

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

Band: 5 (1925)

Heft: 2

Artikel: Beitrag zur vergleichenden Kristallographie

Autor: Baumhauer, H.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-7348>

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: 13.02.2026

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

Beitrag zur vergleichenden Kristallographie.

Mit 30 Textfiguren.

Von *H. Baumhauer*, Freiburg (Schweiz).

Inhalt.

	Seite
Vorbemerkung	348
I. Grundbegriffe. Komplikation. Zonenbau	351
II. Normalreihen. Primäre Reihen	355
III. Flächenentwicklung bei verschiedenen Kristallen	368
1. Bleiglanz	368
2. Magnetit	369
3. Binnit	370
4. Pyrit	371
5. Vesuvian	373
6. Anatas	375
7. Schwefel	378
8. Beryllonit	379
9. Aragonit, Strontianit, Cerussit	380
10. Baryt, Coelestin, Anglesit	383
11. Topas	388
12. Antimonit	392
13. Humit, Klinohumit	395
14. Beryll	397
15. Apatit	398
16. Calcit	399
17. Quarz	407
18. Stephanit	412
19. Jordanit	417
20. Die Kristalle des Karborundums	422
Zusammenfassung	425

Vorbemerkung.

Die vorliegende Arbeit¹⁾ ist als ein Beitrag zur *vergleichenden Kristallographie* bezeichnet. Es erscheint deshalb angemessen, einige Worte über den Inhalt und die Aufgabe einer solchen Dis-

¹⁾ *H. Baumhauer* hatte diese Abhandlung z. T. schon vor 1914 geschrieben (vergl. übrigens verschiedene seiner Arbeiten, auf die im folgenden gelegentlich verwiesen wird). In der Hauptsache mag er sie um 1916 abgeschlossen haben. Immerhin hat er bis etwa 1921 daran gefeilt und verbessert und Fachkollegen gerne davon Mitteilung gemacht. Zunehmende Altersschwäche zwang dann aber den nunmehr 77-jährigen Forscher, das Manuskript bei Seite zu legen.

ziplin zu sagen, umso mehr, als der Name „vergleichende Kristallographie“ hier wohl zum ersten Mal Anwendung findet.

Ein Vergleich verschiedener Stoffe hinsichtlich ihrer kristallographischen Eigenschaften, speziell ihrer Form, kann nach verschiedener Richtung und in verschiedenem Umfange angestellt werden. Zunächst kann man nach den Symmetrieverhältnissen fragen, welche die oft sehr mannigfaltigen Kristallformen eines Körpers aufweisen, oder welche sich bei der Prüfung des physikalischen Verhaltens, namentlich der Lösungserscheinungen seiner Kristalle, zu erkennen geben. Eine solche Untersuchung, verbunden mit gewissen theoretischen Erwägungen, hat gezeigt, daß 32 und nur 32 verschiedene *Symmetrieklassen* (Kristallklassen) zu unterscheiden sind, in welche sich, wie in ein natürliches System, alle Kristalle einordnen lassen.

Um jedoch an der Förderung der S. M. P. M. aktiv mitzuwirken, hat er es derselben zur Veröffentlichung überlassen und den Unterzeichneten gebeten, alle ihm gutdünkenden Änderungen am Text usw. vorzunehmen. Bei der wissenschaftlichen Bedeutung Baumhauers und der Gründlichkeit seiner Arbeitsmethode war es zum vornherein klar, daß diese Änderungen höchstens in kurzen Zusätzen, zumeist aber in Kürzungen zu bestehen haben (die Arbeit sollte ursprünglich als Buch erscheinen). Letztere sind mit Rücksicht auf die spezielle Zielsetzung der S. M. P. M. hier und da etwas reichlich ausgefallen, und es gingen dadurch manche didaktische Feinheiten des vortrefflichen Lehrers verloren, doch wurde immer darauf geachtet, daß der wissenschaftliche Gedankengang selber keinen Schaden nehme. Daß einige Stellen, welche für den Zusammenhang und die eigentliche Absicht der Arbeit etwas zu lang erscheinen, aber für Baumhauers tiefgründige Lehrmethode und minutiöse Kenntnis der kristallographischen Verhältnisse der Mineralien typisch sind, nicht gekürzt, sondern in Kleindruck versetzt wurden, wird keiner bedauern, der Kristallographie oder Mineralogie zu lehren hat.

Durch Vorträge in Basel, Luzern, Aarau usw. ist es in den Kreisen der S. M. P. M. bekannt geworden, daß *P. Niggli* der Kristallographie neue Ziele steckt. Daß in dieser Arbeit Baumhauer z. T. nach ähnlichen Zielen strebt, gibt seinen Ausführungen aktuellstes Interesse. Dem Unterzeichneten, der mehr wie irgend ein anderer in die Nigglishen Ideen (die übrigens als Bd. II des „Lehrb. d. Mineralogie“ bald in eine breitere Öffentlichkeit gelangen) eingeweiht ist, fiel es mehrmals schwer, naheliegende Vergleiche zwischen den beiden Auffassungen nicht in Fußnoten kurz anzudeuten. Immerhin sei gesagt, daß die strukturelle Bedeutung des zonaren Verhaltens der Kristalle, um die sich Baumhauer ständig interessierte (dahingehende Bemerkungen in dieser Arbeit mußten leider z. T. wegfallen) von *P. Niggli* erkannt worden ist (vergleiche die Fußnote auf S. 373).

Um Mißverständnissen vorzubeugen, sei noch eigens betont, daß aus technischen Gründen zwischen Flächensymbolen (hkl) und Formensymbolen $\{hkl\}$ nicht unterschieden wurde. Letztere kommen übrigens nur ausnahmsweise in Betracht.

L. Weber.

Nun kann man innerhalb jeder einzelnen Symmetrieklasse die Dimensionen oder kristallographischen Konstanten (Achsenverhältnisse und Winkel) der verschiedenen, dahin gehörigen Körper miteinander vergleichen. Hierbei zeigt sich, daß Substanzen von mehr oder weniger *analoger* chemischer Zusammensetzung oft sehr ähnliche oder (im kubischen System) gleiche Achsenverhältnisse aufweisen; man gelangt so zu dem Begriffe der *Isomorphie*. Indem man dann weitergehend den Vergleich der kristallographischen Konstanten auf chemisch mehr oder weniger *abweichend* konstituierte, dabei aber (durch Substitution praktisch oder theoretisch) voneinander ableitbare Stoffe ausdehnt, stößt man auf weniger unmittelbare Beziehungen hinsichtlich der Achsenverhältnisse und Winkel derselben, die zu dem Begriffe der *Morphotropie* geführt haben. Die Morphotropie kann dabei mit einer Verschiedenheit des Kristallsystems verbunden sein, sie kann sich auch nur in einer Verschiedenheit der Symmetrieklasse innerhalb desselben Systems, eventuell bei bloß sehr geringer Abweichung oder gar Gleichheit der Winkel äußern (Steinsalz NaCl und Sylvin KCl, ersteres kubisch-holoëdrisch, letzteres kubisch-gyroëdrisch). Endlich findet man, daß nicht selten nahe kristallographische Beziehungen zwischen den *polymorphen* Modifikationen einer und derselben Substanz vorhanden sind, welche so weit gehen können, daß nur in den Symmetrieverhältnissen bzw. der Kristallklasse, nicht aber in den Winkeln der verschiedenen Modifikationen eine Abweichung zu erkennen ist (Boracit-substanz in ihrer rhombischen und der regulären Modifikation).

Indem *F. Rinne* die kristallographischen Konstanten und den Habitus der Kristalle von gewissen Metallen und deren einfacheren Verbindungen, wie Oxyden, Sulfiden und Haloidsalzen, verglich, fand er, daß auch hier, wo von Isomorphie keine Rede sein kann, gewisse *Typen* sich in auffallender Weise wiederholen. Er bezeichnete diese Erscheinung im Gegensatz zu der mit ähnlicher chemischer Konstitution verbundenen Isomorphie als *Isotypie*.

Wiederum in anderer und umfassenderer Weise verglichen *v. Fedorow* und *Viola* die Formen *aller* kristallisierten Körper hinsichtlich ihres Habitus, indem sie dabei für die Winkelähnlichkeit der Formen einen weiten Spielraum zuließen. Der erstere Forscher gelangte zu dem Schlusse, daß alle Kristalle entweder *pseudotetragonal* oder *pseudohexagonal* im weiteren Sinne des Wortes seien, d. h. wenn man sogar Abweichungen bis 20° von den durch das tetragonale oder hexagonale System gebotenen Winkelwerten zuläßt. Als Grenzgestalten sind dann die Formen der-

jenigen Kristalle aufzufassen, deren Symmetrieverhältnisse resp. Winkel genau einer Klasse des kubischen, tetragonalen oder hexagonalen Systems entsprechen.

Während es sich bei den vorstehend genannten Vergleichen verschiedenartiger Kristalle um die Symmetrieverhältnisse, die Dimensionen und Winkel, sowie um den Habitus derselben handelt, kann man noch in einem ganz anderen Sinne von einer vergleichenden Kristallographie reden. Gegenstand des Vergleiches ist dabei die Art und Weise, in welcher sich an den Kristallen die einzelnen Flächen zu Zonen vereinigen, und wie sich die Zonen wiederum zum ganzen Bau der Kristalle gruppieren. Hierbei trifft man zunächst auf allgemeine Gesetze, welche namentlich in neuerer Zeit die Aufmerksamkeit der Kristallographen erregt haben. Die Entwicklung der Flächen nach Zonen, sowie die Art des Verbandes der letzteren ist aber weiterhin für jede Kristallart eine charakteristische, wenn auch gewisse Variationen infolge der verschiedenen Bedingungen, unter denen die Kristalle desselben Körpers entstanden sind, beobachtet werden. Dies erkennt man am besten bei Betrachtung einer Projektion; es treten darauf die Hauptzüge des Kristallbaues und ihre Regeln besonders deutlich hervor.

Unsere Arbeit beschäftigt sich in diesem Sinne mit der *Entwicklung der Kristallformen* als mit einer Erscheinung, welche ohne Zweifel in naher Beziehung zum molekularen bzw. atomistischen Bau der Kristalle steht und deshalb für die darauf gerichtete kristallographische Forschung noch eine große Bedeutung erlangen wird.

I. Grundbegriffe. Komplikation. Zonenbau.

Die verschiedenen ebenen Flächen, welche als Begrenzungselemente an einem Kristall oder an den verschiedenen Kristallen eines und desselben Körpers auftreten, bilden in doppelter Weise den Gegenstand der Untersuchung. Einmal ermittelt man ihre gegenseitige geometrische *Lage*, indem man die Kantenwinkel der Kristalle bestimmt, anderseits untersucht man die physikalische Beschaffenheit der einzelnen Flächen (ihre etwaige Streifung und Zeichnung, ihre Härte, Ätzfiguren u.s.w.) und stellt so fest, welche Flächen *gleichartig* sind und demnach in ihrer Gesamtheit eine bestimmte *Kristallform* bilden. Um die geometrische Lage einer Fläche durch ein *Symbol* auszudrücken, wählt man im allgemeinen drei Kristallflächen als sogen. Achsenebenen aus,

welche sich in drei (nicht parallelen) Kanten, den Achsen, und in einem Punkte, dem Achsenmittelpunkte, schneiden (bezw. bei paralleler Verschiebung schneiden würden). Auf diese Achsen wird die Lage aller Flächen derselben Kristallart bezogen, und zwar drückt man dieselbe bei irgend einer Fläche entweder nach *Weiss* durch die direkten *Parameterkoeffizienten* aus, welche das Verhältnis ihrer Achsenschnitte zu denjenigen der Flächen der sogen. Grundform darstellen, oder nach *Miller* durch die reziproken Werte jener Koeffizienten, die *Indices*. Die Parameterkoeffizienten sowohl wie die Miller'schen Indices müssen für gleichartige, zur nämlichen Form gehörige Flächen dieselben sein, sie können dabei eventuell nur nach ihrer Reihenfolge oder ihrem Vorzeichen wechseln. Die Parameterkoeffizienten sind stets ganze oder gebrochene, meist einfache *rationale* Zahlen. Diese Erfahrungstatsache bezeichnet man als das Gesetz der rationalen Achsenschnitte, auch als das *Grundgesetz der Kristallographie*. Die Miller'schen Indices werden stets in ganzen Zahlen (die Null inbegriffen) ausgedrückt.

Solche Flächen eines Kristalles resp. der verschiedenen Kristalle desselben Körpers, welche sich in parallelen Kanten schneiden bzw. bei hinreichender paralleler Verschiebung schneiden würden, bilden eine Zone und jene Kantenrichtung die Zonenachse. Schon zwei Flächen, welche nicht parallel gehen, bestimmen eine Zone, da sie sich direkt oder bei hinreichender Verlängerung in einer Kante schneiden. Dadurch, daß eine Fläche zwei Zonen zugleich angehört, ist sie ihrer Lage nach vollständig bestimmt, weil sie den beiden Zonenachsen parallel geht. Alle Flächen einer bestimmten Kristallart stehen aber in der Beziehung zueinander, daß jede einzelne zwei oder mehreren Zonen angehört. Man kann demnach umgekehrt von vier, ein im allgemeinen unregelmäßiges Tetraëder bildenden Grundflächen ausgehend, alle weiteren vorhandenen oder möglichen Flächen der betreffenden Kristallart ableiten, indem man immer parallel zu je zwei Kantenrichtungen eine neue Fläche hinzufügt, wodurch wieder neue Kanten resp. Zonen entstehen u.s.f. Diese Beziehung zwischen den verschiedenen Flächen einer Kristallart nennt man das *Zonengesetz*. Dasselbe läßt sich aus dem Gesetz der rationalen Achsenschnitte mathematisch ableiten (und umgekehrt) und kann deshalb wie dieses als das Grundgesetz der Kristallographie bezeichnet werden.

Werden die Miller'schen Symbole $(h_1 k_1 l_1)$ und $(h_2 k_2 l_2)$ zweier Flächen gliedweise addiert, so ergibt sich das Symbol $(h k l)$ einer

dritten Fläche, welche mit den beiden erstern in einer Zone liegt, also die Eigenschaft hat, daß sie die von $(h_1 k_1 l_1)$ und $(h_2 k_2 l_2)$ gebildete Kante abstumpft. Sind $(h_1 k_1 l_1)$ und $(h_2 k_2 l_2)$ geometrisch gleichartige Flächen, so ist diese Abstumpfung eine sogenannte gerade, d. h. $(h k l)$ liegt nicht nur mit $(h_1 k_1 l_1)$, $(h_2 k_2 l_2)$ in einer Zone, sondern bildet mit ihnen überdies gleiche Winkel.

Übrigens gehören auch alle Flächen der betreffenden Zone an, welchen das allgemeine Symbol zukommt: $(m h_1 \pm n h_2, m k_1 \pm n k_2, m l_1 \pm n l_2)$.

Die Ableitung einer neuen Fläche durch *Addition* der entsprechenden Indices zweier anderer Flächen hat man als *Komplikation*²⁾ bezeichnet.

Mit Hilfe des Begriffes der Komplikation kann man nun das Grundgesetz der Kristallographie auch in folgender Weise aussprechen:

„Geht man von vier Flächen (100) , (010) , (001) und (111) — der Fläche der Grundform — aus, so erhält man die Symbole aller weiteren, an dem betreffenden Kristall möglichen Flächen durch Komplikation aus den obigen.“ Dabei ist die Komplikation eine *einfache* (z. B. $(100) + (010) = (110)$) oder eine *wiederholte* (z. B. $(110) + (010) = (120)$).

Aus dem Gesagten folgt, daß die Indices aller Flächen rationale Zahlen sein müssen, demnach ist das Gesetz der rationalen Achsenschnitte, deren Reziproke die Miller'schen Indices sind, in obiger Fassung des Grundgesetzes mit enthalten. Auch das Gesetz des Zonenverbandes ist darin eingeschlossen, denn das Symbol einer jeden durch Komplikation aus den genannten vier Grundflächen erhaltenen Fläche kann auf zwei oder mehr verschiedene Arten durch Addition (eventuell Subtraktion) aus deren Symbolen erhalten werden, woraus ihre Zugehörigkeit zu zwei oder mehr verschiedenen Zonen hervorgeht.³⁾ Die drei Flächen (110) , (011) und (101) liegen einmal in den Zonen $(100):(010)$, $(010):(001)$ und $(100):(001)$, andererseits in den von (111) und je einer der drei anderen Grundflächen gebildeten Zonen, indem $(110) = (111) - (001)$; $(011) = (111) - (100)$; $(101) = (111) - (010)$.

²⁾ Näheres hierüber s. in des Verfassers „Neue Entwicklung der Kristallographie“, Heft 7 der „Wissenschaft“, Braunschweig, 1905; S. 129 ff.

³⁾ V. Goldschmidt bemerkt schon (1901) in seiner Schrift „Über Harmonie und Komplikation“, Berlin bei J. Springer: „Das Gesetz der Komplikation umschließt zugleich das Gesetz von der Rationalität der Indices, das Gesetz der Zonen, sowie das Gesetz der Konstanz der Winkel“.

Für alle übrigen Flächen ergibt sich die Zugehörigkeit zu mehreren Zonen daraus, daß man die betreffenden Symbole auf mehrfache Weise in zwei Symbole spalten kann; z. B.

$$(211) = \begin{cases} (100) + (111) \\ (110) + (101) \\ (210) + (001). \end{cases}$$

Die *wiederholte* Komplikation zwischen zwei Flächen führt zur Bildung einer zwischen jenen sich spannenden *flächenreichen Zone*. In der Tat stehen die Symbole flächenreicher Zonen nicht selten alle in der Beziehung zueinander, daß jedes derselben durch einfache Komplikation aus den beiden benachbarten gebildet wird. Derartige Zonen mit *kontinuierlicher Formenreihe* seien als *vollkommene* bezeichnet.

Als Grundflächen (100), (010), (001), (111) wird man, sofern nach dem betreffenden Kristallsystem überhaupt eine Wahl zulässig ist, möglichst solche Flächen wählen, welche sich durch besondere Häufigkeit und bedeutende Entwicklung auszeichnen. Flächen, welche überhaupt besonders häufig und groß entwickelt zu sein pflegen, und welche deshalb als *starke* Flächen bezeichnet seien, sind es auch, zwischen denen sich gern wichtige und flächenreiche Zonen bzw. Zonenstücke spannen.

Von besonderem Interesse ist der Bau flächenreicher Zonen. Denkt man sich zunächst den Fall, daß zwischen zwei gleichartigen, also auch gleich starken Flächen, etwa (100) und (010) im kubischen oder tetragonalen System, einfache und dann wiederholte Komplikation eintritt, so gelangt man zu folgenden kontinuierlichen Reihen:

- I. (100) (110) (010)
 - II. (100) (210) (110) (120) (010)
 - III. (100) (310) (210) (320) (110) (230) (120) (130) (010)
- u. s. w.

Diese Zonenstücke sind wegen der Gleichwertigkeit der beiden Endflächen durchaus symmetrisch gebaut. Sie werden von V. Goldschmidt als *Normalreihen* I, II, III u. s. w. bezeichnet. Häufig trifft man so gebaute Zonenstücke an, manchmal fehlen auch einzelne Glieder oder es erscheinen andere weitere, die nach dem betreffenden Grade der Komplikation nicht oder noch nicht zu erwarten waren. Alles dies ist oft der Fall, wofern die beiden zu Endflächen eines Zonenstücks gewählten Flächen, wenn auch nicht

absolut, so doch annähernd gleich stark bzw. in dieser Hinsicht gleichwertig sind. Durch passende Umformung der Symbole lassen sich derartige Zonenstücke auf eine der obigen Goldschmidt'schen Normalreihen (eventuell mit gewissen Abweichungen) zurückführen.

Ein derartiger symmetrischer (oder fast symmetrischer) Bau einer Zone wird, wie bemerkt, an die Gleichwertigkeit bzw. gleiche (oder fast gleiche) Stärke der beiden Endflächen geknüpft sein. Dieses Verhältnis stellt aber nicht den generellen, sondern einen speziellen Fall dar, indem *im allgemeinen* eine Zonenspannung zwischen ungleichen bzw. ungleich starken Flächen eintreten wird. Dann ist aber kein symmetrischer, sondern ein *unsymmetrischer* Bau der Zone zu erwarten, die Komplikation wird nach entgegengesetzter Richtung in ungleicher Weise stattfinden. Geht man z. B. von der Reihe (100) (110) (010) mit ungleich starken Endflächen (etwa des rhombischen Systems) aus, so wird in solchem Falle leicht die weitere Komplikation zwischen (100) und (110) eine einfache, diejenige zwischen (110) und (010) hingegen eine mehrfache sein, wobei die Endfläche (010) als die stärkere in wiederholte Aktion tritt, so daß man etwa folgende Reihe erhält:

(100) (210) (110) (120) (130) (140) (010).

Auf die verschiedenen Arten der Zonenentwicklung werden wir im folgenden Abschnitte näher eingehen.

II. Normalreihen. Primäre Reihen.

Um die Verhältnisse in den verschieden gerichteten Zonen eines Flächenkomplexes zu verfolgen, geht man zweckmäßig von dem allgemeinsten Falle der Entwicklung aus. Zu dem Zwecke trägt man alle bis etwa zum Index 5 möglichen Flächen des vorderen, oberen, rechten Oktanten eines dreiachsigen (hier triklinen) Kristalles in eine gnomonische Projektion auf die Fläche (111) der Grundform ein⁴⁾ (s. Fig. 1). Die zu einer Zone gehörigen

⁴⁾ Die Projektion auf eine solche Fläche bietet den Vorteil, daß darin alle in dem genannten Oktanten möglichen Flächen irgend eines dreiachsigen Systems ihren Platz finden. Dies ist z. B. bei einer Projektion auf ein Pinakoid für die Systeme mit rechtwinkligen oder teilweise rechtwinkligen Achsen nicht (bzw. nicht immer) der Fall, da dieselbe solche Flächen nicht aufnehmen kann, deren Normalen jenem Pinakoid parallel laufen, deren Projektionspunkte deshalb ihrer Lage nach nur durch Pfeile angedeutet werden können. Aus obigem Grunde stellen auch die im folgenden enthaltenen Textfiguren meist gnomonische Projektionen auf (111) dar. — Es sei hier noch besonders darauf hingewiesen, daß,

Flächen bilden daselbst jedesmal eine in gerader Linie verlaufende Punktreihe. Die Durchschnittspunkte solcher Reihen entsprechen demnach Flächen, welche den betreffenden Zonen zugleich angehören. Einige Zonen sind durch ausgezogene Linien (Grundzonen); gestrichelte (Diagonalzonen) oder punktierte Linien hervorgehoben. Aus Fig. 1 ersieht man zunächst, daß in allen Zonen vollkommene Komplikation herrscht.⁵⁾ Überall ergibt sich das Symbol einer Fläche durch Addition der Indices der beiden benachbarten Flächen, eventuell nach der gebotenen Vereinfachung, z. B. $(355) + (255) = (5.10.10) = (122)$. Demnach ist zu erwarten, daß bei den Kristallen im allgemeinen umso eher deutliche bis vollkommene Komplikation innerhalb der herrschenden Zonen vorhanden sein wird, je mehr die bis zu gewisser Höhe der Indices überhaupt mögliche Zahl der Flächen erreicht wird.

Die verschiedenen, in der Projektion wiedergegebenen Flächen werden aber im allgemeinen von sehr verschiedener Häufigkeit und ungleicher Größenentwicklung sein. Dabei kann man auf Grund der Erfahrung annehmen, daß bei geeigneter Wahl der Achsen die einzelnen Flächen an den Kristallen in der Regel umso häufiger und stärker entwickelt auftreten werden, je einfacher ihr Symbol ist. Allein auch Flächen von ähnlichem Symbol, wie (100) und (010) , (122) und (221) , werden verschiedene Häufigkeit und Entwicklung — ungleiche Intensität oder Stärke — zeigen. Dies würde nur dann nicht der Fall sein, wenn derartige Flächen *gleichartig* wären, wie es für einen kubisch-holoëdrischen Kristall zutrifft. *Der Einfachheit halber wollen wir dies zunächst auch für unsere Figur 1 annehmen.* Greift man dort die Zone $(100):(001)$ heraus, so hat man darin folgende Flächen:

$(100) (501) (401) (301) (502) (201) (503) (302) (403) (504) (101) (405) (304)$
 $(203) (305) (102) (205) (103) (104) (105) (001).$

Eine solche Reihe besitzt einen Bau, welcher demjenigen einer sogen. Goldschmidt'schen Normalreihe IV (N_{IV}) sehr nahe kommt. Zwischen (100) und (001) schiebt sich zunächst (101) ein, zwischen

wie im „Lehrbuch der Mineralogie“ von *P. Niggli* (Berlin 1924) auf Seite 123 ff. gezeigt wird, diese Projektionsart sich dann besonders einfach gestaltet, wenn die Projektionsebene allgemein senkrecht zur Zone $[111]$ gewählt wird. Für die Zwecke der vergleichenden Kristallographie eignet sich übrigens noch mehr die vereinfachte Dreiecksdarstellung, wie sie *P. Niggli* (l. c. pag. 120 ff) erklärt und seither in Vorträgen usw. mehrfach zur Anwendung gebracht hat.

⁵⁾ Einen allgemein gültigen, mathematischen Beweis dieses empirischen Tatbestandes verdanke ich der Freundlichkeit von Prof. Dr. *M. Plancherel*, Zürich.

diese und die beiden ersteren (201) und (102), dann zwischen die fünf genannten (301), (302), (203), (103), wobei eine Normalreihe III mit folgenden Symbolen erreicht wäre:

(100) (301) (201) (302) (101) (203) (102) (103) (001).

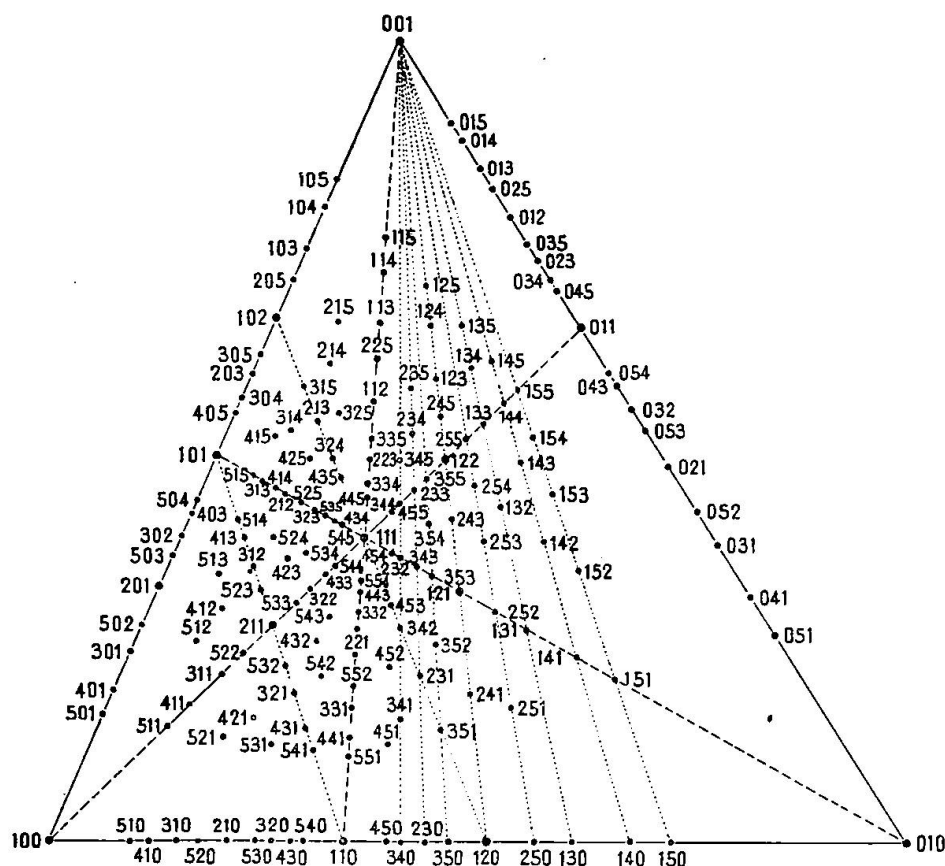


Fig. 1. Gnomonische Projektion auf (111) aller bis mit dem Index 5 möglichen Flächen des vordern, obern, rechten Oktanten.

Die weitere Komplikation würde dann eine Normalreihe IV liefern, indem hinzutreten:

(401) (502) (503) (403) (304) (305) (205) (104).

Die obige, lange Formenreihe enthält aber noch (501), (504), (405) und (105) als überzählige, während natürlich zu einer Normalreihe V noch zahlreiche Flächen fehlen würden. Jedenfalls ist aber die Annäherung der ganzen Reihe an N_{IV} eine große. Das gleiche gilt für die Zonen (100):(010), (010):(001), (110):(001), (101):(010) und (011):(100). Wählt man nun eine Zone, welche sich zwischen einer Fläche von etwas komplizierterem Symbol zu einer Pinakoidfläche spannt, z. B. (120):(001), so hat man dort folgende Flächen:

(120) (241) (121) (243) (122) (245) (123) (124) (125) (001).

Diese Reihe weicht bedeutend von einer Normalreihe ab, doch läßt sie sich bei (122) in zwei Teile spalten, von welchen der erste genau, der zweite nahezu einer reinen Normalreihe II entspricht:

$$(120) (241) (121) (243) (122) = N_{II}$$

und $(122) (245) (123) (124) (125) (001)$ nahezu N_{II} .

Im letzteren Falle ist nur (125) überzählig.

Geht man endlich statt von (120) von (130) aus, wobei man

$$(130) (131) (132) (133) (134) (135) (001),$$

erhält, so ist die Abweichung von einer Normalreihe ebenfalls bedeutend; anderseits bemerkt man, daß der dritte Index der aufeinanderfolgenden Symbole nach (001) hin gleichmäßig steigt. Eine solche Reihe von Flächen mit gleichmäßig ansteigenden Indices bezeichnen wir als eine *primäre Reihe*. Eine solche geht, wie unsere Figur lehrt, im allgemeinen von einer Fläche mit komplizierterem Symbol (also vermutlich einer selteneren bzw. schwächeren Fläche) aus und zieht sich nach einer solchen mit einfacherem Symbol (also einer stärkeren) hin. Die erstere sei als *Ausgangs-*, die letztere als *Zielfläche* bezeichnet. Wenden wir dies auf das vorige Beispiel, die Zone $(120):(001)$, an, so können wir auch dort eine primäre Reihe finden mit den Flächen: (120) (121) (122) (123) (124) (125). Diese bilden gleichsam das Gerüst des ganzen Zonenstückes. Es läßt sich erwarten, daß ihre Häufigkeit mit allmählich wachsendem dritten Index abnehmen wird. (120), (121), (122) und (123) werden häufiger sein als (124) und (125). Da aber erfahrungsgemäß zwischen häufigen bzw. starken Flächen sich eher weitere infolge von Komplikation einschalten als zwischen schwächeren, so ist zu erwarten, daß sich zwischen jenen ersten Gliedern der Reihe noch weitere Formen einstellen, zwischen den letzten hingegen nicht. So treten denn durch Komplikation zwischen (120) und (121), (121) und (122), (122) und (123) hinzu (241), (243) und (245), welche als sekundäre Flächen bezeichnet seien. Drückt man den Rang der Flächen durch Ziffern aus, so gestaltet sich die Reihe folgendermaßen:

$$\begin{array}{ccccccccccc} I & II & I & II & I & II & I & I & I \\ (120) & (241) & (121) & (243) & (122) & (245) & (123) & (124) & (125) \dots (001) \end{array}$$

Sowohl einfache primäre Reihen ohne eingeschobene Flächen höherer Komplikation, wie auch solche mit nur zu Anfang der Reihe eingeschalteten sekundären, eventuell tertiären Flächen trifft

man an den Kristallen häufig an. Sie lassen durch ihren Bau stets erkennen, daß sich die betreffende Zone resp. das Zonenstück von einer Fläche von geringerer Stärke nach einer solchen von größerer Stärke hinzieht.⁶⁾ Dabei ist die Zahl der primären Flächen manchmal eine große (vergl. Jordanit).

Nimmt man nun an, daß die drei Pinakoidflächen, wie es z. B. im rhombischen System der Fall ist, ebenso auch die Flächen (110), (011) und (101) von *ungleicher* Stärke seien, so werden, wie zu erwarten ist, auch die zuerst besprochenen, zwischen solchen Flächen sich spannenden Zonen einen einer Normalreihe weniger nahestehenden Bau aufweisen. Es wird vielmehr, und auch hierfür liefern die Kristalle zahlreiche Belege, eine dieser Flächen, etwa (100), als schwächere Ausgangs- und eine andere, etwa (001), als stärkere Zielfläche fungieren, indem sich von ersterer eine primäre Reihe nach letzterer hinzieht. Im Anfang dieser Reihe wird dann gewöhnlich weitere Komplikation unter Bildung sekundärer und tertiärer Flächen stattfinden, nach dem Ende derselben hingegen abnehmen und zuletzt ganz erlöschen. Dasselbe wird z. B. der Fall sein, wenn sich eine Zone von (110) nach einem Pinakoid oder von (111) nach einer Fläche (110), (101) oder (011) spannt, immer natürlich vorausgesetzt, daß die gewählte Aufstellung und Achsenwahl den Stärkeverhältnissen der einzelnen Flächen entspricht, wonach die häufigsten Flächen möglichst einfache Symbole erhalten sollen.

Das Gesagte steht aber auch im Einklange mit der Tatsache, daß Zonen, welche sich zwischen *gleich starken* Flächen spannen, auch wenn deren Symbole verschieden hohe Indices aufweisen, im wesentlichen einer Normalreihe entsprechend gebaut sein werden, wenngleich, wie *Goldschmidt* bemerkt, größere, ganz normal (d. h. gemäß einer Normalreihe) und dabei reich entwickelte Zonenstücke selten sind. Eine ganz ungestörte Reihe IV wird nach dem genannten Autor schon nicht mehr gefunden (*Zeitschr. f. Krist.* 28, 12).

In jedem Falle können übrigens an den Kristallen sowohl die primären Reihen, eventuell mit weiterer Komplikation, als

⁶⁾ *V. Goldschmidt*, welcher die Flächen bzw. Projektionspunkte, zwischen welchen sich eine „freie“ d. i. ungestört entwickelte Zone spannt, als Knoten bezeichnet, sagt in bezug hierauf: „Drängen sich in der freien Zone die Punkte zu dem einen Knoten dichter, so ist dieser der stärkere“ (*Zeitschr. f. Krist.* 28, 20). In solchen Fällen nehmen wir jedoch keine Spaltung der Zone vor, sondern suchen auf Grund der Häufigkeit der einzelnen Flächen die zu Grunde liegende primäre Reihe auf.

auch die Normalreihen Lücken zeigen, indem zur Vollständigkeit noch einzelne Flächen fehlen, deren Auffindung indessen bei weiterer Untersuchung zu erwarten ist. Denkt man sich in einer primären Reihe (111) (112) (113) ... die Komplikation zwischen den ersten Gliedern noch über die tertiären Flächen hinaus fortgeschritten, so würde man etwa zu folgendem Zonenstück gelangen:

I	IV α	III	IV β	II	IV β	III	IV α	I	III	II	III	I
(111)	(445)	(334)	(557)	(223)	(558)	(335)	(447)	(112)	(337)	(225)	(338)	(113)
				II	I	I						
				(227)	(114)	(115)	(001)					

Es stellen sich also zwischen den beiden primären Flächen (111) und (112) noch vier weitere quartäre ein, welche mit IV α und IV β bezeichnet sind. Die Flächen IV α gehen aus der Komplikation zwischen einer primären und einer tertiären, die Flächen IV β hingegen aus der Komplikation zwischen einer sekundären und einer tertiären Fläche hervor. Die Komplikation geht dann in obiger Reihe zwischen (112) und (113) nur bis zur tertiären, zwischen (113) und (114) nur bis zu einer sekundären Form, dann folgen nur noch Glieder der primären Reihe. Die Strecke (111) (112) entspricht ihrem Baue nach einer Normalreihe III, die folgende (112) (113) einer Normalreihe II, endlich (113) (114) einer solchen Reihe I. Eine derart regelmäßig entwickelte Zone würde sich also als eine Kette von Normalreihen mit nach der Zielfläche hin abnehmendem Grade der Komplikation darstellen.

Dennoch ist eine Entwicklung, welche genau diesem Schema entspräche, nicht leicht zu erwarten. Denn die mit IV bezeichneten Formen werden von nicht genau entsprechender Häufigkeit sein, welche Häufigkeit zudem mit steigenden Indices stark abnehmen wird. Eine Komplikation zwischen einer primären und einer tertiären Form, wie sie bei IV α stattfindet, wird eher eintreten als eine solche zwischen einer sekundären, also weniger häufigen, und einer tertiären Form. Demnach haben (445) und (447) größere Wahrscheinlichkeit des Auftretens als (557) und (558), und von den ersteren wird eventuell nur (445) zu erwarten sein. Ein solches, zunächst unerwartetes, vereinzelteres Erscheinen von Flächen höherer Komplikation in der unmittelbaren Nähe der Ausgangsfläche oder der ersteren stärkeren Glieder der primären Reihe wird nicht selten beobachtet; es sei als *Rekurrenz* (d. i. auf die *Anfangsglieder* zurück- bzw. hingerichtete Entwicklung) bezeichnet. Immerhin haben aber derartige Flächen von nur sehr

geringer Stärke auch keine große Bedeutung, zuweilen werden sie fast nur die Rolle von vicinalen Flächen spielen.

Nicht immer ist die Differenz zwischen den entsprechenden Indices der Glieder der primären Reihe einer Zone bzw. eines Zonenstücks gleich 1, zuweilen beträgt sie 2, auch wohl 3, vereinzelt 4 oder 6. Beispiele hierfür liefern Anatas, Schwefel; Calcit, Klinohumit, Binnit. In solchen Fällen müßte man eigentlich das Symbol der Zielfläche, falls jene größere Differenz nicht schon durch deren Symbol gegeben ist, zum Zwecke der Herleitung der Symbole der primären Reihe entsprechend vervielfachen (z. B. $(111) + 2(001) = (113)$). In Folge dieser höheren Differenzen zwischen den Indices der primären Symbole gestalten sich auch die Symbole der sekundären und tertiären Formen abweichend von denen des Zonenbaues mit der Indexdifferenz 1. Auch wird hierdurch bedingt, daß innerhalb einer Zone Flächen mit komplizierterem Symbol solche mit einfacherem an Stärke bzw. Häufigkeit übertreffen können.

Beträgt z. B. die Indexdifferenz der primären Glieder 2 (Anatas, Schwefel), so darf man bei der Ableitung der sekundären und weiteren Formen keine Vereinfachung der Symbole durch Division mit 2 vornehmen, sondern muß die durch Addition erhaltenen Indices unverändert zur Herleitung weiterer Symbole benutzen. So erhält man zunächst aus (111) und (113) das Symbol (224) , welches dann unverändert in die weitere Komplikation einzuführen ist, indem die Erfahrung lehrt, daß zwischen (111) und (224) resp. (112) die wahrscheinlichere Form nicht $(223) = (111) + (112)$, sondern $(335) = (111) - (224)$ ist. Demnach ist (335) , und *nicht* (223) , als die zwischen der primären (111) und der sekundären (112) gelegene tertiäre Form zu betrachten (Näheres s. bei Anatas).

Sehr häufig gehen von einer Fläche zwei, nach entgegengesetzter Richtung sich erstreckende primäre Reihen aus, deren Glieder natürlich alle derselben Zone angehören. Diese beiden Reihen bilden dann zusammen eine *doppelendige* Reihe mit zwei Zielflächen. Die mittlere Fläche ist dabei eine primäre oder auch eine sekundäre; im letzteren Falle stellt sie allerdings nicht eine Ausgangsfläche im gewöhnlichen Sinne dar, indem sie nur die Verbindung der beiden primären Reihen vermittelt, z. B.

I

$(001) \dots (113) (112) (111) (110) (11\bar{1}) (11\bar{2}) (11\bar{3}) \dots (00\bar{1})$ (Topas)
mit (110) als mittlerer primärer und

II

(001) ... (135) (133) (131) $\overset{II}{(260)}$ $\overset{=(130)}{(13\bar{1})}$ (133) (135) ... (00 $\bar{1}$) (Schwefel).

mit (260) als mittlerer sekundärer Fläche.

Die doppelendige Reihe kann eine *symmetrische* oder eine *unsymmetrische* sein, je nachdem die beiden Teilreihen von gleichartigen oder ungleichartigen Flächen gebildet werden. Sie ist eine symmetrische, wenn zur Ausgangsfläche bzw. zur mittleren Fläche eine zur Zonenachse parallele Symmetrieebene senkrecht steht, oder wenn normal zu jener Fläche eine zweizählige Deckachse vorhanden ist. Anderenfalls ist sie eine unsymmetrische, z. B.

(001) ... (129) (125) (121) (12 $\bar{3}$) (12 $\bar{7}$) (1.2. $\bar{11}$) ... (00 $\bar{1}$) (Klinohumit).

Im speziellen Teile soll nur in gewissen Fällen auf das Vorhandensein von doppelendigen Reihen besonders hingewiesen werden. Es erscheint dies namentlich bei den symmetrischen nicht geboten, da sich deren Existenz aus den Symmetrieverhältnissen der betreffenden Kristalle von selbst ergibt.

Die obigen Darlegungen stehen in naher Beziehung zu einer dritten Form, in welcher das Grundgesetz der Kristallographie ausgesprochen werden kann, nämlich zur Annahme der raumgitterartigen Anordnung der Bausteine (Atome) der Kristalle. Dabei entspricht jede Kristallfläche einer Netzebene des Raumgitters, auf der die Bausteine nach kongruenten Parallelogrammen (Elementarparallelogrammen) angeordnet sind. Mit dieser Annahme verbindet man dann die weitere, daß die verschiedenen Flächen eines Kristalls bzw. einer Kristallart im allgemeinen umso häufigere, also um so stärkere Flächen seien, je dichter sie mit Netzknoten (Bausteinen) besetzt, je kleiner also ihre Elementarparallelogramme sind, und umgekehrt.

Die Figuren 2—5 sollen unter obiger Annahme eine Vorstellung von der zu erwartenden Entwicklung zweier Zonen geben, von denen die eine (Fig. 2 und 3), zwischen zwei *gleich starken* Flächen gespannt, eine *Normalreihe* darstellt, die andere aber (Fig. 4 und 5), von einer *schwächeren nach einer stärkeren* Fläche verlaufend, auf eine *primäre Reihe* mit teilweise höherer Komplikation zurückzuführen ist.

In Fig. 2 stellt das ganze Quadrat eine Würfelfläche als Netzebene eines einfachen hexaëdrischen Raumgitters (dessen Bausteine also nach den Ecken des Würfels angeordnet sind) dar; weitere Gitterpunkte liegen in gleichem Abstände *senkrecht unter* den in der Figur gezeichneten. Jede Ebene, welche senkrecht zur

Würfelfläche (bezw. Ebene der Zeichnung) etwa durch r und einen weiteren Punkt geht (hier durch ausgezogene, gestrichelte, punktierte und gestrichelt-punktierte Linien dargestellt), entspricht einer möglichen Fläche, deren Elementarparallelogramm, wie man leicht einsieht, seiner relativen Größe nach durch den Abstand zweier benachbarter Gitterpunkte auf der betreffenden Linie wiedergegeben ist. Entspricht die Ebene der Zeichnung der Würfelfläche (001), so entspricht die Linie rp der Fläche (010), rq der Fläche (100). Der Punkt r stellt die Projektion der zur Zeichnung

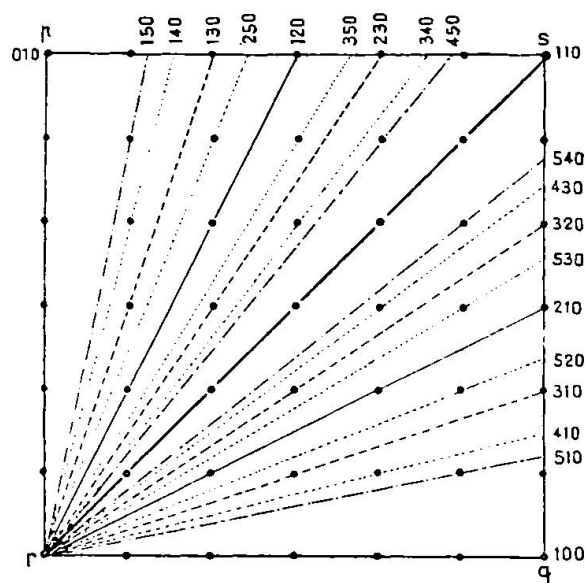


Fig. 2. Netzebene (001) eines einfachen Würfelgitters mit den Spuren der durch r gehenden Ebenen ($hk0$).

senkrechten Zonenachse $[001]$ für die genannten beiden Flächen (bezw. das ganze hier dargestellte Ebenenbüschel) dar. Zwischen den beiden gleichen und demnach gleich starken Flächen (010) und (100) findet nun zunächst einfache und dann wiederholte Komplikation statt, welche zuerst zu $rs = (110)$, dann in zweiter Reihe zu (120) und (210), in dritter zu (130), (230), (320) und (310), in vierter endlich zu (140), (250), (350), (340), (430), (530), (520) und (410) führt. So entsteht die *Normalreihe IV*:

(010) (140) (130) (250) (120) (350) (230) (340) (110) (430) (320) (530) (210) (520) (310) (410) (100).

In Fig. 2 sind außerdem noch von höherer Komplikation die Flächen (150), (450), (540) und (510) eingetragen.

Über die nach der Größe ihrer Elementarparallelogramme zu erwartende Häufigkeit all dieser Flächen erhält man durch Fig. 3

eine Vorstellung. Darin stellt pq die durch p und q gehende Diagonale der Fig. 2 dar; auf ihr liegen in den entsprechenden Abständen von p aus die Punkte, in denen die jene Flächen darstellenden Linien in Fig. 2 einschneiden würden. In diesen Punkten sind als Senkrechte die zugehörigen Abstände der Gitterpunkte errichtet, welche zugleich die Größe der entsprechenden Elementarparallelogramme darstellen. Je länger eine solche Senkrechte ist, um so weniger häufig wird die entsprechende Fläche an den betreffenden Kristallen zu erwarten sein.

Wesentlich anders gestalten sich die Verhältnisse bei einem Zonenstück, welches von zwei relativ häufigen, aber unter sich verschieden starken Flächen eingeschlossen wird. Als Beispiel wählen wir die Zone der beiden rhombischen Pinakoidflächen (100) und (010) (Fig. 4) und nehmen als Raumgitter das dem hexaëdrischen entsprechende an, wobei die Bausteine nach den Ecken des von den drei Pinakoiden in normaler (dem Achsenverhältnis entsprechender) Entwicklung begrenzten Parallelepipedons angeordnet sind. Die Ebene der Fig. 4 entspricht der Fläche (001), die Linien pr und rq den Flächen (100) und (010), senkrecht zur Ebene der Zeichnung. Die Größe des Elementarparallelogramms der dem Zonenstück (100) (010) angehörigen, zur Zeichnungsebene senkrechten Flächen wird wieder durch den Abstand je zweier benachbarter Gitterpunkte auf deren Projektionslinien dargestellt, sie ist also bei rq (010) kleiner als bei pr (100); erstere Fläche ist die stärkere, letztere die weniger starke. Zwischen beiden spannt sich das Zonenstück, ausgehend von (100) und sich hinziehend nach (010). In Fig. 4 sind mit steigender Größe des Elementarparallelogramms sämtliche Flächen bis zu (540) vom fünften Grade der Komplikation eingetragen. Ganz entsprechend Fig. 3 gibt dann Fig. 5 eine Übersicht über die Größe der Elementarparallelogramme der verschiedenen Flächen durch die Senkrechten (gleich den Abständen ihrer Gitterpunkte), die daselbst auf pq in den entsprechenden Schnittpunkten errichtet sind. Die relative Länge dieser Senkrechten und die Art ihres Ansteigens hängt natürlich von dem Verhältnisse ab, welches man für die Punktabstände bei (100) und (010) zu Grunde legt, das Wesen der Sache wird davon nicht berührt.

In Fig. 5 tritt nun sehr deutlich und im Gegensatz zu Fig. 3 die Entwicklung der Flächen nach einer, dem Ganzen zu Grunde liegenden *primären Reihe* hervor. Als Ausgangsfläche funktioniert (100), als Zielfläche (010). Die Glieder der primären Reihe (110),

(120), (130) u. s. w. behalten zunächst eine sehr hohe Netzdichtigkeit, die erst etwa von (140) ab rascher sinkt. Dies zeigt die zuerst langsam, dann rasch und steil ansteigende Kurve, welche die Endpunkte der den Gliedern der primären Reihe (I) entsprechenden Normalen (Elementarparallelogramme = reziproke Netzdichtigkeiten) verbindet. In weiten Abständen von dieser Kurve verlaufen diejenigen für die sekundären, tertiären und α -quartären Flächen (II, III und IV α); außer ihnen sind noch zwei β -quartäre Flächen (IV β), sowie die beiden (510) und (540) von noch höherem Grade der Komplikation eingetragen. Ihre Netzdichtig-

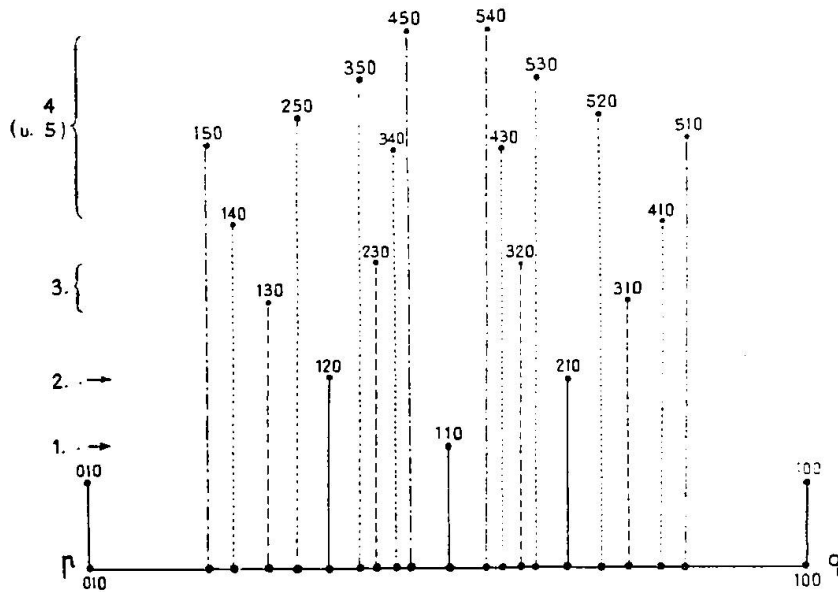


Fig. 3. Größe der Elementarparallelogramme der in Fig. 2 eingetragenen Flächen.

keit ist noch geringer als die der primären Fläche (190). Man sieht auch, daß die α -quartären Flächen weit größere Netzdichtigkeit besitzen als die β -quartären, daß ihr Auftreten demgemäß auch eher zu erwarten ist als das der letzteren (vergl. oben S. 360).

Durch horizontale Linien, welche durch die Endpunkte der Senkrechten für die einzelnen Glieder der primären Reihe gelegt werden, kann man von der Figur je einen untern Raum abschneiden, welcher die Senkrechten für alle Flächen umfaßt, deren Netzdichte größer als die der betreffenden primären Fläche ist, und deren gleichzeitiges Auftreten also zu erwarten oder bis zu einem gewissen Grade wahrscheinlich wäre. Immer aber ist zu beachten, daß sich eine solche Entwicklung der Flächen in jedem Falle nach dem Verhältnisse richtet, in welchem die Netzdichtigkeit der Ausgangsfläche zu derjenigen der Zielfläche steht. Unsere Fig. 5 liefert also nur ein ganz bestimmtes Beispiel. Bis (130) haben

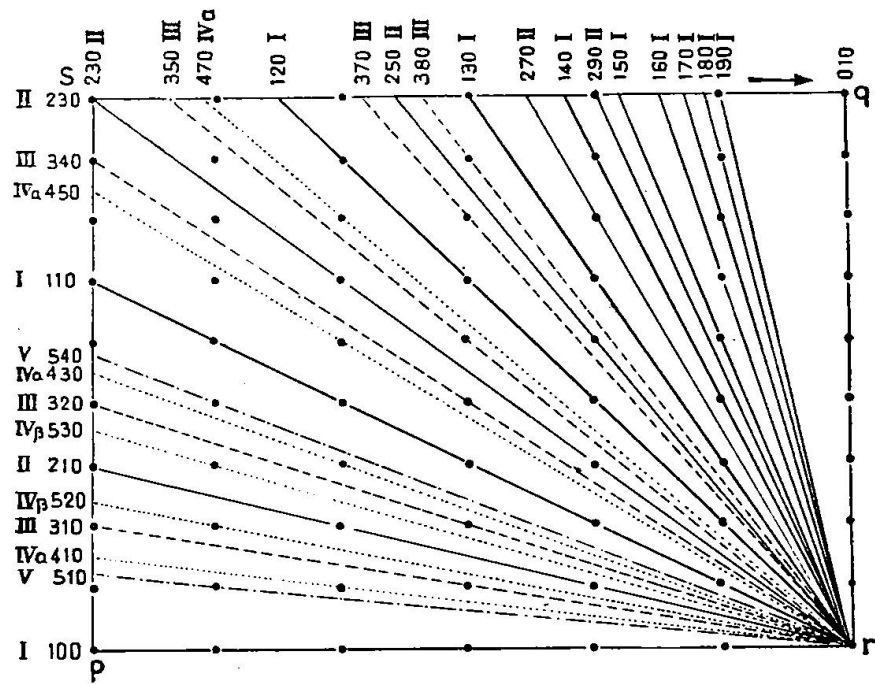


Fig. 4. (001)-Netzebene eines rhombischen Kristalls (analog Fig. 2).

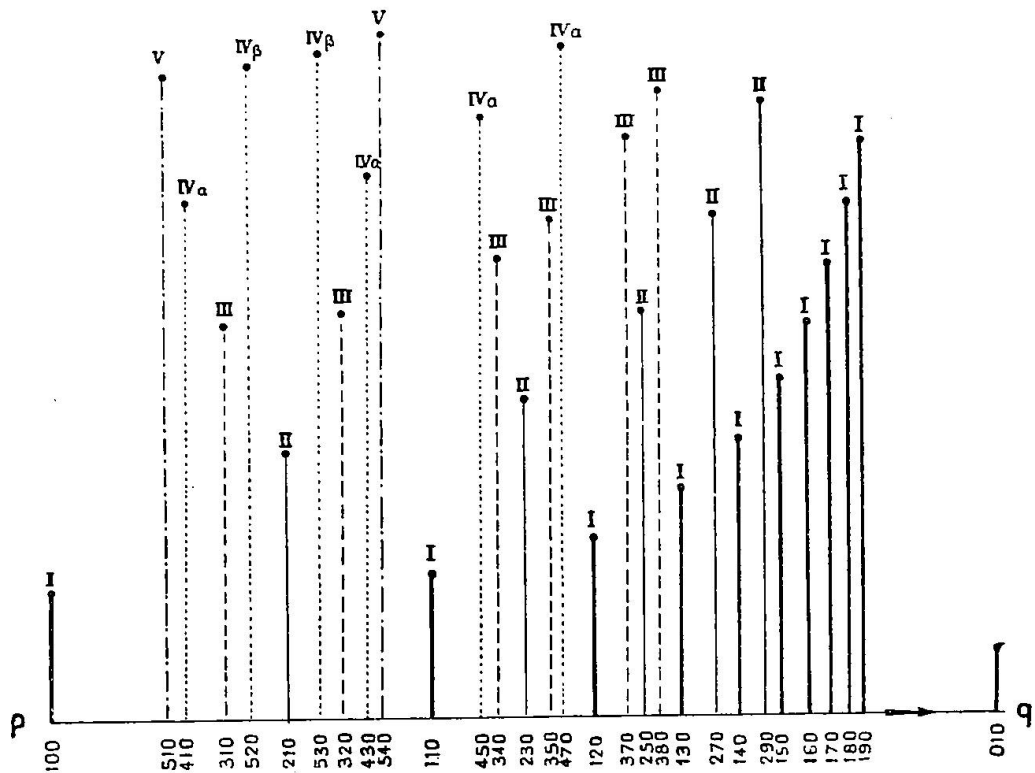


Fig. 5. Größe der Elementarparallelogramme der in Fig. 4 gezeichneten Flächen. Die römischen Ziffern bezeichnen wie dort die primären, sekundären usw. Flächen.

wir hier nur Glieder der primären Reihe. Nehmen wir (140) hinzu, so stellt sich zugleich die erste sekundäre Form (210) ein, welche

eine etwas größere Netzdichtigkeit als (140) besitzt. Geht die Entwicklung bis (150), so resultiert folgende, immer noch sehr einfache Reihe:

$$\begin{array}{cccccccc} \text{I} & \text{II} & \text{I} & \text{II} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} \\ (100) & (210) & (110) & (230) & (120) & (130) & (140) & (150) \dots (010). \end{array}$$

Eine höhere Komplikation stellt sich erst mit dem Auftreten von (170) ein, es erscheinen tertiäre Flächen:

$$\begin{array}{cccccccccccccccc} \text{I} & \text{III} & \text{II} & \text{III} & \text{I} & \text{II} & \text{I} & \text{II} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} \\ (100) & (310) & (210) & (320) & (110) & (230) & (120) & (250) & (130) & (140) & (150) & (160) & (170) \dots (010), \end{array}$$

während die Netzdichtigkeit von (190) die der ersten quartären Flächen nicht übertrifft und damit zu folgender Reihe führt:

$$\begin{array}{cccccccccccccccc} \text{I} & \text{IV}\alpha & \text{III} & \text{II} & \text{III} & \text{IV}\alpha & \text{I} & \text{III} & \text{II} & \text{III} & \text{I} & \text{II} & \text{I} \\ (100) & (410) & (310) & (210) & (320) & (430) & (110) & (340) & (230) & (350) & (120) & (250) & (130) \\ & & \text{II} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & & & & \\ & & (270) & (140) & (150) & (160) & (170) & (180) & (190) \dots (010). \end{array}$$

Weiteres ergibt sich leicht aus der Betrachtung der Fig. 5. Man bemerkt, daß im letzteren Falle Flächen $\text{IV}\beta$ oder gar V nicht mehr zu erwarten sind.

Dennoch ist nicht anzunehmen, daß die hier sich ergebenden Regeln, wenngleich im wesentlichen durch die Erfahrung bestätigt, von der Natur stets strikte befolgt werden, da uns die näheren Bedingungen der Ausbildung der einzelnen Flächen einer Zone noch nicht hinreichend bekannt sind, abgesehen von der Unvollständigkeit der bis jetzt gemachten Beobachtungen. Die obige Betrachtung soll zunächst nur zeigen, in wie nahen Zusammenhang man die Entwicklung der Flächen nach bestimmten Reihen mit der Vorstellung vom raumgitterartigen Bau der Kristalle bringen kann.

Bei einer bis zu einem gewissen Grade der Komplikation vollständig entwickelten Normalreihe geht das Symbol einer jeden Fläche durch Komplikation aus den Symbolen der beiden benachbarten Flächen hervor. Es ist nun bemerkenswert, daß, wenn man in einer solchen Reihe mit vollkommener Komplikation beliebig ein oder mehrere Glieder der *höchsten* Komplikationsstufe wegläßt, die Reihe dennoch jenen Charakter beibehält, wie folgendes Beispiel zeigt:

$$\begin{array}{l} (100) (410) (310) (520) (210) (530) (320) (430) (110) (340) (230) (350) (120) \\ \quad (250) (130) (140) (010), \\ (100) (410) (310) \text{ — } (210) (530) (320) \text{ — } (110) (340) (230) \text{ — } (120) \\ \quad (250) (130) \text{ — } (010). \end{array}$$

Hier sind von den acht Flächen fünfter Komplikation vier weggelassen, die Komplikation hingegen ist dadurch nicht gestört. Läßt man hingegen ein Glied einer *niedrigeren* Komplikation weg, so wird die die Reihe beherrschende Komplikation daselbst unterbrochen.

III. Flächenentwicklung bei verschiedenen Kristallen.

Im folgenden soll nun an einigen Beispielen aus verschiedenen Kristallsystemen die Verteilung der primären Reihen und eventuell der Normalreihen erörtert werden. Namentlich sind es die ersteren, welche als charakteristische Zonenstücke der betreffenden Kristalle besondere Beachtung verdienen. Die Figuren, welche dabei die bezüglichen Verhältnisse veranschaulichen sollen, sind meist gnomonische Projektionen auf eine Fläche der Grundform (111) bzw. (10 $\bar{1}$ 1). Der Vorteil, den eine solche Projektionsebene gegenüber gewissen anderen, namentlich den Pinakoidflächen, bietet, wurde schon oben erwähnt. Die einzelnen primären Reihen, soweit sie besonders häufig und ausgeprägt an den Kristallen auftreten, sind durch ausgezogene, mit einer Pfeilspitze versehene Linien dargestellt, beginnend bei der Ausgangsfläche und hinzeigend nach der Zielfläche. Andere Zonenstücke, die zwar ziemlich reich an Flächen sind, dabei aber mehr oder weniger Normalreihen entsprechen oder eine primäre Reihe (bei dem derzeitigen Stande der betreffenden Kenntnisse) nicht mit Sicherheit erkennen lassen, sind durch punktierte Linien dargestellt. Diese Figuren ermöglichen einen raschen Einblick in die Zonenentwicklung und Flächenverteilung der betreffenden Kristalle. Dadurch wird ferner ein Vergleich zwischen den verschiedenen Arten der Formentwicklung bei verschiedenen Körpern wesentlich erleichtert, was wieder zur Erkennung allgemeinerer Beziehungen und Gesetzmäßigkeiten führen kann.

1. Bleiglanz (Fig. 6).

Beim Bleiglanz strahlen reich entwickelte Zonenstücke von den Flächen des Oktaeders nach denen der Spaltungsform, des Würfels, aus. Man findet dort folgende Reihe mit (111) als Ausgangs- und (100) als Zielfläche:

	III	II	III	IV							II
(111)	(433)	(322)	(533)	(744)	(211)	(311)	(411)	(511)	(611)	(15.2.2)	(911)
			(10.1.1)	(11.1.1)	(12.1.1)	(13.1.1)	...				(100).

Wenngleich derselben noch gewisse Lücken und Ungleichheiten anhaften, so tritt doch die primäre Reihe mit anfänglich höherer Komplikation deutlich hervor.

Weniger reich entwickelt sind die Stücke zwischen Oktaeder und Dodekaeder mit (111) als Ausgangs- und (110) als Zielfläche. Dort trifft man:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{IV} & \text{IV} & & & \text{H} & & \\ (111) & (554) & (774) & (221) & (331) & (772) & (441) & (551) & (661) \dots (110). \end{array}$$

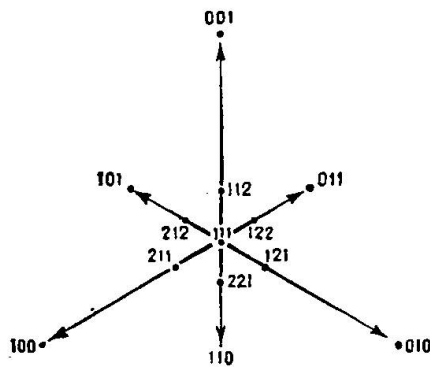


Fig. 6. Bleiglanz.

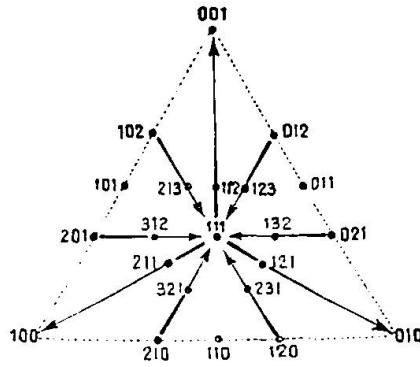


Fig. 7. Magnetit.

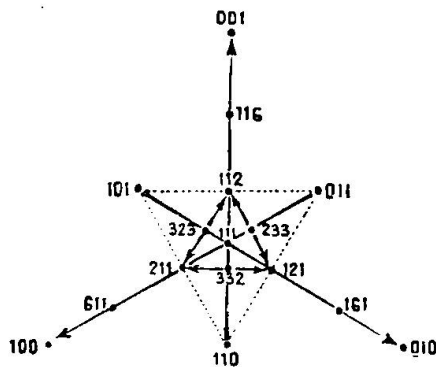


Fig. 8. Binnit (positiver Oktant).

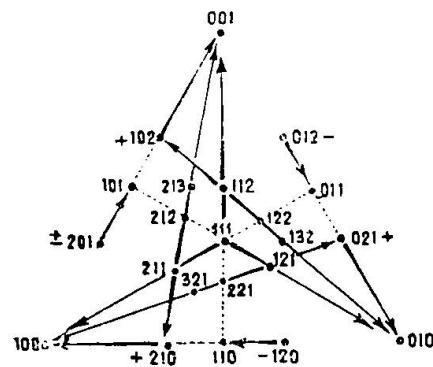


Fig. 9. Pyrit.

(554) und (774) sind vereinzelte quartäre Formen. Die außer den vorigen noch weiter angegebenen Flächen (10.10.9) und (40.40.1) dürfen wohl als vicinale betrachtet werden.

2. Magnetit (Fig. 7).

*Brugnatelli*⁷⁾ bemerkt am Schluß einer Abhandlung über flächenreiche Magnetitkristalle aus den Alpen: „Aus der sphärischen Projektion sämtlicher Formen des Magnetit geht hervor, daß dieselben sich besonders um das Oktaeder häufen und wenige

⁷⁾ Zeitschr. f. Krist. 14, 249.

derselben in der Nähe des Würfels und Dodekaëders liegen. Die erstere Form ist auch dadurch als das wichtigste Glied der Formenreihe ausgezeichnet, daß sie stets die beste Flächenbeschaffenheit zeigt und ihr auch die Spaltbarkeit der Kristalle parallel geht.“

Man hat deshalb im Magnetit eines der seltenen Beispiele dafür, daß sich Zonenstücke in Form primärer Reihen nach einer Oktaëderfläche hinziehen. So erscheinen hier mit (210) als Ausgangs- und (111) als Zielfläche:

$$\begin{array}{cccccccc} \text{I} & \text{II} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{II} & \\ (210) & (531) & (321) & (432) & (543) & (654) & (13.11.9) \dots & (111). \end{array}$$

Das letzte Glied stellt eine sekundäre Form dar, im übrigen ist die Entwicklung regelmäßig. Andererseits ziehen sich von (111) Zonenstücke nach den Würfelflächen, zwar etwas weniger regelmäßig gebaut, aber doch bestimmt mit einer zu Grunde liegenden primären Reihe:

$$\begin{array}{cccccccccccc} \text{I} & \text{II} & \text{III} & \text{I} & \text{IV} & \text{II} & \text{I} & \text{II} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} \\ (111) & (322) & (533) & (211) & (944) & (522) & (311) & (722) & (511) & (611) & (711) & (10.1.1) \dots (100). \end{array}$$

Schließlich werden neben (210) mehrere Tetrakishexaëder angegeben: (970), (530), (950), (310), (510), (15.1.0)?, welche wohl nur vereinzelt auftreten und sich nicht ungezwungen auf eine gesetzmäßige Entwicklung zurückführen lassen. Ihr Vorkommen ist deshalb in Fig. 6 nur durch Punktierung der Umrißlinien des Dreiecks angedeutet.

3. Binnit (Fig. 8, positiver Oktant).

Die Kristalle des hexakistetraëdrischen Binnits sind oft vortrefflich ausgebildet und zeigen gewöhnlich (100) und (110), ($\bar{1}\bar{1}1$) und — meist weniger gut — (111), ferner (211) glänzend und ($2\bar{1}1$) matt, endlich (321) und seltener (322). Auffallend häufig ist (611) in der manchmal recht flächenreichen Zone der positiven Triakistetraëder, von denen namentlich *Trechmann* eine lange Reihe bestimmte. Besonders interessant ist aber ein Kristall, welchen ich⁸⁾ beschrieb, weil seine Untersuchung dazu führte, den Grund für die auffallende Häufigkeit von (611) zu ermitteln. (611) ist nämlich ein Glied einer primären Reihe mit der sonst noch nicht beobachteten Indextdifferenz 6. An dem erwähnten Kristall erscheinen folgende Formen dieser primären Reihe:

$$(611) (12.1.1) (18.1.1) (24.1.1) (30.1.1).$$

⁸⁾ Zeitschr. f. Krist. 52, 580.

Nur zwischen (611) und (12.1.1) schiebt sich eine sekundäre Form $(911) = (18.2.2) = (611) + (12.1.1)$ ein, dann folgen auf (12.1.1) direkt die früher am Binnit noch nicht beobachteten (18.1.1), (24.1.1) und (30.1.1). Indessen scheint (611) doch nicht in Wirklichkeit das *erste* Glied, die *Ausgangsfläche* der ganzen Reihe zu sein, sondern letztere dürfte — bei der *Zielfläche* (100) — mit (011) beginnen, wenngleich in dem Stücke (011) — (611) wegen des Einschneidens anderer wichtiger Zonen keine ganz normale Entwicklung zu erwarten ist. Denkt man sich hier die Komplikation nur bis zum vierten Grade fortgesetzt und nimmt dabei keine Vereinfachung der Symbole vor (vergl. S. 361), so erhält man folgende Reihe:

$$\begin{array}{ccccccccccc} \text{I} & \text{IV} & \text{III} & \text{IV} & \text{II} & \text{IV} & \text{III} & \text{IV} & \text{I} & & \\ (011) & (644) & (633) & (12.5.5) & (622) & (18.5.5) & (12.3.3) & (18.4.4) & (611) & \dots & \\ = (322) & = (211) & & & = (311) & & = (411) & = (922) & & & \end{array}$$

Die Flächen dieser Reihe treten mit Ausnahme von (322) sämtlich an dem in Rede stehenden Kristalle auf. Daneben erscheinen in dieser Zone noch (944), (833), (17.6.6) und (29.10.10), wovon die erste auf eine Komplikation fünften, die zweite sogar auf eine solche sechsten Grades zurückzuführen wäre, während die beiden letzten wohl als Vicinalflächen zu (311) zu betrachten sind.

Was die Anzahl der Flächen der verschiedenen Formen, die an diesem Kristall gefunden wurden, betrifft, so entspricht sie so gut, wie es bei der Untersuchung eines *einzigsten* Kristalles möglich erscheint, der oben gegebenen Ableitung derselben bezw. dem Grade ihrer Komplikation.

Interessante Zonenstücke spannen sich noch zwischen je zwei Flächen des Triakistetraeders (211), z. B. zwischen (211) und (121), doch entsprechen dieselben keiner Normalreihe. Nimmt man vielmehr (332) als Ausgangsfläche, so erhält man eine doppelendige, symmetrische primäre Reihe mit den Zielflächen (211) und (121):

$$\begin{array}{c} \text{I} \\ (211) \dots (965) (754) (543) (332) (453) (574) (695) \dots (121). \end{array}$$

In den in Fig. 8 punktierten Stücken (101):(110) erscheinen (211), (312) und (734); für (734) ergibt sich dies aus der Zerlegung: $(734) = 4 (101) + 3 (110)$.

4. Pyrit (Fig. 9).

Das ziemlich komplizierte Bild der flächenreichsten Zonen des Pyrits zeigt, daß sich daselbst primäre Reihen nach den

Flächen des Würfels, Dodekaäders und Pyritoäders (210) hinziehen. Von (111) als Ausgangsfläche erstrecken sich solche Reihen nach (100):

$$\begin{array}{cccccccccccc} \text{I} & \text{V} & \text{III} & & \text{V} & & \text{II} & \text{IV} & \text{III} & \text{IV} & \text{V} & \text{I} & \text{V} & \text{IV} \\ (111) & (655) & (433) & (10.7.7) & (322) & (855) & (533) & (744) & (955) & (211) & (11.5.5) & (944) \\ & & \text{II} & \text{I} & \text{II} & \text{III} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & & & & \\ & & (522) & (311) & (722) & (11.3.3) & (411) & (511) & (711) & (911) & \dots & (100). \end{array}$$

Die Entwicklung ist unregelmäßig und manche Formen mögen auch noch nicht sichergestellt sein. Bei vier Formen erreicht die, anfangs sehr starke, aber ungleichmäßige Komplikation schon den fünften Grad. Erst gegen Schluß heben sich die primären Flächen deutlich ab.

Von (210) aus ziehen sich *positive* (linke) Pentagondodekaeder nach (100):

$$\begin{array}{cccccccccccc} \text{I} & & \text{V} & & \text{IV} & \text{II} & & \text{IV} & & \text{I} & & \text{III} & & \text{II} & \text{I} & \text{II} \\ (210) & (11.5.0) & (940) & (520) & (11.4.0) & (310) & (10.3.0) & (720) & (410) & (920) \\ & & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & & & & & & & \\ & & (510) & (610), & (710) & (810) & (910) & (10.1.0) & \dots & (100). \\ & & ? & & & & & & & & & & & & \end{array}$$

Der (wenn auch ziemlich unregelmäßige) Bau nach einer primären Reihe tritt deutlich hervor. Weniger ist dies in dem, in Fig. 9 deshalb nur punktierten Stück (210):(110) der Fall, während die zwischen (120) und (110) gelegenen *negativen* Pentagondodekaeder sehr bestimmt eine primäre Reihe erkennen lassen:

$$\begin{array}{cccccccccccc} \text{III} & & & & & & & & & \text{II} & & & & & \\ (120) & (470) & (230) & (340) & (450) & (560) & (670) & (13.15.0) & (780) & (890) & (10.11.0) & \dots & (110). \end{array}$$

Von den Zonenstücken der Dyakisdodekaeder sind in Fig. 9 eingetragen (211):(001) und (211):(210), wobei jedoch im ersteren die Dyakisdodekaeder erst mit (213) beginnen. Man hat daselbst namentlich folgende Flächen:

$$\begin{array}{cccccccccccc} \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{II} & \text{I} & \text{II} & & \text{I} & \text{I} & & & \\ (211) & (212) & (213) & (427) & (214) & (429) & \dots & (216) & (217) & \dots & (001), \\ & \text{I} & \text{II} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & & \text{I} & & & & \\ & (211) & (632) & (421) & (841) & (10.5.1) & (12.6.1) & \dots & (210). \end{array}$$

Die hier aufgeführten Dyakisdodekaeder sind sämtlich *positive* (linke). Indes ist daran zu erinnern, daß die Stellung der Dyakisdodekaeder wie auch der Pentagondodekaeder des Pyrits nur mit einem gewissen Vorbehalt angegeben werden kann, da ihre Bestimmung bis jetzt mehr eine konventionelle, als eine auf anderweitige Beobachtungen (z. B. der Ätzfiguren) gestützte definitive ist.

Überblickt man die in den Figuren 6—9 dargestellten Verhältnisse, so ergibt sich folgendes:

1. Als Ausgangsfläche eines Zonenstücks⁹⁾ mit zu Grunde liegender *primärer Reihe* fungiert:

(111) ... viermal	(110) ... einmal
(210) ... dreimal	(332) ... einmal
(211) ... zweimal	(100) ... keinmal

2. Als *Zielfläche* fungiert:

(100) ... sechsmal	(210) ... einmal
(110) ... zweimal	(111) ... einmal
(211) ... einmal	

Wie man sieht, ist für (111), (110) und (100) in den beiden Fällen die Reihenfolge gerade die umgekehrte, und auch im allgemeinen findet sich die oben (S. 358) ausgesprochene Regel bestätigt, daß sich die Zonenstücke mit primären Reihen von einer Fläche mit komplizierterem Symbol nach einer solchen mit einfacherem Symbol hinziehen.

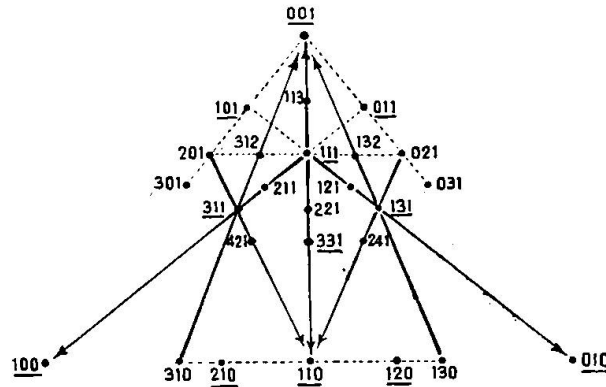


Fig. 10. Vesuvian.

Ein Blick auf die Figuren 6—9 zeigt ferner, daß sie alle wesentlich verschieden sind und im einzelnen charakteristische Merkmale aufweisen. Die hier gewählte Art der Darstellung gibt also in jedem einzelnen Falle außer einer klaren Übersicht über die besonders entwickelten Zonen und die wichtigsten Formen einen Einblick in die speziellen kristallographischen Eigentümlichkeiten der betreffenden Körper.¹⁰⁾

5. Vesuvian (Fig. 10).

Die oft flächenreichen Kristalle liefern ein interessantes Beispiel der tetragonal-holoëdrischen Formentwicklung. Dabei liegt

⁹⁾ Gleichartige Zonenstücke sind bei demselben Mineral nur einfach gezählt. Die Zahl der betr. Zonenstücke beträgt deshalb im ganzen 11.

¹⁰⁾ Diese Verschiedenheit als Verschiedenheit der maßgebenden chemischen *Bindungsrichtungen* im strukturellen Aufbau des Kristalls erkannt zu haben, ist eines der großen Verdienste von P. Niggli.

den einzelnen Zonenstücken mehrfach bestimmt eine primäre Reihe zu Grunde. Solche Stücke spannen sich nach den besonders häufigen (in der Figur unterstrichenen) Flächen von (001), (110) und (100) als Zielflächen.

Von (111) als Ausgangsfläche erstreckt sich zunächst je ein Zonenstück nach (001) und (110) mit folgenden Flächen:

IV III II
1) (111) (778) (445) (335) (112) (113) (114) (229) (115) (116) (117) (118)
(119) (1.1.10) ... (001),

II
2) (111) (885) (995) (221) (552) (331) (441)? (551) ... (110).

Abgesehen von den nur vereinzelt auftretenden oder als Vicinalflächen zu betrachtenden (778), (445), (885) und (995) ist der Bau dieser Zonenstücke einfach. Auffallend ist jedoch die besondere Häufigkeit von (113) gegenüber (112) im ersten und von (331) gegenüber (der ziemlich häufigen) (221) im zweiten Stücke. Ähnliches findet sich im Zonenstück (111):(100) (s. unten). Doch ist es zweifelhaft, ob deshalb in diesen primären Reihen die Indexdifferenz 2 anzunehmen sei, da die einer weiteren Komplikation entsprechenden Symbole nicht hierauf, sondern auf die Indexdifferenz 1 hindeuten. Jedenfalls liegt hier eine beachtenswerte Eigentümlichkeit der Flächenentwicklung des Vesuvians vor.

In dem dritten, von (111) ausgehenden Zonenstücke (111):(100) trifft man folgende Flächen, unter denen sich (311) und (511) gegenüber den benachbarten primären Formen durch größere Häufigkeit auszeichnen:

I IV I III I II I I I
(111) (544) (211) (833) (311) (722) (411) (511) (711) ... (100).

(544) und (833) sind nur von geringer Bedeutung, jedenfalls sehr seltene Formen; dasselbe gilt von (722). (711) ist unsicher.

Von (310) erstreckt sich ein Zonenstück nach (001) mit, wenn gleich unvollständiger, primärer Reihe, vielleicht auch von (311) mit der Indexdifferenz 2 ausgehend:

II
(310) (311) (312) (313) .. (629) (315) .. (319) ... (001),

sowie von (201) ein regelmäßig gebautes Stück nach (110):

I II I I I I
(201) (512) (311) (421) (531) (641) ... (110).

Weitere Zonenstücke sind in Fig. 10 nur punktiert, doch scheint sich von (001) und von (110) je eine primäre Reihe nach (100) zu ziehen. Andererseits könnte man im ersten Falle zwischen

(001) und (100) auch eine Normalreihe III annehmen, wie die hier auftretenden Flächen zeigen:

(001) (106) (102) (203) (101) (302) (201) (301) (100).

Doch spricht die größere Häufigkeit von (201) gegenüber (102) mehr für eine primäre Reihe, wobei (201) ein Glied derselben, (102) aber eine sekundäre Fläche wäre.

An einem, nicht ringsum ausgebildeten Kristall vom Vesuv fand ich in der Zone der Protopyramiden:

(110)	mit 2 Flächen	(114) ¹¹⁾	mit 2 Flächen
(331)	„ 1 „	(117)	„ 4 „
(111)	„ 4 „	(119)	„ 1 „
(113)	„ 5 „	(001)	„ 2 „

während z. B. (221) und (112) nicht angetroffen wurden. Dieses Ergebnis deutet wieder auf die Indexdifferenz 2 in den primären Reihen dieser Zone hin. Es wäre von Interesse, an geeignetem Material weitere Beobachtungen in dieser Richtung anzustellen.

6. Anatas (Fig. 11).

Eine reichere Entwicklung weist hier nur die Zone der Protopyramiden auf.¹²⁾ Neben der Pyramide (111), welche auch oft allein auftritt, erscheint sehr häufig (113) und zwar oft mit besonders gut ausgebildeten Flächen. (113) ist häufiger als (112), ferner (117) häufiger als (114), (119) häufiger als (118), (335) häufiger als (223). Diese Verhältnisse führen zur Annahme einer primären Reihe zwischen (111) und (001) mit der Indexdifferenz 2. Daneben kann man, entsprechend dem Auftreten von (331) und (551), eine solche Reihe mit der gleichen Indexdifferenz annehmen, welche sich von (111) nach (110) hinzieht. Doch liegt eine gewisse Schwierigkeit in dem Umstande, daß (221) wesentlich häufiger beobachtet wird, als die primär aufzufassende Pyramide (331); wenigstens gilt dies für die Binnentaler Kristalle. Andererseits erscheint im Zonenstück (111):(001) die Pyramide (115) im Gegensatz zu den sehr häufigen (111), (113) und (117)

¹¹⁾ Nur annähernd stimmende Messung.

¹²⁾ Am flächenreichsten sind bekanntlich die Anataskristalle des Binnentals, an welchen Verf. vorzugsweise Material für flächengenetische Betrachtungen sammelte (s. Zeitschr. f. Krist. 24, 55 und Zentralblatt für Mineralogie etc. 1903, 671). Vergl. auch die später erschienene Abhandlung von *M. Henglein* „Über Kristallformen des Anatas“ (Verhandl. des naturhist. Vereins zu Heidelberg. N. F. X, Heft 1). Die gründliche Studie von *R. L. Parker* (Zeitschr. f. Krist. 58, 522) in den folgenden Ausführungen noch zu verwerten, war unmöglich.

seltener und meist nicht gut ausgebildet, wenn auch immer noch etwas häufiger als (114) und (116). Solche Eigentümlichkeiten innerhalb sonst anscheinend nach einer bestimmten Regel gebauter Zonen verdienen aufmerksame Beachtung.

Zwischen (111) und (110) fand man nur

$$\begin{array}{ccccccc} \text{III} & \text{IV} & \text{II} & \text{I} & \text{III} & & \text{I} \\ (332), (553), (221), (331), (11.11.3),^{13)} & (551), \end{array}$$

welche für den Fall, daß man hier eine primäre Reihe mit den Gliedern (111), (331), (551) annehmen will, den beigefügten Grad der Komplikation besitzen. (15.15.8), von Brezina angegeben, bedarf wohl noch der Bestätigung.

Weit wichtiger ist das Zonenstück (111):(001) mit (111) als Ausgangs- und (001) als Zielfläche. Mit Ausnahme der zur Ergänzung beigefügten (3.3.11) erscheinen darin folgende sicher beobachtete Flächen:

$$\begin{array}{cccccccccccc} \text{I} & \text{IV}\alpha & \text{III} & \text{IV}\beta & \text{II} & \text{IV}\beta & \text{III} & \text{IV}\alpha & \text{I} & \text{IV}\alpha & \text{III} \\ (111) & (446) & (335) & (559) & (224) & (5.5.11) & (337) & (4.4.10) & (113) & (4.4.14) & [(3.3.11)] \\ = (223) & & & & = (112) & & & = (225) & & = (227) & \\ 88 & 2,4 & 8,3 & 0,4 & 9 & 0,4 & 2 & 2,4 & 22 & 0,8 & - \\ & & & & & & & & & & \\ & \text{IV}\beta & \text{II} & \text{IV}\alpha & \text{I} & \text{II} & \text{I} & \text{II} & \text{I} & & \\ (5.5.19) & (228) & (4.4.18) & (115) & (2.2.12) & (117) & (2.2.16) & (119) & \dots & (001) \\ & = (114) & = (229) & & = (116) & & = (118) & & & & \\ - & 4 & 0,8 & 11,5 & 3 & 25,5 & 0,8 & 2 & & & \end{array}$$

Als Glieder der primären Reihe erscheinen also hier (111), (113), (115), (117) und (119); zwischen ihnen entwickeln sich die anderen Flächen durch höhere oder geringere Komplikation. Unter die Symbole sind die Zahlen gesetzt, die *Henglein* als die prozentischen Häufigkeitszahlen der betreffenden Flächen ermittelte. Diese Zahlen wurden aus einer Übersicht aller 251 von den verschiedenen Beobachtern gefundenen Kombinationen des Anatas nach der prozentischen Beteiligung der einzelnen Formen an denselben abgeleitet. Soweit diese Ermittlungen reichen, hat man hiernach für die primären Flächen die Häufigkeitsgrade 88; 22; 11,5; 25,5; 2 — für die sekundären 9; 4; 3; 0,8 — für die tertiären 8; 3; 2 — für die α -quartären 2,4; 2,4; 0,8; 0,8 — für die β -quar-

¹³⁾ Wenn *Henglein* (l. c., S. 41) hinsichtlich dieser, vom Vrf. zuerst am binentaler Anatas beobachteten Form bemerkt: „Die Form liegt der wahrscheinlicheren (441), die jedoch noch nicht beobachtet wurde, nahe ((110):(441) berechnet = 5°4′). Sie bedarf noch der Bestätigung; wahrscheinlich ist sie eine Vicinale“, so sind dem die beiden *guten*, vom Verf. gemachten Messungen entgegenzuhalten, welche ergaben: (110):(11.11.3) = 6°14′ und (111):(11.11.3) = 15°30½′ (berechnet: 6°11½′ und 15°30¼′). Hiernach ergibt sich kein Grund, an der Bestimmung von (11.11.3) als sicherer Form zu zweifeln.

tiären 0,4; 0,4. Diese Zahlen stimmen im ganzen gut mit der hier angenommenen Entwicklung der Flächen bezw. ihrem Grade der Komplikation überein.

Gewisses Interesse bietet noch die freilich wenig gut gebildete (5.5.19). Sie wurde zwar früher von C. Klein und mir nur als eine Vorstufe resp. vicinale Fläche zu (114) betrachtet — (5.5.19): $(114) = 1^\circ 20\frac{1}{4}'$ —, doch dürfte nun, da das Symbol durch Komplikation ziemlich einfach abzuleiten ist, die Selbständigkeit

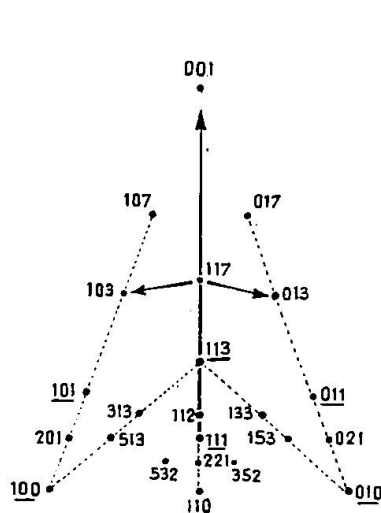


Fig. 11. Anatas.

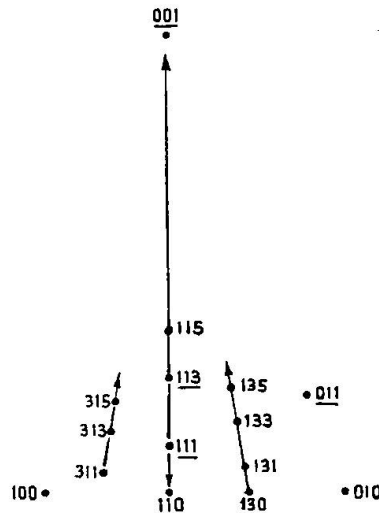


Fig. 12. Schwefel.

dieser Pyramide wahrscheinlicher sein. Dafür spricht auch das Symbol der von v. Groth und mir beobachteten Deuteropyramide (5.0.19), sowie das der ditetragonalen Pyramide (5.1.19), welche oft mit vortrefflich spiegelnden, sehr genaue Messungen ermöglichenden Flächen erscheint.¹⁴⁾

Wie man bemerkt, bilden die oben aufgeführten Flächen von (111) bis (113) eine vollständige Goldschmidt'sche Normalreihe III. Dennoch ist dieses Stück nur als ein Teil des ganzen, von (111) nach (001) verlaufenden, von einer primären Reihe beherrschten Zonenstückes zu betrachten.

Außer der besprochenen Zone sind noch von Interesse die kurzen Zonenstücke, welche sich von (117) — Ausgangsfläche — nach der Deuteropyramide (103) — Zielfläche — spannen:

(117) (2.1.10) (3.1.13) (4.1.16) (5.1.19) ... (103).

Man könnte diese Reihe auch mit (014) beginnen lassen, doch erscheint dies weniger natürlich, weil der Winkelabstand (014):(117) gegenüber den folgenden Abständen unverhältnismäßig groß ist.

¹⁴⁾ Vergl. die Abhandlung des Verf. Zeitschr. f. Krist. 24, 572.

Zwischen (100) und (107) treten zahlreiche Deuteropyramiden von im allgemeinen geringer Häufigkeit auf; am häufigsten ist (101). Vielleicht liegt denselben zwischen (101) und (100) eine primäre Reihe mit (101), (201), (301), (401), zwischen (101) und (001) eine solche mit (101), (103), (104), (105), (107) zu Grunde. Doch ist (301) häufiger als (201) und (107) häufiger als (104) und (105). Von (113) aus ist eine primäre Reihe mit (313) und (513) angedeutet, die sich nach (100) hin erstreckt.

7. Schwefel (Fig. 12).

Der rhombische Schwefel¹⁵⁾ liefert (wie Anatas) ein schönes Beispiel der Flächenentwicklung nach einer primären Reihe mit der Indexdifferenz 2. Dies gilt namentlich von dem Zonenstück der Protopyramiden von (111) bis (001), welches folgende Formen aufweist:

$$\begin{array}{cccccccccccc}
 \text{I} & \text{III} & \text{II} & \text{III} & \text{I} & \text{II} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & & & \\
 (111) & (335) & (224) & (337) & (113) & (228) & (115) & (117) & (119) & \dots & (001) & ^{16)} \\
 & & =_{(112)} & & & =_{(114)} & & & & & & \\
 20 & 2 & 16 & 1 & 20 & 4 & 17 & 8 & 4 & & &
 \end{array}$$

Die Entwicklung ist eine sehr regelmäßige, und auch die Häufigkeit der einzelnen Formen entspricht der erwähnten Auffassung. Die unter die einzelnen Symbole gesetzten Häufigkeitsziffern geben von 20 daraufhin geprüften Fundorten die Zahl derjenigen an, an denen die betreffende Form beobachtet wurde. Verf.¹⁷⁾ maß mehrere Schwefelkristalle von Milo und fand daran ausnahmslos in ununterbrochener Reihe (111), (112), (113), (115), (117), (001).

Auch in dem zweiten, kürzeren Stücke dieser Zone (111): (110) kann man eine primäre Reihe annehmen:

$$\begin{array}{cccc}
 \text{I} & \text{II} & \text{I} & \text{I} \\
 (111) & (442) & (331) & (551) \dots (110) \\
 & =_{(221)} & &
 \end{array}$$

Die sehr seltene (553) ist nicht aufgeführt; sie würde als tertiäre Fläche zwischen (111) und (221) resp. (442) ihren Platz finden.

Ebenso wie (111):(001) zeigen endlich zwei weitere, nach (001) strahlende Zonenstücke des Schwefels eine primäre Reihe mit der Indexdifferenz 2. So findet man: (311) (313) (315) ...

¹⁵⁾ Die wegweisende Arbeit von *P. Niggli*: „Kristallisation und Morphologie des rhombischen Schwefels“ konnte hier leider nicht berücksichtigt werden (Zeitschr. f. Krist. 58, 490).

¹⁶⁾ *A. Simek* führt noch eine weitere (sekundäre) Protopyramide (116) an, welche er an Kristallen von Kostajnik in Serbien beobachtete (Abh. d. böhm. Akad. 1909, Nr. 28).

¹⁷⁾ Zentralblatt für Mineralogie etc. 1903, 668—671.

(001) und (131) (133) (135) ... (001). Nimmt man im letzteren Falle eine zwischen (131) und $(1\bar{3}1)$ sich spannende doppelendige symmetrische Reihe an, so wird die Prismenfläche (130) zu einer, durch Komplikation aus den beiden genannten abgeleiteten, sekundären Fläche, und man erhält:

$$(001) \dots \overset{I}{(135)} \overset{I}{(133)} \overset{I}{(131)} \overset{II}{(260)} \overset{I}{(1\bar{3}1)} \overset{I}{(1\bar{3}3)} \overset{I}{(1\bar{3}5)} \dots (00\bar{1}).$$

$\quad \quad \quad = (130)$

8. Beryllonit (Fig. 13).

Der Beryllonit, Na Be P O_4 , zuerst von *E. S. Dana* und *H. L. Wells*¹⁸⁾ beschrieben, kristallisiert rhombisch ($a:b:c = 0,5724:1:0,5490$) mit großer Annäherung des Prismenwinkels an das hexagonale System ($(110):(1\bar{1}0) = 59^\circ 34'$) und Zwillingsbildung nach (110). Zugleich liegt im Winkel $(101):(100) = 46^\circ 12'$ eine Annäherung an das tetragonale System (mit (010) als Basis). Nach (001) ist er sehr vollkommen spaltbar. Entsprechend dem, dem

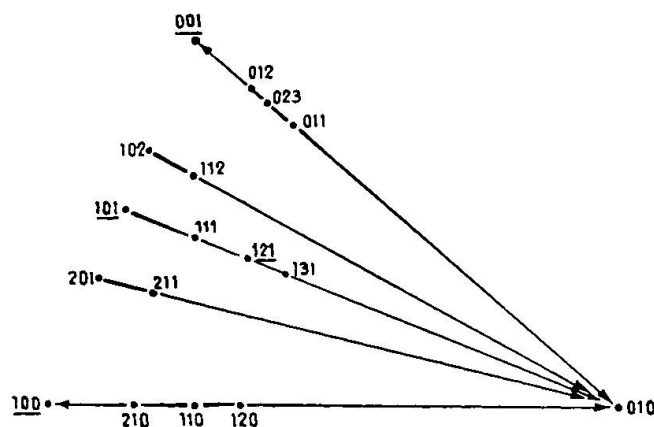


Fig. 13. Beryllonit.

hexagonalen System nahekommenden Prismenwinkel wäre hier, wie bei echt pseudohexagonalen Kristallen (z. B. von Stephanit) ein besonderes Hervortreten von (130) und (131) gegenüber (120) und (121) zu erwarten. Die Entwicklung der Flächen zeigt jedoch keine derartige Tendenz.

Während die flächenarme Zone $(100):(001)$ eine Normalreihe II darstellt, sind die beiden anderen Grundzonen $(100):(010)$ und $(001):(010)$ flächenreicher und zerfallen von (110) und (011) aus in je zwei primäre Reihen mit schwacher Komplikation. Ihre Zielflächen sind (100), (010) und (001):

¹⁸⁾ Zeitschr. f. Kristallographie, 15, 275.

$$\begin{array}{l}
 \text{II} \\
 \left\{ \begin{array}{l} (110) (320) (210) (310) (410) \dots (100) \\ \text{II} \\ (110) (230) (120) (130) (140) (150) (160) \dots (010); \end{array} \right. \\
 \text{II} \\
 \left\{ \begin{array}{l} (011) (023) (012) (013) (014) \dots (001) \\ \text{II} \\ (011) (032) (021) (031) (041) (051) (061) \dots (010). \end{array} \right.
 \end{array}$$

In beiden Paaren treten genau entsprechende Flächen auf.

Von den Diagonalzonen ist (101):(010) am flächenreichsten; sie zeigt

$$\begin{array}{c}
 \text{II} \qquad \qquad \text{II} \\
 (101) (212) (111) (232) (121) (131) (141) (151) (161) \dots (010),
 \end{array}$$

also auch hier eine deutliche primäre Reihe mit einfacher Komplikation. Hieran schließen sich zwei andere Reihen an, einmal die kurze (201) (211) (221) (231), dann die mit selteneren Flächen besetzte, aber an den Kristallen, wie es scheint, als ausgebildetes Zonenstück nicht hervortretende Reihe (102) (112) (122) (132) (142), für welche gleichfalls (010) Zielfläche ist. Weitere Zonen scheinen an den Kristallen des Beryllonits keine besondere Rolle zu spielen.

Wie man sieht, wird die ganze Flächenentwicklung dieses Minerals im wesentlichen von primären Reihen [insbesondere mit der Zielfläche (010)] beherrscht.

9. Aragonit (Fig. 14), Strontianit (Fig. 15), Cerussit (Fig. 16).

Aragonit. Derselbe nähert sich im Prismenwinkel, zuweilen auch im Habitus der Kristalle dem hexagonalen System; seine Zwillingsbildung nach (110) wirkt in gleichem Sinne. Dennoch kann er nicht in dem Grade wie etwa Stephanit oder Jordanit als pseudo-hexagonal bezeichnet werden, da bei ihm eine stärkere Entwicklung der Zone (130):(001) im Gegensatz zur Zone (120):(001) nicht stattfindet, letztere im Gegenteil hier gerade sehr flächenreich ist.

Von den Grundzonen zeigt nur (001):(010) eine stärkere Entwicklung, entsprechend der großen Häufigkeit dieser beiden Pinakoide. Man findet dort:

$$\begin{array}{cccccccccccccccc}
 \text{I} & \text{III} & \text{II} & \text{I} & \text{III} & \text{II} & \text{I} & \text{III} & \text{II} & \text{I} & \text{II} & \text{I} & \text{I} \\
 (001) & (013) & (012) & (011) & (043) & (032) & (021) & (073) & (052) & (031) & (072) & (041) & (051) \\
 & & & & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & & & & & \\
 & & & & (061) & (071) & (081) & (091) & \dots & (010).
 \end{array}$$

Die Entwicklung nach einer primären Reihe mit dem häufigsten

Pinakoid als Zielfläche ist zwar gut erkennbar, indes keine ganz regelmäßige. Es fehlen an tertiären Flächen (023) — beim isomorphen Strontianit beobachtet —, (053) und (083). Die Komplikation ist hingegen insofern vollkommen, als jedes Symbol aus den beiden benachbarten Symbolen erhalten wird. Zu den relativ häufigeren Flächen dieser Zone gehören außer (011), (012) und (021) noch (032), (031), (061).

Die anderen Grundzonen (100):(010) und (100):(001) sind nur sehr schwach entwickelt; sie zeigen namentlich (430) und (570), sowie (201), (304) und (102).

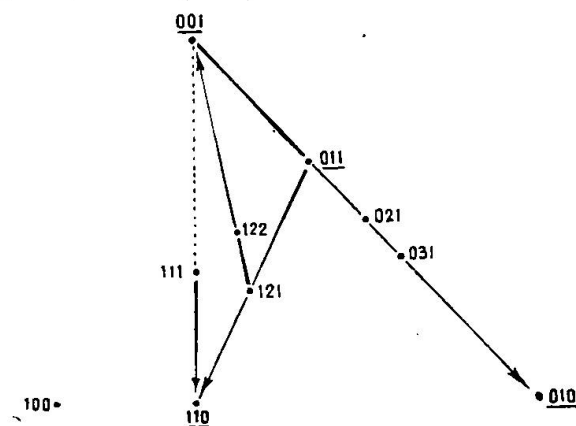


Fig. 14. Aragonit.

Auch die Diagonalzonen (100):(011) und (101):(010) sind flächenarm; reicher ist die Entwicklung in der Protopyramidenzone, besonders in dem Stücke (111):(110), welches — ergänzt durch die am Strontianit beobachtete (221) — hauptsächlich folgende Flächen aufweist:

II
(111)(332)[(221)](331)(441)(551)(661)(771)(881)(991)(10.10.1)...(110)

Hier wie auch im flächenreichen Zonenstück (121):(001) tritt sehr bestimmt eine primäre Reihe auf:

II
(121)(243)(122)(123)(124)(125)(126)...(001).

Endlich ist das Stück (011):(110) zu erwähnen mit den Flächen:

II
(011)(132)(121)(231)(341)...(561)...(110);

(451) wurde noch nicht beobachtet. Die primäre Reihe spannt sich von der Ausgangsfläche (011) von geringerer Intensität nach der Zielfläche (110) von größerer Intensität.

Strontianit. Im Gegensatz zum formenreicheren Aragonit liegen die Flächen des Strontianits fast ausschließlich in der Grundzone

(001):(010) und der Diagonalzone (110):(001). In ersterer erscheinen bei deutlich hervortretender primärer Reihe:

II III II

(001)(012)(023)(011)(032)(021)(031)(041)(051)(061)(071)(081)...(010).

Die Entwicklung ist fast ganz regelmäßig.

Die Diagonalzone (110):(001) zerfällt von (111) aus in zwei Stücke, von denen sich das eine nach (110), das andere nach (001) hinzieht:

II

(111)(332)(221)(331)(441)(661)(881)...(110),

IV

(111)(445)(112)(113)(115)...(001).

Einzelne Glieder der betreffenden primären Reihen fehlen, doch wurden dieselben am (isomorphen) Aragonit beobachtet. Beide Zonenstücke bilden zusammen eine doppelendige unsymmetrische Reihe (Ausgangsfläche (111)).

Cerussit. Hier (ebenso wie beim Strontianit und dem flächenarmen, deshalb nicht besonders besprochenen Witherit) nähert sich der Prismenwinkel (110):(110) noch mehr als beim Aragonit dem Werte 60° bzw. 120°. Auch weisen die Kristalle sehr gewöhnlich *Drillingsbildung* nach (110) auf. Im Einklang hiermit erscheinen in der Zone (130):(001) noch (131), (133) und (134), sowie (394), während der Aragonit nur (132) und (133) zeigt. Andererseits ist bei letzterem die Zone (121):(001) stärker entwickelt, während sich beim Cerussit dort nur (120), (121) und (122) finden. Der Cerussit weist also im ganzen eine ausgeprägter pseudo-hexagonale Entwicklung auf. Sehr flächenreich ist auch hier die Grundzone (001):(010). Darin erscheinen:

III II III II II

(001)(016)(013)(012)(023)(011)(087)(076)(032)(021)(052)(031)(041)

(051)(061)(071)(081)(091)(0.10.1)...(010).

Abgesehen von (016) und den vielleicht vicinalen (087) und (076) tritt die Entwicklung nach einer primären Reihe sehr schön hervor.

Auch in der Grundzone (100):(001) zeigt sich beim Cerussit (im Gegensatz zu Aragonit und Strontianit) ein größerer Flächenreichtum mit primärer Reihe:

II III

(100)(201)(302)(101)(102)(103)(104)(105)...(001).

Während in der Zone der Protopyramiden das Stück (111):(001) noch eine primäre Reihe mit (111)(112)(113)(114) er-

kennen läßt, weist das andere $(111):(110)$ außer diesen beiden Flächen nur noch (221) und (331) auf.¹⁹⁾

Die Diagonalzonen $(011):(100)$ und $(101):(010)$ — in Fig. 16 punktiert — zeigen ziemlich viele Flächen, so (133) , (122) , (322) , (211) , (311) und (313) , (323) , (121) , (131) . Das Zonenstück $(011):(100)$ kommt einer Normalreihe III sehr nahe, indem sich die angegebenen Flächen in folgender Weise gruppieren: (011) (133) (122) (111) — (211) (311) (100) .

Vergleicht man die Figuren 14—16, so bemerkt man in der Grundzone $(001):(010)$ eine vollkommene Analogie, eine teilweise in der Diagonalzone $(110):(001)$, wobei Strontianit gleichsam

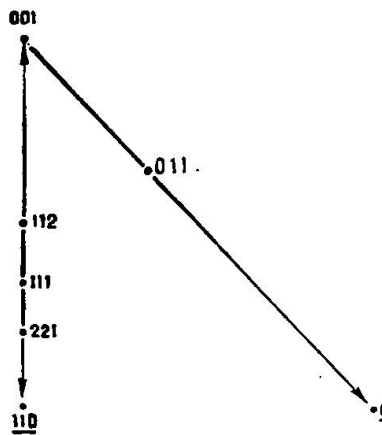


Fig. 15. Strontianit

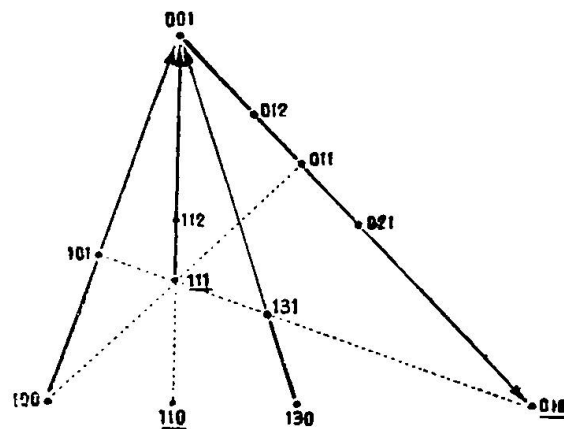


Fig. 16. Cerussit.

zwischen Aragonit und Cerussit vermittelt. Im Gegensatz zu den einfacheren Verhältnissen beim Strontianit sind dann noch charakteristisch: für Aragonit die Stücke $(011):(110)$ und $(121):(001)$, für Cerussit $(100):(001)$ und $(130):(001)$. Als Zielflächen der betreffenden primären Reihen fungieren im ganzen nur (001) , (010) und (110) .

10. Baryt (Fig. 17), Cölestin (Fig. 18), Anglesit (Fig. 19).

Baryt. Alle drei Grundzonen sind flächenreich und lassen mehrfach primäre Reihen erkennen. So zerfällt $(100):(010)$ in $(110):(100)$ und $(110):(010)$ mit den Flächen:

IV III II III IV
 (110) (540) (430) (320) (530) (740) (210) (310) (410) (610) (710) ... (100) ;
 IV IV II III III II
 (110) (450) (570) (230) (350) (120) (370) (250) (130) (140) (150) (170) ... (010) .

¹⁹⁾ Mügge (N. Jahrb. f. Min. etc. 1882, 2, 39) gibt noch $(14.14.1)$ an.

(250) ist wohl noch zweifelhaft. Die Entwicklung ist zwar nicht sehr regelmäßig, entspricht aber doch am besten der gegebenen Deutung.

In der Zone (001):(010) zieht sich eine primäre Reihe von (011) nach (010) hin:

$$\begin{array}{ccccccccccc} \text{I} & \text{IV} & \text{II} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & & \text{I} & & \\ (011) & (054) & (032) & (021) & (031) & (041) & (051) & - & (071) & \dots & (010), \end{array}$$

in der Zone (001):(100) eine solche von der häufigen (102) nach (001):

$$\begin{array}{ccccccccccccccc} \text{I} & \text{III} & \text{II} & \text{III} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & & & \\ (102) & (307) & (205) & (308) & (103) & (104) & (105) & (106) & (107) & (108) & (109) & \dots & (001) \end{array}$$

Ob der Ausgang dieses Zonenstücks vielleicht zurück bis auf (100) zu verlegen sei — zwischen (100) und (102) treten als sichere Formen auf (201), (302), (101), (405), (304), (203), (508) — ist ungewiß. *Dagegen* spricht der Umstand, daß beim isomorphen Anglesit das Stück (100):(102) flächenleer ist, man also dort mit (102) beginnen wird. Auffallend ist auch die große Häufigkeit von (102) gegenüber (101) und die ziemlich große von (104) gegenüber (103).²⁰⁾ Dennoch erscheint es ratsam, in der primären Reihe zunächst die Indexdifferenz 1 statt 2 anzunehmen. Die Lösung der hier vorliegenden Schwierigkeit ist wohl erst von umfassenderen statistischen Ermittlungen betr. Häufigkeit der einzelnen Flächen der Reihe zu erwarten.

In den Diagonalzonen tritt von (111) aus mehrfach sehr deutlich eine Entwicklung nach primären Reihen auf, so nach (001), (011), (010) und (101), während über die Anordnung der Flächen zwischen (111) und (110) bzw. (100) wegen der geringen Zahl derselben vorläufig nichts sicheres auszusagen ist. In den erstgenannten vier Zonenstücken hat man folgende Flächen:

²⁰⁾ Daß (104) häufiger ist als (103) zeigen nach den Beobachtungen von *Grünling*, *Scharizer* und dem Verfasser sehr deutlich die im weißen Dolomit des Binnentals vorkommenden, meist kleinen, aber oft sehr gut ausgebildeten Kristalle. Dieselben weisen manchmal von Makrodomen nur (102) und (104) auf, nicht selten tritt außer (101) noch (106) hinzu. Nur ganz vereinzelt beobachtet man (103). So zeigte ein nach der Achse b gestreckter bläulichweißer Kristall (100), (101), (102), (104), (001) mit *allen* Flächen, während (103) davon nur mit *einer* sehr schmalen Fläche vertreten war (gemessen: (001):(103) = 28° 17', berechnet: 28° 14'). Ein anderer, farbloser, nach der Achse a gestreckter Kristall wies gut entwickelt (102), (104) und (106) auf, hingegen nur eine wenig gute Fläche von (103) und eine schmale von (108) (gemessen: (001):(108) = 11° 32', berechnet: 11° 23'). Vergl. auch *H. Baumhauer* und *C. O. Trechmann* „Neue Beobachtungen an Baryt des Binnentals“ (Zeitschr. f. Kristallographie, 44, 609).

- 1) $\begin{matrix} \text{I} & \text{III} & \text{II} & \text{III} & \text{I} & \text{III} & \text{II} & \text{I} & \text{II} & \text{I} & \text{I} & \text{I} \\ (111) & (334) & (223) & (335) & (112) & (337) & (225) & (113) & (227) & (114) & (115) & (116) \\ & & & \text{I} & \text{I} & \text{I} & & & & & & \\ & & & (117) & (118) & (119) & \dots & (001). \end{matrix}$

Hiervon sind (225) und (337) noch nicht definitiv sichergestellt.

Bei dem Binnentaler Vorkommen wurden (111), (112), (113), (114), (115) zusammen an *einem* Kristall beobachtet. Verf. fand dazu an sehr kleinen Kristallen (116).

- 2) $\begin{matrix} \text{I} & \text{III} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} \\ (111) & (355) & (122) & (133) & (144) & (155) & (166) & (177) & (188) \dots (011). \end{matrix}$
- 3) (111) (121) (131) (141) (151) ... (010).
- 4) (111) (212) (313) (414) ... (101).

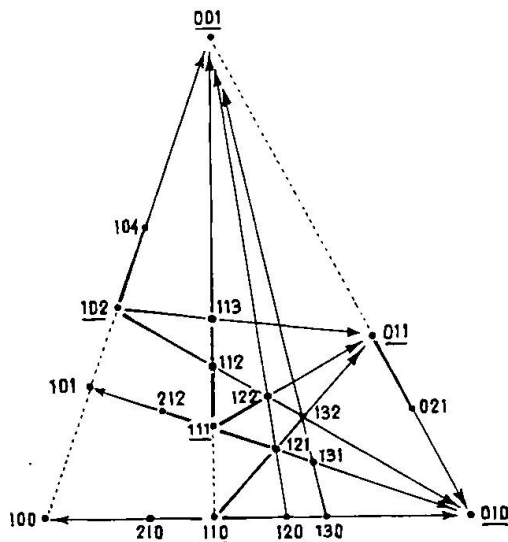


Fig. 17. Baryt.

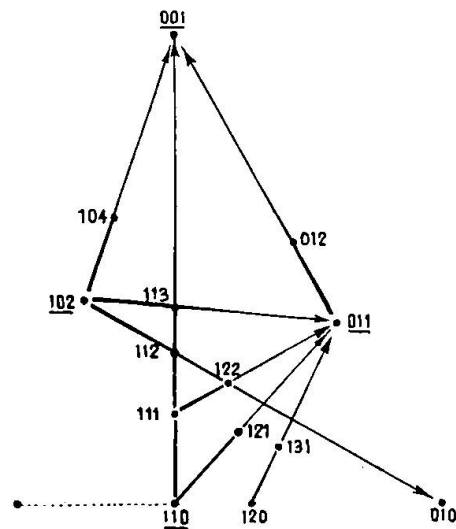


Fig. 18. Cölestin.

Weitere Zonenstücke mit deutlicher primärer Reihe spannen sich von den Prismenflächen (120) und (130), etwas weniger flächenreiche von (140) und (150) nach (001):

$$\begin{matrix} \text{III} & \text{III} \\ (120) & (362) & (121) & (364) & (122) & (123) & (124) \dots (128) \dots (001), \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} \text{II} \\ (130) & (131) & (132) & (133) & (267) \dots (135) & (136) & (137) \dots (001). \end{matrix}$$

Ebenso erscheinen primäre Reihen zwischen (102) und (011), sowie zwischen (102) und (010):

$$(102) (113) (124) (135) (146) (157) (168) \dots (011),$$

$$(102) (112) (122) (132) (142) (152) \dots (010).$$

Infolge mehrfacher Durchkreuzung der zahlreichen Zonenstücke er-

gibt sich natürlich außerdem noch wiederholt die Möglichkeit, weitere primäre Reihen aus einer Projektion der Barytformen abzulesen. Ein Beispiel liefert das Stück (110):(011).

Wie Fig. 17 zeigt, fungieren als Ausgangsflächen hauptsächlich (111), (102) und (110), als Zielflächen namentlich (001), (011) und (010), sämtlich besonders häufige Flächen des Baryts.

Cölestin. Wie beim Strontianit gegenüber dem Aragonit, so gestalten sich wegen des weit geringeren Flächenreichtums auch beim Cölestin gegenüber dem Baryt die Verhältnisse einfacher und übersichtlicher. Der Cölestin schließt sich durch das Vor-

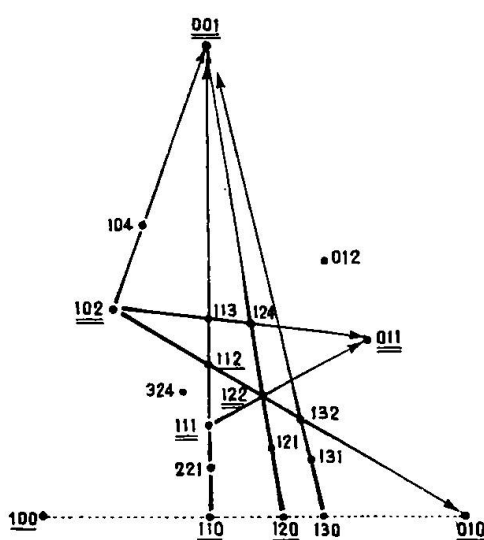


Fig. 19. Anglesit

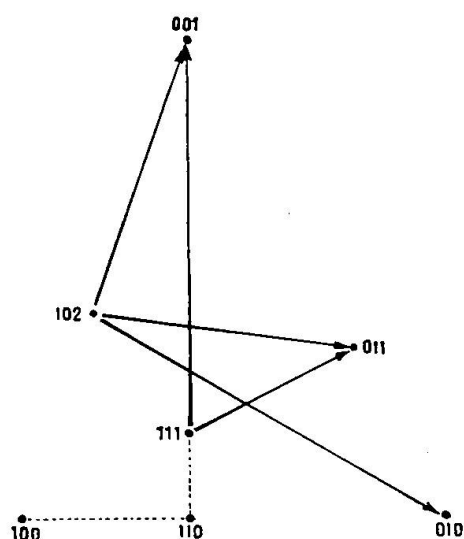


Fig. 20. Gemeinsame Zonen von Baryt, Cölestin, Anglesit.

herrschen von (110), (011), (102) und (001) und durch das häufige Auftreten von (104) gegenüber dem seltenen (103) eng an Baryt an. Wenngleich seine Kristalle wohl nur ausnahmsweise eine wirkliche Entwicklung flächenreicher Zonenstücke zeigen, so treten doch in einer Projektion seiner Formen mehrfach Beispiele einer solchen Entwicklung mit zu Grunde liegender primärer Reihe hervor. In den Grundzonen, welche wenig flächenreich sind, ist an zwei Stellen eine primäre Reihe erkennbar, nämlich zwischen (102) und (001) mit

$$\begin{array}{c} \text{II} \\ (103), (207), (104), (105), (106), (108), \end{array}$$

sowie zwischen (011) und (001) mit

$$\begin{array}{cc} \text{II} & \text{III} \\ (023), (035), (012), (013), (015), (017), (018); \end{array}$$

im letzteren Falle erscheint allerdings schon zwischen (013) und (015) eine Lücke.

Von den Diagonalzonen ist die der Protopyramiden gut entwickelt. Vielleicht ist sie von (110), jedenfalls von (111) ab als einer primären Reihe entsprechend aufzufassen. Im ersteren Falle hätte man:

$$\begin{array}{c} \text{II} \quad \text{III} \\ (110) (221) (332) (111) (112) (113) (114) (115) (117) \dots (001). \end{array}$$

Im allgemeinen regelmäßig ist auch die Entwicklung in folgenden, nach (011) als gemeinsamer Zielfläche sich spannenden Zonenstücken:

$$\left. \begin{array}{l} \text{II} \\ (102) (215) (113) (124) (135) (146) \dots \dots \dots \\ \text{II} \\ (111) (122) (133) (277) (144) (155) (166) (177) \dots \dots \\ \text{II} \\ (110) (121) (253) (132) (143) \dots (187) \dots \dots \dots \\ (120) (131) (142) (153) \dots \dots \dots \end{array} \right\} (011).$$

Endlich zieht sich eine Flächenreihe von (102) nach (010):

$$\begin{array}{c} \text{II} \\ (102) (214) (112) (122) (132) (142) \dots (010). \end{array}$$

Anglesit. In Fig. 19 sind die eingetragenen Symbole entsprechend der großen, mittleren oder geringen Häufigkeit der betreffenden Flächen, wie sich dieselbe aus den statistischen Ermittlungen von *P. Hermann*²¹⁾ ergeben hat, doppelt, einfach oder gar nicht unterstrichen. Zu den häufigsten gehören (110), (011), (102), (001), (111), (122), zu den weniger häufigen (100), (010), (104), (120), (112), (324), zu den relativ seltenen (124), (130), (012), (121), (221). Soweit sich an den Kristallen des Anglesits, z. B. von Monteponi, in gewissen Zonen eine flächenreichere Entwicklung zeigt, ist dies namentlich der Fall in den Stücken (102):(001), (110):(001), (111):(011), (120):(001), (102):(011); hierzu kommt wohl noch (102):(010). In der Zone (100):(010) treten zwar ziemlich viele Flächen auf, doch ist deren Gruppierung noch unklar. Es ist zweifelhaft, ob in den Stücken (100):(110) und (110):(010) Normalreihen oder primäre Reihen anzunehmen sind.

Ordnet man die erstgenannten Zonenstücke nach den Zielflächen (001), (011) und (010), so erhält man folgende Reihen:

²¹⁾ Zeitschr. f. Kristallographie 39, 490.

$$\begin{array}{rcl}
 & \text{II} & \\
 (102) (103) (104) (106) (107) (2.0.15) (108) & & \\
 & \text{III} \quad \text{II} & \\
 (110) (331) (221) (111) (112) (113) (114) (116) & & \\
 (120) (121) (122) (123) (124) (125) (126) (127) (128) & . . & \left. \vphantom{\begin{array}{l} (102) \\ (110) \\ (120) \end{array}} \right\} (001) \\
 \\
 (102) (113) (124) (135) (146) (168) & & \\
 & \text{II} \quad \text{II} & \\
 (111) (233) (122) (255) (133) (144) (155) (166) & . . & \left. \vphantom{\begin{array}{l} (102) \\ (111) \end{array}} \right\} (011) \\
 & \text{II} & \\
 (102) (214) (112) (122) (132) (142) \dots & (010). &
 \end{array}$$

Es zeigen sich zwar noch einzelne Lücken, auch sind (168) und (233) noch unsicher, doch ist der Bau nach primären Reihen deutlich zu erkennen. Erwähnt sei noch die Reihe (130) (131) (132) (133) (135) .. (001).

Fig. 20 stellt diejenigen Zonen dar, deren Entwicklung den drei isomorphen Mineralien Baryt, Cölestin und Anglesit *gemeinsam* ist. Ein Vergleich mit den Figuren 17, 18 und 19 zeigt, welche weiteren Zonen bei jedem einzelnen der drei genannten zu dem allgemeinen Bilde hinzutreten, demnach für die betreffenden Kristalle innerhalb der Gruppe charakteristisch sind. Hauptzielflächen sind im ganzen (001) und (011), beim Baryt auch (010).

11. Topas (Fig. 21).

In Fig. 21 sind die häufigsten Flächen des Topas (bezogen auf $a:b:c = 0,5258:1:0,9540$) mit unterstrichenen, die ihrer Häufigkeit nach zunächst folgenden mit einfachem Symbol eingetragen; hinzugefügt sind noch die seltenen (100), (104) und (150). Zu den Formen, welche sich außer durch besonders häufiges Auftreten noch durch überwiegende Ausdehnung ihrer Flächen auszeichnen, gehören namentlich (110), (120), (001), (011), (021) und (111). Auffallend ist das nur ganz vereinzelte Erscheinen von (100). Zu Zonenstücken, welche an den Topaskristallen vorzugsweise deutlich entwickelt sind, denen also eine größere morphologische Bedeutung zukommt, gehört auch das punktierte Stück (101):(011).

Von den Grundzonen weist nur die der Prismen manchmal eine stärkere Entwicklung auf, doch gilt dies lediglich von der Strecke (110):(010). Hier zeigt sich deutlich eine primäre Reihe mit (010) als Zielfläche. Ihre Glieder treten besonders häufig auf, soweit der zweite Index nicht zu groß wird. Zwischen (110) und (120), sowie zwischen (120) und (130) erscheinen die noch ziemlich häufigen sekundären Flächen (230) und (250). Läßt man

die (wohl nur ganz vereinzelt) Prismen mit kompliziertem Symbol, wie $(8.11.0)$, $(7.13.0)$, $(25.36.0)$ u. s. w. außer acht, so erhält man folgende Reihe:

$\begin{matrix} & V & IV & III & II & IV & IV & & II \\ (110) & (560) & (450) & (340) & (230) & (580) & \dots & (470) & (120) & (250) & (130) & (140) & (150) \\ & & & & & (160) & \dots & (010). \end{matrix}$

Wollte man dieselbe als eine Goldschmidt'sche Normalreihe auffassen, so müßten (130) und (230) , (140) und (340) , (250) und (350) entsprechend ihrer Stellung zur mittleren Fläche $(120) = (110) + (010)$ jedesmal gleiche Häufigkeit besitzen, was der

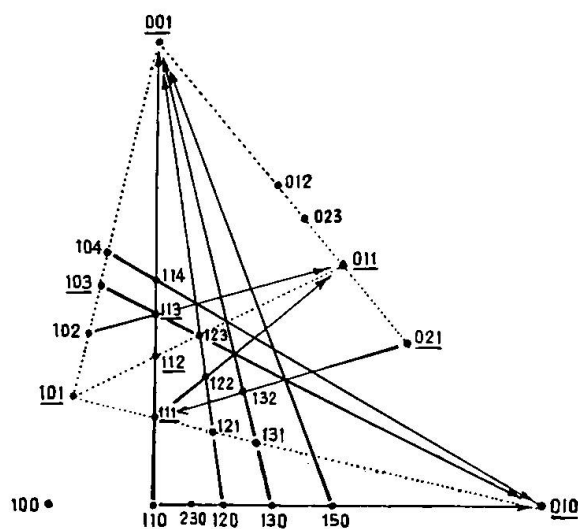


Fig. 21. Topas.

Beobachtung nicht entspricht; (350) wurde überhaupt noch nicht beobachtet, fehlt also in obiger Reihe, während (250) , wie bemerkt, ziemlich häufig ist. An kleinen Kristallen von Schlaggenwald fand der Verf. nebeneinander (110) , (230) , (120) , (250) , (130) , (140) , (010) .

Von (230) zieht sich gleichsam eine kürzere primäre Reihe nach der Ausgangsfläche (110) zurück, welche noch (340) , (450) und (560) umfaßt. Hier liegt ein Beispiel der S. 360 erwähnten, als Rekurrenz bezeichneten Erscheinung vor. Die stärkere Ausgangsfläche der ganzen Reihe wird dabei gegenüber der schwächeren sekundären (230) zur Zielfläche. Eine weitere Komplikation in dieser Richtung würde zu vicinalen Flächen führen.

In den beiden anderen Grundzonen wurden gleichfalls ziemlich viele Flächen beobachtet, wenngleich in derselben Zone selten mehrere Formen zugleich auftreten, so daß man von einer eigentlichen Zonenentwicklung reden könnte. Dies gilt namentlich von

den in Fig. 21 punktierten Stücken $(101):(001)$ und $(021):(001)$. Die Symbole des ersteren:

$(101) (405) (304) (203) (305) (102) (205) (103) (104) (001)$

— von $(9.0.10)$ ist abgesehen — lassen sich (nach der Formel $(h.o.l - h)$) umformen in:

$(100) (401) (301) (201) (302) (101) (203) (102) (103) (001)$

und bilden dann eine fast ungestörte Normalreihe III (nur (401) ist überzählig).

Vielleicht ist auch das Stück $(021):(001)$ mit den Flächen:

$(021) (053) (032) (043) (054) (011) (056) (045) (023) (035) (012) (025)$
 $(013) (015) (001)$

auf eine, wenn auch unvollständige Normalreihe zurückzuführen, oder in die Stücke $(021):(011)$ und $(011):(001)$ zu zerlegen, wovon dann jedes für sich eine solche Reihe darstellen würde. Dies würde dem Umstande entsprechen, daß (021) , (011) und (001) — so wie oben (101) und (001) — als sehr häufige Flächen auch annähernd gleich stark sein werden, weshalb sich zwischen je zweien leicht eine Normalreihe spannen wird.

Unter den Diagonalzonen besitzt an vielen Kristallen diejenige der Protopyramiden eine etwas größere Entwicklung. Von der wohl nie fehlenden Fläche (110) zieht sich nach (001) eine primäre Reihe:

I II I III II III I II I I
 $(110) (221) (111) (334) [(223)] (335) (112) (225) (113) (114) \dots (001)$,

in welcher allerdings (223) noch fehlt, während zwischen (110) und (111) einfache Komplikation stattfindet. Die zwischen (334) und (111) ganz vereinzelt beobachtete (556) ist oben weggelassen, desgleichen andere Pyramiden mit kompliziertem Symbol: (889) , (887) , (995) sowie (771) , welche, wenn sie überhaupt echte, ursprüngliche Flächen und nicht etwa bloß Präerosions- oder Vicinalflächen sind, wohl nur sehr untergeordnete Bedeutung haben.

(111) , (112) und (113) sind fast gleich häufig, (114) und (221) schon bedeutend seltener, die übrigen sehr selten.

Die Diagonalzone $(100):(011)$ weist zwischen (100) und (111) gar keine Flächen mit einfacherem Symbol auf, während sich von (111) nach (011) eine primäre Reihe hinzieht. Man hat dort:

I IV IV II IV I II I I I
 $(111) (455) \dots (577) (233) (477) (122) (255) (133) (144) (155) \dots (011)$.

Eventuell könnte dieses Stück auch auf eine Normalreihe zurück-

geführt werden, gespannt zwischen den beiden sehr häufigen Flächen (111) und (011).

In der dritten Diagonalzone (010):(101) ist von (111) nach (010) hin eine primäre Reihe mit (111), (121), (131), (141) angedeutet, ebenso scheint sich von (111) aus eine solche mit (212), (313) und (414) nach (101) hinzuziehen.

Von den weiteren in Fig. 21 eingetragenen Zonenstücken spannen sich drei von einer Prismenfläche nach der Basis; jede zeigt deutlich eine primäre Reihe:

$$\begin{array}{l} \text{II} \\ (120) (121) (243) (122) (123) (124) \dots \end{array} \left. \begin{array}{l} \text{II} \\ (130) (261) (131) (132) (133) (134) (135) (136) \dots \\ (150) [(151)] (152) (153) (154) (155) \dots \end{array} \right\} (001).$$

Im letzten Stücke fehlt noch (151). Die Zone (120):(001) gehört (ebenso wie (111):(001) und (110):(010)) zu den an gewissen Topaskristallen deutlich entwickelten.²²⁾ Dasselbe gilt von (103):(010) mit (103) als Ausgangs- und (010) als Zielfläche:

$$\text{II} \\ (103) (216) (113) (123) (133) (143) (153) \dots (010).$$

Eine ähnliche Reihe zieht sich von (104) nach (010):

$$(104) (114) (124) (134) (144) (154) - (174) - (1.10.4) \dots (010).$$

In dem Stücke (102):(011) folgen einander nur die primären Flächen (102), (113), (124), (135) und (146).

Von (021) spannt sich nach (111) ein Zonenstück mit teilweise höherer Komplikation:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{III} & \text{II} & \text{III} & & \text{III} & & \text{III} \\ (021) (174) (153) (285) (132) (4.10.7) (243) (8.14.11) (354) (465) \\ & & & & & & (576) \dots (111). \end{array}$$

Abgesehen von (4.10.7) und (8.14.11), an deren Stelle man eher sekundäre Flächen erwarten sollte, ist die Entwicklung regelmäßig. Schließlich sei noch das Stück (101):(011) erwähnt, welches mit den Flächen:

$$(101) (617) (314) (213) (325) (549) (112) (123) (134) (011)$$

zwar noch nicht definitiv auf eine bestimmte Art der Entwicklung zurückgeführt werden kann, dem jedoch wahrscheinlich gleichfalls eine primäre Reihe mit (101), (112), (123), (134) zu Grunde liegt.

Als Zielflächen fungieren beim Topas, ähnlich wie bei den Gliedern der Barytgruppe, besonders (001), (011) und (010).

²²⁾ In dieser Zone wird noch die Form (7.14.8) von hoher Komplikation angegeben, welche (121) sehr nahe liegt und oben nicht aufgeführt ist.

12. Antimonit (Fig. 22).

Der Antimonit ($a:b:c = 0,9926:1:1,0179$) nähert sich mit dem Prismenwinkel $89^\circ 34'$ sehr dem tetragonalen System, indes unterscheiden sich (100) und die Spaltungsfläche (010) wesent-

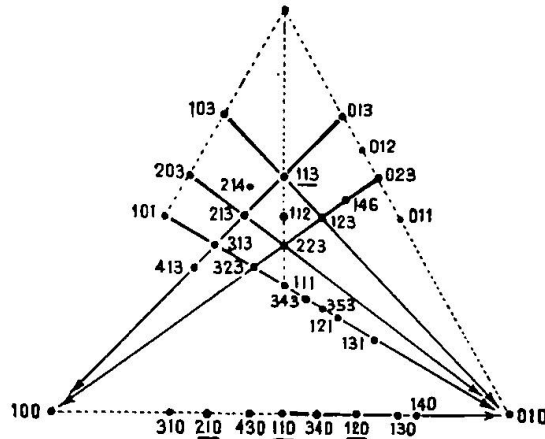


Fig. 22. Antimonit.

lich durch die ungleiche Häufigkeit, die bei (010) viel größer ist als bei (100). Sehr häufig sind auch (in Fig. 22 z. T. unterstrichen) (110), (120), (130), (210), (111) und (113), ziemlich häufig (101), (012), (023), (310), (430), (340), (140), (150), (214), (413), (112), (123), (146), (343), (353), (121), (131) und (361). Auffallend ist die große Häufigkeit von (111) und (113) gegenüber (112). Die Basis (001) wurde wohl noch nicht mit Sicherheit beobachtet.

Die Zonen erstrecken sich vorwiegend nach (010). In der Prismenzone zieht sich eine primäre Reihe von (110) nach (010):

III II III II

(110)(560)(340)(230)(350)(120)(250)(130)(140)(150)(160)(170)...(010)

Abgesehen von (560) ist die Entwicklung eine sehr regelmäßige. Zwischen (100) und (110) erscheinen nur (310), (210), (320) und (430).

Vielleicht ist zwischen (001) und (010) als Zielfläche eine primäre Reihe mit teilweise höherer Komplikation anzunehmen:

III II III IV III III II

(001)(013)(012)(023)(034)(011)(043)(053)(021)(031)(041)(092)...(010)

Dabei wäre die noch nicht beobachtete (032) als sekundäre Fläche zwischen (043) und (053) zu ergänzen.

Während in der dritten Grundzone das Stück (100):(101) fast flächenleer ist, erscheinen zwischen (101) und (001) die Flächen (304), (203), (102), (103) und (106). Letztere lassen indes kein bestimmtes Gesetz der Entwicklung erkennen.

Die Diagonalzone (110):(001) weist zwischen (110) und (111) nur noch die steile Pyramide (331) auf. Andererseits erscheinen zwischen (111) und (001) zwar mehrere Flächen, wie (223), (112), (113), (227), (114), (116), in denen man vielleicht eine primäre Reihe mit einfacher Komplikation vermuten könnte, doch zeichnet sich, wie bemerkt, (113) durch besondere Häufigkeit gegenüber (112) aus, und (001) ist eine sehr schwache, als Zielfläche nicht in Betracht kommende Fläche, so daß es richtiger erscheint, vorläufig von einer definitiven Deutung dieses Stückes abzusehen.²³⁾

²³⁾ Einer Antimonitstufe von Felsöbanya konnte ich fünf kleine, flächenreiche Kristalle entnehmen, an denen ich zahlreiche Messungen anstellte, um die Verhältnisse der Protopyramidenzone näher kennen zu lernen. Die einzelnen Flächen waren freilich meist sehr klein, gaben aber doch mehrfach gute und einheitliche Reflexe. Zunächst wurden gefunden (111), (223), (113), nicht aber (112), dann an neuen Formen (229) und (3.3.16). Die als gut zu bezeichnenden Messungen ergaben im Mittel:

(110):(111)	. . . .	34° 42'	. . . .	ber.	34° 41'
(110):(223)	. . . .	46° 4 $\frac{1}{2}$'	. . . .	„	46° 4'
(110):(113)	. . . .	64° 19'	. . . .	„	64° 17'
(110):(229)	. . . .	72° 13'	. . . .	„	72° 11 $\frac{3}{4}$ '
(110):(3.3.16)	. . . .	74° 52 $\frac{1}{2}$'	. . . .	„	74° 50 $\frac{1}{2}$ '

Von (229) wurden zehn, von (3.3.16) sieben Flächen beobachtet; an der Realität dieser Formen ist nicht zu zweifeln.

Außerdem wurde einmal eine Fläche mit der Neigung zum Prisma von 73° 49' gefunden, welche der noch nicht beobachteten Pyramide (115) entsprechen könnte, da (110):(115) sich zu 73° 52 $\frac{3}{4}$ ' berechnet. Endlich wurde noch je einmal bei sehr schwachem Reflex als Neigung zu (110) gemessen 75° 20 $\frac{1}{2}$ ' und 75° 26 $\frac{1}{2}$ ', während (2.2.11) erfordern würde 75° 16 $\frac{3}{4}$ '. Diese Form bedarf natürlich noch der Bestätigung. Sie kommt schon der (oben nicht erwähnten) von *Krenner* (Zeitschr. f. Kr. 11, 159) für den Antimonit von Japan angegeben (3.3.17) sehr nahe, welche verlangt 75° 41' (von *Krenner* beobachtet 75° 34'), so daß diese zwei Formen nur bei sehr guten Messungen sicher unterschieden werden können. Auch (3.3.13) wird für den genannten Fundort von *Krenner* angegeben (beob. Neigung zum Prisma 71° 42', ber. 71° 33'), während *v. Groth* (3.3.17) mit (116), (3.3.13) mit (114) zu identifizieren geneigt ist (vielleicht durch Steifung entstellt). Lassen sich aber diese Formen mit komplizierten Symbolen sicher stellen, so würden sie von Bedeutung sein für die Art der Flächenentwicklung innerhalb der in Rede stehenden Zone. Denkt man sich (116) und (111) als Glieder einer primären Reihe mit der Indexdifferenz 1 — wobei man zunächst von dem hervorgehobenen großen Häufigkeitsunterschiede von (111) und (113) gegenüber (112) absieht —, so erhält man durch Komplikation, zum Teil bis zu tertiären Formen, etwa folgende Reihe:

^I (116)	^{III} (3.3.17)	^{II} (2.2.11)	^{III} (3.3.16)	^I (115)	^{III} [(3.3.14)]	^{II} (229)	^{III} (3.3.13)	^I (114)	^{II} (227)
			^I	^{II}	^I	^{II}	^I		
			(113)	[(225)]	(112)	(223)	(111).		

Hier erscheinen alle vorhin erwähnten Formen; nicht beobachtet bzw. in der betr. Literatur noch nicht genannt sind nur die eingeklammerten (3.3.14) und (225).

Charakteristisch und im ganzen regelmäßig gebaut sind hingegen die Zonenstücke, welche sich von (103), (203) und (101) nach (010), sowie von (013) und (023) nach (100) spannen. Um das von (101) ausgehende Zonenstück mit den beiden vorhergehenden vergleichbar zu machen, setzt man statt (101), (111), (121) und (131) das Dreifache: (303), (333), (363) und (393). Man erhält dann folgende Reihen:

$$\left. \begin{array}{l} \text{IV} \\ (103) (113) (4.5.12) (123) (133) (143) (153) \dots \dots \dots \\ \text{III} \\ (203) (629) (213) (223) (233) (243) (253) (263) (273) (283) \dots \dots \dots \\ \text{IV} \quad \text{II} \quad \text{II} \\ (303) (313) (323) (434) (656) (333) (676) (343) (353) (363) (393) \dots \end{array} \right\} (010)$$

In dieser letzten Reihe ist (878) als Fläche sehr hoher Komplikation weggelassen. $3 (878) = 3 (656) + 2 (333)$.

$$\left. \begin{array}{l} (013) (113) (213) (313) (413) \dots \dots \dots \\ \text{II} \quad \text{II} \\ (023) (146) (123) (346) (223) (323) (523) \dots \end{array} \right\} (100)$$

Im dritten Stücke fehlen noch ein paar höhere primäre Flächen, im letzten fehlt noch (423).

13. Humit (Fig. 23), Klinohumit (Fig. 24).

Humit $\text{Mg}_5 [\text{Mg}(\text{F}, \text{OH})]_2 [\text{SiO}_4]_3$, rhombisch, $a : b : c = 1,0803 : 1 : 4,4013$.

Klinohumit $\text{Mg}_7 [\text{Mg}(\text{F}, \text{OH})]_2 [\text{SiO}_4]_4$, monoklin, $a : b : c = 1,0803 : 1 : 5,6588$; $\beta = 90^\circ$.

Verhältnis der beiden c -Werte $= 4,4013 : 5,6588 = 7 : 9$.

In die Figuren 23 und 24 sind alle sichergestellten Flächen von Humit und Klinohumit eingetragen. Fig. 24 stellt den vordern rechten oberen und den entsprechenden unteren Oktanten dar, wobei beide Projektionsebenen (111) und (11 $\bar{1}$) in die Ebene der Zeichnung gelegt sind. Bei beiderlei Kristallen verlaufen die Hauptzonen nach (001) und (00 $\bar{1}$), und zwar beim Humit von (100), (110), (120) und (011), beim Klinohumit von (101), (111), (121) und (010). Dabei treten neben primären Formen nur vereinzelt sekundäre Flächen auf. Die Indexdifferenz der primären Reihen ist beim Humit 1 oder 2, beim Klinohumit 2 oder 4, wie folgende Zusammenstellung zeigt.

$$\left. \begin{array}{l} \text{II} \\ 1. \text{ Humit. } (100) (201) (101) (102) (103) (104) (105) (106) \dots \\ (110) (111) (112) (113) \dots \dots \dots \\ (120) (122) (124) (126) (128) (1.2.10) \dots \dots \dots \\ (011) (013) (015)^{24}) \dots \dots \dots \end{array} \right\} (001).$$

Im letzten Falle kann man, um (010) mit einzuschließen, die beiden nach (001) und (00 $\bar{1}$) gerichteten Zonenstücke zusammenfassen, wobei man eine doppelendige symmetrische Reihe erhält, in der die mittlere Fläche (020) = (010) die Rolle einer sekundären spielt:

$$(001) \dots (015) (013) (011) (010) (01\bar{1}) (01\bar{3}) (01\bar{5}) \dots (00\bar{1}).$$

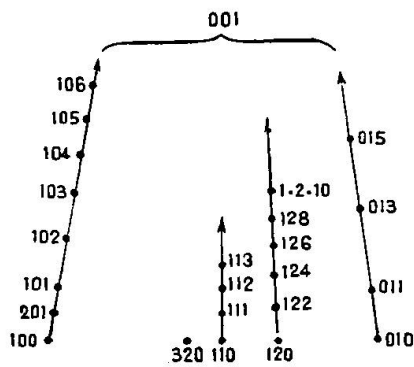


Fig. 23. Humit.

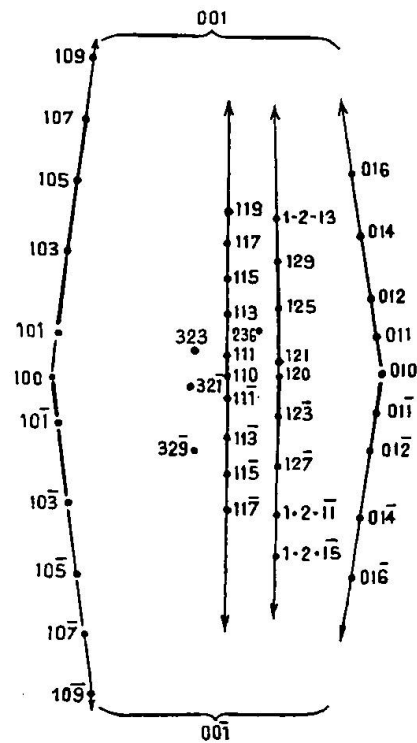


Fig. 24. Klinohumit.

$$\begin{aligned}
 2. \text{Klinohumit.} \quad & \left\{ \begin{array}{l} (101) (103) (105) (107) (109) \dots (001) \\ \text{II} \\ (101) (100) (10\bar{1}) (10\bar{3}) (10\bar{5}) (10\bar{7}) (10\bar{9}) \dots (00\bar{1}) \end{array} \right. \\
 & \left\{ \begin{array}{l} (111) (113) (115) (117) (119) \dots (001) \\ \text{II} \\ (111) (110) (11\bar{1}) (11\bar{3}) (11\bar{5}) (11\bar{7}) \dots (00\bar{1}) \end{array} \right. \\
 & \left\{ \begin{array}{l} (121) (125) (129) (1.2.13) \dots (001) \\ \text{IV} \\ (121) (120) (12\bar{3}) (12\bar{7}) (1.2.\bar{1}\bar{1}) (1.2.\bar{1}\bar{5}) \dots (00\bar{1}) \end{array} \right. \\
 & \text{II} \\
 & (010) (011) (012) (014) (016) \dots (001).
 \end{aligned}$$

²⁴⁾ F. Zambonini (Mineralogia Vesuviana, Napoli 1910), beobachtete noch eine einzelne Fläche (014) bei nur ziemlich gut stimmender Messung; sie würde eine sekundäre Fläche sein.

(120) der vorletzten Zone ist unerwartet und keine sekundäre Fläche, sondern nach dem Bau der Zone als quartär zu betrachten. Je zwei zusammengehörige Zonenstücke mit gemeinsamer Ausgangsfläche (101), (111) und (121) kann man zu einer doppelendigen, *unsymmetrischen* Reihe zusammenfassen:

$$(001) \dots (109)(107)(105)(103)(101)(100)(10\bar{1})(10\bar{3})(10\bar{5})(10\bar{7})(10\bar{9}) \dots (00\bar{1})$$

$$(001) \dots (119)(117)(115)(113)(111)(110)(11\bar{1})(11\bar{3})(11\bar{5})(11\bar{7}) \dots (00\bar{1})$$

$$(001) \dots (1.2.13)(129)(125)(121)(120)(12\bar{3})(12\bar{7})(1.2.\bar{1}\bar{1})(1.2.\bar{1}\bar{5}) \dots (00\bar{1})$$

(100) und (110) spielen hier die Rolle einer sekundären mittleren Ausgangsfläche, während (121) primäre mittlere Ausgangsfläche ist.

Eine doppelendige *symmetrische* Reihe wird hier nur gebildet von den Klinodomen (der einzige im monoklinen System mögliche Fall, vergl. S. 362), wobei das Klinopinakoid (010) als primäre Fläche und gemeinsame Ausgangsfläche der beiden nach (001) und (00 $\bar{1}$) zielenden Teile auftritt:

$$(001) \dots (016)(014)(012)(011)(010)(01\bar{1})(01\bar{2})(01\bar{4})(01\bar{6}) \dots (00\bar{1}).$$

Das dritte Glied der Humitgruppe, der monokline *Chondrodit* $\text{Mg}_3[\text{Mg}(\text{F}, \text{OH})_2][\text{SiO}_4]_2$ ($a : b : c = 1,0803 : 1 : 3,1438$; $\beta = 90^\circ 0'$, wobei sich der c -Wert zu dem des Humits verhält wie 5 : 7), zeigt auch mehrfach in den nach (001) verlaufenden Zonenstücken die Indextdifferenz 2, doch ist bei ihm die Entwicklung der Flächen weniger regelmäßig. Wir gehen deshalb nicht näher darauf ein.

In die vorhergehenden, auf tetragonale, rhombische und monokline Kristalle bezüglichen Projektionen Fig. 10—24 sind im ganzen 81 Zonenstücke mit primären Reihen eingetragen (die gleichen Reihen einer Figur einfach gezählt). Darin fungieren

als *Ausgangsflächen*

(111) . . . 18 mal	(130), (120) . . . je 5 mal
(110) . . . 12 „	(101), (001) . . . „ 3 „
(102) . . . 11 „	(121), (100), (103), (201) . . . je 2 mal
(011) . . . 6 „	(010), (021), (311), (013), (023), (203),
	(104), (150), (310), (117) . . je 1 mal;

als *Zielflächen*:

(001) . . . 35 mal	(110) . . . 6 mal
(010) . . . 21 „	(100) . . . 5 „
(011) . . . 11 „	(101), (111), (103) . . . je 1 mal.

Auch hier zeigt sich, wie bei den kubischen Kristallen, deutlich, daß sich die primären Reihen im allgemeinen von Flächen mit komplizierterem Symbol nach solchen mit einfacherem Symbol hinziehen. Allerdings können die Symbole der Ausgangs- und Zielfläche hinsichtlich der Höhe ihrer Indices auch gleichartig sein, doch besitzen beide Flächen dann ungleiche Stärke. Aus dem Gesagten folgt, daß die häufigsten Ausgangsflächen zu den seltensten oder selteneren Zielflächen gehören und umgekehrt. So ist hier (111) 18 mal Ausgangs- und nur einmal Zielfläche, (010) einmal Ausgangs- und 21 mal Zielfläche, (001) 3 mal Ausgangs- und 35 mal Zielfläche. Von Bedeutung ist vielleicht auch, daß die Zielflächen in den weitaus meisten Fällen in der Zone [100] liegen. Die Indexdifferenz beträgt in den 81 primären Reihen 70 mal 1, worunter vier Fälle zweifelhaft sind, weil die Häufigkeit gewisser Flächen eher auf die Differenz 2 hindeutet; 10 mal beträgt die Differenz 2 und nur 1 mal 4.

14. Beryll (Fig. 25).

Die Symbole der häufigsten Flächen sind in der Figur (Projektionsebene $(10\bar{1}1)$) unterstrichen. Von $(10\bar{1}1)$ sowie von den rechts und links benachbarten $(1\bar{1}01)$ und $(01\bar{1}1)$ als Ausgangsflächen erstrecken sich drei Zonenstücke nach $(10\bar{1}0)$ als Zielfläche. In $(10\bar{1}1) : (10\bar{1}0)$ erscheinen als *primäre* und *sekundäre* Flächen folgende:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{II} & & & \text{II} & & & \text{II} \\ (10\bar{1}1) & (30\bar{3}2) & (20\bar{2}1) & (30\bar{3}1) & (70\bar{7}2) & (40\bar{4}1) & (50\bar{5}1) & (60\bar{6}1) & (15.0.\bar{1}5.2) \\ & & & & & & & & (12.0.\bar{1}2.1) \dots (10\bar{1}0). \end{array}$$

$(60\bar{6}1)$ ist noch nicht endgültig sichergestellt. Die außerdem angegebene $(39.0.\bar{3}9.2)$ ist wohl eine vicinale.

In $(01\bar{1}1) : (10\bar{1}0)$ hat man als *primäre* Flächen:

$$\begin{array}{ccccccc} (01\bar{1}1) & (11\bar{2}1) & (21\bar{3}1) & (31\bar{4}1) & (51\bar{6}1) & (61\bar{7}1) & (71\bar{8}1) & (9.1.\bar{1}0.1) & (11.1.\bar{1}2.1) \\ & & & & & & & & (13.1.\bar{1}4.1) & (19.1.\bar{2}0.1) \dots (10\bar{1}0). \end{array}$$

Einzelne Glieder bedürfen vielleicht noch der Bestätigung. Als Flächen höherer Komplikation werden angegeben $(54\bar{9}4)$, $(11.2.\bar{1}3.2)$, $(19.2.\bar{2}1.2)$ u. a.

Zwischen $(11\bar{2}1)$ und (0001) treten mehrere Deuteropyramiden auf, doch läßt sich die Entwicklung des Stückes noch nicht ein-

fach deuten. Die schwache Komplikation zwischen $(10\bar{1}1)$ und $(01\bar{1}1)$ entspricht einer Normalreihe II:

$$(10\bar{1}1) (21\bar{3}3) (11\bar{2}2) (12\bar{3}3) (01\bar{1}1).$$

15. Apatit (Fig. 26).

Zwischen den beiden häufigsten und gleich starken Flächen der Basis und des Protoprismas könnte man am ersten eine Normal-

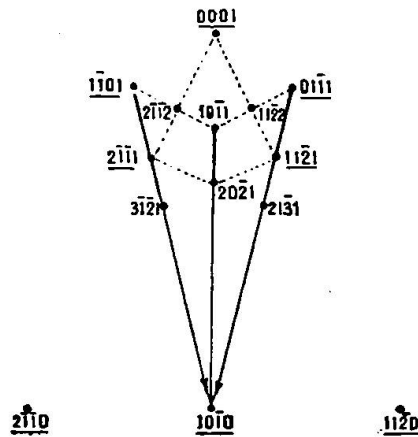


Fig. 25. Beryll.

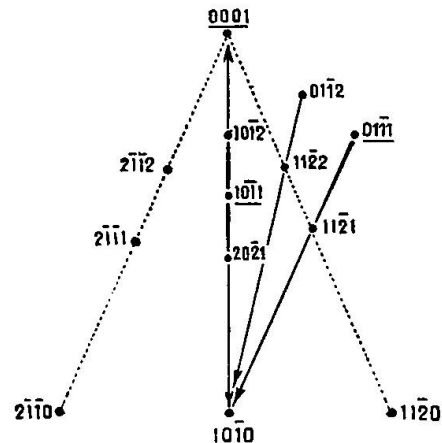


Fig. 26. Apatit.

reihe erwarten, etwa mit folgenden (am Apatit beobachteten) Flächen:

$$(10\bar{1}0) (30\bar{3}1) (20\bar{2}1) (30\bar{3}2) (10\bar{1}1) (20\bar{2}3) (10\bar{1}2) (10\bar{1}3) (0001).$$

Doch ist es wahrscheinlicher, daß sich von $(10\bar{1}1)$ als Ausgangsfläche je eine primäre Reihe nach $(10\bar{1}0)$ und (0001) hinzieht, da in diesen beiden Stücken folgende Flächen beobachtet wurden:

$$\begin{array}{ccccccccccc} & & \text{II} & & \text{III} & & & & & & \\ (10\bar{1}1) & (30\bar{3}2) & (20\bar{2}1) & (70\bar{7}3) & (30\bar{3}1) & (40\bar{4}1) & (60\bar{6}1) & \dots & (10\bar{1}0), \\ & \text{IV} & \text{III} & \text{IV} & \text{II} & \text{III} & & \text{V} & \text{III} \\ (10\bar{1}1) & (40\bar{4}5) & (30\bar{3}4) & (50\bar{5}7) & (20\bar{2}3) & (30\bar{3}5) & (10\bar{1}2) & (5.0.5.12) & (30\bar{3}8) \\ & & \text{III} & & & & & & \\ & & (10\bar{1}3) & (3.0.3.10) & (10\bar{1}4) & (10\bar{1}6) & \dots & (0001). \end{array}$$

Der Bau, namentlich des zweiten Stückes, ist allerdings wenig regelmäßig und einzelne der hier aufgeführten Flächen bedürfen noch genauerer Prüfung, wozu geeignetes Material schwierig zu erlangen sein wird. Meist treten nur $(10\bar{1}1)$, $(10\bar{1}2)$ und $(20\bar{2}1)$ auf. (8089), von Busz angegeben und oben weggelassen, ist wahrscheinlich nur eine Vicinale zu $(10\bar{1}1)$.

Die Zone der Deuteroipyramiden (in Fig. 26 punktiert) weist mehrere, meist seltene Formen auf, die zum größten Teil nur vereinzelt auftreten. Am häufigsten sind $(11\bar{2}1)$ und $(11\bar{2}2)$. Es

$$(11\bar{2}0) (22\bar{4}1) (11\bar{2}1) (22\bar{4}3) (11\bar{2}2) (11\bar{2}3) (11\bar{2}4) (11\bar{2}6) (1.1.\bar{2}.12).$$

Deutlich entwickelt sind nicht selten primäre Reihen von Tritopyramiden, die zwischen $(01\bar{1}1)$ und (seltener) $(01\bar{1}2)$ und der Zielfläche $(10\bar{1}0)$ liegen:

$$\begin{array}{c} \text{II} \qquad \qquad \qquad \text{III} \\ (01\bar{1}1) (12\bar{3}2) (11\bar{2}1) (21\bar{3}1) (7.3.\bar{1}0.3) (31\bar{4}1) (41\bar{5}1) \dots (10\bar{1}0), \\ (01\bar{1}2) (11\bar{2}2) (21\bar{3}2) (31\bar{4}2) \dots (10\bar{1}0). \end{array}$$

Verf. beobachtete z. B. an einem Kristall vom Ofenhorn (Binnental) folgende Flächen:

$$\begin{array}{lll} \mathbf{a} = (10\bar{1}0) & \mathbf{i} = (10\bar{1}2) & \mathbf{t} = (31\bar{4}1) \\ \mathbf{b} = (11\bar{2}0) & \mathbf{r} = (11\bar{2}1) & \mathbf{g} = (21\bar{3}2) \\ \mathbf{c} = (0001) & \mathbf{e} = (11\bar{2}2) & \mathbf{d} = (31\bar{4}2) \\ \mathbf{x} = (10\bar{1}1) & \mathbf{u} = (21\bar{3}1) & \end{array}$$

Hier herrscht überall einfache Komplikation, und die Zonenstücke *xruta* und *iegda* treten deutlich hervor.

Das Spaltungsrhomboëder ($10\bar{1}1$) des Calcits ist, wie schon die ersten mikroskopischen Beobachtungen von *Hartig*, *G. Rose*, *Credner*, und die spätern eingehenden Untersuchungen von *H. Vater*²⁵⁾ lehrten, diejenige Form, welche sich beim Beginn der Kristallisation von Calciumkarbonat aus kohlensäurehaltigen, wässerigen Lösungen bildet. Außer ($10\bar{1}1$) findet man an solchen *mikroskopischen* Kristallen nur Flächen aus der Kantenzone des Rhomboëders und solche aus der Zone ($10\bar{1}1$):($10\bar{1}0$). In diese beiden Zonen fällt aber auch die Mehrzahl der an *makroskopischen* Calcitkristallen beobachteten Formen. Scheiden sich die kleinen Kristalle aus einer Lösung aus, welche noch andere Stoffe (Lösungsgenossen) gelöst enthält, so zeigen dieselben, wie *Vater* fand, das Grundrhomboëder für sich allein oder in Kombination mit je einem, bei den verschiedenen Kristallisationen verschieden steilen negativen Rhomboëder, auch wohl negative Rhomboëder für sich allein oder vereinzelt in Kombination mit der Basis. Endlich kann unter Umständen je nach der Menge des Zusatzes das steile negative Rhomboëder in das Protoprisma übergehen.

Um die beim weiteren Wachstum der Calcitkristalle besonders bevorzugten Formen zu bestimmen, hat *Irby*²⁶⁾ die Häufigkeit derselben aus den Angaben *Lévy's*, welcher 346 Exemplare von 198 verschiedenen Kombinationen beschrieb, abgeleitet. Er sagt: „Unter jenen zeigten 232 das Prisma $(10\bar{1}0)$, welches auch nach *Zippe* die häufigste Form ist; 159 Exemplare zeigten $(01\bar{1}2)$, 110mal trat $(21\bar{3}1)$ auf und zwar an fast allen sehr groß ausgebildeten Kristallen mit Ausnahme der isländischen; $(02\bar{2}1)$ an 88 Exemplaren, besonders oft mit $(10\bar{1}0)$ zusammen; (0001) wurde an 78 Exemplaren, besonders von *Andreasberg*, beobachtet; $(10\bar{1}1)$ trat nur an 45 Exemplaren auf und erscheint äußerst selten allein; es fehlt

²⁶⁾ Zeitschrift f. Kristallographie, Bd. 21, 22, 24, 27 und 30.

²⁶⁾ Ebenda, 3, 612.

an den Andreasberger Kristallen fast ganz, ist dagegen sehr gewöhnlich an denen der Isère und auch häufig in Derbyshire; (4041) kommt 43 mal vor, sowohl allein, als in Kombinationen, meist mit $(10\bar{1}0)$, oft auch mit $(21\bar{3}1)$, selten dagegen mit $(02\bar{2}1)$; $(11\bar{2}0)$ an 41 Kombinationen, deren Mehrzahl von Andreasberg stammt; es erscheint selten zusammen mit $(21\bar{3}1)$. Die übrigen Formen sind seltener beobachtet worden. Natürlich würde die relative Häufigkeit der zuerst erwähnten Gestalten noch eine bedeutend größere sein, wenn nicht die zu Grunde gelegte Sammlung, wie jede andere, besonders ausgewählte Exemplare in unverhältnismäßiger Zahl, gegenüber den gewöhnlichen Formen, enthielte. Man kann wohl sagen, daß wenigstens 90 % aller Flächen an Kalkspatkristallen entweder $(10\bar{1}0)$ oder $(01\bar{1}2)$ oder $(21\bar{3}1)$ angehören. — Man ersieht aus dieser Zusammenstellung, daß die bei beginnender Kristallbildung herrschende Form $(10\bar{1}1)$ bei der Vergrößerung der Kristalle meist verschwindet, daß aber diejenigen Formen, welche bereits an den mikroskopischen Kristallen in Kombination mit jener Gestalt treten, später die gewöhnlichsten sind“. *F. Sansoni*²⁷⁾ studierte eingehend die Kristallformen des Andreasberger Calcits. Er untersuchte ungefähr 2500 Kristalle. Hinsichtlich der Häufigkeit der einzelnen Formen dieses Vorkommens bemerkt er u. a.: „Wenn wir die sämtlichen Formen überblicken, so finden wir zunächst, daß positive Rhomboëder, mit Ausnahme der häufigsten $(10\bar{1}1)$, $(40\bar{4}1)$, äußerst selten sind; es fehlen dann gänzlich positive Rhomboëder, welche stumpfer sind als $(10\bar{1}1)$, dagegen sind die spitzeren vorhanden, und zwar in der Weise, daß sie als vicinale Flächen des Prismas $(10\bar{1}0)$ zu betrachten sind. Die positiven Skalenoëder fallen fast alle in die Hauptzone (Kantenzone von $(10\bar{1}1)$), welche bekanntlich durch die charakteristische Streifung bezeichnet wird. In dieser Zone sind aber die Skalenoëder nicht gleichmäßig verteilt, denn es scheint, daß das häufigste $(21\bar{3}1)$ aus seiner Nähe andere Formen ausschließt. — In den negativen Sextanten sind die Rhomboëder in größerer Zahl vorhanden, am häufigsten die spitzeren. Äußerst selten sind die stumpferen, mit Ausnahme von $(01\bar{1}2)$, welches immer mit gestreiften Flächen auftritt; andere zeigen gekrümmte oder rauhe Flächen. Die negativen Skalenoëder, wenigstens die besser bestimmbar, liegen in zwei Zonen $(02\bar{2}1) : (10\bar{1}1)$ und $(02\bar{2}1) : (21\bar{3}1)$. — Für die Rhomboëder und Skalenoëder bemerkt man, daß zwei durch gleiche Achsenschnitte und ungleiche Stellung bezeichnete Formen zeigen:

1. verschiedene physikalische Beschaffenheit ihrer Flächen,
2. wenn die Formen eines bestimmten Vorzeichens sehr häufig erscheinen, desto seltener sind die mit entgegengesetztem Zeichen.

In der Tat, während sehr häufig sind $-\frac{1}{2} R (01\bar{1}2)$, $-2 R (02\bar{2}1)$, $+4 R (40\bar{4}1)$, sind äußerst selten oder unbekannt die entsprechenden $+\frac{1}{2} R (10\bar{1}2)$, $+2 R (20\bar{2}1)$, $-4 R (04\bar{4}1)$. Die Häufigkeit der wichtigsten von *Sansoni* beobachteten Formen läßt sich folgendermaßen darstellen, wobei sich die Symbole nach abnehmender Häufigkeit folgen. *Sansoni* fand

1. sehr oft: $(10\bar{1}0)$, (0001) , $(01\bar{1}2)$, $(40\bar{4}1)$, $(02\bar{2}1)$, $(11\bar{2}0)$;
2. häufig: $(10\bar{1}1)$, $(21\bar{3}1)$, $(32\bar{5}1)$, $(43\bar{7}1)$, $(03\bar{3}2)$;
3. seltener: $(41\bar{5}3)$, $(31\bar{4}5)$, $(54\bar{9}1)$, $(0.14.\bar{1}4.1)$, $(08\bar{8}7)$, $(13.11.\bar{2}4.2)$, $(53\bar{8}2)$, $(4.12.\bar{1}6.7)$, $(21\bar{3}4)$, $(51\bar{6}7)$, $(05\bar{5}1)$, $(6.5.\bar{1}1.1)$, die letzten vier gleich häufig;

²⁷⁾ Zeitschr. f. Krist. 10, 545–600.

4. selten: $(52\bar{7}9)$, $(41\bar{5}6)$, $(01\bar{1}1)$, $(13.0.\bar{1}3.1)$, $(0.11.\bar{1}1.4)$, $(05\bar{5}4)$, $(51\bar{6}4)$, $(7.6.\bar{1}3.1)$, $(33\bar{6}1)$, $(14\bar{5}3)$, $(13\bar{4}1)$, $(24\bar{6}1)$, die letzten neun gleich häufig.

Die übrigen Formen (96 von 131) wurden nur vereinzelt gefunden. Eine Zusammenstellung aller Calcitformen gaben neuerdings *C. Bumüller*²⁸⁾ und *H. P. Whitlock*²⁹⁾. Unter 20 Fundorten im Staate New-York fand letzterer an den meisten $(10\bar{1}1)$, $(10\bar{1}0)$, $(01\bar{1}2)$, $(40\bar{4}1)$, $(21\bar{3}1)$, $(02\bar{2}1)$, an mehreren (0001) , $(04\bar{4}5)$, $(13.0.\bar{1}3.1)$, $(53\bar{8}2)$, $(8.8.\bar{1}6.3)$, $(70\bar{7}1)$, $(0.14.\bar{1}4.1)$, $(41\bar{5}6)$, $(72\bar{9}5)$, $(31\bar{4}2)$, $(7.4.\bar{1}1.3)$, $(32\bar{5}1)$, $(62\bar{8}1)$, $(8.4.\bar{1}2.1)$, $(13\bar{4}1)$, außerdem zahlreiche Formen an einzelnen Orten³⁰⁾.

In Fig. 27 sind außer dem Dodekanten $(2\bar{1}\bar{1}0)$ (0001) $(11\bar{2}0)$ auch die anstoßenden Hälften der beiden benachbarten in Projektion auf $(10\bar{1}1)$ dargestellt. Als häufigste und wichtigste Formen sind dort z. T. mit unterstrichenem Symbol eingetragen $(10\bar{1}0)$, (0001) , $(01\bar{1}2)$, $(02\bar{2}1)$, $(10\bar{1}1)$, $(21\bar{3}1)$.

I. Die ganze Rhomboëderzone des Calcits zerfällt in zwei gleiche, von den beiden Basisflächen begrenzte Teile, die selbst wieder aus mehreren, ungleichartigen Stücken bestehen. Zwischen (0001) und $(10\bar{1}1)$ liegen nur wenige und seltene, stumpfere positive Rhomboëder.

a) Hierauf folgt die positive Strecke $(10\bar{1}1):(10\bar{1}0)$, welche reich entwickelt ist und

$(50\bar{5}2)$, $(40\bar{4}1)$, $(70\bar{7}1)$, $(10.0.\bar{1}0.1)$ und $(13.0.\bar{1}3.1)$

als besonders häufige bis ziemlich häufige Flächen aufweist. Nach den Symbolen *sämtlicher* Flächen dieses Stückes (s. unten) könnte man auf eine primäre Reihe mit der Zielfläche $(10\bar{1}0)$ und der Indexdifferenz 1 schließen, die Berücksichtigung der Häufigkeit der einzelnen Formen führt jedoch auf die Vermutung, daß die Indexdifferenz gleich 3 und das Symbol der Zielfläche demnach hier eigentlich gleich $(30\bar{3}0)$ zu setzen sei. Man erhält so folgende Reihe:

I	III	II	III	I	III	II	III
$(10\bar{1}1)$	$(60\bar{6}3)$	$(50\bar{5}2)$	$(90\bar{9}3)$	$(40\bar{4}1)$	$(15.0.\bar{1}5.3)$	$(11.0.\bar{1}1.2)$	$(18.0.\bar{1}8.3)$
	$= (20\bar{2}1)$		$= (30\bar{3}1)$		$= (50\bar{5}1)$		$= (60\bar{6}1)$
	I	III	III	I	III	I	III
$(13.0.\bar{1}3.2)$	$(70\bar{7}1)$	$(24.0.\bar{2}4.3)$	$(27.0.\bar{2}7.3)$	$(10.0.\bar{1}0.1)$	$(33.0.\bar{3}3.3)$		
		$= (80\bar{8}1)$	$= (90\bar{9}1)$		$= 11.0.\bar{1}1.1)$		

²⁸⁾ Über Kalkspatkristalle von Oberscheld (Kreis Dillenburg), Neues Jahrb. f. Mineralogie etc., Beilage-Band 28, 233–285.

²⁹⁾ Calcites of New-York, New-York State Museum, Memoir 13, Albany, University of the State of New-York, 1910.

³⁰⁾ Hinsichtlich der Häufigkeit der verschiedenen Calcitformen vergl. auch die Bemerkungen von *Irby* (l. c.).

$$\begin{array}{cccccc}
\text{I} & & \text{I} & & \text{III} & & \text{I} & & \text{III} & & \text{I} \\
(13.0.\bar{1}\bar{3}.1) & (16.0.\bar{1}\bar{6}.1) & (54.0.\bar{5}\bar{4}.3) & (19.0.\bar{1}\bar{9}.1) & (60.0.\bar{6}\bar{0}.3) & (22.0.\bar{2}\bar{2}.1) \\
& & = (18.0.\bar{1}\bar{8}.1) & & = (20.0.\bar{2}\bar{0}.1) \\
& & & & & & & & & & \\
& & & & \text{I} & & \text{I} & & & & \\
(24.0.\bar{2}\bar{4}.1) & (25.0.\bar{2}\bar{5}.1) & (28.0.\bar{2}\bar{8}.1) & \dots & (30\bar{3}0) \\
& & & & = (10\bar{1}0)
\end{array}$$

Diese, vielleicht etwas gezwungen erscheinende Deutung gewinnt an Wahrscheinlichkeit bei Anwendung der Miller'schen Bezeichnung, indem dann die primären Symbole durch direkte Komplikation aus $(100) = (10\bar{1}1)$ und $(2\bar{1}\bar{1}) = (10\bar{1}0)$ erhalten werden. Für die primären und sekundären Formen ergibt sich folgende Reihe:

$$\begin{array}{cccccccccc}
\text{I} & \text{II} & \text{I} & \text{II} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} \\
(100) & (4\bar{1}\bar{1}) & (3\bar{1}\bar{1}) & (8\bar{3}\bar{3}) & (5\bar{2}\bar{2}) & (7\bar{3}\bar{3}) & (9\bar{4}\bar{4}) & (11.\bar{5}.\bar{5}) & (13.\bar{6}.\bar{6}) & (15.\bar{7}.\bar{7}) \\
& & & & & & & & & \\
& & & & \text{I} & \text{I} & & & & \\
& & & & (17.\bar{8}.\bar{8}) & (19.\bar{9}.\bar{9}) & \dots & (2\bar{1}\bar{1}).
\end{array}$$

Von den tertiären wird $(20\bar{2}1)$ zu $(5\bar{1}\bar{1})$, $(30\bar{3}1)$ zu $(7\bar{2}\bar{2})$ u. s. w.

b) Auch im folgenden Zonenstück, dem der steilen negativen Rhomboëder zwischen $(20\bar{2}1)$ und $(10\bar{1}0)$,³¹⁾ worin $(70\bar{7}2)$, $(50\bar{5}1)$ und $(14.0.\bar{1}\bar{4}.\bar{1})$ besonders häufig auftreten, scheint die Indexdifferenz 3 zu sein, die Zielfläche $(10\bar{1}0)$ also gleichfalls bei der Komplikation als $(30\bar{3}0)$ zu wirken:

$$\begin{array}{cccccccc}
\text{I} & & & & \text{IV} & & \text{III} & & \text{IV} \\
(20\bar{2}1) & (90\bar{9}4) & (12.0.\bar{1}\bar{2}.5) & (50\bar{5}2) & (11.0.\bar{1}\bar{1}.\bar{4}) & (90\bar{9}3) & (16.0.\bar{1}\bar{6}.\bar{5}) \\
& & & & & = (30\bar{3}1) \\
& & \text{II} & \text{III} & & \text{I} & \text{III} & \text{I} \\
(13.0.\bar{1}\bar{3}.\bar{4}) & (70\bar{7}2) & (12.0.\bar{1}\bar{2}.\bar{3}) & (90\bar{9}2) & (50\bar{5}1) & (21.0.\bar{2}\bar{1}.\bar{3}) & (80\bar{8}1) \\
& & = (40\bar{4}1) & & & = (70\bar{7}1) \\
& \text{III} & \text{I} & \text{III} & \text{I} & \text{I} \\
(27.0.\bar{2}\bar{7}.\bar{3}) & (11.0.\bar{1}\bar{1}.\bar{1}) & (39.0.\bar{3}\bar{9}.\bar{3}) & (14.0.\bar{1}\bar{4}.\bar{1}) & (17.0.\bar{1}\bar{7}.\bar{1}) \\
= (90\bar{9}1) & & = 13.0.\bar{1}\bar{3}.\bar{1} & & \\
& & \text{I} & & & & \\
& & (20.0.\bar{2}\bar{0}.\bar{1}) & \dots & (30\bar{3}0) \\
& & & & = (10\bar{1}0)
\end{array}$$

Die Miller'schen Symbole geben indes auch von diesem Stücke ein einfaches Bild. Von der großen Zahl der hier (wie überhaupt für den Calcit) angegebenen Formen wird freilich manche nur von sehr untergeordneter Bedeutung sein, so daß das Bild des Zonenbaues dadurch eher getrübt als bestimmter ausgeprägt wird. An den einzelnen Kristallen pflegt zudem die Rhomboëderzone

³¹⁾ In Fig. 27 sind die entsprechenden Zonenstücke $(02\bar{2}1) : (01\bar{1}0)$ und $(2\bar{2}01) : (1\bar{1}00)$ dargestellt.

meist nur schwach entwickelt zu sein. Weitere Untersuchungen müssen hier klärend wirken.

c) Im dritten Zonenstück der Rhomboëderzone, nämlich in $(10\bar{1}2):(20\bar{2}1)^{32)}$, werden sogar gegen 30 negative Rhomboëder angegeben. Darunter zeichnen sich durch relative Häufigkeit aus $(40\bar{4}5)$, $(10\bar{1}1)$, $(80\bar{8}7)$, $(50\bar{5}4)$, $(70\bar{7}5)$, $(30\bar{3}2)$. Dementsprechend kann man hier eine primäre Reihe mit folgenden primären und sekundären Flächen annehmen:

$$\begin{array}{ccccccccccc}
 \text{I} & \text{II} & \text{I} & \text{II} & \text{I} & \text{II} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & & \\
 (10\bar{1}2) & (40\bar{4}5) & (30\bar{3}3) & (80\bar{8}7) & (50\bar{5}4) & (12.0.\bar{1}2.\bar{9}) & (70\bar{7}5) & (90\bar{9}6) & (11.0.\bar{1}1.7) & & \\
 & & = (10\bar{1}1) & & & = (40\bar{4}3) & & = (30\bar{3}2) & & & \\
 & \text{II} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & & \\
 (24.0.\bar{2}4.\bar{1}5) & (13.0.\bar{1}3.\bar{8}) & (15.0.\bar{1}5.\bar{9}) & (21.0.\bar{2}1.\bar{1}2) & (27.0.\bar{2}7.\bar{1}5) & & & & & & \\
 & = (80\bar{8}5) & & = (50\bar{5}3) & = (70\bar{7}4) & = (90\bar{9}5) & & & & & \\
 & & \text{I} & & & & & & & & \\
 & & (33.0.\bar{3}3.\bar{1}8) \dots (20\bar{2}1) & & & & & & & & \\
 & & = (11.0.\bar{1}1.\bar{6}) & & & & & & & &
 \end{array}$$

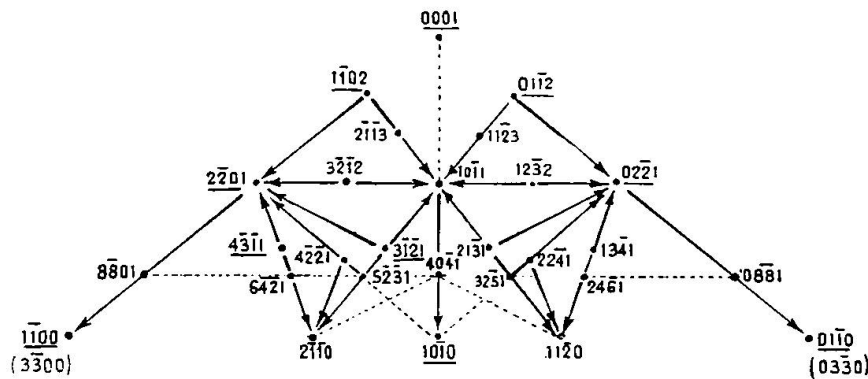


Fig. 27. Calcit.

Einfacher gestaltet sich die Reihe bei Verwendung der Miller'schen Symbole. Man erhält dann:

$$\begin{array}{cccccccccccc}
 \text{I} & \text{II} & \text{I} & \text{II} & \text{I} & \text{II} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{II} & \text{I} & \\
 (0\bar{1}1) & (133) & (122) & (355) & (233) & (577) & (344) & (455) & (566) & (11.\bar{1}3.\bar{1}3) & (677) & \\
 & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & & & \\
 & (788) & (10.\bar{1}1.\bar{1}1) & (13.\bar{1}4.\bar{1}4) & (16.\bar{1}7.\bar{1}7) \dots (1\bar{1}1) & & & & & & &
 \end{array}$$

In dem Stücke $(10\bar{1}2):(0001)^{33)}$ wurden nur $(20\bar{2}5)$, $(7.0.7.\bar{2}0)$ und $(10\bar{1}5)$ beobachtet.

2. Deutlicher als bei den Rhomboëdern tritt eine eigentliche Zonenentwicklung mehrfach bei den so zahlreichen Skalenoëdern hervor, namentlich in der Kantenzone des Grundrhomboëders. Es sind die drei Stücke $(1\bar{1}02):(10\bar{1}1)$, $(21\bar{3}1):(10\bar{1}1)$ und $(21\bar{3}1):$

³²⁾ $(01\bar{1}2):(02\bar{2}1)$ und $(1\bar{1}02):(2201)$ sind die entsprechenden Teile in Fig. 27.

³³⁾ $(01\bar{1}2):(0001)$ bzw. $(1\bar{1}02):(0001)$ der Fig. 27.

(11 $\bar{2}$ 0) (s. Fig. 27) gesondert zu betrachten. Alle lassen bestimmt eine primäre Reihe erkennen mit einer Ausgangsfläche von komplizierterem und einer Zielfläche von einfacherem Symbol. Ein Gleiches gilt von dem im Anschluß hieran zu besprechenden Stücke (21 $\bar{3}$ 1): (02 $\bar{2}$ 1).

a) Das Zonenstück (1 $\bar{1}$ 02):(10 $\bar{1}$ 1) weist 26 als sicher betrachtete Skalenoëder nebst der Deuteropyramide (2 $\bar{1}$ $\bar{1}$ 3) auf. Relativ häufig sind (3 $\bar{1}$ $\bar{2}$ 4) und (4 $\bar{1}$ $\bar{3}$ 5). Mit Ausnahme von vier Formen von besonders hoher Komplikation hat man hier folgende Flächen:

I (1 $\bar{1}$ 02)	III (7. $\bar{3}$. $\bar{4}$.10)	II (9. $\bar{2}$. $\bar{7}$.11)	I (9. $\bar{1}$. $\bar{8}$.10)
IV (5 $\bar{4}$ $\bar{1}$ 9)	II (5 $\bar{2}$ $\bar{3}$ 7)	I (5 $\bar{1}$ $\bar{4}$ 6)	I (10. $\bar{1}$. $\bar{9}$.11)
II (3 $\bar{2}$ $\bar{1}$ 5)	IV (11. $\bar{4}$. $\bar{7}$.15)	II (11. $\bar{2}$. $\bar{9}$.13)	I (14. $\bar{1}$. $\bar{13}$.15)
IV (8. $\bar{5}$. $\bar{3}$.13)	I (3 $\bar{1}$ $\bar{2}$ 4)	I (6 $\bar{1}$ $\bar{5}$ 7)	:
III (5 $\bar{3}$ $\bar{2}$ 8)	III (10. $\bar{3}$. $\bar{7}$.13)	II (13. $\bar{2}$. $\bar{11}$.15)	(10 $\bar{1}$ 1)
I (2 $\bar{1}$ $\bar{1}$ 3)	II (7 $\bar{2}$ $\bar{5}$ 9)	I (7 $\bar{1}$ $\bar{6}$ 8)	
IV (9. $\bar{4}$. $\bar{5}$.13)	I (4 $\bar{1}$ $\bar{3}$ 5)	I (8 $\bar{1}$ $\bar{7}$ 9)	

Die Entwicklung ist im ganzen eine regelmäßige. Die Symbole der vorstehend nicht aufgeführten Formen ergeben sich aus den benachbarten wie folgt:

$$\begin{aligned}
 (7.\bar{6}.\bar{1}.13) &= 2(1\bar{1}02) + (5\bar{4}\bar{1}9) \\
 (11.\bar{7}.\bar{4}.18) &= (3\bar{2}\bar{1}5) + (8.\bar{5}.\bar{3}.13) \\
 (17.\bar{6}.\bar{11}.23) &= (11.\bar{4}.\bar{7}.15) + 2(3\bar{1}\bar{2}4) \\
 (16.\bar{5}.\bar{11}.21) &= 2(3\bar{1}\bar{2}4) + (10.\bar{3}.\bar{7}.13).
 \end{aligned}$$

b) Zonenstück (21 $\bar{3}$ 1):(10 $\bar{1}$ 1); Zielfläche (10 $\bar{1}$ 1):

I (21 $\bar{3}$ 1)	IV (17.5. $\bar{22}$.12)	III (13.3. $\bar{16}$.10)	I (71 $\bar{8}$ 6)
III (7.3. $\bar{10}$.4)	II (72 $\bar{9}$ 5)	I (51 $\bar{6}$ 4)	II (17.2. $\bar{19}$.15)
II (52 $\bar{7}$ 3)	III (11.3. $\bar{14}$.8)	I (61 $\bar{7}$ 5)	I (11.1. $\bar{12}$.10)...
I (31 $\bar{4}$ 2)	I (41 $\bar{5}$ 3)	III (19.3. $\bar{22}$.16)	(10 $\bar{1}$ 1)

Außer den genannten werden für diese Zone noch einige Formen von höherer Komplikation angegeben, deren Symbole sich aus den benachbarten wie folgt ergeben:

$$\begin{aligned}
 (15.7.\bar{22}.8) &= 2(21\bar{3}1) + (11.5.\bar{16}.6) \\
 2(11.5.\bar{16}.6) &= (15.7.\bar{22}.8) + (7.3.\bar{10}.4) \\
 (19.5.\bar{24}.14) &= (11.3.\bar{14}.8) + 2(41\bar{5}3) \\
 (21.5.\bar{26}.16) &= 2(41\bar{5}3) + (13.3.\bar{16}.10).
 \end{aligned}$$

c) Zonenstück (21 $\bar{3}$ 1):(11 $\bar{2}$ 0); Zielfläche (11 $\bar{2}$ 0). Relativ häufig sind hier die primären Flächen (32 $\bar{5}$ 1), (43 $\bar{7}$ 1) und (54 $\bar{9}$ 1).

I (21 $\bar{3}$ 1)	III (10.7.1 $\bar{7}$.3)	I (54 $\bar{9}$ 1)	II (17.15.3 $\bar{2}$.2)
IV (9.5.1 $\bar{4}$.4)	II (7.5.1 $\bar{2}$.2)	I (6.5.1 $\bar{1}$.1)	I (9.8.1 $\bar{7}$.1)
III (7.4.1 $\bar{1}$.3)	III (11.8.1 $\bar{9}$.3)	II (13.11.2 $\bar{4}$.2)	I (10.9.1 $\bar{9}$.1)
II (53 $\bar{8}$ 2)	I (43 $\bar{7}$ 1)	I (7.6.1 $\bar{3}$.1)	II (21.19.4 $\bar{0}$.2)
III (8.5.1 $\bar{3}$.3)	IV (17.13.3 $\bar{0}$.4)	II 15.13.2 $\bar{8}$.2)	\vdots
I (32 $\bar{5}$ 1)	II (9.7.1 $\bar{6}$.2)	I (8.7.1 $\bar{5}$.1)	(11 $\bar{2}$ 0).

Außer diesen werden noch acht Formen von höherer Komplikation angegeben; davon sind drei vielleicht als vicinale anzusehen:

$$\begin{array}{ll}
 (25.13.3\bar{8}.12) & \text{vicinal zu } (21\bar{3}1) \\
 (41.21.6\bar{2}.20) & \text{„ „ „} \\
 (29.17.4\bar{6}.12) & \text{„ „ } (53\bar{8}2).
 \end{array}$$

Die Symbole der übrigen lassen sich folgendermaßen ableiten:

$$\begin{array}{l}
 (17.9.2\bar{6}.8) = 4(21\bar{3}1) + (9.5.1\bar{4}.4) \\
 (19.11.3\bar{0}.8) = 2(7.4.1\bar{1}.3) + (53\bar{8}2) \\
 (17.11.2\bar{8}.6) = (8.5.1\bar{3}.3) + 3(32\bar{5}1) \\
 (19.13.3\bar{2}.6) = 3(32\bar{5}1) + (10.7.1\bar{7}.3) \\
 (23.17.4\bar{0}.6) = (11.8.1\bar{9}.3) + 3(43\bar{7}1).
 \end{array}$$

d) Zonenstück (21 $\bar{3}$ 1): (02 $\bar{2}$ 1); Zielfläche (02 $\bar{2}$ 1). Dieses Stück weist folgende Flächen auf, bei denen, abgesehen von (12.8.2 $\bar{0}$.7)³⁴⁾, stets eine primäre mit einer sekundären Form abwechselt:

I (21 $\bar{3}$ 1)	I (23 $\bar{5}$ 2)	II (4.12.1 $\bar{6}$.7)	I (2.9.1 $\bar{1}$.5)
(12.8.2 $\bar{0}$.7)	II (4.8.1 $\bar{2}$.5)	I (27 $\bar{9}$ 4)	II (4.20.2 $\bar{4}$.11)
II (44 $\bar{8}$ 3)	I (25 $\bar{7}$ 3)	II (4.16.2 $\bar{0}$.9)	I (2.11.1 $\bar{3}$.6) ... (02 $\bar{2}$ 1)

Setzt man hingegen in allen Symbolen den ersten Index = 4, so erhält man — wiederum abgesehen von (12.8.2 $\bar{0}$.7) — eine ununterbrochene, vielleicht in Wirklichkeit primäre Reihe, eine in dieser Regelmäßigkeit seltene Erscheinung:

$$(42\bar{6}2) (44\bar{8}3) (4.6.1\bar{0}.4) (4.8.1\bar{2}.5) (4.10.1\bar{4}.6) (4.12.1\bar{6}.7) (4.14.1\bar{8}.8) \\
 (4.16.2\bar{0}.9) (4.18.2\bar{2}.10) (4.20.2\bar{4}.11) (4.22.2\bar{6}.12) \dots (02\bar{2}1).$$

Eventuell könnte man (40 $\bar{4}$ 1) hinzunehmen, welches dann an Stelle von (21 $\bar{3}$ 1) = (42 $\bar{6}$ 2) die Ausgangsfläche der ganzen Reihe bilden würde. (12.8.2 $\bar{0}$.7) wäre eine tertiäre Form, während sich zwischen (40 $\bar{4}$ 1) und (42 $\bar{6}$ 2) noch die sekundäre (8.2.1 $\bar{0}$.3) und die kompliziertere (10.1.1 $\bar{1}$.3) resp. (20.2.2 $\bar{2}$.6) einschieben würde.

³⁴⁾ (12.8.2 $\bar{0}$.7) wird von *Whitlock* als positiv, vor *Irby* hingegen als negativ (8.12.2 $\bar{0}$.7) aufgeführt. Wäre sie in der Tat eine negative Form, so würde sie hier zu streichen sein.

26.5). Außerdem erscheinen noch zwei Formen von höherer Komplikation: $(9.14.\bar{2}3.4)$ und $(19.10.\bar{2}9.6)$.

Zwischen $(40\bar{4}1)$ und $(11\bar{2}0)$ endlich wurde eine Anzahl von Flächen gefunden, von denen einzelne — $(51\bar{6}1)$, $(62\bar{8}1)$, $(8.4.\bar{1}2.1)$ — als Glieder einer primären Reihe betrachtet werden können, doch ist die Entwicklung undeutlich.

Die beiden zuletzt genannten Zonenstücke sind in Fig. 27 nur punktiert verzeichnet. Soweit in diese Figur Zonenstücke, die eine primäre Reihe enthalten, als solche eingetragen sind, fungieren $(01\bar{1}2)$, $(21\bar{3}1)$, $(12\bar{3}2)$, $(13\bar{4}1)$ und $(22\bar{4}1)$ nur als Ausgangs- $(10\bar{1}0)$ und $(11\bar{2}0)$ nur als Zielflächen, $(10\bar{1}1)$ und $(02\bar{2}1)$ als beide. Diese letzteren Formen mit ihren wichtigen Kantenzonen und der durch ihre Kombination induzierten Rhomboëderzone erscheinen als die hauptsächlichsten Träger des ganzen Formenkomplexes des Calcits, was mit den eingangs erwähnten Beobachtungen über die Gestalt der aus Lösungen zuerst sich ausscheidenden Kristalle dieses Minerals übereinstimmt.

17. Quarz (Fig. 28).

Obgleich der Quarz für das Studium der Zonenverhältnisse hexagonaler Kristalle (neben Calcit) eines der wichtigsten Objekte bildet, so ist es doch bei ihm sehr schwierig, die richtige Wahl der zu berücksichtigenden Formen zu treffen. Dies kommt daher, weil infolge der verschiedenartigen, so häufigen Zwillingsbildung insbesondere bei den Flächen der Trapezoëder die Bestimmung des Vorzeichens und der Stellung oft unsicher ist. Eine definitive Entscheidung kann nach den vorhandenen Angaben in manchen Fällen nicht getroffen werden. Auch hinsichtlich der Natur als echte Kristallflächen (im Gegensatz zu Vicinalen und Prärosionsflächen) ist bei mehreren Formen ein Zweifel noch wohlberechtigt. Für die folgende Betrachtung dienten als Quellen vornehmlich der Index von *Goldschmidt* und das Handbuch der Mineralogie von *Hintze*. Diejenigen Formen, welche von den genannten Autoren in ihrem Hauptverzeichnis aufgeführt werden, sind als die sichersten berücksichtigt, wenngleich auch noch andere sich oft in bester Weise in die von jenen angedeutete Entwicklung der verschiedenen Zonen einfügen.

Am häufigsten und wichtigsten sind bekanntlich $(10\bar{1}1)$, $(01\bar{1}1)$ und $(10\bar{1}0)$, welche meist den Habitus der Kristalle bestimmen, ferner $(11\bar{2}1)$ und $(51\bar{6}1)$. Nach den Flächen des Protoprismas, des positiven und des negativen Grundrhomboëders als Zielflächen spannen sich denn auch die wichtigsten Zonenstücke (s. Fig. 28, welche einen positiven und die rechts anstoßende Hälfte eines negativen Sextanten eines rechten Quarzkristalls darstellt). Im folgenden sind für den Fall eines *rechten* Kristalls die aufgeführten trigonalen Pyramiden als rechte und die Trapezoëder,

der für den Quarz im allgemeinen geltenden Regel entsprechend, als positive rechte bzw. als negative linke aufgefaßt.

Die positiven und negativen Rhomboëderflächen häufen sich ganz überwiegend zwischen $(10\bar{1}0)$ und $(10\bar{1}1)$ einerseits, sowie zwischen $(10\bar{1}0)$ und $(10\bar{1}\bar{1})$ anderseits. Die Entwicklung findet in beiden Stücken von $(20\bar{2}1)$ und $(02\bar{2}\bar{1})$ als Ausgangsflächen nach $(10\bar{1}1)$, $(10\bar{1}0)$ und $(10\bar{1}\bar{1})$ als Zielflächen hin statt. Man erhält so folgende vier Zonenstücke:

I $(20\bar{2}1)$ (13.0.13.7)	I $(20\bar{2}1)$ I $(30\bar{3}1)$	I $(20\bar{2}\bar{1})$ (13.0.13.6)	I $(20\bar{2}\bar{1})$ IV $(90\bar{0}5)$
IV $(90\bar{0}5)$	IV $(15.0.15.4)$	IV $(90\bar{0}4)$	II $(50\bar{5}3)$
III $(70\bar{7}4)$	I $(40\bar{4}1)$	III $(70\bar{7}3)$	III $(80\bar{8}5)$
II $(50\bar{5}3)$	I $(50\bar{5}1)$	II $(50\bar{5}2)$	I $(30\bar{3}2)$
III $(80\bar{8}5)$	II $(11.0.11.2)$	IV $(11.0.11.4)$	II $(70\bar{7}5)?$
I $(30\bar{3}2)$	I $(60\bar{6}1)$	I $(30\bar{3}\bar{1})$	I $(40\bar{4}3)$
IV $(13.0.13.9)$	I $(70\bar{7}1)$	II $(70\bar{7}2)$	I $(50\bar{5}4)$
II $(70\bar{7}5)$	I $(80\bar{8}1)$	I $(40\bar{4}\bar{1})$	I $(60\bar{6}5)$
I $(40\bar{4}3)$	I $(90\bar{0}1)$	III $(14.0.14.3)$	I $(90\bar{0}8)$
I $(50\bar{5}4)$	I $(10.0.10.1)$	I $(50\bar{5}\bar{1})$	I $(11.0.11.10)$
I $(60\bar{6}5)$	I $(12.0.12.1)$	I $(60\bar{6}\bar{1})$	⋮
I $(70\bar{7}6)$	I $(13.0.13.1)$	II $(13.0.13.2)$	$(10\bar{1}\bar{1})$
I $(80\bar{8}7)$	I $(15.0.15.1)$	I $(70\bar{7}\bar{1})$	
I $(90\bar{0}8)$	I $(16.0.16.1)$	I $(80\bar{8}\bar{1})$	
I $(11.0.11.10)$	⋮	I $(11.0.11.1)$	
⋮	⋮	⋮	
$(10\bar{1}1)$	$(10\bar{1}0)$	$(10\bar{1}0)$	

Die beiden ersten und die beiden letzten Stücke mit gleichen Ausgangsflächen $(20\bar{2}1)$ bzw. $(20\bar{2}\bar{1})$ bilden zusammen je eine doppelendige (unsymmetrische) primäre Reihe mit eingeschalteten Flächen höherer Komplikation. $(13.0.13.7)$ und $(13.0.13.6)$ dürfen wohl als Vicinale zu $(20\bar{2}1)$ bzw. $(20\bar{2}\bar{1})$ betrachtet werden.

Von Interesse ist auch die, wenngleich an den Kristallen sehr selten reichlicher vertretene Prismenzone (Fig. 28). Die Entwicklung geht hier von $(21\bar{3}0)$ bzw. $(12\bar{3}0)$ aus; als Zielflächen fungieren im ersteren Falle $(10\bar{1}0)$ und $(11\bar{2}0)$, so daß man eine doppelendige, unsymmetrische Reihe mit folgenden Flächen hat:

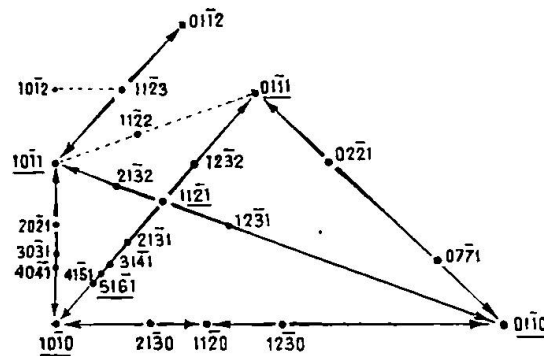
I	I	I	II	I	III	III
$(10\bar{1}0) \dots (51\bar{6}0)$	$(41\bar{5}0)$	$(31\bar{4}0)$	$(52\bar{7}0)$	$(21\bar{3}0)$	$(7.4.11.0)$	$(8.5.13.0)$
I	III	III	I			
$(32\bar{5}0)$	$(10.7.17.0)$	$(11.8.19.0)$	$(43\bar{7}0)$	\dots	$(11\bar{2}0)$	

Das Stück $(21\bar{3}0) : (11\bar{2}0)$ gewinnt ein weit regelmäßigeres Aussehen (in Form einer einfachen primären Reihe), wenn man die Indices von $(21\bar{3}0)$, $(32\bar{5}0)$ und $(43\bar{7}0)$ mit 3 multipliziert:
 $(63\bar{9}0) (7.4.\bar{1}\bar{1}.0) (8.5.\bar{1}\bar{3}.0) (9.6.\bar{1}\bar{5}.0) (10.7.\bar{1}\bar{7}.0) (11.8.\bar{1}\bar{9}.0)$
 $(12.9.\bar{2}\bar{1}.0) \dots (11\bar{2}0).$

Zweckmäßiger noch wendet man die Miller'schen Symbole an, wobei man erhält:

$$(5\bar{1}\bar{4}) (6\bar{1}\bar{5}) (7\bar{1}\bar{6}) (8\bar{1}\bar{7}) (9\bar{1}\bar{8}) (10.\bar{1}.\bar{9}) (11.\bar{1}.\bar{1}\bar{0}) \dots (10\bar{1}).$$

Zwei besonders wichtige doppelendige, unsymmetrische Reihen gehen durch $(11\bar{2}1)$, wobei diese Fläche jedesmal die mittlere



Frg. 28. Quarz.

Ausgangsfläche bildet. Als Zielflächen fungieren dabei einerseits $(10\bar{1}0)$ und $(01\bar{1}1)$, andererseits $(10\bar{1}1)$ und $(01\bar{1}0)$. Je zwei, eine solche doppelendige Reihe bildende Zonenstücke sind im folgenden zusammengefaßt:

$$\left\{ \begin{array}{l} \begin{array}{cccccccc} \text{I} & \text{III} & \text{I} & \text{III} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} \\ (11\bar{2}1) & (53\bar{8}3) & (21\bar{3}1) & (8.3.\bar{1}\bar{1}.3) & (31\bar{4}1) & (41\bar{5}1) & (51\bar{6}1) & (71\bar{8}1) \end{array} \\ \begin{array}{c} \text{I} \\ (12.1.\bar{1}\bar{3}.1) \dots (10\bar{1}0), \end{array} \\ \begin{array}{cccccccccccc} \text{I} & \text{IV} & \text{II} & \text{I} & \text{II} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} \\ (11\bar{2}1) & (45\bar{9}5) & (23\bar{5}3) & (12\bar{3}2) & (25\bar{7}5) & (13\bar{4}3) & (14\bar{5}4) & (15\bar{6}5) & (16\bar{7}6) & (17\bar{8}7) \end{array} \\ \begin{array}{cccc} \text{I} & \text{I} \\ (1.9.\bar{1}\bar{0}.9) & (1.11.\bar{1}\bar{2}.11) \dots (01\bar{1}1). \end{array} \end{array} \right.$$

Im ersten Stücke ist die geringere Häufigkeit von $(21\bar{3}1)$ gegenüber den weiteren Gliedern der primären Reihe auffallend. Zwischen $(11\bar{2}1)$ und $(53\bar{8}3)$ werden noch angegeben $(6.5.\bar{1}\bar{1}.5)$ und $(8.5.\bar{1}\bar{3}.5)$. Diese Symbole lassen sich folgendermaßen ableiten:

$2(6.5.\bar{1}\bar{1}.5) = 7(11\bar{2}1) + (53\bar{8}3); 2(8.5.\bar{1}\bar{3}.5) = (11\bar{2}1) + 3(53\bar{8}3);$
 die beiden Formen sind demnach wohl als vicinale zu $(11\bar{2}1)$ und $(53\bar{8}3)$ aufzufassen.

$$\left\{ \begin{array}{l} \overset{\text{I}}{(11\bar{2}1)} \overset{\text{III}}{(43\bar{7}4)} \overset{\text{II}}{(32\bar{5}3)} \overset{\text{III}}{(53\bar{8}5)} \overset{\text{I}}{(21\bar{3}2)} \overset{\text{I}}{(31\bar{4}3)} \overset{\text{II}}{(72\bar{9}7)} \overset{\text{I}}{(41\bar{5}4)} \overset{\text{I}}{(61\bar{7}6)} \\ \quad \overset{\text{I}}{(71\bar{8}7)} \dots (10\bar{1}1), \\ \overset{\text{I}}{(11\bar{2}1)} \overset{\text{IV}}{(45\bar{9}4)} \overset{\text{III}}{(34\bar{7}3)} \overset{\text{IV}}{(5.7.\bar{1}2.5)} \overset{\text{II}}{(23\bar{5}2)} \overset{\text{III}}{(35\bar{8}3)} \overset{\text{I}}{(12\bar{3}1)} \overset{\text{III}}{(3.7.\bar{1}0.3)} \overset{\text{II}}{(25\bar{7}2)} \\ \quad \overset{\text{III}}{(3.8.\bar{1}1.3)} \overset{\text{I}}{(13\bar{4}1)} \overset{\text{II}}{(27\bar{9}2)} \overset{\text{I}}{(14\bar{5}1)} \overset{\text{I}}{(15\bar{6}1)} \overset{\text{I}}{(18\bar{9}1)} \overset{\text{I}}{(1.9.\bar{1}0.1)} \\ \quad \overset{\text{I}}{(1.12.\bar{1}3.1)} \dots (01\bar{1}0). \end{array} \right.$$

Im letzten Zonenstück werden noch aufgeführt $(11.12.\bar{2}3.11)$ zwischen $(11\bar{2}1)$ und $(45\bar{9}4)$, sowie $(6.13.\bar{1}9.6)$ zwischen $(12\bar{3}1)$ und $(3.7.\bar{1}0.3)$. Vielleicht sind dies nur vicinale Flächen zu $(11\bar{2}1)$ und $(12\bar{3}1)$:

$$(11.12.\bar{2}3.11) = 7(11\bar{2}1) + (45\bar{9}4);$$

$$(6.13.\bar{1}9.6) = 3(12\bar{3}1) + (3.7.\bar{1}0.3).$$

Eine weitere doppelendige Reihe mit $(11\bar{2}2)$ als mittlerer Ausgangsfläche zieht sich zwischen $(10\bar{1}1)$ und $(01\bar{1}1)$ hin:

$$\left\{ \begin{array}{l} \overset{\text{I}}{(11\bar{2}2)} \overset{\text{III}}{(43\bar{7}7)} \overset{\text{III}}{(53\bar{8}8)} \overset{\text{I}}{(21\bar{3}3)} \overset{\text{II}}{(52\bar{7}7)} \overset{\text{III}}{(8.3.\bar{1}1.11)} \overset{\text{I}}{(31\bar{4}4)} \overset{\text{I}}{(41\bar{5}5)} \overset{\text{I}}{(51\bar{6}6)} \dots (10\bar{1}1), \\ (11\bar{2}2) (34\bar{7}7) (35\bar{8}8) (12\bar{3}3) (25\bar{7}7) (13\bar{4}4) (27\bar{9}9) \dots (01\bar{1}1). \end{array} \right.$$

Hier treten allerdings nur im ersten Stück die primären Formen $(11\bar{2}2)$, $(21\bar{3}3)$, $(31\bar{4}4)$ etc. bestimmter hervor, die Reihe ist deshalb in Fig. 28 nur punktiert.

Sehr einfach ist hingegen der Bau der doppelendigen Reihe zwischen $(10\bar{1}1)$ und $(01\bar{1}2)$ mit $(11\bar{2}3)$ als mittlerer Ausgangsfläche:

$$\left\{ \begin{array}{l} \overset{\text{I}}{(11\bar{2}3)} \overset{\text{II}}{(32\bar{5}7)} \overset{\text{I}}{(21\bar{3}4)} \overset{\text{I}}{(31\bar{4}5)} \overset{\text{I}}{(41\bar{5}6)} \dots (10\bar{1}1), \\ \overset{\text{I}}{(11\bar{2}3)} \overset{\text{I}}{(12\bar{3}5)} \overset{\text{I}}{(13\bar{4}7)} \overset{\text{I}}{(14\bar{5}9)} \dots (01\bar{1}2). \end{array} \right.$$

Zwischen $(10\bar{1}2)$ und $(11\bar{2}3)$ spannt sich endlich noch eine Normalreihe II:

$$(10\bar{1}2) (31\bar{4}7) (21\bar{3}5) (32\bar{5}8) (11\bar{2}3).$$

Bei vorstehender Betrachtung wurden die Formen mit ungewöhnlich hohen Indices im allgemeinen außer Acht gelassen, was mit Rücksicht auf die eingangs hervorgehobene Schwierigkeit hinsichtlich der richtigen Deutung, insbesondere der Trapezoëderflächen, wohl gerechtfertigt erscheint.

Die wichtigsten Zonen sind hier, wie schon Gustav Rose in seiner 1846 erschienenen, grundlegenden Abhandlung „Über das Kristallisationssystem des Quarzes“ hervorhob, 1. diejenigen, deren Achsen den Nebenachsen entsprechen, und 2. diejenigen, deren Achsen den Polkanten der durch $(10\bar{1}1)$ und $(01\bar{1}1)$ gebildeten

hexagonalen Pyramide parallel gehen. Die Kombination $(10\bar{1}1)$. $(01\bar{1}1)$ im Gleichgewichte stellt also in ihren Rand- und Polkanten als Zonenachsen die wesentlichste Flächenentwicklung des Quarzes dar. Nimmt man $(10\bar{1}0)$ hinzu, so entsprechen dessen Kanten der Achse einer weiteren Zone, welche, wie oben gezeigt wurde, noch eine Reihe von interessanten, wenngleich seltenen Flächen umfaßt. Darauf aber, daß die Flächen von $(10\bar{1}1)$, $(01\bar{1}1)$ und $(10\bar{1}0)$ auch ganz besonders als wichtige Zielflächen der verschiedenen Zonenstücke fungieren, wurde gleichfalls schon eingangs hingewiesen.

Es ist von Interesse, die Anordnung und die Entwicklung der Zonenstücke beim Calcit und Quarz zu vergleichen. Indes findet sich — abgesehen von den sehr verschiedenen Symmetrieverhältnissen beiderlei Kristalle — unter den zahlreichen, in die Figuren 27 und 28 eingetragenen, von einer primären Reihe beherrschten Zonenstücken nur *eines*, welches bei *beiden* Körpern auftritt, das Stück der Rhomboëderzone $(02\bar{2}1) : (01\bar{1}0)$. Die Glieder der betreffenden primären Reihe sind jedoch nicht die nämlichen;

$$\begin{array}{l} \text{Calcit} \left\{ \begin{array}{l} (02\bar{2}1) (05\bar{5}1) (08\bar{8}1) (0.11.\bar{1}1.1) (0.14.\bar{1}4.1) (0.17.\bar{1}7.1) (0.20.\bar{2}0.1) \dots (01\bar{1}0) = (03\bar{3}0) \\ (11\bar{1}) (22\bar{3}) (33\bar{5}) (44\bar{7}) (55\bar{9}) (6.6.\bar{1}1) (7.7.\bar{1}3) \dots (11\bar{2}) \end{array} \right. \\ \text{Quarz} \left\{ \begin{array}{l} (02\bar{2}1) (03\bar{3}1) (04\bar{4}1) (05\bar{5}1) (06\bar{6}1) (07\bar{7}1) (08\bar{8}1) (0.11.\bar{1}1.1) \dots (01\bar{1}0) \\ (33\bar{3}) (44\bar{5}) (55\bar{7}) (66\bar{9}) (7.7.\bar{1}1) (8.8.\bar{1}3) (9.9.\bar{1}5) (12.12.\bar{2}1) \dots (11\bar{2}). \\ = (11\bar{1}) \qquad \qquad \qquad = (22\bar{3}) \qquad \qquad \qquad = (33\bar{5}) \qquad \qquad \qquad = (44\bar{7}) \end{array} \right. \end{array}$$

Wie man sieht, eignen sich hier beim Calcit die dreiziffrigen Symbole besser als die vierziffrigen — bei denen überdies die durch Komplikation erhaltenen tertiären Symbole stets vereinfacht werden müssen — zur Darstellung der Flächenentwicklung, beim Quarz ist es gerade umgekehrt. Der Bau des Zonenstückes ist bei beiden ein wesentlich verschiedener. Ebenso verhält es sich mit den anderen Stücken der Rhomboëderzone:

$$\begin{array}{l} \text{beim Calcit} \left\{ \begin{array}{l} (10\bar{1}1) : (10\bar{1}0) = (100) : (21\bar{1}) \\ (01\bar{1}2) : (02\bar{2}1) = (110) : (11\bar{1}) \end{array} \right. \quad \text{beim Quarz} \left\{ \begin{array}{l} (20\bar{2}1) : (10\bar{1}1) = (51\bar{1}) : (100) \\ (20\bar{2}1) : (10\bar{1}0) = (51\bar{1}) : (21\bar{1}) \\ (02\bar{2}1) : (01\bar{1}1) = (11\bar{1}) : (22\bar{1}). \end{array} \right. \end{array}$$

Auch da eignen sich zur Darstellung der Flächenentwicklung beim Calcit am besten die dreiziffrigen, beim Quarz die vierziffrigen Symbole. Bei weiterer Prüfung der einzelnen Zonenstücke findet man, daß beim Calcit nur *eines* am besten nach *Bravais* zu schreiben ist, nämlich $(22\bar{4}1) : (1\bar{1}20) = (71\bar{5}) : (10\bar{1})$, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

$$\begin{array}{c} \text{III} \qquad \text{III} \\ \left\{ \begin{array}{l} (22\bar{4}1) (7.7.\bar{1}4.3) (8.8.\bar{1}6.3) (33\bar{6}1) (44\bar{8}1) (5.5.\bar{1}0.1) (8.8.\bar{1}6.1) \dots (11\bar{2}0) \\ (71\bar{5}) (24.3.\bar{1}8) (27.3.\bar{2}1) (10.1.\bar{8}) (13.1.\bar{1}1) (16.1.\bar{1}4) (25.1.\bar{2}3) \dots (10\bar{1}) = (30\bar{3}) \\ \qquad \qquad \qquad = (8.1.\bar{6}) \qquad \qquad \qquad = (91\bar{7}) \end{array} \right. \end{array}$$

Anderseits wird beim Quarz nur *ein* Zonenstück, $(21\bar{3}0) : (11\bar{2}0) = (51\bar{4}) : (10\bar{1})$, am einfachsten nach *Miller* dargestellt:

$$\left\{ \begin{array}{l} (6.3.\bar{9}.0) (7.4.\bar{1}1.0) (8.5.\bar{1}3.0) (9.6.\bar{1}5.0) (10.7.\bar{1}7.0) (11.8.\bar{1}9.0) (12.9.\bar{2}1.0) \dots (11\bar{2}0) \\ = (21\bar{3}0) \qquad \qquad \qquad = (32\bar{5}0) \qquad \qquad \qquad = (43\bar{7}0) \\ (51\bar{4}) \qquad (61\bar{5}) \qquad (71\bar{6}) \qquad (81\bar{7}) \qquad (91\bar{8}) \qquad (10.1.\bar{9}) \qquad (11.1.\bar{1}0) \dots (10\bar{1}) \end{array} \right.$$

Von den *übrigen* 9 Zonenstücken des Calcits entsprechen 8 sowohl der Miller'schen wie der Bravais'schen Bezeichnung, nur eines der ersteren allein während von den *übrigen* 7 Zonenstücken des Quarzes 2 der Miller'schen *und* der Bravais'schen, 5 der letzteren allein entsprechen. Demgemäß erhält man für beide Körper folgende Übersicht sämtlicher Zonenstücke mit primären Reihen, je nachdem dieselben sich am besten der Miller'schen oder der Bravais'schen oder endlich den *beiden* Arten der Bezeichnung gleich gut anpassen:

Calcit**Quarz**

Symbolisierung am besten nach *Miller*.

$(10\bar{1}1) : (10\bar{1}0) = (100) : (2\bar{1}\bar{1})$	$(21\bar{3}0) : (11\bar{2}0) = (5\bar{1}\bar{4}) : (10\bar{1})$
$(02\bar{2}1) : (01\bar{1}0) = (1\bar{1}\bar{1}) : (1\bar{1}\bar{2})$	.....
$(01\bar{1}2) : (02\bar{2}1) = (110) : (1\bar{1}\bar{1})$	-----
$(32\bar{5}1) : (02\bar{2}1) = (30\bar{2}) : (1\bar{1}\bar{1})$	-----

Symbolisierung am besten nach *Bravais*.

$(22\bar{4}1) : (11\bar{2}0) = (71\bar{5}) : (10\bar{1})$	$(02\bar{2}1) : (01\bar{1}0) = (1\bar{1}\bar{1}) : (112)$
-----	$(20\bar{2}1) : (10\bar{1}1) = (5\bar{1}\bar{1}) : (100)$
.....	$(02\bar{2}1) : (01\bar{1}1) = (1\bar{1}\bar{1}) : (22\bar{1})$
-----	$(20\bar{2}1) : (10\bar{1}0) = (5\bar{1}\bar{1}) : (2\bar{1}\bar{1})$
.....	$(21\bar{3}0) : (10\bar{1}0) = (5\bar{1}\bar{4}) : (2\bar{1}\bar{1})$
	$(11\bar{2}1) : (10\bar{1}0) = (41\bar{2}) : (2\bar{1}\bar{1})$
	$(11\bar{2}1) : (01\bar{1}1) = (41\bar{2}) : (22\bar{1})$
	$(11\bar{2}1) : (01\bar{1}0) = (41\bar{2}) : (11\bar{2})$
-----	$(11\bar{2}1) : (10\bar{1}1) = (41\bar{2}) : (100)$

Symbolisierung ebensogut nach *Bravais* wie nach *Miller*.

$(21\bar{3}1) : (02\bar{2}1) = (20\bar{1}) : (1\bar{1}\bar{1})$	$(11\bar{2}3) : (10\bar{1}1) = (210) : (100)$
$(1\bar{1}02) : (10\bar{1}1) = (101) : (100)$	$(11\bar{2}3) : (01\bar{1}2) = (210) : (110)$
$(12\bar{3}2) : (10\bar{1}1) = (21\bar{1}) : (100)$	-----
$(12\bar{3}2) : (02\bar{2}1) = (21\bar{1}) : (1\bar{1}\bar{1})$	.....
$(21\bar{3}1) : (10\bar{1}1) = (20\bar{1}) : (100)$	-----
$(21\bar{3}1) : (11\bar{2}0) = (20\bar{1}) : (10\bar{1})$	.....
$(13\bar{4}1) : (02\bar{2}1) = (21\bar{2}) : (1\bar{1}\bar{1})$	.....
$(13\bar{4}1) : (11\bar{2}0) = (21\bar{2}) : (10\bar{1})$	.....

18. Stephanit (Fig. 29).

Der rhombische Stephanit, Ag_5SbS_4 , liefert ein ausgezeichnetes Beispiel eines pseudohexagonalen Körpers⁸⁵. Sein Prismenwinkel $(110) : (1\bar{1}0)$ weicht zwar noch um $4^\circ 21'$ von 60° ab, allein der Habitus der zahlreichen, namentlich von *Vrba*⁸⁶) beschriebenen Kombinationen, sowie die sehr häufig nach (110) , seltener

⁸⁵) Der Stephanit ist nach *Miers* und *G. d'Achiardi* hemimorph nach der Vertikalachse. Da die Hemimorphie indessen nur selten (an Kristallen von Sarrabus auf Sardinien) durch deutliche Ausbildung der Enden — wobei die Basis einerseits sehr groß, anderseits klein entwickelt ist, oder gewisse Pyramiden nur einseitig ausgebildet sind — wahrnehmbar, meist hingegen durch Zwillingsbildung und Verwachsung nach der Basis verdeckt ist, so sei hier davon abgesehen und der Stephanit als holoëdrisch betrachtet.

⁸⁶) Böhm. Ges. d. Wiss. v. 12. Febr. 1886 (*Hintze*, Handb. d. Min. I, 1150).

nach (130) stattfindende Zwillingsbildung weisen bestimmt auf eine, dem hexagonalen System nahestehende Formentwicklung hin. In Fig. 29, der Projektion des vorderen, oberen, rechten Oktanten, sind nur die gewöhnlichen rhombischen Flächensymbole eingetragen. In hexagonaler Deutung entspricht das Dreieck (100) (130) (001) dem oberen, vorderen und das Dreieck (130) (010) (001) dem halben, rechts benachbarten Sextanten der üblichen Aufstellung. Ist (hkl) das rhombische Symbol, so ergibt sich das hexagonale nach der Formel $(2h.k - h.\bar{h} + k.2l)$; Umgekehrt entspricht dem hexagonalen Symbol (hki) das rhombische $(h.k - i.l)$. (100) wird hierbei zu $(2\bar{1}10)$, (110) zu $(10\bar{1}0)$, (130) zu $(11\bar{2}0)$ und (010) zu $(01\bar{1}0)$; ferner ist $(111) = (10\bar{1}1)$, $(021) = (01\bar{1}1)$.

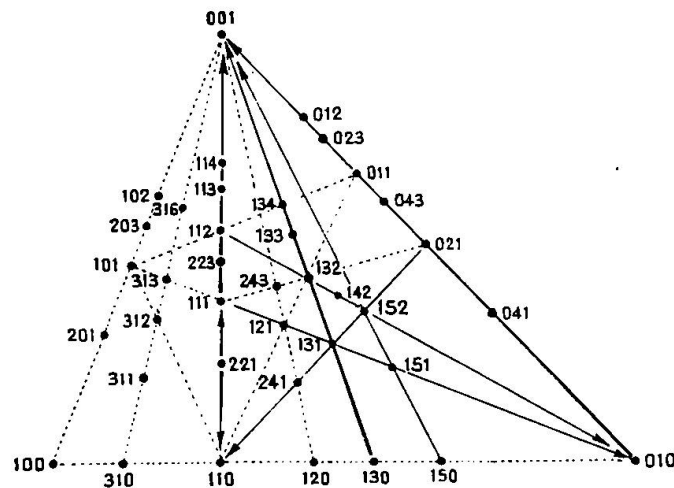


Fig. 29. Stephanit.

In Fig. 29 sind die wichtigsten Zonen wie früher eingetragen, dabei die den Habitus der Kristalle vorzugsweise bestimmenden Zonenstücke durch stärker ausgezogene Pfeile dargestellt. Eine Zusammenstellung der von *Vrba* an 44 Kristallen beobachteten Formen lehrt, daß gefunden wurden:

(111), (110), (021)	an 44 Kristallen
(010), (001)	40 „
(112), (011), (113), (023)	36–34 „
(101)	27 „
(041), (130), (134), (221), (100)	20–15 „
(131), (114), (223), (310), (133), (142), (132), (012)	13–9 „
(151), (043), (332), (201), (311)	8–6 „

Die übrigen Formen traten noch seltener bis nur vereinzelt auf.

Der pseudohexagonalen Entwicklung entspricht das häufige Erscheinen von Flächen aus der Zone (130):(001) resp. $(11\bar{2}0)$: (0001) im Vergleich mit der Zone (120):(001) resp. $(21\bar{3}0)$: (0001). Ferner ist (150) : (001) resp. $(12\bar{3}0)$: (0001) flächenreicher als (140) : (001) resp. $(23\bar{5}0)$: (0001). Es ist deshalb, wie auch aus anderen Gründen, vorteilhaft oder geboten, bei der Betrachtung der einzelnen wichtigen Zonen nicht von den rhombischen, sondern von den hexagonalen Symbolen auszugehen. Besonders

flächenreich ist die für den pseudohexagonalen Habitus so wichtige Brachydomenzone $(01\bar{1}0):(0001)$. Als Glieder einer primären Reihe, welche sich gegenüber den anderen Flächen der Zone mehrfach durch ihre Häufigkeit auszeichnen, findet man dort:

$(01\bar{1}0) (01\bar{1}1) (01\bar{1}2) (01\bar{1}3) (01\bar{1}4) (01\bar{1}6) (01\bar{1}7) (01\bar{1}8) (0.1.\bar{1}.12)$.

Die Natur dieser Formen als primäre tritt bei Anwendung der hexagonalen Symbole erst deutlich hervor, da die rhombischen Symbole $(010) (021) (011) (023) (012) \dots$ die darin liegende Kontinuität der Reihe verhüllen.

Im ganzen hat man in diesem Zonenstück folgende Flächen:

I (01 $\bar{1}0$) (010)=(020)	IV (04 $\bar{4}1$) (081)	V (07 $\bar{7}2$) (071)	III (03 $\bar{3}1$) (061)	II (02 $\bar{2}1$) (041)	III (03 $\bar{3}2$) (031)	I (01 $\bar{1}1$) (021)	III (03 $\bar{3}4$) (032)	II (02 $\bar{2}3$) (043)	III (03 $\bar{3}5$) (065)	IV (04 $\bar{4}7$) (087)
I (01 $\bar{1}2$) (011)=(022)	IV (0.5. $\bar{5}$.12) (056)	II (02 $\bar{2}5$) (045)	I (01 $\bar{1}3$) (023)	III (0.3. $\bar{3}$.10) (0.6.10) (035)	IV (0.5. $\bar{5}$.18) (059)	I (01 $\bar{1}4$) (012)=(024)	IV (0.5. $\bar{5}$.22) (0.5.11)			
	III (0.3. $\bar{3}$.16) (038)	I (01 $\bar{1}6$) (013)=(026)	I (01 $\bar{1}7$) (027)	I (01 $\bar{1}8$) (014)=(028)	I (0.1. $\bar{1}$.12) ... (0001). (016) (001)					

Einzelne Formen sind indes von nur ganz geringer Bedeutung; so wurden $(0.5.\bar{5}.12)$, $(0.3.\bar{3}.10)$, $(0.3.\bar{3}.16)$, $(01\bar{1}7)$, $(01\bar{1}8)$ von *Vrba* gar nicht, später von *G. d'Achiardi* nur mit je einer Fläche beobachtet. Nicht aufgenommen in obige Reihe sind die nur vereinzelt angetroffenen $(07\bar{7}1)$ und $(0.15.\bar{1}\bar{5}.4)$, welche sich in folgender Weise durch höhere Komplikation ableiten lassen:

$$\begin{aligned} (07\bar{7}1) &= 3(01\bar{1}0) + (04\bar{4}1), \\ (0.15.\bar{1}\bar{5}.4) &= 2(04\bar{4}1) + (07\bar{7}2). \end{aligned}$$

In der Zone $(10\bar{1}0):(0001)$, welche mit der gleichen $(1\bar{1}00):(0001)$ und der Brachydomenzone die scheinbaren hexagonalen *Protopyramiden* liefert, häufen sich in auffallender Weise die Flächen zwischen $(10\bar{1}0)$ und $(10\bar{1}1)$, während zwischen $(10\bar{1}1)$ und (0001) ihre Zahl weit geringer, die Häufigkeit bei mehreren hingegen größer ist. Man unterteilt die ganze Reihe zweckmäßig bei $(10\bar{1}1)$ und $(20\bar{2}1)$ und erhält so drei Stücke $(10\bar{1}1):(0001)$, $(20\bar{2}1):(10\bar{1}1)$ und $(20\bar{2}1):(10\bar{1}0)$ mit folgenden Flächen:

1. $(10\bar{1}1) (20\bar{2}3) (10\bar{1}2) (10\bar{1}3) (10\bar{1}4) (10\bar{1}5) \dots (0001)$,
2. $(20\bar{2}1) (50\bar{5}3) (80\bar{8}5) (30\bar{3}2) (40\bar{4}3) (50\bar{5}4) (70\bar{7}6) \dots (10\bar{1}1)$,
3. $(20\bar{2}1) (70\bar{7}3) (30\bar{3}1) (70\bar{7}2) (40\bar{4}1) (50\bar{5}1) (17.0.\bar{1}\bar{7}.3) \dots (10\bar{1}0)$.

Den scheinbaren hexagonalen *Deuteropyramiden* entsprechen die Zonen $(2\bar{1}\bar{1}0):(0001)$ und $(11\bar{2}0):(0001)$. Die erstere umfaßt folgende Flächen: $(2\bar{1}\bar{1}0)$, $(6\bar{3}\bar{3}2)$, $(2\bar{1}\bar{1}1)$, $(2\bar{1}\bar{1}2)$, $(2\bar{1}\bar{1}3)$, $(2\bar{1}\bar{1}4)$, (0001) [rhombisch: (100) , (301) , (201) , (101) , (203) , (102) , (001)], in welchen eine primäre Reihe mit $(6\bar{3}\bar{3}2)$ als tertiärer Fläche angenommen werden kann, die letztere ist flächenreicher und umfaßt mehrere, relativ häufige Formen, welchen bestimmt eine primäre Reihe zu Grunde liegt. Man hat dort:

Auffallend ist die höhere Komplikation zwischen (11 $\bar{2}$ 3) und (11 $\bar{2}$ 4). *Vrba* beobachtete noch an *einem* Fundorte (Příbram) ganz vereinzelt (13.13. $\bar{2}$ 6.40) und (5.5. $\bar{1}$ 0.27). Diese Symbole lassen sich in folgender Weise ableiten:

(13.13. $\bar{2}6$.40) ist offenbar nur eine Vicinale zu (11 $\bar{2}$ 3).

Die von $(3\bar{1}20)$, $(21\bar{3}0)$ und $(12\bar{3}0)$ (bzw. (310) , (120) und (150)) nach (0001) sich erstreckenden Zonen nebst den wegen der Symmetrie der Kristalle damit gleichartigen — im ganzen also sechs — liefern die Flächen scheinbarer *dihexagonaler Pyramiden* (z. B. $(3\bar{1}\bar{2}1)$, $(21\bar{3}1)$, $(12\bar{3}1)$). In den genannten Zonen treten primäre Reihen mit der Basis als Zielfläche auf:

Die beiden ersten Zonenstücke sind, wie noch einige andere, in Fig. 29 nur punktiert angegeben, um das Gesamtbild möglichst übersichtlich zu halten. Nur die im allgemeinen wichtigsten, eine primäre Reihe enthaltenden Zonenstücke sind hier durch ausgezogene Pfeile dargestellt.

Ziemlich regelmäßig ist die Entwicklung zwischen $(01\bar{1}1)$ und $(10\bar{1}0)$:

$\begin{matrix} \text{I} & \text{II} & \text{I} & \text{II} & \text{I} & \text{III} & \text{I} & \text{I} \\ (01\bar{1}1) & (12\bar{3}2) & (11\bar{2}1) & (32\bar{5}2) & (21\bar{3}1) & (7.3.\bar{1}0.3) & (31\bar{4}1) & (41\bar{5}1) \dots (10\bar{1}0). \\ (021) & (152) & (131) & (372) & (241) & (7.13.3) & (351) & (461) & (110) \end{matrix}$

Den zwischen $(01\bar{1}1)$ und $(10\bar{1}1)$ auftretenden Flächen liegt vielleicht auch eine primäre Reihe mit $(10\bar{1}1)$ als Zielfläche zu Grunde, was zu folgender Deutung führen würde:

$\begin{matrix} \text{I} & \text{II} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{II} \\ (01\bar{1}1) & (12\bar{3}3) & (11\bar{2}2) & (21\bar{3}3) & (31\bar{4}4) & (72\bar{9}9) \dots (10\bar{1}1). \\ (021) & (153) & (132) & (243) & (354) & (7.11.9) & (111) \end{matrix}$

Von $(10\bar{1}2)$ und $(10\bar{1}1)$ ziehen sich nach $(01\bar{1}0)$ folgende Reihen:

1. $\begin{matrix} \text{I} & \text{III} & \text{II} & \text{I} & \text{III} & \text{II} & \text{I} & \text{I} & \text{I} \\ (10\bar{1}2) & (31\bar{4}6) & (21\bar{3}4) & (11\bar{2}2) & (34\bar{7}6) & (23\bar{5}4) & (12\bar{3}2) & (13\bar{4}2) & (14\bar{5}2) \dots (01\bar{1}0), \\ (112) & (356) & (122) & (132) & (3.11.6) & (142) & (152) & (172) & (192) & (010) \end{matrix}$
2. $\begin{matrix} (10\bar{1}1) & (21\bar{3}2) & (11\bar{2}1) & (34\bar{7}3) & (23\bar{5}2) & (12\bar{3}1) & (25\bar{7}2) \dots (01\bar{1}0). \\ (111) & (121) & (131) & (3.11.3) & (141) & (151) & (161) & (010) \end{matrix}$

Während der Bau des ersten Stückes³⁷⁾ noch ein fast regelmäßiger ist, gilt dies weniger vom zweiten. Dennoch dürfte auch dort eine primäre Reihe anzunehmen sein, deren Glieder $(11\bar{2}1)$ und $(12\bar{3}1)$ sich neben $(10\bar{1}1)$ durch größere Häufigkeit vor den übrigen, dahingehörigen Flächen auszeichnen.

Nimmt man beim ersten Stücke noch $(3\bar{1}\bar{2}6)$ bzw. (316) und $(2\bar{1}\bar{1}4)$ bzw. (102) hinzu, so bildet dasselbe mit dem gleichartigen Zonenstück $(2\bar{1}\bar{1}4):(0\bar{1}10)$ des links benachbarten Oktanten eine doppelendige symmetrische Reihe, in welcher die in der Mitte liegende $(2\bar{1}\bar{1}4)$ eine sekundäre Fläche ist, während $(3\bar{1}\bar{2}6)$ und $(3\bar{2}\bar{1}6)$ tertiäre Flächen darstellen.

Schließlich sei noch die Zone $(1\bar{1}00)$ $(10\bar{1}2)$ $(\bar{1}100)$ bzw. $(1\bar{1}0)$ (112) $(\bar{1}10)$ erwähnt, welche in Fig. 29, da dieselbe nur *einen* Oktanten wiedergibt, durch die drei (punktierten) Stücke $(10\bar{1}0):(2\bar{1}\bar{1}2) = (110):(101)$, $(2\bar{1}\bar{1}2):(01\bar{1}2) = (101):(011)$ und $(01\bar{1}2):(10\bar{1}0) = (011):(110)$ repräsentiert wird. Man hat dort zwischen $(1\bar{1}00)$ und $(\bar{1}100)$ folgende Flächen:

$\begin{matrix} \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{III} & \text{I} & \text{II} & \text{V} \\ (1\bar{1}00) \dots & (54\bar{1}2) & (43\bar{1}2) & (32\bar{1}2) & (2\bar{1}\bar{1}2) & (4\bar{1}\bar{3}6) & (10\bar{1}2) & (11\bar{2}4) & (3.5.\bar{8}.16) \\ (\bar{1}\bar{1}0) \dots & (5\bar{3}2) & (2\bar{1}1) & (3\bar{1}2) & (101) & (213) & (112) & (134) & (3.13.16) \\ & \text{III} & \text{I} & \text{I} & \text{I} & \text{I} \\ & (12\bar{3}6) & (01\bar{1}2) & (\bar{1}2\bar{1}2) & (\bar{2}3\bar{1}2) & (\bar{3}4\bar{1}2) \dots (\bar{1}100). \\ & (156) & (011) & (\bar{1}32) & (\bar{1}21) & (352) \dots (\bar{1}10) \end{matrix}$

³⁷⁾ Zwischen $(10\bar{1}2)$ und $(31\bar{4}6)$ wird noch eine Fläche $(9.2.\bar{1}1.18)$ bzw. $(9.13.18)$ angegeben, welche sich durch die Beziehung $(9.2.\bar{1}1.18) = 3(10\bar{1}2) + 2(31\bar{4}6)$ darstellen läßt.

(1100) bis ($2\bar{1}\bar{1}2$) liegt im Verhältnis zu Fig. 29 im links, (0112) bis ($\bar{1}100$) im rechts benachbarten Oktanten. Die ganze Reihe ist eine doppelendige, unsymmetrische mit den Zielflächen (1100) und ($\bar{1}100$), als deren *mittlere* Ausgangsfläche man die sekundäre (11 $\bar{2}$ 4) annehmen kann (wäre der Stephanit wirklich hexagonal, so würde das Zonenstück ein symmetrisches sein). Man kann natürlich die Entwicklung nach beiden Seiten auch von (1012) und (0112) ausgehen lassen; stets sind von sämtlichen, zwischen (1100) und ($\bar{1}100$) gelegenen Flächen neun als primäre zu betrachten. Das einzige Symbol von höherer Komplikation (3.5.8.16) bzw. (3.13.16) wird erhalten aus (11 $\bar{2}$ 4) + 2 (12 $\bar{3}$ 6).

Von den hier besprochenen Zonen sind es, entsprechend dem pseudohexagonalen Habitus des Stephanits, wohl nur diejenigen der Protopyramiden und der Brachydomen, welchen eine *besondere* morphologische Bedeutung zukommt. Ihnen reiht sich in dieser Hinsicht noch (130):(001) an, welche einer wichtigen hexagonalen Zone (11 $\bar{2}$ 0):(0001) entspricht. Als eigentliche Grundform des Stephanits kann man die Kombination (110) (010) (001) betrachten, welcher sich als Abstumpfungen der Basiskanten (111) und (021) zugesellen. Die drei erstgenannten Flächen fungieren deshalb auch ganz vorwiegend als Zielflächen der primären Reihen.

19. Jordanit (Fig. 30).

Der außerordentlich formenreiche Jordanit $4\text{PbS} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$, welcher in prächtigen Kristallen im Dolomit des Binnentals vorkommt, wurde von *J. vom Rath* (1864) dem rhombischen System zugezählt. Nach *vom Rath* hat derselbe ein vertikales rhombisches Prisma, dessen vordere Kante nicht sehr verschieden ist von 120° , dabei eine große Neigung zur Zwillingsbildung nach (110) aufweist. Die Kristalle, meist tafelig nach (001), zeigen zahlreiche Pyramiden und Brachydomen, welche sich mehrfach zu pseudohexagonalen Pyramiden kombinieren. Viel später (1891) wies der *Verfasser*³⁸⁾ nach, daß der Jordanit nicht rhombisch, sondern monoklin kristallisiert, wenngleich mit großer Annäherung an das rhombische System: $a:b:c = 0,4945:1:0,2655$; $\beta = 89^\circ 26\frac{1}{2}'$. Die rhombische Basis wird dabei zum Klinopinakoid, (010) zu (100), (100) zu (001). Die Brachydomen sind nunmehr als Prismen, die Pyramiden als positive und negative Hemipyramiden aufzufassen. Die Zwillingsbildung findet sehr gewöhnlich nach ($\bar{1}01$), nur ganz ausnahmsweise nach (101) statt, auch nach ($\bar{3}01$) und (seltener) nach (301). Der Formenreichtum wurde durch die Untersuchungen des *Verfassers* (l. c.) und später von *R. Solly* (Zeitschr. f. Krist. 35, 321.) noch weit größer gefunden als nach *vom Rath*; die Zahl der bis jetzt bekannten Formen beträgt ca. 140.

Bei der pseudohexagonalen Aufstellung der Jordanitkristalle ist das Klinopinakoid zur Basis zu wählen. Die Umwandlung des monoklinen Symbols in das

³⁸⁾ Ber. Akad. Berlin 1891, 697 und 915; 1900, 577.

hexagonale geschieht nach der Formel $(2l.h - l.\bar{h} + l.2k)$, falls die gewöhnliche positive c-Achse zur ersten positiven Nebenachse der hexagonalen Stellung und die monokline Orthoachse zur hexagonalen Hauptachse gewählt wird. Umgekehrt ergibt sich aus dem hexagonalen Symbol $(hkil)$ das entsprechende monokline zu $(k-i.l.h)$. Zunächst treten nun die positiven und entsprechenden negativen Proto-Hemipyramiden (der Zonen $(010):(10\bar{1})$ und $(010):(101)$) mit gegen (010) ähnlich geneigten Prismen zu scheinbaren hexagonalen *Protopyramiden* zusammen. So hat man z. B.

$$\left. \begin{array}{l} (010):(12\bar{1}) = (0001):(\bar{1}102) = 64^{\circ} 50\frac{1}{2}' \\ \text{„} : (110) = \text{„} : (01\bar{1}2) = 63^{\circ} 41\frac{1}{2}' \\ \text{„} : (121) = \text{„} : (\bar{1}012) = 65^{\circ} 1' \end{array} \right\} \text{größte Differenz: } 1^{\circ} 19\frac{1}{2}'$$

Die entsprechenden Flächen der Orthodomenzone, welche also ein pseudo-hexagonales Prisma bilden, geben folgende Winkel:

$$\left. \begin{array}{l} (\bar{1}01):(101) = (\bar{1}100):(10\bar{1}0) = 56^{\circ} 28' \\ (101):(100) = (10\bar{1}0):(01\bar{1}0) = 61^{\circ} 20' \\ (100):(10\bar{1}) = (01\bar{1}0):(\bar{1}100) = 62^{\circ} 12' \end{array} \right\} \text{größte Differenz: } 5^{\circ} 44'.$$

Andere, den hexagonalen *Deutero-pyramiden* entsprechende Kombinationen werden gebildet von den Klinodomen $(0k2)$ und den positiven und negativen Hemipyramiden $(3k\bar{1})$ und $(3k1)$. Als Beispiel diene:

$$\left. \begin{array}{l} (010):(032) = (0001):(2\bar{1}13) = 68^{\circ} 17' \\ \text{„} : (331) = \text{„} : (11\bar{2}3) = 67^{\circ} 18' \\ \text{„} : (33\bar{1}) = \text{„} : (\bar{1}2\bar{1}3) = 67^{\circ} 7\frac{1}{2}' \end{array} \right\} \text{größte Differenz: } 1^{\circ} 9\frac{1}{2}'$$

Die entsprechenden Flächen der Orthodomenzone geben:

$$\left. \begin{array}{l} (001):(301) = (2\bar{1}10):(11\bar{2}0) = 57^{\circ} 46' \\ (301):(30\bar{1}) = (11\bar{2}0):(\bar{1}2\bar{1}0) = 63^{\circ} 39\frac{1}{2}' \\ (30\bar{1}):(00\bar{1}) = (\bar{1}2\bar{1}0):(\bar{2}110) = 58^{\circ} 34\frac{1}{2}' \end{array} \right\} \text{größte Differenz: } 5^{\circ} 53\frac{1}{2}'$$

Indessen ist hiermit die Möglichkeit annähernd hexagonaler Kombinationen des Jordanits noch nicht erschöpft, sondern man findet, daß auch zwischen den andern, wenn auch seltener entwickelten und weniger flächenreichen Zonen, deren Zonenachsen innerhalb (010) bzw. (0001) liegen, ähnliche Beziehungen bestehen. Es sind dies folgende sechs Zonen:

$$\begin{array}{ll} (010):(\bar{1}03) = (0001):(\bar{3}2\bar{1}0) & (010):(501) = (0001):(12\bar{3}0) \\ \text{„} : (103) = \text{„} : (\bar{3}1\bar{2}0) & \text{„} : (50\bar{1}) = \text{„} : (\bar{1}3\bar{2}0) \\ \text{„} : (201) = \text{„} : (\bar{2}1\bar{3}0) & \text{„} : (20\bar{1}) = \text{„} : (\bar{2}3\bar{1}0) \end{array}$$

Die betreffenden Hemidomenflächen würden also zusammen ein pseudo-hexagonales, *zwölfseitiges Prisma* der einfachsten Art $(21\bar{3}0)$ bilden. Die Winkel³⁹⁾ desselben sind:

$$\begin{array}{ll} (\bar{1}03):(103) = 20^{\circ} 18' & (501):(50\bar{1}) = 40^{\circ} 51\frac{1}{2}' \\ (103):(201) = 36^{\circ} 36\frac{1}{2}' & (50\bar{1}):(20\bar{1}) = 22^{\circ} 43' \\ (201):(501) = 22^{\circ} 20\frac{1}{2}' & (20\bar{1}):(\bar{1}0\bar{3}) = 37^{\circ} 10\frac{1}{2}' \end{array}$$

Nun wurden zwar von diesen Hemidomen selbst (103) und $(10\bar{3})$ noch nicht beobachtet, dafür aber aus der Zone $(010):(103)$ gefunden (153) und (173) , sowie aus der Zone $(010):(\bar{1}0\bar{3})$ die drei Hemipyramiden $(14\bar{3})$, $(15\bar{3})$ und $(16\bar{3})$. Die in den einzelnen Zonen noch vorhandenen Lücken, deren Ausfüllung wohl von

³⁹⁾Das dihexagonale Prisma $(21\bar{3}0)$ besitzt die Winkel $21^{\circ} 47\frac{1}{3}'$ und $38^{\circ} 12\frac{2}{3}'$.

weiteren Untersuchungen zu erwarten ist, ändern nichts an der im pseudohexagonalen Charakter des Jordanits liegenden Gesetzmäßigkeit der Formenentwicklung dieses Minerals.

Sämtliche Flächen des Jordanits gruppieren sich nach dem Gesagten in zwölf Zonen, deren Achsen innerhalb der Basis (0001) liegen. Diese Zonen liefern Flächen von Formen der hexagonalen *Proto-* und *Deuterostellung* (Prismen und Pyramiden), sowie solche zwölfseitiger Formen einfachster Art, nämlich von $(21\bar{3}0)$ und entsprechenden *dihexagonalen Pyramiden*.

Auf die Zonen erster Art (Protoformen) entfallen 89, auf diejenigen zweiter Art (Deuteroformen) 27, auf die dritter Art (dihexagonale Formen) 17 einzelne Gestalten. Der große Flächenreichtum in den Hauptzonen läßt das Gesetz der Entwicklung der-

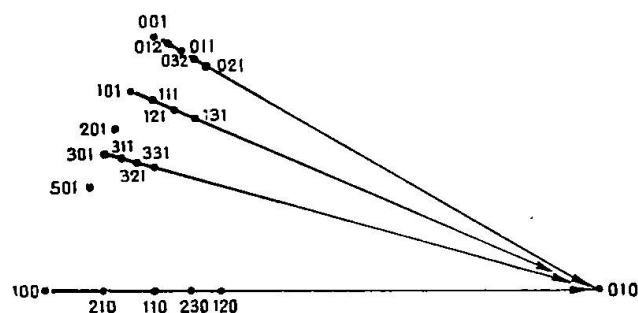


Fig. 30. Jordanit.

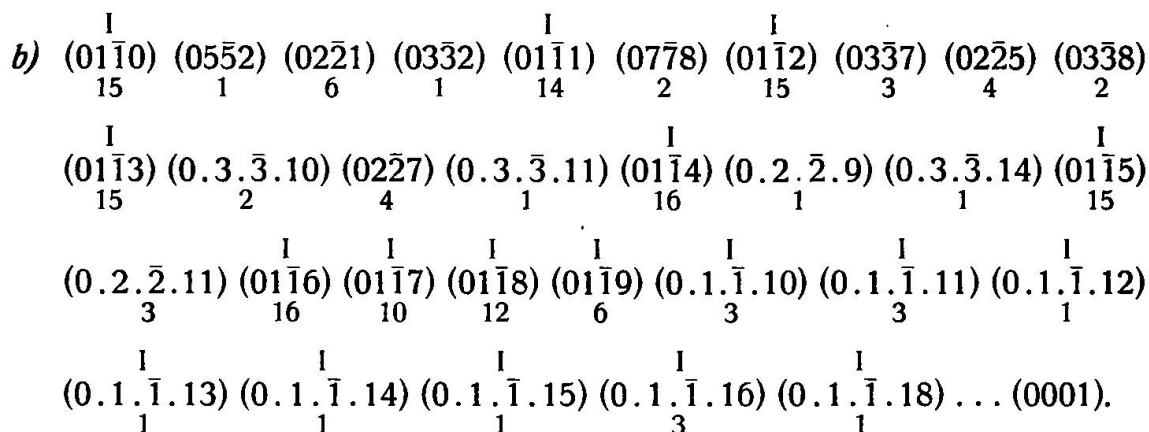
selben besonders deutlich hervortreten. Fig. 30 stellt den vorderen, oberen, rechten, also negativen Oktanten dar, projiziert auf (111) monokliner Aufstellung; es sind indes nur wenige Flächen eingetragen.

1. In den Zonen $(010):(101) = (0001):(10\bar{1}0)$, $(010):(100) = (0001):(01\bar{1}0)$ und $(010):(10\bar{1}) = (0001):(\bar{1}100)$ wurden folgende Flächen beobachtet:

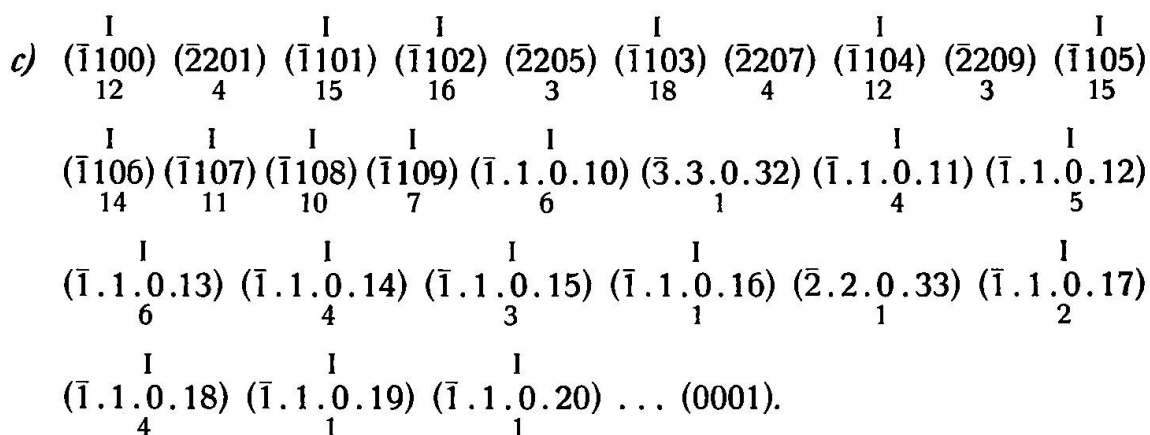
$$\begin{array}{cccccccccccc}
 \text{I} & & \text{I} & & \text{I} & & \text{I} & & \text{I} & & \text{I} & & \text{I} \\
 a) & (10\bar{1}0) & (40\bar{4}1) & (30\bar{3}1) & (80\bar{8}3) & (20\bar{2}1) & (30\bar{3}2) & (10\bar{1}1) & (20\bar{2}3) & (10\bar{1}2) & (20\bar{2}5) \\
 & 9 & 0 & 3 & 1 & 2 & 0 & 11 & 2 & 13 & 1 \\
 \\
 \text{I} & & \text{I} & & \text{I} & & \text{I} & & \text{I} & & \text{I} & & \text{I} \\
 & (10\bar{1}3) & (20\bar{2}7) & (10\bar{1}4) & (20\bar{2}9) & (10\bar{1}5) & (2.0.\bar{2}.11) & (10\bar{1}6) & (10\bar{1}7) & (10\bar{1}8) & (10\bar{1}9) \\
 & 11 & 4 & 13 & 4 & 13 & 1 & 11 & 8 & 5 & 4 \\
 \\
 \text{I} & & \text{I} & & \text{I} & & \text{I} & & \text{I} & & \text{I} \\
 & (1.0.\bar{1}.10) & (1.0.\bar{1}.11) & (1.0.\bar{1}.13) & (1.0.\bar{1}.14) & (1.0.\bar{1}.17) & \dots & (0001) \\
 & 4 & 1 & 0 & 2 & 1 & & & & &
 \end{array}$$

Die unter die Symbole gesetzten Ziffern besagen, an wievielen der 13 teils vom Verf., teils von R. Solly durchgemessenen Kristallen die betreffenden Formen gefunden wurden, sie ermöglichen

also bis zu einem gewissen Grade ein Urteil über die relative Häufigkeit der einzelnen Formen. Man ersieht daraus, daß $(10\bar{1}0)$, $(10\bar{1}1)$, $(10\bar{1}2)$, $(10\bar{1}3)$ u. s. w. als Glieder einer primären Reihe zu betrachten sind, welche sich — wie übrigens bei allen hier zu besprechenden Zonen des Jordanits — nach (0001) hin zieht.⁴⁰⁾



Die Häufigkeitszahlen beziehen sich hier auf 16 durchgemessene Kristalle. Nicht angeführt sind einige Formen mit kompliziertem Symbol: $(0.7.\bar{7}.48)$ und $(0.9.\bar{9}.64)$, vicinal zu $(01\bar{1}7)$, je einmal beobachtet; $(0.6.\bar{6}.49)$, vicinal zu $(01\bar{1}8)$, einmal beobachtet; $(0.3.\bar{3}.40)$, vicinal zu $(0.1.\bar{1}.13)$, zweimal gefunden. Die monoklinen Symbole dieser Formen sind $(7.24.0)$, $(9.32.0)$, $(12.49.0)$ und $(3.20.0)$.



Die Häufigkeitszahlen wurden bei Durchmessung von 20 Kristallen erhalten. Nicht aufgeführt sind hier die nur je einmal beobachteten $(\bar{2}8.28.0.3)$, vicinal zu $(\bar{1}100)$, und $(\bar{1}2.12.0.37)$, vicinal zu $(\bar{1}103)$.

⁴⁰⁾ Vergl. die Abhandlung des *Verfassers*, „Untersuchungen über die Entwicklung der Kristallflächen im Zonenverbände“, Zeitschr. f. Krist. 38, 628; ferner „Neuere Entwicklung der Kristallographie“, Wissenschaft, Heft 7, Braunschweig 1905, S. 138.

Die unter b aufgeführte Zone der monoklinen Prismen läßt erst dadurch die primäre Reihe deutlich hervortreten, daß die monoklinen Symbole in die hexagonalen umgeformt wurden. Statt (100), (210), (110), (230) u.s.w. erhält man so die ununterbrochene Reihe (01 $\bar{1}$ 0), (01 $\bar{1}$ 1), (01 $\bar{1}$ 2), (01 $\bar{1}$ 3) u.s.w., deren Glieder sich sämtlich und gleichmäßig durch größere, bei hohen Indices natürlich abnehmende Häufigkeit auszeichnen. Hier wie auch in den Zonen a und c findet dann, abgesehen von den vicinalen Formen, insbesondere zwischen den Anfangsgliedern der primären Reihen *im allgemeinen* keine sehr hohe weitere Komplikation statt.

2. Die Zonen (010):(001) = (0001):(2 $\bar{1}$ $\bar{1}$ 0), (010):(301) = (0001):(11 $\bar{2}$ 0) und (010):(301) = (0001):(1 $\bar{2}$ $\bar{1}$ 0) bieten folgende Flächen dar:

a) (2 $\bar{1}$ $\bar{1}$ 0) (2 $\bar{1}$ $\bar{1}$ 1) (14. $\bar{7}$. $\bar{7}$.8) (2 $\bar{1}$ $\bar{1}$ 2) (2 $\bar{1}$ $\bar{1}$ 3) (2 $\bar{1}$ $\bar{1}$ 4) (2 $\bar{1}$ $\bar{1}$ 5) (2 $\bar{1}$ $\bar{1}$ 6) (2 $\bar{1}$ $\bar{1}$ 7) (2 $\bar{1}$ $\bar{1}$ 8) (2 $\bar{1}$ $\bar{1}$ 9) ... (0001).

Mit alleiniger Ausnahme von (14. $\bar{7}$. $\bar{7}$.8) = (047), welche von *vom Rath* angegeben wurde, aber wohl noch der Bestätigung bedarf, finden sich hier nur Flächen einer primären Reihe. Dasselbe gilt von b und c.

b) (11 $\bar{2}$ 0)(11 $\bar{2}$ 1)(11 $\bar{2}$ 2)(11 $\bar{2}$ 3)(11 $\bar{2}$ 4)(11 $\bar{2}$ 5)(11 $\bar{2}$ 6)(11 $\bar{2}$ 7)(11 $\bar{2}$ 8)...(0001).
 5 6 3 5 4 5 5 2 2

Die untergesetzten Häufigkeitszahlen beziehen sich auf sechs von *Solly* und dem Verf. durchgemessene Kristalle, eine wegen der selteneren Ausbildung dieser Zone kleine Zahl (an zweien dieser Kristalle traten alle, an einem nur zwei der angeführten Formen auf). Die relativ geringe Übereinstimmung der Häufigkeitszahlen bei den Anfangsgliedern ist wohl auf die zu kleine Zahl der daraufhin untersuchten Kristalle zurückzuführen.

c) (1 $\bar{2}$ $\bar{1}$ 0) (1 $\bar{2}$ $\bar{1}$ 1) (1 $\bar{2}$ $\bar{1}$ 2) (1 $\bar{2}$ $\bar{1}$ 3) (1 $\bar{2}$ $\bar{1}$ 4) (1 $\bar{2}$ $\bar{1}$ 5) (1 $\bar{2}$ $\bar{1}$ 6) ... (0001).

Der Jordanit zeichnet sich aber nicht nur durch die deutliche Entwicklung seiner Zonen nach primären Reihen aus, deren Glieder an den verschiedenen, *im ganzen* untersuchten Kristallen beobachtet wurden, sondern es weisen auch die *einzelnen* Kristalle sehr oft und in überraschender Weise *ununterbrochen aneinander gereihte* primäre Flächen auf, soweit die jedesmalige Ausbildung und Begrenzung der ersteren eine goniometrische Untersuchung gestattet. Hierfür konnte der Verf. zahlreiche Beispiele sammeln, welche zum Teil in seinen bezüglichen Abhandlungen mitgeteilt wurden. Der Jordanit bildet deshalb eines der ausgezeichnetsten Objekte

zum Studium der Entwicklung der Kristallformen. Die Zielfläche aller an ihm auftretenden primären Reihen ist das Klinopinakoid resp. die pseudohexagonale Basis.

20. Die Kristalle des Carborundums.

Die verschiedenen Kristalle eines Minerals oder künstlich dargestellten Körpers lassen häufig Unterschiede im Habitus (der sogen. Tracht) erkennen, indem an denselben verschiedene Flächen vorherrschen, oder diese oder jene Zonen besonders reich entwickelt sind. Doch bleibt dabei die Art der Entwicklung der einzelnen Zonen meist die gleiche, indem innerhalb einer bestimmten Zone, wenn sie an Kristallen von sonst ungleichem Habitus erscheint, im wesentlichen dieselben Flächen oder doch solche der nämlichen Reihe auftreten. Letzteres ist aber, wie die Untersuchungen von *Negri*⁴¹⁾ und dem Verfasser gezeigt haben, nicht der Fall beim Carborundum, dessen künstlich dargestellte flächenreiche Kristalle, auch wenn sie unter gleichen Bedingungen, dicht neben einander entstanden sind, innerhalb derselben Zone (Rhomboëderzone) im ganzen wesentlich verschiedene Flächen aufweisen können. Demgemäß gehören dieselben *drei verschiedenen Typen* an, welch letztere nicht mit den sonst als Typen bezeichneten verschiedenen Trachten gleichartiger Kristalle in Parallele gestellt werden können.

Die Carborundumkristalle weisen außer der stets vorhandenen Basis und dem Protoprisma nur Rhomboëder beider Stellungen auf. *Frazer*⁴²⁾, *Becke*⁴³⁾ und später *Negri* bezogen dieselben auf eine Grundform $(10\bar{1}1) = (100)$ mit der Neigung zur Basis $= 54^\circ 46\frac{1}{2}'$ und dem Achsenverhältnis $a : c = 1 : 1,2266$. Der Winkel α des von den Polkanten des Grundrhomboëders gebildeten Achsensystems (nach *Miller*) beträgt dann $89^\circ 56\frac{2}{3}'$. Einfacher gestalten sich die Symbole, wenn man c verdoppelt, also $a : c = 1 : 2,4532$ setzt. Dabei ist die Neigung der Grundform zur Basis $= 70^\circ 33\frac{1}{2}'$ und $\alpha = 70^\circ 30'$.

Becke schloß aus den an geätzten Kristallen gemachten Beobachtungen, daß die Kristalle rhomboëdrisch hemiëdrisch und zugleich hemimorph nach c , also ditrigonal-pyramidal seien, indessen tritt in der Flächenentwicklung der Hemimorphismus nicht hervor, nur ist die eine Basisfläche gewöhnlich weit besser ausgebildet als die andere. *Negri* wies darauf hin, daß die Kristalle zum Teil scheinbar hexagonal-holoëdrischen, zum Teil rhomboëdrischen Habitus aufweisen. „Die Kristalle, welche die Kombination der Basis mit dem Protoprisma und einigen direkten (positiven) und den entsprechenden inversen (negativen) Rhomboëdern zeigen, haben eine genau hexagonale geometrische Symmetrie; andere Kristalle besitzen dagegen einen deutlichen rhomboëdrischen Habitus. Merkwürdig ist an den letzteren das Fehlen des Prismas und die Anwesenheit von sechs Rhomboëdern, von welchen drei direkt und drei invers sind, aber letztere entsprechen den direkten nicht“. *Negri* betrachtet das Carborundum als ditrigonal-skalenoëdrisch, macht aber in der zitierten Abhandlung noch keine weiteren Mitteilungen über die verschiedenen Kombinationen, da er sich darin zunächst nur mit der Feststellung der Konstanten und der Übereinstimmung zwischen

⁴¹⁾ *Rivista di mineralogia e cristallografia italiana* 1903, 29, 33–89; Auszug in *Zeitschr. f. Krist.* 41, 269.

⁴²⁾ *Journal of the Franklin Instit.*; September 1893.

⁴³⁾ *Zeitschr. f. Krist.* 24, 537.

Beobachtung und Berechnung beschäftigt (die zu dem Zwecke eingehend studierten fünf Kristalle zeigen anscheinend hexagonal-holoëdrischen Habitus). Doch führt *Negri* schon die Symbole von 22 verschiedenen Formen auf, welche auch vom Verfasser sämtlich wieder beobachtet wurden. Dieselben sind im folgenden, bezogen auf das vom Verfasser gewählte Achsenverhältnis bzw. die entsprechende Grundform, nebst ihrer Neigung zur Basis zusammengestellt:

(111) = 0° 0'	(441) = 63° 42'
(661) = 47° 27 $\frac{1}{4}$ '	(100), (221) . . = 70° 33 $\frac{1}{2}$ '
(311), (771) = 48° 34 $\frac{1}{4}$ '	(332) = 74° 13 $\frac{3}{4}$ '
(17.5.5) ⁴⁴), (13.13.1) = 51° 32 $\frac{1}{2}$ '	(11.1.1), (775) = 75° 10 $\frac{1}{4}$ '
(722) = 52° 10'	(511), (111) . . = 79° 59 $\frac{1}{2}$ '
(411), (110) = 54° 46 $\frac{1}{2}$ '	(411) = 81° 57 $\frac{3}{4}$ '
(611) = 60° 32 $\frac{1}{2}$ '	(223) = 85° 57 $\frac{3}{4}$ '
(711), (551) = 62° 6'	(211) = 90° 0'

Diese Formen verteilen sich nun auf die verschiedenen Kristalle in dreifacher Weise, drei getrennte Typen (I—III) bildend, und zwar so, daß außer der Basis keine Form allen drei Typen, und nur vereinzelte Formen je zweien derselben gemeinsam sind. Die Kristalle des ersten Typus zeigen eine *rein rhomboëdrische* Flächenentwicklung, die einzelnen Rhomboëder treten nur in *einer* Stellung auf; die Kristalle des zweiten und dritten Typus hingegen lassen weder in den neben- einanderliegenden, noch in den übereinanderliegenden Sextanten eine Verschiedenheit der Flächen, wie sie die rhomboëdrische Hemiëdrie und eventuelle Hemimorphie nach der Hauptsache erwarten ließe, erkennen; sie sind also *anscheinend holoëdrisch* (das leicht vorkommende Ausbleiben der Flächen einer selteneren Form an *einem* Ende eines solchen Kristalls ändert hieran wohl nichts). An den Kristallen der drei Typen treten nun (außer der Basis) folgende Formen auf:

Typus I.	Typus II.	Typus III.
(722) = (5.0.5.11)	(311) = (2025)	(17.5.5) = (4049)
(611) = (5058)	(411) = (1012)	(711) = (2023)
(100) = (1011)	(711) = (2023)	(11.1.1) = (4043)
(411) = (5052)	(100) = (1011)	(211) = (1010)
(322) = (5051)	(511) = (2021)	(577) = (4043)
(233) = (5054)	(211) = (1010)	(155) = (2023)
(144) = (5057)	(111) = (2021)	(1.13.13) = (4049)
(011) = (1012)	(122) = (1011)	
(166) = (5.0.5.13)	(155) = (2023)	
	(011) = (1012)	
	(177) = (2025)	

Das Protoprisma fehlt stets an den Kristallen des Typus I. I und II haben gemeinsam (100) und (011), II und III (711), (155) und (211). Wegen des hexagonalen Habitus der Kristalle von II und III bedient man sich bei weiterer Betrachtung der betreffenden Formenreihen zweckmäßiger der *Bravais'schen* Symbole.

⁴⁴) (17.5.5) ist noch nicht sichergestellt, sondern nur als wahrscheinlich hinzugefügt.

Die vom Verfasser untersuchten Carborundumkristalle waren von gelber, dunkelgrüner, tiefblauer oder schwarzer Farbe. Die so auffallende Verschiedenheit des Habitus steht wenigstens für gewisse Kristalle des Typus I und II in deutlicher Beziehung zu ihrer Farbe. Es zeigte sich nämlich, daß die reingelben Kristalle dem Typus I, die dicht dabei sitzenden grünen dem Typus II angehören, während sich die (von einem anderen Stücke herrührenden) schwarzen Kristalle, an welchen keine Differenz der Farbe erkennbar ist, auf alle drei Typen verteilen (die Kristalle vom Typus III sind sämtlich schwarz). Demnach dürfte eine sehr geringe Menge einer färbenden Substanz die Ursache der abweichenden Ausbildung der Kristalle sein; an eine wesentliche stoffliche Verschiedenheit der dicht nebeneinander gebildeten, sogar in allen drei Typen auf demselben Stücke vorkommenden Kristalle ist nicht zu denken. Daß jene Annahme hier in der Tat zutrifft, ging aus der Untersuchung eines vereinzelt Kristalls hervor, welcher stellenweise gelbe, stellenweise grüne Färbung zeigt. An demselben wurden gefunden gemäß Typus I: (722) , (611) , (100) , $(4\bar{1}1)$, $(3\bar{2}2)$, $(2\bar{3}3)$ und $(1\bar{4}4)$, dabei aber auch gemäß Typus II Flächen von $(20\bar{2}3)$, $(20\bar{2}1)$ und $(10\bar{1}0)$. Es handelt sich also hier um eine Art Kombination der beiden Typen. — Die fünf von *Negri* (l. c.) eingehend gemessenen Kristalle gehören sämtlich dem zweiten Typus an, da für dieselben außer der Basis und dem Protoprisma nur die positiven und negativen von $(10\bar{1}2)$, $(20\bar{2}3)$, $(10\bar{1}1)$ und $(20\bar{2}1)$ abgeleiteten Rhomboëder angegeben werden.

Was die Flächenentwicklung in der Rhomboëderzone der drei Typen betrifft, so erstreckt sich bei II und III von $(10\bar{1}0)$ aus je eine primäre Reihe nach den Zielflächen (0001) und $(000\bar{1})$, wobei jedoch im zweiten Falle das Symbol der Basis zum Zwecke der Addition zu verdreifachen ist. Bei II sind $(10\bar{1}0)$, $(10\bar{1}1)$ und $(10\bar{1}2)$, bei III $(10\bar{1}0)$ und $(20\bar{2}3)$ zu verdoppeln. Man erhält dann:

II. $(20\bar{2}0)$ $(20\bar{2}1)$ $(20\bar{2}2)$ $(20\bar{2}3)$ $(20\bar{2}4)$ $(20\bar{2}5) \dots (0001)$,

III. $(40\bar{4}0)$ $(40\bar{4}3)$ $(40\bar{4}6)$ $(40\bar{4}9) \dots (0001)$.

Man kann auch jedesmal die nach (0001) gerichtete Reihe mit der nach $(000\bar{1})$ sich ziehenden zu einer doppelendigen primären Reihe vereinigen, deren mittlere Ausgangsfläche $(10\bar{1}0)$ ist. Sehr deutlich tritt auch eine primäre Reihe beim rhomboëdrischen Typus I hervor, bei welchem wir die Miller'schen Symbole benutzen. Sie ist eine doppelendige, unsymmetrische mit den beiden Zielflächen (111) und $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$. Statt (100) ist (500) , statt $(0\bar{1}\bar{1})$ ist $(0\bar{5}\bar{5})$ zu setzen. So hat man:

$(111) \dots (722)$ (611) (500) $(4\bar{1}\bar{1})$ $(3\bar{2}\bar{2})$ $(2\bar{3}\bar{3})$ $(1\bar{4}\bar{4})$ $(0\bar{5}\bar{5})$ $(\bar{1}\bar{6}\bar{6}) \dots (\bar{1}\bar{1}\bar{1})$.

Die Prismenfläche $(2\bar{1}\bar{1})$ paßt nicht ohne weiteres in diese Reihe; sie würde sich erst als tertiäre Fläche zwischen $(4\bar{1}\bar{1})$ und $(3\bar{2}\bar{2})$ einfügen: $(4\bar{1}\bar{1}) + 2(3\bar{2}\bar{2}) = (10 \cdot 5 \cdot 5) = 5(2\bar{1}\bar{1})$. Dies

ist offenbar der Grund, weshalb das Protoprisma an den Kristallen des ersten Typus niemals auftritt.

Die Verteilung der zahlreichen Formen des Carborundums auf drei getrennte primäre Reihen resp. auf die Kristalle der drei Typen ist eine besonders interessante Erscheinung, welcher wohl kaum eine gleiche, an einem anderen Körper beobachtete zur Seite gesetzt werden kann.

Zusammenfassung.

Die zahlreichen, im Vorstehenden betrachteten Beispiele der Entwicklung flächenreicher Zonen haben gezeigt, daß diese Entwicklung vorwiegend nach primären Reihen, seltener nach Normalreihen stattfindet, wie dies auch nach den eingangs gemachten Bemerkungen zu erwarten war. Die primären Reihen erstrecken sich dabei fast durchweg von einer Ausgangsfläche mit komplizierterem nach einer Zielfläche mit einfacherem Symbol. Diese Regeln dürfen wohl schon jetzt als allgemein gültige angesehen werden, obgleich das Studium der Kristallformen bisher nur wenig von dem hier gewählten Gesichtspunkte aus unternommen wurde. Es steht zu erwarten, daß eingehende Untersuchungen von flächenreichen Kristallen, welche sich insbesondere auf die Aufeinanderfolge, die Größenentwicklung und Häufigkeit der verschiedenen, in einer Zone auftretenden Flächen beziehen, im allgemeinen nur eine Bestätigung der hier dargelegten Gesetzmäßigkeiten ergeben werden. Daneben werden gewisse Besonderheiten in der Flächenentwicklung der einzelnen Körper bzw. im bevorzugten Erscheinen gewisser Formen hervortreten. Von besonderem Interesse wäre es, isomorphe Kristalle hinsichtlich ihrer Formenreihen zu vergleichen, also die Ähnlichkeit und Verschiedenheit im Auftreten und in der Gruppierung der den einzelnen eigentümlichen Zonen aufzusuchen (vergl. oben die Baryt- und die Aragonitgruppe). Hier wartet noch ein weites und fruchtbares Forschungsgebiet der Bearbeitung.

Die Zonenbildung nach primären Reihen wie auch die Anordnung solcher Zonen wird durch die hier gewählte Art der figürlichen Darstellung (oder eine ähnliche) anschaulich und übersichtlich gemacht. Dabei ist vorzugsweise auf die als Zielflächen fungierenden Flächen (auf welche die Pfeile in den Figuren gerichtet sind) zu achten, da dieselben wesentlich die Anordnung der Zonen bestimmen. Die mehr oder weniger reiche Entwicklung einer Zone nach primärer Reihe, d. h. die Zahl der in dem betreffenden Zonenstück erscheinenden primären Formen wird einen

Maßstab für die relative Stärke der Zielfläche abgeben können. Zielflächen sind Flächen von einfachem Symbol und zwar fungiert eine Fläche im allgemeinen umso häufiger als Zielfläche, je einfacher ihr Symbol ist, wie die Zusammenfassungen auf Seite 375, 396 und 397 lehren. Da die Zielflächen besonders wichtige Flächen sind, so ist anzunehmen, daß die Dichtigkeit ihrer Besetzung mit Molekülen auch besonders groß sein wird. Die vergleichende Untersuchung der Flächenentwicklung in dieser Richtung kann demnach auf rein empirischem Wege zu einer Vorstellung über den molekularen Bau der betreffenden Kristalle führen. Charakteristisch sind endlich in manchen Fällen für das betreffende Mineral diejenigen Flächen, welche vorzugsweise die Rolle von Ausgangsflächen spielen (vergl. $(21\bar{3}1)$ bei Calcit, $(11\bar{2}1)$ bei Quarz). Auch hierin liegt ein Fingerzeig zur Auffindung des für die betreffenden Kristalle anzunehmenden molekularen Baues.