

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

Band: 23 (1943)

Heft: 1

Artikel: Zur Morphologie des Axinit

Autor: Fehr, P. Leander

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-20056>

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: 07.01.2026

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

Zur Morphologie des Axinit

von *P. Leander Fehr*

INHALTSÜBERSICHT

| | Seite |
|--|-------|
| Einleitung | 1 |
| 1. Die Achsenverhältnisse des Axinit und ihre Berichtigung | 2 |
| 2. Die Formen des Axinit | 11 |
| a) Übersicht und Diskussion der Axinitformen | 11 |
| b) Fundorte des Axinit und Fundortspersistenz der Axinitformen | 21 |
| c) Kombinationen und Kombinationspersistenz der Axinitformen | 32 |
| d) Vergleich der Fundorts- und Kombinationspersistenz der Axinitformen | 47 |
| 3. Die Zonen des Axinit | 51 |
| a) Einfachster Zonenverband des Flächenkomplexes | 51 |
| b) Die Hyposymmetrie des Axinit | 55 |
| c) Die Streifungen des Axinit | 62 |
| d) Die Vizinalen des Axinit | 63 |
| Zusammenfassung | 65 |
| Literaturverzeichnis | 66 |

EINLEITUNG

Der vorliegende Beitrag zu einer Gegenwartsfrage der Mineralogie unterscheidet sich in der Methode nur unwesentlich von ähnlichen Arbeiten der letzten Jahre, umso mehr dagegen in der Wahl der zu behandelnden Substanz. Wurden bisher hochsymmetrische Kristalle untersucht, so soll hier ein triklines Mineral geprüft werden, das durch grosse Formenzahl und mannigfaltige Ausbildung besondere Aufmerksamkeit verdient.

Die Vielgestaltigkeit der Axinittypen verlockte die Kristallographen zu verschiedenen Aufstellungen des Minerals. Diese auf eine einzige zu transformieren ist eine zeitraubende und mühsame Arbeit. Namentlich bei den ältern Autoren mehren sich die Schwierigkeiten. Es ist darum ein Hauptziel vorliegender Abhandlung, eine nach den heutigen wissenschaftlichen Anschauungen begründete Aufstellung des Axinit herauszufinden. Das zweite Ziel stützt sich auf die Überzeugung, dass durch Einzeluntersuchung vieler Mineralien der verschiedensten Symmetriegrade ein Gesamturteil über die morphologischen Grundgesetze der kristallisierten Materie ermöglicht wird. So suchen die nachfolgenden Zeilen einem Wunsche von P.

NIGGLI zu entsprechen, der es als grössten Erfolg seines Buches erachtet, „wenn bereits in einer nächsten Auflage auf Grund der Forschungen in der angezeigten Richtung eine wesentlich bessere und schärfere Formulierung erfolgen könnte“ (Lit. 86, II, S. VII).

Diese morphologische Studie war schon vor zwölf Jahren abgeschlossen. Widrige Umstände, über die ich keine Macht hatte, verhinderten die Drucklegung bis heute. Ich bemühte mich aber, die hauptsächlichste Literatur, die seit 1930 erschienen ist, sorglich nachzutragen und tunlichst zu berücksichtigen, ohne aber in den Haupttabellen wesentliche Änderungen vorzunehmen.

1. Die Achsenverhältnisse des Axinit und ihre Berichtigung

Die Mineralogen haben von der Freiheit, die ihnen das trikline Kristallsystem hinsichtlich der Achsenwahl gewährt, beim Axinit reichlichsten Gebrauch gemacht. Wohl kein anderes Mineral zeigt eine ähnliche Mannigfaltigkeit der Aufstellung. Selbst in neueren und neuesten Arbeiten sind zum mindesten noch vier Aufstellungen üblich. Den folgenden Ausführungen liegt, soweit nichts anderes ausdrücklich vermerkt wird, die von V. GOLDSCHMIDT in den Winkeltabellen und im Atlas der Kristallformen angenommene Aufstellung zu Grunde. Bekanntlich ist sie eine Abänderung des MILLERSchen Achsenkreuzes. Sie wird kurz als Aufstellung G. II bezeichnet, im Gegensatz zu jener andern Achsenwahl, die V. GOLDSCHMIDT zuvor in seinem Index getroffen hatte (G. I).

Es ist lehrreich, ganz kurz — unter Hinweis auf die zahlreichen Figuren in GOLDSCHMIDTS Atlas (A) — den Gründen nachzuspüren, welche für die verschiedenen Aufstellungen entscheidend waren. HAUY (A. 1—6) stellt u und r als „rhomboidisches Prisma“ senkrecht, offenbar um die Ähnlichkeit der Winkel hervortreten zu lassen, die diese Flächen mit c einschliessen. RIESS und ROSE folgen ihm (A. 48). Auch G. VOM RATH lässt sich von diesen Erwägungen leiten, nur kehrt er den Kristall um, damit die Hauptflächen vorne oben liegen (A. 58—79)¹⁾. MOHS, 1824, deckt in der letzten seiner drei Figuren (A. 13—15) eine enge Beziehung des Axinit zum Feldspat auf; durch BREITHAUPT (A. 80; vgl. dazu 50) wird sie mit der heute

¹⁾) Einige Figuren sind mit Rücksicht auf die besondere Ausbildung des Kristalls in verdrehter Stellung gezeichnet. Auch andere Autoren haben für ihre Bilder, trotz fester Achsenwahl, nicht durchwegs die gleiche Projektionsart gewählt.

noch üblichen Feldspatorientierung zur Übereinstimmung gebracht; von den Winkelunterschieden wurde allerdings hier wie dort abgesehen. Jüngstens konnte SCHIEBOLD diesen eigentümlichen Zusammenhang beider Mineralien durch Vergleich der Gitterabstände klären. SCHRAUF (A. 82—94) erkennt die gestaltliche Verwandtschaft von Axinit und Titanit; auch sie ist mehr im Zonenverband als in den Winkeln begründet. Das gewählte Achsenkreuz liefert für die wichtigsten Flächen höchst einfache Symbole, eignet sich aber, wie WEBISKY (135, S. 2) und HESSENBERG (49, S. 33) betonen, weniger gut zur bildlichen Darstellung der vom bekannten Habitus abweichenden Kombinationen. In dieser Hinsicht soll G. VOM RATHS Stellung günstiger sein. HESSENBERG glaubt, die Nachteile der SCHRAUFSchen Achsenwahl dadurch beheben zu können, dass er die a- und c-Achse miteinander vertauscht (49, S. 33). Hiervon wird die Einfachheit der Indizes selbstverständlich nicht betroffen. Indessen scheint der Vorschlag beim Kristallzeichnen nie berücksichtigt worden zu sein. Das gilt auch für die Aufstellung G. I und G. II. Aus Fig. 1 erhellt zudem, dass letztere keine besonders günstigen Bilder liefern würde. So ist es nicht zu verwundern, dass SCHRAUF viele Nachfolger gefunden hat. Bei Beschränkung auf Goldschmidts Atlas sind zu nennen: HESSENBERG (A. 96, 97), WEBISKY (A. 103, 106), SCHMIDT (A. 113—116), SJÖGREN (A. 122—126), ZAMBONINI (A. 157—159), V. M. GOLDSCHMIDT (A. 169—172). Zumeist gingen HESSENBERG (A. 95) und WEBISKY (A. 98—102, 104, 105, 107, 108, z. T. in verschiedenen Stellungen gezeichnet) mit G. VOM RATH. Die altvertraute NAUMANNSCHE Stellung (A. 17) sucht der Tatsache gerecht zu werden, dass die Flächen c und u oft parallel zur gemeinsamen Kante gestreift sind. Diese Richtung wird wegen ihrer charakteristischen Eigentümlichkeit zur c-Achse gewählt. PHILLIPS (A. 12), LÉVY (A. 18—40), MILLER, FRANCK usw. halten alle an dieser Achse fest. Als erster hatte sich NEUMANN (A. 16) dazu entschieden und dem Axinit ein rechtwinkliges Achsenkreuz unterlegt. Dass sich hierdurch Beziehungen ergeben, die nicht scharf mit der Wirklichkeit übereinstimmen, sondern innerhalb enger Grenzen davon abweichen, hebt er ausdrücklich hervor. MILLER richtet die a-Achse nach rechts, die b-Achse nach vorne²⁾. Würde die Benennung vertauscht, so wäre die a-Achse nicht mehr „Brachydiagonale“. FRAZIER, der den Axinit grundsätzlich gleich stellt wie MILLER, umgeht die Schwierigkeit, indem er in Rück- sicht auf gewisse Winkelähnlichkeiten mit Datolith eine andere Ein-

²⁾ Entsprechend früherer Gewohnheit geben MOHS I und BREITHAUPT der a- und b-Achse ebenfalls diese Lage.

heitsfläche wählt (A. 117, 118). Ihm gegenüber erreicht G. II die gewohnte Orientierung des Koordinatenkreuzes dadurch, dass er die rückwärtige Verlängerung der „Makrodiagonale“ MILLERS zur positiven b-Achse macht. G. I behält MILLERS Achsenlängen bei, verdreht aber das ganze System. Durch theoretische Überlegungen erweist FEDOROW (21) die MILLERSche und damit auch die GOLDSCHMIDTSche

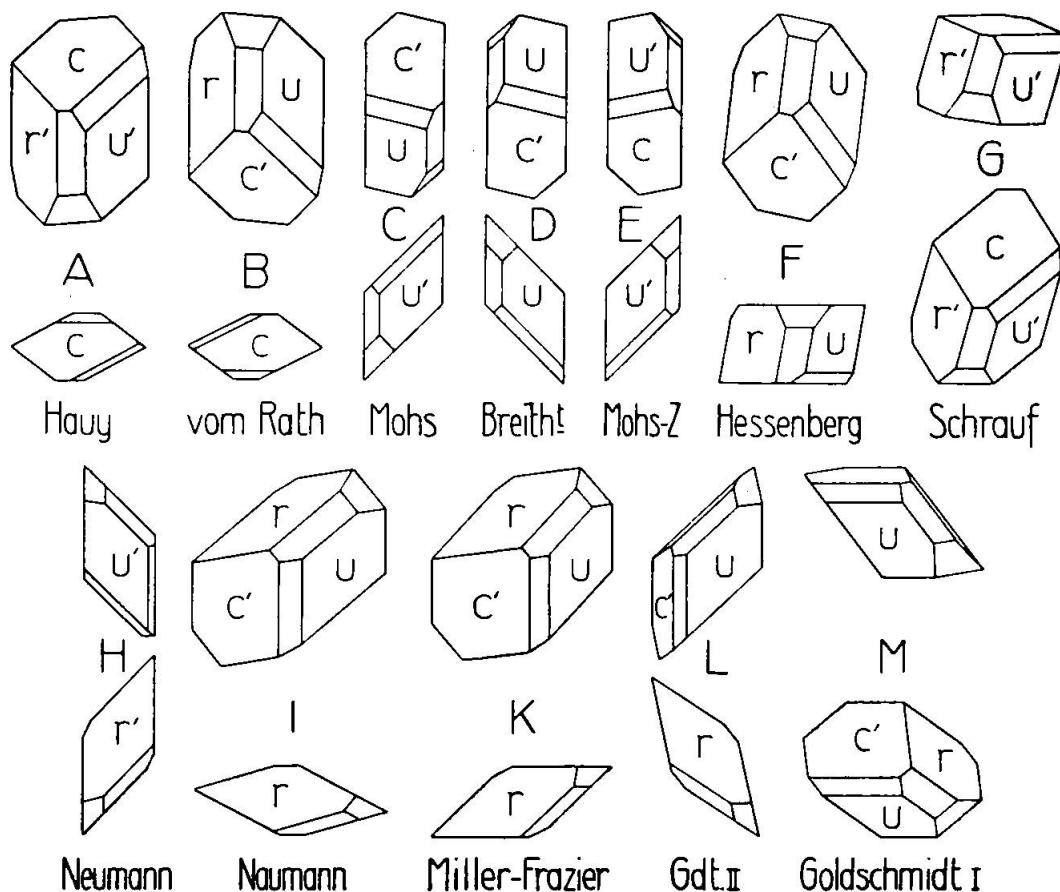


Fig. 1. Stellung eines einfachen Axinitmodells gemäss der Achsenwahl der verschiedenen Autoren in Projektion auf das vordere Hauptpinakoid (obere Reihe) und eine zur c-Achse senkrechte Ebene (untere Reihe).

$$c = 010, \quad r = 0\bar{1}1, \quad u = 1\bar{1}0.$$

Aufstellung als die richtigste; die röntgenometrischen Untersuchungen der letzten Jahre haben seinen geistvollen Annahmen Recht gegeben.

Von der Mannigfaltigkeit der Axinitaufstellungen, nach sachlichen Gesichtspunkten geordnet, vermittelt Fig. 1 eine anschauliche Vorstellung. Gemäss den Festsetzungen der verschiedenen Autoren ist ein bestimmtes Modell mit möglichster Dimensionstreue je auf das vordere Pinakoid (obere Reihe) und auf eine zur c-Achse senkrechte Ebene (untere Reihe) projiziert. Eine Ausnahme machen C

und D, die nach der von MOHS und BREITHAUPt gewählten Darstellung und Numerierung auf 010 projiziert erscheinen. H ist nach NEUMANNs eigener Zeichnung von hinten gesehen (positive c-Achse

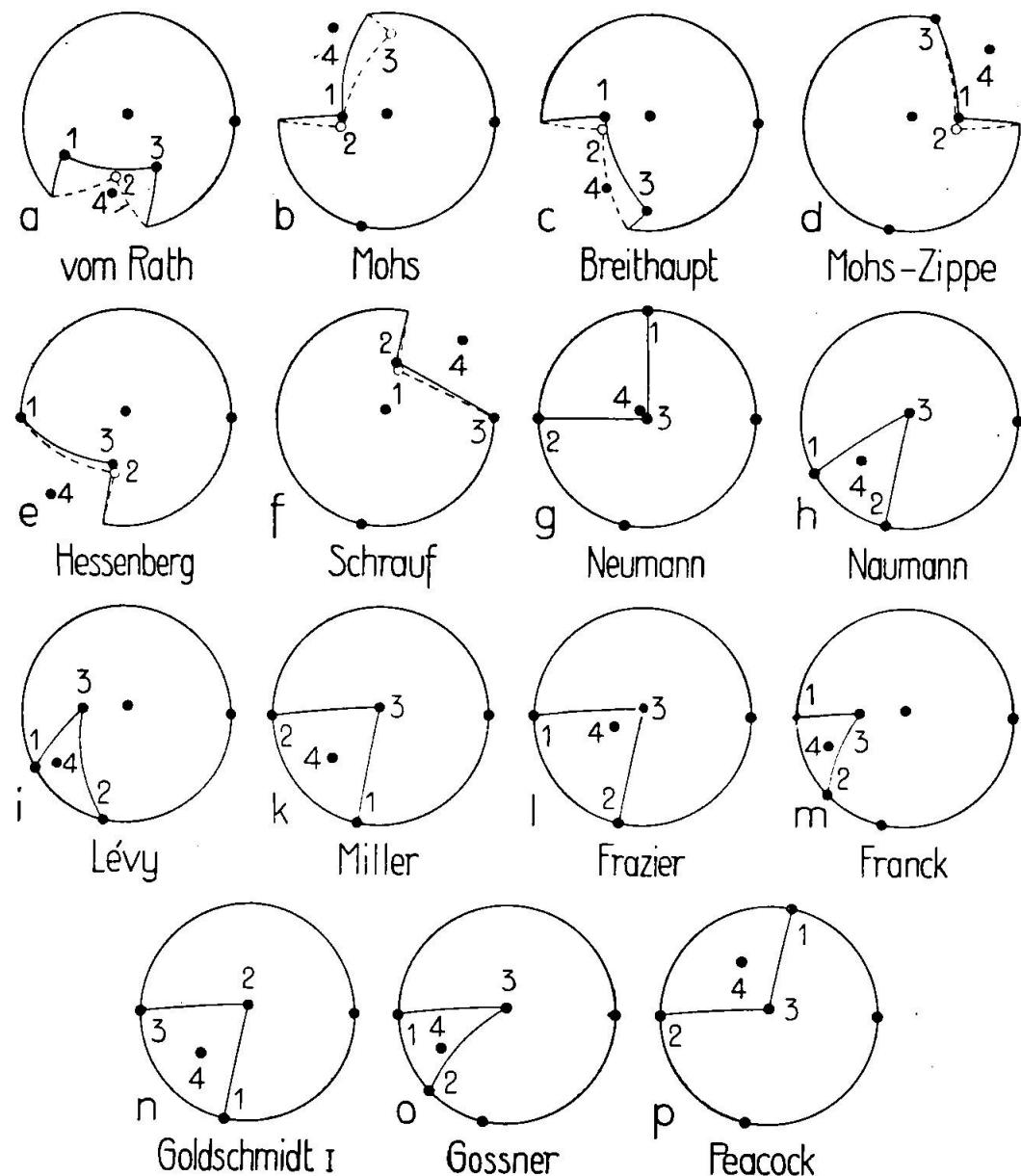


Fig. 2. Lage der von verschiedenen Kristallographen gewählten Grund- und Einheitsflächen (1, 2, 3 bzw. 4) in stereographischen Projektionsbildern paralleler Orientierung [erkennbar an den eingezeichneten, aber nicht beschrifteten Flächenpolen M (100), c (010), m (001)].

nach unten gerichtet). I gilt auch für LÉVY, da er die gleiche Fläche zu 100 wählt wie NAUMANN. Ihnen schliessen sich die Mehrzahl der Autoren an. Soweit im Atlas vermerkt, gehören zu LÉVY: DES CLOIZEAUX (A. 109), OFFRET und GONNARD (A. 127—133) und LACROIX

(A. 119, 134—146); dem Altmeister NAUMANN sind nachgefolgt: PHILLIPS (A. 12), PRESL (A. 41—43), SADEBECK (A. 110; die heutige +b-Achse ist negativ genommen), QUENSTEDT (A. 111, 112), PENFIELD und PIRSSON (A. 120, 121), ZIMANYI (A. 147—151), FORD (A. 152—154), KIKUCHI-WADA (A. 155, 156), ANDERSON (A. 160—167) und PENFIELD (A. 168). Das unterschiedliche Vorgehen LÉVYS und NAUMANNS in der Wahl von 001 und 111 zeigt sich mit aller Deutlichkeit in Fig. 2. Ähnlich passt die Zeichnung K der Fig. 1 sowohl zu MILLER wie zu FRAZIER (A. 117, 118) und FRANCK, während in Fig. 2 dafür drei verschiedene Projektionen erforderlich sind. Wegen der besonderen Orientierung der a- und b-Achse ist K als Veranschaulichung der MILLERSchen Aufstellung eine Projektion auf 010, genau so wie C und D. Nach MILLER orientiert sind die Atlasfiguren 53—56 (GREG und LETTSOM), 57 (HESSENBERG; „unter Beibehaltung der von MILLER angenommenen Achsenstellung“) und 81 (STRUEVER). BERNHARDIS Bilder (A. 7—11) stehen der NAUMANNSchen Aufstellung ganz nahe. Bei übereinstimmender Orientierung der Zone $c:s:x$ (Buchstabendeutung wie in Fig. 1) unterscheiden sie sich nur durch die Vertauschung von vorne und hinten. Zu BERNHARDI gehören MOHS-ZIPPE (A. 44—47) und HAIDINGER (A. 49, Kopfbild). SCHRÖDER (A. 51, 52) ist ebenfalls dahin zu rechnen, nur dreht er den Kristall um die b-Achse halbherum.

Tab. I gestattet, von den Indizes einer einen Stellung zu denjenigen einer andern überzugehen. Dazu ist in Spalte I angegeben, welche Form das auf G. II bezogene Flächensymbol hkl bei den verschiedenen Autoren annimmt. Spalte II ermöglicht die Umrechnung des Symbols $\eta \times \lambda$ einer der erwähnten Orientierungen auf G. II. Während also die Indizes hkl unter I überall die gleiche Bedeutung haben, ändern $\eta \times \lambda$ ihre Werte allgemein von Zeile zu Zeile.

Mit Hilfe von Tab. I lassen sich die Indizes einer beliebigen Aufstellung A_1 in die jeder andern Aufstellung A_2 umrechnen. Zu dem Zweck werden aus Spalte II die zur Aufstellung A_1 gleichwertigen Indizes der Bezeichnung G. II entnommen und dann hierzu aus Spalte I die der Orientierung A_2 entsprechenden Indizes ermittelt. Ist z. B. das NAUMANNSche Symbol zu finden, das der FRANCK-schen Form $2\bar{1}1$ entspricht, so errechnet man mit Hilfe der zweiten neben „FRANCK“ stehenden Transformationsformel das Symbol $\bar{1}\bar{2}1$ der Aufstellung G. II und hieraus, unter Benutzung der ersten bei „NAUMANN“ aufgeführten Formel, das gewünschte Symbol: $2\bar{4}1$.

Ohne jede Schwierigkeit lassen sich aus Tab. I die allgemeinen Formeln finden, die A_1 und A_2 miteinander verknüpfen. Es sei z. B.

das Symbol einer bestimmten Fläche nach FRANCK $\eta_1 \alpha_1 \lambda_1$, nach NAUMANN $\eta_2 \alpha_2 \lambda_2$. Dann gilt, von einem belanglosen Proportionalitätsfaktor abgesehen, nach Spalte II:

$$\alpha_1 = \eta_2 + \alpha_2 \quad \eta_1 + \alpha_1 + \lambda_1 = 2\eta_2 \quad \lambda_1 = 2\lambda_2$$

Durch Auflösen dieses Systems nach $\eta_1 \alpha_1 \lambda_1$ oder $\eta_2 \alpha_2 \lambda_2$ werden die FRANCKSchen Indizes mittelst der NAUMANNschen oder umgekehrt ausgedrückt. Die absoluten Werte gemeinsamer Faktoren dürfen ohne weiteres gekürzt, die Vorzeichen aber nicht gesamthaft verändert werden; andernfalls würde die Fläche in die inverse Lage übergeführt. Soweit es sich lediglich um „Formen“ handelt, ist der vollständige Zeichenwechsel aller Indizes in der triklinen Holoedrie belanglos; soll jedoch auf die Lageänderung der einzelnen Flächen geachtet werden, so sind die Vorzeichen zu belassen. In dieser Hinsicht ist die Schreibweise der Tab. I den GOLDSCHMIDTSchen Transformationsformeln mit p und q (32) weit überlegen.

Tabelle I. Umrechnung der Flächenindizes.

| | I. Sind hkl die Indizes der Aufstellung G.II, so lauten die Indizes der nach dem links angeführten Autor benannten Aufstellung: | II. Sind $\eta\alpha\lambda$ die Indizes der nach dem links stehenden Autor benannten Aufstellung, so lautet das Symbol der Aufstellung G. II: |
|--|---|--|
| a. G. VOM RATH | $h-2k+l, 3(h-l), h+k+l$ | $\eta+\alpha+2\lambda, -2(\eta-\lambda), \eta-\alpha+2\lambda$ |
| b. F. MOHS, 1824 | $-k+l, h-2k-2l, -h$ | $-4\lambda, -(2\eta+\alpha+\lambda), 2\eta-\alpha-\lambda$ |
| c. A. BREITHAUPT | $-k+l, h-2k-2l, h$ | $4\lambda, -(2\eta+\alpha-\lambda), 2\eta-\alpha+\lambda$ |
| d. J. F. L. HAUSMANN - F. MOHS 1839 - F. X. M. ZIPPE | $k+l, k-l, -h$ | $-2\lambda, \eta+\alpha, \eta-\alpha$ |
| e. F. HESSENBERG | $-k, h-l, h+l$ | $\alpha+\lambda, -2\eta, -\alpha+\lambda$ |
| f. A. SCHRAUF | $-(h+l), -(h-l), k$ | $-(\eta+\alpha), 2\lambda, -\eta+\alpha$ |
| g. F. E. NEUMANN | $-9h+l, 2h-7k, l$ | $-7(\eta-\lambda), -(2\eta+9\alpha-2\lambda), 63\lambda$ |
| h. C. F. NAUMANN - E. S. DANA | $-k, 2h+k, l$ | $\eta+\alpha, -2\eta, 2\lambda$ |
| i. A. LÉVY - A. DES CLOIZEAUX | $-(k+l), 2h+k+l, 2l$ | $\eta+\alpha, -(2\eta+\lambda), \lambda$ |
| k. W. H. MILLER | $h, -k, l$ | $\eta, -\alpha, \lambda$ |
| l. B. W. FRAZIER | $-2k, 4h, l$ | $\alpha, -2\eta, 4\lambda$ |
| m. A. FRANCK | $-(h+k+l), h, l$ | $\alpha, -(\eta+\alpha+\lambda), \lambda$ |
| n. V. GOLDSCHMIDT I. | $h, l, -k$ | $\eta, -\lambda, \alpha$ |
| o. B. GOSSNER | $-(h+k), h, l$ | $\alpha, -(\eta+\alpha), \lambda$ |
| p. M. A. PEACOCK | $-h, -k, l$ | $-\eta, -\alpha, \lambda$ |

Aus den Transformationsformeln der Tab. I lässt sich berechnen, welche Flächen hkl (G.II) von den einzelnen Autoren zu Achsen-

Tabelle II. Die Grund- und Einheitsflächen der verschiedenen Autoren.

Durch 1, 2 3, 4 ist vermerkt, welche Fläche zu 100, 010, 001, 111 wird. Der Akzent bezeichnet die parallele Gegenfläche.

P. Leander Fehr

| Symbol G. II | 001 | 010 | 011 | 0̄11 | 0̄17 | 100 | 101 | 110 | 111 | 11̄1 | 1̄10 | 1̄11 | 120 | 1̄21 | 1̄24 | 1̄31 | 1̄01 | 201 | 2̄11 | 2̄31 | 411 | 720 | 7.2.63 |
|--|------|-----|-----|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|-----|------|------|-----|-----|---------|
| a. G. VOM RATH | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| b. F. MOHS, 1824 | | | | 2' | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3' |
| c. A. BREITHAUPt | | | | 2' | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| d. J. F. L. HAUSMANN - F. MOHS 1839 - F. X. M. ZIPPE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| e. F. HESSENBERG | | 1' | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| f. A. SCHRAUF | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| g. F. E. NEUMANN | | 2' | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| h. C. F. NAUMANN - E. S. DANA | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| i. A. LÉVY - A. DES CLOIZEAUX | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| k. W. H. MILLER | 3 | 2' | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| l. B. W. FRAZIER | 3 | 1' | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| m. A. FRANCK | | 1' | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| n. V. GOLDSCHMIDT I. | 2 | 3' | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| o. B. GOSSNER | 3 | 1' | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| p. M. A. PEACOCK | 3 | 2' | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DANASCHES Symbol | 001 | 110 | 111 | 1̄11 | 1̄17 | 010 | 021 | 1̄30 | 1̄31 | 1̄31 | 110 | 111 | 100 | 201 | 102 | 311 | 021 | 041 | 131 | 311 | 191 | 180 | 2.16.63 |
| SCHRAUFSCHES Symbol | 1̄10 | 001 | 111 | 1̄11 | 771 | 1̄10 | 100 | 1̄11 | 201 | 021 | 111 | 201 | 112 | 101 | 532 | 203 | 010 | 310 | 311 | 313 | 531 | 772 | 35.28.1 |

ebenen und Einheitsformen gewählt wurden. Die Ergebnisse sind in Tab. II zusammengestellt. Zum leichteren Gebrauch stehen am Kopf die Symbole G. II, am Fuss die entsprechenden DANASCHEN und SCHRAUFSCHEIN Indizes. Durch 1, 2, 3, 4 ist vermerkt, dass beim betreffenden Autor die angegebene Fläche zu 100, 010, 001, 111 wird. Falls nicht die am Kopf genannte Fläche $h k l$, sondern ihre Gegenfläche $\bar{h} \bar{k} \bar{l}$ in Betracht kommt, ist das durch einen Akzent (1', 2', 3', 4') angedeutet. Zur bildlichen Veranschaulichung der Ergebnisse dient Fig. 2. Alle Projektionsbilder sind parallel gestellt. Die GOLDSCHMIDTSCHEN Flächen M (100) (etwas links neben der vorderen Mitte), c (010) (rechts) und m (001) (fast im Zentrum) sind zur rascheren Orientierung eingetragen, soweit sie nicht das Fundamentaldreieck des gegebenen Autors beeinträchtigen. So fehlt M in den Projektionen a, c, e. Wo der Grundkreis das Fundamentaldreieck schneiden würde, ist er unterbrochen (Fig. 2, a—f); Zonenkreise der Unterseite sind gestrichelt; Flächen, deren dritter Index negativ ist, wurden durch leere Kreislein hervorgehoben.

Merkwürdigerweise sind ersten und bekanntesten Autoren bei der Ermittlung der kristallographischen Konstanten des Axinit folgenschwere Fehler unterlaufen. Diese müssen vorgängig jeder Formenübersicht und Formendiskussion richtig gestellt werden.

G. VOM RATH hat in seiner grundlegenden Arbeit über den Axinit (99) für die geometrischen Elemente dieses Minerals folgende genauen Konstanten berechnet:

$$\begin{aligned} a : b : c &= 0,639300 : 1 : 0,512617 \\ \alpha &= 95^\circ 32' 1'' \quad \beta = 96^\circ 16' 35'' \quad \gamma = 104^\circ 1' 53'' \end{aligned}$$

Als Innenwinkel der Grundpinakoide im vorderen, oberen, rechten Oktanten gibt er die Werte an:

$$A = 97^\circ 19' 26'' \quad B = 97^\circ 53' 56'' \quad C = 104^\circ 48' 57''$$

Das Achsenkreuz ist in der heute noch üblichen Art orientiert: a-Achse von vorne nach hinten, b-Achse von rechts nach links, c-Achse von oben nach unten. Darüber spricht sich VOM RATH ganz eindeutig aus. Weiter bemerkt er: „Für die durch QUENSTEDT adoptierte NAUMANNSCHE Grundform, an welcher m die Basis, v das Brachypinakoid; l das Makropinakoid bilden, erhält man folgende Achsenlängen:

$$\begin{aligned} \alpha &= 82^\circ 54,35' \quad \beta = 88^\circ 8,6' \quad \gamma = 131^\circ 32,55' \\ A &= 82^\circ 9, 8' \quad B = 86^\circ 10,8' \quad C = 131^\circ 39, 5' \dots \end{aligned}$$

Hierin liegt ein Fehler. Sind nämlich in vektorieller Schreibweise a, b, c die Achsen der VOM RATHSCHEN Aufstellung, so er-

geben sich für die NAUMANN-DANASche Orientierung³⁾ die Vektorgrössen $2(a - c)$, $2(b + 3c)$, $a - b + 2c$. Aus diesen aber berechnet sich für die neue (= NAUMANNsche) Aufstellung $\beta = 91^\circ 51'$, also das Supplement des vom RATHSchen Winkels. Leider wurde der falsche Wert für β im Schrifttum weitergetragen und findet sich z. B. in GOLDSCHMIDTS Index 1886, auch in GROTHs Chemischer Kristallographie, 1908, II, S. 743 usw.

Auf diesen Fehler machte schon C. KLEIN (62, S. 299) aufmerksam. Nachdem er für das Axinitvorkommen vom „Scopi“ die Elemente berechnet hatte, sagt er: „Vergleicht man die vorstehenden Daten mit denen, welche G. VOM RATH in seiner schönen und umfassenden Arbeit über den Axinit in Pogg. Annalen, Bd. 128, 20 ff. niedergelegt hat, so ergibt sich, obwohl wir von etwas andern Fundamentalwerten ausgingen, doch eine recht befriedigende Übereinstimmung; nur ist bei der dort auf Seite 30 gemachten Zusammenstellung der Grundangulardimensionen und des Achsenverhältnisses, bezogen auf die von uns, nach dem Vorgange von NAUMANN und QUENSTEDT gewählte Grundform, der Winkel β ebenfalls als stumpfer zu nehmen.“

Diese Richtigstellung wurde ziemlich allgemein übersehen, obwohl z. B. DANA in seinem Handbuch (12) die richtigen Winkelwerte hat, nämlich:

$$\alpha = 82^\circ 54' \quad \beta = 91^\circ 51' \quad \gamma = 131^\circ 33'$$

Auf die vorhergehenden Irrtümer in der einschlägigen Literatur verweist aber DANA nicht. Doch sagt er (12, S. 529): „RATHS axes calculated for NAUMANN's position are entirely wrong.“

Aus den DANASchen Achsenvektoren a, b, c ergeben sich durch die Transformation $a' = a + b, b' = 2a, c' = 2c$ die Elemente a', b', c' der ursprünglichen MILLERSchen Aufstellung, nämlich:

$$0,7812 : 1 : 0,9771 \text{ mit } \alpha = 91^\circ 49', \beta = 82^\circ 01', \gamma = 102^\circ 38'$$

Will man nun die Aufstellung G. II des Achsenkreuzes, so ist das MILLERSche System um die c-Achse im Betrage $C = (100) : (010)$ zu drehen und der Richtungssinn der b-Achse umzukehren. Hierdurch bleibt das Achsenverhältnis unverändert, es gehen aber α und γ in ihre Supplemente über. Dass V. GOLDSCHMIDT diese Neuorientierung des MILLERSchen Achsenkreuzes tatsächlich vorgenommen hat (Win-

³⁾ Da QUENSTEDT z. B. im „Handbuch der Mineralogie“ vom Jahre 1863 die positive Seite der b-Achse nach links verlegt, könnte man die vom Rathschen Werte als Nebenwinkel der positiven Achsen deuten. So gesehen, wären die Angaben fehlerfrei.

keltabelle, Atlas), erhellt aus der Transformationsgleichung

$$p q (\text{MILLER}) = p \bar{q} (\text{GOLDSCHMIDT}),$$

die er in der Winkeltabelle stillschweigend, im Atlas der Kristallformen ausdrücklich aufführt. Wohl durch ein Versehen hat er es aber unterlassen, α und γ in der angegebenen Weise abzuändern. Für die Winkelberechnungen GOLDSCHMIDTS und seiner Schüler war dieser Fehler bedeutungslos, denn hierbei haben $\alpha \beta \gamma$ nur neben-sächliche Bedeutung. Das Hauptgewicht liegt auf den direkt messbaren Winkeln $\lambda \mu \nu$, d. h. den Seiten jenes sphärischen Dreiecks, dessen Aussenwinkel $\alpha \beta \gamma$ sind. Da aber nach bekannten Sätzen der Trigonometrie die grössere Dreieckseite immer dem grössern Innenwinkel gegenüberliegt, so erhält man wieder nicht $\alpha = 91^\circ 49'$, $\beta = 82^\circ 01'$, $\gamma = 102^\circ 38'$, sondern die oben verlangten Werte $180^\circ - \alpha$, β , $180^\circ - \gamma$. Somit sind die richtigen Elemente der von GOLDSCHMIDT modifizierten Aufstellung des Axinit:

$$a : b : c = 0,7812 : 1 : 0,9771$$

$$\alpha = 88^\circ 11' \quad \beta = 82^\circ 01' \quad \gamma = 77^\circ 22'$$

In P. NIGGLIS Lehrbuch der Mineralogie, Bd. II, S. 578, hat sich ebenfalls ein Fehler eingeschlichen. Der Winkel $\gamma = 102^\circ 38'$ des MILLERSchen Achsenverhältnisses ist durch sein Supplement zu ersetzen. Ähnlich ist in SCHIEBOLDS Konstanten (111, S. 311) wenigstens für einen der mitgeteilten Winkel die Ergänzung zu 180° vorzunehmen, um ein übliches Rechtssystem zu bekommen. Wird diese Änderung an α vollzogen, so sind die SCHIEBOLDSchen Achsen die negativen Seiten der GOLDSCHMIDTSchen, bei gleichzeitiger Vertauschung der ersten mit der dritten Achse.

2. Die Formen des Axinit

a) Übersicht und Diskussion der Axinitformen.

In Tab. III sind sämtliche Axinitformen, die ich im Schrifttum zu Recht oder zu Unrecht erwähnt fand, sorgfältig und übersichtlich zusammengestellt. Zwecks bequemer Auffindung wurden in der Hauptkolonne (G. II) — übrigens auch, soweit sinngemäss, in allen späteren Tabellen und schon in Tab. II — die Symbole nach Art eines Lexikons geordnet. Hierbei ist irgend ein erster Index nie grösser als der erste Index des nachfolgenden Symbols. Gleiches gilt für den zweiten Index, solange der erste unverändert bleibt. Ganz ähnlich kann an dritter Stelle nur dann ein grösserer Index einem kleinern

Tabelle III. Verzeichnis der Axinitformen.

| No. | | G. II | G. | H. | Hh. | Lit.-No. | Disk. | NAUMANN | SCHRAUF |
|-----|----|----------|----|----|-------|----------|-------|-----------|-----------|
| 1 | m | 001 | s | h | g | | | 001 | 1̄0 |
| 2 | c | 010 | s | h | g | | | 1̄0 | 001 |
| 3 | e | 011 | s | h | g | | | 1̄1 | 1̄1 |
| 4 | r | 01̄1 | s | h | g | | | 1̄1 | 1̄1 |
| 5 | z | 012 | s | h | g | | | 1̄2 | 2̄1 |
| 6 | A | 021 | s | h | g | 95 | | 2̄21 | 1̄2 |
| 7 | π | 02̄1 | s | h | g | | | 2̄2̄1 | 1̄2̄ |
| + | | 023 | a | h | | 34 | D | 2̄23 | 3̄2 |
| 8 | φ | 031 | s | h | g | | | 3̄31 | 1̄3 |
| 9 | | 034 | | | V z/r | 95 | | 3̄34 | 4̄3 |
| 10 | | 035 | | | | 11 | | 3̄35 | 5̄3 |
| 11 | Z | 041 | s | h | g | 121 | | 4̄41 | 1̄4 |
| 12 | L | 04̄5 | s | h | v u | | D | 4̄45 | 5̄4 |
| + | | 059 | u | | | 34 | D | 5̄59 | 9̄5 |
| 13 | | 054 | | | V c/r | 35 | D | 5̄54 | 4̄5 |
| 14 | B | 05̄6 | u | h | V r | 48 | D | 5̄56 | 6̄5 |
| 15* | | 058 | u | | V z | 137 | | 5̄58 | 8̄5 |
| 16 | | 059 | | | V z | 87 | | 5̄59 | 9̄5 |
| + | | 078 | u | | | 34 | D | 7̄78 | 8̄87 |
| 17 | | 078 | | | V r | 87 | | 7̄78 | 8̄87 |
| 18* | | 0.7.12 | | | | 11 | | 7.7.12 | 12.1̄2.7 |
| 19* | | 091 | u | | V c | 26 | | 9̄91 | 1̄9 |
| 20* | πγ | 0.1̄0.7 | | h | V r/π | 135 | | 10.1̄0.7 | 7.7.10 |
| + | | 0.1̄1.1 | | | | 11 | D | 11.1̄1.1 | 1.1.11 |
| 21* | πα | 0.1̄1.5 | | h | V π/c | 135 | | 11.1̄1.5 | 5.5.11 |
| + | | 0.1̄1.14 | | | | 99 | D | 11.1̄1.14 | 14.1̄4.11 |
| + | | 0.1̄3.15 | | | | 11 | D | 13.1̄3.15 | 15.1̄5.13 |
| + | | 0.1̄3.16 | | | | 99 | D | 13.1̄3.16 | 16.1̄6.13 |
| 22 | πδ | 0.1̄9.16 | | h | V r/π | 135 | | 19.1̄9.16 | 16.1̄6.19 |
| 23 | πβ | 0.2̄3.11 | | h | V π/c | 135 | | 23.2̄3.11 | 11.1̄1.23 |
| 24 | πε | 0.2̄3.20 | | h | V r/π | 135 | | 23.2̄3.20 | 20.2̄0.23 |
| + | | 0.27.28 | u | | | 34 | D | 2̄7.27.28 | 2̄8.28.27 |
| 25 | | 0.27.28 | | | V r | 87 | | 27.2̄7.28 | 28.28.27 |
| 26* | | 0.3̄1.1 | | h | V c | 135 | | 31.3̄1.1 | 1.1.31 |
| 27 | M | 100 | s | h | g | | | 010 | 110 |
| 28 | a | 101 | s | h | g | | | 021 | 100 |
| 29 | f | 102 | s | h | g | | | 011 | 310 |
| 30 | g | 103 | s | h | g | | | 023 | 210 |
| 31 | Σ | 104 | s | h | g | 95 | | 012 | 530 |
| 32 | w | 110 | s | h | g | | | 1̄30 | 1̄1 |
| 33 | Y | 111 | s | h | g | | | 1̄31 | 201 |
| 34 | n | 11̄1 | s | h | g | | | 1̄31 | 021 |
| 35 | o | 112 | s | h | g | | | 1̄32 | 311 |
| 36 | δ | 11̄2 | s | h | g | | | 1̄32 | 1̄31 |
| 37 | ψ | 113 | s | h | g | | | 1̄33 | 421 |

| No. | | G. II | G. | H. | Hh. | Lit.-No. | Disk. | NAUMANN | SCHRAUF |
|-----|---------------|---------|----|--------|------|----------|-------|---------|---------|
| 38 | u | 110 | s | h | g | | | 110 | 111 |
| 39 | x | 111 | s | h | g | | | 111 | 201 |
| 40 | y | 120 | s | h | g | | | 120 | 112 |
| 41 | o | 121 | s | h | g | | | 241 | 101 |
| 42 | d | 121 | s | h | g | | D | 241 | 011 |
| 43 | l | 120 | s | h | g | | D | 100 | 112 |
| 44 | s | 121 | s | h | g | | | 201 | 101 |
| 45 | σ_0 | 130 | | | g | 95 | | 350 | 113 |
| | χ | 132 | | | L | 73 | D | 352 | 313 |
| 46 | ε | 132 | s | h | g | | | 352 | 133 |
| 47 | h | 130 | s | h | g | | | 310 | 113 |
| 48 | i | 131 | s | h | g | | | 311 | 203 |
| 49 | | 140 | | | L | 120 | D | 230 | 114 |
| | | 143 | | | L | 47 | D | 463 | 176 |
| 50 | ξ | 163 | s | h | g | 113 | | 683 | 123 |
| 51 | | 160 | | V c/h | | 95 | | 320 | 116 |
| 52 | τ | 183 | s | h | u, L | 113 | D | 8.10.3 | 124 |
| 53 | | 180 | | V c/h | | 35, 95 | | 430 | 118 |
| 54 | | 1.12.0 | | V c | | 35 | | 650 | 1.1.12 |
| 55 | P | 1.13.0 | u | V c | | 35, 109 | D | 13 11.0 | 1.1.13 |
| | | 1.16.1 | | L, V c | | 73 | | 16.14.1 | 108 |
| 56 | | 1.18.0 | u | V c | | 35, 87 | | 980 | 1.1.18 |
| 57 | | 1.26.0 | u | V c | | 87 | | 13.12.0 | 1.1.26 |
| 58 | | 1.30.0 | | V c | | 35 | | 15.14.0 | 1.1.30 |
| 59* | | 1.34.0 | u | V c | | 26 | | 17.16.0 | 1.1.34 |
| | | 1.86.1 | a | | | 93 | D | 86.84.1 | 1.0.43 |
| | | 1.108.0 | a | V c | | 93 | D | 54.53.0 | 1.1.108 |
| 60 | b | 101 | s | h | g | | | 021 | 010 |
| | A | 102 | | | g | 47 | | 011 | 130 |
| 61 | V | 112 | s | h | g | | | 112 | 131 |
| | | 124 | | L, i | | 73 | | 102 | 352 |
| + | | 131 | | | | 29 | D | 311 | 023 |
| 62 | t | 201 | | | g | 24, 95 | | 041 | 310 |
| 63 | ω | 203 | u | | g | 87, 95 | D | 043 | 510 |
| 64 | Π | 205 | | | g | 95 | | 045 | 730 |
| 65* | A | 210 | u | n V | | 109 | | 150 | 221 |
| 66 | q | 211 | s | h | g | | | 151 | 311 |
| + | | 211 | | | | 133 | D | 151 | 131 |
| 67 | I | 212 | | | g | 24, 47 | D | 152 | 401 |
| + | | 213 | | | | 24 | D | 153 | 511 |
| 68 | ζ | 215 | s | h | v u | 99 | | 155 | 731 |
| 69 | X | 210 | s | h | g | | | 130 | 221 |
| 70 | r | 211 | s | h | g | | | 131 | 311 |
| + | | 212 | | | | 24 | D | 132 | 401 |
| + | | 221 | a | h | | 122 | D | 261 | 312 |
| 71 | χ | 221 | s | h | v u | | | 261 | 132 |

| No. | | G. II | G. | H. | Hh. | Lit.-No. | Disk. | NAUMANN | SCHRAUF |
|-----------------|----|---------|----|----|-------|----------|-------|----------|----------|
| 72 ^o | | 221 | u | h | n V | 96 | D | 221 | 312 |
| 73 | ρ | 231 | s | h | g | | | 371 | 313 |
| 74 | t | 231 | s | h | g | | | 371 | 133 |
| 75 | H | 230 | s | h | g | | | 310 | 223 |
| 76 | W | 232 | s | | g | | | 312 | 403 |
| + | | 251 | | | | 29 | D | 511 | 315 |
| + | | 287 | a | | | 113 | D | 8.12.7 | 598 |
| 77 | N | 290 | u | | V c/h | 95, 109 | D | 950 | 229 |
| + | | 2.14.13 | | | | | | 14.18.13 | 11.15.14 |
| 78 | | 2.21.0 | | | V c | 35 | | 21.17.0 | 2.2.21 |
| 79 | μ | 201 | s | h | g | | | 041 | 130 |
| 80 | U | 301 | u | | n V | 121 | D | 061 | 210 |
| | Ξ | 302 | | | g | 47 | | 031 | 510 |
| 81 | λ₀ | 312 | s | h | g | 95 | | 172 | 511 |
| 82 | ϑ | 312 | | | v u | 99 | D | 172 | 151 |
| 83 | ς | 313 | | | g | 24, 47 | D | 173 | 601 |
| + | | 314 | | | | 24 | D | 174 | 711 |
| 84 | x₀ | 322 | | | g | 95 | D | 141 | 152 |
| | | 323 | | | V I? | 47, 121 | | 283 | 301 |
| 85 | λ | 325 | s | | v u | 24, 121 | D | 285 | 411 |
| 86* | K₀ | 320 | | | g | 11, 47 | D | 120 | 332 |
| 87 | Γ | 322 | | | g | 24 | | 121 | 512 |
| 88 | Θ | 323 | | | g | 24 | | 243 | 301 |
| 89 | α | 340 | s | h | g | | | 210 | 334 |
| 90 | β | 350 | s | h | g | | | 510 | 335 |
| 91 | | 370 | | | V I | 95 | | 710 | 337 |
| + | | 401 | a | | | 13 | D | 081 | 530 |
| + | | 414 | | | | 24 | D | 174 | 801 |
| 92* | | 430 | u | | n V | 26 | D | 350 | 443 |
| 93 | | 450 | u | | V K | 35, 87 | | 530 | 445 |
| 94 | Ω | 454 | | | g | 1 | | 534 | 805 |
| 95* | | 470 | | | V β | 35 | D | 710 | 447 |
| + | | 493 | | | | | D | 913 | 719 |
| 96 | R | 401 | s | | g | 121 | | 081 | 350 |
| + | | 512 | a | | | | | 192 | 731 |
| + | | 540 | | | | 11 | D | 230 | 554 |
| + | | 5.6.14 | a | | | | | 327 | 19.9.6 |
| 97 | Q | 587 | s | | u, L | 121 | | 827 | 614 |
| 98 | | 670 | | | V u | 35 | | 750 | 667 |
| 99 | | 641 | u | | s u | 87 | | 481 | 574 |
| 100* | D | 720 | u | | n V | 109 | | 160 | 772 |
| 101 | p₀ | 735 | | | g | 95 | | 3.17.5 | 12.2.3 |
| + | | 782 | a | | | | D | 4.11.1 | 598 |
| 102* | G | 780 | u | | V u/K | 109 | | 430 | 778 |
| + | | 790 | a | | | 113 | D | 950 | 779 |
| + | | 891 | | | | | D | 971 | 979 |

| No. | | G. II | G. | H. | Hh. | Lit.-No. | Disk. | NAUMANN | SCHRAUF |
|------|--------|--------------------|----|----|-----------|----------|-------|--------------------|-------------------|
| 103 | | 8. $\bar{1}$ 7.0 | u | | V h | 87 | | 17. $\bar{1}$.0 | 8.8.17 |
| 104* | E | 940 | u | | VX | 109 | | 270 | 994 |
| 105* | S | 970 | u | | n V | 109 | D | 7.11.0 | 997 |
| 106* | F | 9. $\bar{1}$ 0.0 | u | | V u | 109 | D | 540 | 9.9.10 |
| 107 | K | 9. $\bar{1}$ 1.0 | s | h | g | 16, 99 | D | 11.7.0 | 9.9.11 |
| 108 | | 9. $\bar{1}$ 6.0 | u | | V β | 87 | | 810 | 9.9.16 |
| 109 | | 9. $\bar{2}$ 0.0 | | | V1 | 35 | | 10.1.0 | 9.9.20 |
| 110 | | 10. $\bar{1}$ 1.0 | u | | V u | 87 | D | 11.9.0 | 10.10.11 |
| 111 | | 10. $\bar{1}$ 3.0 | | | V u | 35 | | 13.7.0 | 10.10.13 |
| 112 | | 10. $\bar{2}$ 1.0 | | | V1 | 35 | D | 21. $\bar{1}$.0 | 10.10.21 |
| 113* | | 11. $\bar{1}$ 6.0 | | | | 11 | | 830 | 11.11.16 |
| 114 | | 11. $\bar{2}$ 0.0 | | | V1 | 35 | | 10.1.0 | 11.11.20 |
| 115 | | 12. $\bar{1}$ 3.0 | u | | V u | 87 | | 13.11.0 | 12.12.13 |
| 116 | | 13.46. $\bar{1}$ 1 | a | h | | 99 | | 46. $\bar{7}$ 2.11 | 1.12. $\bar{2}$ 3 |
| + | η | 13.46.11 | u | | s u | 34 | D | 46.20.11 | 1.12.23 |
| 117* | C | 14.1.0 | u | | n V | 109 | | 1. $\bar{2}$ 9.0 | 14.14. $\bar{1}$ |
| + | | 14. $\bar{1}$ 7.0 | | | | 99 | D | 17.11.0 | 14.14.17 |
| + | | 15.1.1 | a | | | 113 | D | 1. $\bar{3}$ 1.1 | 16.14. $\bar{1}$ |
| 118 | | 15. $\bar{1}$ 7.0 | u | | V u/K | 87 | D | 17.13.0 | 15.15.17 |
| 119 | | 15. $\bar{1}$ 9.0 | | | V K | 35 | | 19.11.0 | 15.15.19 |
| 120 | | 20. $\bar{4}$ 1.0 | | | V1 | 35 | | 41. $\bar{1}$.0 | 20.20.41 |
| 121 | | 21. $\bar{1}$.0 | u | | V M | 35, 87 | | 1.41.0 | 21.21.1 |
| | | 29.2.2 | a | | | 113 | D | 1. $\bar{3}$ 0.1 | 31.27. $\bar{2}$ |
| 122 | | 30. $\bar{4}$ 9.0 | | | V β | 35 | | 49.11.0 | 30.30.49 |

vorangehen, wenn im späteren Symbol der erste oder zweite Index oder beide zugleich durch andere Werte ersetzt sind. Die Symbole werden so geschrieben, dass höchstens ein Index negativ ist. Für Symbole mit drei geltenden Ziffern ist durch diese Festlegung die Schreibweise eindeutig gegeben. Tritt aber eine Null auf, so gibt es zwei Arten, das Symbol zu schreiben. Da aber die Fläche lieber vorne als hinten und lieber oben als unten liegen soll, wurde ausnahmslos $h\bar{k}0$, $\bar{h}01$, $0\bar{k}1$ geschrieben. Hinsichtlich der Einreihung der Symbole mit negativem Index wurde die Festsetzung getroffen, dass 1 vor $\bar{1}$, $\bar{1}$ vor 2 usw. komme.

HINTZE gibt 51 Axinitformen. Sie sind in Tab. III mit dem Buchstaben h versehen. V. GOLDSCHMIDT kennt 81 Formen, die in 50 sichere und 31 unsichere gesondert sind. In Tab. III sind sie mit s und u angemerkt. Einige weitere Formen, auf die GOLDSCHMIDT in den Anmerkungen und Korrekturen hinweist, sind durch a gekennzeichnet. Tab. III umfasst 161 Formen, weist also gegenüber GOLDSCHMIDT eine ansehnliche Vermehrung auf. Viele dieser Formen sind

natürlich höchst zweifelhaft oder zählen zu ausgesprochenen Vizinalen. Andere sind offbare Schreibfehler oder mit später anders symbolisierten identisch. Alle wegfallenden Formen sind mit Kreuz versehen. Formen, für die Fundorts- oder Kombinationspersistenzen ermittelt wurden, sind fortlaufend numeriert. Steht bei dieser Nummer * oder °, so wurde nur die Fundorts- bzw. Kombinationspersistenz berechnet.

Zu den neuen oder irgendwie in Diskussion stehenden Axinitformen hatte ich sorgfältig alle Literaturvermerke gesammelt. Da aber H. HERITSCH die verschiedenen Formen einer eingehenden Kritik unterzogen hat, verzichte ich auf die Wiedergabe meines umfangreichen Materials, verweise aber in Tab. III unter Hh. fortwährend auf die Bewertung, die HERITSCH für die einzelnen Formen gibt. Dabei bedeutet: g = gesichert, vu = vorläufig ungesichert, u = unwahrscheinlich, su = sehr unwahrscheinlich, i = isoliert, V = Vizinale (zur beigeschriebenen Fläche), nV = nicht Vizinale, L = LODOCNIKOW. Die GOLDSCHMIDT-HERITSCHSchen Formenbuchstaben sind in einer eigenen Kolonne hinter der Nummer aufgeführt. Alle Formen, die höchstens zweimal festgestellt wurden, sind mit der Literurnummer versehen. Die Angabe der NAUMANNSchen und SCHRAUFschen Symbole dürfte für viele nützlich sein. Natürlich sind sie nicht mehr lexikalisch geordnet. Auch können sie gegenüber den durch die Formeln gelieferten Indizestripeln einen vollständigen Zeichenwechsel erlitten haben.

Im folgenden füge ich einige Bemerkungen bei, die für die Sichtung der Formen massgebend sind. In Tab. III ist durch den Buchstaben D darauf Bezug genommen.

023. V. GOLDSCHMIDT (34) hatte sich gefragt, ob 023 nicht ZAMBONINIS 058 (Lit. 137; Aufst. SCHRAUF: 885) ersetzen könnte. Der Winkel wegen ist aber davon abzusehen. Man berechnet nämlich 010:023 = 56° 31', während ZAMBONINI 010:023 = 58° 7' gefunden hat (ber. 58° 12'). Überdies bemerkt ZAMBONINI: „Die neue Form 885 wurde mit einer ziemlich grossen und ebenen Fläche beobachtet, die eine gute Messung lieferte.“

045. Über die Geschichte dieser viel diskutierten Form vgl. R. H. SOLLY (122, S. 206).

059. Druckfehler in 34; richtig ist 059.

054. V. M. GOLDSCHMIDT (35, S. 463) macht hierzu die bedeutungsvolle Bemerkung: „Ich möchte 445 (Aufstellung SCHRAUF) nicht unter die gesicherten Formen des Axinit aufnehmen, da am andern Kristall desselben Fundorts statt dieser Fläche andere Vizinalen zu 111 auftreten.“

056. HESSENBERG (48, S. 28; Aufst. MILLER) nennt die Fläche β und bestimmt sie durch den Winkel gegenüber g. In der zugehörigen Figur wie auch in der Formenliste findet sich g nicht. Es handelt sich offenbar um r.

Es wäre dann $\beta : r = 180^\circ - 175\frac{1}{2}^\circ$. In einer späteren Zusammenstellung hat HESSENBERG diese Form nicht mehr aufgeführt.

078. Druckfehler in 34, statt 078. Fällt weg.

0 $\bar{1}$ 1.1. Würde nach BUTTGENBACHS Rechnungen (11, S. 143; Aufst. DES CLOIZEAUX) zu Francks Messung besser passen als 0 $\bar{9}$ 1. Eine noch bessere Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Rechnung ergäbe 0 $\bar{1}\bar{2}$.1. Bis neue Bestimmungen erhältlich sind, dürfte es geraten sein, bei 0 $\bar{9}$ 1 zu bleiben. $0\bar{1}0 : 0\bar{1}\bar{1}.1 = 5^\circ 7'$; $0\bar{1}0 : 0\bar{9}1 = 5^\circ 15\frac{1}{2}'$ (FRANCK beob. = $4^\circ 56'$).

0 $\bar{1}\bar{1}$.14. G. VOM RATH stellte fest (99, S. 30), dass „unter Zugrundelegung der DES CLOIZEAUXSCHEN Winkelangaben“ es nicht gelingt, „für c^5 [= 0 $\bar{4}$ 5 G. II] eine annehmbare Formel zu finden“. Das Symbol müsste zwischen $1\frac{1}{8}a : 1\frac{1}{7}b' : 2c$ und $1\frac{1}{7}a : 1\frac{1}{8}b' : 2c$ [= 0 $\bar{1}\bar{1}$.14 und 0 $\bar{1}\bar{3}$.16 G. II] liegen. Tatsächlich ist $0\bar{1}\bar{1}.14 + 0\bar{1}\bar{3}.16 = 6(0\bar{4}5)$. Nur die komplizierte Schreibweise vom RATHS hinderte ihn, auf das Symbol 13. $\bar{1}\bar{5}$.1 zu schliessen, das gegenüber seinen Formen 12. $\bar{1}\bar{4}$.1 und 14. $\bar{1}\bar{6}$.1 nichts Absonderliches darstellt. Fällt weg.

0 $\bar{1}\bar{3}$.15. In der Formentabelle schreibt BUTTGENBACH (11, S. 145) irrtümlich $c^{15.2}$ [= 0 $\bar{1}\bar{3}$.15 G. II] statt $c^{12/5}$ [= 0 $\bar{7}$.12 G. II]. Fällt weg.

0 $\bar{1}\bar{3}$.16. Vgl. 0 $\bar{1}\bar{1}$.14. Fällt weg.

0.27.28. Druckfehler in 34 statt 0 $\bar{2}\bar{7}$.28. Fällt weg.

12 $\bar{1}$. FRANCK (eigene Aufst.) schrieb für n fehlerhaft 2 $\bar{1}1$ [= 12 $\bar{1}$ G. II] statt 1 $\bar{1}1$ [= 1 $\bar{1}1$ G. II].

12 $\bar{0}$. Im Referat der Arbeit 77 (Zeitsch. f. Kr., 20, S. 310) steht versehentlich $\pi(\bar{3}\bar{5}1)$ [VOM RATH = 120 G. II] statt 531 [= 0 $\bar{2}1$ G. II].

132. LODOCNIKOW (73, S. 129 ff.; Aufst. SCHRAUF) fand durch mikroskopische Untersuchung eines Axinitzwillings (Dünnschliff) nach der Universal-drehtischmethode 110 [= 100 G. II] als Verwachungsebene und die Schnittlinie von 110 mit 313 [= 132 G. II] als Zwillingsachse. Die eingestellte Ebene weicht von der theoretischen Lage um weniger als 2° ab.

140. HERITSCH (47, S. 258) verweist nur auf LODOCNIKOW, nicht aber auf SIMPSON, der die Fläche gefunden hat.

143. HERITSCH (47, S. 344) erwähnt diese Fläche bei der Zone b—w und schreibt: „Zu $1\frac{1}{3} \cdot 1\frac{1}{3}$ [irrtümlich steht $1\frac{1}{3} \cdot 3\frac{1}{4}$] ist zu bemerken, was bei $\infty 4$ (Zone m—c [richtig Zone M—c!]) gesagt wurde.“ S. 33 lese ich: „ $\gamma, \sigma_0, \infty 4$ sind nur selten beobachtbar. LODOCNIKOW (73) hat sie im Projektionsbild (Taf. II).“

183. In der Zeitsch. f. Kr. (9, S. 283) ist die Form $\vartheta(31\bar{2})$ fälschlich durch das vom RATHSche Symbol 321 [= 18 $\bar{3}$ G. II] statt 1.15.2 wiedergegeben.

1 $\bar{1}\bar{3}$.0. Diese von V. M. GOLDSCHMIDT und SCHALLER gemessene Form darf mit PHILLIPS i₂ identifiziert werden. Die Winkel 1 $\bar{1}0 : 1\bar{1}\bar{3}.0$ sind $39^\circ 16'$ bzw. $39^\circ 10'$. Da $1\bar{1}0 : 0\bar{1}0 = 44^\circ 29'$, kommt für $M : i_2 = 5^\circ 13'$ bzw. $5^\circ 19'$. PHILLIPS gibt $5^\circ 20'$ an. Durch Kettenbruchentwicklung erhält man aus dem PHILLIPSSchen Winkelwert in erster Annäherung 1 $\bar{1}\bar{3}.0$; die folgende Näherung liefert 4. $\bar{5}3.0$ usw.

1 $\bar{8}\bar{6}$.1. Für PHILLIPS' a₁ (A. 12) berechnet unter der Voraussetzung, dass die Fläche in die Zone 0 $\bar{1}0 : 1\bar{2}1$ falle.

1 $\bar{1}\bar{0}\bar{8}$.0. Entspricht in erster Annäherung PHILLIPS'i₁.

131. N. FUKUCHI (29, S. 109; Aufst. NAUMANN). Im Auszug der Zeitsch. f. Kr. (52, S. 421) stehen in falscher Übertragung des Symbols $3_1 P^{\sim} 3$ die Indizes $\bar{3}11$ [= 131 G. II] statt $\bar{1}31$ [= 111 G. II]. Fällt weg.

203. In der Arbeit 87 steht S. 95 das unmögliche Symbol $c^{1/3} f^{1/3} g^{1/3}$ statt $c^{1/2} f^{1/5} g^{1/3}$.

21 $\bar{1}$. T. WADA (133, S. 114; Aufst. NAUMANN). Statt $5' P^{\sim} 5 = 1\bar{5}1$ [= 21 $\bar{1}$ G. II] ist offenbar $5_1 P^{\sim} 5 = \bar{1}51$ [= 211 G. II] zu lesen. WADA bezeichnet nämlich diese Fläche ausdrücklich und sogar zweimal mit dem Buchstaben q und gibt dazu zwei Figuren (49 und 50; Atlas 155 und 156), die aber q in solcher Lage aufweisen, die $5_1 P^{\sim} 5$ entspricht. N. FUKUCHI hat das falsch geschriebene Symbol unkorrigiert übernommen. Im einschlägigen Referat der Zeitsch. f. Kr. (52, S. 421) wurde es überdies noch irrtümlich mit $5\bar{1}1$ [= 251 G. II] statt $\bar{1}51$ übertragen. Fällt weg.

212. An zwei Kristallen von Nordmarken, Fig. 335 und 336, beobachtet FLINK (24, Aufst. NAUMANN) eine Form, deren eine Fläche „gross und matt“ ist, so dass der Kristall nach ihr wie plattgedrückt erscheint. Die Gegenfläche ist „schmäler und glänzend“. Die Durchmessung der beiden Kristalle führt nicht auf das gleiche Symbol. Es werden Σ (153) und Φ (285) [NAUMANN = 213 und 325 G. II] vorgeschlagen. $\Sigma : s = 66^\circ 30'$ (ber. $64^\circ 48'$) und $\Phi : s = 71^\circ$ (ber. $70^\circ 56'$). „Kaum sicher bestimmt“. HERITSCH glaubte aus den Figuren erschliessen zu sollen, dass diese Flächen in der Zone $c:s = 1\bar{1}1:201$ [= 010:121 G. II] liegen. Das trifft nun für die gegebene Symbolisierung nicht zu, wohl aber für die in 152 und 283 abgeänderte [212 und 323 G. II]. HERITSCH ist darum geneigt, diese letztere als richtig anzunehmen. Ähnlich ist $\bar{1}73$ [= 313 G. II] für $\bar{1}74$ (FLINK) zu setzen. Wie begründet diese Umänderung ist, zeigt sich darin, dass FLINK die Lage der drei Flächen zugleich mit $\Theta(3\bar{2}3)$ gegenüber s (121) angibt. Man wird also annehmen müssen, dass sie der gleichen Zone [10 $\bar{1}$] zugehören. Zu dieser Annahme passen die FLINKSchen Winkelberechnungen ausgezeichnet. 212 selber wurde 1933 von HERITSCH an Kristallen aus der Lieserschlucht einwandfrei gefunden.

213. Fällt zu Gunsten von 212 weg. Siehe dort.

21 $\bar{2}$. Das FLINKSche Symbol 132 [Aufst. NAUMANN = 21 $\bar{2}$ G. II] beruht auf einem offensichtlichen Druckfehler des Originals und hat sich in die Zeitsch. f. Kr. (57, S. 404) wie auch ins N. Jahrb. f. Min. (1922, I, 32) eingeschlichen. Die Fläche liegt in den Zonen $\bar{1}11:021$ und $\bar{1}31:001$, womit sie eindeutig als $\bar{1}32$ [Aufst. NAUMANN = 112 G. II] festgelegt ist. Fällt weg.

221. SOLLY (122), Aufst. MILLER, gibt S. 205 das fehlerhafte Symbol $\bar{2}2\bar{1}$ [= 221 G. II]. Dafür ist richtig $\bar{2}21$ [= 22 $\bar{1}$ G. II] zu lesen. Fällt weg.

22 $\bar{1}$. Schon 34 bemerkte hierzu (vgl. Atlas, Fig. 41), dass mangels jeder Winkelangabe eine Nachprüfung unmöglich ist.

251. Vgl. 21 $\bar{1}$. Fällt weg zu Gunsten von 211.

287. SCHRAUF (113, S. 717). Statt der irrigen Symbole 731 [= 5 $\bar{1}2$ G. II] und 598 [= 78 $\bar{2}$ G. II] ist richtig $\bar{7}31$ [= 215 G. II] und 598 [= 28 $\bar{7}$ G. II] zu setzen.

290. POITEVIN (95) schreibt: N (290) ... „of FRANCK was observed as a face of vizinal character“. Bei FRANCK (26) findet sich diese Form nicht. Vielleicht wollte POITEVIN auf SCHALLER (109) verweisen.

2.14. $\bar{1}3$. LUEDECKE (77, Aufst. vom Rath). Im Referat der Zeitsch. f. Kr. (20, S. 310) steht L ($\bar{1}3.15.1$) [= 2.14. $\bar{1}3$ G. II]. Ein späteres Referat (Zeitsch.

f. Kr. 29, S. 190) gibt dafür in SCHRAUFscher Stellung L (554). Der Widerspruch behebt sich, wenn das Minuszeichen im Originalsymbol auf den zweiten Index verschoben wird. Zugleich besteht dann Übereinstimmung mit der Vergleichstabelle in HINTZES Handbuch II, 490. Fällt weg.

301. Nach SJÖGREN (121, S. 4 f.; Aufst. SCHRAUF) ist zwischen a ($\bar{1}00$) [= $\bar{1}0\bar{1}$ G. II] und M ($\bar{1}\bar{1}0$) [= $\bar{1}00$ G. II] einmal U ($\bar{2}\bar{1}0$) [= $\bar{3}0\bar{1}$ G. II] als breite Fläche beobachtet worden. $a:U = 23^\circ 45'$ (ber. $25^\circ 55\frac{1}{2}'$). Die grosse Differenz zwischen Messung und Rechnung ist auch SJÖGREN aufgefallen; sie sei aber bei negativen Flächen gerne erheblich. Die Nachrechnung zeigt, dass für U ($\bar{7}30$) [SCHRAUF = 502 G. II] die Übereinstimmung schon wesentlich besser wird, indem sich der fragliche Winkel zu $22^\circ 58'$ ergibt. Die folgenden Annäherungen in der Kettenbruchentwicklung liefern der Reihe nach die Symbole 11.5.0, 940, 29.13.0 [= 803, 13.0.5, 21.0.8 G. II]. Die beiden letzten geben $a:U = 23^\circ 38'$ bzw. $23^\circ 46'$. Ob es sich um eine wirkliche Fläche oder einen bloßen Abdruck handelt? Ob vielleicht ein Ablesungsfehler vorliegt?

312. Vgl. 183.

313. Von HERITSCH für 314 in Vorschlag gebracht. Vgl. 212.

314. Fällt zu Gunsten von 313 weg. Vgl. 212.

322. S. 349 schreibt HERITSCH (49) aus Versehen $x_0 = \bar{3}/\bar{2}\bar{1}/\bar{2}$ statt $\bar{3}/2\bar{1}$.

325. Von SJÖGREN (121, S. 4, Aufst. SCHRAUF) an Material von Nordmarken beobachtet. „Fläche ganz rauh und matt, keine Messungen möglich, bestimmt durch die Zonen $\bar{2}01:2\bar{2}1$ und $100:\bar{1}11$ “ [111:0 $\bar{1}2$ und 101:011 G. II].

Über die FLINKsche Form Φ [= 325 G. II] vgl. 212.

Im Atlas der Kristallformen ist 325 mit λ bezeichnet. Schon G. VOM RATH (99, S. 250, eigene Aufst.) hat diesen Buchstaben gebraucht: „... die Kante w:q durch eine matte Fläche λ abgestumpft, welche neu ist, doch nicht mit Sicherheit bestimmt werden konnte.“ Da q und w die Symbole 134 bzw. 132 [= 211 und 110 G. II] haben, bestimmen sie eindeutig die Zone [11 $\bar{1}$], d. h. [$\bar{1}11$] G. II. Dann aber ist 325 [= 235 vom RATH] nicht mit jener Fläche identisch, die VOM RATH λ nannte.

320. HERITSCH (47, S. 349) hat übersehen, dass diese Form, — er nennt sie K_0 — bereits von BUTTGENBACH (11, S. 144) gefunden wurde.

401. Vielfach vermerkter Druckfehler in 13, wo für R (081) richtig R (0 $\bar{8}1$) [$\bar{4}01$ G. II] zu lesen ist. Bei HERITSCH (47, S. 351) ist $\bar{4}0$ irrig durch 401 übersetzt.

414. In der Formenzusammenstellung FLINKS (24, Aufst. NAUMANN) steht fälschlich 174 [= 4 $\bar{1}4$ G. II] für $\bar{1}74$ [= 314 G. II]. Der Fehler ist auch in die Referate übergegangen. Nach dem bei 212 Gesagten ist $\bar{1}74$ durch $\bar{1}73$ zu übersetzen, wiewohl FLINK zu $\bar{1}74$ bemerkt: „... neu für das Mineral, wohl gebildet und sicher bestimmt“.

430. Vielleicht identisch mit 5 $\bar{4}0$ oder 9 $\bar{7}0$. Vgl. dort.

470. V. M. GOLDSCHMIDT (35, S. 455) schreibt dazu: nicht „unter die gesicherten Formen aufzunehmen, da man kaum aus einer kontinuierlichen Reihe von Vizinalen solche mit niedrigeren Indizes herausgreifen darf“.

493. MOHS, 1824, symbolisiert h mit $-1\frac{(\bar{p}r)^7}{4} = 34\bar{1}$ [= 4 $\bar{9}3$ G. III].

Schon F. E. NEUMANN hat auf den Fehler aufmerksam gemacht.

512. Vgl. 287. Überdies steht in der Zeitsch. f. Kr. (9, S. 283) für ζ (215) als vom RATHSCHES Symbol irrtümlich 332 [= 512 G. II] statt 598 [= 215 G. II]. Fällt weg.

540. Von BUTTGENBACH (11) in Vorschlag gebracht als Ersatz der FRANCK-schen Form 430. Fällt bis auf weiteres wohl besser weg.

5.6.14. In 13 ist statt Q (327) [= 5.6.14 G. II] richtig 827 [= 587 G. II] zu lesen. Fällt weg.

782. Vgl. 287. Fällt weg.

790. Siehe bei 9.11.0. Fällt weg.

891. BUTTGENBACH meinte auf Grund eines Missverständnisses, FRANCK hätte sich getäuscht, als er der Fläche π das Symbol 801 (eigene Aufst. = 091 G. II) gab. Sein Umänderungsvorschlag in 081 [= 891 G. II] ist gegenstandslos.

970. Nach SCHALLER (109, S. 154) sollte diese Form die von FRANCK gefundene 430 ersetzen, da $0\bar{1}0 : 9\bar{7}0 = 50^\circ 5'$. FRANCK fand $49^\circ 44'$. Bei einer Winkeldifferenz von $21'$ liegt aber kein Grund vor, ein Symbol durch ein wesentlich komplizierteres zu ersetzen.

9.10.0. SCHALLER (109, S. 155) schreibt: „... als sehr schmale Fläche gefunden ... Die Form u (110), welche sie augenscheinlich ersetzt, tritt nicht zusammen mit F (9.10.0) auf“.

9.11.0. Für $h^{\frac{9}{10}}$ von DES CLOIZEAUX [= 9.11.0 G. II] schreibt G. VOM RATH (99, S. 30) $\frac{1}{8} a' : \frac{1}{7} b' : 2c$ (vgl. 0.11.14, wo ganz ähnliche Symbole vermerkt sind) = 16.14.1 [= 14.17.0 G. II]. Die Form „ist nicht durch Zonen bestimmbar und deshalb mit einiger Unsicherheit behaftet“. SCHRAUF setzt dafür vereinfachend 779 [= 790 G. II]. Auch G. VOM RATH hat vereinfacht. Denn $h^{\frac{9}{10}}$ ergäbe in seiner Aufstellung die Indizes 31.27.2.

10.11.0. Vgl. 10.21.0.

10.21.0. Von V. M. GOLDSCHMIDT (Aufst. SCHRAUF) ausdrücklich als Vizionale zu 112 [= 120 G. II] erklärt. Die Schreibweise 10.10.11 [= 10.11.0 G. II] ist darum falsch und durch 10.10.21 [= 10.21.0 G. II] zu ersetzen, entsprechend dem Winkel $112 : 10.10.21 = 16^\circ 38'$ (ber. $16^\circ 36'$). Auch ins Referat von O. B. BÖGOLD ist dieses Versehen eingegangen (Zeitsch. f. Kr. 55, S. 97).

13.46.11. Irrtümliche Schreibweise im Atlas (34, S. 128) statt 13.46.11.

14.17.0. Vgl. 9.11.0. Fällt weg.

15.1.1. SCHRAUF (113, S. 717). Nach 34 ist statt 10.41.1 [= 15.1.1 G. II] richtiger 31.27.2 [= 29.2.2. G. II] zu setzen. Fällt weg.

15.17.0. SCHALLER (109, S. 155) möchte hierfür einfacher 780 setzen. Es ist $1\bar{1}0 : 7\bar{8}0 = 2^\circ 58'$ (ber. $3^\circ 2'$; SCHALLER), während OFFRET und GONNARD fanden $1\bar{1}0 : 15.17.0 = 2^\circ 48'$ (ber. $2^\circ 50'$).

21.1.0. „... g^{31/20} bien qu'étroites, sont bien miroitantes“.

29.2.2. Vgl. 15.1.1.

Zum Abschluss dieser kritischen Bemerkungen sei festgehalten, dass von den 161 Axinitformen der Tab. III aus verschiedensten Gründen 28 in Wegfall kommen. Dass sich darunter 4 bzw. 8 befinden, die V. GOLDSCHMIDT in seinem Atlas zu den unsicheren gestellt oder in den Anmerkungen als fehlerhaft bezeichnet hat, beweist

von neuem die Zuverlässigkeit und Bedeutsamkeit dieses Meisterwerkes unverdrossener Arbeit.

b) Fundorte des Axinit und Fundortspersistenz der Axinitformen.

Die Zahl der in Fachwerken aufgeführten Axinitfundstellen ist sehr gross. Trotzdem scheinen nur die in Tab. IV zusammengestellten 70 Vorkommen durch Formenreihen hinlänglich belegt zu sein. Eine verhältnismässig geringe Zahl! Aber auch HINTZE, der in seinem Handbuch 70—80 Orte nennt, vermag nur für ihrer 20 Formen anzugeben.

Woher dieses eigenartige Missverhältnis? Der Gründe gibt es viele. Einmal war es ältern Autoren oft mehr um die Feststellung neuer Fundorte als um das morphologische Studium der vorhandenen Mineralien zu tun. Dass diese bahnbrechenden Forscher gelegentlich irregeführt wurden, sei bloss nebenbei gesagt. Sicher lassen sich manche der früheren Fundortsangaben heute nicht mehr aufrecht erhalten. Zum Beweis sei an die Axinitvorkommen in der Schweiz erinnert. Es werden etwa erwähnt: Scopi, Medels, Sta. Maria, Lukmanier, St. Gotthard, Monte Prosa, Grosstal, Spitzberge, Sella, Lütschental, Meiggbach, Roter Zahn, Rotenberg und Gampel. Von diesen 15 Orten sind die ersten fünf sicher identisch; über andere konnte trotz eifrigster Nachfrage bei den Strahlern (z. B. Grosstal) nichts in Erfahrung gebracht werden. Einer kritischen Nachprüfung hält vielleicht kaum ein halbes Dutzend stand.

Nicht allzu selten tritt der Axinit gesteinsbildend auf und liefert keine goniometrisch messbaren Kristalle. Doch selbst bei guter Kristallisation kann das Fehlen vollständiger Formenangaben nicht immer befremden. Denn es bestehen oft ernsthafte Schwierigkeiten, ohne genaue Messungen den Axinit in jedem Fall richtig zu deuten. So bilden mehrere Flächen, die zu den wichtigsten zählen, untereinander Winkel, die nahezu gleich sind. Zur Bestätigung dessen sei daran erinnert, dass $010:01\bar{1} = 45^\circ 15'$ und $010:\bar{1}10 = 44^\circ 29'$. Selbst die Streifung dieser Flächen kann nicht immer helfen, da sie bei kleinen, schönen Kristallen oft gänzlich fehlt oder unter Umständen geradezu irreführt. Ist erst noch eine Fläche, die gemeinhin klein erscheint, stark entwickelt, z. B. $\{0\bar{1}1\}$ an den Kristallen von Franklin-Furnace, so braucht es ordentliche Erfahrung im Axinitbestimmen, um sich überhaupt zurechtzufinden.

In der Fundortszusammenstellung ging ich rein geographisch vor. V. GOLDSCHMIDT, der in seinem Atlas die Angaben der Literatur

ohne weitere Diskussion gesammelt hat, glaubte ich nicht in allem folgen zu können. Gewisse Bezeichnungen sind zu unbestimmt (z. B. England, Schweiz), während wohl definierte Örtlichkeiten verschiedene Namen tragen (z. B. England, Cornwall, St. Just, Botallak für Botallak schlechthin). Einen günstigen Plan schien mir HINTZES Handbuch zu bieten. Freilich, es war nicht möglich, den fettgedruckten Fundorten entlang, wie das HOLZGANG versucht hatte, meine Fundstellen einzureihen, denn es traf sich mehr als einmal, dass Vorkommen, die bei HINTZE fett gedruckt sind, sich durch keine einzige Kristallform belegen lassen.

Zu Tab. IV einige Bemerkungen!

„Harz“ wurde als Fundortsbezeichnung fallen gelassen, da alle darunter aufgeführten Formen in Treseburg nachgewiesen sind. Die übrige Gruppierung der Fundstellen des Harzes folgt den genauen Angaben LUEDECKES (78). Zum „Schneeberg-Revier“ zählt auch der Schwarzenberg. Unter „Thum“ ist der bekannteste, im Schrifttum besonders genannte St. Nikolaus-Morgengang einbezogen. „Görlitz“ ist durch die Beifügung „im Schutt des Granites von Königshain“ näher umschrieben.

„Poloma“, „Pintikova“ und „Veszverés“ sind verschiedensprachige Bezeichnungen des gleichen Vorkommens.

In der Umschreibung der schweizerischen Fundorte stützte ich mich auf die vorzüglichen Angaben von J. KÖNIGSBERGER (63), der „Scopi“ und „Medels“ mit „Piz Vallatsch“ wiedergibt und nach Formen und Habitus der Kristalle „P. Vallatsch“ von „La Valletta“ unterscheidet. Die Verschiedenheiten springen tatsächlich in die Augen. Die Formenzahl dieser Fundorte konnte durch eigene Messungen vermehrt werden. Auch die Formen vom Lötschental entstammen eigenen Untersuchungen an den prächtigen Kristallen, die Ed. von Fellenberg 1877 daselbst fand und dem städtischen Museum in Bern zum Geschenke machte. Die von ihm eingeführte Fundortsbezeichnung „Meiggbach“ ist nach Aussehen der Kristalle offenbar identisch mit der „Schutthalde ob Gampel“.

Schwieriger gestaltet sich die genaue Abgrenzung der französischen Fundorte. „Dauphiné“, „Isère“ und „Oisans“, die abwechselungsweise im Gebrauch sind, bedeuten weitumgrenzte Gebiete. LACROIX, dem grösste Ortskenntnis zugesprochen werden muss, überträgt vom RATHS „Dauphiné“ und LÉVYS „Isère“ durchgehend in „Oisans“. Neuere Autoren, wie UNGEMACH, OFFRET und GONNARD, wählen ebenfalls diese Bezeichnung. So habe ich sie auch angenommen — im Bewusstsein allerdings, dass nach der geographisch und

*Tabelle IV. Die Axinitfundorte mit ihren Formenreihen.**Westfalen*

1. Siedlingshausen 010, 011, 110, 111, 121

Harz

2. Andreasberg 001, 010, 011, 100, 101, 110, 110, 111, 221

3. Heinrichsburg 010, 011, 110, 121

4. Radautal 010, 011, 011, 021, 110, 121

5. Treseburg 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111, 111, 112, 113, 110, 111, 120, 121, 221

6. Wormke 001, 010, 011, 045, 100, 110, 110, 111, 120, 121

Sachsen

7. Ameisenberg 010, 011, 110, 120, 121

8. Schneeberg-Revier 010, 011, 012, 100, 101, 102, 110, 111, 112, 110, 111, 120, 121, 211

9. Thum 001, 010, 011, 100, 101, 112, 110, 111, 120, 121

Schlesien

10. Görlitz 010, 011, 012, 031, 100, 110, 120

11. Striegau 001, 010, 011, 011, 012, 021, 010.7, 011.5, 019.16, 023.11, 023.20, 031.1, 100, 101, 102, 110, 111, 110, 111, 120, 121, 132

Mähren

12.* . . . 010, 111

Ungarn

13. Poloma 001, 010, 011, 011, 012, 031, 100, 101, 102, 110, 111, 111, 112, 112, 113, 110, 111, 121, 121, 120, 121, 101, 211, 231, 231

Serbien

14. Mont Avala 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111, 120

Italien

15. Baveno 010, 011, 100, 111, 110, 111, 120, 121

16. Biella 001, 010, 011, 012, 021, 058, 100, 111, 110, 111, 120, 121, 130

17.* Borgone 011, 111

Schweiz

18. Grosstal 001, 010, 011, 100, 110, 111

19. Lötschental 001, 010, 011, 011, 100, 103, 112, 110, 111, 120, 121, 340

20. Vallatsch, Piz 001, 010, 011, 100, 101, 102, 110, 112, 110, 111, 120, 121, 211

21. Valletta, La 001, 010, 011, 012, 056, 100, 101, 102, 110, 111, 112, 110, 111, 121, 131, 231, 350

Isère

22. Balme d'Auris 001, 010, 011, 012, 100, 111, 111

23. Oisans 001, 010, 011, 011, 012, 045, 059, 078, 027.28, 100, 101, 102, 103, 110, 111, 111, 112, 110, 111, 121, 120, 121, 130, 131, 163, 118.0, 126.0, 203, 211, 215, 221, 231, 230, 340, 350, 450, 641, 8.17.0, 9.11.0, 9.16.0, 10.11.0, 12.13.0, 15.17.0, 21.1.0

24. Rampe des Commères 001, 010, 011, 012, 045, 100, 101, 110, 111, 112, 110, 111, 120, 121, 350, 9.11.0
25. Rocher d'Armentier 010, 011, 110, 111, 121
- Pyrénées*
26. Barèges 001, 010, 011, 012, 100, 101, 110, 111, 112, 110, 111, 120, 121
27. Cirque de l'Arbizon 010, 011, 110
28. Pic d'Arbizon 001, 010, 011, 012, 021, 100, 101, 110, 111, 111, 112, 112, 110, 111, 121, 120, 121, 101, 211
29. Piquette déras Lids 010, 011, 100, 101, 110, 111, 112, 110, 111, 120, 121
- Belgien*
30. Quenast 010, 011, 012, 035, 0.7.12, 091, 100, 101, 102, 110, 111, 112, 110, 111, 120, 121, 130, 1.34.0, 320, 430, 970, 11.16.0
- Cornwall-Devonshire*
31. Belstone 001, 010, 011, 012, 100, 111, 112, 110, 111, 120, 121
32. Botallak 001, 010, 011, 012, 031, 100, 101, 102, 103, 110, 111, 112, 112, 110, 111, 121, 120, 121, 101, 211, 201, 312, 13.46.11
33. Brand Hill 010, 011, 012, 110, 120
34. Tremore 010, 011, 101, 110, 111, 121
- Norwegen*
35. Aarvold-Ost 010, 011, 100, 110, 111, 110, 111, 120, 121, 180, 1.12.0, 1.13.0, 1.18.0, 1.30.0, 211, 2.21.0, 350, 450, 470, 670, 9.20.0, 10.13.0, 10.21.0, 11.20.0, 15.19.0, 20.41.0, 30.49.0
36. Aarvold-West 001, 010, 011, 054, 100, 103, 110, 111, 110, 111, 120, 121
37. Kongsberg 001, 010, 011, 012, 100, 101, 111, 112, 110, 111, 121, 120, 121
- Schweden*
38. Dannemora 010, 011, 011, 021, 100, 101, 111, 110, 111, 120, 121, 201, 210, 211, 232, 322
39. Filipstad 001, 010, 011, 110, 121
40. Nordmark 001, 010, 011, 012, 021, 041, 100, 101, 102, 103, 110, 111, 111, 112, 110, 111, 120, 120, 121, 101, 212, 210, 211, 231, 232, 201, 301, 313, 325, 323, 401, 587
- Olonetz*
41. Onega-See 001, 010, 011, 011, 021, 100, 101, 110, 111, 120, 121, 130, 163, 183
42. Wostotschnaja 001, 010, 011, 011, 012, 100, 101, 111, 112, 110, 111, 120, 121, 130, 131, 350
- Ural*
43. Jelówaja 010, 011, 100, 110, 111, 120, 121
44. Miask 001, 010, 011, 011, 012, 100, 101, 102, 103, 110, 111, 111, 112, 112, 110, 111, 121, 120, 121, 130, 131, 112, 211, 221, 350
45. Palkina 010, 011, 100, 110, 110, 120, 121

Sibirien

46.* Tarbagatai 132

Japan

Prov. Bitchu

47. Ogiyama 010, 011, 110, 111, 120, 121

Prov. Bungo

48. Eboshi b. Obira 001, 010, 011, 012, 100, 110, 111, 121

49. Ginjiki b. Obira 010, 011, 110, 111, 121

50. Hajikami b. Obira 001, 010, 011, 012, 100, 101, 111, 110, 111, 120, 121, 211

51. Heitateiwa b. Obira 001, 010, 011, 012, 100, 110, 111, 120, 121

52. Higashi-Shodob.Obira 001, 010, 011, 012, 100, 101, 102, 103, 111, 110, 111, 120, 121, 101, 211

53. Obira 010, 011, 100, 110, 110, 111, 121

54. Okurajiki b. Obira 001, 010, 011, 012, 100, 101, 102, 103, 111, 110, 111, 120, 121, 101, 211

Prov. Hyuaga

55. Yamaura 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111, 120, 121, 101

Prov. Kai

56. Kyoraishi 010, 011, 110, 111, 121

Prov. Korea

57. Tanjo-Men 010, 011, 101, 110, 111, 121

Prov. Rikuchu

58. Kamaishi 010, 011, 110, 111, 120, 121

Neu-Süd-Wales

59. Moonbi 001, 010, 011, 100, 101, 110, 112, 110, 111, 121

60. Nundle 001, 010, 011, 012, 100, 101, 102, 110, 111, 111, 112, 110, 111, 121, 121,

Talbot-Bai

61. 010, 011, 100, 101, 110, 121, 140

Tasmanien

62. Dundas 001, 010, 011, 012, 100, 101, 102, 110, 111, 111, 112, 112, 110, 111, 121, 120, 121, 101

Mexico

63. Guadalcazar 001, 010, 011, 012, 100, 111, 111, 110, 111, 120, 121

Californien

64. Amador County 010, 011, 011, 100, 110, 112, 110, 111, 120, 120, 121, 130, 1.13.0, 210, 230, 290, 340, 350, 720, 780, 940, 970, 9.10.0, 14.1.0

65. Riverside 001, 010, 011, 100, 110, 111, 121

66. S. Diego County 010, 011, 012, 031, 101, 110, 111, 112, 112, 110, 111, 120, 121, 221

British Columbia

67. Osoyoos Mining Dstr. 001, 010, 011, 011, 012, 021, 034, 100, 101, 102, 103, 104, 110, 111, 111, 112, 112, 110, 111, 120, 121, 120, 121, 130, 160, 180, 101, 201, 203, 205, 211, 230, 232, 290, 201, 312, 322, 370, 735

Massachusetts

68. Deerfield 010, 011, 100, 110, 120, 121

New Jersey

69. Franklin Furnace 001, 010, 011, 01̄1, 01̄2, 02̄1, 100, 102, 110, 111, 11̄1,
 112, 11̄2, 11̄0, 11̄1, 12̄0, 12̄1, 13̄0, 10̄1, 11̄2, 21̄0,
 21̄1, 23̄2, 20̄1, 45̄4

Pennsylvania

70. Bethlehem 001, 010, 011, 01̄1, 01̄2, 03̄1, 100, 101, 110, 111, 11̄1,
 112, 11̄2, 11̄0, 11̄1, 12̄1, 12̄1, 12̄0, 12̄1, 10̄1

geologisch vorzüglich orientierenden Arbeit GROTHS (41) darunter eine Reihe einzelner Fundstellen fallen. Sie dürften aber alle durch die gleichen Bildungsbedingungen geeint sein.

„Botallak“ ist die heutige Schreibweise für Botollak. Dazu gehört sicher „Land's End“, wo sich nach G. VOM RATH die berühmteste Fundstelle „an beinahe unzugänglicher Felswand über dem Meere“ findet. Dahin gehört auch „St. Just“, dessen Lage die älteren Autoren durch die Beifügung „Land's End“ näher bestimmen wollten. Spätere Nachfolger haben diese Bezeichnung als eigentliche Fundortsangabe gebraucht. „England“ und „Cornwall“ fallen dahin, da die wenigen unter diesen Ortsbenennungen aufgeführten Formen vollzählig in Botallak auftreten. „Belstone“ ist auch als „Mid-Devon Copper Mine“ oder „Okehampton“ bekannt. Genau sollte es heißen: Mid-Devon Copper Mine im Kirchspiel Belstone, nahe bei Okehampton. Neben „Tremore quarry“ wird auch „Tregullan quarry“ genannt mit der Bemerkung: „derselbe Habitus wie Tremore, tafliger nach r“. „Tregullan“ wurde zufolge dieser unbestimmten Ausdrucksweise nicht in die Tabelle aufgenommen.

Die beiden Fundstellen im „Tal von Aarvold“ werden, wenn auch örtlich nur wenig voneinander entfernt, wegen der durch Farbe und Habitus ganz verschiedenen Axinitbildung als zwei Fundorte aufgeführt.

„Filipstad“ und „Nordmark“ — in STIELERS Handatlas und auch sonst ist die Stadt als „Nordmark“, nicht „Nordmarken“ eingetragen — könnten möglicherweise zusammenfallen, da SOLLY, auf den „Filipstad“ zurückgeht, in den Fundortsangaben nicht sehr kritisch und in seinem Literaturverzeichnis unvollständig ist.

„Wostotschnaja“ in Russland entstammt der Arbeit von JEREMEJEW (56, nur russisch). Der gemessene Kristall kommt aus dem Bergwerk Kotsch-Osersk beim Dorfe Wostotschnaja. Es wäre möglich, aber nicht sehr wahrscheinlich (denn Typus und Formen sprechen dagegen), dass es sich um den alten Fundort Onega-See, Wolfsinsel, handelt. Eine Entscheidung war mir unmöglich.

In der Bezeichnung der Fundorte Japans folge ich TOZO TAKIMOTO (126), der eine schöne Übersicht gibt. Leider schliesst er die Formenaufzählung oft mit dem unbestimmten „etc.“. Rings um

Tabelle V. Fundortspersistenz der Axinitformen.

| Form | Z | F | Z | F _G | Z | F _H | Form | Z | F | Z | F _G | Z | F _H |
|--------|----|------|----|----------------|----|----------------|--------|----|------|---|----------------|---|----------------|
| 001 | 40 | 60 | 16 | 67 | 14 | 70 | 132 | 1 | 1,5 | 1 | 4 | 1 | 5 |
| 010 | 67 | 100 | 24 | 100 | 20 | 100 | 130 | 8 | 12 | 4 | 17 | 3 | 15 |
| 011 | 18 | 27 | 6 | 25 | 7 | 35 | 131 | 4 | 6 | 1 | 4 | 1 | 5 |
| 01̄1 | 67 | 100 | 24 | 100 | 20 | 100 | 140 | 1 | 1,5 | — | — | — | — |
| 01̄2 | 31 | 48,5 | 15 | 63 | 9 | 45 | 163 | 2 | 3 | 1 | 4 | 1 | 5 |
| 021 | 1 | 1,5 | — | — | — | — | 160 | 1 | 1,5 | — | — | — | — |
| 02̄1 | 8 | 12 | 4 | 17 | 3 | 15 | 183 | 1 | 1,5 | 1 | 4 | 1 | 5 |
| 031 | 5 | 7,5 | 1 | 4 | 2 | 10 | 180 | 2 | 3 | — | — | — | — |
| 034 | 1 | 1,5 | — | — | — | — | 1.12.0 | 1 | 1,5 | 1 | 4 | — | — |
| 035 | 1 | 1,5 | — | — | — | — | 1.13.0 | 2 | 3 | 1 | 4 | — | — |
| 041 | 1 | 1,5 | 1 | 4 | — | — | 1.18.0 | 2 | 3 | 1 | 4 | — | — |
| 045 | 3 | 4,5 | 2 | 8 | 2 | 10 | 1.26.0 | 1 | 1,5 | 1 | 4 | — | — |
| 054 | 1 | 1,5 | 1 | 4 | — | — | 1.30.0 | 1 | 1,5 | 1 | 4 | — | — |
| 056 | 1 | 1,5 | 1 | 4 | 1 | 5 | 1.34.0 | 1 | 1,5 | — | — | — | — |
| 058 | 1 | 1,5 | — | — | — | — | 101 | 11 | 16,5 | 6 | 25 | 3 | 15 |
| 059 | 1 | 1,5 | 1 | 4 | — | — | 112 | 2 | 3 | 2 | 8 | 1 | 5 |
| 078 | 1 | 1,5 | 1 | 4 | — | — | 201 | 2 | 3 | — | — | — | — |
| 07̄12 | 1 | 1,5 | — | — | — | — | 203 | 2 | 3 | 1 | 4 | — | — |
| 091 | 1 | 1,5 | — | — | — | — | 205 | 1 | 1,5 | — | — | — | — |
| 010.7 | 1 | 1,5 | — | — | 1 | 5 | 210 | 1 | 1,5 | — | — | — | — |
| 011.5 | 1 | 1,5 | — | — | 1 | 5 | 211 | 10 | 15 | 5 | 21 | 4 | 20 |
| 019.16 | 1 | 1,5 | — | — | 1 | 5 | 212 | 1 | 1,5 | — | — | — | — |
| 023.11 | 1 | 1,5 | — | — | 1 | 5 | 215 | 1 | 1,5 | — | — | 1 | 5 |
| 023.20 | 1 | 1,5 | — | — | 1 | 5 | 210 | 3 | 4,5 | 1 | 4 | — | — |
| 027.28 | 1 | 1,5 | — | — | 1 | 5 | 211 | 5 | 7,5 | 2 | 8 | 1 | 5 |
| 031.1 | 1 | 1,5 | — | — | 1 | 5 | 221 | 5 | 7,5 | 1 | 4 | 2 | 10 |
| 100 | 52 | 78 | 21 | 88 | 15 | 75 | 231 | 2 | 3 | 2 | 8 | 1 | 5 |
| 101 | 35 | 52,5 | 14 | 58 | 13 | 65 | 231 | 3 | 4,5 | 2 | 8 | 2 | 10 |
| 102 | 16 | 24 | 9 | 38 | 8 | 40 | 230 | 3 | 4,5 | 1 | 4 | 1 | 5 |
| 103 | 9 | 13,5 | 4 | 17 | 3 | 15 | 232 | 4 | 6 | 1 | 4 | — | — |
| 104 | 1 | 1,5 | — | — | — | — | 290 | 2 | 3 | — | — | — | — |
| 110 | 30 | 45 | 16 | 67 | 12 | 60 | 2.21.0 | 1 | 1,5 | 1 | 4 | — | — |
| 111 | 21 | 31,5 | 11 | 46 | 8 | 40 | 201 | 4 | 6 | 2 | 8 | 1 | 5 |
| 11̄1 | 25 | 37,5 | 14 | 58 | 8 | 40 | 301 | 1 | 1,5 | 1 | 4 | — | — |
| 112 | 27 | 40,5 | 10 | 42 | 10 | 50 | 312 | 1 | 1,5 | — | — | — | — |
| 11̄2 | 9 | 13,5 | 4 | 17 | 3 | 15 | 312 | 1 | 1,5 | — | — | 1 | 5 |
| 113 | 2 | 3 | 1 | 4 | 2 | 10 | 313 | 1 | 1,5 | — | — | — | — |
| 11̄0 | 65 | 97 | 24 | 100 | 19 | 95 | 322 | 1 | 1,5 | — | — | — | — |
| 11̄1 | 57 | 85 | 23 | 96 | 15 | 75 | 325 | 1 | 1,5 | 1 | 4 | — | — |
| 120 | 3 | 4,5 | 1 | 4 | — | — | 320 | 1 | 1,5 | — | — | — | — |
| 121 | 3 | 4,5 | 2 | 8 | 2 | 10 | 322 | 1 | 1,5 | — | — | — | — |
| 12̄1 | 10 | 15 | 7 | 29 | 5 | 25 | 323 | 1 | 1,5 | — | — | — | — |
| 120 | 47 | 70,5 | 20 | 83 | 18 | 90 | 340 | 3 | 4,5 | 1 | 4 | 1 | 5 |
| 12̄1 | 59 | 88 | 23 | 96 | 16 | 80 | 350 | 7 | 10,5 | 2 | 8 | 1 | 5 |
| 130 | 1 | 1,5 | — | — | — | — | 370 | 1 | 1,5 | — | — | — | — |

| Form | Z | F | Z | F_G | Z | F_H | Form | Z | F | Z | F_G | Z | F_H |
|--------|---|-----|---|-------|---|-------|----------|---|-----|---|-------|---|-------|
| 430 | 1 | 1,5 | — | — | — | — | 9.16.0 | 1 | 1,5 | 1 | 4 | — | — |
| 450 | 2 | 3 | 2 | 8 | — | — | 9.20.0 | 1 | 1,5 | 1 | 4 | — | — |
| 454 | 1 | 1,5 | — | — | — | — | 10.11.0 | 1 | 1,5 | 1 | 4 | — | — |
| 470 | 1 | 1,5 | — | — | — | — | 10.13.0 | 1 | 1,5 | 1 | 4 | — | — |
| 401 | 1 | 1,5 | 1 | 4 | — | — | 10.21.0 | 1 | 1,5 | — | — | — | — |
| 587 | 1 | 1,5 | 1 | 4 | — | — | 11.16.0 | 1 | 1,5 | — | — | — | — |
| 670 | 1 | 1,5 | 1 | 4 | — | — | 11.20.0 | 1 | 1,5 | 1 | 4 | — | — |
| 641 | 1 | 1,5 | 1 | 4 | — | — | 12.13.0 | 1 | 1,5 | 1 | 4 | — | — |
| 720 | 1 | 1,5 | — | — | — | — | 13.46.11 | 1 | 1,5 | 1 | 4 | 1 | 5 |
| 735 | 1 | 1,5 | — | — | — | — | 14.1.0 | 1 | 1,5 | — | — | — | — |
| 780 | 1 | 1,5 | — | — | — | — | 15.17.0 | 1 | 1,5 | 1 | 4 | — | — |
| 8.17.0 | 1 | 1,5 | 1 | 4 | — | — | 15.19.0 | 1 | 1,5 | 1 | 4 | — | — |
| 940 | 1 | 1,5 | — | — | — | — | 20.41.0 | 1 | 1,5 | 1 | 4 | — | — |
| 970 | 2 | 3 | — | — | — | — | 21.1.0 | 1 | 1,5 | 1 | 4 | — | — |
| 9.10.0 | 1 | 1,5 | — | — | — | — | 30.49.0 | 1 | 1,5 | 1 | 4 | — | — |
| 9.11.0 | 2 | 3 | 2 | 8 | 1 | 5 | | | | | | | |

Obira liegen mehrere Fundstellen: Okurajiki oder Okuradani (erstere Bezeichnung soll besser sein), Hajikami, Ginjiki, Heitateiwa, Eboshi und Higashi-Shodo. Es gelang selbst Tozo TAKIMOTO nicht, das von FORD (25) beschriebene Vorkommen einer dieser Fundstellen einzureihen, sodass „Obira“ als eigener Fundort aufgenommen ist. Das Vorhandensein von w(110) wird für Japan einzig durch die Messung FORDS gewährleistet.

„Moonbi“, das ich in keinem Atlas finden konnte, hat V. GOLDSCHMIDT mit „Mombi“ wiedergegeben.

„Osoyoos Mining“ lautet vollständig „Nickel Plate Mountain Osoyoos Mining Division, British Columbia“.

Von den 70 Fundorten ziehe ich für die Persistenzberechnung die in Tab. IV mit Stern versehenen nicht in Betracht (Borgone und Mähren mit nur zwei Formen, Tarbagatai mit einer einzigen Form). Dadurch stelle ich für morphologische Untersuchungen die selbstverständliche Forderung, dass das Vorkommen mindestens so viele Formen liefere, als zur einfachsten Kristallbegrenzung notwendig sind: hier also drei Formen, die nicht einer einzigen Zone angehören.

Der Formenreichtum der 67 verbleibenden Fundorte schwankt zwischen weiten Grenzen: 3 und 44 Pinakoide. Im Mittel trifft es 13 Formen auf den Fundort. 38 Fundorte erreichen diesen Durchschnitt nicht, 4 entsprechen ihm genau und 25 übertreffen ihn. Die geringe Formenzahl gewisser Vorkommen mag mit der wenig ver-

tieften, einmaligen Durchforschung im Zusammenhang stehen, wogegen die formenreichen Fundstellen gerade zu jenen gehören, deren Kristalle systematisch und noch in jüngerer Zeit gründlich durchgemessen wurden.

Unter Fundortspersistenz versteht P. NIGGLI (86, I, S. 644) eine „Zahl, die angibt, an wievielen von 100 Fundorten eine Form vertreten ist“. Sobald sich diese Zahl auf eine hinreichende Menge von morphologisch gründlich durchgearbeiteten Fundorten stützt, besagt sie, was sich in der Mannigfaltigkeit der günstigen und ungünstigen Entstehungsbedingungen gerne bildet oder immer behauptet.

Tab. V enthält die Fundortpersistenz von 121 Axinitformen. Nur für 24 dieser Formen ist sie höher als 10. Die übrigen 97 Formen, d. h. 80 % der Gesamtzahl, sind als individuell zu bewerten. In NIGGLIScher Terminologie hat man folgende Gliederung:

a) Fundortspersistenz 1. Grades. Charakteristische Leitformen.

| | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| F | 100 | 100 | 97 | 88 | 85 | 78 | 70,5 |
| Indizes | 010 | 011 | 110 | 121 | 111 | 100 | 120 |

b) Fundortspersistenz 2. Grades. Charakterist. Nebenleitformen.

| | | | | | |
|---------|-----|------|------|-----|------|
| F | 60 | 52,5 | 48,5 | 45 | 40,5 |
| Indizes | 001 | 101 | 012 | 110 | 112 |

c) Fundortspersistenz 3. Grades. Charakterist. Spezialformen.

| | | | |
|---------|------|------|-----|
| F | 37,5 | 31,5 | 27 |
| Indizes | 111 | 111 | 011 |

d) Fundortspersistenz 4. Grades. Charakt. Ergänzungsformen.

| | | | | | | | | | |
|---------|-----|------|-----|-----|------|------|-----|-----|------|
| F | 24 | 16,5 | 15 | 15 | 13,5 | 13,5 | 12 | 12 | 10,5 |
| Indizes | 102 | 101 | 121 | 211 | 103 | 112 | 021 | 130 | 350 |

e) Fundortspersistenz 5. Grades. Individuelle Formen.

$F = 7,5 : 0\bar{3}1, 2\bar{1}1, 2\bar{2}\bar{1}$

$F = 6 : 1\bar{3}1, \bar{2}01, 2\bar{3}2$

$F = 4,5 : 0\bar{4}5, 120, 121, 2\bar{1}0, 23\bar{1}, 2\bar{3}0, 3\bar{4}0$

$F = 3 : 113, 16\bar{3}, 1\bar{8}0, 1.\bar{1}3.0, 1.\bar{1}\bar{8}.0, \bar{1}12, 201, 203, 231, 2\bar{9}0, 4\bar{5}0, 9\bar{7}0, 9.\bar{1}\bar{1}.0$

$F = 1,5 : \text{die verbleibenden 71 Formen}$

Von den sieben charakteristischen Leitformen, deren hohe Zahl auffallen würde, wenn es sich nicht um blosse Pinakoide handelte, sind 010, 011, 110, 121 und vielleicht noch 111 als habitusbestimmend bekannt. Dass aber auch 100 und 120 in diese Gruppe zu stehen

kommen, überrascht etwas, denn sie prägen trotz hoher Persistenz dem Axinit kaum je charakteristische Züge auf. Hohe, ja höchste Persistenz einer Form sichert also noch keinen entscheidenden Einfluss auf die Tracht des Minerals. Nach bisherigen morphologischen Untersuchungen an hochsymmetrischen Substanzen wie Schwefel, Fluorit, Brookit, Anatas u. a. schienen sich hohe Persistenz und habitusbestimmender Charakter zu decken. Weitere Untersuchungen werden zeigen, ob die Formenbedeutung bei niedrig-symmetrischen Sub-

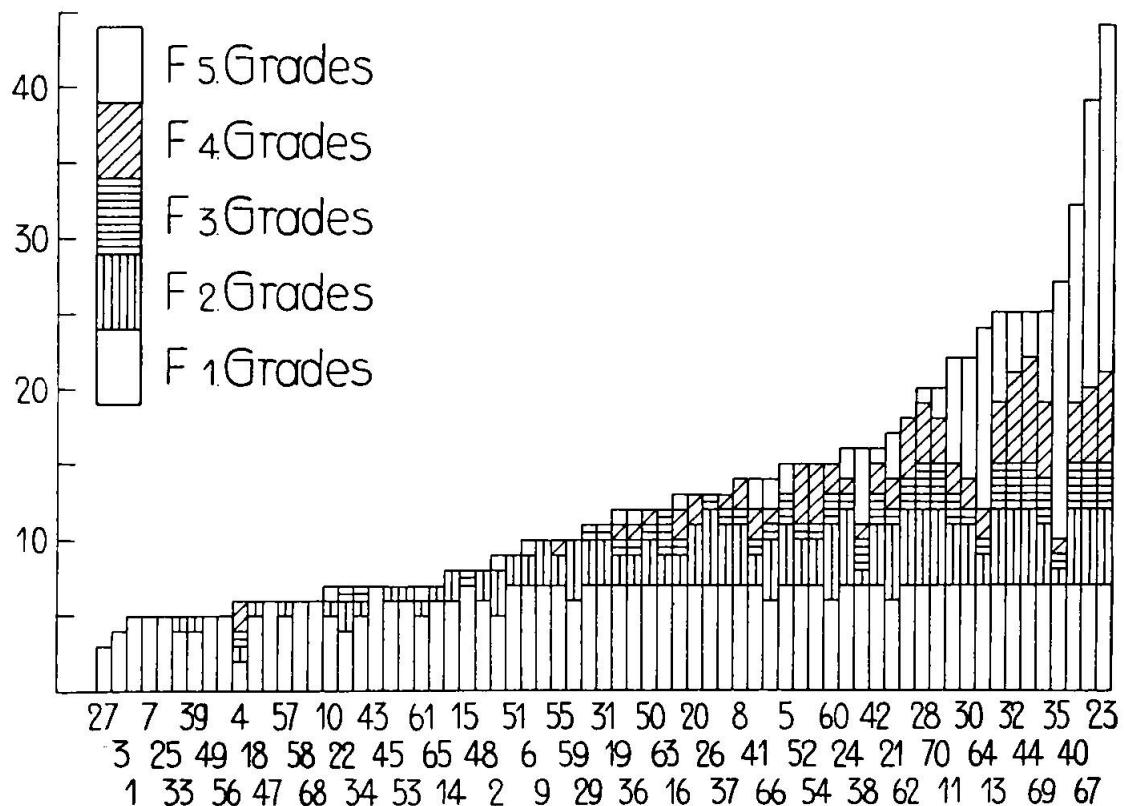


Fig. 3. Nach Persistenzgrad aufgeteilte Formenzahl der verschiedenen Fundorte.

stanzen anders zu werten ist und ob der Axinit auf diesen neuen Maßstab hinweist oder als Ausnahme von der Regel dasteht.

In Fig. 3 ist dargestellt, wieviele Formen verschiedenen Persistenzgrades es auf die einzelnen Fundorte trifft. Das Durchgreifen der charakteristischen Leitformen tritt sehr schön hervor. Bei 38 Fundorten (= 56,6 %) werden sie vollständig gezählt. Fundorte mit mindestens 9 Formen weisen immer eine oder zumeist mehrere Nebenleitformen auf. Alle fünf erscheinen gesamthaft nur 13mal. Noch seltener ist das Zusammentreffen der drei Spezialformen: 10mal. Die 9 Ergänzungsformen zeigen sich nie alle miteinander. Indi-

viduelle Formen wurden nur für 29 Fundorte festgestellt. Im ganzen kommen sie 145 mal vor; doch zeigen schon die Fundorte 23, 35, 40, 64, 67 für sich allein ein 84 maliges Auftreten.

Zu Vergleichszwecken sind in Tab. V auch die Zahlen eingetragen, die sich aus dem von GOLDSCHMIDT im Atlas und von HINTZE im Handbuch gesammelten Material ergeben. F_G und F_H weichen von F teilweise sehr stark ab. Mit aller Deutlichkeit wird das aus Fig. 4 ersichtlich, wo die F -Werte der 24 nicht individuellen Formen durch den gebrochenen Linienzug nach abnehmender Grösse eingetragen

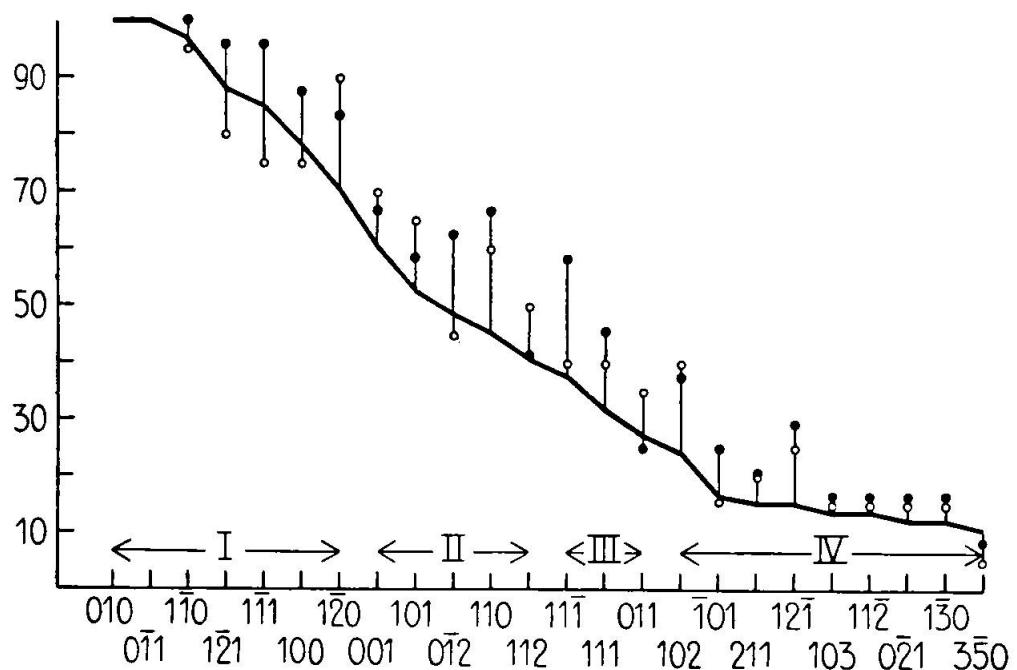


Fig. 4. Die Fundortspersistenz F der 24 wichtigsten Axinitformen (kräftiger Linienzug), verglichen mit den zugehörigen F_G - und F_H -Werten (volle bzw. leere Punkte).

und mit den F_G - und F_H -Punkten durch dünne Vertikallinien verbunden sind. Dabei sind aber trotz aller Verschiebung zwei Tatsachen bedeutungsvoll. Einmal bleiben alle individuellen Formen der F -Wertung auch individuelle Formen nach F_G und F_H . Sodann stehen bei allen drei Berechnungsarten die nämlichen sieben Formen an erster Stelle, nur dass $1\bar{2}0$ nach F_H beträchtlich hinaufrückt und vor $1\bar{2}1$, $1\bar{1}1$ und 100 zu stehen kommt. Indessen zeigen nach F_G und F_H noch weitere Formen eine ausgesprochene Häufigkeit, nämlich 001 , 110 und $0\bar{1}2$ bzw. 001 und 101 . Andere Einzelheiten werden aus nachstehender Zusammenstellung ersichtlich, wo die 24 wichtigeren Formen nach den drei Persistenzen zu Gruppen geordnet sind.

$F : \mathbf{010}, \mathbf{0\bar{1}1}, \mathbf{1\bar{1}0}, \mathbf{1\bar{2}1}, \mathbf{1\bar{1}1}, \mathbf{100}, \mathbf{1\bar{2}0} - \mathbf{001}, \mathbf{101}, \mathbf{0\bar{1}2}, \mathbf{110}, \mathbf{112} -$
 $F_G : 010, 0\bar{1}1, 1\bar{1}0, 1\bar{2}1, 1\bar{1}1, 100, 1\bar{2}0 - 001, 110, 0\bar{1}2, 101, 11\bar{1}$
 $F_H : 010, 0\bar{1}1, 1\bar{1}0, 1\bar{2}0, 1\bar{2}1, 1\bar{1}1, 100 - 001, 101, 110, 112, 0\bar{1}2 -$
 $F : \mathbf{11\bar{1}}, \mathbf{111}, \mathbf{011} - \mathbf{102}, \mathbf{101}, \mathbf{211}, \mathbf{12\bar{1}}, \mathbf{103}, \mathbf{11\bar{2}}, \mathbf{021}, \mathbf{1\bar{3}0}, \mathbf{350}$
 $F_G : 111, 112 - 102, 12\bar{1} - 011, 101, 211, 103, 11\bar{2}, 021, 1\bar{3}0, (350)$
 $F_H : 11\bar{1}, 111, 102, 011, - 12\bar{1}, 211, 101, 103, 11\bar{2}, 021, 1\bar{3}0, (350)$

Die Grenzen 70, 40, 25, 10 sind immer zum untern Grad gerechnet. Die Form 350 wird nach F_G und F_H zu einer individuellen Form.

In allem dem erhärtet sich aufs neue, dass durch Beschränkung auf GOLDSCHMIDT oder HINTZE im allgemeinen zu hohe Persistenzwerte erhalten werden. Für die wichtigsten Formen ergibt sich aber im wesentlichen eine zuverlässige Bewertung. Verschiedenheiten im Gruppenumfang erklären sich aus der starken Begrenztheit des der Berechnung zugrunde gelegten Materials. Eine Fläche mehr oder weniger je Fundort ändert F_G und F_H um 4 bzw. 5 Einheiten. Wenn $1\bar{2}0$ nach den HINTZESchen Angaben so starke Bedeutung gewinnt, so liegt der wichtigste Grund wohl darin, dass von den 20 mit Formen belegten Fundorten HINTZES 19 in Europa liegen. Nun tritt hier $1\bar{2}0$ fast immer auf, wogegen dieses Pinakoid etwa bei der Hälfte der amerikanischen und japanischen Vorkommen nicht nachgewiesen ist.

c) Kombinationen und Kombinationspersistenz der Axinitformen.

Der einfachst begrenzte Axinitkristall stellt wegen der Zugehörigkeit des Minerals zur triklinen Holoedrie eine Kombination von drei Formen dar. Mit aller Sorgfalt wurden für die folgenden Ausführungen nur solche Kombinationen in Betracht gezogen, von denen mit Sicherheit oder doch mit grösster Wahrscheinlichkeit anzunehmen ist, dass sie tatsächlich beobachtet wurden. Ältere Autoren (NAUMANN, MOHS, PRESL, BERNHARDI, HAUY u. a.) geben Figuren, die offensichtlich gemessenen Kristallen entsprechen; den Fundort nennen sie aber nicht. Im ganzen wurde ein Dutzend solcher Kombinationen in das statistische Material aufgenommen; wahrscheinlich sind es Kristalle französischer Herkunft.

Dem fortwährenden Vergleich von Figur und Text wurde volle Aufmerksamkeit geschenkt. Es kommt nämlich nicht selten vor, dass das Kristallbild einer wirklich beobachteten Kombination entspricht,

Tabelle VI. Die Kombinationen des Axinit.

| No. | Z.-F. | F.-O. |
|-----|-------|---|
| 1 | 3 | 5 010, 0 $\bar{1}$ 1, 1 $\bar{1}$ 0 1 010, 0 $\bar{1}$ 1, 1 $\bar{1}$ 1 |
| 2 | | 1 010, 1 $\bar{1}$ 0, 1 $\bar{2}$ 1 |
| 3 | | 4 010, 011, 0 $\bar{1}$ 1, 1 $\bar{1}$ 0 5 010, 0 $\bar{1}$ 1, 1 $\bar{1}$ 0, 1 $\bar{1}$ 1 6 010, 0 $\bar{1}$ 1, 1 $\bar{1}$ 0, 1 $\bar{2}$ 1 |
| 4 | 4 | 1 010, 011, 0 $\bar{1}$ 1, 0 $\bar{2}$ 1, 110 2 010, 011, 101, 1 $\bar{1}$ 1, 1 $\bar{2}$ 1 3 010, 0 $\bar{1}$ 1, 0 $\bar{1}$ 2, 1 $\bar{1}$ 0, 1 $\bar{2}$ 1 4 010, 0 $\bar{1}$ 1, 111, 1 $\bar{1}$ 1, 1 $\bar{2}$ 1 5 010, 0 $\bar{1}$ 1, 112, 1 $\bar{1}$ 0, 1 $\bar{2}$ 1 6 010, 0 $\bar{1}$ 1, 1 $\bar{1}$ 0, 1 $\bar{1}$ 1, 1 $\bar{2}$ 1 7 010, 011, 101, 1 $\bar{1}$ 1, 1 $\bar{2}$ 1 8 010, 011, 101, 1 $\bar{1}$ 1, 1 $\bar{2}$ 1 9 010, 011, 101, 1 $\bar{1}$ 1, 1 $\bar{2}$ 1 10 010, 011, 111, 1 $\bar{1}$ 1, 1 $\bar{2}$ 1 11 010, 011, 112, 1 $\bar{1}$ 0, 1 $\bar{2}$ 1 12 010, 011, 110, 1 $\bar{1}$ 1, 1 $\bar{2}$ 1 13 010, 011, 110, 1 $\bar{2}$ 0, 1 $\bar{2}$ 1 14 010, 011, 111, 1 $\bar{2}$ 0, 1 $\bar{2}$ 1 15 010, 011, 110, 1 $\bar{1}$ 1, 1 $\bar{2}$ 1 16 010, 011, 0 $\bar{1}$ 1, 0 $\bar{2}$ 1, 110, 1 $\bar{2}$ 1 17 010, 011, 0 $\bar{1}$ 1, 0 $\bar{1}$ 2, 100, 1 $\bar{1}$ 0, 1 $\bar{1}$ 1 18 010, 011, 0 $\bar{1}$ 1, 0 $\bar{1}$ 2, 1 $\bar{1}$ 0, 1 $\bar{2}$ 0, 1 $\bar{2}$ 1 19 010, 011, 100, 101, 1 $\bar{1}$ 1, 1 $\bar{2}$ 1 20 010, 011, 100, 1 $\bar{1}$ 0, 1 $\bar{1}$ 1, 1 $\bar{2}$ 0 21 010, 011, 100, 1 $\bar{1}$ 0, 1 $\bar{2}$ 0, 1 $\bar{2}$ 1 22 010, 011, 101, 111, 1 $\bar{1}$ 0, 1 $\bar{2}$ 1 23 010, 011, 101, 1 $\bar{1}$ 0, 1 $\bar{1}$ 1, 1 $\bar{2}$ 1 24 010, 011, 110, 1 $\bar{1}$ 0, 1 $\bar{2}$ 0, 1 $\bar{2}$ 1 25 010, 011, 110, 1 $\bar{1}$ 1, 1 $\bar{2}$ 0, 1 $\bar{2}$ 1 26 010, 011, 110, 1 $\bar{1}$ 1, 1 $\bar{2}$ 1, 2 $\bar{2}$ 1 27 010, 011, 110, 1 $\bar{1}$ 1, 1 $\bar{2}$ 0, 1 $\bar{2}$ 1 28 001, 010, 0 $\bar{1}$ 1, 0 $\bar{1}$ 2, 100, 1 $\bar{1}$ 1, 1 $\bar{1}$ 1 29 001, 010, 0 $\bar{1}$ 1, 100, 112, 1 $\bar{1}$ 0, 1 $\bar{1}$ 1 30 001, 010, 0 $\bar{1}$ 1, 100, 1 $\bar{1}$ 0, 1 $\bar{1}$ 1, 1 $\bar{2}$ 1 31 001, 010, 0 $\bar{1}$ 1, 101, 112, 1 $\bar{1}$ 1, 1 $\bar{2}$ 1 32 001, 011, 100, 101, 110, 112, 1 $\bar{1}$ 1 33 010, 011, 0 $\bar{1}$ 2, 0 $\bar{3}$ 1, 100, 1 $\bar{1}$ 0, 1 $\bar{2}$ 0 34 010, 011, 0 $\bar{1}$ 2, 1 $\bar{1}$ 0, 1 $\bar{1}$ 1, 1 $\bar{2}$ 0, 1 $\bar{2}$ 1 35 010, 011, 0 $\bar{2}$ 1, 1 $\bar{1}$ 0, 1 $\bar{1}$ 1, 1 $\bar{2}$ 0, 1 $\bar{2}$ 1 36 010, 011, 100, 101, 1 $\bar{1}$ 0, 1 $\bar{2}$ 1, 140 37 010, 011, 100, 110, 1 $\bar{1}$ 0, 1 $\bar{1}$ 1, 1 $\bar{2}$ 1 38 010, 011, 100, 1 $\bar{1}$ 0, 1 $\bar{1}$ 1, 1 $\bar{2}$ 0, 1 $\bar{2}$ 1 39 010, 011, 100, 1 $\bar{1}$ 0, 1 $\bar{1}$ 1, 9. $\bar{2}\bar{0}.0$, 11. $\bar{2}\bar{0}.0$ 40 010, 011, 101, 111, 1 $\bar{1}$ 0, 1 $\bar{2}$ 0, 1 $\bar{2}$ 1 41 010, 011, 101, 1 $\bar{1}$ 0, 1 $\bar{1}$ 1, 1 $\bar{2}$ 0, 1 $\bar{2}$ 1 42 010, 011, 111, 1 $\bar{1}$ 0, 1 $\bar{1}$ 1, 1 $\bar{2}$ 0, 1 $\bar{2}$ 1 43 010, 011, 112, 1 $\bar{1}$ 0, 1 $\bar{1}$ 1, 1 $\bar{2}$ 0, 1 $\bar{2}$ 1 |

| No. | Z.-F. | F.-O. |
|-----|-------|--|
| 44 | 8 | 1 001, 010, 011, 011, 102, 110, 111, 120 |
| 45 | | 1 001, 010, 011, 012, 100, 110, 111, 111 |
| 46 | | 1 001, 010, 011, 045, 100, 110, 111, 121 |
| 47 | | 1 001, 010, 011, 100, 101, 103, 111, 121 |
| 48 | | 1 001, 010, 011, 100, 103, 110, 110, 111 |
| 49 | | - 001, 010, 011, 110, 111, 120, 121, 211 |
| 50 | | 1 010, 011, 011, 100, 110, 111, 120, 121 |
| 51 | | 1 010, 011, 011, 101, 110, 111, 110, 120 |
| 52 | | 1 010, 011, 011, 101, 110, 111, 120, 121 |
| 53 | | 1 010, 011, 012, 035, 101, 102, 112, 111 |
| 54 | | 1 010, 011, 012, 100, 101, 111, 110, 111 |
| 55 | | 1 010, 011, 012, 100, 101, 111, 110, 120 |
| 56 | | 1 010, 011, 012, 100, 103, 111, 110, 211 |
| 57 | | 1 010, 011, 012, 100, 110, 111, 110, 120 |
| 58 | | 1 010, 011, 012, 100, 111, 112, 110, 120 |
| 59 | | 1 010, 011, 012, 100, 111, 112, 110, 120 |
| 60 | | - 010, 011, 012, 100, 111, 110, 111, 120 |
| 61 | | 1 010, 011, 012, 100, 111, 110, 120, 211 |
| 62 | | - 010, 011, 012, 100, 111, 110, 111, 120 |
| 63 | | 1 010, 011, 012, 100, 110, 111, 120, 121 |
| 64 | | 2 010, 011, 012, 111, 110, 111, 120, 121 |
| 65 | | 1 010, 011, 021, 110, 111, 120, 121, 130 |
| 66 | | 2 010, 011, 100, 101, 110, 110, 111, 121 |
| 67 | | 1 010, 011, 100, 110, 110, 111, 120, 121 |
| 68 | | 1 010, 011, 100, 111, 110, 111, 120, 121 |
| 69 | | 1 010, 011, 100, 111, 110, 111, 120, 121 |
| 70 | | 1 010, 011, 100, 111, 110, 111, 118.0, 211 |
| 71 | | 2 010, 011, 100, 110, 111, 120, 121, 232 |
| 72 | | 2 010, 011, 101, 112, 110, 111, 120, 121 |
| 73 | | 1 010, 011, 101, 112, 110, 111, 121, 203 |
| 74 | | 2 010, 011, 111, 112, 110, 111, 120, 121 |
| 75 | | - 010, 011, 111, 110, 111, 120, 121, 131 |
| 76 | | 1 011, 012, 100, 102, 110, 111, 101, 112 |
| 77 | | 1 011, 100, 112, 110, 111, 120, 101, 210 |
| 78 | 9 | 1 001, 010, 011, 011, 112, 110, 111, 121, 9.11.0 |
| 79 | | 1 001, 010, 011, 012, 110, 111, 121, 221, 231 |
| 80 | | 1 001, 010, 011, 045, 100, 110, 110, 111, 121 |
| 81 | | 1 001, 010, 011, 100, 101, 110, 110, 111, 221 |
| 82 | | 1 001, 010, 011, 100, 111, 110, 111, 120, 121 |
| 83 | | 1 001, 010, 011, 100, 110, 111, 120, 121, 112 |
| 84 | | 2 001, 010, 011, 101, 102, 103, 110, 120, 121 |
| 85 | | 2 001, 010, 011, 111, 112, 110, 111, 120, 121 |
| 86 | | 1 010, 011, 011, 111, 112, 110, 111, 120, 121 |
| 87 | | 1 010, 011, 100, 112, 110, 111, 120, 101, 112 |
| 88 | | 1 010, 011, 012, 100, 101, 111, 110, 111, 121 |
| 89 | | 1 010, 011, 012, 100, 101, 110, 111, 120, 121 |
| 90 | | 1 010, 011, 012, 100, 111, 110, 111, 120, 121 |
| 91 | | 1 010, 011, 021, 101, 102, 110, 111, 120, 121 |

| No. | Z.-F. | F.-O. |
|-----|-------|---|
| 92 | | 1 010, 0̄11, 100, 101, 103, 110, 1̄1̄, 112, 1̄1̄ |
| 93 | | 1 010, 0̄11, 100, 101, 110, 112, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄21 |
| 94 | | — 010, 0̄11, 100, 101, 110, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄21, 211 |
| 95 | | 1 010, 0̄11, 100, 110, 112, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 1̄21 |
| 96 | | 2 010, 0̄11, 100, 111, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 1̄21, 211 |
| 97 | | 1 011, 0̄11, 0̄12, 100, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 1̄01, 2̄01 |
| 98 | 10 | 1 001, 010, 011, 0̄11, 100, 101, 1̄1̄, 1̄20, 1̄21 |
| 99 | | 1 001, 010, 011, 0̄11, 112, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 1̄21, 3̄0 |
| 100 | | 1 001, 010, 0̄11, 0̄12, 0̄45, 110, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 1̄21 |
| 101 | | 1 001, 010, 0̄11, 0̄12, 101, 103, 110, 111, 112, 1̄1̄ |
| 102 | | 1 001, 010, 0̄11, 0̄12, 111, 112, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 1̄21 |
| 103 | | 1 001, 010, 0̄11, 100, 101, 112, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 1̄21 |
| 104 | | 1 001, 010, 0̄11, 100, 110, 111, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 211 |
| 105 | | 1 001, 010, 0̄11, 101, 102, 103, 110, 111, 112, 1̄1̄ |
| 106 | | 1 010, 0̄11, 0̄12, 100, 101, 110, 111, 1̄1̄, 1̄1̄, 211 |
| 107 | | — 010, 0̄11, 0̄12, 100, 101, 112, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 1̄21 |
| 108 | | 1 010, 0̄11, 0̄12, 100, 110, 111, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄21, 211 |
| 109 | | 1 010, 0̄11, 0̄12, 100, 110, 112, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 1̄21 |
| 110 | | 1 010, 0̄11, 0̄12, 100, 111, 111, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 211 |
| 111 | | 1 010, 0̄11, 0̄12, 100, 111, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 1̄21, 211 |
| 112 | | 1 010, 0̄11, 0̄21, 0̄19.16, 100, 110, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 1̄21 |
| 113 | | 1 010, 0̄11, 0̄21, 100, 110, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 1̄21 |
| 114 | | 1 010, 0̄11, 0̄21, 100, 110, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 1̄21, 132 |
| 115 | | 1 010, 0̄11, 100, 101, 111, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 1̄21 |
| 116 | | 1 010, 0̄11, 100, 101, 111, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 1̄21, 211 |
| 117 | | 1 010, 0̄11, 100, 101, 111, 112, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 1̄21 |
| 118 | | 1 010, 0̄11, 100, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 1̄21, 1̄01, 1̄1̄, 232 |
| 119 | | 1 010, 0̄11, 100, 1̄1̄, 1̄21, 1̄1̄, 1̄20, 9̄20.0, 10̄21.0, 20̄41.0 |
| 120 | | 1 010, 0̄11, 101, 103, 110, 112, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 1̄21 |
| 121 | | 1 010, 100, 112, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 1̄30, 1̄01, 210, 2̄01 |
| 122 | | 1 011, 0̄12, 0̄21, 100, 110, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 1̄01, 1̄01 |
| 123 | 11 | 1 001, 010, 011, 0̄11, 101, 1̄1̄, 112, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 1̄21 |
| 124 | | 1 001, 010, 0̄11, 0̄12, 100, 101, 110, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄21 |
| 125 | | 1 001, 010, 0̄11, 0̄12, 100, 101, 111, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 1̄21 |
| 126 | | 1 001, 010, 0̄11, 0̄12, 100, 110, 1̄1̄, 112, 1̄1̄, 121, 1̄21 |
| 127 | | 1 001, 010, 0̄11, 0̄12, 100, 110, 1̄1̄, 1̄1̄, 121, 221, 231 |
| 128 | | 1 001, 010, 0̄11, 0̄12, 100, 111, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 1̄21, 211 |
| 129 | | 1 001, 010, 0̄11, 0̄54, 100, 110, 111, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 1̄21 |
| 130 | | 1 001, 010, 0̄11, 100, 101, 102, 110, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 1̄21 |
| 131 | | 1 001, 010, 0̄11, 100, 101, 110, 111, 112, 1̄1̄, 1̄1̄, 121 |
| 132 | | 1 010, 011, 0̄11, 100, 101, 110, 111, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 1̄21 |
| 133 | | 1 010, 0̄11, 0̄12, 0̄31, 100, 111, 111, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 211, 2̄01 |
| 134 | | 1 010, 0̄11, 0̄12, 100, 101, 110, 111, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 1̄21 |
| 135 | | 1 010, 0̄11, 0̄12, 100, 103, 110, 111, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 211 |
| 136 | | 1 010, 0̄11, 100, 101, 110, 111, 112, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 1̄21 |
| 137 | | 1 010, 0̄11, 100, 101, 111, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 1̄21, 211, 232 |
| 138 | | 1 010, 0̄11, 100, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 1̄21, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄20, 211 |
| 139 | | 1 010, 0̄11, 100, 1̄1̄, 1̄1̄, 1̄21, 212, 211, 232, 313, 323 |

| No. | Z.-F. | F.-O. |
|-----|-------|--|
| 140 | 12 | 1 001, 010, 011, 011, 012, 101, 111, 112, 110, 111, 120, 121 1 001, 010, 011, 011, 100, 103, 112, 110, 111, 120, 121, 340 |
| 141 | | 1 001, 010, 011, 011, 100, 103, 112, 110, 111, 120, 121, 340 |
| 142 | | 1 001, 010, 011, 011, 100, 111, 110, 111, 120, 101, 210, 201 |
| 143 | | 2 001, 010, 011, 012, 100, 101, 102, 110, 111, 110, 111, 121 1 001, 010, 011, 012, 100, 101, 103, 110, 111, 111, 112, 111 |
| 144 | | 1 001, 010, 011, 012, 100, 101, 103, 110, 111, 111, 112, 111 |
| 145 | | 1 001, 010, 011, 012, 100, 101, 110, 111, 112, 110, 111, 120 |
| 146 | | 1 001, 010, 011, 012, 100, 110, 111, 112, 110, 120, 101, 201 |
| 147 | | 1 001, 010, 011, 021, 100, 110, 111, 120, 121, 130, 163, 183 |
| 148 | | 1 001, 010, 011, 056, 100, 101, 102, 110, 111, 110, 111, 121 |
| 149 | | 1 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111, 112, 110, 111, 121, 121 |
| 150 | | 1 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111, 112, 110, 111, 121, 131 |
| 151 | | 1 010, 011, 011, 012, 100, 101, 111, 112, 110, 111, 120, 121 |
| 152 | | 1 010, 011, 012, 100, 101, 110, 111, 112, 110, 111, 120, 121 |
| 153 | | - 010, 011, 012, 100, 101, 110, 111, 110, 111, 120, 121, 211 |
| 154 | | 1 010, 011, 012, 100, 110, 111, 111, 110, 111, 121, 120, 211 |
| 155 | | 1 010, 011, 012, 100, 110, 111, 111, 110, 111, 121, 211, 312 |
| 156 | | 2 010, 011, 012, 100, 110, 111, 112, 112, 110, 111, 121, 101 |
| 157 | | 1 010, 011, 012, 100, 110, 111, 112, 110, 111, 121, 120, 211 |
| 158 | | 1 010, 011, 100, 101, 110, 111, 112, 110, 111, 121, 450, 9.16.0 |
| 159 | 13 | 1 001, 010, 011, 011, 100, 102, 112, 110, 111, 120, 130, 112, 211 |
| 160 | | 1 001, 010, 011, 011, 102, 112, 110, 111, 120, 121, 101, 232, 454 |
| 161 | | 1 001, 010, 011, 012, 100, 101, 102, 110, 111, 111, 112, 111, 121 |
| 162 | | 1 001, 010, 011, 012, 100, 101, 111, 112, 110, 111, 121, 120, 121 |
| 163 | | 1 001, 010, 011, 012, 100, 110, 111, 110, 111, 120, 121, 131, 340 |
| 164 | | 1 001, 010, 011, 045, 059, 078, 0.27.28, 100, 110, 110, 111, 121, 21.1.0 |
| 165 | | 1 001, 010, 012, 100, 102, 112, 110, 111, 120, 121, 101, 210, 232 |
| 166 | | 1 001, 010, 100, 101, 102, 103, 110, 111, 112, 111, 160, 211, 232 |
| 167 | | 1 010, 011, 011, 100, 101, 110, 111, 112, 110, 121, 121, 120, 121 |
| 168 | | 1 010, 011, 012, 100, 101, 110, 111, 111, 112, 110, 111, 120, 121 |
| 169 | | 1 010, 011, 012, 100, 101, 110, 111, 111, 112, 110, 111, 120, 121 |
| 170 | | 1 010, 011, 100, 101, 110, 111, 112, 110, 111, 120, 121, 350, 9.11.0 |
| 171 | | 1 010, 011, 100, 110, 111, 110, 111, 121, 121, 1.26.0, 8.17.0, 9.11.0, 9.16.0, 21.1.0 |
| 172 | | 1 010, 011, 100, 111, 110, 111, 121, 180, 1.13.0, 211, 9.20.0, 10.13.0, 20.41.0 |
| 173 | | 1 010, 011, 101, 102, 103, 110, 111, 112, 111, 121, 121, 215, 221 |

| No. | Z.-F. | F.-O. | |
|-----|-------|-------|---|
| 174 | 14 | 1 | 001, 010, 011, 012, 021, 0.19.16, 110, 111, 110, 111, 120, 121, 132, |
| 175 | | 1 | 001, 010, 011, 012, 100, 101, 110, 112, 110, 111, 120, 121, 130 |
| 176 | | 1 | 001, 010, 011, 012, 100, 101, 110, 111, 112, 110, 111, 120, 121 |
| 177 | | 1 | 001, 010, 011, 012, 100, 101, 102, 103, 111, 110, 111, 120, 121, 211 |
| 178 | | 1 | 001, 010, 011, 012, 100, 101, 110, 111, 111, 110, 111, 120, 121, 211 |
| 179 | | 1 | 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111, 111, 112, 113, 110, 111, 121, 221 |
| 180 | | 1 | 001, 011, 012, 100, 102, 112, 110, 111, 120, 121, 101, 112, 201, 454 |
| 181 | | 1 | 010, 011, 012, 021, 100, 110, 111, 121, 213, 211, 232, 313, 323 |
| 182 | | - | 010, 011, 012, 100, 101, 110, 111, 111, 110, 111, 120, 121, 211 |
| 183 | | 1 | 010, 011, 011, 021, 100, 101, 110, 111, 120, 121, 201, 211, 232, 322 |
| 184 | | 1 | 010, 011, 012, 100, 101, 102, 110, 111, 112, 110, 111, 120, 121, 211 |
| 185 | | 1 | 010, 011, 100, 101, 110, 111, 112, 110, 111, 121, 641, 8.17.0, 10.11.0, 15.17.0 |
| 186 | 15 | 1 | 001, 010, 011, 011, 012, 100, 101, 110, 111, 112, 110, 111, 120, 121, 131 |
| 187 | | 1 | 001, 010, 011, 012, 100, 101, 103, 110, 111, 111, 112, 110, 111, 121, 215 |
| 188 | | 1 | 010, 011, 011, 021, 100, 101, 111, 110, 111, 111, 120, 121, 201, 211, 232, 322 |
| 189 | | 1 | 010, 011, 012, 101, 102, 103, 111, 112, 110, 111, 121, 201, 205, 312, 735 |
| 190 | 16 | 1 | 001, 010, 011, 011, 012, 021, 0.19.16, 0.23.11, 0.23.20, 110, 111, 110, 111, 120, 121, 132 |
| 191 | | 1 | 001, 010, 011, 011, 012, 100, 101, 103, 110, 111, 112, 110, 111, 121, 120, 121 |
| 192 | | 1 | 001, 010, 011, 011, 100, 101, 110, 111, 111, 112, 110, 111, 120, 121, 131, 211 |
| 193 | | 1 | 001, 010, 011, 012, 100, 101, 102, 103, 110, 111, 110, 111, 121, 120, 121, 121, 211 |
| 194 | | 1 | 001, 010, 011, 012, 100, 101, 103, 110, 111, 111, 110, 111, 120, 121, 211, 13.46.11 |
| 195 | | 1 | 001, 010, 011, 012, 100, 101, 110, 111, 111, 112, 113, 110, 121, 120, 231, 231 |
| 196 | | 1 | 010, 011, 011, 012, 100, 101, 110, 111, 111, 112, 110, 111, 121, 120, 121, 101 |

| No. | Z.-F. | F.-O. |
|-----|-------|--|
| 197 | 17 | 1 001, 010, 011, 011, 012, 056, 100, 101, 110, 111, 111, 112, 110, 111, 121, 120, 121 |
| 198 | | 1 001, 010, 011, 011, 012, 100, 101, 110, 111, 111, 112, 110, 111, 121, 120, 121, 101 |
| 199 | | 1 001, 010, 011, 011, 012, 100, 101, 110, 111, 112, 110, 111, 120, 121, 130, 131, 350 |
| 200 | | - 001, 010, 011, 011, 045, 100, 101, 110, 111, 112, 110, 111, 120, 121, 131, 340, 9.11.0 |
| 201 | | 1 001, 010, 011, 012, 100, 101, 102, 103, 110, 111, 111, 110, 111, 121, 120, 121, 211 |
| 202 | | 1 001, 010, 011, 012, 100, 101, 102, 103, 110, 111, 110, 111, 121, 121, 131, 211, 350 |
| 203 | | 1 001, 010, 011, 012, 100, 101, 102, 110, 111, 111, 112, 113, 110, 121, 120, 231, 231 |
| 204 | | 1 001, 010, 011, 012, 100, 101, 110, 111, 112, 110, 111, 121, 1.18.0, 230, 350, 8.17.0, 12.13.0 |
| 205 | 18 | 1 001, 010, 011, 011, 012, 021, 100, 101, 110, 111, 111, 112, 110, 111, 120, 120, 121, 101 |
| 206 | | 1 001, 010, 011, 011, 012, 100, 101, 102, 110, 111, 111, 112, 110, 111, 120, 121, 131, 211 |
| 207 | | 1 001, 010, 011, 011, 012, 100, 101, 103, 110, 111, 112, 110, 111, 121, 160, 205, 290, 370 |
| 208 | | 1 001, 010, 011, 011, 102, 110, 111, 112, 110, 111, 120, 121, 101, 112, 210, 211, 232, 201 |
| 209 | | 1 001, 010, 011, 012, 100, 101, 102, 110, 111, 111, 112, 110, 111, 121, 120, 121, 101, 211 |
| 210 | 19 | 1 001, 010, 011, 011, 012, 021, 100, 101, 110, 111, 112, 112, 110, 111, 121, 120, 121, 101, 211 |
| 211 | | 1 001, 010, 011, 011, 012, 100, 101, 110, 111, 111, 112, 112, 110, 111, 121, 121, 120, 121, 101 |
| 212 | | 1 001, 010, 011, 012, 021, 100, 101, 110, 111, 111, 110, 111, 120, 120, 121, 101, 210, 231, 325 |
| 213 | 20 | 1 001, 010, 011, 011, 012, 045, 100, 101, 102, 111, 111, 112, 110, 111, 120, 121, 131, 230, 350 |
| 214 | | 1 001, 010, 011, 012, 100, 101, 102, 103, 110, 111, 111, 112, 112, 110, 111, 121, 120, 121, 101, 211 |
| 215 | | 1 010, 011, 100, 110, 111, 110, 111, 121, 1.12.0, 1.13.0, 1.30.0, 211, 2.21.0, 450, 670, 10.13.0, 11.20.0, 15.19.0, 20.41.0, 30.49.0 |
| 216 | 21 | 1 001, 010, 011, 011, 012, 045, 100, 101, 102, 110, 111, 111, 112, 112, 110, 111, 120, 121, 131, 230, 9.11.0 |
| 217 | | 1 001, 010, 011, 011, 012, 100, 101, 102, 110, 111, 111, 112, 113, 110, 111, 121, 121, 120, 121, 211, 231 |
| 218 | | 1 001, 010, 011, 011, 012, 100, 101, 103, 104, 110, 111, 111, 112, 112, 110, 111, 121, 120, 121, 101, 211 |

| No. | Z.-F. | F.-O. |
|-----|-------|--|
| 219 | 1 | 001, 010, 011, 012, 034, 100, 101, 102, 103, 110, 111, 111, 112, 112, 110, 111, 130, 101, 205, 211, 312 |
| 220 | 25 | 1 001, 010, 011, 011, 012, 021, 041, 100, 101, 110, 111, 111, 110, 111, 120, 120, 121, 101, 210, 231, 201, 301, 325, 401, 587 |
| 221 | 30 | 1 001, 010, 011, 011, 012, 021, 100, 101, 102, 103, 104, 110, 111, 111, 112, 112, 110, 111, 120, 121, 121, 130, 180, 101, 201, 203, 230, 290, 322, 370 |

dass aber die eine und andere Form infolge allzu kleiner Ausbildung oder unbequemer Lage usw. nicht eingezeichnet ist. Dann liegt die Gefahr nahe, dass die gegebene Kombination zweimal gerechnet wird, einmal mit der niedrigen Formenzahl der Figur und einmal mit der grösseren Formenfülle der Beschreibung. Diesen Fehler habe ich möglichst zu vermeiden gesucht. Wo immer ich zu einer Figur einen erklärenden Text finden konnte, entschied ich mich bei Verschiedenheit beider für die Formenzahl des letzteren, da er dem wahren Sachverhalt völlig Rechnung tragen konnte.

In Tab. VI sind alle Axinitkombinationen, die ich aus der Literatur und durch eigene Messungen ermitteln konnte, nach Gruppen zusammengestellt. Die Formenzahlen von 3 bis 21 sind lückenlos vertreten; dazu kommt noch je eine Kombination zu 25 und 30 Formen. Im Mittel umfassen die 221 festgestellten Kombinationen 10,78 oder rund 11 Formen je Kombination. Jede von bestimmten Formen gebildete Kombination wurde, gleichgültig wie oft sie im Schrifttum genannt ist, nur einmal gezählt.

In Tab. VI ist neben der laufenden Nummer, unter Z.-F., die Formenzahl der Kombinationen angegeben; unter F.-O. ist vermerkt, an wie vielen verschiedenen Fundorten die Kombination festgestellt wurde. Diese Zahl darf nicht mit der Häufigkeit einer Kombination verwechselt werden, da an einem und demselben Fundort eine gegebene Kombination in ungezählten Individuen erscheinen kann. Einen sprechenden Beleg dafür bietet z. B. eine von mir untersuchte Stufe vom Piz Vallatsch, auf der Kristalle übereinstimmender Kombination zu vielen Dutzenden nebeneinandergereiht sind.

Zeigt der Axinit eine ausgesprochene Vorliebe für Kombinationen einer bestimmten Formenzahl? Hierüber gibt Fig. 5 rasche Auskunft. Die Formenzahl der Kombinationen ist als Abszisse eingetragen; die Ordinate gibt an, mit welchem Prozentsatz die Kombinationen bestimmter Formenzahl sich an den 221 Kombinationen beteiligen. Das Bild ist unsymmetrisch. Anhebend mit den spärlichen Kombinationen zu drei, vier und fünf Formen erheben sich die Säulen

sprunghaft zur Gipfelhöhe (Kombinationen von 8 Formen), um weiterhin mit wechselndem Auf und Ab langsam zu den hochzähligen Kombinationen abzusinken. Es verdient Beachtung, dass die Zähligkeit der häufigsten Kombinationsklasse wesentlich unter der mittleren Formenzahl einer Kombination liegt.

Die Kombinationen des GOLDSCHMIDTSchen Atlas' — 122 an der Zahl⁴⁾ — wurden gesondert untersucht. Die Ergebnisse wurden in der untern Hälfte der Fig. 5 zur Darstellung gebracht. Der Vergleich

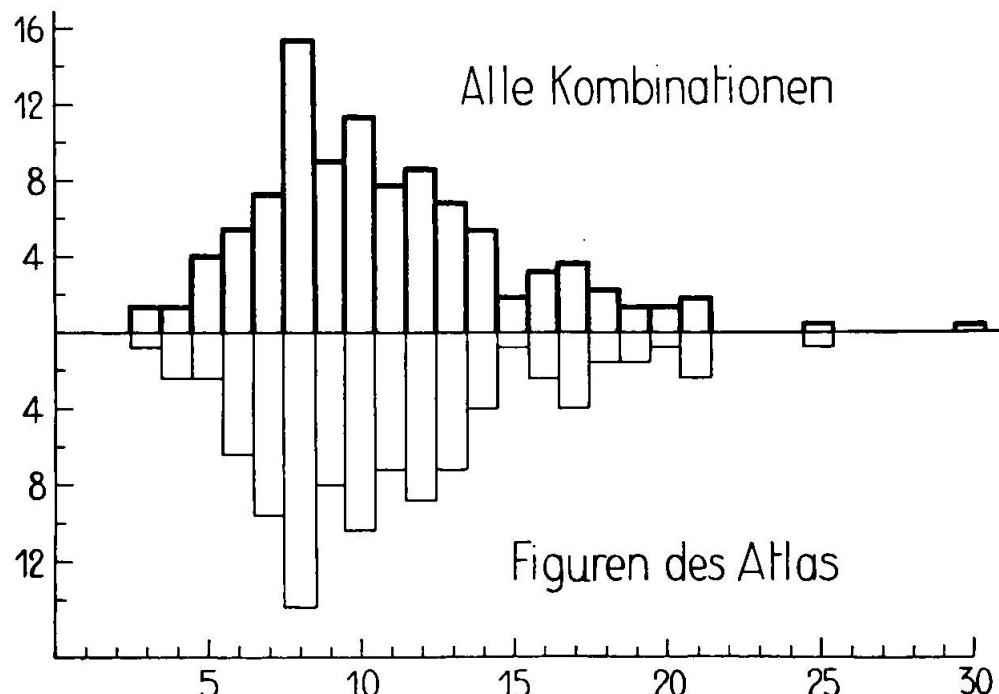


Fig. 5. Prozentuale Häufigkeit einer Kombination bestimmter Formenzahl.

mit dem aus der Gesamtheit der 221 Kombinationen abgeleiteten Verhalten wirkt überraschend. Die beiden Schaubilder lassen sich fast zur Deckung bringen. Demgemäß stimmt auch die mittlere Formenzahl einer GOLDSCHMIDTSchen Kombination — 10,81 — fast genau mit der oben berechneten von 10,78 überein. Das spricht überzeugend für den wissenschaftlichen Wert des Figurenatlas'.

Von der Durchführung einer ähnlichen Berechnung mittels der in HINTZES Handbuch verzeichneten Kombinationen — höchstens 33! — musste abgesehen werden, da 33 gegenüber 221 viel zu klein ist, um die Ableitung irgendwelcher Gesetzmäßigkeiten zu erlauben.

Kombinationspersistenz, mit P bezeichnet, bedeutet jene Zahl,

⁴⁾ Dem Umstand, ob es sich um eine blosse Sammelfigur, einen Typus oder eine wirkliche Kombination handle, würde absichtlich keine Beachtung geschenkt. Das Ergebnis umfassender morphologischer Untersuchungen kann durch vereinzelte Mängel des Materials nicht beeinträchtigt werden.

Tabelle VII. Kombinationspersistenz P der Axinitformen und Zahl des Auftretens dieser Formen in den einzelnen Kombinationsklassen

| Komb.-Kl. | $\frac{3}{5}$ | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | $\frac{15}{30}$ | Total | P |
|-------------|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------------|-------|------|
| Z. d. Komb. | 15 | 12 | 16 | 34 | 20 | 25 | 17 | 19 | 15 | 12 | 36 | 221 | |
| 001 | — | — | 5 | 6 | 8 | 8 | 9 | 11 | 8 | 7 | 31 | 93 | 42,1 |
| 010 | 15 | 12 | 15 | 32 | 19 | 24 | 17 | 19 | 15 | 11 | 36 | 215 | 97,3 |
| 011 | 3 | 1 | — | 4 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 7 | 23 | 54 | 24,4 |
| 01̄1 | 12 | 11 | 16 | 34 | 19 | 23 | 17 | 19 | 13 | 11 | 35 | 210 | 95,0 |
| 01̄2 | 1 | 2 | 3 | 14 | 5 | 10 | 8 | 12 | 6 | 9 | 31 | 101 | 45,7 |
| 021 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 1 | 0,5 |
| 02̄1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | — | 1 | — | 3 | 6 | 19 | 8,6 |
| 031 | — | — | 1 | — | — | — | 1 | — | — | — | — | 2 | 0,9 |
| 03̄4 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 1 | 0,5 |
| 035 | — | — | — | 1 | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 0,5 |
| 041 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 1 | 0,5 |
| 045 | — | — | — | 1 | 1 | 1 | — | — | 1 | — | 3 | 7 | 3,2 |
| 054 | — | — | — | — | — | — | 1 | — | — | — | — | 1 | 0,5 |
| 056 | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | — | — | 1 | 0,9 |
| 059 | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | — | 1 | 0,5 |
| 078 | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | — | 1 | 0,5 |
| 0.19.16 | — | — | — | — | — | 1 | — | — | — | 1 | 1 | 3 | 1,4 |
| 0.23.11 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 1 | 0,5 |
| 0.23.20 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 1 | 0,5 |
| 0.27.28 | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | — | 1 | 0,5 |
| 100 | — | 4 | 9 | 23 | 14 | 19 | 16 | 18 | 13 | 11 | 34 | 161 | 72,8 |
| 101 | 2 | 4 | 5 | 9 | 8 | 10 | 9 | 11 | 8 | 9 | 33 | 108 | 48,9 |
| 102 | — | — | — | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 6 | 3 | 14 | 32 | 14,5 |
| 103 | — | — | — | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 12 | 26 | 11,8 |
| 104 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 2 | 2 | 0,9 |
| 110 | 1 | 2 | 2 | 6 | 7 | 12 | 10 | 14 | 10 | 8 | 33 | 105 | 47,5 |
| 111 | — | — | 1 | 9 | 4 | 10 | 7 | 7 | 5 | 5 | 29 | 77 | 34,8 |
| 111̄ | 1 | 1 | 2 | 8 | 4 | 7 | 8 | 13 | 9 | 6 | 29 | 88 | 39,8 |
| 112 | 1 | — | 4 | 5 | 7 | 8 | 4 | 11 | 9 | 6 | 25 | 80 | 36,2 |
| 112̄ | — | — | — | 2 | — | 2 | — | 2 | 2 | — | 9 | 17 | 7,7 |
| 113 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 3 | 4 | 1,8 |
| 11̄0 | 10 | 10 | 13 | 31 | 18 | 22 | 15 | 18 | 12 | 12 | 36 | 197 | 89,1 |
| 11̄1 | 7 | 7 | 13 | 27 | 18 | 24 | 16 | 18 | 14 | 12 | 34 | 190 | 86,0 |
| 120 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 4 | 4 | 1,8 |
| 121 | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | 6 | 7 | 3,2 |
| 12̄1 | — | 1 | — | — | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | — | 12 | 24 | 10,9 |
| 120 | 2 | 6 | 8 | 23 | 12 | 20 | 12 | 11 | 9 | 9 | 28 | 140 | 63,3 |
| 12̄1 | 10 | 9 | 11 | 17 | 15 | 17 | 14 | 13 | 12 | 12 | 33 | 163 | 73,8 |
| 130 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 2 | 2 | 0,9 |
| 13̄2 | — | — | — | — | — | 1 | — | — | — | 1 | 1 | 3 | 1,4 |
| 130 | — | — | — | 1 | — | 1 | — | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 | 2,7 |

| Komb.-Kl. | $\frac{3}{5}$ | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | $\frac{15}{80}$ | Total | P |
|-------------|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------------|-------|------|
| Z. d. Komb. | 15 | 12 | 16 | 34 | 20 | 25 | 17 | 19 | 15 | 12 | 36 | 221 | |
| 131 | — | — | — | 1 | — | — | — | 1 | 1 | — | 8 | 11 | 5,0 |
| 140 | — | — | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 0,5 |
| 163 | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | — | — | 1 | 0,5 |
| 160 | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | 1 | 2 | 0,9 |
| 183 | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | — | — | 1 | 0,5 |
| 180 | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | 1 | 2 | 0,9 |
| 1.12.0 | — | — | — | — | — | — | 1 | 1 | — | — | 1 | 3 | 1,4 |
| 1.13.0 | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | 1 | 2 | 0,9 |
| 1.18.0 | — | — | — | 1 | — | — | 1 | — | — | — | 1 | 3 | 1,4 |
| 1.26.0 | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | — | 1 | 0,5 |
| 1.30.0 | — | — | — | — | — | — | 1 | — | — | — | 1 | 2 | 0,9 |
| 101 | — | — | — | 2 | 2 | 3 | — | 3 | 2 | 1 | 13 | 26 | 11,8 |
| 112 | — | — | — | 1 | 2 | 1 | — | — | 1 | 1 | 1 | 7 | 3,2 |
| 201 | — | — | — | — | 1 | — | — | — | — | 1 | 3 | 4 | 1,8 |
| 203 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 2 | 0,9 |
| 205 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 3 | 3 | 1,4 |
| 211 | — | — | — | 3 | 2 | 6 | 3 | 4 | 2 | 4 | 12 | 36 | 16,3 |
| 212 | — | — | — | — | — | — | 1 | — | — | 1 | — | 2 | 0,9 |
| 215 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | 2 | 0,9 |
| 210 | — | — | — | 1 | — | 1 | — | 1 | 1 | — | 3 | 7 | 3,2 |
| 211 | — | — | — | 1 | — | — | 3 | — | 1 | 2 | 4 | 11 | 5,0 |
| 221 | — | — | — | — | 2 | — | 1 | — | 1 | 1 | — | 5 | 2,3 |
| 221 | — | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 0,5 |
| 231 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 4 | 4 | 1,8 |
| 231 | — | — | — | — | 1 | — | 1 | — | — | — | 3 | 5 | 2,3 |
| 230 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 4 | 4 | 1,8 |
| 232 | — | — | — | 1 | — | 1 | 2 | — | 3 | 2 | 2 | 11 | 5,0 |
| 290 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 2 | 2 | 0,9 |
| 2.21.0 | — | — | — | — | — | — | 1 | 1 | 1 | 2 | — | 1 | 0,5 |
| 201 | — | — | — | — | — | 1 | 1 | 1 | 2 | — | 1 | 2 | 3,6 |
| 301 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 1 | 0,5 |
| 312 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 2 | 2 | 0,9 |
| 312 | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | — | — | 1 | 0,5 |
| 313 | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | — | 1 | — | 2 |
| 322 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 0,5 |
| 325 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 2 | 2 | 0,9 |
| 322 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | 1 | 0,9 |
| 323 | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | — | 1 | — | 2 |
| 340 | — | — | — | — | — | — | 1 | — | 1 | 1 | — | 1 | 4 |
| 350 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | 4 | 1,8 |
| 370 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 2 | 2 | 0,9 |
| 450 | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | — | — | 1 | 0,9 |
| 454 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | 2 | 0,9 |
| 401 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | 0,5 |
| 587 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | 0,5 |

| Komb.-Kl. | $\frac{3}{5}$ | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | $\frac{15}{80}$ | Total | P |
|-------------|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------------|-------|-----|
| Z. d. Komb. | 15 | 12 | 16 | 34 | 20 | 25 | 17 | 19 | 15 | 12 | 36 | 221 | |
| 6̄70 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 1 | 0,5 |
| 6̄41 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | 1 | 0,5 |
| 735 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 1 | 0,5 |
| 8.1̄7.0 | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 1 | 1 | 3 | 1,4 |
| 9.1̄1.0 | — | — | — | — | 1 | — | — | — | 2 | — | 2 | 5 | 2,3 |
| 9.1̄6.0 | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 1 | — | — | 2 | 0,9 |
| 9.2̄0.0 | — | — | 1 | — | — | 1 | — | — | 1 | — | — | 3 | 1,4 |
| 10.1̄1.0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | 1 | 0,5 |
| 10.1̄3.0 | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | 1 | 2 | 0,9 |
| 10.2̄1.0 | — | — | — | — | — | 1 | — | — | — | — | — | 1 | 0,5 |
| 11.2̄0.0 | — | — | 1 | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 2 | 0,9 |
| 12.1̄3.0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 1 | 0,5 |
| 13.46.1̄1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 1 | 0,5 |
| 15.1̄7.0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | 1 | 0,5 |
| 15.1̄9.0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 1 | 0,5 |
| 20.4̄1.0 | — | — | — | — | — | 1 | — | — | 1 | — | 1 | 3 | 1,4 |
| 21.1.0 | — | — | — | — | — | — | — | — | 2 | — | — | 2 | 0,9 |
| 30.49.0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 1 | 0,5 |

die angibt, in wievielen von hundert Kombinationen eine Form auftritt. In Tab. VII ist der P-Wert für jede in Kombination beobachtete Form auf den Zehntel genau berechnet. Das einmalige Auftreten einer Form in einer Kombination bedingt einen P-Wert von 0,5 (genau 0,452). Nach der Grösse der Kombinationspersistenz ergibt sich die NIGGLISCHE Klassifizierung der Formen.

a) Kombinationspersistenz 1. Grades. Charakterist. Leitformen.

| | | | | | | |
|---------|------|------|------|------|------|------|
| Indizes | 010 | 011 | 110 | 111 | 121 | 100 |
| P | 97,3 | 95,0 | 89,1 | 86,0 | 73,8 | 72,8 |

b) Kombinationspersistenz 2. Grades. Charakt. Nebenleitformen.

| | | | | | |
|---------|------|------|------|------|------|
| Indizes | 120 | 101 | 110 | 012 | 001 |
| P | 63,3 | 48,9 | 47,5 | 45,7 | 42,1 |

c) Kombinationspersistenz 3. Grades. Charakterist. Spezialformen.

| | | | |
|---------|------|------|------|
| Indizes | 111 | 112 | 111 |
| P | 39,8 | 36,2 | 34,8 |

d) Kombinationspersistenz 4. Grades. Charakterist. Ergänzungsförmen.

| | | | | | | |
|---------|------|------|------|------|------|------|
| Indizes | 011 | 211 | 102 | 103 | 101 | 121 |
| P | 24,4 | 16,3 | 14,5 | 11,8 | 11,8 | 10,9 |

e) Kombinationspersistenz 5. Grades. Individuelle Formen.

Hierhin gehören 84 Formen, deren Häufigkeit abnimmt von einem Auftreten in 19 Kombinationen bis zum einmaligen Erscheinen.

P 8,6 : 0 $\bar{2}1$
 7,7 : 11 $\bar{2}$
 5,0 : 1 $\bar{3}1$, 2 $\bar{1}1$, 2 $\bar{3}2$
 3,6 : 201
 3,2 : 045, 121, 1 $\bar{1}2$, 2 $\bar{1}0$
 2,7 : 130
 2,3 : 221, 231, 350, 9.11.0
 1,8 : 113, 120, 201, 231, 230, 340
 1,4 : 0.19.16, 132, 1.12.0, 1.18.0, 205, 8.17.0, 9.20.0, 20.41.0
 0,9 : 031, 056, 104, 130, 160, 180, 1.13.0, 1.30.0, 203, 212, 215, 290, 312,
 313, 325, 322, 323, 370, 450, 454, 9.16.0, 10.13.0, 11.20.0, 21.1.0
 0,5 : 021, 034, 035, 041, 054, 059, 078, 0.23.11, 0.23.20, 0.27.28, 140,
 163, 183, 1.26.0, 221, 2.21.0, 301, 312, 322, 401, 587, 670, 641,
 735, 10.11.0, 10.21.0, 11.13.0, 13.46.11, 15.17.0, 15.19.0 30.49.0

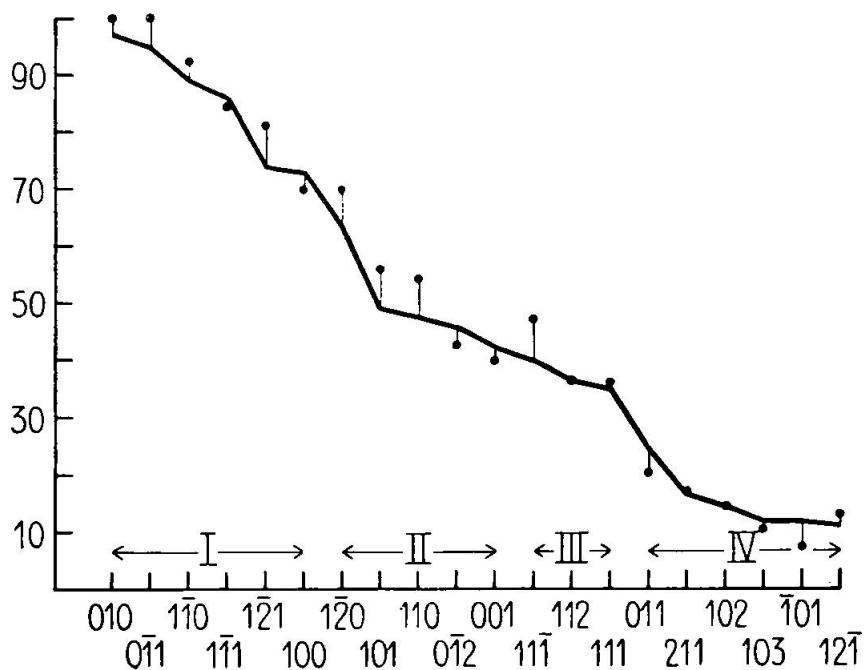


Fig. 6. Die Kombinationspersistenzen P der zwanzig wichtigsten Axinitformen (kräftiger Linienzug) mit den zugehörigen P_G-Werten (volle Punkte).

Die Kurve der Kombinationspersistenzwerte ist in Fig. 6 gezeichnet. Ihr sind die aus den Figuren des GOLDSCHMIDTSchen Atlas' errechneten P_G-Werte beigefügt. Diese liegen, gemäß dem viel geringern Umfang des statistischen Materials, durchgehends etwas über den allgemeinen Werten der Tab. VII, schmiegen sich aber ihnen ausgezeichnet an. Vor allem stimmt die Reihenfolge weitgehendst

überein. Von den Formen mit nicht zu kleinen P_G -Werten steht einzig $1\bar{1}\bar{1}$ an falscher Stelle. Die Umstellung in der Umgebung von $P = 10$ ist belanglos.

Tab. VII enthält nicht nur die Kombinationspersistenz der Axinit-formen; sie will zugleich Aufschluss geben über das Auftreten der einzelnen Formen in den verschiedenen Kombinationsklassen. Es interessiert ja nicht allein, an wievielen von hundert Kombinationen eine Form beteiligt ist; es ist ebenso wertvoll zu erfahren, bei wel-

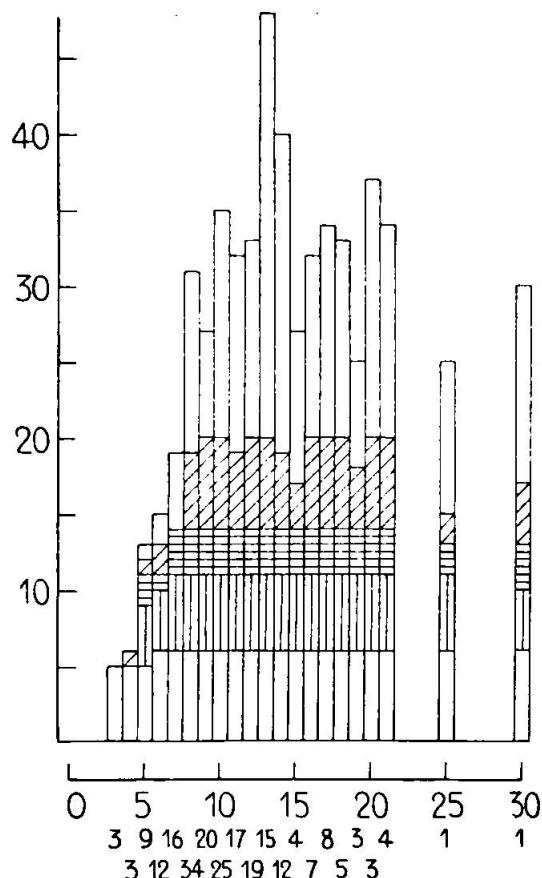


Fig. 7. Nach Persistenzgrad aufgeteilte Formenzahl aller Kombinationsklassen, deren Umfang durch die kleinen Nummern angegeben ist. Schraffur wie in Fig. 3.

cher Kombinationsklasse eine Form einzutreten beginnt, und ob sie zu einer oder mehreren Kombinationszahlen eine gewisse Vorliebe zeigt. Einige Beispiele genügen, um die Aufmerksamkeit hierauf zu richten.

Die fünf charakteristischen Leitformen, die im eigentlichen Sinne als habitusbestimmend gelten können ($010, 0\bar{1}1, \bar{1}\bar{1}0, 1\bar{1}\bar{1}, 1\bar{2}1$), treten schon in den einfachsten Kombinationen zu drei Formen auf und fehlen in keiner der folgenden Kombinationsklassen. Das gleichsam zu Unrecht unter die charakteristischen Leitformen geratene

Pinakoid 100 erscheint erst in der Kombinationsklasse zu sechs Formen, nimmt dann aber in allen Gruppen höherer Kombinationszahl seinen Platz ein.

Ähnlich beteiligen sich von den Nebenleitformen die ersten vier schon an der Kombinationsklasse 5 (K_5), während die letzte, 001, erst von den 7zähligen Kombinationen weg hinzukommt; von hier ab behaupten sie sich alle lückenlos bis zur formenreichsten K_{30} , wo 120 fehlt.

Zur K_5 gehören auch zwei Spezialformen. Von K_7 ab finden sich immer alle drei, mit Ausnahme der einzigen K_{25} , wo 112 nicht beobachtet ist.

Zur Veranschaulichung des Gesagten dient Fig. 7, in der durch gleiche Zeichen wie in Fig. 3 zur Darstellung gebracht ist, wieviele Formen eines jeden Persistenzgrades sich an den Kombinationsklassen von gegebener Formenzahl beteiligen. In den individuellen Kombinationen liegen die Verhältnisse natürlich anders. Dort können höchstpersistente Formen fehlen, wenngleich sie in der Kombinationsklasse durchhalten. Dass die Kombinationsklassen ganz verschiedene Mengen beobachteter Kombinationen umschließen, geht schon aus Tab. VII hervor (Z. d. Komb.), ist aber in Fig. 7 durch die klein geschriebenen Zahlen noch eigens angedeutet. Zu weitgehende Schlussfolgerungen dürfen nicht gezogen werden, da die Kombinationsklassen ganz unterschiedliche Zahlen beobachteter Kombinationen umfassen.

Die Formen kleineren P-Wertes erscheinen, von Ausnahmen abgesehen, erst in den höherzähligen Kombinationsklassen. Von den 31 einmaligen Formen kommen nur drei in Kombinationsklassen mit niedrigerer Zähligkeit als 10 vor. Es sind dies 035 (von BUTTGENBACH ermittelt), 140 (von SIMPSON gefunden) und 221 (von PRESL ohne jegliche Winkelangabe in die Literatur eingeführt). Schon die blosse Tatsache, dass diese drei Formen an Kristallen niedriger Formenzahl auftreten sollen, spricht stark gegen sie.

Die persistenteste Form des Axinit ist 010. Sie fehlt zwar je einmal bei den Kombinationen von 7, 9, 10, 14 Formen und zweimal bei den Achterkombinationen. Die einzige Siebnerkombination ohne 010 wurde von ANDERSON für Moonbi, Australien, festgestellt. Die fünf andern 010-freien Kombinationen sind an Funden von Franklin Furnace beobachtet worden. Ob das öftere Fehlen von 010 eine charakteristische Eigenheit dieses Fundortes ist?

Das Formenpaar 010.011 ist bei 88,2 % aller Kombinationen vorhanden. 010 und 110 sind 86,4 %, 110 und 011 sind 85,5 % sämtlicher

Kombinationen gemeinsam. Demzufolge sind diese drei Formen äusserst selten Einzelgänger. Ja, wegen ihrer hohen Persistenz erscheinen sie sogar in 83,7 % aller Kombinationen aneinandergekoppelt. Zugleich mit ihnen erscheint noch sehr häufig — in 71,5 % der Fälle — die etwas weniger persistente Form 111.

Der bekannte Fünferkomplex 010.011.110.111.121, dessen selbständiges Auftreten für gewisse Axinitvorkommen fast als typisch gelten kann, tritt in 60,6 % der 221 Kombinationen auf. Wird die letzte charakteristische Leitform, 100, noch hinzugenommen, so gehört dieser Sechserkomplex zu 54,4 % der 206 beobachteten Kombinationen mit sechs und mehr Formen.

Umfassendere Flächenkomplexe erhalten sich nicht mehr in ähnlicher Konstanz. Würde z.B. die eben genannte Sechszahl von Formen an das mittelpersistente Pinakoid 120 gekettet, so fände man, unter Beschränkung auf Kombinationen von mindestens sieben Formen, nur noch eine Häufigkeit von 38,7 %. Mit der Bindung an eine achte Form entsteht bereits eine reiche Mannigfaltigkeit der Möglichkeiten, die dem Kristall ein individuelles Gepräge verleiht.

Vielleicht liesse sich, von solchen Komplexen ausgehend, eine eigene Skala der Formenbewertung ableiten.

d) Vergleich der Fundorts- und Kombinationspersistenz der Axinitformen.

Die Persistenzen der Tab. V und der Tab. VII stehen in bemerkenswerter Beziehung zu einander. Deshalb seien die F- und P-Werte der 20 häufigsten Formen einander gegenübergestellt.

| Nr. | Form | F | P | Mittel | Nr. | Form | F | P | Mittel |
|-----|------|------|------|--------|-----|------|------|------|--------|
| 1. | 010 | 100 | 97,3 | 98 | 11. | 012 | 48,5 | 45,7 | 46 |
| 2. | 011 | 100 | 95 | 96 | 12. | 111 | 37,5 | 39,8 | 39 |
| 3. | 110 | 97 | 89,1 | 91 | 13. | 112 | 40,5 | 36,2 | 37 |
| 4. | 111 | 85 | 86 | 86 | 14. | 111 | 31,5 | 34,8 | 34 |
| 5. | 121 | 88 | 73,8 | 77 | 15. | 011 | 27 | 24,4 | 25 |
| 6. | 100 | 78 | 72,8 | 74 | 16. | 102 | 24 | 14,5 | 17 |
| 7. | 120 | 70,5 | 63,3 | 65 | 17. | 211 | 15 | 16,3 | 16 |
| 8. | 101 | 52,5 | 48,9 | 50 | 18. | 101 | 16,5 | 11,8 | 13 |
| 9. | 110 | 45 | 47,5 | 47 | 19. | 103 | 13,5 | 11,8 | 12 |
| 10. | 001 | 60 | 42,1 | 47 | 20. | 121 | 15 | 10,9 | 12 |

Sofort fällt auf, dass die F-Werte durchschnittlich grösser sind als die zugehörigen P-Werte. Eine Ausnahme machen einzig 111, 110, 111 und 211. Im Mittel übertreffen aber ihre P die entsprechenden F bloss um 2,1 Einheiten, während umgekehrt die 15 grössern F-Werte

ihre P um 6,2 überragen. Bedingt ist dieses beträchtliche Überschussmittel vorab durch die auffallende Verschiedenheit der Bewertung von 1 $\bar{2}1$ und 001 nach Fundorten und Kombinationen. Indessen spielt auch der Umstand mit, dass wegen des unterschiedlichen Umfangs des statistischen Materials eine einzige Form mehr oder weniger F mit 1,5, P jedoch nur mit 0,5 beeinflusst. Endlich mag zu bedenken sein, dass es zweifellos leichter war, das einmalige Auftreten einer Form an einem gegebenen Fundort nachzuweisen, als festzustellen, dass die gleiche Form — vielleicht als äußerst schmale Fläche — an dieser oder jener Kombination sicher beteiligt ist. Und wieviele Forscher hatten überhaupt ihr Augenmerk einzig und allein auf das Vorhandensein neuer Formen gerichtet und den besondern Umfang der Kombination mit einer gewissen Gleichgültigkeit übersehen!

Da die F-Werte im allgemeinen höher sind als die P-Werte, ist es leicht verständlich, dass Formen, die sich am Schluss eines F-Persistenzgrades einreihen, nach der P-Wertung bereits dem nächst niedern Grad angehören. Beispiele dafür sind 11 $\bar{2}$, 0 $\bar{2}1$, 1 $\bar{3}0$, 350 — vier Formen, die sich rund an einem Sechstel sämtlicher Fundorte vorfinden, in den Kombinationen jedoch prozentual schon recht spärlich auftreten.

Innerhalb eines jeden Persistenzgrades erfährt die Reihenfolge nach abnehmender Häufigkeit in den beiden Bewertungen einige Umstellungen. Das gilt vorerst für 1 $\bar{2}1$ und 111 und ist umso beachtenswerter, als 111 sich am Einzelkristall wohl viel hartnäckiger behauptet als 1 $\bar{2}1$, das wegen seiner liniengleichen Ausbildung oft ganz übersehen wird. Nicht weniger hervortretend ist die Umstellung von 001 in F und P; an erster Stelle unter den Formen mit $F < 70$, steht es am Ende der Formen mit $P > 40$. Sicher wirkt hier die Tatsache mit, dass die linienschmale Basis 001 im Gesamtmaterial eines Fundortes zwar einwandfrei festgestellt, in der Einzelkombination jedoch leicht übergangen wird.

Ähnlich erklärt sich die letzte bedeutendere Umstellung: 102.

Die übrigen Rangverschiebungen vollziehen sich in engen Grenzen und sind als Zufälligkeiten zu deuten.

Endgültig lässt sich die Reihenfolge der wichtigsten Axinit-Formen durch einen Mittelwert der F- und P-Persistenz charakterisieren, zu dessen Berechnung das Gewicht von P dreimal so gross angenommen wurde wie das von F, entsprechend den 221 Kombinationen und 67 Fundorten. In Fig. 8 haben alle diese Zahlen eine anschauliche Darstellung gefunden. Von zwei offenkundigen Unstimmigkeiten abgesehen, nähern sich die F- und P-Werte der Mittel-

kurve ganz befriedigend. Auf diesen parallelen Verlauf der beiden Persistenzen hat schon L. PARKER hingewiesen (88, Bd. 58, S. 568). „Es ist ersichtlich, dass die Formen mit F-Werten von über 10 die nämlichen sind wie diejenigen mit P-Werten über 10.“ PARKER hält es aber für unzulässig, daraus einen innern Zusammenhang erschliessen zu wollen. Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch F. HOLZGANG. Nun wird die gleiche Tatsache neuerdings festgestellt, ohne dass es aber gelänge, eine straffere Korrelation zwischen beiden Per-

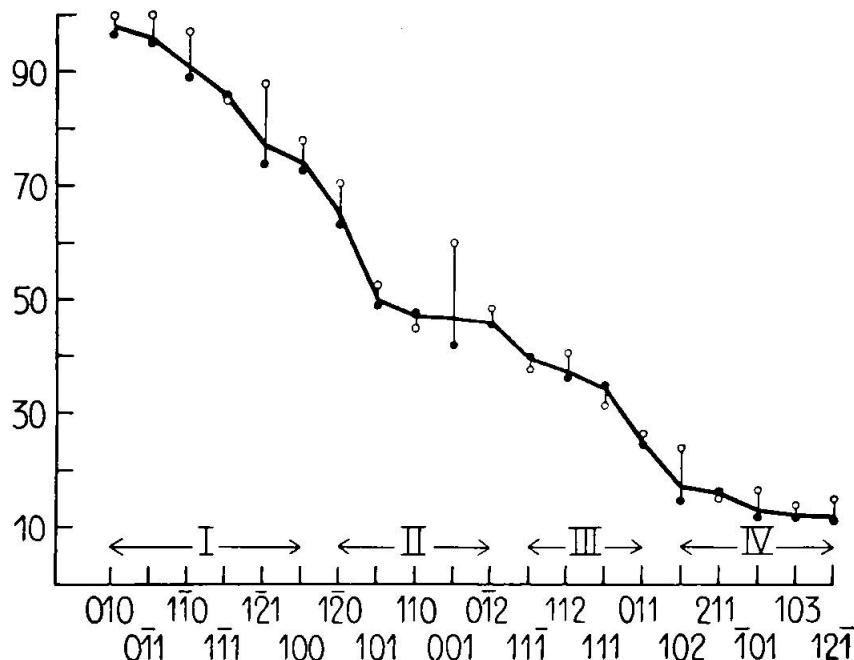


Fig. 8. Persistenzlinie der zwanzig wichtigsten Axinitformen, erhalten durch Mittelbildung aus den P- und F-Werten (volle und leere Punkte), wobei den ersten das dreifache Gewicht wie den zweiten zugeteilt wurde.

sistenzen darzutun. Denn teilen wir ein Quadrat durch vertikale und horizontale Linien in regelmässige Felder und tragen wir in horizontaler Richtung F, in vertikaler P ein, so können wir jede Form nach ihrem Persistenzgrad > 70 , > 40 usw. einem bestimmten Feld zuordnen. Es ergibt sich so das beistehende Korrelationsschema. Fast

| % | 70 | 40 | 25 | 10 | 0 | F |
|----|----|----|----|----|----|---|
| 70 | 6 | | | | | |
| 40 | 1 | 4 | | | | |
| 25 | | 1 | 2 | | | |
| 10 | | | 1 | 5 | | |
| 0 | | | | 4 | 79 | 1 |
| P | | | | | 18 | |

80 % der Formen kommen in die Diagonalreihe zu stehen. Doch fällt die erdrückende Mehrheit in das letzte Feld; bündige Schlüsse lassen sich also rechnerisch kaum ziehen. Von 18 Formen (in Tab. III mit * versehen) wurde nur F berechnet; für 221 (in Tab. III durch 0 hervorgehoben) konnte bloss P erhalten werden. Diese 19 Formen dürften zu den 79 Formen des Feldes (0,0) addiert werden, wollte man durch die Persistenz 0 das Fehlen der betreffenden Fläche bezeichnen.

Unter den individuellen Formen sind S. 44 jene 31 Pinakoide genannt, die nur je einmal in Kombinationen gefunden wurden. Es ist wohl nicht reiner Zufall, dass 29 davon auch hinsichtlich ihres Vorkommens singulären Charakter haben, also nur durch einen einzigen Fundort belegt werden können. Lediglich 163 ist an zwei Orten getroffen worden: Oisans und Onega-See. Weitere 25 Formen, für die nur je ein Fundort genannt wird, konnten in zwei (056, 104, 130, 160, 1.30.0, 212, 215, 312, 313, 325, 322, 323, 370, 454, 9.16.0, 10.13.0, 11.20.0, 21.1.0) und selbst drei (0.19.16, 132, 1.12.0, 205, 8.17.0, 9.20.0, 20.41.0) Kombinationen gemessen werden. Von den 79 individuellen Formen mit F- und P-Persistenz erscheinen somit nur 23, d. h. weniger als ein Drittel, an mehr als einem Fundort und zugleich an mehr als einer Kombination.

Welcher Art nun die Beziehung zwischen Fundorts- und Kombinationspersistenz sein mag, so ist scharf zu beachten, dass für 29 von 103 Formen F und P je durch das gleiche Kristallindividuum bestimmt werden.

V. GOLDSCHMIDT (34) qualifiziert die Axinitformen als sicher und unsicher. Auch HERITSCH (47) legt den verschiedenen Formen ein gewisses Prädikat zu (vgl. S. 16 und Tab. III) und hebt hervor, dass seine Bewertung nicht immer mit der GOLDSCHMIDTSchen übereinstimme (z. B. 183, 203, 215, 221, 312, 325, 587). Es mag interessieren, dass von den 31 Formen, die V. GOLDSCHMIDT mit u bewertet, drei als Druckfehler gestrichen wurden, 5 durch mehr als eine Fundstelle und Kombination ausgezeichnet sind, 23 aber zu den singulären zählen. Merkwürdig ist, dass auch eine ansehnliche Zahl singulärer Formen (041, 132, 163, 215, 312, 325, 401, 587, 9.11.0) von GOLDSCHMIDT zu den sichern gerechnet wird; sie erscheinen darum alle, ohne 163, in Lit. 86, Bd. II, Fig. 272 und 273 eingezeichnet und sind z. T. (215 und 9.11.0) nicht mit dem niedrigsten Gewicht versehen.

3. Die Zonen des Axinit

a) Einfachster Zonverband des Flächenkomplexes.

An höhersymmetrischen Substanzen durchgeführte morphologische Untersuchungen erhärteten immer wieder die von P. NIGGLI am rhombischen Schwefel erkannte Tatsache, dass die an einem Mineral beobachteten Formen in überwiegender Mehrzahl nur wenigen, charakteristischen Zonen einfacher Symbolisierung angehören. In schönster Weise trifft dies auch beim niedrigsymmetrischen Axinit zu. Mit 52 Formen ist [001] die flächenreichste Zone. Sie umfasst in geometrischer Anordnung (vgl. Fig. 9) folgende Mannigfaltigkeit:

[001] : 1 $\bar{1}$ 0, 9 $\bar{7}$ 0, 4 $\bar{3}$ 0, 3 $\bar{2}$ 0, 2 $\bar{1}$ 0, 9 $\bar{4}$ 0, 7 $\bar{2}$ 0, 21. $\bar{1}$.0, 100, 14.1.0, 210, 110, 120, 130, 140, 010, 1.108.0, 1.34.0, 1.30.0, 1.26.0, 1.18.0, 1.13.0, 1.12.0, 2.21.0, 1 $\bar{8}$ 0, 1 $\bar{6}$ 0, 290, 1 $\bar{3}$ 0, 370, 9.20.0, 8.17.0, 1 $\bar{0}$.21.0, 2 $\bar{0}$.41.0, 1 $\bar{2}$ 0, 1 $\bar{1}$.20.0, 9.16.0, 470, 350, 30.49.0, 230, 1 $\bar{1}$.16.0, 340, 1 $\bar{0}$.13.0, 1 $\bar{5}$.19.0, 450, 9.11.0, 670, 780, 1 $\bar{5}$.17.0, 9.10.0, 1 $\bar{0}$.11.0, 1 $\bar{2}$.13.0

Fünfundzwanzig weitere Formen und eine bereits angeführte Form (mit Stern bezeichnet) bilden die Zone [100].

[100] : 011, 0 $\bar{2}$ $\bar{7}$.28, 0 $\bar{7}$ 8, 056, 045, 0 $\bar{3}$ 4, 058, 0 $\bar{3}$ 5, 0 $\bar{7}$.12, 0 $\bar{5}$ 9, 012, 001, 011, 021, 041, 010*, 0.31. $\bar{1}$, 091, 031, 0.11. $\bar{5}$, 0.23.1 $\bar{1}$, 021, 0.10. $\bar{7}$, 054, 0.19.1 $\bar{6}$, 0.23 2 $\bar{0}$

Dreizehn neue Formen und zwei schon erwähnte liegen in der Zone [010], nämlich:

[010] : 10 $\bar{1}$, 20 $\bar{1}$, 40 $\bar{1}$, 100*, 301, 201, 302, 101, 203, 102, 205, 103 104, 001*, 1 $\bar{0}$ 2.

Ebenso flächenreich ist die Zone [10 $\bar{1}$]; neben dreizehn neuen Formen enthält sie zwei bereits genannte.

[10 $\bar{1}$] : 1 $\bar{1}$ 1, 3 $\bar{2}$ 3, 101*, 313, 212, 323, 111, 121, 010*, 1.86. $\bar{1}$, 1.16. $\bar{1}$ 131, 121, 232, 454

Alle folgenden Zonen sind flächenärmer. Vorerst mögen jene fünf vermerkt werden, die zur Indizesgruppe [10 $\bar{1}$] gehören, zusammen aber nur dreizehn neue Formen ergeben.

[110] : 111, 22 $\bar{1}$, 110*, 111*, 112, 113, 001*, 1 $\bar{1}$ 2
 [011] : 111*, 32 $\bar{2}$, 100*, 211, 3 $\bar{2}$ 2, 111*, 011*
 [110] : 110*, 221, 111*, 001*, 112
 [011] : 011*, 111*, 211, 29.2.2, 100*
 [101] : 101*. 111*. 121, 010*

Mit neun und acht Formen sind die beiden folgenden Zonen ausgezeichnet. In Fig. 9 wurden sie zu Gunsten einer bessern Übersicht nur soweit ausgezogen, als die ihnen angehörigen Formen nicht durch andere Zonen festgelegt sind.

$$\begin{aligned} [1\bar{1}\bar{1}] &: 10\bar{1}^*, 31\bar{2}, 110^*, 231, 121^*, 132, 143, 011^*, \bar{1}12^* \\ [\bar{1}11] &: 101^*, 312, 211^*, 110^*, 23\bar{1}, 12\bar{1}^*, 13\bar{2}, 01\bar{1}^* \end{aligned}$$

Die beiden andern Zonen des $[111]$ -Komplexes enthalten eine einzige neue Form; sie sind flächenarm, werden aber durch die höchstpersistenten Formen bestimmt.

$$\begin{aligned} [111] &: 01\bar{1}^*, \bar{1}2\bar{1}^*, \bar{1}10^*, \bar{1}01^* \\ [\bar{1}1\bar{1}] &: 1\bar{1}0^*, 2\bar{1}1^*, 101^*, 325, 112^*, 011^*. \end{aligned}$$

Die neun verbleibenden Formen verlangen schon kompliziertere Zonensymbole. Dadurch wird ihre Einordnung bereits vieldeutig. Immerhin erscheint es bedeutungsvoll zu sein, dass Flächensymbole mit grosszahligen Indizes sich verhältnismässig einfachen Zonen analoger Symbolisierung zuweisen lassen, die alle mindestens eine hochpersistente Form enthalten.

$$\begin{aligned} [\bar{3}11] &: 01\bar{1}^*, 16\bar{3}, 130^*, 121^*, 112^*, 215, 103^* \\ [3\bar{1}\bar{1}] &: 58\bar{7}, \bar{1}2\bar{1}^*, \bar{1}30^*, 011^*, 103^* \\ [\bar{1}13] &: 301^*, 110^*, 13.46.\bar{1}\bar{1}, 03\bar{1}^*, \bar{1}2\bar{1}^* \\ [113] &: \bar{1}10^*, 03\bar{1}^*, 18\bar{3}, 12\bar{1}^*. \end{aligned}$$

Noch einfacher sind die Symbole der zwei folgenden Zonen. Umso mehr fällt ihre nicht besonders reiche Besetzung auf. In Fig. 9 sind sie nicht über ihre ganze Erstreckung ausgezogen.

$$\begin{aligned} [112] &: 1\bar{1}0^*, 6\bar{4}\bar{1}, 20\bar{1}^*, 31\bar{2}^*, 11\bar{1}^*, 13\bar{2}^*, 02\bar{1}^*, \bar{1}3\bar{1}^* \\ [1\bar{1}\bar{2}] &: 1\bar{1}0^*, 201^*, 312^*, 735, 111^*, 132^*, 021^* \\ [\bar{2}\bar{1}1] &: \bar{1}\bar{1}1^*, \bar{1}02^*, \bar{1}24, 011^*, 120^*, 23\bar{1}^* \end{aligned}$$

Ganz spärlich ist schliesslich die letzte Zone besetzt.

$$[\bar{1}22]: 01\bar{1}^*, 28\bar{7}, 22\bar{1}^*, 210^*, 201^*.$$

Zur Erfassung aller Flächen bedarf es nur 15 Zonen.

Für wirtelige Mineralien gibt die schematische Dreiecksprojektion eine klare Übersicht der zonalen Verhältnisse. Zur Veranschaulichung der Formengesamtheit einer triklinen holoedrischen Substanz sind mit Rücksicht auf die Zentrosymmetrie gegenüberliegender Oktaanten vier Dreiecke erforderlich. Dadurch wird die Erkennung des Zonenverlaufs nicht wenig erschwert. Es schien deshalb geraten, nach einer andern Darstellungsart zu suchen. Im Hinblick auf komplizierte Symbole muss sie nicht nur schematisch, sondern sogar

linear sein. Vielleicht dürfte die dreiteilige gnomonische Projektion der Fig. 9 besondere Vorteile bieten. Sie sieht von den individuellen Winkelgrößen ab und behandelt den Flächenkomplex so, als ob er kubisch wäre. Man kann die drei quadratischen Felder, die mit ihren

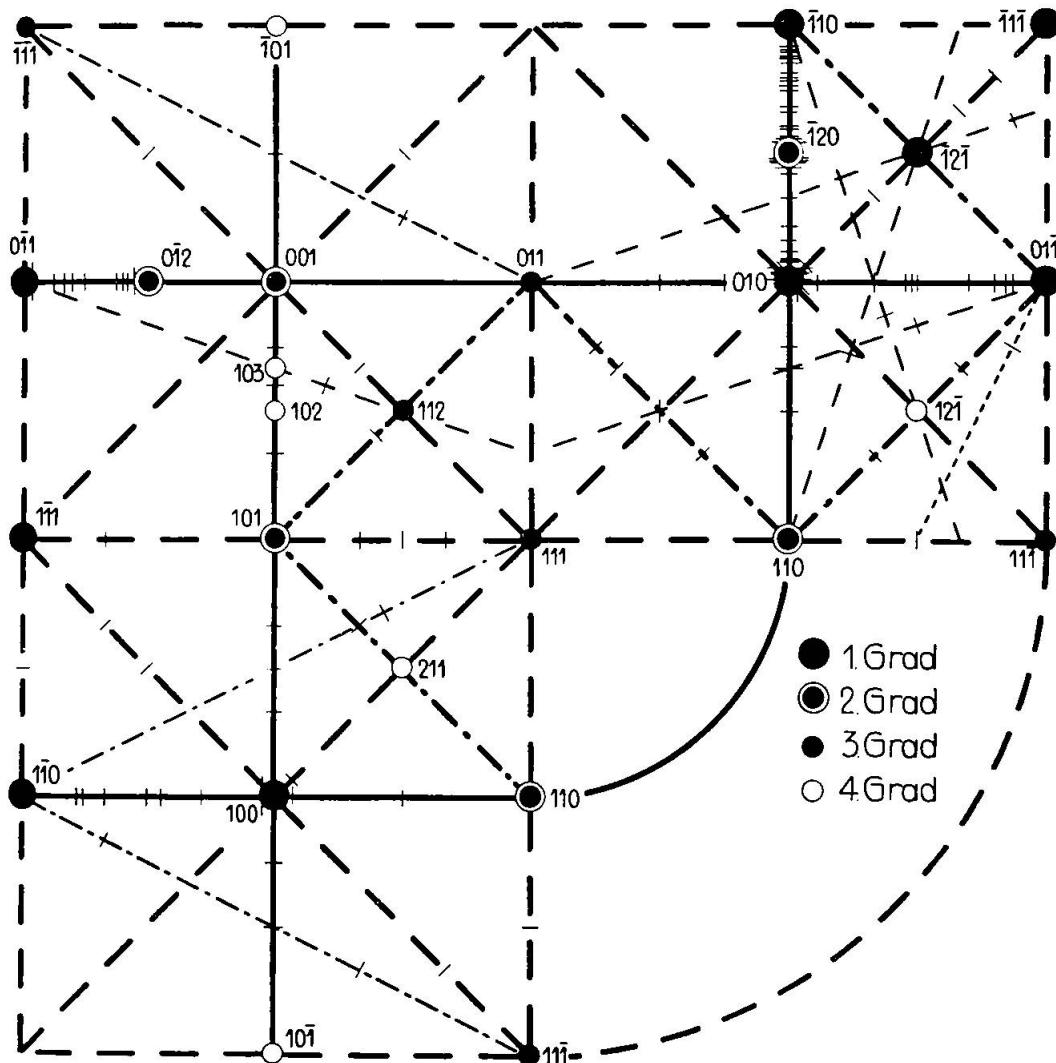


Fig. 9. Schematische „Würfelprojektion“ der Axinitflächen unter Berücksichtigung ihres Persistenzgrades. Zonen gleichartiger Symboltripel sind durch übereinstimmende Linienzüge kenntlich gemacht. Gewisse Vizinalen sind so eng geschart, dass ihre Zeichen in der Figur zusammenfliessen. Die Beziehung der Vizinalen zu wenigen hochpersistenteren Formen ist eindeutig.

kräftig gezogenen Randlinien und Diagonalen deutlich hervortreten, als Würffelflächen betrachten, auf denen die Durchstosspunkte der verschiedenen Flächennormalen die verlangten Projektionspole angeben. Die Auffindung dieser letztern ist leicht. Die — erste, zweite, dritte — Stelle, die dem grössten Index im Symbol zukommt, bezeichnete die 100-, 010-, 001-Tafel, auf der sich der Pol befindet. Seine

Koordinaten ergeben sich als Quotienten der beiden kleineren Indizes durch den grössten. Die Vorteile der GOLDSCHMIDTSchen Projektionsweise sind also gewahrt; es fallen aber die unbequemen Pfeile weg, womit die zur Projektionsebene stark geneigten Flächen angedeutet werden⁵⁾.

Die Fig. 9 zeigt sofort, dass ausser den eingetragenen Zonen noch zahlreiche andere durch hochrangige Flächen bestimmt sind. Zu nennen ist vor allem [012] mit den Formen $\bar{1}2\bar{1}$, $02\bar{1}$, $12\bar{1}$, $22\bar{1}$, 100 , $2\bar{2}1$. Die analoge Zone [021], Schnittgebilde einer erst- und zweitrangigen Fläche, ist ziemlich bedeutungslos ($31\bar{2}$, 100 , $0\bar{1}2$). Je eine erst- und zweitrangige Fläche bestimmen noch folgende, bisher nicht erwähnte Zonen:

[210] ($\bar{1}2\bar{1}$, $\bar{1}20$, $\bar{1}21$, 001), [211] ($01\bar{1}$, $\bar{1}3\bar{1}$, $\bar{1}20$, $\bar{1}02$), [121] ($10\bar{1}$, $2\bar{1}0$, $1\bar{1}1$, $0\bar{1}2$), [21\bar{1}] ($1\bar{1}1$, 102 , 011 , $\bar{1}20$), [\bar{1}12] ($1\bar{1}1$, 201 , 110 , $02\bar{1}$), [221] ($1\bar{1}0$, $0\bar{1}2$, $\bar{1}02$) und [321] ($\bar{1}2\bar{1}$, $\bar{2}30$, $0\bar{1}2$).

Als Schnittlinien zweitrangiger Flächen sind vier Zonen namhaft zu machen:

[\bar{1}21] ($11\bar{1}$, 210 , 101 , $0\bar{1}2$), [\bar{2}21] (110 , 212 , 102 , $0\bar{1}2$), [21\bar{2}] ($\bar{2}2\bar{1}$, $\bar{1}20$, 021 , 101), [42\bar{1}] ($\bar{1}20$, $0\bar{1}2$).

Im ganzen sind von den elf erst- und zweitrangigen Flächen 24 Zonen festgelegt:

[100], [010], [001]; [110], [1\bar{1}0], [011], [10\bar{1}]; [111], [\bar{1}11], [1\bar{1}\bar{1}]; [210], [021], [012]; [211], [21\bar{1}], [\bar{1}12], [121], [\bar{1}21]; [\bar{1}13]; [221], [\bar{2}21], [21\bar{2}]; [321]; [421].

Die Komplexe gleichartig gebauter Zonen sind aber durchwegs unvollständig. Der hypokubische Charakter des Axinit scheint demgemäß morphologisch stark beeinträchtigt zu sein. Warum? Machen sich andere Scheinsymmetrien geltend?

Hier drängt sich der Vergleich auf zwischen Fig. 9 und den

⁵⁾ Die Würfelprojektion steht zur schematischen Dreiecksprojektion in engster Beziehung. Bei dieser werden nämlich jene Punkte betrachtet, in denen die „Oktaeder“flächen von den Ebenennormalen des Kristalls durchstossen werden. In den zwölf Klassen mit einer einzigen Trigyre, Hexagyroide oder Hexagyre ist der Projektion sinngemäss eine hexagonale Bipyramide (statt des Würfels ein hexagonales Prisma mit Basis) zu Grunde zu legen. Sobald in einer Symmetrieklasse diese Grundform in n Teilformen zerfällt, werden n Dreiecke zur richtigen Darstellung des ganzen Flächenkomplexes benötigt. Die Würfelprojektion kommt im kubischen System überall mit einer einzigen Tafel aus, während die Oktaederprojektion im Falle von T oder T zweier Dreiecke bedarf. Umgekehrt reichen zwei Dreiecke in der Symmetrieklasse C_{2v} völlig aus, wogegen die Würfelprojektion vier Tafeln erfordert usw.

Dreiecksprojektionen im NIGGLISCHEN Lehrbuch (86, II, S. 576 f., Fig. 272/3). Sofort sei bemerkt, dass in diesen bewusst und gewollt nur die sicheren Formen des GOLDSCHMIDTSchen Atlas eingetragen sind (es fehlen indessen die unwichtigen Pinakoide 210 und 231; die belanglose Form 163 ist versehentlich als 361 gezeichnet). Fig. 9 ist ihrer Zielsetzung nach wesentlich reicher, ohne dass sie aber eine wichtige Form enthält, die bei NIGGLI fehlen würde. Sogar in der Bewertung der Formen besteht hier wie dort eine weitgehende Übereinstimmung, nur dass in Fig. 9 wegen der umfassenderen Statistik kleine Rangverschiebungen vorkommen. So wird in Fig. 9 vierzehn Formen, die bei NIGGLI eine gewisse Bedeutung zur Schau tragen, bloss individueller Charakter zuerkannt. Sie mögen hier mit Angabe ihres F- und P-Wertes folgen (ersterer dem andern immer vorangehend).

$\bar{0}11(12; 8,6)$, $0\bar{4}5(4,5; 3,2)$, $1\bar{3}0(12; 2,7)$, $1\bar{3}1(6; 5,0)$, $\bar{1}12(3; 3,2)$, $215(1,5; 0,9)$, $2\bar{1}1(7,5; 5,0)$, $22\bar{1}(7,5; 2,3)$, $23\bar{1}(4,5; 2,3)$, $2\bar{3}0(4,5; 1,8)$, $\bar{2}01(6; 3,6)$, $3\bar{4}0(4,5; 1,8)$, $3\bar{5}0(10,5; 2,3)$, $9.\bar{1}\bar{1}.0(1,5; 2,3)$.

Der auffallendste Unterschied in der Bewertung zeigt sich bei $0\bar{1}2$. Nach S. 47 durch eine mittlere Persistenz von 46 ausgezeichnet, wird die Form in den Figuren 272/3 nur durch ein Kreuzchen (letzter Rang) angegeben. — Dass nach dem Gesagten in Fig. 9 wie in den Figuren 272/3 ungefähr die gleichen Zonen ausgezogen sind, ist klar. Unter den Zonenkomplexen [100], [110], [111] fehlt in Fig. 272 einzig die Linie [101]. Die vier schwachbesetzten Zonen [$1\bar{2}0$], [$2\bar{1}0$], [$21\bar{1}$] und [$\bar{2}12$] erscheinen in Fig. 9 nicht, weil diese die ganze Formenmannigfaltigkeit des Axinit durch möglichst wenig Zonen zusammenfassen will.

b) Die Hyposymmetrie des Axinit.

Aus dem Projektionsbild der Fig. 9 entnimmt man mit Leichtigkeit, dass sich die wichtigsten Axinitflächen zu fünf einfachen kubischen Scheinformen zusammenfügen, allerdings so, dass diese, von zweien abgesehen; immer unvollständig sind.

„Würfel“: $100(I)$, $010(I)$, $001(II)$

„Rhombendodekaeder“: $110(II)$, $1\bar{1}0(I)$, $101(II)$, $10\bar{1}(IV)$, $011(III)$, $0\bar{1}1(I)$

„Oktaeder“: $111(III)$, $1\bar{1}1(I)$, $11\bar{1}(III)$ — ($\bar{1}11$ fehlt)

Es folgt das „Deltoidikositetraeder“ {211}:

$211(IV)$, $2\bar{1}1$, 121 , $12\bar{1}(IV)$, $\bar{1}2\bar{1}(I)$, $112(III)$, $\bar{1}12$, $\bar{1}\bar{1}2$ — ($21\bar{1}$, $2\bar{1}\bar{1}$, $\bar{1}21$ und $1\bar{1}2$ fehlen).

Wichtig ist das „Tetrakishexaeder“ {210}:

201, 210, 20̄1, 21̄0, 120, 02̄1, 1̄20 (II), 021, 102 (IV), 1̄02, 01̄2 (II) — (es fehlt nur 012).

Ganz lückenhaft ist das „Tetrakishexaeder“ {310}, ohne dass es aber „pentagondodekaedrische“ Ausbildung annimmt:

301, 130, 03̄1, 1̄30, 103 (IV).

Da sich die Scheinformen umso bedeutungsvoller erweisen, je gewichtiger ihre Flächenpaare sind, wurde durch die in Klammer beigesetzte römische Zahl der Persistenzgrad vermerkt. Bei den individuellen Formen (Persistenzgrad V) wurde der Kürze halber diese Zahl weggelassen.

Würde man den nicht beobachteten Formen den Persistenzgrad VI zuschreiben und das Mittel des Persistenzgrades aller Pinakoide einer Scheinform bilden, so bekäme man einen Zahlenwert, der für die morphologische Wichtigkeit des hypokubischen Formenkomplexes als Charakteristik gelten könnte. Es ist:

| | | | | | |
|-----------------|------|------|------|------|------|
| Scheinform: | 100 | 110 | 111 | 210 | 211 |
| Charakteristik: | 1,33 | 2,17 | 3,25 | 4,50 | 4,67 |

Daraus folgt, dass {110} etwa am Drittelpunkt, {111} nicht einmal am Viertelpunkt der Kombinationen mit einer gewissen Vollausbildung erscheinen kann⁶⁾. Das ist nicht verwunderlich! Denn kubischer Habitus — würfelig, rhombendodekaedrisch oder oktaedrisch — ist trotz aller Winkelgegebenheiten am Axinit etwas völlig Ungewöhnliches. Schuld daran ist vielleicht der Umstand, dass sich im Bau des Axinit noch andere Hyposymmetrien geltend machen. Schon FEDOROW (22)

⁶⁾ Ich fand es wichtig genug, diesen Schluss auf seine Zuverlässigkeit zu prüfen. Zu diesem Zwecke zählte ich nach, wie oft in den 221 Kombinationen der „Würfel“ mit einem Flächenpaar oder mit zwei bzw. gar mit drei Flächenpaaren auftrete. Das Gleiche tat ich für das „Rhombendodekaeder“ und das „Oktaeder“ (hier sind nur drei Pinakoide bekannt).

Die Ergebnisse mögen hier eine kurze tabellarische Zusammenstellung finden:

| Zahl der Flächenpaare | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----------------------|----|-----|----|----|----|---|
| [100] | 47 | 100 | 74 | — | — | — |
| [110] | 5 | 68 | 69 | 51 | 20 | 8 |
| [111] | 89 | 85 | 32 | — | — | — |

Verlangt man für eine „gewisse Vollständigkeit“, dass die Hypoform mit mehr als der halben Flächenzahl erscheine, so ist das für {110} in 35,7 % der Fälle, für {111} in 14,5 % aller Kombinationen erfüllt. Viel genauer und richtiger liessen sich diese Dinge aus den P-Werten mittels der Wahrscheinlichkeitsrechnung dartun. Das Vorgehen ist aber umständlich. Auch ist fraglich, ob das beschränkte statistische Material weittragende Schlüsse gestatte.

kam zu dieser Einsicht und ordnete den Axinit als ausgezeichnetes Beispiel dem hypohexagonalen Typus ein. Die bestimmenden zonalen Verhältnisse sind aus Fig. 10 erkennbar. Gegenüber den idealen Winkelbeziehungen des hexagonalen Systems bestehen allerdings einige ansehnliche Unterschiede. Gleichwohl heben sich mehrere hexagonale Scheinformen mit überraschender Eindeutigkeit ab.

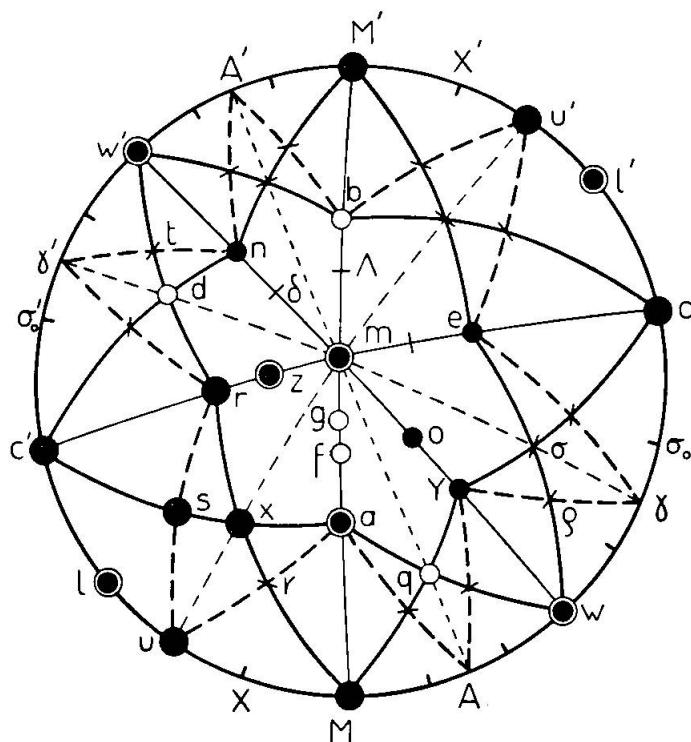


Fig. 10. Hypohexagonale Deutung des Axinit nach FEDOROW. Stereographische Projektion der zwanzig persistentesten Formen (Zeichen wie in Fig. 9). Von den individuellen Formen sind jene, welche zur Vervollständigung der Scheinformen erforderlich sind, durch kurze Striche angemerkt. Soweit sie durch Beobachtung festgestellt wurden, sind sie mit den üblichen Buchstaben versehen. Die zu einer Scheinform zusammengehörigen Flächen sind durch gleiche Lage gegenüber den Zonen gekennzeichnet.

Basis: $m(001)$.

Prisma I: $c(010)$, $w(110)$, $M(100)$.

Prisma II: $\gamma(120)$, $A(210)$, $u(\bar{1}\bar{1}0)$.

Bipyramiden I:

$\{10\bar{1}1\}: r(0\bar{1}1)$, $a(101)$, $Y(111)$, $e(011)$, $b(\bar{1}01)$, $n(\bar{1}\bar{1}1)$

$\{10\bar{1}2\}: z(0\bar{1}2)$, $f(102)$, $o(112)$, $A(\bar{1}02)$, $\gamma(\bar{1}\bar{1}2)$; es fehlt einzig 012 entsprechend $\bar{1}102$.

Bipyramide $\{11\bar{2}1\}$:

$x(1\bar{1}1)$, $q(211)$, $\sigma(121)$, $d(\bar{1}\bar{2}1)$; es fehlen $\bar{1}11$ und $\bar{2}11$ entsprechend $\bar{1}111$ und $\bar{1}\bar{1}21$.

Dass auch Ansätze zum „Skalenoeder“ $\{21\bar{3}1\}$ [$s(1\bar{2}1)$, $r(2\bar{1}1)$, $g(231)$, $t(\bar{2}\bar{3}1)$] und zum „dihexagonalen Prisma“ $\{3\bar{1}\bar{2}0\}$ [$l(1\bar{2}0)$, $X(2\bar{1}0)$, $\sigma_0(130)$] vorhanden sind, gibt FEDOROWS Auffassung vermehrte Überzeugungskraft. Das Eigenartigste liegt aber darin, dass die gewohnte c-Achse des Minerals sowohl vierzähligen wie sechszähligen Symmetriecharakter hat. Sie ist also — gegen alle Grundgesetze der Kristallographie — eine „Dodekagyre“.

Sind η, ζ, λ die Indizes der Symbolisierung G. II und $h k i l$ die der hexagonalen Deutung entsprechenden BRAVAISSCHEN Indizes, so gilt ($h + k + i = 0$):

$$h = \eta - z, \quad k = z, \quad i = -\eta, \quad l = \lambda \quad \text{und} \quad \eta = -i, \quad z = k, \quad \lambda = l$$

In Fig. 10 sind die Flächen ihrem Rang gemäss mit unterschiedlichen Zeichen vermerkt. Fehlende, aber durch die „Symmetrie“ geforderte Flächen sind ebenso wie die seltenen Flächen durch blosse Striche angemerkt. Da letztere mit dem üblichen Buchstaben (vgl. Tab. III) versehen sind, ist jede Verwechslung ausgeschlossen. Obgleich die hexagonalen Scheinkomplexe $\{0001\}$, $\{10\bar{1}0\}$ und $\{10\bar{1}1\}$ durchwegs von höher persistenten Formen gebildet sind, so ist doch die Häufung der morphologisch wichtigsten Formen an einer einzigen Stelle im Projektionsbild (Umgebung von x) und ihre Verteilung auf ganz verschiedene, z. T. sehr lückenhafte Formen ein deutlicher Hinweis darauf, dass für die gestaltliche Ausbildung der Kristalle noch Umstände wirksam sind, die ihren Ausdruck nicht einzig in der Winkelgleichheit haben.

Ist es möglich, den Axinit auf eine Hyposymmetrie zurückzuführen, die dem häufigsten Ausbildungstypus gerecht wird? Auf diese Frage (134) antwortet in anschaulicherster Art Fig. 11. Sie enthält wie Fig. 10 alle Formen, die nicht individuellen Charakter haben. Von letztern sind nur jene eingetragen, welche zur Vervollständigung der Scheinformen nötig sind. Den Übergang von der G. II-Schreibweise (η, ζ, λ) zur neuen, BRAVAISSCHEN $(hkil)$ vermitteln die Formeln

$$h = \lambda, \quad k = -\eta, \quad i = \zeta - \lambda, \quad l = -z \quad \text{und} \quad \eta = -k, \quad z = -l, \quad \lambda = h.$$

Mit Überraschung stellt man fest, dass sich die zwanzig häufigsten Flächenpaare mit einigen weiteren zu den wichtigsten hexagonalen Formen zusammenfügen. Man hat:

$$\{0001\} = c(0\bar{1}0)$$

$$\{10\bar{1}2\} = \pi(0\bar{2}1), \gamma(\bar{1}\bar{2}0), \sigma(\bar{1}\bar{2}\bar{1}), \varDelta(0\bar{2}\bar{1}), l(1\bar{2}0), s(1\bar{2}1)$$

$$\{10\bar{1}1\} = r(0\bar{1}1), w(\bar{1}\bar{1}0), Y(\bar{1}\bar{1}\bar{1}), e(0\bar{1}\bar{1}), u(1\bar{1}0), x(1\bar{1}1)$$

$\{2\bar{0}1\} = z(0\bar{1}2), A(\bar{2}\bar{1}0), I(\bar{2}\bar{1}\bar{2}), \dots, X(\bar{2}\bar{1}0), \dots$; hier fehlen $0\bar{1}2$ und $\bar{2}\bar{1}2$ entsprechend $\bar{2}01$ und $2\bar{2}01$

$\{10\bar{1}0\} = m(001), a(101), M(100)$

$\{2\bar{1}\bar{1}0\} = b(\bar{1}01), f(102), \iota(201)$

$\{3\bar{1}20\} = \mu(\bar{2}01), A(\bar{1}02), g(103), \omega(203), \Xi(\bar{3}0\bar{2}), U(\bar{3}0\bar{1})$

Die Bipyramiden zweiter Stellung sind unvollständig. Immerhin umfassen sie Flächenpaare von einiger Bedeutung.

$\{11\bar{2}2\}: d(\bar{1}\bar{2}1), (\bar{2}\bar{2}1)$; die übrigen fehlen und sind in Fig. 11 auch nicht angedeutet.

$\{11\bar{2}1\}: n(\bar{1}\bar{1}1), \nu(2\bar{1}1), o(\bar{1}\bar{1}\bar{2}), q(\bar{2}\bar{1}\bar{1})$; die beiden andern sind nicht vorhanden.

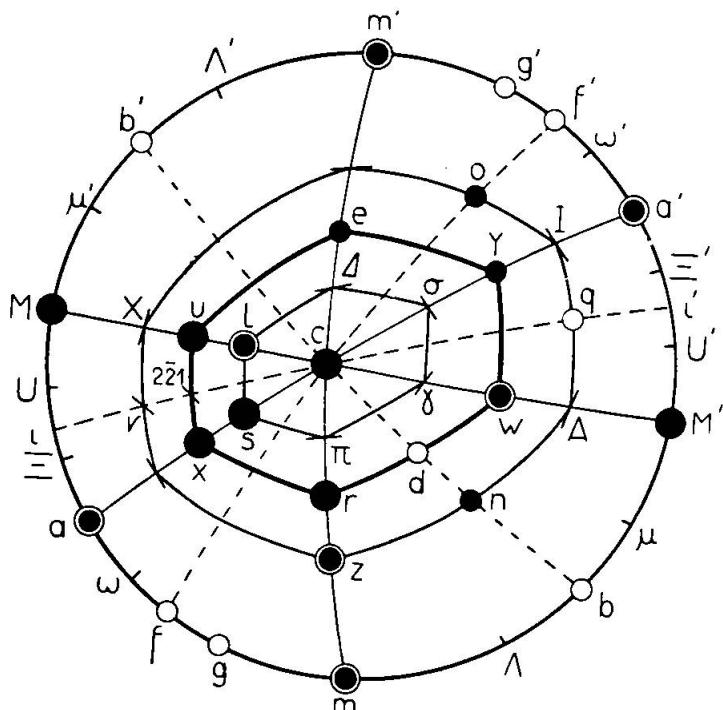


Fig. 11. Hypohexagonale Deutung des Axinit unter Rücksichtnahme auf die häufigste Ausbildung. Zeichenbedeutung wie in Fig. 10. Die Formen, welche zu den hexagonalen Bipyramiden erster Stellung zusammengehören, sind durch Zonensechsecke untereinander verbunden.

Trotz der genannten Lücken ergibt sich eine hypohexagonale Anordnung der Axinitformen, die kaum ihresgleichen hat und nicht weniger überzeugend wirkt als die hypokubische bzw. hypohexagonale Aufstellung MILLERS oder FEDOROWS. Auch die unterschiedliche Wichtigkeit der Zonen passt sich diesen Verhältnissen gar nicht übel an. $[010]$ — ohne enggescharte Vizinalen wie $[001]$ und $[100]$ — wird Hauptachse. Die flächenreichen Zonen $[001]$, $[100]$ und $[10\bar{1}]$ bilden die Nebenachsen. Als Zwischenachsen, denen die

lückenhaften Formen zweiter Stellung parallel sind, erscheinen die unbedeutenden Zonen [101], [102] und [201].

Dass die beiden hypohexagonalen Deutungen ziemlich stark von der idealen Symmetrie abweichen, ist schon aus den Figuren 10 und 11 ersichtlich, zeigt sich aber auch im Achsenverhältnis. Es ist (α_i = Winkel zwischen den positiven Richtungen der a_i anliegenden Nebenachsen; γ_i = Winkel $a_i : c$):

$$\text{Fig. 10: } a_1 : a_2 : a_3 : c = 1 : 0,8879 : 0,6936 : 0,8675$$

$$\alpha_1 = 102^\circ 38' \quad \alpha_2 = 119^\circ 58' \quad \alpha_3 = 137^\circ 24'$$

$$\gamma_1 = 86^\circ 5^{1/2}' \quad \gamma_2 = 88^\circ 11' \quad \gamma_3 = 97^\circ 59'$$

$$\text{Fig. 11: } a_1 : a_2 : a_3 : c = 1 : 0,7995 : 1,1905 : 1,0234$$

$$\alpha_1 = 123^\circ 42^{1/2}' \quad \alpha_2 = 138^\circ 18^{1/2}' \quad \alpha_3 = 97^\circ 57'$$

$$\gamma_1 = 91^\circ 57' \quad \gamma_2 = 77^\circ 22' \quad \gamma_3 = 96^\circ 54^{1/2}'$$

Welche der beiden Stellungen, rein geometrisch gesehen, weniger ungünstig ist, fällt schwer zu sagen.

Wie aber sind die vielen andern Stellungen zu werten, die in Tab. I erwähnt wurden? Um hierauf Antwort zu geben, habe ich die zwanzig wichtigsten Formen auf die Achsenkreuze jener Autoren bezogen. NEUMANN wurde natürlich ausser acht gelassen. BREITHAUPT und HESSENBERG fallen als Varianten von MOHS und SCHRAUF ebenfalls dahin. Aus gleichem Grunde konnte von MILLER, G. I und PEACOCK Umgang genommen werden. Die Ergebnisse der Umrechnung eignen sich nur für tabellarische Behandlung. In beistehender Übersicht ist zunächst angegeben, wieviele Flächenpaare in den neuen Stellungen auf die „Hauptformen“ {100}, {110}, {111} entfallen. In den anschliessenden Kolonnen ist die Anzahl jener Symbole vermerkt, deren höchster Index 2, 3, ..., 8 ist, gleichgültig, ob dieser ein- oder zweimal auftritt. Σ besagt, zu welchem Betrag die Summe der Absolutwerte des ersten, zweiten, dritten Index der zwanzig umgerechneten Symbole anwachse.

| | {100} | {110} | {111} | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Σ |
|---------------|-------|-------|-------|---|---|----|---|---|---|---|----------|
| G. II | 3 | 6 | 3 | 7 | 1 | - | - | - | - | - | 16.17.20 |
| VOM RATH | 3 | 3 | 1 | 1 | 6 | 3 | 1 | 2 | - | - | 32.43.25 |
| MOHS, 1824 | 2 | 2 | 2 | 4 | 7 | - | 3 | - | - | - | 28.44.15 |
| ZIPPE | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | -- | - | - | - | - | 22.28.15 |
| SCHRAUF | 3 | 4 | 4 | 6 | 3 | - | - | - | - | - | 26.17.15 |
| NAUMANN | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 1 | 1 | - | - | - | 16.35.19 |
| DES CLOIZEAUX | 3 | 4 | 1 | 5 | 4 | 1 | 1 | 1 | - | - | 20.35.31 |
| FRAZIER | 3 | 2 | - | 6 | - | 8 | - | - | - | 1 | 26.50.17 |
| FRANCK | 3 | 5 | 2 | 5 | 2 | 3 | - | - | - | - | 33.16.20 |
| GOSSNER | 3 | 5 | 3 | 6 | 3 | - | - | - | - | - | 25.16.20 |

Ein rascher Vergleich des Zahlenmaterials beweist, dass die Stellung G. II die günstigste ist. Am kompliziertesten hat wohl G. vom RATH den Axinit gestellt. Ihm kommt FRAZIER sehr nahe. Die häufige Wiederkehr des Index 4 und der Rekord mit 8 lassen es deutlich werden, dass seine Achsenlängen ohne Blick für das Ganze bestimmt wurden. Wegen der hohen Indizes für die häufigsten Flächen können auch MOHS und DES CLOIZEAUX nicht befriedigen. Im Gegensatz dazu wurde SCHRAUFS Aufstellung von jeher wegen der einfachen Indizes gerühmt; in der Zusammenstellung der Umrechnungsergebnisse tritt dieser Vorzug schön hervor. Dem gegenüber muss man zugestehen, dass NAUMANNS Axinitstellung, die vielen Mineralogen heute noch am vertrautesten ist, mancherlei Nachteile hat und zugunsten anderer aufzugeben ist. Dass GOSSNER gute Werte bekommt, liegt in der engen Beziehung seiner Achsenwahl zu der von G. II begründet.

Im ganzen haben die neun genannten Autoren dreizehn verschiedene Kantenrichtungen zu Achsen gewählt:

[001] (5), [010] (3), [100] (5), [011] (2), [0 $\bar{1}$ 1] (2), [101] (1), [$\bar{1}$ 01] (2), [110] (1), [111] (2), [210] (1), [211] (1), [$\bar{1}$ $\bar{2}$ 1] (1), [$\bar{1}$ 22] (1).

Die in Klammern beigesetzte Zahl gibt an, wie oft jede Richtung verwendet wurde. Merkwürdigerweise gehören mehrere davon zu den schwach besetzten Zonen. So umfasst [111] von allen Zonen dieses Komplexes am wenigsten Flächen; am Kristall tritt allerdings die Richtung als Schnittlinie von 1 $\bar{1}$ 0 und 0 $\bar{1}$ 1 oft scharf hervor. Da zu kristallographischen Achsen bedeutungsvolle Kanten gewählt werden sollen, zeigt sich von neuem, dass G. II eine glücklichste Festlegung ist.

Ob sich diese Aufstellung oder eine ihr gleichwertige allgemein einzubürgern vermag? Ohne systematisches Studium aller Axinitarten wird es kaum möglich sein. Aber gerade diese Aufgabe ist durch die Verschiedenheit der bildlichen Darstellung und Buchstabenbezeichnung der Flächen höchst erschwert. Über das Typische in der Vielheit der Axinitgestalten bestehen ganz unzulängliche Vorstellungen. Noch unbekannter sind die wechselseitigen Zusammenhänge. Es lässt sich höchstens sagen, dass die verschiedenen Abänderungen im Aussehen des Minerals bestimmt sind durch das stärkere oder schwächere Hervortreten charakteristischer Leitformen in einer der wichtigsten Zonen [001], [100], [010], [10 $\bar{1}$] und [111]. An Kristallen von Obira lässt sich die Umgestaltung des gewöhnlichen Habitus zu einer nahezu idealen hexaedrischen Gestalt (25, Fig. 2) mit überraschender Deutlichkeit verfolgen. Dagegen entspricht der oktaedrische Ein-

druck, den FORDS Fig. 1 und Fig. 3 erwecken, weder der hypokubischen Aufstellung G. II noch einer angenäherten Winkelgleichheit mit dem Oktaeder, vielmehr liegt eine eigentümlich orientierte, sehr verzerrte tetragonale Bipyramide vor, zu der s als scheinbare Basis hinzutritt: $c'r = 45^\circ 15'$, $rx = 40^\circ 46\frac{1}{2}'$, $xu = 30^\circ 33'$, $uc' = 44^\circ 29'$. Den gleichen Typus hatte schon SCHRAUF beschrieben (115). Ohne jede Beziehung zur hypohexagonalen Syngonie der einen oder andern Deutung ist das flachrhomboidische Aussehen gewisser Kristalle, an denen cur ungefähr im Gleichgewicht auftreten (Winkel ur wesentlich grösser als cr und cu). Dafür leitet die Kombination cur zum tafligen und gestreckten Habitus über. Als eigentliche Tafelfläche ist $r(0\bar{1}1)$ wohl am wichtigsten — gelegentlich in Konkurrenz mit $z(0\bar{1}2)$. Strecken sich u und r nach der gemeinsamen Kante [111], wobei [100] und [001] kurz bleiben, so werden Gebilde erzeugt, die in der üblichen Zeichnungsweise wohl stengeligeres Aussehen haben als in der Wirklichkeit. Beachtenswert sind zwei Kristalle FLINKS (24, Fig. 335/6), die eine Streckung nach der flächenreich entwickelten Zone [10\bar{1}] zeigen.

c) Die Streifungen des Axinit.

Der Axinit zählt zu den stark gestreiften Mineralien. Nach eigenen Beobachtungen und den Angaben im zugänglichen Schrifttum sind vierzehn Formen gestreift. HERITSCH hat diese Erscheinungen nach Abschluss meiner Arbeit gründlich untersucht. Unsere Ergebnisse decken sich zwar nicht in allen Einzelheiten. Trotzdem erlaube ich mir, meine Zählungen usw. an dieser Stelle mitzuteilen und den neuern Angaben gegenüberzustellen.

| Form | Richtung der Streifung | Zahl der gef. Erwähnungen | Angaben aus der Arbeit v. Heritsch |
|-----------|------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| 001 | [1\bar{1}0] | 2 | Schwache Streifung nach $c-r=[100]$ |
| 010 | [001] | 28 | 20 Handbücher usw. |
| | [10\bar{1}] | 7 | 5 Handbücher usw. |
| | [100] | 3 | 1 Autor |
| 0\bar{1}1 | [100] | 35 | 18 Handbücher usw. |
| | [011] | 2 | 1 Autor |
| | | | 2 Autoren erwähnen [111] |
| 0\bar{1}2 | [100] | 5 | 12 Handbücher usw. |
| 100 | [001] | 3 | 10 Handbücher usw. ⁷⁾ |

⁷⁾ HERITSCH beobachtete eine weitere Vizinalität, deren Kante „etwa $15-16^\circ$ zur Grundzone geneigt ist“. „Verfolgt man die Richtung der Vizinalität auf dem einkreisigen Goniometer, so kommt man zwischen die Flächen i und c' hinein.“ Ob dieser Zone $13.46.\bar{1}\bar{1}$ angehört?

| Form | Richtung der Streifung | Zahl der gef. Erwähnungen | Angaben aus der Arbeit v. Heritsch |
|------|------------------------|---------------------------|---|
| 110 | [111] | 1 | |
| 110 | [001] | 19 | 18 Handbücher usw. Viel schwächer und seltener |
| | [111] | 1 | |
| 111 | [101] | 6 | 6 Handbücher usw. 2 Autoren erwähnen [011] |
| 120 | [001] | 13 | 10 Handbücher usw. |
| 121 | [101] | 5 | 6 Handbücher usw. 1 Autor erwähnt [111] |
| 130 | [001] | 1 | — |
| 232 | [101] | 1 | — |
| 340 | [001] | 1 | — |
| 350 | [001] | 1 | |

Einige Tatsachen drängen sich auf.

- a) Die vierzehn gestreiften Formen gehören den flächenreichsten Zonen an:

[001] : 010, 100, 110, 110, 120, 130, 340, 350
 [100] : 001, 010*, 011, 012
 [101] : 010*, 111, 121, 232

- b) Die Streifungen erfolgen nach sieben verschiedenen Richtungen, die aber nicht eindeutig mit den starkbesetzten Zonen zusammenfallen.

[001] (7 Formen), [011] (1 Form + 1), [100] (3 Formen + 1), [101] (4 Formen), [111] (1 Form + 2), [110] (1 Form), [111] (1 Form). Parallel zur wichtigen Zone [010] wurde keine Streifung beobachtet. Es können aber a und f zufolge gewölbter Ausbildung stetig ineinander übergehen.

- c) Die allerhäufigsten Axinitflächen 010 und 011 zeigen eine dreifache Streifung; 012, 110, 111 und 121 dürften nach zwei Richtungen gestreift sein.

- d) Die Streifung befällt mit offensichtlicher Vorliebe die morphologisch bedeutsamen Flächen 010, 011, 110, 120. Unter den 134 Erwähnungen kommen sie 95mal vor.

d) Die Vizinalen des Axinit.

Nach der umfassenden Arbeit von HERITSCH ist über die zahlreichen Vizinalen des Axinit (vgl. Tab. III) nicht mehr viel beizutragen. Es sei nur hervorgehoben, dass HERITSCH nicht alle Flächen mit komplizierten Indizes zu den Vizinalen stellt. Die wirklichen Vizinalen ordnen sich fast ausschliesslich den Zonen [100] und [001] ein, ohne sich aber lediglich um die hochpersisten Formen — 010,

$0\bar{1}1, 1\bar{2}0$ — zu scharen. Hin und wieder verteilen sie sich auf grössere Zonenstücke. Das Nähere ist aus folgender Übersicht zu ersehen, die zugleich Fig. 9 erläutert. Die eingeklammerten Formen scheint HERITSCH nicht beachtet zu haben.

[100] : $c' = 0\bar{1}0, 0\bar{3}\bar{1}.1 \dots 0\bar{9}1$

$0\bar{1}\bar{1}.5, 0\bar{2}\bar{3}.11$

$\pi = 0\bar{2}1$

$0\bar{1}\bar{0}.7, 0\bar{5}4, 0\bar{1}\bar{9}.16, 0\bar{2}\bar{3}.20$

$r = 0\bar{1}1, 0\bar{2}\bar{7}.28, 0\bar{7}8, 0\bar{5}6$

$0\bar{3}4, 0\bar{5}8, (0\bar{3}5), (0\bar{7}.12), 0\bar{5}9$

$z = 0\bar{1}2$

[001] : $c' = 0\bar{1}0, 1.\bar{1}\bar{0}\bar{8}.0, 1.\bar{3}\bar{4}.0, 1.\bar{3}\bar{0}.0, 1.\bar{2}\bar{6}.0, 1.\bar{1}\bar{8}.0, 1.\bar{1}\bar{3}.0, 1.\bar{1}\bar{2}.0,$

$2.\bar{2}\bar{1}.0,$

$1\bar{8}0, 1\bar{6}0, 2\bar{9}0$

$h = 1\bar{3}0$

$3\bar{7}0, 9.\bar{2}\bar{0}0, 8.\bar{1}\bar{7}0, 10.\bar{2}\bar{1}0, 20.\bar{4}\bar{1}0$

$l = 1\bar{2}0, 11.\bar{2}\bar{0}0, 9.\bar{1}\bar{6}0, 4\bar{7}0$

$\beta = 3\bar{5}0, 30.\bar{4}\bar{9}0, (11.\bar{1}\bar{6}0), 10.\bar{1}\bar{3}0, 15.\bar{1}\bar{9}0, 4\bar{5}0$

$K = 9.\bar{1}\bar{1}0$

$6\bar{7}0, 7\bar{8}0, 15.\bar{1}\bar{7}0, 9.\bar{1}\bar{0}0, 10.\bar{1}\bar{1}0, 12.\bar{1}\bar{3}0$

$u = 1\bar{1}0$

$X = 2\bar{1}0$

$9\bar{4}0, \dots 21.\bar{1}0$

$M = 100$

In Fig. 9 lassen sich gewisse Vizinalen nicht mehr einzeln erkennen. Man darf sich überhaupt fragen, ob nicht die eine oder andere Vizinale deshalb ins Schrifttum eingegangen ist, weil der Berechnung Grundwerte unterlegt wurden, die der Mineralzusammensetzung des behandelten Vorkommens nicht entsprechen. Über den Wechsel, dem diese Winkel unterliegen, ist eine Tabelle von V. M. GOLDSCHMIDT, die hier in verkürzter Schreibweise Raum finden soll, höchst aufschlussreich.

| | | | | |
|--|---|-------|------|------------------|
| $1\bar{1}0 : 11.\bar{2}\bar{0}0 = 13^{\circ} 21' - 13^{\circ} 48'$ | 4 | Mess. | ber. | $13^{\circ} 31'$ |
| $11.\bar{2}\bar{0}0 = 14^{\circ} 15'$ | 1 | " | " | $13^{\circ} 31'$ |
| $1\bar{2}0 = 15^{\circ} 20'$ | 1 | " | " | $15^{\circ} 34'$ |
| $20.\bar{4}\bar{1}0 = 16^{\circ} 5' - 16^{\circ} 21'$ | 5 | " | " | $16^{\circ} 5'$ |
| $10.\bar{2}\bar{1}0 = 16^{\circ} 38' - 16^{\circ} 47'$ | 3 | " | " | $16^{\circ} 36'$ |
| $9.\bar{2}\bar{0}0 = 17^{\circ} 33' - 18^{\circ} 41'$ | 5 | " | " | $18^{\circ} 41'$ |

Nicht mit Unrecht schreibt GOLDSCHMIDT: „Wie man sieht, kann es sich keineswegs um Flächen mit bestimmten rationalen Indizes

handeln; es liegt vielmehr eine kontinuierliche Reihe von Vizinalen vor, die sich um die einfache, aber in diesem Falle seltene Fläche $\bar{1}20$ gruppieren.“

Es verdient Beachtung, dass die Vizinalen zu $0\bar{1}0$ und $0\bar{1}1$ zugleich mit diesen Formen auftreten, dass aber $1\bar{2}0$ kaum je mit einer der zugehörigen Vizinalen am Kristalle vorkommt. Zum Beleg dienen die Kombinationen 39, 68, 119, 137, 158, 164, 171, 172. In Nr. 137 findet sich 010 zusammen mit $1.\bar{1}\bar{2}.0$, $1.\bar{1}\bar{8}.0$, $1.\bar{3}\bar{0}.0$; Nr. 119 enthält $1.\bar{2}\bar{0}.0$ neben 010 , wogegen $9.\bar{2}\bar{0}.0$, $10.\bar{2}\bar{1}.0$, $20.\bar{4}\bar{1}.0$ ohne $1\bar{2}0$ vorkommen.

Man könnte sich fragen, ob es für die morphologische Deutung des Axinit nicht förderlich wäre, wenn die komplizierten Vizinalen durch naheliegende Flächen einfacher Symbolisierung ersetzt würden. Der Fehler wäre wohl nicht sehr gross. Die vorstehend mitgeteilten GOLDSCHMIDTSCHEN Messungen ergeben z. B. als Mittelwert $16^{\circ}01'$. Die Abweichung von der theoretischen Lage der Fläche $1\bar{2}0$ ist nur halb so gross wie die für $11.\bar{2}\bar{0}.0$ festgestellte Streuung.

ZUSAMMENFASSUNG

1. Von den 161 Formen, die für den Axinit angegeben werden, kommen zufolge einlässlicher Diskussion 28 aus verschiedenen Gründen in Wegfall. Unter den verbleibenden ist eine beträchtliche Zahl — viele mit komplizierten Indizes — zu den Vizinalen zu rechnen. Durch Fundorte oder Kombinationen konnten 122 Formen belegt werden.

2. Die persistentesten Formen des Axinit sind 010 , $0\bar{1}1$, $1\bar{1}0$, $1\bar{1}1$, $1\bar{2}1$ und 100 . Im Gegensatz zu den an höhersymmetrischen Substanzen gewonnenen Ergebnissen hat die Gleichsetzung von Höchstpersistenz und Grossausbildung beim Axinit keine allgemeine Gültigkeit mehr. Auftretenshäufigkeit sichert der Axinitform noch keineswegs eine bevorzugte Bedeutung für die Gestaltausprägung. Beweis dafür sind insbesondere 100 , $1\bar{2}0$ und 001 .

Als persistenteste Formenkomplexe wiederholen sich in den 221 Kombinationen am häufigsten $010.0\bar{1}1.1\bar{1}0$ und $010.0\bar{1}1.1\bar{1}0.1\bar{1}1.1\bar{2}1$.

3. Der ganze in einer Würfelprojektion veranschaulichte Formenreichtum des Axinit lässt sich wie bei den hochsymmetrischen Mineralien durch einige wenige Zonen umfassen. Über 77 % aller Formen gehören den Zonen [001], [100], [010] und [101] an. Im ganzen sind 15 Zonen erforderlich.

4. Die Streifungen und Vizinalen des Axinit betreffen vorzugsweise häufigste Flächen und belegen die Wichtigkeit der durch andere Betrachtungen als charakteristisch erkannten Zonen.

5. Der Axinit, dieses hervorragende Beispiel ausgesprochener Unsymmetrie, zeigt engste Beziehungen zu höher-symmetrischer Flächenanordnung, aber nicht eindeutig, wie dies sonst zutreffen mag. So kann der Axinit sowohl hypohexaedrisch als auch hypohexagonal gedeutet werden, doch weder mit der Eleganz, wie sie beim Kryolith bekannt ist, noch mit der Vollständigkeit, wie sie sich bei den Glimmern offenbart.

6. Von den bisherigen Aufstellungsarten des Axinit entspricht die auf MILLER zurückgehende Achsenwahl G. II dem Mineral am besten.

LITERATURVERZEICHNIS

1. AMINOFF, G.: Mineralogische Studien an Material aus der Sjögrenschen Mineraliensammlung, Ark. Kem. Mineral. Geol., 7, Nr. 17, Stockholm 1919. Vgl. Zeitsch. f. Krist., 57, S. 404.
2. ANDERSON, C.: Mineralogical Notes, Nr. III, Records of the Australian Museum, 1906, 6, S. 133.
3. BACHMANN, J.: Die neuern Vermehrungen der mineralogischen Sammlungen des städtischen Museums in Bern, Mitt. d. Naturf. Ges. in Bern, 1877.
4. BARROW, G. and THOMAS, H. H.: On the occurrence of metamorphic minerals in calcareous rocks in the Bodmin and Camelford areas, Cornwall, Min. Mag., 15, S. 113.
5. BAUMHAUER, H.: Beitrag zur vergleichenden Kristallographie, Schweiz. Min. Petr. Mitt., 5, S. 348.
6. BERNHARDI, A.: Gehlens Neues allgem. Journal f. Chemie, 9, S. 42.
7. BREITHAUPT, A.: Vollständiges Handbuch der Mineralogie, III. Bd., Dresden und Leipzig 1847.
8. BROOKE, H. J.: An Elementary Introduction to Mineralogy, by the late WILLIAM PHILLIPS. London 1852.
9. BRUSH, G. J.: Supplement 8 to 4th edition of DANA's System of Mineralogy, Am. Journ. of Sc., 1860, S. 363.
10. BUSZ, K.: Mitteilungen über den Granit des Dartmoor Forest in Devonshire, England, und einige seiner Kontaktgesteine, N. Jahrb. f. Min., BB. 13, S. 90 und S. 131.
11. BUTTGENBACH, H.: L'axinite de Quenast, Bull. Cl. Sc. Acad. R. Belgique, 10, 1924, S. 141.
12. DANA, ED. S.: A System of Mineralogy. London 1894.
13. — First Appendix to the Sixth Edition of DANA's System of Mineralogy, completing the Work to 1894. New York 1899.
14. DANA, J. D.: A System of Mineralogy. New York 1868.
15. DELAFOSSE, G.: Minéralogie, nouvelle édition. Paris 1876.
16. DES CLOIZEAUX, A.: Manuel de Minéralogie, Bd. I, Paris 1862.

17. DIMITRIEVITCH, B.: Sur les conditions de gisement de l'axinite du mont Avala (Serbie), C. R., 1927, 185, S. 286.
18. DUFRÉNOY, A.: Traité de Minéralogy. Paris 1856.
19. DÜRRFELD, V.: Die Drusenmineralien des Waldsteingranites im Fichtelgebirge, Zeitsch. f. Krist., 46, S. 563.
20. EMERSON, B. K.: Die Mineralien des Deerfield-Ganges, Am. Journ. of Sc., 1882, 24, S. 349. Vgl. Zeitsch. f. Krist., 9, S. 86.
21. FEDOROW, E. von: Beiträge zur zonalen Kristallographie. IV. Zonale Symbole und richtige Aufstellung der Kristalle, Zeitsch. f. Krist., 34, S. 133.
22. — Beiträge zur zonalen Kristallographie. VI. Zonale Verhältnisse des Berylls und der Kristalle des hypohexagonalen Typus überhaupt, Zeitsch. f. Krist., 35, S. 75.
23. FEHR, L.: Die Kristallographie des Lötschentaler Axinit, Schweiz. Min. Petr. Mitt., 1930, S. 421.
24. FLINCK, G.: Bidrag till Sveriges mineralogi, Ark. för Kemi, 6, Nr. 21, Stockholm 1916/17. Vgl. Zeitsch. f. Krist., 57, S. 404.
25. FORD, W. E.: On the Chimical Composition of Axinite, Am. Journ. of Sc., 15, S. 195. Vgl. Zeitsch. f. Krist., 38, S. 82.
26. FRANCK A.: Notice cristallographique sur l'axinite de Quenast, Bull. Acad. R. Belgique, 3^{me} S., T. 25, 1893, S. 17.
27. FRAZIER, B. W.: Über die Axinitkristalle aus der Gegend von Bethlehem in Pennsylvanien usw., Am. Journ. of Sc., 24, S. 439. Vgl. Zeitsch. f. Krist., 9, S. 81.
28. FRENZEL, A.: Mineralogisches Lexikon für das Königreich Sachsen, Leipzig 1874.
29. FUKUCHI, N.: Mineralparageneses in the contactmetamorphic ore-deposits, found in Japan, Beitr. z. Min. Japans, Nr. 3, 1907, S. 75. Vgl. N. Jahrb. f. Min., 1909, 1, S. 32.
30. — Mineralogy of Chosen (Korea), Beitr. z. Min. Japans, Nr. 5, 1915, S. 207.
31. GENTH, F. A.: Contributions to the Mineralogy Nr. 50, with Cristallo-graphic Notes by S. L. Penfield and L. V. Pirsson, Am. Journ. of Sc., 1891, 41, S. 394. Vgl. Zeitsch. f. Krist., 22, S. 410.
32. GOLDSCHMIDT, V.: Index der Kristallformen. Berlin 1886/91.
33. — Kristallographische Winkeltabellen. Berlin 1897.
34. — Atlas der Kristallformen. Heidelberg 1913/23.
35. GOLDSCHMIDT, V. M.: Die Kontaktmetamorphose im Christianiagebiet, Vid. Selsk. Skrifter, I. Math.-naturw. Kl., Nr. 1, Kristiania 1911. Vgl. Zeitsch. f. Krist., 55, S. 88.
36. GONNARD, F. et OFFRET, A.: Vgl. Nr. 87.
37. GOSSNER, B. und REICHEL, CH.: Über das Kristallgitter einiger sog. Orthosilikate, Zbl. f. Min., 32, S. 225.
38. GRAILICH, J.: Lehrbuch der Kristallographie. Wien 1856. Vgl. Nr. 79.
39. GREG, R. P. and LETTSOM, W. G.: Manuel of Mineralogy of Great Britain and Ireland. London 1858.
40. GROTH, P. von: Die Mineraliensammlung der Kaiser-Wilhelms-Universität Strassburg, 1878.
41. — Die Minerallagerstätten des Dauphiné, Sitzungsber. d. k. bayer. Akad. d. Wiss., Math.-naturw. Kl., München 1885.

42. HAIDINGER, W.: Farbe des Axinit, Pogg. Ann. 1844, 63, S. 147.
43. HARTMANN, K.: Handbuch der Mineralogie. Weimar 1843.
44. HAUSMANN, J. F. L.: Reise durch Skandinavien in den Jahren 1806 und 1807. Göttingen 1811/18.
45. — Handbuch der Mineralogie. Göttingen 1847.
46. HAUY, R. J.: Traité de Minéralogie. Paris 1801.
47. HERITSCH, H.: Ein Beitrag zur Morphologie des Axinit, Zeitsch. f. Krist., 96, S. 249 und S. 337.
48. HESSENBERG, F.: Mineralogische Notizen, Abh. d. Senckenb. Naturf. Ges. zu Frankfurt a. M., Nr. 5, 1863, S. 27.
49. — Desgl. Nr. 11, 1873, S. 30.
50. HINTZE, C.: Handbuch der Mineralogie, II. Leipzig 1897.
51. HISINGER, W.: Versuch einer mineralogischen Geographie von Schweden, übersetzt von F. WÖHLER, Leipzig 1826.
52. HOERNER, TH. VON: Über die Axinitvorkommnisse von Thum in Sachsen usw., Zeitsch. d. d. geol. Ges., 1910, 62, S. 1.
53. HOFFMANN, C. A. S.: Handbuch der Mineralogie. Freyberg 1811.
54. HOLZGANG, F.: Zur Morphologie von Fluorit, Scheelit und Brookit, Schweiz. Min. Petr. Mitt., 1930, S. 374.
55. HOSHINA, M.: Axinite crystals in the Ogiyama copper deposit in Bitchu province, Beitr. z. Min. Japans, 1915, S. 294.
56. JEREMEJEW, P.: Verh. d. Russ. K. Min. Ges. zu St. Petersburg, 1871, 6, II. Serie, S. 343.
57. JIMBO, K.: Notes on the Minerals of Japan, Journ. of the Coll. of Sc., Imp. Univ. Tokyo, 1899, 11, III, S. 213. Vgl. Zeitsch. f. Krist., 34, S. 215.
58. KARNOJITZI, A. VON: Die Eugenie-Maximilianow'schen Mineralgruben und einige andere ... Fundorte verschiedener Gebiete des mittleren Uralgebirges, Verh. d. Russ. K. Min. Ges., 1896, II, 34, S. 1. Vgl. Zeitsch. f. Krist., 30, S. 311.
59. KAYSER, ED.: Axinit von der Heinrichsburg bei Mägdesprung, Zeitsch. d. d. geol. Ges., 1869, 21, S. 248.
60. KENNGOTT, A.: Die Minerale der Schweiz. Leipzig 1866.
61. KIKUCHI, J.: Vgl. E. WADA, Mineralien Japans, Tokyo 1904.
62. KLEIN, C.: Einleitung in die Kristallberechnung. Stuttgart 1876.
63. KOENIGSBERGER, J.: Über alpine Minerallagerstätten, III. Teil, Abh. d. Bayer. Akad. d. Wiss., 1919, 28, 12. Abh.
64. LACROIX, A.: Sur l'axinite des Pyrénées, ses formes et les conditions de son gisement, C. R., 1892, 115, S. 739.
65. — Minéralogie de la France, Paris 1893/1913.
66. — Der Granit der Pyrenäen und seine Kontakterscheinungen, Bull. des Serv. de la carte géol. de la France, X, 1898, S. 241.
67. — Desgl., XI. 1899/1900, S. 1. Vgl. Zeitsch. f. Krist., 35, S. 634.
68. — Les roches à axinite (limourites) des contacts granitiques des Hautes-Pyrénées, C. R., 1898, 127, S. 673. Vgl. Jahrb. f. Min., 1900, 1, S. 16.
69. LEONHARD, K. C. RITTER VON: Taschenbuch für die gesamte Mineralogie, Bd. 2, Heidelberg 1808.
70. — Handbuch der Oryktognosie. Heidelberg 1821.

71. LÉVY, A.: Description d'une collection de minéraux, formée par M. HENRI HEULAND. Londres 1837.
72. LIEBENER, L. und VORHAUSER, J.: Die Mineralien Tirols. Innsbruck 1852.
73. LODOCNIKOW, W. N.: Ein Zwilling und eine neue Axinitfläche im Albitorphyr des Tarbagatai, Zeitsch. f. Krist., 65, S. 122.
74. LORY, Ch.: Description géologique du Dauphiné. Paris et Grenoble 1860.
75. LOSSEN, K. A.: Handstücke und Dünnschliffe metamorphosierter Eruptiv- bzw. Tuffgesteine vom Schmalenberg bei Harzburg, Ges. Naturf. Freunde in Berlin, 1880, S. 1.
76. — Studien an metamorphen Eruptiv- und Sedimentgesteinen, erläutert an mikroskopischen Bildern, Jahrb. k. preuss. geol. Landesanst. f. 1883, S. 619.
77. LUEDECKE, O.: Über Axinit im Harze und die chemische Zusammensetzung des Axinit überhaupt, Zeitsch. f. Naturw., Halle 1889, S. 1.
78. — Die Minerale des Harzes. Berlin 1896.
79. MILLER, W. H.: A Treatise on Cristallography, 1839, übersetzt von J. GRAILICH (Lehrbuch der Kristallographie, Wien 1856).
80. MOHS, F.: Grundriss der Mineralogie, 2. Teil. Dresden 1824.
81. — Leichtfassliche Anfangsgründe der Naturgeschichte des Mineralreiches, zweiter Teil, bearbeitet von F. X. M. ZIPPE. Wien 1839.
82. MÜGGE, O.: Axinit als Kontaktmineral, Zbl. f. Min., 1910, S. 529.
83. NAUMANN, C. F.: Lehrbuch der Mineralogie. Berlin 1828.
84. NEUMANN, F. E.: Über das Kristallsystem des Axinit, Pogg. Ann., 1825, IV, S. 63.
85. NIGGLI, P.: Kristallisation und Morphologie des rhombischen Schwefels, Zeitsch. f. Krist., 58, S. 490.
86. — Lehrbuch der Mineralogie. Leipzig 1924 und 1926.
87. OFFRET, A. et GONNARD, F.: Note cristallographique sur l'axinite de l'Oisans, Bull. soc. fr. de Min., 1893, 16, S. 75.
88. PARKER, R. L.: Zur Kristallographie von Anatas und Rutil, Zeitsch. f. Krist., 58, S. 522 und 59, S. 1.
89. PEACOCK, M. A.: On the cristallography of Axinite and the Normal State of Triclinic Crystals. Am. Mineralogist, 22, 1937, S. 588. Vgl. Strukt.-Ber., Bd. V, S. 118.
90. PENFIELD, S. L.: On Crystal Drawing, Am. Journ. of Sc., 1905, 19, S. 39.
91. — On the Drawing of Crystals from Stereographic and Gnomonic Projections, Am. Journ. of Sc., 1906, 21, S. 206.
92. PENFIELD, S. H. and PIRSSON, L. V.: Vgl. F. A. GENTH, Nr. 31.
93. PHILLIPS, W.: An Elementary Introduction to the knowledge of Mineralogy. London 1823.
94. PIOLTI, G.: I minerali del Gneiss di Borgone, Atti R. Accad. di Scienze di Torino, XXV, 1890, S. 631.
95. POITEVIN, E.: Crystallography of some Canadian Minerals, Am. Mineralogist, 41, 1919, S. 32. Vergl. Zeitsch. f. Krist., 57, S. 404.
96. PRESL, J. S.: Nerostopis cili Mineralogia. Prag 1837.
97. QUENSTEDT, F. A.: Handbuch der Mineralogie. Tübingen 1877.
98. RAIMONDI, A.: Minéraux de Péron. Catalogue raisonné d'une collection des principaux types minéraux de la République, traduit par J. B. MARTINET, Paris 1878.

99. RATH, G. vom: Mineralogische Mitteilungen. Ein Beitrag zur Kenntnis des Axinit, Pogg. Ann. 1866, 128, S. 20 und S. 227.
100. — Geognostisch-mineralogische Fragmente aus Italien, III. Teil, Zeitsch. d. d. geol. Ges., 1870, S. 591.
101. RIESS, P. und ROSE, G.: Über die Pyroelektrizität der Mineralien, Pogg. Ann. 1843, 59, S. 353.
102. — Über Pyroelektrizität der Mineralien, Abh. d. k. Akad. d. Wiss. zu Berlin, 1843, S. 59.
103. ROGERS, A. F.: Notizen über seltene kalifornische Mineralien, School of Mines Quarterly, 1912, 33, S. 373. Vgl. Zeitsch. f. Krist., 55, S. 408.
104. ROSE, G.: Mineralogisch-geognostische Reise nach dem Ural, dem Altai und dem kaspischen Meere, II. Bd. Berlin 1842.
105. ROSE, G. und RIESS, P.: Vgl. Nr. 101 und Nr. 102.
106. ROSICKY, V.: Mineralogické správy z Moravy (Mineralogical notes from Moravia), Min. Abstr., 1928, III, S. 123.
107. SADEBECK, A.: Angewandte Kristallographie. Berlin 1876.
108. SARGENT, H. C.: Axinite veins in the Penmaenmawr porphyrite, Geol. Mag., 1916, III, S. 5.
109. SCHALLER, W. T.: Axinit von Kalifornien, Zeitsch. f. Krist., 48, S. 148. Vgl. auch: Axinite from California, Mineralogical Notes, S. I., Unit. States Geolog. Surv., Bull. 490, S. 37.
110. SCHARFF, F.: Axinit im Taunus, Notizbl. d. Ver. f. Erdk. zu Darmstadt, 1859, S. 6. Vgl. N. Jahrb. f. Min., 1859, S. 289.
111. SCHIEBOLD, E.: Über die Isomorphie der Feldspatmineralien, N. Jahrb. f. Min., BB. 64 A, S. 251.
112. SCHMIDT, A.: Axinit Veszverésröl (Poloma) es Medelsröl, Természettrajzi Füzetek, Budapest 1879, Bd. 3, Teil IV. Vgl. Zeitsch. f. Krist. 6, S. 98.
113. SCHRAUF, A.: Mineralogische Beobachtungen I, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien, 1870, 62 (II), S. 699.
114. — Axinit von Miask, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien, 1872, 65 (II), S. 241.
115. — Über den Axinit vom Onega-See, Verh. Russ. K. Min. Ges. zu St. Petersburg, 1872, 7, S. 25.
116. — Atlas der Kristallformen des Mineralreiches. Wien 1864/76.
117. SCHRÖDER: Elemente der rechnenden Kristallographie. Klausthal 1851.
118. SENGER, V. EDLER VON: Oryktographie der gefürsteten Grafschaft Tirol. Innsbruck 1821.
119. SHEPARD, C. U.: A Treatise on Mineralogy. New Haven 1852.
120. SIMPSON, E. S.: Contributions to the Mineralogy of Western Australia, S. V, Journ. R. Soc. W. Australia, 1930, 16, S. 25.
121. SJÖGREN, Hj.: Contributions of Swedish Mineralogy, Bull. of the Geol. Institution of the Univ. of Upsala, 1892, 1, S. 1. Vgl. Zeitsch. f. Krist., 24, S. 140.
122. SOLLY, R. H.: Notes on Minerals from Cornwall and Devon, Min. Mag., 1886, VI, S. 202.
123. STRENG, A.: Über die in den Graniten von Baveno vorkommenden Mineralien, N. Jahrb. f. Min., 1887, 1, S. 98.
124. STRUEVER, G.: Alcuni Minerali Italiani, Atti di R. Accad. di Torino, 1889/90, S. 631.

125. — Sui minerali del granito di Alzo, Atti di R. Accad. di Torino, 1892, S. 361.
126. TAKIMOTO, T.: The Cristallization of Japanese Axinites, Beiträge zur Mineralogie Japans, 1915, Nr. 5, S. 291.
127. THÜRACH, H.: Über das Vorkommen mikroskopischer Zirkone und Titan-Mineralien in den Gesteinen, Verh. d. phys.-med. Ges. zu Würzburg, 1884, 18, S. 203.
128. TRAUBE, H.: Die Mineralien Schlesiens. Breslau 1888.
129. TSCHERNYSCHEW, Th.: Zwei neue Axinitlagerstätten im südlichen Ural, Verh. d. Russ. K. Min. Ges. zu St. Petersburg, 1886, 22, S. 325.
130. UNGEMACH, H.: Matériaux pour la minéralogie de la France, Bull. soc. fr. de Min., 1912, 35, S. 526.
131. VORHAUSER, J. und LIEBENER, L.: Vgl. Nr. 72.
132. WADA, T.: Minerals of Japan. Translated by Takudzi Ogawa. Tokyo 1904.
Vgl. Zeitsch. f. Krist., 43, S. 104 und S. 281.
133. — Beiträge zur Mineralogie von Japan, 1907, 3, S. 102.
134. WEBER, L.: Zur Morphologie des Axinit. Bull. Soc. frib. Sc. nat. 1943.
135. WEBSKY, M.: Über Axinit von Striegau in Schlesien, Tscherm. Min. Mitt., 1872, S. 1.
136. WHERRY, E. T.: Notes on Wolframite, Beraunite and Axinite, Proc. U. S. Nat. Museum, 1914, 47, S. 501.
137. ZAMBONINI, F.: Über die Drusenmineralien des Syenits von Biella, Zeitsch. f. Krist., 40, S. 206.
138. ZEPHAROWICH, V. RITTER VON: Mineralogisches Lexikon für das Kaiserthum Österreich. Wien 1859.
139. ZIMANYI, K.: Über einen Axinit von Japan, Zeitsch. f. Krist., 32, S. 125.
140. ZINCKEN, J. Ch.: Der östliche Harz, mineralogisch und bergmännisch betrachtet. 1825.
141. ZIPPE, F. X. M. - MOHS, F.: Vgl. Nr. 80.