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

Band: 35 (1955)

Heft: 2

Artikel: Lokalmorphologische Untersuchungen am Anatas von Balmen (Binnatal)

Autor: Peng, Kuo-Ching

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-27857

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: 16.07.2025

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

Lokalmorphologische Untersuchungen am Anatas von Balmen (Binnatal)

Von *Kuo-Ching Peng* (Zürich)

Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkung 423

I. Einleitung 424

A. Untersuchungsmaterial 424
B. Methodik 425

II. Typische Beispiele von Anataskristallen von Balmen 430

III. Achsenverhältnis 437

IV. Einfache und komplexe Flächenlagen der Normalflächen 439

V. Flächenformen 439

A. Allgemeines 439
B. Spezielle Bemerkungen zu den wichtigsten Formen 441
C. Leitformen, Nebenleitformen und individuelle Formen 445
D. Übersicht der Formen nach Zonen 446
E. Zuteilung der Formen auf die Hauptformenarten 447

VI. Kombinationen 448

A. Allgemeines 448
B. Kombinationen mit Grundkombinationen $\langle 111 \rangle + S$ 449
C. Kombinationen mit fehlendem S 452
D. Beziehungen zwischen S und $\langle 113 \rangle$ 453

VII. Komplexe Flächenlagen der Normalflächen 453

A. Allgemeine Verteilung 453
B. Verteilung der komplexen Flächenlagen in der [110]-Zone 455

VIII. Habitus 459

A. Habitustypen 459
B. Habituell heterogene Entwicklung der Kristalle 459
C. Spezialhabitus 462

IX. Sonderflächen (*S*-Flächen) 462
A. Allgemeines 462
B. Signalgebung der *S*-Flächen 463
C. Signale des 1. Typus (Lichtzüge) 470
1. Ausdehnung 470
2. Subflächen 470
3. Laterale Ausdehnung als Kennzeichen für Signaltypen 1b und 1c 472
D. Signale des 2. Typus (Lichtfelder) 476
1. Ausdehnung 476
2. Subflächen 478
E. Zusammenhänge zwischen *S*-Flächengrössen und Signaltypen . . . 479
F. Bemerkungen zur Entstehung der *S*-Flächen 480
X. Zusammenhänge zwischen beobachteten Flächenlagen und Rationalitätsgesetz 482
Zusammenfassende Übersicht 485

Vorbemerkung

Die vorliegende Untersuchung wurde an Material ausgeführt, das von Balmen im östlichen Binnatal stammt. Nach H. Bader[1]) liegt die Fundstelle in gewöhnlichem Zweiglimmergneis auf genau 2400 m Höhe, wo sich eine riesige Kluft befindet, deren oberer Teil schon vor sehr langer Zeit, vermutlich nur auf Quarz, ausgebeutet wurde. In einem Spalt im Boden der Kluft fand sich eine aus folgenden Mineralien bestehende Paragenese (nach Menge geordnet): Quarz, Chlorit, Adular, Limonit, Pyrit, Hämatit, Muskovit, Anatas, Turmalin, Apatit und Rutil. Die Anatase waren im feinen, grünen Chloritsand sehr zahlreich vertreten und konnten durch Waschen von diesem befreit werden. Ein grösserer Posten dieser Anataskristalle ging in den Besitz der Mineralogischen Sammlung der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich über und lieferte beim weiteren Verlesen mehr als 300 messbare Individuen, die den eigentlichen Gegenstand dieser Untersuchung gebildet haben.

Die Aufgabe, diese Kristalle zu untersuchen, wurde mir von Prof. P. Niggli gestellt. Er machte mich darauf aufmerksam, dass sich nur selten Gelegenheit bietet, eine grosse Zahl von Kristallen zu untersuchen, die im strengsten Sinne des Wortes dem gleichen Fundpunkt entstammen und die gleiche Vorgeschichte haben.

Die Tatsache, dass diese Voraussetzungen für die vorliegende Anataskollektion zutreffen, lässt sie als geeignet erscheinen, die Variationsbreite zu studieren, die sich bei einer grossen, einheitlichen Kristallisation in der Natur einstellen kann. In diesem Sinne sollte die Untersuchung ein Gegenstück zu den in der mineralogischen Literatur zahlreich vorhandenen statistischen Untersuchungen

[1]) H. Bader (1934): Beitrag zur Kenntnis der Gesteine und Minerallagerstätten des Binnatals. Schweiz. Min. Petr. Mitt., Bd. *14*, S. 319.

bilden, die meist auf einem heterogenen Datenmaterial beruhen, oder wenn sie sich auf Kristalle des gleichen Fundorts beziehen, so doch selten über ein so grosses Beobachtungsmaterial verfügen.

Ich kann diese Arbeit nicht abschliessen, ohne mit innigem Dank Herrn Prof. Dr. P. Niggli zu gedenken, der mir das Thema gab und mich jahrelang in jeder Hinsicht hilfreich unterstützte. Nicht geringeren Dank schulde ich Herrn Prof. Dr. R. L. Parker, unter dessen Leitung ich die Arbeit nach dem Ableben des Herrn Prof. Niggli weiterführte, wobei er mir jederzeit durch Ratschläge und Kritik bei der Ausarbeitung, bzw. Niederschrift stützend und aufmunternd zur Seite stand. Ferner habe ich den Herren Prof. Dr. F. Laves und Prof. Dr. C. Burri für das wertvolle Interesse und die Förderung zu danken, die sie mir und meiner Arbeit entgegenbrachten. Dank gebührt den Herren P.-D. Dr. W. Epprecht, Prof. Dr. J. Jakob und Prof. Dr. F. de Quervain für mancherlei Vorschläge und Herrn Dr. F. Sigrist für die Überlassung von 5 schönen Mikrophotographien. Ich freue mich auch, an dieser Stelle für die Unterstützung und das Verständnis danken zu können, das mir von Seiten Herrn Prof. Dr. E. H. von Tscharners während meiner ganzen Studienzeit zuteil wurde.

I. Einleitung

A. Untersuchungsmaterial

Die 330 Kristalle, aus denen unser Untersuchungsmaterial bestand, gehören der blau- oder grünlich-schwarzen, diamant- bis fast metallglänzenden Abart des Anatas an und sind undurchsichtig bis bestenfalls durchscheinend. Die durchschnittliche Dimension der oft einigermassen isometrischen Exemplare kann vielleicht mit ca. $3 \times 3 \times 3$ mm angegeben werden. Doch übertrifft die Längen-Dimension oft die Querdimension beträchtlich (spitzpyramidaler Habitus) oder steht hinter dieser zurück (stumpfpyramidaler Habitus). Waren die Kristallindividuen somit hinsichtlich ihrer Grösse bestens zu goniometrischen Zwecken geeignet, so entsprachen sie andererseits bei weitem nicht den Anforderungen, die man an gutes goniometrisches Beobachtungsmaterial zu stellen gewohnt ist. So zeigte ein sehr hoher Prozentsatz der Exemplare an einem Ende stark gestörtes Wachstum mit einer weitgehend cavernösen Ausbildung und lückenhaften Flächenentwicklung, die für Messzwecke ganz ungeeignet waren. Aber auch an den vollständig entwickelten Enden sind die Flächen nur zum Teil in dem Sinn als „*Normalflächen*" (N-Flächen) zu bezeichnen, dass sie als ebene Oberflächenelemente ausgebildet sind (siehe Fig. 6). Daneben treten ausgedehnte Oberflächengebiete in Erscheinung, die durch starke Rundungen sowie eine kräftige Entwicklung von verschieden geformten, aber im allgemeinen wulstig

erscheinenden Akzessorien bedeckt sind, wie das in den Mikrophotographien (Fig. 7—10) deutlich zu sehen ist. Dass die Reflexionserscheinungen und Signalgebung in solchen Gebieten sehr komplexen Charakter aufweisen mussten, war von vorneherein klar. Es erschien darum gegeben, diese Gebiete als „*Sonderflächen*" (*S*-Flächen) den „Normalflächen" gegenüberzustellen und ihnen eine spezielle, der Ausbildung angepasste Behandlung zukommen zu lassen.

Bereits diese knappe Charakterisierung des Materials lässt erkennen, dass es sich keineswegs um eine irgendwie bevorzugte oder ausgesuchte Kristallisation handelt. Sie ist vielmehr eine ganz zufällig angetroffene, deren Individuen mit den Merkmalen eines wohl durchschnittlich verlaufenen Kristallisationsprozesses in einer alpinen Zerrkluft behaftet sind. Gerade in diesem Umstand liegt das besondere Interesse der zu unternehmenden Untersuchung.

B. Methodik

Die Untersuchung jedes Einzelindividuums umfasste folgende Schritte:

1. Anfertigung einer Skizze des Kristalls, in welcher auch die *S*-Flächen mit ihrer Oberflächenbeschaffenheit (Akzessorien) eine besondere, sorgfältige Darstellung erhielten.

2. Zuordnung einer Grössenbezeichnung zu jeder *N*- und *S*-Fläche. Bei dieser Grössenschätzung wurde im Sinne von V. Goldschmidt eine dreistufige Skala verwendet, und zwar so, dass die jeweils herrschenden Flächen eines Kristalls als grosse, die übrigen je nach Umständen als mittelgrosse, bzw. kleine Flächen bezeichnet wurden. Die *S*-Flächen wurden entsprechend ihrer Gesamtausdehnung eingeschätzt. Über die Auswertung dieser Grössenbefunde siehe S. 440—445, S. 459, S. 479—480.

3. Goniometrische Ausmessung des Kristalls. Hierzu wurde ein zweikreisiges Goniometer nach V. Goldschmidt verwendet. Die Justierung erfolgte, wenn eine gut spiegelnde Basisfläche vorhanden war, durch Polarstellen dieser Fläche, sonst aber mit Hilfe der stets vorhandenen und in der Regel sehr gut reflektierenden Einheitsflächen. Bei letzteren bestand das Verfahren darin, die verfügbaren Signale sorgfältig in eine möglichst gut ausgeglichene Kleinkreislage zu bringen. Die Positionsbestimmung der Normalflächen geschah in üblicher Weise und unter Verwendung folgender 4stufiger Qualitätsskala zur Charakterisierung der Signalgüte:

1. Qualität: lichtstarke, einfache, scharfe Signale.

2. Qualität: schwächere, öfters etwas gedehnte oder verzerrte Signale.

3. Qualität: mehrfache, aus sehr nahe beieinander liegenden Signalen bestehende Reflexe. (Signale mit grösserem gegenseitigem Abstand wurden getrennt aufgenommen.)

4. Qualität: sehr lichtschwache Reflexe oder solche, die mit vorgeschalteter Lupe für Schimmermessungen verwendet wurden.

Wesentlich umständlicher gestaltete sich die Erfassung der Sonderflächen-Gebiete, deren Signalbildung — wie zu erwarten war — zunächst in mehr oder weniger ausgedehnten Systemen von Lichtzügen und -streifen bestand. Bei jedem solchen wurden hinreichend zahlreiche Punkte eingemessen, um Lage, Verlauf und Gestalt der Lichtgebilde zu erfassen. Insbesondere wurde bei breiteren Reflexen der seitlichen Ausdehnung sorgfältig nachgegangen und die Lage der grössten Ausdehnung, bezogen auf die Gesamtlänge des Reflexes, festgestellt. Fast immer hoben sich aus dem diffusen Lichtschein, der die Lichtzüge und -bänder liefert, eine Anzahl deutlicher, mehr oder weniger starker Einzelsignale ab. Dieselben rühren offenbar von diskreten ebenen Oberflächenpartien her, die sich trotz der herrschenden Flächenrundung lokal einzustellen vermochten. Für solche Oberflächenelemente scheint die Bezeichnung „*Subflächen*" (innerhalb der Sonderflächen-Gebiete) angebracht zu sein, und ihre Positionen wurden stets eingemessen. Die Zuordnung einer Grössenziffer an solche Flächenelemente gelang im allgemeinen nicht, da auch bei Ausblendung des jeweils reflektierenden Oberflächenteiles keine wohldefinierten Grenzen gegenüber der Umgebung festzustellen waren. Man hat somit den Eindruck, dass solche Subflächen einen durchaus unselbständigen Charakter haben und als blosse Ansätze zur Kristallflächenentwicklung in den Gebieten stark gestörten Wachstums zu betrachten sind.

4. Auswertung der Messresultate. Die Berechnung von Indizes aus den gemessenen Positionen der Normal- und Subflächen stellte deswegen ein gewisses Problem dar, weil nur dann eine für vergleichende und statistische Zwecke brauchbare Datensammlung ermittelt werden konnte, wenn die Behandlung aller untersuchten Kristalle in streng einheitlicher Weise erfolgte. Nun stimmen gemessene Flächenpositionen relativ selten exakt mit denjenigen überein, die sich aus einem gegebenen Achsenverhältnis für eine durch einfachste rationale Zahlen definierte Flächenlage ableiten lassen. Man ist deshalb genötigt, wenn gemessene und berechnete Positionen in Einklang gebracht werden sollen, einfachste

Flächenlagen zugunsten von komplexeren zu verlassen, wobei sich natürlich die Frage stellt, wie weit die Annäherung in sinnvoller Weise getrieben werden kann und sollte. Aus der Literatur sind kaum eindeutige Auskünfte über diese Frage zu erhalten; denn bei den einzelnen Autoren wird in bezug auf den Gebrauch grosszahliger Indizes sehr verschieden weit gegangen und der Begriff der „befriedigenden" Übereinstimmung zwischen Messung und Berechnung recht unterschiedlich gehandhabt. Dass diese Fragen gerade im Zusammenhang mit dem Mineral Anatas ihre besondere Bedeutung haben, geht aus der beträchtlichen Zahl komplexindizierter Formen hervor, die von früheren Autoren aufgestellt worden sind. Einige scheinen sogar so gut verbürgt zu sein, dass sie allgemein in die Liste der gesicherten Formen aufgenommen wurden. Eine allgemeine Untersuchung des Begriffes „einfach rational" und der Versuch, allgemein gültige Regeln zur Indizierung von Kristallflächen zu finden, sind Aufgaben, die ausserhalb des hier gestellten Untersuchungszieles stehen. Es konnten lediglich einige sinnvoll erscheinende, praktisch leicht durchführbare Arbeitsregeln aufgestellt werden, die es verbürgten, dass die Auswertung aller Indizes in gleichartiger Weise durchgeführt und damit eine zu Vergleichs- und statistischen Zwecken geeignete Grundlage geschaffen werde.

Die wesentlichen für die Indizierung festgelegten Leitsätze waren nun folgende:

a) Einschränkung des Begriffes „einfach rational" auf Symbole, deren Indizes-Quersumme eine gewisse, zum voraus bestimmte Höhe nicht überstieg. Da es wünschenswert erschien, alle Symbole mit lauter einstelligen Indizes mitzunehmen, musste diese Summe auf mindestens $(9+9+8) = 26$ festgelegt werden. Da andererseits diese Festlegung keine der von V. Goldschmidt als „gesichert" betrachteten komplexen Formen ausschliesst, schien gerade diese Summe als anzuwendender Grenzwert geeignet und zweckmässig zu sein. Ihre Anwendung bedeutet, dass für die Zwecke dieser Untersuchung alle Flächenlagen mit $(h+k+l) \leqq 26$ als einfache, solche mit $(h+k+l) > 26$ als komplexe betrachtet werden.

b) Normierung des Gültigkeitsbereiches in Azimut und Poldistanz jedes verwendeten Symboles, oder anders ausgedrückt, Festlegung der bei der Auswertung gemessener Positionswinkel zu berücksichtigenden Toleranz. Im Bestreben, die Behandlung der Messwerte möglichst im Sinne der üblichen Praxis vorzunehmen, wurde in zahlreichen Arbeiten Umschau gehalten, um festzustellen, welche Annäherung an eine berechnete Position im allgemeinen gefordert wurde. Es zeigte sich, dass Abweichungen von über 0°30′ von namhaften Autoren noch oft hin-

genommen werden und dass die Wahl dieses Winkelbetrages als Grenze der Indizierung noch durchaus im Rahmen des Üblichen liegen würde. Mit diesem Wert ist denn auch weiter operiert worden, wobei es allerdings wünschenswert erschien, seine Anwendung auf Poldistanzen (ρ) und Azimute (φ) etwas verschieden zu handhaben. Während nämlich die Messgenauigkeit der erstgenannten Winkel über den ganzen bestrichenen Bereich von 0°—90° die gleiche bleibt, nimmt die Azimutbestimmung gegen den Pol hin an Genauigkeit immerfort ab, um im Pol illusorisch zu werden. Konnte also für eine bestimmt indizierte Flächenlage der theoretischen Position ρ ein Gültigkeitsbereich $\rho \pm 0°30'$ zugeordnet werden, so erschien es andererseits notwendig, die Toleranz im φ-Wert der Flächenneigung anzupassen, was etwa durch den Ansatz $\varphi \pm \frac{0°30'}{\sin \rho}$ erreicht werden kann. Diese Ausdrücke führen solange zu einer eindeutigen Umschreibung des Gültigkeitsbereiches eines Symbols, als die Positionen relativ weit auseinander liegen. Bei stärkerer Annäherung der einzelnen Lagen kann ein Übereinandergreifen der Bereiche auftreten und eine Aufteilung des gemeinsam besetzten Gebietes notwendig machen. Diesem Umstand wird Rechnung getragen, wenn für φ und ρ die gültigen Spannen allgemein wie folgt festgelegt werden:

ρ: der kleinere, der aus folgenden Ausdrücken sich ergebende Wert: $\rho \pm 0°30'$; $\frac{\rho - \rho'}{2}$ oder $\frac{\rho' - \rho}{2}$. Hier bedeutet ρ' die Poldistanz einer nächstbenachbarten Lage der gleichen [u v 0]-Zone.

φ: der kleinere, der aus folgenden Ausdrücken sich ergebende Wert: $\varphi \pm \frac{0°30'}{\sin \rho}$, $\frac{\varphi - \varphi'}{2}$ oder $\frac{\varphi' - \varphi}{2}$. Hier bedeutet φ' das Azimut der nächstgelegenen [u v 0]-Zone.

5. Mit den Indizes der Flächen ist zugleich auch ihre Formenzugehörigkeit ermittelt und damit die Grundlage geschaffen, auf der die Charakterisierung der Kristalle erfolgen kann. Zu diesem Zweck wurden in erster Linie Statistiken über die Häufigkeit und Grössenverhältnisse der Flächenformen durchgeführt, im weiteren aber auch ihre zonale Verteilung und Kombinationsverhältnisse untersucht. Zur Erfassung der zwei erstgenannten Merkmale dienten folgende Ansätze:

a) Häufigkeit. Da wie oben schon erwähnt ein sehr erheblicher Prozentsatz der gemessenen Individuen bloss an einem Ende eine brauchbare Entwicklung aufwiesen, wurde als Grundlage der Häufigkeitsberechnung zunächst die Anzahl von Kristallenden benutzt, an welchen

jede Form gefunden wurde. In denjenigen Fällen also, in denen ein Kristall an beiden Enden messbar ausgebildet war, wurden beide Enden selbständig in Rechnung gesetzt. Es kann nun für jede Flächenart (Form) die Beziehung $H = \frac{N \cdot 100}{Z}$ aufgestellt werden, wo H die Häufigkeit, N die Zahl der Enden, an denen die betreffende Fläche auftritt, und Z die Gesamtzahl der untersuchten Enden (= 337) darstellt. In wertvoller Weise können diese, die relative Wichtigkeit jeder Form gut wiedergebenden H-Werte, durch die Ermittlung eines weiteren, auf die Kristallquadranten fussenden Häufigkeitswertes h ergänzt werden. Dieser wurde für jede Flächenart aus dem Ausdruck $h = \frac{n \cdot 100}{f \cdot z}$ berechnet, in welchem n die Zahl der Quadranten wiedergibt, in denen die Form nachgewiesen wurde, f die theoretische Anzahl der gleichwertigen Flächen pro Quadrant und z die Gesamtzahl der untersuchten Quadranten (= 1348) darstellt. Der Ausdruck ist so aufgebaut, dass er bei vollzähliger Entwicklung einer Flächenart den Wert 100 annimmt, um bei rein sporadischem Auftreten der Form einen bestimmten, von der Zahl der untersuchten Quadranten und dem tetragonalen oder ditetragonalen Charakter der Form abhängigen minimalen Wert anzunehmen. Die Basis ⟨001⟩ bleibt von dieser Untersuchung ausgeschlossen, da ihre Flächen nicht eindeutig den Kristallquadranten zugeordnet werden können. Es dürfte zutreffen, dass nahe bei 100 liegende h-Werte in erster Linie bei solchen Formen zu finden sein werden, die als wirklich wesentliche Umgrenzungselemente der Kristalle gelten können und dass die Minimalwerte mit einem mehr „zufälligen" Charakter der entsprechenden Formen Hand in Hand gehen werden.

b) Grössenverhältnisse. Zur Charakterisierung der Grösse jeder Form wurden die Grössenzahlen nach R. L. Parker[2]) verwendet. Sie berechnen sich aus der oben erwähnten Einteilung der Flächen in Grössenklassen auf Grund folgender Formeln:

$$G = \frac{g \cdot 100}{g+m+k}; \quad M = \frac{m \cdot 100}{g+m+k}; \quad K = \frac{k \cdot 100}{g+m+k}.$$

In diesen bedeuten g, m und k die Anzahl der Flächen jeder Form, die je in grosser, mittlerer und kleiner Entwicklung beobachtet wurden. Da offenbar die Summe $G+M+K$ für jede Form 100 sein muss, lässt sich in einer Dreieckdarstellung, an deren Eckpunkten 100% G, 100% M,

[2]) R. L. Parker (1930): Die Kristallmorphologie im Lichte neuerer analytischer Untersuchungen. Fortschr. d. Min., Krist. u. Petr., Bd. *14*, S. 87.

100% K liegen, ein für jede Form charakteristisch gelegener Punkt angeben, der das gegenseitige Verhältnis der verschiedenen Grössenentwicklungen der Form anschaulich zum Ausdruck bringt. Bei Formen, die vorwiegend nur mit Flächen einer Grössenklasse erscheinen, werden die zugehörigen Punkte eine mehr oder weniger starke Annäherung an eine Ecke des Dreiecks zeigen. Für solche, die variable Grösse aufweisen, d. h. in mehr ausgeglichener Weise an den drei Grössenkategorien teilnehmen, wird ein Punkt im Zentralfeld des Dreiecks typisch sein. Ordnet man den so erhaltenen Projektionspunkten noch Signaturen zu, die ihre H-Werte veranschaulichen, so liefert das Dreieckdiagramm eine Übersicht der allfälligen Zusammenhänge zwischen Flächenhäufigkeit und -grösse (siehe Fig. 12).

II. Typische Beispiele von Anataskristallen von Balmen

Bevor mit der Auswertung des Beobachtungsmaterials begonnen wird, sollen an Hand von Zeichnungen und Mikrophotographien einige typische Kristallindividuen und S-Flächen bildlich veranschaulicht werden. Einige Angaben über die gemessenen Positionen sind beigefügt und geben einen Einblick in die über jeden Kristall bestehenden, hier aber weggelassenen Aufzeichnungen.

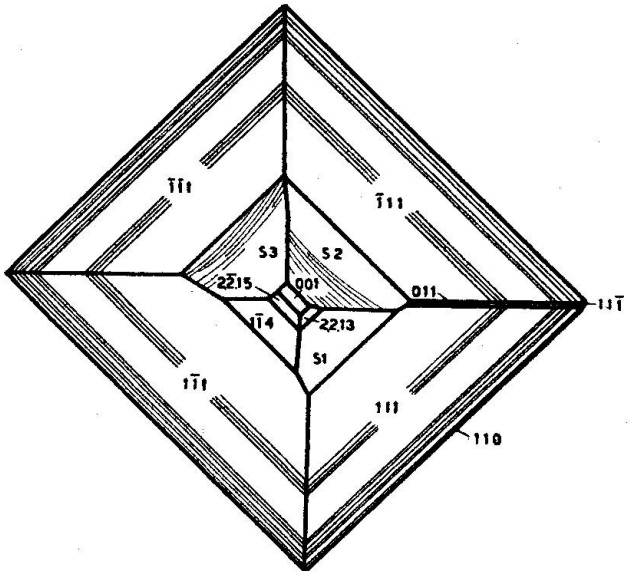


Fig. 1 (Kristall 318)
Anatas von Balmen, Kopfbild (20×).

Fig. 1 (Kristall 318).

Habitus: spitzpyramidal. Kombination: ⟨001⟩ ⟨011⟩ ⟨110⟩ ⟨2·2·15⟩ ⟨2·2·13⟩ ⟨114⟩ ⟨111⟩ *S*.

Die *S*-Flächen wiesen folgende Charakteristika auf:

Flächen	Lichtzüge	Endpunktpositionen	Max. Abweichung v. d. Mittellinie	Subflächen
S_1	geradlinig	$\rho = 30°19' \sim \langle 3\cdot3\cdot13\rangle$ u. $39°57' \sim \langle 113\rangle$	—	⟨3·3·13⟩ ⟨114⟩ ⟨3·3·10⟩ ⟨5·5·16⟩ ⟨113⟩
S_2	linsenförmig	$\rho = 30°15' \sim \langle 3\cdot3\cdot13\rangle$ u. $39°34' \sim \langle 113\rangle$	1°25′	⟨4·4·17⟩ ⟨114⟩ ⟨113⟩
S_3	linsenförmig	$\rho = 28°40' \sim \langle 3\cdot3\cdot14\rangle$ u. $34°30' \sim \langle 3\cdot3\cdot11\rangle$	1°14′	⟨114⟩

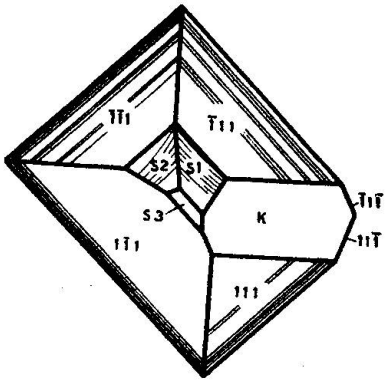


Fig. 2 (Kristall 525) Anatas von Balmen, Kopfbild (20×).

Fig. 2 (Kristall 525).

Habitus: spitzpyramidal. Kombination: ⟨111⟩ *S*.

Eine grosse Normalfläche *K* hat folgende komplexe Lage ($\varphi = 1°03'$, $\rho = 63°20'$), die sich mit ⟨1·54·48⟩ (berechnet $\varphi = 1°04'$, $\rho = 63°26'$) vergleichen lässt.

Die drei *S*-Flächen lieferten alle linsenförmige Lichtzüge.

Flächen	Endpunktpositionen	Max. Abweichung v. d. Mittellinie	Subflächen
S_1	$\rho = 30°02' \sim \langle 3\cdot3\cdot13\rangle$ u. $39°47' \sim \langle 113\rangle$	1°11′	⟨113⟩ nebst 1 komplexen Lage
S_2	$\rho = 28°54' \sim \langle 3\cdot3\cdot14\rangle$ u. $39°24' \sim \langle 113\rangle$	0°8′	⟨4·4·15⟩ nebst 2 komplexen Lagen
S_3	$\rho = 30°03' \sim \langle 3\cdot3\cdot13\rangle$ u. $36°56' \sim \langle 3\cdot3\cdot10\rangle$	1°7′	⟨3·3·13⟩ ⟨3·3·10⟩ nebst 1 komplexen Lage

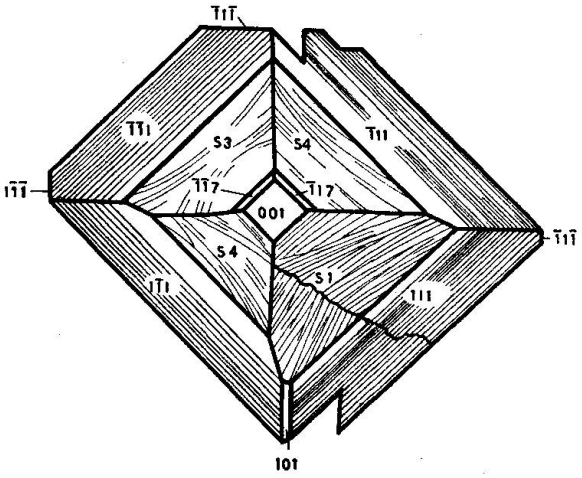


Fig. 3 (Kristall 40) Anatas von Balmen, Kopfbild (20×).

Fig. 3 (Kristall 40).

Habitus: gemischt pyramidal. Kombination: ⟨001⟩ ⟨011⟩ ⟨117⟩ ⟨111⟩ S.

Die S-Flächen wiesen folgende Charakteristika auf:

Flächen	Lichtzüge	Endpunktpositionen	Max. Abweichung v. d. Mittellinie	Subflächen
S_1 (Fig. 7)	keilförmig (Fig. 21)	$\rho = 18°10' \sim \langle 2\cdot2\cdot15\rangle$ u. $40°53' \sim \langle 113\rangle$	4°45′	⟨117⟩ ⟨3·3·10⟩ ⟨4·4·13⟩ ⟨5·5·16⟩ nebst 2 komplexen Lagen
S_2 (Fig. 8)	linsenförmig (Fig. 19)	$\rho = 23°23' \sim \langle 3\cdot3\cdot17\rangle$ u. $37°51' \sim \langle 4\cdot4\cdot13\rangle$	3°43′	⟨2·2·11⟩ ⟨3·3·16⟩ ⟨3·3·10⟩ ⟨4·4·13⟩ nebst 3 komplexen Lagen
S_3	keilförmig	$\rho = 23°04' \sim \langle 116\rangle$ u. $37°42' \sim \langle 4\cdot4\cdot13\rangle$	5°52′	⟨3·3·16⟩ ⟨4·4·13⟩ nebst 2 komplexen Lagen
S_4	keilförmig	$\rho = 18°13' \sim \langle 2\cdot2\cdot15\rangle$ u. $39°22' \sim \langle 113\rangle$	3°37′	⟨118⟩ ⟨2·2·13⟩ ⟨3·3·10⟩ ⟨5·5·16⟩

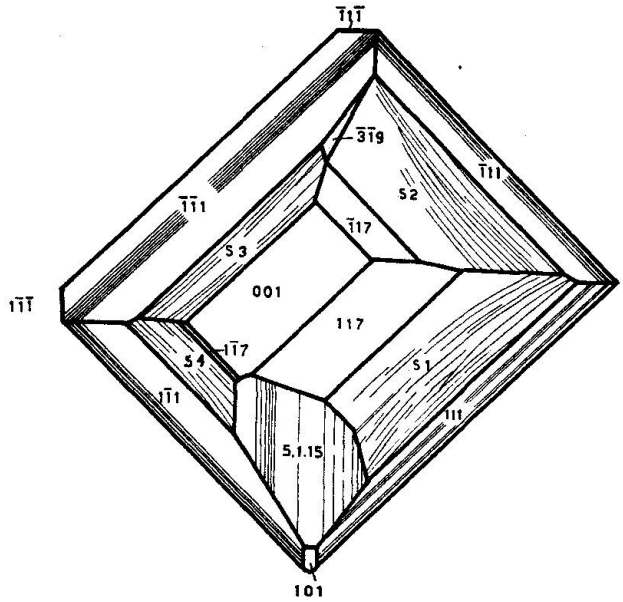


Fig. 4 (Kristall 31) Anatas von Balmen, Kopfbild (20×).

Fig. 4 (Kristall 31).

Habitus: gemischt pyramidal. Kombination: ⟨001⟩ ⟨011⟩ ⟨117⟩ ⟨111⟩ ⟨1·5·15⟩[3]) ⟨1·3·9⟩.

Die S-Flächen lieferten linsenförmige Lichtzüge, die folgende Positionen aufwiesen:

Flächen	Endpunktposition	Max. Abweichung v. d. Mittellinie	Subflächen
S_1	$\rho = 38°02' \sim \langle 5\cdot5\cdot16\rangle$ u. $26°52' \sim \langle 115\rangle$	1°47′	⟨3·3·14⟩ nebst 2 komplexen Lagen
S_2	$\rho = 39°44' \sim \langle 113\rangle$ u. $27°05' \sim \langle 115\rangle$	1°59′	⟨229⟩
S_3	$\rho = 38°43' \sim \langle 113\rangle$ u. $26°53' \sim \langle 115\rangle$	0°55′	⟨227⟩ nebst 1 komplexen Lage
S_4	$\rho = 40°18' \sim \langle 113\rangle$ u. $31°21' \sim \langle 114\rangle$	0°58′	⟨3·3·10⟩ ⟨5·5·16⟩ nebst 1 komplexen Lage

[3]) Diese Form ist, wie die Figur zeigt, durch eine aussergewöhnlich grosse Fläche vertreten.

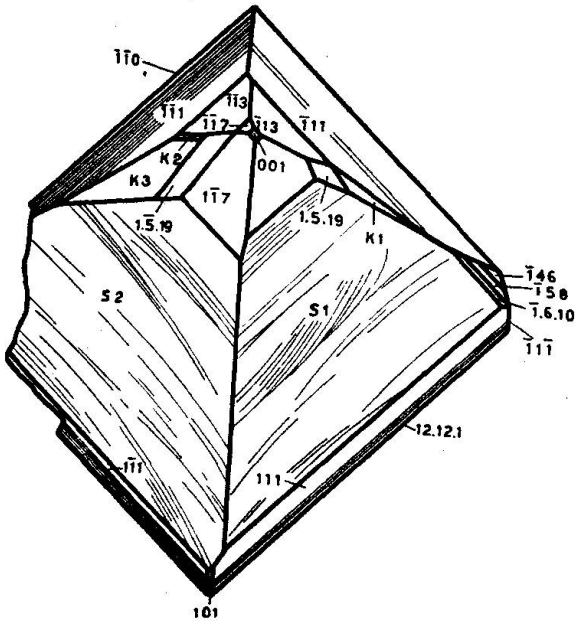


Fig. 5 (Kristall 593) Anatas von Balmen, Kopfbild (20×).

Fig. 5 (Kristall 593).

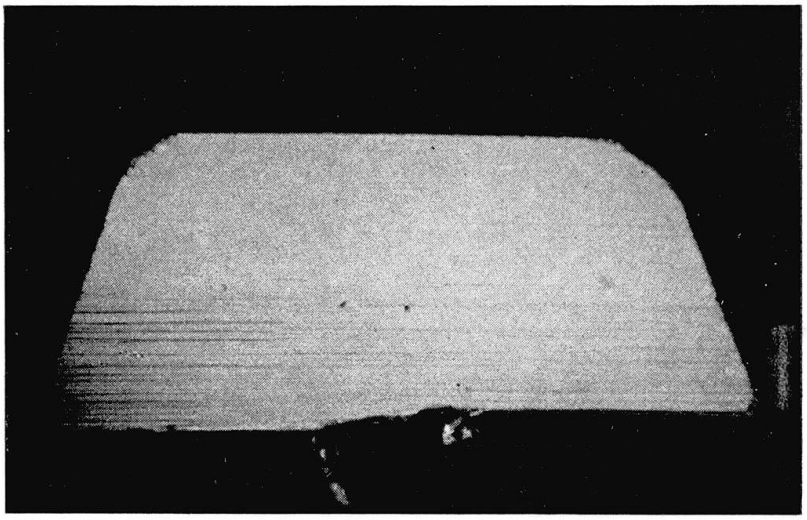
Habitus: stumpfpyramidal. Kombination: ⟨001⟩ ⟨011⟩ ⟨110⟩ ⟨117⟩ ⟨113⟩ ⟨111⟩ ⟨12·12·1⟩ ⟨1·6·10⟩ ⟨1·5·19⟩ ⟨1·5·8⟩ ⟨1·4·6⟩ S.

Die mit K gekennzeichneten Normalflächen haben folgende komplexe Lagen:

	gemessen			berechnet	
	φ (red.)	ρ		φ (red.)	ρ
K_1	5°09′	28°24′	vergl. ⟨1·11·36⟩	5°12′	28°36′
K_2	18°32′	28°36′	vergl. ⟨6·18·62⟩	18°26′	28°32′
K_3	1°25′	29°51′	vergl. ⟨1·40·124⟩	1°26′	29°50′

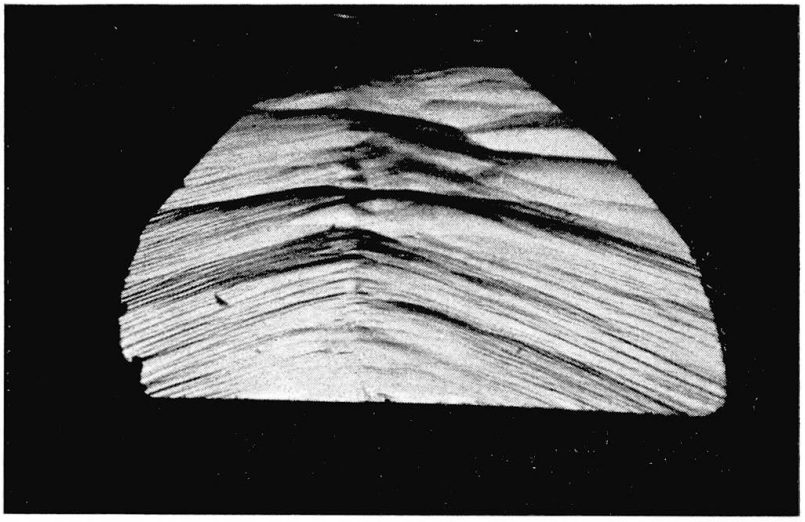
Zwei grosse S-Flächen lieferten keilförmige Lichtzüge, die folgende Positionen aufwiesen:

Flächen	Endpunktpositionen	Max. Abweichung v. d. Mittellinie	Subflächen
S_1	$\rho = 27°0' \sim \langle 115 \rangle$ u. $37°53' \sim \langle 4 \cdot 4 \cdot 13 \rangle$	1°28′	⟨3·3·11⟩ nebst 11 komplexen Lagen
S_2	$\rho = 26°08' \sim \langle 115 \rangle$ u. $38°01' \sim \langle 5 \cdot 5 \cdot 16 \rangle$	2°54′	⟨115⟩ ⟨3·3·14⟩ ⟨229⟩ ⟨3·3·13⟩ ⟨4·4·17⟩ ⟨114⟩ ⟨3·3·11⟩ ⟨227⟩ ⟨3·3·10⟩ ⟨4·4·13⟩ nebst 6 komplexen Lagen



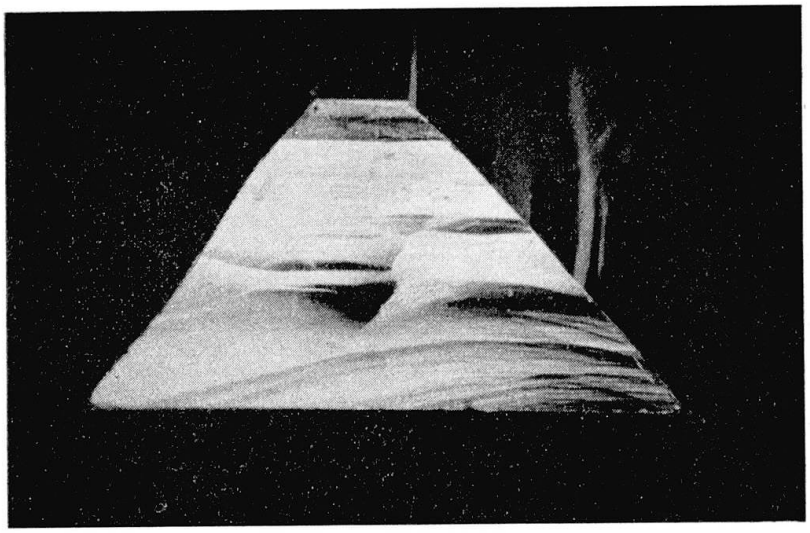
0 1 2 3 mm

Fig. 6 (Kristall 40)
Normalfläche, (111) mit zarten Streifungen nach [110].



0 1 2 mm

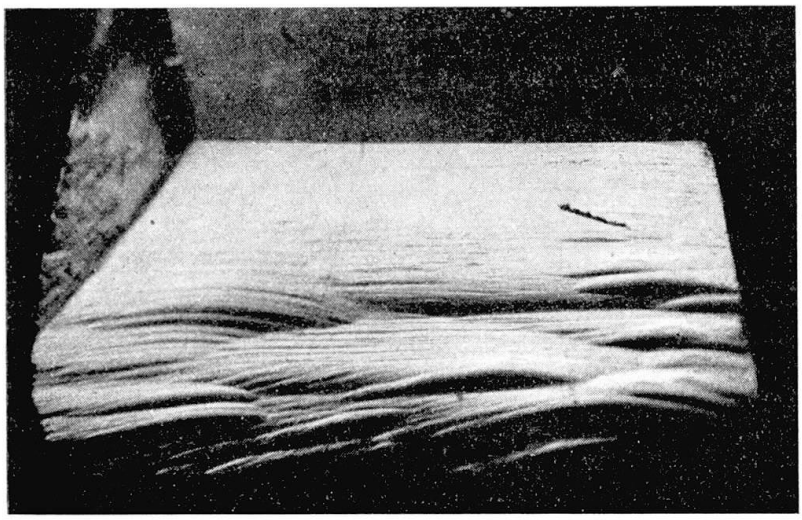
Fig. 7 (Kristall 40)
S-Fläche mit stark gerundeten Seitenkanten und mässig groben Akzessorien, die einen auffallend symmetrischen Bau aufweisen (siehe Fig. 3, Fläche S_1, sowie Fig. 21).



0 1 2 mm

Fig. 8 (Kristall 40)

S-Fläche mit zarten Akzessorien. In der Mitte des Bildes weist sie eine leichte Versenkung auf (siehe Fig. 3, Fläche S_2, sowie Fig. 19).



0 1 2 mm

Fig. 9 (Kristall 205)

S-Flächen mit mässig groben Akzessorien. Signalgebung: Linsenförmiger Lichtzug, $\langle 001 \rangle$-nahes End, $\rho = 28^\circ 0' \sim \langle 3 \cdot 3 \cdot 14 \rangle$, $\langle 001 \rangle$-fernes Ende, $\rho = 39^\circ 37' \sim \langle 113 \rangle$; max. Abweichung von der Mittellinie: $1^\circ 01'$ bei $\rho = 34^\circ 14'$, beobachtete Subflächen: $\langle 3 \cdot 3 \cdot 14 \rangle$, $\langle 3 \cdot 3 \cdot 13 \rangle$ nebst 4 komplexen Lagen.

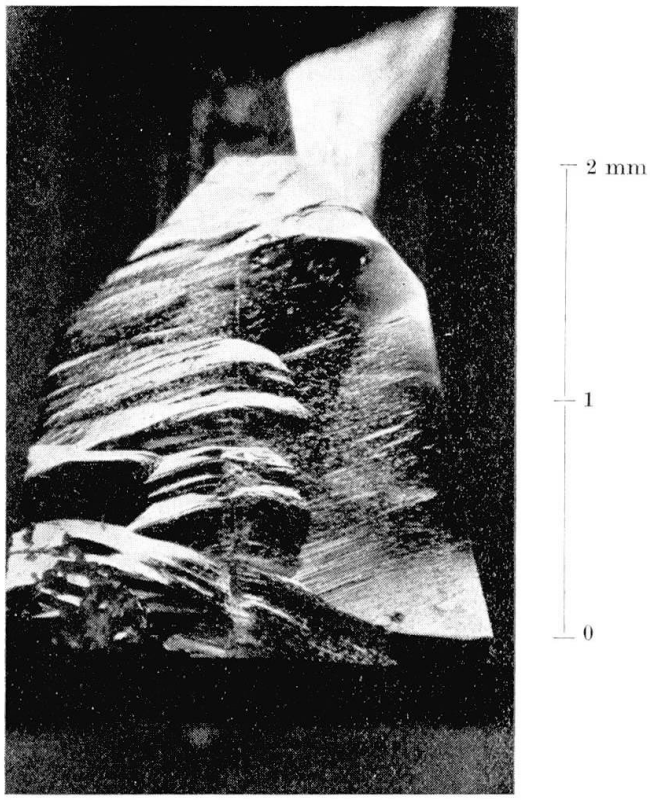


Fig. 10 (Kristall 30)

S-Fläche mit sehr groben, eigenartig einseitig angeordneten Akzessorien. Signalgebung: Ausgedehntes Lichtfeld (siehe Fig. 22); ⟨001⟩-nahes Ende, $\rho = 13°49' \sim$ ⟨1·1·10⟩, ⟨001⟩-fernes Ende, $\rho = 39°16' \sim$ ⟨113⟩; beobachtete Subflächen: ⟨1·1·10⟩, ⟨3·3·20⟩, ⟨227⟩, ⟨3·4·17⟩, nebst 18 komplexen Lagen. Das Lichtfeld war weitgehend symmetrisch. Max. Abweichung von der Mittellinie: 11°22′ bei $\rho = 23°21'$.

III. Achsenverhältnis

Bevor zur Indizierung der eingemessenen Positionen geschritten werden konnte, musste untersucht werden, auf welches Achsenverhältnis die Flächenlagen zu beziehen seien. Da unter den auftretenden Formen einzig die Einheitsdipyramide mit gut entwickelten Flächen an fast allen Kristallen erscheint, schien diese Form allein geeignet zu sein, repräsentative Werte für das Achsenverhältnis zu liefern.

Die Tabulierung der an 1343 makroskopisch als Einheitsflächen zu erkennenden Oberflächenelementen erzielten Messungen ergab, dass 78% dieser Flächen einen φ-Wert mit maximal 0°6′ Abweichung vom theoretischen Wert 45°00′ aufweisen. Bei 98% (also 1317 Flächen) wich der gemessene φ-Wert um maximal 0°30′ von diesem Wert ab. Werden

nun die zugehörigen ρ-Werte miteinander verglichen, so ergibt sich (siehe das Häufigkeitsdiagramm Fig. 11) eine starke Häufung der Werte zwischen $\rho = 68° 15'$ und $68° 20'$. Der häufigste und zweithäufigste Wert liegen bei $\rho = 68° 17'$ resp. $68° 18'$ mit steilem und symmetrischem Abfall der Häufigkeit nach beiden Seiten hin. Ausserdem ergibt sich als arithmetisches Mittel der 1317 ρ-Werte der Wert $68° 18\frac{1}{2}'$. Diese Zahlen liegen so nahe beim Positionswinkel $68° 18'$, der üblicherweise für Anatas verwendet wird und auch den Winkeltabellen von V. GOLDSCHMIDT zugrunde gelegt ist, dass keine Veranlassung vorzuliegen schien, einen

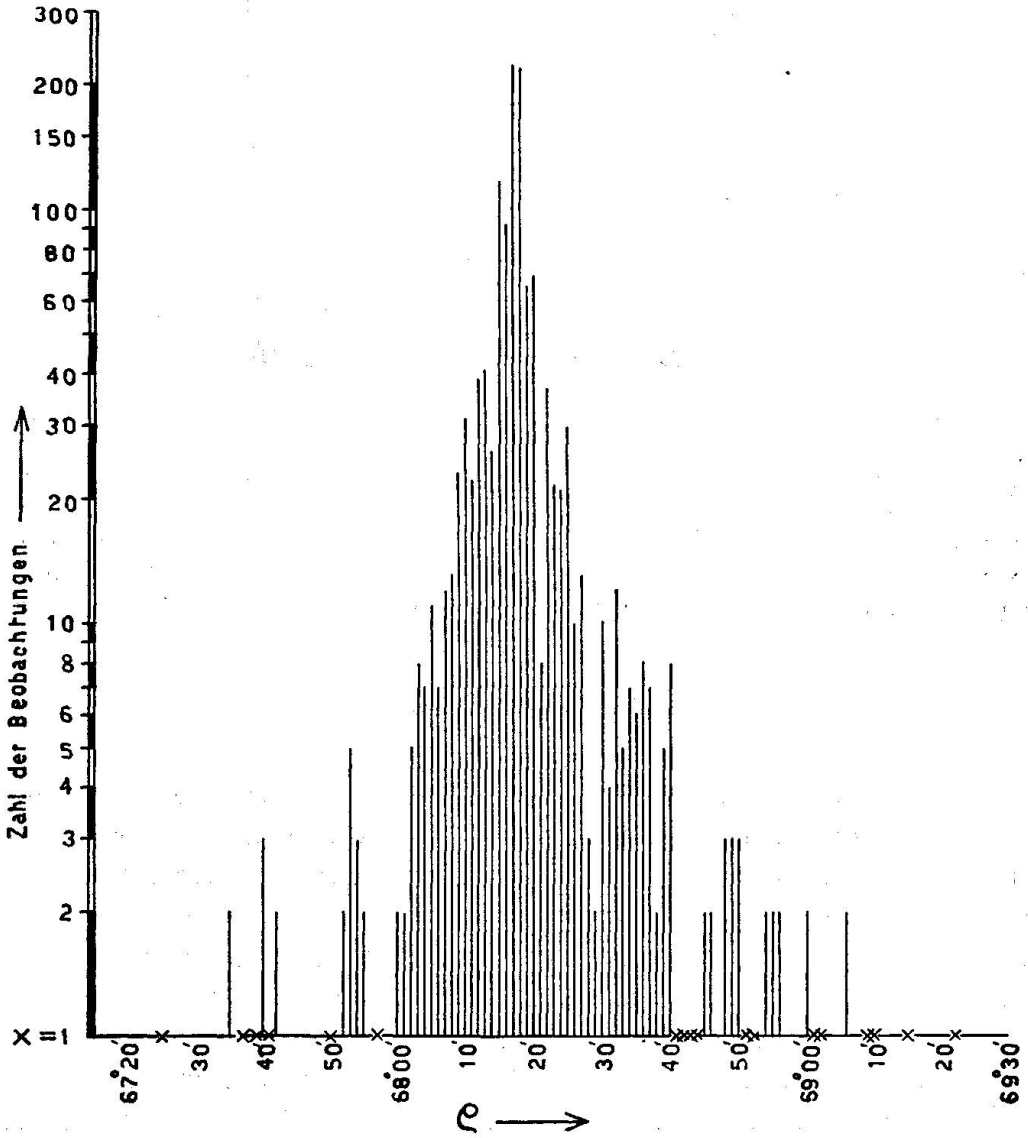


Fig. 11
Häufigkeitsdiagramm der ρ-Werte der Einheitsflächen.

anderen als diesen Grundwert und den daraus abgeleiteten C-Achsenwert von 1,7771 für das zu bearbeitende Material in Rechnung zu setzen. Alle im weiteren angeführten Flächenindizes basieren somit auf diesem Achsenverhältnis und können unmittelbar mit den Literaturangaben verglichen werden.

IV. Einfache und komplexe Flächenlagen der Normalflächen

Ausser der schon erwähnten 1343 Reflexe wurden 2010 Reflexe registriert, die von normal entwickelten Flächen herrührten. Die Anwendung der aufgestellten Indizierungsregeln auf die sämtlichen 3353 beobachteten Positionen führte zum Resultat, dass 2889 Reflexe, oder 86%, mit einfachen Symbolen versehen werden können. Dieses Ergebnis zeigt, dass das gewählte Indizesfeld ausreicht, um den Grossteil der Normalflächen zu erfassen, und es wurden die ausserhalb dieses Feldes liegenden „komplexen" Flächenlagen im weiteren — von einigen summarischen Angaben abgesehen (siehe § VII) — nicht näher behandelt. Das starke Überwiegen einfacher Lagen darf indessen nicht als eine die „einfach-rationalen" Flächenlagen gegenüber „komplexen" oder irrationalen" bevorzugende Wachstumstendenz aufgefasst werden. Denn schon die Tatsache, dass in verschiedenen Gebieten (und ganz speziell längs grosser Teile der Hauptzone) die Geltungsbereiche der einzelnen Flächenlagen sich lückenlos aneinander schliessen, macht das Auftreten von komplexeren Symbolen als die von vornherein festgelegten oder gar von „irrationalen" Lagen unmöglich. Es war denn mit der gewählten Methode zu indizieren auch gar nicht beabsichtigt, den Grad der erreichten Rationalität zu überprüfen, sondern lediglich die vorhandenen Lagen in möglichst einheitlicher und einfacher Weise zu charakterisieren. Da jedoch die Frage des Strebens nach einfach rationaler Flächenverteilung von grösstem Interesse ist, wurde die Flächenbesetzung der [110]-Zone nachträglich noch nach einer methodisch anders aufgebauten Technik der Indizierung untersucht (siehe § X).

V. Flächenformen

A. Allgemeines

Die Zahl der an den 337 untersuchten Kristallenden beobachteten Formen beträgt 76. Von diesen traten jedoch nur 10 mit H-Werten > 3

(also an mindestens 10 Enden beobachtet) auf. Die meisten dieser häufigeren Formen wurden wenigstens gelegentlich in einer von der kleinsten Grössenkategorie abweichenden Entwicklung beobachtet. Zwei weitere Formen, die an und für sich von niedrigster Häufigkeit sind, wurden ebenfalls mit grösser dimensionierten Flächen gefunden. Für diese insgesamt 12, entweder nach Häufigkeit, Grösse oder durch beides hervortretende Formen sind die charakteristischen Stellungen im Grössen-Häufigkeits-Dreieck in Fig. 12 wiedergegeben. Dieses Diagramm enthält auch die Stellung der zunächst als Einheit betrachteten *S*-Flächen, und zwar zeigt sie, dass diese letzteren neben der Einheitsform die weitaus präponderante Rolle an den Kristallen spielen.

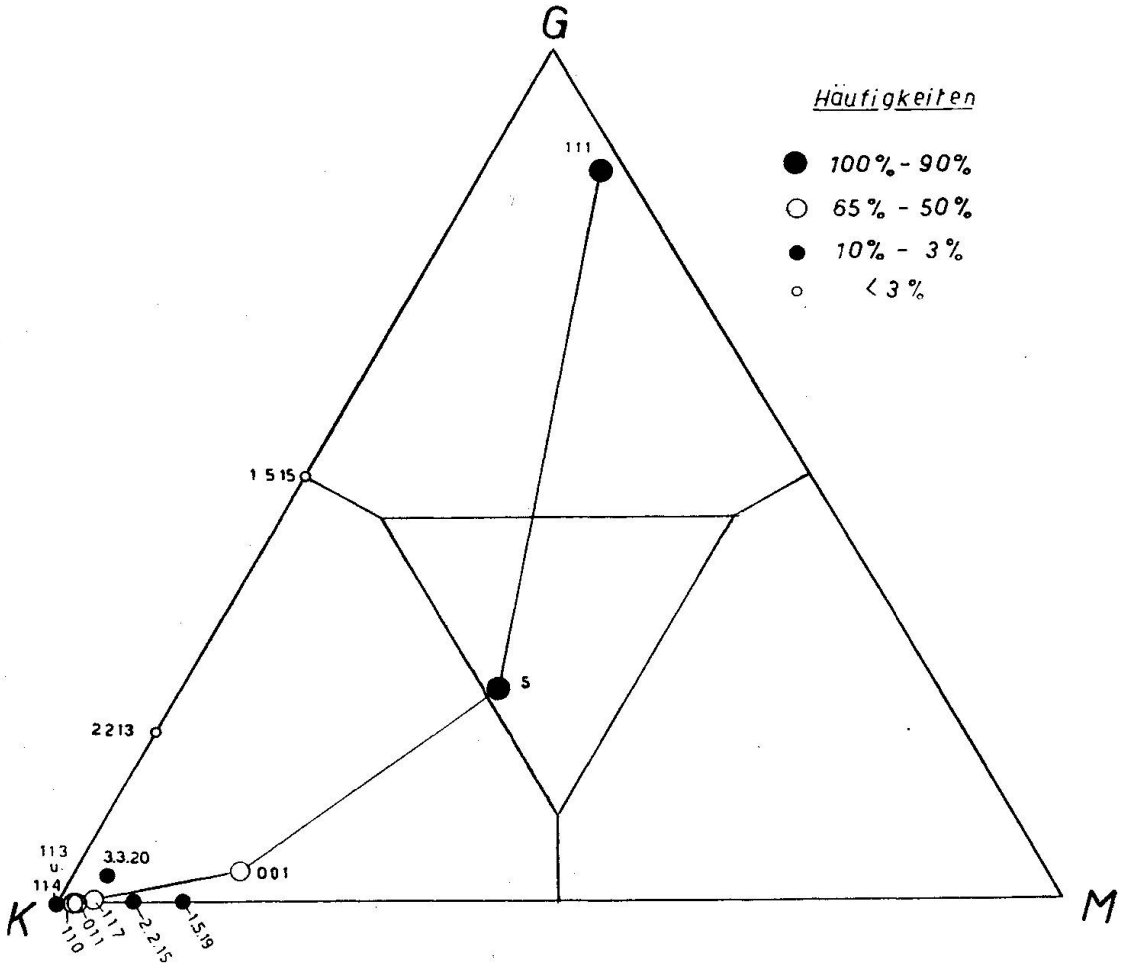


Fig. 12
Flächengrössen und Häufigkeiten der wichtigsten Formen von Anatasen von Balmen.

B. Spezielle Bemerkungen zu den wichtigsten Formen

Eine kurze Charakteristik der im Diagramm erscheinenden Flächen, in der ungefähren Reihenfolge ihrer Stellung in der Figur, kann wie folgt gegeben werden:

$\langle 111 \rangle$: $H = 100$; $h = 95$; $G = 85{,}7\%$; $M = 11{,}8\%$; $k = 2{,}5\%$.

Diese an keinem Ende fehlende Form erweist sich auch als nahezu symmetriegemäss entwickelt. Die Abweichung des h-Wertes von 100 wird durch das Auftreten von Flächen erklärt, die zwar äusserlich das Aussehen der Einheitsfläche aufweisen, aber nach der Position bereits mit komplizierteren Indizes [z. B. (998), (443)] zu versehen waren. Im übrigen war, wie oben schon erwähnt, für die Grosszahl der Flächen eine nur sehr geringe Abweichung von der konventionell angenommenen Position zu konstatieren. Die Flächen tragen vielfach eine feine horizontale Streifung. Die starke Annäherung des Projektionspunktes an die G-Ecke des Dreiecks bringt deutlich die Tatsache zum Ausdruck, dass die $\langle 111 \rangle$ Form weit überwiegend mit gross entwickelten Flächen zugegen ist.

S-Flächen: Über die nähere Bedeutung dieses Symbols siehe S. 462. Für die an sich leicht kenntlichen Wachstumsgebiete gelten gesamthaft folgende Daten:

$H = 95{,}2$; $h = 83{,}6$; $G = 24{,}9$; $M = 31{,}9$; $K = 43{,}2$.

Sie zeigen, dass die „Form" in kaum geringerem Masse als die Einheitsform ein konstant vorhandenes und symmetriegemäss entwickeltes Oberflächenelement der Kristalle ist. In der Grössenentwicklung stehen die S-Gebiete allerdings hinter den $\langle 111 \rangle$-Flächen zurück und erweisen sich als typisch variabel mit deutlicher Bevorzugung mittlerer bis kleiner Dimensionen.

$\langle 001 \rangle$ $H = 54{,}6$; $h = -$; $G = 3{,}8\%$; $M = 16{,}2\%$; $K = 80{,}0\%$.

Diese Form stellt in bezug auf H die viertwichtigste Normalform am Beobachtungsmaterial dar und kann noch als sehr typisches Oberflächenelement bezeichnet werden. Wenn auch vorwiegend nur klein entwickelt, erschien die Form mitunter in einer den Habitus mitbestimmenden Entwicklung. Namentlich die kleinen Flächen lieferten gute, für die Justierung geeignete Signale. Die grösseren erwiesen sich öfters als parallel [110] leicht gestreift, was eine gewisse Beeinträchtigung der Signalqualität mit sich brachte.

⟨117⟩ $H = 56{,}4$; $h = 31{,}2$; $G = 0{,}4\%$; $M = 3{,}4\%$; $K = 96{,}2\%$.

Nach dem H-Wert ist diese die drittwichtigste Form am Untersuchungsmaterial. Da auch der h-Wert immerhin noch ca. $\frac{1}{3}$ des möglichen Höchstwertes erreicht, muss die Form durchaus als ein charakteristisches Erzeugnis des Kristallwachstums aufgefasst werden. Die Grössenzahlen sind der Ausdruck dafür, dass diese Form stets nur als schmale Abstumpfungen zwischen der Basis und einer steileren Form erscheint, die bald ⟨111⟩, bald S war. Die Kleinheit der Flächen hatte etwas lichtschwache Signale zur Folge, die aber sehr befriedigend mit der theoretischen Position übereinstimmten.

Gemessen				Berechnet	
Mittelwert		Max. Abweichungen			
φ	ρ	φ	ρ	φ	ρ
45° 17′	19° 43′	1° 19′	± 30′	45° 0′	19° 44′

⟨011⟩ $H = 63{,}5$ $h = 31{,}9$; $G = 0\%$; $M = 2{,}1\%$; $K = 97{,}9\%$.

Die hier geltenden H- und h-Werte lassen diese Dipyramide II. Stellung als zweitwichtigste und zugleich als noch erheblich symmetriegemäss entwickelte Form erkennen. Sie ist ausschliesslich mit kleinen Flächen vertreten, was eine schwache Signalgebung mit sich brachte. Dies mag die Erklärung dafür sein, dass die Streuung der gemessenen ρ-Positionen keine so symmetrische Verteilung aufwies wie die bei der Einheitsform konstatierte. Es zeigte sich vielmehr innerhalb des Toleranzbereiches ein deutliches Überwiegen von Signalen in flacherer Lage als die aus dem angenommenen Achsenverhältnis berechnete Position $\rho = 60° 38'$. Als häufigster ρ-Wert ergab sich eine Position, die um 0° 1′ bis 0° 2′ kleiner war als dieser Wert. Dem würde ein Achsenverhältnis von 1,7759 resp. 1,7747 entsprechen, das aber kaum die Zuverlässigkeit des aus ⟨111⟩ berechneten Wertes besitzt.

Gemessen					Berechnet	
Mittelwert		Max. Abweichungen				
φ	ρ	φ	ρ	ρ	φ	ρ
0° 8′	60° 36′	0° 30′	+ 0° 26′	− 0° 30′	0° 0′	60° 38′

⟨110⟩ $H = 53{,}1$; $h = 20{,}4$; $G = 0\%$; $M = 1{,}8\%$; $K = 98{,}2\%$.

Das Auftreten dieser einzigen prismatischen Form mit einer dem H-Wert der Basis vergleichbaren Häufigkeit und zugleich einem noch merklich erhöhten h-Wert lässt nicht daran zweifeln, dass ⟨110⟩ noch

zu den charakteristischen Entwicklungselementen der Kristalle gehört. Freilich zeigen die Grössenwerte, dass praktisch nur klein dimensionierte Flächen vorhanden sind. Diese sind unterhalb des Streifungsgebietes von ⟨111⟩ zu finden und lassen im Zusammenhang mit einer Reihe von Dipyramiden von steilerer Lage als ⟨111⟩ (siehe unten) erkennen, dass auch der äussere Teil der Hauptzone zum bevorzugten Wachstumsgebiet des Kristalles gehört.

Gemessen				Berechnet	
Mittelwert		Max. Abweichungen			
φ	ρ	φ	ρ	φ	ρ
45° 7′	89° 50′	0° 29′	0° 30′	45° 0′	90° 0′

⟨113⟩ $H = 7{,}7$; $h = 3{,}6$; $G = 0\%$; $M = 0\%$; $K = 100\%$.

Diese aus der allgemeinen Statistik des Anatas als sehr wichtig bekannte Form tritt am Untersuchungsmaterial, wie die mitgeteilten Zahlen zeigen, als Normalfläche von nur schwach ausgeprägter Bedeutung hervor. Erst das Studium der Kombinationen und die feinere Analyse der S-Flächen (siehe unten) lassen erkennen, dass die Form trotzdem eine eigenartig wichtige Rolle in der Ausgestaltung der Kristalle spielt.

Gemessen					Berechnet	
Mittelwert		Max. Abweichungen				
φ	ρ	φ	ρ	ρ	φ	ρ
45° 8′	39° 45′	0° 33′	+0° 10′	−0° 30′	45° 0′	39° 57′

⟨3·3·20⟩ $H = 8{,}0$; $h = 2{,}2$; $G = 3{,}3\%$; $M = 3{,}3\%$; $K = 93{,}4\%$.

Diese bekannte und als gesichert geltende Form des Anatas machte sich am Untersuchungsmaterial in doppelter Hinsicht deutlich bemerkbar. Ihr H-Wert ist der höchste, der sich bei Formen ausserhalb der im Grössendreieck angedeuteten Hauptserie vorfindet, und überdies wurde sie, wenn auch sehr selten, mit gross entwickelter Fläche angetroffen. Diese Beobachtungen können als Bestätigung früher gemachter Beobachtungen über die Realität der Form gelten.

Gemessen					Berechnet	
Mittelwert		Max. Abweichungen				
φ	ρ	φ	ρ	ρ	φ	ρ
45° 10′	20° 30′	1° 27′	+0° 11′	−0° 24′	45° 0′	20° 39′

$\langle 2 \cdot 2 \cdot 15 \rangle$ $H = 6{,}2$; $h = 1{,}9$; $G = 0\%$; $M = 7{,}7\%$; $K = 92{,}3\%$.

Diese für Anatas anscheinend neue Form fand sich an 21 Enden mit insgesamt 26 Flächen. (Kristall Nr. 20, 28, 32, 33, 34, 43, 77, 79, 104, 119, 142, 318, 402, 439, 545, 586, 593, 609, 630, 676, 679.)

Gemessen					Berechnet	
Mittelwert		Max. Abweichungen				
φ	ρ	φ	ρ	ρ	φ	ρ
45° 23′	18° 52′	1° 05′	+0° 30′	−0° 25′	45° 0′	18° 32′

Das wiederholte Auftreten der Form in deutlich entwickelten, manchmal etwas grösser dimensionierten Flächen und die befriedigende Übereinstimmung zwischen gemessener und berechneter Position lassen diese neue Form als gesichert erscheinen. $\langle 2 \cdot 2 \cdot 15 \rangle$ nahm an 16 verschiedenen Formenkombinationen teil, in denen $\langle 117 \rangle$ 11 mal vorhanden war. Dabei erschien $\langle 117 \rangle$ meistens nicht in den gleichen Quadranten wie $\langle 2 \cdot 2 \cdot 15 \rangle$, so dass es den Anschein hat, dass die letztere $\langle 117 \rangle$ vertritt.

$\langle 114 \rangle$ $H = 4{,}8$; $h = 1{,}3$; $G = 0\%$; $M = 0\%$; $K = 100\%$.

Diese Form gelangt auf Grund ihres etwas erhöhten H-Wertes im Dreiecksdiagramm noch zur Abbildung, bleibt aber ohne wesentliche Bedeutung für die Kristallbildung.

Gemessen					Berechnet	
Mittelwert		Max. Abweichungen				
φ	ρ	φ	ρ	ρ	φ	ρ
45° 15′	32° 04′	0° 46′	+0° 29′	−0° 45′	45° 0′	32° 08′

$\langle 1 \cdot 5 \cdot 19 \rangle$ $H = 4{,}2$; $h = 0{,}8$; $G = 0\%$; $M = 12{,}5\%$; $K = 87{,}5\%$.

Diese in der Literatur viel diskutierte und als charakteristisch und gesichert geltende Form des Anatas vermag auch am Untersuchungsmaterial auf Grund ihres etwas erhöhten H-Wertes noch im Diagramm Platz zu finden. An den spärlichen Kristallen, die sie aufwiesen, war sie z. T. mit etwas grösseren Flächen zu finden.

Gemessen						Berechnet	
Mittelwert		Max. Abweichungen					
φ	ρ	φ	φ	ρ	ρ	φ	ρ
11° 32′	25° 32′	+0° 58′	−0° 32′	+0° 28′	−0° 25′	11° 19′	25° 30′

$\langle 2 \cdot 2 \cdot 13 \rangle$ $H = 1{,}5$; $h = 0{,}4$; $G = 20\%$; $M = 0\%$; $K = 80\%$.

Eine grosse Fläche dieser Lage am Kristall Nr. 205 war gestreift und leicht gerundet und gerieft. Sie wies bereits eine den S-Flächen ähnliche Beschaffenheit auf, lieferte jedoch ein einfaches Signal und keinen Lichtzug. Die anderen beobachteten Flächen der Form waren klein und normal. Die Form ist anscheinend neu, kann aber auf Grund der vorliegenden Beobachtungen noch nicht als völlig gesichert betrachtet werden.

Gemessen					Berechnet	
Mittelwert		Max. Abweichungen				
φ	ρ	φ	ρ	ρ	φ	ρ
45° 28′	21° 11′	1° 16′	+0° 15′	−0° 8′	45° 0′	21° 08′

$\langle 1 \cdot 5 \cdot 15 \rangle$ $H = 0{,}6$; $h = 0{,}2$; $G = 50\%$; $M = 0\%$; $K = 50\%$.

Diese Form findet sich in der Literatur noch nicht erwähnt. Am Untersuchungsmaterial wurde sie an zwei Kristallenden (Nr. 9 und 31) beobachtet, und zwar in einem Fall sogar als grossentwickelte Fläche. Dieselbe wurde makroskopisch für $\langle 013 \rangle$ gehalten, doch erwies sich die Position als über 10° von der Hauptachsenzone entfernt. Gemessen: $\varphi = 10° 47'$, $\rho = 30° 55'$. Am zweiten Beispiel erwies sich eine ähnlich aussehende Fläche als grösstenteils der Lage $\langle 1 \cdot 5 \cdot 18 \rangle$ zugehörig, doch war darunter auch $\langle 1 \cdot 5 \cdot 15 \rangle$ schmal entwickelt. Die Form kann kaum als gesichert betrachtet werden und bedarf der Bestätigung.

Gemessen					Berechnet	
Mittelwert		Max. Abweichungen				
φ	ρ	φ	φ	ρ	φ	ρ
11° 25′	30° 50′	+0° 44′	−0° 32′	+0° 13′	11° 19′	31° 08′

C. Leitformen, Nebenleitformen und individuelle Formen

Von den bis jetzt erwähnten Formen können nur $\langle 111 \rangle$ und S als eigentliche *Leitformen* im Sinne P. Niggli[4]) bezeichnet werden. Die nächstfolgenden Formen, $\langle 001 \rangle$, $\langle 117 \rangle$, $\langle 011 \rangle$ und $\langle 110 \rangle$, weisen bereits stark verminderte H-Werte auf, doch sind die Absolutwerte noch hoch genug, um die betreffenden Formen als „charakteristische Nebenleitformen" der Kristallisation hervortreten zu lassen. Es gehört nun zu den Eigenarten der Entwicklungstendenzen dieser Anataskristallisation,

[4]) P. Niggli (1941): Lehrbuch der Mineralogie und Kristallchemie, 3. Auflage, Berlin. S. 490.

dass Formen mit Häufigkeiten, die sich den zuletzt genannten anschliessen würden, vollständig fehlen, dass somit von „charakteristischen Spezialformen" oder „Ergänzungsformen" nicht gesprochen werden kann. Bereits die übrigen oben erwähnten Formen haben H-Werte, die unter 10 liegen und somit nur in sehr geringem Masse zur Gesamtcharakterisierung der Kristallisation beitragen. In weit stärkerem Masse gilt dies für alle übrigen beobachteten, bisher noch nicht angeführten Formen, die somit gesamthaft als „individuelle Formen" bezeichnet werden müssen. Eine summarische Übersicht aller noch nicht diskutierten Formen kann auf Grund einer Zusammenstellung der Befunde nach Zonen gegeben werden. Diesbezüglich erweisen sich alle Oberflächenelemente als sehr straff gegliedert, und es zeigt sich, dass die Berücksichtigung von bloss 4 Zonen bereits genügt, um 70% aller vorhandenen Formen zu erfassen. In den unten verzeichneten 12 Zonen werden sogar 97% aller beobachteten Formen mit eingeschlossen.

D. Übersicht der Formen nach Zonen

Es bedeutet:

$\times\times\times$ eine bisher unbekannte Form, die an mehr als 10 Enden beobachtet wurde; über die Sicherstellung solcher Formen siehe oben.

$\times\times$ eine bisher unbekannte Form von etwas erhöhter Häufigkeit (an 5 bis max. 9 Enden beobachtet).

$\times$ eine bisher unbekannte Form von niedrigster Häufigkeit.
Alle Formen der 2 letzteren Kategorien sind als bestätigungsbedürftig anzusehen.

* bedeutet eine bekannte Form.

1. Zone [110] (33 Formen)
$\langle 118\rangle^*$ $\langle 3\cdot3\cdot19\rangle^{\times\times}$ $\langle 116\rangle^*$ $\langle 2\cdot2\cdot11\rangle^*$ $\langle 3\cdot3\cdot16\rangle^{\times}$ $\langle 115\rangle^*$ $\langle 3\cdot3\cdot14\rangle^{\times}$ $\langle 229\rangle^*$ $\langle 3\cdot3\cdot13\rangle^{\times\times}$ $\langle 4\cdot4\cdot17\rangle^{\times}$ $\langle 4\cdot4\cdot15\rangle^{\times}$ $\langle 227\rangle^*$ $\langle 3\cdot3\cdot10\rangle^{\times\times}$ $\langle 4\cdot4\cdot13\rangle^{\times}$ $\langle 5\cdot5\cdot16\rangle^{\times}$ $\langle 3\cdot3\cdot8\rangle^*$ $\langle 225\rangle^*$ $\langle 337\rangle^*$ $\langle 5\cdot5\cdot11\rangle^*$ $\langle 6\cdot6\cdot13\rangle^{\times}$ $\langle 112\rangle^*$ $\langle 335\rangle^*$ $\langle 557\rangle^{\times}$ $\langle 779\rangle^{\times}$ $\langle 556\rangle^{\times}$ $\langle 998\rangle^{\times}$ $\langle 443\rangle^*$ $\langle 994\rangle^{\times}$ $\langle 11\cdot11\cdot2\rangle^{\times}$ $\langle 661\rangle^{\times}$ $\langle 881\rangle^{\times}$ $\langle 10\cdot10\cdot1\rangle^{\times}$ $\langle 12\cdot12\cdot1\rangle^{\times\times}$. (Enthält auch: $\langle 001\rangle^*$ $\langle 2\cdot2\cdot15\rangle^{\times\times\times}$ $\langle 117\rangle^*$ $\langle 3\cdot3\cdot20\rangle^*$ $\langle 2\cdot2\cdot13\rangle^{\times\times}$ $\langle 114\rangle^*$ $\langle 113\rangle^*$ $\langle 111\rangle^*$ $\langle 110\rangle^*$. Also total 42 Formen.)
2. Zone [100] (3 Formen)
$\langle 0\cdot5\cdot19\rangle^*$ $\langle 0\cdot6\cdot19\rangle^{\times}$ $\langle 013\rangle^*$. (Enthält auch: $\langle 001\rangle^*$ $\langle 011\rangle^*$. Also total 5 Formen.)
3. Zone [011] (5 Formen)
$\langle 1\cdot12\cdot12\rangle^{\times}$ $\langle 1\cdot11\cdot11\rangle^{\times}$ $\langle 177\rangle^{\times}$ $\langle 4\cdot11\cdot11\rangle^{\times}$ $\langle 477\rangle^{\times}$. (Enthält auch: $\langle 011\rangle^*$ und $\langle 111\rangle^*$. Also total 7 Formen.)

4. Zone [131] (5 Formen)
⟨518⟩× ⟨1·3·10⟩× ⟨2·5·17⟩× ⟨127⟩× ⟨435⟩×. (Enthält auch: ⟨013⟩* ⟨011⟩* ⟨114⟩* ⟨112⟩*. Also total 9 Formen.)
5. Zone [141] (4 Formen)
⟨6·1·10⟩× ⟨2·5·18⟩× ⟨325⟩× ⟨129⟩×. (Enthält auch: ⟨011⟩* ⟨115⟩* ⟨113⟩* ⟨1·5·19⟩* ⟨127⟩×. Also total 9 Formen.)
6. Zone [230] (3 Formen)
⟨3·2·21⟩× ⟨3·2·16⟩× ⟨649⟩×. (Enthält auch: ⟨001⟩* ⟨235⟩×. Also total 5 Formen.)
7. Weitere Zonen
[210] (2 Formen)
⟨1·2·12⟩× ⟨1·2·10⟩*. (Enthält auch: ⟨001⟩* ⟨129⟩× ⟨127⟩×. Also total 5 Formen.)
[031] (2 Formen)
⟨2·5·15⟩× ⟨139⟩*. (Enthält auch: ⟨013⟩* ⟨113⟩* ⟨1·5·15⟩×. Also total 5 Formen.)
[331] (2 Formen)
⟨1·5·18⟩× ⟨1·3·12⟩×. (Enthält auch: ⟨013⟩* ⟨116⟩* ⟨110⟩* ⟨129⟩×. Also total 6 Formen.)
[111] (1 Form)
⟨7·12·5⟩×. (Enthält auch: ⟨011⟩* ⟨112⟩* ⟨110⟩* ⟨235⟩×. Also total 5 Formen.)
[221] (1 Form)
⟨146⟩×. (Enthält auch: ⟨114⟩* ⟨110⟩* ⟨1·6·10⟩× ⟨1·5·8⟩×. Also total 5 Formen.)
[001] (1 Form)
⟨270⟩×[5]). (Enthält auch: ⟨110⟩*. Also total 2 Formen.)
8. Ausserhalb obiger Zonen liegen ⟨3·14·1⟩× ⟨4·14·17⟩×.

E. Zuteilung der Formen auf die Hauptformenarten

Den Abschluss dieses Abschnittes bildet eine Zuteilung der gefundenen Formen auf die Hauptformenarten der tetragonalen Holoedrie.

[5]) Diese Form wurde an Kristall Nr. 579 mit einer einzigen kleinen, wenig scharfen, aber immerhin deutlich reflektierenden Fläche beobachtet. Die gemessene Position war $\varphi = 15°44'$, $\rho = 89°48'$ (berechnet: $\varphi = 15°57'$, $\rho = 90°00'$) und stimmt mit der von ⟨270⟩ innerhalb der Toleranzgrenzen überein. Falls es sich wirklich um eine Wachstumsfläche handelt, so wäre es das erste Mal, dass am Anatas ein ditetragonales Prisma vorgefunden wurde. Die Form bedarf natürlich der Bestätigung. Möglicherweise handelt es sich um eine von aussen induzierte Fläche.

Tabelle 1. Übersicht der Formen nach Gattungen

Hauptformenarten	gefunden	bekannt
Basis	1 Form	1 Form
Prisma I	1 Form	1 Form
Ditetragonales Prisma	1 Form	0
Dipyramiden I. Stellung	40 Formen	18 Formen
Dipyramiden II. Stellung	4 Formen	3 Formen
Ditetragonale Dipyramiden	29 Formen	3 Formen
Total	76 Formen	26 Formen

VI. Kombinationen

A. Allgemeines

Es wurden an den 337 untersuchten Kristallenden insgesamt 152 verschiedene Formenkombinationen beobachtet, deren Formenzahl — wie Tabelle 2 zeigt — zwischen 2 und 12 variierten.

Tabelle 2. Verteilung der Kombinationen nach Formenzahl

Formenzahl	Zahl der Kombinationen	Zahl der Kristallenden
2	2	20
3	16	42
4	24	70
5	34	86
6	31	68
7	32	38
8	6	6
9	1	1
10	4	4
11	—	—
12	2	2
Total	152	337

In allen diesen ist ⟨111⟩ vorhanden und in 138 oder 91% der Kombinationen ist S (als Gesamtheit betrachtet) zugegen. Somit ist klar, dass das Flächenpaar ⟨111⟩+S als eigentliche Grundlage der Kombinationen aufzufassen ist. Es sollen nun zuerst diejenigen Fälle, in denen beide Formen vorhanden sind, näher analysiert, und nachher die Ausnahmefälle, in denen S fehlt, auf ihre Zusammensetzung hin untersucht werden.

B. Kombinationen mit Grundkombination ⟨111⟩ + *S*

Einen klaren Einblick in die Entwicklungsverhältnisse liefert zunächst folgende Gegenüberstellung:

Tabelle 3. Verteilung der Kombinationen nach Leit-, Nebenleit- und individuellen Formen

	Zahl der verschiedenen Kombinationen	Zahl der Beobachtungen
Kombinationen mit nur Leit- und Nebenleitformen	16 (11,6%)	179 (55,8%)
Kombinationen mit Leit- und Nebenleitformen + individuelle Formen	122 (88,4%)	142 (44,2%)
Total	138	321

Sie zeigt, dass entsprechend der kleinen Zahl von Leit- und Nebenleitformen nur ca. 10% der verschiedenen Kombinationen aus diesen allein aufgebaut sind, während ca. 90% der Kombinationen solche sind, die individuelle Formen enthalten. Nach Häufigkeit betrachtet liefert jedoch die erstgenannte kleine Gruppe über 50% aller beobachteten Fälle, während weniger als die Hälfte aller untersuchten Kristalle überhaupt mit individuellen Formen versehen waren. Deutet schon diese Tatsache auf die sehr untergeordnete Bedeutung der individuellen Formen für das Gesamtentwicklungsbild der Kristallisation, so wird dies in noch erhöhtem Masse durch folgende Zahlen zum Ausdruck gebracht, die das Mass der Beteiligung der individuellen Formen an den einzelnen Kombinationen wiedergeben:

Tabelle 4. Verteilung der Kombinationen nach Zahl der individuellen Formen

Kombinationen mit					Zahl der Beobachtungen
Leit- und Nebenleitformen		+ 1	individuelle	Form	91 (64,1%)
„	„	+ 2	individuelle	Formen	37 (26,1%)
„	„	+ 3	„	„	9 (6,3%)
„	„	+ 4	„	„	1 (0,7%)
„	„	+ 5	„	„	1 (0,7%)
„	„	+ 6	„	„	2 (1,4%)
„	„	+ 7	„	„	1 (0,7%)
			Total		142

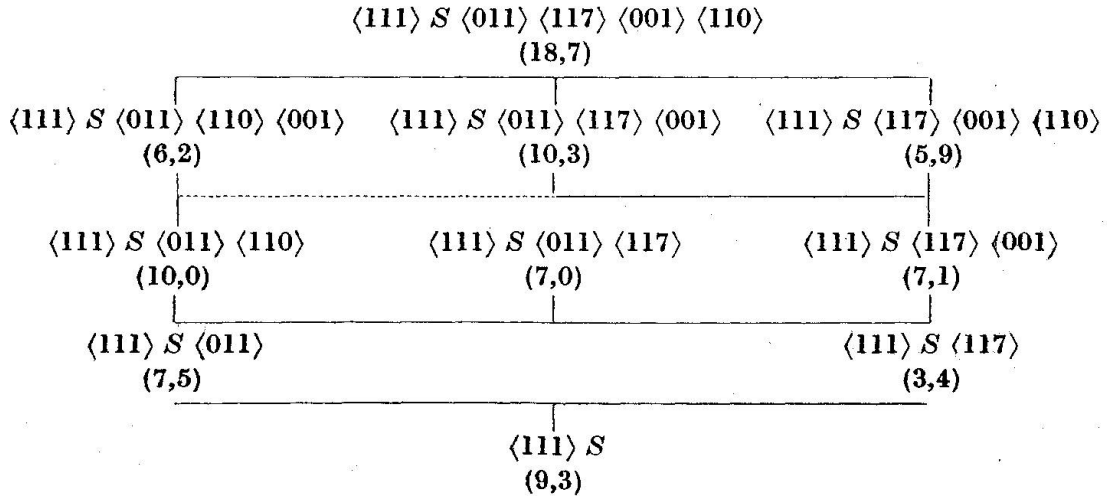
Man sieht, wie (wenn überhaupt) in der ganz überwiegenden Zahl von Fällen nur eine einzige oder höchstens zwei individuelle Formen an den Kombinationen beteiligt sind, was in Anbetracht der durchgängig ganz niedrigen *h*-Werte dieser Formen zugleich auch heissen will, dass meist nur eine einzige Fläche derselben an den Kristallen zugegen ist. Es darf deshalb füglich behauptet werden, dass das Erscheinen solcher Formen einen weitgehend zufälligen Aspekt trägt und nicht mehr zu bedeuten hat, als dass irgendwelche Ecken oder Kanten gelegentlich eine kleine Abstumpfung erfuhren. Wesentlich interessanter ist es nun, das Verhalten der Leit- und Nebenleitformen zu verfolgen, was sowohl durch die Betrachtung der Kombinationen, die nur solche Formen umfassen, wie auch durch die Analyse der innerhalb der restlichen von diesen Formen gebildeten Teilkombinationen geschehen kann. Die einschlägigen Daten sind in folgender Tabelle 5 enthalten.

Tabelle 5. Häufigkeiten der nur aus ⟨111⟩, S, ⟨001⟩, ⟨011⟩, ⟨117⟩ aufgebauten Kombinationen und Teilkombinationen

Formen	als selbständige Kombinationen: % auf die Gesamtzahl der Beobachtungen (= 179) bezogen	als Teilkombinationen: % auf die Gesamtzahl der Beobachtungen (= 142) bezogen	Total: % auf die sämtlichen 321 Beobachtungen bezogen
⟨111⟩ *S*	10,1%	8,5%	9,3%
⟨111⟩ *S* ⟨011⟩	5,0	10,6%	7,5%
⟨111⟩ *S* ⟨110⟩	4,5%	2,1%	3,4%
⟨111⟩ *S* ⟨117⟩	3,4%	3,5%	3,4%
⟨111⟩ *S* ⟨001⟩	3,4%	1,4%	2,5%
⟨111⟩ *S* ⟨011⟩ ⟨110⟩	10,6%	9,2%	10,0%
⟨111⟩ *S* ⟨001⟩ ⟨117⟩	6,7%	7,8%	7,1%
⟨111⟩ *S* ⟨001⟩ ⟨011⟩	3,4%	1,4%	2,5%
⟨111⟩ *S* ⟨011⟩ ⟨117⟩	2,2%	7,0%	4,4%
⟨111⟩ *S* ⟨110⟩ ⟨117⟩	2,2%	2,8%	2,5%
⟨111⟩ *S* ⟨001⟩ ⟨110⟩	1,1%	2,8%	1,9%
⟨111⟩ *S* ⟨001⟩ ⟨011⟩ ⟨117⟩	11,2%	9,2%	10,3%
⟨111⟩ *S* ⟨001⟩ ⟨011⟩ ⟨110⟩	7,8%	4,2%	6,2%
⟨111⟩ *S* ⟨001⟩ ⟨110⟩ ⟨117⟩	5,0%	7,0%	5,9%
⟨111⟩ *S* ⟨011⟩ ⟨110⟩ ⟨117⟩	3,9%	4,9%	4,4%
⟨111⟩ *S* ⟨001⟩ ⟨011⟩ ⟨110⟩ ⟨117⟩	19,5%	17,6%	18,7%
	100,0%	100,0%	100,0%

Die Tabelle lässt erkennen, dass innerhalb der nur aus Leit- und Nebenleitformen bestehenden Kombinationen solche mit nur ⟨111⟩+*S* ca. 10% aller Fälle ausmachen. Demgegenüber bedeutet das Hinzutreten einer einzigen Nebenleitform ein relativ seltenes Ereignis. Obgleich nun das Hinzutreten von zwei Nebenleitformen bereits ein spezialisierteres Ereignis ist, zeigen die Häufigkeitszahlen keine entsprechende allgemeine Abnahme. Ja, es besitzt die Kombination ⟨111⟩ *S*+⟨011⟩ ⟨110⟩ eine diejenige von ⟨111⟩+*S* leicht übersteigende Häufigkeit, und auch ⟨111⟩ *S*+⟨001⟩ ⟨117⟩ hat gegenüber den Kombinationen von 3 Formen an Häufigkeit zugenommen. Auch bei den durch Hinzutreten einer weiteren Nebenleitform (Leitformen + drei Nebenleitformen) abermals spezialisierteren Kombinationsverhältnissen lassen folgende zwei Fälle eine deutliche Bevorzugung erkennen: ⟨111⟩ *S*+⟨001⟩ ⟨011⟩ ⟨117⟩ und ⟨111⟩ *S*+⟨001⟩ ⟨011⟩ ⟨110⟩. Bemerkenswert ist nun, dass wenn die Kombinationen mit allen vier Nebenleitformen ins Auge gefasst werden, was offenbar der grösstmöglichen Spezialisierung der Kombinationen entspricht, ein Häufigkeitswert (19·5) erreicht wird, der nicht nur keinen Rückgang, sondern im Gegenteil eine ganz merkliche Steigerung gegenüber allen bis jetzt erhaltenen Zahlen aufweist. Damit erweist sich die Kombination ⟨111⟩ *S*+⟨001⟩ ⟨011⟩ ⟨117⟩ ⟨110⟩ als eine entschieden bevorzugte, und sie dürfte wohl das „Ziel" darstellen, das der sich entwickelnde Anataskristall auf dieser Lagerstätte zu erreichen sucht. Zur vollkommenen Erreichung dieses „Ziels" ist es freilich nur in ca. $^1/_5$ aller betrachteten Fälle gekommen, und meist blieb die Entwicklung

Fig. 13. Ableitungsschema für die nur aus Leit- und Nebenleitformen bestehenden Kombinationen.



auf einer flächenärmeren Vorstufe stehen. Die in der zweiten Vertikalkolonne enthaltenen Zahlen beziehen sich auf das Erscheinen des innerhalb komplexeren Kombinationen von den Leit- und Nebenleitformen aufgebauten Teilkombinationen. Sie zeigen einen dem eben geschilderten recht ähnlichen Verlauf. Damit können nun Ausgangskombinationen, Vorstufen und „Ziel" der Gesamtkristallisation etwa durch die stammbaumartige Zusammenfassung (Fig. 13) der Hauptfälle wiedergegeben werden, in der die eingeklammerten Zahlen die Häufigkeiten bezogen auf das gesamte Beobachtungsmaterial bedeuten.

C. Kombinationen mit fehlendem *S*

Betrachtet man nun die oben bereits erwähnten 9% „abnormalen" Kombinationen mit fehlendem *S*, so ergibt sich folgende interessante Ergänzung der obigen Schlussfolgerung.

Auch in diesen Kombinationen sind, wie folgende Übersicht der „Teilhäufigkeiten" innerhalb dieser Gruppe zeigen, ⟨111⟩, ⟨011⟩, ⟨117⟩, ⟨110⟩ die Kombinationsträger. Sie treten alle mit Werten auf, die von ganz ähnlicher Grössenordnung sind wie die auf die Gesamtzahl der Individuen bezogenen *H*-Werte. Zu ihnen tritt aber die Form ⟨113⟩ jetzt mit einem beträchtlich grossen *H'*-Wert, der ganz im Kontrast steht zu ihrem sehr niedrigen allgemeinen *H*-Wert.

Tabelle 6. Teilhäufigkeiten von Formen in den S-freien Kombinationen

Formen	Teilhäufigkeit *H'*
⟨111⟩	100
⟨011⟩	56
⟨110⟩	56
⟨113⟩	56
⟨117⟩	50
⟨001⟩	44
⟨1·5·19⟩	12,5
Diverse andere	6

In der Tat erscheinen von den insgesamt 48 beobachteten (113) Flächen volle 22 in dieser kleinen Gruppe von Kombinationen. Aber nicht allein der *H'*-Wert ist auffallend gross; auch der für diese Gruppe von Kristallen geltende *h'*-Wert erreicht einen Wert von 74,5. Diese Zahl wird dadurch erzielt, dass an 5 Enden dieser Kristalle ⟨113⟩ vollflächig erscheint und an zwei anderen mit wenigstens 3 Flächen vor-

handen ist. Somit verhält sich ⟨113⟩ in diesen durch das Fehlen von *S* ausgezeichneten Fällen ganz wie eine Nebenleitform.

D. Beziehungen zwischen *S* und ⟨113⟩

Es darf aus dieser Feststellung die Schlussfolgerung gezogen werden, dass *S* und ⟨113⟩ sich einander antipathisch gegenüberstehen, eine Tatsache, die weiterhin dadurch zum Ausdruck kommt, dass, wo ⟨113⟩ als Normalfläche und *S* am gleichen Kristall erscheinen, die beiden Formen stets in verschiedenen Quadranten zu finden sind. Es soll versucht werden, durch die eingehende Untersuchung des Aufbaus der *S*-Flächen (siehe § IX F) nähere Auskunft über die Bedeutung dieses antipathischen Verhältnisses zu erlangen. Doch kann schon hier darauf hingewiesen werden, dass sich aus diesen gegenseitigen Verhältnissen ein interessantes Problem ergibt. Es besteht in der Frage, ob die *S*-Flächen als erst rudimentär entwickelte ⟨113⟩-Lagen aufzufassen sind, oder ob andererseits die *S*-Gebiete durch Entartung bereits bestehender ⟨113⟩-Flächen entstanden sind. Im ersteren Fall würden neben *S*-Flächen ⟨113⟩-Flächen deswegen in der Regel nicht vorkommen, weil ihre Entwicklung noch nicht so weit gediehen ist; im anderen Fall müsste angenommen werden, dass ihr Fehlen die Folge eines akzessorischen Stoffansatzes wäre, der sie bereits grösstenteils zum Verschwinden gebracht hat. Je nachdem wären also die *S*-freien Kristalle solche, die von dem akzessorischen Stoffansatz verschont geblieben sind, oder aber Individuen, die durch eben diesen Stoffansatz ihren definitiven Charakter erhalten haben.

VII. Komplexe Flächenlagen der Normalflächen

A. Allgemeine Verteilung

Zum Abschluss der Untersuchung der aus der Kristallisation hervorgegangenen Normalflächen sei nun kurz der bereits erwähnten 14% Reflexe gedacht, die sich nicht mit einfach rationalen Symbolen versehen liessen. Über die allgemeine Verteilung solcher Flächenelemente geben zunächst folgende Zahlen Auskunft:

a) Zur [110]-Zone gehörige oder dieser eng benachbarte Flächen

einfach:	2397	(94,5%)
komplex:	139	(5,5%)
Total:	2536	(100,0%)

b) Zur [100]-Zone gehörige oder dieser eng benachbarte Flächen

einfach:	434	(96,1%)
komplex:	18	(3,9%)
Total:	452	(100,0%)

c) Flächen allgemeiner Lage

einfach:	58	(15,9%)
komplex:	307	(84,1%)
Total:	365	(100,0%)

Die Werte zeigen, dass gegenüber einem nur unbedeutenden Restbetrag an Flächen der Zonen [110] und [100] die grosse Mehrheit der Formen allgemeiner Lage Reflexe liefert, die ausserhalb den Positionen zu liegen kommen, die hier als einfach rational angesehen werden. Sucht man diese Befunde zu deuten, so müssen folgende, durch das hier verwendete System der Indizierung bedingte Tatsachen im Auge behalten werden. Die Verteilung der auf Grund ihrer Indizessumme zulässigen Flächenlagen auf die Zonen ist eine sehr verschieden dichte. Betrachtet man die bei der zweikreisigen Messung zunächst hervortretenden Zonen [u v 0], so werden solche mit sehr hohen u und v gar nicht von einfachen Flächen belegt sein können. Erstmals bei [11·14·0] treten solche in Erscheinung, deren Indizessumme $\leqq 26$ ist, und zwar sind es das Prisma ⟨14·11·0⟩ und die sehr steile Flächenlage ⟨14·11·1⟩. In dem Masse wie sich die u- und v-Werte vereinfachen, können dann immer flachere Schrägflächen der Zone eingefügt werden. Daraus ergibt sich eine wesentlich dichtere Besetzung der prismennahen als der basisnahen Lagen mit einfach indizierbaren Formen, und bei den einzelnen Zonen eine weit dichtere und ausgeglichenere Allgemeinbesetzung mit solchen von [010] und [110] als von allen übrigen. Es entspricht also offenbar keiner speziellen Entwicklungstendenz der Kristalle, sondern lediglich einer numerischen Besonderheit der Indizierung, wenn die Dipyramiden I. und II. Stellung viel vollständiger erfasst werden als die ditetragonalen Formen und unter diesen besonders die stumpfen Formen, wie sie am vorliegenden Material in Erscheinung treten. In diesem Sinne erscheint das durch obige Zahlen belegte Vorwiegen bei den *hkl*-Formen von nicht indizierbaren Gliedern ein normaler und voraussehbarer Effekt zu sein. Zusätzlich mag sie auch einer an sich nur schwachen Neigung der Kristalle entsprechen, einfache Flächenlagen allgemeiner Stellung zu entwickeln.

B. Verteilung der komplexen Flächenlagen in der [110]-Zone

Lehrreich ist es noch, die Verteilung der nicht indizierbaren Flächenlagen innerhalb der Hauptzone zu studieren, und hierüber geben folgende Zusammenstellungen Auskunft.

Tabelle 7. Häufigkeiten der komplexen (hhl)- und (h0l)-Flächenlagen

komplexe Dipyramiden I. Stellung		komplexe Dipyramiden II. Stellung	
Lage der Reflexe	%	Lage der Reflexe	%
der ⟨001⟩ benachbarten	3,5	der ⟨001⟩ benachbarten	11,0
der ⟨117⟩ benachbarten	4,5	der ⟨013⟩ benachbarten	11,0
zwischen ⟨117⟩ und ⟨113⟩	6,5	der ⟨011⟩ benachbarten	78,0
der ⟨113⟩ benachbarten	18,0		100,0
zwischen ⟨113⟩ und ⟨111⟩	1,5		
der ⟨111⟩ benachbarten	26,0		
der ⟨110⟩ benachbarten	40,0		
	100,0		

In beiden Fällen findet, wie die Zahlen zeigen, eine Häufung um gewisse einfachste Flächenlagen statt, die besonders ausgeprägt ist um (011). Diese Erscheinung ist, wie Figuren 14—16 zeigen, zum Teil wieder rein numerisch bedingt. Denn das verwendete System der Indizierung bringt es mit sich, dass die speziell einfachen Flächenlagen notwendigerweise von einem relativ grossen „Hof" umgeben sein müssen, der sie von den nächstgelegenen einfachen Flächenlagen trennt. Die Verhältnisse sind aber diesbezüglich in den beiden Zonen durchaus vergleichbar; ja der Hof um (011) ist mit einer max. Breite von 1° sogar etwas kleiner als der 1° 13′ (min.) messende um (111). Somit scheint die relativ grosse Zahl nicht indizierbarer Flächen in der Nähe der erstgenannten Form wirklich einer Wachstumstendenz des Kristalls zu entsprechen. Sie bedeutet, dass die beim Wachstum entstehenden Oberflächenelemente sich weniger genau auf die exakte Lage von ⟨011⟩ einstellen, als sie das bei ⟨111⟩ tun. Schon oben (§ V B) bei der Besprechung der Form ⟨011⟩ konnte diese Erscheinung festgehalten werden. Diese verminderte „Ortsfestigkeit" der ⟨011⟩-Lage ist zum Teil wohl eine Folge einer deutlich konstatierbaren Mangelhaftigkeit der Oberflächenbeschaffenheit bei den Dipyramiden II. Stellung, die natürlich auch eine verminderte Reflexgüte und Einstellgenauigkeit zur Folge hat.

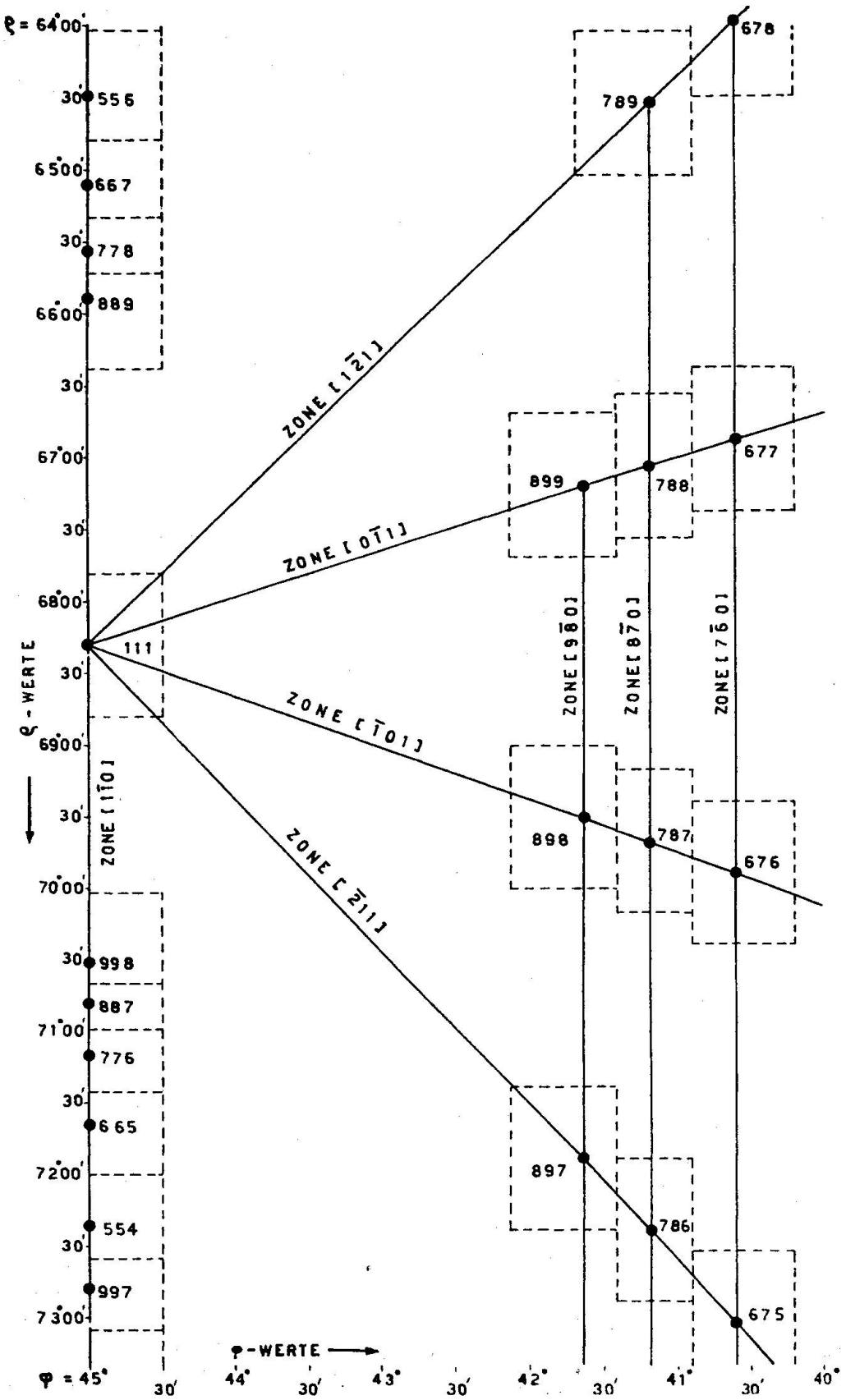


Fig. 14
Einfache Flächenlagen um ⟨111⟩.

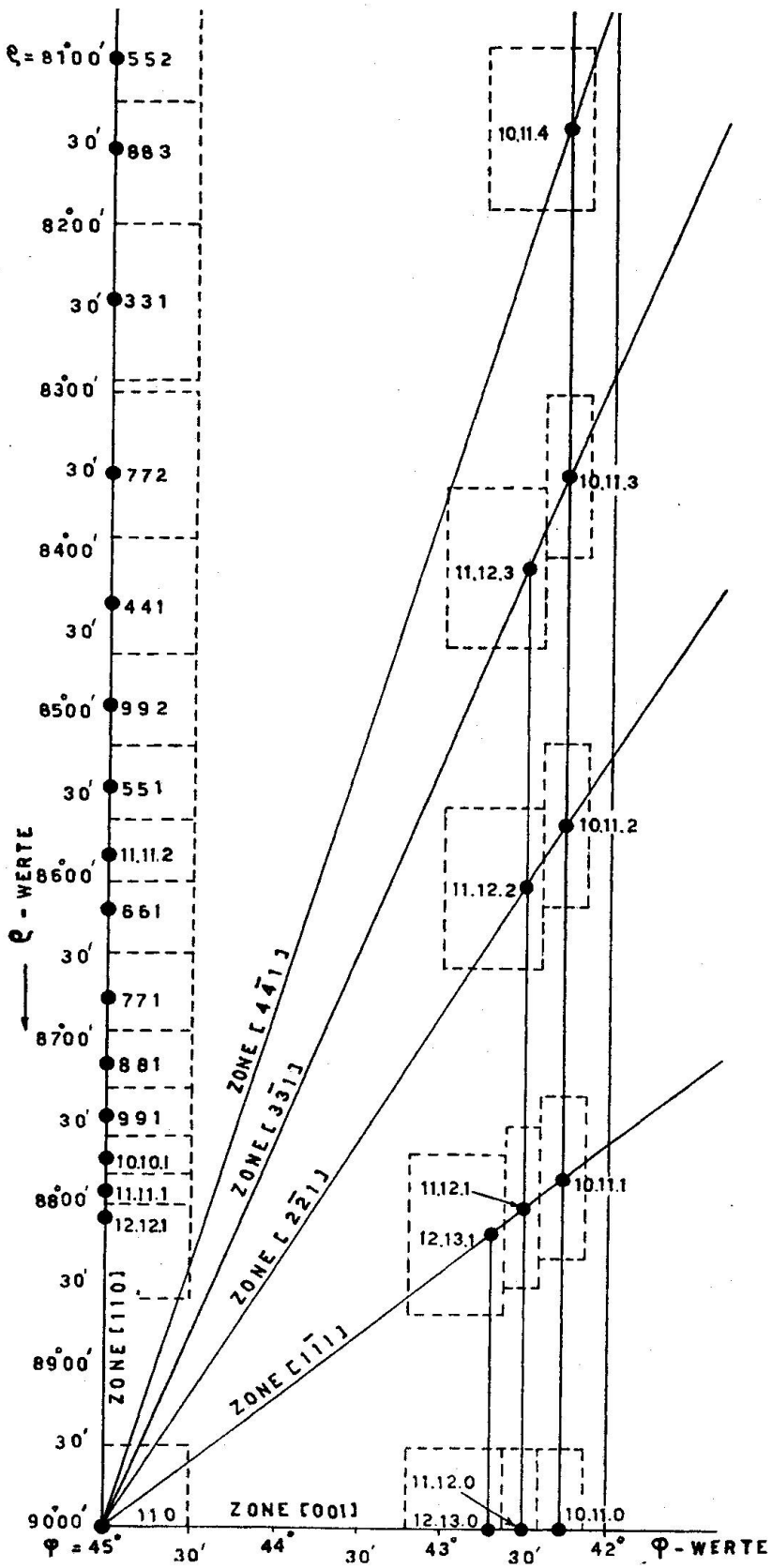


Fig. 15
Einfache Flächenlagen um ⟨110⟩.

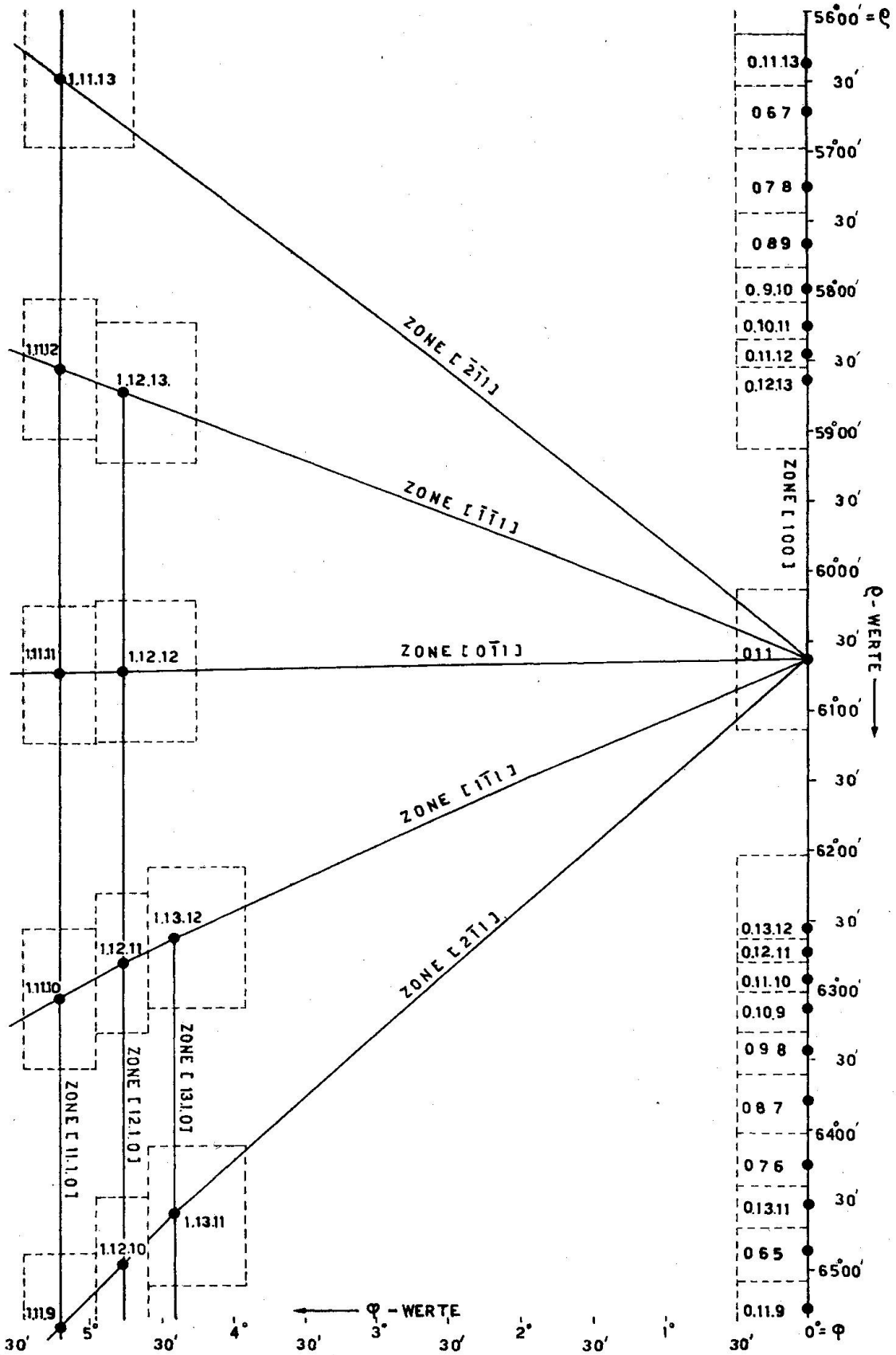


Fig. 16
Einfache Flächenlagen um ⟨011⟩.

VIII. Habitus

A. Habitustypen

Die Besprechung der Formenführung am Untersuchungsmaterial hat gezeigt, dass nur zwei Formen, nämlich ⟨111⟩ und *S*, mit Eigenschaften versehen sind, die ihnen gestatten, den Kristallhabitus in wesentlichem Masse zu beeinflussen. In der Tat weisen beide hohe Werte von *H* und *h* auf sowie Grössenzahlen, die eine starke Beteiligung grosser bis mittelgrosser Flächen zum Ausdruck bringen. In bescheidenem Masse kann noch die Basis, die als dritte Form in der Abfolge des Dreiecksdiagramms (Fig. 12) erscheint, habitusbeeinflussend wirken. Bei allen weiteren Formen kann eine stärkere Einwirkung auf den Habitus nur sporadisch in Frage kommen, was mit einem gelegentlichen Hervortreten speziell ausgebildeter Individuen verknüpft wäre.

Die im Rahmen dieser Hauptentwicklung möglichen Einzelfälle sind in Tabelle 8 charakterisiert und durch die schematischen Figuren veranschaulicht (Fig. 17).

B. Habituell heterogene Entwicklung der Kristalle

Alle Fälle sind am Beobachtungsmaterial gefunden worden, doch, wie Tabelle 8 zeigt, mit recht ungleichen Häufigkeiten. Wie ersichtlich, liefern die angeführten Werte eine Summe, die 100 übersteigt. Dies rührt daher, dass einige (ca. 13%) der untersuchten Kristalle sich in bezug auf den Habitus „heterogen" verhielten, d. h. mit habituell verschieden entwickelten Enden versehen waren. Die angetroffenen Fälle dieser Art sind in Tabelle 8 wiedergegeben.

Alles in allem tritt sehr deutlich hervor, dass die Individuen mit spitzpyramidalem und gemischt pyramidalem Habitus sich ungefähr die Waage halten und zusammen alle anderen Typen weit übertreffen. Die oben erwähnten Kristalle ohne *S* gehörten alle dem spitzpyramidalem Typ an, was vielleicht zu bedeuten hat, dass dieser den eigentlichen Idealtyp der Kristallisation darstellt, während das starke Hervortreten des gemischt pyramidalen Typs eine durch das Überhandnehmen der *S*-Flächen bedingte Nebenerscheinung darstellt.

Tabelle 8. Habitustypen und ihre Häufigkeiten

Entwicklung von			Habitustyp	Figur	Häufigkeit nach Kristallen
⟨111⟩	*S*	⟨001⟩			
gross	klein	meist klein	spitzpyramidal	17a	44,2%
gross	gross bis mittelgross	meist klein	gemischt pyramidal	17b	50,6%
gross	gross	mittel bis gross	isometrisch	17c	1,8%
mittelgross bis klein	gross	meist klein	stumpfpyramidal	17d	15,2%
klein	gross	gross	flachpyramidal bis tafelig	17e	1,5%
					Total: 113,3%

Tabelle 9. Habituell heterogen entwickelte Kristalle und Häufigkeiten

spitzpyramidal + gemischt pyramidal	10,0%
flachpyramidal + gemischt pyramidal	1,8%
gemischt pyramidal + isometrisch	0,6%
spitzpyramidal + isometrisch	0,3%
stumpfpyramidal + isometrisch	0,3%
tafelig + isometrisch	0,3%
Total:	13,3%

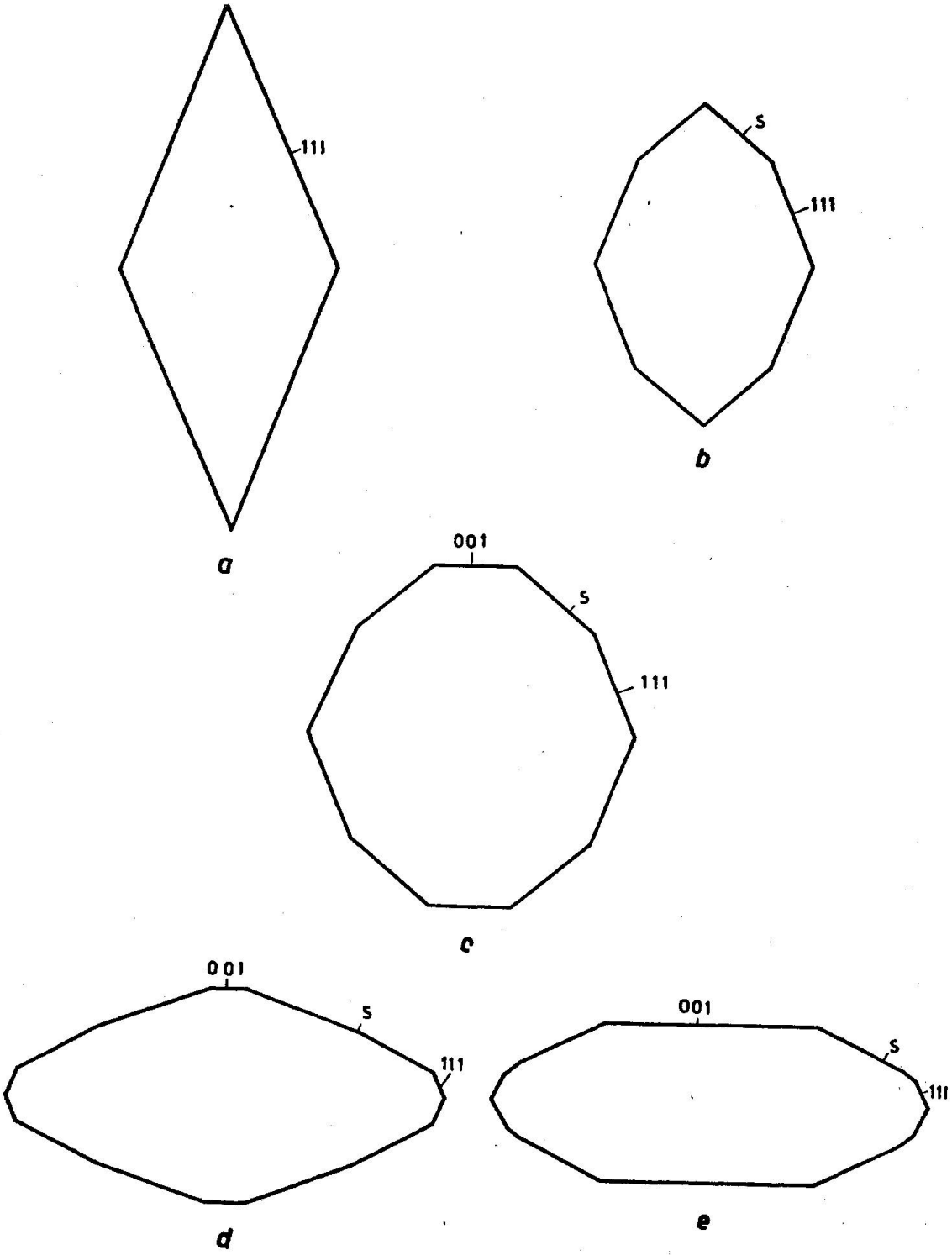


Fig. 17. Habitustypen.
Schematische Querschnitte nach $(1\bar{1}0)$.

C. Spezialhabitus

Die sehr wenig zahlreichen, im ganzen 7,5% der Kristalle ausmachenden Fälle, in denen ein Spezialhabitus gefunden wurde, umfassen zunächst Exemplare mit vereinzelten gross- oder mittelgrossgewachsenen Flächen stumpfer Dipyramiden. Als solche wurden beobachtet: ⟨117⟩ (4,8%), ⟨2·2·15⟩ (0,6%), ⟨3·3·20⟩ (0,6%) und ⟨2·2·13⟩ (0,3%). Solche Flächen fügen sich in die bereits gegebenen Profile neben oder an Stelle von S ein, ohne den habituellen Charakter des Kristalls wesentlich zu beeinflussen. Weiterhin wurden ⟨1·5·19⟩ (0,9%) und ⟨1·5·15⟩ (0,3%) ganz gelegentlich mit grösseren Flächen gefunden. Ihr Auftreten bedeutet unter diesen Umständen eine ganz schwach markierte Tendenz, den von anderen Anatasfunden her wohlbekannten „ditetragonal-dipyramidalen" Habitus in Erscheinung treten zu lassen. Es wurden nur sehr selten Sonderfälle gefunden, in denen komplexe Flächenlagen überdurchschnittliche Grösse zeigten (siehe z. B. Fig. 2).

IX. Sonderflächen (*S*-Flächen)

A. Allgemeines

Als „*Sonderflächen*" (*S*-Flächen) wurden Oberflächenelemente bezeichnet, die im Gegensatz zu den weitgehend glatten Normalflächen mehr oder weniger reichlich mit groben Akzessorien bedeckt sind. Die Mikroaufnahmen (Fig. 7—10) veranschaulichen einige dieser Gebiete und zeigen deutlich folgende Merkmale:

1. Die Sonderflächen sind von den umgebenden Flächen (die Normalflächen oder andere *S*-Flächen sein können) durch deutliche Kanten getrennt, wobei diese allerdings im allgemeinen einen merklich gekrümmten oder unregelmässigen Verlauf zeigen. Es ist also im allgemeinen möglich, die Begrenzung einer *S*-Fläche anzugeben und die Reflexe zu studieren, die spezifisch diesem Gebiet entstammen.

2. Die auftretenden Akzessorien gehören dem 2. Typus nach R. L. Parker[6]) an und sind ohne merkliche Tabulette ausgebildet. Liegen viele stark entwickelte Gebilde dieser Art nebeneinander, so gestaltet sich die Oberfläche als Ganzes stark wellig. Es können sich auch tiefe Einsenkungen herausbilden. Obgleich es interessant wäre, diese

[6]) Parker, R. L. Über die morphologische Bedeutung des akzessorischen Stoffansatzes auf Kristallflächen. Z. Krist. (1932), Bd. *82*, S. 239.

Gebilde morphologisch näher zu verfolgen und mit dem Wachstumsprozess in Verbindung zu bringen, musste im Rahmen dieser Arbeit doch auf eine derart orientierte Untersuchung verzichtet und das Studium der *S*-Flächen auf die goniometrischen Aspekte beschränkt werden.

B. Signalgebung der *S*-Flächen

Es wurde versucht, der naturgemäss komplexen Signalgebung der *S*-Flächen so beizukommen, dass die beobachteten Signale typisiert und in folgende 2 Hauptkategorien und 5 Nebenkategorien eingeteilt wurden:

1. Signale mit wohldefinierten Lichtzügen:
   a) einfache geradlinige Züge
   b) mehrfache geschlossene Zugssysteme („linsenförmige Züge")
   c) mehrfache offene Zugssysteme („keilförmige Züge")
2. Signale diffuser Natur (Lichtfelder):
   a) ausgedehnte Felder
   b) lokalisierte Felder

Bei allen Typen pflegen ausser den mehr oder weniger kontinuierlichen Lichtzügen auch Einzelreflexe in Erscheinung zu treten. Wie schon § I B (3) erwähnt, müssen solche von lokal vorhandenen ebenen Oberflächenteilen („Subflächen") erzeugt werden, deren nähere Charakterisierung (Indizierung) zur Gesamtcharakteristik der *S*-Fläche beiträgt. Obgleich eine völlig eindeutige Zuordnung der *S*-Flächen in die angegebenen Kategorien nicht möglich ist, bot die Bezeichnung eines gegebenen Signalbildes meist keine grossen Schwierigkeiten. Typische Skizzen der verschiedenen Typen sind als Figuren 18—23 wiedergegeben.

Die Beteiligung der 5 Signaltypen an den insgesamt 1127 untersuchten *S*-Flächensignalen ist, wie folgende Zahlen zeigen, eine stark ungleichmässige.

Tabelle 10. Prozentuale Verteilung der S-Flächensignale nach Typen

Kategorie	% (von 1127 *S*-Flächensignalen)
1 a	31,2
1 b	44,0
1 c	17,8
2 a	6,2
2 b	0,8
	100,0

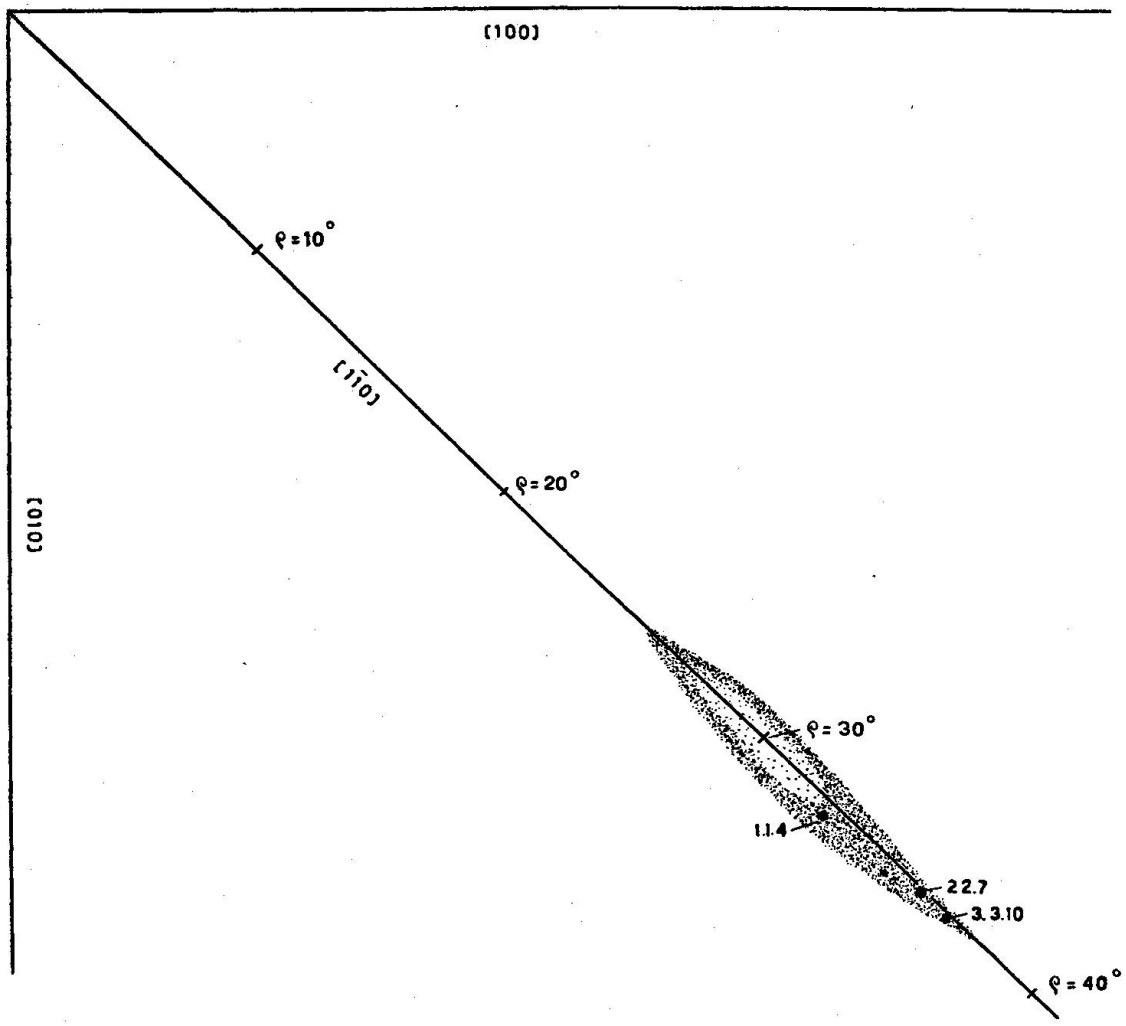


Fig. 18 (Kristall 20)
Stereographisches Reflexbild der *S*-Flächen. Typ 1b. Linsenförmiger Lichtzug.

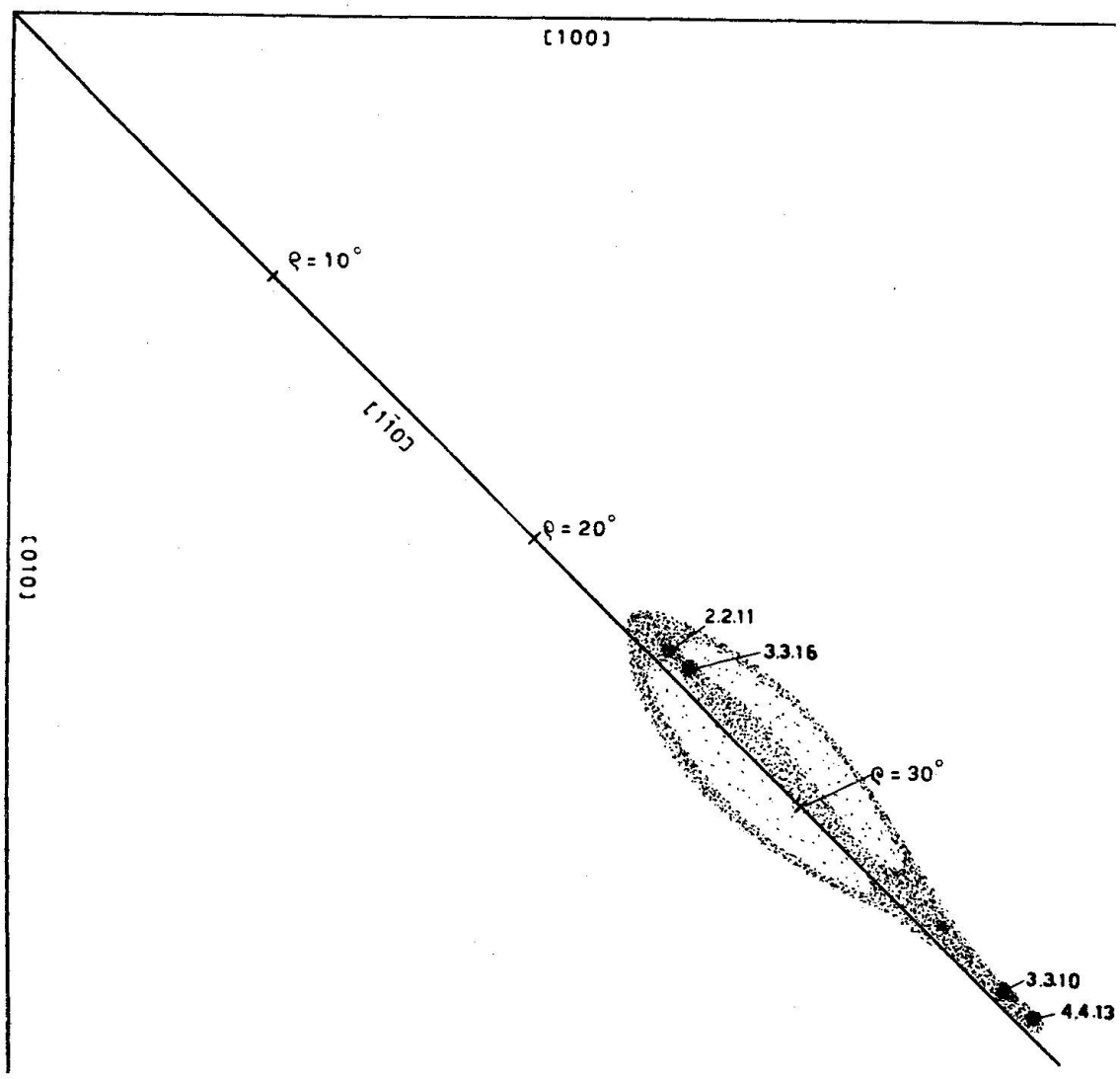


Fig. 19 (Kristall 40)
Stereographisches Reflexbild der *S*-Flächen. Typ 1b. Linsenförmiger Lichtzug.

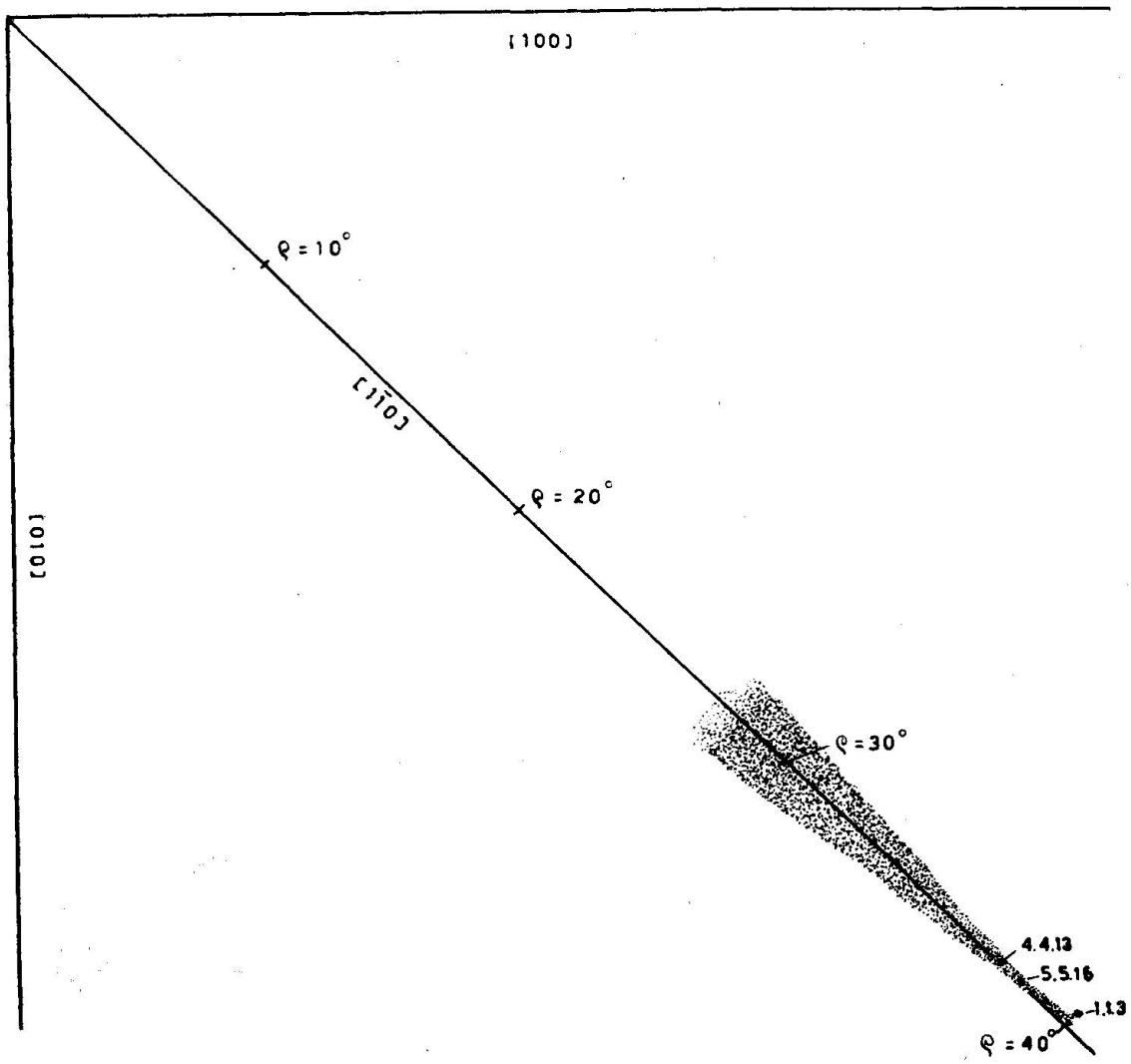


Fig. 20 (Kristall 99)
Stereographisches Reflexbild der *S*-Flächen. Typ 1c. Keilförmiger Lichtzug

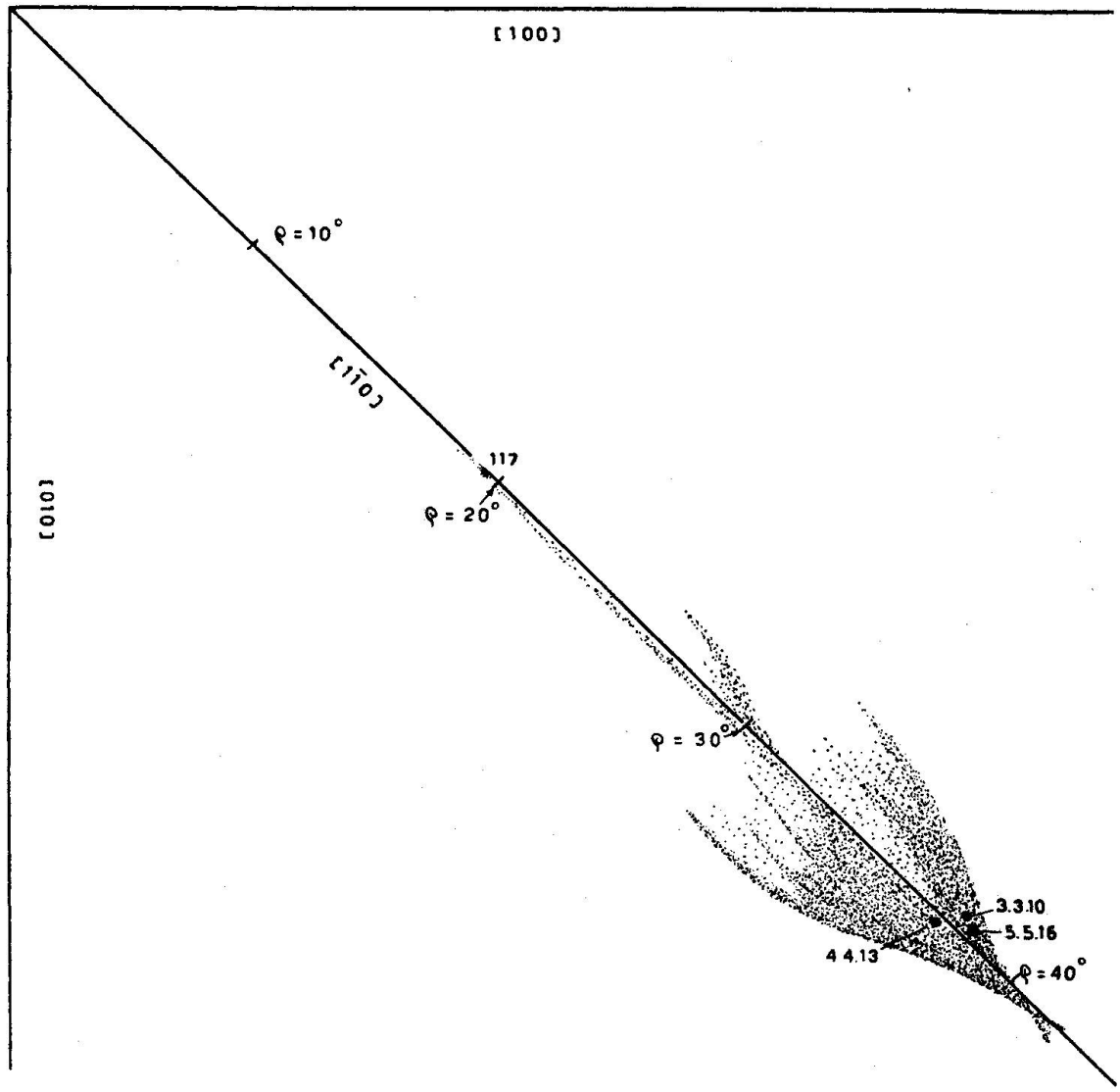


Fig. 21 (Kristall 40)
Stereographisches Reflexbild der *S*-Flächen. Typ 1c. Keilförmiger Lichtzug

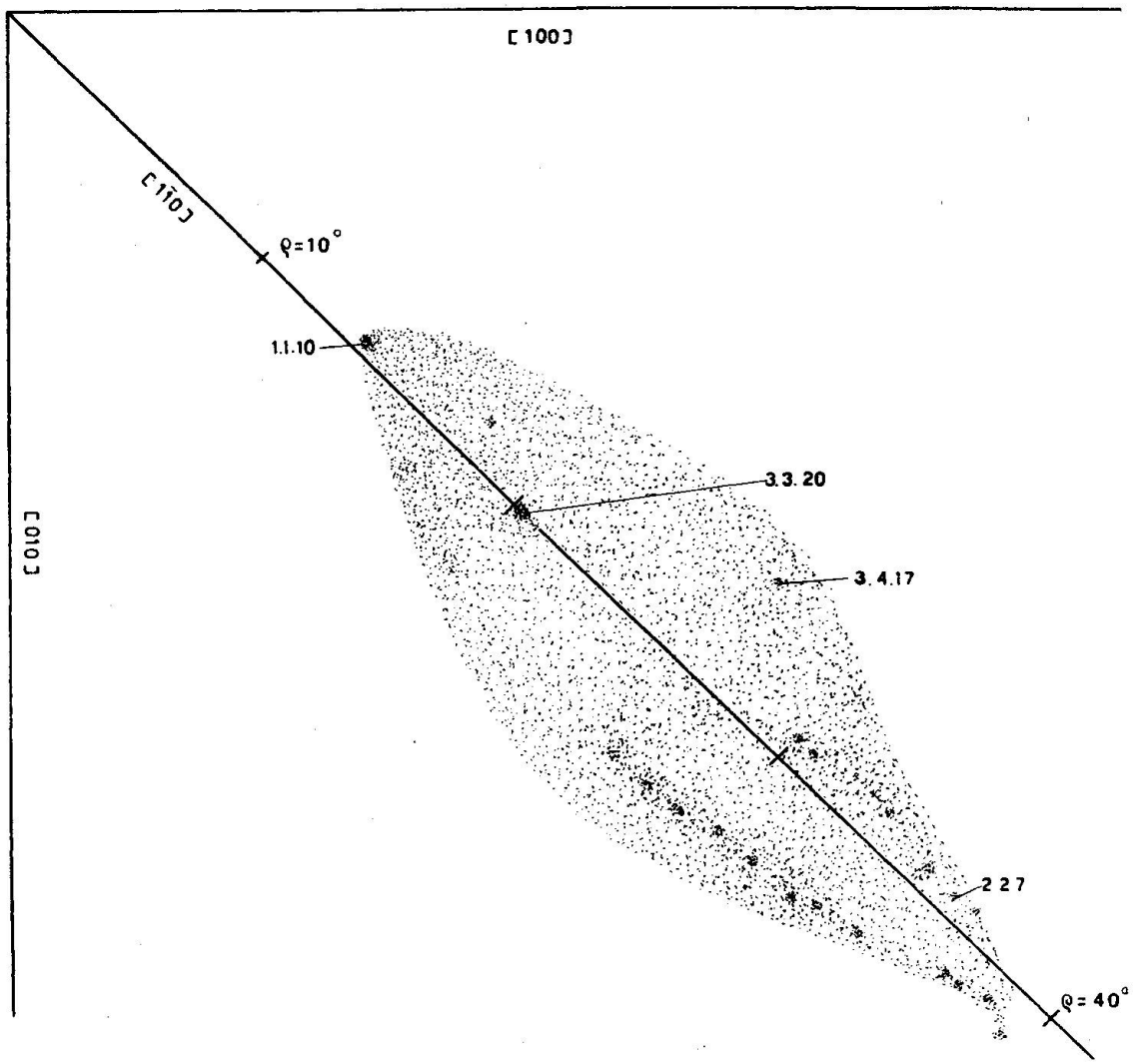


Fig. 22 (Kristall 30)
Stereographisches Reflexbild der S-Flächen. Typ 2a. Ausgedehntes Lichtfeld

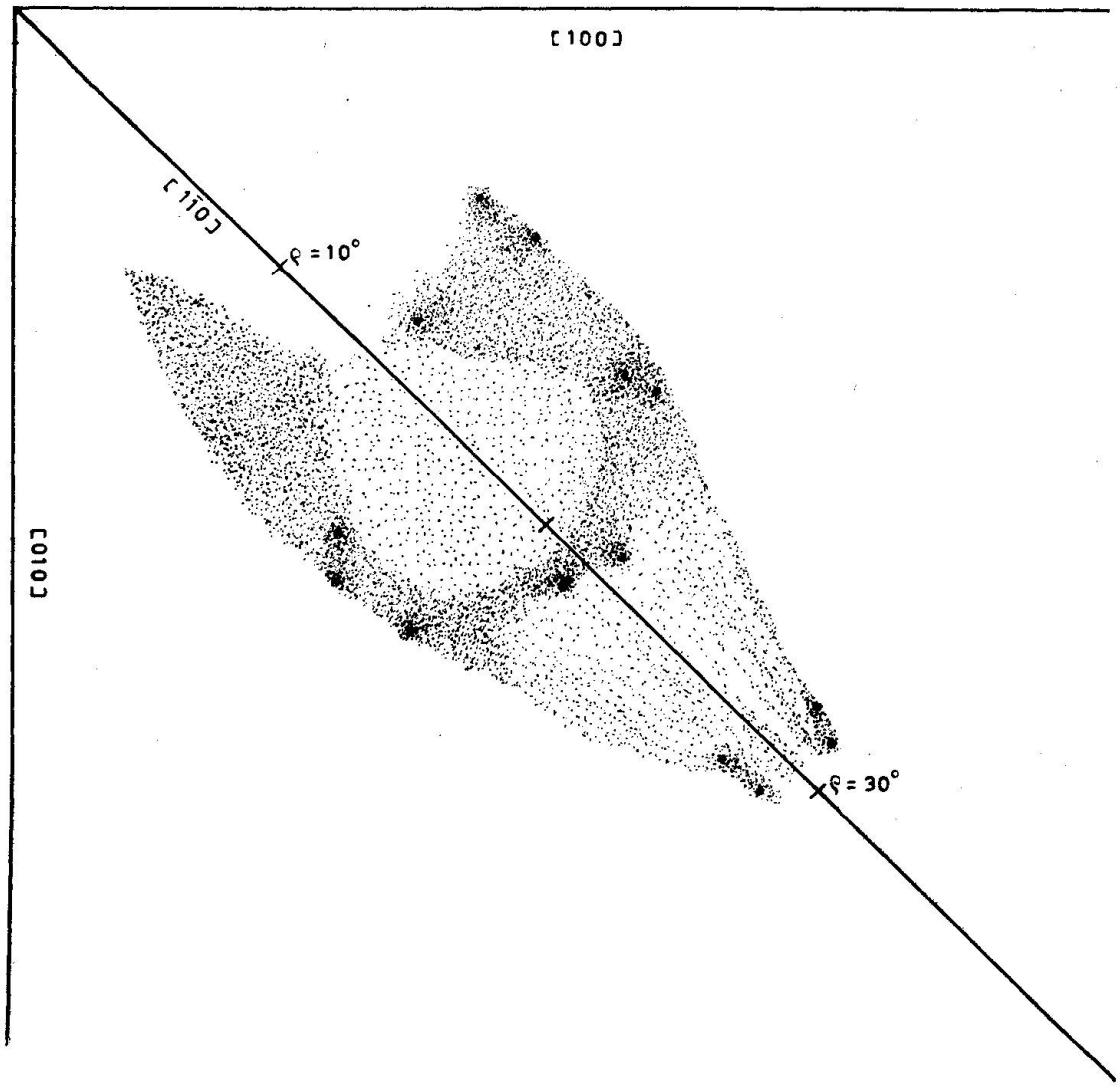


Fig. 23 (Kristall 599)
Stereographisches Reflexbild der *S*-Flächen. Typ 2a. Ausgedehntes Lichtfeld

C. Signale des 1. Typus

1. Ausdehnung

Die über 90% aller Fälle ausmachenden Signale der Hauptkategorie (1) haben die gemeinsame Eigenschaft, immer einen mit dem Verlauf der [110]-Zone übereinstimmenden Lichtzug ± Subflächenreflexe aufzuweisen. Es seien zunächst (Tabelle 11) Daten über diese Züge ± Subflächen mitgeteilt, die für die Signale (1a) deshalb auch eine Gesamtcharakteristik darstellen, weil der für diese Kategorie typische Lichtzug stets an die Hauptzone gebunden ist.

Besonders auffällig an den mitgeteilten Zahlen ist die grosse Streuung, die sowohl die inneren wie die äusseren Enden der Züge betrifft. Damit scheint die Ausgestaltung der *S*-Flächengebiete ein grossen Schwankungen unterworfener Vorgang gewesen zu sein. Trotzdem ergibt sich aus den mitgeteilten relativ wenig voneinander abweichenden und in einigen Fällen identischen häufigsten und arithmetischen Mittelwerten der Endpunktpositionen eine ziemlich klare Sachlage (Fig. 24). Die äusseren Endpunkte liegen bei den geradlinigen Signalen in nächster Nähe der ⟨113⟩-Lage, wogegen sie sich bei den zwei anderen Typen etwas gegen flächere Lagen wie ⟨4·4·13⟩, ⟨3·3·10⟩, ⟨3·3·11⟩ hin verschieben. Die Länge der geradlinigen Reflexe ist mit 6°—8° etwas kleiner als bei den linsen- und keilförmigen Zügen, die sich über ca. 10° erstrecken. Damit kommen die inneren Enden der erstgenannten Reflexe in die Gegend von ⟨114⟩ zu liegen, während sie bei den andern bis etwas über ⟨115⟩ hinaus vorstossen. [Flächenlagen wie ⟨3·3·14⟩, ⟨3·3·16), ⟨2·2·11⟩]. Die ⟨114⟩-Lage liegt nahe bei der Mitte zwischen ⟨113⟩ und ⟨115⟩.

2. Subflächen

Dass die erwähnten Lagen eine erhöhte Bedeutung für die *S*-Flächen dieser Kategorien besitzen, geht auch aus der Betrachtung der in 1a, 1b, 1c beobachteten Subflächen hervor. Es zeigt sich nämlich, wie aus folgender Zusammenstellung hervorgeht, dass es an den insgesamt 1049 untersuchten Lichtzügen der Kategorie 1 gerade die erwähnten Positionen sind, die mit einer erhöhten Häufigkeit als selbständige Reflexe in Erscheinung treten. Die H_{S1}-Werte, die angeben, in wieviel Prozent dieser Lichtzüge die Flächenarten beobachtet wurden, erreichen zwar bei keiner der gefundenen Subflächenlagen eigentlich hohe Werte. Doch fallen ⟨3·3·10⟩, ⟨227⟩, ⟨5·5·16⟩, ⟨114⟩ sofort wegen ihrer 20% übersteigenden Werte auf, und auch bei sechs weiteren typisch hiehergehörigen

Tabelle 11. Endpunktpositionen in Graden der Lichtzüge 1a, 1b und 1c

Typ	⟨001⟩-nahe (innere) Enden				⟨001⟩-ferne (äussere) Enden			
	min.	max.	häufigste Werte	Mittelwert	min.	max.	häufigste Werte	Mittelwert
1a	$\rho = 18\frac{1}{2}$	$\rho = 41\frac{1}{2}$	$\rho = 31\frac{1}{2}$	$\rho = 31\frac{1}{2}$	$\rho = 22\frac{1}{2}$	$\rho = 48\frac{1}{2}$	$\rho = 39\frac{1}{2}$	$\rho = 37\frac{1}{2}$
1b	$\rho = 5\frac{1}{2}$	$\rho = 35\frac{1}{2}$	$\rho = 28\frac{1}{2}$	$\rho = 25\frac{3}{4}$	$\rho = 19\frac{1}{2}$	$\rho = 45\frac{1}{2}$	$\rho = 37\frac{1}{2}$	$\rho = 37$
1c	$\rho = 4\frac{1}{2}$	$\rho = 37\frac{1}{2}$	$\rho = 27\frac{1}{2}$	$\rho = 24\frac{1}{2}$	$\rho = 20\frac{1}{2}$	$\rho = 51\frac{1}{2}$	$\rho = 34\frac{1}{2}$	$\rho = 34\frac{1}{2}$

Tabelle 12. Teilhäufigkeiten H_{S1}

Subflächen:	⟨3·3·10⟩	⟨227⟩	⟨5·5·16⟩	⟨114⟩	⟨4·4·13⟩	⟨3·3·11⟩	⟨113⟩
H_{S1} =	27,9	25,9	22,0	21,9	17,7	14,9	14,8

⟨4·4·17⟩	⟨4·4·15⟩	⟨3·3·13⟩
14,8	13,8	11,3

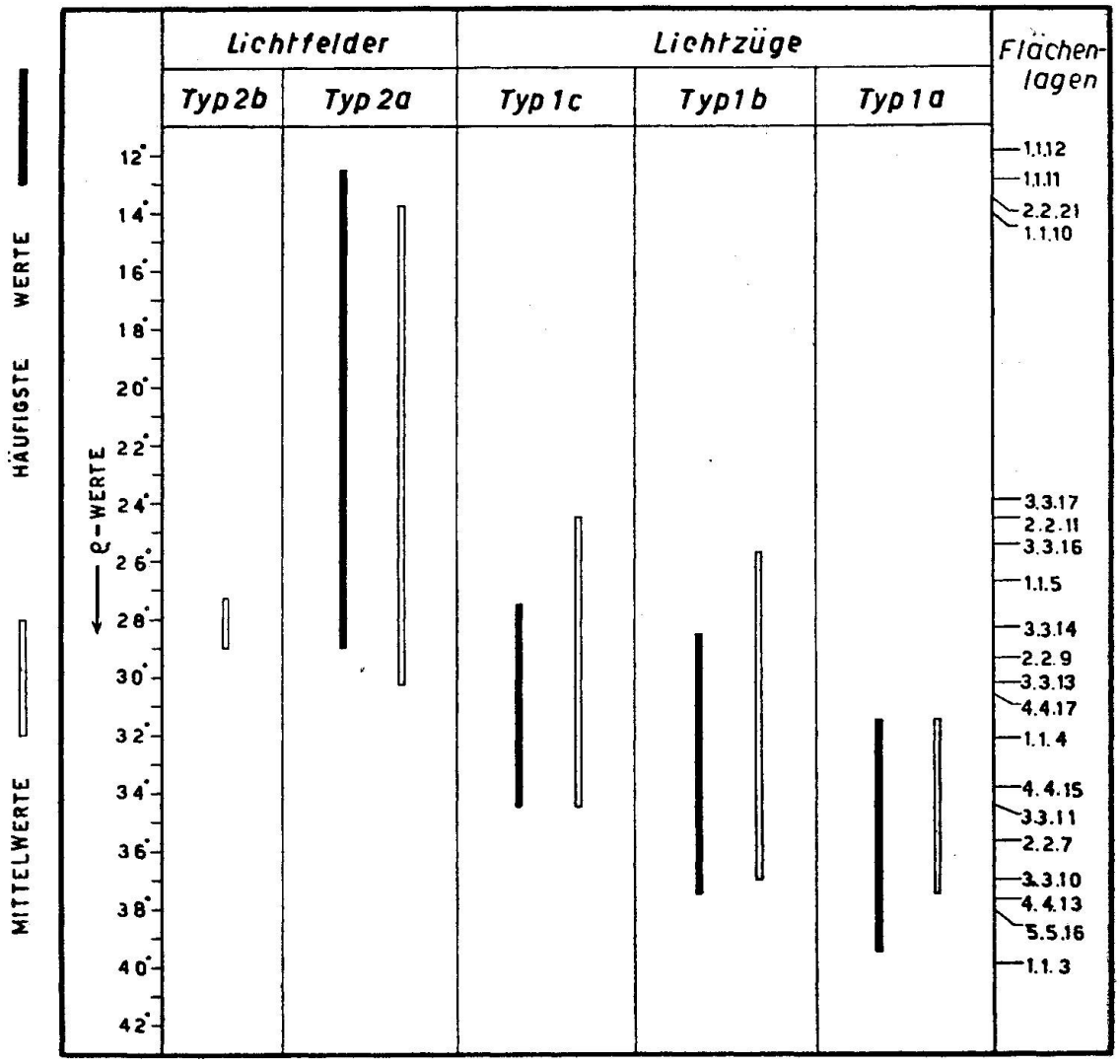


Fig. 24
Endpunktpositionen und Ausdehnung der Lichtzüge und -felder.

Lagen liegt H_{S1} immerhin über 10%. Es wird auf die Bedeutung dieser Positionen später noch zurückzukommen sein.

3. Laterale Ausdehnung als Kennzeichen für Signaltypen 1b und 1c

Bei den Signalkategorien 1b und 1c gesellen sich zum zentralen Lichtzug noch seitliche Züge, die nach aussen strahlen und einer Entwicklung von allgemeinen Flächenlagen entsprechen. Während bei den Signalen 1c diese Lichtzüge am basisfernen Endpunkt des Signals beginnen und nach Erreichung eines maximalen Abstandes von der Mittellinie aufhören, neigen sie sich bei 1b nach Erreichung des weitesten Ab-

standes von der Mittellinie dieser wieder zu, um am basisnahen Ende den mittleren Lichtzug zu erreichen (geschlossene Züge). Näheres über den Verlauf dieser Lichtzüge ist folgender Zusammenstellung zu entnehmen:

Tabelle 13. Maximale laterale Ausdehnung der Lichtzüge 1b und 1c

Typ	maximale Abweichung von der Mittellinie		
	Betrag		Position
	häufigste Breite	Variationsbereich	häufigster Variationsbereich
1b (linsenförmig)	1°—3°	½°—15°	$\rho = 30°$ bis 36°
1c (keilförmig)	1°—3°	½°—17°	$\rho = 26°$ bis 32°

Trotz der sehr grossen Variabilität, die hier wieder zutage tritt, ist doch zu erkennen, dass sich die keilförmigen Lichtzüge von den linsenförmigen namentlich darin unterscheiden, dass bei ihnen die von aussen her kommenden divergierenden Lichtlinien sich weiter nach innen fortpflanzen können und damit auch weiter auseinander zu liegen kommen. Die grösste laterale Ausbreitung der linsenförmigen Reflexe liegt dort, wo die von aussen und von innen kommenden Züge sich begegnen, was nach einer durchgeführten Statistik in den meisten Fällen in nahezu gleichmässiger Entfernung von den beiden Endpunkten und sehr viel seltener an einem der äusseren oder inneren Ende genäherten Punkt stattfindet. Figuren 25a und b lassen dieses Verhalten ganz deutlich erkennen. Auch diese äusseren Lichtzüge enthalten oft Einzelsignale, die von Subflächen erzeugt sein müssen. Allein die Tatsache, dass die Züge in der Regel nur ca. 1° bis 3° von der mittleren Zonenlinie abweichen, bringt es mit sich, dass sie grösstenteils im freien „Hof" liegen, der diese Mittellinie von den nächstbenachbarten Zonen mit einfach indizierbaren Flächenlagen trennt (Fig. 14). Es ist darum schon aus diesem Grunde verständlich, dass an Subflächensignalen allgemeiner Lage nur ca. 4% einfach indiziert werden konnte. Keine der beobachteten Flächenlagen wies gesteigerte Häufigkeit auf. Eine Zusammenfassung der an indizierbaren Signalen der Typen 1a, 1b, 1c gemachten Befunde über die Subflächen und ihre Häufigkeiten bietet Figur 26.

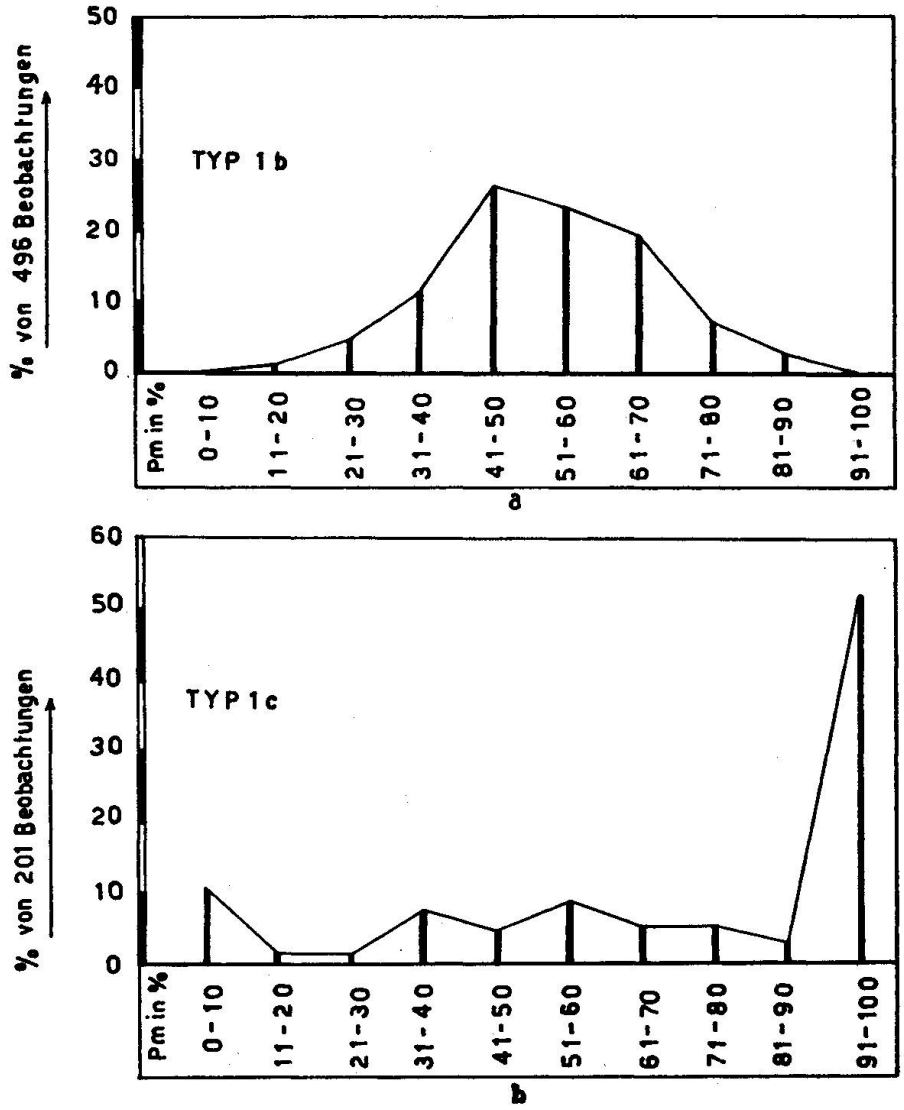


Fig. 25

Positionen des Auftretens der maximalen lateralen Ausdehnung von Lichtzügen 1b und 1c. $P_m = \frac{\rho_2 - \rho_3}{\rho_2 - \rho_1}$, ρ_1 = Position des ⟨001⟩-nahen Endes, ρ_2 = Position des ⟨001⟩-fernen Endes, ρ_3 = Position der max. lateralen Ausdehnung.

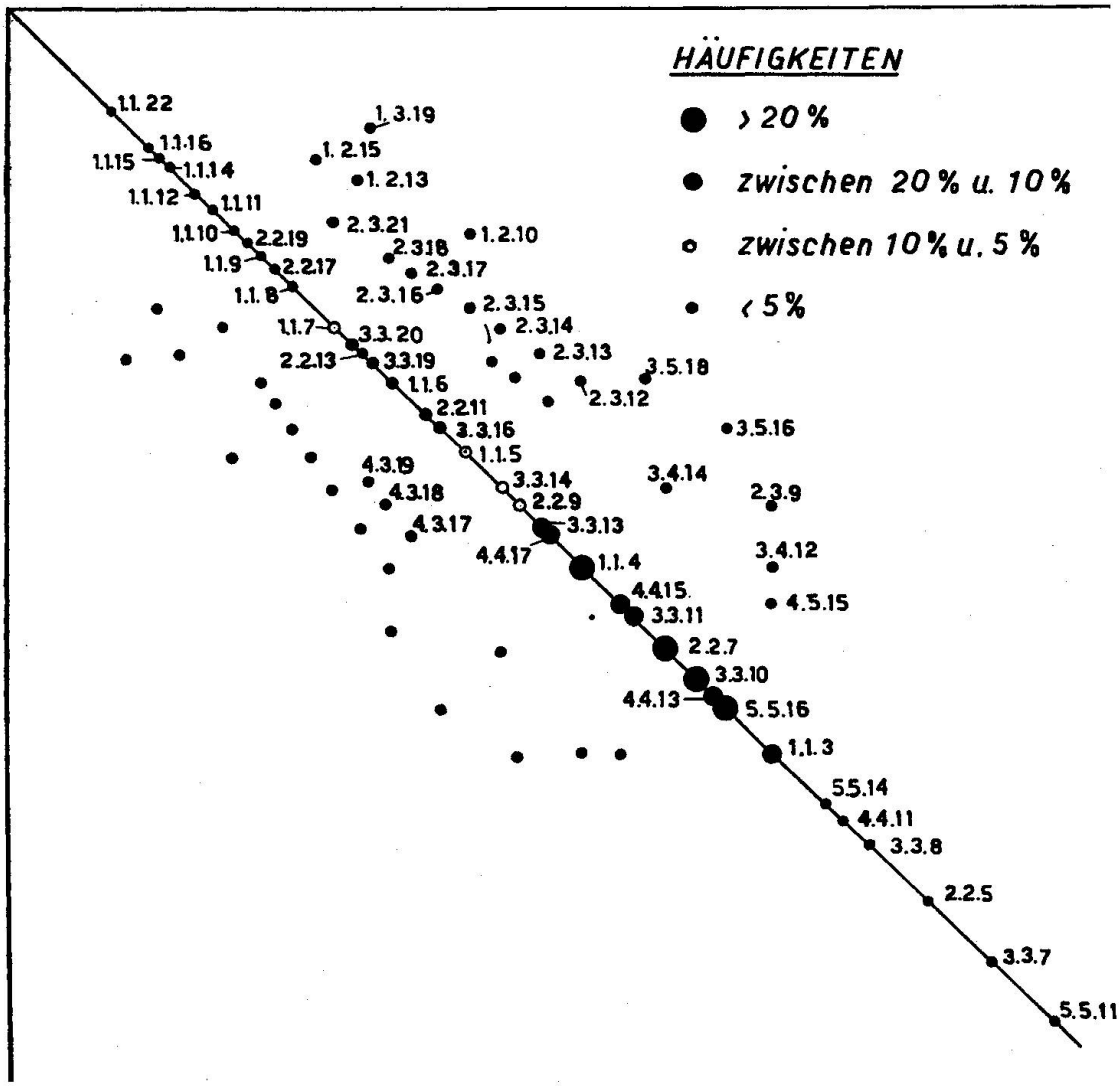


Fig. 26
Gnomonische Projektion der an Lichtzügen gefundenen einfachen Reflexe.

D. Signale des 2. Typus (Lichtfelder)

1. Ausdehnung

Die viel spärlicheren Signale vom 2. Typ unterscheiden sich von den erstbesprochenen nicht nur im Aussehen, sondern auch durch die eingenommene Position. Ihr Aspekt ist bald als wirres System feiner Lichtlinien, bald als eigentlich diffuses Lichtfeld zu beschreiben, und in beiden Fällen sind Umgrenzung und Grösse bedeutenden Schwankungen unterworfen und überhaupt sehr schwer feststellbar. Was an den Gebilden vom Typus 2a einigermassen charakteristisch zu sein scheint, ist, wie folgende Zahlen zeigen, ihre Ausbreitung in einem Gebiet, dessen basisfernes Ende im Mittel etwa mit dem inneren Ende der S-Signale Typ 1 übereinstimmen und dessen basisnahes Ende ganz wesentlich näher an die ⟨001⟩-Lage heranrückt, als dies bei den schon besprochenen Zügen der Fall ist (Fig. 24).

Tabelle 14. Endpunktpositionen der Lichtfelder 2a und 2b

Typ	⟨001⟩-nahe Enden				⟨001⟩-ferne Enden			
	min.	max.	häufigste Werte	Mittelwert	min.	max.	häufigste Werte	Mittelwert
Typ 2a ausgedehnte Felder	$\rho = \frac{1}{2}°$	$\rho = 30\frac{1}{2}°$	$\rho = 12\frac{1}{2}°$	$\rho = 13\frac{3}{4}°$	$\rho = 18\frac{1}{2}°$	$\rho = 56\frac{1}{2}°$	$\rho = 29°$	$\rho = 30\frac{1}{4}°$
Typ 2b lokalisierte Felder	$\rho = 20\frac{1}{2}°$	$\rho = 38°$	—	$\rho = 27\frac{1}{4}°$	$\rho = 23°$	$\rho = 40°$	—	$\rho = 29°$

Als durchschnittliche Spanne zwischen terminalen Werten kann bei diesen 2a-Signalen etwa 17° angegeben werden, ein Wert, der fast das doppelte der durchschnittlichen Länge der Züge 1. Kategorie ausmacht. Es ist indessen zu bemerken, dass der Abstand zwischen Extremwerten noch sehr viel grösser sein und im Grenzfall zwischen Lagen, die den äusseren Enden der Lichtzüge von Kategorie 1 nahe kommen und solchen, die der Basis bereits stark genähert sind, sich erstrecken kann. Bei diesen besonders ausgedehnten Feldern scheint also der Fall vorzuliegen, dass zur verbreiteten, etwa im Gebiet ⟨113⟩—⟨115⟩ stattfindenden S-Flächenentwicklung der Kategorie 1 eine zusätzliche auftritt, die

bis ⟨117⟩, ja noch beträchtlich über diese hinaus reichen kann. Diese Auffassung wird auch durch den Anblick gewisser besonders ausgedehnter Signale bekräftigt, die von aussen her mit Lichtzügen beginnen, die zwar breit sind, aber an diejenigen von Typ 1b erinnern, um dann nach innen diffus und lichtfeldartig sich fortzusetzen. In der Regel sind diese diffusen Felder allein vorhanden und in einer Breite entwickelt, die zwar als sehr variabel, aber als diejenige der Signale 1. Kategorie meist wesentlich übersteigend zu charakterisieren ist. Bei den nur sehr selten beobachteten, stark lokalisierten Feldern vom Typ 2b dürfte es sich lediglich um in der Entwicklung stehengebliebene Gebilde von ähnlichem Charakter handeln. Sie liegen etwa in der Gegend von ⟨115⟩, während die grossen

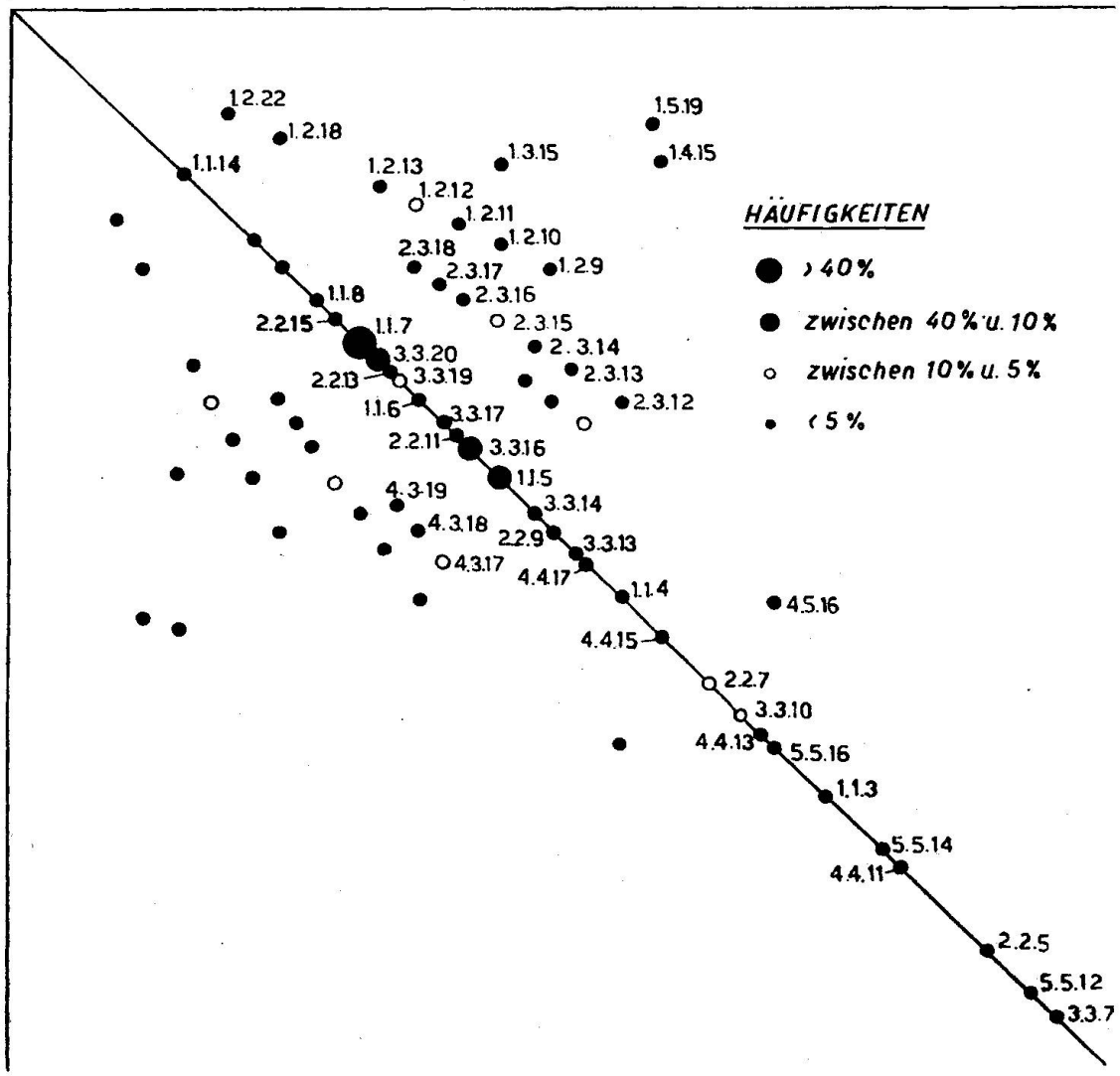
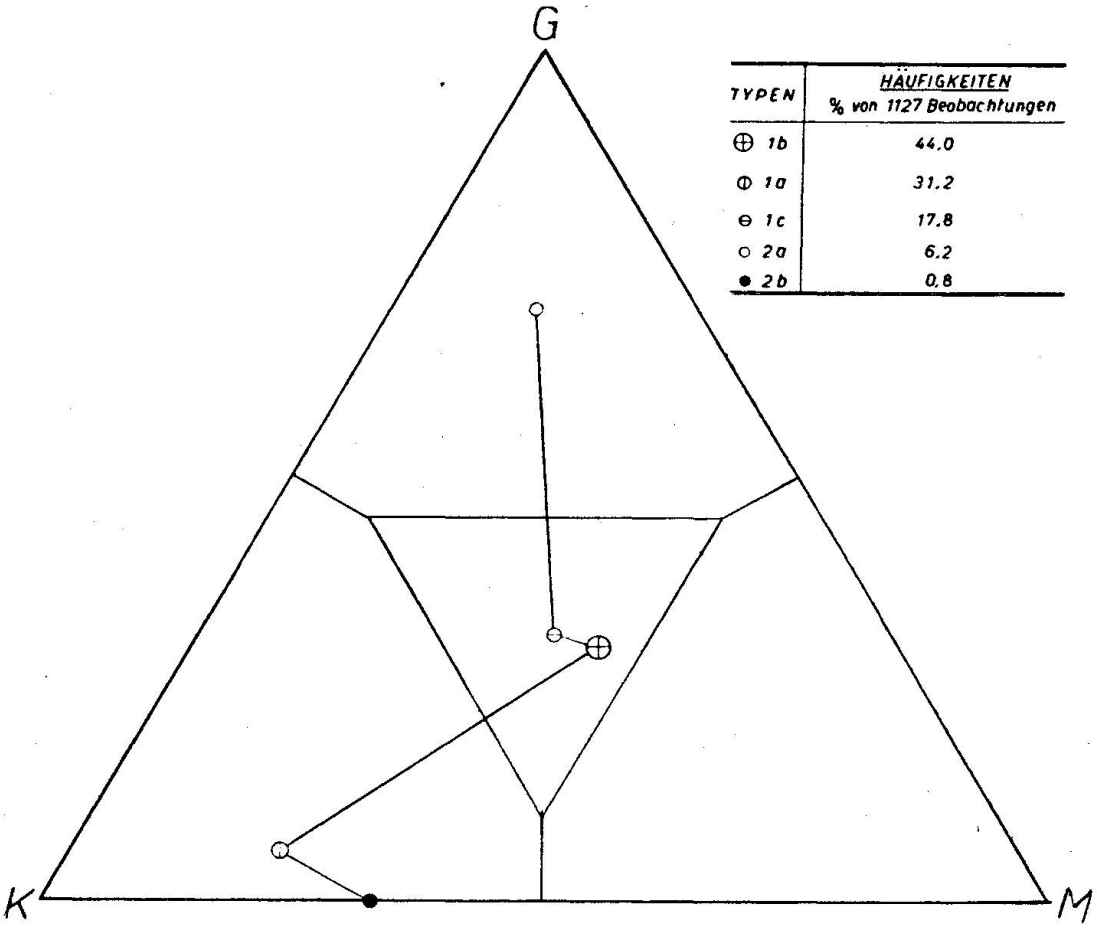


Fig. 27
Gnomonische Projektion der an Lichtfeldern 2a gefundenen einfachen Reflexe.

Felder bei Werten, die ⟨117⟩ oder einer noch flacheren Lage entsprechen, zur vollen Entfaltung kommen.

2. Subflächen

Die Subflächenentwicklung innerhalb dieser 2a-Reflexe (Fig. 27) weist charakteristische Unterschiede gegenüber denjenigen der 1. Kategorie auf und bekräftigt die obigen Feststellungen. So hat sich zunächst das Verhältnis von Flächenlagen innerhalb der Hauptzone zu solchen allgemeiner Lage zugunsten der letzteren wesentlich verschoben. War bei den Signalen von den Typen 1b und 1c das Verhältnis ca. wie 2 : 1, so findet man beim Typ 2a ein Verhältnis von ⟨*hhl*⟩- zu ⟨*hkl*⟩-Formen von ca. 3 : 2. Wie folgende Zusammenstellung zeigt, ist nun ⟨117⟩ die weitaus am häufigsten wiederkehrende Form, und unter den weiteren als bevorzugt hervorzuhebenden figuriert noch eine Reihe von ditetra-



TYPEN	HÄUFIGKEITEN % von 1127 Beobachtungen
⊕ 1b	44.0
⦶ 1a	31.2
⊖ 1c	17.8
○ 2a	6.2
● 2b	0.8

Fig. 28
Zusammenhänge zwischen Signaltypen der *S*-Flächen und Flächengrössen.

gonalen Dipyramiden. Schon das Auftreten solcher einfach indizierbarer Subflächen allgemeiner Lage bringt zum Ausdruck, dass die Lichtfelder über den die Zone [110] umgebenden „leeren Hof" hinaus vordringen.

Tabelle 15. Teilhäufigkeiten, $H_{S\,2a}$

Subflächen:	⟨117⟩	⟨3·3·20⟩	⟨3·3·16⟩	⟨115⟩	⟨227⟩	⟨3·4·17⟩	⟨3·3·10⟩	⟨3·3·19⟩
$H_{S\,2a}$ =	46,4	14,5	14,5	14,5	7,2	7,2	5,8	5,8
	⟨1·2·12⟩	⟨2·3·15⟩	übrige					
	5,8	5,8	$H_{S\,2a} < 5$					

E. Zusammenhänge zwischen *S*-Flächengrößen und Signaltypen

Eine Frage, die untersucht wurde, und hier noch Erwähnung finden kann, betrifft den Zusammenhang zwischen Signaltyp und *S*-Flächengrösse. Nachdem für die Zwecke der allgemeinen Grössenstatistik Grössenzahlen für alle *S*-Flächen bestimmt worden waren, musste lediglich ihre Verteilung unter den Signaltypen festgestellt werden. Das führte zu Tabelle 16 und Figur 28. Ganz eindeutig geht aus diesen hervor, dass nur für die an sich wenig häufigen Signale 2a (grössere diffuse Felder) und für die einfachen Lichtzüge 1a sowie die kleinen Lichtfelder 2b klare Beziehungen zur *S*-Flächengrösse bestehen. Die erstgenannten sind fast stets auf gross entwickelten, die zwei anderen Kategorien fast immer auf kleinen *S*-Flächen zu finden. Für Signale 1b und 1c jedoch, die die Mehrzahl aller *S*-Flächenreflexe ausmachen, besteht keine Abhängigkeit von der Flächengrösse, was daraus ersichtlich ist, dass für ihr Erscheinen eine fast völlig ausgeglichene Verteilung zwischen den verschiedenen Grössenklassen besteht. Dementsprechend liegen im Grössendreieck (Fig. 28) ihre Projektionspunkte fast genau im Zentrum des Diagramms.

Tabelle 16. Flächengrössen der S-Flächen

Signaltypus	*G*	*M*	*K*	
1a (geradlinige Lichtzüge)	6 %	21 %	73 %	vorwiegend kleine *S*-Flächen
2b (lokalisierte Lichtfelder)	—	33 %	67 %	
1b (linsenförmige Lichtzüge)	29,9%	40,6%	29,5%	*S*-Flächengrösse variabel
1c (keilförmige Lichtzüge)	31,4%	35,4%	33,2%	
2a (ausgedehnte Lichtfelder)	69,5%	14,5%	16 %	vorwiegend grosse *S*-Flächen

Leider fällt damit die Flächengrösse als ein bei der Beurteilung der Beziehungen zwischen Normal- und Sonderflächen verwendbares Wachstumskriterium aus.

F. Bemerkungen über Entstehung der *S*-Flächen

Viele Studien an Kristallflächen-Akzessorien[7]) haben zur Auffassung geführt, dass diese Gebilde durch einen bald deutlich sichtbaren, bald diskret vorhandenen, getreppt-schichtartigen Stoffansatz hervorgerufen werden. Neuere Experimentaluntersuchungen über Kristallwachstum deuten in ähnlicher Richtung[8]). Es liegt nahe, auch die Beschaffenheit der hier studierten *S*-Flächen auf solche Ursachen zurückzuführen. Dabei erhebt sich die Frage, parallel zu welcher Fläche der schichtartige Stoffansatz stattgefunden haben mag und wie aus ihm die beobachteten Signalbilder abgeleitet werden können. Aus einem Studium der Reflexe allein kann eine eindeutige Beantwortung solcher Fragen kaum erwartet werden, so dass hier bloss auf einige Möglichkeiten hingewiesen werden kann.

Entsteht auf einer Grundfläche durch zu dieser parallel sich anlagernden Schichten ein hügelartiges Wachstumsakzessorium und erfolgt die Schichtung so fein, dass die getreppten Ränder der Schichten den Aspekt von Scheinflächen annehmen, so muss erwartet werden, dass letztere sowohl in steilerer wie in flacherer Lage als die Grundfläche beobachtet werden. Es erscheint deshalb unwahrscheinlich, dass die früher beschriebenen *S*-Flächen der Kategorie 1 durch ein schichtiges Wachstum parallel ⟨113⟩ entstanden zu denken sind. Denn wenn die an diesen Gebilden beobachteten Signale sich zwar z. T. zu steileren Lagen als ⟨113⟩ hinziehen, so ist für den Grossteil solcher Signale ⟨113⟩ selber oder eine sogar etwas flachere Lage wie ⟨4·4·13⟩, ⟨3·3·10⟩, ⟨3·3·11⟩ als basisferner Endpunkt nachgewiesen worden. Relativ häufig treten Subflächen parallel zu ⟨114⟩ oder einer ihr benachbarten Position auf. Solche Flächen sind also flacher als das basisferne, jedoch steiler als das basisnahe Ende eines Grossteils der Reflexe, die vielfach bei ⟨115⟩ oder

---

[7]) Siehe z. B. R. L. Parker (1932): Über die morphologische Bedeutung des akzessorischen Stoffansatzes auf Kristallflächen. Z. Krist., Bd. *82*, S. 239, und die zahlreichen Arbeiten von G. Kalb, in denen die Vizinalerscheinungen beschrieben sind.

[8]) Siehe z. B. N. N. Padurow (1950): Vizinalen und Vizinaloiden. Neues Jb. für Min. Geol. usw., Abh. A. *80*, S. 209, und A. R. Verma (1953): Crystal Growth and Dislocations, London.

⟨3·3·14⟩, ⟨3·3·16⟩, ⟨2·2·11⟩ usw. auslaufen. Deshalb ist eher an einen Schichtansatz parallel zu einer derartigen mittleren Fläche zu denken, dessen gestufte Randpartien sehr wohl die beobachteten Subflächen liefern könnten. Eigenartig ist bei dieser Feststellung, dass gesamtmorphologisch betrachtet[9]) ⟨114⟩ eine weit weniger wichtige Form ist als ⟨113⟩ oder ⟨117⟩. Es ist deshalb ein schichtenweiser Stoffansatz parallel dieser Fläche eher unplausibel und dies sowohl für den Fall, dass es sich um einen während des primären Wachstumsaktes als auch um einen auf den fertigen ⟨113⟩ Flächen stattfindenden Vorgang handeln sollte.

Es dürfte mit den theoretischen wie mit den experimentell gewonnenen Anschauungen über Kristallwachstum eher vereinbar sein, anzunehmen, dass ein schichtweiser Stoffansatz parallel zu Hauptflächenlagen wie ⟨111⟩ und ⟨001⟩ stattfinden würde. Mit einem Schichtaufbau auf ⟨001⟩ stehen angesichts der zentralen Lage dieser Form keine beobachteten Tatsachen im Widerspruch. Bei schichtweisem Wachstum auf ⟨111⟩ müssten sowohl flachere wie steilere Lagen als ⟨111⟩ in Erscheinung treten, falls die Schichten am Rand getreppt liegen. Effektiv haben die Untersuchungen nicht nur die zahlreichen flachliegenden Subflächenreflexe, sondern auch eine bedeutende Zahl untergeordneter, steiler Flächen zwischen ⟨111⟩ und ⟨110⟩ ergeben. Es muss deshalb als eine zu erwägende Möglichkeit hingestellt werden, dass die ausgedehnten *S*-Flächengebiete im Zeichen einer gegenseitigen Wechselwirkung zwischen ⟨001⟩- und ⟨111⟩-parallelen Schichten entstanden sind. Im Idealfall wären normalbeschaffene ⟨117⟩- und ⟨113⟩-Flächen das Ergebnis eines solchen Stoffansatzes, und tatsächlich ist erstere Form häufiger, letztere in gewissen Fällen auf Grund normaler Signale nachweisbar. Die beobachtete *S*-Flächenbildung wäre demgegenüber als das Ergebnis eines unvollkommen (zu rasch?) verlaufenen Wachstums aufzufassen, das allerdings nach den mitgeteilten Zählungen für die Mehrzahl der untersuchten Individuen gelten müsste. Gegen die steileren Lagen hin würden nach dieser Auffassung die Schichten von zwei ⟨111⟩-Flächen aneinanderstossen, was normalerweise zu einer blossen Kantenbildung führen müsste. Das Entstehen eines Gebietes mit feiner Streifung und diskret eingeschalteten sehr schmalen, ebenen Flächenlagen (zu denen auch ⟨110⟩ zählen würde), wie das an den vorliegenden Kristallen zwischen oberen und unteren ⟨111⟩-Flächen mit Vorliebe der Fall ist, scheint aber ebenfalls mit dieser Annahme ohne weiteres vereinbar zu sein.

[9]) R. L. Parker (1923): Zur Kristallographie von Anatas usw. Z. Krist., Bd. *58*, S. 552.

Anderseits muss auch die Möglichkeit in Betracht gezogen werden, dass bei der Bildung der S-Flächen Auflösungsvorgänge mit im Spiele waren, und zwar entweder allein oder in Wechselwirkung mit Wachstumsperioden. Eine selektive Auflösung von ⟨113⟩-Flächen könnte u. U. ebenfalls zur Erklärung der speziellen Morphologie der S-Flächen herangezogen werden; denn es ist durchaus möglich, dass z. B. ⟨111⟩ gegenüber lösenden Agentien stabiler ist als ⟨113⟩. In diesem Falle würde es sich bei den auf den S-Flächen erkennbaren Oberflächenformen um Korrosionsfiguren handeln.

X. Zusammenhänge zwischen beobachteten Flächenlagen und Rationalitätsgesetz

Nachdem die vorliegende Untersuchung eine grosse Zahl einheitlich gewonnener und deshalb streng miteinander vergleichbarer Flächenpositionen geliefert hatte, schien es wünschenswert zu sein, dieselben auch für eine objektive Prüfung zu verwenden, inwieweit das kristallographische Grundgesetz der „einfach rationalen Indizes" in einer solchen Kristallisation zum Ausdruck kommt. Bis jetzt handelte es sich darum, dieser Signale mit möglichst einfachen Symbolen habhaft zu werden, und anhand derselben die Gesetzmässigkeiten ihrer Verteilung usw. zu studieren. Jetzt stellt sich die Aufgabe so, dass zu untersuchen ist, ob bei Zulassung unbegrenzt hoher Indizes bestimmte Lagen noch als bevorzugt erscheinen, und gegebenenfalls inwieweit sie die kennzeichnenden Merkmale des „einfach rationalen" aufweisen. Zu diesen wird sicherlich der kleinere oder grössere Komplexitätsgrad der Symbole gehören. Aber auch die relative Isoliertheit einer Lage, d. h. ihre mehr oder weniger ausgesprochene Tendenz, sich mit Vizinalflächen zu umgeben, wird als Massstab der herrschenden Selektionsbestrebungen aufzufassen sein. Um über diese Punkte Auskunft zu erhalten, wurde zur Klarlegung der Verhältnisse in der [110]-Zone folgendermassen vorgegangen: Ausgehend von den drei Grundflächen ⟨001⟩, ⟨111⟩ und ⟨110⟩ wurden auf dem Wege steigender Komplikation systematisch komplexere Flächenlagen abgeleitet, und zwar soweit als zur Erfassung aller beobachteten Signale notwendig war. Als „erfasst" gilt eine Position dann, wenn sie im ρ-Wert um maximal $0°15'$ von einer berechneten Position abweicht, wobei unter den möglichen Zuordnungen dieser Art stets diejenige Lage niedrigster Ableitung die Priorität erhielt. Das Vorgehen führt auf diese Weise zu völlig eindeutigen Resultaten, und bei der fort-

gesetzten Komplikation musste stets nur auf diejenigen Positionen geachtet werden, die von den früheren Stufen noch nicht erfasst worden waren. Der Toleranzbetrag von 0° 15′ (der sowohl auf φ- wie auf ρ-Werte angewendet wurde) schien ein angesichts der praktisch erzielbaren Messgenauigkeit ziemlich engbegrenzter zu sein, so dass bei diesem Vorgehen eine eher schärfere Erfassung der Positionen erreicht wurde, als in der goniometrischen Praxis sonst wohl üblich ist, und insbesondere eine wesentlich engere Definition der Flächenlagen erzielt wird als bei der vorhergehenden verwendeten Methode zustande kommt.

Als erstes Ergebnis dieser Methode der Indizierung stellte sich folgendes Resultat ein:

Von den insgesamt 2142 zur Verfügung stehenden Messungen aus der [110]-Zone konnten 1965 oder 91,7% auf total 87 Flächenlagen verteilt werden, die ausser den drei Grundflächen (1. Komplikationsstufe) noch solche umfassten, deren Ableitung sich bis zur 19. Komplikationsstufe erstreckte. 177 oder 8,3% der Messwerte konnten nur mit Lagen identifiziert werden, deren Ableitung von der 20. Stufe bis zu solchen reicht, deren Komplikationsgrad 200 überschreitet. Die Verteilung der Reflexe auf die verschiedenen Ableitungsstufen ist, wie folgende Zahlen zeigen, eine charakteristisch ungleichmässige.

Tabelle 17. Verteilung der zu der [110]-Zone gehörigen Reflexe nach Komplikationsgraden

Ableitung	Zahl der Reflexe (% von 2142)
1.	71,15%
2.	0,05%
3.	1,20%
4.	0,30%
5.	0,60%
6.	0,40%
7.	9,50%
8.—19.	8,50%
20. bis über 200	8,30%

Fast ¾ aller Signale ordnen sich bereits der 1. Komplikationsstufe ein, und an weiteren bevorzugten Ableitungen sind es nur die 7. und 3., die schwach hervortreten. Der Grund hierfür ist in der ganz einseitigen Bevorzugung von 5 Flächenlagen zu suchen, die, in Bestätigung der früheren Resultate, die Symbole ⟨111⟩, ⟨110⟩, ⟨001⟩, ⟨117⟩, ⟨113⟩ tragen. Die arteigene Tendenz, diese Formen zu entwickeln, kommt also auch bei dieser verschärften Kontrollmethode zum Ausdruck.

Die Durchsicht der nachgewiesenen Flächenlagen höherer Ordnung liefert vereinzelte Beispiele von leicht erhöhter Häufigkeit, die im folgenden zusammengestellt sind.

Tabelle 18. Häufigkeiten einiger relativ wichtiger Flächenlagen höherer Ordnung

Ableitung	Flächenlage	Häufigkeit
4.	1·1·4	0,2%
5.	2·2·7	0,2%
7.	3·3·7	0,4%
	5·5·17	0,2%
	5·5·11	0,4%
9.	2·2·15	0,2%
	3·3·20	0,4%

Fünf von diesen sieben Flächen sind längst bekannt und figurieren in den Goldschmidtschen Winkeltabellen. Von ⟨2·2·15⟩ war schon oben (§ V B) die Rede.

Zur Klärung der Frage der Neigung zur Vizinalflächenbildung wurden die insgesamt etwa 15% aller Reflexe ausmachenden Lagen höchster Ordnung (10. bis über 200. Ordnung) als Vizinale angesprochen und untersucht, in welcher Weise dieselben sich den Lagen niedrigerer Stufe zuordnen lassen. Diese Zuordnung geschah so, dass festgestellt wurde, welche einfachen (niedrigeren) Flächensymbole an der komplikatorischen Ableitung der Vizinalsymbole unmittelbar beteiligt sind. Das Resultat fiel ausserordentlich eindeutig aus, indem es sich zeigte, dass ausser den oben genannten fünf Hauptflächenlagen nur noch ⟨112⟩ und ⟨114⟩ in vereinzelten Fällen beteiligt waren. Die in folgender Tabelle zusammengestellten Zahlen zeigen eine klare und vermutlich höchst typische Abstufung unter den Hauptflächenlagen:

Tabelle 19. Vizinalflächenbildung unter den Hauptflächenlagen

Flächenlage	Häufigkeit (H_1)	Häufigkeit (H_2) der Vizinalreflexe	Verhältnis H_1/H_2
⟨111⟩	54,10%	3,20%	1:0,06
⟨001⟩	7,70%	0,90%	1:0,12
⟨117⟩	8,30%	3,30%	1:0,40
⟨110⟩	9,30%	5,30%	1:0,57
⟨113⟩	1,20%	1,70%	1:1,42
⟨114⟩	0,20%	0,50%	1:2,20
⟨112⟩	0,05%	0,05%	1:1,00

Die immer wieder als Hauptoberflächenelement hervortretende Lage ⟨111⟩ zeichnet sich hier als weitaus vizinalfreieste Lage aus. Bei den nächsten drei Hauptformen tritt in interessanter Umkehrung der Häufigkeit ⟨001⟩ als die isolierteste Lage hervor, während die ⟨110⟩-Lage bereits wesentlich stärker mit Vizinalpositionen behaftet ist und sich lediglich als ein etwas bevorzugtes Glied in einem typischen Übergangsgebiet erweist. Dies stimmt durchaus mit der Art des Auftretens der Form an den Kristallen überein. Von den stumpferen Dipyramiden ist ⟨117⟩ sowohl häufiger wie auch viel isolierter als ⟨113⟩, die bereits gegenüber den Vizinallagen zurücktritt. Hier macht sich die Tendenz zum akzessorischen Stoffansatz deutlich bemerkbar.

Insgesamt tritt durch diese Untersuchung die Wirkung des Rationalitätsgesetzes als eine individuelle und abgestufte Selektion gewisser einfachster oder doch noch relativ einfacher Flächenlagen aufs deutlichste hervor.

Zusammenfassende Übersicht

Zum Bild des Kristallisationsvorgangs, das sich aus dem Studium von 330 Kristallen von Balmen (Binnatal) ergeben hat, tragen Phänomene dreierlei Art in deutlicher Weise ihren Anteil bei.

1. Allgemeincharakteristische Effekte

Zu diesen gehört besonders die ausgeprägt zutage tretende Erscheinung der Flächenselektion. Sie äussert sich darin, dass einige wenige Flächenlagen sich an einem Grossteil der Individuen nachweisen lässt, und zwar in Positionen, die selbst beim Ansetzen strenger Massstäbe sich weitgehend mit denjenigen gewisser, aus der Einheitsfläche abgeleiteter einfach rationaler Flächenlagen übereinstimmen. Wenn die Zahl der bloss vereinzelt auftretenden Formen als relativ gross befunden wurde (76), so zeigte doch eine speziell zur Überprüfung der Rationalitätsbestrebungen durchgeführte Indizierung, dass gewisse Hauptlagen (vorab ⟨111⟩ und ⟨001⟩) in dem Sinne eine ausgesprochene Isolierung aufweisen, dass sie in nur geringem Masse von komplexen Nachbar- oder Vizinalflächen umgeben sind.

2. Arttypische Effekte

Die arttypischen Effekte kommen in dem beträchtlichen Mass der Übereinstimmung zur Geltung, die zwischen der hier beobachteten

Formenselektion und derjenigen besteht, die sich aus umfassenderen gesamtmorphologischen Untersuchungen am Anatas ergeben haben. So zeigt das Diagramm (Fig. 29), dass die hier als bevorzugt hervortretenden Formen ⟨111⟩, ⟨011⟩, ⟨117⟩, ⟨001⟩, ⟨110⟩ durchwegs solche sind, die auch in den Statistiken von M. HENGLEIN[10]) und R. L. PARKER[11]) erhöhte Lage in der Rangliste der charakteristischen Anatasformen einnehmen. Dass auch andere bekannte, aber den niederen statistischen Rängen angehörende Formen an der Ausgestaltung der Individuen der vorliegenden Kristallisation sich beteiligen, geht aus dem 34% betragenden Anteil hervor, mit welchem die Formen früherer Autoren am vorliegenden Total von 76 Formen beteiligt sind. Dieser Anteil wäre sicherlich noch bedeutend höher ausgefallen, wenn nicht eine ungewöhnlich strenge und weitgehende Differenzierung der Flächenlagen beim Indizieren durchgeführt worden wäre.

3. Lokaltypische Effekte

Solche finden zunächst ihren Ausdruck in der spezifischen Rangfolge nach Häufigkeit der gefundenen Hauptformen. Es fällt auf, dass ⟨011⟩ und ⟨117⟩ merklich höher zu liegen kommen als in den zwar auf verschiedenen Grundlagen beruhenden, aber unter sich gut übereinstimmenden Statistiken von HENGLEIN und PARKER, wie Figur 29 zeigt. Diese beiden Dipyramiden nehmen im Gegensatz zu der allgemeinen Abfolge sogar eine höhere Stellung ein als ⟨001⟩. Von den zwei Hauptprismen erhält diejenige I. Stellung eine etwas gesteigerte, diejenige II. Stellung eine auf Null reduzierte Bedeutung im Vergleich zur allgemeinen Rangliste. Die allgemein wichtige Form ⟨113⟩ büsst, falls auf die tatsächlich gefundenen Normalreflexe abgestellt wird, ganz stark an Bedeutung ein. Falls jedoch diese Form mit den an der Mehrzahl der Kristalle vorhandenen, durch starke Akzessorienbildung ausgezeichneten Sonderflächen (*S*-Flächen) identifiziert werden darf, wäre ihre Stellung in der lokalen Rangliste umgekehrt eine bedeutend erhöhte.

Mit diesem Abweichen von den Normalfolgen nimmt die Lokalfolge einen eigenen, aber nicht ganz unbekannten Aspekt an. Es fällt nämlich auf, dass unter den von Parker ausgesonderten Spezialtypen diejenige mit IVb bezeichnete (gemischt pyramidaler Typus mit Prismen) eine

---

[10]) M. HENGLEIN (1909): Über Kristallformen des Anatas. Verhandl. d. Naturhist. Med. Vereins z. Heidelberg, N. F. X. Bd., 1. Heft, S. 34.

[11]) R. L. PARKER (1923): Zur Kristallographie von Anatas usw. Z. Krist., Bd. *58*, S. 527.

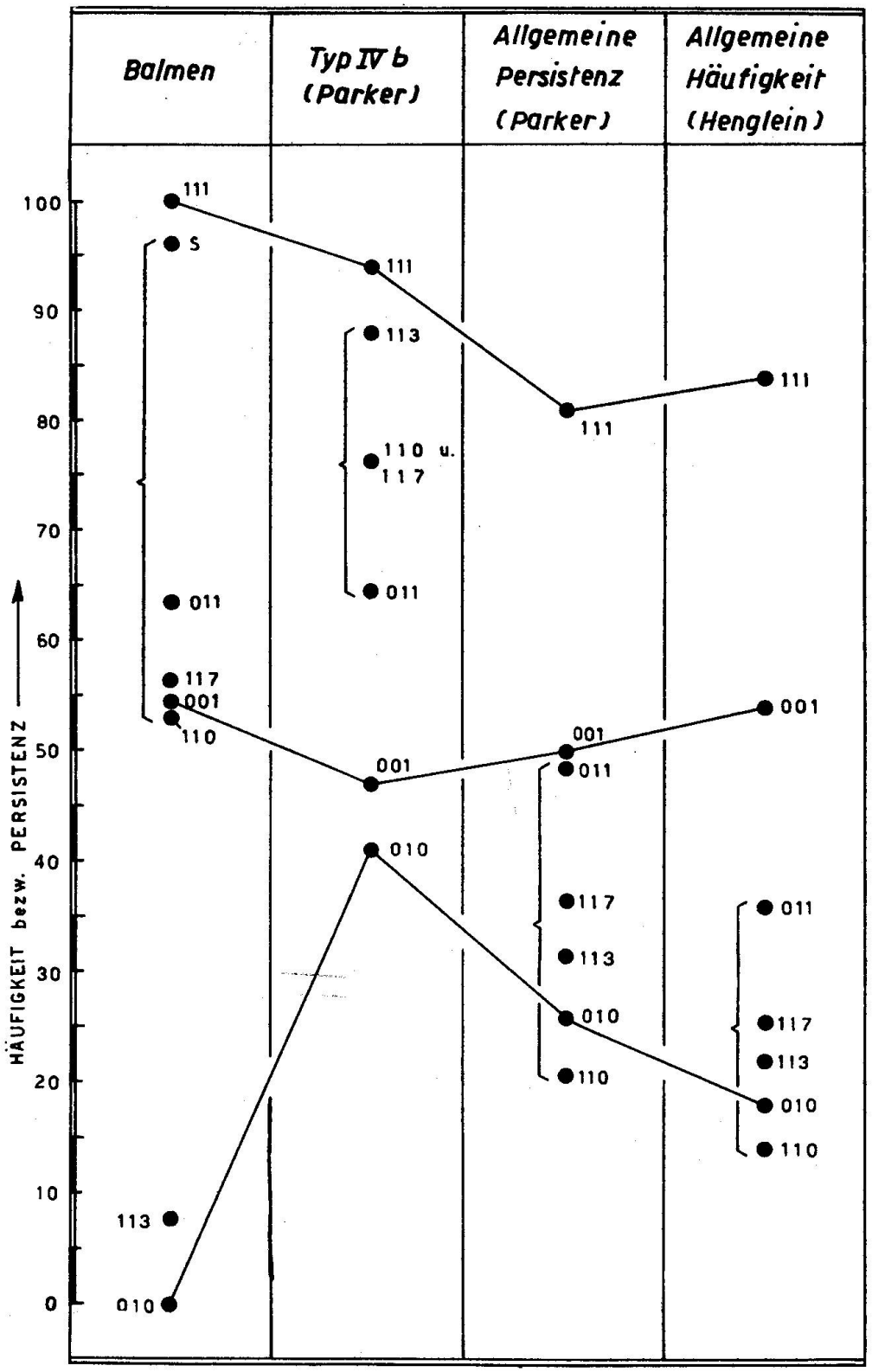


Fig. 29
Hauptformen von Anatas (Balmen) und ihre allgemeine Rangfolge nach HENGLEIN und PARKER.

Häufigkeitsverteilung der Formen zeigt (siehe Fig. 29), welche manche Analogien mit der hier vorliegenden aufweist. Es betrifft dies speziell die hohe Rangstellung von ⟨117⟩ und ⟨011⟩, die beide höher liegen als ⟨001⟩. Auch entspricht die hohe Rangstellung von ⟨110⟩ besser den gefundenen Verhältnissen als die tiefe der allgemeinen Abfolgen.

Bei dieser Parallelisierung muss allerdings die Gegenüberstellung von *S* und ⟨113⟩ vorausgesetzt werden und das vollständige Fehlen von ⟨010⟩ als Form der lokalen Abfolge gebührend betont werden. Die Charakterisierung der Balmen-Kristallisation als „gemischt-pyramidale Entwicklung mit ⟨110⟩" trägt dieser Einschränkung Rechnung.

Es ist gezeigt worden, dass auch habituell dieser „gemischt-pyramidale" Charakter sich in zahlreichen Fällen durchzusetzen und die von der spitzen Einheitsform bedingte Gestalt oft erheblich zu modifizieren vermag. Der in Fig. 30 gezeichnete Idealkristall verkörpert somit manche

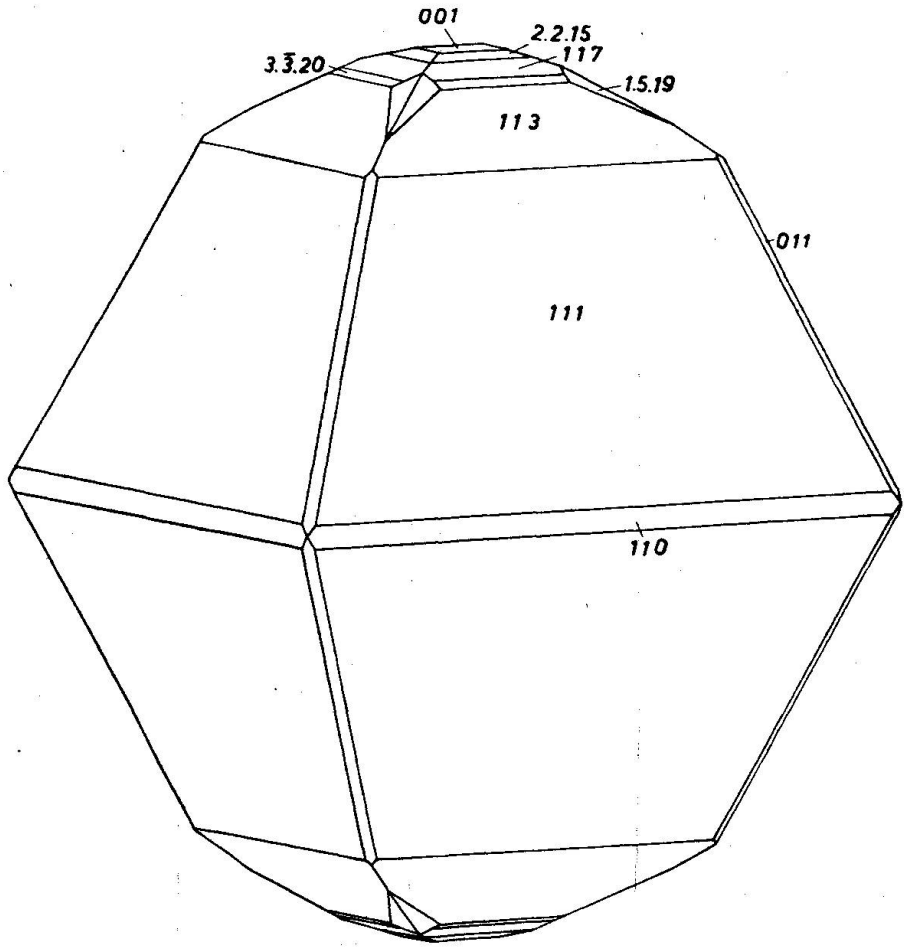


Fig. 30
Idealgestalt der Anataskristalle von Balmen.

der typischen lokalen Merkmale und kann in gewissem Sinne als Prototyp der hier untersuchten Individuen gelten.

Ein im engsten Sinne lokaltypischer Effekt scheint die die Kristalle von Balmen so stark beeinflussende Akzessorienbildung im Bereich der *S*-Flächengebiete zu sein. Schon die Tatsache, dass ein gewisser Prozentsatz der Individuen von dieser Erscheinung frei ist, zeigt, dass auf der Fundstelle ideale Wachstumsverhältnisse möglich waren. Die Akzessorienbildung war somit ein so lokalisierter Vorgang, dass er sich von Individuum zu Individuum verschieden auswirkte.