

Aus dem Mineralogischen Institut der Universität Wien.

Wulfenite von Nassereith / Dirstentrift (Tirol) und Bleiberg (Kärnten).

Von
E. Schroll.

Mit 5 Textabbildungen.

(Eingelangt am 11. Dezember 1948.)

I. Ein nadeliger Wulfenit aus dem Dirstentritter Bergbau.

Durch einen liebenswürdigen Hinweis des Herrn Dr. *Kostelka* (Bleiberg) wurde ich vergangenen Sommer bei der Befahrung des Bergbaues Dirstentrift bei Nassereith in Tirol auf eine merkwürdige Ausbildungsform des Wulfenites aufmerksam, die für dieses Mineral durchaus ungewöhnlich erscheint. Ich fand beim Aufstieg vom Karl-Eduard-Stollen zum Maria-Heimsuchungs-Stollen, unterhalb des 4. Laufes vom oberen Stollen aus gerechnet, dünne und äußerst gebrechliche Nadeln von Gelbbleierz.

Vom gleichen Bergbau berichtet erstmalig¹ *W. Hammer* (8) über einen nadelförmigen Wulfenit, den er nur kurz folgendermaßen beschreibt: „Der Wulfenit überzieht in dichten Überzügen von nadelförmigen 1—4 mm langen Kriställchen die Wandung von Klüften und Hohlräumen. Die Kriställchen zeigen unter der Lupe oder unter dem Mikroskop eine bei diesem Mineral seltene langgestreckte prismatische Ausbildung. Ein oder zwei tetragonal-hemiedrische Prismen sind kombiniert mit steilen Pyramiden, seltener mit Endflächen. Die Prismen zeigen Riefung entsprechend der Pyramidenspaltbarkeit.“ Gleicherweise erwähnt *M. Isser* (11) in einer bergbaukundlichen Arbeit vom gleichen Ort Gelbbleierz, das „in zarten nadelförmigen Gebilden auf Klüften und Spalten unmittelbar im Hangenden und Liegenden des Kalksteines vorkommt“. Sonderbarerweise ist in der gesamten mineralogischen Literatur über diesen eigenartigen Habitus des Wulfenites nichts weiteres bekannt geworden. Allein in *Tschermaks* Lehrbuch der Mineralogie finden wir eine Notiz (22) über nadelförmige Kristalle längs Ver-ruschelungszonen in Bleiberg, Nassereith, Dirstentrift und vom

¹ Das zusammenfassende Werk von *G. Gassner* „Die Mineralien Tirols“ enthält noch nichts über dergestaltige Wulfenite.

Tschirgant¹. Ich entdeckte zuerst kleine Nester von hellgelben bis orangegelben Nadelchen, die in Verbindung mit Bleiglanzspuren auf dem grusigzersetzten Wettersteinkalk saßen. An einer anderen Stelle bildeten die Nadeln gleichsam einen schütteten Rasen, der First und Ulme des Aufbruches überzog. Aus dem brekziösen dunklen, teils rötlich gefärbten Wettersteinkalk starrten größere und kleinere Nadeln — die größten waren zirka 15 mm lang — oder saßen als Büschelchen gleich Blüten auf dem Gestein (Abb. 1). Auf dem stark

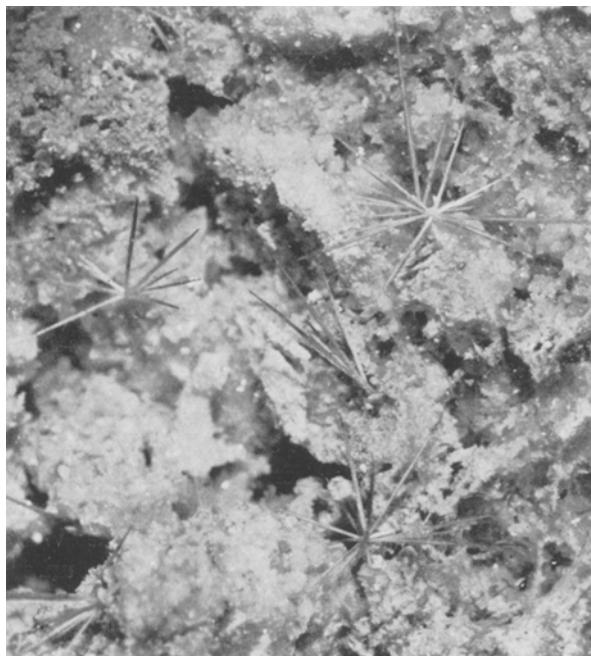


Abb. 1. Nadelige Wulfenitaggregate von Dirstentrift, Nordtirol. (Vergrößerung 2 mal.) Photo: Bors u. Müller, Wien.

durchklüfteten Wettersteinkalk fanden sich außerdem feinkristalline gelbliche Wulfenitanflüge und millimetergroße Kalzitkristalle, die zum Teil mit einem eisenhähnlichen rötlichen Überzug bedeckt waren und zweifellos älter als der Wulfenit erschienen. Die Tracht des Kalzites bildeten vorzugsweise steile Rhomboeder, wie sie typisch für die jungen Kalzitbildungen in der Hutzone der Lagerstätten auftreten.

¹ Das Vorkommen des Nadelwulfenites in den Bauen am Tschirgant wurde mir von Herrn Dr. Kostelka bestätigt. W. Hammer charakterisiert sie als spitzpyramidalen, kürzere und gedrungene Nadeln ohne Endflächen.

Der von mir befahrene Aufbruch folgt einer steilstehenden NW—SO streichenden Gangpalte, in der der vorhandene Bleiglanz bereits weitgehendst karbonatisiert worden war.

Aus dieser kurzen Darstellung geht bereits hervor, daß dieses beschriebene Wulfenitvorkommen jungen und jüngsten Alters sein dürfte. Wie könnte man sich denn das Bestehen solcher zerbrechlicher Gebilde erklären, die nur unter besonderen Vorsichtsmaßregeln heil ans Tageslicht zu bringen sind? Der Aufbruch war, wie ich erfuhr, in den Jahren des ersten Weltkrieges geschlagen worden. Wettersteinkalk mit älterem Bruch trug Wulfenitkristalle, als Versatz vor Jahresfrist aufgeschichtete Gesteinsblöcke waren frei von Kristallbildungen. Die Wulfenitkristalle dürften also vielleicht nicht älter als dreißig Jahre sein; man müßte denn annehmen, die Kristalle hätten in Spalten und Hohlräumen den Stollenbau überstanden.

Auch *W. Hammer* (8) legt ihnen ein jugendliches Alter bei, was schon aus den zarten Nadelchen hervorgehe. *P. Krusch* (14) erwähnte ebenfalls Wulfenitkristalle von Dirstentrift als ganz junge Verwitterungsbildungen: „in feinen Äderchen, bündelförmigen

Aggregaten und in Drusen, ganz ähnlich wie Gips in vielen Sulfidlagerstätten“. Rezente Bildung des Wulfenites wird auch von *C. Schmidt* (17) für das Vorkommen der Mine Collioux bei St. Luc (Wallis) angenommen. *E. Dittler* (3) beschreibt sehr junge Wulfenitkristalle von der Halde des Christoffstollens (Goldzeche/Mölltal, Kärnten) und junge kryptokristalline Überzüge des Kalksteins bei Kilometer 3 des Bleiberger Franz-Josef-Stollens.

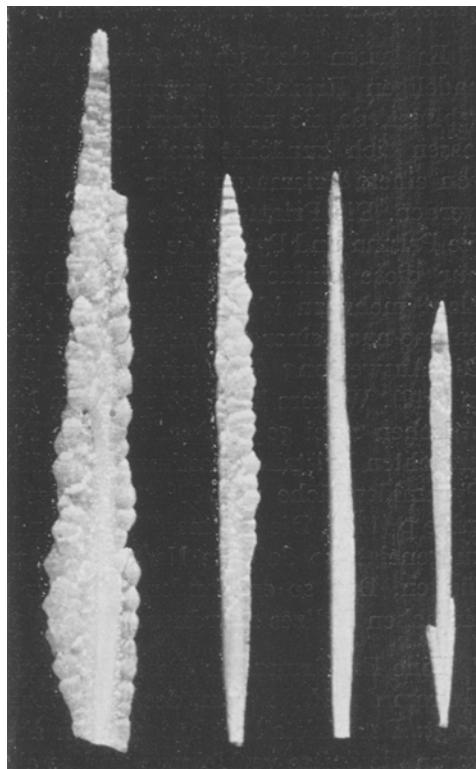


Abb. 2. Einzelkristalle des Nadelwulfenites von Dirstentrift, Nordtitol. (Vergroßerung 8 fach.) Photo: Bors und Müller, Wien.

Der chemische Nachweis von Blei (Kaliumjodid) und Molybdän (Kaliumxantogenat) bestätigt, daß es sich um Wulfenit handelt. Überdies wurde eine Drehkristallaufnahme nach der Längsrichtung der Nadel durchgeführt, die die bekannten Konstanten der Elementarzelle des Wulfenites ergab (*Strunz* [21]).

Die nadeligen Kristalle in einer durchschnittlichen Länge von 10 mm und Stärke von 0·1 bis 0·5 mm sind von hellgelber, orangegelber oder mehr rötlicher Farbe.

Es lassen sich unter dem Binokular verschiedene Typen von nadeligen Kristallen unterscheiden. Sie sind stets einseitig ausgebildet, da sie mit einem Ende aufgewachsen sind (Abb. 2). Es lassen sich zunächst mehr heller gefärbte Nadeln erkennen, die von einem Prisma und der dazugehörigen Pyramidenform gebildet werden. Die Prismenfläche zeigt eine Streifung parallel zur Kante, die Prisma und Pyramide miteinander einschließen. Da die Kristalle nur diese einfachen Flächformen aufweisen und goniometrisch nicht mehr zu identifizieren sind, habe ich eine Drehkristallaufnahme nach einer zu den Prismen senkrechten Querachse gemacht. Die Auswertung der Aufnahme ergibt für die Prismen die Indizes m (110). Weiters habe ich mit dem Mikroskopdrehtisch den Winkel zwischen zwei gegenüberliegenden Pyramidenflächen an zehn ausgesuchten Kristallen bestimmt. Im Mittel folgt für die Poldistanz der Pyramidenfläche $\rho = 65^\circ 47'$ ¹. Dies entspricht der Einheitspyramide p (111). Die Prismenflächen sind jedoch meist gegen die Spitze zu geneigt, so daß die Nadeln sich nach dieser Richtung hin verjüngen. Den so entstandenen steilen Pyramiden lassen sich keine einfachen Indizes zuordnen.

Eine Erklärung für diese abnormale Ausbildung gibt das andere Extrem der Nadelform, dessen Färbung mehr zu rötlicheren Tönen neigt. Der Kristall ist aufgelöst in einzelne Subindividuen, die sich gegen die Spitze verkleinern und so ein nadeliges Gebilde formieren. Eine größere Anzahl von tetragonalen Bipyramiden p (111) ist nach der Basis verwachsen und bildet einen Kristallstock. Zwischen dieser und der anfangs erwähnten Ausbildung gibt es alle Übergänge von deutlich abgesetzten Subindividuen bis zur Kombinationsstreifung auf Prismenflächen. Diese einfachen Kristallstücke können wieder zueinander verwachsen sein, so daß massivere Nadeln entstehen, die einen kreuzförmigen Querschnitt erhalten.

¹ Aus zehn Messungen von $111 \wedge \bar{1}\bar{1}1$ mit dem Mikroskopdrehtisch folgt für $\rho = 65^\circ 35'$.

Nach den Winkeltabellen von *V. Goldschmidt* (6) ist $\rho_{(111)} = 65^\circ 51'$.

Auch Anordnung der Nadeln zu Büscheln und strahligen Aggregaten lassen sich beobachten.

Ähnliche Kristallstöcke konnte ich an einer Stufe sehen, die aus der Betriebssammlung des Bergbaues Dirstentrift stammt. Ein von Gangletten überzogenes Bleiglanzstück überdecken gedrungene durchscheinende Kriställchen von orangegelber Farbe. Sie weisen gewöhnlich einen keulenförmig verdickten Kopf auf, den wieder die Einheitspyramide krönt, wie aus zehn mikroskopischen Messungen für $\rho = 65^\circ 51'$ hervorgeht (Abb. 3). Die unregelmäßigen Prismenflächen tragen wieder die geschilderte Kombinationsstreifung. Unter dem Mikroskop zeigen die Kristalle gerade Auslöschung, sind optisch einachsig und haben negative Doppelbrechung. Sie zeichnen sich durch einen überaus starken Pleochroismus aus, auf den ich später noch zurückkommen möchte: auf (100) nach ϵ orangebraun und nach ω gelbgrün.

Die durchscheinenden Kriställchen lassen im Innern etwas dunkler gefärbte nadelige Wachstumszonen erkennen. Ich habe bis acht solcher Zonen gezählt. Wir sehen so, daß die Anlage des Kristallstocks von Anbeginn schon vorgezeichnet worden ist und das Breitenwachstum erst später einsetzte. Die Ausblühung des Wulfenites in zarten Kristallstöcken zeugt von der großen Kristallisationsgeschwindigkeit und Schwankungen der Zufuhr an Lösung, die lokal auf den Kristall beschränkt sein mögen.

Bisher ist über Parallelverwachsungen nach der Basis, im besonderen von tetragonalen Bipyramiden p (111) beim Wulfenit nur wenig bekannt geworden. *L. Bach* (1) beschreibt eine Parallelverwachsung von Kristallen auf Bleiberger Stufen.

Acht einzelne braungelbe bis rotgelbe Tafeln, eine Kombination von p (111) und m (110), verwachsen zu einer nach oben sich verjüngenden Pyramide. Eine hübsche Parallelverwachsung von zwei Kristallen bringt *A. Sigmund* (20) aus Annaberg/Niederösterreich. Zwei Kristalle mit herrschender Form p (111) verwachsen ähnlich wie beim „Szep-terquarz“, wobei der obere Kristall etwas kleiner und manchmal etwas lichter als sein Träger gefärbt ist. Im übrigen sind Parallelverwachsungen nach c (001) beim Wulfenit durchaus keine Seltenheit, sondern eine häufige Erscheinung. Ich konnte diese Parallelverwachsungen von Tafeln und Bipyramiden an zahlreichen Blei-

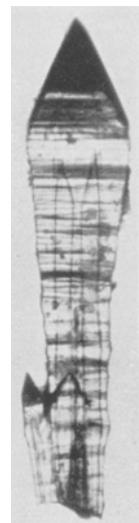


Abb. 3. Kleiner nadeliger Wulfenitkristall von Dirstentrift, Nordtirol. (Vergrößerung 60 fach.)
Photo: Bors u. Müller

berger und Mießer Stufen beobachteten, worauf ich im folgenden noch verweisen werde¹.

Am ehesten lassen sich jene aufgefundenen nadelförmigen Gebilde mit den Kristallstöcken vergleichen, die *Hjortdahl* (10) bei der Synthese des Powellit CaMoO_4 aus dem Schmelzfluß der Komponenten CaCl_2 und NaMoO_4 erhalten hat.

Solche Gebilde entstanden auch bei gleichartigen Wulfenitsynthesen, die ich gemeinsam mit Prof. *Haberlandt* ausgeführt hatte. Die Schmelzen wurden schnell abgekühlt.

II. Neuere Wulfenitvorkommen in Bleiberg / Kärnten.

Aus der Grube Stefanie der Bleiberger Union sind in den letzten Jahren einige bemerkenswerte Wulfenitfunde bekannt worden. Es sind vor allem zwei getrennte Fundstellen, deren Paragenese und Ausbildungsformen des Wulfenit für sich besondere Eigenart zukommt. Beide Vorkommen sind unmittelbar an oxydierte Erzgänge gebunden.

Das erste Vorkommen war zirka 150 m unter Tag oberhalb des 3. Laufes (bei Kilometer 6·3 des Franz-Josef-Stollens). Dieser einmalige Wulfenitfund lag auf kleinem Raum im Barbaraerzgang. Dieser hat das für diesen Lagerstättenteil typische NO—SW-Streichen. Der Erzgang führte hier reichlich Bleiglanz mit Baryt, die Blende vererzung fehlte. Der Bleiglanz war hier zum größten Teil oxydiert, der Gangkalzit zersetzt und nur der Baryt in der Gangmasse erhalten geblieben. Den Gang durchsetzte unregelmäßig in seiner Längsrichtung ein Kanal oder „Krack“, wie die Bergleute solche Zeugen vergangener Wassertätigkeit zu nennen pflegen. Das beschriebene Wulfenitvorkommen lag an der Scharung des Erzganges mit der Hauptsüdschlagfläche.

Die Vererzung wurde mehrfach durch junge OW-Verwürfe durchsetzt, von denen zwei Verwürfe jene eigenartige Wulfenitinsel begrenzten. Darüber hinaus wurden bis heute keine ähnlichen Wulfenite im Gangbereich aufgefunden².

¹ Kristallographisch vergleichbare Wulfenite konnte ich dagegen an Sammlungsstufen aus Bleiberg und auch Mieß beobachten. So wurden mir dankenswerterweise von Hofrat Prof. *H. Michel* aus der Sammlung des Wiener Naturhistorischen Museums vom Friedrichstollen in Bleiberg grünliche Nadeln und vom Rudolfschacht (4. Lauf, Maschinkluftgang) ähnliche Kristalle zur Bearbeitung zur Verfügung gestellt.

² Ganz ähnliche Kristallbildungen: graue nadelige Wulfenite, vermengt mit grünen, dicktafeligen Kristallen und rötlichen Bipyramiden wurden jüngst im Revier Franz-Josef in einem analogen Vorkommen angetroffen.

Bei der Besichtigung des Aufschlusses konnte ich an einem der OW-Verwürfe einen einwandfreien Wulfenitspiegel beobachten, der ein tektonisch junges Alter des Verwurfes annehmen läßt oder andererseits auf ein relativ größeres Alter der Wulfenitbildung schließen läßt. Bekannt von diesem Fund sind aber auch brekziöse Brocken des ausgebleichten grusigen Wettersteinkalkes, die mit Wulfenitkristallen vermischt sind. Der Wettersteinkalk hat außerhalb des Gangbereiches keine bedeutsamen Veränderungen erlitten. Die Zufuhr der immerhin beträchtlichen Molybdänmengen muß angenommen werden.

Mannigfach sind die Farben: rotbraun, honiggelb, gelblich, grünlichgelb bis olivgrün und grauschwarz bis farblos. Mannigfach ist die Tracht: Tafeln nach c (001) mit b (113) und auch m (110), Bipyramiden p (111) und eigenartige nadel- oder spindelförmige Formen, auf die ich noch zurückkommen werde. Über die Verteilung der einzelnen Varietäten am Fundort wäre festzustellen, daß die größeren rötlichen bipyramidalen und honiggelben, auch orangegelben tafeligen Kristalle zusammen mit grünen und den charakteristischen farblosen Wulfeniten mehr die Kernzone längst des Kracks erfüllten, während vor allem dünntafelige grüne oder gelbliche, auch kleinere orangegelbe bipyramidale Wulfenite in den Spalten der Randzone im Wettersteinkalk zu finden waren. Die Sukzession der erwähnten Wulfenittypen ist nicht leicht zu übersehen und soll noch näher untersucht werden.

Am auffallendsten sind die farblosen oder durch Einlagerungen grau bis schwarz gefärbten Wulfenite, die manchmal auch einen leichten Stich ins Gelblichgrüne aufweisen können. Bezeichnend für Färbungsursache und Bildung dieser Wulfenite, ist die Beobachtung, daß jene farblosen Nadeln sich zwischen Wulfenite mit grünlichen Farbtönen einreihen, die meist tafeligen Habitus vorwalten lassen und ihrerseits Kristallen mit rötlichen oder gelblichen Farben nachfolgen oder vorangehen. Die Ursache der Grünfärbung ist noch der Gegenstand eingehender Untersuchungen, während das Rätsel der Gelb- und Rotfärbung im wesentlichen als gelöst betrachtet werden kann.

Gemeinsame Untersuchungen mit meinem verehrten Lehrer Prof. *Haberlandt* führten zu dem Ergebnis, daß dieses Farbenspiel von einem geringen Chromgehalt abhängig erscheint¹. Es ist notwendig zu bemerken, daß jene farblosen Kristalle nach einer spektrographischen Aufnahme, die freundlicherweise vom Herrn Dozent *Fr. X. Mayer* durchgeführt worden ist, fast kein Chrom und Vanadin ent-

¹ Eine ausführliche Arbeit hierüber soll an anderer Stelle veröffentlicht werden.

hielten. Es zeigt sich auch im Dünnschliff, daß in den farblosen Anteilen keinerlei Pleochroismus auftritt, während Partien, die von grünlichem oder gelblichem Wulfenit herrühren, die geschilderten pleochroitischen Eigenschaften haben. Es liegt nahe, daß die optischen Eigenschaften des Wulfenites vom Chromgehalt abhängig sind.

Die schwarze oder graue Färbung röhrt von dunklen flockigen Einlagerungen her, die wahrscheinlich als Überreste des zersetzen Bleiglanzes anzusehen sind. Nach *P. Groth* (7) stammt die gleichartige Graufärbung an den Příbramer Wulfeniten vom Bleiglanz der Unterlage und die farblosen Kristalle sind reinstes Bleimolybdat, die hier Einlagerungen von feinstem Bleiglanzmum zu zeigen. Diese schwarzen Einlagerungen sind auf den farblosen Wulfenit und die angrenzenden grünlichen Individuen beschränkt.

Eine Analyse von reinem farblosen Wulfenit brachte folgendes Ergebnis:

PbO	60.67%
MoO ₃	39.15%
R ₂ O ₃	0.06%
CaO	0.09%
Summe	99.97%

Kristallographisch ähnliche Wulfenite gibt *P. Groth* (7) von Berggießhübl/Sachsen an, die irrtümlicherweise für Stolzite angesehen worden waren: p (111) mit der gekrümmten Fläche eines Tritoprismas. Für die Příbramer Kristalle wird von demselben Autor p (111), ζ (740) und das ditetragonale Prisma r (430) angegeben. *A. Johnson* (12) beschreibt solche nadelige Kristalle mit p (111), c (001) und β (230) mit schräger Streifung. Die Kristalle sind deutlich hemimorph, da (001) fehlt und (111) kleiner als (111) ausgebildet ist. *L. Bach* (1) findet an den Příbramer rauchgrauen Wulfeniten die Flächenformen: c (001), p (111), β (230), m (110), r (430) und q (210). Von Bleiberg allein sind aus der Grube Max/Kreuth nach *V. v. Zepharovich* und *A. Brunnlechner* (25, 24, 2) graue spitzpyramidale Kriställchen mit geringem Kalziumgehalt (zirka 1% CaO) bekannt geworden. Der Wulfenit war wie am Barbarerzgang mit zerborstenem Bleiglanz, kreideähnlichen Kalkpartien, aber auch Cerussit, jüngerem gelben Wulfenit und Hemimorphit vergesellschaftet. Man beobachtete die Flächen: p (111) dominierend, untergeordnet c (001) und o (011), matte gewölbte Tritoprismen, die schlecht vermeßbar waren und lamellaren Aufbau hatten.

Ihre Indizierung war unsicher: ζ (740) und q (210)¹. Die Kristalle konnten auch gelbliche, bräunliche oder grünliche Farbnuancen haben. Die dunkler gefärbten Kristalle hätten sich durch einen größeren Kupfergehalt ausgezeichnet (zirka 0,4% CuO)².

Die durchschnittlich 1—2 cm großen Kristalle des Barbarerzganges und auch vom 5. Lauf Franz-Josef (Siehe Anmerkung oben!) weisen fast stets die gut reflektierenden Einheitspyramiden p (111) auf. Außerdem sind m (110) oder häufiger Tritoprismen vorhanden, die aber keine normalen Reflexe, sondern nur Lichtzüge ergeben, die immer nach p (111) streben. Die Lichtzüge sind verschwommen und breit, aber meist hinreichend deutlich, um eine Indizierung zu gewährleisten. Der Meßfehler beträgt im äußersten Fall 3°, das ist die Maximalbreite der Lichtzüge. Der Schnittpunkt der Lichtzüge mit der Prismenzone gibt die so indizierten Flächen.

Für gewöhnlich treten zwei Tritoprismen in verschiedener Kombination auf: q (210) oder ζ (740) als bevorzugte Flächen, ebenso β (230), meist untergeordnet r (340) ditetragonal oder auch ζ (740), selten α (560). Die Tritoprismen zeigen immer lamellar eine deutliche Kombinationsstreifung nach [p q], [p r], [p ζ] oder [p β]. Ebenso kann die Einheitspyramide auf dem den Prismen zugewandten Teil eine Streifung parallel den Kanten tragen. Die Kristalle erinnern entfernt an den schon beschriebenen Wulfenit von Dirstentrift. Für die Wachstumsgeschichte ist jedoch bemerkenswert, daß sich in diesen Kristallen dunkle Einlagerungen parallel zur Basis stellen.

Außerdem tritt auch bei diesen Kristallen eine rauhe Abstumpfung nach c (001) auf, wobei bisweilen ein eigenartiges Wachstumsgrübchen mit einer Erhebung in der Mitte zu beobachten ist.

Die Prismenflächen sind gekrümmt und geneigt und verleihen dem zweiseitigen Kristall Spindelgestalt. Die Kristalle sind meist so aufgewachsen, daß sie nach der Basis orientiert auf tafeligen oder pyramidalen Individuen aufsitzen. Andererseits können gleichermaßen orientierte tafelige Kristalle auf der Abstumpfung nach c (001) als neue Generation fortwachsen.

Das zweite interessante Vorkommen und zugleich die größte Wulfenitkonzentration findet man aber 300 m unter Tag am 6. Lauf

¹ Wie ich an einer solchen alten Stufe der mineralogischen Sammlung des naturhistorischen Museums in Wien sehen konnte, die mir dank des freundlichen Entgegenkommens von Hofrat Prof. H. Michel zugänglich gemacht wurde, tritt auch hier die schon im ersten Abschnitt beschriebene Parallelverwachsung nach der Basis deutlich hervor.

² Nach eigenen spektrographischen Untersuchungen einiger verschieden gefärbter Wulfenitkristalle bezweifle ich jenen hohen Kupfergehalt. Die von mir untersuchten Bleiberger Wulfenite enthielten nur bis 0,005% Cu.

der Grube Stefanie. Bei der Erschließung dieses Grubenbereiches wurden nach der Schilderung des Vorstehers *A. Unterlass*, dem ich an dieser Stelle für seine Bemühungen danken möchte, in den Jahren 1943 bis 1945 eine NO—SW-Kluft angefahren, die reichlich stahlgraue korrodierten Bleiglanz mit Cerussit und Kieselzinkerz führte. Beim Abbau stieß man auf eine offene Gangkluft, deren Wandungen fast zur Gänze mit größeren Wulfenittafeln bedeckt waren. Die Kluft war zum Teil mit losen Brocken des Wettersteinkalkes gefüllt, die auf der geschützten Unterseite große und schöne Wulfenitkristalle trugen. Die lettenbedeckte Oberseite zeigte nur kleinere und unansehnlichere Wulfenite. Der Wulfenit wurde

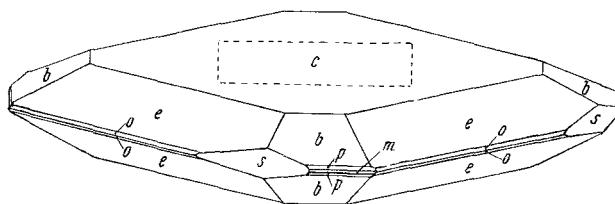


Abb. 4. Tafeliger Wulfenitkristall, Bleiberg, Grube Stefanie, 6. Lauf: c (001), e (012), b (113), s (131), p (111), o (011), m (110). Das quadratische Kernstück ist nach (110) orientiert. Idealisiert gezeichnet.

ebenso zusammen mit Bleiglanz, Cerussit und Plumbokalzit angetroffen wie auch mit Kieselzinkerz, dessen knolligen Aggregate im Limonitmulm verborgen lagen. Eine umfangreiche Zerstörung der Kristalle durch tektonische Bewegungen konnte nicht beobachtet werden.

Die Kristalle am Wettersteinkalk zeigen stets zwei Trachten: matte rötliche Tafeln und gelbe Tafeln meist von außerordentlichem Glanz. Die rötlichen Tafeln, die oberflächlich manchmal einen Stich ins Violette aufweisen, sind eine Kombination von c (001) und b (113) als untergeordnete Fläche. Diese Kristalle zeigen häufig eine Parallelverwachsung nach der Basis. Die Flächenkombination der gelben Generation ist abwechslungsreicher: c (001), dann folgt e (012) und b (113), p (111), m (110) und o (011) sind nur ange deutet, n (010) kann auch fehlen. Die Hemimorphie kann sich in der Variation der Größe von e (012) und b (113) ausdrücken oder, was am häufigsten der Fall ist, durch die Anwesenheit der Tritopyramide s (131), die regelmäßig nur auf einer Kristallhälfte auf scheint. Diese sehr steile Fläche kommt bei dieser häufigen Varietät des Bleiberger Wulfenit allgemein vor, so daß die hemimorphe Ausbildung den Reiz der Seltenheit verliert. Da die Fläche s (131) etwas gerundet ist und dadurch schwerer vermeßbar, war sie ursprünglich für ein Tritoprisma gehalten worden. Koch (13) zweifelte diese von

Naumann (16) gefundene Flächenform an. L. Bach (1) bestätigte dann das Auftreten von s (131). Einen für dieses Vorkommen typischen Kristall habe ich in Abb. 4 dargestellt.

Die Endfläche c (001) kann, wie ich beobachten konnte, auch Vizinalflächen mit den Indizes Φ (0.1.16) und χ (0.1.12) tragen. c (001), p (111), b (113) und o (011) liefern stets gute Reflexe, e (012) ist matt und kann auch als Wachstumserscheinung eine sehr deutliche Streifung nach der Pyramide b (113) haben, die in der bevorzugten Wachstumsrichtung liegt.



Abb. 5. Zwei Wulfenitgenerationen, Bleiberg, Grube Stefanie, 6. Lauf. Die dunkleren Kristalle c (001) mit b (113) werden von den lichten Tafeln mit c (001) mit vorwiegend e (012) umwachsen. (Etwa natürliche Größe). Sammlung Ing. Kontrus. Das Photo wurde dankenswerterweise von Herrn Ing. K. Kontrus zur Verfügung gestellt.

Die gelben Kristalle lassen auf c (001) einen Zonenbau nach (110) und eine milchige Quadratplatte im Kern erkennen, deren Seitenkanten (110) parallel gehen. (Abb. 4). Die Erklärung ist offenkundig im Trachtenwechsel zu finden. Diese Erscheinung ist sehr häufig auch auf älteren Stufen von Bleiberg zu sehen. In der ältesten Monographie des Wulfenites 1785 beschreibt der Kärntner Naturforscher und vorzügliche Beobachter X. Wulfen (23) einen „wassericht-zitronengelben fliesigen Bleyspat mit vier, aber widersinnig eingeschriebene und anders gefärbte Raute einschließenden Fliesen“ und bringt kolorierte Bilder von solchen Wulfenitstufen zum Abdruck u. a. c. o. Tab. 4, Fig. 10).

Übereinstimmend mit Herrn Ing. K. Kontrus fand ich die rötlicheren Kristalle als die ältere Generation, die unmittelbar den Wettersteinkalk bekleidet und zum Teil mit Limonit oder einem eisenschüssigen Tonbelag bedeckt ist.

Auf Grund der schon angeführten Erkenntnisse bestimmte ich den Chromgehalt beider Trachten und fand im rötlicheren Wulfenit 0'008% Cr und in lichteren gelben Individuen 0'003% Cr. Mangels leicht gangbarer empfindlicherer Möglichkeiten wurde zunächst das Chrom ohne Abtrennung des Molybdän nach einem Aufschluß mit Soda-Salpeter einfach als Chromat kolorimetriert. Es wurden in diesem Fall je zwei Analysen durchgeführt. Die Proben wurden nur ein und derselben Stufe entnommen.

Bemerkenswert ist schließlich auch die Beobachtung, daß die gelben durchsichtigen Kristalle oft um die ältere Generation nach c (001) orientiert gewachsen sind. Die roten Tafeln erscheinen in 45°-Stellung aufgesetzt, da die e (012)-Flächen der jüngeren Tracht bevorzugt groß gewachsen sind und diese Flächenform bei der älteren Generation vollständig fehlt (Abb. 5).

III. Einige kritische Bemerkungen zur Genesis des Wulfenites.

Aus Beobachtungen an Ort und Stelle mag man es sich erlauben, einen vorsichtigen Schluß auf die Bildungsbedingungen und ihre Verschiedenheiten an beiden erwähnten Wulfenitfundstellen zu ziehen. Am Barbaraerzgang fanden die Umsetzungen bei der Zersetzung des Bleiglanzes auf engem Raum statt. Vielleicht waren die Lösungen dabei konzentrierter als im zweiten Fall. Am 6. Lauf der Grube Stefanie gab es größere Hohlraumbildungen. Weiters wird der bleiische Barbaraerzgang wesentlich andere Lösungsgenossen geboten haben, als am 6. Lauf, wo neben Bleiglanz auch Zinkblende und Markasit auftraten.

In beiden Fällen muß man annehmen, daß das Molybdän zugeführt worden ist. Von einer Lateralsekretion auf engem Bereich kann man sicherlich nicht sprechen. Es bleibt die Frage strittig, ob bei der Entstehung des Gelbbleierzes aszendente oder deszendente Wässer am Werk waren, ob das Molybdän magmatischen oder sedimentär-organischen Ursprungs ist. Es sei aber den laufenden Untersuchungen mit einer Entscheidung nicht vorgegriffen.

Soviel steht jedenfalls fest: Die reichhaltigen Wulfenitvorkommen sind auf die nördlichen und südlichen Kalkalpen und auf bestimmte geologische Horizonte, wie den Wettersteinkalk und die Raibler Schichten, beschränkt.

Der Wulfenit ist eine Hutbildung (*A. Himmelbauer* [9] und *P. Krusch* [14]). Seine Konzentration nimmt gegen die untere Huttgrenze zu, um dann um so plötzlicher in der Tiefe zu verschwinden. Dabei kann von einem regelmäßigen Grundwasserspiegel in kalkigen Gesteinen, die zu Karsterscheinungen wie „Kracken“ führen, nicht

die Rede sein (*H. Schneiderhöhn* [18]). Die Zunahme des Wulfenites geht somit parallel der Zunahme des CO₂-Gehaltes der Tagwässer, der an der Hutmarge ein Maximum erreicht. Zweifellos bildet sich der Wulfenit aus mehr alkalischen Lösungen, wovon die Limonitabsätze zeugen. Dem CO₂-Gehalt könnte nach *A. Himmelbauer* (9) und *E. Dittler* (3, 4) bei der Ausfällung des Bleimolybdates sicherlich eine fördernde Aufgabe zukommen.

Mögen auch als Seltenheit einzelne Wulfenitkristallchen aus größeren Teufen (so vom Antonischacht, 400 bis 500 m unter Tag) bekannt geworden sein, stets finden sie sich aber mittelbar oder unmittelbar mit anderen typischen Oxydationsmineralien, wie z. B. Cerussit- oder Limonitbildungen vergesellschaftet.

Mit der Zunahme der Wasserführung des Gesteines steigt die Möglichkeit des Auftretens von Gelbleierz. Diese Bedingung erscheint notwendig, aber nicht hinreichend.

Es ist ferner bekannt, daß Organismen Molybdän um mehr als den tausendfachen Betrag des Verteilungskoeffizienten in der obersten Erdkruste anreichern können.

W. Siegl (19) konnte im bituminösen Hauptdolomit, speziell in den bituminreichen Einlagerungen, Molybdän mit Kaliumxanthogenat sicher nachweisen.

Eigene spektrographische Untersuchungen von Sedimentgesteinen aus Bleiberg, besonders von Hauptdolomiten und „Ölschiefern“, ergaben neben Molybdän, das fast regelmäßig angetroffen wurde, auch u. a. Gehalte an V, Cr, Ti, Ni, Cu, Pb und B. Es spricht sicherlich manches dafür, daß die Quelle des Molybdän in den bitumenhaltigen Sedimenten zu suchen wäre.

Unklar und unbekannt bleibt jedoch: Vor allem wäre das Mysterium der Molybdänherkunft nur dann einwandfrei im Sinne sedimentär-organischer Ableitung als enthüllt zu betrachten, wenn dieses Element in genügender Konzentration (10⁻¹ bis 10⁻⁴ % je nach Mächtigkeit) in den von der Vererzung und Hutmarge unmittelbar betroffenen geologischen Horizonten nachgewiesen wäre.

Das Molybdän müßte im Sedimentgestein stets gegenüber seinen verwandten Elementen, wie Chrom, Vanadin und Wolfram relativ angereichert sein oder ihrem Betrag zumindest gleichkommen, da die gleichfalls möglichen Bleiminerale dieser Elemente zurücktreten oder überhaupt fehlen. Auch eine Phosphorarmut müßte nachgewiesen werden.

Merkwürdig und zunächst unerklärlich ist das Zurücktreten des gleichfalls organophilen Schwermetalles Vanadin als Mineralbildner

auf diesen Lagerstätten. Der Wulfenit selbst enthält Vanadin in der Größenordnung von 10^{-1} bis $10^{-2}\%$ V.

Gleichfalls verzettelt erscheint das Chrom, wobei es nicht zur Bildung von Krokoit gekommen ist. Nur im Wulfenit reichern sich nennenswerte Crommengen (10^{-2} bis $10^{-3}\%$ Cr) an, ebenso im seltenen Deskloizit und Vanadinit.

Aus den angereicherten Mengen an Gelbbleierzen, die durchaus bergbaulich nutzbar erscheinen und für eine große Lagerstätte in die Größenordnung von tausend Tonnen Molybdän gehen können, würde man bei dieser Sachlage zweifellos die Zufuhr und Konzentration solcher Molybdänmengen aus der Tiefe annehmen, wobei das Molybdän von einem granitischen Magma stammen müßte oder zumindest auf diese Weise mobilisiert worden wäre. Wismuth, Zinn und vor allem das biophobe Wolfram müßten dann als Spurenelemente auftreten.

Es wäre aber eher denkbar, daß bei Auslaugung der Sedimentgesteine eine Differentiation der sedimentogenen Spurenelemente einsetzt, die durch die Art der Bindung an das Gestein und Unterschiede im chemischen Verhalten bedingt ist. Während vom Vanadinit bekannt ist, daß es im Bitumen an stabile Porphyrinkomplexverbindungen gebunden ist, ist vom Molybdän dies nicht erwiesen. Eine weniger stabile anorganische oder organische Molybdänbindung wäre zu vermuten.

Ungeklärt erscheint ferner die Bedeutung eines interessanten Fundes, der nach einer dankenswerten Mitteilung der Bleiberger Werksdirektion von Dr.-Ing. *H. Holler* am 5. Lauf des Rudolfschachtes gemacht worden war. Die zugesandten Proben lassen eine lockere schwarze, zum Teil aber matt metallisch glänzende Substanz erkennen, die nach chemischen Prüfungen im wesentlichen ein Molybdänsulfid darstellt. Zusammen mit dieser Substanz, die auf Harnischflächen dem Molybdänglanz verblüffend ähnlich sieht, kommen ferner Molybdänocker und reichlich Ilsemannit vor, der zuerst von Dipl.-Ing. *E. Hofmann* an dieser Stelle aufgefunden worden war. Die Eigenschaften der fraglichen Substanz weichen jedoch von denen des Molybdänglanzes ab. Die Zerreißlichkeit und Zersetzung ist auffallend. Es ist äußerst fraglich, ob Molybdänglanz vorliegt. Die Entscheidung soll durch eine Röntgenaufnahme getroffen werden. Die Annahme einer aszendenden Genese wäre daher nicht zwingend.

Alle Untersuchungen darüber (siehe auch die Anmerkung bei der Korrektur) und damit im Zusammenhang über die Mineralisation und die geochemische Verteilung der Spurenelemente in der Bleiberger-Kreuther Lagerstätte sind im Gange und deren Ergebnisse sollen später ausführlichst berichtet werden.

Nachwort.

Die vorliegende Arbeit ist der Anfang weitreichenderer Untersuchungen über den Wulfenit, die von dem ehemaligen Vorstand des Mineralogischen Institutes der Universität Wien o. Prof. A. *Himmelbauer* geplant waren, deren Ausführung und Vollendung aber sein früher Tod verhindert hatte. Diese Arbeit sei seinem Gedenken gewidmet.

Diese Untersuchungen wurden im mineralogischen Institut der Universität Wien durchgeführt. Für alle stets bereitwilligen Unterstützungen und Förderungen, für die Benützung der Apparaturen und der Sammlungen möchte ich vor allem meinen verehrten Lehrern, dem Vorstand des Institutes Herrn Prof. *F. Machatschki*, sowie Herrn Prof. *H. Haberlandt*, auf dessen Anregung und unter dessen ständiger Anleitung die Arbeiten aufgenommen worden sind, herzlich danken. Weiters bin ich dem Generaldirektor des Wiener Naturhistorischen Museums Herrn Hofrat Prof. *H. Michel*, der mir in entgegenkommender Weise das Material aus den ihm unterstehenden Sammlungen zur Verfügung stellte, zum Dank verpflichtet. Ebenso muß ich den Herren Direktoren der Bleiberger Union Dr. *Uchann*, Dr.-Ing. *Tschernig*, sowie vor allem dem Werksdirektor des Bergbaues Bleiberg-Kreuth Dipl.-Ing. *Steiner*, den Betriebsleitern Dr. *Kostelka* und Dipl.-Ing. *Hofmann* für die verständnisvolle Unterstützung, die sie meinen Arbeiten gewährt haben und gewähren, meinen aufrichtigen Dank abstatten. Dem Herrn Doz. *Fr. X. Mayer* habe ich für spektrographische Aufnahmen, die er liebenswürdigerweise ausführte oder zu deren Ausführung er mir die Anleitung gab, zu danken. Ferner sei dem Herrn Ing. *K. Kontrus* und dem Herrn *A. Unterlaß* für die fördernde Überlassung von Stufen und Arbeitsmaterial gedankt.

Anmerkung bei der Korrektur (S. 338, unten): Eigene Röntgenaufnahmen, die dankenswerterweise bei Frau Dr. K. Castelliz am Institut für physikalische Chemie der Technischen Hochschule Wien durchgeführt werden konnten, deuten auf die kolloidale Struktur der fraglichen Substanz. Wiederholt Pulveraufnahmen (Cr-Strahlung, 10 mA, 20 KV und siebenstündige Belichtung) zeigen keine erkennbaren Reflexe. Wahrscheinlich liegt also ein kolloidales Molybdänsulfid vor, wie es *H. Cornu* („Über Jordosit“, Zeitschr. f. Ch. u. Ind. d. Kolloide 4 [1909], S. 96) erstmalig von Freiberg-Sachsen ohne gesicherte Angabe der Bruttoformel beschrieben hat.

Nach einer inzwischen erschienenen Veröffentlichung von *H. Meixner* („Kurzberichte über neue Kärntner Minerale und Mineralfundorte II“, Der Karinthän, Folge 6, August 1949, S. 109) haben mir seinerzeit unbekannte chalkographische und röntgenographische Untersuchungen in Göttingen und Leoben zu dem gleichen Resultat geführt. Eine ausführliche Bearbeitung jenes noch ungesicherten Minerale wird von *H. Meixner* und *O. Friedrich* erfolgen. Durch diese Bestimmungen werden die genetischen Schlüsse von *H. Holler* — hochthermale-pneumatolytische Ent-

stehung — gegenstandslos. Auf Grund einer Werksanalyse dachte er an Molybdänglanz. („Molybdänglanz auf der Bleiberger Lagerstätte“, Der Karinthin, Folge 4, Jänner 1949.)

Zur Genesis des Molybdänsulfides ist festzustellen, daß unter Ausschluß der syngenetischen Entstehung wohl anzunehmen ist, daß das Molybdän durch Zufuhr angereichert worden ist. Nach einer Besichtigung der Fundstelle liegt das Vorkommen in einer jüngeren Kluft, die eine Blendeveinerzung durchsetzt (vgl. auch *H. Holler*, c. o.). Kalkspat vom Typ Freiburg erscheint jünger als der Absatz des Molybdänsulfides.

Als reichliches Spurenelement ist spektrographisch nur Arsen nachweisbar (vgl. auch *H. Holler*, c. o.). Zn und Pb röhren von vermutlich mechanisch beigemengten Erzspuren her. Die sonst den sedimentären Zyklus charakterisierenden Elemente, wie z. B. V, Ni, Cr, Ti, Cu, B, usw., sind nur in geringeren Spuren vorhanden oder fehlen überhaupt.

Der Absatz des Molybdänsulfides ist sicherlich keine Bildung, die der Oxydationszone zuzurechnen ist. Trotzdem ist die Annahme einer späten tiefthermalen magmatogenen Molybdänzufuhr daurhaus nicht die einzige diskutierbare Möglichkeit, wie überhaupt die Molybdänfrage nur aus der Summe der Erscheinungen beantwortbar wird. Es wäre so vielleicht denkbar, daß aszendente Wässer das Molybdän den hälftigen Gesteinspartien entzogen hätten oder etwa tiefer vordringende deszendente molybdähnliche Lösungen mit sulfidhaltigen Thermen in Berührung gekommen wären. Es ist abzuwarten, ob der Fund ein Unicum bleibt.

Während der Korrektur erhielt ich auch von einer größeren Arbeit von *F. Hegemann*: „Die Herkunft des Mo, V, As und Cr in Wulfeniten“ (Heidelberger Beiträge zur Min. u. Petr. 1, Heft 5/6, S. 690) Kenntnis. *F. Hegemann* war das Vorkommen des Molybdänsulfides noch unbekannt. Aus dem Spurengehalt des Wulfenites schließt er auf die sedimentäre Herkunft des Molybdäns. Die Quelle des Molybdäns sieht er vor allem in der Oolithbank (eine 0,25 m mächtige bituminöse Mergelbank im Liegenden des ersten Carditaschiefers) mit 0,02% Mo im Durchschnitt. Er kennt aber die Ölschieferlagen im Hauptdolomit nicht. Nach chemischen und spektralanalytischen Untersuchungen konnten von mir auch in den „Ölschiefern“ vom Finstergraben und Woschakgraben westlich Bleiberg/Kreuth 0,05 bis 0,1% Mo nachgewiesen werden.

Die Ergebnisse eingehender Untersuchungen über die Herkunft des Molybdän werden in einer gesonderten Veröffentlichung folgen.

Literatur.

1. *L. Bach*, „Über den Wulfenit“, Neues Jahrbuch für Mineralogie, Bd. 54 A (1926) S. 380. — 2. *A. Brunnlechner*, „Die Mineralien des Herzogtums Kärnten“, Klagenfurt, 1884. — 3. *E. Dittler*, „Versuche zur synthetischen Darstellung des Wulfenites“, Zeitschrift für Kristallographie 53 (1914) S. 158. — 4. *E. Dittler*, „Weitere Versuche zur synthetischen Darstellung des Wulfenit“, Zeitschrift für Kristallographie 54 (1915) S. 332. — 5. *G. Gasser*, „Die Mineralien Tirols“. Innsbruck, 1913. — 6. *V. Goldschmidt*, „Kristallographische Winkeltabellen“. Berlin, 1897. — 7. *P. Groth*, „Mitteilungen einiger am Wulfenit angestellter chemischer Versuche“. Zeitschrift für Kristallographie 7 (1883) S. 592. — 8. *W. Hammer*, „Über Gelbbleierz im Oberinntal“, Zeitschrift des Ferdinandeums für Tirol und Vorarlberg, 5. Folge (1915) S. 59. — 9. *A. Himmelbauer*, „Gelbbleierz aus Kärnten“. Tschermaks mineralogische und petrographische Mitteilungen, 26 (1907) S. 491. — 10. *Th. Hiortdahl*, „Kristallform der Erdalkali-Molybdate usw.“. Zeitschrift für Kristallographie, 12 (1887) S. 411. — 11. *M. Isser*, „Die Blei- und Molybdänvorkommen im oberen Inntal“. Bergbau und Hütte, 1919 S. 91. — 12.

- A. Johnson, „Zur Symmetrie des Wulfenit“. Centralblatt für Mineralogie, 1908, S. 712. — 13. S. Koch, „Über den Wulfenit“. Zeitschrift für Kristallographie, 6 (1882), S. 389. — 14. P. Krusch, „Die mineralogischen Rohstoffe“ 2. Heft, Molybdän, Monazit, Mesothorium. Stuttgart, 1938. — 15. P. Krusch, „Über die Stellung des Gelbbleierzes in der Reihe der Leiterze im Lichte der im Kriege geschaffenen Aufschlüsse in Kärnten, Werdenfels und Dirstentrift“. Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen des preußischen Staates, 1918. — 16. C. Naumann, Poggendorfs Annalen, 34 (1835) S. 373; 35 (1835) S. 528. — 17. C. Schmidt, Eclogae geologicae Helv., 7 (1901) S. 139. — 18. H. Schneiderhöhn, „Die Oxydations- und Zementationszone der sulfidischen Erzlagerstätten“. Fortschritte der Mineralogie, 9 (1924) S. 67. — 19. W. Siegl, „Zur Wulfenitbildung in manchen Blei-Zinklagerstätten“. Berg- und Hüttenmännische Monatshefte 92, Heft 1/3 (1947) S. 49. — 20. A. Sigmund, „Über einige seltene Mineralien in Niederösterreich“. Tschermaks mineralogische und petrographische Mitteilungen, 23 (1904) S. 87. — 21. H. Strunz, „Mineralogische Tabellen“. Leipzig, 1941. — 22. G. Tschermak, „Lehrbuch der Mineralogie“. Wien, 1927. — 23. Fr. X. Wulffen, „Über den kärntnerischen Bleyspat“. Wien, 1785. — 24. V. v. Zepharovich, „Über Brookit, Wulfenit, Stolzit“. Zeitschrift für Kristallographie, 8 (1884) S. 583. — 25. V. v. Zepharovich, „Mineralogisches Lexikon für das Kaisertum Österreich“. III, S. 266.