

P. GEROLD BONDERER OSB

Dr. rer. nat.

BEITRÄGE ZUR MORPHOLOGIE
DES CALCITS

BEILAGE ZUM JAHRESBERICHT
DER KANTONALEN LEHRANSTALT SARNEN

1953/54

PAULUSDRUCKEREI · FREIBURG / SCHWEIZ

P. GEROLD BONDERER OSB

Dr. rer. nat.

BEITRÄGE ZUR MORPHOLOGIE
DES CALCITS

BEILAGE ZUM JAHRESBERICHT
DER KANTONALEN LEHRANSTALT SARNEN

1953/54

PAULUSDRUCKEREI • FREIBURG / SCHWEIZ

BEITRÄGE ZUR MORPHOLOGIE
DES CALICIS

ARTICLE DE LA REVUE
DES SCIENCES NATURELLES
FRIBOURG

Sonderdruck aus dem Bulletin de la Société Fribourgeoise
des Sciences naturelles. Vol. 43 (1953).

INHALTSÜBERSICHT

A. Die Calcitfiguren des Atlas	221
1. Ausgeschiedene Figuren	222
2. Fehlerhafte und falschorientierte Figuren	227
3. Mehrdeutige Flächenbezeichnung	231
4. Verschiebe und falsches Vorzeichen	234
5. Fehlende und unverständliche Symbolisierung	236
B. Kombinations- und Fundortspersistenz der Calcitformen	239
1. Die Formen des Calcits und ihre tabellarische Zusammenstellung	240
2. Die Kombinationspersistenz der Calcitformen	264
3. Fundorte und Fundortspersistenz	270
C. Die Hauptzonen des Calcits	277
1. Schematische Dreiecksprojektion der drei- und vierstellig sym-	
bolisierten Calcitformen	277
2. Darstellung des Zonenhalbkreises durch Teilstrecken des Projek-	
tionsdreieckes	281
3. Die stärkstbesetzten Zonen des Calcits	285
Zusammenfassung	293
Literaturnachweis	293

Trotz strengster Gesetzmäßigkeit in den Flächenlagen zeigt das geometrische Gepräge vieler Kristallarten eine überraschende Mannigfaltigkeit. Einerseits führen Zufälligkeiten im Bau der Klüfte oder im Gang der Wärmeströmung usw. — Umstände, welche die Stoffzufuhr in bestimmten Richtungen hemmen oder begünstigen — zu Gestalten, die der wirklichen Symmetrie der Atomgruppierung nicht entsprechen (Verzerrungen); anderseits vermögen die einem zeitlichen und örtlichen Wechsel unterworfenen physikalisch-chemischen Zustands-

größen sowohl die Tracht als auch den Habitus der Kristalle zu beeinflussen, insofern die Tracht durch die Zahl und Art der Formen, der Habitus aber durch die relative Flächengröße der Formen gegeben ist.

Von jeher hatte es für den Mineralogen einen besondern Reiz, das Beharrende in dieser unübersehbaren Vielheit zu erkennen. Mit seiner Untersuchung über die Kristallisation und Morphologie des rhombischen Schwefels wies P. NIGGLI interessante Wege (60); und in der speziellen Mineralogie (61) deckte er neue Beziehungen auf zwischen der Flächenbegrenzung des Kristalls und den Hauptbindungsrichtungen des Strukturtypus. Mehrere Mineralien wurden seither in Bezug auf dieses Verhalten einläßlich untersucht. Dabei wurde das im Goldschmidtschen Atlas der Kristallformen (32) sorgfältig zusammengetragene Bildermaterial öfters zur Grundlage genommen. Vergleiche der so erhaltenen statistischen Werte mit solchen, die durch Benutzung des gesamten mineralogischen Schrifttums errechnet waren, zeigten die hohe morphologische Bedeutung des Goldschmidtschen Werkes (39).

Natürlich verlangt die Auswertung der Atlasfiguren größte Aufmerksamkeit, fortwährende Kontrolle, endloses Nachschlagen in den Zeitschriften (die Liste S. 293 enthält nur wichtigste Titel; im Text gelegentlich durch die eingeklammerte Nr. zitiert) und unermüdliche Geduld. Diese Anforderungen machen es verständlich, daß die bisherigen Untersuchungen sich auf Mineralien beschränkten, die keine allzugroße Mannigfaltigkeit der Kombinationen zeigen. Umso verlockender ist es daher, einmal ein Mineral morphologisch zu studieren, das an verschiedensten Orten gefunden wird, eine ungeheure Fülle der Trachten aufweist und von vielen Autoren genau untersucht wurde. Hierzu eignet sich der Calcit unstreitig am besten,

Tab. 1. Verteilung der in Goldschmidts Atlas genannten Mineralien auf die einzelnen Systeme mit Angabe der zugehörigen Formen- und Figurenzahl

System	Zahl der Mineralien	Zahl der Formen je Mineral			Zahl der Figuren je Mineral				
		total	Min.	Mittel	Max.	total	Min.	Mittel	Max.
kubisch	112	1230	1			3098	—	28	691
tetragonal	57	982	1			2046	—	36	306
rhombisch	216	4407	—			6675	—	31	737
hexagonal	122	2988	—			6836	—	56	2663
monoklin	170	4808	3			5912	—	35	671
triklin	34	741	3			1165	1	34	595

da die beiden in Tab. I aufgeführten Höchstwerte des hexagonalen Systems — 539 Formen und 2663 Figuren — gerade ihm zugehören. Man darf aber Tab. I nicht mißverstehen. Wenn z. B. an den 112 Mineralien des kubischen Systems 1230 Formen gezählt werden, so heißt das nicht, daß sie alle voneinander verschieden wären. Denn zur Erhaltung dieses Formentotals wurde die Summe jener Formenzahlen gebildet, die für jedes einzelne Mineral in den Textbänden aufgeführt sind. Die einfachsten Symbole kehren somit fast ebenso oft wieder, als Mineralien gezählt werden. Als Besonderheit ist festzuhalten, daß es im Atlas nicht nur Mineralien ohne Figuren, sondern auch solche ohne Formen gibt. Die Striche in Tab. I sind Beleg dafür.

A. Die Calcitfiguren des Atlas

Das von VICTOR GOLDSCHMIDT zusammengetragene Figurenmaterial des Calcits — 2544 Nummern in Bd. II und 119 in Bd. IX — umfaßt mindestens 125 Jahre kristallographischer Forschung. Es ist zum vorneherein verständlich, daß, gemessen am heutigen Stand der Wissenschaft, den Zeichnern manche Ungereimtheiten und viele Mißverständnisse unterlaufen sind. Alle diese Mängel und Fehler aufzudecken, ist hier nicht der Ort. Die Hervorhebung einiger wichtiger Punkte muß genügen.

Zuvor sei bemerkt, daß von den 2663 Nummern deren 21 (die letzte, mit einem Strich versehene Nummer ist Bd. IX entnommen) je ein- und denselben *Kristall in doppelter Orientierung* vorführen: als Kopfbild und in perspektivisch-räumlicher Darstellung. Es sind dies:

1288	1289	1290	1294	1417	2195	2196	2354	2358	2375	2408
2409	2430	2431	2437	2438	2439	2440	2539	2540	67'	

Die Zahl der Bilder ist also größer als die der Nummern, ohne daß aber hierdurch die Zahl der Kombinationen vergrößert würde.

Im Gegensatz dazu stehen jene 54 Figuren, welche *Wachstumsänderungen* darstellen und sich entweder als durchsichtige Hülle um einen gefärbten Kern, oder als andersgestaltete Fortwachsung an irgendeiner Stelle des erstgebildeten Kristalls erweisen.

Auch die Individuen eines Zwillings oder Viellings können sich in zusätzlichen Formen unterscheiden. Solche Eigentümlichkeiten wurden an folgenden Nummern beobachtet:

925	1160	1168	1169	1181	1182	1183	1316	1329	1353	1355
1356	1410	1413	1424	1455	1470	1471	1476	1499	1577	1578
1605	1629	1644	1662	1670	1673	1677	1681	1684	1686	1692
1777	1785	1816	1822	1901	1911	1912	1913	1914	1916	1917
1918	1943	1944	1983	2044	2286	2348	2393	2482	2508	2510 34'

Das führt auf 58 *zusätzliche Kombinationen*, welche die Zahl der durch die bloßen Atlasnummern gegebenen Kombinationen erhöhen.

1. Ausgeschiedene Figuren

Die nachstehend verzeichneten 80 Figuren wurden nicht ausgewertet, sondern aus verschiedenen Gründen übergangen. Wahrscheinlich hätte man noch andere weglassen sollen. Es hielt aber äußerst schwer, einen festen Gesichtspunkt zu finden, von dem aus sich jeder Einzelfall ohne Voreingenommenheit hätte beurteilen lassen. Erfahrung und Gewöhnung spielen eine nicht zu unterschätzende Rolle. Gewisse Ungleichheiten der Behandlung, die jedoch für das Gesamtergebnis belanglos sind, wird der freundliche Leser nachsichtig in Kauf nehmen.

Fig. 303. Das negative Skalenoeder ¹ 46 = 2.8.10.3 ist als tautozonale Zuschärfung der Polkanten des Rhomboeders 22 = 0551 gezeichnet. Das ist aber irrig. Wenn nämlich 5, 2, 10 und 3 Faktoren bedeuten, so gilt $5(2.8.10.3) \equiv 2(5501) + 10(0551) + 3(0001)$. Daraus folgt, daß Zeichnung oder Indizierung oder beide zugleich unrichtig sind.

Fig. 392 scheint nicht konstruiert, sondern mit Benützung eines Lineals nach der Natur gezeichnet zu sein (Fig. 1 A). Daß die Flächen 46 durch eine Kante sinnwidrig geteilt sind und P (1011) am obren Ende nicht auftritt, wird man gerne übersehen. Auch wird man nicht zum vorneherein wissen, daß die Prismenkanten, gemessen an der

¹ Diese Arbeit hält sich in der Schreibweise der viergliedrigen *Formensymbole*, die durchgehends bevorzugt sind, in Tab. 3 jedoch zusammen mit den dreigliedrigen aufgeführt werden, nicht genau an die Indizesstellung und Vorzeichensetzung von G_1 (letzte Kolonne der Goldschmidtschen Tabellen). Von den drei ersten Indizes wird der größte immer negativ genommen und steht an dritter Stelle. Die beiden ersten Indizes sind demnach überall positiv. Bei den positiven Formen hat überdies der erste Index einen größern Wert als der zweite. Bei den negativen ist es umgekehrt. Soll eine Einzelfläche bezeichnet werden, so kann — vom event. Zeichenwechsel ganz abgesehen — eine Umstellung der drei ersten Indizes erfolgen.

Dicke und Höhe des Kristalls, allzu lang sind. Schwieriger wird es aber sein, die Kombination mit der Goldschmidtschen Symboldeutung in Einklang zu bringen, selbst wenn man streng darauf achtet, daß der Kristall nicht so orientiert ist, wie wir es heute gewohnt sind. Die Flächen vorne oben in der Mitte sind negativer Stellung. Dazu gehört auch das flache Skalenoeder. Nach Goldschmidt müßte $33 = 71\bar{8}6$ sein¹ (Nr. 78). Leider werden keine Polkanten dieser Form von $10\bar{1}1$ gerade abgestumpft, wie es das untere Kristallende verlangt. Beim Versuch, die Bournonsche Figur neu zu konstruieren (Fig. 1 B), zeigte sich, daß die Unstimmigkeiten geringer und unauffälliger werden, wenn $17\bar{8}6$ für 33 gesetzt wird. Allerdings sind die Schnittkanten mit den $03\bar{3}2$ Flächen (= 14) gerade umgekehrt orientiert wie bei Bournon. Für 46 ist wegen der Tautozonalität mit $02\bar{2}1$ und $40\bar{4}1$ nicht $2.8.\bar{1}0.3$ zu wählen (wie Goldschmidt meint; Nr. 117), sondern $8.2.\bar{1}0.3$. Schließlich erscheint an Fig. 392 das Skalenoeder 52 deutlich in negativer Stellung und kommt dadurch nochmals mit Goldschmidt (Nr. 159') in Widerspruch.

Fig. 394. Krümmflächig und ohne Symbolisierung.

Fig. 560. Wegen des Kantenverlaufs kann 40 nicht negativer Stellung sein, wie Goldschmidts Indizierung (Nr. 99), allerdings mit Fragezeichen, nahelegt.

Fig. 561/63. Goldschmidt ordnet der Form 40 die Indizes $10.7.\bar{1}7.3$ zu, versieht diese aber mit einem Fragezeichen. Wegen der Identität $5(10.7.\bar{1}7.3) \equiv 4(5\bar{5}01) + 11(05\bar{5}1) + 30(10\bar{1}0)$, wo 5, 4, 11 und 30 wiederum Faktoren sind, liegt die Form 40 nicht in der gezeichneten Zone $5\bar{5}01 : 05\bar{5}1$; das wäre z. B. für $21\bar{3}1$ der Fall.

Fig. 565. Zwischen den Flächen $4 = 01\bar{1}2$ und $1 = 11\bar{2}0$ kann natürlich keine Fläche liegen, die einem positiven Skalenoeder zugehört. $40 = 10.7.\bar{1}7.3$ ist also falsch. Daß hier eine Fläche des Prismas $11\bar{2}0$ mit der Zahl 2 signiert ist, hat keine weitere Bedeutung.

Fig. 573. Die Flächen der Form $40 = 10.7.\bar{1}7.3$ können nicht Zuschärfungen der Polkanten von $11 = 40\bar{4}1$ sein. Diese Eigenschaft hätte, um so weit wie möglich bei den gegebenen Indizes zu bleiben, die in Goldschmidts Atlas fehlende Form $10.7.\bar{1}7.6$. Einfacher wäre natürlich $21\bar{3}1$.

¹ Hier und später verweist die eingeklammerte Nummer auf Goldschmidts Liste der Calcitformen im Textband II des Atlas. Ein beigefügter Strich besagt, daß es sich um die Liste II der seltenen und unsicheren Formen handelt.

Fig. 578. Die Fläche $49 = 7.28.35.9$ liegt weder in der Zone $2 = 01\bar{1}0$ zu $32 = 2576$ wie gewisse Stellen der Zeichnung anzudeuten scheinen, noch in der Zone $41 = 5491$ zu $41 = 5941$.

Fig. 587. Ohne Flächenbezeichnung.

Fig. 679. Daß einerseits 44 und 46, andererseits aber auch 45 und 49 mit $21\bar{1}1$ und $2\bar{3}\bar{1}1$ in der gezeichneten Art tautozonal sein sollten (Fig. 1 C), ist natürlich ausgeschlossen. Überdies sind die Symbole P und 17 miteinander verwechselt. Versucht man aber, die Bournonsche Figur richtig umzuzeichnen (Fig. 1 D), so merkt man bald, daß die Goldschmidtsche Symboldeutung zu einer ganz andern Gestalt führt. Tatsächlich liegen $P = 10\bar{1}1$, $44 = 5.8.\bar{1}3.6$, $45 = 4.8.\bar{1}2.5$ und $46 = 2.8.\bar{1}0.3$ alle in der Zone $[\bar{5}238]$. Die einfachere, aber ähnliche Figur 1179 von WEIBYE begeht den gleichen Fehler. Da sie aber im N. Jahrb. f. Min. erklärt ist (88), glaubte ich, sie trotz ihrer zeichnerischen Unrichtigkeit oder falschen Flächensymbolisierung mitzählen zu sollen.

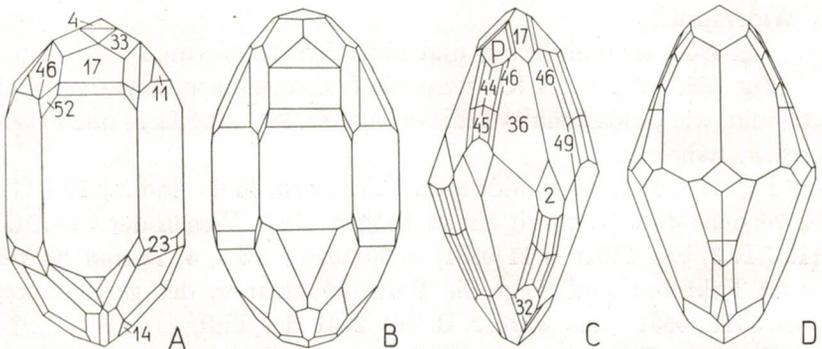


Fig. 1. Fehlerhafte Atlasfiguren und versuchte Richtigstellungen. A : Nr. 392 ; C : Nr. 679. B und D Orthogonalprojektionen auf $10\bar{1}0$. A und B zeigen, abweichend von der heutigen Gepflogenheit, vorne oben die negativen Formen. Dargestellt sind $10\bar{1}0$, 11 ($40\bar{4}1$), $10\bar{1}1$, 23 ($0.14.\bar{1}4.1$), 17 ($02\bar{2}1$), 14 ($03\bar{3}2$), 4 ($01\bar{1}2$), 33 (1786), 46 ($8.2.\bar{1}0.3$) und 52 ($8.17.25.3$). Goldschmidts Deutung weicht hiervon z. T. ab. Wenngleich die Zonenverhältnisse an den kürzern Polkanten von 36 (C) unmöglich sind, so dürfte trotzdem der Zeichnung eine gewisse Naturähnlichkeit nicht abzuspochen sein. D folgt, von der Flächen-dimensionierung abgesehen, der Deutung des Atlas. Die mittelgroßen Skalenoederflächen rechts außen sind 49 ($7.28.35.9$). Darüber folgen der Reihe nach 46, 45 und 44, die mit $10\bar{1}1$ (Endabschluß der Figur) tautozonal sind. Um diese Flächenreihe besser hervortreten zu lassen, wurde 32 (2576) nicht gezeichnet. Übrigens besteht die an C ersichtliche Zone P: $32 : 17$ nicht zu Recht.

Daß in andern Fällen strenger verfahren wurde, stellt eine der bereits genannten Inkonsequenzen dar, die aber wegen des außerordentlich umfangreichen Studienmaterials für das Endergebnis belanglos sind.

Fig. 730/45. Nicht indizierte Calcittrachten mit eingezeichneten Kernen, die zumeist etwas anders begrenzt sind als die Hülle. Da es sich anscheinend um öfters wiederkehrende Kombinationen handelt, durften alle diese Figuren ohne Bedenken übergangen werden.

Fig. 922. Nichtsignierte, krumme Flächen.

Fig. 1173. Die Signierung dieser Kombination, welche im wesentlichen ein zum Grundrhomboeder vizinales Skalenoeeder darstellt, ist leider nicht deutbar.

Fig. 1328 und Fig. 1331. Kristalle mit Kern und Hülle. Deutung der offenbar willkürlich gewählten Buchstaben unmöglich.

Fig. 1378/79. Regelmäßige Verwachsung von Quarz mit Calcit. Da der letztere nur den unsichtbaren Kern bildet, scheiden die beiden Figuren für die vorliegende Untersuchung aus.

Fig. 1403. Vierlingsartige Verwachsung subparalleler Rhomboedergruppen von steiler, nicht indizierter Flächenlage.

Fig. 1426. Naturgetreue Skizze einer Stufe mit $10\bar{1}1$ oder $01\bar{1}2$.

Fig. 1448/51. Um einen Calcitkern — z. T. als $01\bar{1}2$ erkennbar — lagern sich gesetzmäßig orientierte Quarzkristalle. Vgl. Fig. 1378/79.

Fig. 1458/60. Na_2NO_3 -Kristalle mit Calcit regelmäßig verwachsen. Die dargestellten Calcittrachten sind nicht in allen Einzelheiten sicher deutbar und fallen darum außer Betracht.

Fig. 1472. Es gilt das zu Fig. 1378/79 Gesagte.

Fig. 1481/82. Der ursprünglich nach 0001 tafelige Kristall ist unter veränderten Bedingungen weiter gewachsen. Die Deutung der neuen Formen ist nicht sicher.

Fig. 1699. Grundrhomboeder mit enger Streifung nach den Rand- und Polkanten; diese Vizinalen sind ohne Symbole.

Fig. 1855/56. Lösungserscheinungen am Calcit (85, S. 145 f.).

Fig. 1880/81. Stellen nach Vaters bekannten Versuchen 12 künstliche Calcitkristalle dar; 9 derselben zeigen nicht genauer bestimmte negative Rhomboeder. Die übrigen Gestalten kehren sooft wieder, daß von ihrer Berücksichtigung ohne alle Bedenken abgesehen werden durfte.

Fig. 1938. Gerundeter, bipyramidaler Calcit; zu Fig. 1939 in Parallele gesetzt.

Fig. 2186/89. Gerundete Sandcalcite. Lichtbilder und den Sachverhalt verdeutlichende Federzeichnungen. Keine Symbole.

Fig. 2201/24. Lösungskörper des Calcits.

Neben diesen 80 einzelbesprochenen Nummern, die weggelassen wurden, mußten noch 76 weitere Figuren übergangen werden, weil an ihnen die eine oder andere *Form nicht bezeichnet* war und Zonenverbände zur Bestimmung ihrer Indizes felten (die 4 letzten, mit einem Strich versehenen Nummern stammen, wie schon S. 221 vermerkt, aus Bd. IX).

754	755	909	924	978	1021	1043	1088	1113	1115	1124
1135	1139	1149	1151	1177	1250	1342	1348	1350	1359	1469
1483	1501	1509	1521	1528	1593	1613	1647	1663	1685	1688
1698	1792	1809	1862	1868	1912	2004	2009	2014	2015	2027
2028	2029	2030	2031	2038	2039	2050	2051	2052	2066	2067
2069	2070	2080	2094	2105	2108	2111	2125	2130	2131	2133
2134	2137	2164	2165	2166	2398	59'	60'	101'	102'	

Ganz anders liegen die Dinge, wenn von einem Kristall nur ein Bruchstück oder eine Ecke gezeichnet vorliegt (z. B. Fig. 1432) oder wenn bei Zwillingbildungen, Verwachsungen usw. die beteiligten Individuen nicht ringsum entwickelt sind. Hier gilt es als ausgemacht, daß die Figur als vollständige Kombination mitzuzählen ist, sofern sich sämtliche Flächen deuten lassen. Die idealgezeichneten Figuren sind ja in den meisten Fällen auch nichts anderes als symmetriegerechte Vervollständigungen der Formen, die an einer Kristallzacke bestimmt wurden.

Waren eingangs 21 Nummern genannt, welche je zwei verschiedene Orientierungen des gleichen Kristalls zur Darstellung brachten, so daß also die Zahl der Bilder — nicht aber Kombinationen — größer war als die Zahl der Nummern, so sind von 9 andern Kristallen *die beiden Orientierungen* durch je zwei *verschiedene Nummern* bezeichnet, nämlich 1174/5 1369/70 1497/8 1536/7 1628/30 1734/5 2251/2 2296/97 2347/8. Da es bei der vorliegenden Arbeit um Kombinationen geht, sind von der totalen Nummernzahl 9 in Abzug zu bringen. Der nämliche Abzug ist nochmals zu machen, weil von 9 Kristallen die *naturgetreue und die idealisierte Gestalt* je mit zwei besonderen Nummern gezählt sind :

1357/8	1366/7	1428 und 1431	1444/5
1446/7	1452/3	1456/7	1950/1 1954/5

Tab. 2 faßt alles, was S. 221 ff. im einzelnen besprochen und belegt wurde, übersichtlich zusammen.

*Tab. 2. Die Calcitfiguren des Atlas
und ihre Eignung zur statistischen Auswertung*

Nummernzahl der Calcitdarstellungen	2663
Davon mußten 174 übergangen werden und zwar	
aus den S. 222 ff. im einzelnen angegebenen Gründen	80
wegen unvollständiger Deutbarkeit (S. 226)	76
infolge doppelter Darstellung des gleichen Kristalls	
verschiedene Orientierung (S. 226)	9
naturgetreue und idealisierte Zeichnung (S. 226).	9
Verbleibende Zahl der auszuwertenden Nummern	2489
Zusätzliche Kombinationen, die durch veränderte Wachstumsbedin- gungen, Zufälligkeiten bei Zwillingsbildungen usw. verursacht sind (S. 221 f.)	58
Gesamtzahl der statistisch ausgewerteten Kombinationen	<u>2547</u>

2. Fehlerhafte und falschorientierte Figuren

Es kann sich nicht darum handeln, alle Mängel der studierten Calcitfiguren aufzuzählen. Schon nach kurzer Gewöhnung kommt man darüber hinweg, daß die ältern Autoren bei der Orientierung ihrer Kristallbilder nicht streng zwischen positiven und negativen Sextanten unterscheiden. Der Vergleich zusammengehöriger Figuren behebt meistens alle Unsicherheiten. Auch die wechselnde Neigung der c-Achse kann man unbeschwert in Kauf nehmen. Extrem nach vorne gedreht ist sie z. B. bei den Figuren 73/76, 79 und 80. Einen ungewohnten Eindruck machen Figuren wie 53, 56, 72, 95. Man könnte einige als Verzerrungen deuten; bei andern scheint die c-Achse stark nach links vorne gedreht, oder das Klischee falsch orientiert zu sein. Für Fig. 115 f., 1333 u. a. liegt letzterer Umstand sogar nahe.

Bei Fig. 116 handelt es sich um ein Rhomboeder, dessen Randkanten durch ein Skalenoeder zugeschärft sind. Nun befinden sich die beiden Punkte, in welchen die übereinanderliegenden Polkanten des Skalenoeders von den Rhomboederflächen getroffen werden, aus geometrisch leicht ersichtlichen Gründen auf einer zur c-Achse parallelen Geraden. Diese verläuft an der in Frage stehenden Figur zum Durchmesser, der durch die beiden trigyrischen Ecken gelegt ist, un-

gefähr parallel. Demnach wäre Fig. 116 nur etwas nach rechts zu drehen, um sie der heute üblichen Aufstellung anzupassen. Aber auch so haften ihr gewisse Unvollkommenheiten an. Im übrigen kann die Fläche 9 weder ein negatives Rhomboeder sein noch die Indizes $0\bar{6}\bar{6}5$ haben (wie Goldschmidt unter Nr. 30 angibt), falls die Figur eine geometrische Deutung zulassen soll. Daß trotzdem die Zweierkombination von $0\bar{6}\bar{6}5$ mit $2\bar{1}\bar{3}1$ verwertet wurde, beruht auf einem der erwähnten Kompromisse, die der Flächensymbolisierung des Kristalls größeres Vertrauen schenken als der Zeichnung.

Fig. 95 könnte als Verzerrung angesehen werden, da die Prismenkanten dem Polardurchmesser nicht im Entferntesten parallel sind, dieser also, wie allgemein bei einem verzerrten Rhomboeder, nicht c-Achse ist. Wahrscheinlich handelt es sich aber bloß um eine nicht vollkommen geratene Zeichnung.

Von mehreren Figuren ist das Klischee unzweifelhaft falsch gestellt. Genannt sei etwa Fig. 1283. Das Rhomboeder ist derart steil, daß das Spaltingrhomboeder P außer Betracht fällt. Dreht man aber den Atlas, bis die Figur auf dem Kopf steht und denkt sich die hinteren Kanten als vordere und umgekehrt, so erhält man, sicher erkennbar, ein negatives Rhomboeder. Zugleich wird P zu d. Es liegt also d(0441) vor (Fig. 2). Eine entsprechende Stellungsänderung bringt Fig. 1338 mit Fig. 1339/51 des gleichen Autors zu vollem Einklang.

Mehrmals fehlen an den Goldschmidtschen Bildern wichtige Kanten. So muß in Bournons Fig. 40 die Fläche y' ($3\bar{2}\bar{5}1$) unbedingt durch eine Kante von y ($5\bar{2}\bar{3}1$) getrennt werden. Diese Kante fehlt noch an

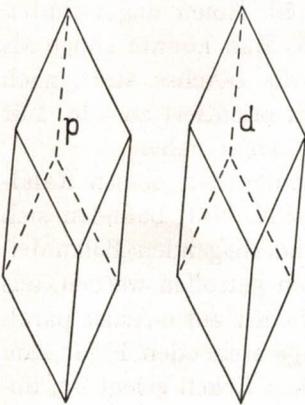


Fig. 2. Das steile Rhomboeder der Nr. 1283 ist mit einer Flächenbezeichnung versehen, die als P gelesen werden kann, aber sicher falsch ist. Wird der Buchstabe halbherumgedreht, so verändert er sich zu d und erlaubt es, den Kristall als 0441 zu deuten.

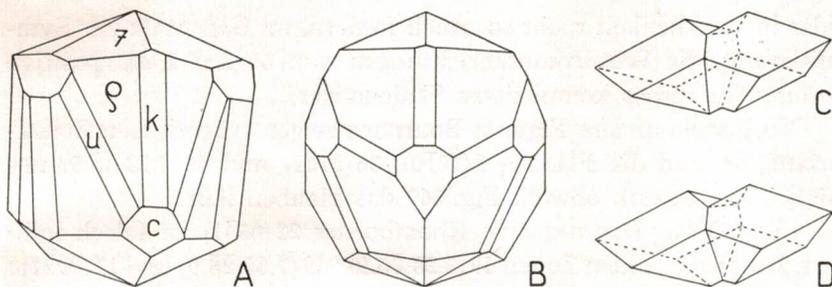


Fig. 3. Falsche Kantenrichtungen älterer Kristalldarstellungen. A (Nr. 959) und B zeigen vorne oben wiederum die negativen Formen. Man hat $c(10\bar{1}0)$, $u(11\bar{2}0)$, $\rho(25\bar{7}3)$ und $7(1235)$. Als gerade Abstumpfung der längern Polkanten von ρ müßte k die Indizes $02\bar{2}1$ haben und nicht $0.14.\bar{1}\bar{4}.1$, wie es der Atlas verlangt. Das kleine Versehen am Calcitzwilling C (Nr. 1176) kann jedem Zeichner unterlaufen.

zwei andern Stellen der gleichen Figur. Dagegen ist sie links unten wie auch oben an den beiden hintern Ecken eingezeichnet. An andern Figuren ist der gezeichnete Kantenverlauf z. T. falsch orientiert. So treffen sich z. B. in der Preslschen Fig. 959 die Flächen c und u in schiefen, sogar divergenten, also unmöglichen Kanten (Fig. 3 A, B). Arg störend wirkt die vorne unten gelegene Kante der Senarmontschen Fig. 1176, die das nach $02\bar{2}1$ verzwilligte Grundrhomboeder darstellt (Fig. 3 C, D). Schließlich zeigen Fig. 2035 und Fig. 2132 von F. C. Heddle die Kante $21\bar{3}1 : 32\bar{5}1$ in einer — man möchte sagen — linksrechts vertauschten Neigung.

Viele der im Goldschmidtschen Atlas dargestellten Kristalltrachten weisen Zonen auf, die mit der angegebenen Symbolisierung der Flächen nicht vereinbar sind. Mit Ausnahme der übergangenen Bilder 303, 392, 578 und 679 kümmerte ich mich nicht allzusehr um solche Widersprüche zwischen Zonenachsen und Indizierung der Flächen (vgl. oben S. 227, Fig. 116).

In Fig. 661 bringt Bournon die Flächen $19(0.11.\bar{1}\bar{1}.4)$, $47(2.8.\bar{1}\bar{0}.3)$, $41(54\bar{9}1)$ und $2(10\bar{1}0)$ zu parallelkantigem Schnitt. In viergliedriger Symbolisierung erhält man für die aufeinanderfolgenden Kanten der Reihe nach $[2.\bar{5}.3.22]$, $[7.\bar{1}\bar{0}.3.32]$ und $[1.\bar{2}.1.12]$. Die Divergenz dieser drei Richtungen ist also offenkundig.

Ähnliches gilt für Fig. 663/665 (Bournon). Nach dem Augenschein sollten $48(25\bar{7}2)$, $50(34.37.\bar{7}\bar{1}.12)$ und $2(10\bar{1}0)$ tautozonal sein. Dem ist

leider in Wirklichkeit nicht so. Auch fordern, im Gegensatz zur Symbolisierung, die Schnittkantenrichtungen von 50 mit 1 die positive Stellung für dieses komplizierte Skalenoeder.

Noch viele andere Figuren Bournons zeigen trügerischen Zonenverlauf. So sind die Flächen 2(10 $\bar{1}$ 0), 36(21 $\bar{3}$ 1) und 49(7.28. $\bar{3}$ 5.9) unmöglich tautozonal, obwohl Fig. 669 das glauben läßt.

Fig. 683/84. Das negative Rhomboeder 22(05 $\bar{5}$ 1) ist falsch indiziert. Durch die beiden Zonen 49(7.28. $\bar{3}$ 5.9) : 49(7.35. $\bar{2}$ 8.9) und 17(02 $\bar{2}$ 1) : 23(0.14. $\bar{1}$ 4.1) wäre 07 $\bar{7}$ 2 bestimmt. Für die statistische Auswertung wurde aber an 05 $\bar{5}$ 1 festgehalten und die Figur als unvollkommen betrachtet.

Fig. 757. Mit m(40 $\bar{4}$ 1) und c(01 $\bar{1}$ 0) liegt 5(10.7. $\bar{1}$ 7.3) nicht streng in der Zone. Es fehlt jedoch wenig ; 20.14. $\bar{3}$ 4.5 würde passen. Diese Form fehlt aber bei Goldschmidt. Da der kleine Richtungsunterschied sich in der Zeichnung nicht leicht zum Ausdruck bringen läßt, wurde an 5(10.7. $\bar{1}$ 7.3) festgehalten.

In Hauys Fig. 845 wurde v, in Anlehnung an Fig. 857, als 61 $\bar{7}$ 5 gedeutet ; dann kann aber v nicht genau in der Zone 02 $\bar{2}$ 1 : 2 $\bar{2}$ 01 liegen, wie die Zeichnung vortäuscht. Oder ist mit v vielleicht r(32 $\bar{5}$ 4) gemeint ? Nach Fig. 831 läge diese Deutung nahe. Dann würde es sich in Fig. 845 um einen bloßen Verschieb handeln. Vgl. aber im Gegensatz dazu Fig. 857. Offenbar wird r mehrsinnig gebraucht.

Ähnliche Unstimmigkeiten sind auch am Bildwerk Presls hervorzuheben. So z. B. in Fig. 970 und Fig. 989. Die drei Flächen i, σ , ω sind absolut nicht tautozonal, wie es die Zeichnung zu fordern scheint. In der Tat gilt, falls 2, 13 und 15 Faktoren bedeuten, $2i + 13\omega \equiv 13\sigma + 15(0001)$.

Fig. 993. $\lambda(31\bar{4}2)$ paßt nicht ganz in die gezeichnete Zone c(10 $\bar{1}$ 0) : 7(12 $\bar{3}$ 5). Richtig wäre 62 $\bar{8}$ 5 ; diese Form wird aber von Goldschmidt (Nr. 154') nur in negativer Stellung aufgeführt.

In Fig. 1124 scheint i den Zonen b(01 $\bar{1}$ 2) : d¹(11 $\bar{2}$ 0) und e³(40 $\bar{4}$ 1) : e^{4/5}(03 $\bar{3}$ 2) anzugehören. Lévy schreibt $i = d^1 d^{5/7} b^{2/5}$. Goldschmidt setzt dafür 35.4. $\bar{3}$ 9.1 und reiht diese positive Form unter die unsichern und seltenen ein (Nr. 208'). Hier liegt ein Fehler vor ; i hat unbedingt negative Stellung. Durch Rechnung ergibt sich 16.27. $\bar{4}$ 3.22 ; aber diese Form kommt nirgends vor. Ich betrachtete daher i als unbekannt (i = « forme inconnue ») und zählte die Kombination Nr. 1124 zu den unvollständigen (vgl. oben S. 226).

Abschließend sei noch auf einige vereinzelte Figuren mit irrigen Zonen hingewiesen.

Fig. 1277 (Zippe). Die Scheinzone $c(01\bar{1}0) : 2S'^{5/3}(2.8.\bar{1}0.3) : \frac{1}{2}S'3(12\bar{3}2)$ ist fast streng erfüllt. Das Symbol $2.8.\bar{1}0.3$ müßte z. B. nur durch $14\bar{5}2$ ersetzt sein; dasselbe fehlt jedoch bei Goldschmidt.

Auch in Cesàros Fig. 1641 darf die Zone $L(8.8.\bar{1}6.\bar{3}) : S(22.13.3\bar{5}.7) : d^2(21\bar{3}1)$ als hinlänglich erfüllt beurteilt werden. Die Abweichung von der strengen Tautozonalität liegt tatsächlich innerhalb der Zeichnungsfehler.

In Fig. 1896 (Palache) ist $I(17.38.\bar{5}5.24)$ mit $C(14.26.\bar{4}0.21)$ und $D(3.8.\bar{1}1.4)$ fast vollkommen in der Zone. Das richtige Symbol wäre $17.38.\bar{5}5.24^3/17$.

Weniger vollkommen ist Heddles Fig. 2088. Für Ω gibt der doppelte Zonenverband die gegen $1\bar{1}0\bar{1}$ hin abgedrehte Form 6172 (unbekannt) statt der von der Tabelle verlangten 5273. Ganz unmöglich ist dagegen die in Fig. 2116 erscheinende Parallelkantigkeit der Flächenfolge $\pi(11\bar{2}3) : e_{1/4}(35\bar{8}1) : f(20\bar{2}1)$.

3. Mehrdeutige Flächenbezeichnung

Die Indizierung kleiner oder unebener Flächen ist selten sicher. Ein und derselbe Autor entscheidet sich im Verlaufe der Jahre mitunter ganz anders, ohne den Flächenbuchstaben zu ändern. Bei der Mannigfaltigkeit dieser Buchstaben kommt es auch vor, daß selbst solchen Kristallographen, die einer bestimmten Bezeichnungsart folgen, für seltene oder neue Flächen Verwechslungen der Signierung unterlaufen. Dadurch wird die Deutung mancher Figur schwierig, ja unsicher. Eine kurze Zusammenfassung solcher Mehrdeutigkeiten ist hier am Platz. Sie erfolgt in der Reihenfolge, die der Formentabelle (S. 244 ff.) zugrunde liegt.

33 $\bar{6}1$. Zu dieser Bipyramide setzt Goldschmidt unter Nr. 13 das Bournonsche Symbol 55, nennt aber auch 50 und versieht dieses zweite Symbol mit Fragezeichen. Nach Nr. 255' der unsichern Formen bedeutet 50 das mit 33 $\bar{6}1$ vizinale Skalenoeder 34.37.7 $\bar{1}$.12. In den Fig. 717/20, wo die Bipyramide deutlich in Erscheinung tritt (wohl am klarsten in Fig. 718), habe ich dem einfachern Symbol den Vorzug gegeben, mich dagegen in Fig. 384, 561/3, 597/9, 605/6, 608/10, 663/5, 685 ff. aus Rücksicht auf gewisse Kantenlagen oder Winkelgrößen für

das Skalenoeder entschieden. Dieses bekommt also, trotz seiner komplizierten Indizes, eine gewisse Persistenz.

30 $\bar{3}$ 1. Das Bournonsche Symbol 20 wird von Goldschmidt unter Nr. 42 als 30 $\bar{3}$ 1 und unter Nr. 50' als 13.0.1 $\bar{3}$.4 gedeutet, im letztern Fall jedoch mit Fragezeichen versehen. Darum wurde bei allen Figuren, an denen 20 auftrat, das einfachere Symbol vorgezogen.

13.0.1 $\bar{3}$.4. In den Bournonschen Figuren immer als 30 $\bar{3}$ 1 gedeutet (siehe dort); kommt sonst nicht vor.

05 $\bar{5}$ 4. Öfters beobachtete Form (vgl. 03 $\bar{3}$ 2).

03 $\bar{3}$ 2. Das in der Haüy-Kolonne des Textbandes stehende Zeichen h ist zweideutig, indem es sowohl für 03 $\bar{3}$ 2 als auch für 05 $\bar{5}$ 4 steht. In Fig. 8 führte die Nachprüfung der Konstruktion ziemlich sicher auf 03 $\bar{3}$ 2. Unschwer ist der Entscheid bei Fig. 799 und Fig. 800, wo sich h und φ gegenüberstehen. Wird h der Fig. 799 mit 03 $\bar{3}$ 2 identifiziert, so herrscht Übereinstimmung mit Dufrénoy (22), der in dieser von ihm übernommenen Zeichnung die in Frage stehende Fläche mit dem Symbol $e^{4/5} = 55\bar{4} = 03\bar{3}2$ versieht. In Analogie zu Fig. 799 wurde auch in den Figuren 802, 810 und 817 h immer als 03 $\bar{3}$ 2 aufgefaßt.

07 $\bar{7}$ 2. Danas Calcitdrilling der Fig. 1438 ist mit $+ \frac{7}{2}R$ indiziert. Trägt man aber die Tschermakschen Daten in eine stereographische Projektion ein, so kommt nur das negative Rhomboeder in Betracht. Übrigens gibt Goldschmidt das positive Rhomboeder dieser Flächenneigung nirgends an.

9.4.1 $\bar{3}$.17. Fig. 2520 (Flinck) verzeigt u. a. das Symbol b^2 . Dafür gibt Goldschmidt zwei Formen an: 131' (25.9.3 $\bar{4}$.16) und 132' (9.4.1 $\bar{3}$.17), beide unter Bezugnahme auf Flinck. Da schon b^1 (71 $\bar{8}$ 9) steiler ist als 9.4.1 $\bar{3}$.17, kommt für die unterhalb b^1 liegende Fläche nur 25.9.3 $\bar{4}$.16 in Frage. In der Achterkombination der Fig. 2525 ist wegen der Lage zwischen 10 $\bar{1}$ 1 und 01 $\bar{1}$ 2 b^2 als 9.4.1 $\bar{3}$.17 zu deuten. Sonst kommt diese Form nirgends vor.

25.9.3 $\bar{4}$.16. Vergleiche 9.4.1 $\bar{3}$.17.

34.20.5 $\bar{4}$.11. Für den in Fig. 1641, 1652, 1655 und 1683 stehenden Buchstaben S hat Goldschmidt zwei Deutungen: 315' (22.13.3 $\bar{5}$.7) und 340' (34.20.5 $\bar{4}$.11). Daß ich mich bei Fig. 1641 für 22.13.3 $\bar{5}$.7 entschied, bei den drei andern Figuren aber für 34.20.5 $\bar{4}$.11, geht auf eine ausführliche Beschreibung dieser Kombinationen zurück (15).

22.13.3 $\bar{5}$.7. Vergleiche 34.20.5 $\bar{4}$.11. Beides sind seltene Formen.

10.7.1 $\bar{7}$.3. Die Identifizierung dieser Flächenlage mit dem Bour-

nonschen Symbol 40 hat Goldschmidt (Nr. 99) mit einem Fragezeichen versehen. Trotzdem habe ich daran festgehalten und die Form 10.7.17.3 zwölfmal notiert.

6171. Ob in Fig. 716 ein positives oder negatives Skalenoeder vorliege, ist schwer zu entscheiden. Die Aufstellung der vorangehenden und nachfolgenden Figuren ist ganz willkürlich und erlaubt keine Rückschlüsse. An andern Kombinationen Bournons kommt diese Form 54 nicht mehr vor. Da die negative Stellung auch von andern Autoren, im ganzen siebenmal, angegeben wird, habe ich sie bevorzugt. Die positive Form ist indessen auch belegt. Sie erscheint in der Dreierkombination der Fig. 148' des Nachtrages.

15.8.23.3. Für das Symbol M von Cesàro hat Goldschmidt zwei Skalenoeder : 227' (11.6.17.2) und 248' (15.8.23.3). Gemäß Cesàros Angaben (15) entschied ich mich im Falle der Fig. 1649 für die durch keine weitere Figur belegte Form 11.6.17.2. Das Skalenoeder 15.8.23.3 findet sich an keiner der studierten Kombinationen.

15.5.20.4. Das in Fig. 714 und Fig. 715 auftretende Symbol 53 ist zweideutig. Nach Goldschmidt kannes 147 (15.5.20.4) oder 230' (15.4.19.2) sein. Weil die erstere Deutung mit Fragezeichen versehen ist, wählte ich die letztere. Sie findet sich allerdings an keiner weiteren Kombination des Atlas, wogegen sich 15.5.20.4 sechsmal nachweisen ließ.

11.6.17.2. Vergleiche 15.8.23.3.

15.4.19.2. Vergleiche 15.5.20.4.

2.8.10.3. Dieser Form werden von Goldschmidt unter Nr. 117 die Bournonschen Symbole 46 und 47 zugeordnet. Es bestehen so zwei Zeichen für die gleiche Flächenlage. 46 erscheint in Fig. 291, 303 (weggelassen), 306, 435 und 632/45 ; die Form 47 ist in Fig. 646/62 vermerkt. Außerdem tritt 2.8.10.3 als B in Fig. 1934/1936 auf. Die komplizierte Form 2.8.10.3 bekommt durch diese mehrfache Wiederkehr eine verhältnismäßig hohe Wichtigkeit.

1341. Die Zuordnung des in Fig. 1344 und Fig. 1351 auftretenden Buchstabens w zur Form 1341 erachtet Goldschmidt als zweifelhaft. Da aber diese Form nicht allzu selten ist — sie wurde 114 mal gezählt —, glaubte ich, diese fragliche Deutung ohne Bedenken annehmen zu dürfen. Überdies betrachtete ich die untern Flächen der Fig. 1351, welche mit i bezeichnet sind, als ebenfalls zu w gehörig.

34.37.71.12. Vergleiche 3361.

1671. Mehrmals belegt. Vergleiche 6171.

4. Verschiebe und falsches Vorzeichen

Da sich die vorliegende Arbeit ausschließlich auf das Figurenmaterial des Atlas stützt, sind die Formen mit jenem Vorzeichen zu versehen, das den Zeichnungen entspricht. Nur ganz selten wurde von diesem Grundsatz abgewichen. Die wenigen Fälle sind an ihrer Stelle einzeln namhaft gemacht. Auf gelegentliche Widersprüche, die sich zwischen Atlas und Textband ergeben, ist hier kurz einzugehen. Die Diskussion hält sich, wie früher schon, an die Nummernfolge der Atlasfiguren.

Fig. 194/200. Die in diesen Figuren auftretende Form 16 hat Goldschmidt mit positiver Stellung angegeben : 7074. Aus Fig. 199 folgt aber mit aller Klarheit, daß 16 in den negativen Sextanten liegt. Man hat also 0774. Die Unterschiedlichkeit der Kantenrichtungen 16 : P in den beiden Figuren 198 und 199 zeigt von neuem, mit welchen Vorbehalten ältere Figuren zu bewerten sind (Fig. 4).

Fig. 237. Während vorne oben die Skalenoederflächen mit $37 = 7.4.II.3$ signiert sind, haben die übrigen das Bournonsche Zeichen $27(2\bar{1}34)$. Ein offener Verschrieb ! Da in der Zeichnung $4(01\bar{1}2)$ nicht als gerade Abstumpfung von 27 erscheint (was für $21\bar{3}4$ der Fall sein müßte), sondern flacher ist, verdient 37 den Vorzug.

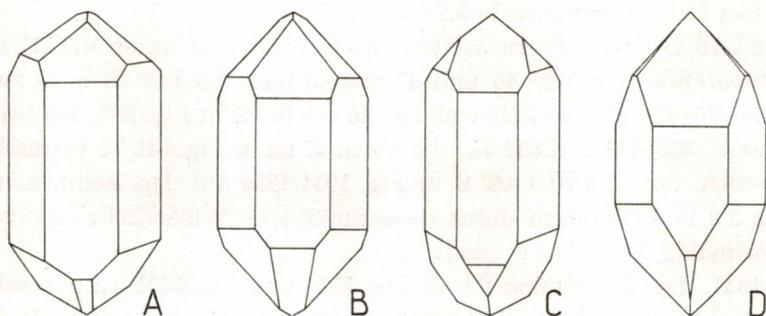


Fig. 4. Aus dem Vergleich von A (Nr. 198) und C (Nr. 199) erhellt, daß die älteren Kristallographen, denen Stenos Gesetz der Winkelkonstanz geläufig war, sich von der unveränderlichen Neigung einer bestimmten Kante wohl kaum Rechenschaft gaben. Der richtige Verlauf der Endkanten dieser Calcitkombination ist aus B und D ersichtlich. Das herrschende Rhomboeder ist 16 (0774) ; über seine Polkante legt sich, etwas nach unten gedreht, die Spaltform P ($10\bar{1}1$).

Fig. 273/77. Die Flächenbezeichnung 20 wird von Goldschmidt als positives Rhomboeder erklärt. Das steht aber im Widerspruch zu Fig. 275. Darum wird $20 = 03\bar{3}1$ gesetzt. Diese Umstellung ist auch für die Figuren 530, 691 und 693 vorzunehmen.

Fig. 516. Die untern Flächen der Form $01\bar{1}2$ sind versehentlich mit 14 statt mit 4 symbolisiert.

Fig. 530. Vergleiche Fig. 273 ff.

Fig. 559. Die zweifellos zusammengehörigen Skalenoederflächen sind oben mit $40(10.7.\bar{1}7.3)$, unten aber mit $39(32\bar{5}1)$ bezeichnet. Da mit Fig. 558 die 40-Flächen beginnen, wurde für Fig. 559 oben und unten die Form 40 gewählt, wie das auch Fig. 560 nahelegt.

Fig. 691. Vergleiche die Bemerkungen zu Fig. 273 ff.

Fig. 693. Desgleichen.

Fig. 940. Nach Goldschmidt sollte Presls q die Form $51\bar{6}7$ bedeuten. Nach dem Aussehen der Zeichnung ist ein flaches Skalenoeder ausgeschlossen. Da Goldschmidt im Textband, S. 23, die Vermutung ausspricht, Presls q sei mit dem Hauyschen Symbol $q = b^6 = 7.5.\bar{1}2.2$ vertauscht worden, entschied ich mich für diese letztere Form. Das gleiche gilt für Fig. 971 und Fig. 984.

Fig. 947. Vergleiche unten S. 237.

Fig. 971. Vergleiche Fig. 940.

Fig. 984. Ebenso.

Fig. 1005. Mit Rücksicht auf die Steilheit der Flächen sind die beiden Symbole $e^{1/3}(04\bar{4}5)$ und $b^1(01\bar{1}2)$ zu vertauschen.

Fig. 1120. Auf der Fläche $20\bar{2}1$ steht $e^{1/2}$ statt e^1 .

Fig. 1129. Die positive Rhomboederfläche vorne oben ist fälschlicherweise mit a^1 bezeichnet statt mit a^3 wie an den andern Ecken. Aber auch a^3 ist falsch. Wegen der Zone $e^1(02\bar{2}1) : b^4(31\bar{4}5) : a^3(20\bar{2}5)$ wäre $a^7(20\bar{2}3)$ verlangt.

Fig. 1134. Die mit $e^{2/5} = 07\bar{7}8$ bezeichneten Flächen müssen das Symbol $e^{5/2} = 70\bar{7}1$ haben. Es handelt sich nämlich um ein steiles, positives Rhomboeder, dessen Flächen die langen Kanten des Skalenoeders $i(62\bar{8}1)$ gerade abstumpfen. Nun ist $8\bar{2}\bar{6}1 + 6\bar{2}\bar{8}1 = 2(70\bar{7}1)$.

Fig. 1143. Mit $e^3 = 40\bar{4}1$ ist ein negatives Rhomboeder bezeichnet. Man könnte an eine Verwechslung mit $e^{7/5}$ denken. Die nächstfolgende Figur hat aber an dieser Stelle $e^{4/5} = 03\bar{3}2$.

Fig. 1144. Hier steht e^3 für ein Skalenoeder, dessen Flächen zwischen $d^2(21\bar{3}1)$ und $b^3(21\bar{3}4)$ liegen und mit ihnen tautozonal sind.

e^3 ist natürlich falsch. Aber auch eine Verwechslung mit $e_3(22\bar{4}3)$ ist ausgeschlossen. Vielleicht ist an $e_5(42\bar{6}5)$ zu denken.

Fig. 1155. Die beiden Signierungen z und r sind zu vertauschen.

Fig. 1156. Auf einer Fläche des Prismas 11 $\bar{2}0$ steht n statt u .

Fig. 1351. Trotz der verbreiteten Auffassung, daß Greg und Lettsom, nach dem Vorbild anderer Autoren, im allgemeinen mit i eine Form bezeichneten, deren Indizes nicht völlig bestimmt werden konnten, dürfte es doch sinnvoll sein, die untern, mit i signierten Skalenoeederflächen mit den obern, welche das Symbol $w(13\bar{4}1)$ tragen, vollständig zu identifizieren.

Fig. 1815. Unterhalb $e(01\bar{1}2)$ hat Hobbs eine Fläche k eingezeichnet als gerade Abstumpfung der scharfen Polkante von $21\bar{3}1$. Die Identifizierung derselben mit $k(50\bar{5}2)$ ist natürlich unmöglich. Die Annahme, daß es sich um $05\bar{5}2$ handeln könnte, ist nur möglich, wenn man eine gewisse Unzulänglichkeit der Figur in Kauf nimmt. Wahrscheinlicher aber ist die Annahme, daß die Figur verzeichnet ist und die kürzere statt der längern Polkante abgestumpft wurde.

5. Fehlende und unverständliche Symbolisierung

An manchen Kristallbildern sind gewisse Flächen überhaupt nicht, andere nur unverständlich oder unleserlich symbolisiert. Aus der Originalliteratur, dem Zonenverband oder dem Vergleich mit andern Figuren des gleichen Autors konnten viele dieser Flächen ermittelt werden. Einige Male führten auch ergänzende Konstruktionen an den Figuren zum gewünschten Ziele. Gemäß der Aufeinanderfolge im Atlas sollen hier die Deutungen dargelegt werden.

Fig. 651. Trotz dem unbezeichneten Skalenoeeder kommt in Analogie zu Fig. 652 nur die Dreierkombination $10\bar{1}0$, $01\bar{1}2$, $2.8.\bar{1}0.3$ in Frage.

Fig. 750. Bei den schmalen Flächen des positiven Skalenoeeders kann es sich wegen Fig. 752 nur um $21\bar{3}1$ handeln.

Fig. 752. Die m -Fläche darf nicht als $40\bar{4}1$ angenommen werden. Als Abstumpfung der langen Polkante des negativen Skalenoeeders $x(13\bar{4}1)$ ist einzig $07\bar{7}2$ zulässig.

Fig. 826. Vergleiche nachfolgende Fig. 831.

Fig. 831. Der ungewohnte Buchstabe der steilen, negativen Rhomboederfläche ist wegen des Zonenverbandes als $S(05\bar{5}1)$ zu lesen. Die gleiche Deutung gilt folgerichtig auch für Fig. 826.

Fig. 914. Das schmale, negative Rhomboeder hat als gerade Abstumpfung von $40(2.8.\overline{10}.3)$ das Symbol $03\overline{31}$.

Fig. 934. Aus dem Vergleich mit der Polkantenlage der nebenanstehenden Fig. 933 ist α die gerade Abstumpfung von g und erhält das Symbol $10\overline{14}$.

Fig. 942/43. Vergleiche Fig. 956.

Fig. 945. Desgleichen.

Fig. 947. Die zwischen $P(10\overline{11})$ und $g(01\overline{12})$ gelegene Fläche, welche mit einem unleserlichen α oder σ versehen ist, habe ich im Hinblick auf Fig. 946 als $\omega(21\overline{34})$ gedeutet.

Fig. 949/50. Nach dem Textband (Nr. 80) wäre das Preslsche Zeichen σ als $51\overline{64}$ zu erklären. Das ist jedoch unmöglich, da die kurzen Polkanten steiler sein müssen als $f(02\overline{21})$. Wird aber der Buchstabe im Naumannschen Sinn genommen, was bei Presl zutreffen mag, so ergibt sich σ zu 4371 . Damit ist der Zonenverband $4371 : 10\overline{11} : 0\overline{111}$ erfüllt. An der gleichen Deutung wurde auch bei den Figuren 970, 982, 985 und 989 festgehalten, wiewohl, von Fig. 985 abgesehen, weder die eine noch die andere Deutung den Zonenlagen genügt.

Fig. 956. Zur Deutung der etwas schwer verständlichen Abstumpfung $r : t$ wurden die Achsenabschnitte der Flächen so gut wie möglich konstruiert. Die Indizes $63\overline{95}$ dürften den Gegebenheiten am besten entsprechen; sie wurde auch für die Figuren 942/43 und 945 angenommen.

Fig. 964. Die randlichen y -Flächen sind ganz verschieden gezeichnet. Das rechte Flächenpaar zeigt eine horizontale Kante. Darnach läge eine hexagonale Bipyramide vor, der wegen der Zone $01\overline{10} : 23\overline{11}$ das zuweilen vorkommende Symbol $24\overline{21}$ zukäme. Andererseits scheinen diese beiden y -Flächen auch der Zone $\overline{4}.12.\overline{8}.5 : \overline{8}.12.\overline{4}.5$ anzugehören. Man bekäme somit $10.14.\overline{24}.5$ oder ungefähr $23\overline{51}$. Erstere Form ist unbekannt; letztere wurde zweimal festgestellt. Die Entscheidung wurde zu Gunsten von $22\overline{41}$ getroffen.

Fig. 970. σ wie in Fig. 949; leider in Widerspruch mit der Zeichnung.

Fig. 982. Vergleiche Fig. 949.

Fig. 985. Desgleichen.

Fig. 989. Desgleichen.

Fig. 1051. Das unbenannte negative Rhomboeder bekommt als gerade Abstumpfung der Bipyramide $b^2(11\overline{23})$ das Symbol $01\overline{12}$.

Fig. 1159. Durch sorgfältige Konstruktion der Achsenabschnitte wurde $S = 21\bar{3}4$, $i = 51\bar{6}4$ und $k = 53\bar{8}2$ gefunden.

Fig. 1164. Die schmalen Flächen des unbezeichneten positiven Rhomboeders bekommen als Kantenabstumpfung von $01\bar{1}2$ ohne weiteres die Indizes $10\bar{1}4$.

Fig. 1184. Das steile, negative Rhomboeder muß wegen Fig. 1183 das Symbol $0.14.\bar{1}4.1$ haben; r befindet sich dann allerdings im falschen Sextanten, wurde aber trotzdem als $10\bar{1}1$ angenommen.

Fig. 1239. Das unbezeichnete Rhomboeder hat sowohl wegen des Zonenverbandes als auch wegen der danebenstehenden Fig. 1238 die Indizes $40\bar{1}1$.

Fig. 1240. Die kleine Fläche ohne Signierung ist selbstverständlich $10\bar{1}1$. Der Zonenverband erhärtet diese Deutung.

Fig. 1253. Das wegen der Flächenstreifung fast unleserlich gewordene Symbol ist, wie Fig. 1254 nahelegt, $S15$ und bezeichnet das Skalenoeder $8.7.\bar{1}5.1$.

Fig. 1275. Das flachere Skalenoeder mit der Kantenabstumpfung durch das negative Rhomboeder e' konnte durch Nachprüfung der Konstruktion zu $14\bar{5}3$ mit $03\bar{3}2$ bestimmt werden.

Fig. 1339. m bezeichnet das negative Rhomboeder $04\bar{1}1$.

Fig. 1346. Die kleinen Dreiecke gehören im Hinblick auf Fig. 1347 offenbar zum negativen Skalenoeder x ($13\bar{4}1$). Das Nebeneinander der beiden Formen r und x kehrt häufig wieder.

Fig. 1347. Nach Goldschmidt sind die Symbole h , p , x von Greg und Lettsom nicht bestimmbar. Die Figur ist aber so gezeichnet, daß sich wegen des doppelten Zonenverbandes h zu $12\bar{3}2$ ergibt. Durch Ermittlung der Achsenabschnitte kommt für p das Symbol $34\bar{7}2$. Die von der Figur verlangte Zone $34\bar{7}2 : 12\bar{3}2 : 01\bar{1}2$ ist in Ordnung. Der Buchstabe x sodann bezeichnet sehr häufig $13\bar{4}1$ und erfüllt trefflich die Zone $13\bar{4}1 : 02\bar{2}1 : \bar{1}101$ der Fig. 1348.

Fig. 1406. Als Polkantenabstumpfung des Rhomboeders R' ($01\bar{1}1$) bekommt r die Indizes $20\bar{2}1$.

Fig. 1415. Die unbenannte Fläche erhält als Abstumpfung der längern Polkanten von $21\bar{3}1$ sofort die Indizes $50\bar{5}2$.

Fig. 1427. Die schmale, flache Rhomboederabstumpfung ist $01\bar{1}2$. In der Literatur (37) wird diese Fläche eigens erwähnt.

Fig. 1436. Trotz fehlender Symbole erkennt man sofort die Zweierkombination von $10\bar{1}1$ mit $10\bar{1}0$.

Fig. 1474. Im Hinblick auf Fig. 1473 handelt es sich um die Fünferkombination der Formen 0001, $10\bar{1}1$, $11\bar{2}0$, $01\bar{1}2$, $21\bar{3}1$.

Fig. 1478. Das steile, positive Rhomboeder hat wie in Fig. 1477 die Indizes $40\bar{4}1$.

Fig. 1598. Die hexagonale Bipyramide kann wegen der folgenden Figuren nur die Indizes = $8.8.\bar{1}6.3$ haben (14).

Fig. 1746. Nach der Literatur (42) hat das schmale, mittelsteile, negative Rhomboeder die Indizes $0.11.\bar{1}1.1$. Vom Skalenoeder, das von $0.36.\bar{3}6.1$ abgestumpft wird, spricht Johansson nicht. So gehörte diese Kombination eigentlich zu den unvollständigen. Sie wurde aber mitgezählt unter Deutung des fraglichen Skalenoeders als Kantenkorrosion.

Fig. 1777. Die große Fläche des Grundrhomboeders $10\bar{1}1$ am gepunkteten Individuum ist offenbar durch Spaltbarkeit entstanden und wurde darum nicht mitgezählt.

Fig. 1983/84. Charakteristische Komplexe mit den Formen $10\bar{1}0$, $10\bar{1}1$ und $21\bar{3}1$.

Fig. 2109. Das Symbol e^4 steht am falschen Ort. Es gehört zur unbezeichneten Abstumpfung von v. Das negative Rhomboeder an der flachen Kante von $35\bar{8}4$ hat die Indizes $0.13.\bar{1}3.8$.

Fig. 2289. Nach der Literatur hat das schmale negative Rhomboeder die Indizes $0.13.\bar{1}3.1$. Die Kantenrundung unterhalb p wurde als belanglos übergangen, und die schöne Zeichnung bei den Elferkombinationen mitgezählt.

B. Kombinations- und Fundortspersistenz der Calcitformen

Zum vorneherein stand es fest, daß für eine geordnete Zusammenstellung sämtlicher Calcitkombinationen des Atlas nur das Zettelsystem in Frage komme. Auf jedem einzelnen Zettel wurden die Nummer der zugehörigen Figur, der Fundort, die an der Kombination beteiligte Formenzahl und die Kombination selber notiert. Dabei wurden die Formen — stets nach Bravais symbolisiert — in jener Reihenfolge geschrieben, die der großen Tab. 3 zugrunde liegt. Auf keinem Zettel kann also ein Symbol S_n , das in Tab. 3 hinter einem Symbol S_m steht, diesem vorangehen. Jeder Zettel wurde sofort in die Kartei

eingeorordnet, nicht beliebig, sondern unter strenger Rücksichtnahme auf die in dieser Arbeit maßgebenden Gesichtspunkte.

Zettel mit gleicher Formenzahl der Kombination wurden im nämlichen Abteil der Kartei vereinigt und, unter sinngemäßer Beachtung des soeben erläuterten Prinzips für die Symbole S_m und S_n , gewissermaßen lexikographisch hintereinander gereiht. Die Nummer einer jeden Form der Tab. 3 wurde also in Analogie gesetzt zu einem Buchstaben des Alphabets. Darnach geht von zwei Zetteln, die in den n ersten Formen übereinstimmten, jener voran, der an der Stelle $n + 1$ eine gemäß Tab. 3 frühere Form aufweist als der andere. Gleiche Kombinationen wurden nach den Figurenummern geordnet. Umfaßte eine Atlasnummer 2, 3... verschiedene Kombinationen, so wurden für diese eine Nummer 2, 3... Zettel geschrieben. Eine entsprechende Vermehrung der Zettel wurde weiterhin notwendig, wenn zu einer Figur (z. B. Fig. 76) zwei, drei oder mehr Fundorte angegeben waren.

I. Die Formen des Calcits und ihre tabellarische Zusammenstellung

Zur Deutung der Atlasfiguren mußten in Goldschmidts Formentabelle fortwährend die entsprechenden Zeichen nachgesucht werden. Hierbei zeigten sich in der Liste des Textbandes mehrere Versehen und Lücken. Bekanntlich ist daselbst die Formenfülle der mannigfaltiger ausgebildeten Mineralien im allgemeinen zweigeteilt. Die erste Gruppe hat keinen besonderen Titel; die zweite umfaßt die seltenen und unsichern Formen. Im Falle des Calcits rechnet Goldschmidt zur ersten 148, zur zweiten 381 Formen. Das macht zusammen 529 Formen. Nun zeigte sich aber, daß folgende acht Formen in beiden Abteilungen genannt sind (in Klammern Goldschmidts Nummern, wobei die mit Akzent versehenen zur Gruppe der unsichern Formen gehören): 0994 (38,49'), 7.2.9.11 (69,121'), 11.3.14.8 (83,114'), 17.9.26.8 (92,116'), 4.12.16.7 (126,312'), 5.10.15.4 (134,186'), 24.8.32.7 (135,318'), 15.5.20.4 (147,228'). In Tab. 3, wo diese Formen natürlich nur einmal aufgeführt sind, unterblieb der Hinweis auf Goldschmidts Tabelle der unsichern Formen.

Zweimal unterblieb in der letzten Kolonne des Atlas die übliche Bravaissche Symbolisierung, wiewohl die Formnummer und die verschiedenen Buchstaben auch für diese beiden Flächen aufgenommen sind, nämlich Nr. 83 : 11.3.14.8 (11.0.3) und Nr. 130 : 14.2.16.3 (11.3.5).

Im Gegensatz zu andern Fällen werden zwei Rhomboeder gleicher Flächenneigung, aber verschiedenen Vorzeichens von Goldschmidt unter einer einzigen Nummer zusammengefaßt; Nr. 47: $\pm \frac{9}{2}R(90\bar{9}2)$. In Tab. 3 wurden $90\bar{9}2$ und $09\bar{9}2$ gesondert aufgeführt (vgl. S. 269).

Bei vier Formen wurden in Goldschmidts Tafelwerk Druckfehler festgestellt. So steht in der letzten Kolonne unter

Nr. 63 unrichtig $\bar{3}\bar{1}48$ statt richtig $\bar{3}\bar{2}58$

Nr. 110 unrichtig $\bar{2}\bar{1}31$ statt richtig $\bar{2}\bar{1}32$

Nr. 128 unrichtig $\bar{3}\bar{2}51$ statt richtig $\bar{3}\bar{2}52$

Nr. 169' unrichtig $10.7.\bar{1}\bar{7}.3$ statt richtig $10.7.\bar{1}\bar{7}.6$.

Diese Druckfehler sind sowohl durch die Symbolisierungen der dritten und vierten Kolonne als auch durch andere Angaben erwiesen. In Tab. 3 fanden die falschen Symbole keinen Platz. Von der Erwähnung anderer Druckfehler, welche für die vorliegenden Zwecke bedeutungslos sind, kann abgesehen werden. So steht z. B. unter Nr. 29 in der Lévy-Kolonne $e^{2/5}$ statt $e^{3/5}$, und unter Nr. 131 ist das positive Skalenoeder in der Hessenberg-Kolonne mit negativem Vorzeichen versehen.

In Goldschmidts Textband II sind die Figuren des Nachtrags (Bd. IX) nicht berücksichtigt. Dadurch unterblieb die Notierung einiger Formen. Überdies ergab die genaue Analyse der Atlasfiguren eine gewisse Zahl Formen, die in der Goldschmidtschen Tabelle gänzlich fehlen oder nicht in der den Figuren entsprechenden Stellung notiert sind. So erhält man *18 zusätzliche Formen*. Diese seien nachstehend als Ergänzung der Goldschmidtschen Tabelle mit einigen Bemerkungen zusammengestellt.

3035. In Fig. 180 hat das mit 5 signierte Rhomboeder positive Stellung. Zu Goldschmidts negativem Rhomboeder dieser Neigung (Nr. 22) gehört also auch das positive.

3034. Erscheint in Fig. 2064 als gerade Abstumpfung von $h(03\bar{3}2)$. Goldschmidt hat weder das positive noch das negative Rhomboeder dieser Flächenneigung.

7075. Das mit $e^{3/4}$ bezeichnete Rhomboeder hat in Fig. 1478 positive Stellung. Unter Beibehaltung der Neigung wird 0775 in 7075 = $e^{19/2}$ umgestellt. Dieses Rhomboeder fehlt bei Goldschmidt.

17.0. $\bar{1}\bar{7}.2$. Belegt durch Fig. 122' des Nachtrags: $e^{12/5}$ (48).

0334. In Fig. 2378 auf diese Weise angeschrieben (zusammen mit 0112).

- 0.11.11.3. Belegt durch Fig. 74' des Nachtrags : $e^{19/14}$ (48).
0992. Mit diesem Symbol in Fig. 1587 vermerkt. Vgl. S. 241.
0.23.23.1. Vergleiche Fig. 117' des Nachtrags : $e^{15/8}$ (48).
8.3.11.5. Findet sich an Fig. 49' des Nachtrags : $d^{8/3}$ (48).
11.5.16.6. Nachtrag, Fig. 112' : $d^{11/5}$ (48).
20.11.31.9. In Fig. 2401 als $-R^{31/9}$ vermerkt. Die Stellung ist in der Zeichnung deutlich positiv.
29.19.48.10. Wird in dieser Form für Lyon Mountain (Fig. 2441/42, Lit. 90) angegeben. Vizinale zu 3251.
19.13.32.3. In Fig. 1525/26 als $2R^{16/3}$ angegeben und durch die Zeitschr. f. Kristallogr. Bd. 8, S. 651 belegt. Goldschmidt (Nr. 147') nennt, unter Berufung auf Rogers, nur das negative Skalenoeder.
1786. In Fig. 393 mit 33 bezeichnet. Goldschmidt gibt hierfür 7186. Die Stellung ist aber unzweifelhaft negativ (vgl. oben, Fig. 1).
5.12.17.8. Gehört zu Fig. 2518. Das dort vermerkte Symbol h^6 ergibt sich aus der Literatur (27) zu 5.12.17.8.
1.10.11.3. An Fig. 117' des Nachtrages. Die Form steht aber nicht fest (48).
6.21.27.5. In den beiden Figuren 2474/5 sind zwei kleine Flächen mit Fragezeichen versehen ; aus der Literatur (90) konnten sie als Skalenoeder 6.21.27.5 nachgewiesen werden.
2.32.34.3. Die in Fig. 393 mit 51 bezeichnete Form hat nicht die positive Stellung, welche Goldschmidts Symbol Nr. 196' verlangt, sondern die negative. Das erhellt auch aus der Lagebeziehung der Fläche $46 = 2.8.10.3$ zu $36 = 2131$, $33 = 1786$ und $51 = 2.32.34.3$. Es besteht nämlich, unter 72, 32, 17 und 105 Koeffizienten verstanden, die Identität $72(2131) + 32(1786) + 17(2.32.34.3) \equiv 105(2.8.10.3)$.
Goldschmidt nennt 529 Formen. Da aber 8 doppelt gezählt sind und 18 neu hinzukommen, ergibt sich die Gesamtheit der Calcitformen zu 539. Diese Formen sind, unter Bevorzugung der Bravais'schen Symbolisierung (zur Vervollständigung sind die Millerschen Symbole in Kolonne 4 beigefügt), in Tab. 3 übersichtlich zusammengestellt und fortlaufend nummeriert (erste Kolonne ; L. Nr.). Wieviele Nummern auf die einzelnen Formenarten entfallen, besagt Tab. 4 (S. 263). An die Basis, welche voransteht, schließen sich in Tab. 3, wie bei Goldschmidt, die Prismen gemäß ihrer natürlichen Reihenfolge von 1010 nach 1120. Hernach kommen die hexagonalen Bipyramiden, darauf die Rhomboeder und zum Schluß die Skalenoeder. Bei den Rhomboedern und

Skalenoedern gehen die positiven als eigene Gruppe den negativen voran. Die Formen, deren Flächen zu 0001 geneigt sind, beginnen jeweils mit der flachsten und folgen sich nach zunehmendem Wert des Verhältnisses $h : l$. Skalenoeder mit gleichem Quotientem $h : l$ sind nach wachsender Größe $i : k$ ($k > i$) geordnet. Dieser Regel schließt sich auch die bereits genannte Aufeinanderfolge der Prismen an.

In unserer viergliedrigen Schreibweise gehören alle Formen mit konstantem Verhältnis $h : l$ dem Zonenstück $h0\bar{h}l \rightarrow h.h.2\bar{h}.l \rightarrow 0h\bar{h}l$ an und werden in der Dreiecksprojektion (Fig. 10) durch Punkte veranschaulicht, die — auf einer zur Dreiecksbasis $10\bar{1}0$, $01\bar{1}0$ parallelen Geraden liegend — sich von links oder rechts her der Bipyramidenlage nähern. Als Beleg zwei Beispiele! Die eingeklammerten Zahlen entsprechen den laufenden Nummern (L. Nr.) von Tab. 3.

60 $\bar{6}1$ (56), 51 $\bar{6}1$ (285), 42 $\bar{6}1$ (286), 18.12.3 $\bar{0}.5$ (287), 7.5.1 $\bar{2}.2$ (288), 16.14.3 $\bar{0}.5$ (289), 33 $\bar{6}1$ (25), 24 $\bar{6}1$ (508), 1.11.1 $\bar{2}.2$ (507), 06 $\bar{6}1$ (128).
 20 $\bar{2}1$ (44), 31 $\bar{4}2$ (208), 6.4.1 $\bar{0}.5$ (209), 11 $\bar{2}1$ (18), 35 $\bar{8}4$ (416), 3.7.1 $\bar{0}.5$ (415),
 13 $\bar{4}2$ (414), 6.20.2 $\bar{6}.13$ (413), 3.11.1 $\bar{4}.7$ (412), 2.8.1 $\bar{0}.5$ (411), 3.13.1 $\bar{6}.8$ (410),
 15 $\bar{6}3$ (409), 02 $\bar{2}1$ (115).

Neben der laufenden Nummer (L. Nr.) steht in der zweiten Kolonne von Tab. 3 die Goldschmidtsche Nummer (G. Nr.), wobei — wie bisher immer — die Nummern der seltenen und unsicheren Formen mit einem Akzent versehen sind. Die Nummern der ersten und zweiten Kolonne laufen einander im allgemeinen nicht parallel. Fehlt die Angabe unter G. Nr., so handelt es sich um eine der S. 241 f. genannten zusätzlichen Formen. 15 Nummern der G. Nr.-Kolonne, zu denen S. 241 f. Bemerkungen gemacht wurden, sind kursiv gedruckt. Es geht um die laufenden Nummern (L. Nr.) 52, 116, 126, 164, 199, 227, 235, 254, 269, 278, 358, 381, 436, 446, 479.

Um in Tab. 3 irgendein vierstelliges Symbol zu finden, ist vorerst zu entscheiden, welcher Formenart und Stellung es entspricht. In der zugehörigen Abteilung (vgl. Tab. 4) hat man auf das Verhältnis der beiden letzten Indizes zu achten. Die Berücksichtigung von $i : k$ wird kaum nötig sein¹. Fehlt das gesuchte Symbol in Tab. 3, so ist die bezeichnete Form dem Calcit fremd oder erst in jüngerer Zeit festgestellt worden.

¹ Von der L. Nr. auf die G. Nr. übergehend läßt sich mühelos der Ort einer beliebigen Form in Goldschmidts Atlas angeben.

Tab. 3. Die Formen des Calcits, ihre Häufigkeit in den n-rangigen Kombinationen und die Persistenzwerte P und F.

L.Nr.	G.Nr.	Symbol		Zahl des Auftretens einer Form in den Kombinationen vom Range n =															Kombinationen		Fundorte	
		Bravais	Miller	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	S	P	Σ	F
1	1	0001	111	17	67	70	61	38	22	13	6	7	7	4	2	3	3	320	18,52	100	23,15	
2	3	1010	211	36	140	198	172	104	96	29	16	16	9	5	3	2	1	827	47,86	219	50,69	
3	7'	13.1.14.0	945	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—	—	—	—
4	6'	10.1.11.0	734	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	2	0,12	1	0,23
5	4'	7180	523	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	2	0,12	2	0,46
6	8'	6170	13.5.8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—	—	—	—
7	1'	4150	312	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
8	4	3140	725	.	.	1	3	2	3	1	.	.	1	.	.	.	.	11	0,64	11	2,54
9	5	2130	514	1	4	1	.	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	9	0,52	3	0,69
10	5'	5380	13.2.11	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
11	2'	5490	14.1.13	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—	—	—	—
12	3'	7.6.13.0	20.1.19	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
13	2	1120	101	11	41	80	48	43	45	17	11	7	5	3	1	1	.	313	18,11	118	27,30	
14	6	1123	210	1	3	4	8	6	3	3	3	3	2	1	1	.	.	38	2,20	28	6,48	
15	13'	5.5.10.9	832	.	1	1	1	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	4	0,23	3	0,69
16	7	7.7.14.12	11.4.3	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
17	8	2273	311	.	3	5	3	1	6	2	1	2	1	1	.	.	.	25	1,45	12	2,78	
18	9'	1121	412	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
19	9	4483	513	.	.	1	2	1	1	.	.	1	1	2	.	.	1	9	0,52	7	1,62	
20	14'	16.16.32.9	19.3.13	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
21	10	2271	715	.	.	3	2	2	2	.	.	.	.	.	.	.	.	9	0,52	8	1,85
22	11	7.7.14.3	816	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	2	0,12	1	0,23
23	15'	21.21.42.8	71.8.55	.	.	1	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	3	0,17	3	0,69
24	12	8.8.16.3	917	1	5	15	17	10	19	14	5	6	2	2	3	1	2	102	5,90	23	5,32	
25	13	3361	10.1.8	1	2	4	1	1	2	.	.	2	.	.	1	.	.	14	0,81	3	0,69	

L.Nr.	G.Nr.	Symbol		Miller	Zahl des Auftretens einer Form in den Kombinationen vom Range n =															Kombinationen		Fundorte	
		Bravais	Miller		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	S	P	Σ	F
56	51	6061	43.5.5					1		1									2	0,12	2	0,46	
57	40'	43.0.13.2	28.11.11			1													4	0,06	4	0,23	
58	52	7071	522			1	3	4	4	3		2	1	1				19	1,10	12	2,78		
59	19'	8081	47.7.7			1					1			1	1			4	0,23	4	0,93		
60	—	17.0.17.2	42.5.5				1											1	0,06	1	0,23		
61	20'	9091	49.8.8			1		1	1					1	1			5	0,29	2	0,46		
62	54	40.0.10.1	733			1	1		3	3	3	4	1	2	1			20	1,16	12	2,78		
63	23'	41.0.11.1	23.10.10								2							2	0,12	2	0,46		
64	56	43.0.13.1	944			1	4	10	9	7	4	7	5		2	1		50	2,89	26	6,02		
65	26'	44.0.14.1	29.13.13				1			1								2	0,12	2	0,46		
66	58	46.0.16.1	41.5.5			1	3		1	5	3				2			15	0,87	10	2,31		
67	28'	48.0.18.1	37.17.17					2	1			1	1	1				6	0,35	6	1,39		
68	60	49.0.19.1	43.6.6																—	—	—	—	
69	30'	20.0.20.1	44.19.19							1								1	0,06	1	0,23		
70	32'	22.0.22.1	45.7.7								1							1	0,06	1	0,23		
71	33'	24.0.24.1	49.23.23						1									3	0,17	1	0,23		
72	34'	25.0.25.1	47.8.8															—	—	—	—		
73	61	28.0.28.1	49.9.9			1	2				3	1	1					9	0,52	8	1,85		
74	66'	0.4.1.10	41.41.8															—	—	—	—		
75	15	0115	221						1									2	0,12	2	0,46		
76	46'	0114	552															—	—	—	—		
77	68'	0.3.3.10	43.43.4															—	—	—	—		
78	42'	0113	441															—	—	—	—		
79	76'	0.7.7.20	992															—	—	—	—		
80	18	0225	771															—	—	—	—		

81	20	0112	110	1	37	107	154	135	78	77	31	22	15	8	4	2	2	1	674	39,00	244	55,77
82	77'	0.11.11.20	31.31.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	0,12	1	0,23
83	22	0335	881	1	2	2	3	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	0,58	4	0,93
84	24	0223	551	.	1	.	.	.	1	1	.	2	.	1	.	.	.	.	7	0,41	3	0,69
85	80'	0.18.18.25	43.43.11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	0,12	1	0,23
86	—	0334	772	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
87	72'	0.11.11.14	25.25.8	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
88	25	0445	331	.	6	8	13	3	10	9	4	2	1	.	.	.	.	57	3,30	39	9,03	
89	75'	0.14.14.17	31.31.11	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
90	61'	0637	13.13.5	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
91	26	0778	552	.	.	1	1	2	1	1	1	1	.	.	.	.	.	8	0,46	9	2,08	
92	78'	0.19.19.20	13.13.6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—	—	—	—
93	28	0111	221	1	3	5	10	14	8	5	5	3	2	1	1	2	.	61	3,53	38	8,79	
94	74'	0.17.17.16	11.11.6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—	—	—	—
95	64'	0998	17.17.10	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	3	0,17	2	0,46	
96	29	0887	553	.	1	2	1	7	4	4	1	3	1	2	1	1	.	29	4,68	15	3,47	
97	30	0665	11.11.7	1	1	.	2	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	6	0,35	3	0,69	
98	31	0554	332	.	5	2	4	5	2	4	2	1	1	.	.	.	.	27	1,56	21	4,86	
99	69'	0.14.14.11	25.25.17	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—	—	—	—	—
100	32	0443	775	.	.	1	2	1	.	2	1	1	3	1	3	1	1	17	0,98	8	4,85	
101	71'	0.18.18.13	31.31.23	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—	—	—	—	—
102	33	0775	443	1	.	.	5	5	4	.	1	1	.	.	.	.	.	19	1,10	11	2,55	
103	62'	0.10.10.7	17.17.13	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—	—	—	—	—
104	65'	0.13.13.9	22.22.17	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—	—	—	—	—
105	73'	0.19.19.13	32.32.25	.	.	2	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	4	0,23	1	0,23	
106	34	0332	554	1	8	15	23	20	10	11	5	1	2	2	.	.	.	99	5,73	29	6,71	
107	35	0.11.11.7	665	.	1	.	.	2	1	2	.	2	1	.	.	.	.	10	0,58	6	1,39	
108	55'	0885	13.13.11	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23	
109	36	0.13.13.8	776	1	5	7	9	7	1	1	.	1	3	1	1	.	.	38	2,20	13	3,01	
110	43'	0553	887	.	.	.	.	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	4	0,23	4	0,93	

L.Nr.	G.Nr.	Symbol		Zahl des Auftretens einer Form in den Kombinationen vom Range n =															Kombinationen		Fundorte	
		Bravais	Miller	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	S	P	Σ	F
111	48'	0774	11.11.10	1	3	2	1	2	9	0,52	7	1,62
112	56'	0995	14.14.13	—	—	—	—
113	60'	0.11.11.6	17.17.16	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
114	79'	0.39.39.20	59.59.58	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
115	37	0221	111	1	25	64	80	90	60	54	18	17	7	13	6	3	2	2	442	25,58	297	68,73
116	38	0994	13.13.14	1	2	6	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	12	0,69	7	1,62
117	58'	0.12.12.5	17.17.19	.	.	3	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	0,29	4	0,93
118	40	0532	778	.	.	2	3	1	2	2	.	.	.	.	.	.	.	10	0,58	8	1,85
119	41	0.11.11.4	556	1	7	9	12	6	3	1	.	.	.	.	.	.	.	39	2,26	19	4,40
120	43	0331	445	1	1	3	2	1	2	1	.	.	.	.	.	.	.	12	0,69	5	1,16
121	59'	0.16.16.5	779	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—	—	—	—
122	51'	0.13.13.4	17.17.22	.	1	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	0,23	2	0,46
123	44	0772	334	1	5	6	10	6	6	.	2	2	.	1	1	.	.	41	2,37	23	5,32	
124	—	0.11.11.3	14.14.19	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
125	46	0441	557	1	2	5	2	4	4	5	1	.	.	.	.	.	.	24	1,39	17	3,93
126	47	0992	11.11.16	.	.	1	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	3	0,17	2	0,46
127	49	0551	223	1	7	14	16	10	7	2	.	2	.	2	.	.	64	3,70	34	7,87		
128	17'	0661	7.7.11	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	2	0,12	2	0,46
129	41'	0.13.13.2	558	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—	—	—	—
130	18'	0771	8.8.13	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
131	53'	0.29.29.4	11.11.18	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
132	53	0881	335	.	3	10	11	5	4	5	.	4	1	1	.	1	.	45	2,60	27	6,25	
133	21'	0991	10.10.17	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	2	0,12	2	0,46
134	22'	0.10.10.1	11.11.19	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	2	0,12	2	0,46
135	55	0.11.11.1	447	.	2	2	6	4	2	2	.	.	.	2	2	3	2	28	1,62	16	3,70	

246	417'	19.11.30.8	19.0.11	.	.	2	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	3	0,17	2	0,46
247	405'	29.17.46.12	29.0.17	.	.	1	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	2	0,42	1	0,23
248	370'	65.34.99.25	63.2.36	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	58	3,36	37	8,56
249	94	5382	503	1	3	7	8	8	12	6	3	4	2	2	2	.	3	0,17	2	0,46
250	410'	13.8.21.5	13.0.8	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	14	0,81	12	2,78
251	95	8.5.13.3	805	.	.	1	.	2	3	2	1	1	2	1	.	3	0,17	1	0,23	
252	176'	17.1.18.4	13.4.5	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	11	0,06	4	0,93	
253	225'	7292	613	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	41	0,64	6	1,39	
254	135	24.8.32.7	21.3.11	1	1	2	1	2	1	.	2	1	.	.	.	3	0,17	1	0,23	
255	323'	27.10.37.8	24.3.13	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	2	0,12	2	0,46	
256	165'	13.1.14.3	10.3.4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	10	0,58	4	0,93
257	441'	10.4.14.3	915	.	.	.	.	.	.	2	1	2	.	2	1	1	1	0,06	1	0,23
258	91'	17.11.28.6	17.0.11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
259	177'	22.2.24.5	17.5.7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	12	0,69	7	1,62
260	136	16.8.24.5	15.1.9	.	.	1	1	1	7	.	.	.	.	.	1	.	2	0,12	2	0,46
261	—	29.19.48.10	29.0.19	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	0,17	2	0,46
262	219'	19.10.29.6	18.1.11	.	.	.	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
263	316'	22.12.34.7	21.1.13	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	3	0,17	1	0,23
264	175'	40.4.44.9	31.9.13	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
265	244'	28.16.44.9	27.1.17	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	5	0,29	1	0,23
266	340'	34.20.51.11	33.1.21	.	.	.	.	1	.	2	.	1	.	.	.	.	—	—	—	—
267	309'	64.40.104.21	63.1.41	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
268	170'	9.1.10.2	723	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	6	0,35	3	0,69
269	147	15.5.20.4	13.2.7	.	.	2	.	.	.	1	.	.	2	1	.	.	1	0,06	1	0,23
270	247'	11.4.15.3	29.4.16	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	3	0,17	1	0,23
271	315'	22.13.35.7	64.2.41	.	1	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	160	9,26	75	17,36
272	96	3251	302	1	6	20	29	24	29	28	7	5	3	1	.	.	1	0,06	1	0,23
273	376'	101.70.171.34	102.4.69	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	2	0,12	1	0,23
274	179'	32.4.36.7	25.7.11	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
275	284'	16.10.26.5	47.1.31	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23

L.Nr. G.Nr.	Symbol		Zahl des Auftretens einer Form in den Kombinationen vom Range n =															Kombinationen		Fundorte	
	Bravais	Miller	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	S	P	N	F
276 275'	14.12.26.5	15.1.11	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	2	0,12	1	0,23
277 190'	14.7.21.4	13.1.8	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	2	0,12	1	0,23
278 130	14.2.16.3	11.3.5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	3	.	.	6	0,35	3	0,69
279 251'	12.4.16.3	31.5.17	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
280 98	19.13.32.6	49.0.13	.	1	3	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	7	0,41	5	1,16
281 153'	15.7.22.4	41.4.25	.	.	1	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	0,17	2	0,46
282 99	10.7.17.3	10.0.7	1	1	1	3	.	.	1	2	1	1	1	.	.	.	12	0,69	6	1,39	
283 233'	12.11.23.4	13.1.10	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	0,12	1	0,23
284 295'	21.8.29.5	55.8.32	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
285 131	5161	412	.	.	1	.	.	.	1	1	1	1	1	1	.	.	.	6	0,35	5	1,16
286 120	4261	11.1.7	.	.	2	1	.	2	1	1	1	1	1	.	.	.	10	0,58	7	1,62	
287 286'	18.12.30.5	53.1.37	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
288 92'	7.5.12.2	705	.	.	1	2	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	4	0,23	3	0,69
289 276'	16.14.30.5	17.1.13	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
290 232'	20.5.25.4	49.11.26	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	0,06	1	0,23
291 269'	19.6.25.4	16.3.9	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	3	0,17	1	0,23
292 254'	15.4.19.3	37.8.20	.	1	2	4	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8	0,46	2	0,46
293 100	11.8.19.3	11.0.8	.	.	.	1	1	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	5	0,29	4	0,93
294 324'	37.14.51.8	32.5.19	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	0,12	1	0,23
295 296'	25.7.32.5	62.13.34	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—	—	—	—
296 317'	29.16.45.7	27.2.18	.	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	2	0,12	1	0,23
297 194'	10.3.13.2	25.5.14	.	.	2	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	0,29	3	0,69
298 226'	9.4.13.2	815	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	2	0,12	1	0,23
299 215'	7.6.13.2	22.1.17	.	.	2	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	4	0,23	2	0,46
300 166'	16.4.20.3	13.3.7	.	.	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	0,17	2	0,46

L.Nr. G.Nr.	Symbol		Miller	Zahl des Auftretens einer Form in den Kombinationen vom Range n =															Kombinationen		Fundorte		
	Bravais	Miller		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	S	P	S	P	
386 112	2.10.12.7	755				1														3	0,17	2	0,46
387 113	1674	433		1	2	1	1													10	0,58	5	1,16
388 216'	5.9.14.8	945					1													1	0,06	1	0,23
389 114	1895	544																		1	0,06	1	0,23
390 85	2795	16.10.11																		1	0,06	—	—
391 279'	3695	17.8.10																		2	0,12	1	0,23
392 261'	10.55.65.36	37.27.28																		1	0,06	1	0,23
393 149'	4.10.11.6	655																		—	—	—	—
394 101'	5.17.22.12	43.8.9		1																1	0,06	1	0,23
395 349'	8.16.24.13	15.7.9																		1	0,06	1	0,23
396 373'	35.69.104.56	65.30.39																		1	0,06	1	0,23
397 320'	4.11.15.8	956																		1	0,06	1	0,23
398 358'	11.21.32.17	20.9.12																		—	—	—	—
399 115	1.16.17.9	988																		2	0,12	2	0,46
400 224'	7.61.68.36	37.30.31																		—	—	—	—
401 326'	6.11.17.9	32.14.19																		—	—	—	—
402 372'	56.98.154.81	97.44.57																		1	0,06	1	0,23
403 310'	8.32.40.21	23.15.17																		1	0,06	1	0,23
404 304'	14.26.40.21	25.11.15																		7	0,41	1	0,23
405 380'	29.53.82.43	154.67.92																		1	0,06	1	0,23
406 332'	7.14.21.11	13.6.8																		1	0,06	1	0,23
407 260'	15.70.85.44	48.33.37		1																1	0,06	1	0,23
408 379'	29.51.80.41	50.21.30																		1	0,06	1	0,23
409 241'	1563	10.7.8																		—	—	—	—
410 258'	3.13.16.8	967		1	1															3	0,17	2	0,46

L. Nr. G. Nr.	Symbol		Miller	Zahl des Auftretens einer Form in den Kombinationen vom Range n =															Kombinationen		Fundorte	
	Bravais			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	S	P	Σ	F
496 291'	8.16.24.5	37.13.35		.	.	1	.	1	.	2	.	.	.	.	.	.	.	4	0,23	1	0,23
497 151'	3.7.10.2	525		.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
498 97	2351	827		.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	2	0,23	1	0,23
499 145	9.11.20.4	11.2.9		.	2	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	4	0,23	3	0,69
500 237'	7.8.15.3	25.4.20		.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
501 285'	10.16.26.5	41.11.37		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—	—	—	—
502 256'	8.13.21.4	11.3.10		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—	—	—	—
503 —	6.21.27.5	38.20.43		.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	2	0,12	1	0,23
504 193'	5.6.11.2	615		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—	—	—	—
505 137	9.14.23.4	12.3.11		.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
506 255'	34.37.71.12	39.5.32		.	2	3	11	6	1	4	2	1	2	3	.	.	.	35	2,03	8	1,85	
507 183'	1.11.12.2	547		.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
508 119	2461	313		.	.	1	2	1	3	3	2	3	1	1	1	1	1	20	1,16	14	3,24	
509 146	6.7.13.2	716		.	.	1	4	2	.	.	.	.	.	1	.	.	.	8	0,46	5	1,16
510 187'	4.29.33.5	14.10.19		.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
511 138	4.16.20.3	9.5.11		.	.	.	.	2	2	3	3	4	1	3	.	.	.	20	1,16	10	2,31
512 139	1671	324		1	1	1	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	7	0,41	6	1,39
513 83'	3471	11.2.10		.	.	.	1	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	4	0,23	3	0,69
514 195'	6.44.50.7	21.15.29		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—	—	—	—
515 145'	8.14.22.3	11.3.11		.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
516 121	3581	414		.	.	1	.	1	1	.	.	1	1	1	.	.	.	6	0,35	5	1,16	
517 270'	8.25.33.4	15.7.18		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—	—	—	—
518 189'	3.15.18.2	23.14.31		.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
519 181'	2791	425		.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
520 200'	3.16.19.2	8.5.11		.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	3	0,17	3	0,69

521	140	1.9.10.1	436	1	.	1	.	.	.	1	3	0,17	3	0,69
522	188'	2.8.10.1	13.7.17	—	—	—	—
523	146'	4.6.10.1	515	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	3	0,17	2	0,46	
524	147'	13.19.32.3	16.3.16	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—	—	—	—
525	152'	9.13.22.2	11.2.11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—	—	—	—
526	325'	151.154.305.27	161.10.144	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—	—	—	—
527	—	2.32.34.3	13.11.21	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	2	0,12	1	0,23
528	197'	4.11.12.1	44.11.22	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
529	201'	1.13.14.1	16.13.26	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
530	167'	6.10.16.1	23.5.25	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
531	205'	1.16.17.1	19.16.32	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
532	204'	2.16.18.1	7.5.11	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
533	148'	25.31.53.3	28.3.28	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	3	0,17	1	0,23
534	207'	1.30.31.1	11.10.20	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—	—	—	—
535	191'	12.20.32.1	15.3.17	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	2	0,12	1	0,23
536	192'	16.24.40.1	19.3.21	.	.	.	.	1	2	.	.	.	.	3	0,17	2	0,46
537	209'	14.476.490.9	171.157.319	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23
538	210'	2.68.70.1	73.67.137	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—	—	—	—
539	211'	7.168.175.1	61.54.114	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	0,06	1	0,23

Tab. 4. Zahl der verschiedenen Formenarten des Calcis

Art der Form	Anzahl	L. Nr. in Tab. 3	Art der Form	Anzahl	L. Nr. in Tab. 3
Pinakoid	1	1	positives Rhomboeder	44	30-73
Prisma	12	2-13	negatives Rhomboeder	75	74-148
Bipyramide	16	14-29	positives Skalenoeder	202	149-350
			negatives Skalenoeder	189	351-539

Die Millerschen Symbole (in der vierten Kolonne von Tab. 3 mit jener Indizesfolge vermerkt, welche durch die bekannte Transformationsformel die direkte Überführung in die danebenstehende viergliedrige Bezeichnung gewährleistet) lassen sich auf dem Umweg über die Bravaisschen Symbole finden.

Zwei wichtige Feststellungen drängen sich schon bei oberflächlichem Durchgehen der Tab. 3 auf. Zunächst ist es die *überraschende Menge der Symbole mit hochzahligen Indizes*. Mehr als ein Drittel aller Calcitformen haben mindestens einen Index, der die Zahl 20 übersteigt. Bei 16 Symbolen finden sich sogar dreistellige Werte. Wie vollkommen ein Kristall ausgebildet sein muß, um die Bestimmung des Skalenoeders 551 : 171 : 722 : 100 (L. Nr. 310) zu gestatten, werden jene erahnen, die hunderte guter Kristalle durchgemessen haben. Die andere Merkwürdigkeit betrifft *das Fehlen vieler Symbole mit verhältnismäßig einfachen Indizes*. So gibt es theoretisch 13 dihexagonale Prismen, deren Indizes unter 10 liegen. Am Calcit wurden hiervon nur 7 festgestellt, wogegen die drei andern Prismen, die noch gefunden wurden, zweistellige Indizes enthalten. Noch schlimmer steht es um die Bipyramiden. Unter den 14 ermittelten Formen dieser Art haben 9 einen zweistelligen Index. Mit lauter einstelligen Zahlen ließen sich aber 21 hierhergehörige Symbole zusammenstellen.

2. Die Kombinationspersistenz der Calcitformen

Zur Ermittlung der Kombinationspersistenz fallen nur Figuren mit verschiedenen Formen in Betracht. Wenn z. B. die Form 2131 59 mal als einziges kristallographisches Begrenzungselement des Calcits wiederkehrt, oder die Kombination 10 $\bar{1}$ 0.01 $\bar{1}$ 2 auf 41 Zetteln notiert wurde, so zählt die eine wie die andere Ausbildungsart, trotz der vielmaligen Wiederholung, für die Kombinationspersistenz nur einmal. An den der vollen Deutung unterzogenen 2547 Darstellungen (vgl. Tab. 2, S. 227) wurden 1728 Kombinationen gezählt, die sich durch Zahl und Art der Formen unterscheiden. Im Maximum kommen 15 Formen zu einer Kombination vereinigt vor. Eine Kombination von n Formen soll n -rangig heißen. Die durch Auszählung erhaltene Menge der verschiedenen Kombinationen vom Range n sei K_n . Wie die K_n für die 15 Werte von n variieren, ist aus Tab. 5 und Fig. 5 ersichtlich. Im Durchschnitt trifft es auf eine Kombination 4,56 Formen.

Tab. 5. Die Anzahl K_n der Kombinationen vom Range n samt den auf das Kombinationstotal von 1728 bezogenen %-Werten

n	K_n	%	n	K_n	%	n	K_n	%
1	49	2,84	6	174	10,07	11	21	1,22
2	209	12,09	7	139	8,04	12	9	0,52
3	369	21,35	8	52	3,02	13	6	0,35
4	363	21,01	9	38	2,20	14	4	0,23
5	271	15,68	10	21	1,22	15	3	0,17

Von jedem der 1728 Zettel wurde die Zahl der ermittelten Formen in Tab. 3 vermerkt. Nicht bloß zur Erleichterung der Kontrolle, sondern vor allem aus sachlichem Interesse wurde jeweils angegeben, wie oft eine Form in den Kombinationen vom Range $n = 1, 2 \dots 15$ auftrete. Die in der S-Kolonne stehende Zahl des Gesamtauftritts einer Form ist gleich der Summe der links davon stehenden Einzelposten. Werden alle Zahlen der Kolonne 1, 2, 3... für sich addiert, so liefern sie die Summen $s_1, s_2, s_3 \dots$, die im Endwert das 1-, 2-, 3-...

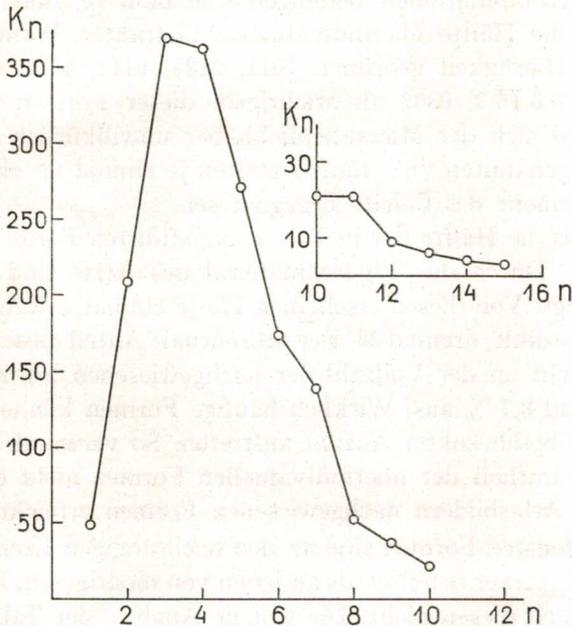


Fig. 5. Die Zahl K_n der Calcitkombinationen in Abhängigkeit von ihrem Range n . Die 10- bis 15rangigen Kombinationen sind rechts oben mit überhöhter Ordinate dargestellt.

15-fache der Zahlen $K_1, K_2, K_3 \dots K_{15}$ betragen. Überdies muß $\Sigma s_i = \Sigma S_i = 7884$ (vgl. Tab. 6) sein. Eine willkommene Kontrolle.

Daß 49 Formen selbständig auftreten, widerspricht jeder kristallographischen Erfahrung und erklärt sich einzig durch den Umstand, daß ältere Autoren die seltenen, in irgendeiner Kombination beobachteten Formen der Anschauung wegen auch einzeln darstellten. Vielen Zeichnungen ist mit gewisser Vorsicht zu begegnen. Die dargestellten Kombinationen entsprechen nämlich nicht immer einer wirklichen Naturbeobachtung, sondern eher einem pädagogischen Bedürfnis. In manchen Fällen galt es nämlich zu zeigen, wie zwei, drei oder mehr Formen sich in der Kombination gegenseitig beeinflussen. Flächenreichere Bilder können auch sogen. Sammelfiguren sein, welche die Gesamtheit der an einem Fundort etc. festgestellten Formen veranschaulichen und gegen die Jahrhundertwende in manchen Kreisen beliebt waren. Von den 49 «selbständigen» Formen sind nur 19 mehr als einmal gezeichnet worden; an mehr als 5 % der 1728 verschiedenen Kombinationen beteiligen sich bloß 10, und von diesen hat gerade die Hälfte überindividuellen Charakter. Wenn nach abnehmender Häufigkeit geordnet, 10T1, 2131, 01T2, 4041, 0221, 3251, 2134, 1341, 8.8.T6.3, 0332 als wichtigste dieser Formen zu nennen sind, so wird sich der Mineralienliebhaber unwillkürlich fragen, wo er den letztgenannten vier, fünf Gestalten je einmal als einzigem Begrenzungselement des Calcits begegnet sei.

Mehr als die Hälfte der in Tab. 3 aufgeführten Formen sind äusserst selten. Durch das Figurenmaterial des Atlas sind überhaupt nur 435 belegt. Von diesen erscheinen 173 je einmal; zweimal werden 71 Formen gezählt, dreimal 38. Der prozentuale Anteil dieser seltensten Formen macht an der Vollzahl der nachgewiesenen Formen 39,7 %, bzw. 16,3 und 8,7 % aus. Wirklich häufige Formen können demnach nur in ganz beschränkter Anzahl auftreten. So verwundert es nicht, daß die Gesamtheit der überindividuellen Formen nicht einmal 2 % der an den Atlasbildern nachgewiesenen Formen erreicht.

Die seltensten Formen sind an den hochrangigen Kombinationen naturgemäß stärker beteiligt als an jenen von niedrigerem Rang. Doch fehlen sie auch diesen nicht. Die genaue Analyse der Tab. 3 beweist sogar, daß sie ihnen in beachtlicher Menge eigen sind. Das Auszählresultat ist in Tab. 6 zusammengefaßt. Darin bezeichnet n den Rang der Kombination; nK_n nennt also die Gesamtzahl der die K_n

Tab. 6. Beteiligung der seltensten Formen an den n -rangigen Kombinationen

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
nK_n	49	418	1107	1452	1355	1044	973	416	342	210	231	108	78	56	45
I	1	8	16	20	29	21	30	10	17	1	10	3	4	1	2
II	2	3	9	11	21	16	17	11	11	10	14	3	7	4	3
III	—	7	21	15	11	13	14	3	11	1	4	3	7	2	2
total	3	18	46	46	61	50	61	24	39	12	28	9	18	7	7
%	6.2	4.3	4.2	3.2	4.5	4.8	6.3	5.8	11.4	5.7	12.1	8.3	23.1	12.5	15.6

aufbauenden Formen. Diese sind natürlich nur im Falle selbständiger Entwicklung ($n = 1$) voneinander verschieden. An den übrigen Kombinationen können sich die Formen mit $P > 0.06$ wiederholen. Wo und wie oft die ein-, zwei-, dreimal festgestellten Formen erscheinen, ist in den Reihen I, II und III angegeben. Es handelt sich um 282 Formen. Da sie in die 1728 Kombinationen von insgesamt 7884 Formen (= Summe aller nK_n) nur 429 mal (= $173 + 2 \times 71 + 3 \times 38$) eingehen, berechnet sich der mittlere Anteil dieser seltenen Formen an der Gesamtzahl der in den Kombinationen vom Range n überhaupt auftretenden Formen zu 5.44 %. Wie aus Tab. 6 ersichtlich ist, schwankt der wirkliche Anteil zwischen 3.2 und 23.1 %. Da die flächenreichsten Kombinationen nur spärlich vertreten sind, lassen sich dafür keine zuverlässigen Aussagen machen. Im Mittel scheinen an ihnen die seltensten Formen nur etwa $\frac{1}{7}$ der beteiligten Formenzahl auszumachen.

Interessanter als die absolute Häufigkeit einer Form ist deren prozentuale Auftretenszahl in den 1728 Kombinationen. Darum sind zu allen S der Tab. 3 die sogen. *Kombinationspersistenzwerte* P mittels der Proportion

$$S : 1728 = P : 100$$

errechnet und in der P-Kolonne notiert. Daß zwei Dezimalen mitgeschleppt wurden, hängt nicht mit einem besondern Genauigkeitsmaß dieser Werte zusammen, sondern entspricht der Absicht, verschiedenen S-Zahlen auch verschiedene P-Größen zuzuordnen.

Nach Nigglicer Terminologie gehört keine der 539 Calcitformen zu den charakteristischen Leitformen, für die $P > 70$ ist. Eine überraschende Tatsache, die bisher nicht ihresgleichen hat. Nicht weniger überrascht die Feststellung, daß nur 8 der 539 aufgeführten bzw. 435 beobachteten Formen überindividuellen Charakter haben ($P > 10$). Fünf davon sind als selbständige Formen allbekannt (10I1, 2131, 01I2, 4041, 0221); die drei andern (0001, 10I0, 1120) können ihrer Natur nach

nicht selbständig auftreten. Das Nähere ist aus Tab. 10 und Fig. 7 ersichtlich.

Man ist zum vorneherein zur Annahme geneigt, daß sich an den flächenreichern Kombinationen die persistentesten Formen je in größerer Zahl zusammenfinden. Doch kommen an keiner der 1728 Kombinationen die 8 überindividuellen Formen in geschlossener Gesamtheit vor. Einzig die Zweierkomplexionen der hochpersistenten Formen werden mit allen ihren 28 Möglichkeiten am Untersuchungsmaterial festgestellt. Der Raum gestattet es nicht, auf die große Fülle der verwirklichten oder denkbaren Fälle einzugehen. Tab. 7 faßt die wesentlichsten Tatsachen zusammen. Die Zahlen geben an, wieviele Prozent der linksstehend genannten Gesamtmenge K_n der n-rangigen Kombinationen ν -zählige Komplexionen der 8 überindividuellen Formen enthalten. Die Maxima sind durch Kursivdruck hervorgehoben. Rechts außen ist die prozentuale Verteilung jener 102 Kombinationen aufgeführt, die sich ausschließlich aus individuellen Formen zusammensetzen. Die wichtigsten Tatsachen finden in folgenden Regeln kurzen Ausdruck. a) Abgesehen von den 44 «selbständigen» Formen des Atlas, die individuellen Charakter haben, gibt es 58 — zumeist einfache — Kombinationen ohne hochpersistente Formen. b) An keiner Kombination von 8 und mehr Formen fehlen individuelle Formen. c) Je

Tab. 7. Prozentuale Beteiligung der ν -zähligen Komplexionen der 8 überindividuellen Formen an den 1- bis 15-rangigen Kombinationen

n	K_n	Zähligkeit der Komplexionen überindividueller Formen							Komb. rein indiv. Formen
		1	2	3	4	5	6	7	
1	49	10,20							89,80
2	209	70,81	12,92						16,27
3	369	27,64	56,91	11,38					4,07
4	363	10,74	36,09	44,35	7,44				1,38
5	271	5,17	20,66	37,64	29,89	6,64			—
6	174	0,57	13,22	34,48	31,61	16,67	1,72		1,73
7	139	2,16	5,04	22,30	36,69	22,30	10,79		0,72
8	52	—	9,62	11,53	42,31	23,08	11,53	1,92	—
9	38	2,63	7,89	28,95	26,32	18,42	15,78	—	—
10	21	—	—	19,05	23,81	33,33	19,05	4,76	—
11	21	—	—	23,81	33,33	28,57	14,29	—	—
12	9	—	11,11	11,11	11,11	44,44	11,11	11,11	—
13	6	—	—	50,00	33,33	—	16,67	—	—
14	4	—	—	—	—	50,00	50,00	—	—
15	3	—	—	—	33,33	33,33	33,33	—	—

formenreicher die Kombination ist, umso seltener zeigt sich das Auftreten der kleinzahligen Komplexionen von Hauptformen; die Zahlenlücke links unten in Tab. 7 ist Beweis dafür. d) Entsprechend dem starken Persistenzunterschied der nicht individuellen Formen besteht in den Kombinationen von mittlerer Reichhaltigkeit eine auffallende Bevorzugung der Komplexionen von vier Hauptformen. e) Aus dem gleichen Grund bestehen 3- bis 6-rangige Kombinationen mit zunehmender Kompliziertheit immer seltener aus bloßen Hauptformen, d. h. in den entsprechenden Kolonnen werden die obersten Zahlen von links nach rechts immer kleiner. f) Die höchstrangigen Kombinationen sind so spärlich vertreten, daß allgemein gültige Aussagen nicht mehr erlaubt sind.

Es bietet ein gewisses Interesse, die Formen, welche Goldschmidt in die Gruppen I und II unterteilt hat, mit der dafür berechneten Persistenz in Zusammenhang zu bringen. In Tab. 8 ist das durchgeführt. Von den 149 sichern Formen (Nr. 47 zweimal gezählt; vgl. S. 241) haben 96, d. h. ungefähr zwei Drittel, eine Persistenz $P < 1$. Drei

Tab. 8. Anzahl der Formen gegebener Persistenz, die zur Goldschmidtschen Gruppe I oder II gehören

P	I	II	P	I	II	P	I
0	3	101	1,22	1	—	3,30	1
0,06	14	159	1,27	1	—	3,36	2
0,12	12	59	1,33	2	—	3,53	1
0,17	6	32	1,39	1	1	3,70	1
0,23	4	14	1,45	1	—	3,88	1
0,29	4	12	1,56	1	—	4,46	1
0,35	11	2	1,62	2	—	5,56	1
0,41	7	2	1,68	1	—	5,73	1
0,46	4	3	1,85	1	—	5,90	1
0,52	6	2	2,03	—	1	6,60	1
0,58	8	1	2,14	1	—	7,35	1
0,64	2	—	2,20	2	—	9,26	1
0,69	7	—	2,26	2	—	18,11	1
0,81	3	—	2,37	1	—	18,52	1
0,87	2	—	2,43	1	—	25,58	1
0,93	1	1	2,60	1	—	29,17	1
0,98	3	—	2,72	1	—	39,00	1
1,10	2	—	2,89	2	—	39,93	1
1,16	4	—	2,95	1	—	40,10	1
			3,01	2	—	47,86	1

konnten an den Atlasfiguren überhaupt nicht nachgewiesen werden. Nur für 14 ist $P > 5$. Von den 390 nicht sichern Formen, zu denen, außer L. Nr. 126, jene gerechnet werden, die in Goldschmidts Tabelle fehlen (vgl. hierzu S. 240 ff.), erscheinen am untersuchten Bildmaterial 101 nie und 218 höchstens zweimal. 70 werden 3- bis 24 mal gezählt. An die Persistenz $P = 2,03$ der komplizierten Form 34.37.7I.12 reichen 114 Formen aus I nicht heran.

3. Fundorte und Fundortspersistenz

Zu vielen Figuren hat Goldschmidt Fundorte angegeben. Gelegentlich werden sogar für eine Nummer zwei oder drei Vorkommen genannt. Die Fundorte des Goldschmidtschen Atlas sind in Tab. 9

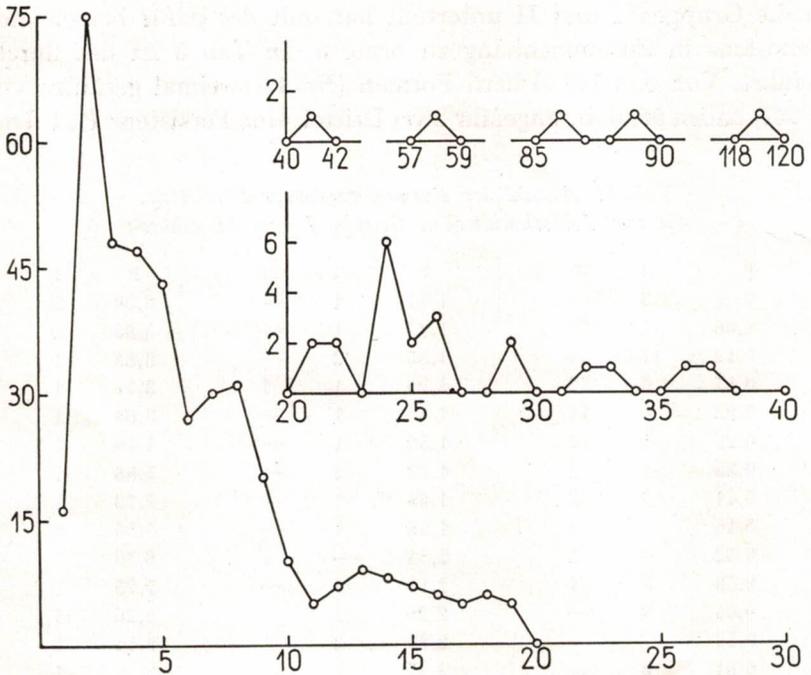


Fig. 6. Die Calcitfundorte gleicher Formenzahl. Die Ordinate besagt, an wievielen Fundstellen die als Abszisse notierte Formenzahl ermittelt wurde. Die Formen selber können unter sich verschieden sein. Da die Formenzahlen keine lückenlose Folge bilden, ist die x-Achse dreimal unterbrochen. Für die formenreichen Fundorte mußte die Ordinate im Interesse einer anschaulichen Darstellung überhöht werden.

Tab. 9. Die Calcitfundorte des Atlas
und die Zahl der für jeden Fundort ermittelten Formen

1. Agaëte (Canar Ins.)	25	49. Bölet	15	97. Dannemora	2
2. Ahrn	5	50. Bölle	5	98. Dauphiné	7
3. Ahrntal	6	51. Bougy	1	99. Denée	9
4. Albino	5	52. Bourges	6	100. Derbyshire	86
5. Algrange	7	53. Bowling Quarry	22	101. Dettingen	5
6. Allmendingen	4	54. Boyleston Quarry	17	102. Deutschland	4
7. Alma	2	55. Branik	5	103. Devill Hills	2
8. Alston Moor	13	56. Bräunsdorf	13	104. Devonshire	8
9. Altens Kupferwerk	2	57. Brevig	5	105. Dockra Quarry	13
10. Andreasberg	119	58. Bristol	7	106. Dognacska	2
11. Angers	11	59. Bruniquel	9	107. Dompierre	3
12. Antwerp	12	60. Burn of Summery	2	108. Dortmund	4
13. Arendal	26	61. Cadder Pits	2	109. Drassdorf	3
14. Argentine	3	62. Caen	4	110. Dufton	8
15. Arlberg Tunnel	16	63. Callander	8	111. Dünsberg	9
16. Arnold Hill	8	64. Calton Hill	1	112. Egremont	13
17. Arquennes	6	65. Cambo	3	113. Eisenerz	1
18. Arran	3	66. Campbelton Loch	5	114. Elba	1
19. Ashgrove Quarry	5	67. Carrara	7	115. Engis	18
20. Aunis	1	68. Castagna-moro	2	116. England	14
21. Auxelles	3	69. Castelnauary	7	117. Erbray	6
22. Babel Oued	2	70. Catskill	10	118. Essex	2
23. Badenweiler	6	71. Celadna	2	119. Eyam	3
24. Bad Lands	4	72. Central City	4	120. Farges	2
25. Baidar Tor	3	73. Challezeule	8	121. Färöer	6
26. Bamle	3	74. Chamonix	2	122. Fassa	9
27. Basel	2	75. Chilson Lake	8	123. Fayetteville	6
28. Bäsinge Kupfergrube	9	76. Chokier	18	124. Fee Donald Mine	19
29. Bath	9	77. Clamecy	9	125. Feroë	2
30. Bathgate Hills	5	78. Claustal	2	126. Fiesch	2
31. Bay Vein	13	79. Clermont-Ferrand	4	127. Fillols	2
32. Beith	7	80. Collonges	4	128. Floitental	4
33. Belfort	7	81. Collongette	2	129. Forgandenny	11
34. Bellevue	5	82. Combe de la Selle	2	130. Fort Point	6
35. Beresowsk	4	83. Comblain	4	131. Framont	14
36. Bergenhill	16	84. Conilla	2	132. Frankreich	2
37. Beschert Glück	4	85. Cornwall	2	133. Freiberg	24
38. Bex	2	86. Corstorphine Hill	2	134. Friesach	5
39. Biber	2	87. Courniou	6	135. Fuglō	2
40. Bigrig Mine	4	88. Couson	11	136. Furokura	8
41. Binny Craig	5	89. Couzon	18	137. Galena Limestone	15
42. Bisbee	4	90. Craig Park Quarry	8	138. Garrigill	21
43. Bishoppton	10	91. Crèches	7	139. Gastein	2
44. Blaton	15	92. Crispalt	2	140. Geodha Tuill	2
45. Blaubeuren	4	93. Crown Point	1	141. Gersdorf	4
46. Bleiberg	16	94. Cumberland	37	142. Gie-uisg Geo	8
47. Bogoslowsk	15	95. Cziklowa	2	143. Giovanni Bonu	9
48. Bojczy	4	96. Dangolsheim	6	144. Glen Arbuck	3

145. Glenariff Valley	2	196. Kemencze	6	247. Maybell Mine	8
146. Glen Crieve	17	197. Kilmalcolm	24	248. Meallmore	4
147. Glen Farg	7	198. Kilpatrik	2	249. Mexico	3
148. Glens Falls	8	199. Kincaig	10	250. Mindouli	6
149. Godhavn	5	200. Kinkell	7	251. Mineville	4
150. Gorno	5	201. Kirebinsk	1	252. Mitsu Sawa	9
151. Göttland	8	202. Kis Strazsahegy	12	253. Moldawa	8
152. Gotthard	2	203. Kleinlinden	8	254. Moldmines	3
153. Gotzenalp	1	204. Klein-Schwab'bg	15	255. Montecatini	29
154. Gourock	8	205. Klitschinskoy	3	256. Montecchio Magg.	15
155. Grand Cour	4	206. Kongsberg	24	257. Monteponi	2
156. Grenoble	5	207. Konnerudkollen	6	258. Montreal	3
157. Gross-Rombach	7	208. Körös Mező	9	259. Mt. Saint-Martin	4
158. Gross-Sachsenheim	2	209. Kotterbach	6	260. Mugdock Tunnel	5
159. Gryffe Waterworks	4	210. Kuchelbad	4	261. Muirkirk	2
160. Guanajuato	19	211. Kühles Tal	8	262. Mull	4
161. Gustafsberg	7	212. Labassère	3	263. Münstertal	14
162. Gyalar	2	213. Lake Superior	89	264. Muszari	7
163. Harris Bed	10	214. Lancashire	9	265. Naila	2
164. Harz	41	215. Landlies	6	266. Nakerdluk	2
165. Harzgerode	1	216. Langbanshyttan	14	267. Nanterre	3
166. Hausach	8	217. Langö	7	268. Narsarsuk	8
167. Heilem	4	218. La Prugne	3	269. Nertschinsk	1
168. Hesselkulla	9	219. La Rochelle	3	270. New Baltimore	3
169. Hettingen	13	220. Leadhills	15	271. Niederbronn	5
170. Hilderston Hill	4	221. Leogang	5	272. Nieder-Rabenstein	6
171. Hille	7	222. Leuthen	2	273. Nilvange	6
172. Hillsboro	12	223. Lincoln	5	274. Nîmes	3
173. Himmelsfürst	3	224. Lindener Mark	7	275. Norberg	26
174. Hlubotschep	6	225. Loch Tay	2	276. Nordmarken	26
175. Hofhaina	3	226. Long Craig	1	277. Norwegen	9
176. Hollersbach	5	227. Louverné	22	278. Oberscheld	33
177. Howes Cave	17	228. Lugton Quarry	10	279. Oberschelden	5
178. Hoy	4	229. Lyon	1	280. Oberstein	18
179. Hudson	3	230. Lyon Mountain	32	281. Ofen	5
180. Hüttenberg	2	231. Mabie	3	282. Offenbanya	3
181. Jarow	8	232. Machrihanish	7	283. Oisans	11
182. Iberg	3	233. Maderanertal	11	284. Ophir	2
183. Jersey City	8	234. Magus Muir	3	285. Orkusak	2
184. Iluilek	5	235. Malmberg	8	286. Oestergarmhorn	7
185. Indien	3	236. Marbach	4	287. Owener Bölle	12
186. Joachimstal	6	237. Maria Remete	5	288. Oxbow	3
187. Joplin District	36	238. Mariatrost	9	289. Pallafat	4
188. Irland	2	239. Marienberg	2	290. Paris	1
189. Isère, Dep.	14	240. Markkirch	14	291. Pau	9
190. Island	8	241. Maronne	9	292. Pentland Hills	4
191. Islay	2	242. Matlock	8	293. Perouse	2
192. Kadainskoj	2	243. Matyasberg	5	294. Perrières	3
193. Kaiserstuhl	7	244. Matyas Hegy	5	295. Pfaffenberg	1
194. Kandern	8	245. Maursmünster	3	296. Pfirt	6
195. Kelley's Island	8	246. Maxen	3	297. Phenixville	2

298. Piperhill Quarry	3	343. Sala (Steiermark)	4	388. St. Sylvestre	2
299. Piquette d. Lids	2	344. Salgo Tarjan	5	389. Taberg	8
300. Piszke	9	345. Salisbury Crags	2	390. Tajowa	3
301. Plainfield	9	346. Salzburg	2	391. Tankerville Mine	2
302. Plymouth	5	347. Sandend	5	392. Tatabanya	2
303. Porte de France	8	348. Saratoga	10	393. Terlingua	12
304. Porto Ferrajo	5	349. Sarrabus	13	394. Tharandt	10
305. Potosi	8	350. Savenne	6	395. Thüringen	2
306. Pouilly	5	351. Schapbachtal	8	396. Tokod	3
307. Prada lunga	9	352. Schemnitz	16	397. Tonnère	3
308. Prag	4	353. Schneeberg	3	398. Torockó	6
309. Prettau	17	354. Schottland	5	399. Tour de Boulade	5
310. Preven	3	355. Schwarzwald	5	400. Traversella	21
311. Pribram	13	356. Schwaz	5	401. Trentschin	4
312. Priszke	7	357. Seilles	6	402. Treshnish Islands	2
313. Puy de Dôme	6	358. Sequache Cty.	4	403. Turinsk	7
314. Quiraing	3	359. Sermersok	1	404. Türkei	4
315. Rackwick	4	360. Shullsburg	5	405. Ungarn	10
316. Raibl	4	361. Sibirien	2	406. Union Springs	19
317. Raith	13	362. Simplon	8	407. Unst	3
318. Rancié	2	363. Skottfång	7	408. Uphall	5
319. Rashielee Quarry	7	364. Slichov	5	409. Utö	24
320. Ratho	3	365. Smeinogorsk	4	410. Vars	3
321. Rauris	9	366. Smith's Basin	18	411. Vassvik	4
322. Reckingen	2	367. Smoky Hill Fluss	2	412. Veillard	5
323. Reichenstein	5	368. Sobol Hill	3	413. Vesuv	3
324. Reichenweiher	3	369. Somerset	2	414. Vialas	12
325. Reichshofen	6	370. Sommerville	16	415. Villers en Fagne	19
326. Renfrewshire	6	371. South Bethlehem	12	416. Vimport	4
327. Rezbanya	4	372. Sulzbachgraben	3	417. Virgilina	5
328. Rhisnes	58	373. Szöbb	2	418. Visby	14
329. Riedlingen	10	374. Stank Mine	6	419. Waadt	3
330. Rioumaou	3	375. Station Quarry	7	420. Waagö	2
331. Rödefjord	16	376. St. Blasien	10	421. Walls	2
332. Rokahegy	7	377. Sterling Bush	7	422. Wanlockhead Mines	25
333. Romanèche	17	378. Ste-Croix-Mines	4	423. Weiler	4
334. Rondout	29	379. St. Gertraud	4	424. Westmanhaven	1
335. Rossie	24	380. St. Julien (Gard)	7	425. Westmoreland	4
336. Rozay	7	381. St. Julien du St.	4	426. West Paterson	19
337. Rumigny	2	382. St. Marc	5	427. Württemberg	2
338. Russland	2	383. Ste-Marie-Mines	24	428. Yellowstone Park	2
339. Rutland Cavern	2	384. St. Martin (Loire)	7	429. Zabern	5
340. Sachsen	14	385. St. Pankraz	2	430. Zellerfeld	4
341. Saghhegy	5	386. Stromberg	7	431. Zsolnatarno	2
342. Sala (Schweden)	8	387. Strontian	18	432. Zweibrücken	2

(von einigen Sonderfällen abgesehen) alphabetisch zusammengestellt. Die Schreibweise folgt der Vorlage und ist darum z. T. etwas eigenartig. Von der Akzentsetzung wurde öfters abgesehen. Im ganzen sind 432

Lokalitäten erwähnt (im Register zu Bd. 1-55 der Zeitsch. f. Kr. fehlen rund $\frac{2}{5}$). Ihre Bestimmtheit und gegenseitige Abgrenzung ist in mehreren Fällen anfechtbar (z. B. Bölle bei Oven und Owener Bölle). Einzelfundorte und Fundortgruppen überschneiden sich. Immerhin lockt die ansehnliche Zahl, welche fast genau einem Viertel der statistisch erfaßten Kombinationen gleichkommt, zur Ermittlung der Fundortpersistenz. Wie Tab. 9 und Fig. 6 zu entnehmen ist, trifft es auf die einzelnen Fundorte eine unterschiedliche Zahl von Formen; sie variiert zwischen 1 und 119. Am häufigsten sind die Fundorte mit 2 Formen. Im Mittel kommen 7,98 Formen auf den Fundort (gegenüber 4,56 Formen pro Kombination). Wie oft jede einzelne Fläche an den 432 Fundorten gezählt wird, ist in Tab. 3 unter Σ angegeben. Daneben stehen die daraus gemäß der Proportion

$$\Sigma : 432 = F : 100$$

berechneten *Fundortspersistenzen* F.

Die F- und P-Werte der Tab. 3, welche beide ein Maß für die Wichtigkeit der Formen sein können, stehen nicht in einfacher Bezie-

Tab. 10. Reihenfolge der nichtindividuellen Calcitformen in der P- und F-Bewertung

	Kombinationen		Reihenfolge	Fundorte		
	Form	P		Form	F	
Leitformen	—	—	—	—	—	
Nebenleitformen	—	—	A	0221	68,7	
	—	—	B	1011	61,6	
	—	—	C	0112	55,8	
	—	—	D	2131	54,8	
	—	—	E	1010	50,7	
Ergänzungsformen	a	1010	47,8	—	—	
	b	1011	40,1	—	—	
	c	2131	39,9	—	—	
	—	—	—	F	4041	39,5
	d	0112	39,1	—	—	
	e	4041	29,1	—	—	
Spezialformen	—	—	G	1120	27,3	
	f	0221	25,6	—	—	
	—	—	H	0001	23,2	
	g	0001	18,5	—	—	
	h	1120	18,1	—	—	
—	—	—	—	3251	17,4	
—	—	—	—	1341	12,7	
—	—	—	—	2134	12,3	
—	—	—	—	3145	10,4	

hung zueinander, da die Kollektive, welche ihnen zugrunde liegen, weitgehend verschieden sind. Während z. B. eine bestimmte Kombination für die Berechnung von P nur einmal zählt, kommt sie für den F-Wert so oft in Betracht, als verschiedene Fundorte dafür angegeben sind. Andererseits fallen sämtliche Figurenummern ohne Fundortsangabe für die F-Berechnung dahin. So wird es verständlich, daß die F- und P-Werte einander nicht streng parallel laufen. Auffallende Umstellungen in den beiden Wertereihen — wenigstens für die wichtigsten Formen — sollten allerdings, wenn die Nigglichschen Auffassungen voll zu Recht bestehen, gewisse Grenzen nicht überschreiten. Bisher scheinen sie es auch nie getan zu haben. Merkwürdigerweise liegen aber für den Calcit die P- und F-Werte der überindividuellen Formen, deren Zahl beim Fundortskollektiv um vier größer ist als beim Kombinationskollektiv, so weit auseinander (Tab. 10), daß eine überzeugende Korrelation nur schwer nachzuweisen ist (Fig. 7). Wahrscheinlich ist die Strukturverschiedenheit der beiden Kollektive hieran schuld. Während nämlich die Kombinationen vom Range 2, 3... 7,

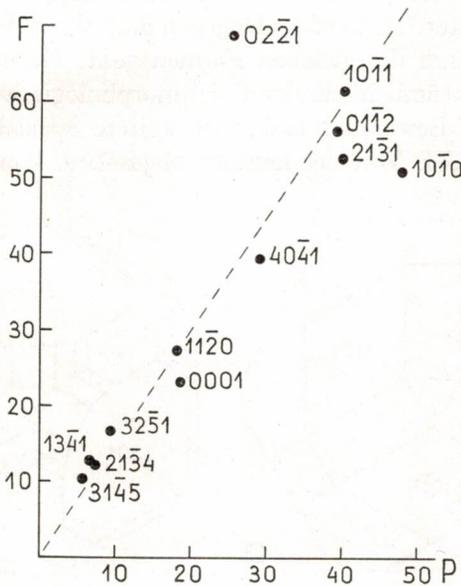


Fig. 7. Beziehung zwischen den P- und F-Werten der 8 wichtigsten Calcitformen. Im Durchschnitt — die überraschenden Abweichungen dürfen nicht übersehen werden — ist $2F \sim 3P$. Die schiefe Linie deutet diese Beziehung an.

deren durchschnittliche Formenzahl mit 4,1 dem Gesamtmittel von 4,6 recht nahe kommt, nach Tab. 7 eine sehr ausgeglichene Beteiligung der wichtigsten Formen aufzeigen, vermehrt die hohe Zahl der Fundorte mit 1-10 Formen — sie machen 80 % sämtlicher Fundorte aus — das Gewicht der an ihnen begreiflicherweise besonders reich vertretenen Formen höchster Persistenz weit mehr, als es bei den Kombinationen der Fall ist. Natürlich braucht diese Gewichtssteigerung nicht für alle Hauptformen in gleichem Maße zu geschehen. Das Spaltungsrhomboeder $10\bar{1}1$ behauptet in beiden Bewertungen den zweiten Rang, während die Umstellung für $02\bar{2}1$ erstaunlich bleibt. Werden gemäß ihrer Reihenfolge die acht überindividuellen P-Formen mit a, b ... h numeriert und die F-Formen mit A, B ... H, so gilt die Zuordnung :

a	b	c	d	e	f	g	h
E	B	D	C	F	A	H	G

Daß bei dieser Folgeverschiedenheit der Hauptformen es keinen Sinn hat, auf die Mittelwerte der beiden Persistenzarten abzustellen, braucht nicht weiter erläutert zu werden. Dagegen darf als wichtig gelten, daß es hier wie dort um die gleichen Formen geht. Hierin scheint eine wesentliche Eigentümlichkeit der Calcitmorphologie zu liegen. Freilich enthält die F-Bewertung noch vier weitere Spezialformen : $32\bar{5}1$, $13\bar{4}1$, $21\bar{3}4$ und $31\bar{4}5$. Von der letztern abgesehen, kommen sie auch

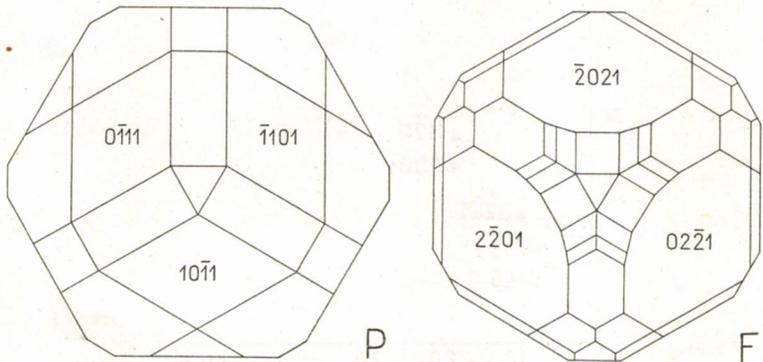


Fig. 8. Habitusbilder zur Veranschaulichung der überindividuellen Calcitformen. Die Flächengröße ist so gut als möglich der Persistenzzahl proportional gesetzt. P ist darum als prismatisch, F aber als rhomboedrisch zu betrachten.

mit den P-Werten sofort hinter den Spezialformen. Es besteht also in den beiden Reihenfolgen gerade hier die schönste Parallelität. Vor 3145 würden sich in der P-Reihe, nur wenig nach oben verschoben, noch 0332 und 8.8.16.3 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 überindividuellen 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 1120.

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. $[1011]$ 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 1010 als 100, 0110 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

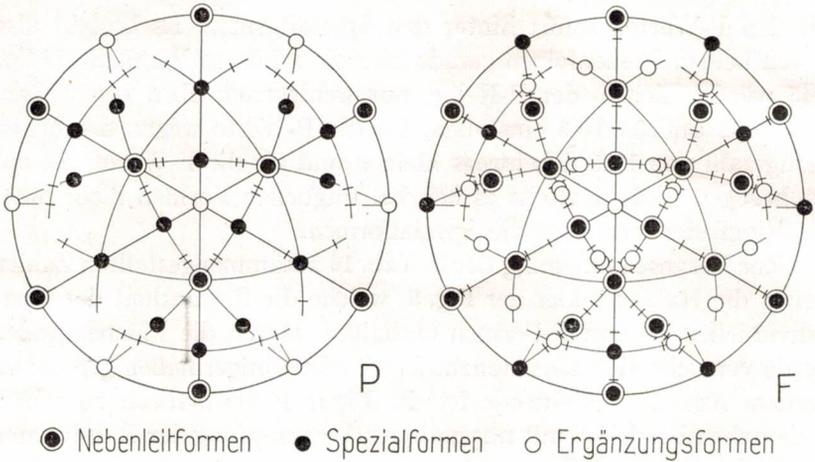


Fig. 9. Stereographische Projektion der häufigsten Calcitformen. P: Kombinationspersistenz; F: Fundortspersistenz. Mit den kurzen Strichen, die quer zu den Zonenkreisen liegen, ist die Lage der individuellen Formen mit einer Persistenz > 5 angegeben. Flächenwichtigkeit und Flächenverteilung sprechen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

Prisma I und der dihexagonalen Prismen $ki\bar{h}l$ 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 $ki\bar{h}l$ 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 $ki\bar{h}l$ ziemlich genau ermitteln. Nach Konstruktion entspricht die Abszisse von P dem Index k , die Ordinate dem Index i . Der Index i ($\cong k$) 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.

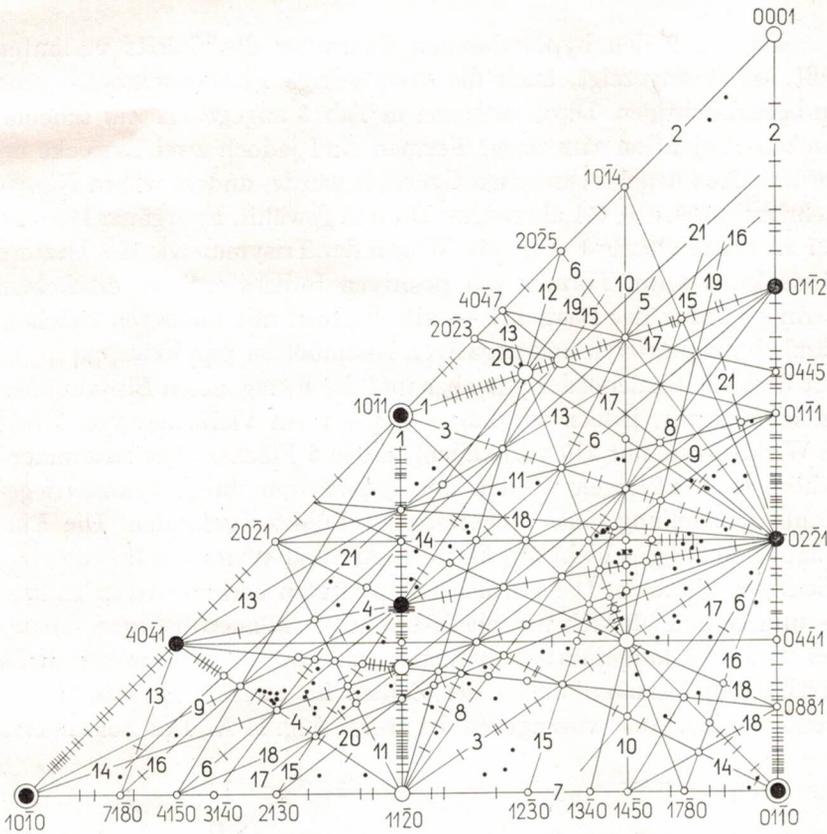


Fig. 10. Schematische Dreiecksprojektion aller 539 Calcitformen. Die 8 überindividuellen Formen der P-Bewertung sind ähnlich wie in Fig. 9 hervorgehoben. Der schwarze Kreis im Innern des Dreiecks entspricht der Lage 2131. Die vier nicht indizierten größern, leeren Kreise entsprechen jenen 4 Formen, die 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 Zonennummerierung 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 Niggli's 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 symmetriegerichte 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

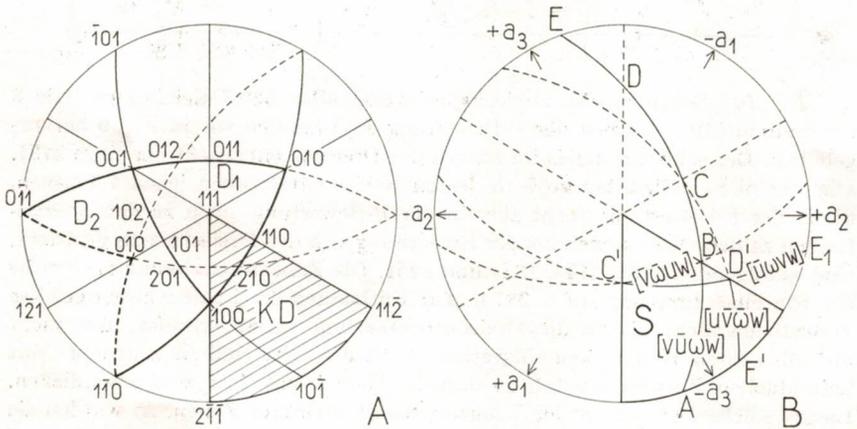


Fig. 11. A bringt das Doppeldreieck D_1, D_2 der dreigliedrigen Symbolisierung in Beziehung zum Projektionsdreieck KD der Bravais'schen Symbolgebung. B zeigt, wie eine beliebige, viergliedrig symbolisierte Zone durch vier Teilstrecken im Dreieck S zur Darstellung gebracht werden kann.

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 $100 : 2\bar{1}\bar{1}, 11\bar{2} : 110$ 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 $ikh\bar{l}$ erhält man $h\bar{k}il$; $pq\bar{r}$ ($p > q, r$) 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 Projektionsdreiecks

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 obern 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° um die c-Achse des Kristalls in C'D' über und das restliche Stück DE in D'E₁. Zu D'E₁ — 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 $[v\bar{u}\omega w]$ oder $[u\bar{v}\bar{\omega}w]$ 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 $[\bar{u}v\omega w]$ bzw. von $[\bar{v}u\bar{\omega}w]$ 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 $11\bar{2}0$, so wird $u = v$ und $\omega = 0$. Das Zonensymbol $[v\bar{u}\omega w]$ vereinfacht sich zu $[1\bar{1}0w]$, und B fällt mit D' zusammen (Fig. 12 A). Die beiden Bogen A₀B₀ und B₀C₀ enthalten bereits alle Formen, sind aber doppelt zu rechnen, um den Halbkreis zu ergänzen. Die Zonen $[1\bar{1}0w]$ 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-

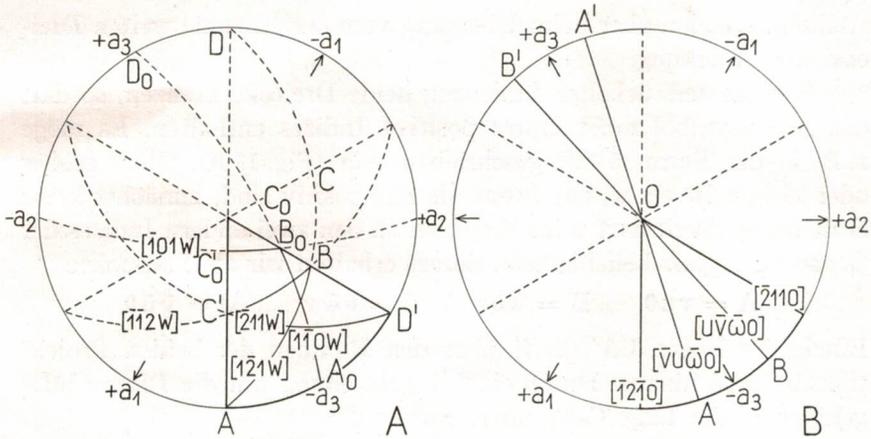


Fig. 12. Der viertellige Linienzug einer allgemeinen Zone (Fig. 11 B) vereinfacht sich in besonderen Fällen ganz beträchtlich und kann zu einer einzigen, ungeknickten Geraden werden.

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 dreigliedriger 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 $[u0\bar{w}]$, 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.

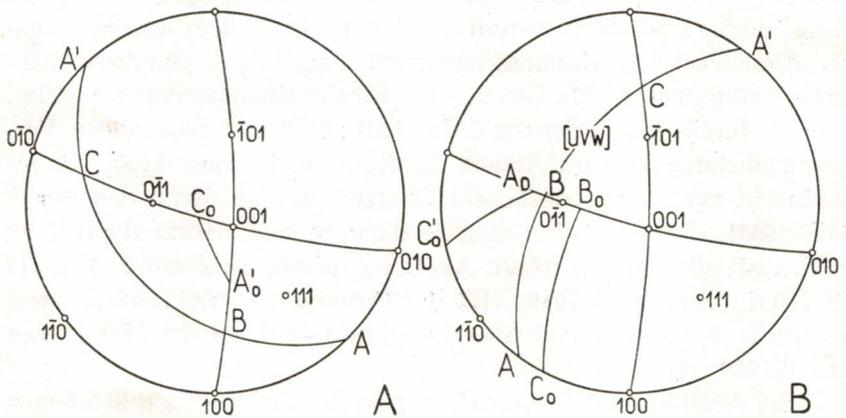


Fig. 13. Im Doppeldreieck der rhomboedriscen Symbolisierung teilt sich die Zonenlinie u. U. in drei zusammenhanglose Stücke auf; sie ist also nicht nur geknickt, sondern zerrissen. A: ein Zonenindex negativ; B: alle drei Zonenindizes positiv.

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° 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 Drittel 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 $[uvw\omega]$ passen, derart also, daß unter Berücksichtigung der jeweiligen Vorzeichen die Gleichung

$$hu + kv + i\omega + lw = 0$$

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 beige-

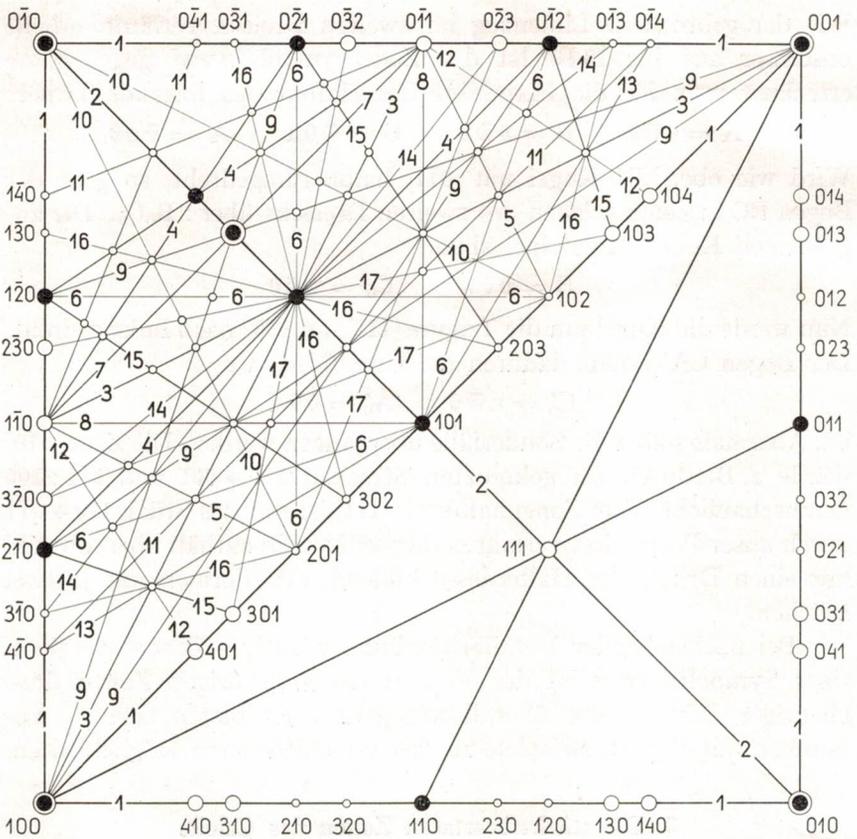


Fig. 14. Schematische Calcitprojektion im Doppeldreieck $100 : 010 : 001 : 0\bar{1}0$. Von $1\frac{1}{2}$ Dutzend Punktlagen abgesehen, scharren sich alle Formen im Dreieck $100 : 0\bar{1}0 : 001$, das nur halb so groß ist wie das der Fig. 10, überaus dicht zusammen. Bei der Basislänge von 10 cm müssen 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 trigonische Symmetrie nicht durch Hervorhebung bestimmter Richtungen an Eindringlichkeit verliere. Von den Zonen 18-21 wurde gänzlicher Abstand genommen. Verschiedene, der Flächenbesetzung angepaßte Dicke der Linien soll eine gewisse Übersichtlichkeit in das spinnennetzartige Gewir hereinbringen. Zu beachten, daß die Linie $010 : 101 : 0\bar{1}0$ das Quadrat in zwei spiegelbildliche Hälften teilt. Darum ist zu jedem Zonenstück $[uvw]$ auch das symmetrische Stück $[\bar{v}u\bar{w}]$ 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 einzuzichnen; 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 finden läßt. Falls diese Flächen in Tab. 3 und demgemäß auch in Fig. 10 und fehlen, wurden sie rechts oben mit dem Zeichen ° 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 verfolgten 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.

1120, 17.16.33.1, 13.12.25.1, 21.19.40.2, 10.9.19.1, 9.8.17.1, 17.15.32.2, 8.7.15.1, 15.13.28.2, 7.6.13.1, 13.11.24.2, 49.41.90.8, 6.5.11.1, 11.9.20.2, 5491, 9.7.16.2, 17.13.30.4, 4371, 23.17.40.6, 11.8.19.3, 7.5.12.2, 10.7.17.3, 19.13.32.6, 3251, 29.19.48.10, 17.11.28.6, 8.5.13.3, 13.8.21.5, 5382, 29.17.46.12, 19.11.30.8, 7.4.11.3, 9.5.14.4, 20.11.31.9, 17.9.26.8, 25.13.38.12, 29.15.44.14, 41.21.62.20, 81.41.122.40, 2131, 15.7.22.8, 11.5.16.6, 7.3.10.4, 5273, 8.3.11.5, 25.9.34.16, 3142, 22.7.29.15, 17.5.22.12, 7295, 11.3.14.8, 19.5.24.14, 4153, 21.5.26.16, 13.3.16.10, 5164, 6175, 19.3.22.16, 13.2.15.11, 7186, 8197, 17.2.19.15, 11.1.12.10, 1011, 14.1.13.15, 10.1.9.11, 9.1.8.10, 8179, 15.2.13.17, 7168, 13.2.11.15, 6157, 17.3.14.20, 11.2.9.13, 5146, 9.2.7.11, 4135, 7259, 10.3.7.13, 13.4.9.17, 16.5.11.21, 3124, 17.6.11.23, 11.4.7.15, 5237, 7.3.4.10, 9.4.5.13, 2113, 7.4.3.11, 5328, 8.5.3.13, 11.7.4.18, 3215, 17.12.5.29, 9.7.2.16, 5419, 7.6.1.13, 1102 usw. Alle 96 Symbole zwischen 1102 und 1120 sind zu wiederholen, unter Vertauschung des ersten Index mit dem zweiten und Vorzeichenänderung der drei ersten Indizes.

2. $[\bar{1}\bar{2}10] = [0\bar{1}1]$. 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. $[\bar{1}\bar{1}02] = [101]$. $11\bar{2}0 \rightarrow 02\bar{2}1 = [\bar{1}\bar{1}02]$; $02\bar{2}1 \rightarrow 10\bar{1}1 = [\bar{1}012]$. Vgl. die Eingangsbezeichnung 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 $[\bar{1}\bar{2}10]$. Da sie aber hypokubisch betrachtet zur letztern gehört, findet sie hier ihren richtigen Platz.

$11\bar{2}0^*$, $25.31.56.3$, $9.13.22.2$, $13.19.32.3$, $4.6.\bar{1}0.1$, 3581 , $8.14.22.3$, 2461 , $3.7.\bar{1}0.2$, $4.10.\bar{1}4.3$, 1341 , $5.17.22.6$, $2.8.\bar{1}0.3$, 1562 , 1783 , $02\bar{2}1^*$, $1.17.\bar{1}6.9$, $1.11.\bar{1}0.6$, 1985 , 1764 , $2.12.\bar{1}0.7$, 1543 , 2865 , $3.11.8.7$, $4.14.\bar{1}0.9$, 1322 , $4.10.6.7$, 3745 , 2423 , $11.19.8.15$, 3524 , 4625 , 5726 , 1101^* und weiter, genau so, wie bei $[\bar{1}101]$ angegeben ist.

4. $[\bar{1}\bar{1}04] = [121]$. $11\bar{2}0 \rightarrow 40\bar{4}1 = [\bar{1}\bar{1}04]$; $40\bar{4}1 \rightarrow 02\bar{2}1 = [0\bar{1}14]$. 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.

$11\bar{2}0^*$, $12.8.20.1$, $17.9.26.2$, $8.4.\bar{1}2.1$, $15.7.22.2$, 6281 , $11.3.\bar{1}4.2$, $16.4.20.3$, 5161 , $14.2.\bar{1}6.3$, $32.4.36.7$, $9.1.\bar{1}0.2$, $40.4.44.9$, $22.2.24.5$, $13.1.\bar{1}4.3$, $17.1.\bar{1}8.4$, $40\bar{4}1^*$, $11.1.\bar{1}0.3$, $10.2.8.3$, $31\bar{2}1^*$, $20.8.\bar{1}2.7$, $17.7.\bar{1}0.6$, 8443 , $13.7.6.5$, 5322 , $17.11.6.7$, $12.8.4.5$, $19.13.6.8$, $40.28.\bar{1}2.17$, 7523 , $16.\bar{1}2.4.7$, $52.40.\bar{1}2.23$, 9724 , $20.16.4.9$, $11.9.2.5$, $24.20.4.11$, $13.11.2.6$, $25.23.2.12$, 2201^* und weiter bis $1\bar{1}20$ (aus schließlich, wie bei $[\bar{1}101]$).

5. $[\bar{1}\bar{1}00] = [\bar{1}\bar{2}1]$. 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 $11\bar{2}3$, 2243 und 4483 bereits mitgezählt wurden, liefert $[\bar{1}\bar{1}00]$ nur 13 neue Formen.

6. $[\bar{2}\bar{3}12] = [\bar{1}\bar{1}2]$. $41\bar{5}0 \rightarrow 01\bar{1}2 = [\bar{2}\bar{3}12]$; $01\bar{1}2 \rightarrow 20\bar{2}5 = [\bar{2}\bar{1}32]$; $20\bar{2}5 \rightarrow 02\bar{2}1 = [\bar{3}122]$; $02\bar{2}1 \rightarrow 14\bar{5}0 = [\bar{3}\bar{2}\bar{1}2]$. $210 \rightarrow 101 \rightarrow 0\bar{1}2 = [121]$; $0\bar{2}1 \rightarrow 201 = [\bar{1}12]$. 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]. $10\bar{1}0 \rightarrow 01\bar{1}0 = [0001]$. $1\bar{1}0 \rightarrow 0\bar{1}1 = [111]$. 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. [2201] = [111]. $11\bar{2}0 \rightarrow 01\bar{1}2 = [2201]$; $01\bar{1}2 \rightarrow 10\bar{1}4 = [2021]$. Vgl. Zone 1 und Zone 3. $110 \rightarrow 101 \rightarrow 0\bar{1}1 = [111]$; $1\bar{1}0 \rightarrow 101 = [111]$. 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 = [1102].

9. [1213] = [102]. $10\bar{1}0 \rightarrow 01\bar{1}1 = [1213]$; $01\bar{1}1 \rightarrow 10\bar{1}1 = [1123]$; $10\bar{1}1 \rightarrow 01\bar{1}0 = [2113]$. $2\bar{1}0 \rightarrow 001 = [120]$; $0\bar{2}1 \rightarrow 100 = [012]$. 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. [3211] = [120]. $1450 \rightarrow 10\bar{1}4 = [3211]$; $10\bar{1}4 \rightarrow 01\bar{1}5 = [1231]$; $01\bar{1}5 \rightarrow 10\bar{1}1 = [1321]$; $10\bar{1}1 \rightarrow 4150 = [2311]$. $010 \rightarrow 201 \rightarrow 0\bar{1}0 = [102]$. 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, 1123*, 1014*, 1105*, 0111*, 1561*.

11. [1102] = [141]. $11\bar{2}0 \rightarrow 20\bar{2}1 = [1102]$; $20\bar{2}1 \rightarrow 01\bar{1}1 = [0112]$. Vgl. Zone 1. $4\bar{1}0 \rightarrow 0\bar{1}4 = [141]$; $0\bar{4}1 \rightarrow 1\bar{1}0 = [114]$; $0\bar{1}1 \rightarrow 140 = [411]$. 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. [5502] = [141]. $11\bar{2}0 \rightarrow 20\bar{2}5 = [5502]$; $20\bar{2}5 \rightarrow 01\bar{1}5 = [0552]$. Nur Viertelskreis wie bei Zone 1. $140 \rightarrow 104 \rightarrow 0\bar{1}1 = [411]$; $1\bar{1}0 \rightarrow 401 = [114]$. 9 Formen (neu 3); 16 Flächen.

1120*, 20.18.38.5, 16.14.30.5, 14.12.26.5, 6.4.10.5*, 4265*, 3145*, 2025*, 0115*
und weiter, wie bei Zone 1 angegeben.

13. $[\bar{5}324] = [\bar{1}41]$. $17\bar{8}0 \rightarrow 40\bar{4}7 = [\bar{5}324]$; $40\bar{4}7 \rightarrow 01\bar{1}2 = [\bar{2}354]$;
 $01\bar{1}2 \rightarrow 40\bar{4}1 = [\bar{2}534]$; $40\bar{4}1 \rightarrow 71\bar{8}0 = [\bar{3}5\bar{2}4]$. $410 \rightarrow 101 \rightarrow 0\bar{1}4 = [\bar{1}41]$;
 $4\bar{1}0 \rightarrow 101 = [\bar{1}4\bar{1}]$. 22 Formen (neu 11); 22 Flächen.

1780*, 4.16.20.3, 12.40.52.11, 1341*, 12.32.44.13, 11.29.40.12, 9.23.32.10, 8.20.
28.9, 7.17.24.8, 6.14.20.7, 5.11.16.6, 4.8.12.5*, 3584*, 2243*, 3145*, 4047*,
1102*, 2645*, 4.16.12.11, 1543*, 0441*, 4.40.44.3.

14. $[\bar{1}216] = [\bar{2}13]$. $10\bar{1}0 \rightarrow 02\bar{2}1 = [\bar{1}216]$; $02\bar{2}1 \rightarrow 20\bar{2}1 = [\bar{1}126]$;
 $20\bar{2}1 \rightarrow 01\bar{1}0 = [\bar{2}116]$. $1\bar{2}0 \rightarrow 0\bar{3}1 = [\bar{2}13]$; $0\bar{1}3 \rightarrow 3\bar{2}0 = [\bar{2}31]$. $2\bar{3}0 \rightarrow 0\bar{1}2$
 $= [\bar{3}21]$. 41 Formen (neu 21); 42 Flächen.

1010*, 15.4.19.2, 6281*, 5271, 9.4.13.2, 4261*, 16.10.26.5, 3251*, 2241*,
7.8.15.4, 3472*, 1231*, 6.14.20.7*, 3.8.11.4*, 0221*, 1653, 3.16.13.8, 2.10.8.5,
3.14.11.7, 6.26.20.13, 1432, 3.10.7.5*, 3854*, 1211*, 6.10.4.5*, 3412*, 2201*,
8623, 3211*, 7432, 4221*, 9452*, 14.6.8.3, 5231, 26.10.16.5, 21.8.13.4, 6241*,
33.8.25.4, 9271*, 10.2.8.1, 18.2.16.1, 70.2.68.1.

15. $[\bar{4}510] = [\bar{1}32]$. $21\bar{3}0 \rightarrow 0001 = [\bar{4}510]$; $0001 \rightarrow 12\bar{3}0 = [\bar{5}410]$. $230 \rightarrow$
 $103 \rightarrow 01\bar{2} = [\bar{3}21]$; $0\bar{2}1 \rightarrow 203 = [\bar{3}12]$. 26 Formen (neu 13); 26 Flächen.

2130*, 8.4.12.1*, 16.8.24.3, 4261*, 14.7.21.4, 16.8.24.5, 10.5.15.4*, 2131*,
12.6.18.7, 8.4.12.5, 6395, 14.7.21.12, 4265*, 2134*, 0001*, 2135*, 2132*, 6395,
16.8.24.13, 14.7.21.11, 8.4.12.5*, 2131*, 10.5.15.4, 8.4.12.3, 16.8.24.5, 4261*.

16. $[\bar{3}522] = [\bar{1}23]$. $71\bar{8}0 \rightarrow 02\bar{2}7^{\circ} = [\bar{3}522]$; $02\bar{2}7^{\circ} \rightarrow 10\bar{1}4 = [\bar{3}252]$;
 $10\bar{1}4 \rightarrow 02\bar{2}1 = [\bar{5}232]$; $02\bar{2}1 \rightarrow 17\bar{8}0 = [\bar{5}3\bar{2}2]$. $320 \rightarrow 102 \rightarrow 0\bar{1}3 = [\bar{2}31]$;
 $0\bar{3}1 \rightarrow 302 = [\bar{2}13]$. 13 Formen (neu 2); 13 Flächen.

7180*, 33.5.38.1, 5161*, 8.2.10.3*, 3142*, 4265*, 1123*, 1104*, 3125*, 2021*,
11.1.12.2, 9.1.10.1*, 16.2.18.1*.

17. $[\bar{3}414] = [\bar{2}13]$. $5270^{\circ} \rightarrow 0445 = [\bar{3}414]$; $0445 \rightarrow 4047 = [\bar{3}144]$;
 $4047 \rightarrow 02\bar{2}1 = [\bar{4}134]$; $02\bar{2}1 \rightarrow 2570^{\circ} = [\bar{4}314]$. $210 \rightarrow 301 \rightarrow 0\bar{3}2 = [\bar{1}23]$;
 $0\bar{2}3 \rightarrow 201 = [\bar{1}32]$. 15 Formen (neu 2); 16 Flächen.

8.4.12.1*, 11.6.17.2, 14.8.22.3*, 3251*, 4483*, 1232*, 0445*, 1213*, 4407*,
3214*, 7526*, 24.4.20.17, 2021*, 16.4.20.3*, 7291*.

18. $[\bar{2}318] = [\bar{3}14]$. $41\bar{5}0 \rightarrow 02\bar{2}1 = [\bar{2}318]$; $02\bar{2}1 \rightarrow 80\bar{8}5^{\circ} = [\bar{2}138]$;
 $80\bar{8}5^{\circ} \rightarrow 08\bar{8}1 = [\bar{3}128]$; $08\bar{8}1 \rightarrow 14\bar{5}0 = [\bar{3}218]$. $1\bar{3}0 \rightarrow 0\bar{4}1 = [\bar{3}14]$; $0\bar{1}4 \rightarrow$
 $4\bar{3}0 = [\bar{3}41]$; $3\bar{4}0 \rightarrow 0\bar{1}3 = [\bar{4}31]$. 23 Formen (neu 7); 23 Flächen.

4150*, 8.4.12.1*, 4371*, 16.14.30.5*, 12.11.23.4, 8.8.16.3*, 4592*, 4.7.11.3, 12.25.37.11, 8.20.28.9*, 4.13.17.6, 0221*, 8.40.32.21, 4.15.11.8, 8.24.16.13*, 4513*, 4312*, 8443*, 4131*, 12.1.11.2*, 8081*, 32.2.34.3, 16.2.18.1*.

19. [5720] = [143]. 3140 → 0001 = [5720]; 0001 → 1340 = [7520]. 340 → 104 → 013 = [431]; 031 → 304 = [413]. 15 Formen (neu 4); 15 Flächen. 3140*, 6281*, 12.4.16.3, 15.5.20.4, 24.8.32.7, 6283*, 3142*, 12.4.16.11*, 3145*, 0001*, 6285*, 3142*, 54.18.72.35, 12.4.16.7*, 3141*.

20. [4516] = [314]. 2130 → 0111 = [4516]; 0111 → 2023 = [4156]; 2023 → 0221 = [5146]; 0221 → 1230 = [5416]. 410 → 301 → 034 = [143]; 043 → 401 = [134]. 16 Formen (neu 3); 16 Flächen.

2130*, 4371*, 14.12.26.5*, 2241*, 2352*, 2685*, 2796, 0111*, 2314*, 2203*, 4315*, 30.22.8.37, 8357*, 16.3.13.11, 6154*, 2021*.

21. [4732] = [134]. 10.1.11.0 → 0115 = [4732]; 0115 → 2.0.2.11° = [4372]; 2.0.2.11° → 0221 = [7342]; 0221 → 1.10.11.0 = [7432]. 410 → 301 → 034 = [143]; 043 → 401 = [134]. 7 Formen (neu 0); 7 Flächen.

10.1.11.0*, 14.2.16.3*, 4153*, 2134*, 0115*, 22.2.20.21*, 2021*.

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

[1101]	[1210]	[1104]	[1102]	[0001]	[1108]
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 obstehend im Detail aufgeführt wurden. Andere ergeben sich unschwer aus Fig. 10. Eine davon drängt sich geradezu auf: die Verbindungsgerade von 0881 und 4041. Sie ist darum — wenn auch ohne Numerierung — bereits eingezeichnet. Ihr Symbol heißt [1018]; das ergänzende Stück des zweiteiligen Zonenzuges wird von der schwachbesetzten Strecke 0881 → 1120 = [1108] 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 Niggli's 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 Niggli's 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 angedeutet, 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 $1\bar{1}\bar{1}$ ein Knotenpunkt weit höherer Wichtigkeit ist als $1\bar{2}\bar{1}$, wogegen bei Niggli gerade der umgekehrte Fall verwirklicht ist. Vielleicht spielt $1\bar{1}\bar{1}$ 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 $02\bar{2}\bar{1}$, welche mit 0001 dem Oktaeder entspräche, ist eine der Hauptformen des Calcits. Freilich ist $02\bar{2}\bar{1}$ 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 $40\bar{4}\bar{1} = 3\bar{1}\bar{1}$. 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.

ZUSAMMENFASSUNG

Folgende Punkte verdienen hervorgehoben zu werden:

a) Trotz der kristallographischen Unbeholfenheit älterer Calcitfiguren zeigt sich an vielen derselben ein bewunderungswertes Verständnis für morphologische Belange.

b) Die komplizierten Flächensymbole des Calcits, der das formenreichste aller Mineralien ist, sind wohl eher durch Lösungsvorgänge als durch Wachstumsbedingungen bedingt.

c) Von den 539 bekannten und den 435 durch die Atlasfiguren belegten Formen überragen nur wenige den individuellen Charakter: acht, wenn die Kombinationspersistenz, und zwölf, wenn die Fundortspersistenz in Anschlag gebracht wird. Eigentliche Leitformen fehlen. Dadurch unterscheidet sich der Calcit wesentlich von allen übrigen Mineralien. Merkwürdigerweise waren in keiner einzigen der 1728 Kombinationen alle acht wichtigsten Formen vereinigt.

d) 57 % der Calcitformen werden durch die hypokubischen Zonengruppen [100], [110] und [211] erfaßt. Hierbei ist [110] für rhomboedrisch [$1\bar{1}0$] und [110], [211] aber für [211], [$\bar{2}11$] und [$2\bar{1}1$] gesetzt. Die ausführlich untersuchten 21 Zonen enthalten mehr als Dreiviertel aller Formen.

e) Nach den vorherrschenden Formen und Zonen ist der Calcit dem hypohexaedrischen Typus der hypokubischen Ausbildung einzuordnen. Dieser tritt aber nicht in ganzer Reinheit auf, sondern zeigt eine merkliche Tendenz nach dem oktaedrischen Habitus hin.

Literaturnachweis

1. ACHIARDI, G. D' (1897): Über einige Kristallformen des Calcits von Montecatini im Cecinatal. *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat.*, 10, S. 232; Ref. *Zeitsch. f. Krist.*, 31, S. 403.
2. — — (1905): Die accessorischen Mineralien des Marmors von Carrara. *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat.*, 21, S. 49; Ref. *Zeitsch. f. Krist.*, 43, S. 492.
3. ARTINI, E. (1901): Calcit von Pradalunga (Seriana-Tal). *Atti Soc. Ital. di Sc. Nat.*, 40, S. 269; Ref. *Zeitsch. f. Krist.*, 37, S. 394.
4. BARBOUR, E. H. (1902): Eine neue Form von kristallisiertem Calcitsandstein. *Am. Journ. Sc.*, 14, S. 451; Ref. *Zeitsch. f. Krist.*, 38, S. 684.
5. BAUMHAUER, H. (1925): Beitrag zur vergleichenden Kristallographie. *Schweiz. Min. Petr. Mitt.*, 5, S. 348.
6. BECKENKAMP, J. (1892): Der Kalkspat von Nieder-Rabenstein. *Zeitsch. f. Krist.*, 20, S. 163.

7. BÖGGILD, O. B. (1905) : Mineralogia Groenlandica. Meddelelser om Grönland, 32, S. 1 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 43, S. 625.
8. — — (1907) : Über einige Mineralien von Narsarsuk bei Julianehaab, Grönland. Meddelelser om Grönland, 33, S. 95 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 45, S. 99.
9. BOMBICCI, L. (1877) : Contribuzioni di mineralogia italiana. Mem. Accad. sc. Istituto di Bologna, 8, S. 311 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 2, S. 505.
10. BONDERER, G. und WEBER, L. (1953) : Zur Morphologie des Kalzits. Verh. d. SNG, Bern 1952, S. 146.
11. BOWMAN, H. L. (1903) : Einige seltene Calcitzwillinge von Somerset. Min. Mag., 13, S. 329 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 41, S. 420.
12. BUTTGENBACH, H. (1898) : Die Mineralien des schwarzen Marmors von Denée. Ann. soc. géol. d. Belg., 25 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 32, S. 645.
13. — — (1898) : Der Calcit von Villers-en-Fagne. Ann. soc. géol. d. Belg., 25, S. 91 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 32, S. 645.
14. CESÀRO, G. (1886) : Über belgische Kalkspäte. Mém. acad. roy. Belg., 38, S. 1 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 13, S. 431.
15. — — (1889) : Die Kristallformen des Calcit von Rhisnes. Ann. soc. géol. d. Belg., 16 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 20, S. 283.
16. — — (1892) : Mineralogische Notizen. Ann. soc. géol. d. Belg., 19 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 24, S. 617 ; vgl. auch 23, S. 279.
17. — — (1897) : Beschreibung der phosphorsauren, schwefelsauren und kohlen-sauren Mineralien Belgiens. Mém. acad. roy. Belg., 53, S. 134 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 31, S. 89 ff.
18. DANA, ED. S. (1874) : Calcitdrilling nach 2 R. Tscherm. Min. Mitt., 4, S. 180.
19. — — (1877) : Über eine regelmäßige Verwachsung von Quarz und Kalkspat. Zeitsch. f. Krist., 1, S. 39.
20. — — (1892) : A System of Mineralogy. New York.
21. DESCLOIZEAUX, A. (1862/74) : Manuel de Minéralogie. Paris.
22. DUFRÉNOY, A. (1856) : Traité de Minéralogie. Paris.
23. FAGNANI, G. und WEBER, L. (1950) : Morphologische Verschiedenheit italienischer und schweizerischer Quarze. Bull. Soc. Frib. Sc. nat., 39, S. 67.
24. FARRINGTON, O. C. (1900) : Kristallformen des Calcits von Joplin. Bull. Field Columbian Mus., Geol. Series, 1, S. 221 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 36, S. 76.
25. FEHR, L. (1943) : Zur Morphologie des Axinits. Schw. Min. u. petr. Mitt., 23, S. 1.
26. FLINK, G. (1899) : Über die Mineralien von Narsarsuk im Fjord von Tunugdliarfik, Süd-Grönland. Meddelelser om Grönland, 24, S. 1 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 34, S. 639.
27. — — (1910) : Beiträge zur Mineralogie Schwedens. Ark. för Kemi, Min. ock Geol., 3, S. 1 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 53, S. 409.
28. FOULLON, H. v. (1885) : Über die Gesteine und Mineralien des Arlbergtunnels. Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanst. Wien, 35, S. 47 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 12, S. 533 ; vgl. auch 34, S. 655.

29. FRANCKE, H. (1895/96) : Das Kalkspatvorkommen von Nieder-Rabenstein. Sitz.-Ber. der nat. Ges. « Isis », Dresden ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 29, S. 407 ; vgl. 30, S. 663.
30. GOLDSCHMIDT, V. (1886/91) : Index der Kristallformen. Berlin.
31. — — und SCHRÖDER, R. (1911) : Über einige Calcitzwillinge. Zeitsch. f. Krist., 49, S. 133.
32. — — (1913/25) : Atlas der Kristallformen. Heidelberg.
33. GONNARD, F. (1897) : Etudes cristallographiques sur le calcite des carrières de Couzon (Rhône). Bull. soc. franç. d. min., 20, S. 18 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 31, S. 69.
34. GROTH, P. VON (1878) : Die Mineraliensammlung der Kaiser-Wilhelms-Universität Straßburg.
35. HARE, R. B. (1879) : Mineralien aus dem Serpentin von Reichenstein in Schlesien. Inaug. Dissert. Breslau ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 4, S. 294.
36. HAUY, R. J. (1801) : Traité de Minéralogie. Paris.
37. HESSENBERG, F. (1871) : Mineralogische Notizen. Abh. d. Senckenb. Naturf. Ges. zu Frankfurt a. M., Bd. VIII.
38. HINTZE, C. (1897) : Handbuch der Mineralogie, II. Leipzig 1897.
39. HOLZGANG, F. (1930) : Zur Morphologie von Fluorit, Scheelit und Brookit. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 10, S. 374.
40. HULYÁK, V. (1903) : Mineralogische Mitteilungen. Földtani Közlöny, 33, S. 175 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 40, S. 503.
41. JAHN, A. (1912) : Mineralogische Notizen : Calcit von Stromberg am Soonwald. Zeitsch. f. Krist., 50, S. 133.
42. JOHANSSON, K. (1822) : Cerussit und Kalkspat von Norberg. Geolog. Fören. Förhandl., 14, S. 49 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 24, S. 138.
43. IRBY, J. R. Mc. D. (1878) : On the Crystallography of Calcite. Inaug. Dissert. d. Göttinger Universität ; Zeitsch. f. Krist., 3, S. 612.
44. KUTINA, J. (1952) : Morphologische Wichtigkeit der Kristallformen des Miargyrites. Schw. Min. u. Petr. Mitt., 32, S. 160.
45. KREUTZ, St. (1906) : Über die Ausbildung der Kristallformen bei Calcitzwillingen. Denkschr. Wien. Akad., math.-nat. Kl., 80, S. 15 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 45, S. 628.
46. — — (1907) : Kalkspatzwilling von Brevig. Tscherm. Min. Petr. Mitt., 26, S. 254 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 47, S. 187.
47. — — (1909) : Notizen über einspringende Winkel und Wachstumsgeschwindigkeit an Calcitzwillingen. Tscherm. Min. Petr. Mitt., 28, S. 490.
48. LACROIX, A. (1893/1913) : Minéralogie de la France. Paris.
49. LÉVY, A. (1837) : Description d'une collection de minéraux, formée par Henri Heuland. Londres.
50. LEWIS, W. J. (1908) : On some twins of calcite. Min. Mag., 15, S. 62 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 48, S. 665.
51. MELCZER, G. (1896) : Daten zur kristallographischen Kenntnis des Calcits vom Kleinen Schwabenberg bei Budapest. Földtani Közlöny, 26, S. 79 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 30, S. 182.

52. MELCZER, G. (1898) : Daten zur Kenntnis der Zwillingskristalle des Kalkspates aus der Umgebung von Budapest. Földtani Közlöny, 28, S. 257 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 32, S. 621.
53. MOBERG, J. C. (1899) : Über einige Calcitkristalle von Nordmarken. Geol. Fören. Förh., 21, S. 349 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 34, S. 691.
54. MOESZ, G. (1897) : Calcit und Baryt von Körösmezö. Földtani Közlöny, 27, S. 495 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 31, S. 318.
55. MOHS, F. (1836/39) : Leichtfaßliche Anfangsgründe der Naturgeschichte des Mineralreiches ; erster Teil, Wien 1836 ; zweiter Teil, bearbeitet von F. X. M. Zippe. Wien 1839.
56. MORTON, C. (1884) : Kalkspat von Arendal, Kongsberg, Utö und Bamle. Kongl. Sv. Vet. Akad. Förhandl., 8, S. 65 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 11, S. 319.
57. MÜGGE, O. (1897) : Mineralogische Notizen. N. Jahrb. f. Min., 2, S. 67.
58. MÜNSTER, TH. (1883) : Bemerkungen über die Kongsberger Mineralien. Nyt Magazin f. Naturw., 27, S. 309 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 8, S. 652.
59. NAUMANN, C. F. (1828) : Lehrbuch der Mineralogie. Berlin.
60. NIGGLI, P. (1923) : Kristallisation und Morphologie des rhombischen Schwefels. Zeitsch. f. Krist., 58, S. 490.
61. — — (1924/26) : Lehrbuch der Mineralogie. Leipzig.
62. PALACHE, CH. (1895) : Mitteilungen aus dem mineralogischen Institut München : Calcit vom Lake Superior. Zeitsch. f. Krist., 24, S. 588.
63. PARKER, R. L. (1923) : Zur Kristallographie von Anatas und Rutil. Zeitsch. f. Krist., 58, S. 522.
64. — — (1930) : Die Kristallmorphologie im Lichte neuerer analytischer Untersuchungen. Fortschr. d. Min., Krist. u. Petrogr., 14, S. 75.
65. PENFIELD, S. L. (1900) : Einige interessante Ausbildungsweisen von Calcitkristallen. Zeitsch. f. Krist., 33, S. 513.
66. POLAK, J. M. (1899) : Über Calcitkristalle von Jarow bei Wran. Lotos (Prag), S. 169 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 31, S. 528.
67. — — (1900) : Über Kalkspatkristalle aus der Umgebung von Prag. Tscherm. Min. Petr. Mitt., 19, S. 277 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 36, S. 314.
68. PREIS, K. und VRBA, K. (1879) : Über einige Mineralien aus dem Diabas von Kuchelbad. Böhm. Gesellsch. d. Wiss., Sitzungsber. ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 4, S. 627.
69. RATH, G. VOM (1877) : Der Kalkspat von Bergen Hill, New Jersey. Zeitsch. f. Krist., 1, S. 604.
70. — — (1883) : Über Kalkspat von Hüttenberg und von Arkengarthdale. Sitzungsber. der niederrhein. Ges. f. Natur- u. Heilkunde ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 8, S. 298.
71. — — (1885) : Mineralien von der Insel Sardinien. Sitzungsber. der niederrhein. Ges. f. Natur- u. Heilkunde, S. 182 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 13, S. 63.
72. ROGERS, A. F. (1900) : Mineralogische Notizen. Am. Journ. Sc., 9, 364 ; Ref. Zeitschr. f. Krist., 36, S. 66.

73. ROGERS, A. F. (1901) : Mineralogische Notizen. Am. Journ. Sc., 12, S. 42 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 37, S. 76.
74. — — (1904) : Mineralien des Blei- und Zink-Distriktes Galena-Joplin. The University Geol. Survey of Kansas, 8, S. 445 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 49, S. 370.
75. ROOS, G. (1951) : Morphologische Untersuchungen an Datolith, Beryll und Adular. Bull. Soc. frib. sc. nat., 40, S. 1.
76. SACHS, A. (1907) : Gyps- und Kalkspatkristalle aus Terlingua in Texas. Centralbl. f. Min., S. 17 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 47, S. 320.
77. SADEBECK, A. (1876) : Angewandte Kristallographie. Berlin.
78. SANSONI, F. (1885) : Über die Kristallformen des Andreasberger Kalkspat. Zeitsch. f. Krist., 10, S. 545.
79. — — (1888) : Datolith und Calcitkristalle von Montecatini. Atti R. Accad. di Torino, S. 23 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 18, S. 81.
80. SCHMIDT, A. (1887) : Mitteilungen über ungarische Mineralvorkommen. Zeitsch. f. Krist., 12, S. 97.
81. SOLLY, R. H. (1886) : Fine Crystals of Fale Lilae from Tankerville Mine, near Shelve. Min. Mag., 6, S. 120 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 12, S. 96.
82. STERRET, D. B. (1904) : Ein neuer Typus von Calcit aus dem Joplin-District. Am. Journ. Sc., 18, S. 29 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 42, S. 296.
83. STROMAN, A. (1885) : Die Kalkspatkristalle der Umgegend von Gießen. Ber. d. Oberhess. Ges. für Natur- und Heilkunde, 22, S. 284 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 11, S. 160.
84. TOBORFFY, Z. v. (1907) : Beiträge zur Kenntnis der ungarischen Calcite und Gipse. Földtani Közlöny, 37, S. 308 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 48, S. 437.
85. TSCHERMAK, G. (1894) : Lehrbuch der Mineralogie. Wien.
86. WEBER, L. (1922) : Das viergliedrige Zonensymbol des hexagonalen Systems. Zeitsch. f. Krist., 57, S. 200.
87. — — (1945) : Die Hyposymmetrie des Axinits. Dieses Bull., 37, S. 340.
88. WEIBYE, P. C. (1849) : Zur Kenntnis Norwegischer Mineralien. N. Jahrb. f. Min., S. 769.
89. WHITLOCK, H. P. (1905) : Mitteilungen aus dem mineralog. Laboratorium des Staatsmuseums. Bull. N. Y. State Mus., 98 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 43, S. 393.
90. — — (1907) : Kalkspat von Lyon Mountain, Clinton County. Zeitsch. f. Krist., 43, S. 324.
91. — — (1909) : Einige Parallelverwachsungen von Calcitkristallen aus der Trappregion von New Jersey. Bull. N. Y. State Mus., 133, S. 217 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 50, S. 186.
92. — — (1910) : Calcit von New York. Memoir N. Y. State Mus., 13, S. 190 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 53, S. 318.
93. ZEPHAROVICH, V. v. (1878) : Mineralogische Notizen. Jahresber. d. Ver. Lotos ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 5, S. 269.
94. ZIMÁNYI, K. (1894) : Mineralogische Mitteilungen. Földtani Közlöny, 24, S. 399 ; Ref. Zeitsch. f. Krist., 27, S. 95.

