

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg  
**Herausgeber:** Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles  
**Band:** 51 (1961)  
  
**Artikel:** Die Binnite vom Lengenbach (Binnental) : Studien über die Freiburger Binnentalsammlung II  
**Autor:** Schaller, I.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-308383>

### **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>**

## **Die Binnite vom Lengenbach (Binnental)**

mit 10 Abbildungen

VON I. SCHALLER

Institut für Mineralogie und Petrographie der Universität Freiburg / Schweiz

### INHALTSVERZEICHNIS

<b>I. Einleitung . . . . .</b>	<b>168</b>
1. Zielsetzung der Arbeit. . . . .	168
2. Literaturübersicht zum Binnit . . . . .	170
3. Die Binnite der Freiburger Sammlung. . . . .	172
<b>II. Kristallographie und Chemismus. . . . .</b>	<b>1 3</b>
1. Tabellen zur Formengeschichte. . . . .	173
2. Entwicklung der chemischen Entzifferung . . . . .	178
<b>III. Zur Revisionsmethodik der kristallographischen Daten. . . . .</b>	<b>182</b>
1. Apparatives . . . . .	182
2. Gnomonische Projektion und Indizesermittlung . . . . .	182
3. Messung und Zeichnung. . . . .	184
4. Das Komplikationsgesetz . . . . .	185
5. Die Meß- und Revisionsprotokolle. . . . .	186
6. Literatur zum III. Kapitel. . . . .	188
<b>IV. Messungen an Binniten. . . . .</b>	<b>191</b>
1. B 568/I als beispielhafter Kristall im Vergleich zum « Ideal- binnit » . . . . .	192
2. Totalrevision bzw. Neumessung von B 561, 567, 568/III, 568/V, 571/7, 741. . . . .	197
3. Bemerkungen zu B 240, Hinweis auf « Studien IV » . . . . .	209
4. Ergänzende Bemerkungen zu B 363, 565, 568/IV, 568/VI . . . . .	209
5. Übersicht über die neuen Formen. . . . .	213
<b>V. Formenstatistische Auswertung . . . . .</b>	<b>216</b>
1. Das Auswahlprinzip. . . . .	216
2. Liste der wichtigsten Formen am Binnit . . . . .	217

## I. Einleitung

### 1. Zielsetzung der Arbeit

Die Freiburger Binnentalsammlung enthält etwa 50 Binnite aus der besten Ausbeutungsperiode der Lagerstätte Lengenbach. Das Mineral, das später als ein Glied der Fahlerze erkannt wurde, ist in seiner Ausbildungsweise ein Sonderfall. Aus diesem Grunde haben sich zahlreiche Forscher mit ihm beschäftigt, aber immer kamen in den Publikationen nur einzelne Kristalle zur Besprechung, ohne daß, mit Ausnahme von Prior und Spencer (102c), eine Serie verglichen wurde. In dieser Arbeit wird nun der Versuch gemacht, das aus der Literatur bekannte Material aufzuarbeiten, zu revidieren und durch Messungen an hiesigen Kristallen zu ergänzen. Der sorgfältige Vergleich der Quellen wurde unterstützt von handschriftlich vorliegenden Notizen. Waren die bisherigen, von der Komplikationsregel her probierten Deutungsansätze der Flächenmannigfaltigkeit an der Unvollständigkeit der Flächenerfassung gescheitert, so gelang es im Laufe der Untersuchung, neue entscheidende Formen hinzuzufinden, durch die eine « klassische Interpretation » ohne Hilfstheorie ermöglicht wird.

Zur Herausschälung einer solchen bestimmten Fragestellung mußte das gesamte historische Material des Fundortes durchgearbeitet werden. Hierbei kann man zeigen, wie nicht nur die Namen der Mineralien gewechselt haben, sondern auch die mit den Namen verbundenen Inhalte ihren Sinn änderten.

Der Binnit gehört zu den Fahlerzen. Er tritt als einziges unter den sogenannten « Binnentaler Grauerzen » mit kubischer Symmetrie auf. Infolge eines großen Flächenreichtums (bis zu 25 Formen am Einzelkristall) kann es bis zu kugeligem Habitus kommen. Deshalb trennte man ihn zu der Zeit, als die Minerallagerstätte in das allgemeine Interesse rückte (etwa um 1840) als Kugelbinnit von den übrigen rhombischen und monoklinen Sulfosalzen, den sog. Spießglanzen, die durchweg stengeligen Habitus haben, ab. Im übrigen verlief die Anfangsperiode der Grauerzuntersuchungen nicht ohne Irrtümer und falsche Zuordnungen. Wiser hatte als erster (153 b + c + d + e) den Versuch unternommen, der von Lardy 1833 (79b) erwähnten bleigrauen, metallischen Substanz aus dem Binnentaler Dolomit auf

den Grund zu gehen. Seine Lötrohranalyse wies Schwefelblei, Schwefelantimon sowie Spuren von Cu und As nach. Wir können nachträglich feststellen, daß er damit eines der nichtkubischen Spießglanze analysiert hatte, denn Binnit enthält vorwiegend Cu und nicht Blei. – Der quantitative Analysenbefund  $2\text{PbS} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$  wird zwar von Damour 1945 (19 a + b + c) dem kubischen Mineral zugeschrieben, aber dieses nennt er Dufrenoyzit! Seine Analyse paßt jedoch auf den heutigen monoklinen Dufrenoyzit, während die angegebenen Kristallformen dem heutigen Binnit zuzuordnen sind. Der Irrtum rührte, wie S. v. Waltershausen 1955 (147b) erkannte, daher, daß zur Analyse – im Glauben, daß nur *ein* Grauerz vorliege, derbes Material benutzt worden war. Von nun an gab man acht, daß für Analysen nur kristallisiertes Material benutzt wurde und stieß dadurch auf die Notwendigkeit, die Formen der Kristalle und deren Symmetrie zu entziffern. Damit begann die klassische Periode der Binnentalforschung, zu der man heute mehr oder weniger abschließend Stellung nehmen kann.

Die im hiesigen Institut für Mineralogie unternommenen Untersuchungen über das Binnental werden in der Reihe « Studien über die Freiburger Binnentalsammlung » veröffentlicht. Diese Dissertation ist also ein Beitrag zu den « Studien ». Da nicht alle Beiträge in der gleichen Zeitschrift veröffentlicht werden können, ist es zweckmäßig, nachstehend eine Übersicht über den heutigen Stand der Untersuchungen zu geben.

NICKEL, E. (Vorbemerkungen zu « Studien ... »): Die Mineralparagenese des Lengenbachs im Binnental. Bull. Soc. fribourg. Sc. Nat. Vol. 50 (1960) S. 7-10.

NICKEL, E. und I. SCHALLER (Studien I): Die Lokalität Lengenbach, Historie und Bestandsaufnahme. Bull. Soc. fribourg. Sc. Nat. Vol. 50 (1960) S. 8-206.

SCHALLER, I. (Studien II): *Diese Dissertation*. Bull. Soc. fribourg. Sc. Nat. Vol. 51 (1961) S. 167.

Vorbereitet sind :

SCHALLER, I. und E. NICKEL (Studien III): Winkelmessung und Flächensicherung an Binniten. (1962 « Aufschluss »)

SCHALLER, I. (Studien IV): Neue Formen an einem äußerst flächenreichen Binnit.

NICKEL, E. (Studien V): Prinzip der Formenentwicklung am Binnit.

NICKEL, E. und I. SCHALLER (Studien VI): Die Tristetraeder des Binnit.

NICKEL, E. und I. SCHALLER (Studien VII): Die Formenwelt des Binnit.



Wir haben damit ein ganzes Kapitel mineralogischer Geschichte erfaßt und hoffen, auf diese Weise ein Pendant zu den synthetischen und strukturanalytischen Arbeiten gegeben zu haben, durch die die Binnentalerze erneut in den Gesichtskreis der Mineralogen getreten sind.

Die Literatur dieser Dissertation ist die gleiche wie in den « Studien I », daher wird auf die dortige Zusammenstellung verwiesen. Lediglich die in Kapitel III neu verwendete Literatur ist noch anzugeben.

Herrn Prof. Dr. E. Nickel, Direktor des Freiburger Institutes, dem ich Mitarbeiter sein durfte, danke ich dafür, daß ich mir ein Teilgebiet des Binnentalprogramms als Dissertationsthema ausgliedern konnte. — Dem Hochschulrat der Universität Freiburg habe ich für einen Druckkostenzuschuß Dank zu sagen ; ebenso übernahm die Redaktion des Bulletin einen Teil der Druckkosten.

## 2. Literaturübersicht zum Binnit

Im Schlußkapitel der Arbeit « Studien I » ist die gesamte, den Fundort Lengenbach betreffende Literatur detailliert aufgeführt, sie umfaßt etwa 350 Titel.

Daher genügt es, hier in chronologischer Reihenfolge die Autoren zu nennen. Die Literaturnummern beziehen sich auf das große Verzeichnis der genannten Arbeit. Jeder Autor hat eine Ziffer ; mehrere Arbeiten des gleichen Autors sind durch nachgestellte Buchstaben gekennzeichnet.

1833 Lardy (79b)	1855 Heusser (51b)
1839 Wiser (153b)	1855 Kenngott (68c)
1839 Wiser (153c)	1856 Heusser (51c)
1840 Wiser (153d)	1856/1857 Kenngott mit
1840 Wiser (153e)	Stockar-Escher (68d)
1845 Damour (19a + b + c)	1857 S. v. Waltershausen mit
1852 Hausmann (46)	Uhrlaub u. Nason (147c)
1854 S. v. Waltershausen (147a)	1857 Shepard (126b)
1854 Kenngott (68b)	1858 Hugard (58)
1855 Katalog (67)	1860 Delafoss (20)
1855 S. v. Waltershausen (147b)	1860 Rammelsberg (108)
1855 Heusser (51a)	1864 G. vom Rath (109a + b)

- 1862-1865 Kenngott (68h)  
 1866 Kenngott (68i)  
 1866 Petersen (99)  
 1868 Dana (18e)  
 1872 Brush (156a)  
 1872 Wiser (153h)  
 1873 Schrauf (123)  
 1874 Macivor (85)  
 1874 Groth (38a)  
 1874 Hessenberg (50e)  
 1875 Hessenberg (50f)  
 1875 Brush (156b)  
 1876 Foote's naturalist's agency catalogue (152) = (161)  
 1877 Engelmann (24)  
 1878 Lewis (83a + b)  
 1878 Groth (38b)  
 1880 Sjörgren (159)  
 1882 Groth (38c)  
 1887 Ritz (111)  
 1887 Walpen (146)  
 1889 Groth (38d)  
 1892 Dana (18f)  
 1893 Baumhauer (4c)  
 1893 Trechmann (140b)  
 1895 Zeller (154a + b)  
 1896 Baumhauer (4g)  
 1897 Baumhauer (4h)  
 1897 Goldschmidt (36a)  
 1898 Groth (38e)  
 1899 Prior u. Spencer (102a)  
 1900 Prior u. Spencer (102c)  
 1902 Solly (132d<sub>2</sub>)  
 1903 Baumhauer (4m)  
 1904 Köchlin (72)  
 1904 Hintze (54a)  
 1904 Groth (38g)  
 1907 Solly u. Prior (134a)  
 1907 Solly (132q)  
 1908 Groth (38f)  
 1909 Desbuissons (21b)  
 1910 Prior (103f)  
 1911 Kretschmer (76)  
 1913 Baumhauer (4v)  
 1915 Césaro (17b)  
 1916 Goldschmidt (36b)  
 1920 Schmidt (119b)  
 1921 Groth u. Mieleitner (39)  
 1921 Larsen (80)  
 1922 Klockmann (71)  
 1925 Baumhauer (4w)  
 1926 Doelter u. Leitmeier (23)  
 1928 Machatschki (84a)  
 1928 Machatschki (84b)  
 1929 Dan Giusca (35a)  
 1930 Dan Giusca (35b)  
 1931 Schneiderhöhn u. Ramdohr (121)  
 1934 Huttenlocher (62a = b)  
 1934 Bader (1)  
 1934 Pauling u. Naumann (97)  
 1935 Hofmann (55)  
 1939 Berman u. Gonyer (11)  
 1940 Hiller (53)  
 1940 Niggli Koenigsberger, Parker (89)  
 1942 Quervain u. Friedländer (104)  
 1943 Berry (12b)  
 1944 Dana (18g)  
 1950 Ramdohr (106c)  
 1954 Klockmann-Ramdohr (71b)  
 1957 Lasarenko (Zbl. Min. 1957 I S. 105)  
 1957 Kostow (Zbl. Min. 1957 I S. 104)  
 1957 Erlich (Zbl. Min. 1957 I S. 106)  
 1957 Roß (114)  
 1957 Hellner (48c + d)  
 1957 Strunz (160)  
 1958 Hellner, Weitz, Rösch (49)  
 1959 Nowacki u. Kunz (158)  
 1960 Ramdohr (106d)

### 3. Die Binnite der Freiburger Sammlung

Die Kristalle sind ausnahmslos klein, meist stecknadelkopfgroß. Die an sich wertvolleren aufgewachsenen entfallen aber der üblichen goniometrischen Erfassung. Zur Verbesserung der Statistik wird man später auch diese heranziehen und für sie eine geeignete Apparatur zur Winkelmessung konstruieren müssen. Natürlich haben wir jetzt schon mit der Lupe den Zonenverband verfolgt. Wie aber schon Prior und Spencer (102c) bemerkten, sind Binnitkristalle, die nur einen kleinen Sektor flächenbesetzt haben (bei aufgewachsenen Kristallen oft nur zwei Oktanten!), nicht immer eindeutig interpretierbar, da zwischen den Flächen verschiedener Formen gleiche Winkel auftreten. So z. B. zwischen  $\langle 100 \rangle : \langle 211 \rangle$ ,  $\langle 111 \rangle : \langle 110 \rangle$  und  $\langle 111 \rangle : \langle 114 \rangle$ , wo der eingeschlossene Winkel immer  $35^{\circ}16'$  beträgt.

Die Fortführung der Statistik setzt voraus, daß man die Flächen nicht nur im Rahmen einer Formenkombination anspricht, sondern im Zusammenhang mit einer «bewertbaren Flächenrealisierung». Durch die am Ende der Arbeit versuchte Statistik – eine Kombination aus verschiedenen Ansätzen, deren subjektive Beurteilung und Vergleichung freilich nicht ganz auszuschließen ist – wird der spätere Beobachter in der Lage sein, auch Fragmente zu beurteilen.

Es ergibt sich folgende Aufstellung der zur Verfügung stehenden Kristalle:

#### *Binnite der Freiburger Sammlung*

Reihenfolge der Aufzählung:

- 1) Nummer der Sammlung (B...), 2) Buchstaben zur Kennzeichnung\*
- 3) F = Foto vorhanden 4) Literaturnummer (z. B. : 4h).

\*Buchstaben zur Kennzeichnung:

A = aufgewachsen; L = lose. Zur Winkelmessung geeignet: sg = sehr gut, g = gut, u = unebene Flächen, w = wenig Flächen (Bruch), d = derb, n = nicht geeignet.

Kursiv gesetzt sind die 7 in dieser Arbeit gezeichneten Exemplare.

68) Au; 71) AuF; 72) Asg; 73) Ad/Nowacki; 74) Ln; 75) AwF; 137) Aw; 138) Ag; 139) Aw; 141 II) Au, 4h; 146) Au; 161) AsgF; 182) AgF; 186) Ag; 240) LsgF; 317) Ag; 320) AgF; 321) AgF; 323) AsgF; 333) AgF; 343) Ag; 363) Lsg, 4v; 378) Ag; 379) Ag; 380) Ag; 381) AgF; 382) AgF; 561) *Ag, 4c*; 562) Ad; 563) Aw; 564) Aw; 565) Ag; 4c; 566) Au; 567) *Ag, 4c*; 568 I) *Lsg, 4h*; 568 III) *Lsg, 4h*; 568 IV) *Lsg, 4h*; 568 V) *Lsg, 4h*; 568 VI) *Lg, 4h*; 569) Ag; 570) Ag; 571/4) *Lsg*; 571/6) *Lsg*; 571/6a) *Lsg*; 571/7) *Lsg*; 572) Au; 573) Ag; 575) Ad; 576) Au; 577) Ad; 741) *AsgF*.

## II. Kristallographie und Chemismus

Eine ausführliche Darstellung der historischen Entwicklung der Binnitgoniometrie findet sich in den « Studien VII ». Hier hingegen ist die Formengeschichte nur tabellarisch zusammengefaßt.

Damour (1845) und Kenngott (1855) hatten die Formen (110) und (211) erkannt. Heusser (1856) nennt zusätzlich (100), (111), (332), (611) als Formen ; S. von den Waltershausen fand dann als (hkl) die (321). Erst hernach (Kenngott 1857) beginnt man an der Holoedrie zu zweifeln, bis 1893 definitiv die Hemiedrie gesichert ist und 1899 Prior + Spencer den Binnit als Glied der Fahlerzfamilie ansehen. 1913 (Baumhauer) folgen Trachtstudien auf der Basis des Komplikationsgesetzes, 1928 werden die kristallographischen Überlegungen leichter durch Strukturuntersuchungen am Fahlerz.

Erst von jetzt an wird das starre Formeldenken der ersten Forschungsperiode abgelöst durch klarere Einblicke in die Ersetzbarkeit der Kationen bei vorgegebener Gitterkonfiguration.

Wie schleppend und oft hinderlich die « Formelsuche » für die Binnitidentität war, mögen im Zusammenhang mit der Analysenliste einige historische Bemerkungen darlegen.

Wir bringen daher

- 1) die tabellarisch zusammengefaßte Formengeschichte des Binnit,
- 2) die Entwicklung der chemischen Entzifferung des Binnit.

### 1. Tabellen zur Formengeschichte

In der Literatur wird angegeben, daß keine Form so deutlich überwiege, daß man sie ohne weiteres als « Formenträger » ansehen könne. Immerhin dominieren Würfel, Rhombendodekaeder, (Tetraeder und) Tristetraeder  $\pm$  (211). Die Formen (hkl), die die Klasse  $\bar{4}3m$  endgültig festlegen, sind hierbei noch relativ häufig.

Die Tabelle enthält für jede bekannte Form die Autoren mit Jahreszahl und Literaturnummer. In [ ] sind Autoren angeführt, die nur referiert haben.

Die positiven Formen überwiegen. So kommen zu den in der Literatur genannten 52 positiven Tristetraedern nur 2 negative hinzu. Le-

diglich beim Deltoiddodekaeder treten negative Formen häufiger auf (nämlich 7 von 18 insgesamt). Die negativen Formen sind in der Tabelle unterstrichen. Diese Tabelle enthält noch nicht die von uns neu gefundenen Formen, sie ist also ein « Literaturreferat ».

#### Würfel (100)

Heusser 1856 (51c), Waltershausen 1857 (147c), Kenngott 1857 (68d), [G. v. Rath 1864 (109a + b)], Kenngott 1866 (68i), Schrauf 1873 (123), Hessenberg 1874 (50e + f), [Dana 1892 (18f)], Lewis 1878 (83b), Groth 1878 (38b), Baumhauer 1893 (4c), Trechmann 1893 (140b), Baumhauer 1897 (4h), [Goldschmidt 1897 (36a)], Prior u. Spencer 1899 (102), [Hintze 1904 (54a), Desbuissons 1909 (21b)], Baumhauer 1913 (4v), [Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1), Niggli, Koenigsberger, Parker 1940 (89), Dana 1944 (18g)].

#### Rhombendodekaeder (110)

alle Forscher siehe oben, dazu als erster Damour 1845 (19a + b + c), [Hausmann 1852 (46)], S. v. Waltershausen 1855 (147b).

#### Tetraeder (111)

Heusser 1856 (51c) holodrisch, Kenngott 1857 (68d), dann alle wie oben, aber hemiedrisch ab Kenngott 1857 (68d), einzelne Quadranten unterscheiden Baumhauer 1893 (4c) und Groth 1878 (38b).

#### Tristetraeder (hkk)

(211) : Damour 1845 (19a + b + c) und alle anderen.

(2̄11) : Groth 1878 (38b), Baumhauer 1893 (4c), Trechmann 1893 (140b), Baumhauer 1897 (4h), [Goldschmidt 1897 (36a)], Prior u. Spencer 1899 (102), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1), Niggli, Koenigsberger, Parker 1940 (89), Dana 1944 (18g)].

(311) Trechmann 1893 (140b), Baumhauer 1897 (4h), Prior u. Spencer 1899 (102), [Hintze 1904 (54a)], Baumhauer 1913 (4v), [Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1), Dana 1944 (18g)].

(411) Hessenberg 1874 (50e + f), Lewis 1878 (83b), Baumhauer 1893 (4c), Trechmann 1893 (140c), [Dana 1892 (18f)], Baumhauer 1897 (4h), [Goldschmidt 1897 (36a)], Prior u. Spencer 1899 (102), [Hintze 1904 (54a), Desbuissons 1909 (21b)], Baumhauer 1913 (4v), [Goldschmidt (36b), Bader (1), Dana 1944 (18g)].

(511) Trechmann 1893 (140b), [Baumhauer 1897 (4h), Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].

(611) Heusser 1856 (51c), Waltershausen 1857 (147c), Kenngott 1857 (68d), [G. v. Rath 1864 (109a + b)], Kenngott 1866 (68i), Schrauf 1873 (123) Lewis 1878 (83d), Groth 1878 (38b), Baumhauer 1893 (4c), Trechmann 1893 (140b), [Dana 1894 (18f)], Baumhauer 1897 (4h), [Goldschmidt 1897 (36a)]. Prior u. Spencer 1900 (120c), [Hintze 1904 (54a), Desbuissons 1909 (21b)], Baumhauer 1913 (4v), [Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1), Dana 1944 (18g)].



(711) Lewis 1878 (83b), Trechmann 1893 (140b), [Dana 1892 (18f)] Baumhauer 1897 (4h), [Goldschmidt 1897 (36a)], Prior u. Spencer 1900 (102c), [Hintze 1904 (54a), Desbuissons 1909 (21b), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].

(811) Trechmann 1893 (140b), [Baumhauer 1897 (4h)], Prior u. Spencer 1900 (102c) (?), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].

(911) Trechmann 1893 (140b), [Baumhauer 1897 (4h)], Prior u. Spencer 1900 (102c), [Hintze 1904 (54a)], Baumhauer 1913 (4v), [Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].

(10.1.1) Hessenberg 1874 (50e + f), Lewis 1878 (83b), Trechmann 1893 (140b), [Dana 1892 (18f)], Baumhauer 1897 (4h), [Goldschmidt 1897 (36a)], Prior u. Spencer 1900 (102c), [Hintze 1904 (54a), Desbuissons 1909 (21b), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].

(12.1.1) Baumhauer 1892 (4c), Trechmann 1893 (140b), Baumhauer 1897 (4h), Prior u. Spencer 1900 (102c), [Hintze 1904 (54a), Desbuissons 1909 (21b)], Baumhauer 1913 (4v), [Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].

(14.1.1) Prior u. Spencer 1900 (102c), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].

(16.1.1.) Trechmann 1893 (140b), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].

(18.1.1) Prior u. Spencer 1900 (102c), [Hintze 1904 (54a)], Baumhauer 1913 (4v), [Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].

(20.1.1) Baumhauer 1897 (4h), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b)].

(24.1.1) Baumhauer 1913 (4v).

(25.1.1) Prior u. Spencer 1900 (102c), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].

(28.1.1) Trechmann 1893 (140b), Baumhauer 1897 (4h), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].

(28.1.1) Trechmann 1893 (140b), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].

(30.1.1) Baumhauer 1913 (4v).

(34.1.1) Trechmann 1893 (140b), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].

(40.1.1) Baumhauer 1897 (4h), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b)].

(76.1.1) Trechmann 1893 (140b), Baumhauer 1897 (4h), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].

(322) Baumhauer 1893 (4c), Baumhauer 1897 (4h), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1), Dana 1944 (18g)].

(522) Trechmann 1893 (140b), Baumhauer 1897 (4h), Prior u. Spencer 1890 (102c), [Hintze 1904 (54a), Desbuissons 1909 (21b)], Baumhauer 1913 (4v), [Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].

(722) Trechmann 1893 (140b), Baumhauer 1897 (4h), [Hintze 1904 (54a), Desbuissons 1909 (21b), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].

(922) Trechmann 1893 (140b), [Baumhauer 1897 (4h), Hintze (54a)], Baumhauer 1913 (4v), [Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].

- (11.2.2) Trechmann 1893 (140b), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].
- (13.2.2) Trechmann 1893 (140b), Baumhauer 1897 (4h), [Hintze 1904 (54a)], [Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].
- (35.2.2) Baumhauer 1897 (4h), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b)].
- (433) Baumhauer 1893 (4c), [Baumhauer 1897 (4h), Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].
- (833) Baumhauer 1913 (4v).
- (944) Baumhauer 1913 (4v).
- (31.4.4) Prior u. Spencer 1900 (102c), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].
- (755) Trechmann 1893 (140b), [Baumhauer 1897 (4h), Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].
- (855) Trechmann 1893 (140b), [Baumhauer 1897 (4h), Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].
- (955) Trechmann 1893 (140b), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].
- (12.5.5) Trechmann 1893 (140b), [Hintze 1904 (54a)], Baumhauer 1913 (4v), [Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].
- (13.5.5) Trechmann 1893 (140b), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].
- (14.5.5) Trechmann 1893 (140b), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].
- (16.5.5) Trechmann 1893 (140b), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b)].
- (18.5.5) Baumhauer 1913 (4v).
- (19.5.5) Trechmann 1893 (140b), Baumhauer 1897 (4h), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].
- (37.5.5) Trechmann 1893 (140b), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].
- (51.5.5) Prior u. Spencer 1899 (102), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].
- (17.6.6) Baumhauer 1913 (4v).
- (19.6.6) Baumhauer 1892 (4c), [Baumhauer 1897 (4h), Hintze 1904 (54a)].
- (17.10.10) Trechmann 1893 (140b), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].
- (19.10.10) Trechmann 1893 (140b), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].
- (21.10.10) Trechmann 1893 (140b), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].
- (27.10.10) Trechmann 1893 (140b), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].
- (29.10.10) Baumhauer 1913 (4v).
- (47.10.10) Trechmann 1893 (140b), Baumhauer 1897 (4h), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].



(25.12.12) Prior u. Spencer 1899 (102), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b) = Vizinale, Bader 1934 (1)].

#### Deltoiddodekaeder (hhl)

(221) ist von Dana 1944 (18g) für Tennantit i. A. angegeben. Diese Form wurde am Binnit noch nicht gemessen.

(2 $\bar{2}$ 1) Trechmann 1893 (140b), [Baumhauer 1897 (4h), Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b)].

(3 $\bar{3}$ 1) Trechmann 1893 (140b), [Baumhauer 1897 (4h), Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].

(441) Ist von Goldschmidt 1897 (36a), Hintze 1904 (54a), und Desbuissons 1909 (21b) fälschlich zitiert auf Grund Hessenberg 1874 (50e + f), der jedoch den Binnit als holodrisch aufgefaßt hat. Nachgewiesen wurden nur die Flächen des negativer Deltoiddodekaeders :

(4 $\bar{4}$ 1) Trechmann 1893 (140b), Baumhauer 1897 (4h), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1), Niggli, Koenigsberger, Parker 1940 (89)].

(12.12.1) Trechmann 1893 (140b), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].

(13.13.1) Auch hier wurde bisher nur die negative Form nachgewiesen.

(13.1 $\bar{3}$ .1) Trechmann 1893 (140b), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].

(30.30.1) Trechmann 1893 (140b), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].

(332) Heuser 1856 (51c), Waltershausen 1857 (147c), Kenngott 1857 (68d), [G. v. Rath 1864 (109a + b)]. Kenngott 1866 (68i), Lewis 1878 (83b), Groth 1878 (38b), Baumhauer 1893 (4c), Trechmann 1893 (140b), [Dana 1892 (18f)], Baumhauer 1897 (4h), [Goldschmidt 1897 (36a)], Prior u. Spencer 1899 (102), [Hintze 1904 (54a), Desbuissons 1909 (21b), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1), Dana 1944 (18g)].

(3 $\bar{3}$ 2) Prior u. Spencer 1899 (102), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1), Dana 1944 (18g)].

(552) Trechmann 1893 (140b), Baumhauer 1897 (4h), Prior u. Spencer 1899 (102), [Hintze 1904 (54a), Desbuissons 1909 (21b), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1), Dana 1944 (18g)].

(5 $\bar{5}$ 2) Trechmann 1893 (140b), [Baumhauer 1897 (4h), Hintze 1904 (54a), Bader 1934 (1)].

(774) Ist von Dana 1944 (18g) unter den Formen angegeben, die für Tennantit gelten. Am Binnit ist diese Form noch nicht nachgewiesen worden.

(994) Trechmann 1893 (140b), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].

(665) Baumhauer 1897 (4h) = Vizinale, [Hintze 1904 (54a)].

(885) Trechmann 1893 (140b), [Baumhauer 1897 (4h), Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].

(885) Trechmann 1893 (140b), [Baumhauer 1897 (4h), Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].

Tetrakishexaeder: (hko)

(210) Kenngott 1866 (68i), Prior u. Spencer 1899 (102), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1), Dana 1944 (18g)].

(310) Baumhauer 1897 (4h), Prior u. Spencer 1899 (102), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1), Dana 1944 (18g)].

Hexakistetraeder: (hkl)

(321) S. v. Waltershausen 1857 (147c), Kenngott 1866 (68i), Schrauf 1873 (123), Hessenberg 1874 (50e + f), Lewis 1878 (83b), Groth 1878 (38b), Baumhauer 1892 (4c), [Dana 1894 (18g)], Baumhauer 1897 (4h), [Goldschmidt 1897 (36a)], Prior u. Spencer 1899 (102), [Hintze 1904 (54a), Desbuissons 1909 (21b), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1), Dana 1944 (18g)].

(321) Diese für Fahlerz angegebene Form ist am Binnit noch nicht beobachtet worden.

(543) Prior u. Spencer 1899 (102). [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36a), Bader 1934 (1)].

(743) Baumhauer 1897 (4h), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b)].

(745) Baumhauer 1897 (4h), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b)].

(941) Baumhauer 1897 (4h), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].

(965) Prior u. Spencer 1899 (102), [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].

(23.12.11) Trechmann 1893 (140b), Baumhauer 1897 (4h) = Vizinale, [Hintze 1904 (54a), Goldschmidt 1916 (36b), Bader 1934 (1)].

## 2. Entwicklung der chemischen Entzifferung

Die Tabelle Seite 181 zeigt, auf welcher Basis alle chemischen Überlegungen fußen. Wer die Originalliteratur einsieht, beachte die frühere Namensvertauschung von Dufrenoyzit und Binnit. Auch sind in der Literatur die Formeln in antiquierter Form geschrieben:

z. B.  $\text{Cu}^3\text{As}''''$  statt  $3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_5$  usw.

Die erste Analyse stammt von Nason und Uhrlaub und steht bei Sartorius von Waltershausen (147b) 1854. Waltershausen berechnet sie nach Abzug von Pyrit zu  $\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3 + \text{CuS}$ . Kenngott (68b) 1854, (68c) 1855 referiert in der bereinigten Schreibweise von Waltershausen, Rammelsberg (108) 1860 hingegen deutet die Analyse zu  $3\text{Cu}_2\text{S} \cdot 2\text{As}_2\text{S}_3$ .

Inzwischen erscheint in Kenngott (68d) 1856/7 die zweite Analyse, angefertigt von Stockar-Escher, berechnet zu  $3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_5$ . Rammelsberg (108) 1860 deutet die Analyse als  $4\text{CuS} \cdot \text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$ . Petersen (99) 1866 hingegen nimmt eine Verbindung  $3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$  an, was später (Prior und Spencer – 102c – 1899) bestätigt wird.

Mit Hilfe der beiden Analysen wird inzwischen weiter gerätselt: G. vom Rath (109a + b) 1864 gibt  $3\text{Cu}_2\text{S} \cdot 2\text{As}_2\text{S}_3$  an. Rammelsberg (108) und Kenngott (68d, 68i) verweisen auf die Formelgleichheit mit Enargit:  $3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_5$ ; während schon Delafoß (20) 1860, S. 435, das Mineral zu den Fahlerzen stellt, da die Stockar-Escher-Analyse einem Tennantit von Cornwall entspreche.

Im Jahre 1874, als Groth (38a) noch die Formel als « Sesquicuprosulfarseniat » diskutiert, bringt Mac Ivor (85) 1874 die 3. Analyse, die den Stockar Escher'schen Werten entspricht und ebenfalls der Enargitformel gleichgesetzt wird. – Foote's Catalogue (152) 1876 nennt  $3\text{CuS} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$ . Groth (38c) 1882, (38d) 1889, (38e) 1898, gibt wie Trechmann (140b) 1893  $\text{Cu}_6\text{As}_4\text{S}_9 = 3 \text{Cu}_2\text{S} \cdot 2 \text{As}_2\text{S}_3$  an. Ebenso referiert Dana (18f) 1894 alle drei Analysen.

Inzwischen hatte eine Analyse schwedischen Tennantits von Fredricite Sjörgren (Geol. För. Förh. 5, S. 82, 1880) die nahe Verwandtschaft – auch im Silbergehalt – von Fahlerz und Binnit gezeigt.

1899 bringt die Veröffentlichung von Prior und Spencer (102c) zwei Analysen an Material mit hellem (A) und dunklem (B) Strich; das dunkle Mineral ist eisenreicher. Die Autoren trennen den Eisenanteil ab und erhalten  $3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3 + x (6\text{FeS} \cdot \text{As}_2\text{S}_3)$ , (wobei die Analyse ca.  $x = 1/12$  hat).

Der erste Anteil allein wäre unter Berücksichtigung der isomorphen Vertretung zu schreiben als  $3(\text{Cu, Ag})_2\text{S} \cdot (\text{As, Sb})_2\text{S}_3$  wobei auch  $\text{Zn}^{++}$  ins Gitter eintreten kann.

Dieser Stand der Erfahrung wird in Hintze (54a) 1904, S. 1099, und Groth (38f) 1908 referiert, während Desbuissons (21b) 1909 noch  $3\text{Cu}_2\text{S} \cdot 2\text{As}_2\text{S}_3$  nennt.

Kretschmer (76) 1911 diskutiert die Binnitanalysen noch einmal im Zusammenhang mit den Fahlerzen überhaupt, die nach ihm

$$[(\text{Cu, Ag})_x^1 (\text{Zn, Fe, Pb, Hg, Mn, Ni})_y^2]_3 \cdot (\text{Sb, As, Bi})^3 \text{S}_{3+\frac{y}{2}}$$

zu schreiben sind. Dabei sollen  $(\text{Cu}_9\text{Sb}_3)$  und  $(\text{Zn}_6\text{Sb}_2)$  vertretbare Atomgruppen gleicher Valenzsummen bilden.

Priors Zn-reiche Binnitanalyse (103f) 1908/10 bestätigt die Notwendigkeit, auch für das Zn einen Formelplatz zu suchen.

In den Referaten weist Brun (16) 1917 auf Tl-Gehalte ganz allgemein in Binnentaler Sulfosalzen hin. Larsen (80) 1921 gibt für Tennantit die Formel  $5\text{Cu}_2\text{S} \cdot 2\text{ZnS} \cdot 2\text{As}_2\text{S}_3$ , auch Klockmann (71a) 1922 glaubt an Binnite, die reicher an  $\text{Cu}_2\text{S}$  sind als die Prior-Spencer'sche Formel angibt. Formelüberlegungen in Doelter-Leitmeier (23) 1926 siehe dort auf Seite 187. — Dan Giusca, der für Binnit  $4\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$  anführt, legt durch erzmikroskopische Studien nahe, daß Binnit von anderen Sulfarseniden verdrängt wird (Kritik dazu: Schneiderhöhn-Ramdohr -121- 1931; Ramdohr -106c- 1950).

Durch die zunehmende Erkenntnis über Mischkristallbildung werden die Überlegungen über « formeltreue Verbindungen » überholt und Bader (1) 1934 berechnet die Analysen neu, wobei die Uhrlaub-Analyse wegen der Pb-Gehalte auszuschneiden hat. — Es verbleiben zur Berechnung:

- a) Stockar-Escher:  $(\text{Cu}_{0,98}\text{Ag}_{0,02})_3 \cdot \text{As}_{1,02}\text{S}_{4,10}$
- b) Mac Ivor:  $(\text{Cu}_{0,97}\text{Ag}_{0,03})_3 \cdot \text{As}_{1,01}\text{S}_{4,07}$
- c) Prior + Spencer:  $(\text{Cu}_{0,95}\text{Ag}_{0,04}\text{Fe}_{0,02})_3 \cdot \text{As}_{0,92}\text{S}_{3,11}$
- d) Prior + Spencer:  $(\text{Cu}_{0,86}\text{Ag}_{0,04}\text{Fe}_{0,08})_3 \cdot \text{As}_{1,02}\text{S}_{3,02}$
- e) Prior:  $(\text{Cu}_{0,82}\text{Zn}_{0,15}\text{Ag}_{0,01}\text{Fe}_{0,01})_3 \cdot \text{As}_{0,99}\text{S}_{3,28}$

Während a) und b) einen S-Überschuß haben (Formel etwa:  $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ ), passen c), d) und e) gut zur Formel  $\text{Cu}_3\text{AsS}_3$ .

Bermann und Gonyer (11) 1939 ziehen es wegen des S-Überschusses vor, die Formel  $\text{M}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$  zu geben, indem sie sich außer auf die obengenannten noch auf Wherry und Foshag (J. Wash. Ac. Sc. 11,1, 1921), Machatschki (84) 1928, sowie Pauling und Newman (97) 1934 beziehen.

Die späteren Referate bringen keine neuen Gesichtspunkte; vgl. in: de Quervain-Friedländer (104) 1942; Niggli-Königsberger-Parker (89) 1940; Dana (18g) 1946, hier findet sich der Hinweis, daß bei einem Tennantit von Aspen/Colorado ausnahmsweise der Ag-Gehalt den üblichen Wert von ca 6 % überschritt, er lag nämlich bei 14 %! (Penfield, Am. J. Sc. 44, S. 18, 1892; Jb. Min. 1894, II, 219); Klockmann-Ramdohr (71b) 1954.

### Binnitanalysen

Autor (und Literatur)	Cu	Fe	Ag	As	S	Zn-Anteile, bzw. nicht zu berücksichtigendes Pb	Summe	Spez. Gewicht
Uhrlaub (in : S. v. Walters- hausen — 147b —) 1854	37,746 38,360	0,824	1,229 1,249	30,059 30,552	27,546 27,039	Pb : 2,749 2,794	100,153 99,994	4,46
Stockar-Escher (in : Kenngott — 68d —) 1856	46,24		1,91	18,98	32,73		99,86	
Mac Ivor — 85 — (1874)	46,05		2,43	18,79	32,46		99,73	5,52
Prior + Spencer — 102c — (1899) A)	49,83	1,11	1,87	19,04	27,60	Pb : 0,17	99,62	4,62
B)	44,12	3,68	4,77	20,49	26,94		100,00	4,598
Prior — 103f — (1908/10)	42,03			19,80		Zn : 7,76	99,53	4,61
		0,62	1,24		28,08			

*Das spez. Gewicht:* findet sich in der Literatur in den Grenzen 4,4 bis 5,5 angegeben : Kenngott 1855 (68c) gibt nach Uhrlaub (147a) 4,46 an, in (68i) 1866 läßt er die Werte 4,4 bis 4,7 zu. Foote's naturalist's agency catalogue 1876 (152) gibt 4,4 an. Dana 1894 (18f) : 4,477 ; Kretschmer 1911 (76) : Ca. 4,5-4,9 ; Larsen 1921 (80) für Tennantit : 4,6 ; Dan Giusca 1930 (35b) : 4,6 ; Bader 1934 (1) : 4,60-4,62 ; Niggli, Koenigsberger, Parker 1940 (89) für Fahlerz : 4,4-5,1 ; Dana 1944 (18g) für Fahlerz 4,6-5,1.

*Die Härte* wird mit 4 bis 4,5 angegeben. Heusser 1856 (51c) 4,5 ; Naumann 1860 gibt in den Elementen der Mineralogie fälschlich den Wert 2-3 an. Derselbe Fehler wird offenbar 1894 in Dana (18f) übernommen, der 2,5-3 angibt. Hesseberg 1875 (50f) : 4,5 ; ebenso der Foote's catalogue 1876 (152). Larsen 1921 (80) gibt für Tennantit die Härte 3 an. Dan Giusca 1930 (35b) : 4 ; ebenso Bader (1) ; Niggli, Koenigsberger, Parker 1940 (89) für Fahlerz : 3-4 ; Dana 1944 (18g) gibt für Fahlerz die Härte 3-4,5 an, wobei Tennantit härter als Tetraedrit sei.

#### *Zur Struktur der Fahlerze*

Eine strukturelle Betrachtung würde den Rahmen der Studie sprengen. Die nachstehenden Bemerkungen sollen daher nur ein Hinweis auf die Entwicklung in neuerer Zeit sein.

Von 1928 ab werden Strukturuntersuchungen an Binniten durchgeführt, die ihrerseits zu einer Bestätigung der chemischen Formel des Binnit führten. Eine



Erklärung der Gitterstruktur des Binnits und Präzisionsmessungen seiner Gitterkonstanten veröffentlichte Machatschki 1928 (84b), studiert an Debyediagrammen der Kristalle (S. 206/10). Dabei bestätigt sich die Raumgruppe der Fahlerze als hexakistetraedrisch  $Td^3$ . Er gibt den Lengenbacher Binnit nach De Jongs mit einer Gitterkonstanten  $a_0 = 10,205 \text{ \AA}$  an, wo sich in dieser Elementarzelle 8 Moleküle  $Cu_3AsS_3$  befinden. Diese Zelle hat große Ähnlichkeit mit einer 8-fachen Zinkblendezone: Bei der von ihm vorgeschlagenen Aufstellung unterscheidet sich die Fahlerzzelle von einer 8-fachen Zinkblendezone nur dadurch, daß die Sb (bzw. As) Atome nicht genau in den Eckpunkten der Oktanten der großen Zelle liegen und daß 2 von den Oktanten beim Fahlerz keine S-Atome enthalten. Die Cu-Atome sitzen in den Mitten der Kanten der Oktanten und die Sb-Atome fast in der Mitte derselben, und jeder Oktant enthält drei S-Atome (S. 208/4).

« Die Atome der einwertigen Metalle z. B. Cu und Ag können im Fahlerzgitter bis zu einem gewissen Ausmaß durch solche von zweiwertigen Metallen, insbesondere Zn und Fe ersetzt werden. Dies bedingt gleichzeitig die Aufnahme von Schwefel über die einfache Fahlerzformel hinaus. Die überzähligen Schwefelatome können an jenen Stellen in das Gitter eingebaut werden, an denen (im Gegensatz zum Zinkblendegitter) beim Fahlerz die Schwefelatome fehlen (S. 212). »

Weitere Strukturuntersuchungen gehen auf Pauling und Neumann 1934 (97) zurück.

Berry 1943 (12b), Machatschki 1954 (84c), Ross 1957 (114), Hellner, Weitz, Rösch 1958 (49) referieren im wesentlichen den damaligen Stand.

### III. Zur Revisionsmethode der kristallographischen Daten

#### 1. Apparatives

Die Messungen mußten mit einem älteren Zweikreisgoniometer (Modell II von R. Fuess, Berlin Steglitz) durchgeführt werden. Es entspricht etwa der Abb. 55 des Gerätebuches von Leiss. Die durchgeführten Verbesserungen samt Justiermethode etc. sind in einem ausführlichen Apparateprotokoll im Institut festgehalten. Aus diesem Protokoll ist am Ende dieses Kapitels nur die Literaturliste wiedergegeben.

#### 2. Gnomonische Projektion und Indizesermittlung

Die goniometrische Auswertung erfolgt über die gnomonische Projektion, weil nur diese eine genügend große Auflösung der Flächenwinkel erlaubt. Bei dem von uns gewählten Radius  $R^* = 70 \text{ cm}$ , das

ist die Distanz der Fläche (001) von (110), liegt also der Pol einer um  $45^\circ$  geneigten Fläche 70 cm vom Projektionsmittelpunkt entfernt. Für ein rechtwinkliges Koordinatensystem ergeben sich auf der Lagenkugel  $P_{x,y,z}$  ( $R_{\text{Kugel}} = 1$ , und Polarkoordinaten  $\varphi, \rho$ ) die Werte :

$$\begin{aligned} x \text{ (a-Achse)} &= \sin \varphi \cdot \sin \rho \\ y \text{ (b-Achse)} &= \cos \varphi \cdot \sin \rho \\ z \text{ (c-Achse)} &= \cos \rho \end{aligned}$$

und für die polständige Projektionsebene ( $E^*$ ) :

$$\varphi^* = \varphi, \rho^* = R^* \cdot \operatorname{tg} \rho$$

Die Indizesberechnung erfolgt aus den (in Polarkoordinaten erfaßten) Tangentialflächen der Lagenkugel wie folgt :  $(h \ k \ l) \equiv$  Tripel der reziproken Achsenabschnitte,

$$x = \frac{1}{h}, \ y = \frac{1}{k}, \ z = \frac{1}{l} \quad (\text{Achsenabschnitte}).$$

$$\begin{aligned} \sin \varphi &= \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} = \frac{h}{\sqrt{h^2 + k^2}} \\ \cos \varphi &= \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} = \frac{k}{\sqrt{h^2 + k^2}} \\ \operatorname{tg} \rho &= \frac{z}{x \sin \varphi} = \frac{h}{l \sin \varphi} \\ \operatorname{tg} \rho &= \frac{z}{y \cos \varphi} = \frac{k}{l \cos \varphi} \end{aligned}$$

Für kubische Kristalle kann man in dem durch die Flächenpole (001), (011), (111), (101) umgrenzten Quadrat der gnomonischen Projektion alle Positionen wiedergeben.

Die Abb. 1, siehe Seite 191, zeigt die Grundzonen innerhalb dieses repräsentativen Bereichs.

Die *Positionen*  $x, y$  des *gnomonischen Netzes* für die wichtigsten Flächen errechnen sich wie folgt :

$$x = R^* \cdot \frac{h}{l} \quad y = R^* \cdot \frac{k}{l}$$

also (bei  $R^* = 70$  cm) ergeben sich die folgenden Werte in cm :

a) für *Tristetraeder*; Zone (001) (111) =  $[1\bar{1}1]$   $x = y = A$

A für (111) = 70 (334) = 52,5 (557) = 50 (223) = 46,6.. (558) = 43,75 (10.10.17) = 41,17 (559) = 38,8.. (10.10.19) = 36,84 (112) = 35 (12.12.25) = 33,6 (10.10.21) = 33,3.. (449) = 31,108 (5.5.12) = 29,16.. (225) = 28 (5.5.13) = 26,92 (338) = 26,25 (10.10.27) = 26 (5.5.14) = 25 (6.6.17) = 24,702 (10.10.29) = 24,14 (113) = 23,3..



(6.6.19) = 22,104 (5.5.16) = 21,875 (227) = 20 (5.5.18) = 19,4.. (5.5.19) = 18,42  
 (114) = 17,5 (229) = 15,5.. (10.10.47) = 14,89 (115) = 14 (2.2.11) = 12,72..  
 (116) = 11,6.. (2.2.13) = 10,768 (117) = 10 (5.5.37) = 9,45 (4.4.31) = 9,032  
 (118) = 8,75 (119) = 7,7.. (1.1.10) = 7 (5.5.51) = 6,86 (1.1.12) = 5,83.. (1.1.14) = 5  
 (1.1.16) = 4,375 (2.2.35) = 4 (1.1.18) = 3,8.. (1.1.20) = 3,5 (1.1.24) = 2,92  
 (1.1.25) = 2,8 (1.1.28) = 2,5 (1.1.30) = 2,3.. (1.1.34) = 2,06 (1.1.40) = 1,75  
 (1.1.76) = 0,921 (001) = 0

b) für *Deltoiddodekaeder*; Zone (011) (111) =  $[0\bar{1}1]$  x = 70 y = A  
 Zone (101) (111) =  $[\bar{1}01]$  x = A y = 70

A für (111) = 70 (566) bzw. (656) = 58,3.. (233) bzw. (323) = 46,6.. (588) bzw.  
 (vertauscht wie oben) = 43,75 (477) = 40 (122) = 35 (499) = 31,1.. (255) = 28  
 (133) = 23,3.. (144) = 17,5 (1.12.12) = 5,83 (1.13.13) = 5,39 (1.30.30) = 2,3..

c) für *Pyramidenwürfel*; Zone (001) (011) =  $[100]$  x = 0 y = A  
 Zone (001) (101) =  $[010]$  x = A y = 0

A für (012) bzw. (102) = 35 (013) bzw. (103) = 23,3..

d) für *Hexakistetraeder*; Zone (112) (233) =  $[\bar{3}11]$  x = A y = B  
 Zone (112) (323) =  $[1\bar{3}1]$  x = B y = A

Also: (345) =  $A_1B_1$  bzw. (435) =  $B_1A_1$ ; (457) =  $A_2B_2$  bzw. (547) =  $B_2A_2$ ;  
 (569) =  $A_3B_3$  bzw. (659) =  $B_3A_3$

$A_1 = 42$   $B_1 = 56$ ;  $A_2 = 40$   $B_2 = 50$ ;  $A_3 = 38,8..$   $B_3 = 46,6..$

Zone (112) (011) =  $[\bar{1}\bar{1}1]$  x = A y = B

Zone (112) (101) =  $[\bar{1}\bar{1}1]$  x = B y = A

Also: (123) =  $A_1B_1$  bzw. (213) =  $B_1A_1$ ; (347) =  $A_2B_2$  bzw. (437) =  $B_2A_2$ ;  
 (11.12.23) =  $A_3B_3$  bzw. (12.11.23) =  $B_3A_3$

$A_1 = 46,6..$   $B_1 = 23,3..$ ;  $A_2 = 40$   $B_2 = 30$ ;  $A_3 = 36,52$   $B_3 = 33,48$

Zone (102) (113) =  $[21\bar{1}]$  x = A y = B

Zone (012) (113) =  $[12\bar{1}]$  x = B y = A

Also: (419) = AB bzw. (149) = BA; A = 7,7.. B = 31,1..

### 3. Messung und Zeichnung

Nach dem am Goniometer provisorisch gezeichneten Kopfbild und einer zugeordneten stereographischen Skizze ist es ohne weiteres möglich, auch Fragmente richtig zu indizieren. Da die Würfel Flächen am Binnit häufig gestreift sind, wird man gegebenenfalls eine (112)-Fläche polar stellen, man muß dann allerdings das ganze System transformieren. — Erst jetzt wurde zur gnomonischen Projektion übergegangen und aus ihr die parallelperspektivische Zeichnung entwickelt. Zur naturgetreuen Abbildung ist es notwendig, die mittels Okularmikro-

meter gemessenen wahren Kantenlängen der stets verzerrten Kristalle heranzuziehen.

Die Sicherheit der Flächenmessung hängt weitgehend von der Güte der Signale ab. Liegen nämlich Flächen mäßiger Güte benachbart, und haben sie nur einen geringen Winkelabstand, dann muß man sich mit den Phänomenen vertraut machen, wie sie von Websky beschrieben worden sind.

Die Sicherstellung fraglicher Flächen erfolgt durch probeweise Indizierung eines begrenzten Indizesfeldes, indem man aus der Fehlerbreite der Messung und der Erwartungswahrscheinlichkeit der Fläche (kleine Indizeszahlen, Komplikationsgesetz, Zonenlage) den wahrscheinlichsten Wert ermittelt.

Eine Fehlerrechnung für die Einkreismessung gibt Websky, für die zweidimensionale Mannigfaltigkeit der Zweikreismessung hat Woyno eine Lösung mit Hilfe der Häufungsmethode anzugeben versucht.

#### 4. Das Komplikationsgesetz (v. Goldschmidt 1897)

Das Komplikationsgesetz, oder vielmehr eine solche Regel, hilft die Auswahl möglicher Indizes einzuengen. Es besagt, daß sich bei normaler Entwicklung eines Zonenstückes die weniger häufigen Flächen durch Kantenabstumpfung der häufigeren Flächen ergeben: Zwischen die Hauptknoten (Normalreihe nullter Ordnung) schieben sich sekundäre Flächen, welche mit den Gliedern der vorigen Reihe eine Normalreihe erster Ordnung bilden, analog folgt eine zweite und dritte Ordnung usw. Dabei berechnen sich die neuen Glieder durch Addition der Indices aus den alten:

$$(h_1 + h_2, k_1 + k_2, l_1 + l_2)$$

oder in den Goldschmidt'schen polaren Symbolen geschrieben nach der Beziehung:

$$\left( \frac{h_1 + h_2}{l_1 + l_2}, \frac{k_1 + k_2}{l_1 + l_2} \right) = p_3, q_3, \quad \text{wo } p_v = \frac{h_v}{l_v}, \quad q_v = \frac{k_v}{l_v} \text{ ist,}$$

was dann auf seine harmonischen Zahlenreihen

$$p_v^* = \frac{p_v}{q_v} \text{ führt.}$$

Die harmonischen Zahlen sind die Abstände  $\rho$  der Projektionen der Flächen auf die Tangentialebene des einen Hauptknotens A des Zonenstückes.

Dieses Komplikationsgesetz deckt sich bis zur dritten Komplikationsreihe mit den an Kristallen gemessenen Formen. Jedoch gibt es auch ein anderes Gesetz, nach Goldschmidt das der Kombinationsreihe, welche bis zur dritten Entwicklungsreihe dasselbe liefert. Dabei berechnet sich die v Kombinationsreihe als Kombination der Verhältnisse der Zahlen 1, 2, 3 ... v. Ab der Entwicklungsreihe dritter Ordnung werden die nach den beiden Gesetzen berechneten Reihen unterschiedlich :

$$\text{Komplikation 4 : } 0 \quad \frac{1}{4} \quad \frac{1}{3} \quad \frac{2}{5} \quad \frac{1}{2} \quad \frac{3}{5} \quad \frac{2}{3} \quad \frac{3}{4} \quad 1 \quad \frac{4}{3} \quad \frac{3}{2} \quad \frac{5}{3} \quad 2 \quad \frac{5}{2} \quad 3 \quad 4 \quad \infty$$

$$\text{Kombination 4 : } 0 \quad \frac{1}{4} \quad \frac{1}{3} \quad - \frac{1}{2} \quad - \frac{2}{3} \quad - 1 \quad - \frac{4}{2} \quad \frac{3}{2} \quad 2 \quad - 3 \quad 4 \quad \infty$$

(in Form der Goldschmidt'schen harmonischen Zahlen geschrieben.) Gleichzeitig werden die Flächen auch so klein, die Formen so selten und unvollständig entwickelt, daß Goldschmidt schon 1921 die Frage offen lassen muß, welchem der beiden Gesetze der Vorrang gebührt ; Da ein Beweis noch ausstand, wandte er auf weiteres das Komplikationsgesetz an.

Abgesehen von den auf diese Art und Weise ermittelten « wahrscheinlichen Flächen » finden sich in der Nachbarschaft von Hauptflächen solche mit hohen Indizes, die man als Vizinalflächen zu eliminieren liebt. Indessen ist hier oft nicht sicher zu unterscheiden, ob nicht doch eine echte neue Flächenbildung vorliegt, die man zu indizieren hat, während eine bloß vizinale Neigung nicht sinnvoll zu indizieren wäre. Außerdem scheint sich eine « gestörte Lage » kleiner Flächen (das heißt eine winkelfalsche Position) dort zu ergeben, wo andere Zonen unter spitzem Winkel vorbeistreichen.

## 5. Die Meß- und Revisionsprotokolle

Für eine genauere Flächenerfassung scheiden alle aufgewachsenen Kristalle aus. Aber auch Splitter mit zu kleinem Flächenbereich sind ungeeignet, zumal sich in verschiedenen Zonen gleiche Winkel wiederholen können.

Am realen Kristall sind (abgesehen von Würfel und Rhombendodekaeder, manchmal auch Tetraeder) nie sämtliche möglichen Flächen realisiert, auch dann nicht, wenn die betreffenden Sektoren voll ausgebildet sind. Wir haben daher eine Flächenerwartbarkeit E eingeführt.

$$E = \frac{e}{m} \quad (e = \text{effektiv vorhandene Flächen}) \\ (m = \text{mögliche Flächen})$$

Ein Hexakistetraeder hat 24 Flächen, sind 2 der in Frage kommenden Oktanten am Kristall mit Flächen ausgebildet, so ist  $m = 6$ ; beobachtet man 2 Flächen ( $e = 2$ ), so wird also  $E = 2/6 = 1/3$ .—

Zur Flächengröße muß noch die Signalgüte (S) als Sicherheitskriterium hinzutreten. Oft haben noch sehr kleine Flächen gute Signale, scheinbar sichere Flächen bleiben flau.

Da man am Nonius optimal  $10''$  schätzen kann,<sup>1</sup> liegen die *großen* Ungenauigkeiten bei der Signaleinstellung; nur beim kompletten Kreuz (einschließlich sichtbarer Signalbalken) bleibt der Fehler unter einer Minute. Für die schlechteren Signale ergeben sich folgende Genauigkeitsstufen:

Signal- güte	Signalbeschreibung	Fehler $\pm$ (in Minuten)
I	Kreuz u. zusätzlicher Diagonalbalken sichtbar	1
II	Kreuz ohne Diagonalbalken sichtbar	2
III	Kreuz mit verschwommenem Vertikalbalken (Spaltwirkung schmaler Flächen)	5
IV	Ausfall des Vertikalbalkens, verschwommener Horizontbalken	15
V	diffuse Gesichtsfeldaufhellung	45
VI	kaum merkliche Aufhellung	> 100

Der der Indizierung zugrundeliegende Mittelwert geht jeweils auf 4 Einzelmessungen zurück, wobei nach Schwenken des Horizontalkreises um  $180^\circ$  die Zonen jeweils auch invers zur Messung kamen. Von den Meßprotokollen sind nachstehend nur drei beispielhafte Ausschnitte wiedergegeben. Das Gesamtprotokoll ist im Institut einsehbar.

---

<sup>1</sup> Mittels des Doppelnonius ( $180^\circ$  abstehend) wurde entsprechend dem Verfahren von Fedorow eine Verifikationstabelle aufgestellt, nach der der Exzentrizitätsfehler der Horizontalachse  $5''$  nicht übersteigt; die Vertikalachse liefert allerdings eine Ungenauigkeit  $\pm 20''$ .

## Beispielhafte Ausschnitte aus den Messprotokollen

Form	Flächener- wartbarkeit	Flächen- nummer	Flächenindex	Signalgüte S	Bemerkungen (neu :) (Flächenausbildung :)	Winkelwerte $\rho$ (theor. :) (gemessen :)
------	---------------------------	--------------------	--------------	-----------------	--	---

### *Kristall B 571/7 Tetraeder*

+ (111)	1/2	28	(111)	IV	sehr klein	
— (111)	3/3	44	(1 $\bar{1}$ 1)	III	klein	
		36	( $\bar{1}$ 11)	II	klein und glänzend	
		g	(11 $\bar{1}$ )	II	relativ groß und glatt	

### *Kristall B 568/V Tetrakisheptaeder (hko)*

(310)	3/6	1	(103)	III	groß und matt, zart gestreift    (001)	
		7	(013)	III	wie oben	
		24	(031)	VI	sehr schmal	
(910)	2/6	19	(109)	VI	neu äußerst schmal	
		18	(019)	V	neu sehr schmal	

### *Kristall B 240 Ausschnitt aus der Liste der Tristetraeder (hkk)*

+ (722)	1/10	156	(22 $\bar{7}$ )	III	sehr schmal	22°00'	21°36'
+ (16.5.5)	3/10	49	(5.5.16)	V	sehr, sehr schmal	23°51'	23°30'
		135	(5.1 $\bar{6}$ .5)	III	sehr schmal		23°30'
		195	(5.1 $\bar{6}$ . $\bar{5}$ )	III	sehr schmal		24°10'
— (16.5.5)	1/10	8	(5.5.16)	IV	neu sehr schmal	23°51'	24°12'
+ (311)	2/10	59	( $\bar{1}$ 13)	III	schmal	25°14'	25°00'
		235	(31 $\bar{1}$ )	IV	sehr schmal		24°30'
— (14.5.5)	1/10	9	(5.5.14)	III	neu sehr schmal	26°48'	26°40'

## 6. Literatur zum III. Kapitel

### *Das Zweikreisgoniometer*

CORNU, A. : « Über eine mögliche Fehlerquelle bei goniometrischen Messungen », Bull. Soc. min. Franc. Bd. 1. 1878, S. 35-37. Ref. in : Z. Krist. 3, 1879, S. 638.

FEDOROW, E. VON : « XXIV, Universal-(Theodolith) Methode in der Mineralogie und Petrographie. » (Zweikreisgoniometer mit Autokoll.) Z. Krist. 21, 1893, S. 574-714.

GOLDSCHMIDT, V. : « Goniometer mit zwei Kreisen », Z. Krist. 21, 1893, S. 210-232.

GOLDSCHMIDT, V. : « Das zweikreisige Goniometer (Modell 1896) und seine Justierung », Z. Krist. 29, 1898, S. 333-345.

LEISS, C. : « Optische Instrumente der Firma Fuess ». Verl. Engelmann, Leipzig 1899.

SCHROEDER, R. : « Kristallometrisches Praktikum ». Springer-Verl. Berlin 1950.

WEBSKY, M. : « Über Einrichtung und Gebrauch der von R. Fuess in Berlin nach dem System Babinet gebauten Reflexionsgoniometer (Modell II), (Einkreisgoniometer). Z. Krist. 4, 1880, S. 545.

### *Das Reflexbild in Abhängigkeit von der Flächenausbildung und -Größe*

FEDOROW, E. VON : « Universal-(Theodolith-)Methode in der Mineralogie und Petrographie. » Z. Krist. 21, 1893, S. 574-678 z. B. : S. 662.

SCHRAUF, A. : « Über Eggonit » (Anhang : Über die Formen des Signals für Krystallmessungen). Z. Krist. 3, 1879, S. 356-358.

WEBSKY, M. : « Über die Lichtreflexe schmaler Kristallflächen » (für Websky'schen Spalt untersucht). Z. Krist. 3, 1879, S. 241-258.

### *Zur Fehlerrechnung*

WEBSKY, M. : « Über Einrichtung und Gebrauch der von R. Fuess in Berlin nach dem System Babinet gebauten Reflexions-Goniometer, Modell II » (einkreisig). Z. Krist. 4, 1880, S. 545.

WOYNO T. : « Die Anwendung der Häufungsmethode auf zweikreisige Kristallmessungen ». Cbl. Min. 1918, S. 107-120 und S. 142-152.

### *Zur Komplikationsmethode*

BAUMHAUER, H. : « Über den Ursprung und die gegenseitigen Beziehungen der Krystallformen ». Rektoratsrede Freiburg/Schweiz 1901 Druckerei St. Paul.

BAUMHAUER, H. : « Über die Aufeinanderfolge und die gegenseitigen Beziehungen der Krystallformen in flächenreichen Zonen ». Sitzber. d. k. preuss. Akad. d. Wiss., phys-math. Kl. 1904, S. 543-554.

BAUMHAUER, H. : « Untersuchungen über die Entwicklung der Krystallflächen im Zonenverbande ». Z. Krist. 38, S. 628-655, 1904.

BAUMHAUER, H. : « Über das Gesetz der Komplikation und die Entwicklung der Krystallformen ». Verhandl. d. Schweiz. Naturf. Ges. 1910, 93.

BAUMHAUER, H. : « Über die Entwicklung der Krystallflächen im Anschluß an neue Beobachtungen am Binnit ». Z. Krist. 52, 1913, 581-591.

BAUMHAUER, H. : « Beitrag zur vergleichenden Kristallographie ». Schw. Min. Petr. Mitt. 5, 1925, S. 348-426.

FEDOROW, E. VON : « Beiträge zur zonalen Kristallographie, Komplikationsgesetz und richtige Aufstellung der Kristalle. » Z. Krist. 35, 1902, S. 25-74.

GOLDSCHMIDT, V. : « I Über Entwicklung der Krystallformen ». Z. Krist. 28, 1897, S. 1-35.

GOLDSCHMIDT, V. : « II. Über Entwicklung der Krystallformen ». Z. Krist. 28, 1897, S. 414-451.



- GOLDSCHMIDT, V. : « Über Harmonie und Complication ». Springer, Berlin, 1901, S. 1-7.
- GOLDSCHMIDT, V. : « Über Komplikation und Displikation ». Sitz. Ber. d. Heidelb. Akad. d. Wiss. 1921/12. Abh. S. 1-90.
- HAAG, FR. : « Bemerkungen zum Complicationsgesetz ». Z. Krist. 45, 1908, S. 63-75.
- KLEBER, W. : « Die strukturtheoretische Diskussion kristallmorphologischer Fragen ». Fortschr. Min. 21, 1937, S. 172-224.
- SOMMERFELD, E. : « Kettenbruchähnliche Entwicklung zur Beurteilung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens bestimmter Flächenkombinationen an Krystallen ». Cbl. Min. 1903, S. 537-554.
- WONDRATSCHKE, H. : Über die Möglichkeit der Beschreibung kristallphysikalischer Eigenschaften durch Flächen ». Z. Krist. 110, 1958, S. 127-135.

#### *Vizinalflächen und Korrosionserscheinungen*

- BAUMHAUER, H. : « Neue Beobachtungen am Binnit und Dufrenoyzit ». Z. Krist. 28, 1897, S. 548.
- EXNER : « An Lösungsfiguren in Krystallen ». Ber. Akad. Wien LXIX, 6, 1874.
- GOLDSCHMIDT, V. : « Index der Krystallformen der Mineralien ». Springer, Berlin 1886, S. 146-147.
- GOLDSCHMIDT, V. : « Über Entwicklung der Krystallformen. Teil I u. II. » Z. Krist. 28, 1897, S. 1-35 und 444-451.
- GOLDSCHMIDT, V. : « Über krumme Flächen (Übergangsflächen). Mit Beobachtung am Phosgenit. » Z. Krist. 26, 1896, S. 1-15.
- HAMBERG, A. : « Natürliche Corrosionserscheinungen und neue Kristallflächen am Adular von Schwarzenstein ». Z. Krist. 15, 1888, S. 84.
- KREUTZ, ST. : « Über die Vizinalflächen ». Jahrb. Min. 1918, Ref. S. 110.
- TERTSCH, H. : « Vom Kristallwachstum ». Der Karinthin, Folge 39, 1959, S. 32-42.
- WULFF G. : « Zur Frage der Geschwindigkeit des Wachstums und der Auflösung der Kristallflächen ». Z. Krist. 34, 1901, S. 449-530.

#### *Kristallzeichnen mit Hilfe der Zentraldistanz*

- BOEKE, H. E. : « Über die graphische Ermittlung der Krystallelemente und den Zonenverband in der gnomonischen Projektion ». Z. Krist. 52, 1913, S. 175-178.
- HERITSCH, H. : « Über die Herstellung porträtgetreuer Kristallbilder aus der stereographischen Projektion. » Tscherm. Min. Petr. Mitt. 2, 1951, S. 67-82.
- MÖLLER, H. : « Zur Topometrie des Wachstumskörpers. » Jahrb. Min. Beil. Bd. 52, Abt. A. 1925, S. 182-191.
- TERTSCH, H. : « Verwendbarkeit parallelperspektivischer Krystallbilder zu Trachtmessungen ». Z. Krist. 47, 1910, S. 630-638.
- TERTSCH, H. : « Trachtrichtige Kristallzeichnung aus den Zentralsdistanzen ». Z. Krist. 88, 1934, S. 460-465.
- VIOLA, C. : « Ausgleichsmethoden der geometrischen Krystallographie ». Z. Krist. 23, 1894, S. 333-343.



## IV. Messungen an Binniten

Da die Literatur nur wenig Binnite in naturgetreuer, verzerrungsgerechter Ausbildung gezeichnet enthält, wurde bei der Revision und Messung auf diesen Umstand besonderes Gewicht gelegt, ohne Rücksicht darauf, daß durch die genauere Kantenerfassung der Einzelflächen (in Bezug auf ihre effektive Länge) ein erhöhter Arbeitsaufwand nicht zu umgehen war. Die gnomonischen Projektionen sind im Institut deponiert. Ersatzweise werden hier die stereographischen Skizzen beigelegt. – Das gnomonische Grundnetz des Binnit für den repräsentativen Bereich zwischen (001) und (111) findet sich nachstehend, (Abb. 1).

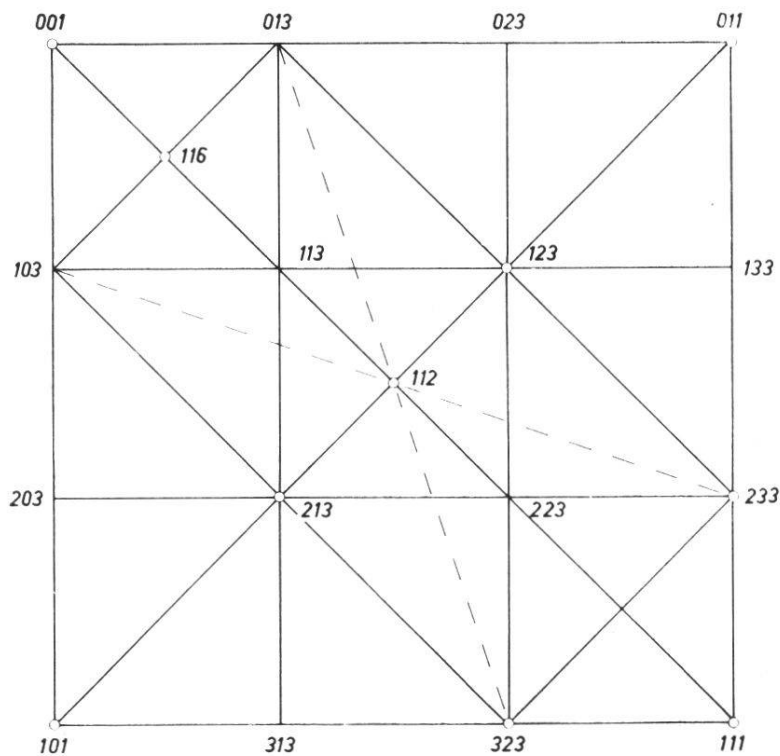


Abb. 1. Grundnetz des Binnits in gnomonischer Darstellung. Repräsentativer Bereich zwischen (001) (101) (111) und (011). Die Hauptflächen sind durch Kreise gekennzeichnet.

Es ergibt sich die folgende Gliederung des IV. Kapitels :

1) Zunächst wird als beispielhaft der Kristall 568/I beschrieben. Seine stereographische Projektion wird mit einem idealisierten Binnit

verglichen ; (Abb. 2). Parallelperspektivische Zeichnung von 568/I : (Abb. 3).

2) Es folgen (gekürzt) die Angaben zu den 6 Kristallen 561, 567, 568/III, 568/V, 571/7. 741. Die stereographischen Projektionen sind in der Abb. 4 gesammelt. Parallelperspektivische Zeichnungen : Abb. 5-10.

3) Erwähnt wird sodann die unabhängig von dieser Dissertation erfolgte Messung des Binnits B 240, deren Daten in den « Studien IV » gegeben werden. Vgl. Photographie in « Studien I ».

4) Es schließen sich die Revisionsnotizen weiterer Binnite an, soweit diese bei der statistischen Auswertung des V. Kapitels berücksichtigt wurden. Diese Kristalle haben zumeist Abb. in der Literatur.

5) Am Schluß des Kapitels sind die neuen Formen zusammengestellt.

### **1. B 568/I als beispielhafter Kristall im Vergleich zum « Idealbinnit »**

Als typisches Beispiel einer Revision mag die Vermessung des Binnit B 568 I dienen. Dieser etwa 3,5 mm große lose Kristall ist allseitig ausgebildet und liefert ungefähr *die* Flächen, die an charakteristischen Binniten zu erwarten sind.

In der Abbildung 2 sind daher die an diesem Kristall gefundenen Flächen einer idealisierten Binnitusbildung gegenübergestellt.

Unser Kristall zeigt fast keine Ätzerscheinungen. Daher haben alle Flächen einen sehr starken Glanz. Die Ätzerscheinung ist nur so stark, daß die am leichtesten angreifbaren Flächen, diejenigen der Form  $-\langle 211 \rangle$ , gerade eben matt bzw. sehr eng parallel der Kante dieser Tristetraederflächen mit dem negativen Tetraeder gestreift erscheinen. Interessant ist dieser Kristall wegen seiner zahlreichen Vizinalflächen und wegen des Vorherrschens der Form  $+(743)$  vor  $+(321)$ . Zu einer solchen Erscheinung bemerkt Goldschmidt in Z. Krist. 28, S. 421 : « Es sind Erscheinungen beobachtet, daß flächenbildende Kräfte (Punkte) auf benachbarte ablenkend wirken, indem sie solche zu sich heranzuziehen suchen ; daß Zonen ... die Punkte einer vorbeistreichenden oder unter spitzem Winkel geschnittenen Zone zu sich ablenken, daß ein starker Punkt eine vorbeistreichende Zonenlinie krümmt.

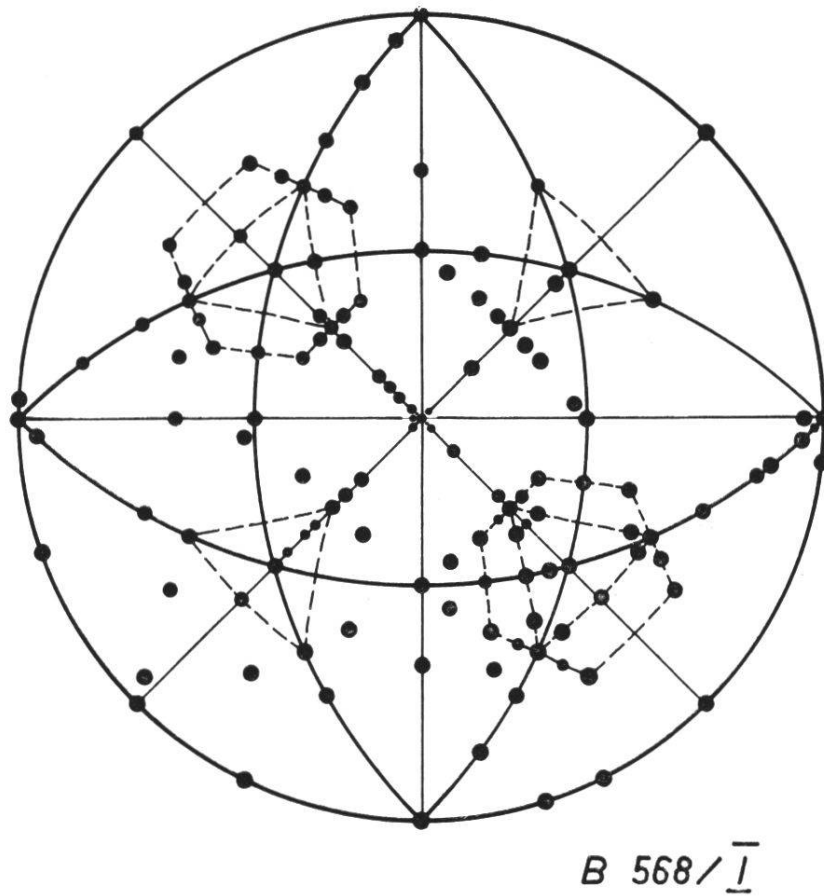


Abb. 2a. Stereographische Skizze der Oberseite des Binnit 568/I als Beispiel einer effektiven Tracht. – Die paralleelperspektivische Zeichnung siehe auf Abb. 3.

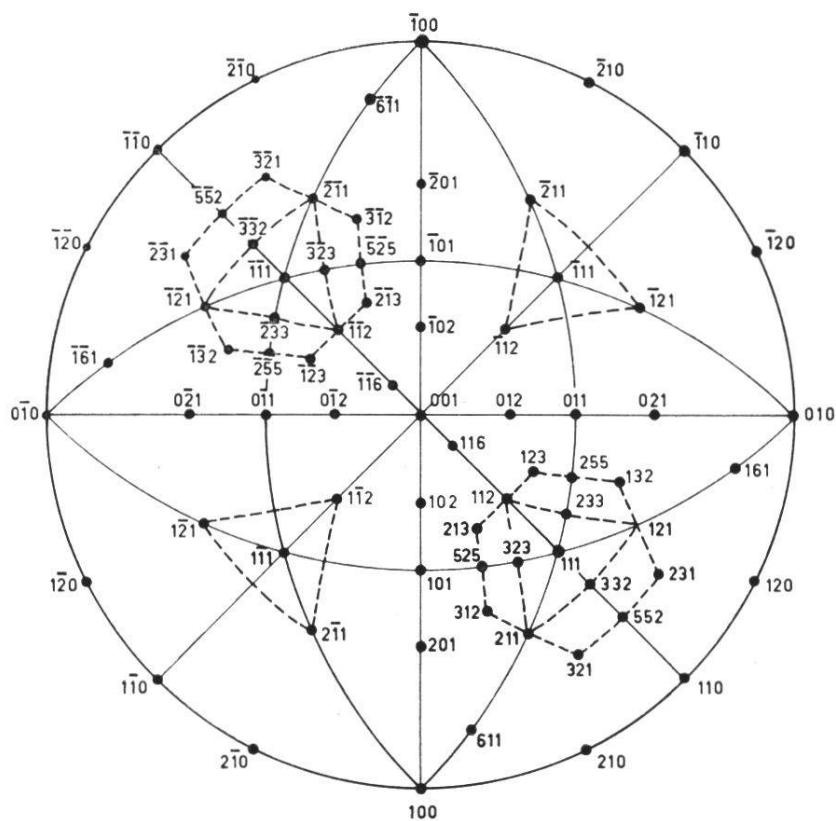


Abb. 2b. Stereographische Skizze eines idealisierten Binnits unter Betonung der Hemiedrie.

Solche Ablenkung bringt Punkte hervor, die sich vom typischen Ort etwas entfernen, sowie krumme Flächen. »

Der Kristall wurde von Baumhauer 1897 in Z. Krist. 28, S. 546 als Kristall I beschrieben und in seiner Fig. 4 in idealisierter Weise als Kombination der Formen (100), (110),  $\pm$  (211) und  $\pm$  (111) dargestellt. Er fand die Formen : (100) ; + (111) stark glänzend, unvollzählig ; – (111) größer als + (111), stark glänzend ; (110) ; + (211) glänzend ; – (211) matt bzw. gestreift parallel – (211) : – (111) ; ferner + (611), + (711), + (35.2.2), + (76.1.1) und die « Vizinale » + (665).

Diese Formen haben sich bei der Revision bestätigt und werden mit den zusätzlich gefundenen Formen in der nachfolgenden Formenübersicht aufgeführt.

In die Zeichnungen der Kristalle sind zur Orientierung einige Indizes eingetragen worden. In den stereographischen Projektionen wurde davon abgesehen. Die den Meßunterlagen beigefügten Originalzeichnungen und Originalprojektionen enthalten die Flächennummern, so daß man sich über jede einzelne Position orientieren kann. Dies gilt generell für alle nachstehend erwähnten Binnite. Es sei auch wiederholt, daß die nachfolgende Liste nur den Extrakt der im vorigen Kapitel besprochenen Meßprotokolle darstellt. Erst durch die dort aufgeführten Signalgüten und speziellen Bemerkungen läßt sich eine adäquate Bewertung der Flächen durchführen. Dies möge man beim Studium der Auswertungstabellen des V. Kapitels berücksichtigen.

### *Formenübersicht*

(Der Bruch bezieht sich auf die Flächenerwartbarkeit E).

Würfel (100) 5/5. Tetraeder + (111) 2/2 ; – (111) 2/2. Rhombendodekaeder (110) 8/8.

Tristetraeder (hkk) : + (211) 8/8, – (211) 8/8. + (76.1.1) 3/5, – (76.1.1) 2/5 neu. + (28.1.1) 1/5, – (28.1.1) 2/5. + (35.2.2) 3/6. + (911) 1/5. + (711) 2/5. + (611) 6/7. + (411) 1/5. – (411) 1/5 neu. + (311) 3/6, – (311) 4/7. + (12.5.5) 2/6, – (12.5.5) 1/6 neu. + (17.10.10) 2/6. – (855) 1/6 neu. – (322) 3/6 neu. – (988) 2/6 neu.

Deltoiddodekaeder (hhl) : + (665) 1/6. + (332) 3/6, – (332) 1/6. + (552) 3/6, – (552) 1/6.

Tetrakishexaeder (hk0) : (25.1.0) 4/13 neu. (910) 1/13 neu. (310) 2/13. (210) 5/13.

Hexakistetraeder (hkl):  $+(743) 14/14$ ,  $-(743) 2/12$  neu.  $+(321)$  fraglich,  $-(321) 4/12$ .  $+(965) 6/12$ .  $+(651) 3/12$ .  $+(732) 1/12$  neu.  $-(11.10.1) 3/12$  neu.  $+(10.5.2) 1/12$ .

### *Bemerkungen*

1) Die *Würfelflächen* sind von einem ganzen Hof von Flächen in der Richtung der vier sich in ihnen schneidenden Hauptzonen umgeben. Auffallend ist die große Anzahl von positiven Tristetraedern z. B. bei der Fläche (001), wo der Horizontalbalken des Signalkreuzes in einem Winkelbereich von  $\rho = 18^\circ 15'$  bis etwa  $\rho = 347^\circ$  ununterbrochen aufleuchtet, unterteilt von einigen mehr oder weniger deutlich ausgebildeten Vertikalbalken, die die Lage der Einzelflächen in diesem Verbands angeben. Eine Reihe positiver Tristetraeder sind auch bei der Würfelfläche (010) zu beobachten. Sie ziehen sich bis (121) hin. In der Zone der negativen Tristetraeder sind die « Vizinalen » von (100) weniger zahlreich, noch geringer an Zahl in der Zone der Tetrakishexaeder. Positives und negatives Tetraeder haben kleine, glänzende Flächen; das Rhombendodekaeder hat große, glatte ungestreifte Flächen.

2) Groß und vorherrschend entwickelt sind die *Tristetraeder*  $+(211)$  und  $-(211)$ . Alle übrigen sind nur untergeordnet d.h. sie haben nur geringe Größe und unvollzählige Flächenausbildung; einige sind ggf nur als Vizinalen zu werten. Die Flächen von  $-(211)$  sind größer als die des positiven Tristetraeders, jedoch im Gegensatz zu diesem matt, bedingt durch die sehr enge Streifung parallel zur Kante mit (100). Es sei angemerkt, daß beim Binnit B 561 auf den  $-(211)$ -Flächen im Gegensatz zu B. 568/I eine Streifung senkrecht zu dieser Richtung, also parallel zur Kante mit (110) vorhanden ist. Die Fläche  $(\bar{2}11)$  zeigt beide Streifungen vereint.

3) Zum neuen *Tristetraeder*  $-(322)$ : Das Kreuzsignal der Fläche  $(1\bar{1}1)$  wird verlängert durch einen diagonal verlaufenden Lichtschweif, der sich ohne Unterbrechung über den ganzen Winkelbereich bis zur Fläche  $(2\bar{1}1)$  hinzieht. Er nimmt nach  $(2\bar{1}1)$  hin an Intensität zu. Vertikalbalken oder Helligkeitsmaxima lassen sich nicht erkennen. Auch die Signale von  $(1\bar{2}1)$  und  $(1\bar{1}1)$  sind durch einen durchgehenden Lichtschweif miteinander verbunden, der nach  $(1\bar{2}1)$  hin an Intensität zunimmt, ohne ein Helligkeitsmaximum oder Vertikalbalken des Lichtsignals ausgebildet zu haben. Es kann sich in den beiden ge-





nannten Zonenstücken um gekrümmte Flächen handeln. Da im Zonenstück (1 $\bar{1}$ 2) bis (1 $\bar{1}$ 1) die Fläche (2 $\bar{2}$ 3) einen leidlich guten Reflex gibt, werden in den beiden erstgenannten Zonen die entsprechenden Flächen mit (3 $\bar{2}$ 2) und (2 $\bar{3}$ 2) indiziert.

4) Wie bereits zu Anfang der Beschreibung dieses Kristalls betont wurde, sind statt der Flächen des Hexakistetraeders + (321) solche von + (743) ausgebildet. Man beobachtet nämlich schmale, deutlich erkennbare, die Kanten von (211) : (110) abstumpfende Flächen, die bei Signaleinstellung oft nur eine Gesichtsfelderhellung, zuweilen jedoch auch eine Andeutung des senkrechten Signalbalkens geben und mit + (743) indizierbar sind. Dahingegen lassen sich in der theoretischen Lage der Flächen + (321) nur äußerst schmale, glänzende Striche erkennen, die bei Signaleinstellung keinerlei Gesichtsfelderhellung geben und als Profil der Flächen + (743) gedeutet werden können.

Die Flächen des negativen Hexakistetraeders – (321) sind nur unvollständig entwickelt und geben wegen ihrer geringen Breite kaum Signalreflexe. Die Form muß deshalb an diesem Kristall als fraglich angesehen werden.

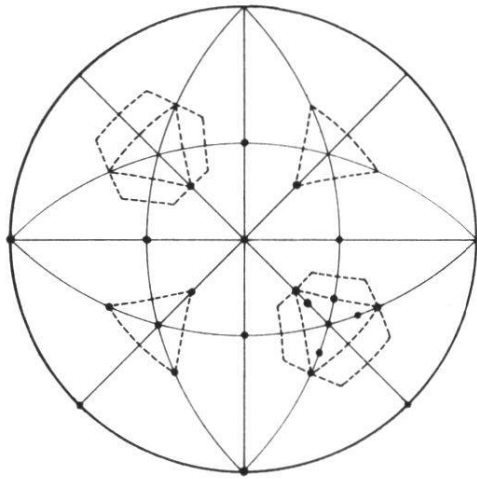
### *Abschließend*

ist zu sagen, daß an diesem Kristall auf Grund der 128 eingemessenen Flächen 40 Formen, also 29 mehr als Baumhauer in seiner kurzen Beschreibung (die ja nur den Nachweis der Hemiedrie zum Hauptziele hatte) angegeben hatte, beobachtet worden sind.

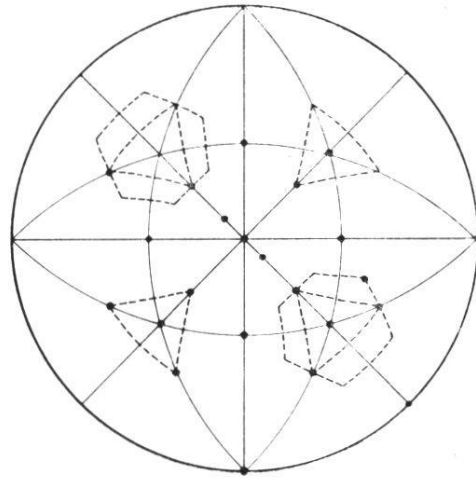
## **2. Totalrevision bzw. Neumessung von B 561, 567, 568/III, 568/V, 571/7, 741**

In diesem zweiten Abschnitt sind in ähnlicher Weise wie beim voranbeschriebenen B 568/I, jedoch mit kürzeren Bemerkungen, sechs weitere Binnite beschrieben und gezeichnet. Der Beschreibung vorangestellt ist die stereographische Projektion dieser 6 Exemplare, und zwar sind jeweils nur die Flächen der Projektionsoberseite eingetragen, Abb. 4.

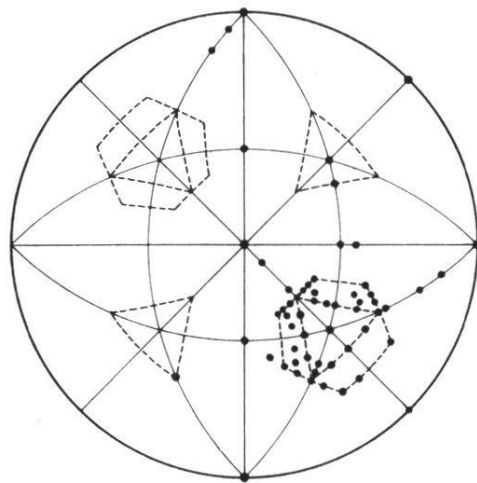




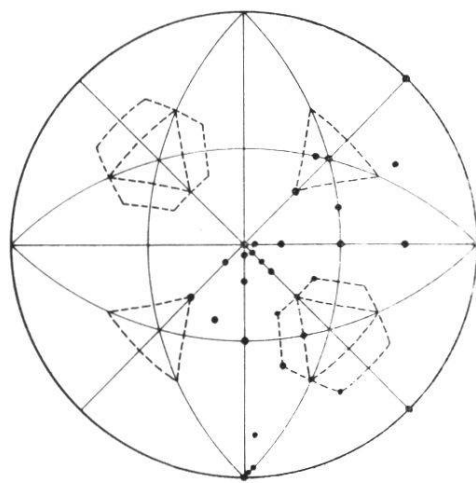
B 561



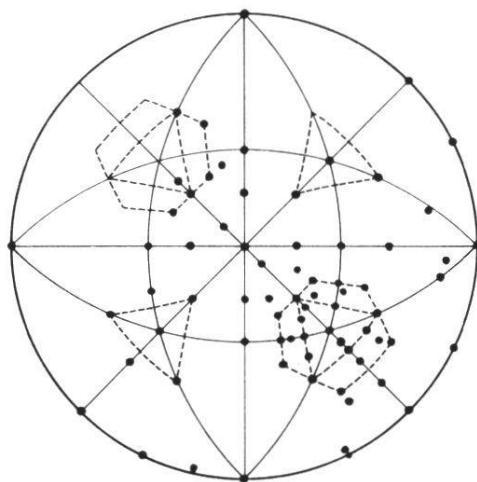
B 567



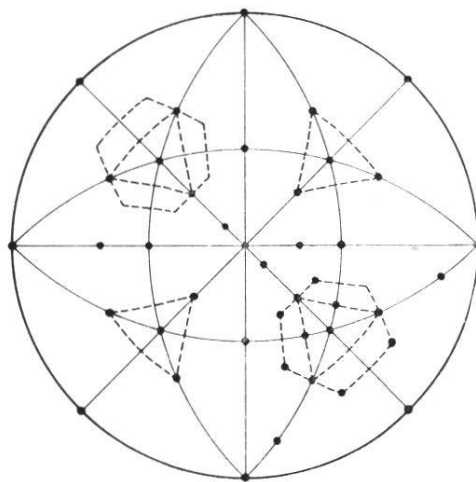
B 568 / III



B 568 / V



B 571 / 7

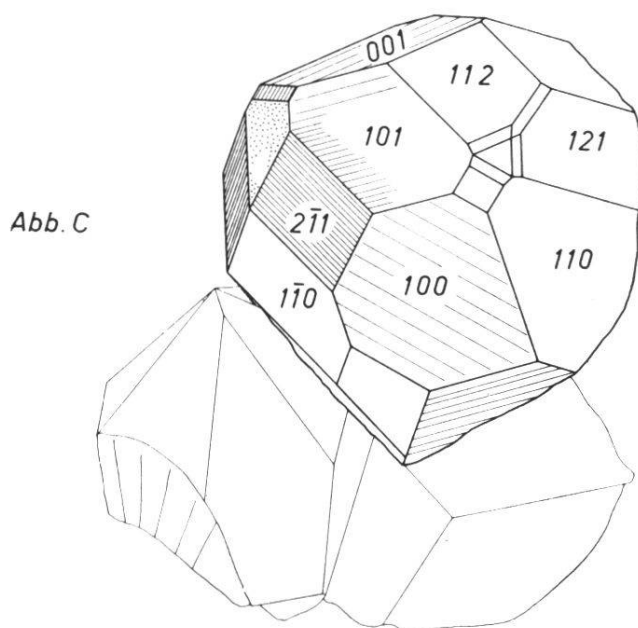
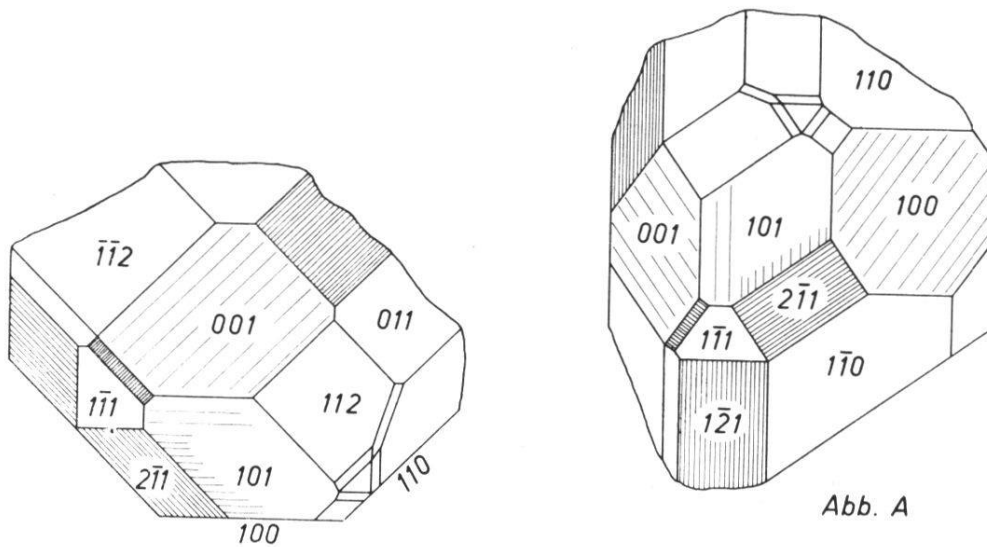


B 741

Abb. 4. Oberhälften der nachfolgend beschriebenen sechs Binnite.

# **Binnit B 561**

Dieser fast schwarze, 1,5 bis 2 mm große Kristall, der neben heller Zinkblende und Quarz auf körnigem, weißem Dolomit aufgewachsen ist, wurde bereits 1893 von Baumhauer in Z. Krist. 21, 203 beschrieben. Baumhauers Fig. 2 stellt den Kristall in Parallelprojektion auf eine Rhombendodekaederfläche dar.



BINNIT B 561

### *Formenübersicht ;*

Weil der Kristall aufgewachsen war, kann die Formenliste keinen Anspruch auf vollständige Flächenerfassung erheben. Würfel (100) 3/3. Tetraeder + (111) 1/1, –(111) 1/1; Rhombendodekaeder (110) 7/7. Tristetraeder (hkk) : + (211) 6/6, –(211) 5/5, + (322) ? 3/3 ; Deltoiddodekaeder (hhl) : + (332) 1/3.

### *Bemerkungen*

1) Die Würfelflächen sind groß und glänzend, mit deutlicher grober Streifung parallel (100) : + (211).

2) Die Fläche –(111) ist mittelgroß und stark angeätzt, während die von + (111) klein und stark glänzend ist.

3) Die Rhombendodekaederflächen sind groß und glatt entwickelt.

4) Die Flächen von + (211) sind groß bis mittelgroß und glatt, diejenigen von –(211) sind ebenfalls mittelgroß bis groß, aber zum Teil stark angeätzt und daher matt. Sie tragen eine äußerst feine Streifung parallel den Kombinationskanten –(211) : (110). Die + (322)-Flächen sind sehr schmal und stark glänzend. Sie sind als Flächen der Form + (322) angenommen worden, zumal Baumhauer diese Form an zwei weiteren Kristallen in seiner Abhandlung Z. Krist. 21, S. 205 bis 207 nachweisen konnte.

Es wurden an diesem Binnit insgesamt 27 Flächen mit der Lupe beobachtet. Der Kristall ist farbig angelaufen, was sich am besten an den glatten Rhombendodekaederflächen erkennen läßt.

### **Binnit B 567**

Dieses mit Realgar, Pyrit und Adular auf Dolomit aufgewachsene Individuum wurde von Baumhauer 1893 beschrieben in Z. Krist. 21, S. 203 (4c). Baumhauer führte diesen Kristall nebst zwei weiteren : B 561 und B 565 zur Veranschaulichung der Flächenbeziehung an « deutlich hemiedrischen Binnitkristallen » an. Infolge von Bruch und Aufwachsung ist an B 567 nur etwa 1/3 der Gesamtsphäre entwickelt. Der etwa 3 mm große Kristall besteht aus einem Hauptindividuum und einem kleineren, parallel zum Hauptindividuum versetzten zweiten Individuum.

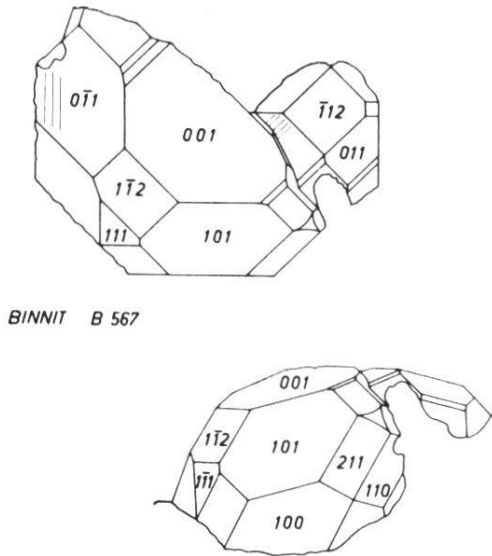
### Formenübersicht

Würfel (100) 3/3. Tetraeder + (111) 1/1,  $-(111)$  2/2. Rhombendodekaeder (110) 5/5.

Tristetraeder (hkk) : + (211) 5/5 ;  $-(211)$  6/6. + (611) ? 2/4, und ein weiteres + (hkk) 1/4.

Deltoiddodekaeder (hhl) : + (221) 1/5.

Hexakistetraeder (hkl) : + (321) 1/8.



BINNIT B 567

Abb. 6

### Bemerkungen

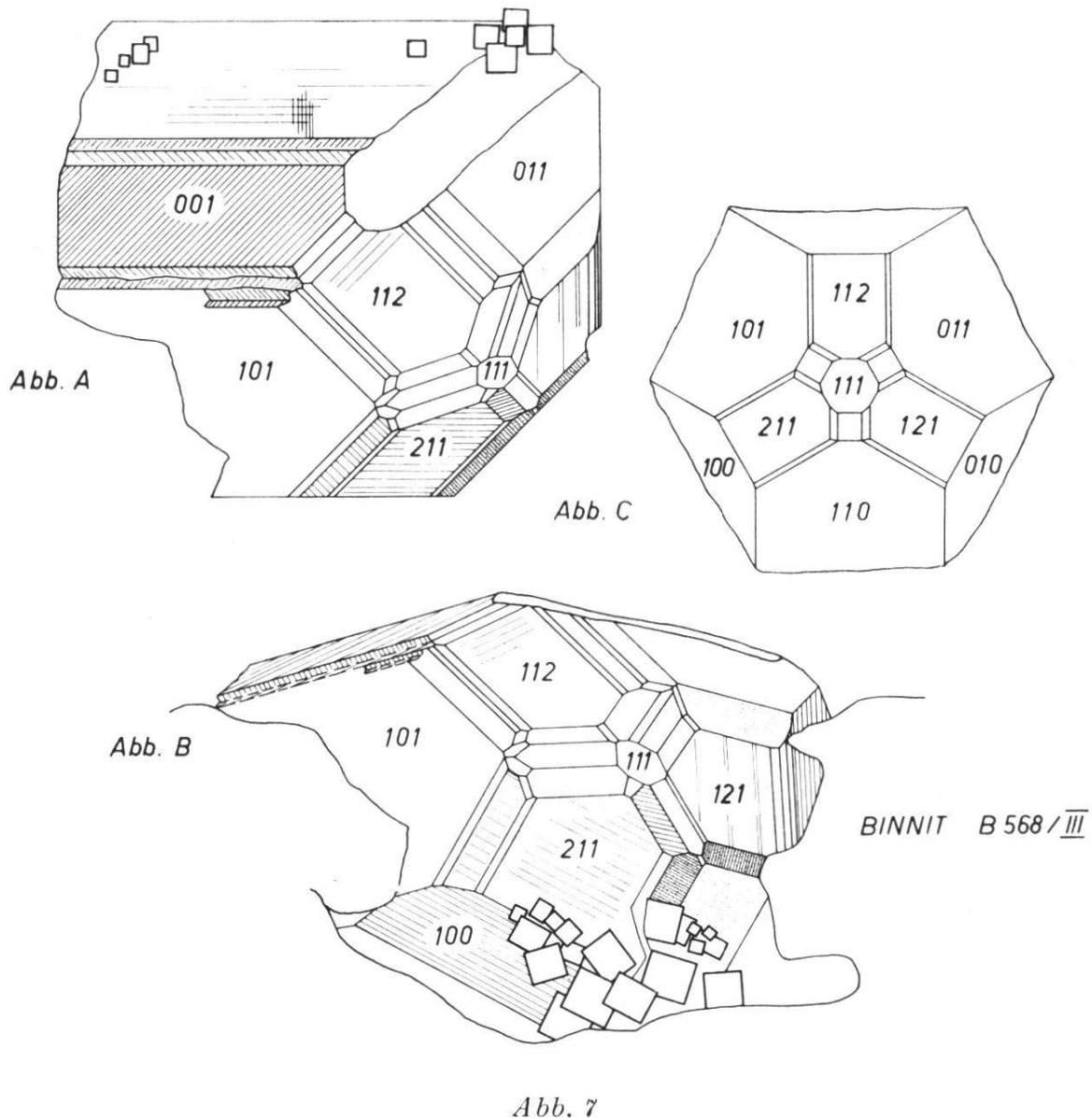
- 1) Die Würfelflächen sind groß und glänzend.
- 2) Die Flächen von  $-(111)$  sind mittelgroß und glänzend, während die von  $+(111)$  nur andeutungsweise in einer winzigen, gerundeten Fläche entwickelt sind.
- 3) Die Rhombendodekaederflächen sind groß und glatt, nur eine Fläche zeigt eine Streifung parallel  $(110) : (100)$ .
- 4) Das Tristetraeder + (211) hat mittelgroße bis kleine glänzende Flächen. Im Gegensatz dazu sind die Flächen von  $-(211)$  groß und stark angeätzt; matt, zuweilen mit feinen Löchern auf den Flächen.
- 5) Im Kopfbild wurde eine weitere, schwer indizierbare Fläche eingetragen. Die Fläche ist äußerst stark angeätzt und daher matt. Sie trägt löchrige Vertiefungen auf ihrer Oberfläche. Aus dem Zonenverband würden sich am ehesten die Indizes  $(\bar{1}22)$  für diese Fläche ergeben.

Die stereographische Projektion dieses Kristalls enthält somit 21 Flächen, die in der Literatur alle bekannt sind.

### Binnit B 568/III

Der im Durchmesser etwa 6 mm große Binnit B 568/III sitzt auf einer kleinen Unterlage von Dolomit und läßt sich mit dieser ins Goniometer einspannen. Eine kurze Beschreibung des Kristalls gibt Baumhauer 1897 in Z. Krist. 28. S. 547 (sein Kristall III). Die kristallographischen Verhältnisse dieses Kristalls stellt er in Fig. 6 als « bewertete » Kombination (100), + (111), + (211), (110), + (321), + (332),

+ (743) in gerader, verzerrungsfreier Parallelprojektion auf + (111) dar. An einer Hemieder-Konstruktion erläutert Baumhauer die Lage der Flächen + (754), die ebenfalls an dem Kristall entwickelt sind. Baumhauer erwähnt ferner + (611) und – (211). Bei sonst guter Flächenentwicklung ist an B568/III wegen der Unterlage und der Aufwachsung von Pyritkristallen, besonders auf der Würfel- und der Rhombendodekaederfläche, nur ein positiver Oktant voll entwickelt.



### Formenübersicht

Würfel (100) 4/4. Tetraeder + (111) 1/1; – (111) 1/1. Rhombendodekaeder (110) 5/5.

Tristetraeder (hkk) : + (211) 4/4; – (211) 1/1. + (14.1.1) 1/3.

+ (611)  $3/3$ . + (411)  $1/3$ . + (944)  $2/2$ . + (19.10.10)  $1/3$ . + (322)  $2/3$ .  
Deltoiddodekaeder (hhl) : + (332)  $3/3$ ; – (332)  $1/1$ .

Tetrakisheptaeder (hkl) : keine.

Hexakistetraeder (hkl) : + (321)  $6/6$ . + (743)  $5/6$ . + (754)  $6/6$ .  
+ (13.8.5)  $1/6$  (?) neu. + (23.12.11)  $1/6$ . + (974) ?  $3/6$  neu. + (24.17.13)  
oder + (36.25.17)  $4/6$  neu, aber fraglich, in Zone zwischen (321) und  
(754). + (875) ?  $1/6$  neu. + (873) ?  $1/6$  neu. + (431)  $1/6$  neu.  
+ (532)  $2/6$  neu.

### *Bemerkungen*

1) Die Würfel­flächen sind groß und gestreift parallel (100) : + (211).  
2) + (111) ist mittel­groß und glatt, – (111) ist nur ein kleines, reflex-  
bildendes Flächenelement aus der Bruchzone.

3) Die Rhombendodekaeder­flächen sind meist groß und glatt, zu-  
weilen andeutungsweise gestreift parallel zur Kante mit der angren-  
zenden Würfel­fläche.

4) Von den Tristetraedern hat nur die Form + (211) groß entwickelte  
Flächen, die zudem zart gestreift sind parallel zur Kante + (211) :  
(111). Die Flächen von – (211) sind hier wegen Aufwachsung bis auf  
eine Restfläche nicht mehr vorhanden. Es sind wenig Tristetraeder an  
B 568/III zu beobachten. Jedoch lassen durchgehende Lichtstreifen  
(bei Signaleinstellung) zwischen den Signalen von (121) und (161), so-  
wie zwischen (001) und (112) auf eine Rundung in diesen Zonenstücken  
schließen.

5) Die Deltoiddodekaeder­flächen + (332) sind mittel­groß und glatt.

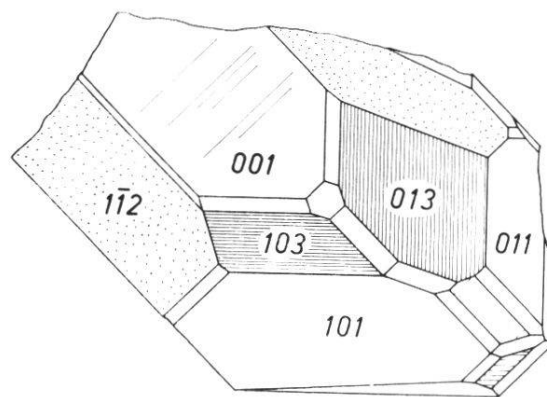
6) Die Hexakistetraeder + (321) hat schmale bis mittel­große Flä-  
chen, die glatt oder parallel gestreift zu + (321) : (110) sind. Auch  
+ (754) hat schmale bis mittel­große Flächen, die glatt sind, oder ge-  
streift parallel + (754) : + (111). Die beiden Hexakistetraeder + (754)  
und + (743) wurden von Baumhauer an diesem Kristall erstmals beob-  
achtet. Wegen durchgehender Signalstreifen in den Zonenstücken (213)  
bis (437), (347) bis (123) und (132) bis (121) muß man auf eine Run-  
dung in diesen Zonenstücken schließen. An diesem Kristall wurden  
61 Flächen und 25 Formen gemessen, von denen 7 Formen neu, aber  
zum Teil durch weitere Messungen noch zu bestätigen sind.



# Binnit B 568/V

An diesem Kristallfragment von etwa 2,5 bis 3 mm Durchmesser waren nur etwa zwei Oktanten (beide nicht vollständig) in Kristallflächen entwickelt. Eine Beschreibung des Fragmentes gibt Baumhauer in Z. Krist. 28. S. 548, 1897 und stellt in seiner Fig. 8 den Kristall in gerader Projektion auf (001) dar.

Neben den von Baumhauer angegebenen 10 Formen : (100), (110), (310), + (211), - (211), + (611), + (411), + (28.1.1), + (20.1.1), + (40.1.1) sind noch weitere 10 Formen vorhanden, deren Flächen zwar deutlich erkennbar sind, die aber bei Signaleinstellung nur geringe Gesichtsfeldaufhellung geben. Insgesamt wurden 30 Flächen gemessen, die in der stereographischen Projektion dargestellt sind.



BINNIT B 568/V

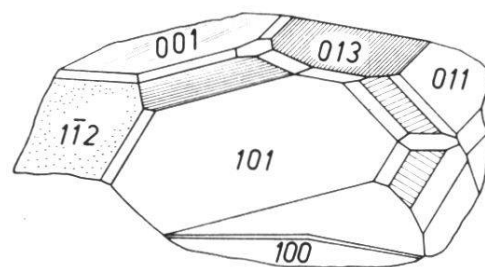


Abb. 8

## Formenübersicht

Würfel (100) 3/3. Tetraeder - (111) 1/1; + (111) fehlt wegen Bruch. Rhombendodekaeder (110) 4/4.

Tristetraeder (hkk) : + (211)  $\frac{2}{3}$ , - (211)  $\frac{2}{3}$ . + (40.1.1)  $\frac{1}{2}$ .  
+ (28.1.1)  $\frac{1}{2}$ . + (12.1.1)  $\frac{1}{2}$ . + (611)  $\frac{1}{2}$ ; - (611)  $\frac{1}{2}$  neu. + (411)  $\frac{1}{2}$ .

Deltoiddodekaeder (hhl) : + (332)  $\frac{1}{4}$ . - (552)  $\frac{1}{4}$ . - (17.17.14)  $\frac{1}{2}$   
neu.

Tetrakisheptaeder (hk0) : (310)  $\frac{3}{6}$ . (910)  $\frac{2}{6}$  neu.

Hexakistetraeder (hkl) : + (321)  $\frac{4}{5}$ . + (19.4.1)  $\frac{1}{3}$  neu. - (632)  $\frac{1}{3}$   
neu. - (752)  $\frac{1}{3}$  neu.

### *Bemerkungen*

1) Die Würfelflächen sind groß und glatt oder zart gestreift parallel (100) : + (211).

2) Das negative Tetraeder hat kleine Flächen, das positive fehlt wegen Bruch.

3) Die Rhombendodekaederflächen sind groß bis mittelgroß und glatt.

4) Die Tristetraederzone zeigt eine Reihe gut erkennbarer Flächen : + (411), + (611), + (12.1.1), + (28.1.1), + (40.1.1) mit der letzten Fläche leuchten auch die Streifen auf (001) auf. Die Flächen von + (211) sind schmal, glänzend und gestreift parallel + (211) : (111), diejenigen von - (211) sind groß und matt.

5) Die Flächen des Tetrakisheptaeders (310) sind relativ groß und matt, zart und eng gestreift parallel (310) : (100).

6) Alle übrigen Flächen sind nur klein oder sehr schmal.

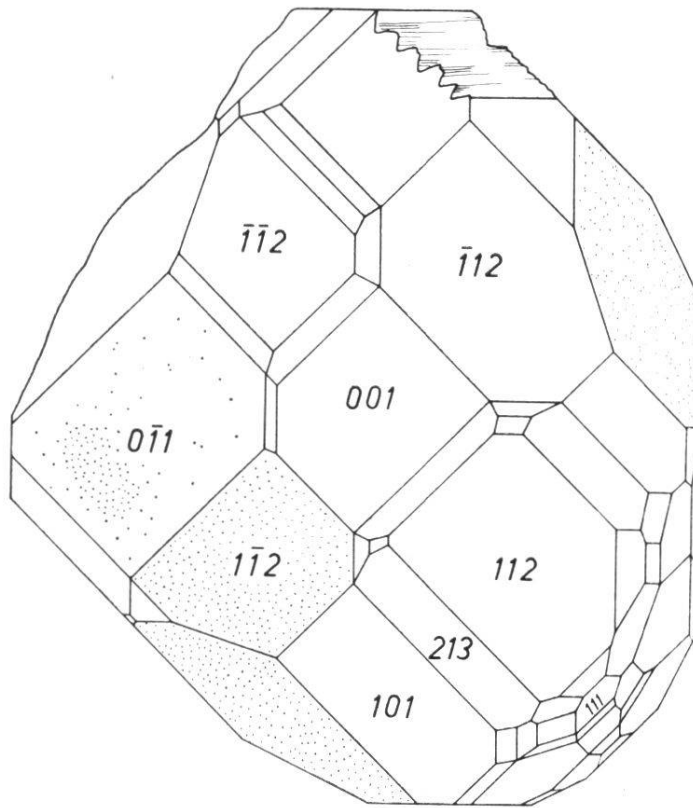
### *Zusammenfassung*

Die Existenz der neuen Formen: (910), - (632), - (752), + (19.4.1), - (611), - (17.17.14) ist zunächst nur durch Einzelflächen gesichert. Die Lage der Flächen ist befriedigend genau. Der Schwankungsbereich bei den Flächen mit hohen Indizes verlangt eine Bestätigung durch Messungen an weiteren Kristallen. Von Baumhauer wurde an diesem Kristall erstmalig die Form (310) gemessen und in die Literatur eingeführt. Baumhauers Tristetraeder + (40.1.1), + (28.1.1), + (20.1.1) ? sind nur äußerst schwach entwickelt.

### **Binnit B 571/7**

Der Kristall zeigt in 6 Oktanten ausgebildete Flächen. Davon hatte ein Teil der unteren Oktanten, z.B. im Bereich um (2 $\bar{1}\bar{1}$ ) und (10 $\bar{1}$ ) Löcher (teilweise, weil dort Pyritkriställchen – auf (10 $\bar{1}$ ) – aufgewachsen

waren, die an dem Pentagondodekaeder, der Flächenstreifung und der Farbe erkenntlich waren), sodaß dort keine vollständige Entwicklung der Deltoiddodekaederflächen zu erwarten ist. Störungsfrei ausgebildet war damit nur ein positiver Oktant, zumal da auch im dritten (positiven)



BINNIT B 571/7

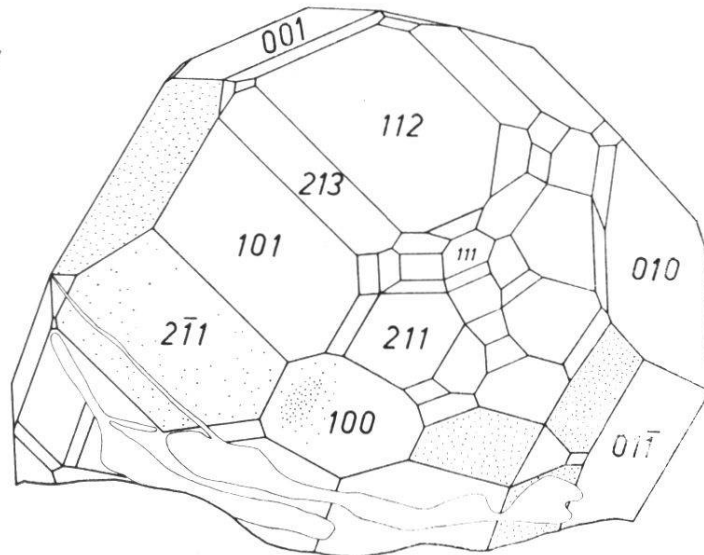


Abb. 9

Oktanten mit dem Tetraeder auch alle weiteren, außen gelegenen Flächen fehlen. Weitere Pyritkriställchen sind auf den Flächen  $(\bar{1}10)$  und  $(\bar{1}00)$  aufgewachsen. Es wurden am Kristall 85 Flächen gemessen. Die Größenverhältnisse der Flächen gibt die perspektivische Abbildung wieder. Der Kristall ist nach der Vermessung zerbrochen.

### Formenübersicht

Würfel (100) 6/6. Tetraeder + (111) 1/2; – (111) 3/3. Rhombendodekaeder (110) 10/10.

Tristetraeder (hkk): + (211) 9/9; – (211) 8/9. + (611) 4/8. – (511) 1/7 neu. + (533) 1/4 neu. + (855) 1/4.

Deltoiddodekaeder (hhl) : + (443) 1/3 neu. + (332) 3/3; – (332) 1/6. + (221) 3/4 neu; – (221) 1/5. + (552) 3/7; – (552) 1/5. + (441) 1/4 neu.

Tetrakishexaeder (hk0) : (310) 2/9. (210) 9/11.

Hexakistetraeder (hkl) : + (321) 13/15. + (421) 2/10 neu. + (754) 2/6. + (543) 1/6. + (753) 2/6 neu.

### Bemerkungen

1) Die Würfel­flächen sind groß und glatt, z. Teil aber auch etwas matt bzw. angeätzt.

2) Die Fläche von + (111) ist sehr klein, diejenigen von – (111) sind etwas größer und glatt.

3) Die Rhombendodekaeder­flächen sind groß und glatt.

4) Die Flächen von + (211) sind groß und glatt, während die von – (211) groß und matt, bzw. angeätzt sind.

### Abschließend

sei gesagt, daß an diesem Kristall, wie bei allen anderen, die Formen : Würfel, Rhombendodekaeder, positives- und negatives Tristetraeder und negatives Tetraeder vorherrschen. Untergeordneter sind : + (111), + (611), (210), + (321). Alle übrigen Formen spielen kaum eine Rolle. Von den nachgewiesenen 25 Formen sind folgende 7 neu : – (511), + (533), + (443), + (221), + (441), + (421), + (753).

### Binnit B 741

Der Binnit B 741 ist im Durchmesser 5,5 mm groß und befindet sich auf einer Dolomitstufe aufgeklebt. Er ist ausgezeichnet kristallisiert. Da die Kristall­flächen eine mittelstarke Ätzung zeigen, ist die Formenzugehörigkeit relativ leicht zu bestimmen. Mit der Lupe konnten an dem Kristall 46 Flächen nachgewiesen werden, die sich auf 10 Formen verteilen. Da der Kristall von seiner Unterlage nicht heruntergenommen werden konnte, ist die Formenübersicht möglicherweise nicht vollständig.

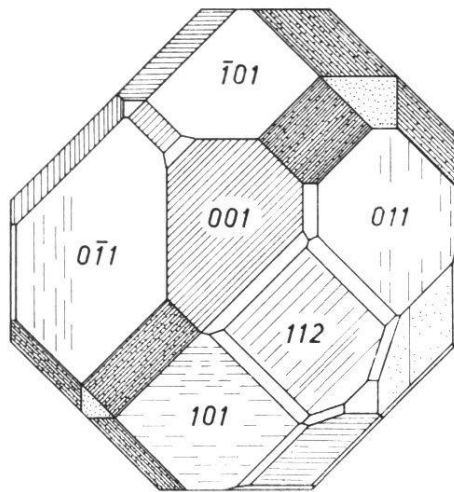
### Formenübersicht

Würfel (100) 5/5. Tetraeder + (111) 2/2; – (111) 2/2. Rhombendodekaeder (110) 9/9.

Tristetraeder (hkk): + (211) 8/8; – (211) 8/8. + (611)? 4/6. Deltoiddodekaeder (hhl): + (332) 1/6.

Tetrakisheptaeder (hk0): (210) ? 2/12.

Hexakistetraeder (hkl): + (321) 5/6. .



BINNIT B 741

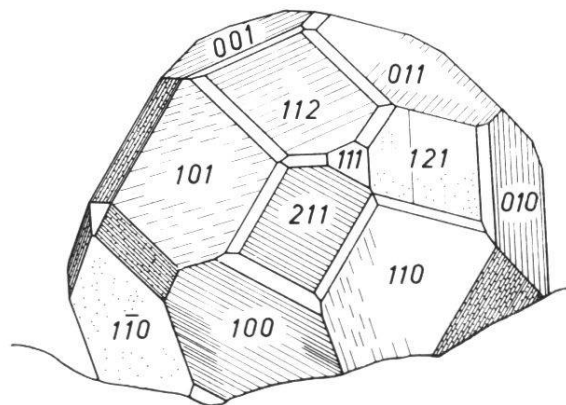


Abb. 10

### Bemerkungen

1) Die Würfel­flächen sind mittelgroß bis groß und gestreift parallel (100) : + (211).

2) Die Flächen von + (111) sind sehr klein und glänzend, während

diejenigen von  $-(111)$  klein bis mittelgroß und matt bis löcherig sind, also stark angeätzt.

3) Die Rhombendodekaederflächen sind groß und glatt bzw. etwas matt entwickelt und zum Teil andeutungsweise gestreift parallel zu den Kanten  $(110) : (100)$ .

4) Die Flächen des Tristetraeders  $+(211)$  sind groß und glatt, dazu gestreift parallel zu den Kanten  $+(211) : +(111)$ . Im Gegensatz dazu sind die Flächen von  $-(211)$ , die ebenfalls mittelgroß sind, sehr matt und stark angeätzt, sowie tief gestreift parallel zu den Kanten  $-(211) : (110)$ .

5) Die Tristetraederflächen von  $+(611)$  sind schmal und glänzend, aber breiter als die Flächen des Hexakistetraeders  $+(321)$ .

### 3. Bemerkungen zu B 240 (Hinweis auf « Studien IV »)

Dieser lose. 8 mm große Kristall hat neben den formgebenden Flächen  $(100)$ ,  $(110)$ ,  $+(211)$ ,  $-(211)$  eine große Zahl neuer Flächen geliefert, die, sofern sie nicht bloß vizinalen Charakter haben, bei der Formenstatistik des nächsten Kapitels berücksichtigt sind.

Die Gesamtdarstellung zu B 240 erfolgt aber in den Studien IV. Eine Photographie des Kristalls findet sich in den Studien I, also im vorangegangenen Jahrgang dieses Bulletins, nach S. 136, Abb. 2.

#### Neue Formen an B 240:

*Tristetraeder* ( $hkk$ ) :  $-(40.1.1)$ ,  $-(24.1.1)$ ,  $-(20.1.1)$ ,  $-(511)$ ,  $+(13.3.3)$ ,  $-(16.5.5)$ ,  $-(14.5.5)$ ,  $-(12.5.5)$ ,  $+(733)$ ,  $-(944)$ ,  $+(30.14.14)$ ,  $-(21.10.10)$ ,  $-(19.10.10)$ ,  $-(955)$ ,  $-(17.10.10)$ ,  $+(10.7.7)$ ,  $+(544)$ ,  $+(655)$ .

*Deltoiddodekaeder* ( $hhl$ ) :  $+(997)$ .

*Tetrakishexaeder* ( $hk0$ ) :  $(20.1.0)$ ,  $(14.1.0)$ ,  $(9\ 1\ 0)$ ,  $(7\ 1\ 0)$ ,  $(5\ 1\ 0)$ ,  $(4\ 1\ 0)$ ,  $(5\ 2\ 0)$ ,  $(320)$ ,  $(430)$ ,  $(760)$ ,  $(980)$ ,  $(10.9.0)$ ,  $(13.12.0)$ ,  $(40.39.0)$ .

*Hexakistetraeder* ( $hkl$ ) :  $-(321)$ ,  $-(743)$ ,  $-(965)$ ,  $-(754)$ ,  $+(532)$ ,  $+(17.10.9)$ ,  $-(17.10.9)$ ,  $+(12.11.1)$ ,  $+(13.12.1)$ ,  $+(431)$ ,  $+(875)$ .

### 4. Ergänzende Bemerkungen zu B 363, 565, 568/IV, 568/VI

Diese Notizen betreffen einige durch Baumhauer beschriebene Exemplare :



### Binnit B 363

Der 3 mm große, lose Kristall wurde 1913 von Baumhauer in seiner Arbeit « Über die Entwicklung der Kristallflächen im Anschluß an neue Beobachtungen am Binnit » (Z. Krist. 52, S. 580 bis 591) beschrieben. Dieser Kristall ist wegen seines außergewöhnlich großen Reichtums an positiven Tristetraedern besonders geeignet, die Gesetzmäßigkeit der Formenentwicklung in der Zone der Tristetraeder und Deltoiddodekaeder, also im Zonenstück (100)-(011) zu untersuchen. An dem Kristall, der im übrigen kaum eine Spur einer natürlichen Korrosion zeigt, sind, wie auch Baumhauer notiert, die folgenden Formen entwickelt: *Rhombendodekaeder* (110), *Würfel* (100), *negatives Tristetraeder*  $-(211)$  vorherrschend, wobei die Würfelflächen eine Streifung parallel zu der Kombinationskante mit dem anschließenden positiven Tristetraeder zeigen. — Untergeordnet sind die Flächen des *positiven Tristetraeders*  $+(211)$  und noch kleiner diejenigen der *Tetraeder*  $\pm (111)$ .

Zwischen Würfel- und positiver Tetraederfläche spannt sich ein Zonenstück stark glänzender Tristetraederflächen, für welche Baumhauer die Indizes (1.1.30)\*, (1.1.24)\*, (1.1.18)\*, (1.1.12), (119), (116), (229), (114), (5.5.18)\*, (113), (10.10.29)\*, (338)\*, (5.5.12), (449)\* angibt. Die gesternt angegebenen Flächen sind durch die Baumhauer'sche Arbeit neu in die Literatur eingeführt worden.

Diese Tristetraeder enden in der Nähe von (112) in einem gerundeten Bande, von dem man keine einzelnen Signalreflexe mehr erhält. Baumhauer hat an diesem Kristall Messungen an fünf solcher positiven Tristetraederzonen durchführen können, und aus diesen Beobachtungen hat er eine Statistik über die Vollständigkeit der beobachteten Formen zusammengestellt. Als Gesetzmäßigkeit für die gefundene Zonenentwicklung findet er eine Goldschmidt'sche Normalreihe, die sich von (011) bis (611) spannt, und deren Glieder am Kristall bis zur vierten Entwicklungsstufe vertreten sind. (Eine andere Deutung der Entwicklung in der Tristetraederzone wird in den Studien «VI» versucht.)

### Binnit B 565

Dieser kleine, etwa 2 mm große Kristall zeigt stark glänzende Flächen und ist auf einer kleinen Stufe von grauem Dolomit aufgewachsen. Baumhauer hat diesen Kristall mit seiner Unterlage in das

Goniometer eingespannt und seine Meßergebnisse 1893 in Z. Krist. 21, S. 204 als Kristall III mitgeteilt.

Der Kristall zeigt auf den relativ groß entwickelten *Würfel*flächen eine recht feine Streifung, die Baumhauer bei der Unterscheidung der positiven von den negativen Oktanten einen Anhaltspunkt gaben. Das negative *Tetraeder* übertrifft zwar an Flächengröße das positive Tetraeder, seine Flächen sind jedoch matt entwickelt. Die Flächen des positiven Tetraeders sind stark glänzend. Das *Rhombendodekaeder* ist mit großen glatten Flächen vertreten. – Neben den vorherrschenden Flächen des positiven *Tristetraeders*  $+(211)$  sind auch die Flächen der entsprechenden negativen Form  $-(211)$  relativ groß vorhanden. Von dem Tristetraeder (12.1.1) werden nur die Flächen (recht schmal) der positiven Form beobachtet. Auch von den beiden positiven Tristetraedern  $+(611)$  und  $+(19.6.6)$  sind an diesem Kristall nur sehr schmale Flächen ausgebildet. Die letzte Form bezeichnet Baumhauer trotz ihrer hohen Indizes als gesichert. – Vom *Deltoiddodekaeder* sind nur die schmalen Flächen der Form  $+(332)$  beobachtet worden. – Das positive *Hexakistetraeder* (321) ist mit schmalen Flächen eingemessen worden. Weitere Hexakistetraeder wurden an diesem Kristall nicht beobachtet.

#### **Binnit B 568/IV**

Der lose Kristall mißt zwar nur 2 mm im Durchmesser, seine Flächen sind jedoch prächtig ausgebildet.

Eine Mitteilung von Meßwerten erfolgte von Baumhauer 1897 (Z. Krist. 28, S. 547) : Beschreibung als Kristall IV. Eine Darstellung der kristallographischen Verhältnisse wurde dort nicht gegeben. Der Kristall ist in etwa 5 Oktanten entwickelt und zeigt dort die folgenden Formen entwickelt : *Würfel* ; mit großen und glatt bzw. glänzend ausgebildeten Flächen. *Tetraeder* ; Neben dem positiven ist auch das negative Tetraeder ausgebildet. *Tristetraeder* : Das positive, sowie auch das negative Tristetraeder  $\pm (211)$  sind als dominierende Formen mit großen Flächen vorhanden. Dazu wurde das positive (611) beobachtet. – *Deltoiddodekaeder* ; Es wurde hier nur die Form  $+(332)$  mit schmalen, kantenabstumpfenden Flächen gemessen. – *Hexakistetraeder* ; Neben der Form  $+(321)$  ließ sich das positive Hexakistetraeder (754) mit schmalen, glänzenden, kantenabstumpfenden Flächen und das negative Hexakistetraeder  $-(941)$  mit sehr kleinen, die Ecke von

(001), (101) und (112) abstumpfenden Flächen einmessen. Die letzte Form wurde mit der oben erwähnten Baumhauer'schen Arbeit erstmalig in die Literatur eingeführt.

### Binnit B 568/VI

Eine ausführliche Beschreibung erfuhr dieser, etwa 5 mm große, lose Kristall durch Baumhauer 1897 (Z. Krist. 28, S. 548) als Kristall VI. Die Formenausbildung wurde durch Baumhauer in seiner Fig. 9 in idealisierter Form dargestellt. Die Kristallflächen sind teilweise nicht einwandfrei ausgebildet, da winzige aufgewachsene Pyritkriställchen das störungsfreie Wachstum der Flächen behinderten. Der Kristall zeigt in 5 Oktanten eine Flächenentwicklung und es wurden folgende Formen konstatiert:

*Würfel*; Die Flächen sind groß und glatt entwickelt, zeigen aber, besonders an den Kanten (001) : – (211) eine deutliche, feine bis grobe Streifung parallel zu den Kombinationskanten (001) : + (211). Sie wird von Baumhauer als die Folge einer natürlichen Ätzung erklärt. An der Streifung der Würfelfläche ist nach Messungen Baumhauer's die Form + (611) beteiligt, daneben jedoch auch untergeordnet einige weitere positive Tristetraeder. Von Baumhauer wurden die Formen + (28.1.1), + (10.1.1), + (13.1.1), + (47.1.1), + (411) ?, + (19.5.5), + (722), + (311) genannt. Damit bestätigt Baumhauer die bereits von Trechmann (140b) mitgeteilten Meßergebnisse. *Tetraeder*: + (111) ist mit kleinen Flächen vorhanden, die z. T. völlig ungeätzt und glänzend, z. T. jedoch mit kleinen gleichseitig-dreieckigen Ätzvertiefungen bedeckt sind. Die Flächen – (111) sind etwas größer und relativ glatt. *Rhombendodekaeder*: Seine Flächen sind groß und glatt, daneben jedoch gestreift parallel zu den Kombinationskanten (100) : (110). – *Tristetraeder*; Das positive Tristetraeder + (211) hat mittelgroße, glänzende Flächen, die jedoch z. T. kleine dreieckige Ätzvertiefungen tragen. Die Flächen der negativen Form – (211) sind etwas größer, aber stark angeätzt, und tragen kleine Ätzhügel, an denen nach Baumhauer die Formen (100), (110) und – (111) maßgebend beteiligt sind. Als weitere Tristetraeder treten die beim Würfel bereits genannten Formen auf. – *Deltoiddodekaeder*; Die Form + (332) wurde mit schmalen Flächen beobachtet.

## 5. Übersicht über die neuen Formen

Vor der Auswertung der Meßergebnisse im nächsten Kapitel sind hier noch einmal alle neu gefundenen Formen zusammengestellt.

In manchen Fällen ist die positive Form schon bekannt gewesen, aber die negative war nicht beobachtet worden, und umgekehrt. In anderen Fällen wurde eine fragliche Fläche gesichert. Für die Auswertung können nur Formen herangezogen werden, die entweder öfter als einmal (also an mindestens 2 Kristallen) auftreten, oder solche, die zwar nur einmal gefunden wurden, die aber aus Gründen der Komplikation oder einer Indizesreihe eine Bedeutung haben.

Von der nachstehenden Liste wird also im darauffolgenden Kapitel nur eine Auswahl verwendet werden ! Die Angabe « an Fahlerz » bedeutet, daß diese Form am gewöhnlichen Fahlerz (abgesehen von der Varietät Binnit) aufzutreten pflegt (i. W. nach Dana (18g) 1944). Die neuen Formen schließen hier Lücken der Übereinstimmung, so beispielsweise bei der (431), während die an Fahlerz üblichen – (521) und – (631) nicht gefunden werden konnten. – Ebenso fehlt am Binnit bei den Deltoiddodekaedern die (774).

### Neue Formen :

Die kursiv geschriebenen Formen werden bei der Binnitübersichtstafel « Studien VII » verwendet.

#### *Pyramidenwürfel*

(910) wurde 3 mal beobachtet, daher trotz Kleinheit als reell anzusehen. Weitere Pyramidenwürfel : (25.1.0), (20.1.0), (14.1.0), (7 1 0), (510), (410), (520), (320), (430), (760), (980), (10.9.0), (13.12.0), (40.39.0). Wegen der neuen (910) dürften zumindest die (hko) mit relativ dazu kleinen Indizes nicht bloß « vizinale » Bedeutung haben.

#### *Deltoiddodekaeder*

treten gegen Tristetraeder stark zurück, sodaß das Zonenstück (111) (011) schwächer besetzt ist als (111) (001).

– (332) wird im Gegensatz zu häufigen + (332) in der Literatur nur einmal konstatiert, daraufhin jedoch stets referiert. Bei Revision 5 mal

gefunden. Am Fahlerz sind die positive und die negative Form vertreten.

- + (221) war bisher nur negativ bekannt ! Am Fahlerz + und - !
- + (13.13.1) war bisher nur negativ bekannt.
- + (443)
- + (997)
- (17.17.14) (evtl. nur « vizinal »)

### *Hexakistetraeder*

- (321) Im Gegensatz zur häufigen + (321) noch unbekannt. Bei Revision zweimal, davon einmal fraglich (« vizinal »). Bei Fahlerz sind + und - vertreten.
- + (421) Bei Baumhauer (4c) einmal als fraglich genannt.
- + (431) Gut gesichert, ist auch wichtige Form bei Fahlerz.
- + (651)
- (11.10.1) ; + (12.11.1) ; + (13.12.1) ;
- + (19.4.1)
- + (532)
- (632) (evtl. nur « vizinal »).
- + (732)
- (752) (evtl. nur « vizinal »).
- + (10.5.2)
- ± (743) positiv häufiger als negativ. (Die positive Form einmal bei Baumhauer (4k) genannt).
- + (753)
- + (873) (noch unsicher), liegt aber auf der gleichen meridionalen Zone wie (875).
- (754) bisher nur positiv bekannt.
- + (974)
- + (875)
- (965) bisher nur positiv bekannt.
- + (10.7.5) mit dazu benachbarten (24.17.13), (36.25.17), (13.9.6).
- + (13.8.5) (evtl. nur « vizinal »)
- + (17.8.6)
- ± (17.10.9) positiv und negativ am gleichen Kristall.
- + (23.12.11) trotz hoher Indizes zweimal konstatiert.
- + (24.17.13)



*Tristetraeder*

- (311) bisher nur die positive Form bekannt. Auch an Fahlerz nur + häufig.
- (411) Bisher nur +. Am Fahlerz auch die negative Form häufig.
- (511) Bisher nur +. Auch am Fahlerz nur + häufig.
- (611) Bisher nur +. Am Fahlerz auch die negative Form häufig.
- (14.1.1) einmal in der Lit. erwähnt (102c). In Referaten als fraglich bezeichnet. Zweimal gefunden.
- + (16.1.1) in der Literatur fraglich.
- ± (20.1.1) das positive wurde früher einmal vermutet.
- ± (24.1.1) das positive wird in der Lit. einmal angegeben.
- ± (28.1.1) in Lit. bisher nur als fraglich angegeben, gut gesichert.
- + (34.1.1) in Lit. bisher nur als fraglich angegeben.
- ± (40.1.1) das pos. in Lit. einmal als fraglich angegeben, das negative noch gar nicht.
- ± (76.1.1) das pos. in Lit. einmal als fraglich angegeben, das negative noch gar nicht.
- (322) bisher nur + bekannt. Am Fahlerz auch - häufig.
- + (533), + (733), + (13.3.3)
- + (544)
- ± (944) bisher nur einmal pos. erwähnt.
- + (655)
- (855) bisher nur + bekannt. Von P+S (102c) merkwürdigerweise nicht genannt.
- (955) bisher nur + erwähnt (am gleichen Krist. + und –)
- (12.5.5) bisher nur + erwähnt (am gleichen Krist. + und –)
- (14.5.5) bisher nur + erwähnt (am gleichen Krist. + und –)
- (16.5.5) bisher nur + erwähnt (am gleichen Krist. + und –)
- + (10.7.7)
- (988)
- (17.10.10) negativ neu, in Lit. + fraglich (am gleichen Kristall + und –).
- (19.10.10) bisher nur positiv bekannt.
- (21.10.10) bisher nur positiv bekannt.
- + (25.12.12) Bestätigung der P+S –Angabe (102c).
- + (30.14.14)



## V. Formenstatistische Auswertung

### 1. Das Auswahlprinzip

Die Gesamtheit der bekannten Formen, einschließlich der neu hinzugekommenen, ist im vorigen Kapitel dargestellt. Der Versuch, die Formen nach ihrer Bedeutung (Wichtigkeit, Sicherheit) zu gruppieren, wird durch die vielen Flächen erschwert, die nur einmal beobachtet worden sind.

Um einen Anhalt zu finden, werden in der nächsten Tabelle S. 218 nur die Formen genannt, die man mindestens zweimal gefunden hat.

Die genannte « Vorbereitende Tabelle » ist wie folgt aufgebaut :

*Nr.* ist die laufende Nr. der Formen; (+) und (—) zusammen nur eine Nr.

*Index* der Form ; (+) und (—) bezeichnet positive und negative Form.

*LR* gibt an, wie oft beobachtet bei *Literatur* + *Revision*

(*RN*) gibt an, wie oft beobachtet bei *Revision* + *Neumessung*

Diese Ziffer steht in (), weil sich ja die hier gezählte beobachtete Form zum Teil auf Kristalle bezieht, die schon in der Literatur aufgeführt sind. — Beispiel : In Lit. wird die (310) einmal — von Baumhauer — genannt ; sie wird von uns zweimal neu hinzugefunden. Also :  $LR = 3$ . Da wir aber Baumhauers Kristall revidierten, ist (*RN*) ebenfalls = 3 !

*LS* bezieht sich auf Lit. Angaben, die sich als Sammelbemerkung auf Messung mehrerer Kristalle bezieht.

*K* gibt die Anzahl kritischer Referate, die uns anzeigen, daß man mit der Realität der Fläche rechnet.

$\pm$  gibt an, ob die Form bei der Revision bestätigt worden ist oder nicht.

*\** Sterne sind dort eingetragen, wo die gleiche Form auch beim Fehlerz häufig auftritt. Angaben i. Wes. nach Dana.

*J* Jahreszahl der ersten Literaturerwähnung.

*Bemerkungen.* Das Wort *Rev.* (= *Revision*) soll in der Tabelle besagen, daß Neumessung oder Überprüfung das in der Tab. bemerkte ergeben hat.  
 $P + S$  = *Prior* und *Spencer* (102c) 1899.

Aus den in dieser Tabelle zusammengetragenen Daten kann man nun die « Wichtigkeit » ersehen :

Gesichtspunkte zur Aufstellung einer Rangordnung der Formen :

Jede *LR* zählt als einfache Zahl ; ist die Zahl der *RN* größer als der halbe Wert von *LR*, so wird zum *LR*-Wert eine Zahl hinzuaddiert. *LS* zählen als Sammelangaben doppelt ; für je drei kritische *K* wird in der Annahme, daß dadurch die Fläche « anerkannt » worden ist, ebenfalls eine Zahl hinzuaddiert. Hat hin-

gegen die Revision die Fläche nicht bestätigt, so wird der Wert um eine Zahl erniedrigt. Ist die Form nicht nur am Binnit, sondern auch am Fahlerz allgemein häufig, so wird der Wert um eine Zahl erhöht.

*Beispiel:* Form Nr. 48 (855) : LR 4 ; RN 3 ; LS 1 ; K 3 ; Rev. + ; Fahlerz : — ; ergibt :  $4 + 1$  ;  $2 + 1$  ; 0 ; 0 ; zusammen 8.

Die erhaltene Ziffer wird Indexhäufigkeit der Form (IH) genannt. Wenn bei dieser Bewertungsweise der Formen alle Werte unter 4 weggelassen werden, verbleiben von 60 Formen noch 42.

## 2. Liste der wichtigsten Formen am Binnit, S. 221

Die bisherige Siebung nach der Indexhäufigkeit IH ließ unentschieden, wie oft eine Fläche der betr. Formen auftritt und in welcher Ausbildung. Es ging nur darum, wie oft die Indizes der betr. Form überhaupt genannt wurden !

Man muß daher zur Ermittlung der wahren Wichtigkeit einer Form noch zusätzlich

- 1) Die Flächenhäufigkeit der Form (pro flächenbesetzter Kristalloberfläche), ausgedrückt in der Flächenerwartbarkeit E,
- 2) die Flächengüte, ausgedrückt in der Signalgüte S, die bei den hochindizierten schmalen Fazetten ein wichtiges Kriterium der Sicherheit der Form ist,

berücksichtigen. Erst dann wird die bloße *Indexhäufigkeit IH* in eine *Formflächenhäufigkeit FFH* umgewandelt.

Die IH-Werte müssen also an Hand von E und S modifiziert werden. Das Verfahren ist natürlich nur qualitativ und die sich ergebenden neuen Ziffern haben nur eine relative Bedeutung.

Die Modifizierung wurde wie folgt durchgeführt :

Umwandlung der IH in FFH :

- a) Basisgröße ist der IH-Wert
- b) Ist  $E = 1$ , d. h. also, werden im flächenrealisierten Sektor des Kristalls alle Flächen der betr. Form entwickelt, dann soll der IH-Wert um 5 erhöht werden. Ist E größer  $1/2$ , dann soll die Erhöhung 3, ist  $E = 1/2$ , so soll sie 2 betragen.
- c) Ist das Signal sehr gut (S 1-3), so wird der IH-Wert ebenfalls um 5 erhöht ; ist es mittel (S 4), so wird IH um 2 erhöht. Ist das Signal so schlecht, daß die Messung fraglich wird (S 6), dann wird der IH-Wert um 2 erniedrigt.

*Vorbereitende Tabelle zur Formenstatistik*  
enthält alle öfter als einmal genannten Formen

Nr.	Index	LR (RN)	LS	K	$\pm$	J	*	Bemerkungen
<b>WÜRFEL</b>								
1	(100)	29 (12)	6	8	+	1856	*	
<b>RHOMBENDODEKAEDER</b>								
2	(110)	31 (11)	6	10	+	1845	*	
<b>PYRAMIDENWÜRFEL (hko)</b>								
3	(210)	4 (4)	2	3	+	1866	*	
4	(310)	3 (3)	1	3	+	1897	*	Lit : nur Baumhauer
	(910)	3 (3)	—	—	+	1961		neu
<b>TETRAEDER</b>								
(6)	(111)	5	2	3		1856		noch hol. aufgefaßt !
6a	+ (111)	16 (10)	3	4	+	1878	*	
6b	— (111)	19 (11)	3	4	+	1878	*	
<b>DELTOIDDODEKAEDER (hhl)</b>								
7	$\pm$ (221)	2 (1)	1	2	+	1899	*	neu als (+)
8	— (331)	1 —	1	3	—	1897		
9	$\pm$ (441)	3 (1)	2	4	+	1875	*	zunächst für hol. gehalten
10	$\pm$ (13.13.1)	2 (1)	—	3	+	1899		neu als (+)
11a	+ (332)	16 (10)	4	7	+	1856	*	zunächst für hol. gehalten
11b	— (332)	5 (5)	1	3	+	1899	*	in Lit. nur bei P + S
12a	+ (552)	5 (3)	1	4	+	1899	*	
12b	— (552)	3 (2)	1	2	+	1899	*	
13	$\pm$ (885)	1 —	1	3	—	1899		jeweils $\pm$ am gleichen xx
<b>HEXAKISTETRAEDER (hkl)</b>								
14	+ (321)	17 (6)	5	6	+	1857	*	bisher nur (+) bekannt, bei Rev. auch (—)
15	+ (431)	2 (2)	—	—	+	1961	*	neu
16	+ (532)	2 (2)	—	—	+	1961	*	neu
17	+ (543)	2 (2)	1	3	+	1899		bisher nur (+) !
18	$\pm$ (743)	3 (3)	—	2	+	1897		bisher nur (+) ; Rev.: am gleichen xx ( $\pm$ )
19	$\pm$ (754)	4 (4)	—	2	+	1897		neu als (—) ; (+) nur Baumhauer
20	+ (875)	2 (2)	—	—	+	1961		neu
21	$\pm$ (965)	2 (2)	1	3	+	1899		neu als (—)
22	+ (23.12.11)	2 (2)	—	—	+	1961		neu

Nr.	Index	LR (RN)	LS	K	$\pm$	J	*	Bemerkungen	
TRISTETRAEDER (hkk)									
23	$\pm$ (211)	28 (11)	6	10	+	1845	*	bis 1878 9 x — als hol. — erwähnt	
24	$\pm$ (311)	5 (4)	2	3	+	1899	*	neu als (—) ; aber selten gegen (+)	
25	$\pm$ (411)	11 (5)	3	5	+	1875	*	neu als (—) ; aber selten gegen (+)	
26	+	(511)	3 (1)	1	3	+	1899	*	in Lit. fraglich ; als (—) ganz neu
27	+	(611)	20 (10)	6	7	+	1855	*	bei Fahlerz auch (—) ; Rev. nur einmal (—) !
28	+	(711)	4 (2)	3	5	+	1878		
29	+	(811)	2 (1)	2	4	+	1899		in Lit. fraglich
30	+	(911)	5 (3)	2	2	+	1899		in Lit. fraglich
31	+	(10.1.1)	4 (1?)	3	5	(+)	1875	*	wird uneinheitlich beurteilt, Fahlerz hat auch (—)
32	+	(12.1.1)	4 (4)	2	3	+	1893		
33	+	(14.1.1)	2 (2)	1	2	+	1899		nur bei P + S, sonst fraglich ; jetzt gesichert
34	+	(16.1.1)	1 (1)	—	3	+	1899		in Lit. fraglich
35	$\pm$ (20.1.1)	2 (1)	—	2	+	(1961)		bisher einmal (+) vermutet, Rev. : ( $\pm$ )	
36	$\pm$ (24.1.1)	2 (2)	—	—	+	(1961)		(wie 35 !)	
37	$\pm$ (28.1.1)	5 (2)	—	3	+	1961		bisher nur fraglich ; jetzt gesichert	
38	$\pm$ (40.1.1)	2 (2)	—	2	+	1961		bisher einmal (+) verm. Rev. : ( $\pm$ )	
39	$\pm$ (76.1.1)	2 (1)	—	3	+	1961		in Lit. unsicher. Neu ( $\pm$ ) mit gutem Signal	
40	$\pm$ (322)	5 (3)	1	3	+	1961		in Lit. unsicher. Neu ( $\pm$ )	
41	+	(522)	2 (1?)	1	4	(+)	1899		fraglich
42	+	(722)	3 (2)	1	3	(+)	1899		
43	+	(922)	4 (2)	1	3	+	1899		
44	+	(433)	1 —	1	3	—	1893		ist offenbar aber reell !
45	+	(833)	2 (2)	—	—	+	1913		
46	$\pm$ (944)	3 (3)	—	—	+	1913		neu als (—)	
47	+	(755)	2 (1)	1	3	+	1899		
48	+	(855)	4 (3)	1	3	+	1899		
49	$\pm$ (955)	2 (1)	—	3	+	1899		neu als (—)	
50	$\pm$ (12.5.5)	4 (3)	—	3	+	(1961)		neu als (—), vorher nur fraglich (+)	
51	+	(13.5.5)	2 (1)	—	3	+	1899		
52		(14.5.5)	2 (1)	—	3	+	1899/1961		in Lit. nur (+) ; Rev. nur (—)
53	$\pm$ (16.5.5)	2 (1)	—	2	+	1899/1961		in Lit. nur (+) ; Rev. ( $\pm$ )	
54	+	(19.5.5)	3 (2)	—	3	+	1899		noch fraglich
55	+	(19.6.6)	1 (1?)	1	3	—	1893		fraglich
56	$\pm$ (17.10.10)	3 (2)	—	3	+	1961		in Lit. fraglich ; Rev. : ( $\pm$ )	
57	$\pm$ (19.10.10)	3 (2)	—	3	+	1899/1961		in Lit. nur (+) ; Rev. : ( $\pm$ )	
58	$\pm$ (21.10.10)	2 (1)	—	3	+	1899/1961		in Lit. nur (+) ; Rev. : ( $\pm$ )	
59	+	(47.10.10)	4 (2)	—	3	+	1899		
60	+	(25.12.12)	1 (1)	1	3	+	1899		bei P + S

Wie schon erwähnt, sollen nur die Formen weiter berücksichtigt werden, die eine IH mindestens 4 haben, es sind 42 Indizes. Die nachfolgende Tabelle gibt Aufschluß über die Faktoren der Umwandlung in die FFH. Zusätzlich sind einige Notizen zur Flächencharakterisierung eingetragen, sowie die lückenhafte Statistik von Prior und Spencer (102c), die wir, um sie hier einzutragen, sinngemäß mit Prozentzahlen angeben mußten.

Die Tabelle enthält also die nach unserer Auswertung « wichtigsten Formen am Binnit ».

Man erkennt, daß 7 Formen eine FFH über 35 haben ; es sind

(100) ; (110) ;  $\pm$  (111) ; + (332) ;  $\pm$  (321) ;  $\pm$  (211) ; + (611),

was ungefähr auch der Prior-Spencer-schen Statistik entspricht, wobei allerdings die (321) nicht die richtige Würdigung erfahren hat.

Zwischen 35 und 15 liegt nur *eine* Fläche, nämlich die (210). Alle anderen haben Werte kleiner als 15. Das heißt also, daß nach den Hauptformen nur noch mehr oder weniger gleichrangige untergeordnete Formen in großer Zahl auftreten.

Man ist daher berechtigt, zu dieser Schar zweitrangiger Formen noch jene hinzuzunehmen, die bei der statistischen Auswahl zwar unter der kritischen Zahl  $IH = 4$  blieben, die aber durch gute Meßbarkeit oder durch ihre Position innerhalb des Zonenverbandes ihre Existenzberechtigung nachgewiesen haben und damit die gleiche Realität (und « Wichtigkeit ») beanspruchen können wie die zweitrangigen Formen aus der oben angeführten Liste !

Es sind im Einzelnen :

1) einige Formen mit der Bewertung  $IH = 3$  :

– (331) ; + (532) ; + (16.1.1) ; [evtl. auch  $\pm$  (20.1.1)] ;  $\pm$  (24.1.1) ;  $\pm$  (76.1.1) ; + (433) ; + (833) ;  $\pm$  (955) ; + (13.5.5) ;  $\pm$  (14.55) ; + (19.5.5).

2) einige nur durch einmalige (gute) Messung erfaßte Formen : (320) ; (760) ; + (443) ; + (994) ; + (421) ; + (19.4.1) ;  $\pm$  (17.10.9) ; + (11.2.2) ; + (13.2.2) ; + (533) ; + (733) ; + (544) ; – (988).

Eine allgemeine Diskussion dieser Formenmannigfaltigkeit wird in den « Studien VII » durchgeführt werden.

*Die wichtigsten Formen am Binnit*

Indizes	Flächenzahl der Form	Fläch. Erwart- barkeit E	Signal- güte S	Flächenbeschaffenheit	Prior + Sp. Statistik	Häufigkeitsfaktor IH	FFH
<b>WÜRFEL</b>							
(100)	6	6/6	1-3	mittelgroß, glatt, weitab- ständig gestreift // + (211)	100 %	44	54
<b>RHOMBENDODEKAEDER</b>							
(110)	12	12/12	1-3	groß, glatt, selten gestreift // (100)	100 %	47	57
<b>PYRAMIDENWÜRFEL</b>							
(210)	24	20/24	4	klein, schmal, glänzend		11	15
(310)		10/24	3-6	ähnlich (210)		8	13
(910)		6/24	5-6	ähnlich (210), aber winzig		4	4
<b>TETRAEDER</b>							
+ (111)	4	4/4	4	klein, stark glänzend	60 %	30	37
— (111)		4/4	2-3	mäßig groß, glänzend oder matt	80 %	32	42
<b>DELTOIDDODEKAEDER</b>							
± (221)	12	8/12	5-6	(+) sehr schmal, glatt ; (—) ist winzig, E viel kleiner als bei (+)		5	7
± (441)		2/12	5-6	(+) sehr schmal, glänzend		9	9
+ (332)		10/12	1-5	schmal, glänzend, Streifung parallel der Abstumpf. v. (211)	20 %	28	37
— (332)		4/12	5-6	schmal, matt, Streifung analog (+)	20 %	10	10
+ (552)		4/12	6	schmal, glänzend, Streifung manchmal parallel (111)	15 %	10	14
— (552)		2/12	6	sehr klein		7	5



Indizes	Flächenzahl der Form	Fläch. Erwart- barkeit E	Signal- güte S	Flächenbeschaffenheit	Prior + Sp. Statistik	Häufigkeitsfaktor IH	FFH
HEXAKISTETRAEDER							
$\pm$ (321)	24	20/24	1-5	meist (+) in gerundeter Zone zwischen (211) (121); schmal, glänzend	?	30	38
+	(431)	2/24	2	sehr schmal, nur (+) !		4	9
$\pm$	(543)	4/24	4-6	meist (+) ; sehr schmal		6	7
$\pm$	(743)	18/24	2	sehr schmal, glatt, glänzend		4	12
$\pm$	(754)	18/24	2-6	klein, glänzend		5	13
$\pm$	(965)	12/24	5-6	sehr schmal		6	8

### TRISTETRAEDER

$\pm$ (211)	12	12/12	1-3	(+) mäßig groß, glatt, glänzend, selten zart, gestreift. (—) groß, schmal matt-löcherig, zuweilen eng gestreift // (110)	100 %	44	54
$\pm$ (311)		8/12	3	schmal, glänzend		12	20
$\pm$ (411)		3/12	3	sehr schmal		22	27
+	(511)	2/12	3-6	sehr schmal, selten auch (—)		7	10
+	(611)	10/12	3-5	sehr schmal, glänzend, zuweilen gestreift // (100) ; selten auch (—)	80 %	35	42

die weiteren Tristetraeder :

Ind.	E	S	IH	FFH	Ind.	E	S	IH	FFH
+ (711)	4/12	3-6	11	14	$\pm$ (944)	10/12	3-5	4	10
+ (811)	8/12	3-5	7	13	+ (755)	1/12	4-5	5	5
+ (911)	2/12	4-5	10	11	$\pm$ (855)	3/12	4-6	8	8
+ (10.1.1)	—	5-6	11	11	$\pm$ (12.5.5)	5/12	3-4	6	11
+ (12.1.1)	6/12	4-6	11	13	+ (19.6.6)	—	—	4	4
+ (14.1.1)	5/12	4	5	7	$\pm$ (17.10.10)	4/12	4-5	5	7
$\pm$ (28.1.1)	5/12	3-5	6	10	$\pm$ (19.10.10)	3/12	3-5	5	7
$\pm$ (322)	6/12	4-5	10	14	$\pm$ (21.10.10)	2/12	4	4	6
+ (522)	—	3	4	9	+ (47.10.10)	1/12	3	5	8
+ (722)	1/12	3	7	12	+ (25.12.12)	1/12	3-4	4	6
+ (922)	2/12	3-4	7	10					