

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

Band: 10 (1930)

Heft: 2

Artikel: Zur Morphologie von Fluorit, Scheelit und Brookit

Autor: Holzgang, Franz

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-11641>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 22.07.2025

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

Zur Morphologie von Fluorit, Scheelit und Brookit

Von *Franz Holzgang*

INHALT

	Seite
Einleitung	375
I. Fluorit	376
1. Die Formen des Fluorits	376
a) Übersicht und Diskussion	376
b) Die Fundortspersistenz F der Fluoritformen	388
c) Die Kombinationspersistenz P der Fluoritformen	591
d) Diskussion der Persistenzen F und P. Mittlere Persistenz M	399
2. Die Zonen des Fluorits	403
a) Einfachster Zonenverband der Fluoritformen	403
b) Am Fluorit als Kanten entwickelte Zonen	406
c) Die morphologisch wichtigen Zonen	411
d) Zonengewichte	413
e) Morphologie und Struktur	418
II. Scheelit	420
1. Die Formen des Scheelits	421
a) Übersicht und Diskussion	421
b) Die Fundortspersistenz F und die Kombinationspersistenz P der Scheelitformen. Diskussion dieser Persistenzen. Mittlere Persistenz M	427
2. Die Zonen des Scheelits	436
a) Einfachster Zonenverband der Scheelitformen	436
b) Am Scheelit als Kanten entwickelte Zonen	437
c) Morphologisch wichtige Zonen. Zonengewicht	439
d) Charakteristik der Scheelitzonen	441
e) Morphologie und Struktur	444
III. Brookit	445
1. Die Formen des Brookits	445
a) Übersicht und Diskussion	445
b) Die Fundortspersistenz F und die Kombinationspersistenz P der Brookitformen	453
c) Diskussion der F- und P-Werte	459
2. Die Zonen des Brookits	461
a) Einfachster Zonenverband der Brookitformen	461
b) Zonenbewertung beim Brookit	463
c) Struktur und Morphologie	470
Zusammenfassung	471
Literaturverzeichnis	473
8 Figuren im Text; 22 statistische Tabellen	

EINLEITUNG

In seinem „Lehrbuch der Mineralogie“ hat P. NIGGLI der speziellen Mineralogie neue Wege gewiesen. Die morphologischen Merkmale, welche für die einzelnen Mineralien charakteristisch sind, sucht er in den schematischen Dreiecksprojektionen durch eine geeignete Symbolik herauszuheben. Besondere Aufmerksamkeit schenkt er dem Bauplan, der strukturell die räumliche Anordnung der Atome beherrscht und phänomenologisch im Zonenverband der wichtigsten Wachstumsflächen zum Ausdruck kommt. Vieles konnte im Lehrbuch nur knapp angedeutet, anderes erst provisorisch eingereiht werden. P. NIGGLI erachtet es daher als grössten Erfolg seines Buches, „wenn bereits in einer nächsten Auflage auf Grund der Forschungen in der angezeigten Richtung eine wesentlich bessere und schärfere Formulierung erfolgen könnte“.

Diesem Ziele sucht vorliegender Beitrag zur Morphologie von *Fluorit*, *Scheelit* und *Brookit* zu dienen. Mineralien verschiedener Symmetrie wurden deshalb gewählt, einerseits um zu verhindern, dass von einzelnen Erscheinungen allgemeine Gesetze abgeleitet werden, andererseits um die Untersuchung anregender und bedeutungsvoller zu gestalten.

Gegenüber der Sonderbearbeitung des Schwefels durch P. NIGGLI und des Anatas durch R. L. PARKER wurden hier etwas andere Wege eingeschlagen. Der Statistik wurde mit Ausnahme des Scheelits das Handbuch der Mineralogie von C. HINTZE zu Grunde gelegt. Ältere und neuere Literatur wurde bloss zur Ergänzung des von HINTZE gebotenen reichen Materials herangezogen. Wesentliche Bedeutung wurde aber auch V. GOLDSCHMIDT's Atlas der Kristallformen beigegeben und zwar in einem doppelten Sinn, einmal hinsichtlich Art und Zahl der dargestellten Formen, sodann aber — und hierin liegt ein wesentlich neuer Gedanke — hinsichtlich der Zonen, die am Kristall als Kanten entwickelt sind. Dies bot Anlass zu mannigfacher Fragestellung. Hat P. NIGGLI solche Zonen in den Dreiecksprojektionen durch besondere Signierung hervorgehoben, welche sich durch Zahl und Wichtigkeit der Flächen und Gleichmässigkeit der Besetzung auszeichnen, so ist es jetzt interessant, zu wissen, ob diese Zonen regelmässig am Kristall als Kanten erscheinen, ob ihnen an den einzelnen Individuen mehr oder weniger Flächen angehören u. s. w. Den als Kanten auftretenden Zonen lassen sich so bestimmte Zahlenwerte zuordnen. Es erschien darum wichtig, auch die NIGGLI'sche Bewertung irgendwie zahlenmässig zum Ausdruck zu bringen. Aus dem Ver-

gleich der verschiedenen Zonenbewertungen konnten interessante Schlüsse gezogen werden.¹⁾

I. FLUORIT

1. Die Formen des Fluorits

a) Übersicht und Diskussion

In V. GOLDSCHMIDT'S „Atlas der Kristallformen“, Bd. I—VIII, werden 102 kubische Mineralien aufgeführt, unter denen sich

75	mit	1 — 9	Formen
15	„	10 — 19	„
4	„	20 — 29	„
1	„	30 — 39	„
2	„	40 — 49	„

befinden. Bloss 5 Mineralien zeigen 50 und mehr Formen, nämlich

Granat	50	Zinkblende	56	Fluorit	73
Fahlerz	117	Pyrit	189		

Darnach ist unter den kubischen Mineralien Fluorit eines der formenreichsten.²⁾

In Tabelle I sind sämtliche Fluoritformen, die sich in der mir zugänglichen Literatur finden liessen (im Ganzen 98), übersichtlich zusammengestellt. Da eine Gruppierung der Hexakisoktaeder nach Zonen vielfacher Willkür unterliegt, wurde ein rein numerisches Anordnungsprinzip gewählt. In jedem Symbol steht der kleinste Index an erster, der grösste an letzter Stelle. Unter den einzelnen Formenarten ist der erste Index eines Symbols niemals grösser als der erste Index eines später folgenden Symbols. Für den zweiten bzw. zweiten und dritten Index gilt die gleiche Regel, solange der erste bzw. erste und zweite Index unverändert bleiben. Die Reihenfolge der Symbole irgend einer Formenart ist also ganz ähnlich wie diejenige der Vokabeln eines Wörterbuches.

Von den 98 in der Literatur erwähnten Formen sind 38 (gewöhnlicher Druck in Tab. I) den Zusammenstellungen von DANA (Lit. 12, S. 162), GOLDSCHMIDT (Lit. 22, Text-Bd. IV, S. 8ff.) und HINTZE (Handbuch I. 2, S. 2381 und S. 2486) gemeinsam;

¹⁾ Herrn Prof. Dr. L. Weber sind wir zu vielem Dank verpflichtet, dass er sich der grossen Arbeit unterzog, diese Beiträge zur Morphologie von Fluorit, Scheelit und Brookit in einen für unsere Zeitschrift passenden Rahmen zu gestalten. Die Redaktion.

²⁾ Im Mittel trifft es auf ein kubisches Mineral knapp 12 Formen.

Tabelle I. Verzeichnis der Fluoritformen

Unveränderl. Formen (3)		Deltoidikositetraeder (21)		Hexakisoktaeder (35)	
001	111	112	223	123	2.6.15
011		113	225	124	2.6.25
		114	227	125 ¹⁾	2.7.11 ²⁾
Tetrakishexaeder (24)		116	229	126 ²⁾	2.9.13 ²⁾
012	025	118	2.2.15	128	3.4.5
013	027 ²⁾	119	334	134	3.4.10
014	029	1.1.10	337 ²⁾	135	3.4.20
015	035	1.1.12	338	137	3.5.11
016	037	1.1.17	667 ²⁾	139	3.10.16
018 ¹⁾	0.3.10	1.1.19 ²⁾	778	157 ²⁾	3.14.20
019 ²⁾	0.3.11		7.7.17	168 ²⁾	4.7.15
0.1.10 ²⁾	045 ¹⁾	Triakisoktaeder (15)		234 ²⁾	4.7.16
0.1.11 ¹⁾	049 ²⁾	122	233	237	5.9.19
0.1.15 ²⁾	0.5.12	133	277 ²⁾	2.3.11 ²⁾	5.12.24
0.1.32	078	144	299 ²⁾	249	5.12.27 ²⁾
0.1.40	079 ¹⁾	155 ²⁾	344	259	5.15.27 ²⁾
		166 ²⁾	355 ²⁾	2.5.11 ²⁾	7.10.24
		177 ²⁾	3.11.11 ²⁾		9.14.32 ²⁾
		188 ²⁾	477 ²⁾		
			577		

27 (in Tab. I kursiv gedruckt) bei GOLDSCHMIDT und HINTZE aufgeführt;

5 bzw. 8 (in Tab. I durch ¹⁾ bzw. ²⁾ gekennzeichnet) nur bei HINTZE bzw. GOLDSCHMIDT angegeben;

20 (in Tab. I mit ²⁾ versehen) verschiedenen, zumeist neueren Arbeiten entnommen.

Verhältnismässig viele dieser 98 Formen sind unsicher und selten. Einige Literaturverweise und kritische Bemerkungen mögen für spätere Arbeiten willkommen sein.

015

Lit. 28, S. 15. Wolkenstein. „... durch Messung als $\infty O 5$ erkannt, ohne andere Flächen.“

Lit. 70. Berg Kozâkov. „In Hohlräumen des Porphyrs ... Fluorit.“ ... „in Würfeln oder in der Kombination $\infty O 5, \infty O \infty$.“

016

Lit. 5, S. 638 f. St. Blasien. Grube Neuglück. An einem weingelben, zollgrossen, würflichen Kristall zeigte „sich auf zwei Flächen eine oscillatorische Kombination von $\infty O \infty$ mit $\infty O n$, so dass $\infty O n$ eine treppenförmig ansteigende tetragonale Pyramide auf der Hexaederfläche bildet. Ich ... fand den Winkel der Fläche $\infty O n$ gegen die Würfelfläche, auf welcher $\infty O n$ ganz fehlt, = $99^{\circ} 30'$.“ (Innenwinkel, mit Wollaston'schem Reflexionsgoniometer gemessen? Vergl. l. c., S. 635.) Man hat also: $(010) : (016) = 80^{\circ} 30'$ gemessen, $80^{\circ} 32\frac{1}{4}'$ berechnet.

018

Lit. 1. Baveno.

0 1 9

Lit. 18, S. 410. Nordmarksgruben. „... nur durch die Zonenverhältnisse bestimmt.“ Vergl. Fig. 155 in Goldschmidt's Atlas, Bd. IV, Tafel 13.

0.1.10

Lit. 74, S. 313. Badenweiler. $(100):(10.1.0) = 5^{\circ} 44'$ gemessen (Mittelwert), $5^{\circ} 42'$ berechnet.

Lit. 1. Baveno.

0.1.11

Erwähnt von Hintze im Nachtrag zum Formenverzeichnis (I. 2, S. 2486), mit ausdrücklichem Hinweis auf S. 2439, wo aber nur $\{0.1.10\}$ zu finden ist. Offenbarer Druckfehler, zumal die bekannte Form $\{0.1.10\}$ sowohl im Formenverzeichnis (S. 2381) wie auch im Nachtrag fehlt.

0.1.15

Lit. 27, zitiert bei Hintze: I. 2, S. 2471. Alston. „... Pyramidenwürfel, zwischen $(0.1.15)$ und $(0.1.32)$ gelegen.“ $\{0.1.15\}$ ist also nicht erwiesen.

0.1.32

Lit. 27. Alston. Vergleiche $\{0.1.15\}$.

Lit. 42, bei Hintze zitiert (I. 2, S. 2472). Durham. „... nach Messung...“. Von Dana wird diese Form mit Fragezeichen versehen.

0.1.40

Lit. 14, I, S. 6. „On a trouvé ... b^{40} dans la fluorine.“

0 2 5

Lit. 48, S. 553. Cornwall. Hexaeder, „an denen schmal noch die Form $\{205\} \infty O^{5/2}$ auftritt, welche die oktaedrischen Kanten von $\{6.2.15\}^{15/2} O^{5/2}$ gerade abstumpft.“

$$(205):(6.2.15) = 7^{\circ} 8' \text{ (2 Mess.)}, 7^{\circ} 31\frac{1}{2}' \text{ (ber.)}.$$

Lit. 14, I, S. 6. „On a trouvé ... $b^{5/2}$ dans la fluorine.“

An Figur 69 in Goldschmidt's Atlas, Bd. IV, Tafel 6 (nach Miller, Lit. 54) ist $\{025\}$ als k dargestellt.

0 2 7

Lit. 10, S. 454. Brienz. Korrosionsflächen (Vertiefungen). „... die Kanten wenig scharf und die Flächen mehr oder weniger gewölbt... In der Regel eine dieser Abschrägungen vorherrschend entwickelt und auf diese beziehen sich die Messversuche...“. Es „wurden an den vier Kanten eines ... Abgusses 30 Messungen mit dem Reflexionsgoniometer, mittelst Einstellung auf Lichtschein, ausgeführt, welche mit Schwankungen zwischen $24^{\circ} 23' 51''$ und $20^{\circ} 27' 50''$ einen Mittelwert lieferten“ von $22^{\circ} 22' 52''$. Die Rechnung ergibt $(027):(207) = 22^{\circ} 24'$.

0 3 5

V. Goldschmidt (Atlas, Text-Bd. IV, S. 9) bemerkt hierzu: „Von Klocke bezweifelt“ (wohl in dessen Arbeit, Lit. 43; weitere Angaben waren nicht zu finden).

0.3.11

Lit. 32, S. 75. Riesengrund. $(11.3.0):(110) = 29^\circ 45'$ berechnet, $29^\circ 39'$ gemessen. Die Angabe von $\{0.3.11\}$ im N. Jahrb. f. Min. 1901, I, S. 342 (Ref. zu Lit. 74, S. 305) ist unrichtig und durch $\{0.3.10\}$ zu ersetzen.

0 4 5

Lit. 74, S. 305. Urbeis. „... cube aux faces moirées, creusées d'une infinité de petites cavités carrées, limitées par les faces d'un cube pyramidé, voisin de b^1 (110), probablement $b^{5/4}$ (540).“

$(540):(450) = 77^\circ 40'$ (gem., Mittelwert), $70^\circ 20'$ (ber.).

Lit. 24, S. 90. Konnerudkollen. „... als zweifelhaft .. (504) .. angegeben ...“.

0 4 9

Lit. 1. Baveno.

*0.5.12

Lit. 10, S. 451f. Brienz. Korrosionsflächen. α . „Nach vorsichtigem Abreiben der Flächen mit Öl“ lieferten sechs Messungen „mittelst des Reflexionsgoniometers unter Anwendung von Websky's Spalt und Vorlegung der Lupe ... im Mittel“: $(0.5.12):(0.12.5) = 44^\circ 48' 50''$, berechnet = $44^\circ 45'$.

β . Nach Behandlung der Flächen ergab sich als „Mittel von fünf wenig voneinander abweichenden Messungen“: $(0.5.12):(5.0.12) = 31^\circ 35' 24''$, berechnet = $31^\circ 34'$.

γ . „Das Mittel von fünf Bestimmungen“ (ähnlich wie vorher ausgeführt) ist: $(0.5.12):(001) = 22^\circ 25' 24''$, berechnet = $22^\circ 37'$.

0 7 8

Lit. 24, S. 90. Konnerudkollen. Sicher festgestellte Fläche, „durch folgende Messungen bestimmt:

Gefunden: Berechnet:

L (078):(101) = $3^\circ 49\frac{1}{2}'$ $3^\circ 49'$.“

Fig. 158 im Atlas von V. Goldschmidt (Bd. IV, Taf. 13) zeigt $\{078\}$ kombiniert mit $\{001\}$ und $\{011\}$.

0 7 9

Lit. 24, S. 90. Konnerudkollen. „... als zweifelhaft ... $\{907\}$ angegeben.“

1 1 8

Lit. 82, S. 149 (nach Hintze I. 2, S. 2446 zitiert). Zinnwald.

1 1 9

Lit. 18, S. 410. Nordmarksgruben. „ $\{911\}$ ist durch den Winkel mit $\{100\}$ bestimmt, welcher zu $8^\circ 46'$ gemessen und zu $8^\circ 56'$ berechnet wurde.“ Vergl. auch die Fluoritfiguren Nr. 152 und 155 in Goldschmidt's Atlas, Tafel 12 und 13.

Lit. 73, S. 172. Sta. Rosa, Honduras. „... a^9 (911), en nombre très incomplet. Les faces de a^9 sont brillantes, un peu courbes, mais donnant de bonnes mesures:

$p a^9 (100):(911)$ observé: $8^\circ 57'$, calculé: $8^\circ 56'$.“

1.1.10

Lit. 76, S. 434. Epprechtstein. „{10.1.1}, zweimal beobachtet, Winkel (0 0 1): (k k 1) = 7° 55', beobachtet 8° 3'...“.

1.1.12

Lit. 74, S. 312. Albespeyres.

	Observé:	Calculé:
„p a ¹² (1 0 0): (12.1.1)	6° 44'	6° 43'...“.

1.1.17

Lit. 76, S. 434. Epprechtstein. „{17.1.1}; Schimmernmessung (0 0 1): (k k 1) = 4° 38', berechnet 4° 45'...“.

1.1.19

Lit. 78, S. 371. Rossie, St. Lawrence Co. „Drei isolierte Fluoritkristalle wurden gemessen... {19.1.1} soll für Fluorit neu sein“. „... durch folgende Messung festgestellt: a (1 0 0): θ (19.1.1) = 4° 13' (gemessen); 4° 15' (berechnet).“ Vergleiche auch Goldschmidt's Fluoritfigur Nr. 153.

2 2 3

Lit. 32, S. 75. Riesengrund. „An einem Kristall fand sich ... eine Fläche des Ikositetraeders {322} $\frac{3}{2}O\frac{3}{2}$

	Berechnet:	Gemessen:
(2 2 3): (1 1 1) =	11° 26'	11° 30'
(2 2 3): (1 0 1) =	30 57	29 30

... Fläche in die Lage eines vizinalen Achtundvierzigflächners verschoben, dem nach den Winkeln das Symbol (144. 156. 225) entsprechen würde.“

Lit. 9. Villers-en-Fagne. „Schöne Kristalle.“

2 2 5

Lit. 76, S. 434. Epprechtstein. Die Messung ergab den „Winkel (0 0 1): (k k h) = 30° 52' und entspricht vielleicht {5 2 2}, wofür die Rückrechnung 29° 30' ergäbe, oder besser vielleicht {17.7.7}, wofür die Rückberechnung 30° 13'.“ Bei einem Fehler von 1° 22' lässt sich {2 2 5} nicht halten. Jedenfalls dürfen {2 2 5} und {7.7.17} nicht nebeneinander geführt werden. Noch besser als {7.7.17} genügt der Messung die einfachere Form {337}, indem die Rückberechnung (0 0 1): (337) = 31° 13' dem beobachteten Wert gegenüber eine Differenz ergibt, die nicht einmal halb so gross ist wie bei {7.7.17}.

2 2 7

Lit. 26, S. 70. Beeralstone. „Das Ikositetraeder stumpft die Kanten G des Tetrakontaoktaeders (731) gerade ab. Sein Symbol ist daher (7 2 2).“

Lit. 10, S. 453. Brienz. Von vierseitig pyramidalen Vertiefungen in den Würfelflächen, den Zonen [110] zugehörig, wurden Lackabgüsse gemacht. „Ein solcher Lackabguss mit verhältnismässig recht gut ausgebildeten Kanten lieferte nun bei Messung der vier Kanten mittelst des Reflexionsgoniometers im Mittel von je sechs Bestimmungen die folgenden Werte:

Erste Kante	= 30° 38' 45"
Zweite Kante	= 31 10 34
Dritte Kante	= 30 50 36
Vierte Kante	= 30 56 30
Im Mittel: B	= 30 54 6

Berechnet man nun für diesen Winkel den Wert m ,¹⁾ so ist ... $m = 3,4771$. Diesem Wert entspricht am nächsten $\frac{1}{2} O \frac{1}{2}$ (722).“ Die Rückberechnung ergibt 30° 43' 22”.

2 2 9

Lit. 76, S. 435. Epprechtstein. Um {139} wahrscheinlicher zu machen, wird gesagt, dass von den drei geraden Kantenabstumpfungen dieses Hexakisoktaeders zwei bekannt seien: {013} und {229}. Quellenangaben fehlen. Übrigens werden l. c., S. 434 Winkelmessungen (001): (kkh) erwähnt, deren Resultate „zwischen 16° 12' und 17° 11' schwanken“. Trotzdem „einigermassen sichere einfache Indizes ... sich daraus nicht ableiten“ liessen, ist interessant, dass gerade der letzte Wert der Form {229} gut entspricht, die 17° 26' verlangt.

2.2.15

Lit. 53, S. 184. Stolberg, Harz. Statt der Oktaederflächen „treten viele parallel gestellte dreikantige Ecken von dem Ikositetraeder {2.2.15} auf, wie folgende Messung zeigte: (001): (2.2.15) = 10° 34' (10° 41' ber.).“

3 3 4

Lit. 24, S. 90. Konnerudkollen.

	Gefunden:	Berechnet:
„(4 $\bar{3}$ 3) : (111) =	7° 56'	8° 03' .“

3 3 7

Vergl. die Diskussion von {225}. Epprechtstein.

3 3 8

Fr. Klocke (Lit. 43) und V. Goldschmidt (Atlas, Text-Bd. IV, S. 9) sagen, dass die Form von C. Naumann (1828, also wohl Lit. 55) angegeben worden sei. Fundort: Hofsgrund.

Lit. 43 (vergl. die Fluoritfigur Nr. 103 im Atlas) und Lit. 28, S. 14. Münsterthal.

Lit. 49, S. 366. Königshayn. „Die Kante zwischen Ikositetraeder und Würfel wurde zu 27° 55' gemessen. Hieraus berechnet sich der Wert für das Ikositetraeder $\frac{8}{3} O \frac{8}{3}$ (833), dessen berechnete Kante mit dem Würfel = 27° 56' 9”.“

6 6 7

Lit. 80. Campania.

	Beobachtet:	Gemessen:
(100) : (766)	50° 37'	50° 29'
(111) : (766)	4 6	4 15

Aus Versehen steht in der Zeitschrift für Kristall., l. c., im Text {776}, statt (wie in der Winkeltabelle) richtig {766}.

¹⁾ Es ist an das Symbol mOm zu denken.

778

Lit. 76, S. 434. Epprechtstein. „{877}; gemessen (001): (kkh) = $51^{\circ}3'$, berechnet $51^{\circ}4'$.“

7.7.17

Lit. 76, S. 434. Siehe oben bei {225}. Wird besser durch {337} ersetzt.

144

Lit. 50, S. 135. Striegau. „... unter Anwendung eines gewöhnlichen Reflexionsgoniometers und einer Lichtflamme“ wurden „als Mittelwerte von 12“ Ablesungen, „die um nicht mehr als 15“ bzw. „20 Minuten voneinander abwichen“, erhalten:

„Für die längere Kante $D = 160^{\circ}2'$,
für die kürzere Kante $G = 136^{\circ}26'$.“

{144} erfordert: $D = 159^{\circ}57'$, $G = 136^{\circ}39'$ (Innenwinkel).

Lit. 49, S. 360. Striegau. „Das Triakisoktaeder 4O habe ich ... noch zweimal ... selbständig beobachtet... Die Messung (mit dem Reflexionsgoniometer) ergab für die längere Kante $20^{\circ}3'45''$, von dem berechneten Winkel $20^{\circ}3'0''$ nur um $45''$ abweichend.“

Lit. 49, S. 365. Königshayn. „... einmal wurde das Triakisoktaeder 4O (441) beobachtet.“

155

166

177

188

277

299

} Lit. 1. Baveno.

344

Lit. 28, S. 16. Breitenbrunn. „Blassviolette Pyramidenoktaeder (443) $\frac{4}{3}$ O (oktaedrische Kante beob. 56° ca., ber. $55^{\circ}52'$)...“

Lit. 31, S. 142. Axelalp, Hollersbachthal. Es ... „wurde die durch die Kreuzung von drei Reflexzügen angedeutete Oktaederfläche polar gestellt“. Bei einigen Kristallen liess sich ein „Reflex bei ca. 7° erkennen, der auf eine Fläche N (344) hinweist (gemessen = $7^{\circ}06'$, $7^{\circ}08'$, $7^{\circ}14'$, $7^{\circ}34'$, $7^{\circ}38'$, $7^{\circ}52'$, berechnet: $7^{\circ}19'$)“.

355

Lit. 80. Campania.

	Beobachtet:	Berechnet:
(111) : (553)	$12^{\circ}13' - 12^{\circ}22'$	$12^{\circ}16\frac{1}{2}'$

3.11.11

Lit. 1. Baveno.

477

Lit. 80. Campania.

	Beobachtet:	Berechnet:
(111) : (774)	$13^{\circ}04' - 13^{\circ}07'$	$13^{\circ}16'$
(774) : (774)	44 21	44

577

Lit. 24, S. 90. Konnerudkollen. Mit ? versehen. — Im Atlas, Bd. IV, Tafel 13, eine Figur (Nr. 160) mit {577}.

125

Lit. 74, S. 307. Ste. Marie-aux-Mines. „Les cristaux cubiques présentent... souvent des pointements hexaèdres un peu ternes de (521) = $b^1b^{\frac{1}{2}}b^{\frac{1}{5}}$.“ Keine Winkelangaben. Hintze (I. 2, S. 2437) bemerkt: „vielleicht t (421) gemeint.“ Lacroix (Lit. 46, Bd. IV, S. 887) setzt t (521), braucht aber sonst immer t für {421}.

126

Lit. 77, S. 19. Cumberland. Ausgenagte Rinnen in den einspringenden Winkeln der Zonen [210], an denen bei den Penetrationszwillingen die Würfelflächen zusammenstossen. Symbol zonar bestimmt. „Indessen ist diesen Flächen... der Wert einer eigentlichen Kristallgestalt wohl kaum zuzuerkennen.“

128

Lit. 43. Münstertal. „Das... Hexakisoktaeder wurde bis jetzt noch nicht am Fluorapat beobachtet,“ stellt also eine neue Form dar. Die Form ist an den Fluoritfiguren Nr. 103 und 104 des Atlas dargestellt.

134

Lit. 7. Insel Giglio. (314):(134) = $32^{\circ} 14'$ gem., $32^{\circ} 12'$ ber. Vergl. Fig. 124 im Atlas.

135

Lit. 9. Ave, Belgien. „Es wurde gemessen: (001):(315) = $32^{\circ} 10'$, (010):(315) = $80^{\circ} 23'$, (113):(315) = $14^{\circ} 24'$; (315) liegt in den Zonen [(113):(101)], [(102):(111)], [(001):(310)].“ Die Rückberechnung ergibt für die drei Winkel: $32^{\circ} 18\frac{3}{4}'$, $80^{\circ} 16'$ und $14^{\circ} 28'$.

139

Lit. 76, S. 435. Epprechtstein. „... 48-Flächner, der sich an zwei Kristallen zwischen {731} und {100} eingeschaltet zeigte. Er hat das Zeichen {931} und seine Winkel sind folgende:

(001) ; (319) =	$19^{\circ} 15'$	(Mittel aus 4 Messungen),	berechnet	$19^{\circ} 21'$
(101) : (319) =	$27^{\circ} 8\frac{1}{2}'$	(„ „ 2 „ „)	„	$27^{\circ} 11'$
(111) : (319) =	$37^{\circ} 52'$	(„ „ 2 „ „)	„	$38^{\circ} 7'$
(137) : (319) =	$19^{\circ} 33'$	(„ „ 1 „ „)	„	$19^{\circ} 41'$
(317) : (319) =	$5^{\circ} 4'$	(„ „ 4 „ „)	„	$5^{\circ} 58''$

Lit. 17, S. 182. Artenberg. „Die an den Ecken des Oktaeders sitzenden Kristalle... besitzen... W {931}... Die Messungen ergaben folgende Werte:

	Gemessen:	Berechnet:
(317) : (319) =	$5^{\circ} 6'$	$4^{\circ} 58''$

157

Lit. 49, S. 361. Striegau. In der Zone $[2\bar{1}1]$ bestimmte M. Websky diese Fläche durch den Winkel (011):(157) = $11^{\circ} 34'$, berechnet $11^{\circ} 32'$.

168

Lit. 49, S. 361. Striegau. Nach M. Websky's Messung in der Zone $[21\bar{1}]$ ist $(011):(168) = 10^\circ 15'$ (berechnet $9^\circ 59'$).

234

Nach V. Goldschmidt's Atlas, Text-Bd. IV, S. 9, in G. Scacchi's Poliedria, Lit. 67.

237

Lit. 49, S. 369 f. Kongsberg. In der Zone $[21\bar{1}]$ ergab sich „als Mittel einer Zahl von 12 sehr genau übereinstimmenden Ablesungen“:

$$\begin{array}{l} (113):(237) = 5^\circ 50' 40'' \quad (\text{ber. } 5^\circ 22' 5'') \\ (3.4.10):(327) = 2\ 13 \quad (\text{„ } 1\ 34\ 49) \end{array}$$

Die Übereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung ist sehr mangelhaft. Mit Hilfe des Gauss'schen Satzes kommt übrigens $1,552\ h = k$. Lasaulx setzt $h = 1$, $k = \frac{3}{2}$. Die Kettenbruchentwicklung würde als weiteren Näherungswert $k = \frac{14}{9}$ ergeben. Dieser führt auf das Symbol (9.14.32), aus dem sich folgende Winkel rückberechnen: $(113):(hk1) = 5^\circ 53'$, $(3.4.10):(hk1) = 2^\circ 6'$.

Lit. 9. Ave, Belgien. Im Referat sind keine Winkel angegeben.

2.3.11

Lit. 22. Von V. Goldschmidt wird im Atlas, Text-Bd. IV, S. 10 auf Presl (Lit. 63) verwiesen. Mir leider nicht zugänglich.

249

Lit. 16. Markirch. „An einigen ... Würfeln wurde an den Ecken die Form $\{942\}$ bestimmt auf Grund der Messungen:

	Gemessen:	Berechnet:
$(001):(429) =$	$26^\circ 10'$	$26^\circ 25,4'$
$(429):(249) =$	$16\ 21$	$16\ 10,7''$

259

Lit. 24, S. 90. Konnerudkollen. Sicher festgestellt „und durch folgende Messungen bestimmt:

	Gefunden:	Berechnet:
$(529):(101) =$	$19^\circ 14'$	$19^\circ 17'$
$(529):(001) =$	$30\ 53$	$30\ 53,5''$

Dargestellt an der Fluoritfigur Nr. 157 des Atlas'.

Lit. 58, S. 355. Quincy, Mass. „... automorphe Oktaeder ... matt und etwas gerundet.“

	Berechnet:		Gemessen:		Grenzen:	Zahl der Ablesungen
	φ	ϱ	φ	ϱ	φ und ϱ	
$\{259\}$	$21^\circ 48'$	$30^\circ 54'$	$21^\circ 1'$	$31^\circ 15'$	$20^\circ 45' - 21^\circ 18'$ $31\ 11 - 31\ 19$	2
$\{295\}$	$12\ 32$	$61\ 32$	$12\ 32$	$61\ 24$	$12\ 27 - 12\ 37$ $61\ 23 - 61\ 26$	2

2.5.11

Neuberechnung für $\{5.12.27\}$. Siehe dort. Sarntal.

2.6.15

Lit. 48, S. 553. Cornwall. Hexakisoktaederflächen „inbezug auf ihre Grösse ungleichmässig ausgebildet ... schmal noch die Form

{205} ∞ O $\frac{5}{2}$..., welche die oktaedrischen Kanten von (6.2.15) gerade abstumpft. Demnach ergibt sich das Zeichen aus der Messung (205):(6.2.15) = 7° 8' (2 Messungen). Berechnet 7° 3' 28".

Weiter hat man:

	Berechnet:	Gemessen:
(6.2.15) : ($\bar{6}$.2.15) =	14° 6' 56"	14° 16'
(6.2.15) : (2.6.15) =	20 0 52	19 45
(6.2.15) : (15.2. 6) =	46 1 32	46 16

Lit. 74, S. 312. Wildschapbach. „... faces un peu ternes, mesures peu exactes:

	Observé	Calculé
(15.6.2) (15. 2.6)	18° 49'	20° 0'
(15.6.2) (6.15.2)	48 — app.	46 1
(15.6.2) (1 0 0)	22 56	22 52 "

2.6.25

Lit. 26, S. 71. Beeralstone. „Das Tetrakontaoktaeder liegt in der Zone des Tetrakontaoktaeders (731) und Würfels, ... dann in der Zone der Ikositetraederflächen (227) (722).“

Lit. 74, S. 313. Badenweiler. „(25.6.2) est dans la zone (100):(731).

	Observé	Calculé
(1 0 0) : (25.6.2) =	13° 30'	13° 40' "

2.7.11

Lit. 24, S. 90. Konnerudkollen. Sicher festgestellt und durch die Messung (7.2.11):(101) = 15° 9,5' (berechnet = 15° 13,5') bestimmt. Vergl. die Fluoritfigur Nr. 157 in Goldschmidt's Atlas.

2.9.13

Lit. 49, S. 361. Striegau. Nach Websky's Messung in der Zone [21 $\bar{1}$] ist (101):(2.9.13) = 12° 45' (ber. 12° 33'). A. v. Lasaulx (l. c., S. 362) möchte, „in Anbetracht der zuverlässigen Übereinstimmung“ seiner Messungen, {3.14.20} dieser Form vorziehen.

3 4 5

Lit. 9. Gimmé, Belgien. „Es wurde gemessen: 435:001 = 44° 49', 435:100 = 55° 29', 435:113 = 20° 12'...“

3.4.10

Lit. 30, S. 184. Kongsberg. „Für diese Gestalt berechnet sich:

die längste Kante	A = 172° 44' 52"	Gefunden: 173° 45'
„ dritte „	C = 135 23 52	„ 134 36
Neigung einer Fläche zur Würfelfläche	= 153° 26' 6" gem. = 153° 8'	
„ „ „ zum Leucitoid 303	= 176 12 45 „ = 134 20	

Die letzte Messung musste ich den Umständen nach als die beste betrachten und von ihr ist auch bei der Aufsuchung des Zeichens für das fragliche Hexakisoktaeder ausgegangen worden.“

Lit. 49, S. 369. Kongsberg. „Die Messung der Kante von 303 (311) mit dem ... Hexakisoktaeder ergab ...: 3° 37' 40". Der berechnete Winkel ... (311):(10.4.3) ist = 3° 47' 15". Sonach erscheint die Annahme dieser Form in Übereinstimmung mit Hessenberg zuverlässig.“

3.4.20

Lit. 45. Topělec.

	Gemessen:	Berechnet:	Grenzwerte
(4.3.20) : (20.3.4) =	67°57'	66°34'	65°33' — 66°40'
: (3.4.20)	4 10	3 55 ³ / ₄	3 52 — 4 16

3.10.16

Lit. 58, S. 355. Quincy, Mass. Vergl. {259}.

	Berechnet:		Gemessen:		Grenzen: φ und ρ	Zahl der Ablesungen:
	φ	ρ	φ	ρ		
3.10.16	16°42'	33°7'	15°45'	33°20'	—	1
3.16.10	10 38	50 26	10 36	58 33	10°30'—10°22'	2
					58 30—58 36	
10.16.3	32 0	80 58	32 4	81 5	31 52—32 16	4
					80 50—81 20	

3.14.20

Lit. 49, S. 361. Striegau. Von Websky in der Zone [211] gemessen (110): (3.14.20) = 12° 1' (ber.: 12° 12'). Bei Nachmessung durch A. v. Lasaulx ergab „das Mittel aus 15 Ablesungen... 12° 9' 10“.

Neigung einer Fläche zu ∞ O = 12° 11' 45", beobachtet 12° 9' 10"

„ „ „ „ 3 O 3 = 19 17 10 , „ 19 17 8

Vergl. die Bemerkung zu {2.9.13}.

4.7.15

Lit. 37. Gellért-Berg, Budapest. Die Form kommt „mit sehr kleinen, aber glänzenden Flächen vor“.

	Gemessen:	Berechnet.
(15.7.4) : (7.15.4) =	38°48'	38°43 ¹ / ₂ '
(15.7.4) : (15.4.7)	14 19	14 20
(15.7.4) : (3.1.1)	7 28 ¹ / ₂	7 26 ¹ / ₂
(15.7.4) : (24.10.7)	2 45	2 44

An der Fluoritfigur Nr. 147 von Goldschmidt's Atlas dargestellt.

4.7.16

Lit. 52, Bd. I, S. 156. St. Agnes, Cornwall, und Beeralstone. Winkelmessungen fehlen. Vergl. die Bemerkungen von Goldschmidt im „Index“, Bd. II, S. 53.

5.9.19

Lit. 76, S. 436. Epprechtstein. Fast modellartiger 48-Flächner, „der nur durch den Würfel kleine Abstumpfungen erfährt“.

Längste Kante: 15° 2' (Mittel aus 6 Messungen), ber. 15° 2¹/₂'

Mittlere „ : 26 57 („ „ 10 „), „ 26 46

Kürzeste „ : 38 5¹/₂ („ „ 2 „), „ 38 12

(001) : (9.5.19) 28 36 („ „ 11 „), „ 28 28

Diesem Symbol entsprechen auch die Lit. 25, S. 383 mitgeteilten Winkel für den Fluorit von Waldshut.

	Mittel:	Fehler:
A: 14°39', 14°37', 14°47'	14°40'	—22 ¹ / ₂ '
B: 27 6, 26 54, 26 48, 26°50'	26 54	+ 8
C: 38 13, 38 24, 38 2, 38 21	38 15	+ 3

5.12.24

Lit. 34, S. 159. Sarnatal, Tirol. „Winkel an einer im Hauptachsenschnitte gelegenen Kante zu $\infty O \infty = 153\frac{1}{3}^\circ$ (Mittel aus drei Messungen); Winkel zweier Hexakisoktaederflächen an der genannten Kante gemessen = 159° (Mittel aus drei Messungen).“

		Berechnet:	Gemessen:
(001) :	(102) =	$26^\circ 34'$	$26^\circ 40'$
(12.5.24) :	(12. $\bar{5}.24$) =	21 7	21

Messungen an den rauhen Flächen und etwas gerundeten Kanten nicht vollends scharf. (Diff. $\pm 30'$.)

5.12.27

Lit. 35, S. 501 ff. Sarnatal. An einem 10 mm grossen Kristall wurden mit Anlegegoniometer Kanten- und Flächenwinkel gemessen. Führt man statt der Kanten ihre geraden Abstumpfungen ein, so hat man, falls das Hexakisoktaeder mit $\{hk1\}$ $h > k > 1$ bezeichnet wird, die unten in der Tabelle angegebenen Werte. Den Winkel $10^\circ 17' 24''$ deutet Höfer als Winkel (001):(k + 1, k + 1, 2h). „Der Winkel, welchen je zwei längste, in der Hauptachse zusammenstossende Kanten (A) einschliessen, wurde mit $\sphericalangle \beta = 159^\circ 39'$ und ... mit $\sphericalangle \beta = 159^\circ 11,4'$ berechnet, so dass für $\sphericalangle \frac{1}{2} \beta = 79^\circ 42' 36''$ in Rechnung gesetzt wird.“ Dieser Deutung widerspricht aber die l. c., S. 502 mitgeteilte zweite Formel. Auch ist es ganz unmöglich, Höfer's Auffassung mit den von ihm angegebenen Flächenwinkeln in Einklang zu bringen, während die in nachstehender Tabelle vertretene Deutung sich z. B. anhand einer stereographischen Projektion im wesentlichen als richtig erweist. Dass aber die fünf gemessenen Winkel nicht sehr zusammenpassen, hat schon Höfer betont. Auch lässt sich kein einfaches Symbol herleiten. Indessen passt $\{2.5.11\}$ mit den gemessenen Winkeln mindestens ebensogut überein wie Höfer's $\{5.12.27\}$. Folgende Tabelle enthält für beide Symbole die errechneten Winkel nebst ihren Abweichungen von den gemessenen Werten. Absolut genommen ist das Mittel dieser Abweichungen in beiden Fällen fast genau gleich. Die Summe der Fehlerquadrate ist aber für $\{5.12.27\}$ fast doppelt so gross wie für $\{2.5.11\}$. $\{2.5.11\}$ verdient also den Vorzug und soll im weiteren für $\{5.12.27\}$ gebraucht werden. Jedenfalls lässt sich mit einfacheren Indizes keine bessere Übereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung erzielen.

	001 : k0h	101 : h+k · 2l · h+k	klh : lkh	klh : k \bar{l} h	klh : hlk
Gemessen	$24^\circ 6,3'$	$10^\circ 17,4'$	$21^\circ 45'$	$18^\circ 39,6'$	$41^\circ 17'$
Ber. für $\{5.12.27\}$	23 58	10 17	19 1	19 12,4	41 27
Differenz	8,3	0,4	164	— 32,8	— 10
Ber. für $\{2.5.11\}$	24 27	10 $1\frac{1}{2}$	19 57	18 48	40 32
Differenz	39,3	15,9	108	— 8,4	45

5.15.27

Dieses von Goldschmidt (Atlas, Text-Bd. IV, S. 10 und 11) aufgenommene Symbol beruht wohl auf einem Druckfehler in der Arbeit Höfer's (Lit. 35, S. 503), wo die widersprechenden Symbole $^{27/5} O^{9/5}$

{5.12.27} nebeneinanderstehen. Den Widerspruch (vergl. Hintze I. 2, S. 2452) behebt nun Goldschmidt dadurch, dass er das Naumann'sche Symbol (vielleicht wegen seiner einfacheren Zonenbeziehung) für richtig hält und es in das Miller'sche umrechnet. Aber gerade im Symbol $27/5 O 9/5$ liegt der Druckfehler. Dass {5.15.27} den Messungen gar nicht entspricht, beweisen die hieraus berechneten Winkel:

$$\begin{array}{ll} (001) : (509) = 29^{\circ} 3' & (15.5.27) : (5.15.27) = 23^{\circ} 37' \\ (101) : (21.5.21) = 9 34 & (15.5.27) : (15. \bar{5}.27) = 18 23 \\ & (15.5.27) : (27. 5.15) = 31 28 \end{array}$$

Die gemessenen sind aus der obenstehenden Tabelle ersichtlich.

7.10.24

Lit. 37, S. 503. Gellért-Berg. Zone [112] „mit sehr kleinen, aber glänzenden Flächen...“.

	Gemessen:	Berechnet:
(15.7.4) : (24.10.7)	2° 45'	2° 44'
(3.1.1) : (24.10.7)	4 43 $\frac{1}{2}$	4 41 $\frac{1}{2}$

9.14.32

Neuberechnung statt 237. Vergl. dort. Kongsberg.

Auf Grund dieser Zusammenstellung sind in Tab. I sechs Formen ohne weiteres zu streichen, nämlich

{0.1.11} und {5.15.27} als offenbare Druckfehler,
 {0.1.15} als nicht beobachtet,
 {2 2 5} und {7.7.17} als durch {3 3 7} und
 {5.12.27} als durch {2.5.11} ersetzt.

Von den verbleibenden 92 Formen können {035}, {0.1.40} {2 3 4}, und {2.3.11} nicht durch Fundorte belegt werden.

b) Die Fundortspersistenz *F* der Fluoritformen

Für die Fundortsangaben habe ich mich im wesentlichen an das Handbuch von C. HINTZE gehalten. Als Fundort zählte ich aber nur die fettgedruckten Ortsbezeichnungen. So rechnete ich z. B. Bd. I. 2, S. 2435 f. die Mineralfunde auf dem Franz August-, Simson- und Julianergang, sowie auf den Gruben Catharina Neufang, Gnade Gottes, Andreaskreuz und Claus Friedrich zum einen Fundort *Andreasberg*. Viele Fundorte fielen mangels kristallographischer Angaben für meine Zwecke ausser Betracht. Unter Berücksichtigung einiger neuerer Arbeiten kam ich auf 382 verschiedene Fundorte. In welcher Weise die 88 durch Fundorte belegten Formen sich hierauf verteilen, zeigt Kolonne Ia von Tabelle II, in der die Formen in gleicher Reihenfolge aufgeführt sind wie in Tab. I. Es fällt auf, dass von den 88 Formen

53 nur für einen einzigen Fundort,¹⁾

13 für zwei und

2 für drei Fundorte festgestellt wurden. Auch mag es interessieren, dass von 282 Fundorten nur die Formen {001}, {011} und {111} — eine allein oder zwei bzw. alle drei zugleich — angegeben werden.

In Kolonne I b von Tab. II sind die Fundortspersistenzzahlen (F) notiert, jene Zahlen also, die besagen, an wie vielen von hundert Fundorten irgend eine Form beobachtet wurde. Die Zahlen sind auf eine Dezimale auf- oder abgerundet. Die gänzliche Weglassung der Dezimalen schien nicht angängig, weil die Persistenzen von mehr wie $\frac{3}{4}$ aller Formen kleiner als 1 sind.

Diesen Fundortspersistenzen kommt kaum definitive Gültigkeit zu. Die Auffindung neuer Fundorte und die Durchforschung alter Vorkommnisse wird für die Formen mittlerer und kleinerer Persistenz wahrscheinlich F-Werte ergeben, die von den jetzigen vielfach abweichen. Für endgültige, wirklich charakteristische Näherungswerte von F ist erforderlich, dass das von der Statistik erfasste Material 1. sich durch grossen Umfang auszeichnet, 2. kristallographisch erschöpfend durchgearbeitet sei und 3. gleichmässig den verschiedensten Bildungsbedingungen entstamme. Diesen Forderungen entsprechen die im HINTZE'schen Handbuch zusammengetragenen Daten nicht in vollem Umfang. Die Zahl der aufgeführten Fundorte ist zwar recht gross, die Bearbeitung aber sehr ungleich. Nur ein Beispiel: Für Deutschland (Vorkriegsumfang) erwähnt HINTZE 95 Fundorte, die kristallographisch so gut durchforscht sind, dass für 15 derselben sechs und mehr Formen bekannt wurden.²⁾ Vom $3\frac{1}{2}$ mal grösseren Mexiko nennt dagegen HINTZE bloss fünf Fundorte und kristallographische Daten ({001}, {011}, {111}, sowie ein unbestimmter 24-Flächner) liegen nur von zweien derselben vor. Ähnliches gilt auch für andere Länder. Dadurch erhalten die einfachsten Formen, zu deren Bestimmung die elementarsten kristallographischen Kenntnisse ausreichen, den andern Formen gegenüber, die an würflichen und oktaedrischen Kristallen nur mit kleinen und kleinsten Flächen auftreten und bloss vom geübten Fachmann richtig gedeutet werden können, im Verhältnis zur tatsächlichen Häufigkeit ihres Auftretens

1) Von ein und derselben Fundstelle können natürlich mehrere einfundortige Formen bekannt geworden sein. So kennen wir von Epprechtstein 4, von Konnerudkollen 5 und von Baveno sogar 9 solcher Formen.

2) Das besagt nicht, dass für 15 Formen die Zahl der Fundorte grösser wie sechs sein müsse.

Tabelle II. Fundortspersistenz der Fluoritformen

Formen	I ^a	I ^b	II ^a	II ^b	Formen	I ^a	I ^b	II ^a	II ^b
	Zahl aller Fundorte	F _A	Zahl der „deutschen“ Fundorte	F _D		Zahl aller Fundorte	F _A	Zahl der „deutschen“ Fundorte	F _D
001	303	79.3	90	94.7	144	3	.8	2	2.1
011	94	25.2	37	39	155	1	.3	—	—
111	188	49.2	52	54.7	166	1	.3	—	—
012	18	4.9	6	6.3	177	1	.3	—	—
013	35	9.7	9	9.4	188	1	.3	—	—
014	5	1.3	3	3.1	233	5	1.3	1	1
015	2	.5	1	1	277	1	.3	—	—
016	1	.3	1	1	299	1	.3	—	—
018	1	.3	—	—	344	2	.5	1	1
019	1	.3	1	1	355	1	.3	—	—
0.1.10	2	.5	1	1	3.11.11	1	.3	—	—
0.1.32	1	.3	—	—	477	1	.3	—	—
0.1.40	—	—	—	—	577	1	.3	—	—
025	1	.3	—	—	123	6	1.6	2	2.1
027	1	.3	—	—	124	24	6.4	13	13.7
029	4	1.0	1	1	125	1	.3	—	—
035	—	—	—	—	126	1	.3	—	—
037	8	2.1	4	4.2	128	1	.3	1	1
0.3.10	5	1.3	3	3.1	134	1	.3	—	—
0.3.11	1	.3	1	1	135	1	.3	—	—
045	2	.5	1	1	137	15	3.9	8	8.4
049	1	.3	—	—	139	2	.5	2	2.1
0.5.12	1	.3	—	—	157	1	.3	1	1
078	1	.3	—	—	168	1	.3	1	1
079	1	.3	—	—	234	—	—	—	—
112	18	4.9	11	11.5	237	1	.3	—	—
113	36	9.8	11	11.5	2.3.11	—	—	—	—
114	4	1.0	3	3.1	249	1	.3	1	1
116	4	1.0	3	3.1	259	2	.5	—	—
118	1	.3	1	1	2.5.11	1	.3	—	—
119	2	.5	—	—	2.6.15	2	.5	1	1
1.1.10	1	.3	1	1	2.6.25	2	.5	1	1
1.1.12	1	.3	—	—	2.7.11	1	.3	—	—
1.1.17	1	.3	1	1	2.9.13	1	.3	1	1
1.1.19	1	.3	—	—	345	1	.3	—	—
223	2	.5	1	1	3.4.10	1	.3	—	—
227	2	.5	—	—	3.4.20	1	.3	1	1
229	1	.3	1	1	3.5.11	9	2.4	2	2.1
2.2.15	1	.3	1	1	3.10.16	1	.3	—	—
334	1	.3	—	—	3.14.20	1	.3	1	1
337	1	.3	1	1	4.7.15	1	.3	—	—
338	3	.8	3	3.1	4.7.16	2	.5	—	—
667	1	.3	—	—	5.9.19	2	.5	2	2.1
778	1	.3	1	1	5.12.24	1	.3	—	—
122	7	1.8	—	—	7.10.24	1	.3	—	—
133	7	1.8	3	3	9.14.32	1	.3	—	—

anscheinend ein viel zu hohes Gewicht. Es muss daher von Interesse sein, festzustellen, was für F-Werte herauskommen, wenn die Zählung auf ein nicht zu kleines, kristallographisch aber gut durchforschtes Land beschränkt wird. Hierzu eignet sich bei Zugrundelegung von HINTZE's Handbuch der Mineralogie einzig Deutschland (Vorkriegsumfang), das ungefähr einen Viertel der gesamten Fundortsbesprechung umfasst. Die resultierenden Zahlen, absolut und in Prozenten, sind in den Kolonnen II a und II b der Tabelle II eingetragen.¹⁾

Ohne die F_A - und F_D -Werte eingehend diskutieren zu wollen, sei gesagt, dass bei ähnlichem Verlauf der beiden Kurven die F_D -Werte fast durchgehends grösser sind als die F_A -Werte. Für die zufälligen und einmaligen Formen — 26 von 47 bei F_D gegenüber 53 von 88 bei F_A — ist dies ohne weiteres klar, da bei der geringeren Zahl von Fundorten der Prozentsatz eines Fundortes grösser ist; für die einfacheren Formen aber liegt die Erklärung wohl darin, dass diese als untergeordnete Kanten- und Eckenabstumpfungem viel häufiger auftreten als eine oberflächliche und nicht ins Detail gehende Untersuchung der Kristalle ahnen lässt. Jedenfalls besteht die oben ausgesprochene Befürchtung, es möchten bei der allgemeinen Fundortszählung gerade die einfachsten Formen zu stark ins Gewicht fallen, nicht zu Recht.

Entgegen dem allgemeinen Verhalten der beiden Fundortspersistenzen sind die F_A -Werte von {013} und {3.5.11} um ein Geringes grösser als die entsprechenden F_D -Werte. Für {029} sind beide Werte einander praktisch gleich. Durch prozentual grosse Persistenzunterschiede fallen auf: {112}, {124} und {137}.

Der Vergleich von F_A und F_D macht es wahrscheinlich, dass trotz der umfangreichen statistischen Grundlagen die F_A -Werte nur als erste, ziemlich rohe Annäherungen der idealen Grenzwerte von F zu deuten sind.

c) Die Kombinationspersistenz P der Fluoritformen

Die Materialbeschaffung für die Ermittlung der Kombinationspersistenz P der Fluoritformen ist, wie bei allen derartigen Untersuchungen, mit mannigfachen Schwierigkeiten verbunden. Die Angaben HINTZE's leiden an einer gewissen Unbestimmtheit. Man weiss hin und wieder nicht recht, welche der notierten Formen eigentlich

¹⁾ Zur Unterscheidung der für alle bzw. nur für deutsche Fundorte berechneten Persistenzen F dienen die Symbole F_A und F_D .

zu einer Kombination zusammengehören. Auch das Zurückgreifen auf die Originalarbeiten (bezw. Referate) bringt bei HINTZE's Treue der Wiedergabe zumeist keine grössere Klarheit. So entschloss ich mich denn, unter Verzicht auf vielerlei nicht minder Interessantes, nur solche Kombinationen der Statistik zu Grunde zu legen, die zu keinem Zweifel Anlass geben und die keine unbestimmten oder un-

Tabelle III. Fluoritkombinationen aus HINTZE

a. Selbständige Formen

Nr.	Fundorte	Formen	Nr.	Fundorte	Formen
1 (1)	223	001	7	4	112
2 (2)	27	011	8 (5)	3	113
3 (3)	136	111	9 (6)	1	144
4	4	012	10	1	233
5 (4)	5	013	11	1	344
6	1	015	12 (7)	2	124

b. Kombinationen zu 2 Formen

Nr.	Fundorte	Kombinationen	Nr.	Fundorte	Kombinationen
13 (8)	32	001 011	28	1	001 249
14 (9)	63	001 111	29	1	001 2.6.15
15 (10)	8	001 012	30 (19)	2	001 3.5.11
16 (11)	16	001 013	31	1	001 5.9.19
17	1	001 015	32	1	001 5.12.24
18	2	001 016	33 (20)	14	011 111
19	1	001 0.1.10	34	2	111 122
20	1	001 037	35 (24)	2	111 133
21	1	001 045	36 (25)	1	111 144
22 (12)	9	001 112	37	1	111 344
23 (13)	11	001 113	38	1	111 137
24	1	001 2.2.15	39 (27)	1	012 013
25 (14)	3	001 122	40	1	0.3.11 114
26 (17)	11	001 124	41	1	233 344
27 (18)	6	001 137			

c. Kombinationen zu 3 Formen

Nr.	Fundorte	Kombinationen	Nr.	Fundorte	Kombinationen
42 (29)	43	001 011 111	59	2	001 013 113
43	1	001 011 012	60	1	001 013 124
44 (30)	6	001 011 013	61	1	001 013 2.5.11
45	1	001 011 014	62	2	001 013 4.7.16
46	1	001 011 037	63	1	001 029 113
47 (31)	1	001 011 078	64	3	001 037 137
48	1	001 011 112	65	1	001 113 1.1.12
49 (32)	5	001 011 113	66	1	001 113 237
50	2	001 011 124	67	1	001 113 345
51 (34)	2	001 111 013	68 (41)	1	001 113 3.5.11
52 (35)	1	001 111 112	69	1	001 113 4.7.15
53	1	001 111 144	70	1	001 338 124
54	1	001 111 233	71	1	001 133 124
55 (36)	1	001 111 124	72	1	001 137 139
56	1	001 111 137	73	1	001 137 3.4.20
57 (37)	2	001 111 3.5.11	74 (43)	1	001 137 3.5.11
58	2	001 012 124	75	1	111 122 133

d. Kombinationen zu 4 Formen

Nr.	Fundorte	Kombinationen				Nr.	Fundorte	Kombinationen			
76 (47)	1	001	011	111	012	87	1	001	011	113	3.5.11
77	1	001	011	111	013	88	1	001	011	137	139
78 (49)	4	001	011	111	112	89 (56)	1	001	011	259	2.7.11
79 (50)	3	001	011	111	113	90 (58)	1	001	111	013	113
80 (51)	1	001	011	111	133	91	2	001	012	014	124
81 (52)	3	001	011	012	124	92	1	001	012	223	124
82 (53)	1	001	011	013	113	93	1	001	014	037	137
83	1	001	011	029	3.5.11	94	1	001	113	124	128
84	1	001	011	112	144	95	1	011	111	012	114
85	1	001	011	113	124	96	1	011	111	112	123
86	1	001	011	113	135	97	1	111	122	133	577

e. Kombinationen zu 5 Formen

Nr.	Fundorte	Kombinationen				
98 (62)	1	001	011	111	012	013
99	1	001	011	111	013	113
100	1	001	011	111	019	119
101	1	001	011	111	112	233
102	1	001	011	111	113	233
103	1	001	011	111	113	3.14.20
104 (66)	1	001	011	111	133	134
105	1	001	011	012	013	112
106 (67)	1	001	011	013	116	119
107	1	001	011	045	078	079
108	1	001	011	112	113	144
109	1	001	011	113	122	124
110 (69)	1	001	011	113	3.4.10	9.14.32
111	1	001	111	0.3.10	113	114
112	1	001	012	338	124	128
113	1	001	013	113	137	2.6.25
114	1	011	111	122	133	577
115 (70)	1	111	334	122	133	577

f. Kombinationen zu 6 Formen

Nr.	Fundorte	Kombinationen					
116 (71)	1	001	011	111	338	144	124
117 (72)	1	001	011	012	013	112	123
118 (73)	1	001	011	029	227	137	2.6.25
119 (74)	1	001	011	113	133	124	3.5.11

bestimmbaren Formen enthalten. Im Ganzen kam ich auf 119 verschiedene Kombinationen mit 57 Formen. Sie sind in Tabelle III (fortlaufend numeriert) möglichst übersichtlich zusammengestellt. Die selbständigen Formen sind in der gleichen Reihenfolge aufgeführt wie in Tabelle I bzw. II. Nach dem dafür geltenden Prinzip sind auch die zusammengehörigen Formen der einzelnen Kombinationen geordnet. Alle Kombinationen, die in den (n-1) ersten Formen übereinstimmen, folgen sich nach steigender Rangnummer der letzten Form. Erst wenn die Mannigfaltigkeit der nten Form erschöpft ist, wird an (n-1)ter Stelle das Symbol der im Rang

Tabelle IV. Kombinationspersistenz der Fluoritformen

Formen	Hintze							P _H	Goldschmidt								P _G
	Zahl des Auftretens in Kombinat. zu						total		Zahl des Auftretens in Kombinat. zu							total	
	1	2	3	4	5	6			1	2	3	4	5	6	7		
001	1	20	33	19	16	4	93	78.2	1	12	15	15	8	5	1	57	75
011	1	2	10	16	14	4	47	39.5	1	4	7	10	9	5	1	37	48.7
111	1	7	9	9	10	1	37	31.1	1	6	9	9	6	1	1	33	43.4
012	1	2	2	5	3	1	14	11.8		2	2	2	1	1	1	9	11.8
013	1	2	6	3	5	1	18	15.1	1	3	5	3	3	1		16	21
014			1	2			3	2.5									
015	1	1					2	1.7									
016		1					1	.8									
019					1		1	.8				1			1	1.3	
0.1.10		1					1	.8									
025											1				1	1.3	
029			1	1		1	3	2.5						1	1	1.3	
037		1	2	1			4	3.3									
0.3.10					1		1	.8									
0.3.11		1					1	.8									
045		1			1		2	1.7									
078			1		1		2	1.7			1				1	1.3	
079					1		1	.8									
112	1	1	2	3	3	1	11	9.2		1	3	1	1	1	1	8	10.5
113	1	1	8	7	8	1	26	21.8	1	3	4	4	2	2		16	21
114		1		1	1		3	2.5				1			1	1.3	
116					1		1	.8		1			1		2	2.6	
119					2		2	1.7					2		2	2.6	
1.1.19												1			1	1.3	
223				1			1	.8					1		1	1.3	
227						1	1	.8						1	1	1.3	
2.2.15		1					1	.8							1	1.3	
334					1		1	.8									
338			1		1	1	3	2.5			1		1		2	2.6	
122		2	1	1	3	1	8	6.7		1			2		4	5.3	
133		1	2	2	3		8	6.7			1	2	1	1	4	5.3	
144	1	1	1	1	1	1	6	5	1	2				1	4	5.3	
233	1	1	1		2		5	4.2									
344	1	2					3	2.5									
577				1	2		3	2.5				1			1	1.3	
123				1	1		2	1.7		2		1		2	6	7.9	
124	1	1	6	5	2	2	17	14.3	1	1	2	3	1	3	11	14.4	
128				1	1		2	1.7				2			2	2.6	
134				1	1		1	.8				1			1	1.3	
135				1			1	.8									
137		2	5	2	1	1	11	9.2		2	1	2		1	6	7.9	
139			1	1			2	1.7				1			1	1.3	
237			1				1	.8									
249		1					1	.8									
259				1			1	.8				1			1	1.3	
2.5.11			1				1	.8									
2.6.15		1					1	.8									
2.6.25					1	1	2	1.7						1	1	1.3	
2.7.11				1			1	.8				1			1	1.3	
345			1				1	.8									
3.4.10					1		1	.8					1		1	1.3	
3.4.20			1				1	.8									
3.5.11		1	3	2		1	7	5.9		2	4		1	2	9	11.8	
3.14.20					1		1	.8									
4.7.15			1				1	.8			1				1	1.3	
4.7.16			1				1	.8									
5.9.19		1					1	.8									
5.12.24		1					1	.8									
9.14.32					1		1	.8				1			1	1.3	

folgenden Fläche eingesetzt u. s. w. — Die neben einigen Nummern stehenden eingeklammerten Zahlen bezeichnen die Nummern, unter welchen die betreffenden Kombinationen — es sind 48 — in Tabelle V zu finden sind. Die Zahl vor der Kombination gibt an, bei wie vielen Fundorten diese Kombination von HINTZE erwähnt wird. Man sieht, dass sich eine Kombination um so seltener an mehr wie einem Fundort wiederfindet, je mehr der Formenreichtum zunimmt. Die Kombinationen zu fünf und sechs Formen sind alle nur einmalig. Bei

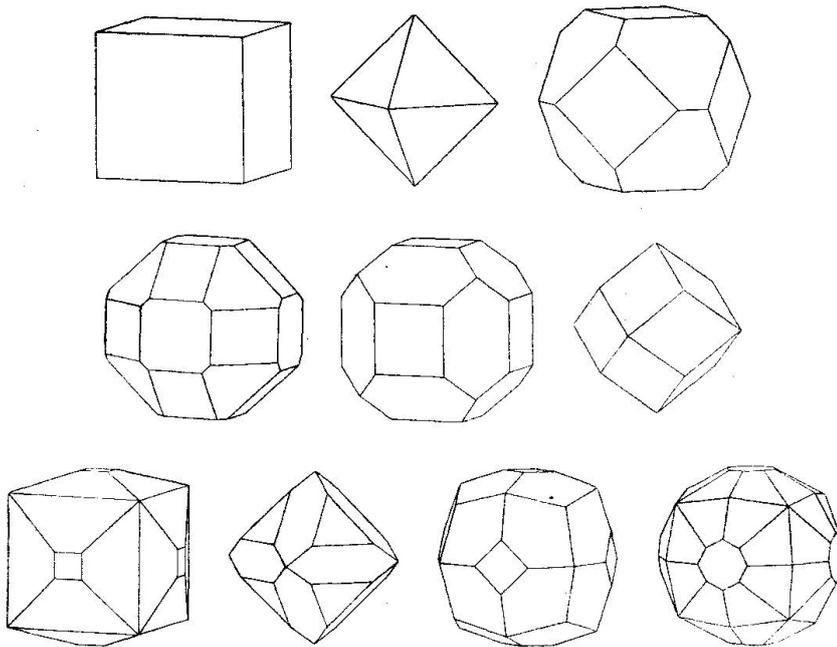


Fig. 1. Trachtbilder der wichtigsten Kombinationen bzw. selbständigen Formen des Fluorits.

denjenigen zu vier Formen ist das Verhältnis von einmalig zu mehrmalig wie 11 : 2. An mindestens 10 von den 382 Fundorten erscheinen, neben den selbständigen Formen $\{001\}$, $\{011\}$, $\{111\}$, nur folgende sieben Kombinationen (nach abnehmender Wichtigkeit geordnet): $\{001\} \{111\}$, $\{001\} \{011\} \{111\}$, $\{001\} \{011\}$, $\{001\} \{013\}$, $\{011\} \{111\}$, $\{001\} \{113\}$, $\{001\} \{124\}$. In Figur 1 sind diese wichtigsten Kombinationen bzw. selbständigen Formen des Fluorits in Trachtbildern, nicht Habitusbildern (über den Unterschied vergl. Lit. 57, Bd. I, S. 641), dargestellt. Für alle Flächen wurde die gleiche Zentralsdistanz angenommen.

Aus Tabelle IV ist ersichtlich, wie oft eine Form¹⁾ in den 119 aufgeführten Kombinationen absolut bzw. prozentual (sogen. Kom-

¹⁾ Von unseren 92 Fluoritformen beteiligen sich an den untersuchten Kombinationen nur 57.

Tabelle V. Fluoritkombinationen des Atlas

a. Selbständige Formen

Nr.	Formen	Nr. der Fig.
1 (1)	001	2, 32, 33, 96, 118, 119, 133
2 (2)	011	3
3 (3)	111	1, 34, 95
4 (5)	013	8, 31, 36, 143
5 (8)	113	67
6 (9)	144	105
7 (12)	124	27

b. Kombinationen zu 2 Formen

Nr.	Kombinat.	Nr. der Fig.	Nr.	Kombinat.	Nr. der Fig.
8 (13)	001 011	6, 40	18 (27)	001 137	23
9 (14)	001 111	8, 28, 29, 35, 37, 38, 42, 97, 98, 134, 144	19 (30)	001 3.5.11	24, 25, 58, 100, 101, 150
10 (15)	001 012	60	20 (33)	011 111	5, 71
11 (16)	001 013	7	21	011 113	10
12 (22)	001 112	30	22	011 3.5.11	59
13 (23)	001 113	11, 20, 47	23	111 113	57
14 (25)	001 122	141	24 (35)	111 133	68
15	001 144	117	25 (36)	111 144	109, 117
16	001 123	19, 62	26	111 123	62
17 (26)	001 124	12, 22, 131, 132	27 (39)	012 013	61
			28	013 137	80

c. Kombinationen zu 3 Formen

Nr.	Kombinationen	Nr. der Fig.	Nr.	Kombinationen	Nr. der Fig.
29 (42)	001 011 111	13, 39, 43, 99, 110, 113, 121, 149	37 (57)	001 111 3.5.11	102, 128
30 (44)	001 011 013	16, 145	38	001 012 124	79
31 (47)	001 011 078	158	39	001 013 113	50
32 (49)	001 011 113	48, 138	40	001 013 3.5.11	51, 64
33	001 111 012	63	41 (68)	001 113 3.5.11	146
34 (51)	001 111 013	49, 139	42	001 113 4.7.15	147
35 (52)	001 111 112	135	43 (74)	001 137 3.5.11	151
36 (55)	001 111 124	55, 136	44	011 111 013	14
			45	011 111 112	15
			46	011 111 122	66

d. Kombinationen zu 4 Formen

Nr.	Kombinationen	Nr. der Fig.
47 (76)	001 011 111 012	140, 154
48	001 011 111 025	69
49 (78)	001 011 111 112	46
50 (79)	001 011 111 113	52, 139
51 (80)	001 011 111 133	122, 133
52 (81)	001 011 111 124	53
53 (82)	001 011 013 113	17
54	001 011 013 123	65
55	001 011 137 139	148
56 (89)	001 011 259 2.7.11	157
57	001 111 012 114	129
58 (90)	001 111 013 113	54
59	001 111 1.1.19 137	153
60	001 113 124 128	104
61	001 338 124 128	103

e. Kombinationen zu 5 Formen

Nr.	Kombinationen					Nr. der Fig.
62 (98)	001	011	111	012	013	156
63	001	011	111	019	119	155
64	001	011	111	112	223	159
65	001	011	111	113	3.5.11	107, 108
66 (104)	001	011	111	133	134	124
67 (106)	001	011	013	116	119	152
68	001	011	013	122	124	56
69 (110)	001	011	113	3.4.10	9.14.32	116
70 (115)	011	111	122	133	577	160

f. Kombinationen zu 6 und 7 Formen

Nr.	Kombinationen						Nr. der Fig.	
71 (116)	001	011	111	338	144	124	111	
72 (117)	001	011	012	013	112	123	45	
73 (118)	001	011	029	227	137	2.6.25	74	
74 (119)	001	011	113	133	124	3.5.11	26	
75	001	011	113	123	124	3.5.11	82	
76	001	011	111	012	112	122	123	73

binationenpersistenz P) vorkommt. Auch die Häufigkeit in den Kombinationen zu 1, 2, 3 u. s. w. Formen ist berücksichtigt. {001}, {011}, {111}, {012}, {013}, {112}, {113}, {144}, {124} erscheinen in jeder der sechs Gruppen von Kombinationen. Von den 53 für einen einzigen Fundort konstatierten Formen sind nur 22 durch Kombinationen belegt. Am häufigsten finden sie sich in Kombinationen zu 5 Formen (bei ca. 45 % derselben). In Kombinationen zu zwei, drei und vier Formen sind sie, relativ genommen, 2½- bis 3 mal seltener (nur bei 13 bzw. 18 und 18 % derselben). Bemerkenswert ist, dass in drei Fünferkombinationen je zwei dieser Formen nebeneinander auftreten und dass die einfundortigen Formen {078}, {577} und {128} je in mehreren Kombinationen festgestellt wurden.

Zur Ermittlung der Kombinationspersistenzen können auch die zahlreichen Figuren in GOLDSCHMIDT's Atlas der Kristallformen dienen. Allerdings werden manche derselben nicht wirklich beobachtete Kombinationen darstellen, sondern vielmehr Sammelbilder aller charakteristischen und interessanten Formen eines Fundorts wiedergeben. Dass hierbei die seltensten Formen gegenüber den häufigsten besonders bevorzugt sind, liegt nahe. Die Zahlen werden aber trotzdem interessieren.

Von den 160 Fluoritbildern des Atlas dürften etwa drei Dutzend für die Untersuchung weniger geeignet oder direkt unbrauchbar sein, da sie Zwillinge, Verzerrungen, Wachstumserscheinungen, Korrosionsgestalten u. s. w. darstellen oder unbestimmbare Flächen ent-

halten. Es sind dies die Figuren 9, 18, 21, 41, 44, 70, 72, 75, 76, 78, 81, 83, 94, 105, 115, 120, 125—127, 130 und 142. Die Figuren 32—40 wurden kurzweg als Kombinationen der den Kern und die Oberfläche bildenden Formen aufgefasst, obwohl sie während des Wachstums eingetretene Habitusänderungen zur Darstellung bringen. Als Kern wie Endkörper stellen sie übrigens bekannte Kombinationen dar.

Die für das Studium der Kombinationspersistenz geeigneten Figuren stellen im Ganzen 76 Kombinationen dar. Sie sind in Tabelle V nach dem Schema von Tabelle III zusammengestellt. Die eingeklammerten Zahlen verweisen auf die Nummern von Tabelle III, wo jeweils die nämlichen Kombinationen aufgeführt sind. Die den Kombinationen nachgestellten Nummern besagen, welche Figuren in GOLDSCHMIDT's Atlas (Bd. IV, Tafel 2—13) den betreffenden Kombinationen entsprechen.

In Tabelle IV ist ähnlich wie bei den HINTZE'schen Kombinationen notiert, bei wie vielen der 76 GOLDSCHMIDT'schen Kombinationen eine Form absolut und prozentual erscheint und wie oft sie selbständig bzw. in den Kombinationen zu 2, 3 u. s. w. Formen auftritt. Nur 35 Formen nehmen an diesen Kombinationen teil. Im allgemeinen entsprechen die Werte P_H und P_G ¹⁾ einander merkwürdig gut. {001} ist, wie zu erwarten war, bei dieser Zählung etwas kleiner als bei P_H , dafür gewinnen {011}, {111} und {013} an Bedeutung. Auffällige Unterschiede zeigen sich bei {123} und {3.5.11}.

Die Kombinationen gehen bis zu 7 Formen. Selbständig und in allen Gruppen von Kombinationen erscheinen nur {001}, {011} und {111}. Von den andern sechs Formen, die allen HINTZE'schen Kombinationsgruppen gemeinsam waren (vergl. S. 397), treten in den Figuren {012} und {112} nicht selbständig auf, während {013}, {113} und {124} den formenreichsten Kombinationen fehlen. Die sechste Form, {144}, findet sich nur noch in drei Kombinationsgruppen.

An den 76 Kombinationen von Goldschmidt's Atlas beteiligen sich 11 einfundortige Formen. Sie treten bei

11 %	der Kombinationen zu drei Formen
33 %	„ „ „ vier „
44 %	„ „ „ fünf „

auf. Die seltensten Formen zeigen also auch hier eine gewisse Vorliebe für Fünferkombinationen, finden sich aber nur ein einziges Mal zu zweien in der gleichen Kombination vereinigt (Nr. 69). {128} tritt in zwei Kombinationen auf.

¹⁾ Der Sinn der Symbole P_H und P_G ist nach Seite 391 (Anmerkung) ohne weiteres verständlich.

Wie stark sich prozentual die Kombinationen zu n Formen an der Gesamtzahl der Kombinationen beteiligen, zeigt folgende Zusammenstellung (vergl. Tabelle III und Tabelle V).

	Hintze (119)	Goldschmidt (76)
Selbständige Formen	12 = 10,5 %	7 = 9,2 %
Komb. zu 2 „	29 = 24,3 %	21 = 27,6 %
„ „ 3 „	34 = 28,5 %	18 = 23,7 %
„ „ 4 „	22 = 18,5 %	15 = 19,7 %
„ „ 5 „	18 = 15,1 %	9 = 11,8 %
„ „ 6 „	4 = 3,0 %	5 = 6,6 %
„ „ 7 „	—	1 = 1,3 %

d) *Diskussion der Persistenzzahlen F und P . Mittlere Persistenz M .*

Der Vergleich von Fundorts- und Kombinationspersistenz bietet mannigfaches Interesse. Um ihn zu erleichtern, sind die oben gewonnenen Werte von F_A , F_D , P_H und P_G in Tabelle VI zusammengestellt. Diese Tabelle enthält auch die wenigen Formen, für die weder Fundorte noch Kombinationen angegeben werden konnten.

Die einzelnen Formen verhalten sich den vier Persistenzen gegenüber sehr unterschiedlich. Die stärksten prozentualen Schwankungen zeigen naturgemäss die wenigst persistenten Formen. {144} und {123} sind in dieser Hinsicht zwei sprechende Beispiele. Weniger auffällig, aber von demselben Grössenverhältnis sind die relativen Schwankungen von {019} und {139}. Absolut sind die Schwankungen der persistenteren Formen begrifflicherweise am grössten. Das Maximum findet sich bei {011}. Nur wenig kleiner ist die absolute Schwankung von {001} bzw. {111}.

An den Fundorten wie in den Kombinationen ist der Würfel am persistentesten. Im Mittel übertrifft er die ihm nächststehenden Formen (Oktaeder und Rhombendodekaeder) etwa um die Hälfte. Diese selber zeigen gegenüber Fundorten und Kombinationen ein gegensätzliches Verhalten, indem das Oktaeder an zahlreicheren Fundorten zu treffen ist als das Dodekaeder, das Dodekaeder aber in Kombinationen häufiger ist als das Oktaeder. Damit ist natürlich nicht gesagt, dass Kombinationen mit dem Oktaeder an weniger Fundorten auftreten als solche des Dodekaeders, denn die Kombinationspersistenz einer Form gibt ja nur Aufschluss über das Vorkommen derselben in den verschiedenen Kombinationen, ganz unabhängig davon, ob die einzelnen Kombinationen weitverbreitet oder ganz spärlich auftreten. Denn macht man die Statistik in ähnlicher Weise, wie das P. HERMANN (Lit. 29) für den Anglesit und P. F. HUBRECHT (Lit. 36) für die Cerussitzwillinge getan haben (durch die Tabellen

sind die Grundlagen dafür gegeben), so ergibt sich P_{111} zu 40, P_{011} zu 23.

Wie die den Kombinationen von Tabelle III vorgesetzten Zahlen zeigen, neigt $\{111\}$ mehr zu selbständiger Ausbildung bzw. zu Zweierkombinationen. Umgekehrt wird $\{011\}$ in den Kombinationen zu drei und mehr Formen nie von $\{111\}$ übertroffen. Aus den GOLDSCHMIDT'schen Figuren ergibt sich ungefähr die gleiche Gesetzmässigkeit, nur dass hier auch in den Dreierkombinationen $\{111\}$ noch häufiger vorkommt als $\{011\}$.

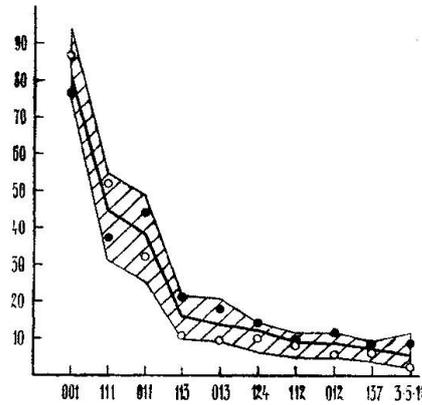


Fig. 2. Variation der Fundorts- und Kombinationspersistenz der wichtigsten Fluoritformen.

○ Fundorte
● Kombinationen

Während sich bei den F- und P-Werten einer einzelnen Form beträchtliche Unterschiede geltend machen, haben die F_A -, F_D -, P_H - und P_G -Kurven in grossen Zügen die gleiche Gestalt. Das legt den Gedanken nahe, von allen Persistenzwerten das Mittel zu bilden und nach der Grösse dieser Zahlen die Wichtigkeit der einzelnen Formen zu schätzen. Selbstverständlich müssen die fehlenden Persistenzwerte mit dem Betrag 0 eingesetzt werden. Man erhält so die Zahlen der Kolonne M von Tabelle VI. Darnach sind die zehn persistentesten Formen:

{001}	{111}	{011}	{113}	{013}	{124}	{112}	{012}	{137}	{3.5.11}
81.8	44.8	38.1	16.0	13.8	12.2	9.0	8.7	7.3	5.5

Für diese 10 Formen sind in Fig. 2 die M-Werte zur Darstellung gebracht. Die F_A -, F_D -, P_H - und P_G -Kurven liegen innerhalb des schraffierten Gebietes. Dasselbe veranschaulicht also gewissermassen die Unsicherheit von M. Die Mittelwerte der Fundortspersistenzen F_A und F_D (durch leere Kreise angedeutet) liegen für $\{001\}$ und $\{111\}$ über der M-Kurve, für alle übrigen Flächen aber darunter. Für das

Mittel von P_H und P_G (volle Kreise) gilt natürlich genau das Umgekehrte.

Man kann mit P. NIGGLI die Formen nach ihrer Persistenz in fünf Gruppen einteilen und erhält bei Benützung der Persistenzen F_A, F_D, P_H, P_G und M folgende Rangordnung:

Tabelle VI. Zusammenstellung sämtlicher Persistenzwerte der Fluoritformen: Mittlere Persistenz

	F _A	F _D	P _H	P _G	M		F _A	F _D	P _H	P _G	M
001	79.3	94.7	78.2	75.0	81.8	144	.8	2.1	5.0	5.3	3.3
011	25.2	39.0	39.5	48.7	38.1	155	.3				.1
111	49.2	54.7	31.1	43.4	44.8	166	.3				.1
012	4.9	6.3	11.8	11.8	8.7	177	.3				.1
013	9.7	9.4	15.1	21.0	13.8	188	.3				.1
014	1.3	3.1	2.5		1.7	233	1.3	1.0	4.2		1.6
015	.5	1.0	1.7		.8	277	.3				.1
016	.3	1.0	.8		.5	299	.3				.1
018	.3				.1	344	.5	1.0	2.5		1.0
019	.3	1.0	.8	1.3	.8	355	.3				.1
0.1.10	.5	1.0	.8		.6	3.11.11	.3				.1
0.1.32	.3				.1	477	.3				.1
0.1.40						577	.3		2.5	1.3	1.0
025	.3			1.3	.4	123	1.6	2.1	1.7	7.9	3.3
027	.3				.1	124	6.4	13.7	14.3	14.4	12.2
029	1.0	1.0	2.5	1.3	1.4	125	.3				.1
035						126	.3				.1
037	2.1	4.2	3.3		2.4	128	.3	1.0	1.7	2.6	1.4
0.3.10	1.3	3.1	.8		1.3	134	.3		.8	1.3	.6
0.3.11	.3	1.0	.8		.5	135	.3		.8		.3
045	.5	1.0	1.7		.8	137	3.9	8.4	9.2	7.9	7.3
049	.3				.1	139	.5	2.1	1.7	1.3	1.4
0.5.12	.3				.1	157	.3	1.0			.3
078	.3		1.7	1.3	.8	168	.3	1.0			.3
079	.3		.8		.3	234					
112	4.9	11.5	9.2	10.5	9.0	237	.3		.8		.3
113	9.8	11.5	21.8	21.0	16.0	2.3.11					
114	1.0	3.1	2.5	1.3	2.0	249	.3	1.0	.8		.5
116	1.0	3.1	.8	2.6	1.9	259	.5		.8	1.3	.6
118	.3	1.0			.3	2.5.11	.3		.8		.3
119	.5		1.7	2.6	1.4	2.6.15	.5	1.0	.8		.6
1.1.10	.3	1.0			.3	2.6.25	.5	1.0	1.7	1.3	1.1
1.1.12	.3				.1	2.7.11	.3		.8	1.3	.6
1.1.17	.3	1.0			.3	2.9.13	.3	1.0			.3
1.1.19	.3			1.3	.4	345	.3		.8		.3
223	.5	1.0	.8	1.3	.9	3.4.10	.3		.8	1.3	.6
227	.5		.8	1.3	.7	3.4.20	.3	1.0	.8		.5
229	.3	1.0			.3	3.5.11	2.4	2.1	5.9	11.8	5.5
2.2.15	.3	1.0	.8		.5	3.10.16	.3				.1
334	.3		.8		.3	3.14.20	.3	1.0	.8		.5
337	.3	1.0			.3	4.7.15	.3		.8	1.3	.6
338	.8	3.1	2.5	2.6	2.3	4.7.16	.5		.8		.3
667	.3				.1	5.9.19	.5	2.1	.8		.8
778	.3	1.0			.3	5.12.24	.3		.8		.3
122	1.8		6.7	5.3	3.4	7.10.24	.3				.1
133	1.8	3.0	6.7	5.3	4.2	9.14.32	.3		.8	1.3	.6

	F _A	F _D	P _H	P _G	M
Charakt. Leitformen (Persistenz > 70)	001	001	001	001	001
„ Nebenleitformen (Persistenz > 40)	111	111	—	111 011	111
„ Spezialformen (Persistenz > 25)	011	011	011 111	—	011
„ Ergänzungsformen (Persistenz > 10)	—	112 113 124	012 013 113 124	012 013 112 113 124	013 113 124

3.5.11

Individuelle Formen: alle übrigen.

Nach dieser Zusammenstellung sind die zuvor genannten 10 persistentesten Formen gerade jene, die — mit alleiniger Ausnahme von {137} — wenigstens nach einer Persistenzrechnung nicht bloss individuellen Charakter haben. Die sechs Formen, welche in der letzten Kolonne stehen, bilden die Seite 395 mitgeteilten wichtigsten Kombinationen. Natürlich sind mit ihnen noch andere Kombinationen möglich. Die bekannt gewordenen seien hier mittels ihrer Nummern kurz zusammengestellt:

Tabelle III: Nr. 1, 2, 3, 5, 8, 12, 13, 14, 16, 23, 26, 33, 42, 44, 49, 50, 51, 55, 59, 60, 77, 79, 82, 85, 90, 99 = 21,8 % aller Kombinationen.

Tabelle V: Nr. 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 13, 17, 20, 21, 23, 29, 30, 32, 34, 36, 39, 44, 50, 52, 53, 58 = 32,9 % aller Kombinationen.

Mannigfaltiger sind die Kombinationen jener Formen, deren Persistenz wenigstens in einer Zählung grösser als 10 ist:

Tabelle III: Nr. 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 16, 22, 23, 26, 30, 33, 39, 42, 43, 44, 48, 49, 50, 51, 52, 55, 57, 58, 59, 60, 68, 76, 77, 78, 79, 81, 82, 85, 87, 90, 98, 99, 105 = 37,0 % aller Kombinationen.

Tabelle V: Nr. 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 27, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 44, 45, 47, 49, 50, 52, 53, 58, 62, 65 = 53,9 % aller Kombinationen.

Über die Art und Weise, wie die Zahl der mehr oder weniger persistenten bzw. einfundortigen Formen mit der Formenzahl, die an einem Fundort festgestellt wurde, etwa variere, orientiert folgende kleine Zusammenstellung.

Zahl der Formen eines Fundorts	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	14	17
Anzahl der Fundorte	196	79	52	16	11	10	4	2	3	5	1	2	1
Zahl der Formen mit M > 5	3	8	9	8	10	10	9	8	9	10	6	7	3
Zahl der Formen mit M < 5, die aber mindestens an zwei Fundorten auftreten	—	1	8	7	6	8	4	4	4	11	6	10	4
Zahl der einfundortigen Formen	—	2	3	6	4	7	2	3	3	4	—	9	9

Allgemeine Regeln lassen sich aus dieser Tabelle kaum ableiten. Bedeutungsvoll erscheint aber, dass sich die 10 wichtigsten Formen (M > 5) so oft vollzählig einstellen und dass die einfundortigen Formen (total 53), abgesehen von den zwei letzten Fundorten, eigentlich nirgends in grösserer Anzahl vorhanden sind.

2. Die Zonen des Fluorits

a) Einfachster Zonenverband der Fluoritformen

P. NIGGLI hat gezeigt, dass die überwiegende Grosszahl der von einem Mineral bekannten Formen wenigen, aber charakteristischen Zonen einfachster Symbolisierung angehört. Für den Fluorit trifft dieser Grundsatz moderner Kristallmorphologie in glänzendster Weise zu. Von den 92 Formen der Tabelle II, die wir nach S. unseren Diskussionen zu Grunde legen, befinden sich:

24 Formen auf den Zonen $[100]$, nämlich (in geometrischer Reihenfolge):

001, 0.1.40, 0.1.32, 0.1.10, 019, 018, 016, 015, 029, 014, 0.3.11, 027, 0.3.10, 013, 025, 0.5.12, 037, 049, 012, 035, 079, 045, 078, 011.

35 weitere und 2 bereits genannte (diese mit * bezeichnet), also total 37 Formen auf den Zonen $[1\bar{1}0]$,¹⁾ nämlich:

110*, 881, 771, 661, 551, 992, 441, 11.11.3, 772, 331, 221, 774, 553, 332, 775, 443, 111, 778, 667, 334, 223, 112, 337, 338, 113, 227, 114, 229, 116, 2.2.15, 118, 119, 1.1.10, 1.1.12, 1.1.17, 1.1.19, 001*.

21 Hexakisoktaeder und 4 schon oben genannte Formen, also 25 Formen auf den Zonen $[21\bar{1}]$, nämlich²⁾:

011*, 168, 157, 3.14.20, 2.9.13, 2.7.11, 3.10.16, 135, 259, 124, 5.9.19, 4.7.15, 3.5.11, 9.14.32, 237, 7.10.24, 3.4.10, 113*, 215, 317, 102*, (3 $\bar{1}5^*$), 2 $\bar{1}3$, 3 $\bar{2}4$, 4 $\bar{3}5$, 1 $\bar{1}1^*$.

5 andere Hexakisoktaeder und 7 der vorerwähnten Formen, also 12 Formen auf den Zonen $[3\bar{1}0]$, nämlich:

130*, 391, 261, 131*, 132*, 133*, 134, 135*, 137*, 2.6.15, (139*), 2.6.25, 001*.

Von den folgenden 7 Formen gehören

128, 249, 12.24.5 und 9 weitere Formen (120*, 12.24.5, 241*, 121*, 243*, 122*, 123*, (124*), 249, 125*, 126*, 128, 001*) der Zone $[2\bar{1}0]$,

2.5.11, 3.2.11 und 8 weitere Formen (011*, 2.5.11, 125*, 114*, 3.2.11, 103*, (2 $\bar{1}5^*$), 3 $\bar{2}7^*$, 1 $\bar{1}2^*$, 3 $\bar{4}5^*$, 2 $\bar{3}3^*$) der Zone $[31\bar{1}]$,

¹⁾ Zonensymbol und Flächensymbol sind so geschrieben, dass die Richtigkeit der Behauptung sofort ersichtlich wird.

²⁾ Formen, die in einem Zonenstück mit zwei Flächen (z. B. {135} mit 135 und 3 $\bar{1}5$ in Zone $[21\bar{1}]$) vorkommen, sind das zweite Mal eingeklammert. Der Kürze halber sind bei allen diesen Zonen nur die in einem bestimmten Zonenintervall gelegenen Flächen aufgeführt. Die übrigen (2-, 4- oder 6 mal mehr) ergeben sich durch totalen oder partiellen Vorzeichenwechsel mit oder ohne Stellenvertauschung.

4.7.16, 20.3.4 und 16 weitere Formen (012^* , $2.5.11^*$, 249^* , 4.7.16, 237^* , 213^* , 414^* , 816^* , (201^*) , $8\bar{1}2^*$, 20.3.4, $6\bar{1}1^*$, $4\bar{1}0^*$, $62\bar{1}^*$, $10.4.\bar{3}^*$, $2\bar{1}\bar{1}^*$, $4\bar{3}\bar{4}^*$, $2\bar{2}\bar{3}^*$, $25\bar{9}^*$) der Zone $[14\bar{2}]$ an.

Mit insgesamt sieben Zonen, nämlich

$[100]$, $[1\bar{1}0]$, $[2\bar{1}\bar{1}]$, $[3\bar{1}0]$, $[2\bar{1}0]$, $[3\bar{1}\bar{1}]$ und $[14\bar{2}]$,

lassen sich also alle 92 Fluoritformen erledigen, und zwar enthalten schon die ersten drei bzw. vier Zonen 87 % bzw. 92 % der ganzen Formenmannigfaltigkeit.

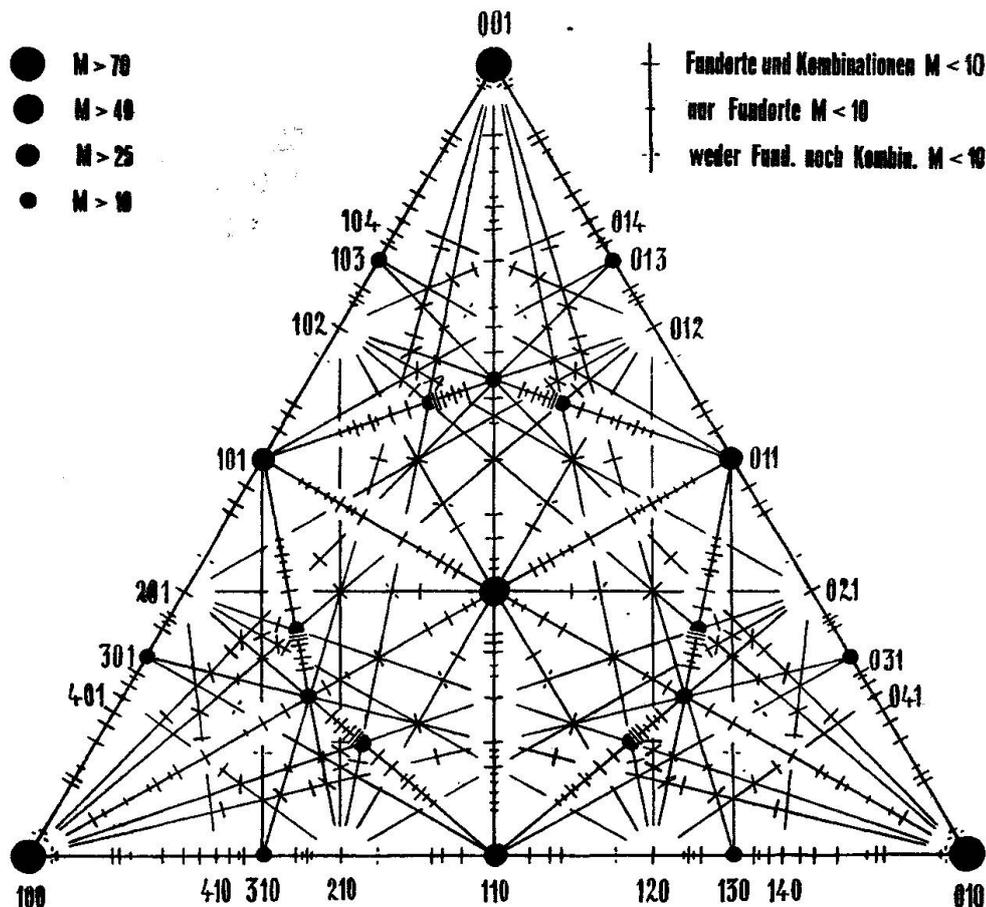


Fig. 3. Dreiecksprojektion der Fluoritformen.

Die Dreiecksprojektion sämtlicher Fluoritformen (Fig. 3) verdeutlicht den soeben gefundenen Zonenverband. Wegen der vielen Flächenpole, die sich auf engem Raum zusammendrängen, musste von der Darstellung, wie sie in NIGGLI'S Lehrbuch der Mineralogie adoptiert wurde, etwas abgewichen werden. Die seltenen Formen sind durch längere oder kürzere Striche dargestellt, die zu den Zonengeraden soweit wie möglich senkrecht stehen. An den Kreuzungstellen zweier oder mehrerer Zonen musste die Orientierung der Striche dem vorhandenen Raum einigermaßen angepasst werden, wo-

bei natürlich die Länge nicht verändert wurde. Die Zonengeraden sind wesentlich als Stütze dieser Striche gedacht, haben also eine andere Bedeutung als in den NIGGLI'schen Figuren. Die Zonen [311] und [421] wurden, um die Figur nicht noch mehr zu beladen, nicht vollständig eingetragen. So fehlt z. B. bei [311] das von (103) nach (130) gehende Stück und bei [142] das durch (410) und (012) begrenzte Intervall. Nur wenige Flächenpole konnten im Interesse der Deutlichkeit mit Indizes versehen werden. Die vorstehende ausführliche Behandlung der sieben Zonen ermöglicht aber mit Leichtigkeit die Identifizierung der verschiedenen Zeichen.

Die sieben gefundenen Zonen kann man zur mittleren Persistenz der wichtigsten Formen in engste Beziehung bringen. Die Zonen

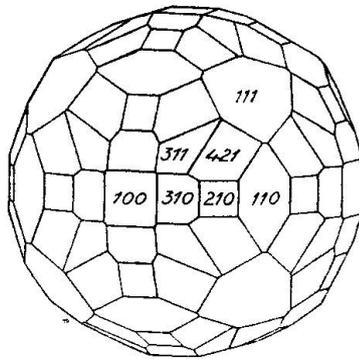


Fig. 4. Die häufigsten Flächen bestimmen den einfachsten Zonenverband.

[100] entsprechen nämlich den Kanten der absolut persistentesten Form, des Würfels. Jede Würfel­fläche bestimmt weiter durch ihren Schnitt mit einer Oktaederfläche — die Persistenz des Oktaeders steht an zweiter Stelle — Zonen [110]. Diese Zonen erscheinen übrigens auch als Kanten des Oktaeders. Die Kanten der drittwichtigsten Form, des Rhombendodekaeders, spielen hier keine Rolle und die Schnittlinien der Dodekaederflächen mit den Flächen des Würfels und Oktaeders ergeben nur wieder die beiden ersterwähnten Zonen. Dagegen schneiden die {011}-Flächen gewisse Flächen der nächst persistenten Form — {113} — in den Zonen [211]. In Fig. 3 treten diese drei Zonenarten sehr stark hervor. Sie charakterisieren den oktaedrischen Typus der kubischen Mineralien. Weniger auffällig sind in der Figur die vier übrigen der oben genannten sieben Zonen. Es ist

[130]	durch	(001)	und	(311)	bezw.	(310)
[120]	„	(001)	„	(421)	und	(214)
[113]	„	(110)	„	(031)		
[142]	„	(012)	„	(201)	oder	(211) bestimmt.

Die Formen $\{113\}$, $\{013\}$, $\{124\}$, $\{112\}$ und $\{012\}$, deren Flächen diese letztern Zonen mitbestimmen, folgen nach ihren M-Persistenzen unmittelbar hinter den drei Hauptformen $\{001\}$, $\{011\}$ und $\{111\}$. Mit Ausnahme der Form $\{112\}$, die übrigens nach obigem Schema für die Bestimmung des einfachsten Zonenverbandes der 92 Fluoritformen nicht notwendig ist, sind das lauter Formen, die auch nach der HINTZE'schen Zusammenstellung die höchste Kombinationspersistenz haben (alle über 10). Um sie als wichtigste, die Hauptzonen bestimmende Formen festzuhalten, sind sie in Fig. 4 zu einer idealen Kombination vereinigt worden (alle Flächen mit gleicher Zentraldistanz). Die Zonen $[100]$, $[211]$ u. s. w. treten sehr deutlich hervor. Die Kombination selber ist nicht beobachtet worden. Dass die Rhombendodekaederkanten als Zonen ganz bedeutungslos würden, war bei der grossen Persistenz von $\{011\}$ nicht zu erwarten. Es enthält aber $[1\bar{1}1]$ nur vier Formen, nämlich $\{110\}$, $\{341\}$, $\{231\}$ und $\{121\}$.

b) *Am Fluorit als Kanten entwickelte Zonen*

Durch die 92 Formen des Fluorits sind ausser den sieben vorgenannten Zonen noch viele andere Zonen bestimmt. Um sie zu finden, könnte man durch je zwei Flächenpole von Fig. 3 eine gerade Linie führen. Zahl und Wichtigkeit der auf ihr liegenden Flächenpole wären ein Mass für die morphologische Bedeutung der durch die Linie dargestellten Zone. Dabei ist es aber nicht ausgeschlossen, dass eine Zone relativ viele Flächen unserer 92 Formen umfasst, ohne dass sie an den Kristallen äusserlich in Erscheinung tritt, also durch die Eigenschaft gekennzeichnet ist, dass die ihr angehörigen Flächen auch tatsächlich in parallelen Kanten zum Schnitte kommen. Das legt den Gedanken nahe, zu untersuchen, welche Zonen überhaupt am Fluorit als Kanten sichtbar werden. Hierfür bieten die Fluoritfiguren des GOLDSCHMIDT'schen Atlas' ein mannigfaltiges und geeignetes Material. Zwar ist nicht zu vergessen, dass selbst eine verhältnismässig getreue Wiedergabe der in einer Kombination auftretenden Flächen noch kein getreues Abbild des vorhandenen Kantenkomplexes darstellt. In der Mehrzahl der Fälle will ja die Figur der Symmetrie des Minerals entsprechen. Kanten, welche durch Verzerrung bedingt sind, kommen dabei in Wegfall. Auch pflegt man zwecks einfacherer Konstruktion und grösserer Deutlichkeit des Bildes untergeordnete Flächen zumeist so zu legen, dass kleinere und kleinste Kanten möglichst verschwinden. Hieraus erwachsen für die geplante Statistik allerlei Fehlerquellen. Dass sie aber das Ergebnis nicht zu stark beeinflussen, lässt sich mit einiger Zuversicht vermuten, nachdem genau

das gleiche Figurenmateriale für die Kombinationspersistenz Zahlen lieferte, die weitgehend mit den aus HINTZE's Angaben errechneten übereinstimmen. Zum mindesten sind die Ungenauigkeiten sicherlich nicht so gross, dass sie den Sachverhalt verdrehen würden.

Unter den 160 Figuren des Atlas eignen sich viele aus den S. 397 erwähnten Gründen nicht zur Untersuchung der Zonenpersistenz. Von den verbleibenden führen mehrere auf dieselbe Zonenkombination.

Kombinationen gleicher Formen ergeben allerdings nicht ohne weiteres gleiche Zonenkomplexe. Seien etwa bei der Kombination $\{001\} \cdot \{111\}$ die Zentralabstände der $\{001\}$ -Flächen = 1, die der $\{111\}$ -Flächen = d, so erscheinen

12 Kanten [100] und 24 Kanten [110], wenn $\frac{2}{3}\sqrt{3} < d < \sqrt{3}$,

keine „ [100], aber 24 „ [110], „ $d = \frac{2}{3}\sqrt{3}$

„ „ [100], jedoch 36 „ [110], „ $\frac{1}{3}\sqrt{3} < d < \frac{2}{3}\sqrt{3}$

Der Kombination $\{001\} \cdot \{111\}$ ordnen sich somit zwei verschiedene Zonenkomplexe zu, von der event. unterschiedlichen Zahl gleichartiger Kanten ganz abgesehen. Umgekehrt können Kombinationen verschiedener Formen genau auf die gleiche Kantenkombination führen. So treten z. B. an der Kombination $\{001\} \cdot \{011\} \cdot \{111\}$ nur Kanten auf, die für $\{001\} \cdot \{111\}$ schon gefunden wurden, nämlich [100] und [110], wenn bei Annahme von $d_{001} = 1$ und einer Lage der Oktaederflächen, welche den Ungleichungen

$$\frac{\sqrt{3}}{3} < d_{111} < \sqrt{3}$$

genügt, der Abstand der Rhombendodekaederflächen durch

$$\frac{1 + d_{111}\sqrt{3}}{2\sqrt{2}} < d_{110} < \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} d_{111}$$

bestimmt wird.

Im Ganzen zählte ich 76 verschiedene Kantenkombinationen. In Tabelle VII sind sie in völliger Analogie zu Tabelle III und V zusammengestellt.¹⁾ Am zahlreichsten sind die Kombinationen zu drei Kantenarten. Ihnen gegenüber treten die zu vier ein wenig zurück. Im Verhältnis zu den Flächenkombinationen sind die hochzähligen Kantenkombinationen relativ häufiger. Fig. 82 des Atlas zeigt bei sechs Formen zehnerlei Kanten, während 7 die Höchstzahl von Formen ist, die zu einer Kombination vereinigt sind.

¹⁾ Von den 76 Kantenkombinationen ist (dem Symbol nach) nur ein Fünftel identisch mit Flächenkombinationen der Tabellen III und V, nämlich: 1 (1; 1), 2 (2; 2), 3 (3; 3), 4 (13; 8), 5 (14; 9), 6 (23; 13), 7 (33; 20), 9 (—; 21), 14 (43; —), 15 (44; 30), 16 (48; —), 17 (49; 32), 23 (—; 33), 33 (77; —), 34 (79; 50). Die eingeklammerten Zahlen bedeuten die in Betracht kommenden Nrn. von Tabelle III bzw. V.

Tabelle VII. Die Kantenkombinationen der Fluoritformen des Atlas

Nr.	Zahl der Kanten	Kombinationen			Nr. der Figuren	
1	1	001			2, 96, 118, 119, 133	
2	1	011			1, 4, 28, 95, 98	
3	1	111			3	
4	2	001	011		13, 29, 35, 43, 97, 99, 110, 113, 121, 134, 144, 149	
5	2	001	111		6	
6	2	001	133		7, 8, 31, 36, 143	
7	2	011	111		5, 46	
8	2	011	013		57	
9	2	011	113		135	
10	2	011	445		105, 117	
11	2	011	144		109	
12	2	011	344		68	
13	2	013	114		67	
14	3	001	011	012	139	
15	3	001	011	013	54	
16	3	001	011	112	52, 154	
17	3	001	011	113	30	
18	3	001	011	114	11, 20, 47	
19	3	001	011	334	123	
20	3	001	011	133	16, 137, 138	
21	3	001	011	123	49	
22	3	001	011	235	69	
23	3	001	111	012	15	
24	3	001	111	778	158	
25	3	001	111	133	145	
26	3	001	012	223	141	
27	3	001	112	122	63	
28	3	001	122	133	61	
29	3	011	111	223	66	
30	3	111	013	112	10	
31	3	012	116	344	131	
32	3	035	3.3.16	8.8.11	24	
33	4	001	011	111	013	124
34	4	001	011	111	113	159
35	4	001	011	111	334	122
36	4	001	011	112	114	48
37	4	001	011	3.3.16	8.11.11	58
38	4	001	011	133	123	14
39	4	001	111	012	115	19
40	4	001	111	115	133	65
41	4	001	012	116	344	12, 22, 79, 132
42	4	001	013	114	133	50
43	4	001	013	1.1.10	477	23
44	4	001	035	3.3.16	8.11.11	25, 150
45	4	001	0.5.11	112	8.11.11	59
46	4	111	012	023	115	62
47	4	111	035	112	134	107
48	4	012	116	344	123	55, 136
49	4	035	0.5.11	3.3.16	8.11.11	100

Nr.	Zahl der Kanten	Kombinationen							Nr. der Fig.
50	5	001	011	111	012	112			73
51	5	001	011	111	019	119			155
52	5	001	011	111	122	133			156
53	5	001	011	013	014	112			17
54	5	001	011	014	113	122			129
55	5	001	035	3.3.16	8.11.11	349			51
56	5	001	1.1.10	133	477	124			80
57	5	001	3.3.16	133	8.11.11	349			64
58	5	011	111	223	334	7.7.12			160
59	5	035	0.5.11	3.3.16	8.11.11	134			102, 128
60	6	001	011	111	115	133	136		152
61	6	001	011	012	047	2.2.11	11.11.15		147
62	6	001	011	012	112	114	223		56
63	6	001	011	035	112	114	116		146
64	6	001	111	012	112	113	115		45
65	6	001	012	014	112	344	4.9.20		111
66	6	001	012	112	116	344	123		53
67	6	001	013	114	1.1.10	229	477		74
68	6	011	034	037	112	1.1.10	7.10.10		116
69	6	013	037	114	1.1.10	477	499		148
70	7	001	011	012	035	112	116	1.5.12	26
71	7	001	111	025	027	112	799	9.11.11	157
72	7	011	013	037	1.1.10	477	123	1.6.25	153
73	7	012	112	116	1.1.10	344	388	125	104
74	7	012	116	1.1.10	3.3.11	344	388	3.3.16	103
75	7	013	035	037	1.1.10	477	8.11.11	125	151
76	10	001	011	111	012	035	112	114	
			115	3.3.16	127				82

In Tabelle VIII sind die 54 Zonen,¹⁾ die am Fluorit als Kanten erscheinen, in bekannter Art notiert. 30 davon haben Symbole, die bereits von den Figuren her bekannt sind. In wie vielen Zonenkombinationen jede der Kanten gezählt wird (absolut und prozentual), das besagen Kolonne I a und I b. Die Zahlen dieser letztern Kolonne entsprechen also den Zahlen P_a von Tabelle IV. Nach abnehmender Persistenz geordnet, sind [001], [011], [111], [012], [112], [013], [133] die wichtigsten. Mit Ausnahme von [113] und [124] sind alle dabei, die sich schon oben (S. 304) als wichtig ergaben. Aber gerade [113] hat nach Tabelle VIII eine merkwürdig niedrige Persistenz, während [111] mit einer viel grösseren Persistenz erscheint, als nach der dieser Zone angehörigen Formenzahl zu erwarten wäre. Über [124] vergl. S. 418.

Beim näheren Studium der in Tabelle VIII vermerkten Zonen-symbole fällt auf, wie wenige ganz allgemeiner Art sind. Nur 11! Ebenso gross ist die Zahl der Symbole $[uuv]$ ($u > v$), während die

¹⁾ An den nämlichen Figuren erscheinen insgesamt nur 36 Formen.

Tabelle VIII. Die Kantenrichtungen der Fluoritfiguren des Atlas

Kanten- symbol	I ^a	I ^b	I ^c	II ^a	II ^b	II ^c	Kanten- symbol	I ^a	I ^b	I ^c	II ^a	II ^b	II ^c
	Zahl der Kanten- kombinationen	Kanten- kombinations- persistenz	Verhältniszahlen d. Kantenpersist.	Zu einer Richtung parallele Kanten	Flächen	Verhältniszahlen der Mittelwerte von II ^a und II ^b		Zahl der Kanten- kombinationen	Kanten- kombinations- persistenz	Verhältniszahlen d. Kantenpersist.	Zu einer Richtung parallele Kanten	Flächen	Verhältniszahlen der Mittelwerte von II ^a und II ^b
001	51	67.1	100	494	524	100.0	3.3.16	9	12.5	18	18	36	5.3
011	38	50.0	75	298	422	70.7	445	1	1.3	2	6	12	1.8
111	23	30.3	45	234	246	47.2	778	1	1.3	2	2	4	.6
012	18	23.7	35	94	170	25.9	7.7.12	1	1.3	2	2	4	.6
013	12	15.8	24	58	90	14.5	11.11.15	1	1.3	2	2	4	.6
014	3	3.9	6	4	8	1.2	122	4	5.3	8	10	20	2.9
019	1	1.3	2	4	6	1.0	133	11	14.5	22	44	82	12.4
023	1	1.3	2	4	6	1.0	144	1	1.3	2	2	4	.6
025	1	1.3	2	4	6	1.0	344	8	10.5	16	18	32	4.9
027	1	1.3	2	4	6	1.0	388	2	2.6	4	4	8	1.2
034	1	1.3	2	4	6	1.0	477	6	7.9	12	12	24	3.5
035	10	13.1	20	42	64	10.4	499	1	1.3	2	2	4	.6
037	4	5.3	8	8	16	2.4	799	1	1.3	2	2	4	.6
047	1	1.3	2	4	6	1.0	7.10.10	1	1.3	2	2	4	.6
0.5.11	3	3.9	6	8	16	2.4	8.11.11	9	11.8	18	18	36	5.3
112	18	23.7	35	96	150	24.2	9.11.11	1	1.3	2	2	4	.6
113	5	6.6	10	16	26	4.1	123	5	6.6	10	10	20	2.9
114	9	11.8	18	28	50	7.7	124	1	1.3	2	2	4	.6
115	6	7.9	12	14	26	3.9	125	2	2.6	4	4	8	1.2
116	8	10.5	16	16	26	4.1	127	1	1.3	2	2	4	.6
119	1	1.3	2	4	6	1.0	134	2	2.6	4	4	8	1.2
1.1.10	9	11.8	18	36	54	8.8	136	1	1.3	2	2	4	.6
223	4	5.3	8	8	16	2.4	1.5.12	1	1.3	2	2	4	.6
229	1	1.3	2	10	12	2.2	1.6.25	1	1.3	2	2	4	.6
2.2.11	1	1.3	2	2	4	.6	235	1	1.3	2	2	4	.6
334	3	3.9	6	8	16	2.4	349	2	2.6	4	4	8	1.2
3.3.11	1	1.3	2	2	4	.6	4.9.20	1	1.3	2	2	4	.6

Anzahl der Symbole [u v v] sogar = 17 ist. Dazu kommen die Symbole [u v 0] (= 12) und die der Symbole ohne variable Indizes [001], [011] und [111]. Die 54 Kantenrichtungen der Tabelle VIII liegen zum grössten Teil in ganz wenigen Flächen einfachster Symbole und zwar sind

14 Kantenarten den Flächen {001}
 28+3 " " " {011}
 3+2 " " " {111}
 4+4 " " " {113} parallel.

Fast 91 % der verschiedenen Kantenarten liegen also in den Flächen der vier persistentesten Formen, ohne dass aber die Zahlen 14, 28 und 3 mit der relativen Bedeutung von {001}, {011} und {111} in direkter Beziehung ständen. Schon der blosse Umstand, dass an der

Grosszahl der im Atlas abgebildeten Fluoritgestalten $\{001\}$ verhältnismässig stark hervortritt, bewirkt, dass viele Kanten in $\{001\}$ liegen müssen. Andererseits finden sich mit Ausnahme des Rhombendodekaeders an allen kubisch holoedrischen Kristallformen Kanten, die $\{001\}$ und $\{011\}$ parallel gehen, während in $\{111\}$ gelegene Kanten sich allgemein nur an $\{111\}$ und $\{hh1\}$ finden.

Damit wird einigermaßen verständlich, warum die zu $\{111\}$ parallelen Kanten unvergleichlich seltener sind als die zu $\{001\}$ und $\{011\}$ parallelen.

Die hohen Persistenzwerte komplizierter Kantenrichtungen stehen im direkten Zusammenhang mit der Häufigkeit gewisser charakteristischer Hexakisoktaeder. So stellen [3.3.16] und [8.11.11] die kurzen und langen Kanten von $\{11.5.3\}$ dar (die mittleren Kanten mit dem Symbol [0.5.11] sind nicht ausgebildet), und [1.1.10] entspricht den kürzeren Kanten von $\{137\}$.

c) Die morphologisch wichtigen Zonen

Eine Zone fällt als solche an einem Kristall dann auf, wenn mehrere aufeinanderfolgenden Flächen zum Schnitt gelangen. Inwiefern dies für die in Tabelle VIII genannten Zonen zutrifft, soll im folgenden wiederum an Hand der Figuren des Atlas geprüft werden. Im Unterschied zur vorhergehenden Fragestellung spielen jetzt die Kantenzahlen einer Zone eine wesentliche Rolle. Ergaben z. B. die Figuren 13, 29 und 121 die gleiche Zonenkombination, so dass sie alle unter Nr. 4 von Tabelle VII zusammengefasst werden konnten, so müssen sie jetzt auseinander gehalten werden, da an ihnen 72, bzw. 36 und 48 Kanten auftreten. Da es vorkommen kann, dass zwar mehrere Flächen einer Zone direkt aufeinanderfolgen, dass aber wegen des schiefen Hereinschneidens anderer Flächen die eine oder andere der parallelen Schnittkanten jener Flächen verschwindet, so dürfte es geraten sein, die morphologische Sichtbarkeit einer Zone nicht nur nach der Zahl der einander parallelen Kanten, sondern auch nach der Zahl der in der Zone liegenden Flächen abzuschätzen. Dabei soll aber den Kanten insofern vermehrte Bedeutung zukommen, als auch im folgenden keine Zonen untersucht werden, die nicht als Kanten entwickelt sind. Einige Beispiele! An der Fluoritfigur Nr. 69 des Atlas erscheinen [001], [011] und [235] als Kanten. Während aber jeder Richtung [001] gleichviele Kanten wie Flächen parallel sind (nämlich 16), gehen den Richtungen [011] und [235] nur je halb so viel Kanten wie Flächen parallel (4 und 8 bzw. 2 und 4). Die Zone $[\bar{2}55]$, in der sechs Flächen liegen — (520), (502), (0 $\bar{1}$ 1),

$(\bar{5}20)$, $(5\bar{0}2)$, $(01\bar{1})$ —, ist nicht zu untersuchen, weil sie nicht als Kante entwickelt ist.

In dieser Weise wurden die Figuren des Atlas daraufhin untersucht, mit wie vielen parallelen Kanten e i n e r Richtung jede Zonenart erscheine und wie viele Flächen dieser Richtung parallel sind. Zur Untersuchung gelangten die S. 407 erwähnten Figuren, doch wurden die verschiedenen Figuren, die in Kanten- und Flächenzahl übereinstimmen, als eine einzige Figur betrachtet. Unter dieser Voraussetzung wurden insgesamt 494 Kanten des Symbols $[001]$ gezählt, Kanten also, die der dritten Koordinatenachse parallel sind. Dieser Kantenrichtung liegen total 524 Flächen parallel. Ähnlich fanden sich 298 Kanten des individuellen Symbols $[011]$ und 422 ihnen parallele Flächen u. s. w.

Die Zahlen, die sich in diesem Sinn für alle als Kanten auftretenden Zonenarten ermitteln liessen, sind in Tabelle VIII, Kolonne II a und II b eingetragen. Ihr Studium zeigt folgendes:

a. Die Zahl der Kanten ist durchwegs kleiner als die Zahl der Flächen, d. h. es gibt keine einzige Zone, die bei allen Kristallen ringsum fortlaufend entwickelt ist.

β. Bei fast $\frac{3}{5}$ aller Zonen (darunter sind die der Form $[u v v]$ oder $[u u v]$ am häufigsten) ist die Zahl der Kanten gerade halb so gross wie die Zahl der Flächen; alle diese Zonen bestehen aus zwei isolierten Flächenpaaren.

γ. Ziemlich oft ist das Verhältnis von Kantenzahl:Flächenzahl genau oder angenähert ($[013]$, $[035]$, $[112]$ u. s. w.) = 2:3. Die selteneren Zonen dieses Verhaltens bestehen aus zwei Komplexen von je drei aufeinanderfolgenden Flächen. Die häufigeren Zonen zeigen wechsellöcherigen Bau und haben neben mehrzähligen Komplexen zuweilen auch „isolierte“ Flächen. Dieser Art sind z. B. in unserer Figur 4 die Zonen $[21\bar{1}]$, die in zwei fünfblächige Komplexe und vier Einzelflächen zerfallen, nämlich: $\bar{1}31$, $\bar{1}42$, 011 , 124 , 113 , $\leftrightarrow 102$ $\leftrightarrow 111 \leftrightarrow 131$, 142 , $0\bar{1}\bar{1}$, $\bar{1}24$, $\bar{1}\bar{1}3 \leftrightarrow \bar{1}02 \leftrightarrow 111$.

Der ringsum lückenlosen Entwicklung, wie sie in unserer Figur 4 etwa durch die Flächen 100, 310, 210, 110 u. s. w. dargestellt ist, kommen nach Tabelle VIII die Zonen $[111]$ und $[001]$ am nächsten, indem die Kantenzahlen 95,1 % bzw. 94,3 % der tautozonalen Flächenzahlen ausmachen. Bei $[229]$ beträgt dieser Prozentsatz = 83,3 %. Da aber diese Zone an einer einzigen Figur konstatiert wurde, fällt dieser Treffer nicht schwer ins Gewicht. $[011]$ ist im Mittel weniger kontinuierlich ausgebildet als $[001]$ und $[111]$. Die Rechnung ergibt für den in Frage stehenden Prozentsatz bloss 70,6.

Das arithmetische Mittel der Kanten- und Flächenzahl einer Zone kann dazu dienen, die Bedeutung der Zone abzuschätzen. Dabei empfiehlt es sich natürlich, die verschiedenen Mittelwerte in einfachen Verhältniszahlen auszudrücken, wobei etwa der grösste Mittelwert = 100 gesetzt werden mag. Man erhält so die Zahlen von Kolonne II c der Tabelle VIII. Darnach sind die wichtigsten Zonen in abnehmender Reihenfolge: [001], [011], [111], [012], [112], [013], [133], [035]. Auffallend ist die vollständige Identität dieser Reihe mit der S. 409 gefundenen. Das verlockt zu einem Vergleich der Mittelwerte II c mit den Kombinationspersistenzen der Zonen, wie sie in Kolonne I b derselben Tabelle notiert sind. Um den Vergleich durchführen zu können, sind die Persistenzen I b in neue Zahlen umgerechnet, wobei für [001] der Wert gleich 100 angenommen ist. Die erhaltenen Zahlen sind in Kolonne I c der Tabelle VIII eingetragen. Mit Ausnahme von [111] ist durchwegs $I c > II c$.

Es hat etwas Überraschendes, dass die 54 als Kanten entwickelten Zonen des Fluorits sich nach den I c- und II c-Werten fast genau in die gleiche Reihenfolge bringen lassen. Ein Versuch zeigt, dass nur [113] und [229] aus der Ordnung herausfallen. Das bedeutet, dass Kanten, die an wenigen Kombinationen auftreten (I c), auch morphologisch (II c, vergl. S. 411) keine auffällige Entwicklung aufweisen. Natürlich liegt der Wert der Übereinstimmung beider Reihen wesentlich nur in den ersten Gliedern, da wegen der geringen Differenzierung der letzten Verhältniszahlen nicht zu weitgehende Schlüsse gezogen werden dürfen.

d) *Zonengewichte*

R. L. PARKER hat in seiner Anatasarbeit Zonen, die während des Wachstumsvorganges als solche hervortreten, Entwicklungszonen genannt. Der Sache nach deckt sich dieser Begriff etwa mit dem, was auf den letzten Seiten in Diskussion gestellt war. Formell geht aber PARKER anders vor und kommt zum Schluss, dass eine Entwicklungszone

- a. sehr dicht und gleichmässig mit Formen besetzt ist,
- b. Formen hoher und höchster Persistenz enthält,
- c. an zahlreichen Typen vertreten ist und in den meisten Fällen den Habitus bestimmt.¹⁾

¹⁾ Letzteres hat seinen Grund darin, dass mehrere oder viele Formen der Zone gleichzeitig vorkommen oder dass gewisse Formen gern allein oder für andere Formen stellvertretend erscheinen.

Welche Zonen der Figur 3 haben diese Eigenschaften und in welchem Masse kommen sie ihnen zu? Zur Beantwortung dieser Frage müssen wir zuerst ein Mass für die Dichtigkeit und Gleichmässigkeit der Flächenbesetzung einer Zone finden. Dazu eignen sich natürlich am besten die Winkel, welche je zwei aufeinanderfolgende Flächen miteinander bilden. Je kleiner und gleichartiger diese sind, um so mehr erfüllt die Zone PARKER's erste Bedingung. Doch dürfen sie weder mit ihrem arithmetischen noch mit ihrem geometrischen Mittel in Rechnung gestellt werden, da sonst die Ungleichartigkeit der Besetzung nicht zur Geltung käme. Am ehesten könnte man den Sachverhalt durch einen Ausdruck von der Form

$$\sqrt{\frac{w_{12}^2 + w_{23}^2 + w_{34}^2 + \dots + w_{n1}^2}{n}}$$

wiedergeben, wo w_{12} , w_{23} u. s. w. die Winkel zwischen der 1. und 2., der 2. und 3. u. s. w. Fläche bezeichnen.

Um der zweiten Forderung zu genügen, schreiben wir jeder Fläche die gleiche Persistenz zu, wie der Form, der sie angehört (vergl. Kolonne M von Tabelle VI) und addieren die Persistenzen aller einzelnen Flächen der Zone. Eine Zone wird dann um so mehr den beiden ersten Forderungen PARKER's entsprechen, je grösser der Wert ist, den

$$\frac{M_1 + M_2 + \dots + M_n}{\sqrt{\frac{w_{12}^2 + w_{23}^2 + w_{34}^2 + w_{45}^2 + \dots + w_{n1}^2}{n}}}$$

annimmt. Es sei z. B. die Zone $[1\bar{1}1]$ zu untersuchen. Die Flächen, die sie enthält, die Gewichte und Winkel, die in die Rechnung eingehen, sind (für einen Sechstel der Zone) folgende:

Flächen	110	341	231	121	132	143	011
Gewichte	38,1	0,6	3,3	9,0	3,3	0,6	
Winkel		13,9°	5,2°	10,9°	10,9°	5,2°	13,9°

(011) gehört schon zum zweiten Sechstel der Zone, ist also nicht mehr mitzurechnen. Man erhält somit

$$\frac{1}{6} G_{[1\bar{1}1]} = \frac{38.1 + 0.6 + 3.3 + 9.0 + 3.3 + 0.6}{\sqrt{\frac{193.21 + 27.04 + 118.81 + 118.81 + 27.04}{6}}} = \frac{54.9}{8.94} \text{ oder}$$

$$\frac{1}{6} G_{[1\bar{1}1]} = 6.139$$

also als Gewicht der ganzen Zone: $G_{[1\bar{1}1]} = 36.83$.

Es ist nun interessant, eine Reihe von Zonen unter diesem Gesichtspunkt durchzurechnen. Welche Flächen in einer Zone liegen

und wie sie aufeinanderfolgen, ersieht man am besten aus Fig. 3. Einer Zone $[u\bar{v}w]$ — es werde beispielsweise gerade eine solche Zone gewählt, welche an zweiter und nur zweiter Stelle einen negativen Index hat — gehören die Tetrakishexaederflächen $(vu0)$, $(0wv)$ und $(\bar{w}0u)$ an. $(vu0)$ und $(0wv)$ bestimmen in Figur 3 ein erstes Zonenstück; die Zonenstücke $(0wv):(\bar{w}0u)$ und $(\bar{w}0v):(\bar{v}u0)$ fallen aus dem Dreieck heraus, lassen sich aber darin durch die entsprechenden Strecken $(0wv):(w0u)$ und $(w0u):(vu0)$ darstellen. Die halbe Zone $[uvw]$ wird somit veranschaulicht durch den geschlossenen Linienzug $(vu0):(0wv):(w0u):(vu0)$. Bei $(vu0)$ beginnend, kann man alle aufeinanderfolgenden Flächen hinschreiben, nur muss man im zweiten und dritten Zonenstück das Zeichen des ersten bzw. ersten und zweiten Index ändern.

Die Anwendung unserer Formel auf diejenigen Zonen, die nach den früheren Befunden (Kantenpersistenz S. 409; auch S. 413) die wichtigsten sein müssen, und auf einige andere, die vergleichsweise hinzugenommen wurden, ergab folgende Zahlenwerte:

Zone [001]	total	184	Flächen	$G_{[001]} = 310.68$
„ [011]	„	144	„	$G_{[011]} = 200.76$
„ [112]	„	100	„	$G_{[112]} = 84.62$
„ [012]	„	48	„	$G_{[012]} = 40.04$
„ [013]	„	48	„	$G_{[013]} = 38.00$
„ [111]	„	36	„	$G_{[111]} = 36.83$
„ [113]	„	40	„	$G_{[113]} = 24.44$
„ [114]	„	24	„	$G_{[114]} = 10.78$
„ [035]	„	20	„	$G_{[035]} = 8.83$
„ [3.3.16]	„	8	„	$G_{[3.3.16]} = 1.11$

Nach dieser Deutung hätten wir etwa folgende Rangordnung der Zonen:

[001] und [011] stehen oben an, doch so, dass [001] entschieden die wichtigste Zone ist;

[112] nimmt eine mittlere Stellung ein;

[012], [013], [111] und [113] treten relativ stark zurück.

Die übrigen Zonen ergeben nur noch bescheidene Zahlen.

Im Vergleich zu den in Tabelle VIII notierten Zahlen berechnet sich für [111] ein merkwürdig niedriges Zonengewicht. Das Missverhältnis erklärt sich aber leicht.

a. [111] ist Kante von {011}. Bei der hohen Kombinationspersistenz von {011} ($P_G = 48$) ist natürlich [111] relativ häufig als Kante vorhanden, ganz abgesehen davon, dass [111] auch dort als Kante auftreten kann, wo

{011} fehlt (z. B. Komb. 12, 16, 26 u. s. w. von Tabelle V). Damit ist aber 30.0 als Kantenpersistenz ohne weiteres möglich.

β . Das niedrige Zonengewicht [111], wie es sich S. 415 durch Rechnung ausnahmslos kontinuierlich entwickelt. Zur Sechszahl der Kanten tritt die Sechszahl der Flächen. Kommen {112} bezw. {123} oder {134} einzeln hinzu (Komb. 49, 54, 64, 66, 75 von Tabelle V), so verzweifachen bezw. verdreifachen sich die Zahlen der Kanten und Flächen. Wenn aber {011}, {112} und {123} nebeneinander erscheinen (Komb. 72 und 76 von Tabelle V), so wird die Zone mit 24 Kanten und Flächen bei der Berechnung sehr stark ins Gewicht fallen. So erklärt sich die Verhältniszahl 47,2 von Kolonne II c der Tabelle VIII.

In der Mehrzahl dieser Fälle sind die Kanten [111] kurz bis sehr kurz. Die Zone tritt als solche am Kristall nicht hervor.

γ . Das niedrige Zonengewicht [111], wie es sich S. 415 durch Rechnung ergeben hat, erklärt sich aus der nicht sehr hohen Zahl von Flächen (nämlich 36), die der Zone angehören (gegenüber 184 bei [001], 144 bei [011] und 100 bei [112]) und dem niedrigen Gewicht dieser Formen (nämlich sechs {011}-Flächen mit der Persistenz 38,1 und 30 niedrigpersistente Flächen gegenüber vier {001}-, vier {011}-, acht {013}-Flächen mit den Persistenzen: 82, 38, 14 und 168 niedrigpersistenten Flächen bei [001]). In unserer Formel wird daher weder der Zähler gross noch der Nenner klein. Schwerwiegend ist namentlich der erste Umstand, denn nach Tabelle VIII trifft es pro Kombination auf [001] durchschnittlich 9.7 Kanten und 10.3 Flächen, auf [111] aber 10.1 Kanten und 10.7 Flächen, und an den im Atlas dargestellten Fluoritformen umfasst [001] überhaupt nie mehr als 16 Flächen (Komb. 62 und 72 von Tabelle V), dieselbe Zahl also, die auch für [111] festgestellt ist (vergleiche oben).

Ein Umstand erweckt gewisse Bedenken. Alle Zonen, die {001} enthalten, bekommen wegen der hohen Persistenz dieser Form ein relativ hohes Gewicht. Die Vermutung liegt darum nahe, dass ganz untergeordnete Zonen [0 v w] Gewichte erhalten, die den Gewichten bedeutender Zonen vergleichbar sind. Dadurch würde aber der Versuch, die Wichtigkeit der Zonen abzuschätzen, ganz dahinfallen.

Um in dieser Hinsicht Klarheit zu bekommen, sind alle Zonen [0 v w], die durch die Gesamtheit der Fluoritformen bestimmt sind, in Tabelle IX zusammengestellt und mit Gewichten versehen worden. Die Zahl neben dem Zonensymbol gibt an, wieviel Flächen die betreffende Zone enthält. Da die Anwendung der S. 414 aufgestellten Formel sehr umständlich ist, wurde für diese Berechnung, die ja nur einer Orientierung dienen soll, ein einfacheres Verfahren zur Anwendung gebracht, indem statt des quadratischen Mittels der Flächenabstände das arithmetische Mittel derselben (= 360° : Flächenzahl der Zone) verwertet wurde. Wenn die Zone neben {100} nicht bloss Flächen {0 w v} enthält, wird hiedurch das Gewicht grundsätzlich zu hoch.

Tabelle IX gibt also gegenüber dem andern Verfahren keine zu kleinen Werte.¹⁾)

Tabelle IX. Gewicht der Zonen [0vw]

Zone	Zahl der Flächen in der Zone	Zonengewicht	Zone	Zahl der Flächen in der Zone	Zonengewicht
001	184	347	0.3.11	16	8
011	144	252	0.3.14	6	3
012	48	47	0.3.16	6	3
013	48	45	0.3.20	10	5
014	28	19	045	8	4
015	24	11	047	10	5
016	20	10	049	8	4
017	14	8	0.4.15	6	3
018	20	10	057	6	3
019	12	6	058	6	3
0.1.10	8	4	059	10	5
0.1.12	6	3	0.5.11	10	5
0.1.17	6	3	0.5.12	12	6
0.1.19	6	3	0.5.19	6	3
0.1.32	6	3	0.5.24	6	3
0.1.40	4	2	067	6	3
023	26	13	0.6.25	6	3
025	24	12	078	8	5
027	20	10	079	4	2
029	24	12	0.7.10	10	5
0.2.11	14	7	0.7.11	6	3
0.2.13	6	3	0.7.15	6	3
0.2.15	10	5	0.7.16	10	5
0.2.25	6	3	0.7.24	6	3
034	34	17	0.9.13	6	3
035	20	10	0.9.14	6	3
037	16	9	0.9.19	6	3
038	6	3	0.9.32	6	3
0.3.10	12	6			

An Tabelle IX interessiert zunächst die überaus grosse Zahl der Zonen [0vw], nämlich 57, wogegen Tabelle VIII nur 14 Zonen dieser Art enthält.²⁾ Und diese 14 sind nach den Werten von Tabelle IX nicht einmal die wichtigsten. Z. B. sind die in Tabelle VIII fehlenden Zonen [029], [015], [016], [018], [017], [0.2.11] und [0.3.11] wichtiger als die beiden Tabellen gemeinsamen Zonen [019], [047] und [0.5.11].

Auffällig an Tabelle IX ist ferner die konstante Beziehung zwischen Flächenzahl und Zonengewicht bei der Grosszahl der nach dem abgekürzten Verfahren berechneten 54 Zonen. Im Durchschnitt ist sie gleich 1,98. Das

¹⁾ Für [001], [011], [012], [013] und [035] liegen Werte nach beiden Berechnungsarten vor. Sie bestätigen das Gesagte.

²⁾ Wenn es auf Grund dieses Verhältnisses erlaubt wäre, auf die Gesamtzahl von Zonen zu schliessen, die sich mit den 92 Formen bilden lassen, so käme man auf 220. Diese Zahl ist aber viel zu klein, gibt es doch über 100 Zonen der Form [uvw] ($u \leq v$).

hängt damit zusammen, dass das Gesamtgewicht der zu $\{001\}$ hinzukommenden Flächen so klein ist, dass es neben dem von $\{001\}$ praktisch verschwindet. Das Zonengewicht wird somit in erster Annäherung =

$$\frac{\text{Gewicht von zwei Würfel­flächen}}{360 / \text{Anzahl der Flächen}} = \frac{163,8}{360} \times \text{Anzahl der Flächen,}$$

also ungefähr gleich der halben Flächenzahl. Nicht durch Auf- oder Abrundung bedingte Abweichungen von diesem Verhältnis (vergl. [015], [078]) finden sich einzig bei [014] und [037], wo die Flächen $\{124\}$ und $\{137\}$ mit den schon merklichen Persistenzen 12,2 und 7,3 den grössern Wert verständlich machen.

Das wichtigste Ergebnis der Tabelle IX ist, dass die S. 415 gegebene Rangordnung der Zonen bestehen bleibt und dass [014] und [034] unter den daselbst an vierter Stelle genannten Zonen ziemlich an der Spitze stehen.

Die Zone [124], welche S. 404 als siebente Zone aufgenommen wurde, spielt nach den beiden Bewertungen von Tabelle VIII eine sehr untergeordnete Rolle: ihr Gewicht ist das eine Mal 2, das andere Mal 0.6. Sie möge hier nach dem vereinfachten Verfahren noch kurz behandelt werden. Bei der Schreibweise $[1\bar{2}4]$ ergeben sich folgende Flächen: 210, 861, 441, 231, 273, 4.16.7, 294, 2.11.5, 021, 295, 232, 443, 211, 10.3.4, 612, 401, 611, 20.4.3, 821, 210. Das Gesamtgewicht für alle 38 Flächen ist 86. Der mittlere Flächenabstand beträgt $9^{1/2}$. Es ergibt sich somit das Zonengewicht in runder Zahl zu 9. [124] gehört also nach dieser Rechnungsweise nicht zu den bedeutungslosesten Zonen, aber doch zur letzten Gruppe von S. 415, und es zeigt sich nochmals überzeugend, dass eine Zone ohne hochpersistente Formen nicht Entwicklungszone sein kann, auch wenn sie sonst recht dicht besetzt ist.

e) Morphologie und Struktur

Beim Fluorit sind dreierlei Zonenarten zu unterscheiden:

1. Zonen mit einem ungeraden Index. Jede Gittergerade dieser Symbolisierung enthält nur Ca- oder nur F-Punkte. Der Abstand der erstern ist doppelt so gross wie der der letztern und gegeben durch $\sqrt{u^2 + v^2 + w^2}$ (auf die Kante des Elementarwürfels als Einheit bezogen). Unter den 54 in Tabelle VIII verzeichneten Zonen, die als Kanten erscheinen, sind 19 dieser Art: 0 0 1, 012, 014, 023, 025, 027, 034, 047, 223, 229, 2.2.11, 445, 122, 144, 344, 388, 7.10.10, 124, 4.9.20.

2. Zonen mit zwei ungeraden Indizes. Wiederum liegen auf einer Gittergeraden nur einerlei Punkte. Die Besetzung der Ca-Geraden ist aber gleich der Besetzung der F-Geraden, und der Abstand zweier benachbarten Punkte ist $\frac{1}{2}\sqrt{u^2 + v^2 + w^2}$. An den Fluoritfiguren des Atlas wurden 26 Zonen dieses Typus festgestellt: 011, 013, 019, 035, 037, 0.5.11, 112, 114, 116, 1.1.10, 334, 3.3.16,

778, 7.7.12, 477, 499, 8.11.11, 123, 125, 127, 134, 136, 1.5.12, 1.6.25, 235, 349.

3. Zonen mit lauter ungeraden Indizes. Alle Gittergeraden sind von Ca- und F-Punkten gebildet. Die F-Punkte liegen zu beiden Seiten der Ca-Punkte, je in einem Viertel des Abstandes zweier Ca-Punkte. Der Abstand der Ca-Punkte ist daher doppelt so gross wie derjenige der F-Punkte und $= \sqrt{u^2 + v^2 + w^2}$. Nur 9 hierhergehörige Zonen sind an den Fluoritbildern als Kanten beobachtet worden: 111, 113, 115, 119, 3.3.11, 11.11.15, 133, 799, 9.11.11.

Zonen, die als Ca- und als F-Reihen übereinstimmenden Bau haben, zeigen die grösste Mannigfaltigkeit. Es sind ihrer 26. Zusammengezählt finden sie sich 13 656 mal an den 76 untersuchten Fluoritfiguren. Sie machen für sich rund $\frac{6}{11}$ aller Kanten aus. Kanten, denen Punktreihen mit Ca- und F-Punkten zugeordnet sind, stehen nach Mannigfaltigkeit und Häufigkeit stark zurück, sie bilden etwa $\frac{1}{6}$ der beiden Summen.

Eine Vorliebe für den [011]-Typus der Gittergerade macht sich auch darin bemerkbar, dass ihm — mit Ausnahme von [124] und [4.9.20] — sämtliche Kanten allgemeiner Symbolisierung zugehören.

Wenn, wie vielfach angenommen, eine Kante um so wichtiger sein soll, je enger die Punkte auf ihr geschart sind, so muss es befremden, dass bei jedem Zonentypus komplizierte Symbole in mehr oder minder grosser Zahl erscheinen, während viele einfachere Symbole fehlen. Vom

	Typus [001]	Typus [011]	Typus [111]	
gibt es	43	41	17	Zonen mit einer
Quadratsumme < 100.	Davon erscheinen als Kanten nur			
	15	15	5	; es fehlen also
	28	26	12	einfache Symbole
Dafür treten	4	11	4	Kanten mit einer
Quadratsumme > 100 auf.				

Recht schwierig ist es, die reziproken Punktabstände der Gittergeraden mit der Zonenhäufigkeit (Tab. VIII) oder dem Zonengewicht (S. 415) in Beziehung zu bringen. Einige Zahlen demonstrieren das.

Zonensymbol	001	011	112	012	013	111	113
Mittel von I^c , II^c der							
Tabelle VIII	100	73	30	30	19	46	7
Relat. Zonengewicht	100	65	27	13	12	12	8
Rezipr. Punktabstand							
im Ca-Gitter	100	141	81	45	63	58	30
im F-Gitter	100	71	41	45	32	58	30

Weder das Ca-Gitter noch das F-Gitter gibt für sich befriedigende Resultate. Am ehesten lässt sich das F-Gitter mit der relativen Zonenhäufigkeit in Beziehung bringen. Die Reihenfolge der Zonen ist für beide Zahlenwerte dieselbe. Der Abfall der reziproken

Punktabstände ist aber viel geringer als derjenige der relativen Zonenhäufigkeit. Auch ist nicht zu übersehen, dass z. B. für [122] der reziproke Punktabstand im F-Gitter ca. 33 ist, während die relative Zonenhäufigkeit hinter derjenigen von [113] zurücksteht.

Ist die Zonenhäufigkeit am besten mit dem F-Gitter in Einklang, so gehört Fluorit zum hexaedrischen Typus der kubischen Mineralien — in voller Übereinstimmung mit seinem gewöhnlichen Habitus. Aber wie schon die Spaltbarkeit diesem Habitus widerspricht, so wurde bereits S. 405 f. gefunden, dass die gesamte Formenzahl des Fluorits vorab solchen Zonen angehört, die dem oktaedrischen Typus eigentümlich sind, und hierin kommt das Ca-Gitter zur Geltung. Die beiden Gitter beeinflussen aber die Morphologie in verschiedener Weise. Durch das F-Gitter scheinen die wichtigeren Kombinationen bestimmt zu sein, mit dem Ca-Gitter dürften die vielen zufälligen und vereinzelt Flächen im Zusammenhang stehen. Denn gerade jene Flächen, welche die Reichhaltigkeit der oktaedrischen Zonen [011] und [112] mitbewirken, fehlen zum grössten Teil den GOLDSCHMIDT'schen Figuren, auf denen sich die Zonenstatistik der Tabelle VIII aufbaut.

Von den 92 Formen, die in Tabelle II zusammengestellt sind, erweisen sich vom Strukturtypus

	{001}	{011}	{111}
total	42	33	17 Formen.

Wäre letztere Zahl um 2—3 Einheiten kleiner, so ergäbe sich fast genau das Verhältnis der oben mitgeteilten Kantenzahlen. Ob sich — von den häufigsten und beständigsten Formen abgesehen — beim Wachstum vorzugsweise solche Flächen in Kombinationen zusammen ausbilden, welche demselben Strukturtypus angehören, ist wohl unentschieden (vergl. Lit. 75).

II. SCHEELIT.

Nach getroffener Wahl der Grundform {111} lassen die paramorph hemiedrischen Kristalle bekanntlich immer noch zwei verschiedene Aufstellungen zu, die aber durch Drehung von 180° um eine der Nebenachsen ineinander überführbar sind. Seit M. BAUER (Lit. 2) pflegt man den Scheelit so zu stellen, dass bei gerade zugekehrter {111}-Fläche ($a:c = 1:1,5268$) die so häufige s-Fläche rechts unten erscheint (also das Symbol {131} erhält), h aber als Kantenabstumpfung von {111}: {101} links zu liegen kommt und mit {313} symbolisiert wird. Andere Formen, die mit s oder (bezw. und) h zusammen-

auftreten, sind durch diese Abmachung in ihrer Aufstellung eindeutig bestimmt. Sollten sie ohne s und h erscheinen (unter den nachstehenden Kombinationen tritt dieser Fall bei Nr. 29 und Nr. 51 auf), so wird die sinngemässe Anwendung der BAUER'schen Regel auf andere Formen $\{h1h\}$ bzw. $\{1h1\}$ ($h > 1$) wohl immer Eindeutigkeit ergeben.

Die nachstehenden Ausführungen stützen sich vorab auf die Figuren des Atlas von GOLDSCHMIDT. Zur Bestimmung der Fundorts- und Kombinationspersistenzen wurden aber auch weitere Angaben (Originalarbeiten und Referate) herangezogen. Wo nötig (z. B. Fig. 29 und 31 von GOLDSCHMIDT's Atlas), wurde die Aufstellung der BAUER'schen Regel angepasst. Auch Figur 66 wurde gedreht, nicht weil sie der BAUER'schen Regel widerspräche, sondern weil sie die Existenz der sonst nirgends bezeugten Form $\{211\}$ verlangen würde und die neue Stellung den Vorteil hat, dass die grossen s -Flächen das häufige Symbol $\{131\}$ erhalten.

Bei den Figuren 3 (paramorph?), 46, 57 und 59 konnten die Indizes nur zum Teil ermittelt werden. Trotzdem durften die beiden letzten (sehr formenreichen) Figuren, die seltene Formen wie $\{133\}$ und $\{155\}$ enthalten, von der Untersuchung nicht ganz ausgeschlossen werden.

1. Die Formen des Scheelits

a) Übersicht und Diskussion

M. BAUER führt in seiner Scheelitarbeit 22 Formen auf. Im Atlas der Kristallformen erwähnt V. GOLDSCHMIDT 43. Dabei wählt er aber für alle Tritoformen durchwegs Rechtsstellung (bei der Dreiecksprojektion kommen sie also in das Feld $\{010\}$, $\{110\}$ und $\{001\}$ zu liegen), während er im Index (nur 25 Formen) mit M. BAUER zwischen rechter und linker Stellung unterscheidet. Da an den Figuren 6, 53, 57, 58, 59, 60 $\{313\}$ und $\{133\}$, $\{131\}$ und $\{311\}$, $\{515\}$ und $\{155\}$ erscheinen, erhöht sich GOLDSCHMIDT's Zahl der Scheelitformen um drei, sofern man die Links- und Rechtsstellung nicht durch versteckte Zwillingsbildung erklären will. Letzteres ist bei Figur 6 (PHILLIPS 1823) ziemlich wahrscheinlich. Figuren 53, 57, 58, 59, 60 stammen von M. BAUER, der keine Zwillingsbildung feststellen konnte. An Fig. 66 finden sich neben den durch unterschiedliche Grössen charakterisierten Tritoformen $\{131\}$ und $\{313\}$ die Rechtsformen $\{121\}$ und $\{133\}$. Von den Figuren, die DESCLOIZEAUX entnommen sind, zeigt

Fig. 69 vollkommen holoedrische Symmetrie, während Figur 70 mit den drei rechten Tritopyramiden {131}, {133} und {1.15.13} ausgeprägt paramorphen Charakter hat.

GOLDSCHMIDT erwähnt in seinem Index noch drei weitere Formen, nämlich {3.0.16}, {312} und {616}, die alle weiterer Bestätigung bedürfen. Endlich wird bei DANA (System of Mineralogy, 1894, S. 986) neben {212} auch {122} aufgeführt. Hierdurch steigt die Gesamtzahl der wirklich oder angeblich am Scheelit beobachteten Formen auf 50. Sie sind in Tabelle X zusammengestellt. Das für die Fluoritformen gewählte Anordnungssystem wurde beibehalten, soweit dies bei der selbständigen Bedeutung des dritten Index möglich ist. Die linken Tritoformen, deren erster Index immer grösser ist als der zweite, wurden einfach den rechten, nach dem Fluoritschema geordneten Formen gegenübergestellt.

Tabelle X. Verzeichnis der Scheelitformen

Pinakoid (1)		III. Stellung	
001		rechts (10)	links (14)
Prismen (5)		121	—
010	120	122	212
110	130	131	311
	430	—	(312)
Bipyramiden		133	313
I. Stellung (8)		135	—
111	118	142	—
112	227	—	414
113	338	—	416
114	885	153	—
		155	515
		—	(616)
		—	714
II. Stellung (12)		—	12.1.12
011	035	1.15.13	—
012	(0.3.16)	—	21.1.11
015	047	232	—
023	057	—	323
025	078	—	735
031	0.9.16	—	756

Formen, die in DANA's Mineralogy und in V. GOLDSCHMIDT's Textband VIII zum Atlas (hier ohne Rücksicht auf die Stellung) genannt sind, wurden nicht weiter gekennzeichnet. Durch Kursivschrift sind jene Formen kenntlich gemacht, die bei DANA fehlen. Die drei eingeklammerten Formen hat GOLDSCHMIDT aus dem Index nicht in den Atlas herübergenommen.

Mit 50 Formen ist Scheelit eines der formenreichsten tetragonalen Mineralien. In GOLDSCHMIDT's Atlas sind gerade 50 Mineralien dieses Systems aufgeführt, darunter

29	mit	1 — 9	Formen
8	„	10 — 19	„
2	„	20 — 29	„
4	„	30 — 39	„
3	„	40 — 49	„

Mehr Formen haben einzig folgende vier:

Kassiterit	(70)	Vesuvian	(90)
Anatas	(82)	Chalkopyrit	(93)

Im Mittel trifft es auf ein tetragonales Mineral 18 Formen.

Einige Fundortsangaben, Messungsergebnisse und kritische Bemerkungen zu den seltenen Formen dürften am Platze sein.

120

Lit. 2, S. 20 f. „... durch Zonen vollständig bestimmt“, indem q einerseits mit (111) , $(13\bar{1})$ und $(01\bar{1})$, andererseits mit $(1\bar{1}1)$, (131) und (011) parallele Kanten bildet (Fig. 54 und 55 des Atlas). „Die Fläche ist, wie alle Prismenflächen, matt, auch wenn alle andern Flächen glänzend sind.“ Nach Bauer (l. c. 21) ist diese Form „gar nicht so sehr selten, besonders bei den grossen, weissen Kristallen vom Schlaggenwald und tritt, wie es scheint, nie ohne s auf“. Es ist wohl nur als eine Sache der Schreibweise aufzufassen, wenn Goldschmidt im Index das Symbol $\{210\}$ aufführt.

130

Lit. 20, S. 32. Sannotake. „... bis zwei cm grosse Individuen, grau, P vorherrschend mit $\frac{1}{3}P$, $P\infty$, $\frac{1}{2}P\infty$, $3P3$, $\infty P3$ und $0P$.“ Im Referat ist die vom Autor ausdrücklich angegebene Form $3P3$ nicht aufgeführt. Für die Stellungseindeutigkeit ist dieser Umstand wichtig.

430

Lit. 2, S. 21. „... nur annähernd bestimmt, da weder Zonen bekannt, noch Flächenwinkel gemessen sind. Es tritt nämlich an verschiedenen Kristallen vom Schlaggenwald ... eine Fläche r auf, welche die Seitenecken (Pe) so abstumpft, dass auf den Flächen P die Kanten Pe und Pr einen Winkel miteinander bilden, der von einem rechten Winkel nur sehr wenig abweicht.“ (Vergl. Atlas, Fig. 55.) Aus diesen Schätzungen berechnete Bauer das Symbol $\{430\}$ und fand durch Rückberechnung den besagten Kantenwinkel zu $86^{\circ}10'$. Bauer betrachtet diese Form mit Recht als nicht definitiv. Übrigens würde die einfachere Form $\{320\}$ für jenen Winkel $87^{\circ}8'$ ergeben. Die Annäherung an 90° wäre noch besser. Dass Goldschmidt im Atlas das Symbol $\{340\}$ gebraucht, hängt mit der adoptierten Schreibweise zusammen, umso mehr als er sich für diese Form auf Bauer beruft.

118

Lit. 21, S. 6. Von Bauer (Lit. 2, S. 6) nicht beobachtet, auch hält er eine sichere Messung und Flächenbestimmung bei so flachen Bipyramiden nicht für möglich.

2 2 7

Lit. 81, S. 627 f. Traversella. „... nur einmal gefunden und zwar mit einer allerdings glänzenden Fläche.“

	Gemessen:	Berechnet:
$(\bar{1} \bar{1} 1) : (\bar{2} \bar{2} 7) =$	33°36'	33°29'
$(1 1 1) : (\bar{2} \bar{2} 7) =$	96 31	96 45

Irrtümlicherweise wird l. c. der berechnete Winkel zu 32° 29' angegeben.

3 3 8

Lit. 81, S. 627 f. Traversella. „... an zwei Kristallen beobachtet.“

$$(1 1 1) : (3 3 8) = 26^\circ 23' - 26^\circ 30', \text{ berechnet} = 26^\circ 09'.$$

8 8 5

Lit. 11, S. 622 f. Traversella. „... für das Mineral überhaupt neu ... selten und meist klein.“

	Gemessen:	Berechnet:
$(8 8 5) : (1 1 1) =$	8°40'	8°34'
$(8 8 5) : (8 8 \bar{5}) =$	73 53	73 50

0 2 3

Nach Goldschmidt's Atlas (Text-Bd. VIII, S. 12) von Breithaupt 1841 erwähnt.

0 2 5

Lit. 64, S. 298. Traversella. „... neue Form, für welche man aus dem Zonenverbande das Zeichen $\{2 0 5\} \frac{2}{5} P_\infty$ herleiten muss.“

Lit. 11, S. 622. Traversella.

0 3 5

Lit. 4. Vergl. V. Goldschmidt, Index der Kristallformen, III, 98.

0.3.16

Lit. 23, Bd. III, S. 98. Von Mohs und Zippe herrührende Form, die von späteren Autoren nicht mehr erwähnt wird und „wohl als durch ... $\{015\}$ (d) ersetzt zu betrachten“ ist.

0 4 7

Lit. 81, S. 627. Traversella. „ $\{4 0 7\}$ ist als unsicher zu betrachten.“ $(101) : (4 0 7) = 15^\circ 58'$ gemessen, $15^\circ 40\frac{1}{2}'$ berechnet.

0 5 7

Lit. 81, S. 627 f. Traversella. Nur an einem Kristall „mit einer allerdings glänzenden Fläche“ gemessen. $(1 0 1) : (5 0 7) = 9^\circ 2'$ (berechnet = $9^\circ 17\frac{1}{2}'$).

0 7 8

Lit. 28, S. 158. Riesengrund. „... noch nicht beobachtete, flachere Pyramide $\{7 0 8\} \frac{7}{8} P_\infty$ zwischen $\{101\}$ und $\{102\}$, für welche approximativ gefunden wurde: $(7 0 8) : (1 0 2) = 15^\circ 20' - 16^\circ 9'$ (berechnet = $15^\circ 49'$).“

0.9.16

Goldschmidt's Index der Kristallformen, III, 98.

121

Fig. 66 des Atlas (von Zepharovich) wurde, wie S. 421 begründet, derart gestellt, dass δ das Symbol {121} erhielt. Sogar Zepharovich (Lit. 82, S. 88) schreibt einmal {121}. (Vergl. auch Lit. 12, S. 986.)

	Gemessen:	Berechnet:
(121) : (111) =	19° 18 1/2'	19° 13'
(121) : (131) =	9 16	9 8

Die letztern Symbole sind der Neuaufstellung angepasst.

Nach dem Formenverzeichnis zum Atlas (Text-Bd. VIII, 13) hätte Ed. Kaysers Form g das Symbol {121}. Damit stimmt aber Figur 14 des Atlas keineswegs überein, indem daselbst g unbedingt von der Art {h 1 h} ($h > 1$) ist. Aus Figur 15 ergibt sich dann g eindeutig zu {212}, in Übereinstimmung damit, dass g überhaupt nie für eine andere Form als {212} gebraucht worden ist.

122

Dana (Lit. 12, S. 986) erwähnt in seiner Zusammenstellung der Scheelitformen {122} neben {212}. Literatur und Fundortsvermerke fehlen.

135

Lit. 2, S. 18. Zinnwald. Diese Form „liegt in den Zonen $P = a : a : c$ und $o = \infty a : a : 1/2 c$, sowie in der weiteren Zone: $e = \infty a : a : c$ und $o = a : \infty a : 1/2 c$. (Hier ist bei M. Bauer aus Versehen der Koeffizient $1/2$ weggelassen.) In der erstgenannten Zone bilden die Flächen lange Kanten, deren Parallelität sofort erkannt wird, in der zweiten Zone sind aber die Kanten kurz und“ man erkennt deren Parallelität erst, „wenn man den Kristall auf das Goniometer nimmt. Es ist zwar wegen der Unebenheit und Rauigkeit ... nicht möglich, eine genaue Winkelmessung vorzunehmen“. Im Index der Kristallformen (Bd. III, S. 97) schreibt V. Goldschmidt {315} für y und hat demgemäss {135} nicht.

142

Lit. 2, S. 18. Fürstenberg. „... Winkel mit s und c konnten ... nur annähernd bestimmt werden, weil die Fläche ... sehr schmal und nicht sehr eben war.“

	Beobachtet:	Berechnet:
t/s	172 1/2°	172° 44'
t/e	160 1/4	159 50

Nach V. Goldschmidt (Atlas der Kristallformen, Text-Bd. VIII, S. 13, und Figur 14) befindet sich {142} bereits bei Ed. Kayser (Lit. 41): Schlaggenwald. Da aber im Kopfbild von Figur 14 die Kanten $n : x$ den Kanten $P : P$ sozusagen parallel sind, sollte x eher das Symbol {153} denn {142} haben, indem wohl $(1\bar{1}0)$, (111) und (153) , nicht aber $(1\bar{1}0)$, (111) und (142) in einer Zone liegen. $[(142) : (111)] = [2\bar{1}3]$ bekommt im Kopfbild eine ganz andere Richtung als in Figur 14 angenommen ist. Da mir aber Lit. 41 nicht zugänglich war, schien es mir geratener, Goldschmidt's Deutung nicht abzuändern.

153

Lit. 2, S. 18. Schlaggenwald. „... sehr schmal, glänzend, fein gestreift parallel s/e und die Streifung erstreckt sich noch auf den“ der Fläche anliegenden Teil von s.

	Beobachtet:	Berechnet:
w/e =	164° 1'	164° 17'
w/s =	168 21	168 26

155

Lit. 2, S. 61. Schlaggenwald. „... k auch rechts von P.“ (Vergl. „Atlas“, Figur 59.)

1.15.13

Lit. 46, Bd. IV, S. 275 und 280. Framont. a^1y (anliegend) = 175° gemessen, 175° 5' berechnet. (Vergl. Atlas, Fig. 70.)

232

Lit. 11, S. 622f. Traversella. „... für das Mineral ... neu.“
(232):(111) = 11° 18' gemessen, 11° 32' berechnet.

312

Lit. 52, Bd. III, S. 369. Caldbeckfels. Vergl. Fig. 18 des Atlas. Für $a^{1/2}$ schreibt A. Lévy im Text $b^1, b^{1/2}, g^{1/2}$. Die Umrechnung mit Hilfe von Descloizeaux (Lit. 14, S. XIV) ergibt {314}. Durch die gleiche Transformation wird b^1 zu {112}. Da wir diese Form zu {111} wählen, ist $a^{1/2}$ in Übereinstimmung mit V. Goldschmidt (Lit. 23, Bd. III, S. 99) = {312}. „Bedarf der Bestätigung.“

414

Lit. 2, S. 17. Altenberg (oder Zinnwald). „... nur einmal beobachtet ... als schmale, aber glänzende Abstumpfung der Kante P/e ... etwas gekrümmt, so dass die Messung des Winkels mit P etwas zu wünschen übrig lässt.“

P/i = 151° 45' gemessen, 151° 52' berechnet.

416

Lit. 2, S. 19. Riesengrund. „... bei manchem Kristall ... schmale Abstumpfung der Kante, welche von den zwei Flächen $e = a : \infty a : c$ und $o = a : a : 1/2 c$ gebildet wird ... auch in der Zone der Flächen $o = a : a : 1/2 c$ (statt richtig $a : \infty a : 1/2 c$) und $o = \infty a : -a : c$, ..., letztere Zone etwas unsicher“, deshalb „der ganze Flächenausdruck ... einigermaßen im Zweifel“. Vergl. „Atlas“, Fig. 58, Fläche x.

Lit. 81, S. 627. Traversella. „... Die für Traversella neue Form {416} wurde nur an einem Kristall mit einer ziemlich grossen, aber rauhen und wenig glänzenden Fläche beobachtet, so dass sie nicht für vollkommen sicher gelten kann.“

	Beobachtet:	Berechnet:
(111):(416)	32° ca.	31° 26 $\frac{1}{2}$ '
($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$):(416)	51 „	51° 6'

616

Lit. 23, S. 99. „... findet sich bei Mohs-Zippe, ... sonst ... nirgends, ... bedarf wohl der Bestätigung.“

714

Lit. 11, S. 622f. Traversella. Näheres unten bei {735} und {756}.

12.1.12

Lit. 2, S. 17f. Zinnwald. In der Zone $[101]$ „noch eine Fläche, die ich ein einziges Mal ... beobachtete“. $1/e = 3^{\circ}58'$ gemessen, $3^{\circ}51'$ berechnet. „... schmal, aber glatt und glänzend, geht aber an der Grenze gegen e allmählich ohne scharfe Kante in e über“.

21.1.11

Lit. 11, S. 622f. Traversella. „... für das Mineral ... neu; als weniger sicher zu betrachten; in den Zonen $[\bar{3}11 : 111]$ und $[\bar{3}\bar{1}\bar{1} : 111]$.“

	Gemessen:	Berechnet:
$(21.1.11) : (111) =$	$40^{\circ} 33'$	$40^{\circ} 22'$
$(21.1.11) : (\bar{1}\bar{1}\bar{1}) =$	$45^{\circ} - 45^{\circ} 30'$	$44^{\circ} 27'$

323

Lit. 11, S. 622f. Traversella. „... für das Mineral überhaupt neu, ... als weniger sicher zu betrachten.“ $(323) : (101) = 29^{\circ} - 29^{\circ}30'$ gemessen (approx.), $20^{\circ} 21'$ berechnet.

735

756

Lit. 11, S. 622f. Traversella. Hier ist auch 714 zu besprechen. „... für das Mineral überhaupt neu, alle selten und meist klein. Sie liegen in den Zonen $[\bar{3}\bar{1}\bar{1} : 111]$ und $[\bar{3}\bar{1}\bar{1} : 11\bar{1}]$. Bis jetzt ... Formen in diesen Zonen noch nicht beobachtet. ... Bauer (Lit. 2, S. 47) erwähnt an einem Kristall eine unbestimmte Fläche dieses Typus.“

	Gemessen:	Berechnet:
$(756) : (111) =$	$8^{\circ}34'$	$8^{\circ}36'$
$(714) : (111) =$	$34 \quad 7$	$34 \quad 15$
$(735) : (111) =$	$19 \quad 42$	$19 \quad 56$
$(735) : (\bar{1}\bar{1}\bar{1}) =$	$61 \quad 20$	$61 \quad 27$

b) *Die Fundortspersistenz F und die Kombinationspersistenz P der Scheelitformen. Diskussion dieser Persistenzen. Mittlere Persistenz M*

Von den 93 Figuren des Atlas kommen für den vorliegenden Zweck nur diejenigen mit Fundortsangaben in Betracht. Es sind ihrer 73, und sie verteilen sich auf 19 Fundorte. Zehn weitere Fundorte fanden sich beim Studium der Literatur. Im Ganzen liegen somit für die Berechnung der F-Werte 29 Fundorte vor. Diese Zahl ist für eine zuverlässige Statistik wohl etwas klein. Vor allem bewirkt sie, dass Formen niedrigster Persistenz F-Werte bekommen, die grösser wie 3 sind. Die errechneten, in Tabelle XIII zusammengestellten Zahlen können daher mit den für Fluorit gewonnenen nicht direkt verglichen werden, sind doch bei diesem für eine Persistenz $F = 3$ über 11 Fundorte nötig.

Tabelle XI. Verteilung der Scheelitformen auf die einzelnen Fundorte

Zahl der Formen	Fundorte	111	011	131	001	012	313	113	212	311	120	114	133	112	142	416	Zahl der einf. F.	Einfundortige Formen
1	Choranta-Choch (Kaukasus)	X																
2	Etzlital	X	X															
2	Habachtal	X	X	X														
2	Rauris	X	X	X														
3	Caldbeckfels (Cumberland)	X	X	X	X													
3	Hillgrove	X	X	X	X													
3	Neudorf	X	X	X	X													
3	Puy St. Christophe	X	X	X	X	X												
3	Simplontunnel	X	X	X	X	X												
4	Knappenwand	X	X	X	X		X											
4	Guttannen	X	X	X	X		X											
5	Trumbull	X	X	X	X		X											
5	Otomezaka (Japan)	X	X	X	X	X	X											
5	Mte Mulat	X	X	X	X	X	X	X										
5	Carrockfels	X	X	X	X		X		X									
5	Pitkäranda	X	X	X	X		X	X	X					X				
5	Meiseberg	X	X	X	X		X	X	X								1	153.
6	Nordmarken	X	X	X	X	X	X	X										
6	Okufu (Japan)	X	X	X	X	X	X	X										
6	England	X	X	X	X	X	X	X	X									
7	Sannotake	X	X	X	X	X	X	X	X								1	130.
7	Gelbe Birke	X	X	X	X	X	X	X	X								1	031.
7	Framont	X	X	X	X	X	X	X	X								1	1.15.13.
8	Krimler Achentel	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						1	312.
8	Fürstengrund	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X			
12	Zinnwald	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X		3	135; 414; 12.1.12.
12	Schlaggenwald	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X		3	110; 121; 430.
15	Riesengrund	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		3	078; 155; 515.
25	Traversella	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	14	010; 015; 047; 057; 025; 227; 232; 338; 323; 714; 756; 735; 885; 21.1.11.

Von den 50 Scheelitformen können nach Tabelle XIII 7 durch keinen Fundort, 28 durch einen Fundort, 15 durch mehrere Fundorte belegt werden. Allen Fundorten gemeinsam ist einzig {111}. Die für Scheelit wohl ebenso charakteristische Form {011} wird für das Vorkommen an Choranta-Choch (Z. f. Kr. 32, 302) nicht erwähnt. Die bezüglichliche Fundortspersistenz steht daher etwas hinter derjenigen von {111} zurück. Relativ recht häufig ist noch {131}. {001}, {012} und {313} haben eine bei 50 liegende Persistenz. Von den übrigen an mehr wie einem Fundort festgestellten Formen fällt einzig noch {113} auf. Im Ganzen unterscheidet sich der Scheelit vom Fluorit dadurch, dass er viel mehr charakteristische Formen aufweist.

Wie sich die verschiedenen Formen auf die Fundorte verteilen, zeigt Tabelle XI, in der die 29 Fundorte (nach steigender Formen-

Tabelle XII. Die Kombinationen der Scheelitformen

Nr.	Zahl der Formen	Kombinationen	Nr. der Figuren
1	1	111	28, Z
2	1	011	4, 89
3	1	031	90
4	2	001 111	Z
5	2	001 112	27
6	2	001 012	21
7	2	001 015	12
8	2	110 011	50
9	2	111 112	43
10	2	111 113	68, Z
11	2	111 131	Z
12	2	111 011	5, 85, Z
13	2	111 012	42, Z
14	2	011 012	24
15	2	011 015	10, 26
16	2	011 313	Z
17	3	001 111 011	1, 2, 13, 38, Z
18	3	001 111 012	Z
19	3	001 113 011	51
20	3	001 011 015	23
21	3	001 011 131	19
22	3	010 111 011	45, Z
23	3	111 112 011	48
24	3	111 113 011	Z
25	3	111 113 012	Z
26	3	111 011 012	32, Z
27	3	111 011 015	44, Z
28	3	111 011 131	11, 17, 34, 35, 49, 84, Z
29	3	111 011 212	29
30	3	111 011 313	69
31	4	001 111 011 012	16
32	4	001 111 011 015	25
33	4	001 111 015 131	22
34	4	120 111 011 131	81, Z
35	4	120 111 011 313	56
36	4	111 112 011 012	Z
37	4	111 113 011 013	79, Z
38	4	111 113 011 057	Z
39	4	111 113 012 227	Z
40	4	111 114 011 025	64
41	4	111 338 011 012	Z
42	4	111 011 012 131	31
43	4	111 011 131 212	88
44	4	111 011 131 312	18
45	4	111 011 131 313	7, 8, 33, 36, 40, 41, 62, 63, 71, 86, 87, 93, Z
46	4	111 011 133 313	69
47	4	111 011 212 313	30
48	4	113 227 011 012	83

Nr.	Zahl der Formen	Kombinationen								Nr. der Figuren	
49	5	001	111	113	011	012				74, 76, 80, Z	
50	5	001	111	011	012	131				20, 73	
51	5	001	111	011	012	212				15	
52	5	001	111	011	012	313				39	
53	5	001	111	011	031	131				91	
54	5	120	430	111	011	131				55	
55	5	120	111	011	131	313				54	
56	5	111	113	114	011	012				82, Z	
57	5	111	113	011	012	131				9, 65, 75	
58	5	111	011	131	133	1.15.13				70	
59	5	111	011	131	142	212				14	
60	5	111	011	131	153	313				47	
61	5	111	011	131	313	515				52	
62	5	111	011	131	212	313				61	
63	5	111	011	131	133	323				77	
64	6	001	111	011	012	131	313			72	
65	6	111	011	131	133	313	1hk			57	
66	6	111	011	131	311	313	515			53	
67	7	001	111	011	012	031	131	313		92	
68	7	110	111	011	031	131	311	313		Berberich, N. Jahrb.	
69	7	111	885	011	131	232	714	756		78 1915, II	
70	8	001	111	011	012	121	131	133	311	66	
71	8	111	114	011	012	131	142	311	313	60	
72	9	001	111	113	114	011	012	015	131	311	6
73	10	001	111	011	012	131	133	311	313	416	
									515		58
74	11	001	111	011	012	131	133	155	311	313	
									515	1hk	59

zahl geordnet) aufgeführt sind. Von links nach rechts sind in 15 Kolonnen die an mehr wie an einem Fundort festgestellten Formen nach abnehmender Persistenz notiert. Zuletzt sind die einfundortigen Formen zusammengestellt. Folgende Gesetzmässigkeiten sind sofort ersichtlich:

a. An Fundorten mit 1—4 Formen finden sich nur Formen mit Persistenzen über 40.

b. Von den ein- bis sechsformigen Fundorten (total 20) zeigen nur Meiseberg und Pitkäranda je eine Form, deren Persistenz kleiner ist als 10.

c. Einfundortige Formen finden sich nicht an Fundorten mit weniger als fünf Formen, ja von den 28 einfundortigen Formen gehören 23 den Fundorten mit 12 und mehr Formen an.

Während die Zahl der erwähnten Scheelit-Fundorte für die Ermittlung wirklich zuverlässiger F-Werte wohl zu gering ist, kann sich die Berechnung der Kombinationspersistenzen auf 74 verschiedene

Kombinationen stützen. 63 derselben finden sich unter den 93 Figuren des Atlas, 11 weitere sind zum grössten Teil ZAMBONINI entnommen. In Tabelle XII sind diese Kombinationen ähnlich wie beim Fluorit zusammengestellt, natürlich unter Berücksichtigung der Festsetzungen von Seite 422. Die Kombinationen umfassen 1—11 Formen. Dabei bilden die Kombinationen zu:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Formen
4.0	17.6	18.9	24.3	20.3	4.0	4.0	2.7	1.4	1.4	1.4	%

der Gesamtzahl aller Kombinationen. Die zu zwei, drei, vier und fünf Formen machen also miteinander mehr wie $\frac{4}{5}$ aus. Das Maximum liegt bei vier Formen; der Abfall nach den formenreicheren und formenärmeren Kombinationen erfolgt ungleich.

Durch relative Häufigkeit (13 mal) ist nur die Kombination Nr. 45: $\{011\} \cdot \{111\} \cdot \{131\} \cdot \{313\}$ ausgezeichnet. Im weiteren treten

No.	28	17	49	12	57
	7	5	4	3	3 Mal auf.

Zweimal erwähnt sind 12 Kombinationen. Die übrigen 56 Kombinationen sind alle einmalig.

An den 74 Scheelitkombinationen beteiligen sich 35 Formen. Aus Tabelle XIII ist ersichtlich, wie oft sie in Kombinationen zu 1, 2 u. s. w. Formen erscheinen. Der Einfachheit halber sind die Kombinationen zu 6—11 Formen in einer Kolonne zusammengefasst. Kolonne S enthält die Summe dieser Kombinationen, Kolonne P die Persistenzwerte. Letztere sind im allgemeinen niedriger als die entsprechenden F-Werte. Für die Formen niedrigerer Persistenz wird dies sofort verständlich, wenn man bedenkt, dass die Zahl der Kombinationen die Zahl der Fundorte um das $2\frac{1}{2}$ fache übertrifft. Die sieben Formen, die bei den Fundortspersistenzen obenanstehen, sind auch jetzt an der Spitze. Die Umstellungen für $\{011\}$ und $\{111\}$, sowie für $\{012\}$ und $\{001\}$ sind belanglos. Übrigens gehen auch weiterhin die Fundortspersistenzen den Kombinationspersistenzen in auffälliger Weise parallel. Man kann sogar — von vier Ausnahmen abgesehen — die Formen so nach abnehmender Fundortspersistenz ordnen, dass sie zugleich auch nach abnehmender Kombinationspersistenz geordnet sind. Zwei der Ausnahmen wurden oben genannt, eine ähnliche Umstellung zeigen $\{212\}$ und $\{311\}$. Beträchtlicher ist die vierte Persistenzverschiebung. Sie wird aus folgender Zusammenstellung ersichtlich:

	$\{112\}$	$\{142\}$	$\{416\}$	$\{015\}$	$\{031\}$	$\{515\}$	$\{110\}$	$\{227\}$	$\{010\}$
F	6.9	6.9	6.9	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
P	5.4	2.7	1.4	9.4	5.4	5.4	2.7	2.7	1.4

Im einzelnen fällt auf, dass sich unter den selbständigen Formen eine einfundortige befindet, nämlich {031}, und dass sich die einfundortigen Formen am häufigsten in den Kombinationen zu vier und mehr Formen einstellen. In den Kombinationen 68 und 74 treten sie zu zweien, in Kombination 69 zu vieren auf. Die Basis findet sich etwa in jeder dritten Kombination, am seltensten in vierzähligen, am häufigsten in den höchstzähligen Kombinationen. Demgegenüber sind {011} und {111} um so sicherer vorhanden, je höherzähliger die Kombination ist. Von den fünfzähligen Kombinationen ab fehlen sie überhaupt nicht mehr. Die andern Bipyramiden erster und zweiter Stellung sind am zahlreichsten in den Kombinationen zu vier Formen, während sich die Bipyramiden dritter Stellung mit steigender Zähligkeit der Kombination stark häufen, so dass sie bei den sechs- und höherzähligen Kombinationen im Mittel mehr wie die Hälfte der beteiligten Formen ausmachen.

Auf Grund der Kombinationspersistenz ist die Bewertung der charakteristischen Formen nicht mehr genau die gleiche wie nach der Fundortspersistenz. Ausser den Leitformen {011} und {111} gibt es keine eigentlich hochpersistenten Formen mehr. Die Persistenz von {131}, {001}, {012} und {313} liegt im Mittel bereits unter 35.

Der gleichartige Verlauf der F- und P-Kurven legt es indessen nahe, die Wichtigkeit der einzelnen Formen nach dem arithmetischen Mittel M der beiden Persistenzen zu bewerten. In der letzten Kolonne von Tabelle XIII sind diese M-Werte (auf ganze Zahlen auf- oder abgerundet) aufgeführt. Darnach hat man am Scheelit:

2	charakt. Leitformen:	{111}	{011},
3	„ Nebenleitformen:	{131}	{012} {001},
1	„ Spezialform:	{313},	
3	„ Ergänzungsformen:	{113}	{212} {311} und
41	individuelle Formen.		

An den Kombinationen, die mindestens dreimal aufgeführt sind, beteiligen sich keine individuellen Formen, ja nicht einmal die Ergänzungsformen {212} und {311}. Kombinationen ohne individuelle Formen gibt es nur unter den zu 1—6 Formen; und zwar machen sie davon genau die Hälfte aus. Die 7- und mehrzähligen Kombinationen enthalten durchschnittlich zwei bis drei individuelle Formen (Tabelle XII).

F. ZAMBONINI hat in seiner Notiz über den Scheelit von Traversella 310 Einzelkristalle auf die reelle Häufigkeit der verschiedenen Formen geprüft und folgende Zahlen erhalten:

Formen	Häufigkeit		Beteiligung an Komb.	
	absolut	in %	absolut	in %
{111}	310	100	22	100
{011}	81	26	14	64
{012}	21	7	10	45
{113}	18	6	8	36
{001}	10	3	4	18
{131}	4	1	3	14
{114}	4	1	1	5
{010} {338}	2	0,5	1	5
{120} {112} {227} {015} {046} {057} {416}	1	0,3	1	5

Diese Zahlen zeigen auffallende Unterschiede gegenüber den das allgemeine Verhalten charakterisierenden Formen und Persistenzen. Zunächst fällt auf, dass neben sechs bzw. fünf Bipyramiden erster bzw. zweiter Stellung nur zwei dritter Stellung genannt sind, wäh-

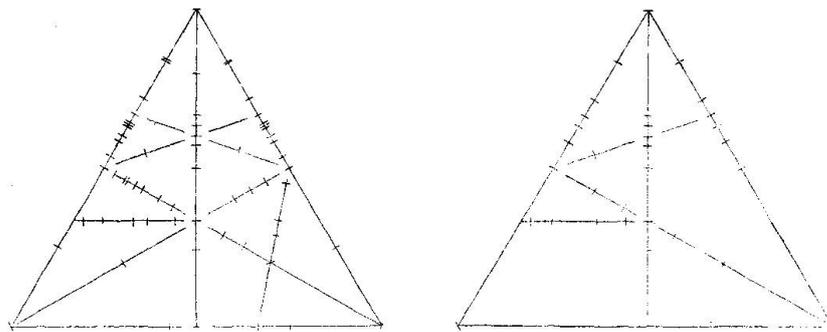


Fig. 5. Die Formen des Scheelits.
Allgemein Traversella

rend insgesamt für den Scheelit 8, 12 und 24 angegeben werden. Übrigens haben spätere Untersuchungen dieses Missverhältnis wesentlich korrigiert, so dass jetzt (vergl. Tabelle XI) von Traversella 7, 6 und 13 Bipyramiden bekannt sind. Eigentümlich für Traversella ist sodann, dass zufolge der reellen Häufigkeit einzig {111} als Leitform zu bewerten ist, {011} aber nur als Spezialform gelten kann und die übrigen Formen (nach ZAMBONINI 14) sämtlich individueller Natur sind. Einige Formen werden bei ZAMBONINI durch die Kombinationspersistenz mehr herausgehoben. Aber auch hiernach ist einzig {111} als Leitform zu bezeichnen. {011} und {012} bekommen den Rang von Nebenleitformen, {113} wird zur Spezialform, {001} und {131} sind Ergänzungsformen. Ganz abgesehen davon, dass die Formen {313}, {212} und {311}, die sich nach Tabelle XIII ebenfalls durch Mittelpersistenzwerte > 10 auszeichnen, an den 310 Kristallen

ZAMBONINI's überhaupt nicht vorhanden waren, haben die Kombinationspersistenzen von $\{113\}$, $\{001\}$ und $\{131\}$ in Traversella gerade die umgekehrte Reihenfolge wie in Tabelle XIII. In diesen Sonderheiten kommen die lokalen Einflüsse überzeugend zum Ausdruck, und es zeigt sich, dass an einem Fundort, dessen Formenfülle 50 % der

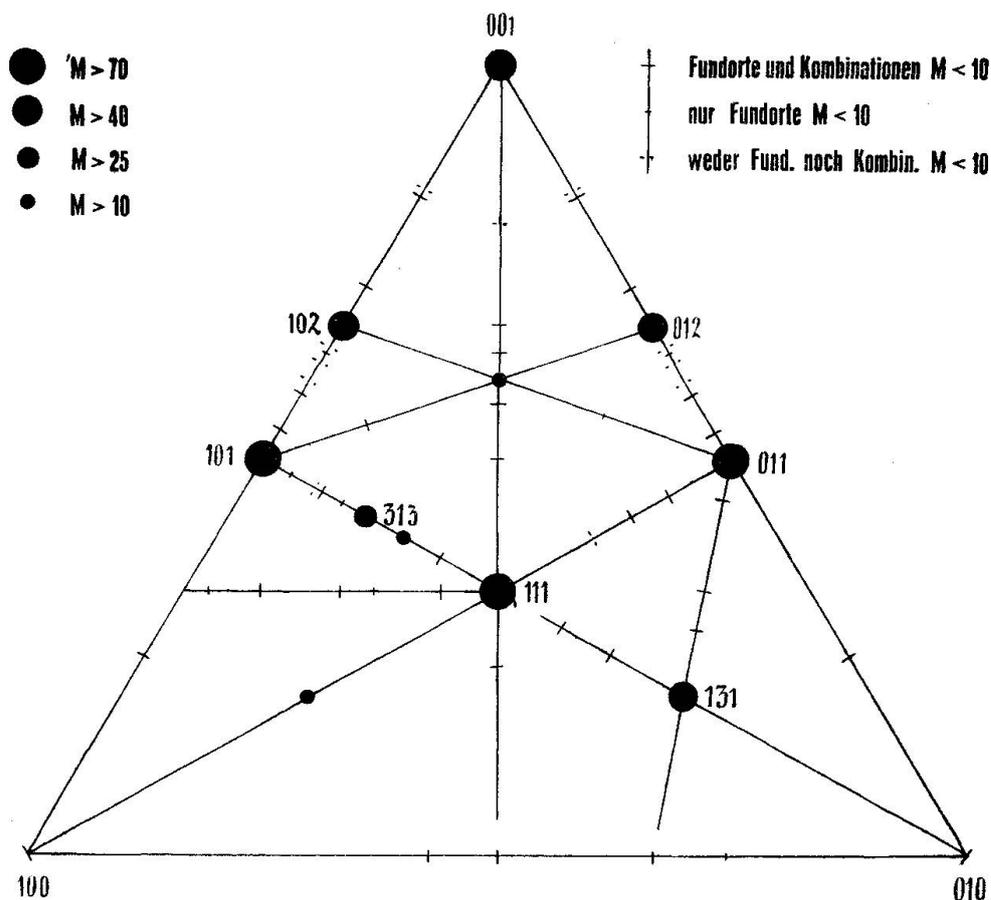


Fig. 6. Schematische Dreiecksprojektion der Scheelitformen.

Gesamtformenzahl des Minerals übersteigt, die morphologische Entwicklungstendenz von der allgemeinen Morphologie wesentlich abweichen kann. Zur Veranschaulichung dienen die beiden schematischen Dreiecksprojektionen von Fig. 5. Darnach gibt sich das Sonderverhalten von Traversella vor allem kund in der geringeren Entwicklung der Zonen $[011]$, $[121]$ und $[001]$. Die Zone $[112]$ ist in ihrem durch (111) gehenden horizontalen Stück wesentlich durch Traversella bedingt. $[110]$ und $[100]$ sind voll oder fast voll entwickelt, wenn von den Formen, die weder durch Fundorte noch durch Kombinationen belegt sind, abgesehen wird.

2. Die Zonen des Scheelits

a) Einfachster Zonenverband der Scheelitformen

Um einen Überblick über die Zonen des Scheelits zu erhalten, soll in ähnlicher Weise verfahren werden wie beim Fluorit.

Die Grosszahl der Scheelit-Formen gehört eindeutig drei bis vier Zonen an. Fig. 6, in der alle in Tabelle X verzeichneten Formen eingetragen sind, lässt [011], [100] und [110] sofort als die wichtigsten Zonen erkennen und zwar umfasst

- [10 $\bar{1}$] 17 Formen
010, 131, 121, 232, 111, 323, 212, 313, 414, 515, 616, 12.1.12,
101, 5 $\bar{1}5$, 3 $\bar{1}3$, 2 $\bar{1}2$, (1 $\bar{1}1^*$), 1 $\bar{3}1$
- [100] 12+2 Formen
010*, 031, 011*, 078, 057, 023, 035, 047, 0.9.16, 012, 025
015, 0.3.16, 001
- [1 $\bar{1}0$] 8+2 Formen
110, 885, 111*, 112, 338, 113, 227, 114, 118, 001*.

Über die Einzelheiten dieser Darstellung vergleiche S. 403. Nach Zahl der Flächen schliessen sich an:

- [11 $\bar{2}$] mit 6+4 Formen, nämlich: 1 $\bar{1}0^*$, 3 $\bar{1}1^*$, 21.1.11, 714, 312, 735,
756, 111*, 153, 1 $\bar{3}1^*$
- [12 $\bar{1}$] „ 4+6 „ „ : 2 $\bar{1}0$, 3 $\bar{1}1^*$, 4 $\bar{1}2$, 5 $\bar{1}3^*$, 15.1.13, 101*,
416, 113*, 012*, 1 $\bar{1}1^*$
- [21 $\bar{1}$] „ 1+5 „ „ : 1 $\bar{1}1^*$, 3 $\bar{1}5$, 102*, 113*, (135*), 011*,
1 $\bar{3}1^*$.

Alle Scheelitformen werden erfasst, wenn noch [001] mit 2+3 Formen (nämlich 100*, 430, 110*, 120*, 130 ...) hinzugenommen wird. Auf den drei erstgenannten Zonen liegen 74 % aller Formen. Würde man noch [001] dazurechnen, so dass man alle Zonen hätte, die zum kubischen Komplex [001] und [011] zusammengehören, so wären genau 80 % aller Formen erfasst.

Wiederum ist es wichtig, zu betonen, dass die flächenreichsten Zonen durch die persistentesten Formen bestimmt werden. So enthalten:

- [011], [211] und [121] je die beiden Leitformen und eine oder zwei Nebenleitformen,
[100] eine Leitform und zwei Nebenleitformen,
[110] und [112] eine Leitform und eine Nebenleitform,
und das sind die einzigen Zonen, welche durch Leitformen und eine

oder mehrere Nebenleitformen bestimmt werden können. $[001]$ passt nicht in diesen Rahmen hinein. Andere Zonen sind entschieden wichtiger, doch musste $[001]$ bei der obigen Aufteilung gewählt werden, um die noch verbleibenden Formen $\{430\}$ und $\{120\}$ in einfachster Weise zu erfassen.

Die genannten sieben Zonen bilden nicht das einzige Septupel, das alle 50 Formen umfasst. Man hätte z. B. $[21\bar{1}]$ durch $[310]$ ersetzen können u. s. w.

b) Am Scheelit als Kanten entwickelte Zonen

Die 93 Scheelitfiguren des Atlas wurden ähnlich wie die Fluoritfiguren auf die Art und Zahl der vorhandenen Kantenrichtungen geprüft. Zur Untersuchung eigneten sich 67 Figuren. Sie stellen 52 verschiedene Kantenkombinationen dar. In Tabelle XIV sind sie in gewohnter Art notiert. Keine Figur enthält nur eine Kantenart. Zwei ist die Mindest-, fünfzehn die Höchstzahl. Am zahlreichsten sind die Kombinationen zu sechs und acht Kantenarten. Abgesehen von den ganz höchstzähligen Kombinationen, sind die zu vier Kanten am seltensten.

An den 52 Kombinationen der Tabelle XIV beteiligen sich 53 verschiedene Kantenarten. Sie sind in Tabelle XV zusammengestellt. Davon sind

12	von	der	Form	$[uv0]$
5	„	„	„	$[0uv]$
6	„	„	„	$[uuv]$

30 haben allgemeine Lage (15 einer Links-, 15 einer Rechtsform entsprechend). Fluorit gegenüber liegen demnach die Verhältnisse ziemlich anders. Indessen geht auch hier die Mehrzahl der Kanten den einfachsten Flächen parallel, nämlich

$\{100\}$	$\{110\}$	$\{001\}$	$\{011\}$	$\{111\}$	
6	7	12	17	11	Zonen.

Da sich die 52 Kantenkombinationen auf 67 Figuren verteilen, ist es zum vorneherein wahrscheinlich, dass keine Kombination besonders häufig auftreten wird. In der Tat wiederholen sich nur zwei (Nr. 8 und 38) je viermal; Nr. 10, 12 und 21 finden sich bei je drei, Nr. 1, 27 und 40 bei je zwei Bildern. Die übrigen 44 Zonenkombinationen sind alle nur einmalig.

Tabelle XIV. Die Kantenkombinationen der Scheelitfiguren des Atlas

Nr.	Zahl der Kanten	Kombinationen								Nr. der Figuren	
1	2	010	111							4, 50	
2	2	010	113							90	
3	2	010	221							21	
4	2	010	551							12	
5	2	011	110							28	
6	2	021	110							27	
7	3	010	011	031						68	
8	3	010	011	110						1, 2, 13, 38	
9	3	010	111	221						24	
10	3	010	111	551						10, 23, 26	
11	3	011	021	110						43	
12	4	010	011	110	111					5, 45, 85	
13	4	010	011	110	551					44	
14	4	010	011	310	233					37	
15	5	010	011	021	110	111				48	
16	5	010	011	110	111	221				32	
17	5	010	011	110	121	211				76	
18	5	010	011	310	111	211				19	
19	5	010	110	111	121	211				51	
20	5	011	110	121	211	221				42	
21	6	010	011	110	130	111	121			11, 39, 49	
22	6	010	011	110	210	111	122			29	
23	6	010	011	110	310	111	233			93	
24	6	010	011	110	121	211	221			16	
25	6	010	011	110	451	541	551			25	
26	6	010	011	310	111	121	551			22	
27	6	011	110	310	111	112	121			17, 34	
28	6	011	110	130	310	111	112			18	
29	7	010	011	013	110	130	121	211		65	
30	7	010	011	021	110	120	121	221		15	
31	7	010	011	110	130	310	121	211		69	
32	7	010	011	110	130	111	121	211		75	
33	7	010	011	110	130	111	121	221		73	
34	7	010	011	110	130	121	211	221		31	
35	7	010	011	110	310	111	221	233		39	
36	8	010	011	041	110	352	532	752	13.5.2	64	
37	8	010	011	110	120	130	210	111	121	88	
38	8	010	011	110	130	310	111	121	233	7, 36, 40, 41	
39	8	010	011	110	130	111	121	431	433	55	
40	8	010	011	110	130	121	211	221	521	9, 20	
41	8	010	011	110	210	310	111	122	233	30	
42	8	010	011	130	111	121	122	233	365	54	
43	8	010	110	130	111	121	177	323	356	70	
44	9	010	011	110	130	210	310	121	122	233	61
45	9	010	011	110	130	310	111	121	221	233	72
46	9	011	110	130	111	112	121	133	233	569	77

Nr.	Zahl der Kanten	Kombinationen										Nr. der Figuren					
		010	011	110	130	150	310	111	112	121	121						
47	10	010	011	110	130	150	310	111	112	121	233	47					
48	10	010	011	110	130	310	510	111	121	233	455	52					
49	11	010	011	110	120	130	310	121	211	221	521	543	66				
50	13	010	011	110	130	310	111	121	211	221	334	354	454	455	58		
51	13	011	110	170	310	320	570	111	121	155	212	311	618	23.13.16	78		
52	15	010	011	041	110	130	140	310	111	121	131	211	213	221	311	233	60

In Kolonne I a und I b von Tabelle XV ist vermerkt, wie oft jede Kante absolut und prozentual vorhanden ist. Darnach sind am wichtigsten die Kanten

011	100	110	111	121	130	310	221	211	233
mit den Persistenzen									
83	85	79	58	54	40	35	27	25	23

Die ersten drei Kantenrichtungen sind genau dieselben, die auch oben, S. 436, voranstanden, als es sich darum handelte, alle Formen des Scheelits durch möglichst wenig Zonen zu erfassen. Weiterhin machen sich aber starke Unterschiede bemerkbar. Die Zone [111], welche in der Projektion (Fig. 6) gar nicht hervortritt, ist an den Bildern des Atlas sehr häufig (als Polkante von {011}); [112], oben an vierter Stelle genannt, findet sich nur an vier Figuren. Die letzte der S. 436 genannten Zonen, [001], tritt überhaupt nicht als Kante auf.

c) Morphologisch wichtige Zonen. Zonengewicht

Die morphologische Bedeutung aller dieser Zonen ist in Tabelle XV (Kolonne II a, II b) durch die totale Zahl der zu je einer Richtung parallelen Kanten und Flächen zum Ausdruck gebracht. Wie schon in Tabelle VIII, so sind auch hier die Summen der II a- und II b-Werte in übersichtlichere Verhältniszahlen umgerechnet (Kolonne II c). Ferner sind in I c die den Kantenpersistenzen entsprechenden Verhältniszahlen mitgeteilt. I c und II c zeigen noch weitergehende Übereinstimmung, als dies beim Fluorit der Fall war. Es lassen sich nämlich die Kantenrichtungen so nach fallenden I c-Werten ordnen, dass sie bis auf drei ganz unbedeutende Ausnahmen ([010] [011], [111] [121], [120] [455]) zugleich nach fallenden II c-Werten geordnet sind. Es fällt aber die II c-Reihe viel rascher und stärker ab, als die I c-Reihe. Erscheinen [011], [010] und [110] als Kantenrichtungen fast an

Tabelle XV. Kanten der Scheelitfiguren des Atlas

Kantensymbole	I ^a	I ^b	I ^c	II ^a	II ^b	II ^c	Kantensymbole	I ^a	I ^b	I ^c	II ^a	II ^b	II ^c
	Zahl der Kanten- kombinationen	Kanten- persistenz	Verhältniszahlen der Kanten- persistenzen	Zu einer Richtung parallel	Zu einer Richtung parallel	Verhältniszahlen der Mittelwerte von II ^a u. II ^b		Zahl der Kanten- kombinationen	Kanten- persistenz	Verhältniszahlen der Kanten- persistenzen	Zu einer Richtung parallel	Zu einer Richtung parallel	Verhältniszahlen der Mittelwerte von II ^a u. II ^b
010	44	84.6	100.0	230	302	76.44	155	1	1.9	2.3	2	4	.86
110	41	78.8	93.2	130	234	52.30	177	1	1.9	2.3	2	4	.86
120	3	5.8	6.8	4	8	1.72	211	13	25.0	29.5	36	72	14.94
130	21	40.4	47.7	52	100	21.84	212	1	1.9	2.3	2	4	.86
140	1	1.9	2.3	2	4	.86	213	1	1.9	2.3	2	4	.86
150	1	1.9	2.3	2	4	.86	233	12	23.1	27.3	26	52	11.21
170	1	1.9	2.3	2	4	.86	311	2	3.9	4.5	4	8	1.72
210	4	7.7	9.1	10	20	4.31	323	1	1.9	2.3	2	4	.86
310	18	34.6	40.9	42	88	18.68	352	1	1.9	2.3	2	4	.86
320	1	1.9	2.3	2	4	.86	354	1	1.9	2.3	2	4	.86
510	1	1.9	2.3	2	4	.86	356	1	1.9	2.3	2	4	.86
570	1	1.9	2.3	2	4	.86	365	1	1.9	2.3	2	4	.86
111	30	57.7	68.2	70	130	28.74	431	1	1.9	2.3	2	4	.86
112	4	7.7	9.1	6	12	2.58	433	1	1.9	2.3	2	4	.86
113	1	1.9	2.3	2	4	.86	451	1	1.9	2.3	2	4	.86
221	14	26.9	31.8	32	60	13.22	454	1	1.9	2.3	2	4	.86
334	1	1.9	2.3	2	4	.86	455	2	3.9	4.5	6	12	2.58
551	5	9.6	11.4	10	20	4.31	521	2	3.9	4.5	2	4	.86
011	43	82.7	97.8	294	402	100.00	532	1	1.9	2.3	2	4	.86
013	1	1.9	2.3	2	4	.86	541	1	1.9	2.3	2	4	.86
021	4	7.7	9.1	8	16	3.44	543	1	1.9	2.3	2	4	.86
031	1	1.9	2.3	2	4	.86	569	1	1.9	2.3	2	4	.86
041	2	3.9	4.5	4	8	1.72	618	1	1.9	2.3	2	4	.86
121	28	53.8	63.6	86	154	34.48	752	1	1.9	2.3	2	4	.86
122	4	7.7	9.1	8	16	3.44	13.5.2	1	1.9	2.3	2	4	.86
131	1	1.9	2.3	2	4	.86	23.13.16	1	1.9	2.3	2	4	.86
133	1	1.9	2.3	2	4	.86							

gleich vielen Kristallbildern, so ist doch der morphologische Reichtum der zwei letzteren Zonen vielmal geringer. In der II c-Reihe steht daher [011] allen übrigen Zonen voran. Als Merkwürdigkeit sei erwähnt, dass die II c-Werte der drei letztgenannten Zonen fast im gleichen Verhältnis zueinander stehen, wie die Zahlen der ihnen angehörenden Formen (vergl. S. 436).

Um die S. 414 aufgestellte Formel auch am Scheelit zu prüfen, sind die Gewichte für zahlreiche Zonen berechnet worden, vorab für jene 10 Zonen, welche sich bei der bisherigen Diskussion immer als die wichtigsten ergaben, sodann auch für jene, die mehr als einmal als Kante ausgebildet sind, und endlich noch für einige andere, die besonders interessant erschienen. Die Ergebnisse (absolut und in den üblichen Verhältniszahlen = G_3) sind in Tabelle XVI zusammengestellt. Zum Vergleich sind darin auch die Verhältniszahlen der Kolonnen I c und II c von Tabelle XV aufgenommen.

Wiederum sind [011], [010] und [110] die wichtigsten Zonen, doch ist ihr gegenseitiges Verhältnis einerseits ausgeglichener als bei II c, andererseits abgestufter als bei I c. (An der Spitze steht [010] nicht [011] wie bei II c.) Diesen Zonen schliesst sich in ziemlichem Abstand [121] an. Mit wesentlich geringerer Bedeutung folgen [211], [130] und [112]. Mit Ausnahme von [001] — vor dieser Zone kommen noch [111], [321], [310], [221] und [233] — sind das die S. 436 f. gebrauchten Zonen.

Aus den drei Gewichten G_1 , G_2 , G_3 ist ein Mittelgewicht G_M gebildet worden. Darnach sind die Zonensymbole in Tabelle XVI geordnet.

Tabelle XVI. Zahlenmässige Bewertung wichtiger Scheelitzonen

Zonen- symbol	Werte		Berechnetes Zonengewicht G	Verhältniszahlen für G G ₃	Mittel von G ₁ , G ₂ , G ₃ G _M	Zahl der	
	I°	II°				Flächen	Formen
	von Tab. XV.						
	G ₁	G ₂					
011	97.8	100.0	66.1	88.6	95.5	36	17
010	100.0	76.4	74.7	100.0	92.1	52	14
110	93.2	52.3	60.6	81.9	75.8	36	10
121	63.6	34.5	29.6	39.1	45.7	20	10
111	68.2	28.7	13.5	18.1	38.3	12	5
130	47.7	21.8	14.4	20.7	30.1	16	5
310	40.9	18.7	11.0	14.7	24.8	14	5
211	29.5	14.9	18.8	25.2	23.2	14	6
221	31.8	13.2	8.1	10.9	18.6	16	7
233	27.3	11.2	6.7	9.0	15.8	8	4
112	9.1	2.6	14.7	19.7	10.5	20	10
210	9.1	4.3	3.4	4.6	6.0	12	4
551	11.4	4.3	0.5	0.7	5.5	6	2
321	—	—	11.1	14.9	5.0	8	4
122	9.1	3.4	1.4	1.8	4.8	6	3
120	6.8	1.7	3.9	5.2	4.6	6	2
021	9.1	3.4	0.3	0.4	4.3	16	7
311	4.5	1.7	3.7	5.0	3.7	10	5
431	2.3	0.9	3.9	5.2	2.7	6	2
455	4.5	2.6	0.3	0.4	2.5	6	3
041	4.5	1.7	0.6	0.8	2.3	8	3
001	—	—	4.0	5.4	1.8	20	5

d) Charakteristik der Scheelitzonen

Die Zonen des Scheelits lassen sich etwa folgendermassen kennzeichnen: Die Kanten der Spaltform {111} und die Randkanten der gewöhnlichsten Wachstumsform {011} kehren an den Scheelitkri-

stallen durchschnittlich am häufigsten wieder. Die Polkanten der letztgenannten Form sind erheblich seltener als die Randkanten. Die nächst wichtigen Kantenrichtungen, [121] und [130], sind durch {131} bedingt. Ihnen gegenüber tritt wegen der Paramorphie das korrele Zonenpaar [211] und [310] mehr oder weniger zurück. [221] ist Polkante von {012}, [233] Schnittlinie von (313) mit (011).

Morphologisch treten diese Kanten sehr verschieden hervor. Durch Länge fallen wohl nur [111] und [011] (je nach Habitus) auf, vielleicht noch [010]. [110] ist selten lang, höchstens dann, wenn zu herrschendem {111} flachere Formen von guter Entwicklung hinzukommen (z. B. Fig. 76 des Atlas). Häufigkeit und Länge decken sich demgemäss nicht vollständig. — Kontinuierliche Entwicklung ringsherum wird (ausser bei [010], wo sie nie fehlt, wenn die Basis mit herrschendem {011} kombiniert ist) bloss vereinzelt wahrgenommen (z. B. [110] an Fig. 1, 2, [011] an Fig. 18 und 45 und [111] an Fig. 50 des Atlas). [011] zeichnet sich aus durch die relativ grosse Zahl von Flächen, die in gewissen Zonenstücken lückenlos aufeinander folgen und sich in zahlreichen enggescharten, parallelen Kanten schneiden. Dass [111] kaum anders denn als Schnittlinie zweier {011}-Flächen erscheinen kann, ergibt sich mit aller Deutlichkeit aus der Dreiecksprojektion (Fig. 6). Fig. 18 und 50 des Atlas sind darum als Seltenheiten anzusprechen.

Mit dieser Charakteristik stehen die II a- und II b-Werte von Tabelle XV in interessantem Zusammenhang. Das Verhältnis von Kantenzahl zu Flächenzahl ist bei [010] mit 76 % und bei [011] mit 73 % am grössten. Das günstige Verhältnis der [001]- und [111]-Zone des Fluorits (94 % bzw. 95 %) wird also beim Scheelit nicht im entferntesten erreicht. Die Scheelitzonen sind im Mittel überhaupt recht flächen- und kantenarm. Dividieren wird (Tabelle XV) die Kanten- und Flächenzahlen der drei wichtigsten Zonen durch die Zahl der Kombinationen, an denen sie festgestellt wurden, so entfallen auf

Zone	[010]	[011]	[110]	
	5,2	6,5	3,2	Kanten
	6,8	8,9	5,7	Flächen.

Das alles zeigt von neuem, dass eine Zone nur dann häufig als Kante erscheinen kann, wenn sie hochpersistente Formen enthält, die keine zu grossen Winkel untereinander einschliessen. Zur ringsum kontinuierlichen Entwicklung sind also mehrere hochpersistente Flächen erforderlich, die gleichmässig und in nicht zu grossen Abständen über den Zonenkreis verteilt sind. Solche Flächen werden

manchmal ziemlich breit sein und darum im Beobachter das Gefühl der Kontinuität nicht aufkommen lassen. Dieses letztere stellt sich erst dann ein, wenn zahlreiche, mehr langgestreckte als breite Fazetten aufeinanderfolgen, so dass eng beisammenliegende Schnittkanten resultieren. Eine derartige Zone verlangt ausser hochpersistenten Flächen, die relativ dicht beieinanderliegen, noch viele dazwischenfallende Flächen mittlerer bis niedriger Persistenz in regelmässiger Verteilung und nicht zu geringer Zahl.

Für ringsherum entwickelte Zonen, wie für Zonen mit fazettenreichen Abschnitten liefert unsere Formel relativ hohe Werte. Doch wird es kaum möglich sein, auf Grund der fertig vorliegenden Resultate etwas Eindeutiges über das Aussehen der Zone zum Voraus angeben zu können. Beim Scheelit haben, wie der Tabelle XVI zu entnehmen ist, nur [110], [010] und [011] hohe Gewichte. Alle drei Zonen sind denn auch an gewissen Figuren durch mehrere lange, schmale Flächen ausgezeichnet, dabei ist aber [011] niemals ringsum geschlossen, sofern wenigstens nur ideale Gestalten in Betracht gezogen werden. Dass das Studium der vorkommenden Streifungen, Wölbungen, Lichtfiguren u. s. w. gerade für diese Zwecke wichtig wäre, sei nur nebenher gesagt.

Die in Tabelle XVI zusammengestellten Zonen-Gewichte (G) bzw. ihre Verhältniszahlen (G_3) stehen nicht in einfacher Beziehung zu G_1 und G_2 . Wohl ist G_3 nie gross, wenn G_1 und G_2 klein sind, aber, wie etwa [112] und [210] beweisen, können die G_3 -Werte einen ganz andern Verlauf nehmen als die G_1 - und G_2 -Werte. Dass Zonen, die nicht als Kanten festgestellt wurden, trotzdem G_3 -Werte ergeben, liegt in der Natur der Sache. Wichtig ist nur, dass sie verhältnismässig kleine Gewichte haben. Schönste Beispiele sind [001] und [321]; erstere Zone mit zahlreichen, aber unbedeutenden Flächen, letztere mit wenigen Flächen, darunter aber zwei hochpersistenten {111}-Flächen. Das grösste Gewicht hat [100]. Die sehr grosse Zahl von Flächen, die dem vollen Zonenkreis angehören, machen dies verständlich. [011] hat wohl noch mehr hochpersistente Flächen (dadurch wird der Zähler in der Formel grösser als für [010]), aber die Gesamtzahl der Flächen ist viel kleiner als bei [010] (der Nenner unserer Formel ist also grösser als für [010]), und darum ist das Gewicht von [010] schliesslich kleiner als das von [100]. Ähnlich erklären sich auch andere auffallende G_3 -Werte, z. B. [211].

Bei diesen Berechnungen ist es wichtig, die Reihenfolge der Flächen rasch und sicher zu finden. Man kann ähnlich wie beim Fluorit verfahren, nur ist der Einfluss der Paramorphie zu berücksichtigen. Gilt es etwa [121] zu untersuchen, so erkennt man auf Grund einer stereographischen Projektionsskizze sehr leicht $(2\bar{1}0) : (0\bar{1}2)$, $(0\bar{1}2) : (\bar{1}01)$ und $(\bar{1}01) : (\bar{2}10)$ als aufeinanderfolgende Zonenstücke. Dreht man die Projektionsskizze so, dass jedes Zonenstück

der Reihe nach in den ersten Oktanten hereinfällt, so erhält man die Abschnitte:

$$(120) : (102), (012) : (101), (011) : (120),$$

welche in der Dreiecksprojektion sofort zu finden sind. Der halben Zone entspricht allgemein kein geschlossener Linienzug; geschlossene Dreiecke ergeben sich nur noch für die Zonen $[u\ u\ v]$, ($u \geq v$).

e) Morphologie und Struktur

Die Struktur des Scheelits ist noch nicht vollständig erforscht. Bezogen auf ein Elementarparallelepiped, dessen Kanten den üblichen Scheelitachsen parallel gehen, scheint sowohl für die Ca- wie für die W-Atome ein tetragonal deformiertes Diamantgitter vorzuliegen. Anfangspunkt ist $[[000]]$ bzw. $[[00\frac{1}{2}]]$. Die O-Atome liegen bisphenoidisch um die W-Atome herum, positiv gestellt in der einen, negativ in der benachbarten (001)-Schicht. Ihre Lage ist allgemeiner Art, aber noch nicht endgültig bestimmt. Sie bleiben hier am besten unberücksichtigt.

Die kürzesten Atomabstände haben wir parallel den $[100]$ -Richtungen. Hier wechseln Ca- und W-Atome gleichmässig miteinander ab (im gegenseitigen Abstand von 0,5 Einheiten). Nur wenig grösser sind die Punktabstände parallel $[111]$, wo W—Ca—Ca—W—W—Ca—Ca—W—W—... je in einem Abstand von 0,52 Einheiten aufeinander folgen. Längs $[110]$ und $[001]$ haben benachbarte Punkte ebenfalls fast identische Abstände:

$$\begin{aligned} [110] &= \text{Ca} - \text{Ca} - \text{Ca} - \dots = \text{W} - \text{W} - \text{W} \dots \text{W} = 0,71 \\ [001] &= \text{Ca} - \text{W} - \text{Ca} - \text{W} - \dots = 0,71 \end{aligned}$$

Weiter ist z. B.

$$\begin{aligned} [011] &= \text{Ca} - \text{Ca} - \text{Ca} - \dots = \text{W} - \text{W} - \text{W} - \dots = 0,91 \\ [210] &= \text{Ca} - \text{W} - \text{Ca} - \text{W} - \dots = 1,12 \\ [121] &= \text{Ca} - \text{Ca} - \text{Ca} - \dots = \text{W} - \text{W} - \text{W} - \dots = 1,36 \end{aligned}$$

Allgemein gilt folgendes:

Ein Zonenindex ungerade: Ca und W wechseln im Abstand $\frac{1}{2}\sqrt{u^2+v^2+w^2} \cdot c^2$ regelmässig miteinander ab.

Zwei Zonenindizes ungerade: Ca- und W-Geraden mit dem Parameter $\frac{1}{2}\sqrt{u^2+v^2+w^2} \cdot c^2$ wechseln miteinander ab.

Alle Zonenindizes ungerade: Bei durchgehend konstantem Abstand folgen auf zwei Ca-Punkte zwei W-Punkte u. s. w. Gleichartige Punkte haben also ungleichartige Entfernungen voneinander, die sich wie 1:3 verhalten.

Wegen der kurzen Punkt-Abstände sind die hohen Gewichte von $[011]$, $[100]$ und $[110]$ ohne weiteres verständlich. Wenn $[001]$ trotz der dichten Belastung der parallelen Punktreihen als Zone ganz unbedeutend ist, so liegt der Grund vielleicht darin, dass die Bindungen nicht direkt, sondern irgendwie kettenartig über benachbarte Atome, also längs andern Richtungen erfolgen. Auch die Bedeutungslosigkeit von $[210]$ als Kantenrichtung dürfte mit den Sta-

bilitätsverhältnissen der zugeordneten Punktreihe in Beziehung stehen. Es fällt nämlich auf, dass von den acht wichtigsten Kanten einzig [100] zwei gerade Indizes hat. Symbole mit zwei ungeraden Indizes herrschen überhaupt vor. In Tabelle XV haben von 53 Kanten

- 33 zwei ungerade,
- 12 zwei gerade und
- 8 lauter ungerade Indizes.

Daraus folgt, dass die Gittergeraden mit zweierlei Atomarten, insbesondere die kompliziert gebauten des [111]-Typus, weniger stabil sind als die Gittergeraden mit einerlei Atomen, und es wird verständlich, dass auch die [221]-Zone, deren Punktabstände nur 1,61 Einheiten betragen, als Kante seltener ist wie [310] und [130], denen Punktabstände von 1,58 Einheiten zukommen.

Der Zusammenhang zwischen Morphologie und Struktur wäre demnach ziemlich einfach: Allen wichtigen Kantenrichtungen entsprechen kurze bis sehr kurze Atomabstände gleichwertiger Atome. Dicht besetzte Gittergeraden aber, denen keine wichtigen Kanten parallel gehen, dürften wegen des Wechsels von Ca- und W-Atomen (grosser Gewichtsunterschied) weniger stabil sein.

III. BROOKIT

1. Die Formen des Brookits¹⁾

a) Übersicht und Diskussion

Die Morphologie des Brookits wird im folgenden auf das Achsenverhältnis

$$a:b:c = 0,8412:1:0,9444$$

bezogen. Das ist insbesondere bei der Transformation der LÉVY-schen Symbole bei DESCLOIZEAUX (und bei der französischen Literatur überhaupt) zu beachten, wo die c-Achse halbiert ist.

Die Formen, die ich bei GOLDSCHMIDT u. s. w. verzeichnet fand, sind in Tabelle XVII nach Pinakoiden, Prismen und Bipyramiden

¹⁾ Gerade einen Monat, bevor ich diese Arbeit bei der Redaktion der S. M. P. M. einreichte, übergab W. Arnold, Leipzig, der Redaktion der Zeitschrift für Kristallographie seine „Beiträge zur Kenntnis des Brookit in morphologischer und optischer Hinsicht“ (erschienen in Bd. 71, S. 344 ff.). Bezüglich der Formenstatistik bestehen weitgehende Ähnlichkeiten. Ich trug mich daher mit dem Gedanken, diesen dritten Teil meiner Untersuchungen nicht zu veröffentlichen. Da aber die Fragestellung hier wie dort nicht die gleiche ist, glaubte ich schließlich, auf die Publikation der nachstehenden Zusammenstellungen nicht verzichten zu sollen.

lichen Formenverzeichnis zusammengestellten Formen gekennzeichnet. Formen, die bei DANA fehlen, sind mit *) versehen.

Brookit zeichnet sich nicht durch eine besonders grosse Formen-
zahl aus. Im Text-Bd. I von V. GOLDSCHMIDT's Atlas der Kristall-
formen sind für Brookit 58 Formen angegeben. Gegenüber Baryt
mit 283 Formen oder Topas mit 266 Formen tritt also Brookit ziem-
lich zurück. Immerhin wird er unter den 192 bei GOLDSCHMIDT auf-
geführten rhombischen Mineralien nur von 12 an Formenmannig-
faltigkeit übertroffen, nämlich von

Baryt	mit	283	Formen	Coelestin	mit	96	Formen
Topas	„	266	„	Hemimorphit	„	94	„
Aragonit	„	165	„	Cerussit	„	88	„
Stephanit	„	154	„	Manganit	„	65	„
Antimonit	„	127	„	Skleroklas	„	60	„
Bournonit	„	122	„	Anglesit	„	59	„

Im Ganzen sind die rhombischen Mineralien merkwürdig formen-
arm. Das Mittel liegt knapp über 22. Gut 45 % der Mineralien haben
sogar weniger wie neun Formen, indem bei

87 Mineralien	1 — 9	Formen
52 „	10 — 19	„
17 „	20 — 29	„
13 „	30 — 39	„
6 „	40 — 49	„
5 „	50 — 59	„

beobachtet wurden.

- Bei den 61 Symbolen, die in Tabelle XVII notiert sind, fällt auf
- a. dass komplizierte Indizes relativ häufig sind, indem Zahlen höher wie 6 bei ca. $\frac{2}{5}$ aller Formen auftreten;
 - b. dass der erste Index viel häufiger ungerade ist (45 gegenüber 16), während umgekehrt in etwa $\frac{3}{7}$ aller Fälle der zweite und dritte Index gerade sind. Die Verdopplung des ersten Index würde eine Vereinfachung von 24 Symbolen ermöglichen, 7 weitere Symbole, deren erster Index 0 ist, blieben unverändert, auch 100 würde nicht verändert werden, 29 gestalteten sich aber komplizierter. Im Ganzen würde kaum etwas gewonnen. Jedenfalls kämen Zahlen höher wie 6 immer noch bei 22 Symbolen vor.

Die komplizierten Indizes legen es nahe, für jene Formen, die durch höchstens zwei Fundorte belegt sind, die erreichbaren Literaturvermerke beizubringen. Auf die Diskussion konnte ich mich aber nur selten einlassen, da zuverlässige Bemerkungen über die Güte der Messungen fast durchwegs fehlen. Auch müsste man in jedem ein-

zelenen Falle wissen, welche genauen Achseneinheiten für die verschiedenen Fundorte und Ausbildungstypen gelten. Überhaupt wäre es wichtig, einmal die Reflexbilder der wichtigsten Formen genau zu untersuchen.

0 1 1

Lit. 40, S. 544. K a m e n k a (Orenburg, Ural). „... an zwei vorzüglichen, schwarzen, 2–3 mm grossen Kristallen die Kombination {010} {011} {110} {210} {122} gemessen.“ (011): (010) = $46^{\circ} 41' 15''$ gemessen, $46^{\circ} 39' 20''$ berechnet.

Lit. 14. A r k a n s a s. Nach Angaben der Winkeltabelle Bd. II, S. 204 ist:

	Berechnet:	Gemessen: (Descloizeaux)
(011): ($\bar{1}$ 11) =	86°44'	86°31'
(011): (010) =	46 38	46 45
(011): (100) =	43 22	43 16

0 1 2

M a g n e t - C o v e. C. Hintze (I. 2, S. 1560) und V. Goldschmidt (Atlas der Kristallformen, Text-Bd. I, S. 238) verweisen auf Lit. 79, S. 243. {012} scheint also einzig durch die Privatmitteilung G. H. Williams an E. Dana in die Literatur eingeführt worden zu sein.

0 8 9

C h e s t e r f i e l d. Am sogenannten Eumanit festgestellt. Nach C. Hintze (I. 2, S. 1562) sind „die Messungen ungenau“. Vergl. Fig. 31 im Atlas. Bei Descloizeaux (Lit. 14, Bd. II, S. 208) sind mehrere Formen von diesem Fundort angegeben, so z. B. $e^{3/5} = (056)$. Diese Form ist vicinal zu $e^{9/16} = \{089\}$. Nach der Winkeltabelle im Manuel hat Shepard (010): (0k1) = $52^{\circ} 40'$ gemessen. Nimmt man mit Descloizeaux $e^{1/2} \cdot g^1 = (011): (010) = 46^{\circ} 38'$ an, so ergibt sich für k/1 der Wert 0,8173. Man sieht daraus, dass {056} die bessere Annäherung ist als {089}. Noch besser wäre {0.9.11}. Es hat aber keinen Sinn, neue Symbole aufzustellen, überhaupt möge es, da {056} nirgends verzeichnet ist, mit {089} sein Bewenden haben.

1 0 1

Lit. 66, S. 429. B r i n d l e - T o w n. Neu. An einem kleinen Kristall bestimmt.

1 0 1	Beobachtet:		Berechnet:	
	φ	ϱ	φ	ϱ
	89°57'	48°18'	90°0'	48°17 $\frac{1}{2}$ '

3 0 5

Lit. 38, S. 468 f. D a t t a s (Bras.). „Schwarzer Kristall.“

	Gemessen:	Berechnet:
(3 0 5): ($\bar{3}$ 0 5)	68° 5'	67° 54'
(3 0 5): (1 0 0)	55 57	56 31

1 2 0

Lit. 13, S. 624. M a g n e t - C o v e. „Zu den bekannten Flächen fand der Verfasser noch die neue φ {120}. ... gemessen wurde (120): ($\bar{1}$ 20) = $62^{\circ} 01'$ (berechnet nach v. Kokscharow $61^{\circ} 26'$).“

710

Lit. 51, S. 421. Ural. „... neu, ... bloss an einem Kristalle, starke Vertikalstreifung. Messungen keine angegeben.“

Lit. 19, Ref. Companhia,¹⁾ Lençoes, Bahia (Bras.). „Ein flächenreicher, nach {001} tafliger Brookit von Companhia, Brasil., ergab ... {710} ...“ (ohne Messungsangaben).

910

Lit. 39. Miask. „... an einigen kleinen Kristallen ... {910} beobachtet. {910} ist für den Brookit neu.“

	Beobachtet:	Berechnet:
(1 0 0) : (9 1 0)	5° 19' 55"	5° 20' 32"
(1 1 0) : (9 1 0)	34 45 10	34 44 28

11.2.0

23.4.0

Lit. 44, S. 459. Miask. „... die gewöhnlich stark mit Streifen bedeckten Flächen des Prisma g, die schwach glänzenden Flächen p...“. Im Nachtrag zur Arbeit von Kokscharow (S. 466) teilt G. Rose eigene Messungen mit, die er an einem von Kokscharow übersandten Kristall gemacht hat. Er findet:

$$(110) : (23.4.0) = 31^{\circ}38' - 31^{\circ}45'$$

$$(110) : (23.\bar{4}.0) = 48 30$$

und meint, dass {610} — irrtümlicherweise steht (Symbolik Kokscharow) $\infty a : 8b : c$ statt $\infty a : 6b : c$ — diesen Messungen vorzüglich entsprechen, indem

$$(110) : (23.4.0) = 31^{\circ}38'$$

$$(110) : (23.4.0) = 48 32$$

sein soll. Aus obigen Messungen folgt aber

$$(100) : (110) = 40^{\circ} 4' - 40^{\circ} 7\frac{1}{2}' \text{ und}$$

$$(100) : (hk0) = 8 26 - 8 22\frac{1}{2}, \text{ und für}$$

$$\frac{h}{k} = \frac{\text{tg}(100 : 110)}{\text{tg}(100 : hk0)}$$

erhält man 5,544 bzw. 5,594, also auf 1% genau gerade die von Kokscharow angegebene Form {11.2.0}. Ob, wie G. Rose (l. c.) will, g {23.4.0} und {11.2.0} identisch sind, bleibe dahingestellt.

Descloizeaux (Lit. 14, S. 204) teilt für $h^{18/9} = \{11.2.0\}$ folgende Winkel mit:

	Gemessen: (Krist. v. Ural)	Berechnet:
$m/h^{18/9} =$	31° 30' — 31° 46' (Kokscharow)	31° 23'
	31 20 (Descloizeaux)	
$h^{18/9}/h^{18/9} =$	16 52	17 24
(über {100})	„	

{23.4.0} = h ist bei Descloizeaux nicht durch Winkel belegt, jedoch in der Projektion eingetragen. Für $h^1/h^{27/18}$ findet man daraus ca. $8\frac{1}{4}^{\circ}$. Da Descloizeaux für

$$(100) : (110) = 40^{\circ}5'$$

¹⁾ V. Goldschmidt und W. Arnold schreiben Camphania. Companhia ist nach dem Referat im N. Jahrb. zitiert.

annimmt, kommt für

$$(23.4.0) : (100) = 8^{\circ} 19\frac{1}{2}'$$

$$(11.2.0) : (100) = 8^{\circ} 42'$$

V. Goldschmidt erachtet im Index (Bd. I, S. 360) nur {23.4.0} als unsicher.

132

142

Lit. 65, S. 202. Miask. „... durch Zonen bestimmbar.“

146

Lit. 66, S. 429. Brindle-Town (N. Carolina). Neu. An einem Individuum.

	Beobachtet:		Berechnet:	
	φ	ϱ	φ	ϱ
{1 4 6}	16°30½'	33°23½'	16°32½'	33°18'

151

Snowdon. Nach C. Hintze (I. 2, S. 1555) von Brooke festgestellt. Vergl. Dana (Lit. 12, S. 243, Anm. 3).

1.22.12

Vergl. die von Schrauf herstammenden Figuren 49 und 65 des Atlas. Tavistock, England.

256

Lit. 68, S. 309. Tremadoc (England). „Die englischen Kristalle zeigen die Form φ {5.14.18} oder die sehr nahestehende“ Form ε {256}. Im Referat keine Winkelangaben.

272

Snowdon. Von Brooke festgestellt. Vergl. {151}.

343

349

Chesterfield. Am sogenannten Eumanit beobachtet. (Vergl. {089}, sowie die Fig. 31 und 32 in Goldschmidt's Atlas.) Zu diesen Formen vicinal oder damit identisch sind die von Descloizeaux (Lit. 14, S. 208) angeführten Formen $\omega = b^{1/3} b^{1/2} g^{1/5} = \{9.12.10\}$ und $b^1 b^{1/7} g^{1/5} = z = \{3.4.10\}$. Es wurde gemessen (Dana): $(010) : \omega = 51^{\circ} 30' - 40'$ (ber. $51^{\circ} 26'$). ω und z werden von V. Goldschmidt nicht aufgeführt. Aus der Winkelangabe lassen sich kaum weitere Schlüsse ziehen. Es dürfte sich empfehlen, ω und z zu Gunsten von {343} und {349} fallen zu lassen.

3.4.12

Lit. 14, S. 204 f. An Kristallen von Snowdon (bezw. Tête-Noire) oder Ural ergab sich nach Marignac folgender Winkel: $h^1. \zeta = (100) : (3.4.12) = 75^{\circ} 20'$ (ber. $75^{\circ} 1'$).

4.10.13

Lit. 68, S. 306. Tremadoc. „... grosse ... Kristalle“.

	Beobachtet:	Berechnet:
(100) : (4.10.13) =	74°42'	74°24'
(4.10.14) : (4.10.13) =	67 40	68 56
(4.11.14) : (4.10.13) =	76 33 und 76°44'	76 54
(4.11.14) : (4.10.13) =	29 35 „ 29 40	29 42
(1 2 2) : (4.10.13) =	9 53	9 28

Schrauf bezeichnet {4.10.13} als neu. Den berechneten Winkeln, die sich bei A. Schrauf nicht finden, ist das Achsenverhältnis von P. Niggli, „Lehrbuch der Mineralogie“, zu Grunde gelegt.

4.11.14

Lit. 68, S. 306. Tremadoc. Ebenfalls neue Formen. Nebst zwei schon bei {4.10.13} mitgeteilten Winkeln werden noch folgende genannt:

	Beobachtet:	Gemessen:
(100) : (4.11.14) =	75°28'	75°34'
(122) : (4.11.14) =	9 35 und 10° 15'	9 59
(112) : (4.11.14) =	16 5	16 47
(4.11.14) : (4.11.14) =	69 45	70 27

5 4 3

5 4 4

Lit. 59, S. 320. Somerville. Neue „Formen ... mit einzelnen, aber deutlichen Flächen“.

5.4.10

Lit. 66, S. 21. Brindle-Town. Neu, an einem Kristall.

5.11.14

Nach C. Hintze (I. 2, S. 1555) erwähnt Miller die Lévy'sche Kombination am δ „mit ϑ als {5.14.18} oder {5.11.14}“. Da ich diese Form nirgends verzeichnet finde, möchte ich annehmen, sie sei durch einen Druckfehler aus {4.11.14} entstanden.

5.13.16

Auf der Projektionstabelle zu S. 204 von Lit. 14 ist δ als $b^{1/2} b^{1/2} g^{1/2}$ oder $b^{1/2} b^{1/2} g^{1/2}$ interpretiert. Auf das übliche Achsenverhältnis bezogen, entspricht dem {5.13.16} bzw. {5.14.18}. S. 206 ist $\delta = b^{1/2} b^{1/2} g^{1/2}$ gesetzt. An Winkeln sind notiert:

	Beobachtet:	Berechnet:
{001} : δ =	141°36'	141°36'
{100} : δ =		104 6
δ : $\bar{\delta}$ seitlich =	151 23	151 48
{010} : δ =		151 2
δ : δ vorn =		109 56
m : δ =	123 30	123 47
γ : δ =	169 35	169 30
a_1 : δ =	124 24	
	125 2 — 124 10	124 14
a_2 : δ =	145 10	144 56
v : δ =	157 35	157 34

Der Berechnung scheint durchwegs {5.14.18} zu Grunde zu liegen. {5.13.16} würde Abweichungen ergeben, die ca. 1° – 3° ausmachen. Nach Descloizeaux wäre also wohl {5.14.18} als richtige Form anzunehmen; {5.14.18} wird auch sonst mehrfach erwähnt.

Lit. 46, S. 173. St. Christophe. Lacroix schreibt: „... j'ai observé les formes suivantes: δ {5.13.18}“, entsprechend unserem {5.13.16}. Den Winkel {5.13.16}: {5.13.16} fand er zu $151^{\circ} 21'$ (l. c., 170). Er passt viel besser zu {5.14.18} als zu {5.13.16}, indem erstere Form $151^{\circ} 48'$, letztere $148^{\circ} 54'$ verlangt.

5.13.17

Lit. 8, S. 136. Tremadoc. „Vielleicht liegt dieselbe Form vor, die bisher mit dem nicht weniger einfachen Symbol {5.14.18} bezeichnet worden ist.“ Die Fläche liegt in keiner der beiden Zonen [221] und [634], womit vom Rath {5.14.18} bestimmt hatte. Es „stimmen nun auch die Resultate der Messungen, die v. Kokscharow angibt, fast durchwegs besser mit den Berechnungen für diese Form überein als mit denjenigen für {5.14.18}“.

6.15.20

Lit. 14. Auf der Projektionstafel zu S. 204 ist $b^{1/2} b^{1/21} g^{1/18} = \{6.15.20\}$ als Nebenform zu $b^{1/18} b^{1/21} g^{1/15} = \{9.22.30\}$ verzeichnet. Siehe dort.

7.5.14

Lit. 68, S. 306. Tremadoc. Selten. Besonders gute Messung mit einfachem Reflex (1 2 2): (7.5.14) = $23^{\circ} 20'$.

Lit. 59. Somerville.

7 8 4

Lit. 14. Auf der Projektionstafel zu S. 204 als $u = b^1 b^{1/15} g^{1/2}$ bezeichnet. Nach Messungen von Kokscharow (an Kristallen von Ural) und Marignac (an Kristallen von Snowdon bzw. Tremadoc) sind folgende Winkel angegeben:

	Gemessen:	Berechnet:
$b^{1/2} : u = (221) : (784) =$	$176^{\circ} 22'$ (Koks.)	$176^{\circ} 11'$
$u : e^{1/4} = (784) : (021) =$	$137 30$ (M)	$137 25$
$u ; n = (784) : (121) =$	$165 2$ (K)	$165 7$

Speziell von Tremadoc wird nach C. Hintze (I. 2, S. 1555) diese Form auch von Greg und Lettsom erwähnt.

9 4 9

9.4.18

Chesterfield. An Eumanitkristallen (vergl. {089}), sowie die bereits mehrmals erwähnten Figuren 31 und 32 in Goldschmidt's Atlas). Hiermit wohl identisch sind: $x = b^{1/5} b^{1/18} h^{1/5} = \{9.4.10\}$ und $y = b^{1/5} b^{1/18} h^{1/10} = \{9.4.20\}$ von Descloizeaux (Lit. 14, S. 208). Als Winkel werden angegeben:

	Gemessen:	Berechnet:
$h^{18/5} : x = (940) : (h k l)$	$39^{\circ} 40'$ Dana;	$42^{\circ} 51'$
$h^{18/5} : y =$	$60 30$ „ ;	$61 40$
$x : y = (h k l) : (\eta \times \lambda)$	$20 32$ „ ;	$18 49$
$\omega : x = 9.12.10 : h k l$	$23 30$ Shepard;	$23 41$
$x : x = h k l : h \bar{k} l$	$29 48$ Dana;	$29 46$

Die Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung ist z. T. sehr bedenklich. Es sollen daher x und y nicht neben (oder gar statt) $\{949\}$ und $\{9.4.18\}$ aufgenommen werden. Näheres über $\{9.12.10\}$ siehe bei $\{343\}$.

9.10.9

Lit. 59, S. 320. Somerville. „... nur mit einzelnen, aber deutlichen Flächen.“

9.22.30

Lit. 14, S. 204 f. Auf Seite 206 ist $\lambda = b^{1/18} b^{1/21} g^{1/15} = \{9.22.30\}$ gesetzt, während auf der Projektions-Tafel auch die Nebenform $\{6.15.20\}$ zugelassen ist. Goldschmidt und Hintze nennen nur $\{9.22.30\}$. Diese Form scheint auch bei der Rückberechnung der nachstehenden Winkelangaben vorgezogen worden zu sein. Demgemäss soll weiterhin $\{6.15.20\}$ ausser Acht gelassen werden. Die folgenden Messungen hat Marignac an Kristallen von Snowdon (oder Tête-Noire) vorgenommen.

	Gemessen:	Berechnet:
$p \cdot \lambda = (001) : \lambda$	37°37' — 38°	37°36'
$h^1 \cdot \lambda = (100) : \lambda$	74 — 76	74 32
$\lambda \cdot \lambda =$ seitlich	30 35	30 56
$\lambda \cdot \lambda =$ vorn	67 40	66 34
$g' \cdot \lambda = (010) : \gamma$	56 28	56 43
$m \cdot \lambda = (110) : \lambda$	56 — 56 12	56 7
$a^2 \cdot \lambda = (104) : \lambda$	23 32 — 24	23 23
$\quad \quad = (\bar{1}04) : \lambda$	46 — 46 38	46 18
$a^{3/8} \cdot \lambda = (043) : \lambda$	22 15 — 22 30	22 43

Auf Grund dieser Bemerkungen bleiben von den in Tabelle aufgeführten Formen im folgenden unberücksichtigt:

$\{5.11.14\}$ als Druckfehler,

$\{5.13.16\}$ und $\{6.15.20\}$ als Nebenformen zu $\{5.14.18\}$ und $\{9.22.30\}$. DESCLOIZEAUX übergeht bei der Rückberechnung der Winkel beide und zieht — ähnlich wie V. GOLDSCHMIDT — nur die mit komplizierteren Symbolen in Betracht.

b) *Die Fundortspersistenz F und die Kombinationspersistenz P der Brookitformen*

Die Zahl der Brookit-Fundorte ist etwas grösser wie die der Scheelitvorkommnisse. C. HINTZE führt 38 an. Weitere scheinen nicht hinzugekommen zu sein.

Aus Tabelle XVIII ist ersichtlich, an wie vielen Fundorten jede einzelne Form konstatiert wurde. Alle Formen lassen sich durch Fundorte belegen. Keine Form ist absolut persistent, doch sind sechs Formen, nämlich:

110, 100, 122, 001, 021, 104

durch eine recht hohe Fundortspersistenz ($F > 70$) ausgezeichnet. Um ein Weniges zahlreicher sind die Formen mittlerer Persistenz. Zu nennen sind etwa:

210, 010, 102, 112, 043, 134, 121, 111.

Tabelle XIX. Formenkombinationen der Brookitfiguren des Atlas

Nr.	Zahl der Formen	Kombinationen						Nr der Figuren
1	1	122						61
2	2	110	112					59, 70
3	2	110	122					29, 57, 58, 60,
4	2	112	122					93 [86, 102]
5	3	100	110	111				39
6	3	100	110	122				9, 16, 72
7	3	100	210	122				87
8	3	110	021	122				30, 85, 88
9	3	110	112	122				90
10	4	001	100	043	110			27
11	4	100	021	110	122			7, 10
12	4	100	110	112	122			73
13	4	100	110	112	124			74
14	4	021	110	112	122			56
15	5	001	100	011	110	112		52
16	5	001	100	021	102	110		50
17	5	001	100	021	110	122		51, 100
18	5	001	100	021	110	322		108
19	5	001	100	104	110	322		109
20	5	001	100	110	112	122		71
21	5	001	100	110	122	322		96
22	5	001	110	112	122	124		112
23	5	100	021	043	110	122		38
24	5	100	021	110	210	122		78, 101
25	5	100	043	110	122	5.14.18		1, 15
26	5	100	110	122	151	5.14.18		H
27	5	021	110	112	122	124		95
28	6	001	010	110	23.4.0	112	122	23
29	6	001	100	104	110	122	134	69
30	6	001	100	110	112	122	124	75
31	6	001	021	110	112	122	124	89
32	6	010	100	102	110	122	5.14.18	H
33	6	100	021	110	210	112	221	82
34	6	100	021	110	112	122	124	83
35	6	100	043	110	112	122	326	2, 13
36	6	100	043	110	112	122	5.14.18	43
37	6	100	043	110	122	326	5.14.18	H
38	6	100	110	112	122	134	234	77
39	6	100	110	112	122	326	5.14.18	63
40	6	102	104	110	23.4.0	111	122	23

Nr.	Zahl der Formen	Kombinationen									Nr. der Figuren
41	7	001	010	100	021	110	122	132			14
42	7	001	010	100	021	110	122	134			4
43	7	001	010	100	043	104	110	122			24
44	7	001	100	011	021	320	112	122			17
45	7	001	100	021	043	110	210	122			67
46	7	001	100	021	102	110	112	122			11, 53
47	7	001	100	021	110	112	122	124			91
48	7	001	100	102	104	110	111	122			68
49	7	001	100	102	110	210	122	132			106
50	7	001	021	104	110	210	410	122			26
51	7	100	021	043	110	210	122	5.13.17			H
52	7	100	043	110	112	122	326	5.14.18			H
53	7	100	043	110	112	122	4.11.14	5.7.14			62
54	7	100	102	104	110	210	122	322			107
55	7	100	102	104	110	122	134	342			113
56	7	100	110	120	210	112	122	124			81
57	7	102	104	110	23.4.0	111	121	122			22
58	8	001	100	021	043	102	110	122	342		117
59	8	001	100	021	102	110	210	122	322		97
60	8	001	100	021	102	110	112	122	5.14.18		41
61	8	001	100	021	104	110	122	234	322		H
62	8	001	100	043	110	112	122	326	5.14.18		H
63	8	001	100	102	104	110	111	112	122		66
64	8	001	102	104	110	710	112	122	124		45
65	8	010	100	021	043	104	110	122	134		H
66	8	100	043	110	210	121	122	326	5.14.18		H
67	9	001	010	100	021	102	110	122	124	326	33
68	9	001	010	100	043	102	104	110	122	134	119
69	9	001	100	021	043	102	110	210	122	342	H
70	9	001	100	021	102	104	110	112	121	122	116
71	9	001	100	021	102	104	110	121	122	3.10.2	25
72	9	001	100	021	104	110	210	410	112	122	120
73	9	010	100	021	102	104	110	111	112	122	18
74	9	010	100	043	102	104	110	112	122	326	3, 5, 12
75	9	010	100	043	110	320	940	343	949	9.4.18	32
76	9	100	021	043	110	210	122	221	342	5.14.18	H
77	9	100	043	110	112	122	342	4.10.13	4.11.14	7.5.14	46
78	10	001	010	100	021	043	102	110	210	122	
										134	98
79	10	001	100	021	102	104	110	210	111	122	
										322	103
80	10	001	100	021	104	110	111	121	122	221	
										342	35
81	10	001	100	102	104	110	940	111	112	121	
										122	64
82	10	010	100	021	043	102	110	210	112	122	
										326	H
83	10	010	100	043	089	110	320	343	349	949	
										9.4.18	31
84	10	010	100	102	104	110	111	112	122	322	
										3.10.2	19
85	10	100	021	043	104	110	210	410	710	112	
										122	121
86	10	100	043	102	104	110	112	122	4.10.13	4.11.14	
										7.5.14	47

Nr.	Zahl der Kanten	Kombinationen									Nr. der Kanten
87	11	001	010	100	021	043	102	104	110	210	
									122	342	115
88	11	001	010	100	021	104	110	210	122	124	
									134	234	99
89	11	001	100	021	043	102	104	110	210	112	
									122	5.14.18	H
90	11	001	100	021	043	102	104	110	112	122	
									326	5.14.18	37, 42
91	11	001	100	021	102	104	110	410	111	112	
									121	122	48
92	11	001	100	101	102	104	110	210	112	122	
									322	5.4.10	110
93	11	010	100	021	043	102	110	210	122	342	
									3.10.2	5.14.18	H
94	12	001	010	100	021	043	102	104	110	210	
									122	326 5.14.18	H
95	12	001	010	100	021	043	102	104	210	111	
									112	122 326	40
96	12	001	010	100	021	102	104	110	210	111	
									112	121 122	34, 44
97	12	001	100	021	102	104	110	210	111	122	
									124	322 326	111
98	12	010	100	021	043	102	104	110	111	112	
									122	326 5.14.18	H
99	12	010	100	021	043	110	210	121	122	221	
								272	5.14.18	784	H
100	12	100	021	043	104	110	210	111	112	121	
								122	342	5.14.18	H
101	13	001	010	100	021	043	102	104	110	210	
									112	122 324 5.14.18	105
102	13	001	010	100	021	043	102	104	110	112	
									122	1.22.12 326 342	65
103	13	001	010	100	021	102	104	110	210	111	
									112	121 122 221	20
104	13	001	100	021	043	102	104	110	210	112	
									121	122 326 5.14.18	104
105	13	001	100	021	043	102	104	110	210	112	
									122	221 342 5.14.18	H
106	14	001	010	100	021	043	102	104	110	112	
									121	122 1.22.12 336 342	49
107	15	001	010	100	021	102	104	110	111	112	
									121	122 132 142 221 3.10.2	54, 55
108	15	001	100	021	043	102	104	110	210	111	
									112	121 122 326 342 5.14.18	H
109	15	001	100	021	102	104	110	111	112	121	
									122	221 322 342 3.10.2 784	36
110	16	001	100	021	043	102	104	110	210	111	
									112	121 122 221 322 326 342	114

Über die niedrigst persistenten Formen ist zu bemerken, dass

3	an	4	Fundorten
3	"	3	"
5	"	2	"
27	"	1	Fundort

festgestellt wurden.¹⁾

Die Brookitfundorte sind im allgemeinen viel formenreicher als die Fluorit- und Scheelitfundorte. Im Mittel trifft es 11 Formen auf den Fundort. Am formenärmsten ist Hot-Springs mit {100}, {110} und {122}, wogegen am meisten Formen — 26 — an den Brookiten von Miask festgestellt wurden.

Für die Berechnung der Kombinationspersistenzen eignen sich die 111 Figuren des Atlas ganz ausgezeichnet. Sie stellen 90 deutbare Kombinationen dar. Fig 6, 8 und 28 kommen wegen unbestimmter Formen in Wegfall. Fig. 118 stellt nicht Brookit, sondern Titanit vor (vergl. die Nachträge in Bd. VIII des Atlas). Fig. 75, 76, 79, 81, 84, 92 und 94 sind Kopfbilder zu den Figuren 74, 77, 78, 80, 83, 90 und 95 und wurden daher nicht mitgerechnet. Gleiche Kombinationen wiederholen sich im Atlas nicht gerade häufig. Mit Ausnahme des einfachen Arkansithabitus, der 6 mal gezeichnet ist (Fig. 29, 57, 58, 60, 86, 102), wiederholen sich

3 Kombinationen (Nr. 6, 8, 74) je 3 mal und

10 Kombinationen (Nr. 2, 11, 17, 24, 25, 35, 46, 90, 96, 107) je 2 mal.

20 weitere Kombinationen ergab die Durchsicht des Handbuches von C. HINTZE. Vorliegende Statistik umfasst somit 110 verschiedene Kombinationen. Sie sind in Tabelle XIX zusammengestellt.²⁾ Die den

¹⁾ Die Übereinstimmung meiner Fundortspersistenzen mit den von Arnold errechneten ist einfach überraschend. Hier die Zahlen!

	110	100	122	001	021	104	210	102	010	112	043
Holzgang	97.4	94.7	94.7	84.2	76.3	73.7	60.5	57.9	57.9	52.6	34.2
Arnold	94.1	100	85.3	92.2	79.4	73.5	64.7	64.7	50.0	44.1	38.2
	134	121	111	322	326	410	5.14.18	234	342	940	320
Holzgang	31.6	28.9	26.3	21.1	18.8	15.8	13.2	13.2	10.5	10.5	10.5
Arnold	23.5	32.4	29.4	29.4	20.6	14.7	14.7		11.8		

Am Anfang finden sich zwei Umstellungen. Auch 134 ist umgestellt. Für 234 und 940 gibt Arnold je zwei Fundorte, für 320 einen an. 7.5.14 hat bei mir die Persistenz 5.3, bei Arnold 11.8. Daraus folgt, dass auf Grund der Hintze'schen Angaben Schlüsse gezogen werden dürfen, die das Wesen der Sache treffen.

²⁾ Man beachte, dass die Grundlage meiner Statistik wesentlich verschieden ist von der Arnold's. Meine Absicht war ja, den Brookit (ebenso wie Fluorit) durch die Angaben Hintze's und die Figuren Goldschmidt's zu charakterisieren (vergl. S. 375). Es ist darum nicht zu verwundern, dass Arnold,

Kombinationen nachgestellten Nummern bezeichnen wie früher die Figuren in GOLDSCHMIDT's Atlas. Mit H sind jene Kombinationen kenntlich gemacht, die HINTZE entnommen sind. Sie finden sich im Handbuch meist unter der Ortsbezeichnung *Snowdon*. Nur Nr. 61 und Nr. 65 gehören andern Fundorten an (Grieserthal und Bristenstock, I. 2, Seite 1553).

An diesen 110 Kombinationen, die 1—16 Formen umfassen, beteiligen sich insgesamt 47 Formen. Davon erscheinen

10 Formen nur in je einer Kombination,
 8 „ „ „ zwei Kombinationen,
 7 „ „ „ drei Kombinationen.

Wie oft eine Form in Kombinationen verschiedener Formenzahl vorkommt, ist aus Tabelle XVIII ersichtlich. Dasselbst sind auch die Kombinationspersistenzen notiert.¹⁾ Eine Sonderung derselben, ob sie aus GOLDSCHMIDT's Figuren oder HINTZE's Angaben berechnet seien, bot nicht allzu grosses Interesse und konnte füglich unterbleiben.

c) Diskussion der F- und P-Werte

Die P-Werte sind zumeist kleiner wie die F-Werte. Sie fallen sehr rasch ab, so dass die Kombinationspersistenzwerte nur von drei Formen über 70 liegen. Auch ist die Reihenfolge der nach abnehmenden F-Werten geordneten Formen recht verschieden von der Aufeinanderfolge der nach abnehmenden P-Werten gruppierten Formen. Dass $P > F$, stellt sich, wie eben gesagt, verhältnismässig selten

der die gesamte Literatur durchsuchte, mehr Kombinationen fand als ich. Im Ganzen dürften es bei ihm 141 sein (Tab. 4, 5 u n d 6), gegenüber 110 bei mir. Meine 110 Kombinationen finden sich aber nicht restlos bei Arnold. Im Gegenteil! Uns beiden sind nur 57 gemeinsam. 53 meiner Kombinationen weichen also, wenn auch nur unbedeutend, von denjenigen Arnold's ab, und 84 der seinigen finden sich nicht in meinen Tabellen. Wie lässt sich das erklären? Vielleicht dadurch, dass a. die Kristallbilder vielfach Sammelfiguren sind, b. dass Hintze's Text bezüglich der Kombinationen nicht immer eindeutig ist und c. dass grössere und kleinere Fehler (Verschiebe, Missdeutung der Figuren, Übersehen kleiner Flächen u. s. w.) nicht absolut vermeidbar sind.

¹⁾ Bei Berücksichtigung aller voneinander verschiedenen Kombinationen Arnold's erhält man folgende Reihe der P-Werte:

110 100 122 001 021 104 112 210 102 010 043 111 121 134 322
 91.4 85.1 85.1 62.4 49 49 43.3 32.6 31.3 28.4 24.1 16.3 15.6 14.9 12.8

Nach Tabelle XVIII hat bei meiner Statistik einzig 134 eine Persistenz < 10 , während andererseits 326, 342 und 5.14.18, welche nach Arnold weniger persistent sind, bei mir Persistenzen über 10 bekommen. Im Ganzen ist auch hier der Schluss gestattet, dass Goldschmidt's Atlas ein hinreichend getreues Abbild der Kombinationspersistenz der Kristallformen gibt (vergl. die sehr wichtige Bemerkung auf Seite 397).

ein. Von Belang ist der absolute Unterschied nur bei {5.14.18} und {043}. Bei {342} ist er sehr mässig.

Zur Veranschaulichung des gegenseitigen Verhältnisses der P- und F-Werte dient Figur 7. Auf der Abszissenachse sind alle Formen, die an mindestens vier Fundorten beobachtet wurden, nach fallenden M-Werten angeordnet. Die bezüglichen F- und P-Werte sind als Ordinaten aufgetragen. Die eingezeichnete Kurve stellt das arithmetische Mittel von F und P dar.

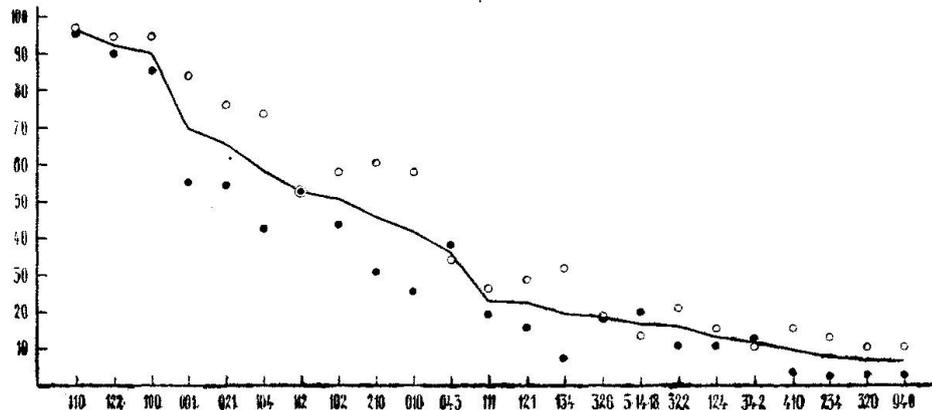


Fig. 7. Variation der F- und P-Werte der wichtigsten Brookitformen.
○ Fundorte, ● Kombinationen.

Man könnte vermuten, dass die P-Werte zuverlässiger seien als die F-Werte, da sie auf einer viel breiteren Statistik beruhen. Dem braucht aber nicht durchwegs so zu sein. Nur ein Beispiel! Vom Fundort *Snowdon* sind im Atlas 11 Kombinationen dargestellt; 14 weitere werden von Hintze genannt. Von den 110 Kombinationen, die der Berechnung der P-Werte zu Grunde liegen, stammen somit 25 von einem einzigen Fundort. Das bewirkt, dass die für den Fundort eigentümlichen Formen zu stark ins Gewicht fallen. So ist z. B. {5.14.18} an $\frac{4}{5}$ aller Kombinationen von *Snowdon* beteiligt, erscheint aber sonst nur noch an zwei andern Kombinationen. Dadurch erhält die Form {5.14.18} mit niedriger Fundortspersistenz eine ungewöhnlich hohe Kombinationspersistenz. Ähnlich, wenn auch weniger extrem, liegen die Verhältnisse für {326}. Von den 19 Kombinationen, die diese Form enthalten, stammen von

<i>Snowdon</i>	Nr. 35, 37, 39, 52, 62, 66, 74, 82, 90, 94, 98, 105 (Tavistock), 107
<i>Brindletown</i>	„ 97
<i>Miask</i>	„ 90
<i>Magnet-Cove</i>	„ 67
<i>England</i>	„ 101
<i>Tremadoc</i>	„ 103
<i>Somerville</i>	„ 109

Snowdon mit *Tavistock* umfasst somit $\frac{2}{3}$ aller Kombinationen mit {326}, während die sechs übrigen Fundorte nur mit je einer Kombination vertreten sind.

Diese Beispiele, die sich übrigens vermehren liessen, zeigen, dass die F-Werte tiefgehend anders geartet sind als die P-Werte

und dass ein verschiedener Verlauf der beiden Kurven ebensowenig ein Argument gegen die Zuverlässigkeit derselben ist, als ein übereinstimmender Verlauf derselben eine Garantie für die innere Richtigkeit darstellen würde.

Es sei aber trotzdem gestattet, die endgültige Bewertung der Flächen nach dem Mittelwert M von F und P vorzunehmen. Danach sind:

Charakt. Leitformen:	{110}, {122}, {100}
„ Nebenleitformen:	{001}, {021}, {104}, {112}, {102}, {210}, {010}
„ Ergänzungsformen:	{043}
„ Spezialformen:	{111}, {121}, {134}, {326}, {5.14.18}, {322}, {124}, {342}
Individuelle Formen:	die 39 übrigen.

Diese Rangbewertung der Formen schliesst sich eng an diejenige der Fundortspersistenzen an. Zwar hat allgemein — neben kleinen Verschiebungen — eine gewisse Rangerniedrigung stattgefunden. Es ist aber doch beachtenswert, dass nur solche Formen vom höheren in den niedrigeren Rang verschoben wurden, die schon bei der Rangbewertung nach Fundortspersistenzen jeweils an letzter Stelle einer Abteilung waren, und dass dann diese Formen im neuen Rang ganz voranstehen.

Das Studium von Tabelle XVIII und Tabelle XIX vermittelt manche Einsichten in die Eigenheit des Brookits. Einige seien namhaft gemacht.

a) Selbständige Bedeutung hat einzig {122}.

β) An Kombinationen mit höchstens vier Formen beteiligen sich keine Flächen mit $P < 10$. Von den niedrigpersistenten Formen mit $P < 3$ finden sich die meisten (18 von 25) an Kombinationen von 5 bis 11 Formen. Den höherzähligen Kombinationen gehören bloss fünf seltene Formen an; 2 Formen sind beiden Gruppen von Kombinationen gemeinsam.

γ) An den höchstzähligen Kombinationen (mit 12 bis 16 Formen) treten durchschnittlich etwa 9 der 10 persistentesten Formen auf.

δ) An den Kombinationen mit 4—13 Formen erscheinen durchschnittlich mehr Prismen als Bipyramiden, trotzdem die Zahl der Bipyramiden etwa doppelt so gross ist wie diejenige der Prismen.

2. Die Zonen des Brookits

a) Einfachster Zonenverband der Brookitformen

Schon bei oberflächlicher Betrachtung der Dreiecksprojektion

(Fig. 8) fällt auf, dass die Formen des Brookits keinem einfachen und durchsichtigen Zonenverband entsprechen. Wohl treten $[001]$, $[201]$, $[010]$ und $[100]$ durch Zahl und Grösse der Flächenpole sofort hervor, aber auch $[110]$, $[221]$ u. s. w. machen sich fast ebenso stark bemerkbar, und bei weiterem Zusehen ist man versucht, eine Menge anderer Zonengeraden zu legen.

Zur Erfassung der 19 nicht individuellen Formen benötigt man sechs Zonen, z. B.

- $[0\ 0\ 1]$ mit 12 Formen: 100, 910, 710, 23.4.0, 11.2.0, 410, 940, 210, 320, 110, 120, 010.
 $[1\ 0\ \bar{1}]$ mit 8+1 Formen: 010*, 151, 272, 121, 343, 9.10.9, 111, 949, 101.
 $[2\ 0\ \bar{1}]$ mit 10+1 Formen: 010*, 142, 132, 122, 234, 112, 5.4.10, 7.5.14, 326, 9.4.18, 102.
 $[4\ 0\ \bar{1}]$ mit 4+1 Formen: 010*, 134, 124, 3.4.12, 104.
 $[1\ 0\ 0]$ mit 6+1 Formen: 010*, 021, 043, 011, 089, 012, 001.
 $[2\ \bar{2}\ 1]$ mit 6+5 Formen: 110*, 342, 122*, 256, 4.11.13, 5.14.18, 134*, 146, 012*, $\bar{1}02^*$, $\bar{3}\bar{2}\bar{2}$. (Von dieser Zone ist in Fig. 8 nur das Stück 110 \rightarrow 012 durch eine gerade Linie markiert).

Mit diesen sechs Zonen sind auch 27 individuelle Formen erfasst. Die 12 verbleibenden Formen (305, 1.22.12, 221, 324, 349, 3.10.2, 4.10.13, 543, 544, 5.13.17, 784, 9.22.30) liegen aber so zerstreut, dass sie erst durch fünf weitere Zonen erledigt werden können. Eine einfachste Lösung ist folgende:

- $[2\ \bar{1}\ 2]$ mit 5+5 Formen: 120*, 3.10.2, 021*, $\bar{1}.22.12$, $\bar{1}22^*$, $\bar{3}24$, $\bar{1}01^*$, $\bar{3}\bar{2}\bar{2}^*$, $\bar{5}43$, $\bar{2}\bar{2}\bar{1}$ (das von den Zonenlinien $(120):(021)$, $(021):(101)$, $(101):(120)$ gebildete Dreieck ist zu beachten).
 $[1\ \bar{3}\ 2]$ mit 2+3 Formen: 111*, 4.10.13, 5.13.17, 134*, $\bar{1}12^*$ (vom Zonendreieck ist nur eine Seite eingetragen).
 $[\bar{4}\ 2\ 3]$ mit 2+1 Formen: 120*, 784, 544.
 $[5\ 3\ \bar{3}]$ mit 2+1 Formen: 011*, 349, 305 (letzterer Flächenpol erscheint in Figur 8 nicht sehr deutlich, weil $[010]$ als Abschluß der Figur gestrichelt ist).
 $[10.0.\bar{3}]$ mit 1+1 Formen: 010*, 9.22.30 (an der Kreuzungsstelle dieser Zone mit $[\bar{1}\bar{3}\bar{2}]$ liegt nicht etwa 5.10.13, sondern die nicht vorhandene Fläche 9.23.30).

Die letzten Zonen sind ziemlich willkürlich. Statt $[\bar{4}23]$ hätte man $[4\bar{4}1]$, statt $[10.0.\bar{3}]$ etwa $[6\bar{3}\bar{4}]$ wählen können, da ersterer immer noch $\{784\}$ und $\{544\}$, letzterer aber $\{9.22.30\}$ angehören. Die gewählten Zonen haben aber den Vorteil, dass durch sie auch die drei

in der Literatur erwähnten,¹⁾ für diese Betrachtungen aber ausgeschlossenen Formen erfasst werden, nämlich 6.15.20 durch $[10.0\bar{3}]$, 5.11.14 durch $[\bar{4}23]$ und 5.13.16 durch $[2\bar{2}1]$.

Elf Zonen sind also erforderlich, um die 58 Brookitformen zu erfassen. Zu den wichtigsten Formen stehen sie aber in viel komplizierterer Beziehung als bei Fluorit und Scheelit. Von den drei durch

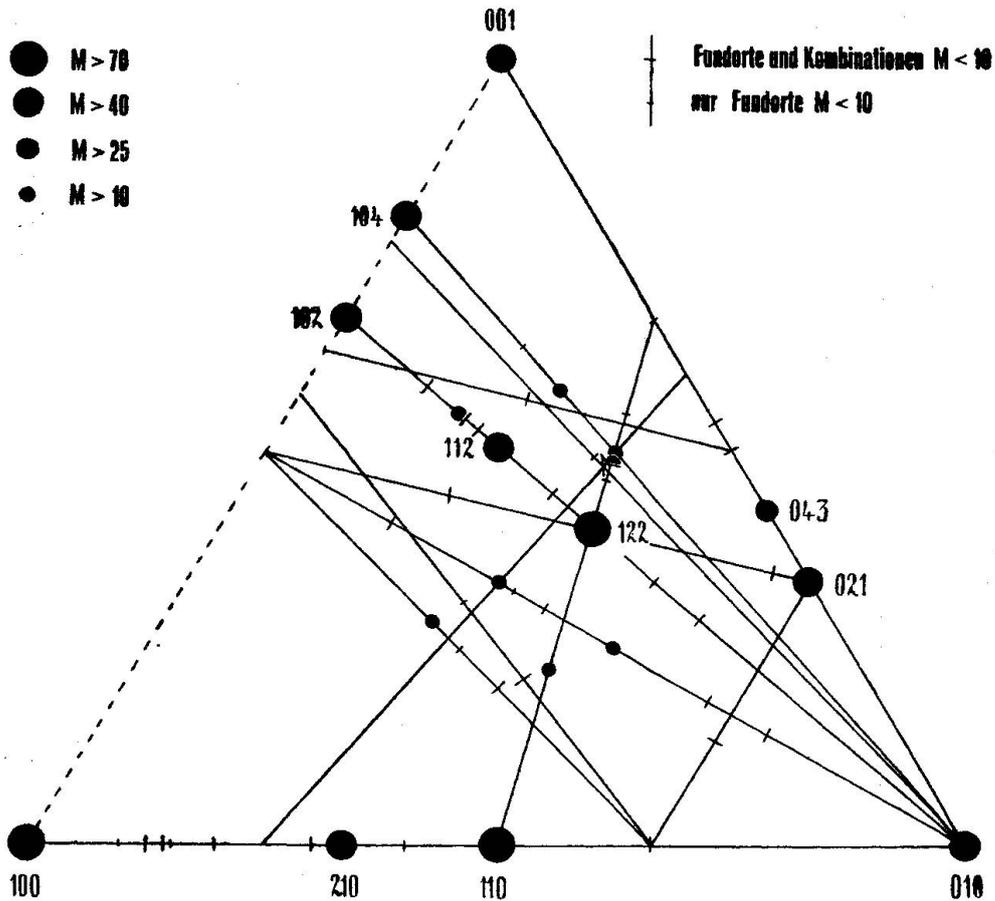


Fig. 8. Einfachster Zonenverband der Brookitformen.

die persistentesten Formen bestimmten Zonen ist eine, nämlich $[011]$, für die Erledigung der jetzigen Aufgabe nicht geeignet, und von den vielen Zonen, die eine Leitform und eine oder mehrere Nebenformen enthalten, kommen überhaupt nur drei in Betracht.

b) Zonenbewertung beim Brookit

Beim komplizierten Charakter der Zonenfigur des Brookits ist

¹⁾ Von den S. 446 aus Arnold's Arbeit zitierten Formen gehören 230 zu $[001]$, 313 zu $[101]$, 025 und 041 zu $[100]$, während für 944 und 5.14.4 eine neue, jedoch sehr komplizierte Zone genügt. So brauchte es also 12 Zonen. Da 944 zu $[011]$ und 5.14.4 zu $[211]$ gehört, würde es sich lohnen, einen andern Zonenverband zu finden.

Tabelle XX. Die Kantenkombinationen der Brookitfiguren des Atlas

Nr.	Zahl der Kanten	Kombinationen										Nr. der Figuren
1	3	011	201	210								61
2	4	001	011	101	110							39
3	4	001	011	201	221							9, 16, 29, 58, 60
4	4	001	011	201	234							87
5	4	001	021	201	110							59, 70
6	5	001	010	100	034	334						27
7	5	001	010	011	210	221						96
8	5	001	010	021	210	111						52
9	5	001	011	201	210	221						57, 72, 86, 102
10	5	001	021	201	401	441						74
11	5	011	021	201	110	210						97
12	6	001	010	100	012	112	412					50
13	6	001	010	011	043	401	221					69
14	6	001	100	011	101	212	221					7
15	6	001	100	011	201	112	234					38
16	6	001	100	011	201	212	221					10
17	6	001	011	021	201	110	221					71, 73
18	6	001	011	201	112	212	221					85
19	6	001	011	203	230	221	236					108
20	7	001	010	011	203	230	221	451				109
21	7	001	010	011	210	112	212	221				51, 100, 101
22	7	001	010	011	221	241	411	451				107
23	7	001	100	011	201	112	212	221				30
24	7	001	011	021	201	110	210	221				90
25	7	001	011	021	401	110	210	221				112
26	7	001	011	097	18.0.5	221	234	334				1, 15
27	8	001	010	100	011	023	201	210	112			14
28	8	001	100	011	021	201	210	212	221			56
29	8	001	100	011	201	112	212	221	243			78
30	8	001	011	021	031	201	221	234	334			2, 13
31	8	001	011	021	201	401	210	221	234			80
32	8	001	011	021	201	110	4.23.0	4.23.21	8.46.19			23
33	9	001	010	100	011	021	201	110	212	221		11
34	9	001	010	100	011	043	310	112	212	221		4
35	9	001	010	100	011	210	221	234	334	411		24
36	9	001	010	100	112	212	243	287	411	4.16.1		26
37	9	001	010	011	103	210	230	121	221	452		106
38	9	001	100	011	021	201	401	210	212	221		91
39	9	001	100	011	021	201	210	212	221	243		82
40	9	001	011	021	201	401	110	210	221	441		75
41	9	001	021	201	401	110	210	112	212	221		95
42	10	001	010	100	011	021	201	110	210	212	221	53
43	10	001	010	011	012	201	210	111	112	212	421	116
44	10	001	010	011	021	201	210	173	221	2.14.1	421	45
45	10	001	010	011	101	110	211	221	411	431	4.23.19	21

Nr.	Zahl der Kanten	Kombinationen									Nr. der Figuren
		001	010	100	011	021	031	201	210	230	
46	11	001	010	100	011	021	031	201	210	230	33
									211	212	
47	11	001	010	100	011	021	031	201	221	234	3, 5, 12
									334	431	
48	11	001	010	100	011	201	401	310	112	212	119
									221	734	
49	11	001	010	100	011	201	110	112	211	212	18
									221	421	
50	11	001	010	011	021	201	110	111	121	212	17
									221	326	
51	11	001	010	011	021	210	112	122	211	212	97
									221	326	
52	11	001	100	011	021	097	201	18.0.5	221	234	43
									334	22.13.4	
53	11	001	100	011	021	201	401	110	210	112	83, 89
									212	221	
54	12	001	010	100	011	012	034	201	210	112	117
								221	234	4.9.12	
55	12	001	010	100	011	012	201	210	112	221	115
								234	245	411	
56	12	001	010	100	011	043	201	310	112	212	98
								221	234	243	
57	12	001	010	011	012	101	110	210	111	211	22
								411	431	4.23.19	
58	12	001	010	011	015	201	203	110	211	221	19
								227	411	421	
59	12	001	010	011	021	097	201	110	14.5.0	112	41
								212	221	10.8.9	
60	12	001	010	011	110	210	112	211	212	221	103
								241	421	431	
61	12	001	100	034	094	101	201	490	232	331	32
								334	8.9.12	20.9.12	
62	13	001	010	100	011	012	021	043	201	401	99
							210	112	124	212	
63	13	001	010	100	011	097	201	14.5.0	112	221	37
							234	431	634	10.8.9	
64	13	001	010	011	012	015	201	210	111	212	25
							221	227	421	614	
65	13	001	010	011	012	101	110	210	111	112	35
							212	221	232	421	
66	13	001	010	011	021	201	203	111	212	221	110
							241	454	6.10.1	852	
67	13	001	100	034	092	094	101	201	490	232	31
							331	489	692	12.9.8	
68	14	001	010	100	011	012	021	201	110	210	44
						111	112	121	212	421	
69	14	001	010	100	011	012	201	110	210	111	34
						112	121	123	212	421	
70	14	001	010	100	011	012	201	110	210	111	20
						122	211	212	232	421	
71	14	001	010	100	011	021	031	201	110	230	40
						112	121	221	243	431	
72	14	001	010	100	201	110	112	173	234	283	121
						287	334	368	421	534	
73	14	001	010	011	021	031	097	14.5.0	112	221	42
						234	334	634	10.8.9	28.1.7	

Nr.	Zahl der Kanten	Kombinationen									Nr. der Figuren	
		001	010	011	201	401	210	112	211	212		
74	14	001	010	011	201	401 221	210 241	112 243	211 411	212 431	111	
75	14	001	010	011	201	110 241	210 243	112 283	212 421	221 4.16.1	120	
76	15	001	010	100	012 112	101 143	201 212	110 281	210 283	111 4.16.1	48	
77	16	001	010	100	011 111	012 212	021 221	031 234	201 2.11.20 431	210 18.3.4	49	
78	16	001	010	011	012 211	201 212	203 221	110 232	210 421	111 441	36	
79	17	001	010	100	011 112	021 124	031 221	097 234	201 431	110 634	105	
80	17	001	010	011	012 112	012 211	101 221	102 227	201 232	203 421	111 621	55
81	17	001	011	012	021 221	0.13.10 234	0.14.5 334	201 4.9.12	13.0.4 867	212 23.12.16	46	
82	18	001	010	011	012 111	101 112	102 221	201 227	203 232	210 421	54	
83	20	001	010	100	011 110	012 210	021 111	031 112	097 123	201 221	104	
84	21	001	010	100	011 110	012 210	021 230	031 112	094 123	201 211	114	
								431	441	9.18.5	10.21.6	

es doppelt wichtig, zu wissen, was für Kanten an den Figuren zur Ausbildung gelangen. Es wurden daher die Brookitfiguren des Atlas in gewohnter Weise auf die Kantenrichtungen untersucht. Allerdings konnten von den 122 Figuren nur 102 verwendet werden, da nebst den früher erwähnten Figuren 6, 8, 28, 76, 78, 81, 84, 92, 94 und 118 auch die Figuren 47, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68 als Verzerrungen und Wachstumserscheinungen wegfallen. Aus Versehen wurde Fig. 113 nicht mitgerechnet.

An den verbleibenden 102 Figuren konnten 84 verschiedene Kantenkombinationen gezählt werden. Sie sind in Tabelle XX in gewohnter Art notiert. Die Zahl der zu einer Kombination vereinigten Kantenkomplexe variiert zwischen 3 und 21. Es fehlen lediglich 19-zählige Kombinationen. Keine Zähligkeit tritt durch besondere Mannigfaltigkeit stärker hervor. Die 5- bis 14zähligen Kombinationen schwanken leicht um den Mittelwert 7. Die übrigen Kombinationen sind praktisch ganz vereinzelt.

An den 84 Kombinationen beteiligen sich 93 verschiedene Kantenrichtungen. Sie sind in Tabelle XXI zusammengestellt. Die grosse Zahl verdient hervorgehoben zu werden; etwa $1\frac{1}{2}$ mal mehr Kanten-

Tabelle XXI. Die Kantenrichtungen der Brookitfiguren des Atlas

Kanten- symbol	I ^a	I ^b	I ^c	II ^a	II ^b	II ^c	Kanten- symbol	I ^a	I ^b	I ^c	II ^a	II ^b	II ^c
	Zahl der Kanten- kombinationen	Kanten- Kombinations- persistenz	Verhältniszahlen der Kanten- persistenzen	Zu einer Richtung parallele		Verhältniszahlen der Mittelwerte von II ^a u. II ^c		Zahl der Kanten- kombinationen	Kanten- Kombinations- persistenz	Verhältniszahlen der Kanten- persistenzen	Zu einer Richtung parallele		Verhältniszahlen der Mittelwerte von II ^a u. II ^c
				Kanten	Flächen						Kanten	Flächen	
001	82	97.6	100.0	700	754	100.0	243	8	9.5	9.7	26	52	5.4
010	61	61.9	63.4	426	500	65.7	245	2	2.4	2.4	4	8	.8
100	39	46.4	47.6	192	322	35.3	281	1	1.2	1.2	2	4	.4
011	73	86.9	89.7	480	582	73.0	283	3	3.6	3.6	6	12	1.2
012	19	22.6	23.2	154	190	23.7	287	2	2.4	2.4	4	8	.8
015	2	2.4	2.4	4	12	1.2	2.11.20	1	1.2	1.2	2	4	.4
021	35	41.6	42.7	208	266	32.6	2.14.1	1	1.2	1.2	2	4	.4
023	1	1.2	1.2	6	6	.8	326	2	2.4	2.4	2	4	.4
031	9	10.7	11.0	58	72	8.9	331	2	2.4	2.4	4	8	.8
034	4	4.8	4.9	16	24	2.7	334	10	11.9	12.2	28	56	5.8
043	4	4.8	4.9	22	24	3.1	344	1	1.2	1.2	2	4	.4
092	1	1.2	1.2	2	6	.5	368	1	1.2	1.2	2	4	.4
094	3	3.6	3.6	18	22	2.7	411	8	9.5	9.8	14	28	2.9
097	7	8.3	8.5	36	48	5.8	412	1	1.2	1.2	2	4	.4
0.13.10	1	1.2	1.2	2	6	.5	421	16	19.0	19.5	36	72	7.4
0.14.5	1	1.2	1.2	4	6	.6	431	11	13.1	13.4	26	52	5.4
101	10	11.9	12.2	38	64	7.0	441	4	4.8	4.8	14	24	2.9
102	2	2.4	2.4	4	12	1.2	451	2	2.4	2.4	2	4	.4
103	1	1.2	1.2	2	4	.4	452	1	1.2	1.2	2	4	.4
201	61	72.7	74.3	438	614	72.4	454	1	1.2	1.2	2	4	.4
203	7	8.3	8.5	22	38	4.1	489	1	1.2	1.2	4	6	.6
401	11	13.1	14.1	34	62	6.6	4.9.12	2	2.4	2.4	4	8	.8
13.0.4	1	1.2	1.2	2	6	.5	4.16.1	3	3.6	3.6	6	12	1.2
18.0.5	2	2.4	2.4	6	12	1.2	4.23.19	2	2.4	2.4	4	8	.8
110	31	36.9	37.8	176	280	31.4	4.23.21	1	1.2	1.2	2	4	.4
210	41	48.8	50.0	236	352	40.4	534	1	1.2	1.2	2	4	.4
230	6	7.1	8.5	28	44	5.0	614	2	2.4	2.4	4	8	.8
310	3	3.6	3.6	12	18	2.0	621	2	2.4	2.4	4	8	.8
490	2	2.4	2.4	10	14	1.6	634	4	4.8	4.8	8	16	1.6
4.23.0	1	1.2	1.2	4	4	.5	692	1	1.2	1.2	2	4	.4
14.5.0	3	3.6	3.6	12	18	2.0	6.10.1	1	1.2	1.2	2	4	.4
111	16	18.0	19.0	38	70	7.4	734	1	1.2	1.2	2	4	.4
112	36	42.8	43.9	80	158	16.4	852	1	1.2	1.2	2	4	.4
121	5	6.0	6.1	10	20	2.0	867	1	1.2	1.2	2	4	.4
122	2	2.4	1.2	4	8	.8	8.9.12	1	1.2	1.2	2	4	.4
123	3	3.6	3.6	6	12	1.2	8.46.19	1	1.2	1.2	2	4	.4
124	2	2.4	2.4	4	8	.8	9.18.5	1	1.2	1.2	2	4	.4
143	1	1.2	1.2	2	4	.4	10.8.9	5	6.0	6.1	10	20	.4
173	2	2.4	2.4	4	8	.8	10.21.6	1	1.2	1.2	2	4	.4
211	13	15.5	15.8	26	52	5.4	12.9.8	1	1.2	1.2	4	6	.4
212	38	45.2	46.4	88	170	17.7	18.3.4	1	1.2	1.2	2	4	.4
221	59	70.3	71.2	180	336	35.5	20.9.12	1	1.2	1.2	2	4	.4
227	4	4.8	4.9	8	16	1.6	22.13.4	1	1.2	1.2	2	4	.4
232	7	8.3	8.5	14	28	2.9	23.12.16	1	1.2	1.2	2	4	.4
234	20	23.8	24.4	42	84	8.7	28.1.7	1	1.2	1.2	2	4	.4
236	1	1.2	1.2	4	8	.8	28.14.19	1	1.2	1.2	2	4	.4
241	5	6.0	6.1	10	20	2.0							

richtungen als Flächenlagen. Ausserordentlich mannigfaltig sind die Zonen mit allgemeinem, aus drei verschiedenen Zahlen zusammengesetztem Symbol. 58 Kantenrichtungen sind mehr oder weniger zufällig, da sie nur ein- bis dreimal auftreten. Durch eine Persistenz höher wie 40 zeichnen sich 10 Kanten aus, nämlich [001], [011], [201], [010], [221], [210], [100], [212], [112] und [021]. Nur fünf derselben wurden auf S. 462 benötigt, an die Stelle der andern traten kompliziertere.

Tabelle XXII. Zonenbewertung beim Brookit

Nr.	Zone	G ₁	G ₂	G ₃	M	Formen der Zone	Flächen
1	001	100	100	100	100	12	44
2	201	74.3	72.4	92.7	79.8	11	40
3	011	89.7	73.0	42.0	68.2	6	20
4	010	63.4	65.7	49.8	59.6	6	20
5	221	71.2	35.5	39.2	48.7	10	22
6	210	50.0	40.4	35.9	42.1	4	16
7	100	47.6	35.3	42.6	41.8	7	24
8	110	37.8	31.4	35.1	34.8	5	16
9	021	42.7	32.6	20.6	31.9	5	16
10	212	46.4	17.7	22.9	29.0	9	18
11	012	23.2	23.7	33.2	26.7	7	24
12	112	43.9	16.4	8.1	22.8	4	8
13	111	19.0	7.4	17.3	14.6	7	14
14	211	15.8	5.4	14.2	11.8	10	20
15	101	12.2	7.0	14.9	11.4	9	32

Aufschlussreich ist die Prüfung der Zonen auf Kanten- und Flächenzahl. Das Ergebnis der Zählung ist aus Tabelle XXI ersichtlich. Die sieben wichtigsten Zonen sind genau dieselben, die schon als Kanten an zahlreichen Figuren vorhanden waren. [221] tritt aber etwas hinter [210] zurück. Weiterhin kommen bedeutendere Umstellungen vor, doch ist gegen das Ende hin der Verlauf beider Reihen wiederum ziemlich parallel. Im Durchschnitt kommen auf eine Zone etwa $1\frac{1}{2}$ mal so viel Flächen wie Kanten. Kantenreich im eigentlichen Sinne ist überhaupt keine Zone. Am besten entwickelt ist [001]. Im Durchschnitt trifft es pro Kristall 8.5 Kanten dieser Richtung. Fast gleiche Bedeutung hat [010]. Die Zone [011], welche an 73 Figuren mit 480 Kanten einer Richtung erscheint, also total die zweitgrösste Kantenzahl auf sich vereinigt, ist durchschnittlich mit weniger als 6.6 Kanten entwickelt. Einmalige oder doch sehr seltene Zonen wie [023], [094] kommen ihr mit 6 Kanten sehr nahe.

Heissen wir im folgenden jene Zonen kantenreich, die total grosse Kantenzahlen auf sich vereinigen, wiewohl sie pro Einzelkristall mit wenig Kanten

erscheinen (z. B. [100], [221]), so gilt, dass bei den meisten kantenreichen Zonen das Verhältnis von Kantenzahl zu Flächenzahl über 50 % liegt. An der Spitze steht [001]. [010], [011], [012], [021] folgen in einigem Abstand. [201] und [210] bilden den Schluss. Diese sieben Zonen, welche aber nicht identisch sind mit den oben (S. 468) genannten sieben wichtigsten Zonen, sind also öfters ringsum lückenlos entwickelt. Aber nicht als einzige! Denn selbst seltene Zonen, wie [023] (Fig. 14) und [4.23.0] (Fig. 23) zeigen, wenn auch nur ausnahmsweise, diese lückenlose Ausbildung. Kantenreiche Zonen, deren Entwicklung durchschnittlich lückenhafter ist als dem Gesamtmittel entspricht, sind [100], [110] und [221]. Ein Drittel aller Zonen tritt mit der möglichen Mindestzahl von Kanten auf. Bei 56 Zonen ist die Zahl der Flächen gerade doppelt so gross wie die Zahl der Kanten. Mehr wie doppelt so viel Flächen als Kanten sind einzig den seltenen Zonen [015], [092], [0.13.10] und [13.0.4] eigentümlich.

Von den 11 Zonen, mit denen die 58 Formen des Brookits erfasst werden sollten, sind die letzten vier an keiner Figur als Kante entwickelt. Unter den übrigen fallen [101] und [401] durch ihre niedere Persistenz auf. Und doch sind sie relativ flächenreich und enthalten sogar recht persistente Formen. Es muss daher interessieren, wenigstens jene Zonen, welche durch Leitformen mit oder ohne Nebenleitformen bestimmt sind, mit den als Kanten entwickelten Zonen zu vergleichen. Sie sind im folgenden zusammengestellt. Jede Zone ist zur Hälfte explizit hingeschrieben. Die Flächen der Leitformen sind fettgedruckt. Ausser den Nebenleitformen sind aber keine weiteren Formen angegeben. In den Kolonnen L und N ist vermerkt, wieviele Leit- bzw. Nebenleitformen je beteiligt sind. Man hat

Nr.	Zone	L	N
1	[001] : 100 , 210, 110 , 010, $\bar{1}10$, $\bar{2}10$, ...	2	2
2	[0 $\bar{1}$ 1] : 100 , 122 , $\bar{1}22$...	2	—
3	[2 $\bar{2}$ 1] : 110 , 122 , $\bar{1}02$...	2	1
4	[2 $\bar{2}$ 3] : 110 , 122	2	—
5	[20 $\bar{1}$] : 010, 122 , $\bar{1}12$, 102, $\bar{1}\bar{1}2$, $\bar{1}2\bar{2}$...	1	3
6	[2 $\bar{1}$ 0] : 122 , 001, $\bar{1}22$...	1	1
7	[01 $\bar{0}$] : 100 , 102, 104, $\bar{1}04$, $\bar{1}02$...	1	2
8	[1 $\bar{1}$ 0] : 110 , 112, 001, $\bar{1}12$...	1	2
9	[2 $\bar{4}$ 3] : 210, 122 , $\bar{1}12$	1	2
10	[0 $\bar{2}$ 1] : 100 , 112, $\bar{1}12$	1	1
11	[0 $\bar{1}$ 2] : 100 , 021 ...	1	1
12	[1 $\bar{1}$ 2] : 110 , 021	1	1
13	[1 $\bar{1}$ 1] : 110 , $\bar{1}12$	1	1
14	[4 $\bar{4}$ 1] : 110 , $\bar{1}04$	1	1
15	[4 $\bar{1}$ 1] : 122 , 104	1	1
16	[6 $\bar{1}$ 2] : 122 , $\bar{0}21$	1	1
17	[6 $\bar{4}$ 1] : 122 , $\bar{1}12$	1	1
18	[21 $\bar{2}$] : 122 , 021	1	1
19	[24 $\bar{5}$] : 122 , 210	1	1
20	[431] : 122 , 104	1	1

Drei dieser Zonen sind überhaupt nicht als Kante ausgebildet, nämlich $[2\bar{2}3]$, $[\bar{6}12]$ und $[6\bar{4}1]$, andere wieder, wie $[24\bar{5}]$ und $[4\bar{4}1]$, besitzen sehr kleine Zonenpersistenzen. Dafür kommen, mit Ausnahme von $[100]$, unter diesen 20 Zonen alle vor, die in Tabelle XXI nach beiden Bewertungsarten die 12 höchsten Gewichte haben.

Wie für die andern Mineralien, so wurde auch hier für jene Zonen, die durch besondere Kantenhäufigkeit oder grosse Formenzahl hervortreten, das Gewicht nach der früher diskutierten Formel berechnet. Etwa 15 Zonen können hierher gerechnet werden. Sie sind in Tabelle XXII zusammengestellt. Um ihr Zonengewicht mit der Zonenpersistenz und dem Mittelwert vergleichen zu können, wurden, wie früher schon (vergl. Tabelle XVI), die Maxima der drei Arten von Persistenzen bzw. Gewichten je gleich hundert gesetzt und die übrigen demgemäss umgerechnet. So ergeben sich die Zahlen G_1 , G_2 und G_3 der Tabelle XXII. Gegenüber den Werten G_1 und G_2 sind die Variationen von G_3 ziemlich unregelmässig, entsprechend dem Charakter der Zonen. Die kontinuierliche Entwicklung von $[001]$, $[010]$ und $[021]$ wird nach dem früher Gesagten sofort ersichtlich. Der Flächenreichtum von $[201]$ macht sich darin bemerkbar, dass das Zonengewicht grösser ist als die beiden andern Werte.

c) *Struktur und Morphologie*

Die Struktur des Brookits zählt grundsätzlich zu den kompliziertesten. Nach L. PAULING und J. H. STURDIVANT (Lit. 61) liegt V vor. Das Elementarped hat die Dimensionen

$$d_{100} = 9,166 \text{ \AA}, \quad d_{010} = 5,436 \text{ \AA}, \quad d_{001} = 5,135 \text{ \AA}$$

Gegenüber dem S. 445 angenommenen Achsenverhältnis erscheint also a verdoppelt. Ein ähnliches Achsenverhältnis hatte bereits FEDOROW (Lit. 57) angenommen, nur dass er $2a:b:c$ umstellte in $a':b':c' = b:c:2a$.

Wenn wir an diesem Achsenverhältnis festhalten, so geht jede Zone $[uvw]$ der bisherigen Symbolisierung über in $[v.w.\frac{1}{2}u]$. Danach werden die wichtigsten Zonen der Tabelle XXII zu:

$$[100], [010], [001]; [011], [101], [011]; [211], [121]; \\ [201], [021]; [210], [120].$$

Es ergibt sich also eine hypotetragonale bis hypokubische Zonenverteilung, wie bereits im Lehrbuch von P. NIGGLI elegant hervorgehoben ist.

Wegen der allgemeinen und hypothetischen Lage der Ti- und O-Atome möge es hier genügen, bloss die Symmetriezentren ins Auge zu fassen. Sie bilden ein allseits flächenzentriertes Gitter. Die Punktabstände sind

$$\sqrt{b^2 u'^2 + c^2 v'^2 + 4 a^2 w'^2}$$

für Zonen mit einem oder drei ungeraden Indizes, sonst die Hälfte. Man hat folgende Grössen

Stellung Fedorow	110	010	011	101	100	112	121	211	001
Übliche Stellung	011	001	201	210	010	411	212	221	100
Abstände	0,688	0,944	0,979	0,965	1,00	1,178	1,185	1,196	1,682

Abgesehen von [411], haben wir wiederum die Zonen, die schon in Tabelle XXII an der Spitze stehen. Die Reihenfolge ist allerdings nicht streng gewahrt. Im Ganzen zeigt sich aber auch hier, dass jene Richtungen als Zonen wichtig sind, die kürzesten Bindungen entsprechen.

ZUSAMMENFASSUNG

Vorliegende Arbeit basiert wesentlich auf den Fundortsbeschreibungen des HINTZE'schen Handbuches und dem Figurenmaterial von GOLDSCHMIDT's Atlas. Der Vergleich der für Brookit von mir ermittelten Zahlen mit den von W. ARNOLD errechneten beweist, dass die beiden Werke von HINTZE und GOLDSCHMIDT für morphologische Untersuchungen eine hinreichend solide Grundlage bilden können.

Die Kombinationspersistenzen sind zumeist kleiner als die Fundortspersistenzen und fallen rascher ab als diese. Beide Persistenzkurven haben trotzdem einen ziemlich entsprechenden Verlauf (vergl. besonders Fig. 2 und Fig. 7, auch die Ausführungen von S. 460 f.). Es war darum verlockend, die Bedeutung einer Fläche nach der Grösse des Mittelwertes von F und P zu taxieren.

Im einzelnen kann die Morphologie der untersuchten Mineralien etwa folgendermassen charakterisiert werden:

a) Beim Fluorit mit seinen 92 Formen hat einzig der Würfel eine überragende Bedeutung. Oktaeder und Rhombendodekaeder sind zahlenmässig nur etwa halb so wichtig. Dabei ist die für die Habitusbewertung so wichtige Flächengrösse ganz ausser Acht gelassen. Sie würde sehr zu Gunsten des Würfels sprechen, wengleich Oktaeder und Rhombendodekaeder selbständig auftreten können.

b) Scheelit hat zwei Formen, {011} und {111}, die unter den 50 Formen etwas stärker hervortreten als der Würfel am Fluorit. Neben ihnen erscheinen {131}, {012}, {001} und {313} mit mittlerer Persistenz. Die Morphologie ist also wesentlich mannigfaltiger als

beim Fluorit. Aber trotz der Oktaederähnlichkeit der häufigsten Wachstumsformen liegt nicht hypokubische, sondern ausgesprochen tetragonale Bildungstendenz vor. Die häufigen Grössenunterschiede von $\{011\}$ und $\{111\}$ sind besonders hervorzuheben. Das Merkwürdigste aber ist, dass die relativ seltene Form $\{031\}$ für sich allein auftreten kann.

c) Wiederum anders ist Brookit gebaut. Hauptformen sind $\{110\}$, $\{122\}$ und $\{100\}$. $\{122\}$ kann als einzige selbständige Bedeutung erlangen. Nach $\{100\}$ sind die Kristalle gerne tafelig. Sehr gross ist die Zahl der Formen mittlerer Persistenz: $\{001\}$, $\{021\}$, $\{104\}$, $\{112\}$, $\{102\}$, $\{210\}$ und $\{010\}$. Keine ist habitusbestimmend.

Nach der NIGGLI'schen Auffassung sind die strukturellen Bindungsrichtungen benachbarter Punkte oder Punktgruppen gewissermassen das Primäre der ganzen Morphologie. Äusserlich treten sie als Zonen in die Erscheinung. Es war daher angezeigt, auf die am Kristall als Kanten entwickelten Zonen ein besonderes Augenmerk zu richten, und zwar wurden untersucht:

1. Die verschiedenen Zonen (= Kanten-) kombinationen bei Verlegung in den Ursprung sämtlicher an den einzelnen Kristallen auftretenden Flächen. Daraus wurde für jede auftretende Kantenrichtung eine Zonen-Kombinationspersistenz berechnet.

2. Zahl der Kanten und Flächen, die e i n e r Zone zugehören, als sinnenfälliger Ausdruck der morphologischen Bedeutung einer Zone.

3. Das Gewicht dieser Zonen nach einer S. 414 angegebenen Formel.

An allen untersuchten Mineralien sind die Schnittlinien der hochpersistenten Flächen häufige Kanten. Ihnen können aber auch andere Kantenrichtungen vergleichbar sein. So ist beim Scheelit $[111]$ an ebensovielen Figuren vorhanden wie $[121]$. Ähnliches gilt für $[110]$ und $[021]$ beim Brookit. Die Schnittlinien der hochpersistenten Formen sind vielfach die längsten Kanten am Kristall. Sie entsprechen aber nicht notwendigerweise den flächenreichen oder gar ringsum ausgebildeten Zonen. Dieser Art ist z. B. $[111]$ beim Scheelit. Umgekehrt kann eine häufige und relativ flächenreiche Zone (z. B. $[111]$ bei Fluorit) durchgehend kurze Kanten zeigen. Ringsum ausgebildete Zonen sind durch Flächen hoher Persistenz und gleichmässiger Verteilung noch nicht bedingt. Der Habitus der Kristalle spielt hier eine grosse Rolle. Am Scheelit z. B. bilden $\{111\}$ und $\{001\}$ selten eine ringsum geschlossene Zone, selbst wenn $\{113\}$ oder eine andere flache Bipyramide sich zwischen $\{111\}$ und $\{001\}$ legt.

Als besonders wichtig erscheint der Umstand, dass die durchwegs grosse bis sehr grosse Zahl von Formen mit wenigen Zonen (6 beim Fluorit, 7 beim Scheelit, 11 beim Brookit) erfasst werden kann. Diese Zonen stehen mit der Persistenz der wichtigsten Flächen in engem Zusammenhang, ohne dass sie aber am Kristall durch besondere Bedeutung hervortreten oder gar immer als Kanten entwickelt sind.

Die Zonensymbole sind vielfach von den Flächensymbolen grundverschieden, wie folgende Zusammenstellung zeigt. Es ist nämlich (vergl. auch S. 407, Anm.) die Zahl der

	Formen	Zonen	gemeinsame Symbole
beim Fluorit	92	54	30
Scheelit	50	53	16
Brookit	58	93	19

Weiter kommt die Eigenheit (z. T. Symmetrie) des Minerals auch darin zur Geltung, dass nur wenige (z. B. beim Fluorit) oder viele (z. B. beim Brookit) Zonensymbole allgemeiner Art vorhanden sind.

LITERATURVERZEICHNIS

1. *Balzac, F.*, Atti della R. Acc. d. Scienze di Torino, Vol. LII, 1917, S. 1014 ff. Ref. Zeitschrift für Krist., Bd. 56, 217.
2. *Bauer, M.*, Kristallographische Untersuchung des Scheelits. Württemberg. naturwiss. Jahreshft, 1871.
3. *Baumhauer, H.*, Beitrag zur vergleichenden Kristallographie. Schweiz. Min.-Petr. Mitt., Bd. 5, 348.
4. *Bournon, J. L.*, Journal des Mines, Bd. 13, S. 161, zitiert nach V. Goldschmidt, Index der Kristallformen, Bd. III, S. 98.
5. *Braun, Max*, Beiträge zur Oryktognosie Badens. N. Jahrb. für Min. 1837, S. 633.
6. *Brooke, H. J.*, Philipps Introduction to Mineralogy, 1852, S. 227—228. Hintze, Bd. I, S. 1555.
7. *Busatti, L.*, Fluorite dell'isola del Giglio e minerali che l'accompagnano nel suo giacimento. Fluorite di Carrara. Atti soc. Tosc. di sci. nat. VI. Ref. Zeitschr. für Krist. 9, 581. N. Jahrb. für Min. 1887, I, 420 ff.
8. *Busz, K.*, Mitt. über Manganosphärit, Schwefel, Brookit, Augit und Pyrit. N. Jahrbuch für Min. 1901, Bd. II, S. 129.
9. *Buttgenbach, H.*, Beschreibung der Fluoritkristalle Belgiens. Annal. d. l. soc. géol. de Belg., Liège 1899—1900, Bd. 27, S. 111—121. Ref. Zeitschrift für Krist. 35, 642.
10. *Calder, van, F. J. P.*, Min. Mitteilungen. Zeitschr. f. Krist. 7, 447.
11. *Colomba, L.*, Über den Scheelit von Traversella. Rendiconti R. Acc. Linc. Roma. I. Sem. 1906, 15, S. 281—291. Ref. Zeitschr. f. Krist. 44, 622.
12. *Dana, Ed. S.*, System of Mineralgy, 1894.
13. — Brookit von Magnet-Cove, Arkansas. Amer. Jour. Sc. 32, 314. Ref. Zeitschr. f. Krist. 12, 624.

14. *Descloizeaux, A.*, Manuel de Minéralogie. Paris, 1862 und 1874.
15. *Dürrfeld, V.*, Die Drusenminerale des Waldsteingranits im Fichtelgebirge. Zeitschr. f. Krist. 46, 563.
16. — Mineral. von Urbeis (Weilertal) und Markkirch. Mitteilungen der geol. Landesanstalt von Elsass-Lothringen 1909, 115 ff. Ref. Zeitschr. für Krist. 49, 512.
17. — Über einige bemerkenswerte Mineralvorkommen des Kinzigtales (Schwarzwald). Zeitschr. für Krist. 53, 182.
18. *Flinck, G.*, Bidrag til Sveriges mineralogi. Arkiv för Kemi, Min. och Geol. 1910, 13, 1—166. Ref. Zeitschr. für Krist. 53, 409; N. Jahrb. für Min. 1916, I, 21.
19. *Ford, H. F.*, und *Ward, F.*, On a Brookite Crystal, from Companhia, Lençoes. Amer. Journ. of Sc. 1911, II, 287 ff. Ref. N. Jahrb. für Min. 1912, II, 348. Vergl. die Bemerkung S. 449 dieser Mitt.
20. *Fukuchi, Nobuyo*, Mineral Parageneses in the Contactmetamorphic Ore-Deposits, found in Japan. Beitrag zur Mineral. Japans. Herausgegeben von Wada, Nr. 3, Dez. 1907, 75—109. Ref. N. Jahrbuch 1909, I, 32.
21. *Genth, F. A.*, Amer. Journ. of Sc., II. ser., XVIII. Vergl. Lit. 2.
22. *Goldschmidt, V.*, Atlas der Kristallformen. Heidelberg 1913—1923.
23. — Index der Kristallformen. Berlin 1886—1891.
24. *Goldschmidt, V. M.*, Die Kontaktmetamorphose im Christianiagebiet. Ref. Zeitschr. für Krist. 55, 88.
25. *Greaff, F. F.*, Die Mineralien der Drusenräume in dem Bundsandstein von Waldshut (Baden). Zeitschr. für Krist. 15, 376.
26. *Grailich, J.*, Krist. opt. Unters. Wien und Olmitz, 1858.
27. *Gregg, R. P.*, und *Lettsom, W. G.*, Manual of the Mineralogy of Great Britain and Ireland, London 1858.
28. *Groth, P.*, Die Mineraliensammlung der Kaiser Wilhelm-Universität Strassburg, 1878.
29. *Hermann, P.*, Über Anglesit von Monteponi (Sardinien). Zeitschr. für Krist. 39, 463—504.
30. *Hessenberg, F.*, Min. Notizen. Abhandl. der Senkenberg'schen naturf. Gesellschaft zu Frankfurt a. M., Bd. IV, 1863.
31. *Himmelbauer, A.*, Neue Mineralvorkommen. Tscherm. Mitt. 32, 140.
32. *Hintze, C.*, Über flächenreiche Flusspathkristalle aus dem Riesengrund. Zeitschr. für Krist. 14, 74.
33. — Handbuch der Mineralogie. Leipzig 1897 ff.
34. *Höfer, H.*, Mineral. Beobachtungen. Tscherm. Mitt. 10, 153.
35. — Mineral. Beobacht. Tscherm. Mitt. 12, 487.
36. *Hubrecht, P. F.*, Über Cerussitzwillinge von Sardinien. Zeitschr. für Krist. 40, 147—188.
37. *Hulyák, V.*, Min. Mitteilungen. Földtani Közlöni 1903, 33, 175—180. Ref. Zeitschr. für Krist. 40, 503.
38. *Hussak, E.*, Mineralogische Notizen aus Brasilien (Brookit, Cassiterit, Xenotim, Monazit und Euklas). Min. und Petrogr. Mitt. 1891, 12, 457.
39. *Jeremejew, P. W.*, Über den Brookit aus Atljansk (Süd-Ural). Verh. der K. russ. min. Ges. Petersburg 1890, 26, 407. Ref. Zeitschr. für Krist. 20, 189.

40. — Beschreibung einiger Mineralien aus den Goldseifen der Ländereien der Orenburgischen Kasaken und Baschkiren. Gornyi Journ. 1887, 3, 263 ff. Ref. Zeitschr. für Krist. 15, 544.
41. *Kayser, Ed.*, Beschreibung der Mineraliensammlung d. H. Med.-Rat Bergemann in Berlin 1834. Ref. N. Jahrb. 1836, S. 205.
42. *Kenngott, A.*, Min. Notizen. XVI. Sitzungsber. Ak. Wiss. Wien 1854, 13, 462.
43. *Klocke, F.*, Kristallogr. Mittl. a. d. min. Mus. der Univ. Freiburg i. Br. Ref. N. Jahrb. für Min. 1874, 731.
44. *Kokscharow, v.*, Über Brookitkristalle vom Ural. Pogg. Ann. d. Phys. und Chemie 77, 454 (1850).
45. *Krejčič, A.*, Fluorit von Topélec bei Pisek. Ref. Zeitschr. für Krist. 44, 80.
46. *Lacroix, A.*, Minéralogie de la France. Paris 1893 ff.
47. — Sur l'anatase et la brookite de quelques roches françaises. Bull. soc. fr. de Min. 14, 191.
48. *Laspeyres, H., Busz, K., und Bruhn, W.*, Mitt. aus dem Min. Mus. der Univ. Bonn. Zeitschr. für Krist. 17, 541.
49. *Lasaulx, v., A.*, Krist. Notizen. Zeitschr. für Krist. I, 359.
50. — Mineralogisch-kristallogr. Notizen. N. Jahrb. für Min. 1875, 128.
51. *Leuchtenberg, Herzog Nikl. v.*, Über zwei neue Formen an russ. Brookitkristallen. Verh. d. russ. min. Ges. zu Petersburg 1872, Bd. 7. Ref. N. Jahrb. für Min. 1873, 420.
52. *Lévy, A.*, Description d'une collection de minéraux, formée par M. Henri Heuland, Londres 1837.
53. *Lüdecke, O.*, Die Minerale des Harzes. Berlin 1896. Ref. Zeitschr. für Krist. 29, 176.
54. *Miller, W. H.*, Phillips Introduction to Mineralogy. 1852. Vergl. Lit. 6.
55. *Naumann, C.*, Lehrbuch der Mineralogie. Berlin 1828.
56. *Niggli, P.*, Kristallisation und Morphologie des rhomb. Schwefels. Zeitschrift für Krist. 58, 490.
57. — Lehrbuch der Mineralogie, 1924 und 1926.
58. *Palache, Ch., und Warren, Ch. H.*, A. Chemische Zusammensetzung des Parisits und ein neues Vorkommen desselben in den Granitpegmatiten bei Quincy (Mass.). B. Mikroklin, Riebeckit, Aegirin, Anatas, Fluorit vom gleichen Fundort. Zeitschr. für Krist. 49, S. 332.
59. *Palache, Ch.*, Anatas, Brookit und Titanit von Somerville (Mass.). Rosenbusch's Festschrift, S. 311. Ref. Zeitschr. für Krist. 46, 320.
60. *Parker, R. L.*, Zur Kristallographie von Anatas und Rutil. I. Teil. Morphologie des Anatas. Zeitschr. für Krist. 58, 522.
61. *Pauling, L., und Sturdivant, J. H.*, The crystal structure of brookite. Zeitschrift für Krist. 68, 239.
62. *Penfield, S. L.*, Brookit von Magnet-Cove (Arkansas). Amer. Journ. of Sc. 31, 387. Zeitschr. für Krist. 12, 497. N. Jahrb. für Min. 1883, I, 44.
63. *Presl, J. S.*, Nerostopis čili Mineralogia, Prag 1837.
64. *Rath, G. vom*, Über einige Mineralien aus dem Piemont. Sitzungsbericht der niederrhein. Ges. für Natur- und Heilkunde, Bonn 1882, S. 215. Ref. Zeitschr. für Krist. 8, 297.
65. — Über einen Brookitkristall aus den Goldseifen von Atliansk unfern Miask im Ural. Monatsber. Ak. Wiss. Berlin, 29. VII. 1875, und Pogg. Annal. 1876, 158, 405. N. Jahrb. für Krist. 1876, 201.

66. *Robinson, H. H.*, On a Octaedrite and Brookit from Brindletown, Nord-Carolina, Amer. Journ. of Sc. 12, p. 180—184, 1901. Zeitschr. für Krist. 35, 425, 1902. Ref. N. Jahrb. 1903, I, 21.
67. *Scacchi, A.*, Poliedria. 1862/63.
68. *Schrauf, A.*, Morpholog. Studien an der Mineralspezies Brookit. Sitzungsber. der Wien. Ak. LXXIV, 13. Ref. Zeitschr. für Krist. I, 306.
69. *Shepard, C. U.*, Treatise on Mineralogy. New Haven 1857.
70. *Slavik, F.*, Bemerkungen über den Quarzporphyr vom Kozâkov-Berge. Abhandlg. der böhm. Akad. 1900, Nr. 31. Ref. Zeitschr. für Krist. 36, 203, und N. Jahrb. für Min. 1902, I, 63.
71. — Min. Notizen. Zeitschr. für Krist. 39, 294.
72. *Traube*, Über den Molybdängehalt des Scheelits und die Trennung der Wolframsäure von der Molybdänsäure. N. Jahrb. für Min. BB. 7, 233.
73. *Ungemach, M. H.*, Sur la fluorine de deux gisements américains inédits. Bull. soc. fr. de Minéral. 32, 171.
74. — Notes cristallogr. sur la fluorine vosgienne. Bull. soc. fr. de Minéral. 32, 304.
75. *Weber, L.*, Strukturelle Beziehungen zwischen den am Flusspat in Kombination auftretenden Flächen. Verh. Schw. Nat. Ges. 1921, S. 131.
76. *Weber, M.*, Über den Flusspath von Epprechtstein im Fichtelgebirge. Zeitschrift für Krist. 37, 433.
77. *Werner, G.*, Mineral. Mitt. N. Jahrb. für Min. 1881, I, 7.
78. *Whitlock, E. H.*, Contrib. to Mineral. New York State Mus. Bull. 140, S. 197. Ref. N. Jahrb. f. Min. 1910, II, 371.
79. *Williams, G. H.*, Priv. Contrib. Vergl. Dana, Min. 1892, S. 243.
80. *Zambonini, F.*, Mem. per serv. alla desc. d. carta geolog. d'Italia, Vol. VII, 1919. Ref. Zeitschr. für Krist. 56, 217, und N. Jahrb. für Min. 1922, II, 131.
81. — Über den Scheelit von Traversella. Rend. R. Acc. Linc. Roma, I. Sem. 1906 (5), 15, 558—565. Ref. Zeitschr. für Krist. 44, 626.
82. *Zepharovich, V. v.*, Neue Mineralfundorte in den Salzburgeralpen. Lotos 1885—86, 137, Bd. VII. Ref. Zeitschr. für Krist. 13, 86.
83. — Mineralog. Lexikon für das Kaisertum Österreich, Wien 1859.

Freiburg (Schweiz), Mineralog. Institut der Universität, den
20. Juni 1929.

Eingegangen bei der Redaktion den 2. Juli 1929, bzw. 15. Oktober 1930.