysit

Der Name Dufrénoysit ist eine der ältesten Bezeichnungen für ein Lengenbacher Sulfosalz. Er stammt von DAMOUR (1845) und wurde zu Ehren des Mineralogen P. A. Dufrénoy von der Ecole des Mines (Paris) gegeben. Da aber Damour, als er das Mineral beschrieb, nicht identifiziertes, derbes Material analysieren liess, ergab sich eine folgenschwere Verwechslung. Bei dem Mineral, das er als neue Spezies aufstellte, handelte es sich offenbar um — heutigen — Binnit (Tennantit), während das analysierte Material wahrscheinlich den heutigen Dufrénoysit darstellte (er gibt als chemische Zusammensetzung $2\text{PbS} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$ an). Als Folge davon wurde der Name Dufrénoysit dann von verschiedenen Forschern für verschiedene Mineralien verwendet. Bei diesem Stande der Dinge klärte dann v. RATH (1864) die verworrene Situation durch genau definierte Namen. Die Bezeichnung Dufrénoysit verwendete er für das Mineral mit der Zusammensetzung $2\text{PbS} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$ (obwohl DAMOUR mit Dufrénoysit das kubische Mineral benennen wollte); die Benennung nach v. RATH ist die heute allgemein gültige. Eine übersichtliche Darstellung dieser Periode der Namenverwirrungen findet man bei KENN-GOTT (1866).

a) Kristallographie

Da in der Fundstelle am Reckibach zahlreiche stengelige Sulfosalze zum Vorschein kamen, die sich weder nach morphologischen Eigenschaften noch nach den Röntgen-Pulveraufnahmen bestimmen liessen, wurden diese Mineralien dann in Einkristallpräparaten mit einer Weissenberg-Kamera geröntgt. Dabei stellte sich heraus, dass das Mineral Dufrénoysit ist. Folgende kristallographischen Daten wurden vom Autor daran bestimmt:

Dufrénoysit vom Reckibach (SG 156)

Monoklin, $C_2^2\text{-P}2_1$ oder $C_2^2\text{-P}2_1/m$

$$a_0 = 8,38 \text{ \AA}$$

$$b_0 = 25,65 \text{ \AA}$$

$$c_0 = 7,90 \text{ \AA}$$

$$\beta = 90^\circ 18'$$

Das Mineral wurde bis 1901 für orthorhombisch gehalten. Erst SOLLY (1902) erkannte die monokline Symmetrie des Dufrénoysites. Sein goniometrisch bestimmtes Achsenverhältnis stimmt, wenn man es

durch zwei dividiert, gut überein mit dem röntgenographisch ermittelten Verhältnis:

$$a_0 : b_0 : c_0 = 0,3267 : 1 : 0,3080$$

$$a' : b' : c' = 0,3255 : 1 : 0,3063$$

Das Pulverdiagramm von Dufrénoysit ist das übliche Sulfosalzdiagramm und gestattet bei Gebrauch von Vergleichsaufnahmen oder Strichdiagrammen (vgl. Tab. 4, S. 774) die rasche und eindeutige Identifizierung von Dufrénoysit. Die d-Werte des Dufrénoysites vom Reckibach weichen von den bei BERRY und THOMPSON (1962) angegebenen merklich ab (sie sind etwas grösser, wohl infolge des Sb-Gehaltes, der daran bestimmt wurde), weshalb hier sämtliche gemessenen Linien angeführt werden:

I	d in Å	I	d in Å
5	8,10	10	3,14
5	6,35	100	3,02
5	5,05	40	2,91
2	4,35	40	2,82
10	4,12	70	2,74
100	3,80	40	2,36
60	3,60	20	2,23
60	3,44	10	2,10
60	3,24	5	2,04

Die d-Werte von HARCOURT (1942) sind von diesen wie auch von den bei BERRY und THOMPSON (1962) angegebenen Werten stark verschieden.

b) Morphologie

Die Dufrénoysitkristalle sind in der Aufstellung von SOLLY (1902), die mit der röntgenographischen Orientierung übereinstimmt, nach [100] gestreckt und mehr oder weniger stark nach (010) abgeflacht. Die Zone [100] ist am besten entwickelt und weist sehr viele Flächen auf. Durch die grosse Zahl von gut ausgebildeten 0kl-Flächen wird häufig eine charakteristische Rundung der Zone [100] verursacht, wodurch Dufrénoysit eine grosse Ähnlichkeit mit Baumhauerit erhalten kann. Dagegen wird die Endbegrenzung gegen die a-Achse, falls vorhanden, stets durch deutliche, ebene Flächen gebildet, die keine Rundung aufweisen. Die Rillung parallel der Stengelachse ist im allgemeinen nicht sehr ausgeprägt, sie kann aber, vor allem bei grossen Kristallen, sehr stark sein. Solche Dufrénoysitkristalle sind, ohne eingehendere Untersuchungen, von Rathit II nicht zu unterscheiden. Vereinzelt treten auch

Dufrénoysitkristalle mit deutlich sichtbarer Zwillingslamellierung schräg zur Stengelachse auf (Fig. 22).

Dufrénoysit dient häufig als Trägermineral für andere Mineralien, so sind zum Beispiel oft Seligmannit, Lengenbachit etc. auf Dufrénoysit, vor allem auf Bruchflächen, aufgewachsen. Abgesehen von den kleinen, aufgewachsenen Mineralien findet man Dufrénoysit sehr oft allein in den Drusen, nur ausnahmsweise tritt er zusammen mit Realgar auf. Im Dolomit vom Reckibach sitzt der Dufrénoysit in Drusen, die nachträglich grösstenteils mit grünlichem Fluorit ausgefüllt wurden, so dass er nun fast vollständig von Fluorit umwachsen ist.

Das Mineral kann ziemlich gross werden; SOLLY (1912a) beschreibt vom Lengenbach einen Kristall, der 25 mm lang war, und an der neuen Fundstelle im Reckibach wurde ein Kristall gefunden der über 30 mm lang war.

Dufrénoysit ist eines der selteneren Pb-As-Sulfosalze des Binnatales, auch wenn man berücksichtigt, dass er oft nicht erkannt wird.

c) Physikalische Eigenschaften

Farbe:	Bleigrau, abgesehen vom Baumhauerit stets stärker bleifarbig als die anderen, As-reicheren Sulfosalze. Im Gegensatz zu BADER (1934) und anderen Autoren, die den Dufrénoysit als selten angelaufen beschreiben, wurde festgestellt, dass das Mineral sogar sehr oft blaugraue Anlauffarben aufweist, die manchmal einen goldgelben Schimmer enthalten. Die grossen Kristalle vom Reckibach sind teilweise mit einer braungrauen Verwitterungsschicht bedeckt.
Strich:	Schokoladebraun.
Härte:	3.
Spaltbarkeit:	Wird stets als vollkommen nach (010) angegeben. An den untersuchten Kristallen war jedoch keine deutliche Spaltbarkeit zu erkennen. Die Absonderung nach (010) könnte — wie wohl auch bei einigen anderen stengeligen Pb-As-Sulfosalzen — auf einer Verwachsung parallel dieser Richtung beruhen.
Bruch:	Muschelig.
Zwillinge:	Polysynthetisch nach einer unbekannten Richtung. Die Zwillingslamellen sind im Anschliff gut, am Kristall nur selten zu beobachten.

Spez. Gewicht: 5,60 (am Dufrénoysit vom Reckibach). Dieser Wert ist etwas hoch, was ebenfalls auf den Sb-Gehalt zurückzuführen ist.

d) Typische Bestimmungsmerkmale

Ausserordentlich schwierig von Dufrénoysit zu unterscheiden sind die Sulfosalze Rathit I und II, Baumhauerit, ferner kann auch Skleroklas mit Dufrénoysit verwechselt werden.

Rathit I ist im allgemeinen stark glänzend und besitzt häufig die charakteristischen Zwillingslamellen schief zur Stengelachse, die der meistens glanzlose Dufrénoysit nur selten aufweist. Bei Rathit II fehlt die Kantenrundung in der Längsachse, zudem ist die Rillung parallel der Stengelachse viel stärker ausgeprägt als bei Dufrénoysit. Die meisten Dufrénoysitkristalle vom Reckibach, vor allem die grösseren, sind allerdings ohne röntgenographische Untersuchung kaum von Rathit II zu unterscheiden. Gegenüber Baumhauerit sieht Dufrénoysit viel einheitlicher aus, die charakteristischen rundlichen Buckel und Vertiefungen des Baumhauerites fehlen ihm vollständig, zudem sind die Endflächen von Dufrénoysit wohl niemals gerundet wie bei Baumhauerit, und die bei Baumhauerit häufigen Zwillingslamellen sind nur selten von blossem Auge erkennbar. Skleroklas ist stets dunkler gefärbt als Dufrénoysit und ist im allgemeinen stark glänzend.

e) Chemische Zusammensetzung

Dufrénoysit enthält merklich weniger As als die so ähnlichen Sulfosalze Baumhauerit, Rathit I und II und Skleroklas, was sich in der Farbe und vor allem in den erzmikroskopischen Eigenschaften (Härte) bemerkbar macht.

	I.	II.	III.
Pb	54,8 ± 1	55,72	57,18
As	20,6 ± 0,5	19,94	20,72
S	26,7 ± (1—2)	23,72	22,10
	102,1%	99,38%	100,00%

I. Analyse mit der Mikrosonde an Legenbacher Dufrénoysit } NOWACKI
 II. Chemische Analyse an Lengenbacher Dufrénoysit } et al. (1963)
 III. Theoretische Zusammensetzung 2PbS · As₂S₃.

An dem damals noch nicht identifizierten Dufrénoysit vom Reckibach wurde von meinem ehemaligen Studienkollegen, Herrn Dr. R. O.

Müller, freundlicherweise eine Röntgenfluoreszenzanalyse vorgenommen, die folgende Werte ergab:

	I.	II.
PbS	61,5%	66,1%
As ₂ S ₃	34	33,9%
Sb ₂ S ₃	4.5	—

I. Röntgenfluoreszenz-Analyse an Dufrénoysit vom Reckibach (SG 156).

II. Theoretische Zusammensetzung 2PbS·As₂S₃.

Diese Analyse ist besonders deshalb von Interesse, da sie zeigt, dass Dufrénoysit offenbar einen beträchtlichen Gehalt an Sb ins Gitter einbauen kann. Es wäre durchaus möglich, dass eine mehr oder weniger begrenzte Mischkristallbildung mit einem — vorderhand noch nicht bekannten — Sb-Endglied 2PbS·Sb₂S₃ besteht. Im Binnatal wurde ja festgestellt, dass ausserhalb des Lengenbaches im allgemeinen solche Sulfosalze auftreten, die einerseits wenig As enthalten und die andererseits zur Bildung von Mischkristallen neigen.

f) Erzmikroskopische Eigenschaften

Es wurden ausschliesslich Anschliffe von dem Dufrénoysit vom Reckibach hergestellt, der aber annähernd identisch ist mit demjenigen vom Lengenbach.

Reflexionsvermögen: Elektr. Photometer: 40,5—36,5% (in Luft, grün)
Spaltphotometer: $33,8 \pm 1$ —2% (in Luft, NaD-Licht)

Der von FOLINSBEE (1949) gemessene Wert von 45,8% dürfte wohl beträchtlich zu hoch sein.

Härte: 151 (145—156). Der gegenüber den bisher beschriebenen Pb-As-Sulfosalzen erhöhte Pb-Anteil macht sich bemerkbar in der verminderten Härte. Das Mineral ist verhältnismässig sehr spröde; die Eindrücke waren jedoch gut.

Farbe: Reinweiss, gegen Bleiglanz ist ein schwacher Stich gegen graublau zu erkennen.

Bireflexion: Ist deutlich, aber nur an Korngrenzen oder bei Zwillingslamellen.

Bei gekreuzten Polarisatoren: Die Anisotropie ist stark, auch im homogenen Korn und wird in Öl noch etwas verstärkt.

Gefüge: Zwillingslamellen sind ziemlich häufig. Sie sind

von gleichmässiger Beschaffenheit, die Breite der einzelnen Lamellen ist hingegen verschieden.
 Innenreflexe: Wurden keine beobachtet.

Dufrénoysit ist von den ähnlichen Pb-As-Sulfosalzen ohne grössere Schwierigkeiten zu unterscheiden durch seine deutlich geringere Härte und seine besonderen Eigenschaften (Bireflexion und Anisotropie).

g) Fundstellen

— Im Binnatal:

Lengenbach,
 Reckibach („Schmids Tobel“).

— Übrige Fundstellen:

Hall/Tirol	} vgl. NICKEL und SCHALLER (1960).
Tasmanien	
Idaho	
Kalifornien	

Zwei dieser Angaben sind älteren Datums: Hall (1869), Tasmanien (1896); Idaho und Kalifornien werden von PALACHE et al. (1946) erwähnt. Ob diese Dufrénoysitfunde auch röntgenographisch bestätigt wurden, ist mir nicht bekannt.

h) Synthesversuche

Bei hydrothermalen Versuchen mit den Ausgangskomponenten PbS und As₂S₃ im richtigen Verhältnis konnte Dufrénoysit in Druckbomben synthetisch hergestellt werden (RÖSCH und HELLNER, 1959). Die Temperaturen wurden dabei von 150 bis 600° C variiert, die Drucke von 1 bis 1800 atm.

15. Lengenbachit

Im Jahre 1904 publizierte SOLLY (1904) eine weitere neue Mineralspezies aus dem Lengenbach: den Lengenbachit, den er zu Ehren der Fundstelle, die der Wissenschaft so viele einzigartige Mineralien geliefert hat, so benannte.

a) Kristallographie

Die Lengenbachitkristalle eigneten sich infolge schlechter Beschaffenheit nicht zur goniometrischen Vermessung, so dass SOLLY lediglich die

Vermutung äusserte, dass das Mineral triklin sei. Hier konnte erst die röntgenographische Untersuchung sichere Ergebnisse liefern, obwohl die extrem weichen und oft verbogenen Kriställchen alles andere als gut geeignet für Einkristallaufnahmen waren. Die kristallographischen Daten:

Lengenbachit vom Lengenbach (IITAKA in NOWACKI et al., 1961)

Monoklin, C_{2h}^2 - $P2_1/m$

$$a_0 = 35,1 \text{ \AA}$$

$$b_0 = 11,5 \text{ \AA}$$

$$c_0 = 36,0 \text{ \AA}$$

$$\beta = 92^\circ 36'$$

Das Pulverdiagramm von Lengenbachit ist sehr charakteristisch: es enthält ausgesprochen wenige Linien, die mit einigen Ausnahmen sehr schwache Intensitäten aufweisen. Anhand der d-Werte der wenigen starken Linien ist Lengenbachit mühelos und mit Sicherheit zu identifizieren (vgl. Strichdiagramme in Tab. 4, S. 774). Die d-Werte für die vier stärksten Linien seien hier angegeben:

A.		B.	
I	d in Å	I	d in Å
100	3,06	100	3,08
90	2,84	90	2,86
30	4,60	20	4,66
20	2,04	40	2,05

A. Lengenbachit vom Lengenbach (BERRY u. THOMPSON, 1962).

B. Lengenbachit vom Lengenbach (neu bestimmte Werte).

b) Morphologie

Lengenbachit wird in zwei deutlich voneinander verschiedenen Ausbildungsarten gefunden:

α) Die bekannten, verhältnismässig grossen Lengenbachitkristalle sind sehr dünne, breite Blättchen, die meistens etwas verbogen, zum Teil sogar spiralig aufgerollt sind. Häufig sind mehrere Exemplare parallel zu der glatten Oberfläche aufeinander gewachsen, wobei es sich um eine gesetzmässige Verwachsung handeln könnte, da hierbei ein mehr oder weniger konstanter Winkel bevorzugt wird. Von diesem Typus sind Exemplare von mehreren cm Grösse gefunden worden. Diese Art von Lengenbachit ist häufig mit Jordanit und der merkwürdigen, fast schwarzen Zinkblende eng verwachsen, oft ist Lengenbachit direkt auf Jordanit aufgewachsen.

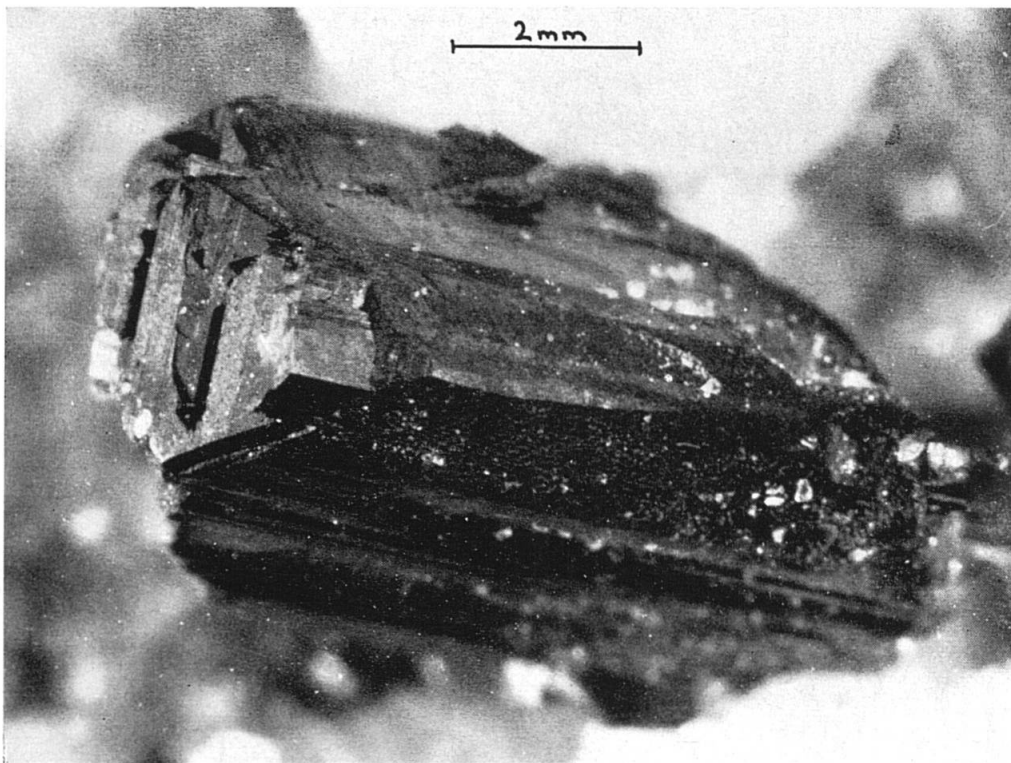


Fig. 22. Dufrénoysit vom Lengenbach (SG 721). Der Kristall zeigt eine deutliche Rundung in der Stengelachse, aber ebene, scharfe Flächen in der Abschrägung gegen die a-Achse. Auf der Unterseite sieht man einige schief zur Stengelachse verlaufende Zwillingslamellen.

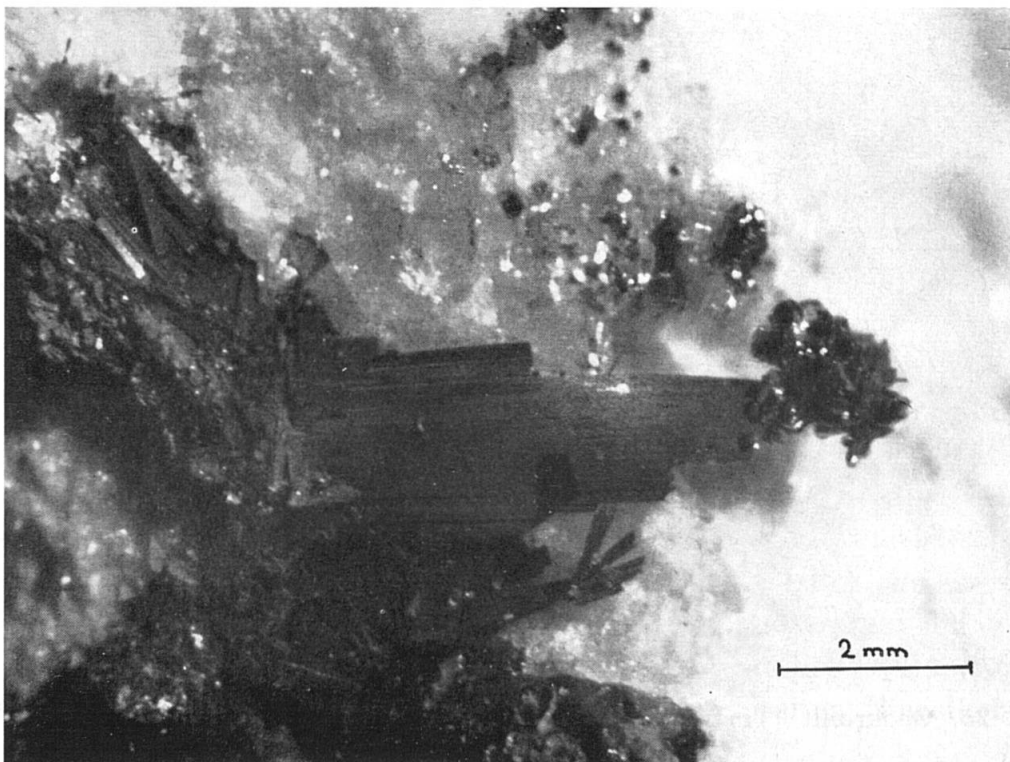


Fig. 23. Lengenbachit vom Lengenbach. Der gut ausgebildete Kristall ist ziemlich stark verbogen.

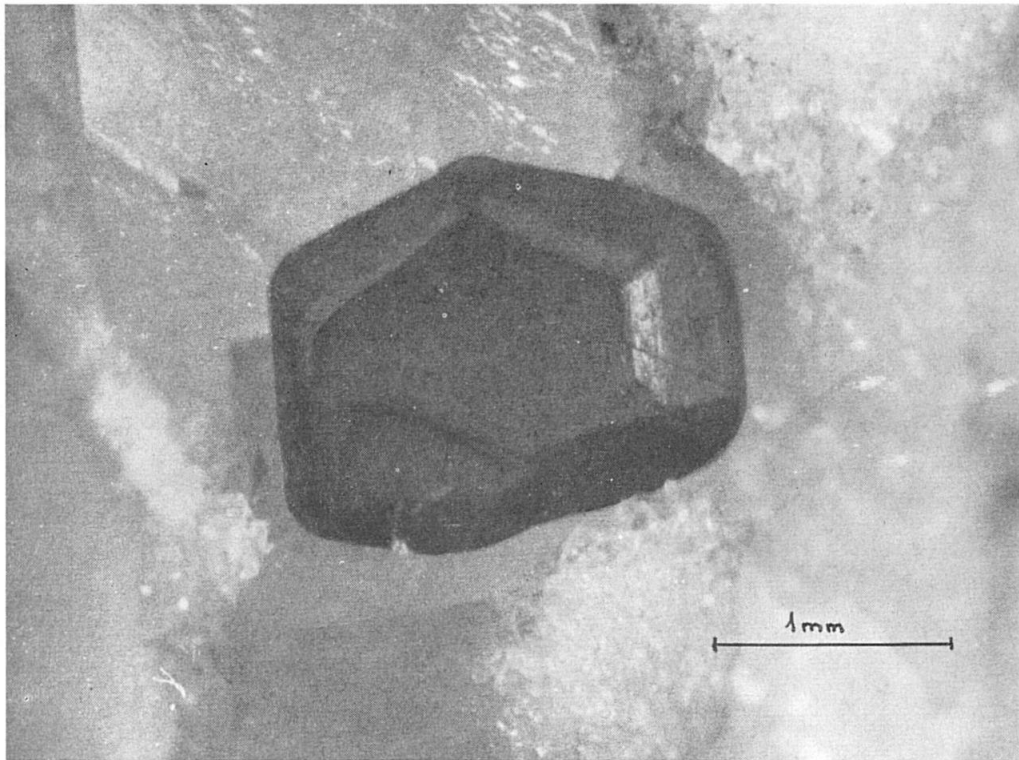


Fig. 24. Jordanit (Lengenbach) in der typischen, pseudo-hexagonalen Ausbildung (SG 821).

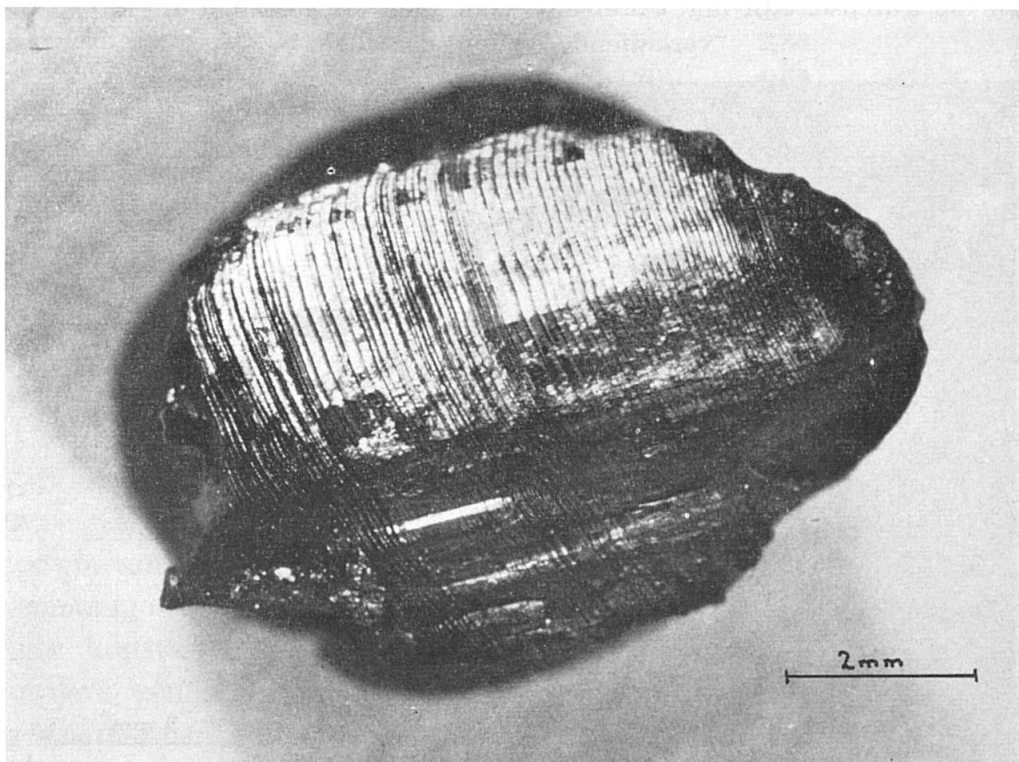


Fig. 25. Geokronit (Turtschi). Grosser Kristall mit sehr deutlich ausgeprägter Zwillingslamellierung (SG 400).

β) Ein zweiter Typ von Lengenbachit scheint nie grösser zu werden als einige mm. Das sind kleine, schindelartige Individuen, die fächerartig bis radialstrahlig nach der flachen Oberseite aufeinander gewachsen sind. Die Kriställchen tragen auf ihrer breiten Fläche eine ausgeprägte Streifung parallel der Stengelachse und scheinen im Gegensatz zu dem oben beschriebenen Typus nicht verbogen zu sein. Diese Lengenbachitaggregate sitzen meist als sehr viele kleine Büschel nebeneinander in den Drusen.

c) Physikalische Eigenschaften

Farbe:	Bleigrau bis schwarzgrau, sehr oft mit starken (blauen) Anlauffarben überzogen.
Strich:	Schwarz mit Stich ins Braune.
Härte:	Sehr gering, viel weicher als Bleiglanz. Die bei NICKEL und SCHALLER (1960) angegebene Härte von 4 ist viel zu hoch. Lengenbachit ist das weichste der Binner Sulfosalze.
Zwillinge:	Eine gesetzmässige Verwachsung ist nicht nachgewiesen.
Spez. Gewicht:	5.80—5.85 an Lengenbachit vom Lengenbach (SOLLY, 1905).

Eine besondere Eigenschaft von Lengenbachit ist seine Flexibilität: er lässt sich leicht verbiegen, ohne zu brechen. Die Formänderung ist bleibend, das Mineral ist nicht elastisch.

d) Typische Bestimmungsmerkmale

Die grossen, blattförmigen Lengenbachitkristalle besitzen eine derart eigentümliche Form, dass sie sofort zu erkennen sind. Lengenbachit ist das einzige biegsame Sulfosalz der Lagerstätte.

Die vielfach verwachsenen, kleinen Lengenbachitaggregate sind schon schwieriger zu erkennen. Es gibt einerseits eine sehr ähnliche Ausbildungsart von Hutchinsonit, anderseits die merkwürdigen „fasrigen Sulfosalz-Mineralien“, die ähnliche Verwachsungen aufweisen können. Hutchinsonit ist in dieser Form stets schwarz, bei starkem Licht aber an den Kanten durchscheinend in einem dunklen Rot. Charakteristisch für diesen Hutchinsonit ist, dass er meistens mit sehr viel Realgar assoziiert ist, was bei Lengenbachit nie beobachtet wurde. Die „fasrigen Sulfosalze“ haben mehr oder weniger quadratische bis rundliche Querschnitte, während die Lengenbachitaggregate aus dünnen, breiten Einzelkriställchen bestehen.

e) Chemische Zusammensetzung

Wie HUTCHINSON (in SOLLY, 1905) bei Analysen von Lengenbachit feststellte, handelt es sich um ein Pb-As-Sulfosalz mit beträchtlichem Gehalt an Cu und Ag. Er deutete die Analyse jedoch als $7\text{PbS} \cdot 2\text{As}_2\text{S}_3$, sah also Cu und Ag als unwesentliche Beimengungen an. Die Synthesversuche von ROESCH und HELLNER (1959) bewiesen dann aber klar, dass Cu und Ag integrierende Bestandteile des Lengenbachites darstellen: die Synthese gelang nur bei Anwesenheit von Cu_2S und Ag_2S .

	I.	II.	III.
Pb	57,89	54,5 \pm 1	54,8
Ag	5,64	8,7 \pm 1	9,2
Cu	2,36	2,85 \pm 0,5	2,5
Fe	0,17	—	—
As	13,46	14,9 \pm 0,5	14,0
Sb	0,77	—	—
S	19,33	20,8 \pm (1—2)	19,5
	99,42%	101,75%	100,0%

I. Chemische Analyse an Lengenbachit vom Lengenbach (SOLLY, 1905).

II. Analyse mit der Mikrosonde (NOWACKI u. BAHEZRE, 1963).

III. Theoretische Zusammensetzung $\text{Pb}_{34}\text{Ag}_{11}\text{Cu}_5\text{As}_{24}\text{S}_{78}$.

In welchen Grenzen sich die Gehalte an Cu und Ag bewegen, oder ob sie konstant sein müssen, ist nicht bekannt. Interessant ist, dass Lengenbachit, gleich wie andere As-arme Mineralien, die an der Peripherie der Vererzung vorkommen (z. B. Jordanit, Tennantit) schon deutlich Spuren von Sb enthalten kann (vgl. Analyse I). Aus diesem Grunde wurde vermutet, dass man Lengenbachit auch ausserhalb des Lengenbaches finden könne, doch hat sich diese Annahme nicht bewahrt. Möglicherweise braucht eben Lengenbachit ganz bestimmte Konzentrationen von Cu und Ag, welche Bedingungen nur im Lengenbach erfüllt waren. Dass Lengenbachit keines der üblichen Pb-As-Spiessglanze ist, wurde auch von RÖSCH und HELLNER (1959) festgestellt. Der Lengenbachit ist ein ausgesprochen seltenes Mineral.

f) Erzmikroskopische Eigenschaften

Die Herstellung der Anschliffe von Lengenbachit ist sehr schwierig, am besten eignen sich sehr kleine Mineralproben, weil dann die ausserordentlich geringe Härte des Minerals nicht so störend wirkt.

- Reflexionsvermögen: Elektr. Photometer: 37,0—34,0% (in Luft, grün)
Spaltphotometer: 34 ± 2 —3% (in Luft, Na_D-Licht)
FOLINSBEE (1949) bestimmte mit der Photozelle den Wert von 36,7%, der mit unseren Werten gut übereinstimmt.
- Härte: 35 (29—40). Da das Mineral so extrem weich ist, musste zum Teil mit dem kleinen Auflagegewicht von 3 g gearbeitet werden; der Streubereich ist deshalb verhältnismässig gross. Lengenbachit ist also sehr weich, bedeutend weicher als Bleiglanz, für den ein Mittelwert von 69 bestimmt wurde.
- Farbe: Weiss, gegen Bleiglanz schwach rötlichbraun.
- Bireflexion: Weder in Luft noch in Öl zu beobachten.
- Bei gekreuzten Polarisatoren: Die Anisotropie ist schwach, aber deutlich und nur an Korngrenzen gut zu erkennen. In Öl werden die Effekte verstärkt, wobei ein merklicher Farbwechsel von olivgrün nach blaugrün auftritt.
- Gefüge: GIUSČA (1930) beschreibt schlecht sichtbare Zwillingsslamellen unbekannter Orientierung. Die untersuchten Lengenbachit-Anschliffe zeigten bloss unregelmässige, schuppenartig miteinander verwachsene Körper.

Lengenbachit kann man erkennen an der sehr geringen Härte und der merkwürdigen schuppenartigen Verwachsung der Einzelindividuen. Häufig ist das Mineral mit Jordanit verwachsen, der wohl durch Lengenbachit verdrängt wird.

g) Fundstellen

- Im Binnatal:
Lengenbach.
- Übrige Fundstellen:
Keine.

h) Synthesversuche

Bei ihren hydrothermalen Untersuchungen am System PbS-As₂S₃ konnten RÖSCH und HELLNER (1959) das Mineral Lengenbachit zunächst nicht herstellen. Erst bei Anwesenheit von Cu₂S und Ag₂S erhielten sie auch Lengenbachit, bei einer mittleren Temperatur von 400° C und einem hydrostatischen Druck von 500 atm.

16. Jordanit-Geokronit

Das Mineral Jordanit wurde von G. v. RATH (1864) unter den übrigen Pb-As-Sulfosalzen des Lengenbaches als neue Art erkannt und zu Ehren des um die Mineralogie verdienten Dr. Jordan (Saarbrücken) so benannt. Geokronit konnte bei diesen Untersuchungen vom Autor nachgewiesen werden. Da sich bei der Bearbeitung der verschiedenen Fahlerze des Tales herausstellte, dass die Mineralien dieser Gruppe bedeutende Mengen von Sb enthalten können, wurde vermutet, dass somit auch der mit Jordanit isomorphe Sb-reiche Geokronit vorkomme, welche Vermutung sich dann auch als richtig erwies.

a) Kristallographie

V. RATH (1864) beschrieb den Jordanit als orthorhombisch, und erst BAUMHAUER (1891) wies die monokline Symmetrie des Minerals nach. Während so für den Jordanit die kristallographischen Verhältnisse schon bald richtig erkannt worden sind, war das bei Geokronit, dem isomorphen Sb-As-Mineral nicht der Fall. Obwohl schon SOLLY (1900) auf Grund der chemischen Zusammensetzung und der charakteristischen Zwillingslamellierung vermutete, dass Geokronit mit Jordanit (damals als monoklin bekannt) isomorph sei, wies erst HILLER (1938) röntgenographisch nach, dass Geokronit monoklin und nicht orthorhombisch ist. Dessenungeachtet hat sich dieser Fehler noch bis in Lehrbücher jüngeren Datums eingeschlichen.

Jordanit (vom Lengenbach)	Geokronit (Park City, Utah)
$a_0 = 8,91 \text{ \AA}$	$a_0 = 8,96 \text{ \AA}$
$b_0 = 31,71 \text{ \AA}$	$b_0 = 31,85 \text{ \AA}$
$c_0 = 8,42 \text{ \AA}$	$c_0 = 8,48 \text{ \AA}$
$\beta = 118^\circ 21'$	$\beta = 118^\circ 00'$
(BERRY u. THOMPSON, 1962)	(DOUGLASS et al., 1954)

Die Unterschiede in den Gitterdimensionen sind also ausserordentlich gering.

Das Pulverdiagramm ist typisch für die Gruppe Jordanit-Geokronit, nach den d-Werten lässt sich eindeutig ein Mineral aus dieser Gruppe bestimmen. Eine Unterscheidung von Jordanit und Geokronit nach dem Pulverdiagramm ist hingegen vorderhand noch nicht möglich, da die Diagramme praktisch identisch sind. Aus diesem Grund wird für beide Mineralien dasselbe Strichdiagramm angegeben (Tab. 4, S. 774).

Wenn die Röntgenaufnahmen für beide Mineralien auf der gleichen Kamera hergestellt werden, lassen sich immerhin kleine Unterschiede feststellen, die aber noch keine Unterscheidung von Jordanit und Geokronit ermöglichen. Es seien hier die d-Werte der 8 stärksten Linien von Jordanit und Geokronit angegeben.

A.		B.	
I	d in Å	I	d in Å
100	2,23	100	2,24
90	2,89	90	2,91
90	1,83	80	1,84
80	3,19	80	3,21
60	3,05	60	3,08
60	1,76	50	1,77
50	3,53	60	3,55
50	3,38	60	3,41

A. Jordanit vom Lengenbach (SG 107 a).

B. Geokronit vom Turttschi (SG 400 a).

b) Morphologie

Kristalle von Jordanit und Geokronit sind im allgemeinen isometrisch ausgebildet und nach dem seitlichen Pinakoid (010) abgeflacht. Sie besitzen sehr häufig eine scheinbare Sechssersymmetrie, so dass sie meistens ausgesprochen pseudohexagonal wirken ($\beta = \text{ca. } 118^\circ$). Die Fläche (010) ist gross und gut ausgebildet; durch eine grosse Anzahl von Flächen erhalten die Kristalle oft einen tonnenförmigen Habitus. Neben dieser für beide Mineralien üblichen Ausbildung wurde noch eine sehr ungewöhnliche Form von Jordanit gefunden. Dabei handelt es sich um sehr kleine Kristalle (kaum grösser als 1 mm), die spitzpyramidal ausgebildet sind und aus Schichten aufgebaut zu sein scheinen (evtl. infolge Zwillingsbildung). Sehr charakteristisch für die beiden Mineralien ist die praktisch nie fehlende polysynthetische Zwillingsbildung, die man sowohl am Wachstumskristall als auch im frischen Bruch erkennen kann. Über die Zwillingsene der Lamellierung scheint keine Klarheit zu bestehen; die Angaben in der Literatur widersprechen sich meistens. RAMDOHR (1960) beschreibt von Jordanit eine Lamellierung nach (001), von Geokronit dagegen eine solche nach (010). Dass bei zwei so nahe verwandten Mineralien eine sehr ähnliche Zwillingslamellierung nach verschiedenen Gesetzen erfolgt, ist ziemlich unwahrscheinlich. Beide Mineralien können über 1 cm gross werden.

c) Physikalische Eigenschaften

Farbe:	Bleigrau, häufig angelaufen. Die Anlauffarben sind richtungsabhängig, eine Gesetzmässigkeit ist aber nicht sicher bewiesen.
Strich:	Schwarz bis grauschwarz.
Härte:	3.
Spaltbarkeit:	Wird für Jordanit als vollkommen nach (010) und für Geokronit als undeutlich nach (001) angegeben. An den untersuchten Kristallen (von Jordanit und Geokronit) wurde keine deutliche Spaltbarkeit festgestellt, vor allem kein Unterschied bei den beiden Mineralien.
Bruch:	Muschelig.
Zwillinge:	Polysynthetisch.
Spez. Gewicht:	6,413 an Lengenbacher Jordanit (SOLLY, 1900), 6,40 an Geokronit vom Turtschi (SG 400).

d) Typische Bestimmungsmerkmale

Jordanit und Geokronit sind leicht von den andern Sulfosalzen des Binnatales zu unterscheiden. Charakteristisch ist vor allem der pseudo-hexagonale Habitus sowie die sehr deutliche Zwillingslamellierung, die stets auch im frischen Bruch des Minerals zu erkennen ist. Sehr schwierig ist hingegen die Unterscheidung von Jordanit und Geokronit. Bei der morphologischen Untersuchung der beiden Mineralien erhält man den Eindruck, als wären bei Geokronit die Lamellen deutlicher und gröber ausgebildet und vor allem im Bruch besser festzustellen als bei Jordanit. Ob diese Feststellung auch bei Geokronit von anderen Fundstellen zutrifft, ist mir nicht bekannt. Auf alle Fälle dürfte die Unterscheidung auf Grund einer besseren Spaltbarkeit von Jordanit, wie sie DOUGLASS et al. (1954) beschreiben, sehr zweifelhaft sein, da der Lengenbacher Jordanit keine ausgeprägte Spaltbarkeit besitzt. Röntgenographisch ist die Unterscheidung anhand von Pulverdiagrammen vorläufig unmöglich und auch mit Einkristallverfahren nicht sicher, da die Gitterdimensionen einfach allzu wenig verschieden sind. Eine bessere Möglichkeit zur Unterscheidung bietet die Untersuchung mit dem Erzmikroskop, da Härte und Reflexionsvermögen eine deutliche Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung zeigen (Fig. 26).

Den wirklich sicheren Beweis liefert die chemische Analyse mit der genauen Bestimmung des Verhältnisses As : Sb.

e) Chemische Zusammensetzung

Jordanit: $\text{Pb}_{27}\text{As}_{14}\text{S}_{48}$ (nach BERRY und THOMPSON, 1962).

Geokronit: $\text{Pb}_{27}\text{As}_7\text{Sb}_7\text{S}_{48}$.

Von NOWACKI und BAHEZRE (1963) wurden zwei neue Analysen an Jordanit vom Lengenbach veröffentlicht, die hier aufgeführt seien:

	I.	II.	III.
Pb	$67,5 \pm 1$	65,45	68,4
As	$11,8 \pm 0,5$	12,28	12,8
Sb	—	1,22	—
S	$21,7 \pm (1-2)$	18,64	18,8
H ₂ O		0,83	
	101,0%	98,42%	100,0%

I. Analyse mit der Mikrosonde (Paris) } NOWACKI u. BAHEZRE
 II. Chemische Analyse (Fresenius, Wiesbaden) } (1963)
 III. Theoretische Zusammensetzung $\text{Pb}_{27}\text{As}_{14}\text{S}_{48}$.

DOUGLASS et al. (1954) vermuten, dass eine Mischungsreihe besteht zwischen Jordanit, Geokronit und einem noch unbekannten Sb-Mineral der Zusammensetzung $\text{Pb}_{27}\text{Sb}_{14}\text{S}_{48}$, dass also Jordanit das As-Endglied wäre, Geokronit das Mittelglied, während das Sb-Endglied noch nicht gefunden wurde. Ähnliche Vermutungen hegte wohl SOLLY (1900), als er feststellte, dass Jordanit und Geokronit isomorph sind und daraus fälschlicherweise folgerte, dass Geokronit die Zusammensetzung $4\text{PbS} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$ haben müssen.

Da sich zunächst bei der Untersuchung der Fahlerze ergab, dass sie zum Teil sehr grosse Sb-Gehalte aufweisen, wurde dasselbe auch für Jordanit angenommen. Röntgenfluoreszenz- und Spektralanalysen bestätigten dann diese Vermutung und führten zur Identifizierung des ersten Geokronites in der Schweiz.

Für die Spektralanalysen wurde dasselbe Verfahren angewandt wie es bei der Fahlerzgruppe beschrieben ist (S. 684). Die Standards wurden ebenfalls aus den Sulfiden der zu bestimmenden Elemente nach Gewichtsprozenten zusammengemischt; als interner Standard wurde wieder Bi verwendet. Nach den Testmischungen betragen die absoluten Fehlergrenzen:

$$\begin{aligned} \text{für } \text{As}_2\text{S}_3 &= \pm 2-3\% \\ \text{für } \text{Sb}_2\text{S}_3 &= \pm 1-1,5\% \end{aligned}$$

Resultate (vgl. Tab. 3)

Gleich wie bei den Fahlerzen wurden auch bei Jordanit-Geokronit sehr unterschiedliche Sb-Gehalte bestimmt. Die Variation geht von annähernd reinem Jordanit bis zu reinem Geokronit. Vermutlich ist die Mischkristallreihe zwischen Jordanit und Geokronit nicht lückenlos: im Binnatal wurden neben Jordanit mehrere Zwischenglieder bis zu 75% $\text{Pb}_{27}\text{As}_{14}\text{S}_{48}$ -Mol, darüber hinaus aber nur noch reiner Geokronit gefunden, vgl. Fig. 26, S. 750. Der Sb-reiche Jordanit kommt zusammen mit Geokronit vor. Geokronit scheint nicht mehr Sb aufzunehmen als bis zu dem As/Sb-Verhältnis = 1 : 1; die beiden analysierten Geokronite von verschiedenen Fundstellen lagen bei genau 50% $\text{Pb}_{27}\text{As}_{14}\text{S}_{48}$ -Mol. Aus diesem Grund scheint es naheliegend, die Grenze zwischen Jordanit und Geokronit bei 75% $\text{Pb}_{27}\text{As}_{14}\text{S}_{48}$ -Mol zu ziehen (Fig. 26). Interessant ist, dass die Zunahme von Sb im Jordanit annähernd parallel geht mit der Zunahme von Sb in den Fahlerzen. Die Mineralien dieser Gruppe enthalten fast ausnahmslos Spuren von Cu_2S und Ag_2S . Der Ag_2S -Gehalt erreicht sein Maximum bei annähernd 0,5% in den As-reicheren Gliedern. Nach DÖLTER (1929) konnte Ag in Jordanit nicht nachgewiesen werden. Die Änderungen in der chemischen Zusammensetzung zeichnen sich recht deutlich ab in den erzmikroskopischen Eigenschaften (Fig. 26).

f) Erzmikroskopische Eigenschaften

Von den meisten untersuchten Proben wurden auch Anschliffe hergestellt. Die Angaben von Reflexionsvermögen und Mikrohärte werden für Jordanit und Geokronit getrennt angegeben, und zwar ist:

- I. Jordanit vom Lengenbach (SG 433).
- II. Geokronit, Weisse Fluh (SG 107).

	I.	II.
Reflexionsvermögen: Elektr. Photometer:	39,5—38,0%	43,0—40,5%
Spaltphotometer:	$36,5 \pm 1$ —2%	$39,0 \pm 1$ —2%

Die Messungen am elektrischen Photometer erfolgten bei grünem Licht, diejenigen am Spaltphotometer bei NaD -Licht in Luft. Jordanit reflektiert merklich niedriger als Geokronit. BADER (1934) gibt für Jordanit den Wert von 32,5% an, der aber bedeutend zu niedrig ist.

Tabelle 3. Analysen an Jordanit-Geokronit.

Probe	Jordanit (SG 107a)	Jordanit (SG 127)	Jordanit (SG 414)	Jordanit (SG 222)	Geokronit (SG 107)	Geokronit (SG 400)
Gew.-% As_2S_3	15,1	13,2	15,6	14,5	9,9	8,1
Sb_2S_3	1,7	2,0	2,6	6,3	13,7	11,1
Ag_2S	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$	+	—		+
Cu_2S	++	+	++	++		++
$\text{Pb}_{27}\text{As}_{14}\text{S}_{48}$ - Mol	92,0%	90,1	88,6	76,2	50,0	50,0
Reflexions- vermögen	39,5%	41,0	42,0		43,0	42,0
Vickers Härte	167	157,0	157,5	147,4	139,0	140,0
Strich	grau	grünlichgrau	schwarzgrau	bleigrau		grau
d-Werte in Å	3,38 50		3,36		3,38 40	3,41 60
einiger starker	3,19 80		3,18		3,19 40	3,21 80
Linien	3,05 60		3,05		3,07 40	3,08 60
	2,89 90		2,88		2,89 60	2,91 90
	2,23 100		2,23		2,24 100	2,24 100
	1,83 90		1,82		1,83 70	1,835 80
	1,76 60		1,76		1,77 70	1,77 50
Fundstelle	Lengenbach	Messerbach	Halsen	Weisse Fluh	Weisse Fluh	Turtschi
Analyse	Spektralanalyse	Spektralanalyse	Spektralanalyse	Spektralanalyse	Röntgen- fluoreszenz	Spektralanalyse
Analytiker	SG	SG	SG	SG	Dr. R. O. MÜLLER	SG

Ag₂S- und Cu₂S-Gehalte: + sehr wenig
 ++ wenig
 +++ deutlich

Härte:

167 (163—171) 139 (136—143)

Das Material ist spröd, die Eindrücke waren jedoch sehr gut. Die Härtebestimmung ist ein ausgezeichnetes Hilfsmittel zur Unterscheidung von Jordanit und Geokronit. Der stärker metallische Charakter des Sb im Geokronit macht sich einerseits in einer Verringerung der Härte, anderseits in einer Erhöhung des Reflexionsvermögens bemerkbar.

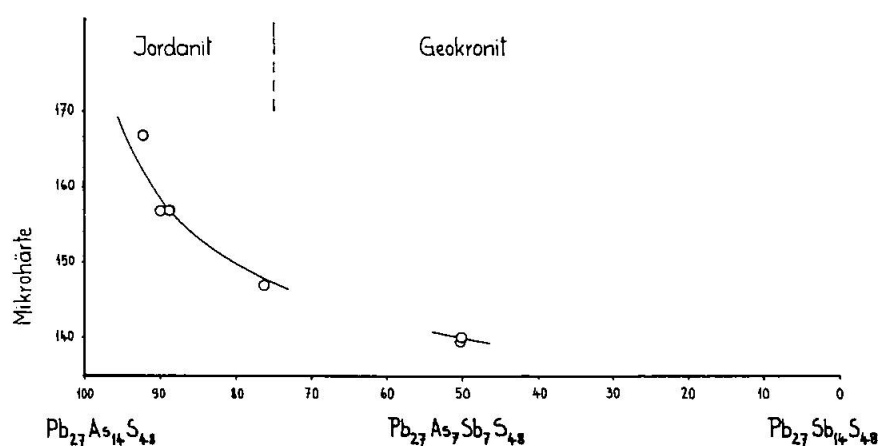


Fig. 26. Änderung der Mikrohärte von Jordaniten und Geokronit des Binnatales mit der chemischen Zusammensetzung.

- Farbe: Reinweiss, gegen Bleiglanz erscheint Jordanit schwach rosa und Geokronit gelblichbraun.
- Bireflexion: Bei Jordanit weder in Luft noch in Öl zu erkennen. Bei Geokronit schwach an Korngrenzen und Zwillingslamellen, in Öl ziemlich deutlich sichtbar.
- Bei gekreuzten Polarisatoren: Die Anisotropie ist bei Jordanit sehr deutlich, auch im homogenen Korn; bei Geokronit sind die Anisotropieeffekte merklich stärker.
- Innenreflexe: Wurden nicht beobachtet.
- Gefüge: Zwillingslamellen sind sehr häufig. Sie verlaufen alle genau parallel, sind sehr regelmässig gebaut, besitzen aber nicht immer alle die gleiche Breite. Im allgemeinen beobachtet man sehr schmale Lamellen, die durch breitere getrennt sind.

Jordanit und Geokronit unterscheiden sich von dem sonst sehr ähnlichen Seligmannit vor allem durch die viel regelmässiger Beschaffen-

heit der Zwillingslamellen, die durchwegs parallele Begrenzungslinien haben und nicht, wie bei Seligmannit, sich plötzlich verjüngen und ausschwänzen. Nach DOUGLASS et al. (1954) sollen Jordanit und Geokronit unter dem Erzmikroskop nicht mit Sicherheit von Boulangerit zu unterscheiden sein. Dagegen ist folgendes zu bemerken:

— Während Jordanit und Geokronit ausnahmslos massenhaft lamellar verzwillingt sind, konnten bei Boulangerit (des Binnatales) keine sicheren Zwillingslamellen erkannt werden.

— die Anisotropieeffekte bei Boulangerit sind, vor allem in Öl, ganz bedeutend viel stärker als bei Jordanit und Geokronit, mit deutlichem Farbenwechsel (grün in Hellstellung).

— Boulangerit ist, auch im Anschliff, langstengelig bis spiessig ausgebildet, während Jordanit und Geokronit stets mehr oder weniger isometrischen Habitus besitzen.

g) Fundstellen

— Im Binnatal:

Lengenbach (Jordanit),
Messerbach (Jordanit),
Turtschi (Geokronit),
Reckibach (Jordanit),
Weisse Fluh (Geokronit),
Halsen (Jordanit).

— Übrige Fundstellen:

Jordanit wurde zuerst im Binnatal entdeckt, später aber auch an zahlreichen andern Fundstellen nachgewiesen (Nagyag, Ungarn; Beuthen, Oberschlesien; als „Reniformit“ in Japan; Wiesloch in Baden, Deutschland etc.).

Geokronit ist ein nicht allzu seltenes Mineral Sb-reicher hydrothermalen Lagerstätten.

h) Syntheseversuche

RÖSCH und HELLNER (1959) konnten Jordanit hydrothermalsynthetisch aus natürlichem PbS- und As₂S₃-Pulver im geeigneten Verhältnis herstellen, bei Variation der Temperaturen von 150 bis 600° C und der Drucke von 1 bis 1800 atm.

17. Boulangerit

Für das Binnatal wurde Boulangerit zum ersten Mal vom Autor im Sommer 1962 gefunden. Neben dem Pb-As-Sb-Mineral Geokronit scheint Boulangerit bisher das einzige Pb-Sb-Mineral der Binner Sulfosalzfundstellen im Dolomit darzustellen.

a) Kristallographie

Boulangerit von Mullan, Idaho (BERRY, 1940)

Monoklin, C_{2h}^5 - $P2_1/a$

$$a_0 = 21,56 \text{ \AA}$$

$$b_0 = 23,51 \text{ \AA}$$

$$c_0 = 8,09 \text{ \AA}$$

$$\beta = 100^\circ 48'$$

Boulangerit liefert ein verhältnismässig charakteristisches Pulverdiagramm und lässt sich im allgemeinen ohne Schwierigkeiten daraus bestimmen. Die d-Werte der sechs stärksten Linien seien hier angegeben; das Strichdiagramm des Boulangerites vom Binnatal findet sich in Tab. 4 (S. 774).

A.		B.	
I	d in Å	I	d in Å
100	3,72	80	3,72
90	2,81	100	2,82
80	1,86	100	1,86
50	1,75	20	1,77
40	3,21	60	3,16
40	3,01	60	3,01

A. Boulangerit von Babine Bonanza, B. C. (BERRY u. THOMPSON, 1962).

B. Boulangerit vom Binnatal (SG 545).

b) Morphologie

In seiner Ausbildung ist der Binner Boulangerit sehr ähnlich den Sulfosalzen des Lengenbaches. Er ist langstengelig nach [001], gestreift parallel der Stengelachse und eng miteinander verwachsen, wobei strahlige Aggregate entstehen. Unter dem Erzmikroskop ist zu erkennen, dass der Boulangerit hier sehr intim mit Bleiglanz verwachsen ist. Kristallflächen sind nur in der Stengelachse zu sehen, die Endbegrenzungen fehlen stets. Das Mineral scheint hier nur in Quarz eingewachsen vorzukommen und nie in Hohlräumen und entspricht somit etwa dem

Auftreten im Tavetsch, wo die als Antimonit beschriebenen Mineralien nun zum Teil als Boulangerit bestimmt wurden (WEIBEL und KÖPPEL, 1962). Die Boulangeritkristalle erreichen im Binnatal etwa die Länge von 5 mm.

c) Physikalische Eigenschaften

Farbe: Bleigrau, im frischen Bruch hellsilbrig glänzend. Häufig sind die Kristalle farbig angelaufen, wobei das Blau vorherrscht.
Strich: Schwarz bis bräunlich.
Bruch: Muschelig.
Härte: $2\frac{1}{2}$ —3.
Spaltbarkeit: Nach (100) deutlich (PALACHE et al., 1946).
Spez. Gewicht: 6,23 an Boulangerit von Mullan, Idaho, bestimmt (PALACHE et al., 1946).

d) Typische Bestimmungsmerkmale

Boulangerit vom Binnatal ist schwierig zu erkennen, vor allem wegen der meist unvollkommenen Ausbildung der Kristalle. Immerhin ist die Bildung von manchmal radialstrahligen Aggregaten bei den Sulfosalzen des Binnatales ziemlich selten. Die Unterscheidung von dem oft mit Boulangerit verwechselten Geokronit sollte anhand der stets isometrischen Ausbildung des Geokronites nicht allzu schwierig sein. Im Dolomit des Binnatales kann auch Rutil sehr ähnlich aussehen, der aber viel härter ist als Boulangerit. Im Zweifelsfalle genügt eine Röntgen-Pulveraufnahme, um das Mineral zu identifizieren.

e) Chemische Zusammensetzung

Boulangerit ist ein Pb-Sb-Sulfosalz mit der Zusammensetzung $5 \text{ PbS} \cdot 2 \text{ Sb}_2\text{S}_3$ (STRUNZ, 1957).

f) Erzmikroskopische Eigenschaften

Diese Daten stammen von dem Boulangerit der Fundstelle nördlich Freiche (Binnatal; SG 545, 546).

Reflexionsvermögen: Elektr. Photometer: 43,0—38,0% (in Luft, grün)
Spaltphotometer: $35,6 \pm 1$ —2% (in Luft, NaD-Licht)
Härte: 140,0 (133—157). Die Eindrücke waren sehr gut.

- Farbe: Grauweiss, im Vergleich zu Bleiglanz schwach blaugrau; in Öl erhält die Farbe einen deutlichen Stich ins Grüne.
- Bireflexion: Ist sehr schwach und nur an Korngrenzen sichtbar. Gegen Bleiglanz betrachtet sieht man deutlich, dass das Mineral parallel zum Stengel heller erscheint (Schwingungsrichtung des Polarisators parallel zur Längsachse des Minerals).
- Bei gekreuzten Polarisatoren: Die Anisotropie ist deutlich, auch im homogenen Korn. In Öl werden die Effekte sehr stark, wobei in Hellstellung ein starkes Grün vorherrscht.
- Innenreflexe: Vereinzelt wurden hellrote Innenreflexe beobachtet.
- Gefüge: Möglicherweise kommen Zwillingslamellen parallel der Stengelachse vor, sie konnten aber nicht mit Sicherheit erkannt werden. Im übrigen wurden nur unregelmässige Verwachsungen festgestellt.

Boulangerit hat unter dem Erzmikroskop gewisse Ähnlichkeiten mit Jordanit, Geokronit und Seligmannit; alle drei Mineralien sind jedoch ausnahmslos massenhaft lamellar verzwillingt, zudem ist Boulangerit nadelig ausgebildet, während die erwähnten Mineralien stets einen mehr oder weniger isometrischen Habitus besitzen.

g) Fundstellen

— Im Binnatal:

Der Dolomitaufschluss nördlich Freiche ist bisher die einzige Fundstelle im Binnatal.

— Übrige Fundstellen:

Boulangerit scheint in hydrothermalen Lagerstätten bedeutend häufiger zu sein, als man früher angenommen hatte. Boulangerit wurde häufig falsch bestimmt, wie zum Beispiel als „Antimonit“ im Tavetsch (WEIBEL und KÖPPEL, 1962).

18. Giessenit

Dieses Mineral wurde im Sommer 1961 vom Autor gefunden und, da es zunächst nicht bestimmt werden konnte, genau untersucht. Nach den daran vorgenommenen Untersuchungen handelt es sich um eine

neue Mineralart, die nach dem in der Nähe der Fundstelle gelegenen Weiler Giessen als Giessenit bezeichnet wurde (GRAESER, 1963).

a) Kristallographie

Giessenit vom Turtshi (SG 393)

Orthorhombisch, wahrscheinlich D_2^4 - $P2_12_12_1$

$$a_0 = 34,5 \text{ \AA}$$

$$b_0 = 38,3 \text{ \AA}$$

$$c_0 = 4,08 \text{ \AA}$$

Das Pulverdiagramm ist verhältnismässig charakteristisch und genügt — bei Vorliegen eines Vergleichsfilmes oder bei Verwendung von Strichdiagrammen (vgl. Tab. 4, S. 774) — zur Identifizierung des Mineralen. Die aus der Pulveraufnahme bestimmten d-Werte seien hier angegeben:

I	d in Å	I	d in Å
20	4,55	20	2,75
30	4,28	30	2,63
20	3,92	40	2,49
30	3,82	20	2,04
100	3,62	10	1,99
30	3,45	20	1,95
50	3,32	20	1,86
50	3,15	40	1,75
10	3,05	20	1,63

Für den Vergleich mit anderen Pb-Bi-Sulfosalzen vgl. GRAESER (1963).

b) Morphologie

Das Mineral findet sich in langstengeligen bis haarfeinen Kristallen, wobei grössere Kristalle häufig eine deutlich schindelartige Gestalt aufweisen. Meistens sind sehr viele Kriställchen regellos miteinander verwachsen und bilden so büschelartige Aggregate. Das Mineral kann eine Länge von etwa 1,5 mm erreichen und wurde fast ausschliesslich mit Bleiglanz verwachsen gefunden.

c) Physikalische Eigenschaften

Farbe: Schwarzgrau, zum Teil bleigrau bis metallisch glänzend. Manche der Kriställchen weisen lebhaftere Anlauffarben auf.

Strich: Grauschwarz.
 Härte: $2\frac{1}{2}$ —3 (gleich wie Bleiglanz).
 Spez. Gewicht: Konnte nicht bestimmt werden.

Ein wahrscheinliches spezifisches Gewicht kann man auf Grund der aus der Mikrosondenanalyse (siehe unten) ermittelten Formel $\text{Pb}_9\text{Cu}_1\text{Bi}_6\text{Sb}_{1.5}\text{S}_{30}$ für verschiedenes Z (Zellinhalt) berechnen:

für $Z = 4$, also 4 ($\text{Pb}_9\text{Cu}_1\text{Bi}_6\text{Sb}_{1.5}\text{S}_{30}$) wird das spez. Gewicht = 5.33
 für $Z = 5$ = 6.67
 für $Z = 6$ = 8.00

Im Vergleich zu anderen Pb-Bi-Sulfosalzen erscheint das spezifische Gewicht von 6.67 am wahrscheinlichsten.

d) Typische Bestimmungsmerkmale

Giessenit weist grosse Ähnlichkeiten auf mit dem sogenannten „fasrigen Sulfosalz“ (vgl. NOWACKI et al., 1961) und dem Mineral Lengenbachit (beide vom Lengenbach). Während Giessenit sich vom ersteren durch seine flachstengelige Ausbildung unterscheiden lässt, ist eine Unterscheidung von einem bestimmten Lengenbachittypus wohl nur röntgenographisch möglich, wobei aber die Pulveraufnahme völlig ausreicht.

e) Chemische Zusammensetzung

	I.	II.	III.
Pb	48 ± 5	44.4 ± 1	43.10
Cu	—	1.3 ± 0.5	1.47
Bi	35 ± 4	28.5 ± 1	28.98
Sb	> 7	4.0 ± 0.5	4.22
S	16 ± 3	$22.2 \pm (1-2)$	22.23
		100.4%	100.00%

I. Röntgenfluoreszenz-Analyse an Giessenit SG 393 (Anal.: R. O. Müller).

II. Mikrosonden-Analyse an Giessenit SG 393 (Anal.: C. Bahezre).

III. Theoretische Zusammensetzung $\text{Pb}_9\text{Cu}_1\text{Bi}_6\text{Sb}_{1.5}\text{S}_{30}$.

Giessenit ist das erste und bisher einzige Pb-Bi-Sulfosalz der Binner Dolomitfundstellen. Das Mineral lässt eine gewisse Verwandtschaft mit Lengenbachit erkennen: beides sind Pb-reiche Mineralien, und beide enthalten kleine Mengen von Cu, doch tritt bei Giessenit das Bi an die Stelle des As in Lengenbachit, zudem können beide Mineralien geringe

Gehalte von Sb aufweisen. Ob bei Giessenit das Cu auch immer vorhanden sein muss (wie Ag und Cu im Lengenbachit) ist noch nicht bekannt.

f) Erzmikroskopische Eigenschaften

Die Herstellung der Anschliffe von Giessenit ist sehr schwierig infolge der geringen Grösse und der Weichheit des Mineralen, weshalb die Qualität der Anschliffe sehr mässig ist.

Reflexionsvermögen: $34,0 \pm 2-3\%$ (NaD -Licht, in Luft), $26,1\%$ (in Öl)

Härte: 65 (50—96). Zum Vergleich sei hier der für Bleiglanz gemessene Wert von 69,4 angegeben.

Farbe: Reinweiss, im Vergleich zu Bleiglanz kann man einen schwachen Stich gegen rötlichbraun erkennen.

Bireflexion: Weder in Luft noch in Öl zu beobachten.

Bei gekreuzten Polarisatoren: Die Anisotropie ist schwach und mit Sicherheit nur in Öl festzustellen. Die Auslöschung ist gerade.

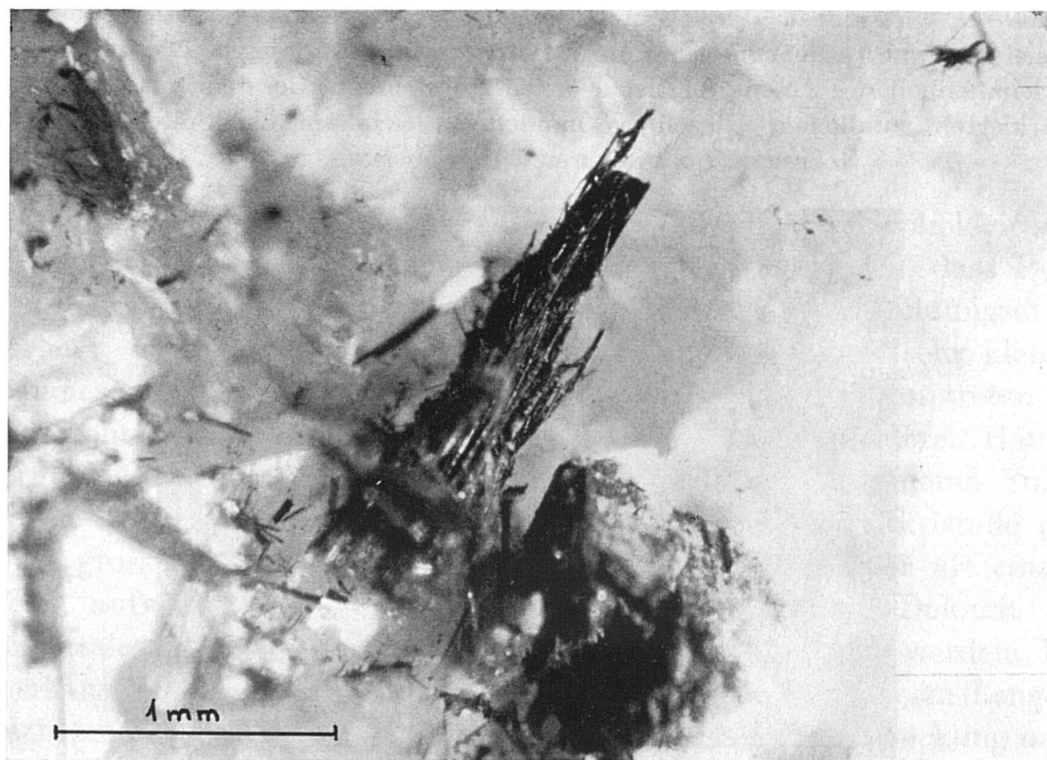


Fig. 27. Giessenit (Turtshi). Die nadelige, z. T. flachstengelige Ausbildung der Kriställchen ist deutlich erkennbar. Rechts daneben ein oktaedrisch ausgebildeter Bleiglanz-Kristall.



Fig. 28. Anschliff: Arsenkies vom Lengenbach (SG 698). Der Kern des Arsenkies-Kristalles wird durch Pyrit gebildet (dunkel), dessen korrosionsähnliche Form vermutlich auf Verdrängung durch Arsenkies zurückzuführen ist. Die inhomogene Beschaffenheit des Arsenkieses ist deutlich zu erkennen. Bei dem mit einem Pfeil markierten rundlichen Einschluss handelt es sich um ein Sulfosalz-Mineral. Gekreuzte Polarisatoren. Vergrößerung ca. $30\times$.

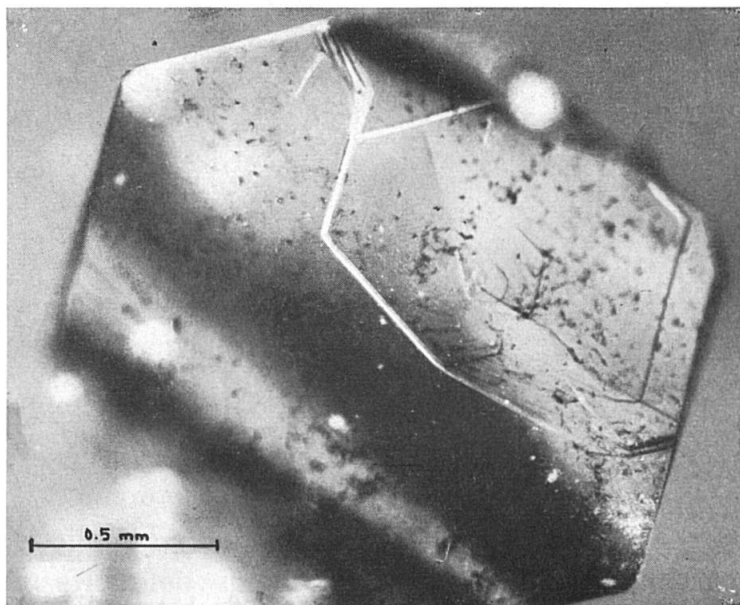


Fig. 29. Molybdänit-3R vom Turtshi. Der sehr dünne Kristall ist schwach verbogen (an der teilweisen Unschärfe des Bildes erkennbar) SG 455.

Gefüge:	Die untersuchten Kristalle sind homogen und weisen keine gesetzmässigen Verwachsungen auf.
Innenreflexe:	Wurden keine beobachtet.

Giessenit ist auch in seinen erzmikroskopischen Eigenschaften sehr ähnlich dem Pb-As-Sulfosalz Lengenbachit: das Reflexionsvermögen der beiden Mineralien ist gleich, die Härte von Giessenit ist ebenfalls sehr gering, aber doch merklich höher als bei Lengenbachit.

g) Fundstellen

— Im Binnatal:

Turtschi, erste und bisher einzige Fundstelle.

— Übrige Fundstellen:

Keine.

19. Pyrit

Pyrit ist wohl das häufigste aller Sulfidmineralien im Dolomit des Binnatales. Wenn auch von uns vorläufig keine näheren Untersuchungen daran vorgenommen wurden, sollen doch einige Beobachtungen mitgeteilt werden.

a) Morphologie

Von besonderem Interesse ist in erster Linie die Morphologie des Pyrites. Wir konnten vor allem im Lengenbach feststellen, dass Pyrit hier in mehreren, völlig voneinander verschiedenen Ausbildungsarten vorliegt, und zwar kann die Ausbildung innerhalb eines sehr kleinen Raumes ändern. Zusammen mit den As-reichen Sulfosalzen treten im allgemeinen kleine, *flächenreiche* Kristalle (1—2 mm) auf, deren Hauptform das Pentagondodekaeder ist. Zusammen mit As-ärmeren Sulfosalzen wurden an einer Stelle sehr grosse, glanzlose Pyritkristalle (bis 2 cm gross) gefunden, die häufig das Pentagondodekaeder als *einzige* Form aufweisen. Die Morphologie der Pyrite aus dem Dolomit des Binnatales soll in einer späteren Arbeit näher untersucht werden. Bemerkenswert ist noch die Tatsache, dass sehr viele Pyrite vom Lengenbach (und anderen Fundstellen des Tales) eine auffällige Streckung nach einer Achse besitzen.

Die Farbe der Pyrite ist meist gelb mit hohem Glanz, daneben findet man aber auch glanzlose, und — vor allem im Lengenbach — solche

mit leuchtenden Anlauffarben. Da wo das Mineral längere Zeit der Verwitterung ausgesetzt war, wird es von einer mehr oder weniger dicken braunen Verwitterungsschicht überzogen.

b) Fundstellen

Pyrit findet sich ohne Ausnahme in sämtlichen Dolomitaufschlüssen des Binnatales.

20. Arsenkies (Arsenopyrit)

a) Kristallographie

Arsenkies von Spindelmühle (Böhmen) (BUERGER, 1936)

Monoklin, C_{2h}^5 - $P2_1/c$

$$a_0 = 9,51 \text{ \AA}$$

$$b_0 = 5,65 \text{ \AA}$$

$$c_0 = 6,42 \text{ \AA}$$

$$\beta = 90^\circ$$

$$a_0 : b_0 : c_0 = 1,684 : 1 : 1,136$$

Das Pulverdiagramm von Arsenkies ist völlig verschieden von denjenigen der Pb-As-Sulfosalze. Es weist viele und starke Linien auf, auch bei den grösseren θ -Werten. Es ist charakteristisch und gestattet eine sichere Unterscheidung des Arsenkieses von den hier mit ihm assoziierten Mineralien. Einige wichtige Linien sind folgende:

A.		B.	
I	d in Å	I	d in Å
100	2,43	100	2,42
90	2,66	70	2,67
80	1,82	80	1,81
40	1,63	60	1,63
40	1,35	50	1,35

A. Arsenkies von Freiberg/Sachsen (BERRY u. THOMPSON, 1962).

B. Arsenkies vom Lengenbach.

Da das Mineral lange Zeit als orthorhombisch betrachtet wurde ($\beta = 90^\circ$), wurde es früher anders aufgestellt (Streifung parallel a). Jetzt wird die gleiche Aufstellung wie die röntgenographisch bestimmte verwendet, mit der Streifung parallel c. Mehrere Kristalle aus dem Lengenbach wurden vom Autor auf dem Goniometer ausgemessen, wobei stets

dieselben Formen gefunden wurden. Es wurden zum Teil sehr unterschiedliche Winkel bestimmt. Folgende Winkel φ und ρ wurden an einem ca. 3 mm grossen Arsenkies-Kristall gemessen:

Formen		φ	ρ
m	110	30° 47'	90° 00'
q	210	50° 05'	90° 00'
k	410	67° 12'	90° 00'
n	101	90° 00'	34° 34'

Das daraus berechnete Achsenverhältnis beträgt:

$$a : b : c = 1,679 : 1 : 1,157$$

b) Morphologie

Obwohl das Mineral im Lengenbach ausschliesslich gesteinsbildend vorkommt, ist es immer als vollkommene Kristalle ausgebildet. Die Kristalle sind meistens kurzprismatisch, seltener auch langprismatisch und gestreckt nach [001] mit charakteristischer Streifung parallel c. In seiner Form hat der Arsenkies vom Lengenbach entfernte Ähnlichkeit mit dem bekannten Adularhabitus des Kalifeldspates.

c) Physikalische Eigenschaften

Farbe:	Schwach gelblich bis zinnweiss, zum Teil gelblich ange- laufen.
Strich:	Grauschwarz.
Bruch:	Uneben bis muschelig.
Härte:	5½—6.
Spaltbarkeit:	Nach (101).
Zwillinge:	Nach (100) sehr häufig. Bei grösseren Kristallen ist diese Zwillingsbildung schon unter der Lupe zu erkennen.
Spez. Gewicht:	5,99, an einem Arsenkies-Kristall vom Lengenbach be- stimmt (Probe SG 698).

d) Typische Bestimmungsmerkmale

Arsenkies kann kaum mit einem andern Mineral des Lengenbaches verwechselt werden. Durch Deformation gelängte Pyritkristalle können eventuell entfernte Ähnlichkeit haben, doch ist die Form völlig verschieden, vor allem fehlt die charakteristische Streifung des Arsenkieses parallel der Längsachse. Die seltenen zinnweissen bis stahlgrauen Arsen-

kies-Kristalle können ähnlich aussehen wie die stengeligen Sulfosalze, doch ist die viel grössere Härte von Arsenkies ein eindeutiges Unterscheidungsmerkmal.

e) Chemische Zusammensetzung

FeAsS (STRUNZ, 1957). Arsenkies ist neben Realgar und Auripigment das As-reichste Mineral des Lengnabaches.

f) Erzmikroskopische Eigenschaften

Zur Untersuchung wurden Anschliffpräparate an Einzelkristallen hergestellt (SG 698).

Reflexionsvermögen: Elektr. Photometer: 56,0—53,0% (in Luft, grün)
Spaltphotometer: $50,5 \pm 1$ —2% (in Luft, NaD-Licht)

Härte: 968 (933—1003). Das Mineral ist sehr spröd, bei den Eindrücken bildeten sich Risse in den Ecken und zum Teil auch in den Kanten der Eindruckfläche, sonst waren die Eindrücke gut.

Farbe: Weiss, gegen Bleiglanz je nach Schnittlage mehr gelbweiss oder rosaweiss.

Bireflexion: Schon in Luft gut erkennbar, mit Farbwechsel von gelblichweiss nach rötlichweiss.

Bei gekreuzten Polarisatoren: Die Anisotropie ist sehr deutlich, in Öl sogar stark, mit Farbwechsel von dunkelblaurot nach hellblaugrün bei nicht scharf gekreuzten Polarisatoren.

Gefüge: Die äusserlich völlig homogen erscheinenden Kristalle sind innerlich inhomogen. Vor allem in Öl sieht man sehr schön, dass das Mineral aus geflammten, unregelmässig begrenzten Leisten zusammengesetzt ist, die deutlich zwei verschiedene Richtungen bevorzugen. Die meisten dieser Leisten liegen parallel zu c. Nach RAMDOHR (1960) handelt es sich dabei um mimetische Zwillingsbildung hauptsächlich parallel (100), zum Teil parallel (001).

An dem angeschliffenen Kristall konnten wichtige Beobachtungen für die Erklärung der Genese der Sulfosalzvorkommen gemacht werden: das Mineral besitzt einen Pyritkern, dessen korrosionsähnliche, lappige

Form (Fig. 28) vermuten lässt, dass der Arsenkies durch Verdrängung von Pyrit entstanden ist. Vereinzelt sind auch Spuren von Sulfosalzen als Einschlüsse zu erkennen, womit feststehen dürfte, dass der Arsenkies keinesfalls älter ist als die übrigen Sulfosalze. Auf diese Befunde wird in Teil IV dieser Arbeit näher eingegangen.

g) Fundstellen

— Im Binnatal:

Lengenbach ist einzige Fundstelle.

— Übrige Fundstellen:

Arsenkies ist ein häufiges As-Erzmineral, das den Hauptlieferanten für die Gewinnung von As darstellt.

21. Molybdänit-3R

Bei Untersuchungen im Dolomitaufschluss Turttschi wurde im Frühling 1962 dieses Mineral vom Autor gefunden und infolge der ungewöhnlichen Art des Auftretens näher untersucht. Als die Untersuchungen dieser neuen Modifikation von MoS_2 abgeschlossen waren, zeigte sich, dass das Mineral identisch ist mit der kurz zuvor publizierten rhomboedrischen MoS_2 -Modifikation Molybdänit-3R aus Kanada (TRAILL, 1963). Über den Fund dieses Minerals im Binnatal wurden zwei Arbeiten veröffentlicht (TAKEUCHI und NOWACKI, 1964; GRAESER, 1964).

a) Kristallographie

Molybdänit-3R, Lengenbach (SG 705) (TAKEUCHI u. NOWACKI, 1964)

Rhomboedrisch, C_{3v}^5 -R3m

$$a_0 = 3,16_6 \text{ \AA}$$

$$c_0 = 18,41 \text{ \AA}$$

Das Pulverdiagramm ist charakteristisch und leicht zu unterscheiden von demjenigen des hexagonalen Molybdänglanzes. Bei Verwendung von Bestimmungstabellen nach den d-Werten der drei stärksten Linien stösst man allerdings auf Tungstenit, dessen Pulverdiagramm jedoch — wenigstens an gut kristallisiertem Material — eher demjenigen von hexagonalem Molybdänglanz ähnlich ist (GRAESER, 1964). Die aus der Pulveraufnahme an Molybdänit-3R vom Lengenbach bestimmten d-Werte seien hier angegeben, das Strichdiagramm findet sich in Tab. 4 (S. 774):

I	d in Å	I	d in Å
100	6,11	20	1,894
5	3,05	20	1,767
5	2,72	30	1,582
5	2,63	80	1,530
40	2,35	40	1,249
40	2,20	90	1,099
60	2,04	40	0,997

b) Morphologie

Molybdänit tritt im Binnatal meistens gut ausgebildet in Drusen des Dolomites auf. Er findet sich in sechseckigen, dünnen Blättchen, die häufig — auch in ungestörter Lage — leicht verbogen sind. Vereinzelt tritt das Mineral auch gesteinsbildend auf, wobei es silberpapierartig zerknittert im Dolomit sitzt. Die Kriställchen können einen Durchmesser von etwa 3—4 mm erreichen.

c) Physikalische Eigenschaften

Farbe: Silbrig glänzend, von frischem hexagonalem Molybdänglanz nicht zu unterscheiden.
 Strich: Grauschwarz.
 Härte: 1—1½, biegsam.
 Spaltbarkeit: Nach (0001) vollkommen.
 Spez. Gewicht: Konnte nicht bestimmt werden.

d) Typische Bestimmungsmerkmale

Molybdänit-3R kann mit keinem der Sulfidmineralien des Binnatales verwechselt werden, allerdings ist er von Tungstenit, der ausserhalb des Binnatales ebenfalls im Dolomit gefunden wurde (GRAESER, 1964), nicht zu unterscheiden. Eine Röntgen-Pulveraufnahme genügt jedoch völlig zu einer sicheren Identifizierung.

e) Chemische Zusammensetzung

Eine Röntgenfluoreszenzanalyse (Analytiker: Dr. R. O. MÜLLER, Ciba AG, Basel) ergab folgende Daten:

Mo	59,3
W	0,7
S	40

Der Schwefel wurde als Differenz bestimmt.

Während nach RAMDOHR (1960) bei hexagonalem Molybdänglanz nie Spuren von W nachgewiesen werden konnten, kann anscheinend der rhomboedrische Molybdänglanz zumindest kleine Mengen von W aufnehmen.

f) Erzmikroskopische Eigenschaften

Wegen der ausserordentlich dünnblättrigen Ausbildung des Minerals konnten nur Anschliffe parallel zur Basis hergestellt werden, wobei speziell darauf geachtet wurde, dass der Anschliff nicht verschmiert wurde.

Reflexionsvermögen: Elektr. Photometer: 44—43% (in Luft, grün)
 Spaltphotometer: $43,5 \pm 1$ —2% (in Luft, NaD-Licht)
 An Schliffen, die auf dieselbe Art und Weise hergestellt wurden, ergaben sich für hexagonalen Molybdänglanz und Tungstenit merklich höhere Werte.
 Härte: 20,7 (18,2—23,2). Das Mineral scheint deutlich weicher zu sein als hexagonaler Molybdänglanz (29,1) und etwas härter als Tungstenit (15,5).
 Farbe: Reinweiss.

Die übrigen Eigenschaften konnten nicht untersucht werden, da nur Anschliffe parallel zur Basis hergestellt wurden.

g) Fundstellen

— Im Binnatal:

Lengenbach,
 Turttschi.

Das Mineral wurde zuerst im Turttschi entdeckt, später aber auch im Lengenbach gefunden.

— Übrige Fundstellen:

Con Mine (Yellowknife, Kanada) war die erste Fundstelle dieser neuen MoS₂-Modifikation, wo sie von TRAILL (1963) beschrieben worden ist. Weitere Fundstellen sind bisher noch nicht bekannt.

22. Realgar und Auripigment

An dieser Stelle soll neben den beiden Mineralien Realgar und Auripigment in erster Linie das merkwürdige *gelbe Umwandlungsprodukt* des Realgars beschrieben werden.

a) Morphologie

Diese beiden Mineralien sind dank ihrer leuchtenden Farben die auffälligsten Vertreter der Lengenbacher Paragenese.

Realgar ist im südlichen Teil der Grube Lengenbach ausgesprochen häufig und kann eine überraschende Grösse erreichen. Im Jahre 1945 fand der Binner Strahler Josef Imhof einen Realgar-Kristall von 95,6 g Gewicht und den Massen $5 \times 4 \times 2$ cm, der ursprünglich wohl noch bedeutend grösser war, da er schon in einer früheren Periode in mehrere Stücke zerbrochen war⁴⁾. Vor allem die kleinen Realgar-Kristalle besitzen meistens eine vollkommen ausgebildete Kristallform und sind sehr flächenreich. Sie füllen kleinere Drusen oft fast vollständig aus, zuweilen überziehen sie auch grössere Kluftflächen mit einem dichten Rasen, hier häufig assoziiert mit sehr kleinen Hutchinsonit-Kristallen. Aus der Verwachsung mit anderen Mineralien erkennt man deutlich, dass Realgar eines der jüngsten Glieder der Paragenese ist.

Auripigment ist bedeutend weniger häufig als Realgar. Im allgemeinen findet man Auripigment in schuppigen Aggregaten von leuchtend goldgelber Farbe. Sehr selten treten auch einzelne Kristalle von meistens nicht identifizierbarer Form auf.

b) Physikalische Eigenschaften

Auch Realgar — besonders die grösseren Exemplare — können ebenfalls bei geringer Erwärmung in Stücke zerspringen (Handwärme genügt!). Eine weitere, höchst unangenehme Eigenschaft von Realgar ist, dass er sich unter Einfluss von Licht (besonders Sonnenlicht) in eine *feinkörnige hellgelbe Masse* umwandelt. Bei ganz frischen Kristallen mit leuchtend roter Farbe ist dieser Effekt bei Sonnenlicht schon nach kurzer Zeit (Grössenordnung Stunden!) zu bemerken. Es ist dies ein altbekannter Vorgang, für den man in der Literatur meistens folgende Erklärung findet: Unter dem Einfluss von Licht wandle sich der Realgar um unter Bildung von Auripigment und zum Teil Arsenolith (zum Beispiel in PALACHE et al., 1946 und andere mehr). Mehrere zum Teil schon makroskopische Beobachtungen lassen jedoch vermuten, dass diese Erklärung — wenigstens was die Realgare aus dem Binnatal betrifft — nicht den Tatsachen entspricht. So sieht man beispielsweise häufig Realgar und Auripigment direkt aneinander grenzen, wobei die Tren-

⁴⁾ Der Kristall befindet sich im Naturhistorischen Museum Bern.

nungslinie zwischen den beiden Mineralien scharf ist, ohne allmählichen Übergang vom einen Mineral in das andere. Gegen die Bildung von Arsenolith (As_2O_3) spricht unter anderem auch folgender Befund: Am Naturhistorischen Museum in Bern wurden Versuche angestellt, den Realgar so zu konservieren, dass man ihn schadlos dem Licht aussetzen könne. Zu diesem Zweck wurden Realgarproben in Kunstharz eingegossen, um den Einfluss des Sauerstoffs zu verhindern, und hierauf dem Licht ausgesetzt. Es konnte nun festgestellt werden, dass sich der Realgar auch so nach kurzer Zeit zu verfärben begann.

c) Röntgenographische Untersuchung

Die Vermutung, dass es sich bei diesem Umwandlungsprodukt nicht um Auripigment oder Arsenolith handelt, wurde weiter bestärkt durch die röntgenographische Untersuchung. Zunächst wurden mehrere Proben des gelben Pulvers mit der Röntgen-Pulverkamera geröntgt, wobei die erhaltenen Aufnahmen stets miteinander identisch waren und sich sowohl von Realgar als auch von Auripigment und Arsenolith deutlich unterschieden. Aus den Aufnahmen konnte man auch erkennen, dass es sich kaum um ein Gemisch, etwa von Auripigment und Arsenolith, handeln kann (Fig. 30).

Ferner wurden zahlreiche Versuche unternommen, Teilchen dieses Materiales mit einer Einkristallkamera zu röntgen, da unter dem Mikroskop festgestellt werden konnte, dass verhältnismässig grosse homogene Körner auftreten. Leider gelang es bisher noch nicht, genügend gute Einkristallkörner zu isolieren.

Es seien hier noch die kristallographischen Daten von Realgar und Auripigment sowie die d-Werte des Umwandlungsproduktes im Vergleich zu denjenigen der wichtigsten Linien von Realgar und Auripigment angegeben:

Realgar (Allchar, Mazedonien)	Auripigment (Mercur, Utah)
monoklin, $C_{2h}^5 \cdot P_{21/n}$	monoklin, $C_{2h}^5 \cdot P_{21/n}$
$a_0 = 9,27 \text{ \AA}$	$a_0 = 11,47 \text{ \AA}$
$b_0 = 13,50 \text{ \AA}$	$b_0 = 9,57 \text{ \AA}$
$c_0 = 6,56 \text{ \AA}$	$c_0 = 4,24 \text{ \AA}$
$\beta = 106^\circ 33'$	$\beta = 90^\circ 27'$
(BUERGER, 1935)	(BUERGER, 1942)

A.		B.		C.	
I	d in Å	I	d in Å	I	d in Å
		20	6,40		
70	5,45	60	5,60	100	4,81
		40	5,15	50	4,02
		70	3,76	50	3,71
		60	3,30		
100	3,18	30	3,21	40	3,21
		20	3,10	30	3,08
		40	3,01		
50	2,94	30	2,91	60	2,87
80	2,73	100	2,80	70	2,79
		20	2,54	80	2,72
50	2,18	20	2,35	70	2,46
		40	2,02		
60	1,860	40	1,96	40	1,748
		30	1,554		

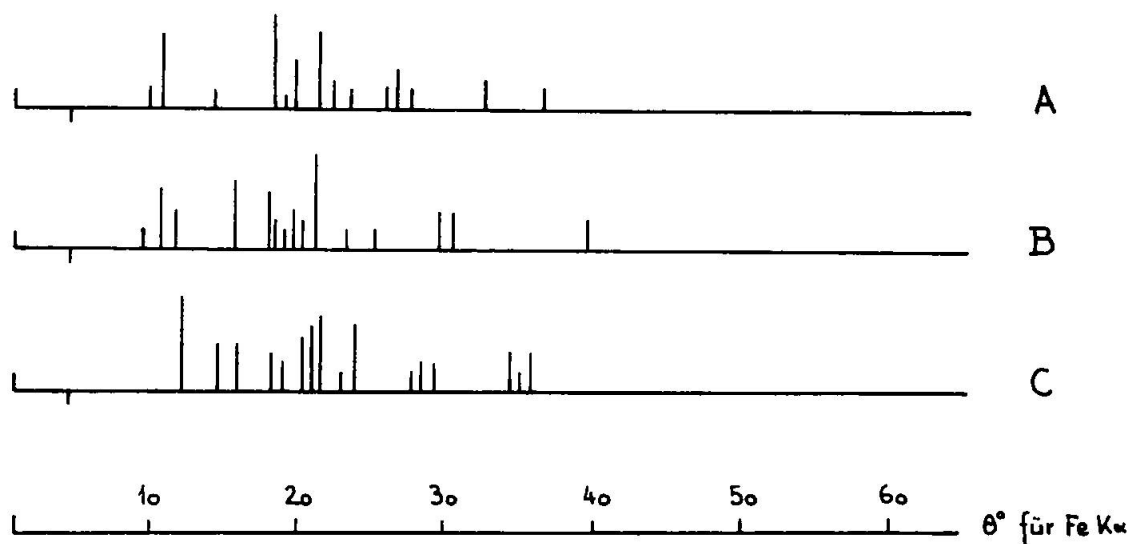


Fig. 30. Strichdiagramme.

A. Realgar vom Lengenbach.

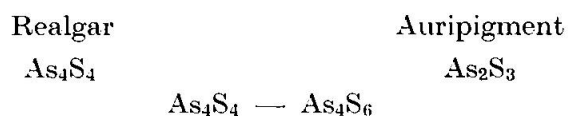
B. Umwandlungsprodukt von Realgar.

C. Auripigment vom Lengenbach.

d) Chemische Zusammensetzung

Gegen die Annahme, dass Auripigment ein Umwandlungsprodukt von Realgar sei, sprechen auch die chemischen Zusammensetzungen der

beiden Mineralien, da bei einem solchen Vorgang der Realgar entweder As abgeben oder S aufnehmen müsste (nach STRUNZ, 1957):



e) Schlussfolgerungen

Auf Grund der bisherigen Untersuchungsergebnisse darf man wohl annehmen, dass das gelbe Material das Produkt einer Umwandlung von Realgar bei unveränderter chemischer Zusammensetzung darstellt. Sobald genügend Material zur Verfügung steht, soll auch eine chemische Analyse daran vorgenommen werden. Es soll hier noch vermerkt sein, dass auch KENNGOTT (1866, S. 406) zu demselben Schluss kam, wenn er schreibt: „Dasselbe (Auripigment) ist eine gleichzeitige Bildung mit Realgar und den anderen Mineralen und stellenweise scharf abgegrenzt mit dem Realgar verwachsen, was deshalb hervorzuheben ist, weil das Realgar durch den Einfluss des Lichtes sich in eine gelbe pulverulente Masse umwandelt, welche nicht mit dem Auripigment zu verwechseln ist.“

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse an Sulfosalzen

a) Röntgenographische Untersuchungen

Die genaue röntgenographisch-strukturelle Untersuchung der Sulfosalze ist das Arbeitsgebiet der Abteilung für Kristallographie der Universität Bern (Prof. Nowacki), so dass hier über die Ergebnisse nichts Näheres gesagt werden soll.

Von uns wurden viele Untersuchungen vorgenommen, um die Möglichkeiten einer raschen und sicheren Identifizierung der Sulfosalze mittels Röntgen-Pulveraufnahmen abzuklären. Dass die Unterscheidung anhand der üblichen Bestimmungstabellen nach den d-Werten der drei stärksten Linien sehr unsicher ist und nur selten zum Ziel führt, ergab sich schon gleich nachdem die ersten unbekannten Mineralien geröntgt wurden. Eine eindeutige Identifizierung — auch mit uncharakteristischen Pulverdiagrammen — gelang jedoch stets durch den direkten Vergleich zweier Filme oder auch Strichdiagramme (nach θ -Werten aufgetragen). NOWACKI und KUNZ (1959) geben die d-Werte einer Anzahl von Sulfosalzen — die allerdings zum Teil nicht sicher bestimmt waren — in

Strichdiagrammen. Die besondere Art der Diagramme (nach d-Werten aufgetragen) gestattet jedoch keinen direkten Vergleich von Film und Diagramm. Die vorliegenden Aufnahmen wurden alle mit einer Bradley-9-cm-Kamera und FeK_α -Strahlung (mit Mn gefiltert) hergestellt. Die Strichdiagramme wurden nach den θ -Werten und den relativen Intensitäten der Reflexe gezeichnet und ermöglichen den unmittelbaren Vergleich von Röntgenfilm und Strichdiagramm (für Bradley-Aufnahme mit Fe-Strahlung). Zur besseren Übersicht folgen zuoberst diejenigen Mineralien, deren jeweils stärkste Linie bei kleinen θ° liegt, darunter verschiebt sie sich zu immer grösseren θ° (Tab. 4, S. 774).

Um den Einfluss von Verwachsungen, Verdrängungen etc. möglichst klein zu halten, wurden die Aufnahmen mit sehr wenig Probenmaterial hergestellt (zum Teil mit eher weniger Material als normalerweise für Einkristallaufnahmen benötigt würde). Es wurde eine ähnliche Methode (s. S. 675) angewendet, wie sie HIEMSTRA (1956) beschreibt. Das Strichdiagramm von Smithit wurde nach den Angaben von BERRY und THOMPSON (1962) für synthetisch hergestellten Smithit gezeichnet.

Wenn man sich die Strichdiagramme betrachtet, so fällt einem gleich auf, dass die der reinen Pb-As-(Sb, Bi)-Sulfosalze alle sehr ähnlich aussehen: sie besitzen wenige starke Linien bei kleinem θ° und nur wenige und sehr schwache bei den grösseren θ -Werten. Sobald jedoch grössere Mengen von Ag und/oder Cu dazukommen, weist das Diagramm viel mehr und stärkere Linien auf.

Die Tabelle genügt im allgemeinen zur Bestimmung der meisten Binner Sulfosalze und Sulfide, allerdings nur bei reinen Mineralproben. Sobald Gemische von zwei oder mehreren Mineralien vorliegen, ist die Unterscheidung nicht mehr gut möglich. Wie schon früher gesagt wurde, lassen sich Jordanit und Geokronit nicht voneinander unterscheiden. Das merkwürdige Mineralaggregat „Sollyit“, das von BÜRKI (in NOWACKI et al., 1961) untersucht wurde, ist in der Pulveraufnahme praktisch identisch mit normalem Dufrénoysit, der die eine Komponente des „Sollyites“ darstellt, während die andere orthorhombisch ist, aber sehr ähnliche Gitterkonstanten besitzt wie Dufrénoysit.

b) Chemische Zusammensetzung

Bei den Lengenbacher Sulfosalzen handelt es sich vorwiegend um Pb-Cu-Ag-Tl-As-Sulfide. Das Tl ist nur in den beiden Mineralien Hatchit und Hutchinsonit von Bedeutung, nach den neuesten Untersuchungen ist es aber auch in anderen Sulfosalzen in nachweisbaren Mengen vor-

handen (NOWACKI und BAHEZRE, 1963). Die grösste Zahl von Vertretern stellen vor allem die reinen Pb-As-Sulfosalze, wobei die Variation von As-reichen bis zu As-armen Gliedern reicht. Der Lengenbach war lange Zeit für die meisten dieser Sulfosalze als einzige Fundstelle bekannt, nach und nach wurden allerdings auch andere Vorkommen entdeckt. Betrachtet man sich nochmals die Fig. 8 (S. 622), so zeigt sich deutlich, dass vor allem die As-reichen Sulfosalze bisher auf den Lengenbach beschränkt blieben. Während also im Lengenbach praktisch nur As-Sulfosalze vorkommen (Sb tritt nur in Spuren auf), wurden ausserhalb dieser Fundstelle stets Sulfosalze mit einem mehr oder weniger grossen Sb-Gehalt gefunden. Interessant ist die Tatsache, dass ausserhalb vom Lengenbach vorzugsweise solche Sulfosalze auftreten, die As durch Sb ersetzen können (Tennantit-Tetraedrit, Jordanit-Geokronit, Seligmannit-Bournonit etc.). An einzelnen Fundstellen ist sämtliches As durch Sb ersetzt, so dass auch Sb-Sulfosalze gefunden werden (Boulangerit, Tetraedrit). Das Element Bi scheint im Binnatal sehr selten zu sein und wurde als Hauptkomponente bisher nur in dem neuen Pb-Bi-Sulfosalz Giessenit nachgewiesen. Die chemische Zusammensetzung soll weiter unten bei der Erklärung der Genese (S. 783) eingehender behandelt werden.

c) *Erzmikroskopische Eigenschaften*

Die meisten der unter dem Erzmikroskop untersuchten Mineralien waren einander sehr ähnlich. Bei genauer Bestimmung von Härte (Mikrohärte) und Reflexionsvermögen und Vergleich der anderen Eigenschaften wie Anisotropie, Verzwillingung etc. ergeben sich aber doch merkliche Unterschiede. Trägt man sich in einem Diagramm (nach BOWIE und TAYLOR, 1958) die Messwerte für Reflexionsvermögen und Mikrohärte (in logarithmischem Massstab) auf (vgl. Fig. 31)⁵⁾, so erhält man für die Sulfosalze ein recht eng begrenztes Gebiet. Innerhalb dieses Bereiches ergibt sich eine mehr oder weniger gut ausgeprägte Abhängigkeit des Reflexionsvermögens und der Härte von der chemischen Zusammensetzung. Folgende Tendenzen wurden festgestellt:

⁵⁾ Diese Darstellung soll nicht als Bestimmungstabelle für die Sulfosalze dienen, weshalb bei den Werten für Reflexionsvermögen nur je der höchste gemessene Wert und für die Härte die Mittelwerte und keine Variationsbreite eingetragen wurden. Die Darstellung soll lediglich zeigen, dass die erzmikroskopischen Eigenschaften der untersuchten Mineralien eine recht deutliche Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung aufweisen.

— Bei zunehmendem Pb-Gehalt (As-arme Mineralien) und bei zunehmendem Ersatz von As durch Sb wird das Mineral weicher und reflektiert stärker.

— Die Cu-As-Mineralien Fahlerz und Enargit besitzen bedeutend größere Härte und niedrigeres Reflexionsvermögen als die Pb-haltigen Sulfosalze. Bei den Fahlerzen ergab sich praktisch keine Abhängigkeit der erzmikroskopischen Eigenschaften vom Verhältnis As/Sb.

Das wachsende Reflexionsvermögen und umgekehrt die abnehmende Härte bei Ersatz des As durch Sb erklärt sich aus dem Umstand, dass Sb den metallischeren Charakter besitzt als As.

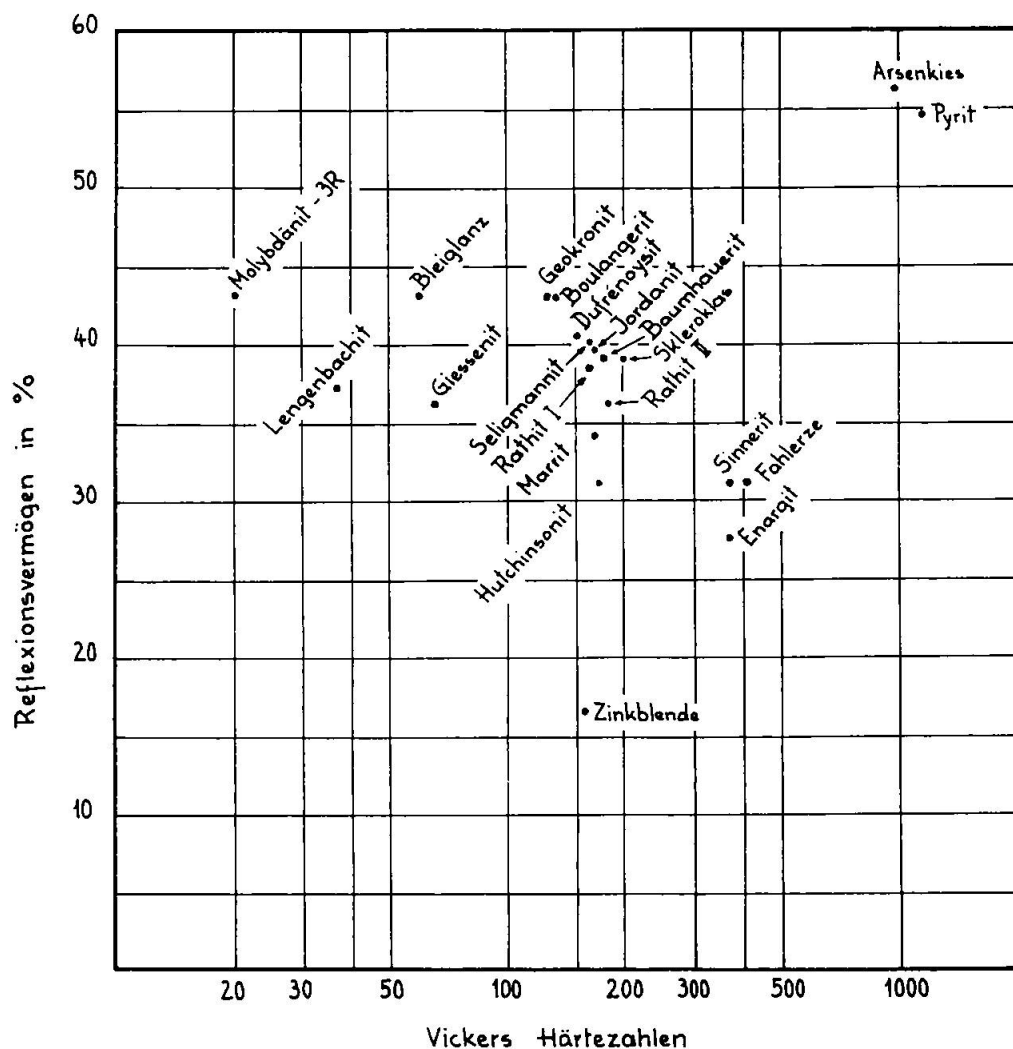


Fig. 31. Erzmikroskopische Eigenschaften.

B. KARBONATE

Auf dem Gebiet des Binnatales konnten im Dolomit folgende Karbonatminerale nachgewiesen werden:

Calcit
Dolomit
Aragonit
Cerussit
Azurit
Malachit
Parisit

Die Karbonatminerale sind nicht weiter charakteristisch für die Fundstellen des Tales und sind zudem schon früher eingehend beschrieben worden. Es seien hier nur die Arbeiten von KOLLER (1918) und von BADER (1934) erwähnt.

Von einigem Interesse sind die Cu-Karbonate Azurit und Malachit, die durch Verwitterung der Cu-haltigen Sulfosalze Fahlerz und Enargit entstehen und dank ihrer auffälligen Farbe die Suche nach den beiden genannten Mineralien wesentlich erleichtern. Es sei hierzu bemerkt, dass im Dolomit Malachit im allgemeinen viel häufiger ist als Azurit, der überhaupt nur an einer Fundstelle in deutlichen Mengen auftritt. Im Gegensatz dazu überwiegt in einer weiter südlich im Gneis gelegenen Fahlerz-Fundstelle (die wohl im Zusammenhang mit den Sulfosalz-Lagerstätten im Dolomit steht und die weiter unten näher beschrieben wird) Azurit merklich gegenüber Malachit. An den beiden Mineralien Malachit und Azurit wurden keine speziellen Untersuchungen vorgenommen.

Merkwürdig ist jedoch der Fund eines Gliedes der Bastnäsit-Gruppe, Parisit, welches Mineral dann auch genauer untersucht wurde.

1. Parisit

In einem Dolomitaufschluss auf dem Ochsenfeld wurde ein unbekanntes, braunes Mineral entdeckt, das einerseits einem braunen Turmalin, andererseits einem stengelig ausgebildeten Phlogopit ähnlich sah. Die genaue röntgenographische und optische Untersuchung ergab aber dann eindeutig Parisit für das Mineral.

a) Kristallographie

Parisit von Quincy, Mass. (USA) (DONNAY, 1953)

Trigonal-pyramidal, C_3^4 -R3

$$a_0 = 7,18 \text{ \AA}$$

$$c_0 = 84,1 \text{ \AA}$$

Die Röntgen-Pulveraufnahme an dem zunächst noch unbekannten Mineral wies deutlich auf einen Vertreter der Gruppe Bastnäsit-Synchisit und mit einiger Wahrscheinlichkeit auf Parisit. Die sichere Identifizierung gelang jedoch erst nach der optischen Untersuchung. Die d-Werte der stärkeren Linien seien hier angegeben:

A.		B.	
I	d in Å	I	d in Å
100	2,82	90	2,86
100	2,04	80	2,04
100	1,65	60	1,655
100	1,28	100	1,288
70	3,54	70	3,55
70	1,94	40	1,942
70	1,77	20	1,772
70	1,53	30	1,547
70	1,33	30	1,342
70	1,16	30	1,160
70	1,14	30	1,145

A. Parisit von Muzo, Kolumbien (OFTEDAL, 1931).

B. Parisit vom Ochsenfeld, Binnatal.

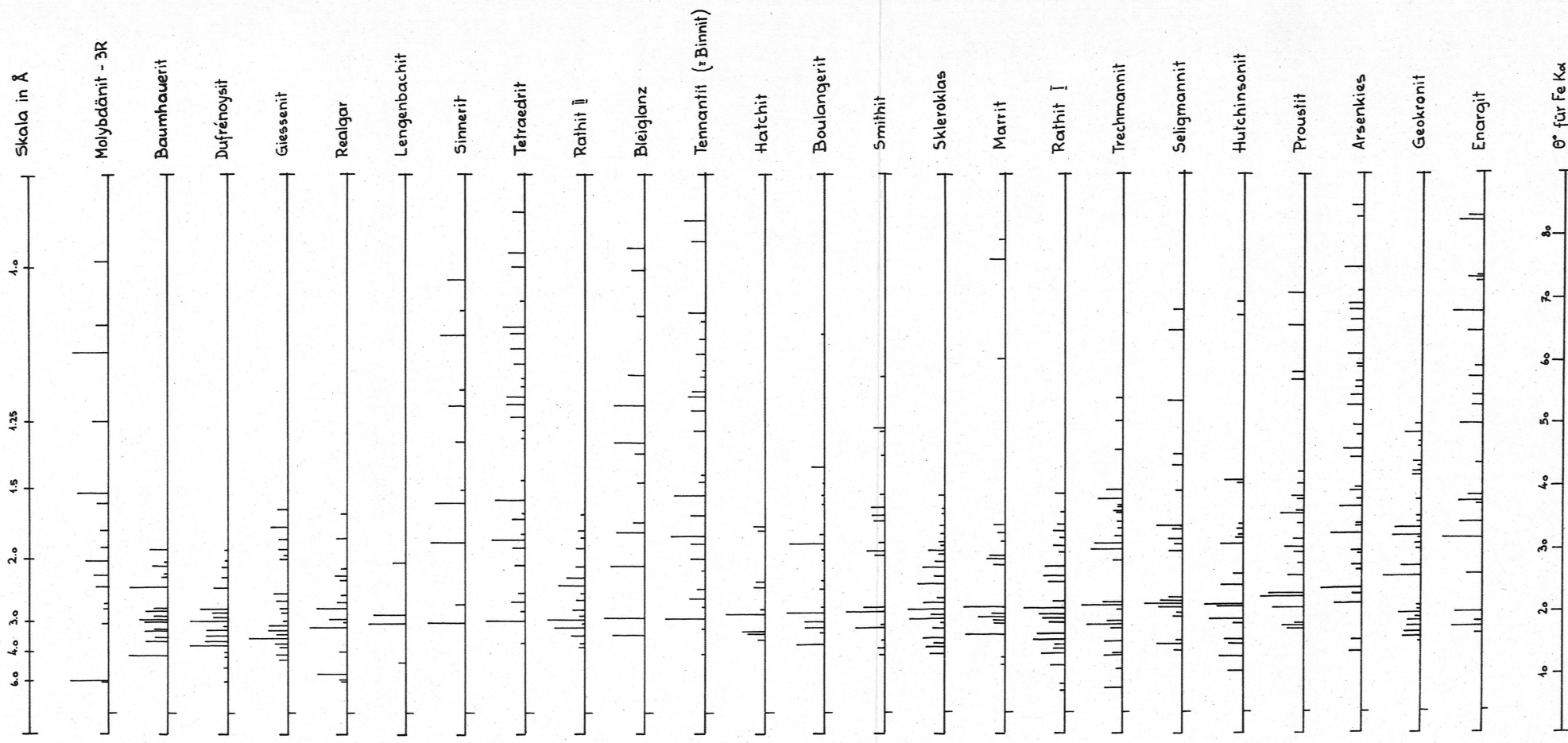
b) Morphologie

Es wurde nur ein einziger, relativ grosser (ca. 5×2 mm), auf Tetraedrit aufgewachsener Kristall gefunden, der sechseckig, langstengelig ausgebildet ist. Flächen sind nur in der Zone der Längsachse vorhanden, die, eventuell infolge abwechselnder Ausbildung von Prisma und steilen Pyramiden, stark horizontal gestreift sind. Endbegrenzungen wurden nicht gefunden.

c) Physikalische Eigenschaften

Farbe: Honigbraun — dunkelbraun.
 Härte: 4—5.
 Spaltbarkeit: Nach (0001) gut.
 Bruch: Uneben.
 Spez. Gewicht: 4,03 an Parisit vom Ochsenfeld (SG 484).

Tabelle 4. Strichdiagramme einiger wichtiger Sulfosalze und Sulfide
aus dem Dolomit des Binnatals



Leere Seite
Blank page
Page vide

d) Chemische Zusammensetzung

$\text{CaCe}_2[\text{F}_2/(\text{CO}_3)_3]$ (STRUNZ, 1957).

e) Mikroskopische Untersuchung

Anhand von Körnerpräparaten wurden die optischen Eigenschaften des Minerals bestimmt. Dabei wurde auch festgestellt, dass der Kristall absolut homogen ist und keine Verwachsungen mit anderen Gliedern der Bastnäsit-Gruppe aufweist, wie sie sonst für diese Mineralgruppe charakteristisch sind (vgl. DONNAY, 1953; IITAKA und STALDER, 1961). Folgende optischen Daten wurden ermittelt:

$$\begin{aligned} 2V_Z &= 0^\circ \\ n_O &= 1,678 \quad \text{für Na}_D\text{-Licht (Parisit vom Ochsenfeld)} \\ n_E &= 1,767 \\ \hline \Delta &= 0,09 \end{aligned}$$

Das Mineral ist auch in dickeren Körnern farblos und zeigt keinen Pleochroismus.

Zum Vergleich seien hier auch die Lichtbrechungen für die Glieder der Bastnäsitgruppe angegeben (aus DONNAY, 1953):

n	Bastnäsit	Parisit	Röntgenit	Synchisit
n_O	1,713—1,723	1,670—1,674	1,662	1,644—1,650
n_E	1,815—1,824	1,768—1,770	1,756	1,744—1,745

Die Bestimmung der Lichtbrechung ermöglicht also die sichere Identifizierung von Parisit.

f) Fundstellen

— Im Binnatal:

Ochsenfeld ist einzige Fundstelle im Binnatal und unseres Wissens die erste Fundstelle von Parisit in der Schweiz. Das Mineral kommt zusammen mit Tetraedrit, Bleiglanz, Zinkblende etc. vor.

— Übrige Fundstellen:

Erste Fundstelle von Parisit war die Smaragdmine von Muzo, Kolumbien (Südamerika), wo er assoziiert ist mit Pyrit, Markasit, Dolomit, Albit, Calcit, Quarz, Smaragd etc. in intensiv verfalteten Kalkschiefern (PALACHE et al., 1951). Später wurde Parisit an zahlreichen anderen Orten gefunden, oft in Pegmatiten.

C. PHOSPHATE

Von den Phosphatmineralien wurden im Binner Dolomit nur zwei Vertreter gefunden, die beide nur in kleinen Exemplaren und auch nicht häufig auftreten. Es handelt sich dabei einerseits um Apatit und andererseits um das seltene Sr-Al-Phosphat Hamlinit (Goyazit).

1. Hamlinit

Das Mineral wurde 1904 von SOLLY (1905) im Lengenbach gefunden und für eine neue Spezies gehalten, die er Bowmanit nannte. Bei späteren Untersuchungen stellte sich dann heraus, dass SOLLYS Bowmanit mit dem schon bekannten Mineral Hamlinit identisch ist (BOWMAN, 1907).

a) Kristallographie

(GOSSNER, 1937, Fundort unbekannt)

Ditrigonal-skalenoedrisch, D_{3d}^5 - $R\bar{3}m$

$$\begin{array}{ll} a_0 = 6,98 \text{ \AA} & a_{rh} = 6,83 \text{ \AA} \\ c_0 = 16,54 \text{ \AA} & \alpha' = 61^\circ 28' \end{array}$$

Das Pulverdiagramm von Hamlinit ist ziemlich linienreich und ermöglicht eine mühelose Identifizierung des Mineralen.

Hamlinit vom Lengenbach (starke Linien)

I	d in Å
100	2,97
80	2,21
60	5,77
60	1,899
50	3,51
50	1,456

b) Morphologie

Hamlinit tritt in zwei deutlich verschiedenen Typen auf:

- Am häufigsten sind braungelbe, sechseckige Blättchen, die oft zu eisenrosenartigen Rosetten angeordnet sind.
- Selten findet man auch hellgelbe bis annähernd farblose pseudo-oktaedrische Kriställchen, die einen hohen, diamantartigen Glanz besitzen.

c) Physikalische Eigenschaften

Farbe: Braungelb bis hellgelb.
 Härte: 4—5.
 Spaltbarkeit: Vollkommen nach (0001).
 Spez. Gewicht: 3,2 an Material vom Lengenbach (SOLLY, 1905).

d) Typische Bestimmungsmerkmale

Die braungelbe Farbe und rosettenartige Verwachsung ist für Hamlinit sehr charakteristisch. Die seltenen hellgelben Kristalle lassen sich auf Grund ihrer pseudooktaedrischen Form gut erkennen, werden aber leicht übersehen.

e) Chemische Zusammensetzung

$\text{SrAl}_3\text{H}[(\text{OH})_6](\text{PO}_4)_2$ (STRUNZ, 1957).

f) Optische Daten

An den hellgelben, pseudooktaedrischen Kriställchen wurden folgende optischen Daten bestimmt:

$$\begin{aligned} 2V_Z &= 0—20^\circ \\ n_O &= 1,621 \\ n_E &= 1,628 \quad (\text{Na}_D\text{-Licht}) \\ \Delta &= 0,007 \end{aligned}$$

Die in der Literatur (WINCHELL, 1951) angegebenen Werte für die Lichtbrechung sind im allgemeinen bedeutend höher, zum Teil aber denjenigen des Lengenbacher Hamlinites sehr ähnlich. Die Lichtbrechung dieses Mineralen besitzt offenbar eine grosse Variationsbreite.

g) Fundstellen

— Im Binnatal:

Lengenbach ist einzige Fundstelle.

— Übrige Fundstellen:

Hamlinit (Goyazit) wurde an einer ganzen Anzahl von Fundstellen nachgewiesen, zum Beispiel in Minas Geraes, Brasilien, in Pegmatiten von Stoneham, Maine etc. (PALACHE et al., 1951).

2. Apatit

Mit Ausnahme eines einzelnen Apatitkristalles, den BADER (1934) im Reckibach („Schmids Tobel“) fand, war das Mineral im Dolomit des Binnatales unbekannt. Im Sommer 1962 konnte es bei unseren Untersuchungen der im Lengenbach ausgebeuteten Mineralstufen in mehreren Exemplaren nachgewiesen werden. Es wurde auch an einer ganzen Anzahl der übrigen Fundstellen im Dolomit gefunden.

a) Morphologie, Kristallographie

Die Apatitkriställchen aus dem Binner Dolomit sind ausnahmslos farblos und wasserklar durchsichtig, weshalb sie auch sehr leicht übersehen werden. Sie sind stets sehr vollkommen ausgebildet und besitzen viele Flächen. Der Ausbildung nach sind sie im allgemeinen ausgesprochen flachprismatisch bis taflig; bei einem besonders schön ausgebildeten Kristall vom Messerbach sind die Prismenflächen nur noch andeutungsweise vorhanden. Ein einziges Exemplar von der Fundstelle Halsen besitzt einen mehr oder weniger isometrischen Habitus mit verhältnismässig grossen Prismenflächen. Die Grösse dieses Apatites überschreitet wohl selten 5—6 mm im Durchmesser und liegt vorwiegend bei 1—2 mm. Mehrere Kriställchen wurden vom Autor auf dem Goniometer ausgemessen, wobei insgesamt folgende Formen gefunden wurden: $\{0001\}$, $\{10\bar{1}0\}$, $\{11\bar{2}0\}$, $\{20\bar{2}1\}$, $\{11\bar{2}1\}$, $\{10\bar{1}1\}$, $\{10\bar{1}2\}$, $\{10\bar{1}6\}$. Im allgemeinen wird der Habitus bestimmt durch die Formen $\{0001\}$ und $\{10\bar{1}2\}$. Die Winkelwerte, die an dem Apatitkristall vom Messerbach (SG 353) — das Mineral misst ca. 1 mm im Durchmesser — bestimmt wurden, seien hier angegeben:

hkl	φ	ϱ
0001	0°	0°
10 $\bar{1}$ 0	30°	90°
11 $\bar{2}$ 0	0°	90°
20 $\bar{2}$ 1	30°	59° 35'
11 $\bar{2}$ 1	0°	55° 51'
10 $\bar{1}$ 2	30°	23° 01'
10 $\bar{1}$ 6	30°	8° 45'

Achsenverhältnis: $c/a = 0,737$

BADER (1934) bestimmte an seinem Apatit vom Reckibach ein Achsenverhältnis $c/a = 0,734$.

b) Optische Daten

An sämtlichen Apatitkristallen, die im Dolomit des Binnatales gefunden werden konnten, wurde die Lichtbrechung bestimmt. Die Werte sind praktisch identisch für Apatite von verschiedenen Fundstellen; die Lichtbrechung beträgt für $n_0 = 1,633$, was nach TRÖGER (1956) für ziemlich reinen Fluor-Apatit spricht.

c) Fundstellen

Lengenbach,
Messerbach,
Turtschi,
Reckibach (BADER, 1934),
Weisse Fluh,
Halsen,
Südlich Schmidigen Wissi.

D. SILIKATE

Der Gehalt an Silikatmineralien im Binner Dolomit ist nicht sehr bedeutend, und neben Skapolith kommen auch keine besonders charakteristischen Silikatmineralien vor. Immerhin sollen zwei Mineralien dieser Gruppe beschrieben werden.

1. Turmalin*a) Morphologie*

Die Turmaline aus dem Dolomit des Binnatales sind im allgemeinen schön idiomorph ausgebildet, obschon sie fast ausschliesslich gesteinsbildend vorkommen. Meistens besitzen sie deutlich trigonale Ausbildung, mit grossem trigonalem Prisma. An einem Kristall vom Lengenbach wurden mit dem Goniometer folgende Formen bestimmt: $\{11\bar{2}0\}$, $\{10\bar{1}0\}$, $\{10\bar{1}1\}$, $\{01\bar{1}2\}$, $\{0001\}$; das Pedion ist ziemlich selten vorhanden. In der Fundstelle Reckibach („Schmids Tobel“) wurde eine sehr ungewöhnliche Art gefunden, die praktisch nur aus hexagonalem Prisma und Pedion besteht. Auf den ersten Blick sieht das Mineral aus wie Beryll, besonders da es auch deutlich blaugrün gefärbt ist. Die Röntgenaufnahme zeigte aber dann rasch, dass es Turmalin ist. Dieses Mineral scheint grosse Ähnlichkeit mit dem „Beryll“ MÜHLETALERS (1922) von

Campolungo zu haben, den GÜBELIN (1939) als Turmalin bestimmte. Merkwürdigerweise bestehen diese Turmaline stets zu mehr als der Hälfte aus Karbonateinschlüssen, und auch in der Lichtbrechung weicht das Mineral merklich von den übrigen Binner Turmalinen ab.

b) Farbe

Die Farbe der Turmaline zeigt eine deutliche Abhängigkeit von der Lichtbrechung. Diejenigen mit der niedrigsten Lichtbrechung (annähernd reine Dravite, NaMg-Turmaline) sind hellgrün bis schwach blaugrün, die mit höherer Lichtbrechung (gegen Uvit, CaMg-Turmalin) sind dunkler, meist olivgrün bis braungrün gefärbt.

c) Mikroskopische Untersuchung, chemische Zusammensetzung

An sämtlichen Turmalinproben wurde die Lichtbrechung bestimmt (nach der Immersionsmethode), und zwar meistens — der Einfachheit halber — nur der Wert für n_O . Dabei stellte sich heraus, dass der grösste Teil aller Turmaline sehr einheitliche Lichtbrechungen besitzt ($n_O = 1,638$); vereinzelt wurden jedoch auch niedrigere Werte gemessen. Die an einigen Proben aus der Differenz $n_O - n_E$ berechnete Doppelbrechung verhält sich umgekehrt wie die Lichtbrechungen: je höher die Lichtbrechung, desto niedriger wird die Doppelbrechung (0,022—0,017). Die optischen Daten stimmen gut überein mit den Angaben von WINCHELL (1951) für die Reihe der Mg-Turmaline Dravit-Uvit, und zwar handelt es sich bei dem Turmalin mit der niedrigsten Lichtbrechung um ziemlich reinen Dravit (NaMg-Turmalin), während diejenigen mit der höheren Lichtbrechung bis etwa 70 Mol% Uvit (CaMg-Turmalin) enthalten können. Insgesamt ergibt sich ungefähr folgende Verteilung der Turmaline:

Turmaline von 10 verschiedenen Fundstellen	$n_O = 1,637—1,638$
Turmalin im Dolomit südlich Giessen	$n_O = 1,634$
Turmalin vom Lengenbach	$n_O = 1,634$
Turmalin vom Reckibach („Schmids Tobel“)	$n_O = 1,632$

Die drei Fundstellen, von wo die niedriger brechenden Turmaline stammen, gehören zu jenen Lagerstätten mit fast reinen As-Sulfosalzen (und kleinem Sb-Anteil). Hierzu muss man allerdings auch den Dolomit vom Ofenhorn rechnen, dort konnte jedoch zusammen mit den Sulfosalzen kein Turmalin gefunden werden. Es scheint also, dass die mit

As-reichen Sulfosalzen zusammen vorkommenden Turmaline mehr Na als Ca besitzen. Ob dies mit der As-Vererzung im allgemeinen oder eher mit einer höheren Bildungstemperatur der As-reichen Lagerstätten zusammenhängt, ist nicht abzuklären, da auch keine entsprechenden Angaben in der Literatur gefunden wurden. Auf alle Fälle scheint eine gewisse Abhängigkeit des Turmalins von der Erzmineralbildung im Dolomit zu bestehen.

Sämtliche Turmalinproben sind unter dem Mikroskop praktisch farblos und besitzen, auch in dickeren Körnern, keinen Pleochroismus.

Vergleicht man die Binner Turmaline mit denjenigen aus dem Dolomit des Campolungo, so zeigt sich, dass sie — nach der Lichtbrechung — eher mit dem braunen Turmalin von Campolungo übereinstimmen und nicht mit dem grünen, an dem noch wesentlich niedrigere Werte bestimmt wurden (GÜBELIN, 1939).

2. Skapolith

Ausser einer unsicheren Angabe in DESBUISSONS (1909) war Skapolith bisher im Binnatal nicht bekannt, er wurde erst bei unseren Untersuchungen für diese Arbeit gefunden (GRAESER, 1959). Eindeutig bestimmbare Exemplare treten nur an einer Fundstelle des Tales auf (Fuss Ofenhorn); an den übrigen Stellen konnten sie — infolge fortgeschrittener Zersetzung — nur noch nach ihren morphologischen Eigenschaften identifiziert werden.

a) Kristallographie

Eine Probe des verhältnismässig frischen Skapolithes vom Ofenhorn wurde Prof. H. P. EUGSTER (Johns Hopkins University, Baltimore), der die Gruppe der Skapolithe bearbeitet (EUGSTER et al., 1960, 1962), zur Untersuchung überlassen, der daran folgende Daten bestimmte:

Skapolith vom Ofenhorn (SG 110) EUGSTER (private Mitteilung)

Tetragonal-dipyramidal, C_{4h}^2 -I4/m

$$a_0 = 12,190 \text{ \AA}$$

$$c_0 = 7,557 \text{ \AA}$$

Der erste Skapolithfund des Binnatales wurde röntgenographisch nach Pulveraufnahmen identifiziert. Die d-Werte der 6 stärksten Linien des Pulverdiagrammes seien hier angegeben:

I	d in Å
100	3,45
100	3,06
90	3,82
90	2,69
70	1,91
70	1,36

b) Morphologie

Skapolith findet sich in langprismatischen Kristallen mit meistens deutlich tetragonalem Querschnitt. Häufig sind die Kristalle parallel zur c-Achse gestreift. Folgende Flächenformen sind ausgebildet: {100}, {110}, {111}. Die Flächen in der Prismenzone sind stets vorhanden, {111} ist hingegen sehr selten, da der Skapolith hier ausschliesslich gesteinsbildend vorkommt. Es wurden Skapolithkristalle von über 6 cm Länge gefunden.

c) Physikalische Eigenschaften

Farbe: In frischem Zustand farblos bis schwach grünblau, absolut durchsichtig; sonst milchigweiss undurchsichtig infolge Umwandlung in Muskowit.

Härte: 5—6.

Bruch: Muschelig.

Spaltbarkeit: Gut nach (100), deutlich nach (110).

Spez. Gewicht: 2,623 an einem frischen Kristall vom Fuss des Ofenhorns bestimmt (SG 110).

d) Mikroskopische Untersuchung, chemische Zusammensetzung

An einem frischen Skapolithkristall vom Binnatal wurden folgende optischen Daten bestimmt:

$$\begin{array}{rcl}
 2V_X & = & 0^\circ \\
 n_O & = & 1,575 \quad \text{für Na}_D\text{-Licht} \\
 n_E & = & 1,548 \\
 \hline
 \Delta & = & 0,027
 \end{array}$$

Für diese Daten erhält man nach WINCHELL (1951) einen Mizzonit (= Marialit mit ca. 50—60 Mol% Meionit), also einen karbonatreichen Skapolith, wie es ja nach dem Nebengestein Dolomit zu erwarten war. Das spezifische Gewicht ist dazu etwas niedrig, was eventuell auf Verunreinigungen zurückzuführen ist. Der Skapolith von Campolungo ist

etwas verschieden, indem er, nach GÜBELIN (1939), eine merklich höhere Lichtbrechung besitzt ($n_O = 1,5865$, $n_E = 1,5580$).

EUGSTER et al. (1962) geben ein Diagramm zur Bestimmung des Meionitgehaltes nach dem Zellvolumen an: für unseren Skapolith (Zellvolumen $V = 1123,02 \text{ \AA}^3$) ergäbe dies einen Gehalt von etwa 70—72% Meionit-Mol, was ungefähr mit dem Ergebnis der optischen Bestimmung übereinstimmt (private Mitteilung von Prof. EUGSTER).

e) Fundstellen

Lengenbach,
Ostabhang Breithorn,
Weisse Fluh,
Tschampigen Wissi,
Fuss Ofenhorn,
Balmen.

Vom Lengenbach beschreibt schon DESBUISSONS (1909) Pseudomorphosen von Dolomit nach Skapolith, ohne jedoch nähere Angaben darüber zu machen.

IV. Zur Genese der Sulfosalz-Vorkommen des Binnatales

Das Problem der Entstehung der Sulfosalze des Lengenbaches beschäftigt die Mineralogen schon seit bald hundert Jahren. Was führte wohl dazu, dass hier eine derartig ungewöhnliche Mineralassoziation stehen konnte? Wenn man nämlich die Elemente betrachtet, aus denen die Lengenbacher Sulfosalze aufgebaut sind, zeigt es sich, dass es durchaus keine ungewöhnlichen Elemente sind. Für die Sulfidminerale des Lengenbaches kann man nach abnehmender Häufigkeit etwa folgende Reihenfolge der Elemente angeben: Fe-Pb-As-Zn-Cu-Ag-Tl-Sb-Mo. Das einzige seltene Element ist dabei Thallium, das aber nur in den beiden Tl-Mineralen Hatchit und Hutchinsonit von Bedeutung ist. Lagerstätten, die diese Elemente enthalten, sind keineswegs selten (zum Beispiel Wiesloch in Baden, Deutschland; Grube Bayerland bei Waldsassen, Oberpfalz; Abfaltersbach in Osttirol, Österreich; Boliden, Nordschweden, etc.), wenn sich auch in der Häufigkeit der Elemente grössere Unterschiede ergeben. Im Lengenbach herrscht vor allem das As ausserordentlich stark vor gegenüber Sb. Allerdings gibt es auch Lagerstätten

mit sehr ähnlicher Elementenhäufigkeit, wie zum Beispiel Astano und Bolla im Tessin (Du Bois, 1931), die aber keine Pb-As-Sulfosalze führen. Es müssen also im Binnatal die besonderen Entstehungsbedingungen zu der eigenartigen Sulfosalz-Vererzung im Dolomit geführt haben.

In der Folge sollen hier einige der wichtigeren Theorien kurz erörtert werden sowie eine neue, auf den jüngsten Untersuchungsergebnissen aufbauende Hypothese angegeben werden.

GIUSČA (1930) nimmt an, dass eine voralpine Lagerstätte vorlag, die etwa folgende Mineralien umfasste: Arsenkies, Zinkblende, Bleiglanz, Pyrit, Chalkopyrit, Fahlerz, Jordanit. Durch die alpine Faltung und die begleitende Meso-Metamorphose wurde die Lagerstätte völlig umgewandelt und umkristallisiert.

Auch BADER (1934) vermutet, dass eine präalpine Lagerstätte mit der Paragenese Bleiglanz, Pyrit, Zinkblende, Kupferkies, Arsenkies durch die alpine Metamorphose umgewandelt worden ist, wobei dann die Lagerstätte in ihrer heutigen Form entstand. Als wahrscheinliches Stamm-Magma für die Vererzungslösungen gibt er die Ophiolithintrusion (Geisspfad-Serpentin u. a.) an, die er als liasisch bezeichnet.

HUTTENLOCHER (1934) schreibt über die sulfarsenitischen Lagerstätten des Binnatales:

„Eingehender habe ich diese Lagerstätten nicht studiert, soviel kann aber schon hier gesagt werden, dass sie die Endprodukte mehrfacher Mineralumsätze darstellen. Welche Stoffe und welche Mengenanteile als voralpin anzunehmen sind, ist schwer zu sagen, eine Stoffzufuhr neben der Stoffumgruppierung während der Metamorphose steht durchaus im Bereich der Möglichkeit . . .“

SEELIGER (1954), der die in einigen Hinsichten ähnliche Lagerstätte Wiesloch bei Baden (Deutschland) untersuchte, fand dort folgende Erklärung: es lag eine As-Sb-Tl-Ag-reiche ältere Sulfidparagenese vor, die durch Einwirkung schwach alkalischer Zirkulationswässer derart umgelagert wurde, dass immer As-ärmere Mineralien entstanden; die Umlagerung führte über Jordanit bis zum Endprodukt Bleiglanz. Auf Grund verschiedener Analogien zwischen den beiden Lagerstättentypen (Vorkommen von Jordanit, Hutchinsonit etc.) vermutet er für den Lengenbach eine ähnliche Entstehungsart.

Die bisherigen Hypothesen für das Binnatal bezogen sich stets nur auf den Lengenbach allein, der allgemein als ein im ganzen Binnatal isoliert dastehendes Phänomen betrachtet wurde. Erst BADER (1934) beschreibt dann zwei weitere sulfosalzführende Fundstellen (Weisse Fluh und „Schmids Tobel“). Im Laufe der Untersuchungen für diese Arbeit stellte sich dann heraus, dass die Sulfosalzminerale keineswegs

auf einzelne Fundstellen beschränkt sind, sondern praktisch überall im Dolomit des Tales vorkommen können, und vor allem, dass die chemische Zusammensetzung der Mineralien von Fundstelle zu Fundstelle nach gewissen Gesetzmässigkeiten (vgl. S. 687) variiert, so dass sich neue Aspekte für die Erklärung der Genese ergeben.

Nach eingehenden Feldbeobachtungen sowie spektralanalytischen, röntgenographischen und erzmikroskopischen Untersuchungen kommen wir zu folgender Hypothese:

1. Es lag im Dolomit ein präalpin gebildeter Mineralbestand vor, der im wesentlichen wohl Bleiglanz, Zinkblende, Pyrit, eventuell auch Baryt und Fluorit umfasste, hingegen dürften As-Mineralien völlig gefehlt haben. Es ist dies ein Lagerstättentyp, wie er häufig angetroffen wird. Ob sich diese Erze syngenetisch im Dolomit gebildet haben, oder ob sie epigenetischer Entstehung sind, dürfte wohl sehr schwierig festzustellen sein.

2. Aus dem guten Erhaltungszustand der Mineralien kann man schliessen, dass die Mineralien sich erst nach den Hauptbewegungen, möglicherweise sogar nach einer gewissen Druckentlastung, also gegen Ende der alpinen Metamorphose gebildet haben. Vermutlich zu diesem Zeitpunkt drangen an As-Cu-Ag-Tl-Sb-Mo-Bi angereicherte Lösungen in den Dolomit ein, deren Entstehung wohl auf den Einfluss der Metamorphose zurückzuführen ist. Beim Zusammentreffen dieser Lösungen mit den schon vorhandenen Mineralien ging der Bleiglanz teils in Lösung, teils reagierte er mit ihnen unter Bildung von Sulfosalzen, und zwar entstanden dabei zunächst Pb-reiche, As-arme Mineralien, die dann sukzessive durch As-reichere verdrängt wurden. Ein Teil des Pyrites wurde durch Arsenkies verdrängt, und die Zinkblende kristallisierte zu einem Teil um, wobei sie von Fe etc. weitgehend befreit wurde.

3. Die Frage nach der Herkunft der unter 2. erwähnten Lösungen ist schwierig und nicht mit Sicherheit zu beantworten. Immerhin soll hier eine mögliche Art des Vorganges angegeben werden. Bei Untersuchungen der im Hangenden des Dolomités anstehenden Gneise der Monte-Leone-Decke wurde nördlich vom Cherbadung (Koordinaten: 659.900/131.000, 2800 m ü. M.) eine recht beträchtliche Cu-Vererzung in den Gneisen entdeckt, die sich auch südlich des Cherbadung (auf italienischem Gebiet) fortsetzt. Das vererzte Gestein ist ein quarzreicher Biotitgneis. Bei den Cu-Erzen handelt es sich um viel Azurit und wenig Malachit. Vereinzelt kann man noch geringe Mengen des ursprünglichen Erzes finden. Nach der Röntgen-Pulveraufnahme ist das Mineral Fahlerz. Die Gitterkonstante wurde zu 10,227 Å berechnet, was für ein As-

reiches Fahlerz spricht. Eine Spektralanalyse an diesem Mineral ergab einen Gehalt von 84,8% Tennantit-Mol, mit deutlichen Spuren von Bi. Zusammen mit den Cu-Erzen tritt auch hexagonaler Molybdänglanz auf sowie zwei wahrscheinlich neue Arsenatminerale. Die Cu-As-Vererzung entstand möglicherweise in Verbindung mit den in der näheren Umgebung der Lagerstätte vorhandenen alten Pegmatiten. Es wäre denkbar, dass auch die Gneise im liegenden Schenkel der Decke diese Erze führen, die dann gegen Ende der alpinen Metamorphose remobilisiert und die entstandenen Lösungen später im Dolomit wieder abgesetzt wurden. SCHNEIDERHÖHN (1941) vermutet diesen Vorgang bei mehreren Lagerstätten und bezeichnet ihn als „sekundär-hydrothermale“ Bildung. Andererseits besteht jedoch auch die Möglichkeit, dass die Cu-As-Vererzung der Gneise sehr jung (postmesozoisch) ist und gleichzeitig mit ihrer Bildung erzhaltige Lösungen in den Dolomit eindringen und mit den hier vorhandenen Mineralien die heutige Mineral-Assoziation bildeten.

Bei der Untersuchung der verschiedenen Fahlerzproben ergab sich die überraschende Tatsache, dass mit steigender Entfernung vom Lengenbach der Sb-Gehalt des Tennantites zunimmt. Gleichzeitig nimmt auch die gesamte Menge an zugeführtem As-Sb-Material ab, so dass ausserhalb des Lengenbaches nur noch die As-ärmeren Glieder der Sulfosalze auftreten und — da ein Teil des As durch Sb ersetzt ist — vor allem jene Mineralien, die anstelle von As auch Sb aufnehmen können (zum Beispiel Tennantit-Tetraedrit, Jordanit-Geokronit, Seligmannit-Bournonit). Vereinzelt wurden sogar Sb-Sulfosalze wie Boulangerit, Tetraedrit gefunden. Auch im Lengenbach selber lässt sich eine deutliche Abfolge der Mineralien nach ihrer chemischen Zusammensetzung feststellen, indem die As-reichsten Mineralien vor allem im tieferen, südlichen Teil der Grube konzentriert sind, während gegen Norden und nach oben die As-armen Mineralien bis zu reinem Bleiglanz erscheinen. Zur Erklärung dieses Vorganges kann man folgende Gründe anführen: Bei Abkühlung und gleichzeitiger Druckentlastung scheidet sich aus den hydrothermalen Lösungen zunächst das As ab, während Sb noch weiterhin in Lösung bleibt und deshalb über grössere Strecken verfrachtet werden kann. Neben dem Lengenbach wurden noch zwei weitere Fundstellen mit — gegenüber Sb — grossem As-Gehalt festgestellt, wo an der einen (Reckibach) neben Jordanit und Dufrénoysit in Spuren sogar freier Realgar nachgewiesen wurde, während an der anderen (Ofenhorn) ziemlich reiner Tennantit und Enargit vorkommen. Bei beiden Vorkommen wächst aber mit steigender Entfernung der Sb-Gehalt sehr rasch wieder an.

Interessant ist auch das Ergebnis einer Radioaktivitätsmessung, die vom Autor für den „Arbeitsausschuss für die Untersuchung schweizerischer Mineralien und Gesteine auf Atombrennstoffe und seltene Elemente“ ergab: Bei rein routinemässigen Messungen im Lengenbach wurde festgestellt, dass die grössten Aktivitäten (es handelt sich allerdings nur um schwach erhöhte Werte) dort gemessen wurden, wo die grössten As-Konzentrationen liegen. Im gleichen Mass, wie das As gegen Norden abnimmt, werden auch die Aktivitäten geringer. An anderen Stellen im Tal, wo keine oder nur sehr geringe As-Vererzungen vorliegen, wurden keinerlei erhöhte Aktivitäten gemessen. Daraus kann man mit einiger Sicherheit folgern, dass die radioaktiven Stoffe nicht sedimentär im Dolomit abgesetzt worden sind, sondern zusammen mit dem As dem Dolomit nachträglich zugeführt worden sind.

Folgende Beobachtungen und Untersuchungsergebnisse stützen die angeführte Theorie:

Zu 1. Bleiglanz ist sicherlich älter als die Sulfosalz-Vererzung im Dolomit, da er in fast sämtlichen Dolomitaufschlüssen des Tales nachgewiesen werden kann (vgl. S. 695), auch in solchen, wo nicht der geringste Einfluss einer As-Vererzung festzustellen ist, wie zum Beispiel in den Fundstellen gegen den Saflischpass hinauf. Von Zinkblende liegen zwei deutlich voneinander verschiedene Generationen vor (s. S. 678): eine alte, nicht umkristallisierte, die in braunen bis schwarzen Exemplaren auftritt (wohl stark Fe-haltig) und eine zweite, jüngere, die hellgelb durchsichtig ist und stets zusammen mit den Sulfosalzen vorkommt. Anscheinend verlor diese Zinkblende ihren Fe-Gehalt bei der Umkristallisation, wie dies auch MAUCHER (1939) in der Kieslagerstätte Bayerland bei Waldsassen in der Oberpfalz feststellte. Gegen eine primäre Anwesenheit von Arsenkies (aus dem sich dann — wie GIUSČA und andere annehmen — durch Mobilisierung die Sulfosalze gebildet hätten) spricht die Tatsache, dass das Mineral Einschlüsse von Sulfosalzen besitzt, was beweist, dass beide Mineralien mehr oder weniger gleichzeitig entstanden sind.

Zu 2. Es wurden mehrere Proben gefunden, auf denen kleine, runde Bleiglanzkörner sitzen (vgl. S. 694), die ganz offensichtlich durch Lösungen angegriffen worden sind (Fig. 12, S. 686). Im Erzanschliff sieht man dann sehr schön, dass der Bleiglanz durch As-arme Sulfosalze (Jordanit, Seligmannit etc.) verdrängt wird (Fig. 13, S. 686). Auch makroskopisch findet man auf diesen Proben stets eine enge Verwachsung von Bleiglanz mit Jordanit. Die Verdrängung der As-ärmeren Mineralien durch As-reichere wies schon GIUSČA (1930) in einer erz-

mikroskopischen Untersuchung der Lengenbacher Sulfosalze nach. Denselben Vorgang kann man häufig auch makroskopisch erkennen, zum Beispiel umwachsen die Seligmannitkristalle auf einer Stufe vom Turtschi einen grossen Geokronit fast vollständig und sind zweifellos auf Kosten dieses Minerals entstanden (siehe Fig. 15, S. 703).

Dass Arsenkies kein primäres Mineral ist, sondern durch Reaktion von Pyrit mit As-haltigen Lösungen entstanden ist, beweist die Tatsache, dass er einen deutlich korrodierten Pyritkern enthalten kann, was im Anschliff mühelos zu erkennen ist (siehe Fig. 28, S. 758). Genau denselben Vorgang beobachtete MAUCHER (1939) in der Grube Bayerland bei Waldsassen/Oberpfalz, wenn er schreibt, dass Fahlerz, Gudmundit (FeSbS) und Wolfsbergit (CuSbS) durch Einwirkung von Sb-haltigen Lösungen auf schon vorhandene Fe- und Zn-Sulfide entstanden seien. Völlig in Übereinstimmung mit der von uns beschriebenen Bildungsart der Sulfosalze sind auch die Angaben von TORNQUIST (1933), der bei der Untersuchung der Sb-Ag-Erzlagerstätte Abfaltersberg in Osttirol feststellte:

„...dass nur dort, wo diese (Sb- und S-haltige) Therme Kupferkies und auch Bleiglanz der älteren Vererzungsphasen angetroffen hat, die Vorbedingungen zur Bildung von Fahlerz, Bournonit und reichlichem Boulangerit vorhanden gewesen sind, wo dies nicht der Fall war, wurde Antimonit abgesetzt.“

Ganz analog dazu findet sich zum Beispiel im Lengenbach nur dort Realgar, wo kein freier Bleiglanz mehr vorlag, mit dem das zugeführte As unter Bildung von Pb-As-Sulfosalzen reagieren konnte, und die mit Realgar vergesellschafteten Sulfosalze offenbar einen Sättigungsgrad an As erreicht hatten und somit kein zusätzliches As mehr aufnehmen konnten.

Sehr wahrscheinlich dauerte die Zufuhr von As-haltigen Lösungen bis in die jüngsten Zeiten hinauf an, wie die Existenz einer As-führenden Quelle auf der Alpe Veglia (ca. 10 km südöstlich vom Dorf Binn auf italienischem Gebiet gelegen) beweist, auf die mich Herr Prof. Dr. A. Streckeisen aufmerksam machte.

Zu 3. Für einen Zusammenhang zwischen der Sulfosalz-Vererzung im Dolomit und der Cu-As-Lagerstätte im Gneis sprechen folgende Befunde: Wie die Spektralanalyse an dem Tennantit aus dem Gneis zeigte (vgl. Tab. 2, S. 681), führte das Erz dieser Lagerstätte ursprünglich sehr viel As, wenig Sb und Spuren von Bi, welche Verhältnisse — grob geschätzt — auch für die Sulfosalze im Dolomit zutreffen dürften. Bezeichnenderweise enthält dieser Tennantit gegenüber den Fahlerzen im

Dolomit sehr wenig Zn, was dafür spricht, dass die Fahlerze im Dolomit bei ihrer Bildung grössere Mengen Zn von der schon vorhandenen Zinkblende aufnahmen. Einen sehr wichtigen Hinweis ergab auch die Untersuchung zweier wahrscheinlich neuer Arsenatminerale, die vom Autor in der Cu-As-Lagerstätte im Gneis gefunden worden sind: Bei einer qualitativen Röntgenfluoreszenzanalyse durch Herrn Dr. R. Müller stellte sich heraus, dass das eine der Minerale deutliche Spuren von Thallium enthält, welches Element ja auch im Lengenbach von Bedeutung ist. Ferner findet man vereinzelt zusammen mit den As-Mineralen im Gneis auch hexagonalen Molybdänglanz. Somit sind also sämtliche Elemente, von denen wir annehmen, dass sie dem Dolomit zugeführt worden sind, auch in der Lagerstätte im Gneis vorhanden.

Gegenüberstellung der angegebenen Interpretationen mit früheren Hypothesen

GIUSČA (1930) nimmt offenbar an (siehe S. 784), dass im präalpinen Mineralbestand sämtliche zur Bildung der Lagerstätte in ihrem heutigen Zustand erforderlichen Elemente schon vorhanden waren und dass die Umwandlung isochemisch, ohne erneute Stoffzufuhr, vor sich ging. Gegen diese Ansicht sprechen in erster Linie die oben angegebenen Untersuchungen an Arsenkies. Eine Anwesenheit von Kupferkies im ursprünglichen Mineralbestand ist unwahrscheinlich, da man sonst wohl noch verschiedentlich Kupferkies finden müsste. Dieses Mineral wurde jedoch im Binnatal nur in Spuren an einer einzigen Fundstelle nachgewiesen (Ofenhorn), wo es offensichtlich aus Tennantit, mit dem es innig verwachsen ist, entstanden ist.

BADER (1934) vertritt im allgemeinen dieselbe Ansicht wie GIUSČA, so dass gegen seine Hypothese gleichfalls die oben angeführten Gründe sprechen (vgl. S. 784).

Die wenigen Aussagen von HUTTENLOCHER (1934) stimmen mit unseren Annahmen völlig überein (siehe S. 784).

Der Vorgang, wie ihn SEELIGER (1954) für die Lagerstätte Wiesloch in Deutschland feststellte, kann für die Binner Sulfosalzvorkommen nicht zutreffen (vgl. S. 784). Während SEELIGER in Wiesloch annimmt, dass die Umlagerung von As-reicheren zu immer As-ärmeren Mineralien führt, fand im Lengenbach offenbar genau der umgekehrte Prozess statt, was durch die Arbeit von GIUSČA (1930) und unsere Untersuchungen hinreichend gesichert sein dürfte. Es ist ja auch ohne weiteres denkbar, dass bei verschiedenen Vorgängen dieselben Mineralien entstehen können. Immerhin ist merkwürdig, dass der in Wiesloch vorkommende

Gratonit im Lengenbach nicht aufzutreten scheint. Gratonit ist nun gerade dasjenige Mineral, das RÖSCH und HELLNER (1959) bei ihren Syntheseversuchen nicht herstellen konnten, während sämtliche Pb-As-Sulfosalze des Lengenbaches synthetisiert werden konnten. Dies legt den Schluss nahe, dass zwischen der Lagerstätte Wiesloch und dem Lengenbach doch wesentliche Unterschiede bestehen.

Mineral-Index

- | | |
|---|---|
| Adular 628, 649, 651, 656, 662, 669, 670 | Hutchinsonit 707 |
| Albit 624, 628, 634, 646, 657 | Hyalophan 624, 634, 638 |
| Anatas 628, 649 | Ilmenit 614 |
| Apatit 624, 628, 635, 638, 646, 650, 655, 778 | Jordanit 627, 638, 650, 744 |
| Aragonit 657 | Kupferkies 665, 672 |
| Arsenkies 758 | Lengenbachit 737 |
| Auripigment 765 | Liveingit 614 |
| Azurit 662 | Magnetit 658, 659 |
| Baryt 623, 627, 635, 652, 667, 669, 671 | Malachit 662 |
| Baumhauerit 719 | Markasit 673 |
| Binnit → s. Tennantit | Marrit 711 |
| Bleiglanz 631, 634, 640, 642, 643, 645, 648, 649, 651, 653, 654, 662, 667, 671, 694 | Molybdänit-3R 623, 635, 763 |
| Boulangerit 651, 752 | Muskowit 627, 645, 649 |
| Calcit 623, 628, 630, 647, 652, 660, 662 | Parisit 667, 773 |
| Cerussit 631, 653, 672 | Phengit 669 |
| Disthen 665 | Phlogopit 664, 673 |
| Dolomit 623, 628, 641, 642, 647, 660, 661, 669 | Proustite 673 |
| Dufrénoysit 638, 732 | Pyrit 642, 757 |
| Enargit 665, 689 | Quarz 624, 628, 645, 649, 651, 653, 656, 660, 661, 664, 669 |
| Fahlerz 630, 643, 645, 650, 653, 672, 679 | Rathit I 726 |
| Fluorit 637, 647, 653, 664, 667 | Rathit II 726 |
| Fuchsit 623, 673 | Realgar 623, 638, 765 |
| Geokronit 635, 646, 744 | Rutil 624, 627, 634, 641, 670 |
| Giessenit 635, 754 | Sartorit s. Skleroklas |
| Grammatit 664, 669 | Seligmannit 628, 635, 698 |
| Hamlinite 776 | Sinnerit 691 |
| Hatchit 702 | Skapolith 624, 642, 646, 662, 664, 669, 781 |
| Hemimorphit 655 | Skleroklas 714 |
| | Smithit 695 |
| | Talk 673 |
| | Tennantit 627, 630, 635, 655, 662, 665, 669, 679 |

Tetraedrit 667, 679	Wurtzit 673
Trechmannit 695	Xanthokon 673
Turmalin 628, 630, 634, 637, 645, 649, 654, 657, 665, 667, 669, 671, 672, 779	Zinkblende 627, 638, 641, 646, 647, 649, 651, 654, 678
Wulfenit 673	

Literaturverzeichnis

SMPM = Schweiz. Mineralogische u. Petrographische Mitteilungen

- AHRENS, L. H. and TAYLOR, S. R. (1961): Spectrochemical Analysis. Pergamon Press, London-Paris.
- BADER, H. (1934): Beitrag zur Kenntnis der Gesteine und Minerallagerstätten des Binnatales. SMPM 14.
- BANNISTER, F. A., PABST, A., VAUX, G. (1939): The Crystallography of Sartorite. Mineral. Mag. 164/25.
- BAUMHAUER, H. (1891): Über das Kristallsystem des Jordanit. Sitz.-Ber. preuss. Akad. Wiss. 41.
- (1895): Über den Skleroklas von Binn. Sitz.-Ber. preuss. Akad. Wiss. 12.
- (1901): Über den Seligmannit, ein neues, dem Bournonit homöomorphes Mineral aus dem Dolomit des Binnatales. Sitz.-Ber. preuss. Akad. Wiss. 6.
- BELAND, R. and PEACOCK, M. (1946): Hydrosynthesis of Smithite ($\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$). Univ. of Toronto Studies, Geol. Ser., 50.
- BELL, R. E. and HERFERT, R. E. (1957): Preparation and Characterization of a New Crystalline Form of Molybdenum Disulfide. J. Amer. Chem. Soc. 79.
- BERRY, L. G. (1940): Studies on Mineral Sulphosalts III. Boulangerite and "Epi-boulangerite". Univ. of Toronto Studies, Geol. Ser., 44.
- (1953): New Data on Lead Sulpharsenides from Binnental, Switzerland. Amer. Min. 38 (Abstract).
- BERRY, L. G. and THOMPSON, R. M. (1962): X-Ray Powder Data for Ore-Minerals: the Peacock Atlas. Geol. Soc. Amer., New York Mem. 85.
- BOWIE, S. H. U. and TAYLOR, K. (1958): A System of Ore Mineral Identification. The Mining Mag.
- BOWMAN, H. L. (1907): On Hamlinite from the Binnental. Miner. Mag. 67/14.
- BUERGER, M. J. (1935): The Unit Cell and Space Group of Realgar. Amer. Mineral. 20.
- (1936): The Symmetrie and Crystal Structure of the Minerals of the Arsenopyrite Group. Z. Krist. 95.
- (1942): The Unit Cell and Space Group of Orpiment. Amer. Mineral. 27.
- BURCKHARDT, C. E. (1942): Geologie des Basodino-Gebietes. SMPM 22.
- DAMOUR, A. (1845): Dufrénoysit, eine neue Mineralgattung. Ann. chim. phys. 14. Ref. in: Jb. Mineral. 1846.
- DESBUISSONS, L. (1909): La vallée de Binn. G. Bridel, Lausanne.
- DOELTER, C., LEITMEIER, H. (1929): Handbuch der Mineralchemie, Bd. IV/1. Verl. von Steinkopff, Dresden und Leipzig.

- DONNAY, G. and DONNAY, J. D. H. (1953): The Crystallography of Bastnaesite, Parisite, Roentgenite and Synchisite. Amer. Mineral. 38.
- DOUGLASS, R. M., MURPHY, M. J., PABST, A. (1954): Geocronite. Amer. Mineral. 39.
- DU BOIS, J. (1931): Les gisements de mispickel aurifères d'Astano (Tessin). Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Ser., XVI. Lfg., H. 2.
- ENGELMANN, Th. (1877): Über den Dolomit des Binnenthales und seine Mineralien. Diss. Bern.
- EUGSTER, H. P. and PROSTKA, H. J. (1960): Synthetic Scapolites. Bull. Geol. Soc. Amer. 71/2.
- EUGSTER, H. P., PROSTKA, H. J., APPLEMAN, D. E. (1962): Unit-Cell Dimensions of Natural and Synthetic Scapolites. Science, Sept. 14, vol. 137.
- FERRARI, A. e CURTI, R. (1934): I sulfarseniti di piombo. Period. Mineral. 5.
- FOLINSBEE, R. E. (1949): Determination of Reflectivity of the Ore Minerals. Econ. Geol. 44.
- FRONDEL, C. (1941): Unit Cell and Space Group of Vrbaitite, Seligmannite, Samsonite. Amer. Mineral. 26.
- GIUSČA, D. (1930): Die Erze der Lagerstätte vom Lengenbach im Binnental (Wallis). SMPM 10.
- GAGARIN, G., CUOMO, J. R. (1949): Algunas proposiciones sobre nomenclatura mineralógica. Cienc. geol. Buenos Aires, 1.
- GOSSNER, B. (1937): Über Sulfate und Phosphate mit ähnlichem Kristallgitter. Z. Krist. 96.
- GRAESER, S. (1959): Skapolith im Binnental. SMPM 39.
- (1963): Giessenit, ein neues Pb-Bi-Sulfosalz aus dem Dolomit des Binnenthales. SMPM 43.
- (1964): Über Funde der neuen rhomboedrischen MoS₂-Modifikation (Molybdänit-3R) und von Tungstenit in den Alpen. SMPM 44.
- GÜBELIN, E. (1939): Die Mineralien im Dolomit von Campolungo (Tessin). SMPM 19.
- HARCOURT, G. A. (1942): Tables for the Identification of Ore Minerals by X-Ray Powder Patterns. Amer. Mineral. 27.
- HELLNER, E. und LEINWEBER, G. (1956): Über komplex zusammengesetzte sulfidische Erze. Z. Krist. 107.
- HIEMSTRA, S. A. (1956): An Easy Method to Obtain X-Ray Diffraction Patterns of Small Amounts of Material. Amer. Mineral. 41.
- HILLER, J. E. (1938): Röntgenographische Bestimmungsmethoden und Untersuchung der Bleispiessglanze. Z. Krist. 100.
- HÜGLI, Th., NIGGLI, E., NOWACKI, W., STALDER, H. A. (1962): Bericht über die Exkursion der Schweiz. Mineralog.-Petrogr. Gesellschaft über den Grimselpass und ins Binnental. SMPM 42.
- HUGI, E. (1927): Über ein neues schweizerisches Vorkommen von Alkalihornblende. SMPM 7.
- HUGI, E. und HIRSCHL, H. (1938): Die metamorphen, erzführenden, radioaktiven Gesteine von Feldbach (Binnental). SMPM 18.
- HUTCHINSON, A. (1907): The Chemical Composition of Lengenbachite. Miner. Mag. 66/14.
- HUTTENLOCHER, H. (1934): Die Erzlagerstättenzonen der Westalpen. SMPM 14.

- IITAKA, Y. und STALDER, H. A. (1961): Synchisit und Bastnaesit aus dem Druckschacht des KW Oberaar. SMPM 41.
- JÄGER, E. und STRECKEISEN, A. (1958): Nachweis von Graphit in graphitführenden Schiefen des Simplon-Gebiets (Wallis, Schweiz) SMPM 38.
- KENNGOTT, A. (1866): Die Minerale der Schweiz. Verl. von Wilhelm Engelmann, Leipzig.
- KOLLER, P. (1918): Beiträge zur Kenntnis des Binnentaler Dolomits, seiner Kristallformen, Brechungsexponenten und Ätzerscheinungen. N. Jb. Mineral. BB. XLII.
- LE BIHAN, M.-TH. (1962): Etude structural de quelques sulfures de plomb et d'arsenic naturels du gisement de Binn. Bull. Soc. franç. Minér. Crist. LXXXV.
- LEWIS, W. J. (1913): Ilmenite from the Dolomite at Binn. Mineral. Mag. 16/77.
- MARUMO, F. and NOWACKI, W. (1964): The Crystal Structure of Lautite and of Sinnerite, a New Mineral from the Lengenbach Quarry. SMPM 44.
- MAUCHER, A. (1939): Über die Kieslagerstätte der Grube „Bayerland“ bei Waldsassen in der Oberpfalz. Z. angew. Mineral. II/2.
- MÜHLETHALER, F. (1922): Neue Mineralfunde aus dem Dolomit des Campolungo. SMPM 2.
- NICKEL, E. und SCHALLER, I. (1963): Die Formenwelt des Binnit. SMPM 43.
- NICKEL, E. und NICKEL, E. und SCHALLER, I. (1960): Die Mineralparagenese des Lengenbachs im Binnental. Bull. Soc. Fribourg. Sc. nat. 50.
- NIGGLI, E. (1955): Zum Vorkommen von Kalkglimmern (Margarit, Clintonit) in den Schweizer Alpen. Leidse Geol. Med. 20.
- (1960): Mineralzonen der alpinen Metamorphose in der Schweiz. Int. Geol. Congr. XXI. Sess. Norden.
- NIGGLI, P., KÖNIGSBERGER, J., PARKER, R. L. (1940): Die Mineralien der Schweizeralpen. Verl. Wepf & Co., Basel.
- NOWACKI, W. und KUNZ, V. (1959): Untersuchungen an Sulfosalzen. Chimia 13.
- NOWACKI, W. (1960): Die Neuerschliessung der Mineralfundstelle Lengenbach. Mitt. Natf. Ges. Bern 18.
- NOWACKI, W., IITAKA, Y., BÜRKI, H., KUNZ, V. (1961): Structural Investigations on Sulfosalts from the Lengenbach. Binn Valley (Ct. Wallis), part 2. SMPM 41.
- NOWACKI, W. und BAHEZRE, C. (1963): Die Bestimmung der chemischen Zusammensetzung einiger Sulfosalze aus dem Lengenbach (Binnental, Kt. Wallis) mit Hilfe der elektronischen Mikrosonde. SMPM 43.
- NOWACKI, W., MARUMO, F., TAKEUCHI, Y. (1964a): Untersuchungen an Sulfiden aus dem Binnental (Kt. Wallis, Schweiz).
- NOWACKI, W., KUNZ, V., MARUMO, F. (1964b): Über einige Mineralstufen aus dem Lengenbach (Binnental).
- NUFFIELD, E. W. (1947): X-Ray Measurements on Hutchinsonite. Univ. of Toronto Studies, Geol. Series, 51. Ref. in: Zbl. Mineral. 48/1 1948.
- OFTEDAL, I. (1931): Über Parisit, Synchisit und Kordylit. Z. Krist. 79.
- PALACHE, CH., BERMAN, H., FRONDEL, C. (1946): The System of Mineralogy, vol. I, 7th ed. John Wiley and Sons, New York.
- PALACHE, CH., BERMAN, H., FRONDEL, C. (1951): Dana's System of Mineralogy, vol. II, 7th ed. John Wiley and Sons, New York.
- PARKER, R. L., DE QUERVAIN, F., WEBER, F. (1939): Über einige neue und seltene Mineralien der Schweizer Alpen. SMPM 19.

- PARKER, R. L. (1954): Die Mineralfunde der Schweizer Alpen. Verlag Wepf & Co. Basel.
- (1963): Betrachtungen über die Morphologie alpiner Quarze. Aufschluss 14.
- PAULING, L. and NEUMAN, E. W. (1934): The Crystal Structure of Binnite $(\text{Cu,Fe})_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$. Z. Krist. 88.
- PENG, K. (1955): Lokalmorphologische Untersuchungen an Anatas von Balmen (Binnental). SMPM 35.
- PREISWERK, H. (1901): Über Dunitserpentin am Geisspfadpass im Oberwallis. Diss. Univers. Basel.
- (1907): Die Grünschiefer in Jura und Trias des Simplongebietes. Beitr. geol. Karte Schweiz, XXVI. Lfg.
- PRIOR, G. T. (1910): Analyses of Seligmannite, Zinkiferous Tennantite (Binnite) and Fuchsite from the Lengenbach. Mineral. Mag. 72/14.
- PRIOR, G. T. and SPENCER, L. J. (1899): The Identity of Binnite with Tennantite, and the Chemical Composition of Fahlerz. Mineral. Mag. 56/12.
- RAMDOHR, P. (1943): Vermutliche Identität von Hatchit mit Gratonit. N. Jb. Mineral. Mh. A.
- (1960): Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. Akad.-Verl., Berlin.
- RATH, G. VOM (1864): Über Dufrénoysit und zwei andere, im rhombischen System kristallisierende Schwefelverbindungen. Pogg. Ann. 122.
- RÖSCH, H. und HELLNER, E. (1959): Hydrothermale Untersuchungen am System $\text{PbS-As}_2\text{S}_3$. Naturwiss. 46/2.
- SCHALLER, I. und NICKEL, E. (1963): Winkelmessung und Flächensicherung an Binniten. Der Aufschluss 14.
- SCHALLER, I. (1961): Die Binnite vom Lengenbach. Bull. Soc. Fribourg. Sc. nat. 51.
- SCHMIDT, C. und PREISWERK, H. (1908): Geologische Karte der Simplongruppe. 1: 50 000. Geol. Spez.-Karte 48.
- SCHNEIDERHÖHN, H. (1941): Lehrbuch der Erzlagerstättenkunde. Bd. I.: Die Lagerstätten der magmatischen Abfolge. Verl. G. Fischer, Jena.
- SCHNELL, J. R. (1921): Les roches basiques des nappes penniques. Thèse Univers. Fribourg.
- SEELIGER, E. (1954): Ein neues Vorkommen von Hutchinsonit in Wiesloch in Baden. N. Jb. Mineral. Abh. 86.
- SMITH, G. F. and PRIOR, G. T. (1907): Red Silver Minerals from the Binnenthal, Switzerland. Mineral. Mag. 14.
- SMITH, G. F. and SOLLY, R. H. (1919): On Sartorite and the Problem of its Crystal-form. Min. Mag. 18.
- SOLLY, R. H. (1900): Sulpharsenites of Lead from the Binnenthal I. Mineral. Mag. 12.
- SOLLY, R. H. (1901): Sulpharsenites of Lead from the Binn Valley II. Rathite. Mineral. Mag. 13/59.
- SOLLY, R. H. and JACKSON, H. (1901): Der Liveingit, ein neues Mineral aus dem Binnenthale. Cambridge Phil. Soc. 11 Ref. in: Krist. 37, 1902.
- SOLLY, R. H. (1902): Sulpharsenites from the Binnenthal III. Baumhauerite, a New Mineral; and Dufrénoysite. Mineral. Mag. 13/60.
- (1903): Sulpharsenites of Lead from the Binnenthal IV. Seligmannite: with a Supplementary Note on Baumhauerite. Mineral. Mag. 62/13.

- (1905): Some New Minerals from the Binnenthal, Switzerland. Mineral. Mag. 64/14.
- (1912a): Description of Large Crystals of Seligmannite and Dufrénoysite. Mineral. Mag. 76/16.
- SOLLY, R. H. and SMITH, G. H. (1912b): Hatchite, a New (Anorthic) Mineral from the Binnenthal. Mineral. Mag. 76/16.
- SOLLY, R. H. and PRIOR, G. T. (1919): A Lead-Grey Fibrous Mineral from the Binn Valley, Switzerland. Mineral. Mag. 87/18.
- STRUNZ, H. (1957): Mineralogische Tabellen. Akad. Verlagsges. Geest u. Portig, Leipzig.
- TAKEUCHI, Y. and NOWACKI, W. (1964): Detailed Crystal Structure of Rhombohedral MoS_2 and Systematic Deduction of Possible Polytypes of Molybdenite. SMPM 44.
- TORNQUIST, A. (1933): Eine perimagmatische Antimon-Silber-Erzlagerstätte südlich Abfaltersberg, Osttirol. Z. deutsch. geol. Ges. 85.
- TRAILL, R. J. (1963): A Rhombohedral Polytype of Molybdenite. Canad. Mineral. 7.
- TRECHMANN, C. O. (1907): Crystallography of Sartorite from Binn. Mineral Mag. 66/14.
- TRÖGER, W. E. (1956): Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale. Teil 1: Bestimmungstabellen, Verl. E. Schweizerbart, Stuttgart, 2. Aufl.
- WALTERSHAUSEN, S. VON (1855): Ein Beitrag zur näheren Kenntnis des Dolomits in den Walliser Alpen. Pogg. Ann. 94.
- WEIBEL, M. und KÖPPEL, V. (1962): Boulangerit und Jamesonit als alpine Zerkluftminerale. SMPM 42.
- WINCHELL, A. N. (1951): Elements of Optical Mineralogy. Part II: Descriptions of Minerals. 4th ed. John Wiley and Sons, New York. (2nd printing 1956.)
- WUENSCH, B. J. (1963): Confirmation of the Crystal Structure of Tetrahedrite, $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$. Science, 141, No. 3583.
- WUENSCH, B. J. and NOWACKI, W. (1963): Zur Kristallchemie des Sulfosalzes Marrit. Chimia, 17.
- ZELLER (1895): Zur Kenntnis der Minerallagerstätten des Binnenthales. Jb. schweiz. Alpenklub 31.

Manuskript eingegangen am 14. Mai 1965.