

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg

**Herausgeber:** Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

**Band:** 50 (1960)

**Artikel:** Die Lokalität Lengenbach : Historie und Bestandsaufnahme : Studien über die Freiburger Binnentalsammlung I

**Autor:** Nickel, E. / Schaller, I.

**Kapitel:** E: Physiographie der Lengenbacher Sulfosalze und Hinweis auf ihre Vertreter in der Freiburger Binnentalsammlung

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-308378>

### 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:** 28.01.2026

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

## E. Physiographie der Lengenbacher Sulfosalze und Hinweis auf ihre Vertreter in der Freiburger Binnentalsammlung

Viele Fragen, die die Struktur der « Sulfosalze » betreffen, sind noch offen, was angesichts der komplexen Aufbauverhältnisse (Pseudozellen; Variabilität der Koordinationspolyeder : CuS<sub>4</sub>-Tetraeder ; Pb,AgS<sub>6</sub>-Oktaeder ; AsS<sub>3</sub>-Pyramiden ; Kettenbildung AsS<sub>2</sub> ; – und gegenseitigen Vertretungen) verständlich ist. Bei diesem Stand der Dinge ist es angebracht, die bisher bekannten physiographischen Daten als « vorläufige Hilfe » zusammenzustellen. Sicher werden sich nach Klärung der strukturellen Beziehungen manche der nachfolgenden Eigenschaftsangaben anders beziehen lassen ; auch konnten nicht alle sachlichen Widersprüche bei Referierung der Literatur beseitigt werden ; hierzu bedarf es einer Einzelbearbeitung der jeweiligen Minerale. Auch die « historischen Briefe » haben wohl gezeigt, daß es hierbei nicht ohne Schwierigkeiten abgehen wird.

Die metallisch glänzenden, bleigrauen Minerale sind einander sehr ähnlich, auch der Strich kann täuschen. Die meisten sind monoklin, aber pseudorhomisch ; die triklinen bzw. trimetrischen fallen aus dem Rahmen. In den meisten Fällen ist eine sichere Ansprache ohne goniometrische Winkelkontrolle nicht möglich ; derbes Material bedarf auf jeden Fall einer röntgenographischen Analyse. Daß auch die seinerzeitigen Bestimmer irren konnten, beweisen Röntgenaufnahmen an scheinbar eindeutigem Material, die uns zur Umetikettierung zwangen.

Um ein für alle Mal Verwechslungen zu vermeiden, wurde für jedes Handstück der Sammlung eine Karteikarte angelegt ; die betr. Nummern sind bei der Physiographie angeführt. Das goniometrisch Publizierte muß auf die chemischen und röntgenographischen Mitteilungen beziehbar sein. Wie die geschichtliche Darstellung gezeigt hat, hat die Unbeziehbarkeit von Analysen einerseits und Goniometermessungen anderseits gleich zu Anfang Verwirrung in die Lengenbachforschung hineingetragen.

Die Reihenfolge der Beschreibung deckt sich mit der auf Tabelle V angegebenen. Der dort zuoberst angeführte Binnit entfällt bei *dieser* Physiographie, weil er von I. Schaller getrennt beschrieben wird. Es folgen dann auf die reinen Bleispießglanze die Cu- und Ag-haltigen,

entsprechend der Gliederung nach Strunz. Folgende Minerale werden also besprochen :

*Mineralname und Abarten*

1. Dufrenoysit . . . . .	93
2. Sartorit = Skleroklas = Arsenomelan ; $\alpha$ -Sartorit . . . . .	101
3. Jordanit . . . . .	115
4. Rathit ; $\alpha$ -Rathit ; Wiltshireit ; Rathit II . . . . .	126
5. Liveingit . . . . .	137
6. Baumhauerit ; Baumhauerit II . . . . .	140
7. Seligmannit . . . . .	148
8. Lengenbachit . . . . .	155
9. Hatchit (?Gratonit) . . . . .	160
10. Hutchinsonit . . . . .	163
11. Trechmannit ; $\alpha$ -Trechmannit . . . . .	171
12. Smithit . . . . .	176
13. Proustit . . . . .	182
14. Marrit . . . . .	184
15. Sollyit und Tellit . . . . .	185

Für die Karteiangaben der Freiburger Sammlung wurden folgende Abkürzungen verwandt :

B = Binnentalsammlung ; bei allen Handstücken

f = (fest) aufgewachsener oder aufgeleimter Kristall

l = loser Kristall, Kristallsplitter

u w M = am Handstück sind noch weitere Minerale

( ) = die in Klammern angegebenen Ziffern besagen, daß diese Kristalle in der Literatur unter ( ) beschrieben sind.

Die Herren Hellner und Nowacki entnahmen Proben von einigen Kristallen ; die Stücke sind wie folgt gekennzeichnet :

RH = Probeentnahme von Rösch und Hellner (vgl. auch Lit. 112)

NK = Probeentnahme von Nowacki und Kunz (vgl. auch Lit. 158)

Weitere gelegentliche Angaben :

d = an diesem Stück wurde die Dichte bestimmt

ZW = bemerkenswerte Zwillinge

F = das Stück ist in dieser Arbeit fotografisch wiedergegeben.

Die Seltenheit der Minerale bringt es mit sich, daß man gute Kristalle weder der Röntgenanalyse opfert noch aufgewachsene Kristalle für die Goniometermessung vom Untergrund ablöst. Eine zusätzliche

Unsicherheit ergibt sich daraus, daß man bei der Entnahme für Röntgen-Aufnahmen oder chem. Analysen nicht mit möglicher Krustenbildung gerechnet hat.

Jedes Mineral wird in der nachstehenden Abfolge besprochen :

- 1) Angabe der Literatur in zeitlicher Anordnung ; Bezug auf die allgemeine Literaturliste am Schluß der Arbeit.
- 2) Sammlungsregister ; Angaben wie oben besprochen. Für wiss. Zwecke kann unter Angabe der Nr. das Material gegebenenfalls zur Verfügung gestellt werden. Derbes Material, das nicht in Drusenräumen des Dolomits, sondern bandweise im dichten Dolomit sitzt, ist nicht numeriert.
- 3) Historisches ; Bemerkungen zur Namensgebung etc.
- 4) Allgemeine Ansprache des Minerals ; diese ist der ins Einzelne gehenden Kristallographie *vorangestellt*, damit man sich orientieren kann, ehe man sich mit den Details beschäftigt. Nach der Morphologie wird kurz auf Farbe, Härte, Strich, Spaltbarkeit, event. besondere optische Eigenschaften eingegangen.
- 5) Kristallographie ; Angabe der goniometrischen Ergebnisse, Symmetrieüberlegungen, Zwillinge. – Bemerkungen zur Strukturforschung.
- 6) Chemismus ; von der Analyse her wurde vielfach über Identität oder Nichtidentität entschieden. – Abgesehen von der Formelgebung wird auch kurz über Synthesen berichtet und bekannte Dichten werden angegeben.
- 7) Erzmikroskopie ; hier finden sich, der Aufgabenstellung dieser Arbeit entsprechend, nur kurze Hinweise.
- 8) Vorkommen ; hier ist vor allem auf Funde außerhalb des Binnentales verwiesen ; Bemerkungen zur Genese schließen sich an.

## I. DUFRENOYSIT

### 1. Literatur

1845 Damour (19)	1860 Rammelsberg (108)
1852 Hausmann (46)	1864 G. v. Rath (109a+b)
1854 S. v. Waltershausen (147a)	1864 Berendes (10)
1854 Kenngott (68b)	1862-1865 Kenngott (68h)
1855 S. v. Waltershausen (147b)	1866 Kenngott (68i)
1855 Heusser (51a)	1866 Petersen (99)
1855 Heusser (51b)	1868 Dana (18e)
1855 Kenngott (68c)	1872 Brush (156a)
1856 u. 1857 Kenngott (68d)	1872 Wiser (153 i)
1857 S. v. Waltershausen (147c)	1874 Groth (38a)
1858 Hugard (58)	1875 Brush (156b)
1860 Delafoss (20)	1876 Foote's nat. catal (152) u. (161)

1877 Engelmann (24)	1911 Solly (132s <sub>1</sub> )
1878 Groth (38b)	1912 Solly (132s <sub>2</sub> )
1880 A. Weisbach (152)	1912 Solly (132t)
1882 Groth (38c)	1915 Cesaro (17b)
1887 Ritz (111), 1887 Walpen (146)	1920 Schmidt (119b)
1889 Groth (38d)	1921 Groth u. Mieleitner (39)
1892 Dana (18f)	1921 Larsen (80)
1894 Baumhauer (4d)	1922 Klockmann (71a)
1895 Zeller (154a+b)	1926 Doelter u. Leitmeier (23)
1896 Baumhauer (4g)	1930 Dan Giusca (35b)
1897 Baumhauer (4h)	1934 Huttenlocher (62a+b)
1897 Goldschmidt (36a)	1934 Bader (1)
1897 Sommerlad (135)	1934 Ferrari u. Curti (28)
1898 Groth (38e)	1939 Palache (93a)
1899 Solly u. Jackson (131a <sub>1</sub> )	1940 Hiller (53)
1900 Solly u. Jackson (131a <sub>2</sub> )	1940 Niggli, Koenigsberger, Parker (89)
1900 Guillsmain (42)	1942 Quervain u. Friedländer (104)
1901 Solly (132b)	1944 Dana (18g)
1902 Solly u. Jackson (131c)	1950 Ramdohr (106c)
1903 Baumhauer (4m)	1953 Berry (12c)
1903 Baumhauer (4 o)	1954 Klockmann-Ramdohr (71b)
1904 Solly (132g)	1957 Strunz (160)
1904 Köchlin (72)	1958 Hellner, Weitz, Rösch (49)
1904 Hintze (54a)	1959 Rösch u. Hellner (112)
1904 Groth (38g)	1959 Nowacki, Kunz (158)
1905 Baumhauer (4p)	1960 Ramdohr (106d)
1906 Solly (132n)	
1909 Desbuissous (21b)	

## 2. Sammlungsregister

B 78 (f) ; B 79 (l) (Zw?) (d) (RH-Rathit !) (NK) ; B 122 (l) (d) ; B 208 (f) ;  
B 208a (l) ; B 231 (f) (uwM) (RH-Jordanit !) ; B 456 (f) ; B 584 (l) (4h) (F) ;  
B 586 (f) ; B 589 (l) (d) (4d) ; B 590 (l) (d) ; B 590a (f) ; B 795 (f) ; B 786 (f).

Eine von Dufrenoysit B 79/Schule entnommene Kruste erwies sich nach RH als Lengenbachit.

## 3. Historisches

Der Name Dufrenoysit wurde dem Mineral von Damour, der die ersten quantitativen Analysen durchführte, 1845 (19a+b+c) zu Ehren des Mineralogen P. A. Dufrenoy an der Ecole des Mines/Paris gegeben.

An dieser Stelle kann über die « Irrungen und Wirrungen » der Anfangszeit (Binnit/Dufrenoysit) nicht mehr referiert werden. Man orientiere sich im historischen Kapitel und der Tabelle II.

Das Mineral kommt am Lengenbach im Verhältnis zu anderen Spießglanzen selten vor. Nach den Schätzungen Baders 1934 (1) wäre es seltener als Tennantit, Rathit und Jordanit, jedoch häufiger als die anderen.

#### 4. Allgemeine Ansprache des Minerals

*Morphologie*: Die auftretenden Kristalle sind relativ groß; ein von Solly gefundener Kristall maß  $25 \times 16 \times 6$  mm, ein von Baumhauer beschriebener Kristall war  $18 \times 18 \times 6$  mm groß; Photo B 584. Im allgemeinen sind die Kristalle dicktafelig ausgebildet mit Winkeln, die der rhombischen Symmetrie sehr nahe kommen. Deshalb sind die Kristalle lange für rhombisch gehalten worden.

Der Dufrenoysit kommt in zweierlei verschiedenen Habitus vor [Solly (131c), Bader (1) S. 397, Desbuissous (21b) S. 113]:

- 1) gestreckt nach  $[100]_{\text{so}}$ <sup>1</sup>, (010) liegt parallel der vollkommen ausgebildeten Spaltbarkeit und ist groß und glatt. Die Zone [100] ist gut entwickelt, die Zone [001] weniger gut, Flächen anderer Zonen fehlen oder sind schlecht ausgebildet;
- 2) gestreckt nach  $[010]_{\text{so}}$ , (010) ist klein und gestreift parallel der Richtung [100]. In der Zone [010] sind die Flächen (100), (101), (001) und (10 $\overline{1}$ ) gut entwickelt.

Die *Farbe* ist bleigrau und selten angelaufen.

Die *Härte* wird in der Literatur mit 3 angegeben.

Der *Strich* ist, verrieben, von schokoladebrauner Farbe.

Die *Spaltbarkeit* nach (010) ist vollkommen, der Bruch muschelig, das Material spröde.

*Optische Eigenschaften*: Dufrenoysit ist im Dünnschliff durchscheinend mit dunkel rotbrauner Farbe.  $n_{\text{Li}}$  wird mit >2,72 angegeben. Die Doppelbrechung ist hoch (Larson 1921 (70)), der Pleochroismus schwach.

#### 5. Kristallographie

*Symmetrie*: Das Mineral ist noch bis 1901 für rhombisch gehalten worden mit den von Rath bestimmten Achsenabschnittsverhältnissen:  $a : b : c = 0,9381 : 1 : 1,5309$ . Erst Solly (132b und 131c) wies 1902 die

<sup>1</sup> Bedeutet: Fläche ( )<sub>so</sub> oder Richtung [ ]<sub>so</sub> in der Aufstellung nach Solly; entsprechend im weiteren Text auch andere Aufstellungen!

monokline Symmetrie nach. Die Achsenabschnittsverhältnisse wurden von ihm zu  $a : b : c = 0,6510 : 1 : 0,6126$   $\beta = 90^\circ 33\frac{1}{2}'$  bestimmt. (Jedoch wurde ohne Bezug auf Originalliteratur in Foote's catalog 1876 (161) und (152) der Dufrenoysit bereits als monoklin aufgeführt.)

Die Umrechnung der Formen von Rath (rhombisch) zu Solly (monoklin) ist mit einer Drehung verbunden. Dabei wird die Fläche (001) v. Raths in die Symmetrieebene (010) bei Solly überführt.

Die Rath'sche Fläche (100) geht in die Fläche (001) bei Solly über, die Fläche (010)<sub>Ra</sub> wird (100)<sub>S0</sub>. Die Fläche (111) bleibt als (111) erhalten. Die von Baumhauer (4h) veröffentlichten Meßergebnisse an Dufrenoysit beziehen sich auf die v. Rath'sche Symmetrieebene.

Der Goldschmidt-Atlas der Kristallformen 1916 (36b) referiert 131 Formen, von denen die folgenden als die wichtigsten anzusehen sind (nach der Aufstellung und Schreibweise Sollys 1902-1912) :

(001) (010) (100) (110) (230) (120) (012) (011) (032) (074) (021) (052) (041) (101) ( $\bar{1}01$ ) (111) ( $\bar{1}11$ ) (212)

Dana (18g) gibt auf Grund einer privaten Mitteilung von Palache (93a) an, daß die Solly'sche Aufstellung und das Achsenverhältnis erst dann korrekt sind, wenn die (100) als ( $\bar{1}00$ ) berechnet wird.

Im Goldschmidt-Atlas findet sich die Parallelisierung der rhombisch indizierten Formen mit denselben der monoklinen Symmetrie in der Aufstellung von Solly. Die schon erwähnte Arbeit von Solly 1911 (132s<sub>1+2</sub>) enthält 26 neue Formen, weitere Formen wurden von Palache 1939 (95a) gemessen.

Die sieben abgebildeten Dufrenoysite im Abbildungsband von Goldschmidt gehen auf Berendes (10) 1864 : Abb. 1 ; v. Rath (109b) 1864 : Abb. 2 ; Solly 1902 (131c) : Abb. 3, 4, 5 ; Solly 1912 (132s<sub>2</sub>) : Abb. 6 und 7 zurück und zeigen den schon erwähnten tafeligen Habitus. Zwillinge existieren nach (001) : Solly 1906 (132n) und 1912 (132s<sub>2</sub>).

Eine Beschreibung der Flächenbeschaffenheit der am Dufrenoysit charakteristischsten Formen wird von Solly 1902 (131c) gegeben : « Die Flächen in der Zone (010) (101) sind gewöhnlich schmal, eben oder gestreift parallel ihrer Schnittkante und sind begleitet von zahlreichen winzigen Pyramiden, wogegen die Flächen in der Zone (010) ( $10\bar{1}$ ) oft groß entwickelt sind, mit starker Streifung oder Furchung, rauhen Oberflächen und zuweilen begleitet von Flächen aus der Zone (010) ( $20\bar{1}$ ). Der Flächenreichtum der Zone (100) (010) ist sehr groß und manche derselben haben hohe Indices ; es mag dies auf die Nei-

gung zur wiederholten Zwillingsbildung nach einer nur unter geringem Winkel zur (010) geneigten Ebene in diesem Teile der Kristalle zurückzuführen sein. Eine solche Verschiebung in der Lage der Flächen ist auch öfters in der ähnlichen Zone am Rathit zu beobachten. Die Flächen in der Zone (010) (001) sind sehr zahlreich und gewöhnlich fein gestreift parallel ihrer gemeinsamen Schnittkante. – (210), (023), (012) und (011) sind groß entwickelt (410), (530), (052) und (031) von mittlerer Größe, während (110) zwar oft entwickelt, aber rauh oder löcherig ist. Das Klinopinakoid (010) ist zuweilen groß und eben, aber manchmal auch schmal und fein gestreift parallel der Zonenachse[100]. Die Pinakoide (100) und (001) sind gelegentlich gut entwickelt und das erstere zeigt deutliche unsymmetrische Zeichnungen.» Soweit Solly (131c).

Wie Bader (1) schreibt, sind die Domenflächen und die Pyramidenflächen des Dufrenoysits niemals abgerundet, und die Prismenflächen zeigen keine Zwillingsstreifung.

Im übrigen ist Dufrenoysit stets schwer von Baumhauerit und Rathit zu unterscheiden.

Die *röntgenographischen Untersuchungen* ergaben eine Elementarzelle von  $a_0 = 8,41 \text{ \AA}$ ,  $b_0 = 25,85 \text{ \AA}$ ,  $c_0 = 7,88 \text{ \AA}$ ,  $\beta = 90^\circ 30'$  der Raumgruppe  $P\ 2_1/m$  und den Zellinhalt  $2\text{PbS} \cdot 1\text{As}_2\text{S}_3$  (Berry (12c), Rösch und Hellner 1959 (112)).

Die Struktur des Minerals ist noch nicht beschrieben worden. Pulverdiagramme an Dufrenoysit hatten schon Ferrari und Curti 1934 (28) angefertigt. Die von Harcourt 1942 (44) herausgegebene Tabelle «Tables for the identification of ore minerals by x-ray powder patterns» enthält Meßwerte von Pulverdiagrammen des Dufrenoysit.

## 6. Chemismus

Die chemische Zusammensetzung  $2\text{PbS} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$  wird später auch durch die Röntgenuntersuchungen bestätigt. Die bisher veröffentlichten Analysen gibt die Tabelle wieder. Lötrohruntersuchungen wurden bereits 1839/40 von Wiser (153b, c, d) durchgeführt. Sie lieferten den Nachweis von Schwefelblei, Arsen sowie Spuren von Ag und Cu ; Cu wurde in einer späteren Veröffentlichung wieder gestrichen.

Die von S. v. Waltershausen genannten, durch Uhrlaub und Nason 1857 (147c) ausgeführten Analysen der «isomorphen Mischung» stim-

men sehr schlecht mit den Werten des Dufrenoysit überein. Eine der Analysen würde auf Rathit hindeuten. Ebenso lieferten die von Kenn-gott durch Stockar-Escher ausgeführten vier Analysen an diesem Material vom Dufrenoysit abweichende Werte.

Die beiden von G. v. Rath 1894 veröffentlichten Analysen von Berendes wurden später als Analysen von Rathit gedeutet. Sie lieferten bei einer Dichte von 5,562 (I) bzw. 5,534 (II) die Werte :

	I	II		I	II		I	II
Ag =	0,05	—		Fe =	0,30	—	S =	23,27 23,11
				Pb =	53,62 52,02		As =	21,76 21,35

Zwei weitere Analysen gehen auf Petersen 1866 (99) zurück. Auch sie scheinen eher gemischtem Material als dem Dufrenoysit zu gehören.

Ein von Gramont 1895 (Bull. soc. min. 18, S. 292) durchgeführtes Funkenspektrum von Dufrenoysit enthielt die Linien von Cu und Tl. Daß Tl in den Bleispießglanzen in geringen Mengen beteiligt ist, wird auch von Brun 1919 (16), sowie von Kündig und Quervain 1941 (77) mitgeteilt.

Die *Dichte* des Dufrenoysit beträgt nach Dana (18g)  $5,53 \pm 0,03$  (Rath 5,569 ; Baumhauer : 5,553 ; König : 5,52 ; Solly : 5,50).

Die *Synthese* des Dufrenoysit glückte schon sehr früh. 1826 erhielt Berzelius (9) Dufrenoysit durch Fällen einer Bleilösung mit Natriumsulfarsenit als rotbraunen Niederschlag.

1898 stellte Sommerlad (Z. anorg. Chem. 18, 445) synthetischen Dufrenoysit dar: Durch Zusammenschmelzen von 2PbS mit As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> entstanden helle, stahlgraue, glänzende, nadelig ausgebildete Kristalle, deren Analyse, bei einer Dichte von 5,505, zu den Werten :

S = 22,15    As = 20,86    Pb = 57,21    Summe = 100,22 führte. Eine weitere Synthese wird von Wagemann (Metall., 9, S. 518, 1908) mitgeteilt.

Von einer Synthese des Dufrenoysit auf hydrothermalen Wege aus den Ausgangskomponenten PbS und As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> berichten Rösch und Hennner 1959 (112).

## 7. Erzmikroskopie

Die Eigenschaften des Dufrenoysit im Anschliff wurden von Schneiderhöhn und Ramdohr 1931 (121), sowie von Dan Giusca 1929/30 (35a+b) untersucht. Eine zusammenfassende Beschreibung dieser

Tabelle der Analysen von Dufrenoysit aus dem Binnental

Nr.	Autor	Jahr	Literatur	Dichte	Pb	Ag	Cu	Fe	As	S	$\Sigma$	berechnete Formel
Theoretisch : $\text{Pb}_2\text{As}_2\text{S}_5$												
1	Damour	1845	19c	5,549	55,40	0,21	—	—	20,72	22,10	100,00	$\text{Pb}_2\text{As}_2\text{S}_5$
2	Damour	1845	19c	—	56,61	0,17	0,30	0,44	20,69	22,49	99,53	$(\text{Pb}_{0,948}\text{Ag}_{0,007}\text{Cu}_{0,016}$ $\text{Fe}_{0,028})_2 \text{As}_{1,96}\text{S}_{5,02}$
3	Damour	1845	19c	—	57,09	—	0,22	0,32	20,87	22,30	100,49	$(\text{Pb}_{0,961}\text{Ag}_{0,0056}\text{Cu}_{0,012}$ $\text{Fe}_{0,021})_2 \text{As}_{1,965}\text{S}_{4,92}$
4	S.v.Waltershausen	1854	147a	5,393	55,441	0,519	—	—	20,73	22,18	100,00	$\text{Pb}_2\text{As}_{2,01}\text{S}_{5,08}$
5	König in Baumhauer	1895	4d	—	57,42	—	—	—	21,001	22,482	100,00	$(\text{Pb}_{0,946}\text{Ag}_{0,02}\text{Fe}_{0,035})$ $\text{As}_{1,98}\text{S}_{4,98}$
6	Guillemain	1898	42	—	57,38	—	—	—	—	20,89	100,86	$\text{Pb}_2\text{As}_2\text{S}_{5,08}$
7	Guillemain	1898	42	—	56,73	—	—	—	—	21,01	21,94	$\text{Pb}_2\text{As}_{2,05}\text{S}_{4,96}$
									20,04	21,18	97,95	$\text{Pb}_2\text{As}_{1,95}\text{S}_{4,83}$

Bemerkung :

Die beiden Analysen von Damour (1 und 2) würden nach Abzug der isomorphen Beimischungen Ag, Cu, Fe der idealen Formel  $\text{Pb}_2\text{As}_2\text{S}_5$  sehr nahe kommen.

Die Analyse 4 von S. v. Waltershausen ist ermittelt durch Aufteilung aus einer Gesamtanalyse mit : S = 25, 910, As = 28,556, Pb = 44,564, Ag = 0,424, Fe = 0,448, Summe = 99,902, wobei der Sartorianteil der hypothetisch angenommenen Mischung des Dufrenoysit mit Sartorit weggelassen worden ist. Da eine solche Mischung jedoch nachgewiesenermaßen nicht existiert, ist eigentlich auch die Teilanalyse für Dufrenoysit zu streichen.

Eigenschaften, wie Polierverhalten, Reflexionsvermögen, Ätzverhalten findet sich in Ramdohrs « Die Erzmineralien und ihre Verwachsungen » 1950/1960 (106c+d), der die Untersuchungsergebnisse Giuscas bestätigt. Nach Ramdohrs Angaben ist Dufrenoysit auch im Anschliff schwer von Baumhauerit zu unterscheiden. Das Reflexionsvermögen beider Mineralien ist bleiglanzartig, jedoch ist Dufrenoysit heller als Baumhauerit und Seligmannit. Im Gegensatz zu Baumhauerit fehlen beim Dufrenoysit Zwillingslamellen fast völlig.

## 8. Vorkommen

Solly erwähnt 1902, daß als einzige Fundstelle für Dufrenoysit das Lengenbachvorkommen bekannt sei. Auch Doelter und Leitmeier (23) führen noch 1926 das Lengenbachvorkommen als einzige Fundstelle an.

Nach Mitteilungen Desbuissous sind nach 1898 keine Dufrenoysite mehr am Lengenbach gefunden worden (21b), S. 65.

Solly zählt (132n) aber unter den im Jahre 1906 gefundenen Mineralien einen Dufrenoysitzwillig nach (001) auf. Ob sich seit der Neueröffnung des Dolomitsteinbruches durch die Berner Arbeitsgemeinschaft Dufrenoysite gefunden haben, ist nicht bekannt.

Auch scheint der Dufrenoysit im Lengenbacher Dolomit nur in gewissen Lagen vorzukommen. So schreibt Desbuissous (21b) S. 61 : « Les minéraux des couches dolomitiques sont répartis dans la roche d'une façon un peu différente, suivant les niveaux. Tandis que les couches supérieures ont fourni plus particulièrement de magnifiques cristaux de Dufrénoysite, Binnite, Realgar, Hyalophane, Orpiment, les couches inférieures ont été plus particulièrement riches en Jordanaite, Scléroclase, Blende et Galène. »

Eine ähnliche Äußerung wurde auch von Baumhauer 1905 (4p) S. 46 getan. Wie ferner aus der Literatur hervorgeht, kommt Dufrenoysit in den Hohlräumen meist allein vor, ohne Anwesenheit der anderen Spießglanze.

Hintze 1904 (54a) erwähnt als *Fundort außerhalb des Binnentales* Hall/Tirol: Sandenberger (N. Jahrb. Min. 1869, 369) berichtet von einem tafelig ausgebildeten Kristall aus der Sammlung des bayr. Bergwerkdirektors Schenk, den er als « Skleroklas » identifiziert habe. Das Mineral komme im körnigen, grünlichweißen Gips und Anhydrit neben gelber Blende, Auripigment und Realgar vor. Sofern sich Sandberger

der Bezeichnungsweise Petersens (99) und S. c. Waltershausens ange- schlossen hatte, handelt es sich tatsächlich um heutigen Dufrenoysit. —

Nach Petterd: Min. Tasm. 1896, 33 kommt Dufrenoysit auch in Tas- manien, nämlich auf der Fahlerzgrube von Dundas neben Fahlerz und Kupferkies vor.

Von Dana 1944 (18g) werden außer diesen beiden Lokalitäten noch Idaho und Californien angegeben.

Wie die Syntheseversuche Rösch und Hellners (112) zeigten, ent- steht Dufrenoysit unter hydrothermalen Bedingungen.

## II. SARTORIT = SKLEROKLAS = ARSENOMELAN

### 1. Literatur

1854 Sartorius v. Waltershausen (147a)	1889 Groth (38d)
1854 Kenngott (68b)	1892 Dana (18f)
1855 S. v. Waltershausen (147b)	1895 Zeller (154a+b)
1855 Descloizeaux (22)	1895 Baumhauer (4e)
1855 Kenngott (68c)	1897 Goldschmidt (36a)
1856 Heusser (51c)	1897 Sommerlad (135b)
1856 u. 1857 Kenngott u. Stockar- Escher (68d)	1898 Groth (38e)
1857 S. v. Waltershausen + Uhrlaub u. Nason (147c)	1899 Solly u. Jackson (131a <sub>1</sub> )
1857 Shepard (126b)	1900 Solly u. Jackson (131a <sub>2</sub> )
1858 Hugard (58)	1903 Lewis (83f)
1864 G. v. Rath (109a+b)	1903 Baumhauer (4m)
1862-1865 Kenngott (68h)	1903 Solly (132f <sub>1</sub> )
1866 Kenngott (68 i)	1904 Baumhauer (4q)
1866 Petersen (99)	1904 Köchlin (72)
1868 Dana (18e)	1904 Hintze (54a)
1872 Brush (156a)	1904 Groth (38g)
1874 Groth (38a)	1905 Baumhauer (4p)
1875 Brush (156b)	1907 Trechmann (140c <sub>1</sub> +c <sub>2</sub> )
1876 Foote's nat. catalogue (152) und (161)	1907 Solly (132q)
1877 Engelmann (24)	1909 Desbuissons (21b)
1878 Groth (38b)	1909 Lewis (83g)
1882 Groth (38c)	1914 Solly (132v)
1887 Ritz (111)	1915 Cesaro (17b)
1887 Walpen (146)	1917 Smith (130a)
	1919 Smith u. Solly (129)
	1920 Schmidt (119b)
	1921 Groth u. Mieleitner (39)
	1922 Klockmann (71)

1922 Goldschmidt (36b)	1940 Niggli, Königsberger, Parker(89)
1926 Doelter u. Leitmeier (23)	1942 Quervain u. Friedländer (104)
1929 Dan Giusca (35a)	1942 Harcour (44)
1930 Dan Giusca (35b)	1944 Dana (18g)
1931 Schneiderhöhn u. Ramdohr(121)	1950 Ramdohr (106c)
1934 Huttenlocher (62a=b)	1954 Klockmann-Ramdohr (71b)
1934 Bader (1)	1957 V. Ross (114)
1934 Ferrari u. Curti (28)	1958 Hellner, Weitz, Rösch (49)
1939 Bannister, Pabst, Vaux (2)	1959 Rösch u. Hellner (112)
1940 Palache (93b+c)	1959 Nowacki-Kunz (158)
1940 Berry u. Peacock (13)	1960 H. Strunz (160)
1940 Hiller (53)	1960 Ramdohr (106d)

## 2. Sammlungsregister

B 69 (f) (uwM) ; B 76a (l) ; B 76b (f) (uwM) ; B 108 (f) ; B 109 (f) ; B 110a (l) ; B 110b (f) ; B 113 (f) ; B 114 (f) ; B 115 (f) ; B 116 (f) ; B 117a (f) ; B 117b (l) ; B 118 (f) (NK) ; B 119 (f) ; B 120 (f) ; B 124 (f) ; B 125 (f) (uwM) ; B 153 (f) (F) ; B 166 (f) ; B 171 (l) (d) ; B 171a (l : 3 Stücke) (d : 3 Stücke) ; B 171b (l : 3 Stücke) (d) ; B 171\* (l) (Proben A, C, D, E, G) ; B 189a (f) ; B 189b (l) ; B 192 (l) + (f) ; B 229 (l) + (f) (RH) ; B 241 (f) ; B 316 (f) ; B 345 (f) ; B 360 (f) ; B 385 (f) ; B 386 (l) ; B 387 (l) ; B 416 (l) ; B 604 (f 2 mal) ; B 605 (f) (ZW) ; B 606 (f) ; B 607 (f) ; B 608 (f) ; B 609 (f) ; B 610 (f) + (l) ; B 611 (f) ; B 612 (f) ; B 613 (f) ; B 615 (f) ; B 616 (l : 5 Stücke).

## 3. Historisches

Nach allgemeinen Mitteilungen [Baumhauer (4p) ; Trechmann (140c); Bader (1) etc.] ist Sartorit das häufigste der im Lengenbacher Dolomit vorkommenden Sulfosalze. Es wurde deshalb bereits früh erkannt.

1854 berichtete S. v. Waltershausen (147a) von im Dolomit vorhandenem « Arsenomelan », der von den anderen beiden, derzeit bekannten Sulfarseniten (Binnit und Dufrenoysit) zu trennen sei. Er hatte jedoch nur auf Grund chemischer Analysen auf die Existenz dieses Minerals geschlossen, indem er es als Endglied einer isomorphen Mischungsreihe zwischen Arsenomelan ( $PbS \cdot As_2S_3$ ) und « Skleroklas » = heutiger Dufrenoysit ( $2PbS \cdot As_2S_3$ ) auffaßte. Aus diesem Grunde zweifelten Kenn Gott (68b-d) und andere die Existenz dieses Minerals an und faßten « Arsenomelan » und « Skleroklas » als *ein* Mineral, und zwar den heutigen *Dufrenoysit*, auf.

Die Meinung Kenngotts, daß die isomorphe Mischbarkeit nicht vertretbar sei, erwies sich durch die Forschungen G. v. Raths als richtig (109a+b) 1864. G.v. Rath sichert die Eigen-Existenz des Skleroklas und

beschreibt ihn als rhombisch mit der Zusammensetzung  $\text{PbS} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$ . Die heutige Namengebung geht auf v. Rath zurück. Die Bezeichnungen: Sartorit, Skleroklas und Arsenomelan werden in der Literatur synonym für das gleiche Mineral gebraucht.

Die Kristallographie des Sartorits ist weitaus die komplizierteste der Spießglanze, da die Kristalle häufig parallel und subparallel miteinander verwachsen sind. Auch das ist ein Grund für die lang andauernde Unsicherheit über die Abtrennbarkeit des Minerals.

Wesentlich erschwert werden die Untersuchungen außerdem durch die Sprödigkeit des Minerals. Bader (1) schreibt: «Besonders größere Stücke scheinen in einem Zustand innerer Spannung zu sein, da sie schon infolge der Erwärmung durch die Hand (auch an der Sonne) oft mit hörbarem Knall zerspringen. Deshalb muß Sartorit auch in kleineren Kristallen mit großer Vorsicht behandelt werden.»

Sartorit wurde noch bis 1899 für rhombisch gehalten und so von v. Rath (109a+b) und Baumhauer (4e) beschrieben. Solly vermutet 1899 ( $131a_1+a_2$ ) monokline Symmetrie.

Die monokline Symmetrie wird dann von Trechmann 1907 ( $140c_1+c_2$ ) und Smith u. Solly 1919 (129) bestätigt.

1907 fand Trechmann ( $140c_2$ ) und 1919 Smith und Solly (129) Kristalle, deren Formen bei Zugrundelegung der Metrik des Sartorit keine einfachen Symbole ergaben. Sie nannten das Mineral  $\alpha$ -Sartorit. Röntgenographische Untersuchungen von Bannister, Pabst und Vaux 1939 (2) ergaben, daß die Röntgendiagramme des  $\alpha$ -Sartorit identisch mit denen des Sartorit sind. Aber  $\alpha$ -Sartorit zeigt Flächen, die am Sartorit nicht auftreten, und an ihm sind einige Formen nicht entwickelt, die am Sartorit häufig sind. Diese Untersuchungen wiesen für Sartorit monokline Symmetrie mit rhombischer Pseudozelle nach.

Die genannten Messungen (2), sowie die von Berry und Peacock 1940 (13) [vgl. auch Rösch und Hellner 1959] zeigten, daß sich alle kristallographisch gefundenen Elemente (Rath, Goldschmidt, Trechmann, Smith und Solly), abgesehen von Sollies «trikliner Metrik», in Einklang bringen lassen mit den röntgenographisch gefundenen Achsenverhältnissen.

Rösch und Hellner fanden hydrothermalsynthetisch eine zweite Modifikation, den Sartorit II, der sich in den Dimensionen der Pseudozelle von Sartorit unterscheidet. Sartorit II ist in der Natur noch nicht beobachtet worden.

#### 4. Allgemeine Ansprache des Minerals

*Morphologie:* Der nach monokliner Symmetrie kristallisierende Skleroklas bildet meist prismatische, nach der Querachse (Rath) gestreckte und gestreifte Kristalle. Sie sind meist klein, können jedoch ausnahmsweise auch bis 4 cm lang sein, wobei die kleineren Kristalle störungsfreiere Ausbildung und deshalb besser entwickelte Formen zeigen. Auch nach (010) Rath wurden dicktafelige Kristalle beobachtet.

Parallele und subparallele Verwachsungen, erkennbar an der tiefen Riefung der Prismenflächen der Zone [b] Rath, sind die Regel, was das Entziffern der kristallographischen Verhältnisse sehr erschwert. Dazu fehlen meist die Endflächen, da die Kristalle oft an beiden Enden im Dolomit eingewachsen sind.

Die Baueigentümlichkeiten des Sartorit sind erzmikroskopisch gut zu beobachten. Ramdohr (106c) kennzeichnet das Gefüge wie folgt : « Zwillingslamellierung, anscheinend nach zwei Gesetzen, ist sehr verbreitet, breite Lamellen nach *einer* (wohl 100), schmale nach *zwei weiteren* untereinander gleichwertigen Richtungen. Selten durchsetzen die Lamellen den ganzen Kristall, häufiger ist ein System unregelmäßiger unterbrochener Lamellen, wie es auch bei Baumhauerit vorkommt. Die Lamellen sind manchmal verbogen und wohl durch mechanische Beanspruchung entstanden. »

Nach Smith und Solly (129) sowie Bader (1) lassen sich drei verschiedene Ausbildungen unterscheiden :

- 1) Die Flächen der Zone [001]/Solly sind groß, eben und glänzend. Zone [101]/Solly ist gut entwickelt und stark gestreift.
- 2) Die Flächen der Zone [001]/Solly sind groß, aber unregelmäßig. Die Kristalle zeigen oft rundliche Höhlungen mit gut reflektierenden Flächenstücken in den Wandungen. Die Kristalloberfläche sieht deshalb oft mosaikartig aus.
- 3) Kristalle, die nur die stark gestreifte Zone [010]/Solly aufweisen. Beide Enden dieser stengeligen Kristalle sind im Dolomit eingewachsen. Von diesem häufig vorkommenden Typus wurden Kristalle von einem Gewicht bis nahezu 100 gr. gefunden. Besonders Kristalle dieser Art sind oft angewittert und lamelliert.

Die Kristalle aller drei Arten sind nach [010]/Solly gestreckt. Sofern die Endflächen entwickelt sind, erscheinen sie glänzend, glatt und ungestreift. Pyramidenflächen sind äußerst selten und meist gerundet

oder sehr klein. Oft zeigen sie Zwillingsstreifung parallel (100)/Treichmann.

*Farbe*: bleigrau, lichter Metallglanz. Das Aussehen des Sartorit ist meist frischer als das des Dufrenoysit, weshalb er in der Farbe dunkler erscheint (Rath 1864).

*Härte*: wird mit 3 angegeben.

*Strich*: schokoladenbraun.

*Spaltbarkeit*: nach (100)/Tr-So = (001)/Rath deutlich. Bruch muschelig. Das Mineral ist extrem spröde.

Sartorit kommt meist zusammen mit Quarz, Realgar, Pyrit und Binnit in kleinen Hohlräumen des Dolomit vor. Verwachsungen mit Rathit (Treichmann 1907, 140c) und Pyrit (Solly und Smith 129, S. 275) wurden beobachtet. Auch regelmäßige Verwachsungen mit Baumhauerit werden beschrieben (Solly (132g)).

## 5. Kristallographie

Die kristallographischen Verhältnisse sind beim Sartorit sehr kompliziert, da, wie schon erwähnt, parallele und subparallele Verwachsungen sowie Zwillingslamellierung eine Streifung der Flächen in der Längsrichtung bedingen. Dazu sind meist die Kopfflächen der Prismen nicht ausgebildet.

Die ersten Arbeiten brachten nur die chemische Analyse des Minerals (147a, 68b). Rhombische Symmetrie wird vermutet.

S. v. Waltershausen bildet 1855 (147b) zwei abgeflachte prismatische Kristalle ab, für die er das Achsenverhältnis

$$a : b : c = 1 : 0,96948 : 0,63385$$

angibt, und die Formen  $\langle 001 \rangle$ ,  $\langle 011 \rangle$ ,  $\langle 101 \rangle$ ,  $\langle 110 \rangle$ ,  $\langle 010 \rangle$  und  $\langle 100 \rangle$  bestimmt. Das Mineral ließ sich jedoch später nicht mit Sicherheit identifizieren [Heusser 1856 (51c) S. 126 und Goldschmidt 1922 (36b); Smith und Solly 1919 (129) S. 260].

Waltershausens Kristall 9 stimmt zwar dem Aussehen nach mit Heusers ungemessenem Kristall 18 überein, bei näherer Kontrolle der Winkel und kristallographischen Elemente fand Heuser jedoch keine Übereinstimmung der Waltershausen'schen Ergebnisse mit den seinen.

Heuser bestimmte 1856 (51c) neun Formen und gab zwei Abbildungen. (Seine Abb. 19 ist im Goldschmidt-Atlas 1922 wiedergegeben.) Nach seiner Meinung besteht keine Veranlassung die rhombischen

Kristalle, wie Waltershausen angibt, in zwei Mineralsorten zu trennen, obwohl auch er den Unterschied zwischen dunkel- und hellbleigrauen Varietäten erkennt. Gleicher Ansicht ist Kenngott 1855 (68c+d).

Descloizeaux und Marignac veröffentlichen 1855 (22) Meßergebnisse an mehreren « rhombischen » Kristallen, die sie für Dufrenoysit halten und von denen sie fünf Abbildungen geben (im Goldschmidt-Atlas unter Sartorit). Einige ihrer Formen :  $a \frac{4}{5}$ ,  $a \frac{3}{5}$ ,  $a \frac{2}{5}$ ,  $a \frac{1}{5}$  stimmen mit Heussers Flächen  $h'$  bis  $h''''$  überein. G. von Rath wies 1864 (109a+b) nach, daß diese Messungen nicht, wie angenommen zum Dufrenoysit gehören, sondern zum Sartorit (Abb. 1+2) und Jordanit (Abb. 3, 3a und 4). (Vgl. auch Smith und Solly 1919 (129)).

Goldschmidt zitiert v. Rath (109a) wie folgt : « Das Kristallsystem des Skleroklas ist leider von Descloizeaux dadurch verwirrt worden, daß derselbe Oktaeder, welche an Kristallen einer anderen Mineralgattung gemessen waren, dem Skleroklas zu Grunde legte. »

G. v. Rath gibt 1864 (109a+b) genauere kristallographische Untersuchungen bekannt, die den Skleroklas vom heutigen Dufrenoysit deutlich unterscheiden. Er bestimmt an einem 2 bis 2,5 mm langen, 0,5 bis 1 mm dicken Kristall bei einer Aufstellung, bei der die größte Fläche zur Basis wird und die Streifung, wie auch die Streckung der prismatischen Kristalle parallel der b-Achse, also horizontal, verläuft (zwei Abbildungen) ein Achsenverhältnis von

$$a : b : c : = 0,5389 : 1 : 0,6188.$$

Die Spaltbarkeit nach der Basis ist deutlich. 22 Formen werden bestimmt. Die Zone [100] und die Zone [010] erweisen sich als besonders flächenreich. Auf Schwierigkeiten der Flächenbestimmung in der Zone b wegen starker Riefung (vielleicht infolge paralleler Verwachsung in dieser Richtung) weist auch Rath hin.

Referate in : Kenngott 1862-65 (68h) und 1866 (68i), S. 373, wo relativ zu v. Rath (109a+b) die a- und c-Achse miteinander vertauscht sind. Dana 1868 (18e) gibt das Achsenverhältnis

$$a : b : c = 1,1483 : 1 : 1,8553 \text{ an,}$$

welches man aus dem Rath'schen Verhältnis bei Vertauschen der Achsen a/b/c (Rath) → b/c/a (Dana) erhält ; die Abbildung ist aus Raths Arbeit.

Groths Angaben von 1874 (38a) erfolgen nach v. Rath, wobei die Isomorphie mit Zinkenit  $\text{PbS Sb}_2\text{S}_3$ , Emplektit  $\text{Cu}_2\text{S Bi}_2\text{S}_3$  und Wolfsbergit  $\text{Cu}_2\text{S Sb}_2\text{S}_3$  hervorgehoben wird. Die Formen der vier Minera-

lien werden verglichen [vgl. Ferrari und Curti 1934 (28)]. Nach Röntgenuntersuchungen von Bannister, Pabst, Vaux 1939 (2) sind jedoch nur die beiden letzten Mineralien untereinander isomorph.

Weitere Referenten :

Engelmann 1877 (24) ; Groth 1878 (38b), S. 58 ; Groth 1882 (38c) ; Groth 1889 (38d) ; Dana 1892 (18f) mit dem Achsenverhältnis nach v. Rath. Ebenso Groth 1898 (38e).

Baumhauer veröffentlichte 1895 (4e) seine Messungen an vier Sartoritkristallen. Es ließen sich 37 neue Formen bestimmen, sodaß nun 59 Formen bekannt sind. Viele der beobachteten Formen erschienen nur in einzelnen Flächen ; einige von ihnen haben sehr hohe und komplizierte Indices, was später Veranlassung gab, eine andere Metrik zu grunde zu legen. Sein größter Kristall war  $2 \times 2 \times 1$  mm groß. Bei der Schwierigkeit, die die Skleroklase der Vermessung entgegensezten, ist es nicht verwunderlich, daß Baumhauer noch rhombische Symmetrie annahm und das Rath'sche Achsenverhältnis zugrundelegte.

Goldschmidt gab 1897 (36a) ein Achsenverhältnis von

$$a : b : c = 0,9561 : 1 : 0,7707$$

bei rhombischer Symmetrie an. Transformation Rath/Goldschmidt :

$$p q \text{ (Rath)} \rightarrow \frac{2}{p} \frac{12}{5} \frac{p}{q} \text{ (Goldschmidt).}$$

Solly veröffentlichte 1899 (14. Nov.) als erster die Bemerkung, daß Sartorit monoklin kristallisiere. Siehe auch Solly 1900 (131a), Schlußanmerkung S. 297.

In Foote's catalogue, Philadelphia 1876 (152) und (161), findet sich ohne weiteren Bezug und ohne ersichtliche Originalliteratur Sartorit als monoklin angegeben.

Einen großen Kristall von Sartorit der Größe  $10 \times 2,5 \times 0,8$  cm beschreibt Lewis 1903 (83f). Die Analyse von Jackson entspricht der Formel  $PbS \cdot As_2S_3$ .

An fünf weiteren Kristallen findet Solly 1903 (132f) die monokline Symmetrie bestätigt. Die Elemente gibt er mit

$$\beta = 88^\circ 31' \quad 100 : 101 = 54^\circ 45' \text{ und } 010 : 111 = 69^\circ 52_{\frac{1}{2}}' \text{ an.}$$

(Diese Werte fand Trechmann 1907 an seinen Kristallen nicht bestätigt !)

Mit der Anordnung der Flächen im Zonenverband befaßt sich eine Untersuchung von Baumhauer 1904 (4q). Ein Vergleich der Flächen in der Zone [a] (Aufstellung wie Rath) ergibt, daß fast ausnahmslos ein Flächensymbol aus den beiden benachbarten durch einfache Kom-

plikation erhalten werden kann. Neue Formen werden hinzugefunden.

Im Hintze von 1904 (54a), ist Sartorit noch als rhombisch mit dem Rath'schen Achsenverhältnis angegeben ; es steht jedoch ein Hinweis auf Sollys monokline Symmetrie. Groth 1904 (38g) gibt rhombische Symmetrie und das Achsenverhältnis wie in den vorigen Groth-Ausgaben an.

Sorgfältige Bestimmung der Elemente geht auf Trechmann 1907 (140c<sub>2</sub>) sowie (140c<sub>1</sub>) zurück. Er fand :

$$a : b : c = 1,27552 : 1 : 1,19487 \quad \beta = 77^\circ 48'$$

wobei seine Achsen a / b / c den Achsen c / b / a Raths entsprechen. Die Achsenabschnitte von a und c sind dann ungefähr doppelt so groß wie bei G. von Rath. Er fand Zwillingsverwachsung parallel a (100)<sub>Tr</sub>, erkennbar an einer feinen Lamellierung wie sie auch am Jordanit bekannt ist. Die Riefen durchqueren längs der Pyramiden  $\langle hkl \rangle_{Tr}$ - und Klinodomenflächen  $\langle 0kl \rangle_{Tr}$  den ganzen Kristall parallel zum Orthopinakoid (100)<sub>Tr</sub>. Die (001)<sub>Tr</sub> war ebenfalls eng gestreift. 87 Formen wurden bestimmt, von denen 28 neu sind.

Nur in der Prismenzone  $\langle hk0 \rangle_{Tr}$  = Brachydomenzone Raths  $\langle 0kl \rangle_{Ra}$  besteht Übereinstimmung der Winkel mit den Angaben aus der früheren Literatur (S. 226), alle anderen zeigen große Abweichungen. Vier Abbildungen sind beigefügt, wovon zwei die idealisierten Bilder der ersten sind. Man vergleiche den « historischen Brief » von 1906 ! Trechmann bemerkt, daß nicht alle seine Kristalle untereinander identisch seien. Sie würden sehr verschiedene Pyramidenflächen zeigen, und die Orthodomänen  $\langle h0l \rangle_{Tr}$  seien überhaupt nicht in Einklang miteinander zu bringen, obwohl es sich teilweise um zusammengehörige Zwillingsindividuen handele. Trechmann vermutet deshalb, daß besonders die Flächenwinkel in der Orthodomänenzone durch die Zwillingsverwachsung gestört sein können. Es könnten auch Subparallelverwachsungen die kristallographischen Verhältnisse verdecken oder zwei verschiedene Substanzen vorliegen, die sich nur in den Flächenwinkeln der Orthodomänenzone unterscheiden, in der dazu senkrechten Zone aber übereinstimmen.

Ein Sartoritkristall mit Zwillingslamellen wird auch von Lewis 1909 (83g) beschrieben. – Desbuissons 1909 (21b) S. 104 referiert die bisherigen kristallographischen Messungen.

Solly und Smith vergleichen die Resultate der Messungen an 200 Kristallen und schließen daraus, daß unter anderem zwei der fraglichen

Kristalle Trechmanns zu einer neuen Mineralart, dem von ihnen genannten  $\alpha$ -Sartorit gehören, 1914 (132v) und 1919 (129) S. 259-316. Sie gehen dazu über, an einem Kristall einzelne Zonen auf verschiedene kristallographische Elemente zu beziehen, so daß also zwei gegeneinander um kleine Winkel verdrehte Achsenkreuze angewandt werden müssen (S. 277 u. 305 ff.).

So geben sie für fünf untersuchte Kristalle 12 verschiedene Metriken: 5 monokline und 7 trikline an, wobei sich die monokline Metrik I auf den Bereich der Domenzone bezieht, während die triklinen Metriken II und III, die sich durch Verzwilligung nach (010) noch verdoppeln, für den Rest der Flächen gelten. Nur die Prismenzone ( $hk0$ ) hat in allen Metriken dieselbe Position.

So beziehen sie ihren « Kristall I » auf folgende Metriken :

Zone I      $a : b : c = 2,5737 : 1 : 2,7118$   $\beta = 105^\circ 22'$

$$\text{Zone II} \quad a : b : c = 2,5769 : 1 : 2,7309 \quad \alpha = 96^\circ 19' \quad \beta = 105^\circ 10' \\ \gamma = 92^\circ 13\frac{1}{5}'$$

$$\text{Zone III } a : b : c = 2,5820 : 1 : 2,7786 \quad \alpha = 102^\circ 28\frac{1}{2}' \quad \beta = 104^\circ 7' \\ \gamma = 94^\circ 26\frac{1}{2}.'$$

Dieser komplizierte Kristall war  $1,2 \times 0,9 \times 0,5$  mm groß und hatte allein 67 verschiedene Endformen.

Die Aufstellung bei Solly und Smith ist die gleiche wie von Trechmann (140c<sub>2</sub>): monokline Symmetrie, wobei die Spiegelebene senkrecht zur Kristall-Längsachse liegt, die also zur b-Achse wird. 9 Abbildungen sind beigefügt.

$\alpha$ -Sartorit soll nach Solly und Smith die gleiche chemische Zusammensetzung wie Sartorit haben. Durch Röntgenuntersuchungen von Bannister, Pabst, Vaux 1939 (2) ist  $\alpha$ -Sartorit als eigene Mineralart in Frage gestellt.

Groth-Mieleitner 1921 (39) referiert nach Trechmann (140c<sub>2</sub>) ; der Goldschmidt-Atlas 1922 (36b) parallelisiert alle Formen der vorangegangenen Originalarbeiten und gibt die Transformationsformeln an, bezieht sich jedoch nicht mehr auf die Arbeit von Solly und Smith (129).

Doelter-Leitmeier 1926 (23) referiert ebenfalls nach Trechmann (140c<sub>a</sub>), desgleichen Dan Giusca 1930 (35b). Vgl. auch Bader 1934 (1).

### Zwillinge:

- 1) Polysynthetische Zwillinge nach  $a(100)_{tr}$  sind häufig und erkennbar an der Streifung auf den Pyramiden- und Klinodomenflächen.
  - 2) Einfache Verzwilligung nach  $a(100)_{tr}$  erkennbar an einspringen-

den Winkeln des Basispinakoids ( $140c_2$ , S. 224), und an dem einspringenden Winkel in den Prismenzonen, wenn die Endflächen nicht entwickelt sind ; Solly (129).

- 3) Auch unter rechtem Winkel miteinander verwachsene Kristalle wurden beobachtet, wobei man nicht sicher ist, ob es sich um Zwillingsverwachsungen handelt ; Trechmann ( $140c_2$ ).

Anzeichen einer Zwillingsbildung wurden von Bannister, Pabst, Vaux 1939 (2) röntgenographisch nicht festgestellt. Als Untersuchungsmaterial dienten die Originalkristalle von Trechmann sowie Solly und Smith.

*Struktur* (Klärung der kristallographischen Verhältnisse) : Ferrari und Curti 1934 (28) führten die ersten Pulverdiagramme aus. Aus einer Drehkristallaufnahme berechneten sie für Skleroklas die Gitterkonstanten zu :  $a_o = 5,94 \text{ \AA}$ ,  $b_o = 3,67 \text{ \AA}$ ,  $c_o = 13,65 \text{ \AA}$ . Aus einem Vergleich der Pulverdiagramme schlossen sie, daß Skleroklas wie Liveingit, Baumhauerit und Rathit nur ein Glied einer lückenlosen Mischkristallreihe zwischen Auripigment und Dufrenoysit sei.

Weitere Drehkristallaufnahmen von Bannister, Pabst, Vaux 1939 (2) zeigten, daß eine Auswahl der von Smith und Solly (129) und Trechmann ( $140c_2$ ) vermessenen Sartorite mit Trechmanns  $\alpha$ -Sartorit ( $140c_2$ ) identische Diagramme zeigen. Die Aufnahmen zeigten rhombische Symmetrie, die aber (bei gegebener hoher Absorption der Röntgenstrahlen bei Bleimineralien) der Pseudozelle zugeschrieben wird. Die wahre Symmetrie sei monoklin. Von der Variabilität der kristallographischen Achsen nach Smith und Solly wurde nichts bemerkt.

Die Zelldimensionen wurden von ihnen zu

$a_o = 58,38 \text{ \AA}$  (= 3 PsZ)  $b_o = 7,79 \text{ \AA}$   $c_o = 83,30 \text{ \AA}$  ( $\approx 20$  PsZ)  $\beta = 90^\circ$  ermittelt. Die orthorhombische Pseudozelle hat die Konstanten  $a_o = 19,46 \text{ \AA}$ ,  $b_o = 7,79 \text{ \AA}$ ,  $c_o = 4,17 \text{ \AA}$  und die Raumgruppe  $P\ 2_12_12_1$  sowie den Zellinhalt  $3,95 \times (\text{PbS} \cdot \text{As}_2\text{S}_3)$  also  $Z = 4$ . Inhalt der Gesamtzelle ist  $240 [\text{PbS} \cdot \text{As}_2\text{S}_3]$ .

Nach den Untersuchungen seien die vier Mineralien Sartorit, Zinkenit, Chalkostilbit, Emplektit zwar nicht, wie früher (Groth, 38a) angenommen wurde, isomorph, zeigten aber alle in Richtung der Nadelachsen Perioden eines ganzzahligen Vielfachen von  $3,89 \text{ \AA}$  des Stilbit. Aus den Zelldimensionen errechnet sich ein Achsenverhältnis von

$$a_o : b_o : c_o = 7,49 : 1 : 10,69 \text{ bzw. für die Pseudozelle}$$
$$a_o : b_o : c_o = 2,498 : 1 : 0,535$$

Mit diesen Werten sind alle kristallographisch gefundenen Achsenproportionen (Rath, Goldschmidt, Trechmann, Smith und Solly) mit Ausnahme der Solly'schen triklinen Metriken in Einklang zu bringen.

Sollys Kristall I würde einfache Flächensymbole bekommen, wenn man einen Teil der Flächen auf die wahren Zelldimensionen, den anderen auf die Dimensionen der Pseudozelle bezöge.

Einige der untersuchten Kristalle wurden von Palache 1940 (93b) noch einmal überprüft. Er fand sie zum großen Teil in besserer Übereinstimmung mit Trechmanns als Sollys Beschreibung.

Die Formen, die von Smith und Solly auf trikline Metrik bezogen worden waren, sind gewöhnlich schlecht entwickelt und unsicher in der Position. Nach Dana 1944 (18g) können sie deshalb anderen Subkristallen angehören, die in subparalleler oder geneigter Lage mit dem Hauptindividuum verwachsen sind.

Berry und Peacock fanden 1940 (13) Gitterkonstanten, die mit denen von Bannister, Pabst, Vaux (2) übereinstimmen. Sie wählen jedoch die Aufstellung so, daß die Nadelachse nicht wie bei (2) in die b-Richtung, sondern in die c-Richtung fällt.

Die Pseudozelle ist :

$$a_o = 19,48 \text{ \AA} \pm 0,02, \quad b_o = 4,15 \text{ \AA} \pm 0,05, \quad c_o = 7,86 \text{ \AA} \pm 0,03$$
$$Z = 4 \text{ (PbS As}_2\text{S}_3\text{) Raumgruppe : P } 2_12_12_1,$$

während die wahre Zelle einen größern Wert ergab :

$$a_o = 77,9 \quad b_o = 83,0 \quad c_o = 7,86 \quad Z = 320 \text{ (PbS. As}_2\text{S}_3\text{).}$$

Harcour (44) 1942 bringt in seinen « Tables for the identification of ore minerals by x-ray powder patterns » auch das Diagramm des Sartorits.

Referate : Niggli, Koenigsberger, Parker 1940 (89) bringen das Achsenverhältnis v. Raths ; Dana 1944 (18g) gibt die Gitterkonstanten nach Bannister, Pabst, Vaux (2) an. Ebenso Klockmann-Ramdohr 1954 (71b).

Auch die Angaben der Gitterkonstanten von Rösch und Hellner 1959 (112) erfolgen in Übereinstimmung mit den Werten von Bannister, Pabst, Vaux. Sie wählen jedoch in Übereinstimmung mit Berry und Peacock die c-Richtung zur Nadelachse. Auf die Angaben der Zelldimension von Bannister, Pabst, Vaux (2) bezieht sich auch Ramdohr (106d).

Die nähere Struktur des Sartorit ist noch nicht bestimmt (Hellner, Weitz, Rösch 1958 (49)).

Versuche einer systematischen Einteilung der Sulfosalze auf Grund teils chemischer, teils struktureller Kenntnisse bringt Hiller 1940 (53).

Ein Einteilungsprinzip auf rein struktureller Basis geben Hellner, Weitz, Rösch 1958 (49) an.

## 6. Chemismus

Auf Grund chemischer Analysen schloß S. v. Waltershausen auf die Existenz des Arsenomelan ( $\text{PbS} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$ ) = heutiger Sartorit, den er jedoch fälschlicherweise für isomorph mit Skleroklas ( $2\text{PbS} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$ ) = heutiger Dufrenoysit hielt. Er wies auf die analoge Zusammensetzung von Zinkenit  $\text{PbS} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$  hin.

Kenngott 1854 (68b) und 1855 (68c) hielt die Existenz des Minerals für fragwürdig, zumal noch keine kristallographischen Messungen vorlagen und wendete beide Namen synonym auf heutigen Dufrenoysit an. Auch Heusser spricht nur von der Existenz zweier Grauerzmineralien, der Existenz des kubischen « Dufrenoysit » = Binnit und des « rhombischen » « Binnit » = Dufrenoysit [1855 (51b) und 1856 (51c)].

Die drei von Uhrlaub in Waltershausen 1855 (147b) veröffentlichten Analysen

	I	II	III
S	= 25,910	24,658	23,949
As	= 28,556	25,740	26,458
Ag	= 0,424	0,938	0,629
Pb	= 44,564	47,586	49,657
Fe	= 0,448	—	—
Summe	= 99,902	98,922	100,693
spez. Gew.	= 5,393	5,405	5,469

fallen bis auf Analyse I nicht in den Fehlerbereich der heute zugrundegelegten Sartoritzusammensetzung. Auch die weiteren vier Analysen von Uhrlaub und Nason [in Waltershausen 1857 (147c)] entsprechen, wie schon Kenngott (68d) bemerkte, eher der Zusammensetzung  $3\text{PbS} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$  als der des Skleroklas  $\text{PbS} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$ .

Von den vier Analysen von Stockar-Escher [in Kenngott 1856/57 (68d)] käme ebenfalls keine der Sartoritzusammensetzung nahe.

Referat in Rammelsberg 1860 (108); die Analyse I von Uhrlaub ist hier durch einen Druckfehler Stockar-Escher zugeschrieben.

V. Raths kristallographische Untersuchungen 1864 (109a+b) brachten

klare Unterscheidungsmerkmale zwischen heutigem Dufrenoysit und heutigem Skleroklas. Auf ihn geht auch die heutige Bezeichnungsweise zurück. Nach seinen chemischen Untersuchungen käme die Uhrlaub-sche Analyse I (147b) der Skleroklaszusammensetzung am nächsten. Er hält jedoch den Schluß Waltershausens aus dieser Analyse, daß hier eine isomorphe Mischung  $\text{PbS} \cdot \text{As}_2\text{S}_3 : 2\text{PbS As}_2\text{S}_3 = 3,124 : 1$  vor-liege, für unvertretbar. – Vor dem Lötrohr verhalten sich Dufrenoysit und Skleroklas gleich.

*Tabelle der Analysen von Sartorit aus dem Binental*

Nr.	Autor	Lit.	Jahr	Dichte	S	As	Pb	Ag	Fe	$\Sigma$
1	PbS As <sub>2</sub> S <sub>3</sub>				26,39	30,93	42,68	—	—	100,00
2	Uhrlaub in Walters- hausen	147b	1855	5,393	25,910	28,556	44,564	0,424	0,448	99,902
3	König in Baumhauer	4e	1895	5,05	25,26	26,28	46,08	—	—	97,62
4	Jackson	131a <sub>2</sub>	1900	4,980	25,81	30,80	43,24	—	—	99,85
5	Jackson	131a <sub>2</sub>	1900	—	25,60	30,46	43,93	—	—	99,99
6	Jackson	131a <sub>2</sub>	1900	—	25,12	30,12	43,72	—	—	98,96
7	Jackson	83f	1903		25,32	31,11	42,93	—	—	99,36
8	Ferrari u. Curti	28	1934	Analyse im Text						

*Referate:* Petersen 1866 (99) beanstandet die nach Rammelsberg falsche Angabe von Uhrlaubs Analyse I ; Dana 1868 (18c) ; Groth 1874 (38a) führt Sartorit als Bleiarsenglanz auf und hält ihn für isomorph mit Zinkenit =  $\text{PbS Sb}_2\text{S}_3$ , Emplektit =  $\text{Cu}_2\text{S Bi}_2\text{S}_3$  und Wolfsbergit =  $\text{Cu}_2\text{S Sb}_2\text{S}_3$ . Weitere Referate in Groth 1882 (38c) ; Groth 1889 (38d) ; Dana 1892 (18f).

Eine neue Analyse des Skleroklas wurde auf Veranlassung Baumhauers 1895 (4e) durch Koenig ausgeführt. Die lieferte :

$$\text{S} = 25,26 \quad \text{Pb} = 46,08 \quad \text{As} = 26,28 \quad \text{Summe} = 97,62.$$

Baumhauer schließt aus dieser Analyse analog Waltershausen auf eine Zusammensetzung  $3(\text{PbS As}_2\text{S}_3) + 2 \text{ PbS As}_2\text{S}_3 = \text{Pb}_5\text{As}_8\text{S}_{17}$ .

Drei weitere Analysen an Sartorit gehen, wie die Tabelle zeigt, auf Jackson 1900 (131a<sub>2</sub> = 132c) zurück. Die Dichte wurde zu 4,980 gemessen.

Die Analyse Jacksons an einem von Lewis 1903 (83f) beschriebenen Sartorit kommt den theoretischen Werten der Zusammensetzung  $\text{PbS As}_2\text{S}_3$  sehr nahe.

Baumhauer gibt 1903 (4m) als Formel  $\text{PbS As}_2\text{S}_3$  an. Hintze 1904 (54a) verweist ebenfalls auf Baumhauer (4e). Trechmann 1907 (140c<sub>2</sub>) gibt  $\text{PbS As}_2\text{S}_3$  an. Ebenfalls Cesaro 1915 (17b) in seiner Systematik; Smith und Solly 1919 (129); Doelter-Leitmeier 1926 (23). Schließlich fanden Ferrari und Curti 1934 (28) bei einer Analyse von 0,0983 Gramm Skleroklas eine Zusammensetzung von

PbS	= 48,40
$\text{As}_2\text{S}_3$	= 48,58
$\text{Sb}_2\text{S}_3$	= 0,06
Summe	= 97,04
	PbS : $\text{As}_2\text{S}_3 = 1,023$

Alle weiteren Referenten übernehmen die Formel; so Niggli, Koenigsberger, Parker 1940 (89); Quervain und Friedländer 1942 (104).

*Synthese*: Sommerlad 1897 (135b) versuchte Skleroklas durch Zusammenschmelzen von PbS und  $\text{As}_2\text{S}_3$  in geeignetem Verhältnis zu erhalten. Es fiel ein fast schwarzes, glänzendes, leicht zerdrückbares Produkt der Dichte 4,585 an; die Analyse der Schmelze entsprach zwar der Skleroklaszusammensetzung, aber die physikalischen Eigenschaften wichen ab. Nach Sommerlad lag deshalb wohl nur ein Gemisch vor. (Referat in: Doelter-Leitmeier 1926 (23).)

Unter hydrothermalsynthetischen Bedingungen wurde Sartorit von Rösch und Hellner 1959 (112) hergestellt. Es ergab sich neben Sartorit mit den Zelldimensionen von Bannister, Pabst, Vaux (2) nach der Aufstellung von Berry und Peacock (13)

$$a_0 = 1946 \quad b_0 = 4,17 \quad c_0 = 7,79 \text{ \AA} \quad \beta = 90^\circ \quad P 2_12_12_1$$

eine zweite Modifikation des Sartorit: Sartorit II, mit den Gitterkonstanten:

$$a_0 = 19,4 \quad b_0 = 2 \times 4,15 \quad c_0 = 7,82 \text{ \AA} \quad \beta = 90^\circ \quad P 2_12_12_1$$

Sartorit II ist in der Natur noch nicht beobachtet worden.

*Dichte*: S. v. Waltershausen: 5,40 bis 5,469. Uhrlaub (in Waltershausen): 5,393; G. v. Rath 1864: 5,1 bis 5,4; Solly und Jackson 1900 (131a): 4,980; Baumhauer: 5,05; Berry und Peacock 1940 (13) berechnet: 5,04; Berman (priv. Mitt. in Dana 18g) (155), 1939: 5,10  $\pm$  0,02; Bannister, Pabst, Vaux: berechnet aus der Pseudozelle: 5,07.

## 7. Erzmikroskopie

Erzmikroskopische Untersuchungen gehen auf Dan Giusca 1929/30 (35a+b) und Schneiderhöhn-Ramdohr 1931 (121) zurück. Zusammenfassung der Untersuchungen in Ramdohr 1950/60 (106c+d).

Skleroklas lässt sich gut polieren. Der Anschliff ist leicht mit Natriumhypochlorit ätzbar, ebenso von KOH unter Graufärbung, die die Struktur hervortreten lässt.

Im Reflexionsvermögen und der Reflexionsfarbe unterscheidet sich Skleroklas von Baumhauerit fast nicht; Reflexionsfarbe in Luft ist ziemlich reinweiß. Ein Reflexionspleochroismus in Luft ist nicht erkennbar, in Öl nur selten an Zwillingsgrenzen. Innenreflexe sind häufig und tiefrot. Die Anisotropieeffekte bei +Ni sind sehr schwach; graublaue bzw. graugelbe Farben. Die häufig auftretenden Zwillingslamellen (anscheinend nach zwei Gesetzen: wohl (100) und zwei weiteren, einander gleichwertigen Richtungen) sind deshalb bei +Ni oft schwer sichtbar. Sie durchziehen den Kristall meist unregelmäßig und sind oft unterbrochen und zuweilen verbogen, wie sie beim Baumhauerit auch beobachtet werden. Zwillingslamellierung tritt beim Baumhauerit viel häufiger auf und ist dort viel gleichmäßiger in der Breite und regelmäßiger in der Anordnung. Die Entstehung dieser Zwillingslamellierung wird auch beim Sartorit auf mechanische Druckbeanspruchung zurückgeführt.

Sartorit verdrängt nach Giusca Rathit, Liveingit und Baumhauerit. Er selbst wird von Hutchinsonit verdrängt, der zuweilen idioblastisch in ihn hineinwächst; Referat auch in Bader 1934 (1).

## 8. Vorkommen

Sartorit ist bisher nur aus dem Lengenbacher Dolomit bekannt. Man vergleiche auch die Angaben in den einleitenden «historischen» Kapiteln.

# III. JORDANIT

## 1. Literatur

1855 Descloizeaux u. Marignac (22)	1866 Kenngott (68 i)
1864 G. v. Rath (109a+b)	1866 Petersen (99)
1862-1865 Kenngott (68h)	1868 Dana (18e)

- |  |  |
|--|--|
| 1872 Brush (156a)                          | 1915 Cesaro (17b)                        |
| 1872 Wiser (153 i)                         | 1918 Goldschmidt (36b)                   |
| 1873 Sipöcz (127)                          | 1919 Goetze (37)                         |
| 1873 Wartha (148)                          | 1920 Schmidt (119b)                      |
| 1873 Tschermak (141)                       | 1921 Groth u. Mieleitner (39)            |
| 1873 G. vom Rath (109c)                    | 1922 Klockmann (71)                      |
| 1874 Groth (38a)                           | 1925 Baumhauer (4w)                      |
| 1875 C. Klein (70b)                        | 1926 Doelter u. Leitmeier (23)           |
| 1875 Brush (156b)                          | 1928 Weber (149b)                        |
| 1876 Foote's catalogue (152) u. (161)      | 1929 Dan Giusca (35a)                    |
| 1877 Engelmann (24)                        | 1930 Dan Giusca (35b)                    |
| 1878 Lewis (83a+b)                         | 1931 Schneiderhöhn-Ramdohr (121)         |
| 1878 Groth (38b)                           | 1934 Huttenlocher (62a=b)                |
| 1882 Groth (38c)                           | 1934 Bader (1)                           |
| 1887 Ritz (111)                            | 1934 Ferrari u. Curti (28)               |
| 1887 Walpen (146)                          | 1935 Hofmann (55)                        |
| 1889 Groth (38d)                           | 1938 Palache, Richmond, Winchell<br>(94) |
| 1891 Baumhauer (4a+b)                      | 1940 Berry (12a)                         |
| 1892 Dana (18f)                            | 1940 Berry u. Peacock (13)               |
| 1893 Baumhauer (4c)                        | 1940 Fisher (29)                         |
| 1894 Baumhauer (4d)                        | 1940 Hiller (53)                         |
| 1895 Zeller (154a+b)                       | 1940 Niggli, Königsberger, Parker (89)   |
| 1896 Baumhauer (4g)                        | 1942 Quervain u. Friedländer (104)       |
| 1897 Goldschmidt (38a)                     | 1942 Ramdohr (106a)                      |
| 1898 Sommerlad (135b)                      | 1942 Harcour (44)                        |
| 1898 Groth (38e)                           | 1943 Ramdohr u. Websky (107)             |
| 1899 Solly u. Jackson (131a <sub>1</sub> ) | 1943 Berry (12b)                         |
| 1900 Solly u. Jackson (131a <sub>2</sub> ) | 1944 Dana (18g)                          |
| 1900 Guillemain (42)                       | 1949 Uyttenbogaardt (143)                |
| 1900 Baumhauer (4j)                        | 1950 Ramdohr (106c)                      |
| 1901 Solly (132c)                          | 1954 Klockmann u. Ramdohr (71b)          |
| 1903 Baumhauer (4m)                        | 1957 V. Ross (114)                       |
| 1903 Baumhauer (4 o)                       | 1958 Hellner, Weitz, Rösch (49)          |
| 1904 Köchlin (72)                          | 1959 Rösch u. Hellner (112)              |
| 1904 Hintze (54a)                          | 1959 Nowacki u. Kunz (158)               |
| 1904 Groth (38g)                           | 1960 H. Strunz (160)                     |
| 1905 Baumhauer (4p)                        | 1960 Ramdohr (106d)                      |
| 1906 Solly (132n)                          |  |
| 1909 Desbuissons (21b)                     |  |

## 2. Sammlungsregister

B 59 (l) ; Proben 1, 2, 5, 6, 7) (Probe 1 : NK) ; B 60 (f) (ZW) (F) ; B 61 (f) ; B 62 (f) (ZW) ; B 63 (f) (ZW) ; B 64 (f) ; B 65 (f) (ZW) ; B 66 (l : 2 Stücke) ; B 67 (f) ; B 70 (l) (ZW) ; B 136 (l) ; B 140 (f) (ZW) ; B 175 (f) (ZW) ; B 176 (l) (NK) ; B 277 (l) ; B 278 (f) (NK) (RH) ; B 281 (f) (ZW) ; B 301 (f) (F) ; B 346 (f)

(uwM) ; B 361 (f) ; B 440 (l : Proben 3 und 4 in 4j) ; B 449 (f) ; B 450 (f) ; B 585 (f) ; B 591 (f) ; B 592 (f) ; B 593 (f) ; B 594 (f) ; B 595 (f) ; B 596 (f) ; B 597 (f) ; B 598 (f) (« Krist. I » in : 4j) ; B 599 (l : Proben 6 und 7) (« Krist. IV » in : 4j) ; B 600 (f) ; B 601 (l) ; B 603 (f) ; B 743 (f) ; B 763 (f) ; B 775 (f) ; B 787 (f : 2 Stücke) ; B 788 (l : Proben 1, 2, 3, 4) (Probe 1 auf S. 78 in 4d) (Probe 2 auf S. 73 in 4d) (Probe 3 auf S. 207 in 4c) ; B 789 (l) (kugelig) B 790 (f).

Die Probe B 231, Dufrenoysit, erwies sich nach RH als Jordanit.

### 3. Historisches

Das Mineral wurde 1864 von G. vom Rath (109a+b) unter den Binnentaler Bleiarsenspießglanzen nachgewiesen. Diese Entdeckung schloß derzeit die lange Periode, in der man sich auf die Annahme beschränkt hatte, daß die « bleigraue Substanz im Dolomit » nur von *zwei* isomorph mischbaren Spießglanzen (heutigem Dufrenoysit und heutigem Skleroklas) sowie dem kubischen Binnit dargestellt werde. Seit der Arbeit vom Raths unterschied man nun *drei* nicht isomorph mischbare Spießglanze. Den Namen Jordanit hatte Rath zu Ehren des um die Mineralogie verdienten Saarbrückers Dr. Jordan gewählt.

Mit dieser Unterscheidung glaubte man nun endgültig alle Minerale der bleigrauen Substanz erfaßt zu haben und war in den folgenden dreißig Jahren mit diesem Forschungsergebnis zufrieden, bis 1896 Baumhauer den Rathit (4f) nachweisen konnte.

Nach Schätzungen Baumhauers (4p, S. 46) und Baders (1, S. 390) wäre Jordanit neben Skleroklas und Rathit eines der häufigsten Spießglanze im Lengenbacher Dolomit.

### 4. Allgemeine Ansprache des Minerals

*Morphologie*: Von den anderen Sulfarseniten des Binnentales lässt sich der Jordanit leicht unterscheiden. Er erscheint, wo er in kleinen Hohlräumen des Dolomit auskristallisiert vorliegt, wegen seiner ausgesprochen pseudohexagonalen Symmetrie meist in annähernd regelmäßig ausgebildeten sechsseitigen « Tönnchen », deren « Basis » dem Klinopinakoid (010) Baumhauers entspricht. Charakteristisch ist eine manchmal sehr dichte Zwillingsstreifung auf dieser Tafelfläche nach der Zwillingsebene ( $\bar{1}01$ )<sub>B</sub>. Die im übrigen sehr flächenreichen Kristalle können bis zu drei cm groß werden ; sie sind jedoch meist viel kleiner. Stark entwickelt zeigen sich die drei Zonen : [001]<sub>B</sub>, [101]<sub>B</sub>, [ $\bar{1}01$ ]<sub>B</sub>. Bei sehr ungleicher Ausbildung der Zonen kann der pseudohexagonale Charakter jedoch auch zuweilen ganz verschwinden (Hintze 54a).

Außer in wohl ausgebildeten Kristallen kommt Jordanit jedoch auch in glaskopfartig-gerundeten Exemplaren vor. Ein solcher Jordanit wurde von Baumhauer 1894 (4d, S. 85) beschrieben : B 789 unserer Sammlung. An manchen Stellen brechen zahlreiche Kristallkanten und Ecken aus der sonst gerundeten Oberfläche hervor, was Baumhauer als einen Hinweis dafür nimmt, daß dieses Gebilde primär gerundet entstanden sei und nicht durch nachträgliche Ätzung so geformt wurde.

*Die Farbe* des Jordanit ist bleigrau, wie die der anderen Spießglanze ; jedoch sind seine Flächen meist anlaufend, wie Wiser 1872 (153h) zuerst bemerkte. Baumhauer 1894 (4d, S. 78), Solly 1900 (131a<sub>2</sub>) und Bader 1934 (1) weisen darauf hin, daß die Anlauffarben meist gesetzmäßig verteilt sind :  $[001]_B$  wird rot,  $[\bar{1}01]_B$  wird hellgrün und  $[101]_B$  wird blaugrün. Daß die Kristalle anlaufend, wurde zuerst von Wiser 1872 (153h) beobachtet.

Der *Strich* des Jordanit ist schwarz.

Die *Spaltbarkeit* nach  $(010)_B$  ist sehr vollkommen. Ferner läßt sich eine Absonderung nach  $(\bar{1}01)_B$  wahrnehmen. Der Bruch ist muschelig.

Die *Härte* wird mit 3 angegeben.

## 5. Kristallographie

Das Mineral wurde 1864 von G. vom Rath (109a+b), der es zuerst identifizierte, noch für rhombisch gehalten, und die Achsen mit  $\bar{a} : \bar{b} : c =$  (also : « Brachydiagonale » : « Makrodiagonale » : « Hauptachse ») =  $0,5375 : 1 : 2,031$  bestimmt. Er maß neben der stark entwickelten Basis (seine beiden Kristalle zeigten polysynthetische Zwillingssstreifung) noch weitere 19 Flächen ein. Seine Abbildungen sind im Goldschmidt-Atlas wiedergegeben (36b). Rath weist gleichzeitig darauf hin, daß einer der von Descloizeaux und Marignac (22) 1855 als (heutiger) Dufrenoysit gemessenen und gezeichneten Kristalle dem Jordanit entspricht.

Als rhombisches Mineral wurde der Jordanit dann ferner von Kenn-gott 1862-1865 (68h) und 1866 (68i) ; Petersen 1866 (99) ; Dana 1868 (18e) und abermals von v. Rath 1873 (109c) beschrieben. Groth 1874 (38a), 1878 (38b), 1882 (38c) und 1889 (38d), der die jeweiligen Forschungsergebnisse zusammenfaßt, sowie Engelmann 1877 (24) beschrieben den Jordanit in gleicher Weise. Messungen an einem Jordanit des Britischen Museums teilt Lewis 1878 (83a+b) mit. Er bezieht die Flächen auf das v. Rath'sche Achsenkreuz und fügt den bekannten

Formen fünf neue hinzu. Ritz 1887 (111) und Walpen 1887 (146) zählen den Jordanit auf, ohne weiter auf seine kristallographischen Verhältnisse einzugehen. Auch in der 6. Auflage der Dana 1892 (18f) wird Jordanit noch mit dem v. Rath'schen Achsenverhältnis aufgeführt und 37 Formen mitgeteilt, unter denen auch diejenigen von Siebenbürger Jordanit sind.

1891 weist Baumhauer (4a+b) die monokline Symmetrie nach.

Baumhauer erhält ein Achsenabschnittsverhältnis von

$$a : b : c = 0,4945 : 1 : 0,2655 \quad \beta = 90^\circ 33 \frac{1}{2}'$$

Infolge dieser Messungen muß die Aufstellung des Minerals geändert werden. Die seither als Basis angenommene größte Fläche wird nun zur (010) und die alte a-Achse zur c-Achse.

Die Transformation lautet also :

$$\text{Rath } a / b / c \rightarrow \text{Baumhauer } c / a / b.$$

Die Baumhauer'schen Achsenverhältnisse ergeben sich durch einfache Umrechnung mit geringer Modifikation<sup>1</sup> aus den v. Rath'schen.

1891 veröffentlicht Baumhauer Messungen an fünf weiteren Jordaniten (4b). Es werden zwei verschiedene Zwillingsgesetze beobachtet. Das eine liefert polysynthetische Zwillinge nach ( $\bar{1}01$ ), wie sie schon v. Rath beobachtet hatte. Sieben neue Flächen wurden eingemessen :

$$(501)_B, (\bar{5}01)_B, (2\ 15\ 0)_B, (2\ 11\ 2)_B, (381)_B, (521)_B, (1\ 14\ 1)_B.$$

Das zweite Zwillingsgesetz liefert eine Fläche als Zwillingsebene, die den Winkel  $(\bar{1}01)_B : (101)_B$  entweder gerade abstumpft oder halbiert. Dieses für Jordanit neue Zwillingsgesetz studiert Baumhauer in zwei weiteren Arbeiten 1893 (4c) und 1894 (4d). Als Zwillingsebene ergibt sich die Fläche  $(\bar{3}01)_B$ , im Original infolge eines Druckfehlers mit  $(\bar{1}03)_B$  angegeben. Dieses Gesetz ist an dem untersuchten Stück kombiniert mit Verzwilligung nach  $(\bar{1}01)_B$ . Die Untersuchungen bestätigen abermals die monokline Symmetrie und das oben angeführte Achsenverhältnis. Weitere neue Flächen kommen hinzu, sodaß bis 1896 (Baumhauer 4g) bereits 105 Formen bekannt waren.

Solly fügt 1900 (131a<sub>2</sub>, übersetzt 1901 in : 132c) 10 weitere Formen hinzu und bestätigt durch Messungen an 20 Kristallen das Baumhauer'sche Achsenverhältnis, gibt jedoch den Supplementwinkel von  $\beta$  an ; vgl. auch Hintze 1904 (54a), Baumhauer 1925 (4w). Solly beobachtet zwei neue Zwillingsverwachsungen des Jordanit :

<sup>1</sup> v. Rath mit vertauschten Achsen  $(1 : 2,0308 : 0,5375)$  ergibt  $0,4923 : 1 : 0,2616$ .- Baumhauer hat  $0,4924 : 1 : 0,2647$ .

- 1) Zwillingsebene nach  $(101)_B$ - von Baumhauer nicht für möglich gehalten.
- 2) Zwillingsebene nach  $(301)_B$  stets kombiniert mit dem gewöhnlichen Gesetz  $(\bar{1}01)$ .

Neun weitere neue Formen von Baumhauer (4j) aus dem gleichen Jahre vermehren die bekannten Formen auf 127.

In den Winkeltabellen von Goldschmidt 1897 (36a) findet sich Jordanit noch als rhombisch aufgeführt, wobei das Achsenverhältnis mit  $a : b : c = 0,5375 : 1 : 1,0154$  angegeben wird, welches bis auf  $\frac{c}{2}$  dem Rath'schen Verhältnis entspricht. Dieses Symmetrieverhältnis wird auch vom Goldschmidt in seinem Atlas 1918 (36b) zur Angabe der nach rhombischer Symmetrie gemessenen Formen beibehalten; da-selbst auch eine vergleichende Winkeltabelle.

*Zonenverband*: Die Untersuchung der Verteilung und Anordnung der Flächen im Zonenverband ist deshalb wichtig, weil durch sie der pseudohexagonale Charakter des Jordanit bedingt ist.

Solly betont 1900 (131a<sub>2</sub>), (132c), daß er eine sehr unterschiedliche Entwicklung der Pyramidenzone + [010, 101]<sub>B</sub> von derjenigen der Pyramidenzone - [010, 101]<sub>B</sub> gefunden habe. In der ersten seien die Flächen um (010) gehäuft, während bei der zweiten die Flächen um (111) gehäuft seien. Die zweite Zone sei stets flächenreicher entwickelt als die erste.

Die Verteilung der Flächen beim Jordanit wird von Baumhauer in verschiedenen Arbeiten nach der Komplikationsmethode untersucht: 1903 (4 o) und 1925 (4w); ebenso von Weber 1928 (149b).

Hintze 1904 (54a, S. 1144) referiert die Flächenverteilung wie folgt: « Die Flächen gruppieren sich um 12 in der Symmetrieebene liegende Zonenachsen und je drei dieser Zonen liefern Gestalten von hexagonalem Habitus, wobei die Symmetrieebene als hexagonale Basis erscheint, die pseudohexagonalen Gestalten als Pyramiden erster und zweiter Ordnung, sowie zuweilen (rechte und linke) Pyramiden von Zwischenstellungen; doch tritt auch der pseudohexagonale Charakter gelegentlich ganz zurück, wie durch ungleiche Ausdehnung der Zonen der negativen und positiven Hemipyramiden, sowie verschiedene Anlauffarben. »

Alle oben stehenden Flächenangaben sind nach der Baumhauer'schen Aufstellung angegeben. Spätere röntgenographische Untersuchungen machten eine Änderung der Aufstellung notwendig. Die Umrechnung erfolgt leicht nach den dort beigefügten Transformationsformeln.

*Struktur*: Erste röntgenographische Untersuchungen mit Hilfe von Puderaufnahmen an Binnentaler Jordanit gehen auf Ferrari und Curti 1934 (28) zurück. – Die Größe der Elementarzelle wird von Palache, Richmond, Winchell 1938 (94) ermittelt. Auf Grund goniometrischer Messungen wählen die Autoren eine andere Aufstellung, derart, daß die Flächen Baumhauers :

- (100) Baumhauer in ( $\bar{1}01$ ) Palache
- (010) Baumhauer in (0 $\bar{1}0$ ) Palache
- (001) Baumhauer in (301) Palache übergehen.

Transformationsformel Baumhauer nach Palache :  $\bar{1}03 / 0\bar{4}0 / 101$ .

Das aus den Baumhauer'schen Achsenproportionen berechnete neue Verhältnis ergibt sich zu  $a : b : c = 0,2354 : 1 : 0,1397 \quad \beta = 93^\circ 53'$ .

Da sich aus den in dieser Arbeit gemessenen Zelldimensionen :

$$a_o = 7,529 \text{ \AA} \quad b_o = 31,87 \text{ \AA} \quad c_o = 4,421 \text{ \AA} \quad \beta = 93^\circ 59'$$

ein Verhältnis von

$$a_o : b_o : c_o = 0,2362 : 1 : 0,1387 \quad \beta = 93^\circ 59'$$

berechnet, bestätigen also die Röntgenaufnahmen das Baumhauer'sche Achsenverhältnis. Der Zellinhalt entspräche nach dieser Arbeit eher der Formel  $Pb_{14}As_7S_{24}$  als der Formel  $Pb_{13}As_7S_{23}$ .

Eine Einkristallaufnahme, die Berry 1940 (13) (vgl. auch (12a)) an einem Jordanit des spez. Gewichtes 6,44 vornahm, ergab die Zelldimensionen ( $\text{\AA}$ ) :

$a_o = 8,89 \pm 0,03$ ,  $b_o = 31,65 \pm 0,03$ ,  $c_o = 8,40 \pm 0,02$ ,  $\beta = 118^\circ 21' \pm 30'$  in der Raumgruppe  $C_{2h}^2$ , woraus sich ein Achsenverhältnis von :

$$a_o : b_o : c_o = 0,281 : 1 : 0,265 \quad (\beta = 118^\circ 21') \text{ errechnet.}$$

Transformiert man die Baumhauer'sche Aufstellung so, daß sie zur Berry'schen Zelle paßt, dann ergeben sich die folgenden Werte :

$$a : b : c = 0,2795 : 1 : 0,2655 \quad \beta = 117^\circ 49\frac{1}{2},$$

Die notwendige Transformation lautet :

$$\text{Baumhauer in Berry } \frac{1}{2}0\bar{1} / 0\bar{1}0 / 001.$$

Die Arbeit Berrys ergab, daß Richmond in der Arbeit Palache, Richmond, Winchell nicht die ganze Elementarzelle erfaßt hatte. In dem von Berry gemessenen Gitter würde die Richmond'sche Zelle von den Kanten  $a' = \frac{1}{2}01$ ,  $b' = 010$ ,  $c' = \frac{1}{2}00$  begrenzt werden. Nach Berry ist der Zellinhalt  $27PbS 7As_2S_3$  (mit einer errechneten Dichte von 6,49) und damit ungefähr doppelt so groß wie die von Richmond und von Fisher 1940 (29) angegebenen Zellen.

Die Transformation Palache, Richmond in Berry lautet :

$$00\bar{2} / 010 / 101.$$

In den « Tables for the identification ... » 1942 (44) von Harcour ist das Pulverdiagramm von Jordanit enthalten.

Auf Grund der kristallographischen und chemischen Verhältnisse schlossen Groth (38a), G. v. Rath 1873 (109f), Krenner (Z. Krist. 8, 1884, S. 623), Schmidt (Z. Krist. 8, 1884, S. 613), Miers (Min. Mag. 5, 1884, S. 533) und Groth 1898 (38e) auf eine Isomorphie des Jordanit mit Meneghinit, wobei Groth vermutet, daß sich der als rhombisch beschriebene Meneghinit bei eingehenderen kristallographischen Studien als monoklin erweisen könnte, was Hintze (Z. Krist. 9, S. 294) und Baumhauer (4a) jedoch nicht bestätigten. G. d'Achiardi (Soc. Tosc. Sc. Nat. 1901, 18, S. 115) wies auf ähnliche Winkelverhältnisse zwischen Jordanit und Geokronit hin ; Solly (131a<sub>2</sub>) hatte Isomorphie zwischen beiden Mineralien angenommen und deshalb dem Geokronit fälschlich die Formel  $Pb_4Sb_2S_7$  zugeschrieben.

*Zwillingsgesetze an Jordanit:*

- 1) Polysynthetische Verzwilligung mit  $(\bar{1}01)_B$  als Zwillingsebene kommt sehr häufig vor. Beobachtet wurde sie zuerst von G. v. Rath (109a+b) 1864, von Baumhauer (4c) etc., und von Solly (131a<sub>2</sub>).
- 2) Zwillingsebene  $(301)_B$  wurde zuerst von Solly 1900 (131a<sub>2</sub>) und 1906 (132n) beobachtet. Diese Verwachsung kommt immer in Verbindung mit der Zwillingsverwachsung nach  $(\bar{1}01)_B$  vor.
- 3) Zwillingsebene ist  $(101)_B$ ; diese Verwachsung ist sehr selten und wird durch Zwillingsstreifung angedeutet. Zuerst beschrieben wurde sie von Solly 1900 (131a<sub>2</sub>), die Deutung von Baumhauer jedoch angezweifelt, und betont, daß Jordanit nach  $(\bar{1}01)_B$ , jedoch nicht nach  $(101)_B$  verzwilligt vorkomme (4b, c, d).
- 4) Zwillingsebene ist  $(\bar{3}01)_B$ . Dieses Gesetz wurde von Baumhauer 1894 (4d) zuerst beobachtet und kam an dem von ihm untersuchten Exemplar in Verbindung mit dem Gesetz  $(\bar{1}01)_B$  vor. Auch diese Verwachsung ist sehr selten.

Untersuchungen von Goetze 1919 (37) bewiesen durch Druckversuche an unverzwilligten Jordanitkristallen, daß Verzwilligung auch auf mechanischem Wege zu erreichen ist. Zwei natürlich verzwilligte Jordanite nach  $(101)_B$  aus dem Binnentaler Dolomit wurden als mechanische Zwillinge gedeutet.

## 6. Chemismus

Von G. v. Rath war 1864 nur eine qualitative Analyse mitgeteilt worden. Petersen vermutet 1866 (99), daß Jordanit der Zusammensetzung  $3 \text{ PbS} \cdot 2\text{As}_2\text{S}_3$  entspreche. Analysen standen zu der Zeit noch aus.

Die erste quantitative Analyse geht auf Sipöcz 1873 (127) zurück und führt auf eine Formel  $4\text{PbS} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$ . Er stellt gleichzeitig eine Konstitutionsformel für Jordanit auf, die später von Wartha 1873 (148) diskutiert und geändert wurde; siehe auch Doepler-Leitmeier 1926 (23). Auf Grund der chemischen Verhältnisse versucht Césaro 1915 (17b) Konstitutionsformeln für die Sulfosalze aufzustellen und sie in einem System zu ordnen. Ähnliche Versuche gehen auf Hofmann 1935 (55) und Hiller 1940 (53) zurück. Das Mineral tritt dann in den strukturellen Gliederungen von Berry 1943 (12b), Ross 1957 (114) und Hellner, Weitz, Rösch 1958 (49) auf.

Die nachstehende Tabelle faßt die bis heute an Binnentaler Jordanit gemachten quantitativen Analysen zusammen.

Zum Vergleich seien noch drei Analysen von Sachs (Zbl. Min. 1904, 723) an Jordanit von Beuthen/Oberschlesien angefügt, die sich nicht wesentlich von den Binnentaler Analysen unterscheiden.

	I	II	III
Pb	70,15	70,23	68,84
As	11,34	11,40	12,49
S	18,26	18,17	18,67
Fe	0,18	0,20	

Der Eisengehalt wird auf Verunreinigung zurückgeführt. Zum Chemismus vgl. auch die Diskussion in Ramdohr 1942 (106a): «Bei der Ähnlichkeit der Zusammensetzung kommen wechselweise Umsetzungen und Teilpseudomorphosen sehr leicht vor. Der Volumeneffekt ist dabei klein, die Änderung des Aussehens so gering, daß auch ein sorgfältiger Beobachter ohne sehr genaue mikroskopische Untersuchungen von der Veränderung nichts merkt. Diese Veränderung verfälscht aber sowohl die Analysenwerte und damit die „Formel“ wie die Dichte.»

1940 meinte Fisher (29), nach Diskussion verschiedener Analysen, daß unter Berücksichtigung der Dichte und der röntgenographischen Ergebnisse die Formel  $\text{Pb}_{14}\text{As}_7\text{S}_{23}$  dem Jordanit angemessener sei. Berry hatte, wie schon oben erwähnt (12a) und (13),  $\text{Pb}_{27}\text{As}_{14}\text{S}_{48}$  als Formel angegeben.

Tabelle der Analysen von Jordanit aus dem Binnental

(und Nr. 4 aus Nagyak, bzw. Nr. 5 künstlich)

Nr.	Autor	Jahr	Literatur	Dichte	Pb	As	Sb	S	$\Sigma$
1	Theoretisch $4\text{PbS As}_2\text{O}_3$	—	—	—	68,83	12,48	—	18,64	100,00
2	Sipöcz	1873	(127)	6,401	69,99	12,78	—	18,18	100,95
3	Sipöcz	1873	(127)	6,384	68,95	12,86	0,11	18,13	100,05
4	Ludwig Jordanit v. Nagyag	1873	Tscher. MPM. S. 213	—	70,80	9,90	1,87	17,06	99,63
5	Sommerlad künstlich	1898	(135b)	6,101	69,20	12,26	—	18,18	99,64
6	Jackson	1900	(131a <sub>2</sub> )	6,413	68,61	12,32	—	18,19	99,12
7	Jackson	1900	(131a <sub>1</sub> )	—	68,83	12,46	—	18,42	99,71
8	Guillemain	1900	(42)	5,484	68,67	12,46	—	18,81	99,94
9	Guillemain	1900	(42)	—	72,42	8,97	—	18,50	99,89
10	Guillemain	1900	(42)	—	72,37	8,99	—	18,63	99,99
11	Guillemain	1900	(42)	—	72,52	8,94	—	18,61	100,07
12	Guillemain	1900	(42)	—	72,50	8,77	—	18,73	100,00

Bemerkung : Die Analysen 9, 10, 11 von Guillemain sind offenbar nicht an frischem Material durchgeführt worden. Guillemain betont, daß die Kristalle mit einer Haut von  $\text{As}_2\text{O}_3$  überzogen waren.

Die Angaben der *Dichte* schwanken in ziemlichen Grenzen : Die von Guillemain 1900 (42) gefundene Dichte von 5,484 ist offenbar zu niedrig ; sie ließe sich auf Pyriteinschlüsse innerhalb des Kristalls zurückführen. Dan Giusca fand 1930 (35b) eine Dichte von 6,24, die infolge von Dolomitverunreinigungen ebenfalls zu niedrig ausgefallen war. – Berry maß 1940 (12a) eine Dichte von 6,44. Seine errechnete Dichte liegt bei 6,49. Fisher gibt 1940 (29) die Dichte mit 6,49 an, und Palache 1940 (96) mit 6,39.

Synthese : Sommerlad (135b) erhielt durch Zusammenschmelzen von  $4\text{PbS}$  mit  $\text{As}_2\text{S}_3$  ein bleigraues dichtes Produkt, welches nicht mit Ammoniak, jedoch gut mit heißer Kalilauge reagierte. Seine Dichte betrug 6,101. Die Analyse ist in der Tabelle der chemischen Analysen aufgenommen. Rösch und Hellner berichten von einer Hydrothermal-synthese des Jordanit (112).

## 7. Erzmikroskopie

Erste erzmikroskopische Untersuchungen an Jordanit gehen auf Dan Giusca 1929 (35a+b) und Schneiderhöhn-Ramdohr 1931 (121) zurück. Weitere Untersuchungen sind in Ramdohr « Die Erzmineralien und ihre Verwachsungen » 1950 (106c) und 1960 (106d) zusammengefaßt.

Jordanit zeigt neben den anderen Sulfosalzen ein vergleichsweise hohes Reflexionsvermögen (Reflexionsfarbe ist weiß – gegenüber Baumhauerit schwach rosa). Jordanit ist schwach anisotrop und hat eine mittlere Schleifhärte, die zwischen der des Bleiglanzes und der Zinkblende liegt.

Zwillingslamellen lassen sich bei den Binnentaler Kristallen stets feststellen ; sie sind regelmäßig gebaut mit oft gleicher Lamellenbreite. Dan Giusca (35a+b) fand Verdrängungerscheinungen des Jordanit durch Dufrenoysit und Baumhauerit, so daß Jordanit inselartig in diesen Mineralien erhalten bleibt. Ramdohr untersuchte 1942 (106a) Material von Beuthen/Oberschlesien erzmikroskopisch.

Oft kann man schon mit der Lupe beobachten, daß Jordanit innig mit Pyrit (Solly 131a<sub>2</sub>) verwachsen ist ; zuweilen kommen auch Verwachsungen von Jordanit mit Bleiglanz vor, ebenso mit Zinkblende (C. Klein, 70b).

## 8. Vorkommen

- 1) Die Lagerstätte im Dolomit am Lengenbach wurde von verschiedenen Forschern untersucht und hydrothermal gedeutet, im Lager haben aber Umlagerungen eine große Rolle gespielt ; (35a+b) und (62a+b). Nach einer Theorie von Ahlfeld (Z. prakt. Geol. 41, 1933, S. 189) sind die Arsenierungen oberflächennahen, apomagmatischen Thermen zuzuschreiben.
- 2) Seit 1873 (Tschermak : 141) ist Jordanit von epithermalen Goldquarzgängen aus Nagyak in Siebenbürgen bekannt. Man fand dort kleine bleigraue, längliche, sechsseitige Tafeln von Jordanit neben Zinkblende und Bleiglanz auf drusigem Quarz.
- 3) Seit Anfang des Jahrhunderts ist Jordanit auch aus der Oberschlesischen Bleizinkerzgrube bei Beuthen bekannt. Erste Beobachtungen hierüber stammen von Grundey 1898. Sachs (Zbl. Min. 1904, 723) hat diese unbekannten Mineralien als Jordanit gedeutet. Ramdohr 1942 (106a) fand neben Zinkblende in Hohlräumen grauen

Dolomits Pseudomorphosen von Gratonit  $Pb_9As_4S_{15}$  nach Jordanit und weiter nach Bleiglanz und « Dufrenoysit ». Die Jordanite kommen hier in drei verschiedenen morphologischen Ausbildungen vor : a) als konzentrische, kugelige Massen ; b) als dicksäulige, bis 2 cm lange Kristalle ; c) als fiederige, verzahnte Aggregate ; vgl. auch Ramdohr 1960 (106d) und Haranczyk (162).

- 4) Untersuchungen von Ramdohr und Websky 1943 (107) in der Bleizinkerzgrube Kirka bei Dedeagatsch/Thrazien wiesen Pseudomorphosen von Bleiglanz nach Bleiarsensulfosalzen (u. a. Jordanit) nach. Dazu kommen Quarz und Zinkblende vor. Das Lager ist epithermal-subvulkanischer Entstehung.
- 5) In Japan ist Jordanit unter dem Namen Reniformit aus epithermalen Gängen seit 1925 bekannt (Literatur siehe in Dana (18g), Ramdohr 1950 (106c), 1960 (106d)).
- 6) Das aus der Zunimine/Colorado seit 1884 unter dem Namen Guitermanit bekannte Mineral (Literatur siehe in Dana (18g) und Ramdohr 1950 (106c), 1960 (106d)) wurde 1940 von Peacock röntgenographisch untersucht. Es wies ein mit Baumhauerit (!) identisches Pulverdiagramm auf. Durch Uytenbogaardt wird 1949 (143) röntgenographisch nachgewiesen, daß Guitermanit entweder Jordanit oder Baumhauerit oder ein Gemenge aus beiden sei.
- 7) Das Vorkommen Wiesloch/Baden (Ramdohr-Klockmann 1954 (71b)) wurde schon in den Einführungskapiteln genannt.
- 8) Bei den Röntgenuntersuchungen von Berry 1940 (13) zeigte ein (als Boulangerit/Sala, Schweden, etikettiertes) Mineral gleiche Gitterdimensionen wie Jordanit.

Ein weiteres Vorkommen wird von Brown 1959 (163) angegeben.

## IV. RATHIT

### 1. Literatur

1857 S. von Waltershausen u. Uhr-	1900 Solly u. Jackson (131a <sub>2</sub> )
laub + Nason (147c)	1901 Solly (132a <sub>1</sub> +a <sub>2</sub> )
1896 Baumhauer (4f)	1901 Solly (132c)
1896 Baumhauer (4g)	1903 Baumhauer (4m)
1898 Groth (38e)	1903 Solly (132j) und (132f <sub>1</sub> )
1899 Solly u. Jackson (131a <sub>1</sub> )	1904 Köchlin (72)

1904 Hintze (54a)	1930 Dan Giusca (35b)
1904 Groth (38g)	1934 Huttenlocher (62a=b)
1905 Baumhauer (4p)	1934 Bader (1)
1909 Desbuissons (21b)	1934 Ferrari u. Curti (28)
1909 Lewis (83h)	1940 Berry u. Peacock (13)
1910 Lewis (83k <sub>1</sub> )	1940 Hiller (53)
1910 Lewis (83 i+j)	1940 Niggli, Koenigsberger, Parker (89)
1911 Solly (132r <sub>1</sub> )	1942 Quervain u. Friedländer (104)
1911 Lewis (83k <sub>2</sub> )	1942 Harcour (44)
1911 Solly (132r <sub>2</sub> )	1943 Berry (12b)
1912 Solly (132u)	1944 Dana (18g)
1912 Lewis (83k <sub>3</sub> )	1950 Ramdohr (106c)
1914 Prior (103g)	1953 Berry (12c)
1915 Cesaro (17b)	1954 Klockmann u. Ramdohr (71b)
1920 Schmidt (119b)	1957 V. Ross (114)
1921 Groth u. Mieleitner (39)	1958 Hellner, Weitz, Rösch (49)
1922 Klockmann (71)	1959 Rösch u. Hellner (112)
1922 Goldschmidt (36b)	1959 Nowacki u. Kunz (158)
1926 Doelter u. Leitmeier (23)	1960 H. Strunz (160)
1928 Weber (149b)	1960 Ramdohr (106d)
1929 Dan Giusca (35a)	

## 2. Sammelregister

B 77 (f) ; B 111 (f) + (l) ; B 123 (f) ; B 128 (l) ; B 135 (f) (uwM) ; B 143 (f) (uwM) ; B 178 (f) ; B 204 (f) ; B 205 (f) ; B 318 (f) (NK) ; B 578 (f) (« Krist. IV » in 4f) ; B 579 (f) (uwM) ; B 580 (f) (« Krist. V » in 4f) ; B 581 (f) (« Krist. VI » in 4f) ; B 582 (f) + (l) (« Krist. II » in 4f) ; B 583 (f) (auf Seite 596 in 4f : « ein anderes Fragment ») ; B 602 (f) (uwM) (auf Seite 593 in 4f) ; B 742 (f) (« Krist.III » in 4f) (F) ; B 782 (l) (« Krist. I » in 4f).

Der Dufrenoysit B 79 erwies sich nach RH als Rathit.

## 3. Historisches

Das Mineral wurde zuerst von Baumhauer 1896 (4f) und (4g) erkannt und beschrieben. Jedoch hatte man schon früher Hinweise für dieses Mineral. Zwei von Berendes 1864 (10) und von Petersen 1866 (99) an « Dufrenoysit » ausgeführte Analysen sind später von Jackson (132c) als zu Rathit gehörig erkannt worden. Auch einige von Uhrlaub und Nason 1857 (147c) ausgeführte Analysen würden der Rathitzusammensetzung nahe kommen. Diese Analysen sind jedoch seinerzeit als Analysen an unreinem Material resp. als Analysen der hypothetisch angenommenen isomorphen Mischung von heutigem Dufrenoysit und heutigem Skleroklas gedeutet worden.

Das Dolomitvorkommen am Lengenbach ist einziger Fundort und auch hier ist das Mineral relativ selten. Zuweilen kommt es intim mit Skleroklas assoziiert vor. Der Name wurde zu Ehren G. v. Raths, Prof. der Mineralogie in Bonn gegeben, dem eingehende Untersuchungen an den Binnentaler Mineralien (z. B. 1864, 109a+b) zu verdanken sind.

#### 4. Allgemeine Ansprache des Minerals

*Morphologie:* Morphologisch ist Rathit sehr schwer von Dufrenoysit und Baumhauerit zu unterscheiden. Auch mit Sartorit, mit dem er auch verwachsen vorkommt, zeigt er große Ähnlichkeit.

Das Mineral bildet dick- oder dünnäulige prismatische Kristalle, die eine Riefung längs der Streckungsrichtung zeigen, welche von den einzelnen Autoren, je nach der Aufstellung, als [010] Baumhauer, [001] Solly, [001] Lewis, [001] Berry angegeben wird. Diese Zone ist zugleich eine der flächenreichsten Zonen des Kristalls. Außerdem zeigen die Kristalle oft eine zur Längsrichtung schräg verlaufende feinste Zwillingsstreifung, durch die man Rathit von den anderen Sulfarseniten unterscheiden kann. Solly (132c) 1901 unterscheidet fünf Habitusarten, denen die Streckung nach  $[001]_{\text{So}}$  gemeinsam ist.

In der schon genannten Hauptzone  $[001]_{\text{So}} = [001]_{\text{Be}}$  sind vornehmlich die Formen  $\langle 320 \rangle_{\text{So}} = \langle \bar{1}10 \rangle_{\text{Be}}$ ,  $\langle 340 \rangle_{\text{So}} = \langle \bar{2}10 \rangle_{\text{Be}}$ ,  $\langle 120 \rangle_{\text{So}} = \langle \bar{3}10 \rangle_{\text{Be}}$ ,  $\langle 380 \rangle_{\text{So}} = \langle \bar{4}10 \rangle_{\text{Be}}$  ausgebildet.  $(001)_{\text{So}} = (\bar{1}02)_{\text{Be}}$  ist sehr selten;  $(010)_{\text{So}} = (100)_{\text{Be}}$  aber stets entwickelt;  $(100)_{\text{So}} = (010)_{\text{Be}}$  nicht häufig.  $\langle 011 \rangle_{\text{So}} = \langle 201 \rangle_{\text{Be}}$  ist oft groß und parallel  $[100]_{\text{So}} = [0\bar{3}\bar{1}]_{\text{Be}}$  gestreift;  $\langle 101 \rangle_{\text{So}} = \langle \bar{1}22 \rangle_{\text{Be}}$  manchmal groß und parallel  $[\bar{1}01]_{\text{So}}$  gestreift.

Die fünf Habitusarten Sollys (132c), S. 339 lauten:

- 1) Kleine, sehr glänzende Kristalle, nicht oder wenig verzwilligt (Solly Fig. 4).
- 2) Größere Kristalle mit « typisch rhombischer » Ausbildung.  
 $\langle 010 \rangle_{\text{So}} = \langle 100 \rangle_{\text{Be}}$ ,  $\langle 011 \rangle_{\text{So}} = \langle \bar{2}01 \rangle_{\text{Be}}$ ,  $\langle 101 \rangle_{\text{So}} = \langle \bar{1}22 \rangle_{\text{Be}}$  und  $\langle hk0 \rangle_{\text{So}} = \langle 3k \cdot 2h \cdot 0 \rangle_{\text{Be}}$  groß entwickelt. Stark polysynthetisch verzwilligt, mit Teilbarkeit parallel  $(100)_{\text{So}} = (010)_{\text{Be}}$ . (Analyse an diesem Material von Jackson; Baumhauers Kristalle I und VI; Sollys Kristalle Fig. 5 und 6.)
- 3) Flach ausgebildete Kristalle infolge schmaler  $\langle 010 \rangle_{\text{So}} = \langle 100 \rangle_{\text{Be}}$ . Die Flächen  $\langle 0kl \rangle_{\text{So}} = \langle \bar{3}\bar{k} + \bar{l} \cdot 0 \cdot 2l \rangle_{\text{Be}}$  sind gut entwickelt, der

Kristall ist seltener verzwillingt und zeigt keine Teilbarkeit parallel  $(100)_{\text{So}} = (010)_{\text{Be}}$  (Analyse von Jackson 11 ; Fig. Solly 7).

- 4) Große, rauhe Kristalle, in der Ausbildung ähnlich wie Typ 2, aber mit vollkommener Spaltbarkeit nach  $(010)_{\text{So}} = (100)_{\text{Be}}$ , wie Solly meint : unverzwillingt, nach Lewis jedoch verzwillingt nach  $(100) = (100)_{\text{Be}}$ . – Diese Gruppe ist besonders leicht mit Dufrenoysit zu verwechseln ; Baumhauers Kristalle II und III (4g).
- 5) Rundliche Prismen ohne Endflächen, stark polysynthetisch verzwillingt. Sie haben große Ähnlichkeit mit nicht angelaufenem Jordanit von prismatischem Habitus. (Baumhauers Kristall IV und Sollys Fig. 8.)

Hinsichtlich der Farbe und des Glanzes ist Rathit von Dufrenoysit nicht unterscheidbar.

Die *Farbe* ist bleigrau, zuweilen nach stahlgrau [wie Solly (132c) meint infolge von Pyriteinschlüssen], zuweilen angelaufen wie Jordanit. Nach Solly (132a<sub>2</sub>) sind deshalb auch die meisten 1855-57 gefundenen « Skleroklase » in Wirklichkeit Rathite.

Die *Härte* ist 3.

Die *Strichfarbe* ist schokoladenbraun.

Die *Spaltbarkeit* vollkommen nach  $(010)_{\text{So}} = (001)_{\text{Be}}$  ; nach Lewis ist sie begründet durch polysynthetische Verzwilligung parallel  $(100)_{\text{Be}}$ . Außerdem gibt es nach Solly eine Teilbarkeit parallel  $(100)_{\text{So}} = (010)_{\text{Be}}$ . Der Bruch ist muschelig. Das Mineral ist sehr spröde und zerspringt wie Skleroklas schon bei geringer Erwärmung in der Hand.

## 5. Kristallographie

Da die wahre Symmetrie des Rathit oft durch Zwillingsbildung überdeckt wird und sich die Zwillinge oft schwer festzustellen und bestimmen lassen, ergeben sich für die kristallographische Beschreibung erhebliche Schwierigkeiten.

Wegen der Symmetrieerhöhung durch polysynthetische Verzwilligung wurde Rathit lange für rhombisch gehalten.

Baumhauer bestimmte 1896 (4f+g) ein Achsenverhältnis von  $a : b : c = 0,6681 : 1 : 1,0579$  mit einer Streckung nach der b-Achse. Er bemerkte zwar den lamellaren Aufbau seines Kristalles, deutete ihn jedoch nicht als polysynthetische Verzwilligung (4f) S. 598, sondern als schichtmäßigen Aufbau des Kristalls infolge schwankender chemi-

scher Zusammensetzung. Lewis fand später 1912 (83k<sub>3</sub>) S. 203, daß Baumhauers Originalkristall ein komplexer Zwilling nach (100)<sub>Le</sub> = (100)<sub>Be</sub> und (101)<sub>Le</sub> = (301)<sub>Be</sub> war.

Baumhauers Angaben waren von 1896. Groth 1898 (38e) referiert Baumhauers Arbeit.

Solly studierte 1899 (131a<sub>1</sub>), (131a<sub>2</sub>), (132c), (132a<sub>2</sub>) die kristallographischen Verhältnisse des Rathit an 25 Kristallen und beschrieb sie nach den oben angeführten fünf Habitusklassen. Er wählte jedoch, unter Beibehaltung der rhombischen Symmetrie, eine andere Aufstellung als Baumhauer, sodaß nun die Streckung der Kristalle nach der c-Achse verläuft und die Spaltungsrichtung (010)<sub>So</sub> = (100)<sub>Be</sub> wird, und so mit derjenigen von Jordanit übereinstimmt. Bei dieser Drehung um die a-Achse gehen also Baumhauers Achsen a b c über in Sollys Achsen a c b. Man erhält Achsenabschnittsverhältnisse, die bis auf eine Änderung in der 2. bzw. 3. Dezimalen mit den nach der Transformation errechneten Baumhauer'schen Werten übereinstimmen :

$$\text{Solly: } a : b : c = 0,4782 : 1 : 0,5112.$$

$$\text{Baumhauer nach Transformation: } a : b : c = 0,4738 : 1 : 0,5251.$$

Von den 62 Formen, die er auf beide Aufstellungen bezogen anführt, sind 37 neu.

- Nach Sollys Untersuchungen gibt es zwei Zwillingsgesetze :
- 1) Polysynthetische Verzwilligung nach (074)<sub>So</sub> = (301)<sub>Be</sub>, die die feine Querstreifung der Längszone verursacht und
- 2) Zwillingsebene (0.15.1)<sub>So</sub> = (46.0.3)<sub>Be</sub> meist charakterisiert durch Auflagerung einer kleinen Säule, blattförmig abzweigend vom Hauptindividuum. (Ähnlich Baumhauers Kristall in Fig. II.)

Hintze 1904 (54a) und Desbuissons 1909 (21b) referieren Rathit mit dem Solly'schen Achsenverhältnis. Groth 1904 (38g) gibt die Jackson'sche Formel an, behält aber die Baumhauer'sche Aufstellung bei.

Unverzwilligte Rathitkristalle zeigen die monokline Symmetrie deutlicher.

Ein solcher Kristall wurde 1909 (83h), 1910 (83k<sub>1</sub>) und 1910 (83i+j) von Lewis untersucht, und da er mit dem bisher beschriebenen Rathit wenig Ähnlichkeit zeigte, für ein eigenständiges Mineral gehalten und Wiltshireit (nach Prof. Wiltshire-King's college London) genannt. Er beschrieb es als bleigraues, monoklines Mineral mit zinnweißen Endflächen und bestimmte ein Achsenabschnittsverhältnis von

$$a : b : c = 1,587 : 1 : 1,070 \quad \beta = 100^\circ 44'.$$

Der Kristall ist so aufgestellt, daß die Streckung und auch die Flächen-riefung parallel der c-Achse verlaufen. Die Prismenzone stimmt in der Lage also mit der Solly'schen Prismenzone überein, jedoch wird Sollys Fläche (013) bei Lewis Basis. Zwölf neue Formen wurden bestimmt.

1911 (83k<sub>2</sub>) trägt Lewis die derzeitigen Erkenntnisse über Wiltshireit vor und stellt fest, daß Solly 1903 (132f<sub>1</sub>) über dieses selbe Mineral vorgetragen habe, und es wegen der Ähnlichkeit mit Rathit, im Bericht an Desbuissous 1909, nachträglich  $\alpha$ -Rathit genannt habe. Solly hatte, unter anderer Aufstellung als bei seinem Rathit, einen Winkel  $\beta = 81^\circ 11'$  und vollkommene Spaltbarkeit nach (100) gefunden und keine Querstreifung auf der Längszone.

Solly stellt 1911 (132r<sub>2</sub>) und 1912 (132u) die für Wiltshireit,  $\alpha$ -Rathit und Rathit ähnlichen Charakterzüge einander gegenüber und vermutet, daß alle drei nichts anderes als Rathit seien und daß Rathit monoklin sei.

Diese Vermutung kann Lewis auf Grund neuer Messungen 1912 (83k<sub>3</sub>) bestätigen. Die Bezeichnung « Wiltshireit » (=  $\alpha$ -Rathit nach Solly) behält er bei für die verhältnismäßig einfachen Kristalle von Rathit, für die er ein Achsenverhältnis von  $a : b : c = 1,5869 : 1 : 1,0698$   $\beta = 100^\circ 44'$  bestimmt, während er unter « Rathit » die komplexer verzwilligten Kristalle versteht. Er findet bei Wiltshireit keine richtige Spaltbarkeit, jedoch eine Absonderung parallel  $(100)_{Le} = (100)_{Be}$  die, wie er vermutet, infolge Zwillingslamellen nach (100)<sub>L</sub> auftritt. Bei Transformation in die Solly'sche Aufstellung entspräche das der vollkommenen Spaltbarkeit nach (010)<sub>so</sub>.

#### Die Transformation

$$(hkl)_{so}, \text{ rhombisch} = (3k, 4h+1, 3l)_{Le}, \text{ monoklin}$$

ergibt die Umrechnung der Flächensymbole von der Aufstellung Lewis in diejenige von Solly. Das Lewis'sche Achsenverhältnis in die Solly'sche Aufstellung transformiert, liefert ein Verhältnis, das mit  $a : b : c = 0,4910 : 1 : 0,5253$  nicht wesentlich von Sollys Werten abweicht.

Die komplex verzwilligten « Rathite » zeigen Kombinationen verschiedener Zwillingsgesetze. Die von Lewis gemessenen Kristalle zeigten einmal eine Kombination von polysynthetischen Zwillingen nach  $(17.0.16)_{Le}$ , also annähernd  $(101)_L = (074)_{so} = (\overline{3}01)_{Be}$  mit einer Verwachsung, die sich als Zwillingsbildung nach der Normale von  $(\overline{1}04)_{Le}$  verstehen ließe (Krist. VII); bzw. an einem anderen Kristall eine

Kombination der Gesetze  $(101)_{Le}$  und  $(100)_{Le}$  (Krist. IV). Störungen im polysynthetischen Zwillingsbau bewirken die Abweichung der Winkel des Rathit von Wiltshireit.

Goldschmidt' Atlas 1922 (36b) bezieht die 86 angeführten Formen auf das Lewis'sche Achsenverhältnis von Wiltshireit und bringt vergleichsweise die Formen nach Baumhauers und Sollys Angabe. Er betont, daß eine Klärung des Formensystems nötig sei. Groth und Mieleitner 1921 (39) referieren noch das Solly'sche Achsenverhältnis. Auch in Klockmann 1922 (71) ist Rathit als rhombisch aufgeführt. Doelter-Leitmeier (23) bringt das Solly'sche Achsenverhältnis. Weber 1928 (149b) untersucht die Anordnung der Flächen im Zonenverband und findet, daß nach einer Transformation der Solly'schen Flächen-symbole  $(hkl)$  in die Symbole  $(h, l, 3k)$  weitaus die meisten Formen sich auf zwei Hauptzonen  $[100]$  und  $[010]$  verteilen.

Die Dreiecksprojektion für Rathit würde dadurch den Niggli'schen Dreieckprojektionen für Anatas und Schwefel sehr ähnlich.

Eine Änderung in der Aufstellung und eine Modifikation der Achsen-verhältnisse wurden später durch die röntgenographischen Unter-suchungen notwendig.

#### *Wiederholung der Zwillingsgesetze des Rathit:*

- 1) Polysynthetische Verzwilligung mit  $(074)_{So} = (101)_{Le} = (\bar{3}01)_{Be}$  als Zw. E. erkenntlich an der Querstreifung auf den Prismenflächen und der Streifung parallel  $(010)_{Le}$  auf den Pinakoidflächen  $(100)_{Le}$ . Nach einer Vermutung im Doelter-Leitmeier 1926 (23) ist dies eine mechanische Verzwilligung, entstanden durch natürliche Schiebung ähnlich wie bei Jordanit. Zuerst von Solly beschrieben.
- 2) Polysynthetische Verzwilligung mit  $(100)_{Le} = (010)_{So} = (100)_{Be}$  als Zw. E., erkennbar als Absonderungsfläche (Sollys Spaltbarkeit nach  $(010)!$ ) und als Streifung auf den Flächen  $(101)_{Le} = (\bar{3}01)_{Be}$ ,  $(102)_{Le} = (\bar{5}02)_{Be}$ ,  $(122)_{Le} = (\bar{5}22)_{Be}$  (Lewis 83h). Diese Lamellen bewirken eine ungewöhnliche Störung der Winkel in der Zone  $[100, 111]_{Le}$ . Die Abweichung der Winkel des Rathit von denen des Wiltshireit röhren also von der Störung durch komplexe Verzwilligung her. Dieses Gesetz wurde zuerst von Lewis beschrieben.
- 3) Solly beschreibt 1901 (132c) einen Zwillling nach  $(0.15.1)_{So} = (\bar{4}\bar{6}.0.3)_{Be}$ . Dieses Gesetz sei charakterisiert durch ein sich blatt-artig vom Hauptindividuum verzweigendes Gebilde.

- 4) Bei einem Kristall von « Rathit » konnte Lewis eine Verwachsung als Verzwilligung nach der Normalen von  $(\bar{1}04)_{Le}$  deuten  $(83k_3)$ .

*Struktur:* Erste Pulveraufnahmen an Rathit wurden von Ferrari und Curti 1934 (28) durchgeführt, aus denen diese den Schluß zogen, daß Rathit wie Skleroklas, Liveingit und Baumhauerit Glieder einer lückenlosen Mischungsreihe zwischen Auripigment und Dufrenoysit seien.

Gitterkonstanten teilten Berry und Peacock 1940 (13) mit. Bei monokliner Symmetrie und einer Raumgruppe  $C_{2h}^5 = P\ 2_1/n$  ergaben sich an einem unverzwillingten Kristall die Zelldimensionen zu :

$$a_o = 25,00 \pm 0,03 \text{ \AA} ; \quad b_o = 7,91 \pm 0,03 \text{ \AA} ; \quad c_o = 8,42 \pm 0,03 \text{ \AA} ; \\ \beta = 99^\circ 00' + 30'$$

mit einem Zellinhalt von ungefähr  $1(13\text{PbS. } 9\text{As}_2\text{S}_3)$ ; die Dichte errechnet sich zu 5,31.

Die Aufstellung wird gegenüber derjenigen von Lewis für Wiltshireit geändert. Die Transformation Lewis → Berry lautet:  $\bar{2}0\bar{1} / 010 / 001$ . Aus den Zelldimensionen ergibt sich ein Achsenverhältnis von

$$a_o = b_o : c_o = 3,160 : 1 : 1,064 \quad \beta = 99^\circ 00'$$

Das in die Lage von Berry transformierte Lewis'sche Achsensystem würde ein Verhältnis

$$a : b : c = 3,1548 : 1 : 1,0698 \quad \beta = 98^\circ 44'$$

liefern, sich somit nicht wesentlich von Berrys Werten unterscheiden. Die Umrechnung der anderen Flächenangaben in die heutige, Berry-sche Aufstellung wird durch die folgenden Transformationen geleistet :

Baumhauer nach Berry :	0 . 5 . 28 / 14 . 0 0 / 0 10 0
Solly nach Berry :	0 3 1 / 2 0 0 / 0 0 2
Sollies $\alpha$ -Rathit nach Berry :	3 0 0 / 0 1 0 / 0 0 1

Die Harcour'schen Bestimmungstafeln 1942 (44) enthalten das Pulverdiagramm von Rathit.

Rösch und Hellner geben 1959 für Rathit die Gitterkonstanten

$$a_o = 25,1 \text{ \AA} \quad b_o = 7,91 \text{ \AA} \quad c_o = 8,46 \text{ \AA} \quad \beta = 99^\circ$$

mit einem Zellinhalt von  $\frac{13}{14}\{\text{PbS. } 9\text{As}_2\text{S}_3\}$  an und die Raumgruppe  $P\ 2_1/n$  Außer der Hydrothermalsynthese von Rathit gelang ihnen diejenige von Rathit II, einer rhombischen Modifikation des Rathit mit den Konstanten  $a_o = 7,91$   $b_o = 70,9$   $c_o = 8,32$   $\beta = 90^\circ$  und einem Zellinhalt von  $2(19\text{ PbS. } 13\text{ As}_2\text{S}_3)$  der Raumgruppe  $P2_1/m$ . Diese Gitterkonstanten waren auch von Berry 1953 (12c) angegeben worden.

Diese Modifikation ist auch in der Natur als Mineral nachgewiesen worden ; sie darf nicht verwechselt werden mit dem  $\alpha$ -Rathit Sollys ! (Siehe bei Synthese.)

Im Hinblick auf diese Erkenntnisse sollten alle « Rathite » der Sammlungen neu untersucht werden.

## 6. Chemismus

Baumhauer schloß aus der vorläufigen Analyse Bömers (der ersten Analyse des Minerals) wegen des hohen Sb-Gehaltes, daß Rathit eine isomorphe Mischung einer Arsenverbindung mit der entsprechenden Antimonverbindung sei, und daß daher der lamellare Schichtbau der Kristalle durch einen Wechsel in der chemischen Zusammensetzung erklärt werden könne.

Drei weitere Analysen gehen auf Jackson 1899 (131a<sub>1</sub>) und (131a<sub>2</sub>), übersetzt in (132c), S. 327 zurück ; sie führten zur Formel  $3\text{PbS} \cdot 2\text{As}_2\text{S}_3$ . Jackson gab außerdem diejenigen Analysen an, die aus früheren Arbeiten stammen und der Rathitzusammensetzung entsprechen würden : Petersen 1866 (99), Uhrlaub und Nason 1857 (147c), Berendes 1864 (10), und Stockar-Escher in Kenngott (68d). Auch diese Analysen zeigen nur Spuren von Sb. Ob nicht einige der von Jackson als Rathitanalysen gedeutete Zusammensetzungen besser dem später gefundenen Baumhauerit oder Liveingit zuzurechnen sind, wäre zu prüfen.

Prior fand 1914 (103g) an einem Kristall – nach Doelter (23) vermutlich Wiltshireit – an dem nur die Prismenzone ausgebildet war, die Zusammensetzung  $3\text{PbS} \cdot 2\text{As}_2\text{S}_3$ , die dem Rathit entsprechen würde; das Mineral steht jedoch kristallographisch dem Dufrenoysit näher. Über dieses Mineral berichten Solly und Prior 1919 (134b<sub>2</sub>) mit Veröffentlichung der Analysenwerte : Pb = 51,11 ; Ag = 0,76 ; Cu = 0,10 ; Tl = 0,23 ; Fe = 0,21 ; As = 23,37 ; Sb = 0,74 ; S = 23,22 ; Unlöslich = 0,24 ; Summe = 99,98. Raumgruppe  $D_4^{18}$ . Es ist noch die Frage, ob man dieses Mineral dem Wiltshireit zuordnen muß, oder ob es als eigenständiges Mineral anzusehen ist und man ihm, wie Gagarin und Cuomo (32) 1949 vorschlagen, den Namen Sollyit geben kann ; siehe auch Nowacki 1960 (158).

Die Analysentabelle gibt eine Übersicht. Die mit o bezeichneten Analysen haben Dichten, die außerhalb des von Berry berechneten Geltungsbereiches liegen. Die mit \* versehenen Analysen gehören wahrscheinlich nicht zu Rathit, denn die Analysenwerte für Rathit müssen

nach Berry in den Grenzen 50,59 und 52,44 für Pb ; 24,23 und 25,32 für As ; 23,18 und 24,08 für S liegen.

*Dichte* : Die Angaben schwanken in gewissen Grenzen. Solly : 5,412 auch 5,421 ; Baumhauer : 5,32 ; Berman : 5,37. Dan Giusca (35b) 5,30, aber unsicher wegen zu wenig Substanz. Nach Berry schwankt die berechnete Dichte je nach dem angenommenen Zellinhalt zwischen 5,31 und 5,48.— Berechnete Dichten nach Berry :

Formel	erfordert	Pb	As	S	Dichte
$Pb_{13}As_{18}S_{40} = 13PbS \cdot 9As_2S_3$		50,59	25,32	24,08	5,31
$Pb_{14}As_{18}S_{40} = Pb_{14}S_{13} \cdot 9As_2S_3$		52,44	24,37	23,18	5,45
$Pb_{14}As_{18}S_{41} = 14PbS \cdot 9As_2S_3$		52,15	24,23	23,62	5,48

*Tabelle der bis heute veröffentlichten Rathitanalysen* (vgl. Solly 132c, 1901)

Nr.	Autor	Jahr	Literatur	Dichte	Pb	S	As	Sb	Ag	Fe	$\Sigma$
1*	Stockar-Escher in Kenngott	1856	(68d)	5,355	53,30	23,97	22,01	—	0,24	—	99,52
2°	Uhrlaub in S. v. Waltersh. dunkel	1857	(147c)	5,074	51,18	24,66	23,32	—	0,02	—	99,18
3	Uhrlaub in S. v. Waltersh. hell	1857	(147c)	5,459	51,40	24,05	23,95	—	0,02	—	99,42
4	Nason in S. v. Waltersh.	1857	(147c)	—	51,48	23,54	25,14	—	0,17	0,08	100,41
5	Nason in S. v. Waltersh.	1857	(147c)	—	51,65	23,82	23,81	—	0,12	—	99,40
6°	Berendes	1864	(10)	5,564	52,02	23,11	21,35	—	—	—	99,48
7°	Berendes	1864	(10)	5,569	53,62	23,27	21,76	—	0,05	0,30	99,00
8	Petersen	1866	(99)	—	50,74	23,22	25,83	—	0,21	—	100,0
9	Petersen	1866	(99)	—	51,32	25,00	23,93	—	0,12	—	100,38
10	Bömer in Baumhauer	1896	(4f)	5,32	52,98	23,72	17,24	4,53	—	0,56	99,03
11	Jackson	1899	(132c) (131a <sub>1</sub> )	5,412	51,51	23,41	24,62	—	—	—	99,54
12	Jackson	1899	(wie 11)	5,421	51,62	23,62	24,91	—	—	—	100,15
13	Jackson	1899	(wie 11)	—	52,43	24,12	21,96	0,43	—	0,33	99,27
14	Prior	1919	(134b <sub>2</sub> )	5,453	51,11	23,37	23,22	0,74	0,76	0,21	99,98
15*	Ferrari + Curti	1934	(28)	—	50,14	—	23,88	1,002	—	0,95	

Die Analyse 12 soll nach Berry (22c) zu Rathit II gehören.— Die Analyse 14 hat Spuren von Tl (0,23) und Cu (0,10).

*Synthese*: Syntheseversuche von Rösch und Hellner 1959 (112) führten zur Darstellung des monoklinen Rathit und einer rhombischen Modifikation Rathit II unter hydrothermalen Bedingungen. Rathit II darf nicht mit Sollys  $\alpha$ -Rathit verwechselt werden. Rathit II wurde auch in der Natur beobachtet (vgl. Berry (12c)).

## 7. Erzmikroskopie

Die ersten erzmikroskopischen Untersuchungen an Rathit wurden von Giusca 1929/30 (35a+b) durchgeführt. Weitere Angaben finden sich in Ramdohr 1950 (106c), und 1960 (106d) mit einer Anschliffabbildung.

Giusca führt Rathit noch als rhombisch mit dem Solly'schen Achsenverhältnis auf. Rathit lässt sich wesentlich schwerer von Natriumhypochlorit anätzen als Dufrenoysit. Das Reflexionsvermögen ist höher als bei Baumhauerit und Skleroklas, die Reflexionsfarbe ist weiß. Der Reflexionspleochroismus ist ziemlich stark mit Farbeffekten zwischen Dunkelgrün und braunviolett, was den Rathit von den anderen Sulfarseniten unterscheidet. Die Innenreflexe sind tiefrot.

Polysynthetischer Zwillingsbau nach  $(074)_S = (\bar{3}01)_{Be}$  ist stets zu erkennen mit unregelmäßig und verschieden dick ausgebildeten Zwillingsslamellen. Außerdem ist die Spaltbarkeit parallel  $(010)_S = (100)_{Be}$  oft sichtbar. Einlagerungen von Baumhauerit werden schon ohne Nicols erkennbar und von Giusca als Verdrängung gedeutet. Dabei kristallisiert der Baumhauerit in bestimmter Orientierung längs der Spaltrisse des verdrängten Rathit aus. Auch Liveingit, Skleroklas und Hutchinsonit verdrängen den Rathit.

Manchmal kommt Rathit auch mit Skleroklas verwachsen vor. Nach Solly (131a<sub>2</sub>), (132c) soll die zuweilen auftretende stahlgraue Farbe auf Einschlüsse von Pyrit zurückzuführen sein.

## 8. Vorkommen

Das hydrothermale Vorkommen im Binnental ist das einzige für Rathit. Die Syntheseversuche von Rösch und Hellner (s. o.) bestätigen die Darstellbarkeit des Minerals unter hydrothermalen Bedingungen. Auch die rhombische Modifikation, Rathit II, ließ sich in der Natur röntgenographisch nachweisen. Vgl. auch Berry 1953 (12c).

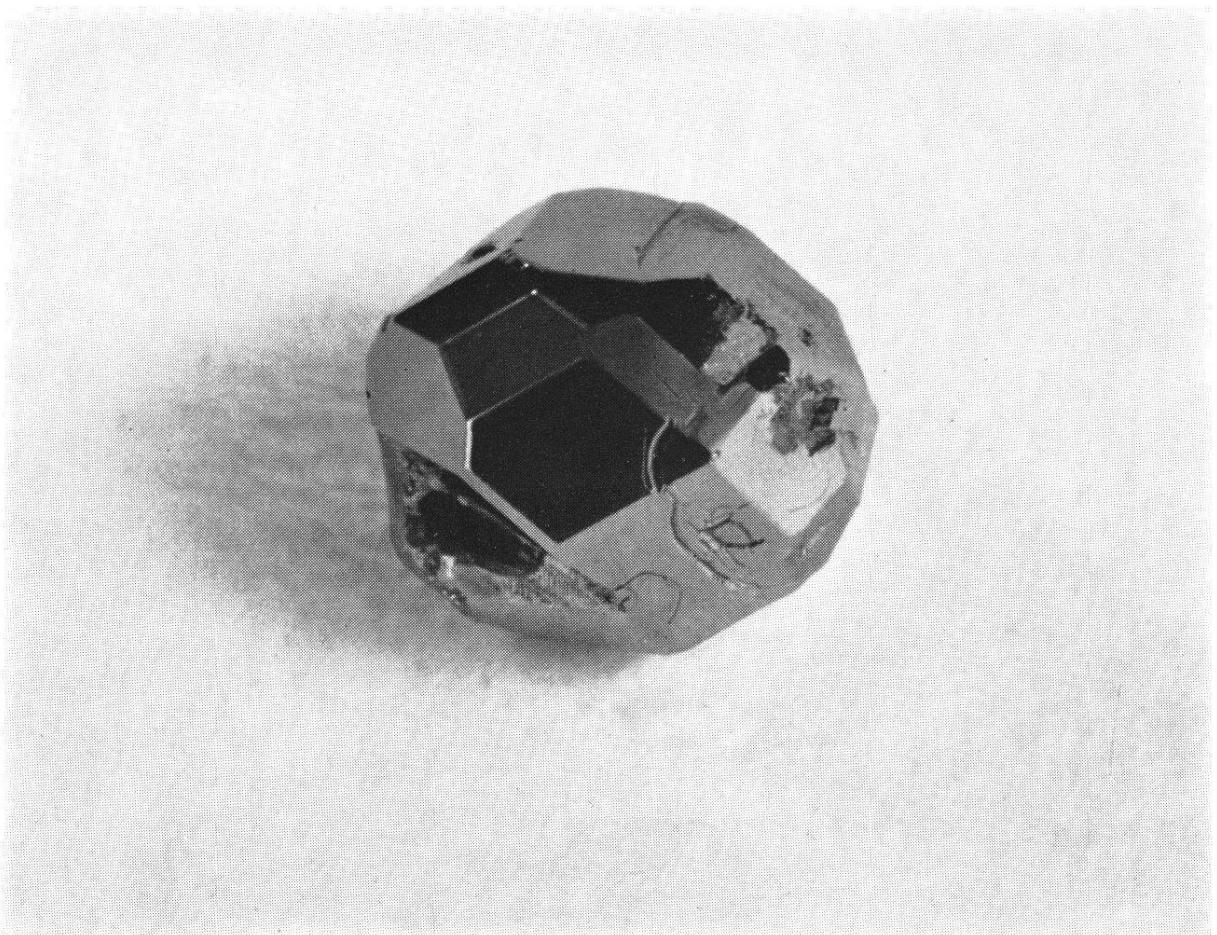
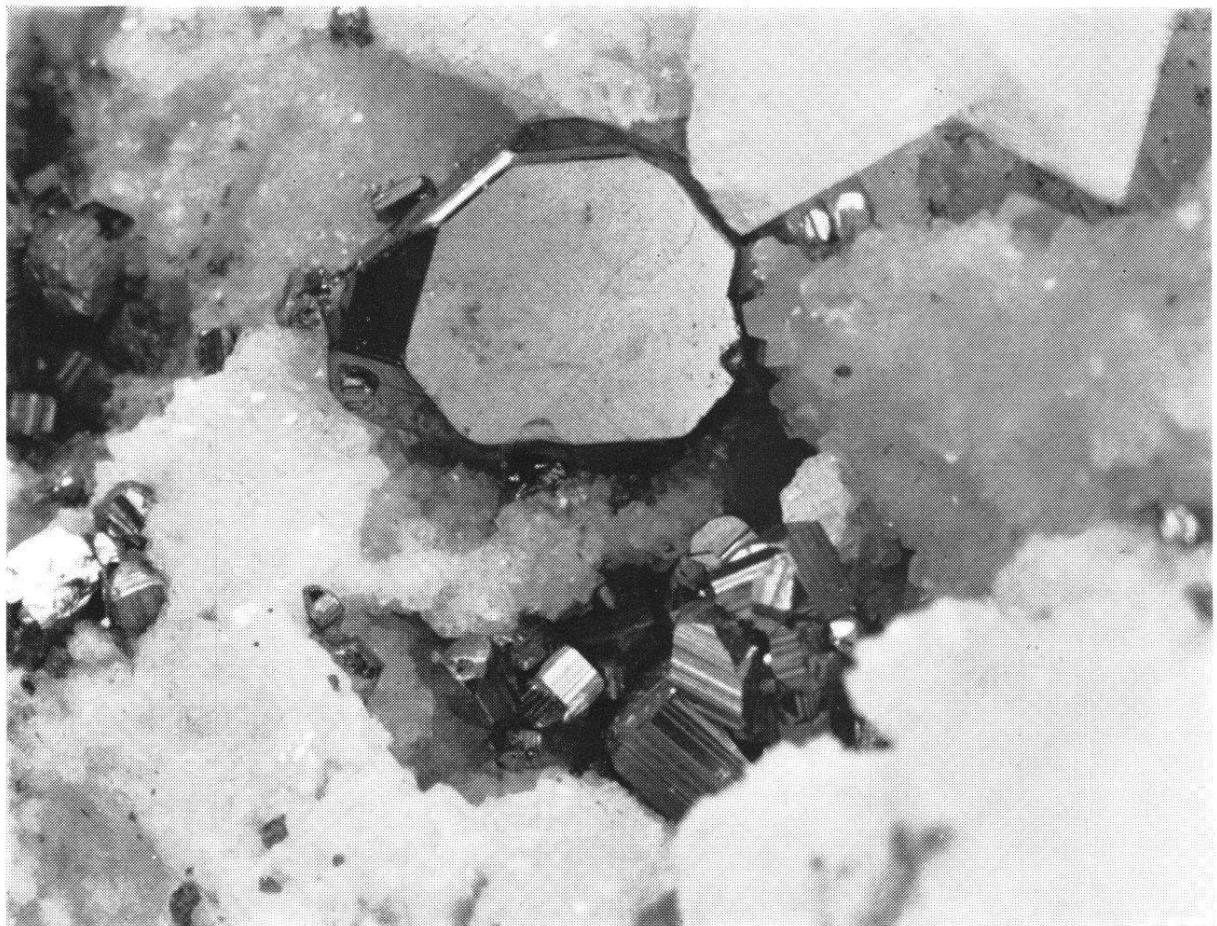


Abb. 1 u. 2. Binnite B 138 oben, B 240 unten.

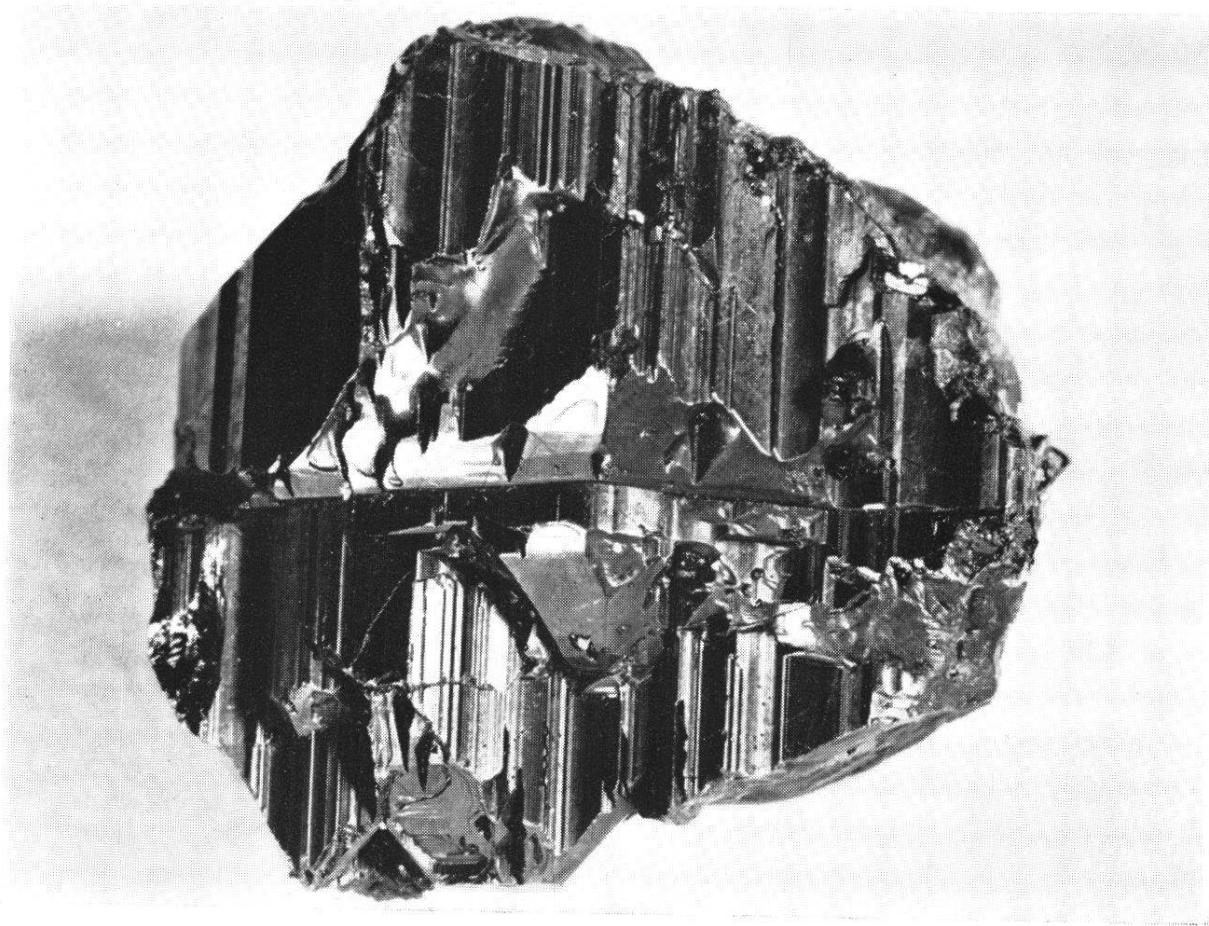


Abb. 3. Sklerklas B 153.

Abb. 4. Dufrenoysit B 584.

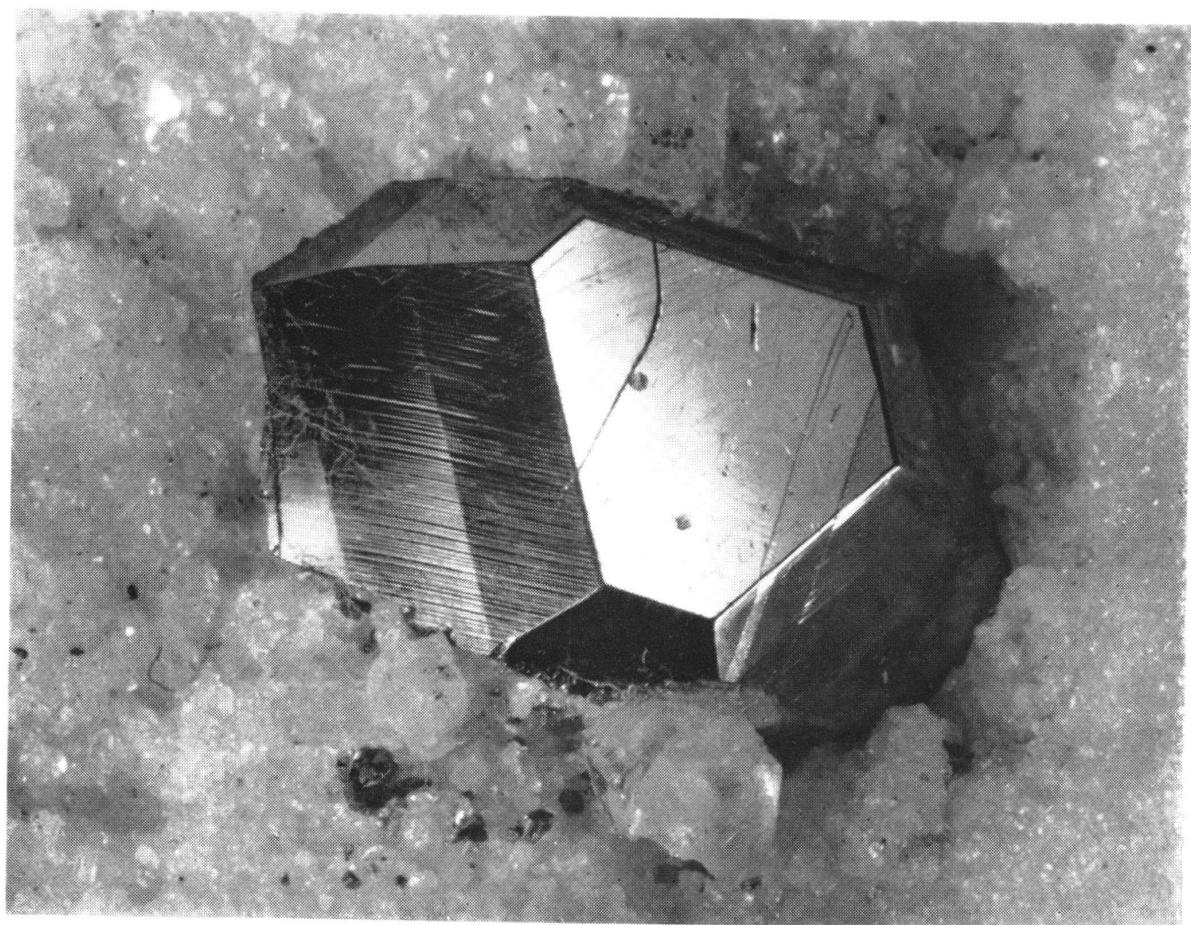
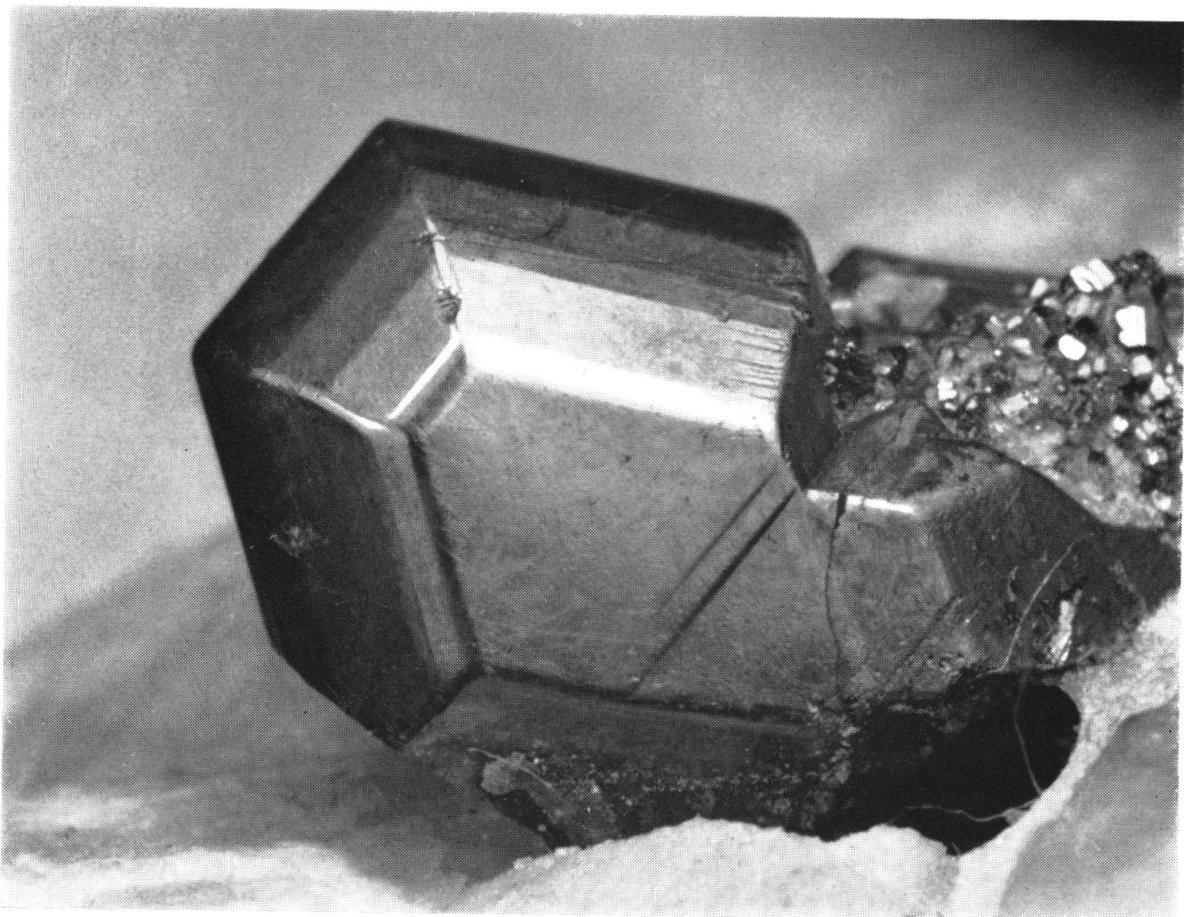


Abb. 5. Jordanit B 743.

Abb. 6. Jordanit B 60.

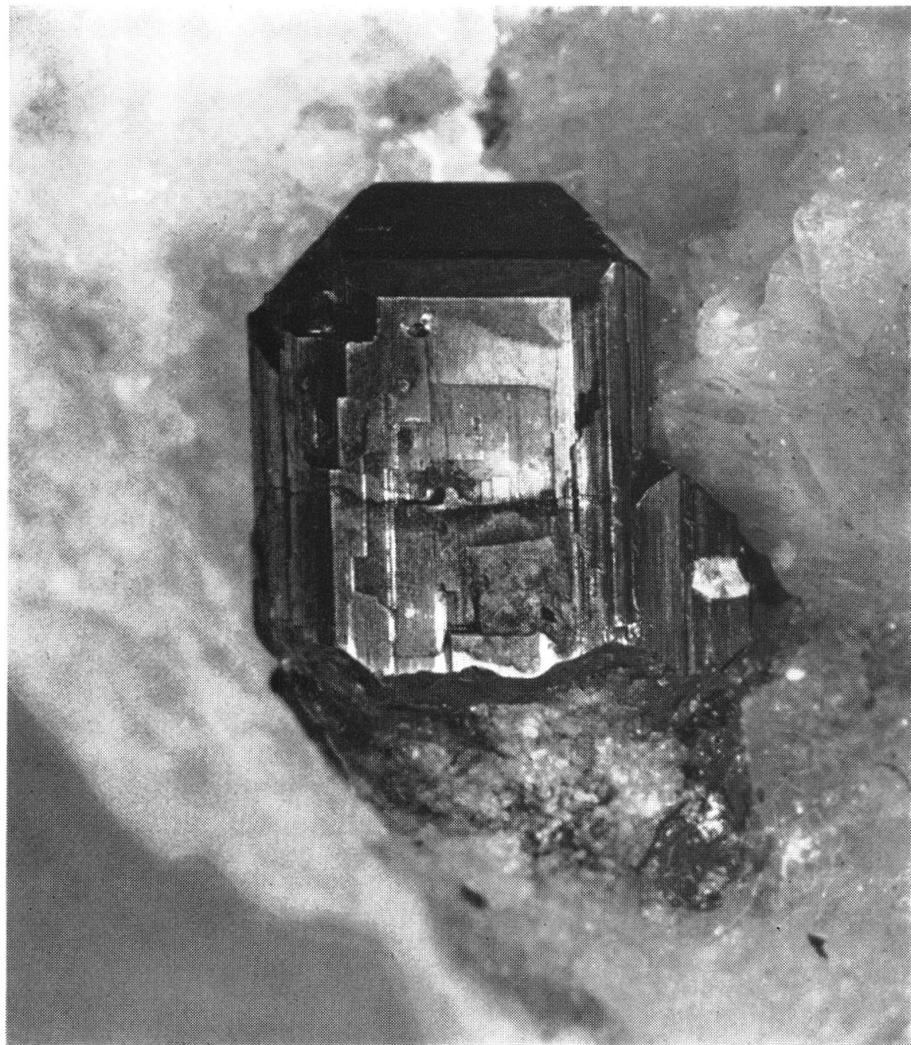
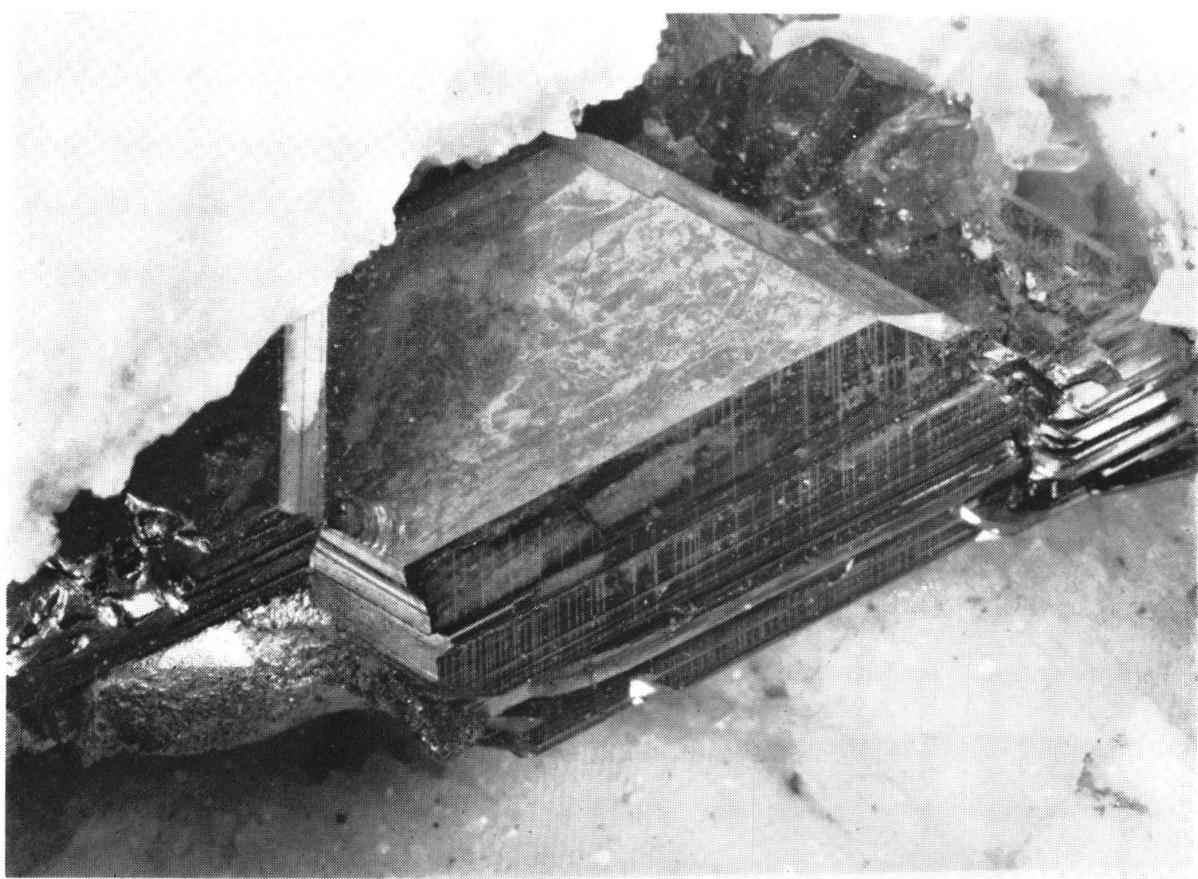
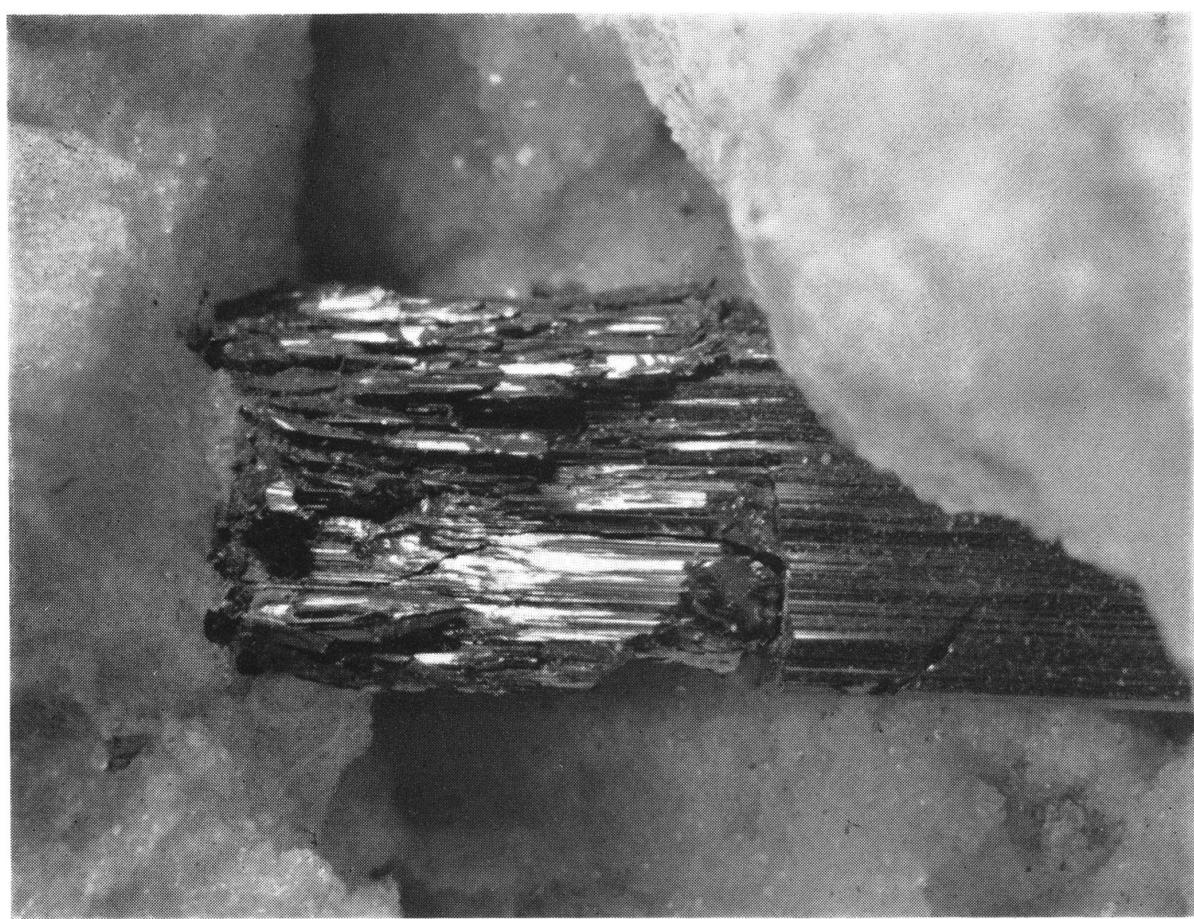
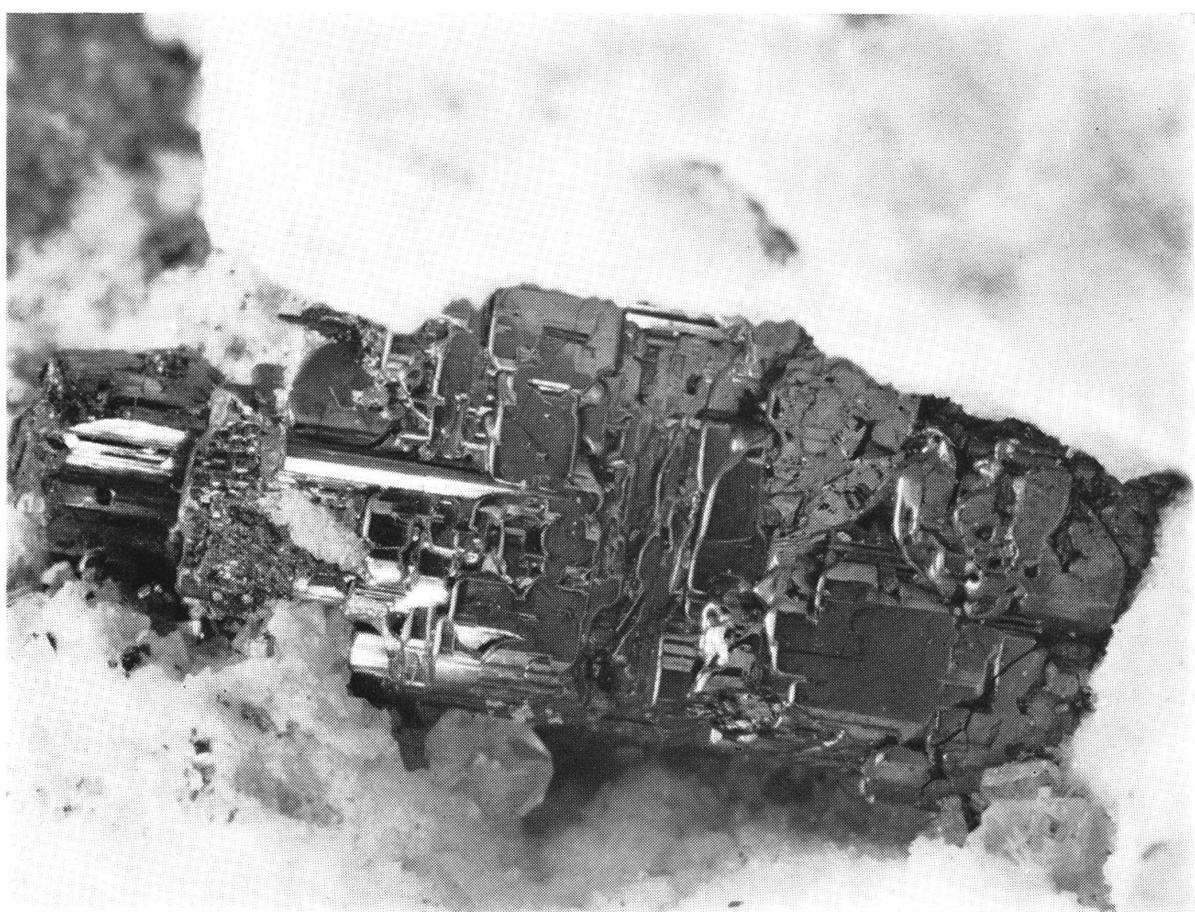


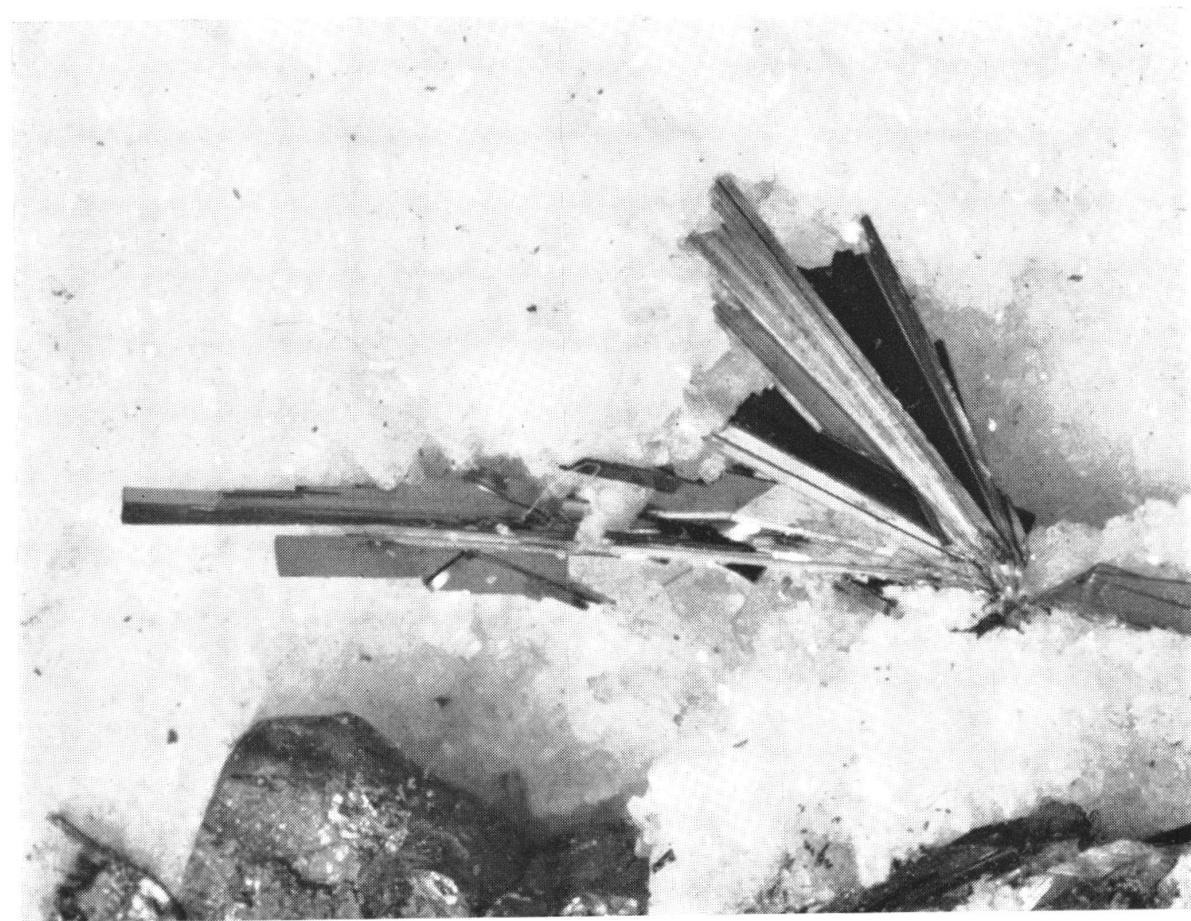
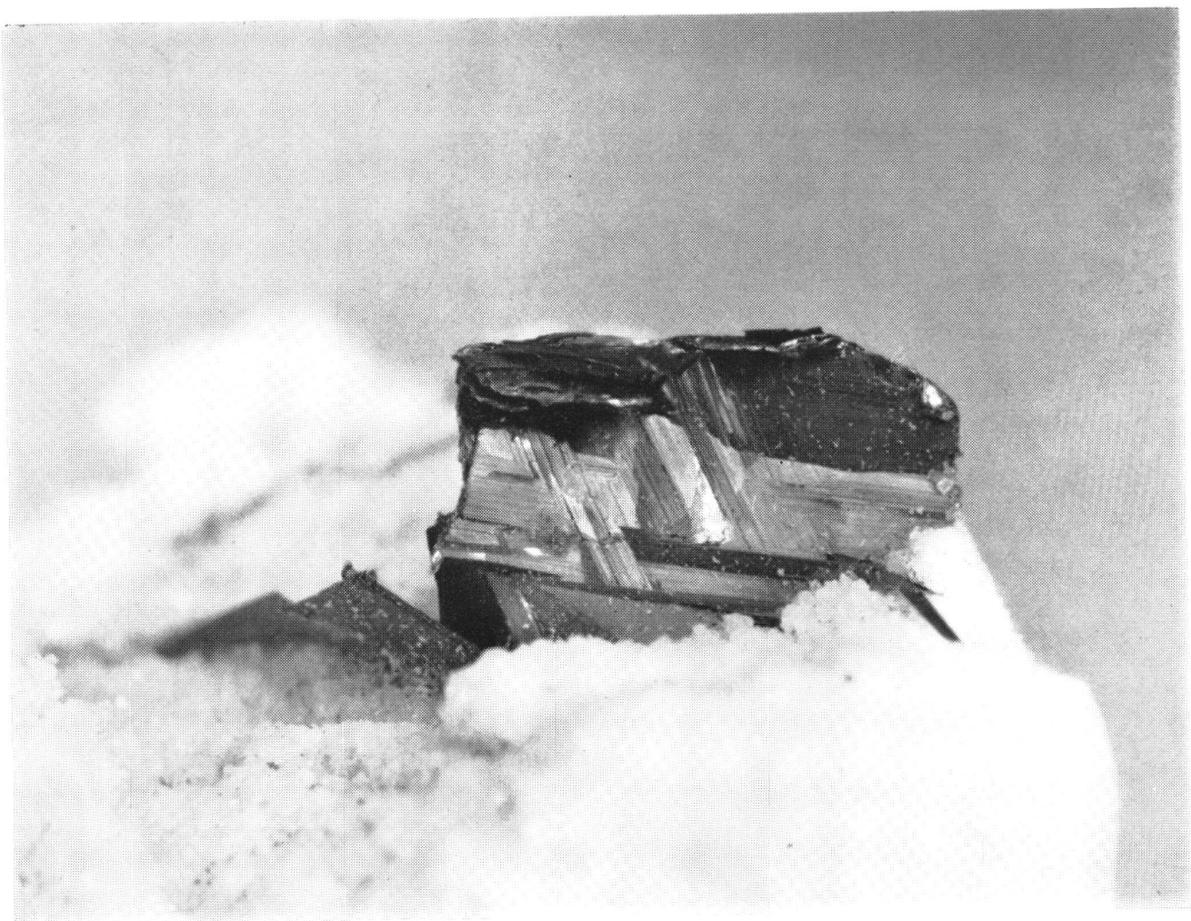
Abb. 7. Rathit B 742.

Abb. 8. Jordanit B 301.





*Abb. 9. Baumhauerit B 228.*  
*Abb. 10. Seligmannit B 313.*



*Abb. 11.* Lengenbachit B 250.  
*Abb. 12.* Lengenbachit B 242.

## V. LIVEINGIT

### 1. Literatur

1901 Solly u. Jackson (131b)	1934 Huttenlocher (62a=b)
1902 Solly (132d <sub>1</sub> )	1934 Bader (1)
1903 Baumhauer (4m)	1934 Ferrari u. Curti (28)
1903 Solly (132j) und (132f <sub>1</sub> )	1940 Hiller (53)
1904 Hintze (54a)	1940 Niggli, Koenigsberger, Parker (89)
1904 Groth (38g)	1944 Dana (18g)
1905 Baumhauer (4p)	1950 Ramdohr (106c)
1909 Desbuissous (21b)	1954 Klockmann-Ramdohr (71b)
1912 Lewis (83l)	1957 V. Ross (114)
1921 Groth u. Mieleitner (39)	1958 Hellner, Weitz, Rösch (49)
1922 Klockmann (71)	1959 Rösch u. Hellner (112)
1926 Doelter u. Leitmeier (23)	1960 H. Strunz (160)
1930 Dan Giusca (35b)	1960 Ramdohr (106d)
1931 Schneiderhöhn-Ramdohr (121)	

### 2. Sammlungsregister

Ohne Beleg.

### 3. Historisches

Die ersten Mitteilungen über dieses Mineral stammen von Solly und Jackson 1901 (131b), die ihm zu Ehren Liveing's, Prof. für Chemie/ Cambridge, den Namen Liveingit gaben. Es dienten nur zwei derzeit gefundene Kristalle als Grundlage für diese Mitteilung. Eine Mitteilung über Messungen an drei weiteren Kristallen von Solly 1902, (132d<sub>1</sub>) findet in der folgenden Literatur keine Berücksichtigung.

### 4. Allgemeine Ansprache des Minerals

*Morphologie*: Liveingit zeigt einen dem Rathit und auch dem Sartorit verwandten Habitus. Von Sartorit würde er sich durch die gute Spaltbarkeit unterscheiden.

*Strich*: bräunlichrot nach Giusca (35b, S. 164) 1930.

*Härte*: 3.

*Spaltfläche* parallel (100)<sub>S</sub> nach Solly 1902. Er vermutet, daß sie verursacht ist durch polysynthetische Verzwillingung nach (100).

*Farbe:* bleigrau. Die Kristalle irisieren zwischen grün und rot. Desbuissous (21b), S. 107. Das Mineral ist nicht völlig opak.

## 5. Kristallographie

Nach den ersten Mitteilungen von Solly und Jackson 1901 (131b) hat Liveingit monokline Symmetrie mit einem Winkel  $\beta = 89^\circ 45\frac{1}{2}'$ . Die Kristalle haben jedoch pseudorhombischen Habitus. Die zwei, ihnen zur Verfügung stehenden Kristalle waren angelaufene Zwillingskristalle nach (100)<sub>S</sub>. In der Entwicklung der Domenzone gleichen die Kristalle mehr dem Rathit, während sie in der Ausbildung der Prismenzone eher dem Sartorit gleichen ; Desbuissous (21b).

Messungen an drei weiteren, neu hinzugefundenen Kristallen von Solly (132d<sub>1</sub>) zeigen « rhombische » Symmetrie. Solly bestimmte 11 Formen : (100), (110), (011), (001), (210), (430), (540), (302), (504), (908), (101) und betont die Ähnlichkeit des Minerals mit Rathit.

Baumhauer gibt 1905 (4p) den Liveingit als monoklin an. Auch Desbuissous führt 1909 (21b) monokline Symmetrie an, indem er sich auf Solly (131b) bezieht.

1912 (83l) teilt Lewis Messungen an Kristallen mit, die nach seiner Meinung Liveingit waren. Er fand zwei Hauptzonen entwickelt, die einen Winkel von  $90^\circ$  einschlossen. Obwohl bei Zugrundelegung trikliner Symmetrie die Flächensymbole einfachere Ziffern haben würden, glaubt er doch auf monokline Symmetrie schließen zu sollen. In Groth und Mieleitner 1921 (39) ist Liveingit monoklin mit  $\beta = 90^\circ 17'$  (Achsenverhältnis unbestimmt) angegeben.

Klockmann 1922 (71) referiert in gleicher Weise ; ebenso Doelter und Leitmeier 1926 (23) gemäß (131b) mit  $\beta = 89^\circ 45\frac{1}{2}'$  ; sodann Dan Giusca 1930 (35b), Bader 1934 (1) und Dana 1944 (18g).

*Zwillinge:* Liveingit hat nach Solly 1902 polysynthetischen Zwillingsbau nach (100), welcher Ähnlichkeit mit Rathit hat. Bei Zwillingen sei das eine Individuum meist grün, das andere rot angelaufen ; Bader (1).

*Struktur:* Die Struktur des Liveingit ist noch nicht bekannt ; Bestimmungen der Gitterkonstanten fehlen. Pulveraufnahmen von Sulfosalzen hatten Ferrari und Curti 1934 (28) durchgeführt. Nach diesen Autoren sollen Skleroklas, Liveingit, Baumhauerit und Rathit Glieder einer lückenlosen Mischungsreihe zwischen Auripigment und Dufrenoysit sein.

## 6. Chemismus

Die erste Mitteilung über Liveingit (131b) enthielt eine Analyse des Minerals von Jackson : Pb = 47,58 As = 26,93 S = 24,91 Summe = 99,42 woraus Jackson auf eine Zusammensetzung  $4 \text{ PbS } 3 \text{ As}_2\text{S}_3$  schloß, was eine theoretische Zusammensetzung von Pb = 48,75 As = 26,64 S = 24,61 erfordern würde.

1902 (132d<sub>1</sub>) deutete Solly diese Analyse aber als  $5\text{PbS } 4\text{As}_2\text{S}_3$  (131c, S. 160), was einer theoretischen Zusammensetzung von

$$\text{Pb} = 47,52 \quad \text{As} = 27,48 \quad \text{A} = 25,00$$

entsprechen würde, und eine bessere Annäherung an die Analyse geben soll.

Solly wies daraufhin die « frei gewordene » Formel  $\text{PbS} : \text{As}_2\text{S}_3 = 4 : 3$  seinem neu entdeckten Baumhauerit zu.

Baumhauer 1903 (4m) referiert mit der Formel 5 : 4 ; Hintze 1904 (54a) bringt nur eine kurze Anmerkung zur Zusammensetzung. Groth 1904 (38g) notiert die Formel 5 : 4 ; ebenso verfahren Groth und Mie- leitner 1921 (39), Klockmann 1922 (71), Doelter-Leitmeier 1926 (23), Ferrari und Curti 1934 (28), Niggli, Koenigsberger, Parker 1940 (89), Dana 1944 (18g) und Klockmann und Ramdohr 1954 (71b).

Giusca diskutiert die chemische Zusammensetzung und vertritt die Ansicht, daß auf Grund der erzmikroskopisch festgestellten Verdrängungserscheinungen Rathit → Liveingit → Baumhauerit → Skleroklas umgekehrt die Formel  $4\text{PbS } 3\text{As}_2\text{S}_3$  dem Liveingit und die Formel  $5\text{PbS } 4\text{As}_2\text{S}_3$  dem Baumhauerit zugeordnet werden müsse. Die Umkristallisation erfolgt nach seinen Untersuchungen zu immer As-reicherem Gliedern.

Übernommen wird dieses Formelverhältnis von Huttenlocher 1934 (62a = b), Bader 1934 (1) und Hiller 1940, der für seine Systematik der Sulfosalze die chemische Zusammensetzung zugrundelegt. Obwohl alle weiteren Referenten (106d), (112), (160) die Proportion 4 : 3 übernehmen, kann die Zusammensetzung des Liveingit nicht als gesichert angesehen werden.

Das *spezifische Gewicht* wurde von Giusca (35b) zu 5,30 bestimmt, jedoch hatte diese Probe Einschlüsse von Rathit, Baumhauerit und Hutchinsonit.

*Synthese*: Die hydrothermalsynthetischen Versuche von Rösch und Hellner 1959 (112) an PbS -  $\text{As}_2\text{S}_3$  Verbindungen führten zu keiner

Synthese des Liveingit. Das Mineral wird von ihnen als « nicht identifizierbar » bezeichnet.

### 7. Erzmikroskopie

Erzmikroskopische Untersuchungen an Liveingit wurden von Dan Giusca 1930 (35b) durchgeführt. Einige Mitteilungen finden sich auch in Schneiderhahn-Ramdohr 1931 (121) sowie eine Zusammenfassung in Ramdohr 1950 (106c) und 1960 (106d).

Demnach ist Liveingit gut polierbar und (nach Giusca) durch sein Ätzverhalten leicht von den anderen Sulfosalzen unterscheidbar. Er reagiert nur langsam mit Natriumhypochlorit und bedeckt sich dabei mit einem schwarzbraunen Niederschlag, der die strukturellen Eigenschaften hervorhebt. Die Reflexionsfarbe ist rein weiß und das Reflexionsvermögen so hoch wie bei Baumhauerit. Auch unter + Ni zeigt Liveingit keinen Unterschied zu Baumhauerit, jedoch deutlich unterschiedliche Anisotropieeffekte gegenüber Rathit. Seine Polarisationsfarben sind grün-violett oder bräunlich-gelb. Die Innenreflexe sind tiefrot.

Die fast stets verzwillingten Kristalle zeigen ein Gefüge aus kleinen, unregelmäßig angeordneten Individuen, und zwar so, daß mehrere Körner davon im Anschliff zonenartig angeordnet seien (Dan Giusca). Nach Giusca verdrängt Liveingit den Rathit und wird selbst wieder durch Baumhauerit bzw. Skleroklas verdrängt. Baumhauerit sei dabei dem Liveingit in Linsen nach zwei Absonderungsrichtungen orientiert eingelagert.

### 8. Vorkommen

Einiger Fundort für Liveingit ist das Lengenbacher Dolomitvorkommen. Auf dem hydrothermalsynthetischen Wege, der die anderen Sulfosalze ohne weiteres entstehen ließ, konnte das Mineral nicht hergestellt werden, Rösch und Hellner (112).

## VI. BAUMHAUERIT

### 1. Literatur

- |                                 |                     |
|---------------------------------|---------------------|
| 1901 Solly (132b)               | 1902 Solly (132e)   |
| 1902 Solly (132d <sub>2</sub> ) | 1903 Bauhauer (4m)  |
| 1902 Solly u. Jackson (131c)    | 1903 Baumhauer (40) |

1904 Solly (132g)	1938 Palache, Richmond, Winchell (94)
1904 Köchlin (72)	1939 Hurlbut (60)
1904 Hintze (54a)	1940 Berry u. Peacock (13)
1904 Groth (38g)	1940 Hiller (53)
1905 Baumhauer (4p)	1940 Niggli, Koenigsberger, Parker (89)
1906 Solly (132n)	1942 Quervain u. Friedländer (104)
1907 Solly (132q)	1943 Harcour (44)
1909 Desbuissons (21b)	1943 Berry (12b)
1913 Goldschmidt (36b)	1944 Dana (18g)
1915 Cesaro (17b)	1950 Ramdohr (106c)
1920 Schmidt (119b)	1953 Berry (12c)
1921 Groth u. Mieleitner (39)	1954 Klockmann u. Ramdohr (71b)
1922 Klockmann (71)	1957 V. Ross (114)
1926 Doelter u. Leitmeier (23)	1958 Hellner, Weitz, Rösch (49)
1928 Weber (149b)	1959 Rösch u. Hellner (112)
1929 Dan Giusca (35a)	1959 Nowacki u. Kunz (158)
1930 Dan Giusca (35b)	1960 H. Strunz (160)
1931 Schneiderhöhn-Ramdohr (121)	1960 Ramdohr (106d)
1934 Huttenlocher (62a=b)	
1934 Bader (1)	
1934 Ferrari u. Curti (28)	

## 2. Sammlungsregister

B 80 (1 : Proben 1, 2, 3, 4) (131c) ; B 121 (f) (NK) ; B 129 (l) (« Krist. I » in 131c) ; B 206 (f) ; B 207 (f) ; B 209 (1 : 3 Stücke) (d) ; B 210 (f) ; B 211 (f) +(l : 2 Stück) (d) ; B 212 (f) + (l) ; B 213 (f) + (l) ; B 214 (l : 2 Stück) ; B 215 (f) (NK) ; B 216 (f) (uwM) ; B 219 (f) (NK) (RH-Baumhauerit II) ; B 220 (f) + (l) ; B 221 (f) ; B 224 (l) (d) (NK) ; B 228 (f) (F) ; B 249 (f) ; B 287 (f) ; B 291 (f) (NK) ; B 292 (f) ; B 312 (f) ; B 314 (f) + (l) (uwM) ; B 322 (f) ; B 391 (l) (ZW) ; B 392 (f) ; B 393 (f) ; B 744 (l).

B 290 ist ein Übertragungsfehler bei NK ; es handelt sich um die Probe B 291, wie oben angemerkt.

## 3. Historisches

Das Mineral wurde zuerst von Solly 1901 (132b) erkannt und zu Ehren Prof. Baumhauers (Freiburg/Schweiz), der zahlreiche Studien an den Binnentaler Sulfosalzen ausgeführt hatte, Baumhauerit genannt.

Solly bestimmte an dem Mineral monokline Symmetrie und  $\beta = 82^\circ 42' \frac{3}{4}$ . Die Formel  $4\text{PbS} \cdot 3\text{As}_2\text{S}_3$ , die er auf den kurz zuvor gefundenen Liveingit angewandt hatte, glaubte er nun eher für Baumhauerit zutreffend. Moderne röntgenographische Untersuchungen be-

stätigen das Solly'sche Achsenverhältnis, führen jedoch auf eine Zusammensetzung  $3 \text{ PbS} \cdot 2\text{As}_2\text{S}_3$ .

#### 4. Allgemeine Ansprache des Minerals

*Morphologie:* Die Kristalle zeigen mit Dufrenoysit große Ähnlichkeit und lassen sich nur durch goniometrische Messungen, wobei die Zone  $[100,001]_s$  des Baumhauerit schiefer entwickelt ist, unterscheiden.

Auch mit Jordanit zeigen die Kristalle große Ähnlichkeit. Unterscheidungsmerkmal ist das Fehlen der Zwillingsstreifung, wie sie für Jordanit charakteristisch ist. Auch die Strichfarbe des Baumhauerit sei charakteristisch ; Solly (131c+132e).

Solly unterscheidet vier Habitusgruppen, wobei die Formen auf ein Achsenkreuz  $a : b : c = 1,136817 : 1 : 0,947163$   $\beta = 82^\circ 42\frac{3}{4}'$  bezogen sind :

- 1) Prismatische Kristalle, an denen (100) und (010) größer als die anderen Flächen entwickelt sind. Die Zone [010] ist sehr flächenreich.
- 2) Tafelige Kristalle nach (100), die dem Jordanit sehr ähnlich sind. Die Fläche (100) ist Spaltrichtung. Drei der sechs von Solly beschriebenen Kristalle zeigen diesen Habitus.
- 3) Rhombische Prismen mit kleinen Endflächen, starker Entwicklung der Zone [010] und Streckung nach [010]. Diese Kristalle sind dem Dufrenoysit sehr ähnlich.
- 4) Einfacher rhombischer Habitus ; Berendes Zeichnung 1864 (10) und Sollys Kristall V.

Die *Kanten* in der Pyramidenzone und zwischen den Flächen in der Zone [001] sind mehr oder weniger gerundet. Die Prismenzone [001] ist zuweilen tief gefurcht wie bei Rathit und Dufrenoysit. Die Zone [010] ist bestentwickelte, flächenreichste Zone. In ihr liegen Zweidrittel der gemessenen Formen. Flächen in dieser Zone, die einander gegenüber liegen, zeigen zuweilen Differenzen in den Winkeln, was Solly auf Zwillingsbildung nach einer Ebene zurückführt, die einen kleinen Winkel mit (100) bildet, wie bei Rathit und Dufrenoysit. —

Die Fläche (100) ist stets groß und glänzend, zuweilen fein parallel [010] gestreift. Manchmal weist (100) asymmetrische Figuren und Löcher auf, zuweilen zeigt sie ein Relief aus Lamellen parallel (100)<sub>s</sub>, was typisch für Baumhauerit sei. Die Flächen von (010) haben zuweilen eine Streifung parallel [001]. Die Pyramidenflächen sind zahlreich,

aber schmal. Bei einem beschriebenen Kristall (Solly : K. II) waren die Flächen der Zone [100,021] rauh und löcherig ausgebildet.

Die Kristalle können recht groß werden, z. B.  $22 \times 9 \times 4$  mm (Sollies Kristall VI) oder  $25 \times 20 \times 10$  mm ; Solly : Nachtrag (131c).

Das Mineral ist im Binnental recht selten, jedoch nicht so selten, wie die später beschriebenen Mineralien : Lengenbachit, Seligmannit, Hutchinsonit etc.

*Spaltbarkeit* : nach (100) vollkommen, Bruch muschelig.

*Farbe* : bleigrau bis stahlgrau, zuweilen bunt angelaufen.

*Glanz* : metallisch.

*Strich* : schokoladenbraun, etwas dunkler als bei Skleroklas.

*Härte* : 3.

## 5. Kristallographie

Solly gibt in der ersten Beschreibung 1901 monokline Symmetrie an und einen Winkel  $\beta = 82^\circ 42\frac{3}{4}'$  (132b).

In einem weiteren Vortrag 1902 beschreibt er neugefundene große Kristalle, die sich im Habitus von den früheren unterscheiden ; neue Formen werden bestimmt (132d<sub>2</sub>).

Die derzeitigen Kenntnisse faßt Solly 1902 in (131c) und (132e) zusammen. Messungen an 13 Kristallen, von denen 6 näher beschrieben sind, geben die Grundlage zu dieser, auch bebilderten Arbeit. Die Beschreibung zweier weiterer Kristalle von Baumhauer ist angefügt.

Das Achsenverhältnis der monoklin-prismatischen Kristalle ist nach Solly :  $a : b : c = 1,136817 : 1 : 0,947163$      $\beta = 82^\circ 42\frac{3}{4}'$ . 117 Formen werden aufgeführt, von denen 76 Formen in der Zone [010]<sub>s</sub> liegen.

1903 veröffentlichte Baumhauer statistische Untersuchungen an 10 Kristallen über die Entwicklung der Flächen im Zonenverband.

In seiner Beschreibung des Lengenbacher Steinbruches 1906 (132n) erwähnt Solly, daß im Jahr 1906 auch Baumhauerite gefunden worden sind. Es seien jedoch eigentlich verbogene und gestreifte Kristalle gewesen.

Referate mit den von Solly gefundenen Symmetrieelementen finden sich in : Groth 1904 (38g) ; Desbuissons 1909 (21b) ; Goldschmidt (36b), hier jedoch mit  $\beta = 97^\circ 26'$  ; Groth-Mieleitner 1921 (39) ; Klockmann 1922 (71) ; Weber 1928 (149b) ; Bader 1934 (1).

Weitere Untersuchungen von Weber 1928 (149b) geben nach durch-

geführter Statistik der Flächenhäufigkeit den « Formentyp » des Minerals an : demnach gehört der Baumhauerit zu Niggis Typ D.

Messungen mit einem Zweikreisgoniometer an Baumhauerit von Palache zeigten, daß Solly (bei korrekter Winkelmessung) in der Errechnung des Achsenverhältnisses ein Irrtum unterlaufen war. Das von Palache berichtigte Verhältnis lautet

$$a : b : c = 1,3687 : 1 : 0,9472 \quad \beta = 97^\circ 17' \quad 1938 \text{ (94).}$$

Durch die folgenden röntgenographischen Untersuchungen werden die Achsenverhältnisse bestätigt. So findet Berry 1940 (13), daß das aus den Gitterkonstanten bestimmte Achsenverhältnis mit

$$a_o : b_o : c_o = 2,737 : 1 : 0,948 \quad \beta = 96^\circ 45'$$

sehr gut mit dem von Palache korrigierten Solly'schen Achsenverhältnis übereinstimmt. Vgl. auch Hurlbut (60).

#### Zwillinge :

- 1) nach (100) polysynthetisch ; Solly 1902 (131c), S. 323. Erkennbar an schmalen Flächen der Zone [010], die sich oszillatorisch wiederholen.
- 2) Eine zweite polysynthetische Zwillingssverwachsung beobachtet Solly 1902 (131c), welche dem Gesetz (074) für Rathit ähnlich ist, hier erkennbar an feiner Schrägstreifung der Flächen in der Zone [100,001] besonders auf den Bruchflächen. Die Zwillingsebene wurde annähernd zu (761) bestimmt.

Es kommen auch nach beiden Gesetzen zugleich verzwillingte Kristalle vor ; Solly (131c), Anhang.

*Struktur* : Erste Pulveraufnahmen an Baumhauerit wurden von Ferrari und Curti 1934 (28) ausgeführt, aus denen diese schlossen, daß Skleroklas, Livingit, Baumhauerit und Rathit nur Glieder einer lückenlosen Mischkristallreihe zwischen Auripigment und Dufrenoysit seien.

Die erste Bestimmung der Gitterkonstanten von Hurlbut 1939 (60) führte auf die Werte :

$$a_o = 22,68 \quad b_o = 8,32 \quad c_o = 7,92 \quad \beta = 97^\circ 17', \text{ also}$$

$a_o : b_o : c_o = 2,7263 : 1 : 0,9524$  mit der Raumgruppe  $P\ 2_1/m$  und dem Zellinhalt  $Pb_{12} As_{18} S_{39} = 3(4PbS \cdot 3 As_2S_3)$  .

Weitere Röntgenuntersuchungen von Berry und Peacock 1940 (13) führten auf Gitterkonstanten, die mit den Werten Hurlbuts gut übereinstimmen :

$$a_o = 22,69 \pm 0,03 \quad b_o = 8,29 \pm 0,02 \quad c_o = 7,86 \pm 0,1 \quad \beta = 96^\circ 45' \pm 30'.$$

Die Aufstellung ist die gleiche wie bei Solly : Spaltbarkeit parallel (100) ; jedoch ist der von ihnen bestimmte Zellinhalt 4 (3PbS.2As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>) = Pb<sub>12</sub> As<sub>16</sub> S<sub>36</sub>. Die daraus berechnete Dichte ist 5,43.

Harcourt 1943 (44) bringt in seinen « Tables for the identification » das Pulverdiagramm von Baumhauerit.

Rösch und Hellner 1959 (112) geben wie Berry 1953 (12c) die Gitterkonstanten des Baumhauerit in naher Übereinstimmung mit Berry-Peacock und Hurlbut mit

$$a_0 = 22,74 \text{ \AA} \quad b_0 = 8,33 \text{ \AA} \quad c_0 = 7,89 \text{ \AA} \quad \beta = 97^\circ 25' \quad \alpha = \gamma = 90^\circ$$

jedoch mit einer Raumgruppe P\bar{I} an.

Den Zellinhalt bestimmten sie wie Berry und Peacock und geben die Formel 3PbS.2 As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> an. Neben der Synthese von Baumhauerit gelang ihnen die Synthese von Baumhauerit II, einer weiteren Modifikation des Minerals mit den Konstanten :

$a_0 = 2 \times 22,75_5$   $b_0 = 8,30_5$   $c_0 = 7,90_2$   $\beta = 97^\circ 30'$  der Raumgruppe P\bar{I}. Ein von ihnen röntgenographisch bestimmter Baumhauerit der Freiburger Sammlung erwies sich röntgenographisch als Baumhauerit II. Die genaue Zusammensetzung des Baumhauerit II ist noch unbestimmt.

Ramdohr (106d) 1960 gibt die Gitterkonstanten des Baumhauerit als:

$$a_0 = 22,68, \quad b_0 = 8,32, \quad c_0 = 7,92 \quad \beta = 96^\circ 45' \quad Z = 4(\text{Pb}_3\text{As}_4\text{S}_9)$$

Raumgruppe C<sub>2h</sub><sup>5</sup> an.

Versuche, die Sulfosalze auf Grund ihrer Strukturen zu klassifizieren, gingen von Berry 1943 (12b) aus und wurden von V. Ross und besonders von Weitz, Rösch, Hellner 1958 (49) fortgesetzt.

## 6. Chemismus

Die erste und bisher einzige Analyse des Baumhauerit wurde 1902 (131c) von Jackson ausgeführt und ergab :

Pb = 48,86 ; S = 24,39 ; As = 26,42 ; Summe = 99,67 ; Dichte 5,329. Solly deutet sie als 4PbS. 3As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> und glaubt, daß diese Formel, die er ursprünglich dem kurz zuvor entdeckten Liveingit zugeordnet hatte, doch besser zu Baumhauerit passe. Die theoretische Zusammensetzung würde Pb = 48,75 ; As = 24,61 ; S = 26,64 verlangen.

Solly meint, daß die von Uhrlaub 1855 von vermeintlichem Skleroklas vorgenommene Analyse : Pb = 47,58 ; S = 24,66 ; As = 25,74 ; Ag = 0,94 ; Summe = 98,92 ; spez. Gew. = 5,405 (siehe Solly und Jack-

son 132c, Analyse 8) in der Zusammensetzung mit Baumhauerit übereinstimmt.

Mit dem Verhältnis  $\text{PbS} : \text{As}_2\text{S}_3 = 4 : 3$  führen die nachfolgenden Verfasser das Mineral auf: Baumhauer 1904 (4m); Hintze 1904 (54a), S. 1145, nur mit kurzer Erwähnung; Groth 1904 (38g); Desbuissous 1909 (21b); Cesàro 1915 (17b), der auf Grund der chemischen Verhältnisse eine Systematik der Sulfosalze aufzustellen versucht; Groth-Mielietner 1921 (39); Klockmann 1922 (71); Doelter-Leitmeier 1926 (23).

Giusca 1929/30 (35a+b) hält auf Grund der chalkographisch festgestellten Verdrängungerscheinungen (die Entwicklung verläuft zu immer As-reicherem Gliedern) die Formel  $\text{PbS} : \text{As}_2\text{S}_3 = 5 : 4$  für Baumhauerit wahrscheinlicher und ordnet  $4\text{PbS}.3\text{As}_2\text{S}_3$  dem Liveingit zu. Wie in Dana 1944 (18g) betont ist, hat die Formel  $5\text{ PbS}.4\text{As}_2\text{S}_3$  für Baumhauerit weder durch die Analyse noch durch die Strukturuntersuchungen eine Bestätigung gefunden.

Mit der von Giusca vorgeschlagenen Zusammensetzung wird das Mineral von Hiller 1940 (53) referiert; ebenso von Bader 1934 (1) erwähnt. In Niggli, Koenigsberger, Parker 1940 (89) wird die Frage  $\text{PbS} : \text{As}_2\text{S}_3 = 4 : 3$  oder  $5 : 4$  offen gelassen. Das Buch gibt jedoch S. 565 für Baumhauerit die theoretische Zusammensetzung von  $5\text{ PbS}.4\text{As}_2\text{S}_3$  an.

Eine 1934 ((28), S. 166) von Ferrari und Curti vorgenommene Analyse gab:

$\text{PbS} = 47,52$ ;  $\text{As}_2\text{S}_3 = 49,79$ ;  $\text{Sb}_2\text{S}_3 = 0,04$ ; Summe = 97,35 aus der sie ein Verhältnis von  $\text{PbS} : \text{As}_2\text{S}_3 = 0,982$  berechneten. Nach der Formel Sollys müßte das Verhältnis jedoch 1,33 sein. Die Analyse ist also dem Skleroklas mit 1,00 ähnlicher. Auch die ausgeführten Pulverdiagramme waren mit denen von Skleroklas identisch. Der Analyse lag also wohl ein falsch etikettiertes Exemplar zugrunde, zumal Pulveraufnahmen an einem anderen Baumhaueritkristall von Skleroklas abweichende Werte ergaben; aus dieser Pulveraufnahme schlossen sie, daß das Mineral eine Zusammensetzung nahe der Baumhaueritformel Sollys haben könne.

Auf Grund der Röntgenuntersuchungen von Berry und Peacock 1940 (13) hätte Baumhauerit die Zusammensetzung  $3\text{PbS}.2\text{As}_2\text{S}_3$ . Sie ziehen diese Formel der von Hurlbut 1939 (60) röntgenographisch bestimmten Zusammensetzung  $4\text{PbS}.3\text{As}_2\text{S}_3$  vor; ebenso Rösch und Hellner 1959 (112).

Das *spez. Gewicht* wird von Solly 1902 (131c) mit 5,329 angegeben. Giusca 1929/30 (35a+b) führte 3 Messungen aus, die 5,27 ; 5,28 ; 5,33 ergaben. Wenn Rathit beigemengt ist, steigt nach Giusca der Wert auf 5,36. Ferrari und Curti 1934 (28) geben 5,40 an. Die von Berry und Peacock 1940 (13) berechnete Dichte auf Grund der röntgenographisch gefundenen Zusammensetzung ist 5,43.

*Synthese*: Rösch und Hellner gelang 1959 (112) neben der Hydrothermalsynthese des Baumhauerit aus den Ausgangskomponenten PbS und As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> auch die Synthese des Baumhauerit II, einer anderen Modifikation des Minerals, dessen chemische Zusammensetzung aus Mangel an Material noch nicht bestimmt werden konnte. Beide Mineralien kristallisieren in derselben Raumgruppe P $\bar{1}$ .

## 7. Erzmikroskopie

Ausschliffuntersuchungen gehen auf Giusca 1929/30 (35a+b) und Schneiderhöhn-Ramdohr 1931 (121) zurück. Eine Zusammenfassung in Anlehnung an Giusca enthält Ramdohr 1950 (106c) und 1960 (106d).

Baumhauerit ist gut polierbar, sein Reflexionsvermögen ebenso hoch wie bei Sartorit und mit reinweißer Farbe. Beide Mineralien unterscheiden sich jedoch durch den Reflexionspleochroismus, der bei Sartorit fast fehlt, bei Baumhauerit jedoch stark ist mit Polarisationsfarben : grün-violett (oder seltener blaugrün-gelb). Natriumhypochlorit greift Baumhauerit schnell an und gibt nach 3 Sekunden eine tiefblaue Beschlagsfarbe, was als Bestimmungsmerkmal für das Mineral dienen kann.

Die Innenreflexe sind tiefrot und lassen lamellenartig inhomogene Partien bei sonst unverzwilligten Kristallen erkennen. Oft zeigt Baumhauerit auch ein Gefüge aus körnigen Aggregaten mit runden Flächen, die durch spätere Stoffzufuhr zusammengekittet wurden.

Polysynthetische Zwillinge nach (100)<sub>s</sub> sind häufig, und zwar mit regelmäßiger Anordnung und gleicher Breite der Lamellen, was das Mineral von Dufrenoysit und Skleroklas unterscheidet.

Baumhauerit ersetzt nach Giusca die Sulfosalze Rathit und Liveingit, in denen er auf Spalt- und Absonderungsrissen auskristallisiert ; er selbst wird verdrängt von Skleroklas und Hutchinsonit. Es ist also verständlich, daß nicht nur isoliert wachsende Kristalle vorkommen, sondern auch Aufwachsungen. So beschreibt Solly 1904 (132g) Selig-

mannite, die auf Baumhauerit und Dufrenoysit aufgewachsen waren. 1907 (132q) beschreibt Solly regelmäßige Verwachsungen von Baumhauerit mit Sartorit.

### 8. Vorkommen

Die Versuche von Rösch und Hellner erweisen, daß das Mineral hydrothermal entstehen kann.

Als große Seltenheit ist Baumhauerit auch von einer anderen Lagerstätte (Cerro de Pasco) beschrieben worden : Ramdohr 1950 (106c) und (106d). Ferner ist ein Kristall aus der Zuni Mine, Silverton/Colorado von Berry und Peacock 1940 (13) auf Grund von Pulverdiagrammen als Baumhauerit erkannt worden.

## VII. SELIGMANNIT

### 1. Literatur

1901 Baumhauer (4k)	1928 Palache (93)
1902 Solly (132d <sub>2</sub> )	1928 Weber (149b)
1902 Solly (132e)	1930 Dan Guisca (35b)
1902 Baumhauer (4 l)	1931 Schneiderhöhn-Ramdohr (121)
1903 Baumhauer (4m)	1934 Huttenlocher (62a=b)
1904 Solly (132g)	1934 Bader (1)
1904 Köchlin (72)	1935 Hofmann (55)
1904 Hintze (54a)	1940 Sztrokay (138)
1904 Groth (38g)	1940 Hiller (53)
1905 Solly (132 i)	1940 Niggli, Koenigsberger, Parker (89)
1905 Solly (132m <sub>1</sub> )	1941 Frondel (31)
1905 Baumhauer (4p)	1942 Quervain u. Friedländer (104)
1906 Solly (132m <sub>2</sub> )	1942 Harcour (44)
1906 Solly (132n)	1943 Berry (12b)
1908 Prior (103e)	1944 Dana (18g)
1909 Desbuissons (21b)	1950 Ramdohr (106c)
1910 Prior (103f)	1954 Klockmann u. Ramdohr (71b)
1911 Solly (132s <sub>1</sub> )	1955 Hellner u. Leineweber (47)
1912 Solly (132s <sub>2</sub> )	1956 Leineweber (82b)
1915 Cesàro (17b)	1957 V. Ross (114)
1921 Groth u. Mieleitner (39)	1958 Hellner, Weitz, Rösch (49)
1922 Klockmann (71)	1960 H. Strunz (160)
1923 Goldschmidt Atlas Bd. 8 (36b)	1960 Ramdohr (106d)
1926 Doelter u. Leitmeier (23)	

## 2. Sammlungsregister

B 257 (f) ; B 258 (f) ; B 259 (f) ; B 260 (f) ; B 270 (f) ; B 313 (f) (F) ; B 347 (f) ; B 347a (1 : Proben 1, 2, 3, 4) ; B 417 (l) (auf Seite 611 bis 614 in 4 l) ; B 602 (l) (« Krist. III + IV » in 4k) ; B 617 (f) ; B 618 (1 : 3 Stück) (einer davon : « Krist. 1 » in 4k) ; B 619 (f) (« Krist. II » in 4k) ; B 620 (1 : 4 Stücke).

Die Kristalle sind meist auf anderen Sulfarseniten aufgewachsen.

## 3. Historisches

Erste Mitteilungen über dieses Mineral stammen von Baumhauer 1901 (4k), Baumhauer gab dem als rhombisch bestimmten und mit Bournonit homöomorphen Mineral den Namen Seligmannit, zu Ehren Gustav Seligmans, Bankier in Koblenz (1849-1920). Zahlreiche kristallographische Messungen wurden von Solly ausgeführt. Die chemische Analyse geht auf Prior 1908 (103e) zurück, und führt, wie Baumhauer 1901 vermutet hatte, auf die Zusammensetzung  $\text{Cu}_2\text{S} \cdot 2\text{PbS} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$ . Analyse und Achsenverhältnisse wurden durch Röntgenuntersuchungen bestätigt.

## 4. Allgemeine Ansprache des Minerals

*Morphologie*: Manche Kristalle von Seligmannit gleichen im ersten Augenblick solchen von Binnit ; Baumhauer (4k) und Solly (132m<sub>2</sub>), S. 186. Auch die Flächen sind wie bei Binnit oft sehr glänzend. Durch Winkelmessung lässt sich der Seligmannit jedoch leicht von Binnit unterscheiden.

Die Seligmannitkristalle sind meist verzwilligt. Sie sitzen fast immer als kleine Kriställchen auf größeren Kristallen der anderen Sulfo-salze wie Dufrenoysit, Rathit, Baumhauerit auf. Meist sind also die Kristalle sehr klein ; ausnahmsweise können sie jedoch recht groß werden, z. B.  $10 \times 7 \times 5$  mm ; ein weiterer war sogar 20 mm lang (Solly, 132n). Im Binnentaler Dolomit ist das Mineral selten. Nach Baumhauer (4k) lassen sich drei Habitusgruppen unterscheiden :

- 1) Isometrisch, dem Binnit ähnlich (Baumhauers Kristall I).
- 2) Säulig mit Streckung parallel [001] (Baumhauers Kristall II).
- 3) Manchmal etwas tafelig nach (110).

Allgemeine Merkmale :

Die Flächen sind ausnahmslos auf die primitiven Zonen wie [100], [110], [111] etc. zu beziehen.

Die Basis, oft mit beiden Flächen entwickelt, ist meist ziemlich groß. Sie und die sich um sie gruppierenden Flächen (101), (011), (211), (112), (213), z. T. (111) sind am besten entwickelt und im allgemeinen vollkommen ausgebildet. Weniger gut ausgebildet sind die Flächen der Prismenzone: sie sind oft gestreift und zeigen wegen Zwillingsverwachsungen oft mehrfache Reflexe. (100) oft groß, (010) manchmal gut entwickelt, (110) immer groß und gestreift. Die Streifung von (110) verläuft parallel zu der Kante [110, 431]. Solly (132e) (132s) beobachtete, daß die Streifung auf (110) auch parallel zu den Kanten der benachbarten Flächen (100), (001) und (111) vorkommt. Manchmal ist eine feine Streifung parallel [111], aber nicht auch parallel [111] vorhanden, wie es von der Symmetrie des Minerals verlangt würde. Bei einem unverzwilligten Kristall ist auch Streifung auf den Flächen (131), (121) und (111) beobachtet worden. Die Flächen (031) zeigten eine Streifung parallel der Kante mit (010).

*Strich*: Schokoladebraun; Solly 1902 (132d<sub>2</sub>+e); einer der Kristalle, Solly 1912 (132s<sub>2</sub>), zeigte einen mehr schwarz-purpurnen Strich.

*Farbe*: bleigrau.

*Glanz*: metallisch.

*Spaltbarkeit*: Es wurde durchweg keine Spaltbarkeit beobachtet (Solly 132e); nur an einem Kristall bemerkte Solly 1912 (132s<sub>2</sub>) eine sehr schlechte, dem Bournonit analoge Spaltbarkeit parallel (100), (010) und (001). Der Bruch ist muschelig.

*Härte*: 3 (Solly 132e).

Das Mineral ist opak und spröde.

## 5. Kristallographie

Zu der ersten Beschreibung des Minerals von Baumhauer 1901 (4k) standen fünf Kristalle (davon zwei 3 bis 4 mm groß) zur Verfügung, an denen er rhombische Symmetrie und ein Achsenverhältnis von

$$a : b : c = 0,92804 : 1 : 0,87568$$

bestimmte. Alle fünf Kristalle waren, wie er feststellte, verzwilligt nach (110). 15 Formen konnten von Baumhauer bestimmt werden: (100), (010), (001), (110), (210), (120), (130), (510), (101), (011), (211), (112), (213), (431). In drei Abbildungen werden die Verhältnisse dargestellt.

Im Juni 1902 beschreibt Baumhauer einen weiteren Zwillings-

kristall, der neben Binnit auf Dolomit saß, und den er in einer Abbildung darstellt. 6 neue Formen wurden gemessen: (410), (021), (071), (013), (311), (1.10.2), (031) ?.

1902 (132d<sub>2</sub>) beschreibt Solly weitere Kristalle von Seligmannit auf Dufrenoysit. Er bestimmt 10 neue Formen, und ermittelt ein Achsenverhältnis von  $a : b : c = 0,92332 : 1 : 0,87338$ , was die Baumhauerschen Achsenverhältnisse bestätigt.

Näher ausgeführt werden diese Messungen von Solly 1902 (132e). Der größte Seligmannit von 12 Exemplaren war  $2 \times 1\frac{3}{4} \times \frac{3}{4}$  mm groß. Statt der 10 neuen Formen werden nun 12 mitgeteilt, nämlich (310), (025), (102), (103), (104), (105), (212), (322), (113), (229), (331), (441).

Weitere Zwillingskristalle von Seligmannit, die auf Dufrenoysit und Baumhauerit aufgewachsen waren, werden von Solly 1904 (132g) beschrieben. Kurze Bemerkung hierüber auch 1905 in (132i), S. 82.

Die Handbücher referieren Baumhauers oder Sollys Werte: Hintze (54a) nach Baumhauer, Groth 1904 (38g) nach Solly.

Von einem weiteren, sehr großen Seligmannit, dem ersten unverzwilligten Kristall, berichtet Solly 1905 (132m<sub>1</sub>). An ihm wurden 45 Formen beobachtet, wovon 22 neu waren. Nähere Mitteilungen hierüber veröffentlicht Solly 1906 (132m<sub>2</sub>). Die an dem  $10 \times 7 \times 5$  mm großen Kristall (dort Abb.) neuen Formen sind: (320), (610), (061), (601), (703), (201), (203), (12 1 2), (713), (613), (611), (14.3 6), (413), (313), (312), (733), (533), (323), (233), (131), (261), (161).

1906 wurde ein weiterer, intim mit Rathit verwachsener, 20 mm langer Kristall gefunden; Solly 1906 (132n). Eine private Mitteilung über diesen findet sich in Desbuissons 1909 (21b), S. 118, eine Beschreibung in Solly 1912 (132s<sub>2</sub>) mit Abb. Der Kristall ließ acht neue Formen erkennen: (540), (450), (140), (160), (180), (181), (541), (451).

Messungen an zwei 1911 gefundenen Seligmanniten teilt Solly 1911 (132s<sub>1</sub>) mit. Sie waren mit anderen auf den Bruchflächen von Dufrenoysit aufgewachsen und zeigten sechs neue Formen: (781), (561), (341), (651), (972), (752). Die nähere Beschreibung mit Abbildung enthält eine Arbeit Sollys 1912 (132s<sub>2</sub>). Damit sind ca. 70 Formen an Seligmannit bestimmt.

Weber untersucht 1928 (149b) die Entwicklung der einzelnen Formen und der Flächen im Zonenverband. Die flächenreichsten Zonen sind [100], [110], [111] und die sich durch Permutation der Indices daraus ergebenden. Von 73 beobachteten Formen gehören bis auf 6

alle hierzu. Die dichtest besetzte Zone ist [100]. Weber rechnet Seligmannit zu Niggis hypokubisch-hexaedrischem Typ.

Palache fand 1928 (93) an Seligmannit von Bingham/Utah ein Achsenverhältnis  $a : b : c = 0,9233 : 1 : 0,8734$ . Es bestätigt die Werte von Baumhauer und Solly. Der beschriebene Kristall ist dem Binnentaler Seligmannit sehr ähnlich, jedoch im Habitus tafelig nach (001).

*Zwillinge:*

- 1) Einfache Zwillinge nach (110) sind die Regel, wie Baumhauer schon 1901 (4k) erkannte. Die Basisflächen der beiden Individuen fallen in eine Ebene. Die Kristalle bestehen jedoch manchmal aus zwei nicht genau parallel verwachsenen Individuen, wodurch gewisse Flächen der Prismenzone doppelte Reflexe geben.
- 2) Lamellenzwillinge nach (110) und ( $\bar{1}10$ ) beschreiben Baumhauer (4k), Solly (132e).

Handbücher: Groth-Mieleitner 1921 (39) mit Sollys Achsenverhältnis; Klockmann 1922 (71); Goldschmidt-Atlas Bd. 8 1923 (36b) mit ausführlichen Angaben; Doelter-Leitmeier 1926 (23) mit Sollys Achsenverhältnissen; ebenso Giusca 1930 (35b); Bader (1) 1934 nach Solly; Hiller 1940 (53) nach Baumhauer; Niggli, Koenigsberger, Parker 1940 (89) nach Solly; Dana 1944 (18g); Klockmann-Ramdohr 1954 (71b).

*Struktur:* Für Bournonit wurden von Oftedal (Z. Krist. 83, 157/1932) die Gitterkonstanten zu  $a_o = 8,10 \text{ \AA}$ ,  $b_o = 8,65 \text{ \AA}$ ,  $c_o = 7,75 \text{ \AA}$  ( $\pm 0,05$ ),  $Z = 4$  ( $\text{PbCuSbS}_3$ ), Raumgruppe  $D_{2h}^{13}$  bestimmt. Ihm wird Seligmannit von Hiller 1940 (53) als isotyp parallelisiert.

Erste Messungen der Gitterkonstanten an einem Seligmannit von Bingham nach der Weißenbergmethode wurden von Frondel 1941 (31) ausgeführt. Sie führten auf die Gitterkonstanten:

$$a_o = 8,04 \quad b_o = 8,66 \quad c_o = 7,56 \quad \pm 0,05 \text{ \AA},$$

die Raumgruppe Pnmm und den Zellinhalt  $4(\text{CuPbAsS}_3)$ , was mit den Werten des Bournonit gut übereinstimmt. Das berechnete Achsenverhältnis  $a_o : b_o : c_o = 0,928 : 1 : 0,873$  entspricht den von Baumhauer und Solly berechneten Werten.

Harcour 1942 (44) bringt in seinen «Tables for the identification» das Röntgendiagramm des Seligmannit von Butte/Montana. Das Mineral hat ein sehr linienreiches Spektrum. Bournonit zeigt ein fast identisches Diagramm.

Die von Hellner und Leineweber 1955 (47), sowie Leineweber 1956 (82b) gemessenen Gitterkonstanten sind

$$a_0 = 8,081 \text{ \AA} \quad b_0 = 8,747 \text{ \AA} \quad c_0 = 7,636 \text{ \AA} \quad \pm 0,012\%$$

und weichen nur wenig von den durch Frondel bestimmten Werten ab. Strukturuntersuchungen an Bournonit und Seligmannit wurden mit Hilfe der Superpositionsmethoden durchgeführt. Die von Frondel angenommene Raumgruppe  $D_{2h}^{13}$  ließ sich nicht aufrechterhalten. Ihr wurde die Raumgruppe  $C_{2v}^7$  vorgezogen. Bis auf kleine Parameterunterschiede sind die Strukturen von Seligmannit und Bournonit identisch.

## 6. Chemismus

Bei der ersten Mitteilung durch Baumhauer 1901 (4k) stand eine Analyse des Minerals noch aus. Wegen der großen Ähnlichkeit in Habitus und kristallographischen Konstanten mit Bournonit und wegen der Ähnlichkeit der Farbe mit anderen Sulfosalzen schloß Baumhauer, daß Seligmannit die dem Bournonit analoge As-Verbindung sei, mit einer Formel  $\text{Cu}_2\text{S} \cdot 2\text{PbS} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$ .

1902 (132d<sub>2</sub>) stellt Solly in Seligmannit die Anwesenheit von Cu qualitativ fest. Eine qualitative Analyse von Fenton in Solly 1902 (132e) wies Cu, Pb, S und As nach.

Die ersten quantitativen Analysen wurden von Prior 1908 (103e) und Prior 1910 (103f) durchgeführt. Sie bestätigten Baumhauers Vermutung und ergaben die Zusammensetzung  $2\text{PbS} \text{ Cu}_2\text{S} \text{ As}_2\text{S}_3$ .

	I	II
Pb	46,34	48,83
Cu	13,09	10,51
Ag	0,11	0,23
Zn	0,27	—
Fe	0,06	0,80
As	16,88	16,94
Sb	0,64	0,71
S	21,73	22,01
Summe	99,12	100,03
spez. Gew.	5,44	5,48

Analyse I paßt besser zu der theoretischen Zusammensetzung:  
 $\text{Pb} = 46,89$ ;  $\text{Cu} = 14,38$ ;  $\text{As} = 16,99$ ;  $\text{S} = 21,74$  Summe = 100,00.  
Analyse II muß nach Prior von unreinem Material sein.

Die röntgenographischen Untersuchungen von Frondel 1941 (31), sowie von Leineweber und Hellner 1955 (47) und (82) bestätigen die auf analytischem Wege gefundene Zusammensetzung.

Systematische Stellung : Cesaro 1915 (17b) versucht eine Gruppierung der Sulfosalze auf Grund der chemischen Verhältnisse. Versuche von der Chemie und der Morphologie auf die Struktur zu schließen (Beispiel Bournonit-Seligmannit) und so Gruppen der Sulfosalze zusammenzufassen, stammen von Hiller 1940 (53) und Hofmann 1935 (55). Eine strukturelle Gruppierung der Sulfosalze mit bereits bekannten Gittern gibt Berry 1943 (12b) an.

Die neueren Gliederungen gehen von V. Ross 1957 (114) und besonders von Hellner, Weitz, Rösch aus 1958 (49).

Analysenreferate des Seligmannit finden sich in Doelter-Leitmeier 1926 (23) und Quervain-Friedländer 1942 (104).

Niggli, Koenigsberger, Parker 1940 (89), S. 565 führt nur die theoretische Zusammensetzung des Seligmannit an.

*Dichte* : Zwei Dichtemessungen von Prior 1910 (103f) ergaben 5,44 und 5,48. Die von Frondel an Binghamer Seligmannit gemessene Dichte ist 5,38, die berechnete 5,54.

## 7. Erzmikroskopie

Untersuchungen an Seligmannit gehen auf Dan Giusca 1930 (35b) und Schneiderhöhn-Ramdohr 1931 (121) zurück, sowie Ramdohr 1950 (106c) und 1960 (106d) :

Seligmannit ist im Anschliff ohne Schwierigkeit gut polierbar. Seine Polierhärte ist geringer als die von Tennantit, größer als die von Bleiglanz. Der Schliff wird nicht durch Natriumhypochlorit angegriffen. Die Reflexionsfarbe erscheint bei Ölimmersion im Vergleich zu Dufrenoysit und Jordanit leicht rosa, im Vergleich zu Binnit deutlicher rosa, was als Unterscheidungsmerkmal dienen kann.

Der Reflexionspleochroismus ist erst in Öl deutlich.

Die Anisotropieeffekte bei +Ni sind stark, nach Ramdohr (106c) « grünlichblau », nach Giusca (35b) « braungrün ». Innenreflexe sind nicht zu beobachten.

Häufig polysynthetisch parkettierte Zwillinge wie bei Bournonit (Ramdohr 106c).

Seligmannit verdrängt Jordanit und Dufrenoysit, in diesem die

Risse füllend (Giusca). An anderen Orten ist er Reaktionsprodukt von Tennantit und Bleiglanz. Bei Verdrängung ist er, wie Ramdohr sagt, « Wegbereiter des eigentlichen Verdrängers » (106c), (106d).

### **8. Vorkommen außerhalb des Binnentales**

- 1) 1928 beschreibt Palache Seligmannit, den man bisher nur auf das Binnental beschränkt glaubte, von Bingham/Utah. Er kommt dort neben Pyrit, Zinkblende und Arsenfahlerz vor (93a<sub>o</sub>).
- 2) 1940 beschreibt Sztrokay (138) die Mineralparagenese von Recsk/Ungarn, die Seligmannit, Pyrit, Fahlerz, Zinkblende, Gold, Hämatit neben Quarz, Dolomit, Baryt etc. enthält.
- 3) 1942 (44) bringt Harcour ein Pulverdiagramm von Seligmannit von Butte/Montana.
- 4) In Kalgoorlie/Westaustralien wurde Seligmannit gefunden, nachgewiesen von Stillwell 1934.
- 5) Cerro de Pasco/Peru (von Ramdohr nachgewiesen).
- 6) Wiesloch.

Nach Ramdohr (106c) findet sich Seligmannit außer in den genannten Vorkommen sicher auch in vielen weiteren Cu-As-Paragenesen hydrothermaler Entstehung, wo er bislang noch als Bournonit angeprochen wird.

## **VIII. LENGENBACHIT**

### **1. Literatur**

1904 Solly (132g)	1930 Dan Giusca (35b)
1904 Köchlin (72)	1931 Schneiderhöhn-Ramdohr (121)
1905 Solly (132 i)	1934 Bader (1)
1905 Hutchinson (61a <sub>1</sub> )	1934 Ferrari u. Curti (28)
1907 Hutchinson (61a <sub>2</sub> )	1939 Berman (155)
1909 Desbuissons (21b)	1940 Hiller (53)
1918 Goldschmidt Atlas Bd. 5 (36b)	1940 Niggli, Koenigsberger, Parker (89)
1921 Groth u. Mieleitner (39)	1944 Dana (18g)
1922 Klockmann (71)	1944 Nuffield (91a <sup>o</sup> )
1926 Doelter u. Leitmeier (23)	

1947 Nuffield (91a+b)	1958 Hellner, Weitz, Rösch (49)
1950 Ramdohr (106c)	1959 Rösch u. Hellner (112)
1954 Klockmann u. Ramdohr (71b)	1959 Nowacki u. Kunz (158)
1957 Hellner (48d)	1960 H. Strunz (160)
1957 V. Ross (114)	1960 Ramdohr (106d)

## 2. Sammlungsregister

B 242 (f) (RH) (F) ; B 243 (f) ; B 244 (f) (NK) (RH)<sup>1</sup>) ; B 246 (f) ; B 248 (f) ; B 250 (f) ; B 252 (f) ; B 254 (f) (RH) ; B 255 (f) ; B 282 (f) (F) ; B 315 (l) (NK) ; B 745 (f).

Eine von B 79/Schule, Dufrenoysit, entnommene Kruste erwies sich nach RH als Lengenbachit.

Das von RH entnommene Material bezieht sich auf die Unterlage des Lengenbachits, die aus Jordanit besteht!

## 3. Historisches

Die ersten Mitteilungen über das Mineral stammen von Solly 1904 (132g), eine erste Beschreibung ohne Namengebung in : Cambridge Meeting of the British Association, Aug. 1904 ; die erste Mitteilung des Namens in : Nature 1904, 1. Dez. (132l) und (132g). Das Mineral erhielt von Solly den Namen Lengenbachit nach dem Fundort am Lengenbach. Solly vermutet trikline Symmetrie (132i). Koechlin, 1904 (72), der die Binnentalstücke aus einer Sammlung aus Privatbesitz und aus dem Wiener Museum beschreibt, gibt einem Mineral, welches dünne eisenschwarze, stark geriefte Tafeln bildet, die bunt und schwärzlich anlaufen und bis 1 cm groß werden, den Namen Jentschit. Nach Solly (132i, S. 80) erwies er sich als identisch mit dem im gleichen Jahr von ihm beschriebenen Lengenbachit. Nach der Analyse Hutchinson's 1905/06 ist die Formel  $6\text{PbS} (\text{Ag}, \text{Cu})_2\text{S} 2\text{As}_2\text{S}_3$  anzunehmen. Nach Angaben Berrys schließlich soll der Inhalt der Elementarzelle



Mit dieser Zusammensetzung ließ sich Lengenbachit auch von Rösch und Hellner synthetisch herstellen.

## 4. Allgemeine Ansprache des Minerals

*Morphologie* : Lengenbachit findet sich im Dolomit in Form dünner, bleigrauer, gelegentlich wie Papier zusammengerollter, schwertförmiger Plättchen, einige bis 40 mm lang und 5 mm breit, mit sehr vollkommenem Blätterbruch. Solly vermutet trikline Symmetrie (132i),

durch Röntgenuntersuchungen wurde jedoch von Nuffield 1947 (91a) monokline Symmetrie nachgewiesen. Die Kristalle sitzen manchmal auf Jordanit auf, was nach Giusca 1930 (35b) auf Verdrängung erscheinungen hinweisen könne. Die häufigste Ausbildung ist eine unregelmäßig kreuzweise Verwachsung der dünnen Plättchen, die in der Längsrichtung gestreift sind. Nicht selten verwachsen aber auch zwei oder mehrere Plättchen derart, daß die Spaltflächen aufeinander liegen und die Blattlängsachsen gegeneinander einen Winkel von  $60^\circ$  bilden. Weniger häufig sind analoge Verwachsungen unter einem Winkel von  $90^\circ$ ; Solly deutet sie als Verzwillingung nach einer Ebene, die mit den Längsachsen der Kristalle einen Winkel von  $45^\circ$  einschließt, wie man dies ähnlich bei Sartorit, Rathit und Baumhauerit festgestellt habe.

Schließlich werden auch Kristalle beobachtet, bei denen zwei lange Individuen längs einer Ebene miteinander verwachsen sind, welche die Prismenlängskante abstumpft.

Die größte beobachtete Fläche ist ein glänzendes Pinakoid, das zugleich Spaltfläche ist. Die Streifung auf der Spaltfläche verläuft zwar meist parallel zur Längsachse, kann aber auch mit der Längsachse einen Winkel von  $58^\circ$  einschließen. Solche Kristalle können dann leicht für Jordanit gehalten werden. Im allgemeinen ist Lengenbachit jedoch leicht von den anderen Sulfosalzen zu unterscheiden.

*Referate in:* Desbuissons 1909 (21b); im Goldschmidt-Atlas 1918, Bd. 5 (36b) steht nur ein kurzer Hinweis, daß Symmetrie und Elemente noch nicht bestimmt seien, Abbildungen fehlen; Groth und Mieleitner 1921 (39); Klockmann 1922 (71); Bader 1934 (1); Niggli, Koenigsberger, Parker 1940 (89); Dana 1944 (18g). Alle voranstehenden geben trikline Symmetrie an. Klockmann und Ramdohr 1954 (71b) geben monokline Symmetrie an nach Nuffield 1957 (91a).

*Glanz:* metallisch.

*Farbe:* stahlgrau, oft angelaufen.

*Strich:* schwarz mit braunem Schimmer.

*Härte:* 4.

*Spaltbarkeit:* Parallel zu der größten, der Blattfläche, vollkommen. Berman 1939 (155) beobachtete außerdem zwei weitere, mehr oder weniger gute Spaltbarkeiten durch die große Fläche: die eine quer zur Längsrichtung, die andere parallel zur Flächenstreifung.

Das Mineral ist völlig opak. Die Plättchen sind biegsam, aber nicht elastisch.

## 5. Kristallographie

Wegen der auffälligen kristallographischen Eigenschaften ist das meiste schon bei der « allgemeinen Ansprache des Minerals » mitgeteilt. Nach Vermutung Sollys 1904 (132g) war Lengenbachit triklin. Einige weitere Winkelwerte zwischen beobachteten Flächen hatte er 1905 (132i) mitgeteilt, aber der Zusammenhang, in dem die gemessenen Flächen stehen, konnte nicht festgestellt und daher auch die Symmetrie nicht eindeutig ermittelt werden. Nach Röntgenuntersuchungen von Nuffield 1947 (91a) ist Lengenbachit aber monoklin.

Die gleichen Angaben machen Rösch und Hellner 1959 (112) :

$$a_o = 34,8 \quad b_o = 11,4 \quad c_o = 18,4 \text{ Å} \quad \beta = 94^\circ 18' ;$$

hieraus ergibt sich ein Achsenverhältnis von  $a_o : b_o : c_o = 3,05 : 1 : 1,61$ .

*Zwillinge*: Nach Ramdohr (106c) bildet Lengenbachit Zwillinge nach (100) und (601).

*Struktur*: Erste, vorläufige Angaben über die Gitterkonstanten von Lengenbachit gibt Nuffield 1944 (91a<sub>o</sub>) und 1947 (91a+b). Er findet eine Pseudozelle der Dimension :

$$a' = 5,80 \quad b' = 5,745 \quad c' = 18,36 \text{ kX} \quad \beta = 94^\circ 19' \quad Z = 1$$

[6PbS.(Ag, Cu)<sub>2</sub>S.2As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>], welche fast genau mit den Werten des Franckeit übereinstimmt. Lengenbachit hätte damit monokline Symmetrie. Die Gesamtzelle ist erheblich größer und hat  $a_o = 6a'$ , während für Franckeit  $a_o = 8a'$  ist und  $b_o = 2 \cdot b'$  sowie  $c_o = c'$ ,  $Z = 12(?)$

Nach Hellner 1957 (48d) ist der Lengenbachit auf eine relativ einfache Struktur zurückzuführen, wenn man an einer « substructure » im Sinne von Buerger gewisse Parameterabweichungen anbringt (Complementstructure).

Rösch und Hellner geben 1957 (112) die Gitterkonstanten des Lengenbachit wie (91a+b) mit  $a_o = 34,8 \quad b_o = 11,4 \quad c_o = 18,4 \text{ Å} \quad \beta = 94^\circ 18'$  an. Der Zellinhalt soll nach Berry Pb<sub>36</sub>Ag<sub>7</sub> Cu<sub>5</sub>As<sub>24</sub>S<sub>78</sub> sein, was die Formel Hutchinsons (s. w. u. !) in etwa bestätigt.

## 6. Chemismus

Nach der qualitativen Analyse von Hutchinson [in Solly (132g) und 1905 (132i)] ist Lengenbachit ein Sulfarsenit von Blei mit etwas Cu, Ag und Sb.

Die von Hutchinson 1905 (61a<sub>1</sub>) und 1907 (61a<sub>2</sub>) ausgeführte quantitative Analyse ergab aus 3 Teilanalysen (I, II, III) zusammen :

I Pb=57,89 Ag=5,64 Cu=2,36 Fe=0,17 As=13,29 — Sb=0,77

II — — — — As=13,41 S=19,35

III — — — — As=13,52 S=19,32

Pb=57,89 Ag=5,64 Cu=2,36 Fe=0,17 As=13,46 S=19,33 Sb=0,77

Die Analyse wird von Hutchinson als  $7\text{PbS} \cdot 2\text{As}_2\text{S}_3$  gedeutet, wobei ein Teil des Pb durch Ag oder Cu, ein Teil des As durch Sb vertreten werde. Den hohen Fe-Gehalt deutet er auf Pyriteinschlüsse. Für den Fall, daß Ag und Cu stöchiometrisch in die Verbindung mit eingehen, müßte nach Hutchinson die Formel:  $6\text{PbS} \cdot (\text{Ag}, \text{Cu})_2\text{S} \cdot 2\text{As}_2\text{S}_3$  oder der Analyse genauer entsprechend:  $6\text{PbS} \cdot (\frac{3}{5}\text{Ag}, \frac{2}{5}\text{Cu})_2\text{S} \cdot 2\text{As}_2\text{S}_3$  lauten, was einer theoretischen Zusammensetzung von

Pb = 58,07 Ag = 6,03 Cu = 2,38 As = 14,03 S = 19,49

entsprechen würde. Der von Berry mit  $\text{Pb}_{36}\text{Ag}_7\text{Cu}_5\text{As}_{24}\text{S}_{78}$  angegebene Zellinhalt ist fast genau das 6-fache der letztgenannten Formel.

*Referate* in Groth-Mieleitner 1921 (39); Doelter-Leitmeier 1926 (23); Bader 1934 (1); Ferrari und Curti 1934 (28), S. 162; Niggli, Koenigsberger, Parker 1940 (89), S. 565; Dana 1944 (18g).

Hiller stellt in seiner chemischen Systematik der Sulfosalze den Lengenbachit [nach der Angabe Hutchinsons (61a<sub>2</sub>)] zwischen Guitermanit und Jordanit.

Die *Dichte*: beträgt nach Hutchinson 1904 (132g) und 1905 (132i) 5,8. Das Material zu seiner Analyse 1907 (61a<sub>2</sub>) hatte eine Dichte von 5,85.

*Synthese*: Die Synthesevereuche von Rösch und Hellner (112) legen nahe, daß Lengenbachit nicht, wie bisher angenommen, zu den reinen Blei-Arsen-Spießglanzen zu zählen ist. Das Mineral ließ sich nämlich nicht wie die Minerale Sartorit, Baumhauerit, Rathit I und II, Dufrenoysit und Jordanit herstellen. Jedoch erhielten Rösch und Hellner bei einem Versuch von 400°C, 500 atm nach 6 Tagen Lengenbachit-interferenzen auf der Guinier-Aufnahme. Die Mischung war nach der Berry'schen Formel vorgenommen worden. Lengenbachit erwies sich nur in Anwesenheit von Cu<sub>2</sub>S und Ag<sub>2</sub>S als stabil.

## 7. Erzmikroskopie

Untersuchungen an Lengenbachit gehen auf Dan Giusca 1930 (35b) und auf Schneiderhöhn-Ramdohr 1931 (121) zurück. Weitere Angaben in Ramdohr 1950 (106c) und 1960 (106d).

Lengenbachit ist wegen seiner Flexibilität und seiner Blattstruktur äußerst schwer zu polieren. Deshalb wurden nur Spaltflächen untersucht.

Das Reflexionsvermögen ist nicht sehr hoch, die Reflexionsfarbe weiß. Reflexionspleochroismus ist nicht zu erkennen. Das Präparat erscheint unter +Ni fast isotrop; die Anisotropieeffekte sind erst bei Bogenlicht an Zwillingslamellen erkennbar (106c). Die Orientierung der Lamellen konnte nicht bestimmt werden. Über die Stellung des Lengenbachit in den Umwandlungsprozessen des Vorkommens sind von Giusca keine Angaben gemacht worden.

### **8. Vorkommen**

Lengenbachit ist bisher nur vom Lengenbach bekannt und auch dort recht selten.

## **IX. HATCHIT**

### **1. Literatur**

1912 Solly u. Smith (133a <sub>1</sub> ) + (133a <sub>2</sub> )	1944 Dana (18g)
1918 Goldschmidt Atlas Bd. 6 (36b)	1950 Ramdohr (106c)
1921 Groth u. Mieleitner (39)	1954 Klockmann-Ramdohr (71b)
1934 Bader (1)	1954 Seeliger (124)
1938 Hintze (54b)	1957 Hintze (Ergänzungsbd. II, Lief. 7, S. 552) (54c)
1940 Palache u. Fisher (96b) (Gratonit.)	1958 Hellner, Weitz, Rösch (49)
1940 Niggli, Koenigsberger, Parker (89)	1959 Rösch u. Hellner (112) (Gratonit)
1943 Ramdohr (106b)	1958 Hellner (48c)

### **2. Sammlungsregister**

Keine Kristalle in der Sammlung.

### **3. Historisches**

Das Mineral kommt in der Lengenbachfundstelle äußerst selten vor. Wie aus den Originalbeschreibungen hervorgeht, sind bisher nur 5 kleine

Kristalle gefunden worden, wovon der größte nur 0,7 mm lang ist (Solly (133a<sub>2</sub>)). Hatchit ist bisher nur am Lengenbach gefunden worden.

Erste Mitteilungen über Messungen erfolgten 1912 von Solly und Smith (133a<sub>1</sub>) und (133a<sub>2</sub>), obwohl die fünf (wahrscheinlich auf Rathit aufsitzenden) Kristalle bereits 1902 gefunden worden waren. Allgemeine Hinweise hatte Solly auf den Mineralogentagungen in London am 18. Nov. 1902 (132d<sub>2</sub>) gemacht und auf bessere Ausbeute gewartet. Als aber der Steinbruch 1911 aufgelassen wurde, und daher keine Aussicht auf weitere Funde bestand, mußte man das wenige Bekannte auswerten und schloß aus Farbe und Strich auf ein Sulfarsenit, obwohl chemische Analysen fehlten.

Solly bestimmte trikline Symmetrie. Das Mineral erhielt von Solly den Namen Hatchit zu Ehren Dr. F. H. Hatch's, Geologe 1864-1932.

Nach Untersuchungen Ramdohrs 1943 (106b) könnte Hatchit mit Gratonit identisch sein. Gratonit wurde bisher in verschiedenen Lagerstätten nachgewiesen : so z. B. 1939 von Palache und Fisher in Cerro de Pasco/Peru (96b) ; 1942 von Ramdohr in Beuthen/Oberschlesien ; 1954 von Seeliger in Wiesloch/Baden (124). In den beiden letzten Lagerstätten wurden außer Gratonit auch noch weitere der Binnentaler Sulfosalze nachgewiesen. Ein eindeutiger Nachweis der Identität von Gratonit mit Hatchit ist aber (röntgenographisch) noch nicht erbracht.

#### 4. Allgemeine Ansprache des Minerals

*Morphologie*: Die Flächen von Hatchit waren sehr glänzend ; an den beschriebenen Kristallen sind sie jedoch vom Lagern in der Sammlung matter geworden (Solly, 133). Der Habitus des Minerals ist durch Vorherrschen der Formen (100), (010), (001), (110), (111), (111) charakterisiert. Die Kristalle zeigen auffallende Ähnlichkeit mit verzerrten Köpfen der Gratonitkristalle von Beuthen/Oberschlesien (Ramdohr, 106b). Gratonit ist trigonal und hat turmalinähnlichen Habitus.

*Farbe*: Bleigrau.

*Strich*: Schokoladebraun.

#### 5. Kristallographie

Solly (133a<sub>1</sub>) und (133a<sub>2</sub>) beschrieb die Hatchitkristalle als triklin mit einem Achsenverhältnis

$$a : b : c = 0,9787 : 1 : 1,4575 \quad \alpha = 166^\circ 53\frac{1}{2}' \quad \beta = 85^\circ 12' \quad \gamma = 113^\circ 44\frac{1}{2}'$$

Etwa 21 Formen wurden beobachtet, von denen die ersten 6 die wichtigsten sind :

(100), (010), (001), ( $\bar{1}10$ ), ( $1\bar{1}1$ ), ( $11\bar{1}$ ), ( $110$ ), ( $\bar{2}10$ ), ( $\bar{3}20$ ), ( $0\bar{1}2$ ), ( $0\bar{1}1$ ), ( $0\bar{2}1$ ), ( $103$ ), ( $2\bar{2}1$ ), ( $12\bar{1}$ ), ( $2\bar{5}1$ ), ( $25\bar{6}$ ), ( $13\bar{6}$ ), ( $32\bar{1}$ ), ( $\bar{1}11$ ), ( $\bar{1}12$ ).

Die beiden größten Kristalle wurden abgebildet. Anzeichen einer Zwillungsbildung fehlen.

Referate in : Goldschmidt-Atlas Bd. 4, 1918 (36b) ; Groth-Mieleitner 1921 (39) ; Hintze Ergänzungsband 1938 (54b) ; Niggli, Koenigsberger, Parker 1940 (89) ; Dana 1944 (18g).

Ramdohr bespricht 1942 (106a) eine Pseudomorphose von Gratonit ( $Pb_{27}As_{12}S_{45}$  oder  $Pb_{27}As_{12}S_{42}$  ; Gitterkonstanten:  $a_0 = 17,712 \text{ \AA}$ ,  $c_0 = 7,815 \text{ \AA}$  ; Raumgruppe  $C_{2v}^5$ ) nach Jordanit aus den oberschlesischen Bleizinkerzgruben.

In einer folgenden Arbeit schreibt Ramdohr 1943 (106b) über die auffallende Ähnlichkeit des von Solly beschriebenen Hatchit mit verzerrten Kristallen des seit 1940 durch Palache und Fisher (96b) bekannten Gratonits ( $Pb_9As_4S_{15}$  oder  $Pb_9As_4S_{14}$ ). Demnach lassen sich die aus den größten Flächen des Hatchit gebildeten Zonen und die Winkel dieser Zonen mit denen des Gratonit parallelisieren, wobei die Hauptabweichung in den  $\zeta$ -Werten liegt, was (nach Ramdohr) auch auf Meßfehler infolge schlechter Flächenausbildung zurückgeführt werden kann. « Das nur unvollkommen beschriebene trikline Bleiarsensulfosalz Hatchit stimmt mit den Winkeln soweit mit dem trigonalen Gratonit überein, daß die Identität beider wahrscheinlich ist. » Diesbezügliche Anmerkungen wiederholt Ramdohr 1950 (106c, S. 538) und im Lehrbuch 1954 (71b, S. 360).

Wie auch eine neuerliche Bemerkung im « Hintze » (Erg. Bd. II, Lief. 7, S. 552) 1957 (54c) zeigt, sind die Untersuchungen immer noch nicht abgeschlossen.

*Struktur*: Röntgenuntersuchungen an Hatchit sind nicht erfolgt, während die Struktur des Gratonit und seine Stellung zu den anderen Sulfosalzen bereits geklärt ist (Hellner, Weitz, Rösch (49)).

## 6. Chemismus und Vorkommen

Chemische Analysen fehlen.

Die Synthese von Gratonit gelang nicht unter den für die anderen Sulfosalze angesetzten hydrothermalen Bedingungen (Rösch und Hell-

ner (112). Auch der Stabilitätsbereich von Gratonit konnte noch nicht ermittelt werden.

## X. HUTCHINSONIT

### 1. Literatur

1903 Solly (132j)	1931 Schneiderhöhn u. Ramdohr (121)
1903 Solly (132f <sub>1</sub> )	1934 Huttenlocher (62a=b)
1904 Köchlin (72)	1934 Bader (1)
1905 Prior u. Smith (128b)	1940 Hiller (53)
1905 Solly (132 i)	1940 Niggli, Koenigsberger, Parker (89)
1905 (103a+c)	1944 Dana (18g)
1907 Smith u. Prior (128a <sub>2</sub> )	1947 (Nuffield (91c)
1909 Desbuissous (21b)	1950 Ramdohr (106c)
1918 Goldschmidt Atlas Bd. 6 (36b)	1954 Klockmann u. Ramdohr (71b)
1921 Groth u. Mieleitner (39)	1954 Seeliger (124)
1921 Larsen (80)	1957 V. Ross (114)
1922 Klockmann (71)	1958 Hellner, Weitz, Rösch (49)
1926 Doelter u. Leitmeier (23)	1960 H. Strunz (160)
1929 Dan Giusca (35a)	1960 Ramdohr (106d)
1930 Dan Giusca (35b)	

### 2. Sammlungsregister

B 614 (f).

### 3. Historisches

Erste Mitteilungen über dieses Mineral wurden von Solly in einem Vortrag im Oktober 1903 in Cambridge (132j) gemacht. Er benannte es zu Ehren Dr. Hutchinson's, Prof. für Mineralogie in Cambridge (1866-1937).

Das Mineral ist rhombisch. Messungen der Winkel und Formen gehen auf Solly, sowie Prior und Smith zurück. Prior brachte auch die quantitative Analyse 1907 (128a<sub>2</sub>). Demnach ist Hutchinsonit ein Doppel-salz der Zusammensetzung  $(\text{Tl}, \text{Cu}, \text{Ag})_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3 + \text{PbS} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$ . Da auch die Drehkristalluntersuchungen von Nuffield 1947 (91c) ein Achsenverhältnis gaben, das fast genau mit den kristallographisch gemessenen Werten übereinstimmt, ist die Geschichte dieses Minerals selten unkompliziert verlaufen.

#### 4. Allgemeine Ansprache des Minerals

*Morphologie:* Die Kristalle sind blutrot, jedoch von Realgar in der Farbe wie im Strich verschieden.

Nach Solly 1905 (132i) sind die Kristalle von Hutchinsonit meist rhombische Prismen, die in der Richtung der c-Achse gestreckt und wegen groß ausgebildeter Flächen der Form  $\langle 140 \rangle_{\text{sm}}$  abgeflacht entwickelt sind. Außer den zahlreichen Prismenflächen sind Domen- und Pyramidenflächen reichlich entwickelt. Die Flächen der Form

$$\langle 180 \rangle_{\text{so}} = \langle 140 \rangle_{\text{Smith}}$$

sind stets groß entwickelt und kommen häufig vor.

Der Hutchinsonit kommt einmal in gut entwickelten Kristallen in Hohlräumen des Dolomit vor (132i), und zwar (128a) meist in radialstrahligen Aggregaten kleinerer Nadeln ( $1 \times 0,1$  mm), die sich wegen der geringen Größe der Flächen goniometrisch nicht vermessen lassen. Diese strahligen Aggregate geben insofern der Untersuchung Rätsel auf, als sie bei gleicher morphologischer Ausbildung und vorherrschend entwickelter Form  $\langle 140 \rangle$  zwei sich in der Farbe unterscheidende Gruppen bilden, deren eine hellrote Farbe hat und zinnoberroten Strich liefert, während die andere im Gegensatz dazu eine braunrote Farbe und dunkel-kirscharten Strich gibt. Beiden Typen würde auch eine unterschiedliche chemische Zusammensetzung zukommen; Prior (128a<sub>2</sub>) und Bader (1).

Sodann finden sich dickere Kristalle ( $0,4 \text{ mm} \times 0,2 \text{ mm}$ ) aufgewachsen auf Sartorit und Rathit.

In diesem Fall lassen sich nach Solly (132i), S. 72, zwei Ausbildungsarten unterscheiden :

- a) Kleine, dunkelrote Prismen, die orientiert auf den Prismenflächen von Sartorit und Rathit aufgewachsen sind, und zwar so, daß die Prismenkanten von Hutchinsonit mit denen von Sartorit und Rathit parallel liegen (Prior und Smith (128a<sub>2</sub>)).
- b) Etwas kleinere, dicke, lichtrote Kristalle, die die Endflächen der Trägerkristalle ungeordnet ummanteln.

In gleicher Weise, aber viel kleiner, findet man Hutchinsonit unregelmäßig auf Smithit aufgewachsen. Weil und wo Hutchinsonit die anderen Mineralien mit einer Kruste überzieht, kann man ihn schlecht sauber abtrennen, sodaß er oft völlig opak zu sein scheint (Smith (128a<sub>2</sub>),

S. 285). Hutchinsonit kommt auch mit Blende, Pyrit, Realgar und Auripigment gemengt vor.

Entwicklung der Zonen : An den Kristallen lassen sich drei besonders flächenreiche Zonen hervorheben (Angaben nach Smith) :

- a) Die Prismenzone [001], in der besonders die Formen  $\langle 100 \rangle$ ,  $\langle 320 \rangle$ ,  $\langle 110 \rangle$ ,  $\langle 340 \rangle$ ,  $\langle 120 \rangle$  und vor allem  $\langle 140 \rangle$  gut entwickelt sind.  $\langle 010 \rangle$  kommt oft vor, ist aber schmal entwickelt.
- b) Die Domenzone [010] mit  $\langle 301 \rangle$ ,  $\langle 201 \rangle$  und  $\langle 101 \rangle$ .
- c) In der vorherrschenden Pyramidenzone [011] bilden  $\langle 211 \rangle$ ,  $\langle 322 \rangle$ ,  $\langle 111 \rangle$  und  $\langle 122 \rangle$  die größten Flächen.

Daneben ist [012] gut entwickelt mit Vorherrschen der Flächen von  $\langle 342 \rangle$ ,  $\langle 121 \rangle$  und  $\langle 142 \rangle$ .

Glanz : diamantartig.

Farbe : Rot bis grauschwarz : Solly (132i) ; das Rot ist manchmal heller, manchmal dunkler in der Schattierung. Es liegt in den Grenzen scharlach- bzw. zinnoberrot bis dunkelkirschrot. Die Kristalle sind transparent bis opak (siehe oben !).

Härte :  $1\frac{1}{2}$  bis 2.

Strich : zinnoberrot bis kirschrot.

Spaltbarkeit nach  $(100)_{\text{Sm}}$  gut, aber nicht zu vergleichen mit der ausgezeichneten Spaltbarkeit des Smithit in dieser Richtung. Bruch muschelig.

Optischer Charakter : Da das Mineral in manchen Kristallen transparent ist, lassen sich seine optischen Eigenschaften bestimmen. Erste Untersuchungen wurden von Smith und Prior 1907 (128a<sub>2</sub>), S. 290, mitgeteilt : Alles Licht mit kürzerer Wellenlänge als gelb wird absorbiert. Pleochroismus ist vorhanden, aber sehr schwach und nur an der Änderung der Intensität erkennbar.

Hutchinsonit ist stark anisotrop. Die optische Achsenebene ist parallel zu  $(100)_{\text{Smith}}$ , die spitze Bisektrix senkrecht zu  $(010)_{\text{Smith}}$ , das Mineral ist optisch negativ. Der optische Achsenwinkel wurde im Rot (C-Linie) zu  $2V = 19^\circ 44'$ , im Gelben (D) zu  $2V = 37^\circ 34'$  ermittelt.

Die optischen Konstanten werden (128a<sub>2</sub>) von ihnen wie folgt angegeben :

Richtung des einfallenden Lichtes senkrecht zu :	Brechungsindex	$\text{Li}_C$	$\text{Na}_D$
$(100)$ Smith	$n_\beta$	3,063	3,176
$(010)$ Smith	$n_\alpha$	2,779	3,078
$(001)$ Smith	$n_\gamma$	3,073	3,188

Die Dispersion besonders für  $n_\alpha$  ist sehr groß. – Smith bemerkt, daß die Werte nur wenig höher sind als die entsprechenden optischen Konstanten beim Proustit.

Referate in : Larsen 1921 (80) S. 278 ; Doelter-Leitmeier 1926 (23) ; Bader 1934 (1) ; Dana 1944 (18g).

### 5. Kristallographie

Das zuerst von Solly beschriebene und benannte Mineral (132j) wurde von Prior und Smith 1905 (128b) kristallographisch näher untersucht und von ihnen rhombische Symmetrie und ein Achsenverhältnis von  $a : b : c = 1,6356 : 1 : 0,7540$  bestimmt. Vorherrschende Form ist  $\langle 140 \rangle_{\text{Sm}}$ . Nach Berücksichtigung neuer Meßwerte teilt Solly 1905 (132i) ein anderes Achsenverhältnis mit, nämlich :

$$a : b : c = 0,8175 : 1 : 0,7549 ;$$

und bringt eine Liste von 26 Formen.

Weitere eingehende kristallographische Untersuchungen werden von Prior und Smith 1907 (128a<sub>2</sub>) veröffentlicht. Sie halten aber, im Unterschied zu Solly, das von ihnen früher angegebene (jetzt korrigierte) Achsenverhältnis von  $a : b : c = 1,643 : 1 : 0,7549$  bei, da sich damit manche Flächenindices vereinfachen ; Transformation (36b) : pq Solly = 2pq Smith. Solly (111) → (211) Smith, oder allgemein : Solly (hkl) → (2h k l) Smith. Vier Abbildungen veranschaulichen die kristallographischen Verhältnisse. Da die strahligen Aggregate nicht goniometrisch vermeßbar sind, stammen alle vier Abbildungen von Kristallen, die aufgewachsen waren. Von den 42 aufgezählten Formen waren 24 vorher durch Solly bekannt gewesen. Zwei Formen Sollys wurden nicht wieder wahrgenommen.

Referate in : Desbuissons 1909 (21b), S. 118 ; Goldschmidt-Atlas Bd. 4 (36b), S. 181 mit dem Achsenverhältnis von Smith und der Transformation nach Solly, 45 Formen werden genannt, wovon 26 auf Solly zurückgehen, und alle 4 Abbildungen von Smith (128a<sub>2</sub>) 1907 wiedergegeben ; Groth-Mieleitner 1921 (39) mit Sollys Achsenverhältnis ; Doelter-Leitmeier 1926 (23) nach Solly, jedoch mit Hinweis auf die Transformation nach Smith. Dan Giusca 1930 (35b) mit dem Achsenverhältnis von Solly ; Bader 1934 (1) nach Smith.

Dana 1944 (18g) bezieht sich auf das Achsenverhältnis von Smith (128a), wählt jedoch eine andere Aufstellung :

$$\text{Transformation Smith} \rightarrow \text{Dana} : 010 / 100 / 001.$$

Das transformierte Achsenverhältnis wird damit zu :  
 $a:b:c = 0,6119 : 1 : 0,4619$ . Die Transformation Solly → Dana würde 010 / 200 / 001 lauten.

*Zwillinge*: Seeliger 1954 (124), S. 167 vermutet Zwillingsbildung nach  $(3\ 10\ 0)_{Nu}$ . In allen vorherigen Originalbeschreibungen wird betont, daß Zwillingsbildung nicht beobachtet wurde.

*Struktur*: Durch Drehkristallaufnahmen an Kristallnadeln wurde von Nuffield 1947 (91c) aus den Gitterkonstanten

$a_o = 10,78$   $b_o = 35,28$   $c_o = 8,14$  kX (Raumgruppe  $D_{24}^{15}$ ,  $Z = 4$ ) ein Achsenverhältnis von  $a_o : b_o : c_o = 0,3055 : 1 : 0,2307$  berechnet, welches mit dem Smith'schen Verhältnis nach der Dana'schen Aufstellung fast genau übereinstimmt, wenn man bei Nuffield den a-Wert und den c-Wert verdoppelt.

*Wiesloch*: Seeliger beschreibt 1954 (124) von dieser Lagerstätte Hutchinsonit, der nicht nennenswert flächenreicher als Binnentaler Hutchinsonit ist. Er legt das von Nuffield gefundene Achsenverhältnis seinen Flächenangaben zugrunde und findet neun neue Formen. Weisenbergaufnahmen bestätigen die Nuffield'schen Angaben.

Bei stets nach c-nadeliger Ausbildung der Kristalle unterscheidet Seeliger drei Gruppen :

- 1) nach  $(010)_{Nu}$  linealartig abgeplatteter Typ ;
- 2) nach  $(100)_{Nu}$  linealartig abgeflachter, relativ selten vorkommender Typ ;
- 3) Stets flächenreich ausgebildeter, pseudotetragonal-prismatischer Typ, sehr häufig.

## 6. Chemismus

In der ersten Mitteilung 1903 (132j) hatte Solly mitgeteilt, daß von Hutchinson qualitativ As, S und mit Vorbehalt Pb gefunden worden sei.

Diese Annahme zieht Solly 1905 (132i) in Zweifel, da das Mineral zu intim mit Sartorit und Rathit verwachsen sei und bestätigende Analysen nicht gemacht worden seien.

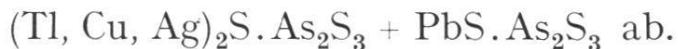
Prior fand 1905 (128a<sub>2</sub>) in zwei quantitativen Analysen :

	I	II
Ag	= 9,0	2,0
Tl	= 25,0	18,0
Pb	= 12,0	16,0

	I	II
Cu =	—	3,0
Fe =	—	0,5
As =	30,5	29,5
Sb =	—	2,0
S =	26,0	26,5
Summe	103,0	97,5
spez. Gew.	4,6 - 4,7	4,6

Die Analysen geben nur angenäherte Werte, da zu wenig Analysenmaterial zur Verfügung stand. Analyse I wurde an 18 mg der transparenten, heller roten Varietät mit scharlachrotem Strich durchgeführt (Kristalle mit teilweise vermessenen Winkeln). Die zweite Analyse wurde an 66 mg eines dunkelkirscharten bis braunroten nadeligen Aggregates von dunkelkirschartem Strich durchgeführt. Mit der Lupe wurden Pyrit- und schwarze Mineraleinschlüsse entfernt.

Aus den Analysenwerten leitet Prior die Formel



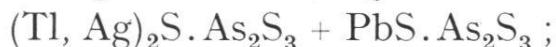
Der hohe Tl-Gehalt von 20% der Substanz ist bemerkenswert (siehe auch (103a) und (103c) (128a<sub>2</sub>)).

Referate: Groth-Mieleitner 1921 (39) schreiben die Formel



und stellen das Mineral zusammen mit Andorit Ag Pb (Sb S<sub>2</sub>)<sub>3</sub> in ihre zweite Gruppe der Sulfosalze mit dem Verhältnis As S : R<sub>2</sub>S = 1 : 1, zumal beide Mineralien ähnliche Symmetrie- und Achsenverhältnisse haben.

Doelter-Leitmeier 1926 (23), S. 378 schreiben wegen der Nicht-Vertretbarkeit der Komponenten Tl, Ag und Pb wieder :



die kleine Menge Cu könne man nicht unbedingt in die Formel aufnehmen. Klockmann 1922 (71) und Dan Giusca 1930 (35b b) nach Doelter-Leitmeier.— Bader 1934 (1) weist auf die deutliche Differenz der beiden Prior'schen Analysen hin : Die Analyse vom Typ I enthalte mehr Ag, die Analyse vom Typ II dagegen mehr Cu, Tl und Pb. Bader berechnet die Formel zu 6 (Pb, Tl, Ag, Cu) S.5As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, da die Molzahlen der beiden Analysen fast identisch werden, wenn man Pb, Tl, Ag und Cu zusammenfaßt. — Hiller 1940 (53) gibt die chemische Formel nach Doelter, das Achsenverhältnis nach Solly an und stellt das Mineral in seiner Systematik zu den « Mineralien mit unbekanntem Gittertyp ». Niggli, Koenigsberger, Parker 1940 (89) referieren nach

Prior (106c). Sie geben auf S. 565 die aus den beiden Analysen Priors sich ergebenden Grenzwerte für die einzelnen chemischen Komponenten an. Dana 1944 (18g) gibt die Formel  $(\text{Pb}, \text{Tl})_2 (\text{Cu}, \text{Ag}) \text{As}_5 \text{S}_{10}$  an. Durch Drehkristallaufnahmen fand Nuffield 1947 (91c), daß die Zelle 4 Einheiten von  $4(\text{Tl}, \text{Pb})\text{S} \cdot (\text{Cu}, \text{Ag})_2 \text{S} \cdot 5\text{As}_2\text{S}_3$  enthalten müsse<sup>1</sup>.

*Spezifisches Gewicht*: Prior fand 1907 (128a<sub>2</sub>) das spez. Gew. von 4,6 - 4,7. Von Nuffield 1947 (91c) berechnet : 5,18.

## 7. Erzmikroskopie

Erste erzmikroskopische Untersuchungen gehen auf Dan Giusca 1929/30 (35a+b) und Schneiderhöhn-Ramdohr 1931 (121) zurück. Zusammenfassung der Befunde in Ramdohr 1950 (106c), S. 520 und 1960 (106d) mit einer Anschliffabbildung.

Trotz seiner geringen Härte läßt sich Hutchinsonit gut polieren. Das Mineral ist von Natriumhypochlorit leicht lösbar ; es werden daher nur sehr verdünnte Lösungen benutzt, um den Anschliff anzuätzen. Die Ätzbarkeit ist stark richtungsabhängig.

Das Reflexionsvermögen ist niedriger als das der anderen Sulfarsenite, im Vergleich zu denen er deutlich grau, im Vergleich mit Bleiglanz licht blaugrau, erscheint. (Bestimmungsmerkmal!).

Der Reflexionspleochroismus ist deutlich.

Die Anisotropieeffekte sind stark. Bei +Ni erscheinen violette, grüne, tiefblaue Polarisationsfarben. (Bestimmungsmerkmal!).

Innenreflexe treten massenhaft auf und haben stark karminrote Farbe. Sie übertönen manchmal die Polarisationsfarben. (Bestimmungsmerkmal!). Zwillingsbildung und Zonenbau wurden nicht beobachtet.

Nach Giusca werden fast alle anderen Sulfosalze durch Hutchinsonit verdrängt. Er bildet auf diesen Mineralien Krusten, wie schon Prior und Smith (128a<sub>2</sub>) S. 285 beobachtet hatten.

Giusca schreibt, daß sich an der Grenze zwischen Sulfarsenit und Dolomit oft eine schmale Hutchinsonitzone befindet, von der aus blättrige Aggregate bis idiomastische Kristalle spießförmig in die anderen Mineralien eindringen. Hutchinsonit füllt auch feine Risse in Baumhauerit. In diesem Sinne erwähnte schon Prior 1907 (128a<sub>2</sub>), daß in

<sup>1</sup> Also  $4 \cdot (\text{Tl}, \text{Pb})_4 (\text{Cu}, \text{Ag})_2 \text{As}_{10} \text{S}_{20}$  und nicht  $4 \cdot (\text{Tl}, \text{Pb}) (\text{Cu}, \text{Ag})_2 \text{As}_{10} \text{S}_{17}$ , wie öfter zitiert !

seinem Analysenmaterial neben Pyrit kleine nadelartige Einschlüsse eines schwarzen Minerals mit schwarzem oder schokoladebraunem Strich mit der Lupe erkennbar gewesen seien.

Untersuchungen an Wieslocher Hutchinsonit wurden von Seeliger 1954 (124) durchgeführt. Er kann die von Giusca und Ramdohr gemachten Aussagen über Hutchinsonit bestätigen. In der Wieslocher Lagerstätte ist Hutchinsonit praktisch nur mit « Smithit » zu verwechseln. Der Hutchinsonit bildet hier meist radialstrahlige Aggregate nahe der natürlichen Oberfläche in der Schalenblende, wo er in drei Generationen beobachtet wird (Hutchinsonitsonnen). Weiter finden sich dünn-nadelige Kristalle in Calcit, sowie in Gelpyrit.

Auf Grund der charakteristischen Bestimmungsmerkmale ist Hutchinsonit im Anschliff leicht von den anderen Sulfarseniten abzutrennen.

## 8. Vorkommen außerhalb des Binnentales

Hutchinsonit ist bisher nur aus zwei Lagerstätten bekannt : Erstens vom Lengenbach und zweitens von der Pb-Zn Grube « Segen Gottes » bei Wiesloch (Seeliger 1954 (124)), wo er neben Gratonit und « Smithit » sowie Jordanit, ferner Auripigment und Bleiglanz in grobkörnigem Kalkstein auftritt, der nach Seeliger « sekundäre Ausfüllung älteren Karstes » ist (S. 163).

Beide Hutchinsonitvorkommen, Wiesloch und Binnental, sind nach Seeliger unter vergleichbaren Bedingungen entstanden. In beiden Vorkommen ist Hutchinsonit jüngste Bildung einer in Richtung zu As-, Ag- und Tl-reicherer Gliedern verlaufenden Umwandlung (spektralanalytisch von Seeliger nachgewiesen).

Bei der Umwandlung der Erze aus den Gänsbergbohrungen trennen sich die Ag-Gehalte, die Schalenblende wird Ag-arm, und die frei werdenden Ag-, As- und Tl-Lösungen kristallisieren als teilweise selbständige Bildungen. Auf diese Weise entsteht auch haarförmiger Hutchinsonit in jungen Calciten oder Gelpyriten. Im weiteren Umwandlungsprozeß wird Hutchinsonit wieder gelöst, währenddessen Jordanit in Richtung Bleiglanz abgebaut wird.

## XI. TRECHMANNIT

### 1. Literatur

1897 Sommerlad (135)	1922 Klockmann (71)
1903 Solly (132f <sub>1</sub> )	1923 Goldschmidt Atlas Bd. 9 (36b)
1904 Köchlin (72)	1926 Doelter - Leitmeier (23)
1905 Prior u. Smith (128 l) (103b)	1934 Bader (1)
1905 Solly (132 i)	1938 Hintze (54b)
1905 Solly (132m <sub>1</sub> )	1940 Hiller (53)
1906 Solly (132m <sub>2</sub> )	1940 Niggli, Koenigsberger, Parker (89)
1906 Solly (132n)	1944 Dana (18g)
1907 Smith u. Prior (128a/)	1946 Beland u. Peacock (7)
1909 Desbuissous (21b)	1954 Klockmann u. Ramdohr (71b)
1911 Solly (132r <sub>1</sub> )	1957 V. Ross (114)
1919 Solly (132w)	1958 Hellner, Weitz, Rösch (49)
1921 Groth u. Meileitner (39)	1960 H. Strunz (160)
1921 Larsen (80)	

### 2. Sammlungsregister

B 453 (f); B 768 (f).

### 3. Historisches

Erste Mitteilungen über den Fund dieses bislang unbekannten, äußerst seltenen Minerals im Binnentaler Dolomit stammen von Solly 1903 (132f<sub>1</sub>), wo er es (ohne Analyse !) als Pb, As, S-Verbindung beschreibt ; rot durchscheinend und mit zinnoberrotem Strich. Er nennt das Mineral Trechmannit, zu Ehren Dr. C. O. Trechmanns (1851-1917), der sich lange mit dem Studium der Binnentaler Mineralien beschäftigt hat. Zur Unterscheidung des Minerals von anderen « Rotmineralien » (Realgar) wurden zunächst die andere Farbtönung und die von Realgar verschiedene Strichfarbe herangezogen.

Der von Koechlin als Trechmannit angesprochene « noch nicht beschriebene Kristall » in der Wiener Sammlung 1904 (72) soll nach Dana (18g) kein Trechmannit sein. – Es folgt die Klärung der kristallographischen Verhältnisse durch Solly, sowie Smith und Prior.

1911 beschreibt Solly (132r<sub>1</sub>) ein Mineral, welches dem Trechmannit zwar kristallographisch gleicht, auch derselben Symmetrieklasse angehört, jedoch abweichende Winkelwerte zeigt. Er nennt es  $\alpha$ -Trechmannit.

Syntheseversuche von Sommerlad 1897 (135) auf trockenem Wege führten zu zwei in der Natur seinerzeit noch nicht bekannten Mineralien der Verbindung  $\text{AgAsS}_2$  bzw.  $\text{Ag}_4\text{As}_2\text{S}_5$ . Ob eine der beiden Verbindungen dem Trechmannit entspricht, ließe sich erst entscheiden, wenn von Trechmannit quantitative Analysen vorliegen.

#### 4. Allgemeine Ansprache des Minerals

*Morphologie:* Die von Solly 1905 (132i) und Smith (128a<sub>2</sub>, Krist. 3) beschriebenen Individuen zeigen ein hexagonales Prisma mit einigen kleinen Pyramiden- und Rhomboederflächen. Zuweilen sind jedoch die Kristalle so verzerrt, daß die Prismenzone keineswegs mehr als die wichtigste Zone erscheint ; (128a<sub>2</sub>), S. 302.

Die Flächen der Kristalle, die man bisher nur in Längen unter 1 mm beobachtet hat, haben Diamantglanz, sind jedoch zuweilen auch matt ; die Trübung erfaßt meist nur bestimmte Teile des Kristalls, besonders die Flächen :  $(0001)_{\text{Sm}}$   $(10\bar{1}2)_{\text{Sm}}$ ,  $(10\bar{1}1)_{\text{Sm}}$ ,  $(11\bar{2}3)_{\text{Sm}}$  und  $(23\bar{5}4)_{\text{Sm}}$ .

Die Zone  $[a \ z \ x \ s \ n]_{\text{Sm}} = [11\bar{2}0, 24\bar{6}1, 13\bar{4}1, 20\bar{2}1, 14\bar{5}3]_{\text{Sm}}$  ist stets vorherrschend, und die Rhomboederfläche  $x = (13\bar{4}1)$  ist eine der wichtigsten. Die Flächen  $\langle 13\bar{4}1 \rangle_{\text{Sm}}$  können parallel zu der Schnittkante mit Flächen anderer anstoßender Formen gestreift sein, also z. B. parallel  $(13\bar{4}1) : (10\bar{1}0)_{\text{Sm}}$ .

An einem anderen Kristall fanden sich die Flächen  $a = (11\bar{2}0)_{\text{Sm}}$  parallel zu der Hauptzone  $[azxs_n]_{\text{Sm}}$  gestreift, was, zusammen mit der Ausbildung der Flächen über und unter der Prismenzone, auf rhomboedrisch-diploedrische Symmetrie schließen läßt (Smith, 128a). Das Mineral hätte damit gleiche Symmetrie wie Ilmenit und Phenakit. Auch Streifung der Fläche  $a$  parallel der Prismenkante wurde beobachtet ((128a<sub>2</sub>) Krist. 5).

Merkwürdigerweise sitzt Trechmannit meist auf Binnit auf, und an diesem Merkmal läßt sich das Mineral mit Sicherheit von Hutchinsonit unterscheiden. Bei losen Kristallen sind zur Unterscheidung beider Mineralien eine große Zahl von Messungen nötig.

In weniger häufigen Fällen ist Trechmannit auf Baumhauerit, Pyrit (128a, S. 302), Seligmannit, Blende oder Fuchsit aufgewachsen.

*Farbe:* Scharlachrot bis Zinnoberrot (128a<sub>2</sub>), purpurrot, etwas dunkler als Hutchinsonit. Das Mineral ist durchsichtig bis durchscheinend.

*Strich*: Scharlachrot bis Zinnoberrot.

*Härte*:  $1\frac{1}{2}$  bis 2 (Smith und Prior, 128a<sub>2</sub>). Trechmannit ähnelt also in Farbe und Härte Hutchinsonit und Smithit.

*Spaltbarkeit*: Senkrecht zur Prismenzone, also parallel (0001)<sub>sm</sub> deutlich (Solly, 132i). Eine zweite Spaltbarkeit parallel (1011)<sub>sm</sub> ist gut (128a). Der Bruch ist muschelig.

*Optik*: Nach Untersuchungen von Smith und Prior (128a<sub>2</sub>) 1907 lässt Trechmannit, wie Hutchinsonit und Smithit, nur das rote Ende des Spektrums durch. Der Pleochroismus ist schwach. Die Doppelbrechung ist sehr hoch und negativ. Das Mineral ist, wie aus der Symmetrie zu erwarten, optisch einachsig. Der Glanz ist diamantartig.

Weitere optische Untersuchungen werden von Larson 1921 (80), S. 144 veröffentlicht. Beim Erhitzen des Trechmannit in einer S-Schmelze geht er in eine zweiachsige Substanz über, die gegebenenfalls Smithit ist.

Referat in : Doelter-Leitmeier 1926 (23) und Bader 1934 (1).

## 5. Kristallographie

Nach ersten kristallographischen Untersuchungen von Smith und Prior 1905 (128b) ist Trechmannit rhomboedrisch mit einem Achsenverhältnis  $a : c = 1 : 0,7265$  bei gleicher Symmetrie wie die des Quarzes (siehe auch 103b).

Eine weitere Beschreibung gibt Solly 1905 (132i). Seine Kristalle saßen auf Baumhauerit und Binnit auf. Er bestätigt die Symmetrie, modifiziert aber das Achsenverhältnis zu

$$a : c = 1 : 0,6556 \quad (111) : (100) = 37^\circ 7 \frac{1}{2}'.$$

Acht Formen werden aufgeführt.

Von einem weiteren Trechmannit, mit « asymmetrischer Hemiedrie » auf einem Binnitkristall aufsitzend, spricht Solly 1905 (132m<sub>1</sub>) und 1906 (132m<sub>2</sub>). Er weist auf die von Smith schon früher erwähnte trapezoedrische Hemiedrie hin.

Unter den im Jahre 1906 gefundenen Mineralien sollen nach der Beschreibung Sollys 1906 (132n) auch schöne Kristalle von Trechmannit gewesen sein.

Eingehende Messungen sind Smith und Prior 1907 (128a<sub>2</sub>) zu verdanken. Vier Abbildungen skizzieren die kristallographischen Verhältnisse. Das von ihnen berechnete Achsenverhältnis ist

$$a : c = 1 : 0,6530, \quad (100) : (111) = 37^\circ 1'.$$

Nach dieser neuen Ermittlung ist die Symmetrie rhomboedrisch paramorph und nicht, wie vorher angenommen, trapezoedrisch. 30 Formen werden aufgeführt, von denen 7 bereits durch Solly bekannt waren. Die eine der von Solly beobachteten Formen kann an den fünf untersuchten Kristallen nicht wiedergefunden werden. Die Umrechnung der Millerschen Flächensymbole in die Bravais'schen ist nicht immer einheitlich durchgeführt worden. Goldschmidt bringt deshalb in seinem Atlas Bd. 9 (36b) Korrekturen an. Es bleiben aber noch Unstimmigkeiten.

*Referate:* Desbuissons 1909 (21b); Goldschmidt Atlas Bd. 9 (36b) bringt das Achsenverhältnis nach Solly (132i) und alle vier Figuren von Smith und Prior (128a<sub>2</sub>); Doelter-Leitmeier 1926 (23) nach Smith und Prior (128a<sub>2</sub>); Bader 1934 (1); Hintze 1938 (54b); Niggli, Koenigsberger, Parker 1940 (89); Dana 1944 (18g); Klockmann-Ramdohr 1954 (71b).

$\alpha$ -Trechmannit: 1911 beschreibt Solly (132r<sub>1</sub>) ein Mineral, welches dem Trechmannit zwar gleicht, aber andere Winkelwerte erkennen lässt. Bei gleicher Symmetrieklasse – rhomboedrisch-paramorph – misst er hier (111) : (100) = 38°18',  $a:c = 1:0,6839$ , während der entsprechende Winkel bei Trechmannit 37°7'<sub>2</sub>' zeigt. Solly hält das Mineral für möglicherweise isomorph mit Trechmannit und nennt es daher, obwohl die Farbe zum Unterschied zum Trechmannit bleigrau und das Mineral opak ist,  $\alpha$ -Trechmannit.

Eine nähere Beschreibung des merkwürdigen  $\alpha$ -Trechmannits veröffentlicht Solly 1919 (132w); die drei kleinen, schrotkorngroßen, runden Kristalle saßen auf einem prismatischen Sartorit auf.

Bei gleicher Aufstellung wie bei Prior und Smith wurden 21 Formen gemessen, die bis auf 6 auch am Trechmannit beobachtet worden waren. Die Umrechnung der Miller'schen Flächensymbole, die mit den von Smith angeführten übereinstimmen, erfolgte in korrekter Weise über die Bravais'sche Symbolik in die Groth'sche Schreibweise. Ausbildung der Flächen: Wie bei Trechmannit sind die Flächen (100) und ( $\bar{1}01$ ) gut entwickelt. Die Hemiedrie zeigt sich an der Entwicklung der Zonen: [010 : 001], [110 : 001] und der Prismenzone.

Die Spaltbarkeit ist gut nach (0001). Möglicherweise ist noch eine zweite Spaltbarkeit parallel (10 $\bar{1}$ 1) vorhanden. Die Güte der Spaltbarkeit ist also umgekehrt wie beim Trechmannit.

Da im Unterschied zum Trechmannit die Farbe des Minerals relativ dunkel ist (die Strichfarbe ist schokoladenbraun) hält Solly den  $\alpha$ -Trechmannit für die dem Trechmannit entsprechende Blei-Verbindung. Qualitative und quantitative Analysen fehlen.

Referate in : Desbuissous 1909, S. 66 nach priv. Mitt. von Solly ; Doelter-Leitmeier 1926 (23) ; Bader 1934 (1) ; Hintze 1938 (54b).

*Die Struktur* von Trechmannit und  $\alpha$ -Trechmannit ist noch unbekannt. Röntgenuntersuchungen von Béland und Peacock an einem angeblichen Trechmannit ergaben genau dieselben Gitterkonstanten wie die von ihnen synthetisch hergestellten Smithitkristalle, was sie aber nicht als Beweis für die Nichtexistenz des Trechmannit aufgefaßt haben wollen. Rösch, Hellner, Weitz (49) 1958 führen das Mineral unter den Mineralien mit unbekannten Strukturen auf.

## 6. Chemismus

Nach den ersten Vermutungen von Solly 1903 (132f<sub>1</sub>) sollte Trechmannit eine Pb-As-S-Verbindung sein. Eine qualitative Analyse von Prior 1907 (128a<sub>2</sub>) wies aber Ag und As nach, bei Abwesenheit von Tl. Prior vermutet deshalb, daß Trechmannit ein Sulfarsenit des Silbers sei.

Groth-Mieleitner 1921 (39), führen das Mineral unter den chemisch unbekannten Mineralien als vermutliches Silbersulfantimoniat auf. In Klockmann 1922 (71) ist Trechmannit als  $\text{AgAsS}_2$  beschrieben. Er teilt damit die Meinung von E. T. Wherry und W. F. Foshag, nach denen Trechmannit (hexagonal-rhomboedrisch-paramorph) die Zusammensetzung  $\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$  hat. Doelter-Leitmeier 1926 (23) schließt sich dieser Auffassung an. Ohne Angabe einer Formel referieren im Sinne Priors (128a<sub>2</sub>) : Bader 1934 (1) ; Hintze 1938 (54b) ; Dana 1944 (18g) ; Hiller 1940 (53) stellt den Trechmannit in seiner Systematik als  $\text{AgAsS}_2$  in die Gruppe der Mineralien mit unbekanntem Gittertyp. Auch in Klockmann-Ramdohr 1954 (71b) ist Trechmannit als  $\text{AgAsS}_2$  angegeben. Von Rösch, Weitz, Hellner 1958 wird die Formel nur mit Vorbehalt angeführt (49).

## 7. Erzmikroskopie

Ohne Angaben.

### 8. Vorkommen

Trechmannit und  $\alpha$ -Trechmannit wurden bisher nur in Binnentaler Dolomit beobachtet.

## XII. SMITHIT

### 1. Literatur

1897 Sommerlad (135)	1935 Hofmann (55)
1903 Solly (132f <sub>1</sub> )	1938 Hintze (54b)
1905 Prior u. Smith (128e) (103b)	1940 Hiller (53)
1905 Solly (132 i)	1940 Niggli, Koenigsberger, Parker (89)
1905 Prior (103d)	1944 Dana (18g)
1907 Smith u. Prior (128a <sub>2</sub> )	1946 Béland u. Peacock (7)
1909 Desbuissous (21b)	1948 Béland (8)
1912 Jäger u. Kloster (64)	1954 Klockmann u. Ramdohr (71b)
1921 Groth u. Mieleitner (39)	1954 Seeliger (124)
1921 Larsen (80)	1957 V. Ross (114)
1922 Klockmann (71)	1958 Hellner, Weitz, Rösch (49)
1923 Goldschmidt Atlas Bd. 8 (36b)	1960 H. Strunz (160)
1926 Doelter u. Leitmeier (23)	1960 Ramdohr (106d)
1934 Bader (1)	

### 7. Sammlungsregister

B 319 (f).

### 3. Historisches

Erste Nachrichten stammen von Solly 1903 (132f<sub>1</sub>), wo er ihn als Pb-As-S-Verbindung (ohne Analyse) rot durchscheinend, mit zinn-oberrotem Strich und monokliner Symmetrie beschreibt

$$\beta = 78^\circ 46' ; (100) : (101 - 42^\circ 22' ; (010) : (111) = 37^\circ 3' .$$

Von Realgar unterscheidet sich das Mineral durch Farbe und Strichfarbe, von den anderen Rotmineralien durch die Symmetrie. Solly gibt ihm den Namen Smithit nach G. F. Smith, Kristallograph am Britischen Museum.

Bereits acht Jahre vorher hatte Sommerlad 1897 (135) bei seinen Versuchen, Sulfarsenite und Sulfantimonite des Silbers synthetisch

herzustellen, eine Verbindung  $\text{AgAsS}_2$  durch Zusammenschmelzen der Komponenten erhalten. Er erwähnt, daß ein solches Mineral in der Natur noch nicht beobachtet worden sei.

Die weiteren kristallographischen Untersuchungen werden von Solly wie von Smith und Prior durchgeführt.

Die erste Hydrothermalsynthese und erste röntgenographische Untersuchungen an Smithit gehen auf Béland und Peacock 1946 (7) und 1948 (8) zurück. Sie bestätigen die kristallographischen und chemischen Befunde.

Außer vom Binnental, dem bisher einzigen Fundpunkt für Smithit, wird neuerdings vermutlicher Smithit von Seeliger 1954 (124) in den Wieslocher Pb-Zn-Vorkommen beschrieben.

#### 4. Allgemeine Ansprache des Minerals

*Morphologie:* Im Binnental soll das Mineral etwas häufiger als Trechmannit sein. Gewöhnlich sehen die Kristalle wie hexagonale Pyramiden mit Basis aus. Die scheinbare Basis ist aber die Fläche  $(100)_{\text{so}}$ . Der hexagonale Eindruck röhrt daher, daß die Zonen

$[100, 001] = [010]_{\text{so}}$ ,  $[100, 111] = [011]_{\text{so}}$  und  $[100, \bar{1}1\bar{1}] = [01\bar{1}]_{\text{so}}$  gleichstark entwickelt sind (Solly, (132i)) und die Azimutwinkel zwischen diesen drei Zonen, die die Hauptspaltfläche  $(100)$  als gemeinsame Fläche haben, etwa  $60^\circ$  betragen (Smith (128a<sub>2</sub>) S. 295). Gut geformte, intakte Kristalle sind ungewöhnlich und nicht größer als 1 mm im Durchmesser. Man findet aber größere Spaltstücke bis zu 3 mm Länge und 1 mm Dicke (Smith (128a<sub>2</sub>)).

Der bestausgebildete Kristall von Smith (128a<sub>2</sub>), vorher von Solly (132i) vermessen, zeigte rundliche Konturen von 1 mm Durchmesser und saß auf Sartorit auf, derart, daß die Grenze zwischen beiden Kristallen nicht festgestellt werden konnte, da einer in den anderen hinübergewachsen war.

Smiths zweiter Kristall von 0,5 mm Durchmesser und abweichendem Habitus saß auf der Spaltfläche eines größeren Smithit auf. Da seine Zone  $[\text{ac}]_{\text{so}} = [100, 001]_{\text{so}}$  fast unterdrückt war, konnte man die Hauptpyramidenzone  $[\text{ap}]_{\text{so}} = [100, 111]_{\text{so}}$  für die Prismenzone ansehen.

Die Spaltfläche  $(100)_{\text{so}}$  hat außerordentlich hohen Glanz und gibt bei der goniometrischen Vermessung ausgezeichnete Lichtreflexe.

Wichtigste Formen des Smithit sind :

In der Prismenzone  $[010]_{\text{so}}$ : a (100), e (101), c (001), d ( $\bar{1}01$ ), und in der Hauptpyramidenzone  $[01\bar{1}]_{\text{so}}$ : q (211), p (111), P ( $\bar{1}11$ ), Q ( $\bar{2}\bar{1}1$ ). Ausnahmsweise können auch h(102), r (311), R ( $\bar{3}11$ ) und l (320) relativ groß entwickelt sein. Der Rest der Flächen ist stets winzig.

Smithit ist meist von Hutchinsonit, Sartorit und Rathit, sowie Realgar, Auripigment, Blende und Pyrit begleitet. Auf einer Spaltfläche von Smithit saß ein Hutchinsonit (128a<sub>2</sub>). Smithit überzieht zuweilen andere Sulfosalze mit einer Haut (128a<sub>2</sub>).

*Spaltbarkeit*: Smithit hat eine vollkommene Spaltbarkeit parallel (100)<sub>so</sub>, die ihn von den anderen Rotmineralien : Hutchinsonit und Trechmannit unterscheidet. Der Bruch ist muschelig.

*Farbe*: Scharlach- bis zinnoberrot, in der Tönung wie Proustit. Die Oberfläche des Kristalls ändert in starkem Sonnenlicht ihre Farbe von purpurrot nach orangerot. Smithit ist in der Farbe etwas lichter und transparenter als Hutchinsonit.

*Glanz*: diamantartig.

*Strich*: zinnoberrot.

*Härte*:  $1\frac{1}{2}$  bis 2.

*Optik*: Die optischen Verhältnisse wurden von Smith und Prior 1907 (128a<sub>2</sub>) untersucht. Das Mineral ist durchscheinend. Smithit gibt bei konoskopischer Betrachtung von (100)-Platten charakteristische Interferenzfiguren.

Vom Spektrum wird nur das rote Ende durchgelassen. Schwache Anzeichen für Pleochroismus sind vorhanden. Die Doppelbrechung ist negativ und recht stark.

$2E \approx 65^\circ$ . Optische Achsenebene parallel b (010)<sub>so</sub>.  $\gamma\Lambda c = 6\frac{1}{2}'$  für D<sub>Na</sub>. Der Brechungsindex ist mit  $n_{\text{Na}} = 3,27 \pm 0,09$  nur wenig höher als der des Hutchinsonit.

Larsen 1921 (80) referiert die Messungen Smiths und gibt bei Smithit die optischen Konstanten eines Produktes an, das man aus Trechmannit durch Erhitzen in S-Se-Schmelze erhalten hatte. Dieses neue Mineral war optisch negativ, zweiachsig,  $2V = 26^\circ$ ;

$$n_\alpha \text{Li} = 2,48 \pm 0,02 \quad n_\beta \text{Li} = 2,58 \pm 0,02 \quad n_\gamma \text{Li} = 2,60 \pm 0,02 ; \\ \beta = b ; \quad \gamma\Lambda c = 6^\circ (\text{Li}).$$

Referate in : Doelter-Leitmeier 1926 (23) ; Bader 1934 (1) ; Hintze 1938 (54b) ; Dana 1944 (18g).

## 5. Kristallographie

Solly 1903 (132f<sub>1</sub>) stellte monokline Symmetrie fest, mit  $\beta = 78^\circ 46'$  ;  $(100) : (101) = 42^\circ 22'$  ;  $(010) : (111) = 37^\circ 3'$ .

Durch Messungen von Smith und Prior 1905 (128b) wird diese Angabe bestätigt mit Modifikation von  $\beta$ . Sie bestimmten bei gleicher Aufstellung wie Solly das Achsenverhältnis zu

$$a : b : c = 2,2205 : 1 : 1,9570 ; \beta = 78^\circ 40'.$$

Daraufhin beschreibt Solly 1905 (132i) das Mineral mit 17 Formen und einem Achsenverhältnis von

$$a : b : c = 2,2309 : 1 : 1,9657 \quad \beta = 78^\circ 47\frac{1}{2}'$$

Eingehende kristallographische Untersuchungen werden von Smith und Prior 1907 (128a<sub>2</sub>) veröffentlicht. Zwei Abbildungen stellen die besten Kristalle dar, von denen der erste 1 mm, der zweite 0,5 mm Durchmesser hatte. Beide waren bereits von Solly (132i) vermessen worden. Durch Messungen an insgesamt 8 Kristallen beobachtet Smith 57 Formen, unter ihnen die 17 von Solly schon festgestellten.

Das Achsenverhältnis mit  $a : b : c = 2,2206 : 1 : 1,9570 \quad \beta = 101^\circ 12'$  unterscheidet sich nur wenig von dem Solly'schen.

Weitere Angaben sind schon bei der « allgemeinen Ansprache des Minerals » genannt !

Wichtigste Zonen :

Prismenzone [010] mit a (100), e (101), c (001), d ( $\bar{1}01$ ).

Hauptpyramidenzone [011] mit q (211), p (111), P ( $\bar{1}11$ ), Q ( $\bar{2}11$ ).

Referate in : Desbuissous 1909 (21b) ; Groth-Mieleitner 1921 (39) nach Smith und Prior (128a<sub>2</sub>) ; Klockmann 1922 (71) ; Goldschmidt-Atlas 1923 Bd. 8 (36b) referiert das Achsenverhältnis nach Smith, gibt alle 57 Formen an und bringt beide Abbildungen von Smith ; Doelter-Leitmeier 1926 (23) nach Smith ; Bader 1934 (1) nach Smith ; Hintze 1938 (54b) ; Niggli, Koenigsberger, Parker 1940 (89) ; Dana 1944 (18g) nach Smith ; Klockmann-Ramdohr 1954 (71b).

Das von Béland und Peacock 1946 (7) aus den Dimensionen der Elementarzelle berechnete Achsenverhältnis kommt den kristallographisch gemessenen Werten sehr nahe.

*Struktur* : Erste Strukturuntersuchungen resp. Messungen der Gitterkonstanten an natürlichen und künstlichen Smithitkristallen wurden von Béland und Peacock 1946 (7) ausgeführt.

Sie erhielten

$$a_0 = 17,20 \quad b_0 = 7,76 \quad c_0 = 15,16 \text{ \AA} ; \quad \beta = 101^\circ 12' ; \quad Z = 24 \text{ (AgAsS}_2\text{)}.$$

Das Achsenverhältnis  $a_o : b_o : c_o = 2,2165 : 1 : 1,9536$  bestätigt die goniometrischen Befunde. Die nach den röntgenographischen Werten errechnete Dichte ist 4,93.

Die Struktur des Smithit ist nicht weiter bekannt; Hellner, Weitz, Rösch, 1958, (49).

## 6. Chemismus

Die chemische Zusammensetzung wurde in Sollys erster Mitteilung zu Pb, As, S vermutet. Eine Analyse fehlte. 1905 fanden Smith und Prior die Zusammensetzung  $\text{AgAsS}_2$  (128b), erwähnt von Solly (132i); (103d).

Veröffentlicht wurden diese Analysenwerte 1907 (128a<sub>2</sub>). Eine provisorische Analyse von ca. 50 mg nicht ganz reinen Materials mit dunklen nadeligen Einschlüssen gab die Zusammensetzung:

$\text{Ag} = 40$  ;  $\text{Pb} = 1$  ;  $\text{Cu} = 2$  ;  $\text{As} = 25\frac{1}{2}$  ;  $\text{S} = 26,5\%$  ; Summe = 95,0%.

Eine zweite Analyse an 0,1076 gr völlig reinen Materials gab:  
 $\text{Ag} = 43,9$  ;  $\text{As} = 28,9$  ;  $\text{Sb} = 0,4$  ;  $\text{S} = 26,0$  ; Summe = 99,2,  
was von Prior als  $\text{AgAsS}_2$  gedeutet wird. Dieser Verbindung entspricht eine theoretische Zusammensetzung von

$\text{Ag} = 43,69$  ;  $\text{As} = 30,36$  ;  $\text{S} = 25,95$

Smithit zeigt keine morphologische Verwandtschaft zu dem entsprechenden, auch monoklinen Sulfantimonit Miargyrit ( $\text{AgSbS}_2$ ).

Referate in: Groth-Mieleitner 1921 (39) ; Doelter-Leitmeier 1926 (23) ; Bader 1934 (1) ; Hintze 1938 (54b). Niggli, Koenigsberger, Parker 1940 (89) ; Dana 1944 (18g).

Die röntgenographischen Untersuchungen von Béland und Peacock 1946 (7) und 1948 (8) an natürlichem und künstlichem Smithit bestätigen die Zusammensetzung  $\text{AgAsS}_2$ .

*Spez. Gew.*: Von Smith und Prior (128a, S. 300) wurde die Dichte zu 4,88 bestimmt. Von Béland und Peacock 1946 (7), wurde nach röntgenographischen Untersuchungen ein Wert von 4,93 errechnet.

*Synthese*: Bereits 1897 (135) erhielt Sommerlad bei Synthesever suchen von Silbersulfarsenit und Silbersulfantimonit durch Zusammenschmelzen der Komponenten eine Verbindung  $\text{AgAsS}_2$ , die in der Natur noch nicht beobachtet worden war. Smithit als Mineral wurde erst 1903 durch Solly bekannt.

Weitere Syntheseversuche und Untersuchungen der Schmelzbereiche gehen auf Jäger und Klooster 1912 (64) zurück. Durch Zusammen-

schmelzen von  $\text{Ag}_2\text{S}$  mit  $\text{As}_2\text{S}_3$  erhielten sie eine, wie sie meinten, in der Natur noch unbekannte Verbindung vom Miargyritttyp:  $\text{AgAsS}_2$ , die sie Arsenomiargyrit nannten. Das Mineral bildete große glänzende Schuppen mit dem spez. Gew. 4,69. Als zweite aus der Schmelze bei stärkerem Erhitzen unter Abgabe von  $\text{As}_2\text{S}_3$  entstehende Verbindung erhielten sie Proustit  $3\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$  in nadeliger Ausbildung. Die Schmelzbedingungen wurden untersucht: Das durchweg kongruente System hat folgende Schmelzpunkte und Eutektika:

$\text{Ag}_2\text{S}$	$3\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$	$\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$	$\text{As}_2\text{S}_3$
$842^\circ$	$490^\circ$	$417^\circ$	$300^\circ?$
	$469^\circ$	$399^\circ$	?

Die Schmelze von Smithit zeigt sehr starke Dissoziation. Der Schmelzpunkt war nur als sehr flaches Maximum bei  $417^\circ$  ausgebildet.

Referate in: Doelter-Leitmeier 1926 (23); Hintze 1938 (54b); Dana 1944 (18g).

Eine Synthese des Smithit unter hydrothermalen Bedingungen gelang Béland und Peacock 1946 (7). Sie schlossen vergleichende kristallographische und röntgenographische Untersuchungen an natürlichen und künstlichen Smithiten an.

Eine weitere Arbeit von Béland 1948 (8) beschreibt die künstliche Darstellung der Silbersulfarsenite: Smithit, Proustit, Xanthokon bei Temperaturen unterhalb  $500^\circ$  in Alkalisulfid-Lösung.

## 7. Erzmikroskopische Untersuchungen

sind an Binnentaler Smithit bisher nicht ausgeführt worden. Seeliger 1945 (124), S. 169, beobachtete lediglich in einem Anschliff der Wieslocher Proben ein dem Hutchinsonit ähnliches Mineral, welches er mit Vorbehalt als Smithit ansprach (die Pulveraufnahme dieses Minerals wurde dann mit der Pulveraufnahme des Binnentaler Smithit verglichen). «Smithit» erschien hier nicht eigengestaltig, er reflektierte im Vergleich zu Hutchinsonit das Licht besser und weißer (mit schwacher Blaufärbung). Die Anisotropieeffekte waren schwach. Rote Innenreflexe traten bei Beobachtung in Öl deutlich hervor. Seeliger wies Ag und As spektralanalytisch nach.

## 8. Genese und Vorkommen außerhalb des Binnentales

Die Syntheseversuche von Béland und Peacock werfen ein Licht auf die Entstehungsbedingungen des Minerals. Unter hydrothermalen Bedingungen lässt sich Smithit leicht in guten Kristallen erhalten.

Außer im Binnental wurde es von Seeliger 1954 (124) in einem Anschliff der Pb-Zn-Erze von « Segen Gottes » bei Wiesloch/Baden neben Gratonit, Hutchinsonit, Jordanit, Bleiglanz etc. in körnigem Kalkstein beobachtet, wo er in der Außenzone teilweise zersetzen Gratonits lag. Bei den vielfältigen Lösungs- und Umwandlungsvorgängen in dem Wieslocher Vorkommen ist nicht nur Hutchinsonit als Zwischenprodukt zu erwarten, sondern auch Smithit. Der normale Weg der Separierung von  $\text{As}_2\text{S}_3$  aus den Sulfarseniten führt über Jordanit bis weiter zum Bleiglanz.

## XIII. PROUSTIT

### 1. Literatur (Auswahl)

1905 Solly (132m <sub>1</sub> )	1940 Hiller (53)
1906 Solly (132m <sub>2</sub> )	1940 Niggli Koenigsberger, Parker (89)
1909 Desbuissous (21b)	1943 Berry (12b)
1912 Jäger und Klooster (64)	1944 Dana (18g)
1920 Schmidt (119b)	1947 Peacock (98)
1921 Groth u. Mieleitner (39)	1948 Béland (8)
1921 Larsen (80)	1950 Ramdohr (106c)
1922 Klockmann (71)	1954 Klockmann u. Ramdohr (71b)
1926 Doelter u. Leitmeier (23)	1956 Rafaljskij (Geochimija No. 7, 67; Zbl. Min. 1958 II S. 429)
1931 Schneiderhöhn u. Ramdohr (121)	1957 V. Ross (114)
1934 Bader (1)	1958 Hellner, Weitz, Rösch (49)
1935 Hofmann (55)	
1936 Harker (45)	
1937 Hocart (56)	

### 2. Sammlungsregister

B 791 (derbe Partien in Dolomit).

### 3. Allgemeine Bemerkungen

Proustit ist zwar als  $3\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$  ein « Silbersulfarsenit », gehört aber seiner Struktur nach nicht in die Gruppe der komplexen Spießglanze wie Smithit und Trechmannit, sondern in die Gruppe der Rotgültigerze. Da er auch für das Lengenbacher Vorkommen nicht spezifisch ist, braucht er hier nicht näher beschrieben zu werden.

Solly wies das Mineral 1905 ( $132m_1$ ) und ( $132m_2$ ) im Binnental nach. Ein kleines Kriställchen mit hexagonalem Prisma  $a(10\bar{1})$  und Rhomboeder  $r(100)$  war derart auf einem Rathitkristall aufgewachsen, daß die Prismenkanten parallel zueinander lagen. Weitere individualisierte Proustitkristalle wurden am Lengenbach nicht gefunden.

Referat in : Desbuissous 1909 (21b) ; Bader 1934 (1), S. 408.

In der Farbe ist Proustit dem Smithit zum Verwechseln ähnlich, auch der Glanz ist derselbe. Die Härte ist mit  $2\frac{1}{2}$  nur wenig höher als die der anderen « Rotmineralien ».

Die Doppelbrechung ist etwas höher als beim ebenfalls triklinen Trechmannit, und wenig höher als beim Hutchinsonit ; Smith (128a), Larsen 1921 (80).

Auf die Untersuchungen der Schmelzbedingungen im  $\text{Ag}_2\text{S}-\text{As}_2\text{S}_3$ -System von Jäger und Klooster 1912 (64) wurde schon bei « Smithit » eingegangen. Proustit schmilzt kongruent bei  $490^\circ$ .

Alle weitere angeführte Literatur betrifft nicht speziell den Binnentaler Proustit :

*Kristallographie* : u. a. Doelter-Leitmeier 1926 (23) ; Dana 1944 (18g).

*Chemie* : u. a. Groth-Mieleitner 1921 (39) ; Doelter-Leitmeier 1926 (23)

*Erzmikroskopie* : Schneiderhöhn-Ramdohr 1931 (121) ; Ramdohr 1950 (106c).

*Struktur* : Hofmann 1935 (55) ; Harker 1936 (45) ; Hocart 1937 (56) ; Hiller 1940 (53) ; Berry 1943 (12b) ; Ross 1957 (114) ; Hellner, Weitz, Rösch 1958 (49).

*Hydrothermalsynthese* : Peacock 1947 (98), Béland 1948 (8) ; Rafalskij 1956 (105).

## XIV. MARRIT

### 1. Literatur

1904 Solly (132g)	1921 Groth u. Mieleitner (39)
1905 Solly (132 i)	1934 Bader (1)
1905 Solly (132m <sub>1</sub> )	1938 Hintze (54b)
1906 Solly (132m <sub>2</sub> )	1940 Niggli, Koenigsberger, Parker (89)
1909 Desbuissous (21b)	
1920 Goldschmidt Atlas Bd. 6 (36b)	1944 Dana (18g)

### 2. Sammlungsregister

B 348 (f).

### 3. Historisches und allgemeine Angaben

Erste Mitteilungen stammen von Solly 1904 (132g). Er nennt das Mineral Marrit nach Dr. J. E. Marr/Cambridge England, und beschreibt es als kleine bleigraue Kristalle, die modifizierten Würfeln gleichen und monoklin kristallisieren.

Das Mineral ist äußerst selten. Gefunden wurde nur eine Stufe von Lengenbachit und Pyrit mit 15 (2-3 mm großen) darauf sitzenden Kriställchen von Marrit (Solly (132i)), ferner ein spießartiger Kristall in einem ausgehöhlten Rathit und ein weiterer Einzelkristall von tafeligem Habitus aus einer Kaverne im Dolomit; Solly 1905 (132m<sub>1</sub>+m<sub>2</sub>). Insgesamt wurden von Solly 47 Formen bestimmt (132i)+(132m<sub>2</sub>).

Die chemische Zusammensetzung und das spez. Gewicht sind bisher noch unbestimmt, es wird aber angenommen, daß das Mineral ein Sulfosalz ist. Die kristallographischen Elemente bedürfen ebenfalls, wie bereits Solly 1906 (132m<sub>2</sub>) erwähnt, einer Überprüfung, da sich in der Zone [010, 201] Abweichungen der gemessenen von den berechneten Werten gezeigt haben.

*Farbe*: bleigrau bis stahlgrau, oft rot, gelb und blau angelaufen.

*Glanz*: metallisch ; opak.

*Strich*: schwarz, mit Nuance nach schokoladenbraun.

*Spaltbarkeit* wurde keine beobachtet. Bruch muschelig.

*Härte*: 3.

Einige Fundstelle ist der Lengenbacher Dolomit.

#### 4. Kristallographie

Die Kristalle sind oft sehr verzerrt und lassen schwer die wahre Symmetrie erkennen.

- 1) Zuweilen haben die Kristalle isometrischen Habitus mit pseudokubischer Flächenverteilung. Sie gleichen dann einem Würfel, der mit  $(hk0)$  und  $(hkl)$ -Formen kombiniert ist. Da die Kristalle außerdem oft rote, gelbe und blaue Anlauffarben zeigen, sind sie leicht mit Binnit und Pyrit zu verwechseln ; Abb. Solly 1905 (132i).
- 2) Einen Kristall von tafeligem Habitus nach  $(010)$  beschrieb Solly 1906 (132m<sub>2</sub>). Er war einem tafeligen Dufrenoysit sehr ähnlich. Die Flächen der Zone  $[001]$  waren tief gerillt parallel der Zonenachse. Die Fläche  $(031)$  war groß entwickelt und schräg gestreift ; Abb. Solly (132m<sub>2</sub>).
- 3) Ein scharf-spießiger Habitus wurde an einem Kristall beobachtet, der in einem ausgehöhlten Rathit saß ; Solly 1905 (132m<sub>1</sub>) und (132m<sub>2</sub>). Die Formen  $(170)$ ,  $(150)$ ,  $(140)$ , sowie  $(031)$  und  $(083)$  waren an ihm groß entwickelt.

Solly bestimmte 1904 (132g) und (132i) ein Achsenverhältnis von  
 $a : b : c = 0,57634 : 1 : 0,47389 \quad \beta = 88^\circ 45'$

bei monokliner Symmetrie. Die Abbildung in dieser Arbeit zeigt einen der 15 (auf angelaufenem Lengenbachit und Pyrit sitzenden) 2 bis 3 mm großen Kristalle. Messungen an drei dieser Kristalle zeigten 40 Formen. Die stereographische Projektion zeigt, daß die Prismenzone die flächenreichste Zone ist. Zwillingssverwachsung nach  $(001)$  wird vermutet.

Referate in : Desbuissous 1909 (21b) ; Goldschmidt-Atlas 1920, Bd. 6 (36b) ; Bader 1934 (1) ; Niggli, Koenigsberger, Parker 1940 (89) ; Dana 1944 (18g).

#### XV. SOLLYIT und TELLIT

Zwei unbekannte Mineralien, die man wegen ihrer Ähnlichkeit mit den anderen Sulfosalzen ebenfalls für Sulfosalze halten kann, wurden von Solly 1919 (134) und Smith 1920 (130b) beschrieben.

I. *Sollyit*. Solly beschrieb 1919 (134) « A lead-grey, fibrous mineral from the Binn valley, Switzerland ». Man fand das Mineral auf einer

Stufe neben Seligmannit und Baumhauerit in Form vieler feiner Nadeln. Nur die Flächen der Prismenzone einer dieser Nadeln konnten gemessen werden. Nach der von Prior angefügten Analyse gleicht das Mineral eher dem Rathit, kristallographisch ist es dem Dufrenoysit ähnlicher. Spez. Gew. 5,453.

Kristallographische Elemente wurden nicht bestimmt. Die Flächenmessungen gingen von der Spaltfläche als Polfläche aus.

Von Dana 1944 (18g), S. 456 wird das Mineral als  $\alpha$ -Rathit dem Rathit angeschlossen; ebenso von Bader 1934 (1).

Gagarin und Cuomo 1949 (32) dagegen fassen es als eigenständiges Mineral auf und schlagen dafür den Namen Sollyit vor. Die chemische Zusammensetzung entspricht der Formel  $3\text{PbS} \cdot 2\text{As}_2\text{S}_3$ .

II. *Tellit*. Smith beschrieb 1920 (130b) « A curious crystal from the Binn valley, Switzerland ».

Der einzige Kristall dieser Art war  $12 \times 5 \times 0,3$  mm groß, stahlgrau tafelig nach (100) im Habitus, begleitet von Sartorit; Strich schwarz. Spez. Gew. 4,2.

An dem (nach Smith) « offensichtlich triklinen » Kristall wurde ein Achsenverhältnis von

$$a : b : c = 3,3425 : 1 : 3,5536 \quad \alpha = \gamma = 90^\circ \quad \beta = 102^\circ 8'$$

bestimmt, was also einer pseudomonoklinen Symmetrie entsprechen würde. Die chemische Zusammensetzung ist unbestimmt.

Referat in: Dana 1944 (18g), S. 488.

Gagarin und Cuomo 1949 (32) schlagen für dieses bisher unbenannte Mineral den Namen Tellit vor.

## F. Literatur über die Lengenbachparagenese

Das Verzeichnis ist hinsichtlich der Lengenbacher Sulfosalze vollständig; es enthält ferner die Erstangaben für die übrigen Mineralien des Lengenbaches, sowie alle historisch bemerkenswerten Angaben des Binnentales. Außerdem sind einige allgemeinere und geologische Arbeiten angegeben.

Die Reihenfolge ist alphabetisch; jeder Autor (und jedes Autorenkollektiv) hat eine Ziffer. Liegen mehrere Arbeiten des gleichen Autors vor, so haben diese einen Buchstabenzusatz an der Autorenziffer. Nachträge mußten gegebenenfalls noch mit einem an den Buchstaben angehängten Ziffernindex versehen werden. – Innerhalb der Buchstaben ist bis auf einzelne durch Nachträge bedingte Ausnahmen – die zeitliche Reihenfolge gewahrt.