

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg
<b>Herausgeber:</b>	Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles
<b>Band:</b>	43 (1953)
<b>Artikel:</b>	Beiträge zur Morphologie des Calcits
<b>Autor:</b>	Bonderer, P. Gerold
<b>Kapitel:</b>	C: Die Hauptzonen des Calcits
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-308999">https://doi.org/10.5169/seals-308999</a>

### 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:** 18.02.2026

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

mit den P-Werten sofort hinter den Spezialformen. Es besteht also in den beiden Reihenfolgen gerade hier die schönste Parallelität. Vor  $3\bar{1}4\bar{5}$  würden sich in der P-Reihe, nur wenig nach oben verschoben, noch  $03\bar{3}2$  und  $8.8.\bar{1}\bar{6}.3$  einstellen. Da die P-Werte wegen der hohen Bezugszahl von 1728 durchwegs kleiner sind als die F-Werte, die auf 432 bezogen sind, so reicht es bei den fraglichen Formen nicht mehr zur Eingliederung unter die Spezialformen.

Zur Veranschaulichung der in Tab. 10 zusammengestellten Zahlen dienen die Habitusbilder der Fig. 8, welche die Gesamtheit der über-individuellen P- und F-Formen enthalten. Durch die Flächengrößen wurde versucht, den Persistenzunterschieden einigermaßen gerecht zu werden. Aus diesem Grunde ist die Figur P prismatisch zu sehen, F aber rhomboedrisch mit nur geringer Abstumpfung der Randkanten durch das Prisma  $11\bar{2}0$ .

## C. Die Hauptzonen des Calcits

### 1. Schematische Dreiecksprojektion der drei- und vierstellig symbolisierten Calcitformen

Zwecks einer ersten Orientierung wurden sämtliche Formen, deren P- oder F-Werte größer als 5 sind, in stereographischen Projektionsbildern zusammengestellt (Fig. 9 P und F). Sofort zeigt sich die überragende morphologische Bedeutung der Kanten des Grundrhomboeders und seiner Schnittlinien mit der Basis, d. h.  $[\bar{1}011]$  und  $[1\bar{2}11]$ . Im Vergleich zu ihnen folgen die andern Zonen erst in beträchtlichem Abstand. Für einen vollen Einblick in die Zonenverhältnisse des Calcits genügen die Möglichkeiten des stereographischen und gnomonischen Projektionsverfahrens nicht; die schematische Dreiecksprojektion kommt allein in Frage. Gemäß einer mehrfach erprobten Erfahrung wurde das rechtwinklige Dreieck dem gleichseitigen vorgezogen. In Fig. 10 sind sämtliche 539 Formen des Calcits in viergliedriger Symbolisierung dargestellt. Das einzige Dreieck  $10\bar{1}0$  als  $100$ ,  $01\bar{1}0$  als  $010$ ,  $0001$  als  $001$  genügt, um alle Formen zu erfassen. Der dritte Index, der als negative Summe der beiden ersten überflüssig ist und nur zur gleichartigen Bezeichnung zusammengehöriger Flächen dient, darf ohne Bedenken übergangen werden. Mit Ausnahme des hexagonalen

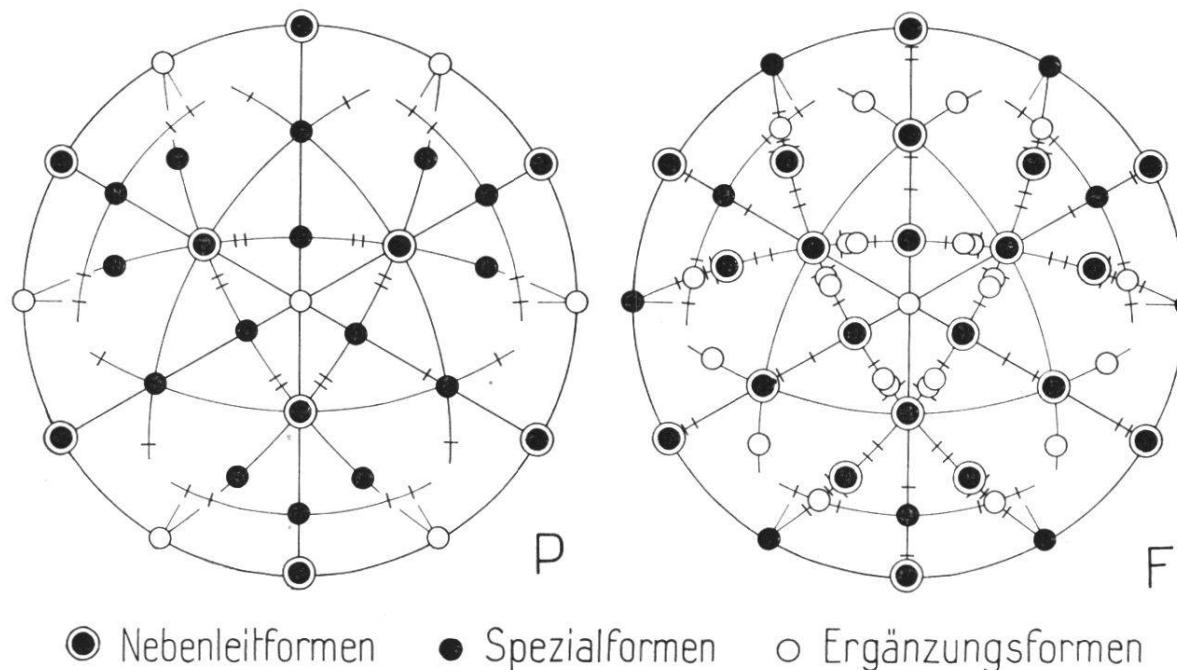


Fig. 9. Stereographische Projektion der häufigsten Calcitformen. P : Kombinationspersistenz ; F : Fundortspersistenz. Mit den kurzen Strichen, die quer zu den Zonenkreisen liegen, ist die Lage der individuellen Formen mit einer Persistenz  $> 5$  angegeben. Flächenwichtigkeit und Flächenverteilung sprechen überzeugend für den hypokubischen Charakter des Minerals.

Prisma I und der dihexagonalen Prismen kihl kommt aber jede Form nur mit einer einzigen Fläche zur Darstellung. Zu ihrer Eintragung können die Indizes, wie sie in Tab. 3 aufgeführt sind, unverändert benutzt werden. Um allgemein zu einer Fläche kihl den Projektionspunkt zu finden, wird die Maßzahl der Katheten des rechtwinkligen Projektionsdreiecks durch die Indizessumme  $k + i + 1$  (alle positiv genommen) dividiert. Ist  $Q$  der Quotient, so können  $kQ$  und  $iQ$  als rechtwinklige Koordinaten des gesuchten Punktes gelten, sofern der Eckpunkt  $01\bar{1}0$  als Ursprung, die Gerade  $01\bar{1}0 \rightarrow 0001$  als positive Ordinatenachse und die Gerade  $01\bar{1}0 \rightarrow 10\bar{1}0$  als die positive Abszissenachse gewählt sind. Die Projektion lässt sich also auf gewöhnlichem  $\frac{m}{m}$ -Papier leicht ausführen.

Zu jedem Punkt P der Fig. 10 lassen sich die zugehörigen Indizes kihl ziemlich genau ermitteln. Nach Konstruktion entspricht die Abszisse von P dem Index  $k$ , die Ordinate dem Index  $i$ . Der Index  $i$  ( $\leq k$ ) ergänzt die Summe  $k + i$  zu 100, falls die Abstandsgrößen in Millimetern gemessen werden. Der dritte Index  $h$  ist definitionsgemäß die negative Summe von  $k + i$ . Natürlich sind die erhaltenen Werte auf ganze, teilerfremde Zahlen zu reduzieren.

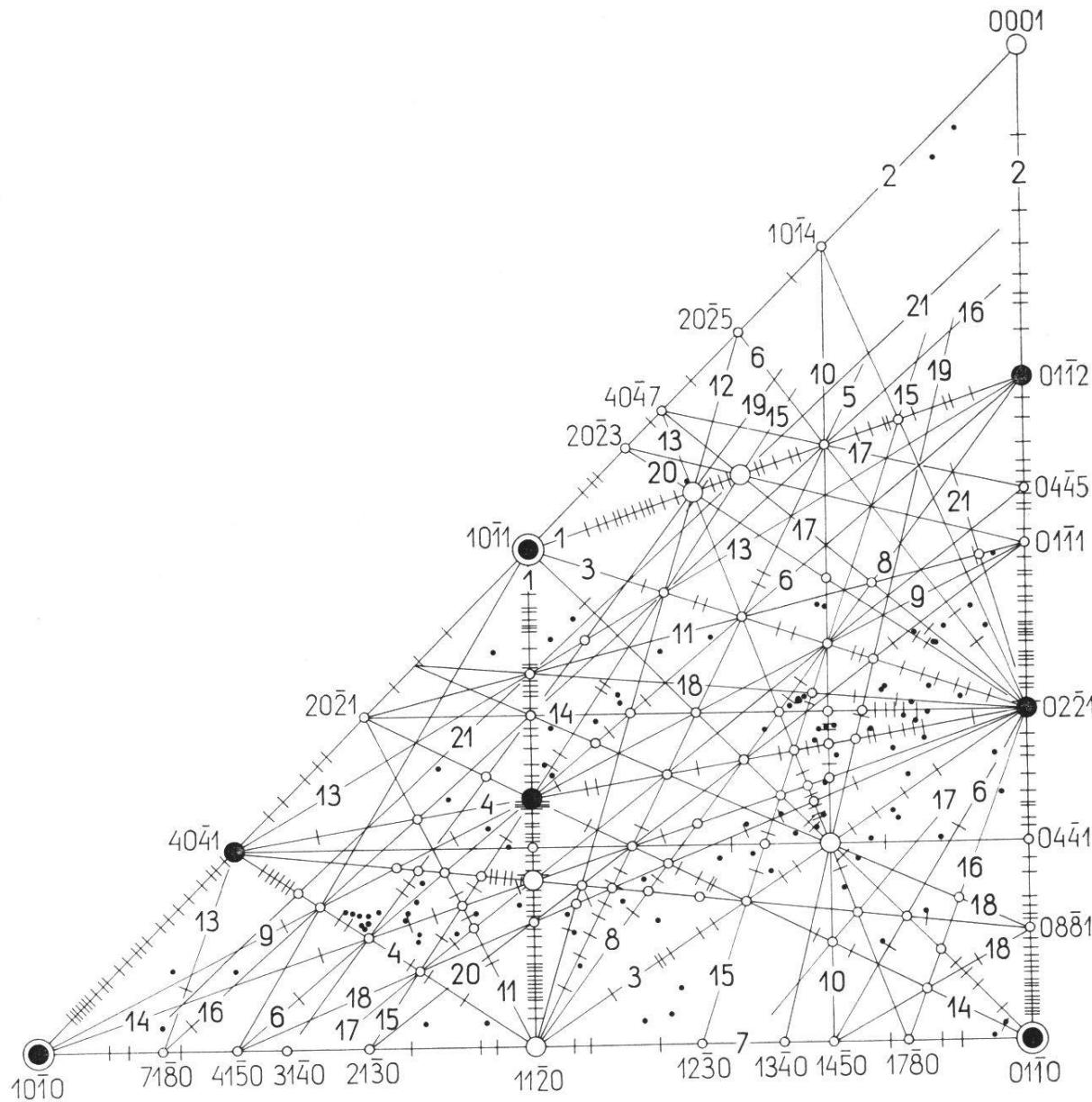


Fig. 10. Schematische Dreiecksprojektion aller 539 Calcitformen. Die 8 überindividuellen Formen der P-Bewertung sind ähnlich wie in Fig. 9 hervorgehoben. Der schwarze Kreis im Innern des Dreiecks entspricht der Lage 2131. Die vier nicht indizierten größeren, leeren Kreise entsprechen jenen 4 Formen, die in der F-Bewertung, nicht aber in der P-Bewertung, noch zu den Spezialformen zählen. Nach abnehmender Entfernung von der Dreiecksbasis geordnet, sind es folgende: 2134, 2145, 1341 und 3251. Die Zonennumerierung entspricht der Einzelbeschreibung auf S. 287 ff. Zur Entlastung der Figur wurden gewisse Zonenlinien nicht bis an die Dreiecksbegrenzung verlängert und auch nicht mit allen ihren Teilstrecken eingezeichnet. Stellenweise sind sie sehr dicht mit individuellen Formen besetzt, so daß die Querstriche fast zusammenfließen. Liegen solche Formen an der Kreuzungsstelle mehrerer Zonen, so wurden sie durch ein kleines, leeres Kreischen angedeutet. Individuelle Formen, die auf keiner der gezeichneten Zonen liegen, sind als schwarze Punkte markiert. Um den Zonenverband der 539 Calcitformen überblicken zu können, diente eine sorgfältig konstruierte Projektion, deren Dreiecksbasis 50 cm mißt. Vorliegende Figur ist eine stark vereinfachte Wiedergabe dieser mühevollen Arbeit.

Da Fig. 9 den hypokubischen Charakter des Calcits vermuten läßt, ist es angezeigt, auch die dreigliedrige Flächensymbolisierung zu berücksichtigen. Diese ist schon in Tab. 3 angegeben. Zur schematischen Projektion sämtlicher Formen sind jedoch zwei Dreiecke erforderlich. Aus drucktechnischen Gründen wurde, anders wie in Niggis Lehrbuch,  $100, 0\bar{1}0, 001$  als zweites Dreieck gewählt. Es ergänzt  $100, 010, 001$  zu einem Quadrat (Fig. 14). Wegen der Trisymmetrie des letztern Dreiecks, das nur Formen mit positiven Indizes enthält, erscheinen darin — außer der Basis  $111$  — alle Formen mit mehreren Flächen, nämlich die positiven und negativen Rhomboeder  $pqq$  bzw.  $ppq$  ( $p > q$ ) mit drei, die Skalenoeder  $pqr$  aber und die hexagonalen Bipyramiden (gleichfalls  $pqr$ , jedoch so, daß  $p + q + r$  ein Vielfaches von 3 ist; in Wirklichkeit nur  $210$  vorhanden) mit je 6 Flächen. Die zusammengehörigen Punktlagen werden am bequemsten durch symmetriegerrechte Umstellung eines eingetragenen Punktes gefunden. Die Eintragung selber geschieht auf ähnliche Art und Weise wie für die viergliedrigen Symbole. Die Formen mit positiven und negativen Indizes — und es handelt sich um die Mehrzahl — können dagegen mittels der in Tab. 3 aufgeführten Symbole nicht direkt, sondern erst nach bestimmten Vertauschungen der Zahlen im zweiten Dreieck dargestellt werden. Wie vorzugehen ist, zeigt Fig. 11 A. Das schraffierte

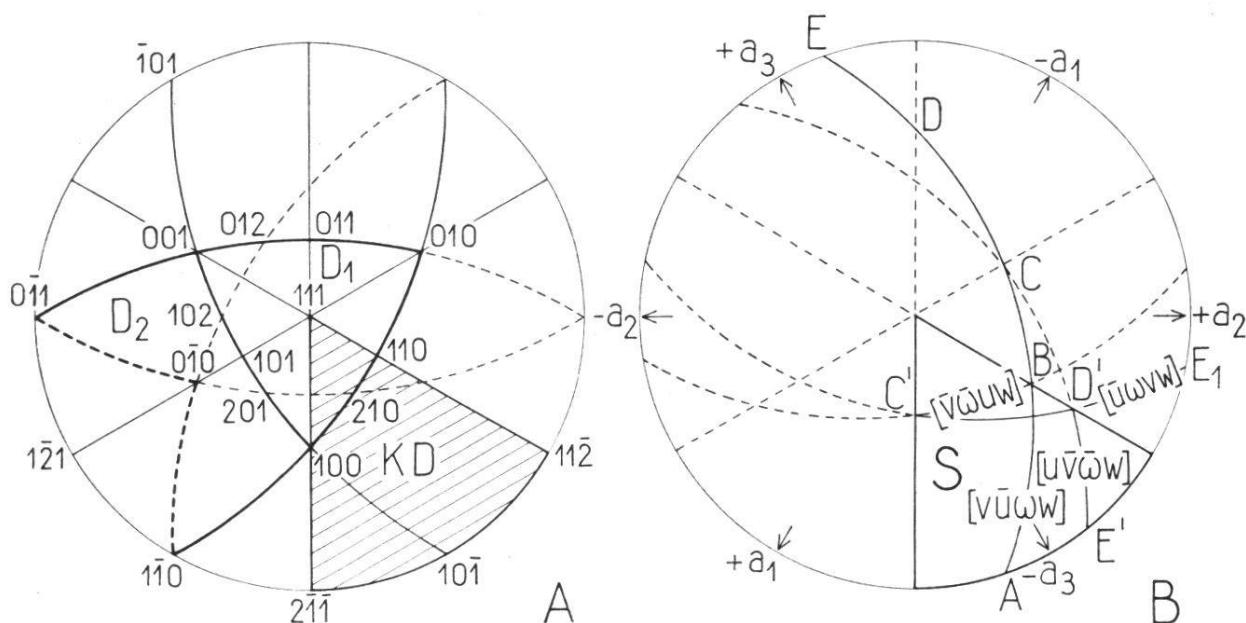


Fig. 11. A bringt das Doppeldreieck  $D_1, D_2$  der dreigliedrigen Symbolisierung in Beziehung zum Projektionsdreieck KD der Bravaisschen Symbolgebung. B zeigt, wie eine beliebige, viergliedrig symbolisierte Zone durch vier Teilstrecken im Dreieck S zur Darstellung gebracht werden kann.

Kugeldreieck (KD) umfaßt die Lage der viergliedrig symbolisierten Flächen der Fig. 10. Die fett ausgezogenen Dreiecke  $D_1$  und  $D_2$ , von denen das zweite —  $D_2$  — auf die Unterseite der Kugel hinabgreift, entsprechen der rhomboedrischen Achsenwahl. Der Teil  $100 : 110 : 111$  von KD gehört dem Dreieck  $D_1$  an und ist bereits erledigt. Vom restlichen Teil  $100 : 2\bar{1}\bar{1}, 1\bar{1}\bar{2} : 110$  des schraffierten Kugeldreiecks ist  $100 : 10\bar{1} : 11\bar{2} : 110 : 100$  das Spiegelbild des in  $D_2$  gelegenen Polygons  $100 : 1\bar{1}0 : 1\bar{2}1 : 101 : 100$ . Aus den gegebenen Indizes  $ik\bar{h}l$  erhält man  $h\bar{k}i\bar{l} ; pq\bar{r}$  ( $p > q, r$ ) wird also zu  $p\bar{r}q$ . Wegen der vorhandenen Symmetrieebene  $1\bar{2}10 = 0\bar{1}1$  wird im Dreieck  $100 : 0\bar{1}0 : 001$  die Fläche  $p\bar{r}q$  von  $q\bar{r}p$  begleitet.

Vom schraffierten Kugeldreieck bleibt noch der Zwickel  $100 : 2\bar{1}\bar{1} : 10\bar{1}$ . Die zugehörigen Symbole sind von der Form  $p\bar{r}q$  ( $p > q > r$ ). Durch Spiegelung an  $0\bar{1}1$  geht dieser Kugelteil in  $100 : 2\bar{1}\bar{1} : 1\bar{1}0$  und hierauf durch Drehung um die  $a_1$ -Achse =  $[1\bar{1}0]$  in  $1\bar{1}0 : 0\bar{1}0 : 1\bar{2}1$  über. Hierbei wird  $p\bar{r}q$  zu  $q\bar{p}r$ , und dieses Symbol ist wegen der Kristallsymmetrie mit  $r\bar{p}q$  gepaart.

Im Dreieck  $D_2$  ist, von  $p\bar{q}p$  abgesehen, jede Form durch zwei Flächen vertreten.

## 2. Darstellung des Zonenhalbkreises durch Teilstrecken des Projektionsdreieckes

Nach P. Niggli wird die Morphologie eines Kristalls von den Zonen ausschlaggebend beherrscht. Je mehr Flächen — namentlich wichtige Flächen — einer Zone angehören, umso bedeutungsvoller ist sie. Da dem Calcit das Zentrum der Symmetrie zukommt, wird jede Fläche von einer entsprechenden parallelen Gegenfläche begleitet. Es genügt daher, statt des ganzen Zonenkreises, wie das z. B. beim Quarz notwendig ist, nur den halben zu betrachten. In der Dreiecksprojektion kann er aber nicht unmittelbar als solcher dargestellt werden. Irgend eine gerade Strecke entspricht nur einem Teil des zugehörigen Zonenhalbkreises. Bloß durch gebrochene Linienzüge lassen sich sämtliche Flächen einfangen, die, nach geeigneter Umstellung der Indizes, auf der ins Auge gefaßten Zone liegen. Das ist für die *viergliedrige Schreibweise* der Symbole aus Fig. 11 B sofort ersichtlich.

Jener Sextant S der oberen Kugelhälfte, der dem Projektionsdreieck der Fig. 10 entspricht, ist stark ausgezogen; die fünf andern

Sextanten sind bloß angedeutet. Unbeschränkt viele Zonenkreise lassen sich so ziehen, daß sie S nicht schneiden ; sie sind für unsere Zwecke ohne Interesse. Zu jedem dieser Zonenkreise gibt es mindestens einen, der S trifft. ABCDE sei ein solcher Halbkreis. Dem Zonenstück BC, das außer dem Sextanten S liegt, entspricht als Spiegelbild BC'. Das weitere Stück CD geht durch Drehung von  $120^\circ$  um die c-Achse des Kristalls in C'D' über und das restliche Stück DE in D'E<sub>1</sub>. Zu D'E<sub>1</sub> — außerhalb S gelegen — gehört als Spiegelbild D'E'. Somit kommt die gegebene Zone im Sextanten S durch die aufeinanderfolgenden Bogen AB, BC', C'D' und D'E' zur äquivalenten Darstellung. Daß jeder Bogen Teil einer zur ursprünglichen Zone gleichwertigen andern Zone ist, wird aus Fig. 11 B sofort verständlich. Wird  $u > v > \omega$  gesetzt, so gelten die daselbst vermerkten Zonensymbole. Für die Fixpunkte erhält man folgende Indizes :

$$\begin{array}{lll} A : u + \omega, v - \omega, \bar{u} + \bar{v}, 0 & B : 0, w, \bar{w}, u + \omega & C' : w, 0, \bar{w}, u + v \\ & D' : 0, w, \bar{w}, v - \omega & E' : v - \omega, u + \omega, \bar{u} + \bar{v}, 0 \end{array}$$

Ob [vūωw] oder [uūωw] als Ausgangszone gewählt werde — die Punkte B, C' und D' eignen sich nicht als Zonenanfangspunkte, wenn man sich auf die obere Kugelhälfte beschränken will — ist belanglos. Ginge man aber von [ūvωw] bzw. von [ūuωw] aus (Zonen, die mit den beiden vorerwähnten allerdings nicht gleichwertig sind), so würden die entsprechenden Fixpunkte im S-Dreieck durch bloße Vertauschung des ersten und zweiten Index erhalten werden. Diese viergliedrige Aufteilung findet sich bei den S. 288 ff. besprochenen Zonen 6, 10, 13, 16, 17, 18, 20 und 21.

Neben dieser allgemeinen, vierteiligen Zonendarstellung sind einige Sonderfälle näher zu betrachten.

Rücken A und E' nach dem Flächenpol  $1\bar{1}\bar{2}0$ , so wird  $u = v$  und  $\omega = 0$ . Das Zonensymbol [vūωw] vereinfacht sich zu [1̄1̄0w], und B fällt mit D' zusammen (Fig. 12 A). Die beiden Bogen A<sub>0</sub>B<sub>0</sub> und B<sub>0</sub>C<sub>0</sub> enthalten bereits alle Formen, sind aber doppelt zu rechnen, um den Halbkreis zu ergänzen. Die Zonen [1̄1̄0w] sind mithin in der zeichnerischen Darstellung nur zweiteilig, in Wirklichkeit aber vierteilig. Von dieser Art sind die Zonen 1, 3, 4, 8, 11 und 12 von S. 287 ff.

Dreiteilig werden jene Zonen, für die  $v = \omega$  ist, wo also A mit  $10\bar{1}0$  zusammenfällt. B und C' werden dadurch zu Rhomboedern gleicher Neigung, und E' rückt zugleich mit D' nach  $01\bar{1}0$ . Fig. 12 A ver-

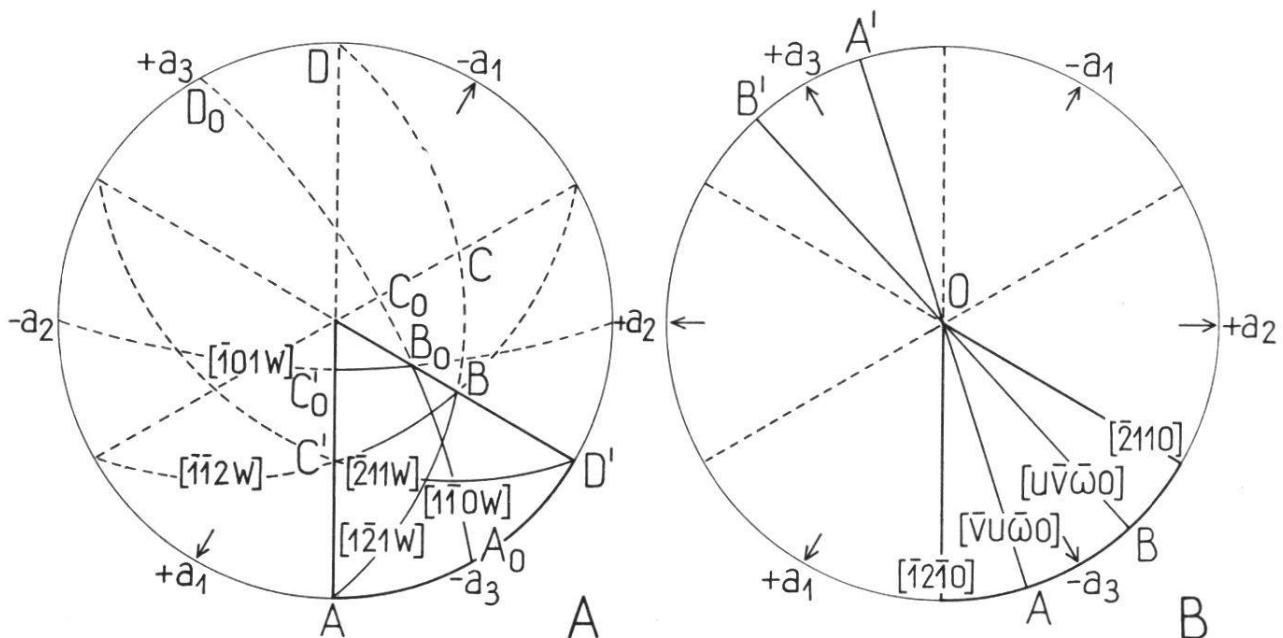


Fig. 12. Der vierteilige Linienzug einer allgemeinen Zone (Fig. 11 B) vereinfacht sich in besonderen Fällen ganz beträchtlich und kann zu einer einzigen, ungeknickten Geraden werden.

anschaulicht auch diesen Fall. Als Zonensymbol erhält man  $[1\bar{2}1w]$ . Vgl. dazu die unten aufgeführten Zonen 9 und 14.

Auf die einfachsten Zonen braucht nur kurz eingegangen zu werden. Sie sind aus Fig. 12 B sofort verständlich. Es sei bloß bemerkt, daß  $AO = [\bar{v}u\bar{w}0]$  und  $BO = [u\bar{v}\bar{w}0]$  zwei kristallographisch verschiedene Stücke sind. Dem erstern gehören positive, dem letztern negative Skalenoeder an. Zusammengenommen ergeben sie den Zonenhalbkreis  $[\bar{v}u\bar{w}0]$  bzw.  $[u\bar{v}\bar{w}0]$ . Gleiches gilt für die Rhomboederzone  $[\bar{1}2\bar{1}0]$ , welche durch den Linienzug  $10\bar{1}0 : 0001 : 01\bar{1}0$  zur zweiteiligen Veranschaulichung kommt. Anders die Bipyramidenzone  $[1\bar{1}00]$ . Da sie senkrecht zur Symmetrieebene  $11\bar{2}0$  steht, werden durch den Bogen  $11\bar{2}0 : 0001$ , der einen Viertelskreis darstellt und darum doppelt zu zählen ist, alle Formen erfaßt. Als Beleg dienen die Zonen 2, 5, 15, 19 (S. 288 ff.). Das Stück  $10\bar{1}0 : 11\bar{2}0$  der Prismenzone  $[0001]$  enthält zwar sämtliche Formen, macht aber bloß einen Sechstel des Halbkreises aus (S. 289, Nr. 7).

Bei dreigliederiger Symbolisierung ist der Verlauf des gebrochenen Linienzuges, der einem Zonenhalbkreis entspricht, unter Umständen sehr einfach. Die Zone  $[10\bar{1}]$  erscheint z. B. als unveränderte Gerade von  $010$  über  $101$  nach  $0\bar{1}0$ . Die Zonen  $[u\bar{0}\bar{w}]$ , zu denen auch  $[100]$  und  $[001]$  gehören, kommen ebenfalls zu einer ununterbrochenen Dar-

stellung, erleiden aber beim Übergang vom ersten zum zweiten Dreieck eine Knickung.

Soll ein zerstückelter Linienzug beide Dreiecke kreuzen, so darf das Zonensymbol nicht lauter positive Indizes enthalten. Es möge z. B. in der Form  $[\bar{u}vw]$  geschrieben sein (Fig. 13 A). Ob  $v$  größer oder kleiner ist als  $w$ , hat (wenn sie nur positiv sind) zunächst keine Bedeutung. Auch darf  $u$  im Vergleich zu den zwei andern Indizes der Größe nach ganz beliebig sein. Sofort erhalten wir als Fixpunkte

$$A = vu0 \quad B = w0u \quad C = 0\bar{w}v \quad A' = \bar{v}\bar{u}0$$

Einzig der Bogen  $CA'$  greift über den Rahmen der beiden Projektionsdreiecke hinaus. Durch eine Kugeldrehung um die Digyre  $[0\bar{1}1]$  geht er in die Lage  $C_0A'_0$  über, wo

$$C_0 = 0\bar{v}w \quad \text{und} \quad A'_0 = v0u$$

ist. Auf die verschiedenen Möglichkeiten näher einzugehen, scheint überflüssig zu sein. Es sei jedoch betont, daß für  $[\bar{1}11]$  die Formeln gewissermaßen versagen, indem die Strecke  $C_0A'_0$  mit  $BC$  identisch wird. Durch Einbezug des gleichwertigen Zonenstückes  $1\bar{1}0 : 101$  kommt aber der Zonenhalbkreis wieder voll zur Veranschaulichung.

Zonen, deren Indizes lauter positive Werte haben, treffen, von  $[100]$ ,  $[010]$  und  $[001]$  abgesehen, das erste Projektionsdreieck nicht.

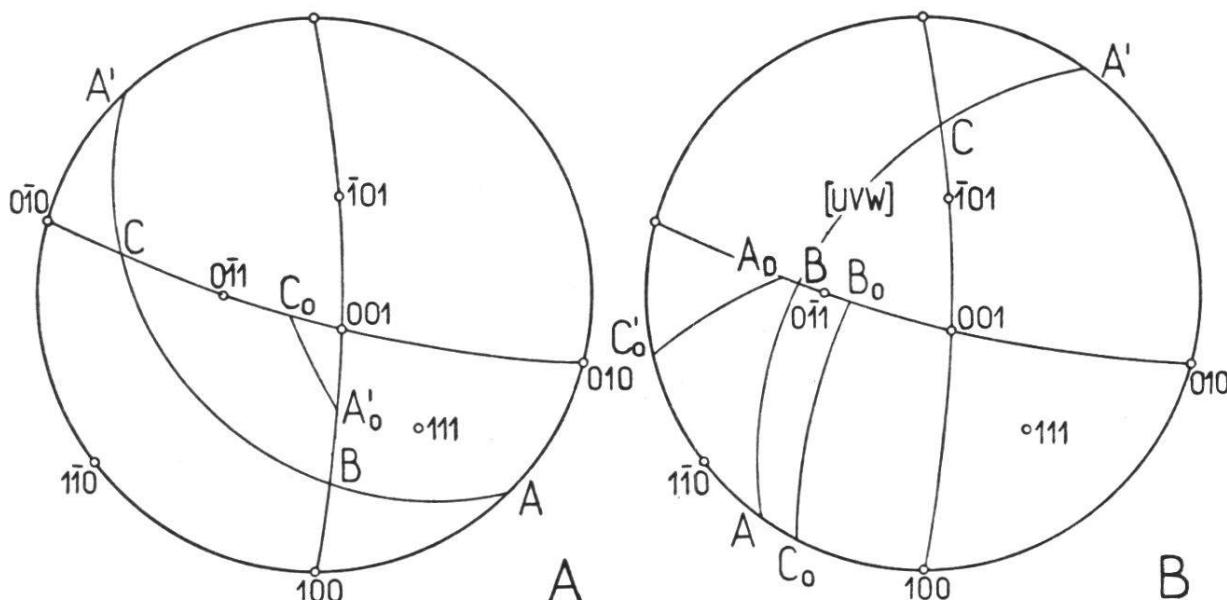


Fig. 13. Im Doppeldreieck der rhomboedrischen Symbolisierung teilt sich die Zonenlinie u. U. in drei zusammenhanglose Stücke auf; sie ist also nicht nur geknickt, sondern zerrissen. A: ein Zonenindex negativ; B: alle drei Zonenindizes positiv.

Wie der gebrochene Linienzug im zweiten Dreieck verläuft, erhellt unschwer aus Fig. 13 B. Ist das Zonensymbol  $[uvw]$  gegeben, so errechnet man für die Fixpunkte des Halbkreises folgende Tripel:

$$A = v\bar{u}0 \quad B = 0\bar{w}v \quad C = \bar{w}0u \quad A' = \bar{v}u0$$

Wird wie oben die Kugel um  $[0\bar{1}1]$  halbherumgedreht, so geht der Bogen BC in einen solchen des zweiten Dreiecks über:  $B_0C_0$ . Die zugehörigen Koordinatentripel sind

$$B = 0\bar{v}w \quad C_0 = w\bar{u}0$$

Nun werde die Kugel um die Trigyre  $[111]$  um  $120^\circ$  nach links gedreht. Der Bogen CA' erhält dadurch die Lage  $C'_0A'_0$ , wo

$$C'_0 = u\bar{w}0 \quad A'_0 = 0\bar{v}u$$

ist. Abermals sollen die Sonderfälle übergangen werden. Die Zone  $[110]$  würde z. B. durch die gekreuzten Strecken  $1\bar{1}0 \rightarrow 001$  und  $0\bar{1}1 : 100$  veranschaulicht. Vom Zonenhalbkreis  $[111]$  ist nur das Stück  $1\bar{1}0 \rightarrow 0\bar{1}1$  durch unser Projektionsverfahren darstellbar. Es enthält aber, obwohl nur einen Drittels des Halbkreises bildend, alle Formen mit je zwei Flächen.

Bei nachstehender Detailbehandlung wichtiger Zonen viergliedriger Symbolisierung ist der Verlauf der zugehörigen Zonen dreigliedriger Schreibweise überall angegeben. Es bieten sich so, zusammen mit Fig. 14, Beispiele zu den verschiedensten Möglichkeiten.

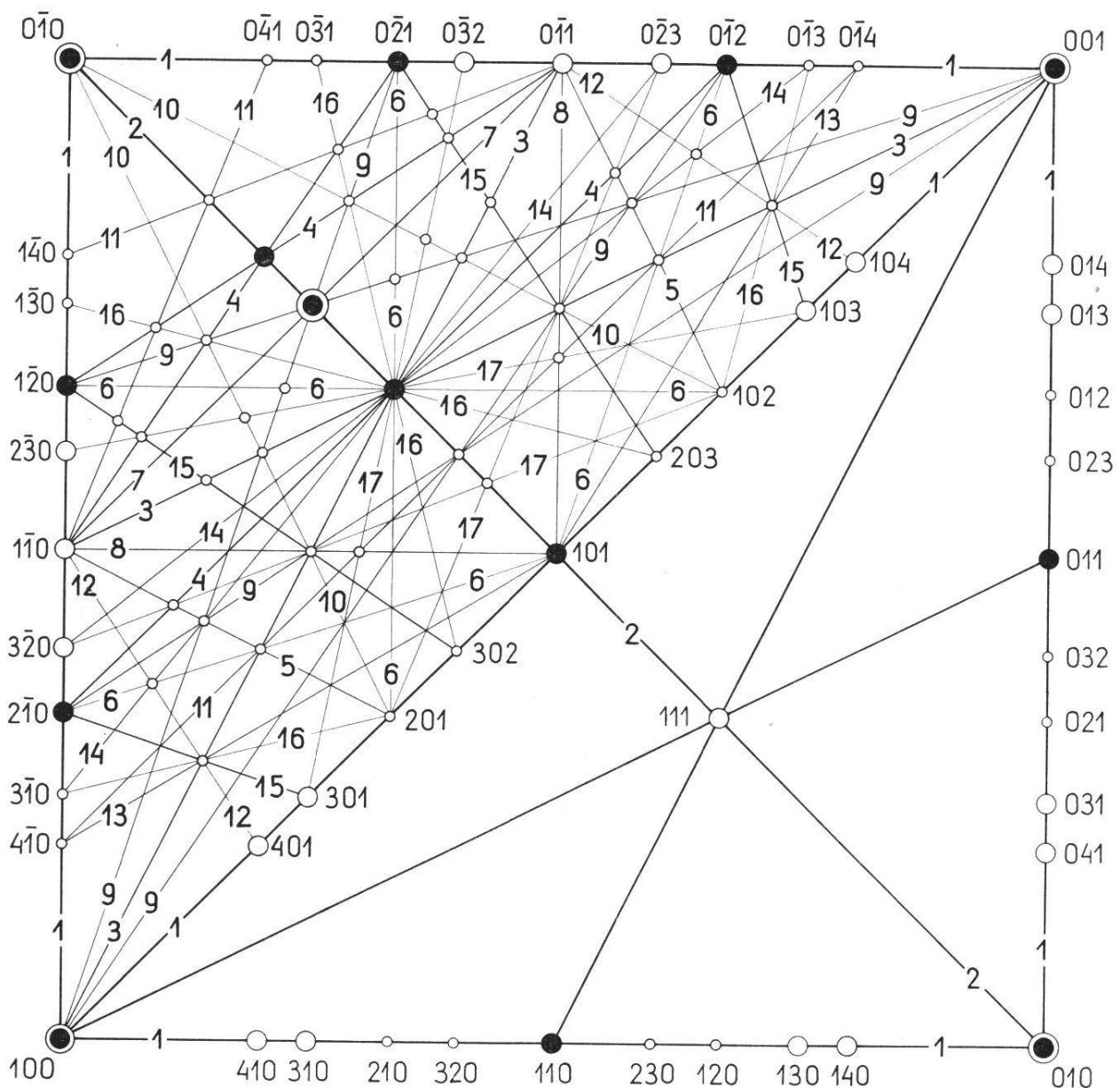
### 3. Die stärkstbesetzten Zonen des Calcits

Nach diesen Darlegungen können die Zonen des Calcits im Einzelnen besprochen werden. Es werden jedoch nur die stärkstbesetzten in Betracht gezogen. Die Flächensymbole  $hkil$  werden so geschrieben, daß sie zum angegebenen Zonensymbol  $[uvw]$  passen, derart also, daß unter Berücksichtigung der jeweiligen Vorzeichen die Gleichung

$$hu + kv + iw + lw = 0$$

erfüllt ist.

Flächen, die bereits einer vorangehenden Zone eingegliedert sind oder in der zur Diskussion stehenden Zone schon an früherer Stelle vermerkt wurden, erhalten ein Sternchen. Sie sind in der Zahl der für die Zone neuen Flächen nicht mitgerechnet. Verwendet werden, wie durchwegs in dieser Arbeit, die viergliedrigen Symbole. Dem viergliedrigen Zonensymbol wird aber auch das dreigliedrige beigeschrie-



*Fig. 14.* Schematische Calcitprojektion im Doppeldreieck 100 : 010 : 001 : 010. Von 1 ½ Dutzend Punktlagen abgesehen, scharen sich alle Formen im Dreieck 100 : 010 : 001, das nur halb so groß ist wie das der Fig. 10, überaus dicht zusammen. Bei der Basislänge von 10 cm müssen wichtigste Einzelheiten verschwinden. Es wurden darum nur wenige Flächenpole eingetragen. Die durch größere Kreise hervortretenden Punkte haben die gleiche Bedeutung wie in Fig. 10. Die kleinen, leeren Kreise entsprechen individuellen Formen, welche in den Schnittpunkten von drei und mehr Zonengeraden liegen. Diese letztern wurden nicht immer mit allen ihren Teilen ausgezogen. Sie unterblieben vor allem im Dreieck 100 : 010 : 001, damit seine trigyrische Symmetrie nicht durch Hervorhebung bestimmter Richtungen an Eindrücklichkeit verliere. Von den Zonen 18-21 wurde gänzlicher Abstand genommen. Verschiedene, der Flächenbesetzung angepaßte Dicke der Linien soll eine gewisse Übersichtlichkeit in das spinnennetzartige Gewirr hereinbringen. Zu beachten, daß die Linie 010 : 101 : 010 das Quadrat in zwei spiegelbildliche Hälften teilt. Darum ist zu jedem Zonenstück [uvw] auch das symmetrische Stück [wvu] gezogen.

ben. Für die Transformation bestehen die gleichen Identitäten wie für die Flächensymbole.

Leider war es nicht möglich, alle nachstehend studierten Zonen in Fig. 10 und Fig. 14 ganz einzuzeichnen ; die Bilder wären zu einem unübersehbaren Liniengewirr geworden. Um aber die Kontrolle eines jeden Falles an Hand dieser Figuren zu ermöglichen, wurden die Fixpunkte — vorgängig der Aufzählung der zur Zone gehörenden Flächen — der Reihe nach angegeben, und zwar in jener Indizesanordnung geschrieben, welche ihre Lage in den Bildern sofort findet. Falls diese Flächen in Tab. 3 und demgemäß auch in Fig. 10 und fehlen, wurden sie rechts oben mit dem Zeichen  $\circ$  versehen. Das durch zwei, event. drei aufeinanderfolgende Fixpunkte bestimmte Zonen-Symbol wurde ebenfalls vermerkt. Es ist möglich, daß von den angegebenen Symbolen keines mit dem identisch ist, welches aus dem viergliedrigen Hauptsymbol errechnet wurde. Das ist ohne weiteres verständlich, wenn beachtet wird, daß die in Fig. 10 und Fig. 14 verfolgbaren gleichwertigen Zonen nicht den gleichen Verlauf haben.

Beim Hinschreiben der einer Zone angehörenden Flächen wurde durchwegs mit einer Prismenfläche oder, in Ermangelung einer solchen, mit der nächsten schiefen Fläche begonnen. Die zur Ausgangsfläche parallele Gegenfläche fällt weg, weil sie zur zweiten Hälfte des Zonenkreises gehört.

1.  $[\bar{1}101] = [010]$ .  $11\bar{2}0 \rightarrow 10\bar{1}1 = [\bar{1}101]$  ;  $10\bar{1}1 \rightarrow 01\bar{1}2 = [0\bar{1}11]$ . Diese beiden Zonenstücke bilden zusammen nur einen Viertelskreis.  $[100] = 010 \rightarrow 001 \rightarrow 0\bar{1}0$ . 98 Formen (von denen 96 mit zwei Flächen auftreten) ; 194 Flächen.

$11\bar{2}0, 17.16.\bar{3}\bar{3}.1, 13.12.\bar{2}\bar{5}.1, 21.19.\bar{4}\bar{0}.2, 10.9.\bar{1}\bar{9}.1, 9.8.\bar{1}\bar{7}.1, 17.15.\bar{3}\bar{2}.2, 8.7.\bar{1}\bar{5}.1,$   
 $15.13.\bar{2}\bar{8}.2, 7.6.\bar{1}\bar{3}.1, 13.11.\bar{2}\bar{4}.2, 49.41.\bar{9}\bar{0}.8, 6.5.\bar{1}\bar{1}.1, 11.9.\bar{2}\bar{0}.2, 54\bar{9}1, 9.7.\bar{1}\bar{6}.2,$   
 $17.13.\bar{3}\bar{0}.4, 43\bar{7}1, 23.17.\bar{4}\bar{0}.6, 11.8.\bar{1}\bar{9}.3, 7.5.\bar{1}\bar{2}.2, 10.7.\bar{1}\bar{7}.3, 19.13.\bar{3}\bar{2}.6, 32\bar{5}1,$   
 $29.19.\bar{4}\bar{8}.10, 17.11.\bar{2}\bar{8}.6, 8.5.\bar{1}\bar{3}.3, 13.8.\bar{2}\bar{1}.5, 53\bar{8}2, 29.17.\bar{4}\bar{6}.12, 19.11.\bar{3}\bar{0}.8,$   
 $7.4.\bar{1}\bar{1}.3, 9.5.\bar{1}\bar{4}.4, 20.11.\bar{3}\bar{1}.9, 17.9.\bar{2}\bar{6}.8, 25.13.\bar{3}\bar{8}.12, 29.15.\bar{4}\bar{4}.14, 41.21.\bar{6}\bar{2}.20,$   
 $81.41.\bar{1}\bar{2}\bar{2}.40, 24\bar{3}1, 15.7.\bar{2}\bar{2}.8, 11.5.\bar{1}\bar{6}.6, 7.3.\bar{1}\bar{0}.4, 52\bar{7}3, 8.3.\bar{1}\bar{1}.5, 25.9.\bar{3}\bar{4}.16,$   
 $31\bar{4}2, 22.7.\bar{2}\bar{9}.15, 17.5.\bar{2}\bar{2}.12, 72\bar{9}5, 11.3.\bar{1}\bar{4}.8, 19.5.\bar{2}\bar{4}.14, 41\bar{5}3, 21.5.\bar{2}\bar{6}.16,$   
 $13.3.\bar{1}\bar{6}.10, 51\bar{6}4, 61\bar{7}5, 19.3.\bar{2}\bar{2}.16, 13.2.\bar{1}\bar{5}.11, 71\bar{8}6, 81\bar{9}7, 17.2.\bar{1}\bar{9}.15, 11.1.\bar{1}\bar{2}.10,$   
 $10\bar{1}1, 14.1.\bar{1}\bar{3}.15, 10.1.\bar{9}.11, 9.1.\bar{8}.10, 8\bar{1}\bar{7}9, 15.\bar{2}.\bar{1}\bar{3}.17, 7\bar{1}\bar{6}8, 13.\bar{2}.\bar{1}\bar{1}.15, 61\bar{5}7,$   
 $17.3.\bar{1}\bar{4}.20, 11.2.\bar{9}.13, 51\bar{4}6, 9.\bar{2}.\bar{7}.11, 4\bar{1}\bar{3}5, 7\bar{2}\bar{5}9, 10.\bar{3}.\bar{7}.13, 13.\bar{4}.\bar{9}.17, 16.\bar{5}.\bar{1}\bar{1}.21,$   
 $31\bar{2}4, 17.\bar{6}.\bar{1}\bar{1}.23, 11.\bar{4}.\bar{7}.15, 52\bar{3}7, 7.\bar{3}.\bar{4}.10, 9.\bar{4}.\bar{5}.13, 2\bar{1}\bar{1}3, 7.\bar{4}.\bar{3}.11, 53\bar{2}8,$   
 $8.\bar{5}.\bar{3}.13, 11.\bar{7}.\bar{4}.18, 32\bar{1}5, 17.\bar{1}\bar{2}.\bar{5}.29, 9.\bar{7}.\bar{2}.16, 54\bar{1}9, 7.\bar{6}.\bar{1}.13, 11\bar{0}2$  usw. Alle 96 Symbole zwischen  $1\bar{1}02$  und  $11\bar{2}0$  sind zu wiederholen, unter Vertauschung des ersten Index mit dem zweiten und Vorzeichenänderung der drei ersten Indizes.

2.  $[1\bar{2}10] = [0\bar{1}1]$ . In der viergliedrigen Symbolisierung entspricht die Zone den beiden Schenkeln des Projektionsdreieckes. Mit  $10\bar{1}0$  beginnend, enthält sie alle positiven Rhomboeder (Tab. 3, L. Nr. 73-30, dann die Basis und hernach alle negativen Rhomboeder (L. Nr. 74-148), aber in der Schreibweise hohl). Der Zone gehören also 121 Formen mit 121 Flächen an. Zwei dieser Formen  $10\bar{1}1$  und  $01\bar{1}2$  erschienen schon in der Zone  $[\bar{1}101]$ , so daß zu jenen 98 Formen 119 neu hinzukommen. In Millerscher Schreibweise hat man  $[10\bar{1}] = 010 \rightarrow 101 \rightarrow 0\bar{1}0$ .

3.  $[1\bar{1}02] = [101]$ .  $11\bar{2}0 \rightarrow 02\bar{2}1 = [\bar{1}\bar{1}02]$ ;  $02\bar{2}1 \rightarrow 10\bar{1}1 = [\bar{1}012]$ . Vgl. die Eingangsbemerkung zu  $[\bar{1}101]$ .  $1\bar{1}0 \rightarrow 001 = [110]$ ;  $0\bar{1}1 \rightarrow 100 = [011]$ . 34 Formen (davon 31 neu) mit 66 Flächen. Diese Zone ist nicht so reichhaltig wie  $[1\bar{2}10]$ . Da sie aber hypokubisch betrachtet zur letztern gehört, findet sie hier ihren richtigen Platz.

$11\bar{2}0^*$ , 25.31.5 $\bar{6}$ .3, 9.13.2 $\bar{2}$ .2, 13.19.3 $\bar{2}$ .3, 4.6. $\bar{1}\bar{0}$ .1, 35 $\bar{8}1$ , 8.14.2 $\bar{2}$ .3, 24 $\bar{6}1$ , 3.7. $\bar{1}\bar{0}$ .2, 4.10. $\bar{1}\bar{4}$ .3, 13 $\bar{4}1$ , 5.17.2 $\bar{2}$ .6, 2.8. $\bar{1}\bar{0}$ .3, 15 $\bar{6}2$ , 17 $\bar{8}3$ , 02 $\bar{2}1^*$ ,  $\bar{1}.17.\bar{1}\bar{6}.9$ ,  $\bar{1}.11.\bar{1}\bar{0}.6$ , 1985, 17 $\bar{6}4$ , 2.12. $\bar{1}\bar{0}.7$ , 15 $\bar{4}3$ , 28 $\bar{6}5$ , 3.11.8.7, 4.14. $\bar{1}\bar{0}.9$ , 13 $\bar{2}2$ , 4.10.6.7, 37 $\bar{4}5$ , 24 $\bar{2}3$ , 11.19.8.15, 35 $\bar{2}4$ , 4625, 5726,  $\bar{1}101^*$  und weiter, genau so, wie bei  $[\bar{1}101]$  angegeben ist.

4.  $[\bar{1}104] = [121]$ .  $11\bar{2}0 \rightarrow 40\bar{4}1 = [\bar{1}104]$ ;  $40\bar{4}1 \rightarrow 02\bar{2}1 = [0\bar{1}14]$ . Vom gleichen Charakter wie  $[\bar{1}101]$ .  $2\bar{1}0 \rightarrow 0\bar{1}2 = [121]$ ;  $0\bar{2}1 \rightarrow 1\bar{1}0 = [112]$ ;  $1\bar{2}0 \rightarrow 0\bar{1}1 = [211]$ . 39 Formen (neu 35); 76 Flächen.

$11\bar{2}0^*$ , 12.8.2 $\bar{0}$ .1, 17.9.2 $\bar{6}$ .2, 8.4. $\bar{1}\bar{2}$ .1, 15.7.2 $\bar{2}$ .2, 62 $\bar{8}1$ , 11.3. $\bar{1}\bar{4}$ .2, 16.4.2 $\bar{0}$ .3, 51 $\bar{6}1$ , 14.2. $\bar{1}\bar{6}$ .3, 32.4.3 $\bar{6}$ .7, 9.1. $\bar{1}\bar{0}$ .2, 40.4.4 $\bar{4}$ .9, 22.2.2 $\bar{4}$ .5, 13.1. $\bar{1}\bar{4}$ .3, 17.1. $\bar{1}\bar{8}$ .4, 40 $\bar{4}1^*$ , 11.1. $\bar{1}\bar{0}$ .3, 10.2.8.3, 31 $\bar{2}1^*$ , 20.8. $\bar{1}\bar{2}$ .7, 17.7. $\bar{1}\bar{0}$ .6, 84 $\bar{4}3$ , 13.7.6.5, 53 $\bar{2}2$ , 17.11.6.7, 12.8.4.5, 19.13.6.8, 40.28. $\bar{1}\bar{2}$ .17, 75 $\bar{2}3$ , 16.12.4.7, 52.40.12.23, 97 $\bar{2}4$ , 20.16.4.9, 11.9.2.5, 24.20.4.11, 13.11.2.6, 25.23.2.12, 22 $\bar{0}1^*$  und weiter bis  $1\bar{1}20$  (ausschließlich, wie bei  $[\bar{1}101]$ ).

5.  $[\bar{1}100] = [1\bar{2}1]$ . Ausgehend von  $11\bar{2}0^*$  umfaßt die Zone alle 16 Bipyramiden (Tab. 3, L. Nr. 29-14; in dieser Reihenfolge) und die Basis 0001\*. Dieser folgen die Bipyramidenflächen, aber in der Reihenfolge 14-29 und mit dem Symbol  $\bar{1}\bar{1}21$ .  $120 \rightarrow 102 \rightarrow 0\bar{1}1 = [\bar{2}11]$ ;  $1\bar{1}0 \rightarrow 201 = [11\bar{2}]$ . 18 Formen mit 34 Flächen. Da in den oben diskutierten Zonen die Bipyramiden  $11\bar{2}3$ ,  $22\bar{4}3$  und  $44\bar{8}3$  bereits mitgezählt wurden, liefert  $[\bar{1}100]$  nur 13 neue Formen.

6.  $[2\bar{3}12] = [1\bar{1}2]$ .  $41\bar{5}0 \rightarrow 01\bar{1}2 = [2\bar{3}12]$ ;  $01\bar{1}2 \rightarrow 20\bar{2}5 = [\bar{2}\bar{1}32]$ ;  $20\bar{2}5 \rightarrow 02\bar{2}1 = [\bar{3}122]$ ;  $02\bar{2}1 \rightarrow 14\bar{5}0 = [32\bar{1}2]$ .  $210 \rightarrow 101 \rightarrow 0\bar{1}2 = [121]$ ;  $0\bar{2}1 \rightarrow 201 = [\bar{1}12]$ . 18 Formen (neu 11); 18 Flächen.

4150, 14.4.18.1, 6281\*, 10.4.14.3, 2131\*, 8.5.13.6, 6.4.10.5, 10.7.17.9, 2243\*, 0112\*, 2205\*, 2113\*, 8176, 12.1.11.8, 2021\*, 10.1.11.3, 6171, 16.3.19.2. Die komplizierte Form 220.130.350.153 liegt dieser Zone sehr nahe. Genau erfüllt wäre die Zonenrichtigkeit z. B. für 220.131.351.152, einfacher natürlich für 22.13.35.15. Die fragliche Fläche liegt aber auch der Zone 18 nahe. Darum ist sie — in Vereinfachung des Tatbestandes — als Schnittpunkt beider Zonen eingetragen: 10.6.16.7.

7.  $[0001] = [111]$ .  $1\bar{1}0 \rightarrow 01\bar{1}0 = [0001]$ .  $1\bar{1}0 \rightarrow 0\bar{1}1 = [111]$ . Es ist nur je ein Drittel des Halbkreises dargestellt. 12 Formen (neu 9); 66 Flächen. Die große Flächenzahl gegenüber der kleinen Formenzahl ist zu beachten.

1010\*, 13.1.14.0, 10.1.11.0, 7180, 6170, 4150\*, 3140, 2130, 5380, 5490, 7.6.13.0, 1120\*.

8.  $[2\bar{2}01] = [1\bar{1}1]$ .  $11\bar{2}0 \rightarrow 01\bar{1}2 = [2\bar{2}01]$ ;  $01\bar{1}2 \rightarrow 10\bar{1}4 = [\bar{2}021]$ . Vgl. Zone 1 und Zone 3.  $110 \rightarrow 101 \rightarrow 0\bar{1}1 = [1\bar{1}1]$ ;  $1\bar{1}0 \rightarrow 101 = [11\bar{1}]$ . 14 Formen (neu 9); 26 Flächen.

1120\*, 6.7.13.2, 5.6.11.2, 9.11.20.4, 4592, 3472, 2352\*, 5.8.13.6, 3584, 5.9.14.8, 1232\*, 2576, 0112\*, 1104\* und weiter, ähnlich wie bei Zone 3 =  $[1\bar{1}02]$ .

9.  $[1\bar{2}13] = [102]$ .  $10\bar{1}0 \rightarrow 01\bar{1}1 = [1\bar{2}13]$ ;  $01\bar{1}1 \rightarrow 10\bar{1}1 = [\bar{1}\bar{1}23]$ ;  $10\bar{1}1 \rightarrow 01\bar{1}0 = [\bar{2}113]$ .  $2\bar{1}0 \rightarrow 001 = [120]$ ;  $0\bar{2}1 \rightarrow 100 = [012]$ . 24 Formen (neu 14); 25 Flächen.

1010\*, 6171, 5161\*, 7292, 11.4.15.4, 2131\*, 20.11.31.11, 1121\*, 1232\*, 0111\*, 1101\*, 5414, 2111\*, 5232\*, 3121, 7252, 18.5.13.5, 4131\*, 13.3.10.3, 7161\*, 10.1.9.1, 12.1.11.1, 14.1.13.1, 17.1.16.1, 31.1.30.1.

10.  $[\bar{3}211] = [\bar{1}20]$ .  $14\bar{5}0 \rightarrow 10\bar{1}4 = [\bar{3}211]$ ;  $10\bar{1}4 \rightarrow 01\bar{1}5 = [\bar{1}\bar{2}31]$ ;  $01\bar{1}5 \rightarrow 10\bar{1}1 = [\bar{1}321]$ ;  $10\bar{1}1 \rightarrow 41\bar{5}0 = [\bar{2}3\bar{1}1]$ .  $010 \rightarrow 201 \rightarrow 0\bar{1}0 = [\bar{1}02]$ . 16 Formen (neu 6); 16 Flächen.

1450\*, 2791, 1341\*, 3.8.11.4, 5.13.18.7, 2573\*, 7.17.24.11\*, 5.12.17.8, 3.7.10.5, 1232\*, 3587, 4123\*, 1014\*, 1105\*, 0111\*, 1561\*.

11.  $[\bar{1}102] = [141]$ .  $11\bar{2}0 \rightarrow 20\bar{2}1 = [\bar{1}102]$ ;  $20\bar{2}1 \rightarrow 01\bar{1}1 = [0\bar{1}12]$ . Vgl. Zone 1.  $4\bar{1}0 \rightarrow 0\bar{1}4 = [141]$ ;  $0\bar{4}1 \rightarrow 1\bar{1}0 = [114]$ ;  $0\bar{1}1 \rightarrow 1\bar{4}0 = [411]$ . 15 Formen (neu 7); 28 Flächen.

1120\*, 19.13.32.3, 14.8.22.3, 13.7.20.3, 4261, 15.7.22.4, 10.4.14.3\*, 8.2.10.3\*, 2021\*, 5143\*, 4223\*, 7526\*, 21.19.2.20, 22.20.2.21, 1101\*, usw. wie bei Zone 1.

12.  $[\bar{5}502] = [\bar{1}4\bar{1}]$ .  $11\bar{2}0 \rightarrow 20\bar{2}5 = [\bar{5}502]$ ;  $20\bar{2}5 \rightarrow 01\bar{1}5 = [05\bar{5}2]$ . Nur Viertelskreis wie bei Zone 1.  $140 \rightarrow 104 \rightarrow 0\bar{1}1 = [\bar{4}11]$ ;  $1\bar{1}0 \rightarrow 401 = [1\bar{1}4]$ . 9 Formen (neu 3); 16 Flächen.

$11\bar{2}0^*$ ,  $20.18.\bar{3}\bar{8}.5$ ,  $16.14.\bar{3}\bar{0}.5$ ,  $14.12.\bar{2}\bar{6}.5$ ,  $6.4.\bar{1}\bar{0}.5^*$ ,  $42\bar{6}5^*$ ,  $31\bar{4}5^*$ ,  $20\bar{2}5^*$ ,  $01\bar{1}5^*$  und weiter, wie bei Zone 1 angegeben.

13.  $[\bar{5}324] = [\bar{1}41]$ .  $17\bar{8}0 \rightarrow 40\bar{4}7 = [\bar{5}324]$ ;  $40\bar{4}7 \rightarrow 01\bar{1}2 = [\bar{2}\bar{3}54]$ ;  $01\bar{1}2 \rightarrow 40\bar{4}1 = [\bar{2}\bar{5}34]$ ;  $40\bar{4}1 \rightarrow 71\bar{8}0 = [\bar{3}\bar{5}\bar{2}4]$ .  $410 \rightarrow 101 \rightarrow 0\bar{1}4 = [\bar{1}41]$ ;  $4\bar{1}0 \rightarrow 101 = [14\bar{1}]$ . 22 Formen (neu 11); 22 Flächen.

$17\bar{8}0^*$ ,  $4.16.\bar{2}\bar{0}.3$ ,  $12.40.\bar{5}\bar{2}.11$ ,  $13\bar{4}1^*$ ,  $12.32.\bar{4}\bar{4}.13$ ,  $11.29.\bar{4}\bar{0}.12$ ,  $9.23.\bar{3}\bar{2}.10$ ,  $8.20.\bar{2}\bar{8}.9$ ,  $7.17.\bar{2}\bar{4}.8$ ,  $6.14.\bar{2}\bar{0}.7$ ,  $5.11.\bar{1}\bar{6}.6$ ,  $4.8.\bar{1}\bar{2}.5^*$ ,  $35\bar{8}4^*$ ,  $22\bar{4}3^*$ ,  $31\bar{4}5^*$ ,  $40\bar{4}7^*$ ,  $1\bar{1}02^*$ ,  $2\bar{6}45^*$ ,  $4.\bar{1}\bar{6}.12.11$ ,  $1\bar{5}43^*$ ,  $0\bar{4}41^*$ ,  $\bar{4}.\bar{4}\bar{0}.44.3$ .

14.  $[1\bar{2}16] = [213]$ .  $10\bar{1}0 \rightarrow 02\bar{2}1 = [1\bar{2}16]$ ;  $02\bar{2}1 \rightarrow 20\bar{2}1 = [\bar{1}\bar{1}26]$ ;  $20\bar{2}1 \rightarrow 01\bar{1}0 = [\bar{2}116]$ .  $1\bar{2}0 \rightarrow 0\bar{3}1 = [213]$ ;  $0\bar{1}3 \rightarrow 3\bar{2}0 = [231]$ .  $2\bar{3}0 \rightarrow 0\bar{1}2 = [321]$ . 41 Formen (neu 21); 42 Flächen.

$10\bar{1}0^*$ ,  $15.4.\bar{1}\bar{9}.2$ ,  $62\bar{8}1^*$ ,  $52\bar{7}1$ ,  $9.4.\bar{1}\bar{3}.2$ ,  $42\bar{6}1^*$ ,  $16.10.\bar{2}\bar{6}.5$ ,  $32\bar{5}1^*$ ,  $22\bar{4}1^*$ ,  $7.8.\bar{1}\bar{5}.4$ ,  $34\bar{7}2^*$ ,  $12\bar{3}1^*$ ,  $6.14.\bar{2}\bar{0}.7^*$ ,  $3.8.\bar{1}\bar{1}.4^*$ ,  $02\bar{2}1^*$ ,  $\bar{1}6\bar{5}3$ ,  $\bar{3}.16.\bar{1}\bar{3}.8$ ,  $\bar{2}.10.\bar{8}.5$ ,  $\bar{3}.14.\bar{1}\bar{1}.7$ ,  $\bar{6}.26.\bar{2}\bar{0}.13$ ,  $\bar{1}4\bar{3}2$ ,  $\bar{3}.10.\bar{7}.5^*$ ,  $38\bar{5}4^*$ ,  $\bar{1}2\bar{1}1^*$ ,  $\bar{6}.10.4.5^*$ ,  $34\bar{1}2^*$ ,  $22\bar{0}1^*$ ,  $\bar{8}623$ ,  $\bar{3}211^*$ ,  $\bar{7}432$ ,  $\bar{4}221^*$ ,  $\bar{9}452^*$ ,  $\bar{1}4.6.8.3$ ,  $\bar{5}231$ ,  $\bar{2}\bar{6}.10.16.5$ ,  $\bar{2}\bar{1}.8.13.4$ ,  $\bar{6}241^*$ ,  $\bar{3}3.8.25.4$ ,  $\bar{9}271^*$ ,  $\bar{1}0.2.8.1$ ,  $\bar{1}\bar{8}.2.16.1$ ,  $\bar{7}0.2.68.1$ .

15.  $[4\bar{5}10] = [\bar{1}32]$ .  $21\bar{3}0 \rightarrow 0001 = [4\bar{5}10]$ ;  $0001 \rightarrow 12\bar{3}0 = [\bar{5}410]$ .  $230 \rightarrow 103 \rightarrow 01\bar{2} = [\bar{3}21]$ ;  $0\bar{2}1 \rightarrow 203 = [\bar{3}12]$ . 26 Formen (neu 13); 26 Flächen.

$21\bar{3}0^*$ ,  $8.4.\bar{1}\bar{2}.1^*$ ,  $16.8.\bar{2}\bar{4}.3$ ,  $42\bar{6}1^*$ ,  $14.7.\bar{2}\bar{1}.4$ ,  $16.8.\bar{2}\bar{4}.5$ ,  $10.5.\bar{1}\bar{5}.4^*$ ,  $21\bar{3}1^*$ ,  $12.6.\bar{1}\bar{8}.7$ ,  $8.4.\bar{1}\bar{2}.5$ ,  $63\bar{9}5$ ,  $14.7.\bar{2}\bar{1}.12$ ,  $42\bar{6}5^*$ ,  $21\bar{3}4^*$ ,  $0001^*$ ,  $\bar{2}\bar{1}35^*$ ,  $\bar{2}\bar{1}32^*$ ,  $\bar{6}395$ ,  $\bar{1}\bar{6}.\bar{8}.24.13$ ,  $\bar{1}4.\bar{7}.21.11$ ,  $\bar{8}.\bar{4}.12.5^*$ ,  $\bar{2}\bar{1}31^*$ ,  $\bar{1}\bar{0}.\bar{5}.15.4$ ,  $\bar{8}.\bar{4}.12.3$ ,  $\bar{1}\bar{6}.\bar{8}.24.5$ ,  $4\bar{2}61^*$ .

16.  $[3\bar{5}22] = [1\bar{2}3]$ .  $71\bar{8}0 \rightarrow 02\bar{2}7^o = [3\bar{5}22]$ ;  $02\bar{2}7^o \rightarrow 10\bar{1}4 = [\bar{3}\bar{2}52]$ ;  $10\bar{1}4 \rightarrow 02\bar{2}1 = [\bar{5}232]$ ;  $02\bar{2}1 \rightarrow 17\bar{8}0 = [\bar{5}3\bar{2}2]$ .  $320 \rightarrow 102 \rightarrow 0\bar{1}3 = [\bar{2}31]$ ;  $0\bar{3}1 \rightarrow 302 = [\bar{2}13]$ . 13 Formen (neu 2); 13 Flächen.

$71\bar{8}0^*$ ,  $33.5.\bar{3}\bar{8}.1$ ,  $51\bar{6}1^*$ ,  $8.2.\bar{1}\bar{0}.3^*$ ,  $31\bar{4}2^*$ ,  $42\bar{6}5^*$ ,  $11\bar{2}3^*$ ,  $\bar{1}104^*$ ,  $\bar{3}125^*$ ,  $\bar{2}021^*$ ,  $\bar{1}\bar{1}.\bar{1}.12.2$ ,  $\bar{9}.\bar{1}.10.4^*$ ,  $\bar{1}\bar{6}.\bar{2}.18.1^*$ .

17.  $[3\bar{4}14] = [2\bar{1}3]$ .  $52\bar{7}0^o \rightarrow 04\bar{4}5 = [3\bar{4}14]$ ;  $04\bar{4}5 \rightarrow 40\bar{4}7 = [\bar{3}\bar{1}44]$ ;  $40\bar{4}7 \rightarrow 02\bar{2}1 = [\bar{4}134]$ ;  $02\bar{2}1 \rightarrow 25\bar{7}0^o = [4\bar{3}14]$ .  $210 \rightarrow 301 \rightarrow 0\bar{3}2 = [\bar{1}23]$ ;  $0\bar{2}3 \rightarrow 201 = [\bar{1}32]$ . 15 Formen (neu 2); 16 Flächen.

$8.4.\bar{1}\bar{2}.1^*$ ,  $11.6.\bar{1}\bar{7}.2$ ,  $14.8.\bar{2}\bar{2}.3^*$ ,  $32\bar{5}1^*$ ,  $44\bar{8}3^*$ ,  $12\bar{3}2^*$ ,  $04\bar{4}5^*$ ,  $\bar{1}2\bar{1}3^*$ ,  $\bar{4}407^*$ ,  $\bar{3}214^*$ ,  $\bar{7}526^*$ ,  $\bar{2}\bar{4}.4.20.17$ ,  $\bar{2}021^*$ ,  $\bar{1}\bar{6}.4.20.3^*$ ,  $\bar{7}291^*$ .

18.  $[2\bar{3}18] = [31\bar{4}]$ .  $41\bar{5}0 \rightarrow 02\bar{2}1 = [\bar{2}\bar{3}18]$ ;  $02\bar{2}1 \rightarrow 80\bar{8}5^o = [\bar{2}\bar{1}38]$ ;  $80\bar{8}5^o \rightarrow 08\bar{8}1 = [\bar{3}128]$ ;  $08\bar{8}1 \rightarrow 14\bar{5}0 = [3\bar{2}18]$ .  $1\bar{3}0 \rightarrow 0\bar{4}1 = [314]$ ;  $0\bar{1}4 \rightarrow \bar{3}0 = [341]$ ;  $3\bar{4}0 \rightarrow 0\bar{1}3 = [431]$ . 23 Formen (neu 7); 23 Flächen.

$4\bar{1}50^*$ ,  $8.4.\bar{1}\bar{2}.1^*$ ,  $43\bar{7}1^*$ ,  $16.14.\bar{3}\bar{0}.5^*$ ,  $12.11.\bar{2}\bar{3}.4$ ,  $8.8.\bar{1}\bar{6}.3^*$ ,  $45\bar{9}2^*$ ,  $4.7.\bar{1}\bar{1}.3$ ,  $12.25.\bar{3}\bar{7}.11$ ,  $8.20.\bar{2}\bar{8}.9^*$ ,  $4.13.\bar{1}\bar{7}.6$ ,  $02\bar{2}1^*$ ,  $\bar{8}.40.\bar{3}\bar{2}.21$ ,  $\bar{4}.15.\bar{1}\bar{1}.8$ ,  $\bar{8}.24.\bar{1}\bar{6}.13^*$ ,  $\bar{4}5\bar{1}3^*$ ,  $\bar{4}312^*$ ,  $\bar{8}443^*$ ,  $\bar{4}131^*$ ,  $\bar{1}\bar{2}.1.11.2^*$ ,  $\bar{8}081^*$ ,  $\bar{3}\bar{2}.\bar{2}.34.3$ ,  $\bar{1}\bar{6}.\bar{2}.18.1^*$ .

19.  $[5\bar{7}20] = [1\bar{4}3]$ .  $31\bar{4}0 \rightarrow 0001 = [5\bar{7}20]$ ;  $0001 \rightarrow 13\bar{4}0 = [\bar{7}520]$ .  $340 \rightarrow 104 \rightarrow 0\bar{1}3 = [\bar{4}31]$ ;  $0\bar{3}1 \rightarrow 304 = [4\bar{1}3]$ . 15 Formen (neu 4); 15 Flächen.  
 $31\bar{4}0^*$ ,  $62\bar{8}1^*$ ,  $12.4.\bar{1}\bar{6}.3$ ,  $15.5.\bar{2}\bar{0}.4$ ,  $24.8.\bar{3}\bar{2}.7$ ,  $62\bar{8}3^*$ ,  $31\bar{4}2^*$ ,  $12.4.\bar{1}\bar{6}.11^*$ ,  $31\bar{4}5^*$ ,  $0001^*$ ,  $\bar{6}285^*$ ,  $\bar{3}\bar{1}42^*$ ,  $\bar{5}4.\bar{1}\bar{8}.72.35$ ,  $\bar{1}\bar{2}.4.16.7^*$ ,  $31\bar{4}1^*$ .

20.  $[4\bar{5}16] = [3\bar{1}4]$ .  $21\bar{3}0 \rightarrow 01\bar{1}1 = [4\bar{5}16]$ ;  $01\bar{1}1 \rightarrow 20\bar{2}3 = [\bar{4}\bar{1}56]$ ;  $20\bar{2}3 \rightarrow 02\bar{2}1 = [\bar{5}146]$ ;  $02\bar{2}1 \rightarrow 12\bar{3}0 = [5\bar{4}\bar{1}6]$ .  $410 \rightarrow 301 \rightarrow 0\bar{3}4 = [\bar{1}43]$ ;  $0\bar{4}3 \rightarrow 401 = [\bar{1}34]$ . 16 Formen (neu 3); 16 Flächen.

$21\bar{3}0^*$ ,  $43\bar{7}1^*$ ,  $14.12.\bar{2}\bar{6}.5^*$ ,  $22\bar{4}1^*$ ,  $23\bar{5}2^*$ ,  $26\bar{8}5^*$ ,  $27\bar{9}6$ ,  $01\bar{1}1^*$ ,  $\bar{2}3\bar{1}4^*$ ,  $\bar{2}203^*$ ,  $\bar{4}315^*$ ,  $\bar{3}\bar{0}.22.8.37$ ,  $8357^*$ ,  $16.3.13.11$ ,  $\bar{6}154^*$ ,  $2021^*$ .

21.  $[4\bar{7}32] = [1\bar{3}4]$ .  $10.1.\bar{1}\bar{1}.0 \rightarrow 01\bar{1}5 = [4\bar{7}32]$ ;  $01\bar{1}5 \rightarrow 2.0.\bar{2}.11^o = [\bar{4}372]$ ;  $2.0.\bar{2}.11^o \rightarrow 02\bar{2}1 = [\bar{7}342]$ ;  $02\bar{2}1 \rightarrow 1.10.\bar{1}\bar{1}.0 = [7\bar{4}\bar{3}2]$ .  $410 \rightarrow 301 \rightarrow 0\bar{3}4 = [\bar{1}43]$ ;  $0\bar{4}3 \rightarrow 401 = [\bar{1}34]$ . 7 Formen (neu 0); 7 Flächen.

$10.1.\bar{1}\bar{1}.0^*$ ,  $14.2.\bar{1}\bar{6}.3^*$ ,  $41\bar{5}3^*$ ,  $21\bar{3}4^*$ ,  $01\bar{1}5^*$ ,  $\bar{2}2.2.20.21^*$ ,  $\bar{2}021^*$ .

Zu diesen 21 Zonen, die nach hypokubischen Gesichtspunkten geordnet sind, ließen sich noch viele andere — es wurden im ganzen 73 untersucht — konstruieren. In der Absicht, alle Calcitformen auf möglichst wenig Zonen zu bringen, wurden in der Dreiecksprojektion die verschiedensten Flächenpole miteinander verbunden, um die bestbesetzten Zonen zu ermitteln. Es drängte sich aber nur ein halbes Dutzend durch den Flächenreichtum auf, nämlich

$[\bar{1}101]$	$[1\bar{2}10]$	$[\bar{1}104]$	$[1\bar{1}02]$	$[0001]$	$[1\bar{1}08]$	
194	121	76	66	66	50	Flächen.

Die verbleibenden 67 Zonen umfassen im Mittel 16,4 Formen (42 bis hinab zu 2). Von diesen unbedeutenderen Zonen erscheinen einige unter jenen 21, die obsthed im Detail aufgeführt wurden. Andere ergeben sich unschwer aus Fig. 10. Eine davon drängt sich geradezu auf: die Verbindungsgerade von  $08\bar{8}1$  und  $40\bar{4}1$ . Sie ist darum — wenn auch ohne Numerierung — bereits eingezzeichnet. Ihr Symbol heißt  $[\bar{1}018]$ ; das ergänzende Stück des zweiteiligen Zonenzuges wird von der schwachbesetzten Strecke  $08\bar{8}1 \rightarrow 11\bar{2}0 = [1\bar{1}08]$  gebildet. Der volle Halbkreis ist demnach mit 46 Flächen und 24 Formen ziemlich reich besetzt. In rhomboedrischer Deutung hat man  $[233]$  bzw.  $[323]$ .

Fig. 14 läßt sich nicht ohne weiteres mit Niggis Fig. 22 (61, Bd. II) vergleichen. Die Grundlagen und Ziele beider sind zu verschieden. Umso erfreulicher ist es, daß sie sich trotzdem nur in Nebensächlichkeiten und Zufälligkeiten unterscheiden. So sind bei Niggli, entgegen seinem Symmetrieprinzip, die digyrisch gleichwertigen Zonenteile  $01\bar{1} \rightarrow 010$  und  $01\bar{1} \rightarrow 00\bar{1}$  nicht übereinstimmend mit Flächenpolen besetzt. Und wenn in Niggis Nebendreieck  $100 : 010 : 00\bar{1}$  einige interessante Formen verzeichnet sind, die in vielen Lehrbüchern erwähnt werden, so ist nicht zu vergessen, daß sie nach Ausweis der Tab. 3 eine ganz niedrige Persistenz haben und darum in unserer Fig. 14 fehlen müssen. Hier wurden ja nur jene individuellen Formen ange deutet, deren Pole Schnittpunkte von drei und mehr Zonengeraden sind. Der auffallendste Unterschied beider Figuren ist aber wohl der, daß in unserer Fig. 14 der Pol  $1\bar{1}1$  ein Knotenpunkt weit höherer Wichtigkeit ist als  $1\bar{2}1$ , wogegen bei Niggli gerade der umgekehrte Fall verwirklicht ist. Vielleicht spielt  $1\bar{1}1$  überhaupt keine klare, eindeutige Rolle. Der große Unterschied zwischen Kombinations- und Fundortspersistenz könnte diese Vermutung zum mindesten nahelegen.

Die fünf ersten der vorgenannten 6 Zonen entsprechen im wesentlichen dem hexaedrischen Typus der hypokubischen Ausbildung. Niggli definiert ihn durch das Vorherrschen der Zonen [100], [110] und [111]. Beim Calcit zeigt sich eine gewisse Gewichtsverlagerung in dem Sinne, daß [121] dritte Zone wird. Das verrät eine Tendenz zum hypooktaedrischen Typus. Und mit Recht! Denn gerade die Form  $02\bar{2}1$ , welche mit  $0001$  dem Oktaeder entspräche, ist eine der Hauptformen des Calcits. Freilich ist  $02\bar{2}1$  nach der Kombinationspersistenz die letzte Ergänzungsform, nach der Fundortspersistenz aber die erste Nebenleitform. Diese Beeinflussung des hypohexaedrischen Typus durch den oktaedrischen zeigt sich auch in der hohen Bedeutung von  $40\bar{4}1 = 3\bar{1}\bar{1}$ . Gerade diese Form ist ja ein Charakteristikum des oktaedrischen Typus. Dabei soll aber nicht übersehen werden, daß auch  $10\bar{1}0 = 2\bar{1}\bar{1}$  eine der wichtigsten Formen ist und einen interessanten Gegensatz des Calcits zum hypohexaedrischen Typus darstellt.

Die ausführlich behandelten Zonen zeigen überzeugend, daß sie umso wichtiger sind, je mehr hochpersistente Flächen ihnen angehören. Es genüge z. B. auf  $[1\bar{2}10]$  zu verweisen. Hier treten gerade sechs der wichtigsten Formen auf.