Vergleichen wir nun die angegebenen Eigenschaften des Hydromagnesits mit denjenigen des Artinits. Es ergiebt sich zuerst, dass das specifische Gewicht des Hydromagnesits höher ist als dasjenige des Artinits (2,013–2,028)[1]. Der Winkel der optischen Axen mit negativer Mittellinie ist viel grösser als der entsprechende des Artinits. Ich glaube richtig zu urtheilen, wenn ich ihn als den stumpfen betrachte. Das Mineral wäre also positiv, während der Artinit ohne Zweifel negativ ist.

Der Werth von γ des Hydromagnesits ist beinahe gleich β des Artinits. Obwohl ich keine Untersuchungen nach dem Werthe α machen konnte, glaube ich doch aus der Gesammtheit der Beobachtungen berechtigt zu sein anzunehmen, dass die Doppelbrechung des Hydromagnesits bedeutend niedriger ist als diejenige des Artinits. Das stimmt übrigens sehr gut mit dem positiven Charakter des Minerals[2]. In der That, da der positive Charakter verlangt dass $\gamma - \beta > \beta - \alpha$, so muss

$$\gamma - \alpha < 0{,}016$$

sein. Aus allen diesen Angaben folgt weiter, dass das mittlere Brechungsvermögen des Hydromagnesits höher ist als dasjenige des Artinits.

Ueber Flächenentwicklung und Krystallstruktur des rhombischen Schwefels und des Anatas.

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

In einer demnächst in der Zeitschrift für Krystallographie erscheinenden ausführlicheren Abhandlung über die Vertheilung der Krystallflächen innerhalb der Zonen habe ich gezeigt, dass in einer Anzahl von Fällen, wo sehr flächenreiche Zonen (von Jordanit, Dufrenoysit und Baumhauerit) vorliegen, innerhalb der betreffenden Zonen zunächst eine Reihe von Formen erscheint, deren Symbole arithmetisch wachsende Indices enthalten, und welche — bei nicht zu kompliziertem Symbol resp. zu hohen Indices — mit fast gleicher Häufigkeit auftreten. Diese Formenreihe, welche gleichsam das Gerüst der Zone bildet, habe ich als primäre Reihe bezeichnet. Ist die Zone eine ganz oder fast ganz ungestört entwickelte, so lassen sich die übrigen Flächen derselben (sekundäre, tertiäre, event. quartäre) durch einfache oder wiederholte Komplikation

[1] Für den Werth des specifischen Gewichtes des Hydromagnesits anderer Autoren siehe man meinen citirten Aufsatz über Artinit.

[2] Auch Weinschenk giebt den Charakter des Hydromagnesits als positiv an. (Weinschenk: Weitere Beiträge zur Kenntniss der Minerallagerstätten der Serpentine in den östlichen Centralalpen. Zeitschr. f. Kryst. u. Min., Bd. 27, 1897, S. 570.)

(Addition benachbarter Symbole resp. Indices) aus der primären Reihe ableiten. Dabei nimmt die Häufigkeit der einzelnen Formen mit dem steigenden Grade der für ihre Ableitung anzuwendenden Komplikation ab. Zugleich lässt sich eine nahe Beziehung zwischen der Häufigkeit einer Form resp. dem betreffenden Grade der Komplikation und der für die Fläche anzunehmenden Netzdichtigkeit erkennen. Indem ich hinsichtlich der Einzelheiten auf jene Arbeit verweise, möchte ich im Folgenden eine weitere Anwendung des Prinzips auf zwei in ihrer krystallographischen Entwicklung einander nahestehende Mineralien, den rhombischen Schwefel und den Anatas vorführen. Zunächst seien noch ein paar allgemeine Bemerkungen vorausgeschickt.

Eine primäre Reihe innerhalb einer reich entwickelten Zone kann man z. B. für $h = k = 1$ in folgender Weise darstellen:

$$(11l)\ (11l_1)\ (11l_2)\ (11l_3)\ \ldots\ldots\ (11l_n),$$

wobei $l_1 = l + 1$, $l_2 = l + 2$, $l_3 = l + 3$ etc. oder auch etwa $l_1 = l + 2$, $l_2 = l + 4$ etc. ist. So würde man erhalten:

a. (111) (112) (113) (114) . . .

oder b. (111) (113) (115) (117) . . .

Hätte die Erfahrung (Statistik) gelehrt, dass eine Reihe von gleicher oder nahe gleicher Häufigkeit vorhanden sei mit folgenden Symbolen:

(221) (111) (223) (112) (225) (113) (227) . . .,

so würde man zunächst zu schreiben haben:

(221) (222) (223) (224) (225) (226) (227) . . .

und hierauf, indem man $h = k = 1$ setzt:

(111) (112) (113) (114) (115) (116) (117) . . .,

wodurch man die eigentliche primäre Reihe erhält, aus welcher sich durch Komplikation die sekundären etc. Formen ableiten lassen. Diese Ableitung würde für die beiden oben angenommenen Beispiele a und b zu folgendem Schema führen (durch I, II und III ist der Grad der betr. Form, primär, sekundär und tertiär, angegeben):

$$\text{a. } \overset{\mathrm{I}}{(111)}\ \overset{\mathrm{III}}{(334)}\ \overset{\mathrm{II}}{(223)}\ \overset{\mathrm{III}}{(335)}\ \overset{\mathrm{I}}{(112)}\ \overset{\mathrm{III}}{(337)}\ \overset{\mathrm{II}}{(225)}\ \overset{\mathrm{III}}{(338)}\ \overset{\mathrm{I}}{(113)}\ \ldots$$

$$\text{b. } \overset{\mathrm{I}}{(111)}\ \overset{\mathrm{III}}{(335)}\ \underset{=(112)}{\overset{\mathrm{II}}{(224)}}\ \overset{\mathrm{III}}{(337)}\ \overset{\mathrm{I}}{(113)}\ \overset{\mathrm{III}}{(3.3.11)}\ \underset{=(114)}{\overset{\mathrm{II}}{(228)}}\ \overset{\mathrm{III}}{(3.3.13)}\ \overset{\mathrm{I}}{(115)}\ldots$$

Während die Komplikation bei a zu keinen Symbolen führt, welche durch Division durch 2 vereinfacht werden können, findet dies bei b statt. Dennoch darf man vor der weiteren Komplikation eine solche Vereinfachung (von (224) zu (112) u. s. w.) **nicht** vornehmen, indem die Erfahrung lehrt, dass z. B. zwischen (111) und (224) = (112) die wahrscheinlichere Form nicht $(223) = (1 + 1 . 1 + 1 . 1 + 2)$, sondern $(335) = (1 + 2 . 1 + 2 . 1 + 4)$ ist. Wählt man nun je eine fünfgliedrige Reihe von Symbolen mit zwei aufeinander folgenden Gliedern der primären Reihe als Anfangs- und Endglied aus, z. B.

(111) (334) (223) (335) (112)

oder (111) (335) (224) (337) (113)

und formt dieselbe nach GOLDSCHMIDT (Zeitschr. f. Kryst. **28**, 23) zu einer Reihe ∞ . . . 0 um, so erhält man jedesmal die von dem genannten Autor als Normalreihe II bezeichnete Aufeinanderfolge: (110) (221) (111) (112) (001) [resp. ∞, 2, 1, $^1/_2$, 0]. In der Eingangs erwähnten Abhandlung habe ich darauf hingewiesen, dass eine derartig regelmässig entwickelte Zone sich als eine Kette von Normalreihen II nach GOLDSCHMIDT darstellen würde.

Geht man in der Komplikation noch einen Schritt weiter, so stellen sich zwischen je zwei primäre Formen noch vier weitere quartäre ein, z. B.

I	IVα	III	IVβ	II	IVβ	III	IVα	I
(111)	(446)	(335)	(559)	(224)	(5.5.11)	(337)	(4.4.10)	(113)
	= (223)			= (112)			= (225)	

Diese mit IV bezeichneten Formen sind aber, wie zu erwarten, von nicht ganz gleicher Häufigkeit, indem eine Komplikation zwischen einer primären und einer tertiären Form eher eintreten wird als eine solche zwischen einer sekundären, also weniger häufigen, und einer tertiären Form. Es sind, um dies anzudeuten, in obigem Beispiel die ersteren Formen (223) und (225) mit IVα, die anderen beiden (559) und (5.5.11) mit IVβ bezeichnet. Natürlich sind auch die letzteren Symbole weniger einfach als die ersteren. Sind (111) und (112) die beiden primären Formen der betreffenden Gruppe, so erhält man:

I	IVα	III	IVβ	II	IVβ	III	IVα	I
(111)	(445)	(334)	(557)	(223)	(558)	(335)	(447)	(112)

Solche neun Formen liefern nun bei der Umformung der Symbole auf ∞ . . . 0 die GOLDSCHMIDT'sche Normalreihe III:

(110) (331) (221) (332) (111) (223) (112) (113) (001).

Ebenso wie die Häufigkeit der auf einander folgenden Glieder einer primären Reihe nur innerhalb gewisser Grenzen nahezu gleich bleibt, bei komplizirteren Symbolen, z. B. über (117) oder (119) hinaus aber merklich abnimmt, so wird auch der Grad der Komplikation (d. i. das Auftreten sekundärer, tertiärer und event. quartärer Formen) zwischen je zwei aufeinander folgenden Gliedern derselben ein ungleicher sein und auf einer gewissen Strecke, da wo die primären Formen der einfachsten Symbole liegen oder wo dieselben den grössten Winkelabstand zeigen, ihren Höhepunkt erreichen. Dass die sogenannten vicinalen Formen sich nicht in so einfacher Weise ableiten lassen, braucht wohl kaum besonders bemerkt zu werden. Doch werden auch solche Flächen in meiner oben angeführten Arbeit berücksichtigt.

Nachdem dies vorausgeschickt, wende ich mich der Besprechung der beiden Mineralien Schwefel (rhombisch) und Anatas zu, deren ziemlich flächenreiche Protopyramidenzonen Belege für die obige Auseinandersetzung liefern. Vor einigen Jahren habe ich in der Zeitschrift für Krystallographie (**24**, 555) in einem Aufsatze »Die Krystallstruktur des Anatas« die verschiedenen Formen des genannten Minerals nach der Häufigkeit ihres Auftretens, den Aetzerscheinungen und der Spaltbarkeit betrachtet und gezeigt, dass diese Verhältnisse sich unter der Vorstellung zusammenfassen lassen, dass die Krystallbausteine nach den Ecken der Grundform (111) angeordnet seien. Die relative Häufigkeit der verschiedenen Flächen steht dann im Allgemeinen in naher Beziehung zur Netzdichtigkeit derselben. Hinsichtlich der Letzteren folgen sich die Protopyramiden in der Reihe (111), (113), (115), (112), (117), (331), (335), (119), (114), (221) etc. Ich wies auch darauf hin, dass der rhombische Schwefel eine ähnliche Anordnung der Krystallmolekeln zu besitzen scheint wie der Anatas. Fast an jedem Fundorte erscheinen bei ihm neben (111), (001) und (113) die Pyramiden (115) und (112), häufig sind (117), (331) und (221); die anderen, wie (335) und (114), sind selten oder treten nur vereinzelt auf. Diese beiden Mineralien eignen sich desshalb zu einer gemeinsamen Behandlung, und da der Schwefel mit 13 Protopyramiden (gegenüber 19 beim Anatas) die einfacheren Verhältnisse darbietet, sei mit ihm begonnen.

Schwefel.

Sehr bestimmt tritt beim Schwefel, sofern die Krystalle einigermassen flächenreich sind, die primäre Reihe hervor. Dahin gehören:

(111) (113) (115) (117) (119).

Als spitzere Pyramiden erscheinen noch vor (111): (553), (221), (331) und (551), von welchen die ziemlich häufige (331) nebst der allerdings seltenen (551) zweckmässig an obige Reihe (nach links) angeschlossen werden können, so dass man erhält:

(551)	(331)	(111)	(113)	(115)	(117)	(119)
1	7	20	20	17	8	4

Die so zusammengesetzte Reihe sei als primäre bezeichnet[1]. Nach beiden Seiten hin nimmt von (111) aus die Häufigkeit ab, nach rechts langsamer als nach links. Eine Zusammenstellung der Protopyramiden (und anderen Formen) von 20 Fundorten ergab als Häufigkeitsziffern die den obigen Symbolen untergesetzten Zahlen, welche die Summe der jedesmaligen Fundorte angeben, wo die betreffende Form beobachtet wurde.

Deutlich zeigen die Krystalle von Milo, welche Busz (Zeitschr. f. Kryst. **20**, 558) beschrieben hat, die Existenz der primären Reihe, wobei jedoch (551) und (331), sowie die relativ seltene (119) fehlen.

[1] Man könnte allerdings von (111) aus nach links die Reihe auch mit $(11\bar{1})$ fortsetzen, wobei man durch Komplikation (220) = (110) als sekundäre, (331) als tertiäre, (442) = (221) und (551) als quartäre Formen erhielte. Obschon diese Anordnung consequenter erscheint, so möchte ich doch aus verschiedenen Gründen (betreffend Häufigkeit und einfachere Ableitung gewisser Formen) an der obigen zusammengesetzten Reihe festhalten. Den gemeinsamen Ausgangspunkt nach rechts und links bildet also (111).

Auf (111) folgt nach links direkt (110), was auf die Sonderstellung der Pyramiden mit $h > l$ hindeutet. Ich selbst mass ebenfalls mehrere Krystalle von Milo und beobachtete ausnahmslos in ununterbrochener Reihe:

(111) (112) (113) (115) (117),

daneben noch (110) und (001). Hier ist also regelmässig zwischen (111) und (113) durch erste Komplikation (112) eingeschaltet, eine Form, deren Häufigkeitsziffer eine hohe, nämlich 16, ist. Die Einschaltung beginnt, wie zu erwarten, an derjenigen Stelle, wo zwischen den benachbarten primären Formen die grösste Winkeldifferenz vorhanden ist. Innerhalb der primären Reihe treten nun folgende Winkeldifferenzen auf:

(551) : (331) = 2° 30′	(113) : (115) = 14° 3¼′
(331) : (111) = 12° 2¼′	(115) : (117) = 7° 47½′
(111) : (113) = 26° 30′	(117) : (119) = 4° 47′

Durch die Bildung von (112) theilt sich der Abstand zwischen (111) und (113) in zwei, einander nahe kommende Theile, wobei (111) : (112) = 15° 12¼′ und (112) : (113) = 11° 17¾′. Da die Einschaltung weiterer Formen nun wieder da stattfinden wird, wo die grössten Winkeldifferenzen vorhanden sind, so ist jetzt eine Komplikation zu erwarten zwischen (331) und (111), (111) und (224) = (112), (224) und (113), (113) und (115). In der That treten nun in die genannten Zwischenräume durch erste resp. zweite Komplikation ein die sekundären Formen (442) = (221) und (228) = (114), sowie die tertiären (335) und (337) mit den Häufigkeitszahlen 6, 4, 2 und 1. Hierdurch entstehen folgende Winkeldifferenzen:

(331) : (221) = 3° 6½′	(337) : (113) = 7° 7¼′
(221) : (111) = 8° 55¾′	(113) : (114) = 8° 7¾′
(111) : (335) = 10° 34¾′	(114) : (115) = 5° 55½′
(335) : (112) = 4° 37½′	

Die grösste Winkeldifferenz liegt nun zwischen (111) und (335); demnach wäre hier am ersten noch eine weitere (quartäre) Form (446) = (223) zu erwarten. Nun wird zwar ein entsprechendes Brachydoma (203) angegeben und auch von Hintze (Handbuch der Mineralogie, I, 68) aufgeführt, doch habe ich den Namen des betr. Fundortes nicht ermitteln können. Molengraaff (Zeitschr. f. Kryst. **14**, 46) citirt diese Form nach Brooke-Miller. Jedenfalls ist (223) noch nicht bekannt, würde auch als quartäre Form nur sehr selten erscheinen. In der nächstgrössten Lücke (221) : (111) erscheint hingegen noch die tertiäre Pyramide (553), welche jedoch nur an einem Fundorte (Bassik) beobachtet wurde. Damit ist, soweit die bisherigen Forschungen reichen, die Entwicklung innerhalb der Reihe abgeschlossen [1]. Wir haben also:

[1] Es ist von Bedeutung, dass beim Schwefel auch nur solche Domen, sowie Makro- und Brachypyramiden vorkommen, in deren Symbol nach Naumann die auf die Axe c bezüglichen Koëfficienten solchen der primären Reihe der Protypyramiden entsprechen (⅓, ⅗, 1, 3, 5).

I	I	II	III	I	III	II	III	I	II	I	I	I
(551)	(331)	(442)	(553)	(111)	(335)	(224)	(337)	(113)	(228)	(115)	(117)	(119)
		= (221)				= (112)			= (114)			

In dieser Reihe bemerkt man nun, von aussen nach innen fortschreitend:

1. Zwischen (551) und (331), (119) und (117), 117) und (115) *keine* Komplikation,
2. zwischen (115) und (113) nur *erste* Komplikation,
3. zwischen (331) und (111) *erste* und *theilweise zweite* Komplikation,
4. endlich zwischen (113) und (111) *erste* und *vollständige zweite* Komplikation.

Zwischen (111) und (113), den beiden wichtigsten und häufigsten Pyramiden, tritt nach dem Gesagten auch am deutlichsten die Thatsache hervor, dass bei vollkommenster Entwicklung sich zwischen zwei Glieder der primären Reihe die weiteren Formen so einschieben, dass sie mit jenen beiden eine Goldschmidt'sche Normalreihe bilden. Die Formen (111) (335) (112) (337) (113) geben nach der Umformung (110) (221) (111) (112) (001), d. i. Normalreihe II. Daneben haben wir von (331) bis (111) eine — bei fehlender (773) — unvollständige Normalreihe II und von (113) bis (115) eine solche I.

Unter der Annahme, dass die Krystallbausteine des Schwefels nach den Ecken der Pyramide (111) angeordnet seien, habe ich nach der von Bravais angegebenen Formel die Grösse des Elementarparallelogramms für die verschiedenen Formen berechnet, bezogen auf das Elementarparallelogramm von (001) = 2 (die Netzdichtigkeit ist dann gleich dem reziproken Werthe des Inhaltes des Elementarparallelogramms). Dabei erhielt ich für die Formen unserer Reihe die den einzelnen Symbolen untergesetzten Zahlen:

I	I	II	III	I	III	II	III	I	II
(551)	(331)	(221)	(553)	(111)	(335)	(112)	(337)	(113)	(114)
15,121	9,108	12,235	15,383	3,179	10,342	7,240	11,443	4,255	10,021

I	I	I
(115)	(117)	(119)
5,840	7,623	9,492

Die Flächendichtigkeit und damit die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Form nimmt ab mit dem steigenden Grade der Komplikation, aber auch, wie namentlich an (551) und (119) zu ersehen, mit den stärker wachsenden Indices. Dementsprechend besitzen grösste Netzdichtigkeit (kleinstes Elementarparallelogramm) und grösste Häufigkeitszahl (in eckigen Klammern beigesetzt) (111) [20], (113) [20], (115) [17], (112) [16], nach ihnen folgen (117) [8] und (331) [7], dann (119) [4], (221) [6], (114) [4]; nur vereinzelt erscheinen (335) [2], (337) [1], (551) [1] und (553) [1] mit geringster Netzdichtigkeit (grösstem Elementarparallelogramm). Wie man sieht, stimmt die Reihenfolge der abnehmenden Dichtigkeit mit derjenigen der sich vermindernden Häufigkeit gut überein; die einzige Unregelmässigkeit liegt bei (221), welche Form etwas häufiger erscheint, als zu erwarten ist. Zieht man jedoch nur die Formen von (111) bis (119) in Betracht, so findet man vollkommene Uebereinstimmung.

Anatas.

Wegen der grösseren Zahl der Formen und der Mannigfaltigkeit der Kombinationen, welche die Anataskrystalle von verschiedenen und selbst vom nämlichen Fundorte darbieten, sind die Verhältnisse hier verwickelter und etwas schwieriger zu übersehen als beim rhombischen Schwefel. Am flächenreichsten sind wohl die Krystalle aus dem Binnenthal, an welchen ich deshalb vorzugsweise das Material für frühere wie auch für die folgenden Betrachtungen gesammelt habe. In Bezug auf die früheren Beobachtungen sei auf meine schon citirte Abhandlung in der Zeitschrift für Krystallographie (**24**, 555) verwiesen. Neuere Beobachtungen sollen weiter unten mitgetheilt werden.

Die primäre Reihe wird von folgenden Protopyramiden gebildet: (111), (113), (115), (117), (119), wozu, ähnlich wie beim Schwefel, noch (331) gerechnet werden kann. Ich fand nun an einem neuerdings untersuchten grossen Krystall meiner Sammlung (s. unten A) auch die bisher noch nicht beobachtete Pyramide (551) mit sehr schmalen Flächen, deren Neigung zu (110) zu 4^{0} 31′ und 4^{0} 35′ gefunden wurde, während (551) erfordert 4^{0} 33′. Die Form ist demnach sichergestellt und wir haben nun, wie beim Schwefel, als primäre Reihe zusammengefasst:

(551) (331) (111) (113) (115) (117) (119).

Die Flächen (111) bis (117) resp. (119) treten übrigens wohl niemals an e i n e m Krystall in ununterbrochener Reihe auf. C. Klein führt in seinen bekannten »Beiträgen zur Kenntniss der Anatas« (N. Jahrb. f. Min. etc. 1875) u. a. folgende Kombinationen von Protopyramiden (die übrigen Formen sind hier weggelassen) an Krystallen des Binnenthals an:

(111) (117) (116) (119); (117) (111) (116) (113) (15.15.8);
(117) (5.5.19) (111); (111) (117) (227);
(118) (117) (116) (114) (113) (112) (111) (221) (331);
(1.1.10) (115) (335) (111); (223) (113).

Seligmann (Zeitschr. f. Kryst. 11, 337) beschreibt von demselben Fundort Krystalle mit (119) (117) (111) (113) (118); für gewisse Krystalle giebt er folgende Kombination an: (119) (113) (112) (223) (111) (221). v. Zepharovich (Zeitschr. f. Kryst. **6**, 240) beschreibt die Kombination (111) (113) (117) (335) (223) (221) (331) sowie (335) (113) (111) (221). Ich selbst fand früher (l. c.) u. a. zusammen auftretend: (119) (117) (113) (112) (111) (331); (113) (335) (111) (221); vicinale zu (117), (115), (112), (111), (221); (117) (115) (111), letztere an einem Krystall von Minas Geraes (über neuere von mir angestellte Messungen s. unten).

Während (111), (113) und (117) sehr häufig beobachtet werden, erscheint nach meinen Erfahrungen (115) seltener und meist nicht gut ausgebildet. Doch wird diese Form bei gut stimmender Messung von JEREMEJEW (Zeitschr. f. Kryst. 15, 542) als herrschend neben (111), (113) und (225) für den Anatas der orenburgischen Goldseifen angegeben, ferner erscheint (115) mit (111) und (1.1.10) nach HAMBERG (Zeitschr. f. Kryst. 26, 88) an den Krystallen von Kjoland. Man darf demnach wohl mit Recht die Reihe (111) bis (119) [mit vorangesetztem (331) und (551)] als primäre Reihe bezeichnen.

Neue Beobachtungen an Anataskrystallen vom Binnenthal.

A. Grosser Krystall. Es wurden in der Zone [(001) (110)] bestimmt: (110), (551) neu, (11.11.3) neu, (331)?, (221), (111), (112), (113), (117), (119), (001). Ausser der schon oben erwähnten neuen Pyramide (551) wurde eine zweite (11.11.3) gefunden, welche ebenso wie (551) in schmalen Flächen auftritt. Zwei gute Messungen ergaben (111) : (11.11.3) = 15° 30½′ und (110) : (11.11.3) = 6° 14′, während sich hierfür berechnet 15° 30¼′ und 6° 11½′. Ausser den genannten Formen zeigt der Krystall noch (101) und die ditetragonale Pyramide (532). Der Krystall ist vortrefflich gebildet; am stärksten entwickelt sind die Flächen von (101), (111), (113), (112) und (119), sehr klein (001).

B. Grosser Krystall, durch starke Entwicklung von (101) pyramidal, mit (110), (331), (111), (112), (113), (117). Zwischen (111) und (112) erscheint mehrfach eine sehr wenig ebene, wenn auch glänzende Fläche, welche man für (223) halten möchte. Doch ergab die Messung bei mehrfachen Reflexen kein sicheres Resultat. Während nach der Rechnung (111) : (223) = 9° 8′ ist, wurde gefunden — entsprechend den verschiedenen Reflexen — 5° 26′—8° 24′ und weiter 11° 32½′—12° 43′. Die Pyramide (335) würde erfordern 11° 53′. Es ist zweifelhaft, ob hier, wenn auch nur als Theil der betreffenden Flächen, wirklich die Existenz von (223) anzunehmen sei. Ein ähnlicher Krystall, gleichfalls mit (111), (112), (113) und (117), zeigte ganz analoge Flächen, bei welchen die Messung der Neigung zu (111) auf 5° 21′—8° 12′ führte.

C. Grosser Krystall, pyramidal durch Vorherrschen von (313), deren Polkanten durch schmale Flächen gerade resp. fast gerade abgestumpft sind. Diese Abstumpfung wird bewirkt durch (101) und durch je zwei Flächen, welche einen sehr stumpfen Winkel mit einander bildend, in der Zone der Protopyramiden liegen; sie sind fein horizontal gestreift und erwiesen sich als (223) und (335). Ich fand u. a.

(111) : (223) = 9° 4½′, 11½′ (ber. 9° 8′)
(111) : (335) = 11° 44½′, 57½′, 58½′ (ber. 11° 51¼′)
(335) : $(33\bar{5})$ = 67° 5½′ (ber. 67° 6′).

Ausser den genannten Formen treten auf (113), (111), (221), (100) und eine weitere ditetragonale Pyramide, die von V. ZEPHAROVICH und SELIGMANN gefundene ω = (39.4.6) $\frac{13}{2}P\frac{39}{4}$ (gemessen: Randkante 9° 55¼′, Neigung zu (111) 41° 14′; ber. 9° 50⅔′ und 41° 26′).

D. Sieben Krystalle, an welchen (335) mit ziemlich breiten bis breiten Flächen auftritt. Neben (335) erscheinen in der Zone der Protopyramiden im ganzen (221), (111), (113), (114), zuweilen eine stumpfere Pyramide, nahe (116). Am stärksten entwickelt sind im allgemeinen (113) und (335). In der Zone der Deuteropyramiden erscheinen (100), (101) und zuweilen (701); auch wurde (532) $^5|_2$ P $^5|_3$, sowie eine andere ditetragonale Pyramide zwischen (100) und (113), sehr nahe (21.1.3) 7 P 21 (γ nach v. Zepharovich, t nach Seligmann), beobachtet. Ich mass u. a.

$$(113):(335) = 16^0\ 28', 28^1|_2{}' \text{ (ber. } 16^0\ 29^3|_4{}')$$

$$(335):(33\bar{5}) = 67^0\ 6', 6', 7', 7^1|_2{}'\ 11' \text{ (ber. } 67^0\ 6').$$

Es ergiebt sich hieraus die meist gute Beschaffenheit der betreffenden Flächen. Von diesen 7 Krystallen stammen 6 wahrscheinlich von demselben Handstück.

Der Winkelabstand der auf einander folgenden Glieder der primären Reihe beträgt beim Anatas ähnlich wie beim Schwefel:

(551):(331) = 3° 0¼′	(113):(115) = 13° 16′
(331):(111) = 14° 8½′	(115):(117) = 6° 56¼′
(111):(113) = 28° 21′	(117):(119) = 4° 9′

Dis Komplikation resp. die Entwicklung weiterer Formen wird demnach auch hier zwischen (111) und (113) beginnen; es erscheint die ziemlich häufige Pyramide (224) = (112) mit oft recht guten Messungsresultaten. Sie theilt den Abstand zwischen (111) und (113) in 16° 49′ und 11° 32′. Weiterhin treten als sekundäre Formen auf die gleichfalls noch häufige (442) = (221) zwischen (331) und (111), sowie die weit selteneren (228) = (114), (2.2.12) = (116), (2.2.16) = (118) und (2.2.20) = (1.1.10), wovon die beiden Letzteren mit hohen Indices nur vereinzelt beobachtet wurden. Es fehlt nur noch die sekundäre (882) = (441). Wir haben demnach jetzt:

I	I	II	I	II	I	II	I	II
(551)	(331)	(442)	(111)	(224)	(113)	(228)	(115)	(2.2.12)
		= (221)		= (112)		= (114)		= (116)

I	II	I	II
(117)	(2.2.16)	(119)	(2.2.20)
	= (118)		= (1.1.10)

Eine weitere Komplikation tritt nun von (111) ab bis zu (115) resp. (114) ein, während sich andererseits nach (551) hin nur noch die von mir jetzt zuerst beobachtete (11.11.3) als tertiäre Form zwischen (331) und die noch nicht gefundene sekundäre (882) = (441) einschiebt. Wir betrachten desshalb jetzt speziell die Strecke (111) bis (115). Durch Eintragen sämmtlicher hier beobachteter Pyramiden[1] erhält man:

---

[1] Nur die von Groth (Mineraliensammlung Strassburg, S. 109) neben (5.5.11) an brasilianischen Krystallen gefundene (5.5.12) wurde weggelassen, da sie wohl nur eine vicinale zu (337) ist; es wurde gemessen (5.5.12):(001) = 46° 28′, nur um 39½′ von (337):(001) = 47° 7½′ abweichend.

I	IVα	III	II	IVβ	III	IVα	I	IVα
(111)	(446)	(335)	(224)	(5.5.11)	(337)	(4.4.10)	(113)	(4.4.14)
	= (223)		= (112)			= (225)		= (227)

III	IVβ	II	I
[(3.3.11)]	(5.5.19)	(228)	(115)
		= (114)	

Dabei ist die noch nicht gefundene (3.3.11) in Klammern hinzugefügt. Man sieht, wie alle Symbole durch wiederholte Komplikation erhalten werden; jedes Symbol geht auch durch Addition der Indices der unmittelbar benachbarten Symbole in ihrer ungekürzten Form hervor. Die Entwicklung nimmt nach (115) zu stark ab, während sie zwischen (111) und (113) reich und fast ganz symmetrisch ist. Im Einzelnen sei noch Folgendes bemerkt:

Nach obiger Rangordnung muss (335) häufiger und besser ausgebildet sein als (223). Dies trifft in der That für die binnenthaler Krystalle, wohl auch für solche anderer Herkunft zu. Wie aus obigen Mittheilungen über die letzten von mir angestellten Messungen hervorgeht, beobachtete ich (223) mit Sicherheit nur an einem Krystall neben (335) mit gut stimmenden Winkeln, während (335) ziemlich häufig und gross auftritt und oft recht gut stimmende Werthe liefert. C. Klein beobachtete (223) zuerst an binnenthaler Krystallen, wobei diese Form vorwaltete [Kombination: (223), (100), (113)], doch bemerkt er: »Die Krystalle dieses Typus sind sehr selten; (223) ist parallel den Randkanten gestreift und zeigt nur bisweilen glatte Stellen; die Messungen sind in Folge dessen meist nur mit dem Anlegegoniometer möglich«. Auch Seligmann bezeichnet (223) als sehr selten. v. Zepharovich führt (Zeitschr. f. Kryst. **6**, 240) bei einem binnenthaler Krystall (Fig. 6 l. c.) (335) unter den vorwaltenden Formen und bei einem anderen dieselbe Form neben (223) als untergeordnete an, doch fehlt (223) in der betreffenden Fig. 7, während (335) ziemlich stark entwickelt erscheint.

(337) wurde von Dauber (Pogg. Ann. 1855, **94**, 407) an Krystallen von Tavistock gefunden, G. v. Rath (Pogg. Ann. **158**, 403) beobachtete diese Pyramide vorherrschend an Krystallen vom Cavradi. Klein konnte (337) an den binnenthaler Krystallen nicht nachweisen. Das letztere gilt auch von (225), welche Form von Greg und Lettsom (Mineralogy oft Great Britain and Ireland 1858, S. 363) angegeben wird. Wie mir scheint, sind demnach (335) und (337) häufiger als (223) und (225), entsprechend ihrem niedrigeren Grade der Komplikation. Besonderes Interesse bietet noch die wenig gut gebildete (5.5.19). Sie ist zwar von Klein und mir bisher bloss als eine Vorstufe resp. vicinale Fläche zu (114) betrachtet worden — (5.5.19):(114) = $1^0\ 20\frac{1}{4}'$ —, doch halte ich nun, da das Symbol durch Komplikation ziemlich einfach abzuleiten ist, die Existenz dieser Pyramide als selbstständige Form für wahrscheinlicher. Dafür spricht auch das Symbol der von Groth und mir beobachteten Deuteropyramide (5.0.19), sowie das der ditetrago-

nalen Pyramide (5.1.19) $^5/_{19}$P5, welche oft mit vorzüglich spiegelnden, sehr genaue Messungen ermöglichenden Flächen erscheint (s. meine Abhandlung Zeitschr. f. Kryst. **24**, 572).

Nimmt man die am stärksten entwickelte Reihe der Formen von (111) bis (113) für sich heraus und formt zur Reihe ∞ . . 0 um, so erhält man aus:

(111) (223) (335) (112) (5 . 5 . 11) (337) (225) (113)

die Reihe: (110) (331) (221) (111) (223) (112) (113) (001).

Diese Reihe ist fast gleich der Goldschmidt'schen Normalreihe III:

(110) (331) (221) (332) (111) (223) (112) (113) (001),

es fehlt nur noch (332), umgeformt aus (559). Die Pyramide (559) ist aber eine quartäre IVβ, ihr Fehlen ist demnach nicht auffallend; immerhin könnte auch sie in Zukunft noch als sehr seltene Form aufgefunden werden.

Schliesslich betrachten wir noch die Flächendichtigkeit resp. die Grösse des Elementarparallelogramms der Protopyramiden, welche unter der auch beim Schwefel supponirten Annahme berechnet wurde, dass die Krystallbausteine des Anatas nach den Ecken von (111) angeordnet seien (s. auch die graphische Darstellung in meiner Abhandlung Zeitschr. f. Kryst. **24**, Taf. XI, Fig. 4). Die im Folgenden über die Symbole gesetzten Zahlen geben die Grösse des Elementarparallelogramms, bezogen auf dasjenige von (110) = 2, an.

5,016	11,064	3,026	4,078
(551)	(11 . 11 . 3)	(331)	(221)

1,076	4,305	3,599	2,556	6,645	4,094	5,642	1,557	6,858
(111)	(223)	(335)	(112)	(5 . 5 . 11)	(337)	(225)	(113)	(227)

5,306	9,064	3,759	2,227
[(3 . 3 . 11)]	(5 . 5 . 19)	(114)	(115)

5,177	2,959	6,673	3,718	8,205
(116)	(117)	(118)	(119)	(1 . 1 . 10)

Die kleinsten Zahlen (resp. die grösste Netzdichtigkeit) kommen, wie man sieht, den Gliedern der primären Reihe (111) bis (117), sowie der sekundären (112) zu, sämmtlich $<$ 3, entsprechend ihrem im allgemeinen besonders häufigen Auftreten, die grössten Zahlen (resp. die geringste Netzdichtigkeit) fast durchgehends den seltenen oder vereinzelt auftretenden Formen, wie (223), (225), (227), (551), (5 . 5 . 19), (11 . 11 . 3) u. a.

Nach Goldschmidt (l. c. S. 24) lässt sich die Normalreihe II $0\ ^1/_2\ 1\ 2\ \infty$ in die symmetrische Form $1\ ^1/_3\ 0\ ^{\bar{1}}/_3\ \bar{1}$ und ebenso die Normalreihe III in die symmetrische Form $1\ ^1/_2\ ^1/_3\ ^1/_5\ 0\ ^{\bar{1}}/_5\ ^{\bar{1}}/_3\ ^{\bar{1}}/_2\ \bar{1}$ umwandeln. Das Hervortreten von p = $^1/_3$, $^1/_5$ etc. bei den Flächen einer Zone deutet nach ihm auf die Existenz einer solchen symmetrischen Reihe hin. Aus N$_{\text{IV}}$ und N$_{\text{V}}$ erhält man als positive Hälften der symmetrischen Form:

$1\ ^3/_5\ ^1/_2\ ^3/_7\ ^1/_3\ ^1/_4\ ^1/_5\ ^1/_7\ 0$

sowie $1\ ^2/_3\ ^3/_5\ ^5/_9\ ^1/_2\ ^5/_{11}\ ^3/_7\ ^2/_5\ ^1/_3\ ^3/_{11}\ ^1/_4\ ^3/_{13}\ ^1/_5\ ^1/_6\ ^1/_7\ ^1/_9\ 0.$

Es erhebt sich die Frage, ob die Protopyramiden des Schwefels und des Anatas von (111) über (001) bis $(\overline{1}\overline{1}1)$ vielleicht als solche symmetrische Reihen im Sinne GOLDSCHMIDT's aufzufassen seien. Nun beobachtete man z. B. beim Schwefel

an einem Krystall von Milo und	(111) (112) (113) (115) (117) (001)
Müsen: resp.	1 $^1/_2$ $^1/_3$ $^1/_5$ $^1/_7$ 0
an Krystallen von Roisdorf:	1 $^1/_2$ $^1/_3$ $^1/_4$ $^1/_5$ $^1/_9$ 0
„ „ „ Rabbit Hollow:	1 $^1/_2$ $^1/_3$ $^1/_4$ $^1/_5$ $^1/_7$ $^1/_9$ 0
„ „ „ Allchar:	1 $^1/_2$ $^1/_3$ $^1/_5$ $^1/_7$ $^1/_9$ 0
„ „ „ Saba:	1 $^1/_2$ $^1/_3$ $^1/_4$ $^1/_5$ $^1/_7$ 0,

und zwar im letzteren Falle 1, $^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_5$, 0 immer, $^1/_7$ häufig, $^1/_4$ selten. Auch sind beim Schwefel $^3/_5$ (335) und $^3/_7$ (337) viel seltener als $^1/_4$ (114) und $^1/_7$ (117). Geht die Reihe aber bis $^1/_7$, so fehlen in obigen Beispielen noch $^1/_4$, $^3/_5$ und $^3/_7$ oder die beiden letzteren, alle drei sollten aber hier mit $^1/_7$ gleichwerthig sein. Geht die Entwicklung bis $^1/_9$, so fehlen noch $^1/_6$, $^3/_{13}$, $^3/_{11}$, $^2/_5$ etc., während dieselben mit $^1/_9$ gleichen Rang besitzen sollten.

Auch beim Anatas ergeben sich für eine solche Auffassung ähnliche Schwierigkeiten. Die Reihe der an demselben beobachteten Protopyramiden mit der häufigen $^1/_7$ (117) und der nicht seltenen $^1/_9$ (119) lässt mehrere Formen vermissen, welche man in der symmetrischen Reihe, entsprechend Nv, erwarten sollte. Während sich ferner die beobachteten $^1/_8$ (118) und $^1/_{10}$ (1.1.10), ebenso $^5/_{19}$ (5.5.19) gut in die Entwicklung nach meiner Auffassung fügen, würde durch dieselben nach GOLDSCHMIDT der Grad der Komplikation innerhalb der ganzen Reihe erhöht, obgleich die übrigen zahlreichen, hierdurch hinzutretenden Formen fehlen.

Endlich stimmt auch die beobachtete Häufigkeit der einzelnen Formen nicht mit der Forderung überein, dass gleich häufig sein sollen:

$^3/_5$, $^3/_7$, $^1/_4$, $^1/_7$, sowie die selteneren

$^2/_3$, $^5/_9$, $^5/_{11}$, $^2/_5$, $^3/_{11}$, $^3/_{13}$, $^1/_6$, $^1/_9$,

von welch letzteren $^5/_9$, $^3/_{11}$ und $^3/_{13}$ überhaupt noch nicht beim Anatas gefunden wurden.

Ich glaube daher, den rhombischen Schwefel und den Anatas als zwei weitere Beispiele für diejenige Zonenentwicklung betrachten zu dürfen, welcher eine primäre Reihe mit arithmetisch steigenden Indices und zunächst gleicher oder fast gleicher, dann bei höheren Indices abnehmender Häufigkeit zu Grunde liegt. Zwischen die Glieder der primären Reihe schieben sich in Folge der einfachen oder wiederholten Komplikation solche einer sekundären, tertiären etc. Reihe ein, deren Häufigkeit im allgemeinen mit dem höheren Grade der Komplikation (und im Verhältniss zu der Häufigkeit der benachbarten primären Formen) abnimmt. Die Einschiebung neuer Formen wird wesentlich mitbestimmt durch die grössere Winkeldifferenz der benachbarten Formen der primären Reihe resp. der Formen geringerer Komplikation (deutlich beim Schwefel).

Zeitschrift/Journal: Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie

Jahr/Year: 1903

Band/Volume: 1903

Autor(en)/Author(s): Baumhauer Heinrich Adolph

Artikel/Article: Ueber Flächenentwicklung und Krystallstruktur des rhombischen Schwefels und des Anatas. 665-676