

# Die Formenwelt des Binnit : Studien über die Freiburger Binnentalsammlung VII

Autor(en): **Nickel, Erwin / Schaller, Irmtraud**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **43 (1963)**

Heft 1: **Festschrift Robert L. Parker : zu seinem 70. Geburtstag : 1. Mai  
1963**

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-33462>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Die Formenwelt des Binnit

## Studien über die Freiburger Binnentalsammlung VII

Von *Erwin Nickel* und *Irmtraud Schaller* (Freiburg i. Ü.)

Mit 4 Textfiguren und einer Tafel (Fig. 4)

### Inhaltsverzeichnis

Einleitung . . . . .	414
1. Teil: Zur Geschichte der Binnitformen . . . . .	417
a) Von der Holoedrie zur Hemiedrie . . . . .	418
b) Hemiedrie und Ätzfiguren . . . . .	421
c) Binnit als Glied der Fahlerze erkannt . . . . .	423
d) Komplikation und Flächenentwicklung . . . . .	424
2. Teil: Die Mannigfaltigkeit der Binnitformen . . . . .	426
Literatur . . . . .	433

### Zusammenfassung

Durch die Untersuchungen der „Studien II“ bis „Studien VI“ vorbereitet, wird in der vorliegenden „Studie VII“ eine revidierte Mannigfaltigkeit der Binnitformen diskutiert und in gnomonischer Projektion vorgeführt.

Eine kurze Geschichte der Formenerkenntnis beim Binnit in *Teil 1* zeigt, wie die langsam ansteigende Fülle der Formen einerseits zur Revision und Statistik (Studien II) führt, andererseits zur Einführung eines zweckmässigen Ordnungssystems (Studien V), den sog. Indizesnetzen. Nach weiterer Formenkomplettierung (Studien III) und Indizesicherung (Studien IV) sowie einer Komplikationsbetrachtung an den Tristetraedern (Studien VI) wird nun in *Teil 2* dieser Studie der revidierte Formenschatz in einer gewissen endgültigen Vollständigkeit dargestellt. Die Darstellung in einem repräsentativen Bereich der gnomonischen Projektion wird hierbei sowohl dem Ableitungsprinzip der Indizesnetze wie auch dem unmittelbaren Zonennetz gerecht.

### Abstract

Prepared by the preceding studies II—VI a revised variety of formes of Binnite will be discussed and represented as gnomonic projections. Because of the big number the new formes have been classified by use of so called “nets of indices” (study V).

### Einleitung

Der Binnit hat seinen Namen vom Binnental, wo er als Fahlerzvarietät in einer charakteristischen kugeligen Ausbildung vorkommt und — wie die Beispiele der Fig. 1 zeigen — mit seinem Flächenreichtum und dem Kontrast seines metallischen Glanzes zum weissschimmernden Wirt (zuckerkörnigen Dolomit) eine Zierde jeder Sammlung ist. Das Freiburger Institut besitzt eine Sammlung schöner Binnite aus der „klassischen Ausbeutungsperiode“ des Lengensbachs, und wir konnten durch eine Reihe neuerer Untersuchungen („Studien II—VI“) deutliche Fortschritte hinsichtlich des Verständnisses der Formenmannigfaltigkeit und des Zonenverbandes erzielen.

Als wir uns vor Beginn eigener Messungen mit der Literatur befassten, war die Flächenerfassung sehr heterogen und die Positionen der Formen in der gnomonischen Projektion ergaben ein lückenhaftes Bild. Abgesehen von BAUMHAUER, TRECHMANN sowie PRIOR und SPENCER hatte keiner der Bearbeiter der Binnentalerze ein detailliertes Formenstudium des Binnit getrieben, während die referierende Literatur weiter anwuchs. So konnte es scheinen, als sei der Binnit eine Fahlerzvarietät, dessen Formenreichtum als eine Laune der Natur zur Kenntnis zu nehmen und nicht weiter zu analysieren sei.

Die Revision der Daten, die Formenstatistik und die Neumessungen vervollständigten aber bald das lückenhafte Indizesfeld, so dass wir zu einer Deutung der realisierten Formenmannigfaltigkeit kamen.

Wie die in den „Studien II“ durchgeführte Flächenstatistik zeigt, gibt es keine stetig absteigende Reihe der Formenwichtigkeit. Vielmehr steht einer kleinen Zahl äusserst wichtiger Formen das Gros der untereinander  $\pm$  gleichwertigen Formen 2. Ordnung gegenüber. Bei einer Realisierungserwartung von 0—55 haben die sieben Formen {100}, {110},  $\pm$ {111}, +{332},  $\pm$ {321},  $\pm$ {211}, +{611} einen Form/Flächenhäufigkeitswert von grösser 35; die anderen ca. 120 Formen bleiben unter dem Wert 15.

Das hat zur Folge, dass man nicht durch ständige Erweiterung der Messungen zuerst die „allerwichtigsten“ Formen, dann die „wichtigen“, die „minderwichtigen“ und schliesslich die „unwichtigen“ (evtl. nur „vizinalen“) Formen erhält, sondern dass man nach Abtrennung der sechs Formen 1. Ordnung einer unbestimmt grossen Menge  $\pm$  gleichrangiger Formen gegenübersteht.

Für die Darstellung der Formen 1. Ordnung hat man es daher leicht: ein durch Drittelung der Strecke zwischen (100) und (110) gewonnenes

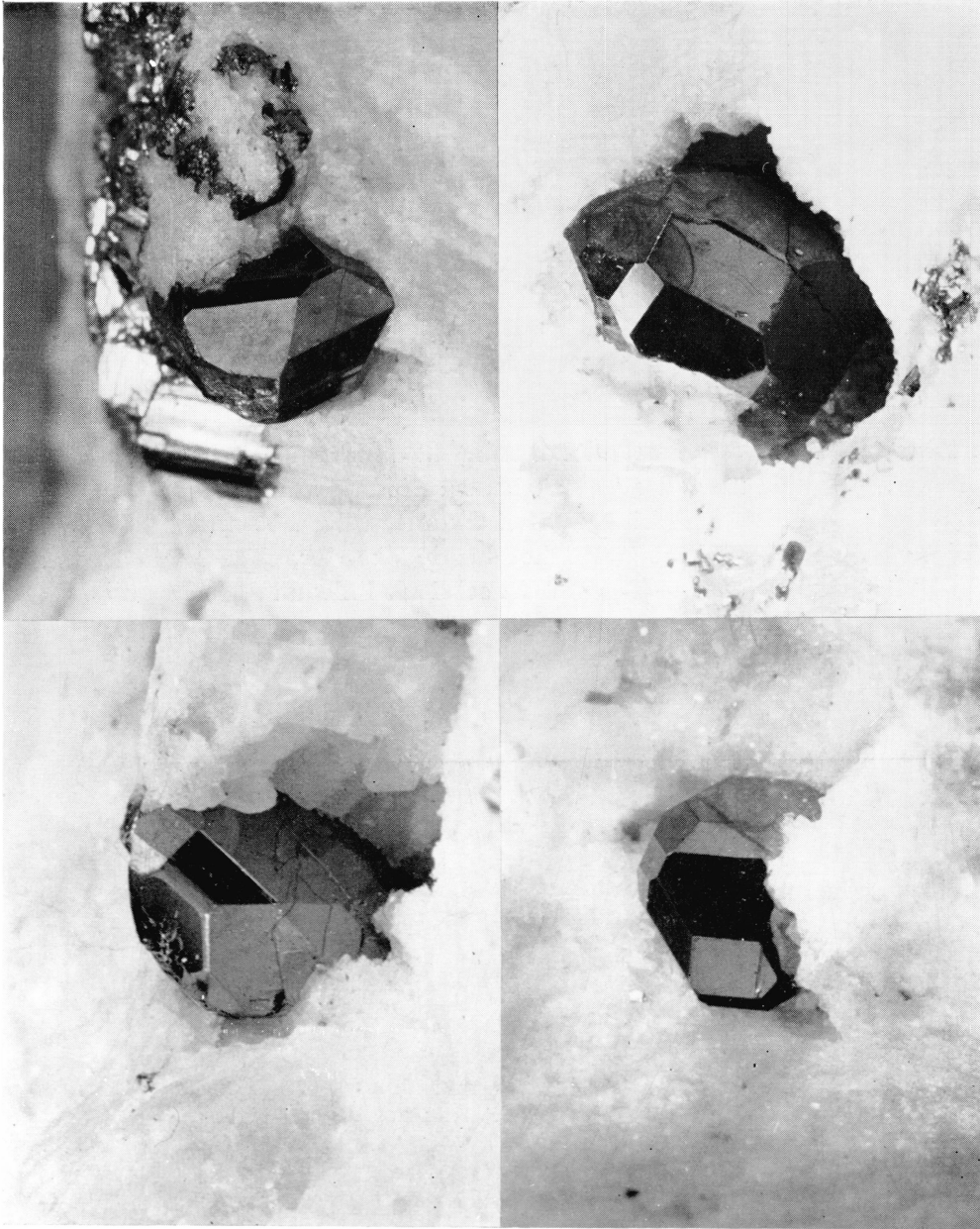


Fig. 1. Vier aufgewachsene Binnite in Dolomit vom Lengenbach. Oben: links B 333 (Durchmesser 6 mm), rechts B 323 (4 mm), rechts B 321 (6 mm). Unten: links B 381 (5 mm), rechts B 321 (6 mm).

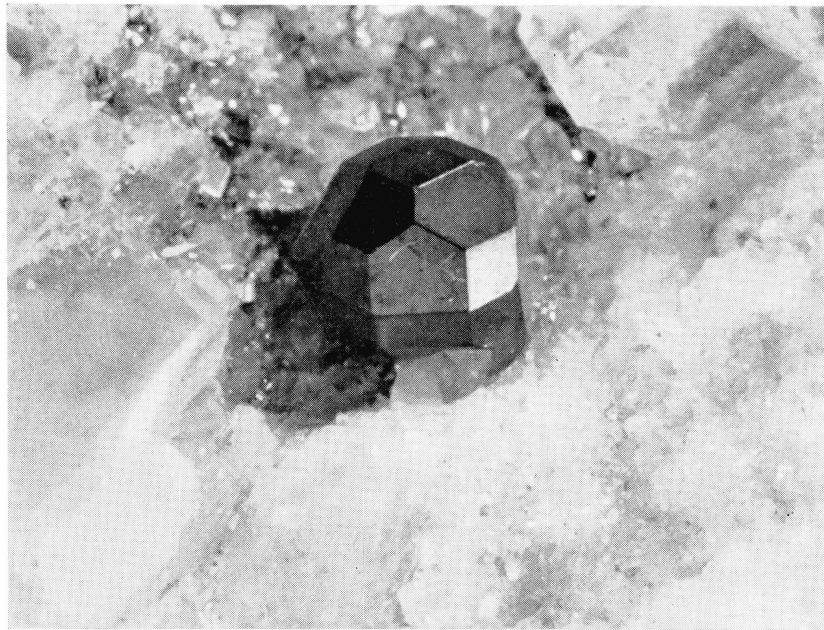


Fig. 2a. Binnit B 161 (Durchmesser 2,5 mm) in idealer kubischer Ausbildung. Blick auf die Flächendreierheit des Tristetraeder: die schwarze Fläche und rechts davon die zwei grauen Flächen bilden einen Oktanten der Form (211). Die ganze helle Fläche weiter rechts gehört zum Rhombendodekaeder, ebenso wie die in der Abb. „oben“ liegende Fläche. — Der Würfel schliesst links an die schwarze Fläche an.



Fig. 2b. Stark verzerrter Binnit B 71, grösste Länge 9 mm.

einfaches Zonnennetz zeigt die Lage der durch Kreise markierten Formen 1. Ordnung (siehe Fig. 3, S. 427). — Für die Darstellung der Formen 2. Ordnung genügt dieser Zonenverband aber nicht, und über die Art seiner Erweiterung ist zu diskutieren.

Da die Opazität der Kristalle auch die Erfassung sehr kleiner Flächen erlaubt, ist es nicht verwunderlich, dass unsere Revisionen die bisherige Formenwelt fast verdoppelt haben, damit dürfte aber die Mannigfaltigkeit erschöpft sein und man kann übersehen, welche Indizes noch „fehlen“.

Dieses Fehlen ist ausgedrückt durch die *Formenerwartbarkeit*. Bestimmungsstücke dieser Formenerwartbarkeit sind a) die Unterbringung der Indizes in sog. „Indizesnetzen“, b) die Ordnung beim Komplikationsverfahren, c) Lücken in Indizesfolgen.

In den „Studien VI“ wurde besonders für das Tristetraeder eine *vergleichende* Überlegung durchgeführt und gezeigt, dass sich die durch die Komplikation bedingte Rangordnung gut mit der faktischen Formflächenhäufigkeit deckt. In den „Studien V“ hinwiederum wurde versucht, das realisierte Indizesfeld durch „Indizesnetze“ verständlich zu machen. — Die nachfolgenden Ausführungen sollen einen Überblick über den erreichten Stand der Untersuchungen geben. Der erste Teil bringt eine historische Studie zur Komplettierung der Binnitformen, der zweite Teil beschäftigt sich mit einer Erläuterung des heute gesicherten und bereinigten Formenreichtums.

### 1. Teil: Zur Geschichte der Binnitformen

Die Binnitkristalle sind zwar häufig, aber nicht immer kugelig entwickelt; sie können auch stark verzerrt sein (Fig. 2), wodurch der Binnit dem Marrit oder Baumhauerit ähnlich werden kann. Doch auch schon bei der scheinbar idealen kugeligen Ausbildung sind manche Flächen entweder oktantenweise oder auch unregelmässig unterdrückt und es nimmt daher nicht wunder, dass man Formen, die nur teilweise entwickelt waren, ohne weiteres zur Holoedrie ergänzt hat. Die Erkenntnis der Hemiedrie dringt daher erst nach und nach durch, und damit hängt auch zusammen, dass die Zugehörigkeit des Binnits zu den Fahlerzen recht spät sichergestellt wird. Von diesen Entwicklungsperioden berichten die folgenden Abschnitte. Zunächst wird der Gang „von der Holoedrie zur Hemiedrie“ (1845—1893) dargelegt; es folgen die Abschnitte „Hemiedrie und Ätzfiguren“ (1897), „Binnit als Glied der Fahlerze erkannt“ (1899/1900) sowie „Komplikation und Flächenentwicklung“ (ab 1913).

## a) Von der Holoedrie zur Hemiedrie

In der Zeit von DAMOUR 1845 (19c) über HAUSMANN 1952 (46), S. v. WALTERSHAUSEN 1855 (147b) bis KENNGOTT 1854/55 (68b u. c) waren nur Rhombendodekaeder und Tristetraeder<sup>1)</sup>  $\pm \{211\}$  als Formen des Binnit bekannt.

HEUSSER fand 1856 (51c), dass neben diesen Formen auch Würfel und Oktaeder (bzw. heute:  $\pm$  Tetraeder) sowie die Formen  $\{332\}$  und  $\{611\}$  existieren. Er gibt drei Abbildungen (Abb. 15—17) des Binnit in verzerrter Ausbildung wieder. Es sind die Kombinationen:

Abb. 15:  $\{100\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{211\}$ ,  $\{111\}$ ,  $\{611\}$

Abb. 16:  $\{100\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{211\}$ ,  $\{332\}$ ,

Abb. 17:  $\{100\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{211\}$ .

S. v. WALTERSHAUSEN fand 1857 (147c) als neue Form die  $\{321\}$ , die er für holoedrisch hält: „Für den Binnit (er nannte ihn Dufrenoyzit!) ist wohl zunächst noch bemerkenswert, dass er nicht in hemiedrischer, sondern nur in holoedrischer Ausbildung erscheint und daher mit Fahlerz, Tennantit usw. nicht verwechselt werden kann.“

Hatte man bisher angenommen, dass der Binnit trotz unregelmässiger Flächenverteilung der holoedrischen Symmetrie angehöre, so vertritt nun A. KENNGOTT 1856/57 (68d) als erster die Ansicht, es könne eine hemiedrische Verteilung vorliegen. Seine neu hinzugefundene Form  $m0n$ , die die Kanten zwischen  $(211)$  und  $(110)$  abstumpft, nennt er Tetrakontaoktaeder; es könnte die von WALTERSHAUSEN genannte  $\{321\}$  sein, nun also als Hexakistetraeder zu bezeichnen.

G. VOM RATH 1864 (109a u. b), KENNGOTTS Erkenntnisse referierend, schliesst jedenfalls daraus, dass sich wegen der hemiedrischen Symmetrie dieses Mineral noch näher an den Tennantit anschliesse. Die Entscheidung über Hemiedrie oder Holoedrie des Binnits wird zwar definitiv erst 1893 (4c) getroffen, aber A. KENNGOTT wiederholt 1866 (68i) in seinem Buch „Die Mineralien der Schweizer Alpen“, dass es sich beim Binnit um ein hemiedrisch kristallisierendes Mineral handle und fügt den Formen einen Pyramidenwürfel  $\{210\}$  sowie zwei nicht gemessene Tristetraeder  $\{hkk\}$  hinzu.

A. SCHRAUF hinwiederum gibt in seinem „Atlas der Kristallformen des Mineralreiches“ 1864—1873 (123) — dem Vorgänger der GOLDSCHMIDTSchen Tabellen — den Binnit noch als holoedrisch an, indem er

<sup>1)</sup> Definition in heutiger Auffassung; seinerzeit also holoedrisch  $\{hkk\}$ !

sich auf eigene Messungen stützt und betont, ein tetraedrischer Binnitkristall des Handels sei von ihm als schwarze Zinkblende erkannt worden. Er meint, dass die Zeichnungen von HEUSSER (51c) 1856 zwar eine Unregelmässigkeit der Ausbildung, jedoch nicht sicher eine Hemiedrie erkennen liessen.

Den bisher gefundenen Kristallformen des Binnit fügt SCHRAUF keine weiteren hinzu. In fünf Darstellungen sind einige Binnitkristalle wiedergegeben. In seiner Fig. 4 gibt er, sich auf HEUSSERS Fig. 16 (51c) beziehend, die Kombination  $\{100\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{211\}$ ,  $\{322\}$  an. Es muss ihm hierbei ein Fehler unterlaufen sein, indem er statt des HEUSSERSchen Deltoiddodekaeders  $\frac{3}{2}0 = 332 = a : a : \frac{3}{2}a$  eine Tristetraederform  $322 = \frac{3}{2}a : a : \frac{3}{2}a = \frac{3}{2}0\frac{3}{2}$  einführte, die er jedoch als übereinstimmend mit HEUSSER bezeichnet. Seiner Abbildung 2 fügt er im Text hinzu: „Diese Form (Kombination  $\{100\} + \{110\}$ ) beschreibt HEUSSER (51c), S. 110, Abb. 18, Tafel I, als prismatisch.“

HEUSSER hatte jedoch seine Fig. 18 auf (heutigen) Dufrenoyit bezogen sehen wollen und schreibt „es handelt sich hierbei um einen Kristall, der entschieden dem 2- und 2gliedrigen (also rhombischen) System angehört“. Es stimme dieser Kristall vollkommen mit dem von S. v. WALTERSHAUSEN in seiner Fig. 9 (147b) dargestellten Skleroklaskristall überein. Messungen sei der Kristall nicht zugänglich. Weshalb SCHRAUF diesen Kristall als Binnit deutet, bleibt deshalb unklar.

F. HESSENBERG untersucht 1874 (50e u. f) den Binnit auf sein Symmetrieverhalten und entscheidet sich für die Holoedrie. Er schreibt: „Man überzeugt sich leicht, dass das Fehlen der nicht gemessenen Flächen keiner hemiedrischen Regel unterliegen kann. Die Entscheidung findet sich nämlich sofort aus der Lage der Oktaederflächen, von welchen zwar in Figur 3 allerdings zwei fehlen und zwei vorhanden sind. Allein die zwei vorhandenen liegen nicht tetraedrisch zu einander, sondern oktaedrisch, unter  $109^{\circ} 28'$  zu einander geneigt, womit die Frage wenigstens für diesen Kristall zu Gunsten der Holoedrie entschieden ist. Dementsprechend zeigt sich auch die Verteilung der unvollzähligen Flächen der übrigen Teilgestalten als eine zufällige.“

Charakteristisch für den Binnit allgemein ist die folgende Bemerkung HESSENBERGS: „Wie schon die Fig. 3 erkennen lässt, gibt es in der natürlichen Ausbildung dieses Kristalls bei all seiner Unsymmetrie doch keine Teilgestalt, welche man als vorherrschend, als die Trägerin der Kombination anzusehen berechtigt wäre. Denn mit Ausnahme der beiden, nur klein und spärlich auftretenden Glieder  $30\frac{3}{2}$  und 40 (d. i.  $\{321\}$  und  $\{441\}$ ) kommen alle übrigen meist mehrfach in gleich ansehnlicher Grösse vor, ein Gleichgewicht darstellend...“ — Gleichzeitig führt HESSENBERG  $\{441\}$ ,  $\{10.1.1\}$  und  $\{411\}$  als neue Formen ein.

W. J. LEWIS untersucht 1878 (83b) einen Binnit des britischen Museums und findet  $\{411\}$ ,  $\{611\}$ ,  $\{711\}$ ,  $\{10.1.1\}$  und  $\{233\}$  nur in den abwechselnden Oktanten ausgebildet. Die Entscheidung, ob Holoedrie



vorliege oder nicht, lässt er jedoch offen: „... doch müssen jedenfalls noch mehr Exemplare untersucht werden, um die Frage, ob der Binnit hemiedrisch kristallisiere, definitiv zu entscheiden“. Die  $\{711\}$  wird von LEWIS neu angegeben.

Auch P. GROTH misst 1878 (38b) einen Binnit (Sesquicuprosulfarseniat) der Mineraliensammlung der Universität Strassburg: „Der beste der Sammlung, etwa erbsengross, zeigte eine deutlich hemiedrische Ausbildung.“ Nach seiner gewählten Stellung lagen im positiven Oktanten: (111) gross und völlig glatt, (112) ziemlich gross, glatt oder nach der Kante mit (111) gestreift, (116) und (100) ebenso gestreift, ferner (123), (233) und (110). Im negativen Oktanten lagen nur  $(1\bar{1}1)$ ,  $(1\bar{1}2)$  und ein „Pyramidenoktaeder“.

H. BAUMHAUER veröffentlicht 1893 (4c) Messungen an Binniten unter dem Titel „Deutlich hemiedrische Binnitkristalle“. Da also die Hemiedrie deutlich festzustellen ist, kommt es auf die Entscheidung an, wie man den Binnit aufstellen will.

Anzeichen der Hemiedrie ist hier, neben dem tetraedrischen Auftreten bestimmter Flächenformen zueinander, die Streifung der Würfelflächen. BAUMHAUER definiert, dass diese Streifung parallel den Kanten  $\{100\}$  mit  $+\{211\}$  liegt.

Daraufhin erkennt er die unterschiedliche Flächenbeschaffenheit gleichindizierter Flächen in benachbarten Oktanten und stellt fest, dass nach der so von ihm definierten Orientierung das negative Tristetraeder  $\{211\}$  mit matten Flächen eine glänzende Tetraederfläche  $\{1\bar{1}1\}$  einschliesst. Viel kleiner und glänzend sind dagegen die Flächen des positiven Tristetraeders  $\{211\}$ . Die Flächenausbildung des Tetraeders schwankt jedoch von Kristall zu Kristall, weshalb BAUMHAUER die Streifung der Würfelfläche als Kriterium der Orientierung zugrunde legt. Bei der gegebenen Aufstellung erweist sich der positive Oktant als flächenreicher als der negative. Das weist darauf hin, dass die von BAUMHAUER gewählte Orientierung mit derjenigen von GROTH 1878 (38b) übereinstimmt.

Als neue Formen findet BAUMHAUER die Tristetraeder  $+\{19.6.6\}$ ,  $+\{12.1.1\}$ ,  $+\{322\}$ ,  $+\{433\}$ , ausserdem als nicht messbare Flächen ein negatives, in der Zone  $-\{211\} : +\{211\}$  liegendes Hexakistetraeder; zwei positive Tristetraeder: eines zwischen  $\{100\}$  und  $+\{211\}$  (vielleicht  $\{611\}$ ), ausserdem eine weitere Fläche, welche die Kanten von  $+\{211\} : +\{111\}$  abstumpft (vielleicht  $\{322\}$ ) und eine sog. Prärosionsfläche, die die Kante von  $+\{111\} : \{110\}$  abstumpft und auf ein Deltoiddodekaeder hinweist.

Messungen an zwei Kristallen, von denen einer in allen acht Oktanten zugänglich war, teilte sodann C. O. TRECHMANN 1893 (140b) mit. Der eine dieser Kristalle ist mit seinen 44 Formen weit flächenreicher als der andere mit 22 Formen. Den bisher gefundenen 17 Binnitformen fügte TRECHMANN 39 neue Formen hinzu, von denen jedoch ein grosser Teil

als unsicher bezeichnet wird und von späteren Autoren auch bisher nicht bestätigt wurde. Beide Kristalle waren deutlich kubisch-hemiedrisch, und TRECHMANN erhebt, im Hinblick auf HESSENBERGS sorgfältige Untersuchungen von 1874 (50e u. f) die Frage, ob es nicht möglicherweise zwei verschiedene kubische Mineralien gebe, so dass die hemiedrischen und die holoedrischen Kristalle nicht von derselben Substanz seien, eine Meinung, die er besonders deshalb berechtigt glaubte, als die übliche Binnitformel  $\text{Cu}_6\text{As}_4\text{S}_9$  wegen der streuenden Analysenergebnisse immer noch in Zweifel stehe. Zur Beantwortung dieser Frage sei es notwendig, dass holoedrische und hemiedrische Kristalle getrennt voneinander chemisch analysiert würden, was aber wohl wegen des Mangels an Substanz unmöglich sei.

Auch TRECHMANN fand, dass bei seinen Binniten der positive Oktant wesentlich flächenreicher ausgebildet sei als der negative. So sind von den 44 Formen des zweiten, 2 mm grossen Kristalls 34 Formen positiv und 8 Formen negativ, und zwei sind ohne Vorzeichen, nämlich  $\{100\}$  und  $\{110\}$ . Die Flächen des negativen Oktanten werden gebildet von sechs der 12 gefundenen Deltoiddodekaeder  $\{hhl\}$  sowie dem Tristetraeder  $\{221\}$  und dem Tetraeder  $\{1\bar{1}1\}$ . Das Eigenartige an den aufgezählten Formen ist das relativ häufige Auftreten der Ziffern 5 in den Flächensymbolen. So ist für 11 der 54 Tristetraeder  $h=5$  und für sechs von ihnen  $h=10$  (während für 23 Formen  $h=1$  und für sieben  $h=2$  ist). GOLDSCHMIDT vermutet 1916 (36b) in seinem Atlas, dass die Zahl 5 sich aus einer dezimalen Abrundung bei der Berechnung der Symbole ergebe. Das trifft generell aber nicht zu, denn auch bei der Revision wird — analog TRECHMANN — die Fünf wieder erhalten. Zu zwei gleichen Indizes 5, also (551) (und permutiert) gibt es als dritten Index die folgenden Werte: 7, 8, 9, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 37, 51; also (557), (558) usw. Analog gibt es für Indizes (10.10.1) den folgenden dritten Wert: 15, 17, 19, 21, 27, 29; also (10.10.15), (10.10.17) usw. — Vergleiche hierzu auch die Bedeutung des M/115-Indizesnetzes (Studien V)!

DANAS „System of Mineralogy“ von 1894 (18f) gibt den Binnit noch als holoedrisch nach HESSENBERG an, obwohl die Arbeiten von BAUMHAUER 1892 und TRECHMANN 1893 vorausgegangen waren; DANAS *Vorwort* ist allerdings von 1892!

### b) Hemiedrie und Ätzfiguren

1897 (4h) veröffentlichte BAUMHAUER eingehende und äusserst sorgfältige Untersuchungen an sechs Binniten aus eigener Sammlung. Dabei diskutierte er zunächst die von TRECHMANN neu gefundenen Flächen und bestätigte die Formen:  $+\{722\}$ ,  $+\{311\}$ ,  $+\{13.2.2\}$ ,  $+\{47.10.10\}$ ,  $+\{19.5.5\}$ ,  $+\{28.1.1\}$  und  $+\{76.1.1\}$ . Die anderen der vielen neuen von TRECHMANN angegebenen Formen seien teilweise Vizinalflächen und

teilweise fragliche Formen. Als neue Formen fand BAUMHAUER:  $+ \{40.1.1\}$ ,  $+ \{20.1.1\}$ ,  $+ \{35.2.2\}$ , sowie  $+ \{665\}$ , das Tetrakishexaeder  $\{310\}$  und die Hexakistetraeder:  $\{754\}$ ,  $\{743\}$ ,  $\{941\}$ . Mit grösster Sorgfalt studierte er die natürlichen Ätzerscheinungen auf den Binnitflächen und zog sie als Beweismittel für die Hemiedrie des Minerals heran, so dass nun in dieser Frage kein Zweifel mehr offen blieb.

Die *Würfelflächen* zeigten infolge der Ätzung eine Streifung parallel der Kombinationskanten  $\{100\}$  mit  $+ \{211\}$ , wobei  $+ \{611\}$  als Ätzfläche vermutlich eine Rolle spielt.

Die *Tetraederflächen* erwiesen sich zumeist als glänzend und klein, wobei  $\{111\}$  kleiner als  $- \{111\}$  ist. An einem Binnit wurden auf  $\{111\}$  gleichseitig-dreieckige Ätzvertiefungen wahrgenommen, welche ihre Ecken nach den Flächen von  $+ \{211\}$  wenden (S. 549 l. c.), sowie grössere Eindrücke von gleicher Form, aber um  $180^\circ$  gedreht.

Auch auf den Rhombendodekaederflächen wurde eine Streifung parallel zu den Kombinationskanten  $\{110\}$  mit  $\{100\}$  festgestellt. „Die Ätzflächen, von denen sie begrenzt werden, erglänzen im reflektierten Licht gleichzeitig mit den benachbarten Würfelflächen.“ Bei einem zweiten Binnit beobachtete BAUMHAUER zahlreiche symmetrische Ätzvertiefungen auf  $\{110\}$ . „Sie sind vier- bis sechseckig, gestreckt und symmetrisch nach der Kante  $(001) : (110)$  resp. nach der kurzen Rhombendiagonale, unsymmetrisch nach der dazu senkrechten längeren Diagonale der betreffenden Dodekaederfläche, wie es der tetraedrischen Hemiedrie entspricht. Die Eindrücke erglänzen gleichzeitig mit den benachbarten Flächen von  $+ \{211\}$  und  $\{110\}$ .“

„Am meisten corrodiert erscheinen jedoch die Flächen von  $- \{211\}$ . Sie sind mit Ätzhügeln bedeckt, welche entweder einzeln auftreten oder nach der Richtung der Kombinationskante der Flächen mit dem Würfel reihenweise angeordnet resp. zu (kammförmig gezackten) Ätzwellen gestreckt sind. Diese Ätzhügel werden von Flächen begrenzt, welche, wie man durch Spiegellassen erkennt, mit solchen von  $\{100\}$ ,  $\{110\}$  und  $- \{111\}$  zusammenzufallen scheinen.“

Dahingegen stellte sich  $+ \{211\}$  meist völlig intakt und glänzend, jedoch kleiner als  $- \{211\}$  dar. „Endlich zeigten sich auf  $+ \{332\}$  kleine fünfseitige Vertiefungen mit zwei parallelen Seiten, welche durch eine der Kante  $+ \{332\} : + \{221\}$  parallele Linie symmetrisch halbiert werden. Ein zweiter Kristall liess die  $+ \{332\}$  ungeätzt.

Deutliche Ätzeindrücke hingegen zeigten beim zweiten Kristall die Flächen  $+ \{321\}$ , und zwar von vierseitig-trapezförmig und von unsymmetrischer Gestalt.

Aus diesen Beobachtungen schloss BAUMHAUER: „Es ist wahrscheinlich, dass die zwölf zu den Flächen  $\pm \{211\}$  senkrechten Linien diejenigen polaren Richtungen innerhalb der Binnitkristalle darstellen, nach welchen deren Substanz dem hier in Betracht kommenden Ätzmittel, dessen Natur allerdings noch unbekannt ist, den grössten resp. kleinsten Widerstand entgegengesetzt.“ Die Hauptlösungsflächen  $- \{211\}$  liegen tetraedrisch, was ein weiterer Beweis für die Hemiedrie des Binnit ist. So bilden in dem Zonenstück  $(001)$ ,  $(112)$ ,  $(111)$ ,  $(332)$ ,  $(110)$  die drei mitt-

leren Flächen eine Region geringster Angreifbarkeit durch das Ätzmittel, beiderseits eingeschlossen von einer Fläche grösster Angreifbarkeit (001) und (110), welche jedoch beide noch die Rolle primärer Ätzflächen spielen. Andererseits enthält der Zonenverband (211), (312), (101), ( $\bar{1}\bar{1}2$ ), ( $0\bar{1}1$ ), ( $\bar{1}32$ ), ( $\bar{1}21$ ) eine Region (312), (101), ( $\bar{1}\bar{1}2$ ), ( $0\bar{1}1$ ), ( $\bar{1}32$ ), gebildet von stärker, resp. am stärksten angegriffenen Flächen und eingeschlossen von Flächen geringster Angreifbarkeit (211) und ( $\bar{1}21$ ), welche letzteren deshalb auf (312), (101), ( $0\bar{1}1$ ) und (132) als Ätzflächen fungieren.“

### c) Binnit als Glied der Fahlerze erkannt

Im Jahre 1899/1900 erscheint die Arbeit von PRIOR und SPENCER (102c) "The identity of Binnite with Tennantite; and the chemical composition of Fahlerz", die einen wesentlichen Beitrag zur Identifizierung des Binnits bringt. Auf Grund kristallographischer und chemischer Vergleiche stellen die beiden Autoren fest, dass Binnit nichts anderes als die arsenhaltige Varietät des gewöhnlichen Fahlerzes (also gleich Tennantit) sei und dass er sich von Tennantit aus Cornwall in nichts Wesentlichem unterscheide. Sie beweisen damit die Vermutung, die schon vorher aufgetaucht war, und schreiben (S. 186): "Des Cloizeaux (22) S. 398 described binnite as a very arsenical variety of tennantite, but gave the characters which, in his opinion, served to distinguish the two minerals; while Delafosse, in his Cours de Minéralogie 1860 (20), actually placed binnite under arsenical grey copper, and pointed out that, according to Stockar-Escher's analysis, it has the composition of Cornish tennantite."

Die Flächenuntersuchungen an 60 Binniten sowie goniometrische Messungen an 24 Kristallen und 23 Fragmenten dieses Minerals liefern, wie die Autoren angeben, über die Arbeiten von BAUMHAUER und TRECHMANN hinaus nicht viel Neues. Als Formen kommen  $\{25.1.1\}$ ,  $\{18.1.1\}$ ,  $\{14.1.1\}$ ,  $\{51.5.5\}$ ,  $\{31.4.4\}$ ,  $\{25.12.12\}$  sowie  $\{332\}$ ,  $\{543\}$  und  $\{965\}$  neu hinzu. Die Untersuchungen der Ätzerscheinungen, in die Parallelprojektion auf ( $00\bar{1}$ ) eingetragen, liefern ein Kopfbild, das dem von BAUMHAUER 1897 (4h), Tafel IX, Fig. 9, gegebenen gleichkommt. Zusätzlich wird bemerkt: "The effect of the etching has been to roughen the faces in the negative octants, and to round the edges and coigns with bright praerosion planes in the positive octants. Many of the faces noted above may be only due to praerosion." Verzwilligung sei bisher nicht festgestellt worden. (SOLLY hat jedoch später, nämlich 1907 auf den Sitzungen der Londoner Mineralog. Gesellschaft einen Binnitzwilling nach (301) beschrieben; dies ist der einzig bisher bekannte Fall! Abgesehen von den Referaten in Cbl. Min. 1907, S. 93 und S. 411, sowie Cbl. Min. 1908, S. 52, konnten wir keine nähere Literatur finden).

Neben den kristallographischen Untersuchungen liefern auch die chemischen Analysen in der Arbeit von PRIOR und SPENCER einen Beweis

für die Identität von Binnit mit Tennantit als Fahlerz. Für Fahlerz (Tetraedrit und Tennantit) wird die Grundformel  $3 R'_2S \cdot R''_2S_3 + \kappa (6 R''S \cdot R''_2S_3)$  vorgeschlagen, mit  $R' = \text{Cu, Ag}$ ;  $R'' = \text{Fe, Zn}$ ;  $R''' = \text{Sb, As, Bi}$  (Sb für Tetraedrit, As für Tennantit), wo  $\kappa$  ein kleiner Bruch ist, oft  $\frac{1}{10}$  oder  $\frac{1}{5}$ , der aber bis  $\frac{1}{2}$  ansteigen kann für eisenreichen Tetraedrit „coppit“.

In GOLDSCHMIDTS Tabellenwerk (36a) 1897 wird Binnit als kubisch tetraedrisch-hemiedrisch mit seinen 11 charakteristischen Formen geführt. Es scheint jedoch insofern ein Irrtum unterlaufen zu sein, als  $\{441\}$  angeführt wird — wahrscheinlich auf Grund HESSENBERGS Angaben 1875, der jedoch den Binnit als holoedrisch bezeichnet hatte. Nachgewiesen wurde bis dahin nur die Form  $\{441\}$  von TRECHMANN.

Im HINTZE „Handbuch der Mineralogie“ I 1904 (54a) sind neben den sonstigen Eigenschaften des Binnit auch seine bekannten 75 Kristallformen angegeben. Auch hier wird  $\{441\}$  als nachgewiesene Form angegeben. Derselbe Irrtum unterläuft ferner DESBUISSONS (21b) 1909 bei seiner sonst sorgfältigen Zusammenstellung der Hauptformen des Binnit.

#### d) Komplikation und Flächenentwicklung

In einer Arbeit von BAUMHAUER 1913 (4v) „Über die Entwicklung der Kristallflächen im Anschluss an neuere Beobachtungen am Binnit“, wird die Methode der Komplikation auf die Formenkombination des Binnit angewandt. Nach diesen Prinzipien „liegt den flächenreichen Zonen im allgemeinen eine primäre Reihe von Flächen zugrunde, welche sich von einer Ausgangsfläche von meist komplizierterem Symbol nach einer Zielfläche von einfacherem Symbol hinzieht, und deren Glieder sich durch eine konstante Differenz gewisser Indizes unterscheiden“. Wie die Prüfung der Formenrealisierung am Binnit zeigt, ist *diese* Formulierung nur *eine* Interpretation möglicher Indizeszusammenhänge und die primitive Indizesaddition führt meist zu besseren Resultaten als die Erwartung einer konstanten Differenz bestimmter Indizes. BAUMHAUER findet eine Primärreihe von Tristetraedern mit der unnormale hohen Indexdifferenz 6: (611), (12.1.1), (18.1.1), (24.1.1), (30.1.1), deren Anfangsfläche (011) wäre. Da im Zonenstück (011) (611) mehrere wichtige Zonen einschneiden, ist dort keine völlig normale Flächenentwicklung zu erwarten. Die in dem Zonenstück gemessenen Flächen (922), (411), (18.5.5), (311), (29.10.10), (833), (12.5.5), (211) lassen sich jedoch nach den Untersuchungen BAUMHAUERS recht gut mit den durch Komplikation theo-

retisch gefundenen Flächen parallelisieren. Ferner untersucht BAUMHAUER, wie häufig die Flächen einer Form an dem von ihm untersuchten Binnitindividuum auftreten<sup>2)</sup> und stellt fest, dass Formen hohen Komplikationsgrades leichter einen Teil ihrer Flächen durch verzerrtes Kristallwachstum verlieren, als solche Formen niederen Komplikationsgrades. Ziel seiner Untersuchungen war, die Frage nach dem Raumgitter des Binnits zu klären, denn „der Zonenbau steht ohne Zweifel in innigster Beziehung zum Raumgitter der betreffenden Kristalle. Die Art und Anordnung der verschiedenen primären Reihen eines Kristalls gibt deshalb einen Fingerzeig für die Ermittlung des ihm zukommenden Raumgitters“. (Die ersten Röntgenuntersuchungen an Binnit erfolgten erst 1928 durch MACHATSCHKI!)

1916 erscheint der von GOLDSCHMIDT herausgegebene „Atlas der Kristallformen“ (36b), der den Binnit unter Fahlerz führt. Er bringt alle bisher in den Originalarbeiten erschienenen Abbildungen des Binnit und referiert die bis dahin gefundenen Formen, wobei zu berücksichtigen ist, dass von den Formen {13.13.1}, {331} und {221} von TRECHMANN nur die negativen Formen gemessen worden waren; {22.22.1} muss ein Druckfehler sein. Unberücksichtigt sind die sieben von BAUMHAUER 1913 veröffentlichten neu gefundenen Flächen.

In seinem „Beitrag zur Kenntnis der Gesteine und Minerallagerstätten des Binnentales“ (1) behandelt H. BADER 1934 den Binnit als Tennantit unter Angabe seiner spezifischen Eigenschaften. 69 Formen werden dort aufgeführt, wovon 58 positiv und 11 negativ sind. Auch er berücksichtigt die BAUMHAUERSche Arbeit von 1913 offensichtlich noch nicht. An der vollständigen Wiedergabe der bisher eingemessenen Flächen würden demnach noch die Formen +{35.2.2}, +{40.1.1}, +{20.1.1}, +{16.5.5}, sowie -{221}, +{665}, +{754} und +{743} fehlen.

NIGGLI, KOENIGSBERGER, PARKER beschränken sich 1940 (89) auf die Angabe der wichtigsten Formen des Fahlerzes, dessen arsenreiche Varietät der Binnit ist. Von den Fahlerzformen sind -{411}, -{10.1.1}, +{441} und -{321} für Binnit nicht bestätigt worden, +{441} und -{321} von uns aber inzwischen gefunden.

Auch das Handbuch von DANA 1944 (18g) bespricht unter seinen Tennantitvarietäten den Binnit als „Argentinian Tennantite“ und gibt eine Abbildung des Minerals, die im wesentlichen der HEUSSERSchen Abbildung 16 (1856) gleichkommt. Es ist die Kombination {100}, {110}, {211}, {332} in holoedrischer, idealisierter Ausbildung dargestellt. Bei

<sup>2)</sup> Also entsprechend unserer heutigen „Formflächenhäufigkeit“.

der Formenübersicht sind die für Fahlerz wesentlichsten Formen berücksichtigt, wobei darauf hingewiesen ist, dass die Formenliste für Tetraedrit (Sb-Fahlerz) und Tennantit (As-Fahlerz) im wesentlichen die gleiche sei. Die für die einzelnen Varietäten dieser Hauptgruppen — also auch für Binnit — spezifische Flächenassoziation ist deshalb nicht mehr besonders berücksichtigt worden.

KLOCKMANN-RAMDOHR 1954 (71b), S. 340, referiert die Abb. 6 von HESSENBERG 1875 (50f), die eine Kombination der Formen  $w = \{10.1.1\}$ ,  $u = \{441\}$ ,  $o = \{111\}$ ,  $d = \{110\}$ ,  $S = \{321\}$ ,  $n = \{211\}$ ,  $x = \{411\}$ ,  $h = \{100\}$  darstellt.

Eine Zusammenstellung der gesamten Literatur über die Lokalität Lengenbach bringt die erste der Freiburger „Studien I—VII“ (begonnen 1956; siehe Literatur!) von NICKEL und SCHALLER. Von den über 350 Titeln befassen sich ca. 100 mit Binnit. I. SCHALLER hat durch Neumessung die Formen vervollständigt und nach ihrer Sicherheit statistisch geordnet (Studien II und III). E. NICKEL führt (Studien V) die sog. Indizesnetze ein, um die Indizesvielfalt zu gruppieren; siehe hierzu im Teil 2 (und Fig. 5). NICKEL und SCHALLER stellen (Studien VI) an den Tristetraedern fest, dass die faktisch realisierten Formen gut mit dem Komplikationsgesetz übereinstimmen, wenn man dieses mit den Überlegungen zur Zonenerwartbarkeit verknüpft.

## 2. Teil: Die Mannigfaltigkeit der Binnitformen

Fig. 3 bringt ein einfaches Zonennetz des Binnit mit den wenigen Flächen 1. Ordnung. Die Erweiterung des Zonenverbandes erfolgt nach den Gesichtspunkten der Indizesnetze und der Komplikation. Bei Beschränkung auf das Wesentliche ergibt sich das Zonennetz der Fig. 4 (s. Tafel).

Nach dem letzten Stand sind am Binnit, abgesehen von den Formen  $\{100\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{111\}$  noch 18  $\{hk0\}$ , 15  $\{hhl\}$ , 60  $\{hkk\}$  und 30 (bis 34?)  $\{hkl\}$  vorhanden; hierbei sind positive und negative Formen *nicht* getrennt gezählt. Diese Vielfalt hat freilich hinsichtlich der „Indizessicherheit“ eine Bereinigung notwendig, und wir haben sie durch die Statistik der „Studien II“ erst einmal insofern reduziert, dass eine Liste von 42 wichtigeren Formen übrigbleibt.

Es handelt sich (unter Vernachlässigung der + und – Unterschiede!) um die folgenden Formen, die in dieser Tabelle ohne Klammern hingeschrieben sind:

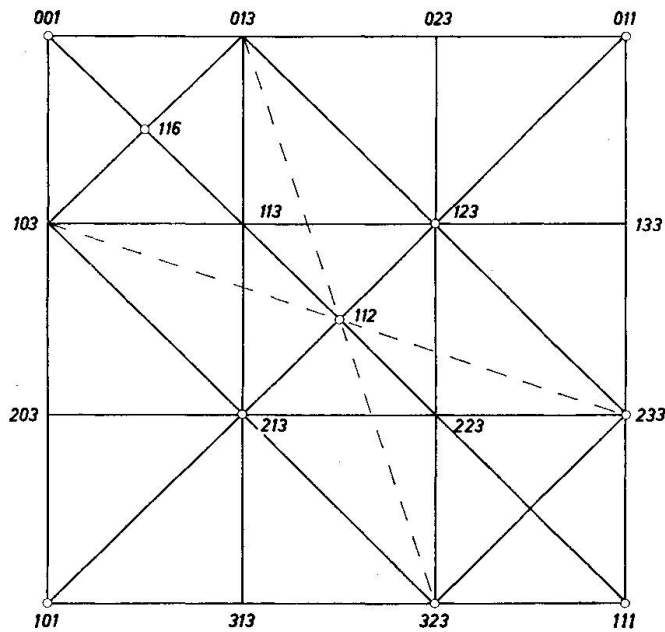


Fig. 3. Einfachstes Zonennetz des Binnit im „repräsentativen Bereich“ der gnomonischen Projektion. Durch kleine Kreise sind die Hauptflächen dargestellt.

a) 16 Nicht-Tristetraeder

- 100
- 110
- 210 310 910
- 111
- 221 441 332 552
- 321 431 543 743 754 965

b) 26 Tristetraeder

- 211 311 411 511 611 711 811 911 10.1.1 12.1.1 14.1.1 28.1.1
- 322 522 722 922 944
- 755 855 12.5.5 19.6.6
- 17.10.10 19.10.10 21.10.10 47.10.10 25.12.12

Diese 42 Formen sind eine statistisch begründete Auswahl aus 60 mehr als einmal (als realisiert) genannten Formen, während sich die übrigen der 125 Formen aus nur je einmal genannten Indizes zusammensetzen.

Die Fig. 4 (s. Tafel), die sich (wie auch Fig. 3) auf den von uns als „repräsentativen Bereich“ bezeichneten Ausschnitt der gnomonischen



Projektion  $\begin{matrix} (001) & (011) \\ (101) & (111) \end{matrix}$  bezieht, enthält die folgenden Formen<sup>3)</sup>:

1. Die 42 „wichtigen Formen“; in der Abb. mit Indizes versehen.
  - a) Grosse schwarze Ringe: Formen erster Ordnung.
  - b) Schwarze Punkte mit grauem Saum: restliche „wichtigere Formen“.
2. Weitere Formen; in der Abb. ohne Indizes belassen.
  - c) Schwarze Punkte: Positionen aus der Liste der 60 Formen sowie zusätzlich eine Auswahl nur einmal beobachteter Formen, deren Existenz durch gute Messungen gesichert ist (siehe „Studien II“).
3. „Fehlende Formen“: das sind Formen, die an sich erwartet würden; die Diskussion hierüber siehe weiter unten.
  - d) Leerer Kreis: die erwartbare (447).
  - e) Leere Quadrate: fehlende Flächen des M/115-Netzes.

Studiert man die Formenverteilung in der gnomonischen Projektion, dann kann kein Zweifel über die Hauptzonen sein: es sind die üblichen uncharakteristischen des kubischen Systems. Besonders reich ist die Zone, die die Tristetraeder und Deltoiddodekaeder enthält. Ebenso markant ist die sie in (112) kreuzende Zone, auf der drei der 6 wichtigen Hexakis-tetraeder liegen.

Für die wichtigsten Zonen wird man die Komplikationserwartung prüfen, also zusehen, welche der durch Indizesaddition ableitbaren Formen realisiert sind. Für die Tristetraeder ist dies, wie schon erwähnt, in den „Studien VI“ erfolgt, dort bis zur 6. Ableitung, was unseres Wissens sonst noch an keinem Mineral analog geglückt ist. Bei den anderen Zonen, die weniger Flächen haben, kommt man bis zur 2. oder 3. Ableitung. Nur die Zone (101) (112) (011) erlaubt nun, nach Ergänzung durch unsere Neumessungen, noch eine 4. Ableitung, wie dies die Tabelle 1 S. 432 zeigt.

Zur Demonstration der stets möglichen, aber immer eingeschränkten Komplikation bei den anderen Zonen, sind nachstehend einige Beispiele vorgeführt.

Da bei diesen Beispielen die ( ) zur Kennzeichnung *fehlender* Flächen dienen sollen, haben die Indizes der *vorhandenen* Flächen keine Klammern. Die unterschiedlichen Satztypen bei den Indizes sollen der leichteren Orientierung über den Komplikationsgrad dienen: Endknoten und 1. Ableitung sind halbfett, 2. Ableitung hat Normalsatz, weitere Ableitungen sind kursiv gesetzt.

*Zone zwischen 405 und 355*

**(405)** ( ) *314* ( ) (11.5.15) ( ) ( ) *537* **7.5.10** ( ) ( ) ( ) *223* ( ) *578* ( ) **(355)**.

<sup>3)</sup> Man beachte, dass im „repräsentativen Bereich“ die Tristetraeder nicht als {211}, {311}, {611} usw. auftreten, sondern mit den Flächen (112), (113), (116) usw. und dass sich entsprechend auch die Indizes der anderen Formen permutiert in dem von uns gewählten und gnomonisch dargestellten Bereich vorfinden!

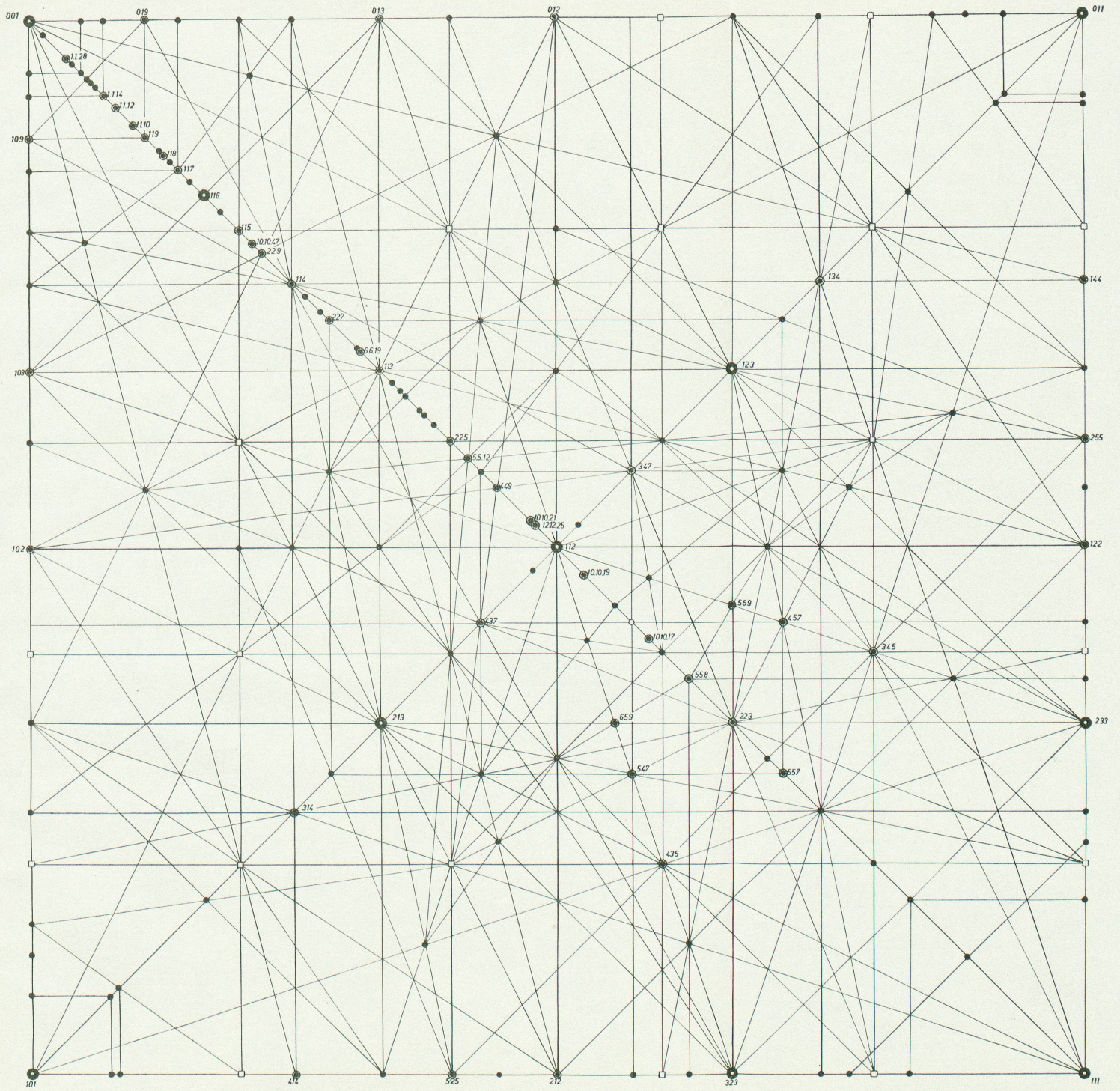


Fig. 4. Zonennetz des Binnit im repräsentativen Bereich. Rangordnung der Flächen siehe im Text.

Leere Seite  
Blank page  
Page vide

Man sieht, dass die 537 aus der 4. Ordnung realisiert ist, obwohl der benachbarte Partner 2. Ordnung (also die Fläche 11.5.15) nicht vorhanden ist.

Man gewinnt die Fläche 537 natürlich auch durch

$$102 \quad () \quad 315 \quad () \quad 213 \quad 537 \quad (324) \quad 435 \quad 111$$

oder aber findet sie, wenn man nicht innerhalb des repräsentativen Bereichs bleibt, sondern sich ausserhalb von ihm eine im Sinne von GOLDSCHMIDT dominante Fläche als Komplikationsknoten sucht, nach dem Schema

$$\bar{111} \quad (405) \quad 314 \quad 537 \quad 223 \quad 578 \quad (355) \quad () \quad 132,$$

wobei man noch in der 4. Ordnung zwischen 537 und 223 die realisierte 7.5.10 erhält.

(Um nicht auszufern, sind aber nachstehend nur Beispiele innerhalb des repräsentativen Bereichs gewählt worden!)

*Zone zwischen 212 und 014*

$$212 \quad 749 \quad 537 \quad () \quad 325 \quad () \quad () \quad () \quad 113 \quad () \quad () \quad () \quad () \quad () \quad () \quad () \quad 014.$$

Zur Komplikation muss bei der 226 gekürzt werden; die 749 erscheint in der 4. Ableitung. Zwischen 113 und 014 fehlen alle Glieder.

*Zone zwischen 212 und 001*

$$212 \quad (425) \quad 213 \quad 214 \quad 001.$$

Hier fehlt bereits ein Glied der 2. Ableitung; es handelt sich bei der 425 aber um eine „erwartbare Fläche“ (s. w. u.)

*Zone zwischen 525 und 015*

$$525 \quad () \quad 738 \quad () \quad 213 \quad () \quad () \quad () \quad (5.3.10) \quad 327 \quad () \quad () \quad (5.4.15) \quad () \quad 114 \quad () \quad (015).$$

Von dieser Zone fehlt ein Teil der 1. und 2. Ableitung, gleichwohl existieren zwei Flächen der 3. Ableitung: 738 und 114, sowie eine der 4. Ableitung: 327. — Ferner existiert in dieser Zone noch eine 1.4.19.

Überschritte man den repräsentativen Bereich, um die Zone in zwei zwischen dominanten Flächen liegende Zonenstücke zu zerlegen, so ergäben sich für 738 bzw. 327 bessere Positionen:

$$312 \quad 837 \quad 525 \quad 738 \quad 213 \quad \text{bzw.:} \quad \bar{101} \quad (015) \quad 114 \quad 327 \quad 213.$$

*Zone zwischen 323 und 013*

$$323 \quad () \quad 758 \quad () \quad 435 \quad () \quad 547 \quad 659 \quad 112 \quad () \quad 237 \quad () \quad (125) \quad () \quad () \quad () \quad 013.$$

Mit befriedigender Komplettheit der Abfolge, zumal die 125 eine erwartbare Fläche ist!

*Zone zwischen 323 und 103*

$$323 \quad () \quad 749 \quad () \quad 426 \\ 213 \quad () \quad (316) \quad 419 \quad 103.$$

Hier muss im linken Teil mit dem ungekürzten Index **426** kompliziert werden, im rechten dagegen mit dem gekürzten, damit in dritter Ordnung die **419** erscheint.

Solche Beispiele lassen sich beliebig fortsetzen; sie zeigen, dass man unter Berücksichtigung der gegenseitig einschneidenden Zonen die Komplikationsansätze so variieren kann, dass die Übereinstimmung mit den realisierten Flächen befriedigt.

So ist beispielsweise die Besetzung der Zone (305) (455) nicht vernünftig von den beiden Endflächen des repräsentativen Bereichs her ableitbar. Man muss vielmehr als Knoten die 213 und die (455) nehmen:

Beobachtete Abfolge: (305) 213 7.5.10 547 334 (455).

Nimmt man den Komplikationsansatz (305) (455), so erhält man die Abfolge:

(305) ( ) 213 ( ) 7.5.10 ( ) (11.10.15) 334 (455).

Hierbei erscheint die 334 erst in der 3. Ordnung, also erst nach der in der 2. Ordnung nicht realisierten (11.10.15). Die 547 lässt sich nicht ableiten.

Versucht man hingegen die Komplikation zwischen 213 und (455), so erscheint:

213 7.5.10 547 ( ) 334 ( ) (789) ( ) (455),

was bessere Übereinstimmung ergibt.

Es ist aber schwer, die Komplikationen an den „wichtigen Zonen“ konsequent zu Ende zu führen, weshalb das Bemühen trotz guter Einzelergebnisse nur halb befriedigen kann. Wir haben daher, wie schon anfangs erwähnt, auch einen zweiten Weg gewählt und versucht, durch *unmittelbares Ordnen* der realisierten Indizes zum Ziele zu kommen. Die hierzu verwendeten „Indizesnetze“ (siehe in den „Studien V“) entspringen folgender Überlegung:

Wählt man im kubischen System einen geeigneten, den Koordinatenachsen parallelen Ausschnitt (also unseren sog. „repräsentativen Bereich“) und trägt in ihm die durch Indizes-Kombination zur 3. Ordnung erhaltenen Flächenindizes (kleiner Werte  $h, k, l$ ) auf, so erhält man in der gnomonischen Projektion Netze mit quadratischen Maschen. Die Maschenweite entspricht dem Wert  $1/l$ . Solche Netze sind im oberen Teil der Fig. 5 angegeben, und zwar für  $l = 4, 5, 6$  und  $7$ . Die Bezeichnung der Netze erfolgt nach der linken oberen Masche, daher die Bezeichnung M/114, M/115, M/116, M/117. Netze M/112 oder M/113 heranzuziehen wäre trivial, denn die betr. Flächen kann man an *jedem* kubischen Kristall erwarten. Hingegen müsste sich die *feinere* Unterteilung — wenn man sie mit der effektiven Flächenrealisierung vergleicht — dazu verwenden lassen, individuelle Züge des betr. Minerals herauszuarbeiten.

Im Falle des Binnits erwies sich das M/115-Netz als besonders nützlich zur Interpretation und wir haben daher im Zonennetz der Fig. 4 auch jene Flächen des M/115-Netzes markiert, die nicht realisiert sind. Es

sind dies die durch leere Quadrate angegebenen Positionen. Man sieht, dass durch diese Punkte viele Zonen laufen und die betr. Stellen daher als „erwartbare Indizes“ angesprochen werden können. „Erwartbar“ bedeutet also hier: die Position ist im Sinne der Zonenentwicklung vorauszusetzen; es bedeutet nicht unbedingt, dass die Fläche noch „gesucht“ werden muss, denn wie man im repräsentativen Bereich sieht, ist die Verteilung eine ungleichmässige und durch die Sonderstellung der (116) auch „verzerrte“! — Zur Einsicht in die „Erwartbarkeit“ sei beispielsweise auf die Teilzone (112) (357) (245) (378) (133) hingewiesen<sup>4)</sup>. Hier sind die (357) und die (378) entwickelt; die in der Ordnung vorangehende und zwischen ihnen liegende Fläche (245) fehlt aber am Binnit! — Ebenso „fehlt“ in der Tabelle 1 die (415), obwohl zwischen (101) und (415) noch die (516) entwickelt ist.

M. 114	M. 115	M. 116	M. 117
004 014 024 034 044	005 015 025 035 045 055	006 016 026 036 046 056 066	007 017 027 037 047 057 067 077
104 114 124 134 144	105 115 125 135 145 155	106 116 126 136 146 156 166	107 117 127 137 147 157 167 177
204 214 224 234 244	205 215 225 235 245 255	206 216 226 236 246 256 266	207 217 227 237 247 257 267 277
304 314 324 334 344	305 315 325 335 345 355	306 316 326 336 346 356 366	307 317 327 337 347 357 367 377
404 414 424 434 444	405 415 425 435 445 455	406 416 426 436 446 456 466	407 417 427 437 447 457 467 477
	505 515 525 535 545 555	506 516 526 536 546 556 566	507 517 527 537 547 557 567 577
		606 616 626 636 646 656 666	607 617 627 637 647 657 667 677
			707 717 727 737 747 757 767 777
001 014 012 034 011	001 015 025 - - 011	001 - 013 012 023 - 011	001 017 - - - - -
104 114 124 134 144	105 115 - - - -	- 116 - - - 156 -	107 117 - - - - -
102 214 112 - 122	205 - 225 235 - 255	103 - 113 236 123 - 133	- - 227 237 - 257 - -
304 314 - 334 344	- - 325 335 345 -	102 - 326 112 - - 122	- - 327 337 347 357 - -
101 414 212 434 111	- - - 435 445 -	203 - 213 - 223 - 233	- - - 437(447) 457 - 477
	101 - 525 - - 111	- 516 - - - 556 566	- - 527 537 547 557 - -
		101 - 313 212 323 656 111	- - - - -
			- - - - 747 - - 111

Fig. 5. Indizesnetze zur Ordnung der Formenmannigfaltigkeit im repräsentativen Bereich.

Oberer Teil: komplette Netze mit ungekürzten Indizes.

Unterer Teil: die am Binnit realisierten Formen in gekürzter Form.

Durch diese Flächen ergibt sich ein vertikal-horizontales Zonennetz, das bei der Darstellung der Fig. 4 nur zum Teil eingetragen werden konnte.

<sup>4)</sup> Man beachte, dass *nur* in dem voranstehenden enggedruckten Textteil die ( ) für *fehlende* Flächen verwendet wurden. Hier im Haupttext bedeuten die Klammern wie üblich *Flächen*, ganz gleich, ob sie realisiert sind oder nicht!

Tabelle 1. Zone (101) (011) am Binnit

Die Zone wird durch die (112) halbiert, es genügt also die Darstellung des Bereiches (101) (112).

*I. Komplikationsableitung zwischen den Knoten (101) (011) (= nullte Ordnung!)*

Ordnung der Komplikation	0	4	3	4	2	4	3	4	1	0
Indizes der Komplikation	(101)	(415)	(314)	(527)	(213)	(538)	(325)	(437)	(112)	... (011)

*II. Flächenrealisierung am Binnit*

realis. Flächen

0.—4. Ordnung \* \* \* \* \*

davon sind von  
uns neu gefund.

\* \* \*

„erwartbare  
Flächen“

\*<sup>(1)</sup>

\*<sup>(2)</sup>

Flächen höherer

als 4. Ordnung: Im Bereich zwischen (101) und (415) sind noch realisiert: in der 5. Ordnung die neue Fläche (516); ferner „vizinal“-nahe (101) die Flächen (12.1.13) und (11.1.12).

\*<sup>(1)</sup> wegen M/115! \*<sup>(2)</sup> wegen vorhandener (558), (578)!

Ein anderer Hinweis: Die Zone (525) (255) ergibt bei Komplikation zunächst das halbierende Tristetraeder (7.7.10), das auch realisiert ist. Die weiteren Komplikationen komplettieren die Zone als Diagonale des M/115-Netzes: (525) (435) (345) (255). Die Fünferbevorzugung wird ja übrigens schon in der Literatur (TRECHMANN) genannt, wenn auch in anderem Zusammenhang.

Die Abhängigkeit von Zonenverband und Reihenbildung (Indizesnetze etc.) ist natürlich wechselseitig! Die Diagonale aller Indizesmaschen ist die Zone (001) (111) mit den Flächen (112) (113) (114) (115) (116) (117)... — Es sind also die Tristetraeder, die die Indizesnetze ermöglichen. Wendet man die Komplikation mit den Knoten (001) (111) an, so erhält man gleich eine ganze Serie der Flächen des M/116-Netzes: (001) (113) (112) (223) und (111); eine weitere Komplikation liefert zwischen den genannten Indizes solche des M/114- und M/115-Netzes, nämlich (114) (225) (335) (334). Nur die am Binnit erstrangige Fläche (116) selber erhält man bei dieser Komplikation nicht, sie ist, wie auch die auf sie folgenden (117) (118) usw., überbetont und man wird daher lieber das M/115-Netz der Entwicklung zugrunde legen. Dafür spricht auch, dass die M/116-Indizes als Zonenschnittpunkte weniger wichtig sind; natürlich darf man hierzu nur solche Positionen vergleichen, die ausschliesslich auf das M/116-Netz beschränkt sind und nicht zugleich auch im M/113 und M/114-Netz auftauchen. — Wir haben uns bei der

Beschreibung mit den vier Indizesnetzen M/114—117 begnügt. Es könnte sein, dass sich ausserdem noch die Zone (419) (449) (479) (499) als Teil eines rudimentären, aber dem Binnit eigentümlichen Indizesnetzes M/119 herausstellt; hinzugefunden wurden eine (559) und (569). Das diesem M/119-Netz angehörende Tristetraeder (449) — Zonenposition 337 + 112 — hat die hohe Formflächenhäufigkeit von 10!

So ergeben sich also sowohl von der Kombination und Indizes-Serienentwicklung (koordinatenparallele Indizesnetze) wie von der Zonen-Komplikationsentwicklung Möglichkeiten, die grosse Formenmannigfaltigkeit des Binnit zu ordnen und zu verstehen.

Die Verfasser hoffen, Herrn Prof. Parker mit dieser Studie aus dessen speziellem Arbeitsgebiet — Kristallbeschreibung — eine besondere Freude zu bereiten, zumal es sich um ein Mineral einer klassischen Schweizer Lokalität handelt.

### Literaturverzeichnis

#### A. Studien über die Freiburger Binnentalsammlung I—VII

(von E. NICKEL und I. SCHALLER)

- I. Die Mineralparagenese des Lengenbachs im Binnental. Bull. Soc. fribourg. Sci. Nat., Vol. 50 (1960), S. 1—206.
- II. Die Binnite vom Lengenbach. Bull. Soc. fribourg. Sci. Nat., Vol. 51 (1961), S. 167—222.
- III. Winkelmessung und Flächensicherung an Binniten. Aufschluss, Februar 1963.
- IV. Neue Formen an einem flächenreichen Binnit. Bull. Soc. fribourg. (im Druck).
- V. Prinzip der Formenentwicklung am Binnit. Bull. Soc. fribourg. (im Druck).
- VI. Die Tristetraeder am Binnit. Neues Jb. Min. (im Druck).
- VII. Die Formenwelt des Binnit (die vorliegende Arbeit!).

#### B. Ältere Binnitliteratur

Die Studien I enthalten ein ausführliches Literaturverzeichnis; die nachfolgenden Titel sind ein Auszug aus dem dortigen Verzeichnis.

1. BADER, H. (1934): Beitrag zur Kenntnis der Gesteine und Minerallagerstätten des Binnentales. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 14, S. 319.
- 4c. BAUMHAUER, H. (1893): Kristallographische Notizen (Deutlich hemiedrische Binnitkristalle). Z. Kristallogr. 21, S. 202.
- 4h. BAUMHAUER, H. (1897): Neue Beobachtungen am Binnit und Dufrenoyisit. Z. Kristallogr. 28, S. 545.
- 4v. BAUMHAUER, H. (1913): Über die Entwicklung der Kristallflächen im Anschluss an neue Beobachtungen am Binnit. Z. Kristallogr. 52, S. 681.



- 19c. DAMOUR, A. (1846): Dufrenoyisit, eine neue Mineralgattung (in *Ann. de Chim.* 1845 c XIV, 379). *Ref. Jb. f. Mineral*, S. 337.
- 18f., 18g. DANA'S (1892/94) und (1944): *System of Mineralogy*.
- 21b. DESBUISSONS, L. (1909): *La Vallée de Binn, Lausanne*.
22. DESCLOIZEAUX, A. (1855): *Notices minéralogiques sur les formes cristallines de la Dufrenoyisit. Ann. Mines* 8, 389.
- 36a. GOLDSCHMIDT, V. (1897): *Krystallographische Winkeltabellen*, Berlin.
- 36b. GOLDSCHMIDT, V. I (1913)—IX (1923): *Atlas der Krystallformen*, Heidelberg.
- 38b. GROTH, P. (1878): *Mineraliensammlung der Universität Strassburg, Strassburg*.
46. HAUSMANN, L. (1852): In *Phillips Mineralogy* auf S. 197 genannt. Vgl. aber dazu besser die bei HAUSMANN, L. (1847) *Handbuch der Mineralogie* genannte Arbeit „Tennantite“ von W. und R. PHILLIPS (*Quarterly J.* VII, 95).
- 50e. HESSENBERG, F. (1874): Brief an G. v. Rath vom Dez. 1873 aus dem Nachruf v. Rath. *J. für Mineralogie*, S. 817f. (Binnit: S. 842).
- 50f. HESSENBERG, F. (1875): *Mineralog. Notizen* 12 (siehe S. 6). *Abh. Senckenberg. Naturf. Ges. Frankfurt* 10.
- 51c. HEUSSER, J. CH. (1856): Über den Dufrenoyisit, Binnit und Adular des Binnenthal. *Poggend. Ann.* 97, S. 115.
- 54a. HINTZE, C. (1904): *Handbuch der Mineralogie* I, 1, Leipzig.
- 68b–d. KENNGOTT, A. (1855—1859): *Übersicht der Resultate mineralogischer Forschung 1854—1857. Leipzig. Referate über v. Waltershausen u. a.*
- 68i. KENNGOTT, A. (1866): *Die Minerale der Schweizer Alpen. Leipzig* (v. S. 378).
- 71b. KLOCKMANN-RAMDOHR (1954): *Lehrbuch der Mineralogie*, 14. Aufl. Stuttgart.
- 83b. LEWIS, W. J. (1878): Über Jordanit und Binnit. *Z. Kristallogr.* 2, S. 191.
89. NIGGLI-KÖNIGSBERGER-PARKER (1940): *Die Mineralien der Schweizer Alpen I und II*, Basel.
- 102c. PRIOR, G. T. und SPENCER, L. J. (1899): The Identity of Binnite with Tennantite. *Mineral. Mag.* 12, S. 184.
- 109a u. b. v. RATH, G. (1864): Über den Dufrenoyisit . . . , sowie: Über die Mineralfundstätte des Binnenthal. *Poggend. Ann.* CXXII (1864), S. 371—400. *Ref.: Jb. Min.*, S. 708—711.
123. SCHRAUF, A. (1864—1873): *Atlas der Krystallformen des Mineralreichs. IV. Lfg.* 1873, Wien.
- 140b. TRECHMANN, C. O. (1893): Binnite from Imfeld in the Binnenthal. *Mineral. Mag.* 10, S. 220.
- 147b. v. WALTERSHAUSEN, S. (1855): Ein Beitrag zur näheren Kenntnis des Dolomits in den Walliser Alpen. *Poggend. Ann.* 94, S. 115.
- 147c. v. WALTERSHAUSEN, S. (1857): Fortgesetzte Untersuchungen über die chemisch-mineralogische Beschaffenheit einiger Mineralkörper aus der Dolomitformation des Binnenthal. *Poggend. Ann.* 100, S. 537.

Manuskript eingegangen am 29. November 1962.