

Über
Die Krystallform des Apophyllits der Seiseralpe.

Von

P. J. Ploner.

(Separat-Abdruck aus: »Zeitschrift für Krystallographie etc.« XVIII. 4.
Leipzig, Wilhelm Engelmann 1890.)

XV.: Ueber die Krystallformen des Apophyllits der Seiseralpe.

Von

P. Innocenz Ploner in Innsbruck.

(Aus dem mineralogisch-petrographischen Institute der Universität.)

Der Apophyllit ist schon vielfach bearbeitet worden. Was dieses Mineral besonders interessant macht, sind seine theils optischen, theils krystallographischen Anomalien. Die Resultate der verschiedenen Bearbeitungen weichen so sehr von einander ab, dass sich die Ansicht gebildet hat, das Axenverhältniss der Apophyllitkrystalle ändere sich nicht allein nach dem Vorkommen, sondern auch nach den Individuen, so dass auch die Krystalle desselben Fundortes nach verschiedenen Axenverhältnissen aufgebaut seien *). Folgende Arbeit, welche auf Anregung und unter beständiger und umsichtiger Leitung des Herrn Prof. Dr. A. Cathrein zu Stande gekommen ist, dürfte einige Klärung in diese verwickelten krystallographischen Eigentümlichkeiten bringen und namentlich zeigen, dass das Veränderliche an den Individuen eines und desselben Vorkommens nicht das Axenverhältniss, sondern die Flächen sind, und dass letztere in weitaus grösserer Anzahl auftreten, als bisher bekannt war.

Es ist hier nicht meine Absicht, eine ausführliche historische Einleitung über die krystallographischen Bearbeitungen des Apophyllits zu geben, und begnüge ich mich mit dem Hinweise auf jene Werke, in denen der Apophyllit eingehender behandelt wird, und welche für unser Vorkommen und die vorliegende Arbeit von besonderer Bedeutung erscheinen.

Eine Zusammenstellung theils der wesentlichsten Literatur, theils der bis dahin beobachteten Krystallformen findet man im Index von Gold-

*) Dauber, Poggend. Annalen der Physik und Mathematik 1859, **107**, 284.

schmidt*). Manches Neue liefert die Abhandlung Rumpf's**): »Ueber den Krystallbau des Apophyllits«, wo die etwas älteren Angaben Mallard's***), dass der Apophyllit monoklin krystallisire, selbständig weiter ausgeführt werden. In den »Krystallographischen Notizen« von Seligmann†) sind alle bis zum Jahre 1879 bekannt gewordenen Flächen des Apophyllits angegeben. Luedecke††) kommt in seiner Abhandlung über den Apophyllit des Radautales zu ähnlichen Ergebnissen über die individuelle Veränderlichkeit der Winkel an den Apophyllitkrystallen, wie Dauber. Die besten Abbildungen, theils originell, theils anderen Werken entnommen, stehen in Schrauf's†††) Atlas.

Von den älteren Werken verdienen hier Erwähnung:

Des Cloizeaux's Manuel, A. Lévy's Description und Atlas dazu, sowie Haüy's Traité de Minéralogie. Als reichhaltiges Literaturverzeichniss möge Negri's §) »Nota cristallografica sulla Apofillite di Montecchio Maggiore« angeführt werden.

Die Gesamtzahl der bis heute beobachteten Apophyllitkrystallformen beläuft sich auf 27.

Haüy §§) beschreibt folgende: $\{001\}0P$, $\{100\}\infty P\infty$, $\{111\}P$, $\{210\}\infty P2$.

Lévy §§§) kennt ausser den vier genannten noch die fünf folgenden: $\{115\}\frac{1}{2}P$, $\{113\}\frac{1}{3}P$, $\{105\}\frac{1}{2}P\infty$, $\{102\}\frac{1}{2}P\infty$, $\{110\}\infty P$.

J. D. Dana*†) hat die Form $\{310\}\infty P3$ entdeckt, aber in den folgenden Arbeiten über den Apophyllit wird diese Fläche nie erwähnt; erst Seligmann (l. c) hat sie später wieder gefunden und Dana als den ersten Entdecker bekannt gemacht.

Des Cloizeaux x**†) führt vier neue Formen auf: $\{227\}\frac{2}{3}P$, $\{223\}\frac{2}{3}P$, $\{533\}\frac{5}{3}P\frac{2}{3}$, $\{211\}2P2$.

*) Index der Krystallformen 1886, 1, 235. — Seite 236 findet sich im Index bei der Literaturangabe ein Irrthum. Rumpf's Abhandlung steht nicht in dieser Zeitschr. 1884, 9, 369, oder wie es auf derselben Seite bei den Bemerkungen heisst: 1885, 9, 369, sondern in Tschermak's mineralogischen und petrographischen Mittheilungen 1880, 2, 369.

**) Mineralogische und petrographische Mittheilungen 1880, 2, 369. Ref. diese Zeitschr. 5, 374.

***) Ann. d. Min. 1876, 7, 424. Ref. diese Zeitschr. 1, 316.

†) N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1880, 1, 440. Ref. diese Zeitschr. 6, 403.

††) Zeitschr. f. d. ges. Naturwiss. Halle 1878, 51, 98. Ref. diese Zeitschr. 4, 626.

†††) Atlas der Krystallformen des Mineralreiches. Wien 1872, 3. Lief., Taf. XXI.

§) Atti del R. Istituto Veneto di scienze, lettere ed arti 1886, 5, 55. Ref. diese Zeitschr. 13, 304.

§§) Traité de Minéralogie 1822, 3, 494.

§§§) Description d'une collection de Minéraux etc. Londres 1838, 2, 274, mit Atlas.

*†) System of Mineralogy. London 1868, 445.

**†) Manuel de Minéralogie. Paris 1862, 1, 125.

Schrauf*) beobachtete als neu die Form {624}6P3.

Seligmann (l. c.) hat drei neue Formen: {1.1.10} $\frac{1}{10}P$, {404}P ∞ , {344}3P3, entdeckt.

Diesen Formen fügte Rumpf (l. c.) fünf neue hinzu: {9.9.10} $\frac{9}{10}P$, {24.24.25} $\frac{2}{3}\frac{4}{5}P$, {54.54.50} $\frac{5}{3}\frac{1}{10}P$, {108} $\frac{1}{8}P\infty$, {106} $\frac{1}{6}P\infty$. Rumpf führt noch eine sechste Fläche auf, die er mit *g* bezeichnet oder nach seiner Aufstellung {72.1.40}— $\frac{2}{3}P72$. Die Complicirtheit des Zeichens hat die Mineralogen abgeschreckt, diese Fläche anzuerkennen, daher sie auch hier übergangen ist.

Jüngst hat Brögger**) am Apophyllit von Klein-Arö vier neue Formen beobachtet, denen nach seiner, wie er selbst sagt, nur approximativen Bestimmung folgende Zeichen zukommen: {1.0.12} $\frac{1}{12}P\infty$, {503} $\frac{5}{3}P\infty$, {326} $\frac{1}{2}P\frac{3}{2}$, {324}3P $\frac{3}{2}$.

Diese in historischer Reihenfolge aufgeführten 27 Krystallformen sind bis heute am Apophyllit überhaupt, d. h. von allen Fundstellen insgesamt bekannt geworden. In nachstehender Tabelle sind diese Formen übersichtlich zusammengestellt. Zur Vereinfachung sind die Grenzformen Basis, Proto-, Deuteroprisma und die Ditetragonalprismen unter die Rubrik der Pyramiden gestellt.

Protopyramiden:	Deuteropyramiden:	Ditetragonalpyramiden:
{004}0P	{1.0.12} $\frac{1}{12}P\infty$	{533} $\frac{5}{3}P\frac{3}{2}$
{1.1.10} $\frac{1}{10}P$	{108} $\frac{1}{8}P\infty$	{211}2P2
{115} $\frac{1}{5}P$	{106} $\frac{1}{6}P\infty$	{344}3P3
{227} $\frac{2}{7}P$	{105} $\frac{1}{5}P\infty$	{326} $\frac{1}{2}P\frac{3}{2}$
{113} $\frac{1}{3}P$	{102} $\frac{1}{2}P\infty$	{324}3P $\frac{3}{2}$
{223} $\frac{2}{3}P$	{104}P ∞	{624}6P3
{9.9.10} $\frac{9}{10}P$	{503} $\frac{5}{3}P\infty$	{210} $\infty P2$
{24.24.25} $\frac{2}{3}\frac{4}{5}P$	{100} $\infty P\infty$	{340} $\infty P3$
{111}P		
{54.54.50} $\frac{5}{3}\frac{1}{10}P$		
{110} ∞P		

Am Apophyllit der Seiseralpe sind von diesen aufgezählten Krystallformen mit Sicherheit folgende 42 nachgewiesen worden:

{004}0P	{111}P	{102} $\frac{1}{2}P\infty$
{113} $\frac{1}{3}P$	{54.54.50} $\frac{5}{3}\frac{1}{10}P$	{100} $\infty P\infty$
{9.9.10} $\frac{9}{10}P$	{106} $\frac{1}{6}P\infty$	{533} $\frac{5}{3}P\frac{3}{2}$
{24.24.25} $\frac{2}{3}\frac{4}{5}P$	{105} $\frac{1}{5}P\infty$	{211}2P2

*) Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1870, 62, 700.

**) W. C. Brögger, Die Mineralien der Syenit-Pegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelin-Syenite. Diese Zeitschr. 1890, 16, 644.

Möglicherweise hat Rumpf noch andere seiner Apophyllitflächen an Krystallen der Seiseralpe gefunden; hier konnten nur jene aufgenommen werden, als deren Fundort ausdrücklich die Seiseralpe angegeben ist.

Die Formen $\{001\}0P$, $\{400\}\infty P\infty$, $\{111\}P$ treten an jedem Individuum auf und bestimmen bei vorherrschender Basis den achtseitig tafelartigen Habitus desselben. Bis in die Mitte unseres Jahrhunderts wurden die krystallographischen Eigenthümlichkeiten meist nur ungenau in ganz allgemein gehaltenen Ausdrücken wiedergegeben. So finden wir im Büchlein von Liebener und Vorhauser*) für unseren Apophyllit die Angabe: »entdeckte Säule zur Schärfung über den Seitenkanten«. Aehnliche unbestimmte Angaben lesen wir in mehreren kleineren Abhandlungen über den Apophyllit in Leonhard's mineralogischem Taschenbuche**), bei Häuy***), Blum†) etc. Diese »entdeckte (Quadrat-) Säule« ist nichts anderes, als die Combination $\{001\}0P$, $\{400\}\infty P\infty$, $\{111\}P$. Die »Schärfung über den Seitenkanten« wird dadurch hervorgebracht, dass die Kanten des Deutero Prismas durch die Ausdehnung der Pyramidenflächen verschwinden und die Basiskanten der letzteren sich entwickeln.

An manchen Stufen findet man nur Krystalle dieser einfachen Form. Auch Groth ††) erwähnt vom Apophyllit der Seiseralpe nur diese einfache Combination.

Die übrigen oben erwähnten Formen sind seltener zu beobachten und meist von untergeordneter Ausbildung. Ueber die Entdeckung derselben an Krystallen von der Seiseralpe wäre Folgendes zu bemerken. $\{105\}\frac{1}{2}P\infty$ finden wir für Tirol zuerst bei Lévy †††) angeführt. Im Jahre 1857 wird sie auch von Richthofen erwähnt in der ausgezeichneten Abhandlung: »Ueber Bildung und Umbildung einiger Mineralien in Südtirol (§). $\{102\}\frac{1}{2}P\infty$ wird auch schon von Lévy §§) angegeben; später erwähnen sie Des Cloizeaux §§§), Schrauf *†) und Rumpf **†). $\{106\}\frac{1}{3}P\infty$ hat Rumpf (l. c.) zuerst beobachtet, ebenso $\{9.9.10\}\frac{9}{10}P$, $\{24.24.25\}\frac{24}{5}P$ und $\{51.51.50\}\frac{51}{10}P$. Die Formen $\{533\}\frac{5}{3}P\frac{5}{3}$ und $\{211\}2P2$ sind zuerst von Des Cloizeaux ***†)

*) Die Mineralien Tirols. Innsbruck 1852, S. 20.

**) Leonhard's mineralogisches Taschenbuch 1813, S. 288; 1814, S. 480; 1812, S. 209; 1821, S. 914; 1822, S. 593; 1826, 2, 537.

***) Traité de Minéralogie. Paris 1822, 3, 494.

†) N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1837, S. 34 und 476.

††) Die Mineraliensammlung der Universität Strassburg 1878, S. 235.

†††) Atlas zur Description d'une collection de Minéraux. Londres 1838, Taf. 46, Fig. 2.

§) Sitzungsber. d. Akad., math.-naturw. Classe. Wien 1857, 27, 359.

§§) Atlas zur Description Taf. 46, Fig. 2.

§§§) Manuel de Minéralogie. Paris 1862, 1, Fig. 76.

*†) Sitzungsber. d. Akad., math.-naturw. Classe. Wien 1870, 62, 700.

**†) Mineralogische und petrographische Mittheilungen 1880, 2, 369.

***†) Manuel de Minéralogie. Paris 1862, 1, 125.

aufgefunden worden; später werden sie auch von Schrauf*) erwähnt, welcher für unser Vorkommen auch die Form $\{113\} \frac{1}{3}P$ entdeckte.

Wie aus den angeführten Daten hervorgeht, sind vom Apophyllit der Seiseralpe verhältnissmässig nur wenige Formen bekannt, obwohl gerade dieses Vorkommen vermöge seiner guten Krystallentwicklung zu eingehender Untersuchung einladend erschien. Die Ursache dürfte wohl darin liegen, dass die verschiedenen Forscher nur so gelegentlich und im Vorbeigehen des Apophyllits unseres Vorkommens Erwähnung gethan haben und Keiner die Absicht hatte, eine krystallographisch erschöpfende Abhandlung zu geben. Angesichts dieser Umstände schien es lohnenswerth, dieses ausgezeichnete Mineralvorkommen auf seine krystallographischen Eigenschaften eingehender zu prüfen. Es wurden im Ganzen 45 Krystalle der Messung mit dem Reflexionsgoniometer unterzogen. Die grosse Mehrheit der Krystalle erhielt ich von Herrn Prof. Dr. A. Cathrein, einige wenige sind aus meiner kleinen Sammlung, und ein kleiner, aber ziemlich flächenreicher Krystall wurde mir von Prof. P. Julius Gremlich in Hall gütigst überlassen. Es stammen diese 45 untersuchten Krystalle alle von den beiden schon länger bekannten Fundstellen des Apophyllits auf der Seiseralpe, nämlich theils vom Frombache, theils vom Cipitbache. In jüngster Zeit ist eine dritte Localität auf der Seiseralpe bekannt geworden, wo der Apophyllit als Begleiter von Datolith auftritt. Auch von diesem Vorkommen lagen mir einige Stufen aus der Sammlung des Herrn Professor Dr. A. Cathrein vor. Die Krystalle sind tafelig nach der Basis und erreichen die beträchtliche Grösse von 5—8 cm; die Flächen sind fettig, gerundet und spiegeln nicht gut. Luedecke**) beobachtete daran die gewöhnliche Combination $\{001\}0P, \{100\}\infty P\infty, \{111\}P$. Ich fand durch Messung zweier Kryställchen mittelst des Reflexionsgoniometers ausser $\{001\}0P, \{100\}\infty P\infty, \{111\}P$ noch folgende Pyramiden: $\{889\} \frac{2}{3}P, \{11.11.12\} \frac{1}{2}P, \{17.17.18\} \frac{1}{3}P, \{51.51.50\} \frac{2}{3}P$, eine zwischen $\{108\} \frac{1}{3}P\infty$ und $\{3.0.22\} \frac{2}{3}P\infty$ liegende Deuteropyramide, vielleicht $\{3.0.23\} \frac{2}{3}P\infty$, ferner $\{2.0.13\} \frac{2}{3}P\infty, \{106\} \frac{1}{3}P\infty, \{105\} \frac{1}{3}P\infty$. Die Deuteropyramiden sind ziemlich gross und breit entwickelt, gestreift und gerundet. Das Gesagte genüge für dieses Vorkommen. Im Folgenden ist nur das altbekannte Apophyllitvorkommen am Cipit- und Frombache in Betracht gezogen.

Ausser der Seiseralpe giebt es in Tirol noch drei Apophyllitvorkommen, welche aber hier unberücksichtigt bleiben, nämlich 1) das Vorkommen vom Fassathale. Dieses ist für Tirol am längsten bekannt und wurde von

*) Sitzungsber. d. Akad., math.-naturw. Classe. Wien 1870, 62, 700.

**) Ueber Datolith, eine mineralogische Monographie. Halle 1889, S. 337. Ref. diese Zeitschr. 18, 280.

älteren Autoren mit dem von der Seiseralpe häufig verwechselt; auf beiden Fundstätten kommt der Apophyllit unter ähnlichen Verhältnissen vor, in Hohlräumen und Klüften des Augitporphyrs und seiner Tuffe; doch sind die Apophyllitkrystalle des Fassathales weder schön entwickelt, noch flächenreich. 2) Das Vorkommen von Tierno am Fusse des Monte Baldo. Auch dieses Vorkommen bietet wenig Interessantes, nur die Combination $\{001\}0P$. $\{100\}\infty P\infty$. $\{111\}P$ an matten, beinahe weissen Krystallen. 3) Das Apophyllitvorkommen am Pfundererberg bei Klausen. Dieses Vorkommen ist erst in jüngerer Zeit durch Pichler*) bekannt geworden und weicht in mehrfacher Beziehung von den drei anderen Vorkommen ab. Namentlich wäre zu erwähnen, dass, nach Pichler, an diesen Krystallen ausser der gewöhnlichen Combination von Basis, Deuteroprisma und Grundpyramide auch das Ditetragonalprisma $\{210\}\infty P2$ auftritt. Leider konnte ich die betreffenden Stufen nicht vergleichen, um für letztere Fläche eine bestätigende Messung zu gewinnen.

Nach diesen vorbereitenden Bemerkungen will ich den Gang vorliegender Untersuchung klar legen. Zuerst wurden die Krystalle der Reihe nach mit dem Reflexionsgoniometer gemessen; die abgelesenen Winkelwerthe wurden notirt, ohne auf die vorausgegangenen Messungen irgendwie Rücksicht zu nehmen. Jede Zone wurde meist nur einmal gemessen und durch eine Rückmessung controlirt; wichen die beiden einer und derselben Fläche entsprechenden Werthe um mehr als 5' von einander ab, so wurde die Messung mit erhöhter Sorgfalt wiederholt. Die Schimmermessungen wurden 10—20 mal wiederholt; die Schwankungen der letzteren bewegten sich meist innerhalb eines halben Grades, seltener erreichten sie einen Grad. Das arithmetische Mittel aller dadurch gefundenen und ein und derselben Fläche entsprechenden Winkelwerthe wurde für die betreffende Fläche als gemessener Winkel in die unten folgenden Tabellen eingetragen. Die Schimmermessungen sind dort dadurch kenntlich gemacht, dass die Minuten in Gradtheilen angegeben sind. Nachdem die Messungen an allen Krystallen durchgeführt waren, wurden die verlässlich bestimmten Winkel nach den Zonen und nach ihrer Grösse übersichtlich zusammengestellt und die unsicheren Messungen gestrichen.

Die nächste Aufgabe lag nun darin, jene Werthe zusammen zu fassen, welche an den verschiedenen und einzelnen Krystallen einer und derselben Form entsprechen konnten, beziehungsweise die Grundform und das Axenverhältniss zu ermitteln, um sodann die beobachteten Winkel auf bestimmte Flächen beziehen zu können. Aber das schien auf den ersten Blick, namentlich für die Protopyramiden, ein Werk der Unmöglichkeit. Es hatten sich nämlich fortlaufende Ketten von einander sehr nahe stehenden Gliedern

*) N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1877, S. 63.

ergeben. Daran war nicht zu denken, die ganze lange Kette von Winkeln in der Nähe der Grundpyramide als zu einer und derselben Form gehörig aufzufassen, da doch die äussersten Winkelwerthe um beiläufig 6 Grade abweichen. Wenn diese verschiedenen Werthe verschiedenen Krystallen entsprechen würden, so hätte man vielleicht mit Dauber und Anderen annehmen können, dass die Grundpyramide der verschiedenen Individuen, beziehungsweise ihre Hauptaxe verschieden sei. Allein diese Annahme war, abgesehen von ihrer Unwahrscheinlichkeit bei Krystallen einer und derselben Stufe, hier schon deshalb unberechtigt, weil oft auch ein und derselbe Krystall eine solche Kette von Bildern ergeben hatte. Eben deshalb durfte man auch nicht die um $\frac{1}{2}^{\circ}$ oder $\frac{1}{4}^{\circ}$ von einander abweichenden Winkelwerthe als zusammengehörig betrachten, um so weniger, als öfters deutlich getrennte Bilder, welche von selbständigen Flächen herrührten, in einem Abstände von nur wenigen Minuten beobachtet wurden. Aehnliche Verhältnisse wie die Protopyramiden zeigten besonders die Deutero- und auch die Ditetragonalpyramiden. Auch hier herrschte bald diese Fläche vor, bald trat eine oder andere ihr mehr oder weniger benachbarte in den Vordergrund, ja selbst Flächen verschiedener Formen combinirten sich zu einer scheinbar einfachen Pyramide.

In diesen soeben ausgesprochenen Thatsachen dürfte auch die Erklärung dafür liegen, wie so sich die Ansicht von den Schwankungen des Axenverhältnisses des Apophyllits hat bilden können. Es wurden eben immer zu wenige Krystalle untersucht; ergaben die Messungen der scheinbaren Grundpyramiden der Krystalle so verschiedene Werthe, dass die Abweichung nicht mehr als Beobachtungsfehler angesehen werden konnte, so hielt man sich nicht für berechtigt, für eine so ganz einfache, die Säule enteckende Fläche ein complicirteres Zeichen anzunehmen, wie es die Rechnung unter Voraussetzung eines bestimmten Axenverhältnisses verlangt hätte. Man opferte lieber das Axenverhältniss dem Parameterverhältnisse, den Variablen die Constanten und nahm für verschiedene Individuen verschiedene Grundpyramiden an. Nachdem wir nun einmal vom Apophyllit der Seiseralpe wissen, dass an ihm sehr gerne Vicinalflächen vicariirend auftreten, so liegt die Vermuthung nahe, dass die verschiedenen Apophyllitvorkommen durch das Hervortreten verschiedener Vicinalflächen charakterisirt seien. Die Hypothese von den verschiedenen Axenverhältnissen des Apophyllits verliert dadurch an Wahrscheinlichkeit.

So war ich zur Ueberzeugung gekommen, dass man es hier mit Reihen von Vicinalflächen zu thun habe. Das nächste Ziel war, die Indices dieser Flächen zu bestimmen. Auf absolute Sicherheit musste begreiflicher Weise von vornherein verzichtet werden. Die verlässlichste Methode schien diese, zuerst die Indices einzelner, mehrere Grade von einander abstehender Flächen zu bestimmen, die etwa sich zeigende Gesetzmässigkeit im Aufbau

oder in der Aufeinanderfolge der Indices versuchsweise zu verallgemeinern und namentlich auf die Vicinalflächen auszudehnen. Auf diese Weise durchgeführt lag in der Rechnung selbst die Controle für die Wahrscheinlichkeit der betreffenden Indices, indem sich auf den ersten Blick zeigte, in wie weit eine nur geringe Aenderung der Indices eine Vergrößerung oder Verminderung der Winkelwerthe erheischte. Der Plan für die Bearbeitung war somit festgesetzt; damit war auch der Weg gebahnt zur Lösung der wichtigsten und schwierigsten Aufgabe, als welche die Bestimmung des Axenverhältnisses angesehen werden muss. Zunächst war zu entscheiden, ob ein neues Axenverhältniss aufzustellen sei, oder ob man das von Dauber*) für den Apophyllit der Seiseralpe festgesetzte annehmen solle, oder welches der übrigen bisher für den Apophyllit angegebenen Axenverhältnisse der Rechnung zu Grunde zu legen sei.

Für die von Lüdecke**) zusammengestellten verschiedenen Axenverhältnisse ergibt die Rechnung folgende Winkel zwischen Basis und Grundpyramide:

	Axe c	(111):(001)
Dauber für Seiseralpe	1,2530	60° 34'
Miller	1,2517	60 32
Dana, Des Cloizeaux, Naumann-Zirkel, Groth	1,2515	60 32
Lüdecke für Faeroe	1,2436	60 23
- - Hestoe	1,2427	60 22
- - Andreasberg	1,2371	60 15
Dauber - -	1,2369	60 15
Streng - Limbergerkopf	1,2309	60 7
Dauber - Poonah	1,2177	59 54
Lüdecke - Radauthal	1,2138	59 47
- - Andreasberg	1,2057	59 37

Aus dieser Tabelle sieht man, dass die den verschiedenen Axenverhältnissen entsprechenden Winkel nicht ganz um einen Grad von einander

*) Poggend. Annalen 1859, 107, 284.

**) Zeitschr. f. d. ges. Naturw. 1878, 51, 129.

NB. Die von Lüdecke berechneten Axenlängen und Winkel stimmen nicht genau und seine Berichtigungen anderer Autoren sind nicht ganz zutreffend. Ueber die Lehrbücher sei gelegentlich bemerkt, dass Dana's Polkantenwinkel der Grundpyramide $104^{\circ} 2'$ seinem Axenverhältnisse nicht entspricht, ferner stimmen in Naumann-Zirkel's Elementen etc., 12. Aufl., die Pol- und Basiskantenwinkel weder unter sich, noch mit den angenommenen Constanten. Auch Tschermak bringt in seiner Mineralogie einen keinem Axenverhältnisse und auch nicht dem Polkantenwinkel 76° entsprechenden Basiskantenwinkel der Grundform von 59° .

abweichen und dass namentlich das von Dauber für die Seiseralpe aufgestellte Axenverhältniss von dem von Dana, Des Cloizeaux für den Apophyllit aller Vorkommen angenommenen sehr wenig abweicht. Ein Blick auf die unten folgende Tafel der Protopyramiden ergibt, dass alle die soeben angeführten Winkel innerhalb unserer gemessenen Winkelreihe in die Nähe der Grundpyramide fallen. Daher war durchaus kein Grund vorhanden, ein neues Axenverhältniss aufzustellen. Da das Dana'sche Axenverhältniss fast allgemein in die Literatur aufgenommen, das Dauber'sche der Seiseralpe davon nicht wesentlich verschieden ist, so war es von vornherein naheliegend, ersteres der Rechnung zu Grunde zu legen. Auch die Messungen führen zu diesem Axenverhältnisse hin. Durch Auswahl jener Flächen, welche sich durch Klarheit und Einheitlichkeit des Bildes auszeichnen, ergibt sich Winkel $\{111\}P : \{001\}0P = 60^{\circ}32'$; werden auch minder gute Flächen in die Rechnung einbezogen, so ergibt sich für denselben Winkel der Werth $60^{\circ}34'$ entsprechend dem Dauber'schen Axenverhältnisse. Fasst man mit diesen Flächen noch andere bis $45'$ abstehende zusammen, so erhält man einen Winkel von $60^{\circ}29'$.

Aus alledem ergab sich, dass es am Zweckmässigsten sei, das allgemein angenommene Axenverhältniss $c:a = 1,2545:1$ beizubehalten und darnach die Indices der Flächenreihen zu bestimmen.

Also haben wir für den Apophyllit folgende Constanten:

- 1) Axenverhältniss $a : a : c = 1 : 1 : 1,2545$.
- 2) Polkantenwinkel $(111)P : (\bar{1}\bar{1}\bar{1})P = 76^{\circ}0'$.
- 3) Basiskantenwinkel $(111)P : (11\bar{1})P = 58^{\circ}56'$.
- 4) Winkel $(001)0P : (111)P = 60^{\circ}32'$.

Dass zur Bestimmung des Axenverhältnisses nur Messungen von den Pyramiden zur Basis verwendet wurden, begründet sich dadurch, dass sowohl die Basis- als Polkantenwinkel der Pyramiden unsicher zu bestimmen sind, weil man nicht weiss, ob die Flächen, deren Kante man misst, gleichartig sind, indem, wie früher erwähnt, verschiedenartige Flächen zu einer scheinbar einfachen Form sich vereinen. Mit der Bestimmung des Axenverhältnisses war also ein Anhaltspunkt gewonnen, von dem aus eine rationelle Berechnung der Parameterverhältnisse und Indices der Flächen möglich wurde. Auf Grund dieser allgemein adoptirten Constanten konnte auch die Bestimmung der Formen eine allgemeine Anerkennung und innere Wahrscheinlichkeit gewinnen.

Die bisherigen Erörterungen haben uns hauptsächlich über die Art der Untersuchung Aufschluss gegeben; im Folgenden sind die dabei gewonnenen Resultate näher zusammengestellt. Ausser der Basis $\{001\}0P$ und dem Prisma $\{100\}\infty P\infty$ wurden verschiedene Pyramiden beobachtet, und zwar sowohl Proto- als auch Deutero- und Ditetragonalpyramiden,

letztere namentlich in zwei Zonen, nämlich in der Zone $\{411\}P: \{400\} \infty P \infty$ und in der Zone $\{004\}0P: \{311\}3P3$. Andere, nicht diesen Zonen angehörende Ditetragonalpyramiden wurden auch noch bemerkt, konnten aber wegen Schmalheit der Flächen und Undeutlichkeit der Reflexe nicht zuverlässig gemessen und bestimmt werden, daher sie hier nicht weiter in Betracht gezogen sind. Dasselbe gilt von mancher Proto- und Deutero- pyramide. Ich bespreche zuerst die Proto-, dann die Deutero-, schliesslich die Ditetragonalpyramiden.

Protopyramiden.

Diese Pyramiden entecken die vom Deuteroprisma und der Basis gebildete rechtwinkelige Tafel. An jedem Krystall tritt entweder die Grundpyramide $\{111\}P$ selbst auf, oder sie wird vertreten von einer anderen ihr benachbarten, nur um einige Minuten bis zu einem halben oder ganzen Grad abstehenden Protopyramidenform: $\{24.24.25\} \frac{2}{3}P$, $\{50.50.51\} \frac{5}{7}P$, $\{51.51.50\} \frac{5}{8}P$, $\{25.25.24\} \frac{2}{3}P$ und andere dazwischen liegende. Selten ist eine Pyramide allein, meist treten zwei oder drei zugleich auf, und dann sind die Bilder ziemlich scharf getrennt; seltener sind ihrer mehrere. Im letzteren Falle erweitert sich das Bild am Goniometer zu einem zusammenhängenden Lichtstreifen, aus dem sich einzelne Bilder mehr oder weniger deutlich abheben.

Manchmal treten, wie bereits oben mitgetheilt wurde, an der oberen Seite der Basiskante andere Flächen auf als an der unteren. Da die Vicinalflächen auch in ihrer Ausbildung die Rolle der Grundpyramide übernehmen können und daher auch deutliche Bilder geben, die manchmal an Reinheit und Schärfe die Bilder der eigentlichen Grundpyramide übertreffen, ist alle Vorsicht nothwendig, um sich vor Verwechslung und Irrthum zu bewahren. Wenn viele Pyramidenflächen an einem Krystalle auftreten, so geben die der Grundpyramide am nächsten stehenden Pyramiden die hellsten Bilder, nach beiden Seiten hin werden die Bilder matter und verlieren sich endlich vollständig. Den Schluss dieser bei fünf Grade langen Kette von Pyramiden bilden häufig lebhaft glänzende Flächen, die aber so schmal sind, dass sie gar kein Bild mehr geben, gleichwohl durch Schimmermessung meist näher bestimmt werden können. Sie sind theils steiler, theils stumpfer als die Grundpyramide. Ungefähr in der Mitte des Abstandes zwischen Basis und Grundpyramide sind die Protopyramiden sehr spärlich vertreten. Weiter gegen die Basis hin treten wieder mehrere stumpfe Pyramiden auf, welche nur an wenigen Krystallen beobachtet wurden. Ihre Flächen sind ziemlich entwickelt, treten nicht in Ketten, sondern vereinzelt auf und geben mässig gute Bilder.

Dem Gesagten zu Folge kann man die Reihe der Protopyramiden in vier Gruppen theilen.

1. Gruppe, Pyramiden in der Nähe der Grundpyramide. Sie sind durch ihr verhältnissmässig häufiges Auftreten charakterisirt, indem wenigstens ein Glied dieser Gruppe an jedem Krystall vorkommt; zu meist gestatten sie Bildmessungen. Ihre allgemeine Formel ist einerseits

$$\{m.m.m+1\} \frac{m}{m+1}P, \text{ andererseits } \{m+1.m+1.m\} \frac{m+1}{m}P. \text{ Für } m \text{ der}$$

ersten Formel wurden berechnet die Werthe 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 17, 24, 50, während bei den steileren Pyramiden der zweiten Formel für m nur die Werthe 24, 50 sich fanden. Beiden Reihen genügt auch die eine Formel

$$\{m.m.m \pm 1\} \frac{m}{m \pm 1}P. \text{ Unter diesen 13 Pyramiden dienen } \{9.9.10\} \frac{9}{10}P,$$

$\{24.24.25\} \frac{24}{25}P$ und $\{51.51.50\} \frac{51}{50}P$ zur Bestätigung der Beobachtungen Rumpf's, während die übrigen bisher nicht beobachtet wurden.

2. und 3. Gruppe. Es sind theils stumpfere, theils steilere Pyramiden, welche sich beiderseits an die Reihe der ersten Gruppe anschliessen und nur durch Schimmer gemessen werden können. Sie treten an Krystallen des Cipitbaches, aber nicht häufig auf. Die allgemeinen Zeichen für diese

$$\text{Gruppen sind } \{m.m.m \pm 1\} \frac{m}{m \pm 1}P \text{ und } \{m.m.m \pm 2\} \frac{m}{m \pm 2}P, \text{ je nach}$$

der Richtung gegen $\{001\}0P$ oder gegen $\{110\} \infty P$; in diesem Falle ist die Formel auch $\{m m 1\} mP$; für m wurden berechnet die Werthe 2, 3, 4 für die stumpferen, 3, 4, 5 für die steileren Pyramiden.

4. Gruppe, Pyramiden in der Nähe der Basis. Sie sind seltener. Das

$$\text{allgemeine Zeichen dieser Pyramiden ist } \{1.1.3m\} \frac{1}{3m}P, \text{ für } m \text{ die Werthe}$$

1, 3, 6, 9, 12, 15, 18. Wie erwähnt sind die Flächen dieser Pyramiden ziemlich breit und gestatten Bildmessungen. Für $\{113\} \frac{1}{3}P$ wäre noch besonders hervorzuheben, dass davon nur ein einziger Krystall eine einzige grosse Fläche mit gutem Bilde entwickelt hatte, während auf der anderen Seite der Basiskante die Grundpyramide auftrat, ein schönes Beispiel für die Combination verschiedenartiger Flächen, auf welche schon aufmerksam gemacht wurde. — Auffallend ist der Mangel der Grenzform dieser Zone von der Basis zur Grundpyramide, nämlich $\{110\} \infty P$.

Deuteropyramiden.

Hier finden wir eine von der Basis abgehende, wenig unterbrochene, fast stetige Reihe von Flächen in einem Bogen bis zu 14 Graden aufeinander folgen. Im Abstände von 90° — 120° von der Basis sind die Flächen am häufigsten vertreten, grösser ausgebildet und geben getrennte, gute Bilder. Bei den meisten Krystallen kommen ausser diesen stumpfen Deuteropyramiden keine steileren mehr vor; nur bei einzelnen Individuen sind auch solche entwickelt; auch diese können den erstgenannten als eigene Gruppe gegen-

übergestellt werden, wie es in der Tabelle der Deuteropyramiden angedeutet ist. Die Winkelwerthe beider Gruppen gehen zwar unmittelbar in einander über, auch lassen sich die Glieder beider Gruppen unter dieselben mathematischen Formeln bringen; aber der Umstand, dass erstere Gruppe an allen Individuen ausnahmslos und in gleicher Weise vollzählig auftritt, während die steileren Pyramiden nur gelegentlich entwickelt sind und immer getrennte Bilder geben, rechtfertigt diese Unterscheidung vollkommen. Bemerkenswerth ist in dieser Abtheilung das Fehlen der primären Deuteropyramide $\{404\}P_{\infty}$ und die Seltenheit der steileren Deuteropyramiden, obgleich die Grenzform $\{400\}_{\infty}P_{\infty}$ an jedem Krystalle vorhanden ist. Steilere Deuteropyramiden wurden nur zwei, $\{504\}_{\frac{5}{4}}P_{\infty}$ und $\{302\}_{\frac{3}{2}}P_{\infty}$, jede nur an einem Krystalle gefunden; $\{404\}P_{\infty}$ war gar nie zu beobachten. Um eine mathematische Gruppierung der in der Tabelle aufgeführten Formen zu gewinnen, kann man aus der grossen Reihe jene Glieder herausheben, deren allgemeines Symbol der Formel $\{40m\}_{\frac{4}{m}}P_{\infty}$ gehorcht und für m die Werthe von 2 bis 14, dann die Werthe 18, 20, 24, 30, 40, 60 einsetzen. Die übrigen Glieder der Reihe liegen dann zwischen den Gliedern der herausgehobenen Reihe und werden gebildet nach der Formel $\{n.0.mn \pm 1\}_{\frac{n}{mn \pm 1}}P_{\infty}$, je nachdem die betreffende Fläche von $\{40m\}_{\frac{4}{m}}P_{\infty}$ gegen $\{004\}0P$ oder gegen $\{404\}P_{\infty}$ sich neigt. n nimmt namentlich die Werthe 2 und 3 an, während m gleich 10, 7, 6, 5, 4, 3, 2 ist. Für $m = 4$ geht die Formel in folgende über: $\{n.0.n-1\}_{\frac{n}{n-1}}P_{\infty}$. Dieser Fall wurde beobachtet bei den steileren gegen $\{400\}_{\infty}P_{\infty}$ sich neigenden Pyramiden, wobei $n = 3$ und 5 ist. — Also baut sich die lange Reihe der Deuteropyramiden ebenso wie die der Protopyramiden nach analogen einfachen mathematischen Regeln auf.

Durch wiederholte Beobachtung von $\{406\}_{\frac{1}{8}}P_{\infty}$ und $\{408\}_{\frac{1}{8}}P_{\infty}$ werden die Angaben Rumpf's bestätigt, und die nach Brögger unsichere $\{4.0.42\}_{\frac{1}{12}}P_{\infty}$ dürfte nun auch nicht mehr zweifelhaft sein.

Es verdienen noch jene Beziehungen zwischen den Proto- und Deuteropyramiden besonders hervorgehoben zu werden, welche sich aus dem Zonenverbande ergeben und durch gegenseitige, gleichmässige Abstumpfung der Polkanten zum Ausdruck kommen. Zu $\{hhl\}mP$ gehört bekanntlich $\{h0l\}mP_{\infty}$ und der Form $\{h0l\}mP_{\infty}$ entspricht $\{h.h.2l\}_{\frac{m}{2}}P$. Im ersteren Verhältnisse befinden sich $\{4.0.48\}_{\frac{1}{8}}P_{\infty}$ und $\{4.4.48\}_{\frac{1}{8}}P$, $\{409\}_{\frac{1}{8}}P_{\infty}$ und $\{449\}_{\frac{1}{8}}P$, $\{403\}_{\frac{1}{3}}P_{\infty}$ und $\{443\}_{\frac{1}{3}}P$, $\{302\}_{\frac{3}{2}}P_{\infty}$ und $\{332\}_{\frac{3}{2}}P$; in letzterem $\{4.4.36\}_{\frac{1}{3}}P$ und $\{4.0.48\}_{\frac{1}{8}}P_{\infty}$, $\{4.4.48\}_{\frac{1}{8}}P$ und $\{409\}_{\frac{1}{8}}P_{\infty}$, $\{449\}_{\frac{1}{8}}P$ und

$\{209\} \frac{2}{3} P \infty$. Vermöge dieses doppelten Zonarverbandes erfährt auch die nur einmal von Brögger beobachtete $\{503\} \frac{2}{3} P \infty$ hier eine Bestätigung, indem am Apophyllit der Seiseralpe $\{553\} \frac{2}{3} P$ und $\{556\} \frac{2}{3} P$ gefunden wurden. Nun liegt $\{503\} \frac{2}{3} P \infty$ in der Polkantenzone von $\{553\} \frac{2}{3} P$, während die Polkanten von $\{503\} \frac{2}{3} P \infty$ durch $\{556\} \frac{2}{3} P$ abgestumpft werden.

Ditetragonalpyramiden.

Pyramiden dieser Art treten sowohl an den dünneren Tafeln des Apophyllitvorkommens am Frombache als auch, wenn auch seltener, an den Stufen des Cipitbaches auf, theils in schmalen Streifen, theils in deutlichen, breiten Flächen. Wenn auch mehrere solcher Flächen in einer Zone liegen, sind doch die Bilder immer sicher und getrennt, d. h. durch keinen Lichtstreifen verbunden. In der Tabelle sind zwei Reihen aufgeführt, welche den zwei sich kreuzenden Zonen: $\{400\} \infty P \infty : \{111\} P$ und $\{004\} 0 P : \{311\} 3 P 3$ entsprechen.

Die Formen der ersten Zone haben zunächst das Zeichen $\{m11\} m P m$, wobei für m die Werthe 2 und 3 gefunden wurden. Zwischen diesen beiden Ditetragonalpyramiden und gegen ihre Grenzformen $\{400\} \infty P \infty$ und $\{111\} P$ hin liegen solche Ditetragonalpyramiden, welchen allgemein die Formel $\{m n n\} \frac{m}{n} P \frac{m}{n}$ zukommt. Im Besondern sind diese so gebildet, dass $m = n + 1$, für $n = 2, 3, 4, 5, 6$; oder es ist $m = n + 2$, für $n = 3, 5$; andere entsprechen der Bedingung $m = 2n \pm 1, 2n \pm 2, 3n \pm 1$, je nachdem die betreffenden $\{211\} 2 P 2$ und $\{311\} 3 P 3$ umgebenden Formen gegen $\{111\} P$ oder gegen $\{400\} \infty P \infty$ convergiren. In den beiden ersteren Formeln erhält n die Werthe 2, 4, 5, in der letzteren 2, 4, 7.

Die Pyramiden der zweiten Zone sind noch seltener als die der ersten. Sie wurden an Krystallen des Frombaches beobachtet. Die Flächensymbole dieser Zone sind sehr einfach, das allgemeine Zeichen ist $\{3 m . m . 3\} m P 3$; für m wurden die Werthe 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 gefunden. Bezeichnend ist hier der Mangel von $\{310\} \infty P 3$ als Grenzform dieser Zone, sowie der Ditetragonalprismen überhaupt, die bei anderen Apophyllitvorkommnissen eine gewöhnliche Erscheinung sind.

Bemerkenswerth ist bei dieser zweiten Gruppe von Ditetragonalpyramiden auch ihre Lage in Zonen vom Deutero-prisma zu Protopyramiden. In diesem Zonenverbande befinden sich nämlich $\{313\} P 3$ und $\{113\} \frac{1}{3} P$, $\{623\} 2 P 3$ und $\{223\} \frac{2}{3} P$, $\{933\} 3 P 3$ und $\{111\} P$, $\{12.4.3\} 4 P 3$ und $\{443\} \frac{4}{3} P$, $\{15.5.3\} 5 P 3$ und $\{553\} \frac{5}{3} P$, $\{18.6.3\} 6 P 3$ und $\{221\} 2 P$, endlich $\{21.7.3\} 7 P 3$ und $\{773\} \frac{7}{3} P$. Allgemein ist das Symbol dieser mit $\{3k.k.3\} m P 3$ tautozonalen Protopyramiden $\{k k 3\} \frac{m}{3} P$. In der Krystallreihe des Apophyllits der Seiseralpe sind nun die genannten Protopyramiden, ausgenommen $\{773\} \frac{7}{3} P$, alle entwickelt.

Wenn wir nun das Hauptergebniss vorliegender Untersuchung kurz zusammenfassen, so ist vor Allem zu bemerken, dass am Apophyllit der Seiseralpe ausser dem Deuteroprisma und der Basis keine ohne weiteres bestimmten Formen auftreten, sondern dass man nur von Pyramidengruppen sprechen kann, aus deren Reihe bald die eine bald die andere, oft vicinale Pyramide, entweder allein oder doch die anderen in den Hintergrund drängend, ausgebildet ist, wobei häufig durch unvollzählige Flächenentwicklung Combinationen verschiedenartiger Pyramidenflächen entstehen, welche den Eindruck einfacher Pyramiden machen. Aus diesen Thatsachen lässt sich die Folgerung ableiten, dass auch die Flächen der Apophyllitkrystalle der verschiedenen Fundorte wohl nach ähnlichem Gesetze ausgewählt sein dürften, dass man daher zur Vermeidung von Irrthümern bei der Berechnung der Axenverhältnisse nicht, wie es vielfach geschehen ist, Basis- oder Polkantenwinkel der Pyramiden verwenden darf, sondern deren Neigungen zum Deuteroprisma oder zur Basis. Ferner folgt aus den angegebenen Verhältnissen, dass für den Apophyllit die Annahme bestimmter, allgemein adoptirter Constanten grössere Berechtigung verdient, als die Aufstellung verschiedener Axenverhältnisse, so lange dieselben nicht durch eingehende krystallographische Untersuchungen, sowie chemische Differenzen begründet werden.

Ein weiteres Ergebniss unserer Untersuchung liegt dann in der Fülle der nicht nur für das betreffende Vorkommen, sondern im Allgemeinen für den Apophyllit neuen Formen. Vergleicht man die in den folgenden Tabellen aufgeführten Apophyllitflächen mit den oben zusammengestellten, bisher im Ganzen und vom Vorkommen auf der Seiseralpe bekannt gewordenen Formen, so folgt, dass unter den hier aufgeführten 30 Protopyramiden, 34 Deuteropyramiden und 24 Ditetragonalpyramiden bis jetzt 6 Protopyramiden, 5 Deuteropyramiden und 4 Ditetragonalpyramiden am Apophyllit überhaupt schon bekannt waren, während vom Vorkommen auf der Seiseralpe im Ganzen nur 12 Formen, nämlich ausser der Basis und dem Deuteroprisma 5 Proto-, 3 Deutero- und 2 Ditetragonalpyramiden, welche ich auch alle gefunden, angegeben worden sind, so dass für diese Fundstätte 25 Proto-, 34 Deutero- und 49 Ditetragonalpyramiden, zusammen 75 Formen neu wären, für den Apophyllit im Allgemeinen aber 24 Proto-, 29 Deutero- und 17 Ditetragonalpyramiden, also zusammen 70 Formen als neu zu verzeichnen sind. Im Ganzen wären nun für den Apophyllit 97 Formen nachgewiesen, darunter 87 an den Krystallen der Seiseralpe, an welchen namentlich $\{1.1.10\} \frac{1}{10}P$, $\{115\} \frac{1}{5}P$, $\{227\} \frac{2}{7}P$, $\{110\} \infty P$, $\{104\} P\infty$, $\{503\} \frac{5}{3}P\infty$, $\{326\} \frac{1}{2}P\frac{3}{2}$, $\{321\} 3P\frac{3}{2}$, $\{210\} \infty P2$, $\{310\} \infty P3$ nicht vorgefunden wurden.

Es folgen hier die drei Tabellen der beobachteten Proto-, Deutero- und Ditetragonalpyramiden. Zu ihrem Verständnisse bleibt nach den voraus-

P r o t o p y r a m i d e n

Beobachtete Formen	Gemessen				Berechnet
	Krystalle	Kanten	Grenzen	Mittel	
Winkel $mP(hhl) : 0P(001)$					
{1.1.54} $\frac{1}{3}P$	2	2	1040'—1046'	1043'	1053'
{1.1.45} $\frac{1}{3}P$	1	1		2 20	2 15
{1.1.36} $\frac{1}{3}P$	3	3	2 35 — 2 55	2 45	2 49
{1.1.27} $\frac{1}{2}P$	2	2	3 35 — 3 50	3 42	3 45
{1.1.18} $\frac{1}{3}P$	3	3	5 34 — 5 47	5 40	5 37
{119} $\frac{1}{3}P$	1	1		11 3	11 8
{113} $\frac{1}{3}P$	1	1		30 30	30 32
{335} $\frac{2}{3}P$	2	3	46 $\frac{1}{2}$ ⁰ —47 ⁰	46 $\frac{3}{4}$	46 43
{223} $\frac{2}{3}P$	5	8	49 $\frac{1}{2}$ —50	49 $\frac{3}{4}$	49 43
{445} $\frac{4}{5}P$	1	1	54 $\frac{1}{2}$ —55	54 $\frac{3}{4}$	54 46
{556} $\frac{5}{6}P$	1	1		55 55	55 52
{667} $\frac{6}{7}P$	2	2	56 033'—56 0 44'	56 38	56 36
{778} $\frac{7}{8}P$	1	1		57 6	57 9
{889} $\frac{8}{9}P$	3	3	57 34 — 57 42	57 36	57 34
{9.9.10} $\frac{9}{10}P$	3	3	57 50 — 58 0	57 55	57 53
{10.10.11} $\frac{10}{11}P$	3	3	58 8 — 58 11	58 10	58 8
{11.11.12} $\frac{11}{12}P$	8	10	58 20 — 58 23	58 21	58 21
{13.13.14} $\frac{13}{14}P$	6	7	58 36 — 58 43	58 41	58 41
{17.17.18} $\frac{17}{18}P$	6	6	58 55 — 59 11	59 3	59 7
{24.24.25} $\frac{24}{25}P$	8	9	59 25 — 59 38	59 32	59 31
{50.50.51} $\frac{50}{51}P$	16	20	59 55 — 60 12	60 4	60 3
{111} P	12	15	60 27 — 60 42	60 33	60 32
{51.51.50} $\frac{50}{51}P$	6	8	61 0 — 61 6	61 3	61 1
{25.25.24} $\frac{25}{24}P$	7	7	61 25 — 61 37	61 33	61 31
{443} $\frac{4}{3}P$	1	2	66 $\frac{1}{2}$ ⁰ —67 ⁰	66 $\frac{3}{4}$ ⁰	67 2
{332} $\frac{3}{2}P$	3	4	69 — 69 $\frac{1}{2}$	69 $\frac{1}{4}$	69 22
{553} $\frac{5}{3}P$	4	7	71 — 72	71 $\frac{1}{2}$	71 16
{221} $2P$	3	3	74 — 75	74 $\frac{1}{2}$	74 13
{441} $4P$	2	2	81 $\frac{1}{2}$ —82 $\frac{1}{2}$	82	81 58
{551} $5P$	1	2	83 $\frac{1}{2}$ —84	83 $\frac{3}{4}$	83 33

Deuteropyramiden

Beobachtete Formen	Gemessen				Berechnet
	Krystalle	Kanten	Grenzen	Mittel	
Winkel $mP_{00}(h0l) : 0P(001)$					
$\{4.0.60\}_{\frac{1}{6}P_{00}}$	4	4		40 17'	40 12'
$\{4.0.40\}_{\frac{1}{4}P_{00}}$	4	4		4 45	4 48
$\{4.0.30\}_{\frac{1}{3}P_{00}}$	4	4		2 22	2 23
$\{4.0.24\}_{\frac{1}{2}P_{00}}$	3	3	20 52' — 30 3'	3 0	2 59
$\{4.0.20\}_{\frac{1}{2}P_{00}}$	4	4		3 35	3 35
$\{4.0.18\}_{\frac{1}{3}P_{00}}$	2	2	3 46 — 3 54	3 50	3 59
$\{4.0.14\}_{\frac{1}{4}P_{00}}$	2	2	5 7 — 5 8	5 8	5 6
$\{4.0.13\}_{\frac{1}{3}P_{00}}$	4	4		5 $\frac{1}{2}$	5 30
$\{4.0.12\}_{\frac{1}{2}P_{00}}$	4	4	5 53 — 6 2	5 57	5 57
$\{4.0.11\}_{\frac{1}{4}P_{00}}$	4	4		6 30	6 29
$\{2.0.24\}_{\frac{2}{3}P_{00}}$	3	3	6 43 — 6 54	6 49	6 48
$\{4.0.10\}_{\frac{1}{4}P_{00}}$	2	2	7 — 7 $\frac{1}{4}$	7 7	7 8
$\{2.0.19\}_{\frac{2}{3}P_{00}}$	3	5	7 23 — 7 34	7 28	7 30
$\{409\}_{\frac{1}{5}P_{00}}$	3	4	7 47 — 8 4	7 55	7 55
$\{408\}_{\frac{1}{8}P_{00}}$	6	8	8 48 — 9 0	8 53	8 53
$\{3.0.22\}_{\frac{3}{2}P_{00}}$	6	7	9 34 — 9 48	9 44	9 44
$\{407\}_{\frac{1}{4}P_{00}}$	4	6	10 0 — 10 15	10 8	10 8
$\{2.0.13\}_{\frac{2}{3}P_{00}}$	6	6	10 40 — 11 0	10 53	10 54
$\{3.0.19\}_{\frac{3}{5}P_{00}}$	7	9	11 4 — 11 17	11 9	11 11
$\{406\}_{\frac{1}{8}P_{00}}$	6	7	11 38 — 11 46	11 42	11 47
$\{3.0.17\}_{\frac{3}{7}P_{00}}$	3	3	12 22 — 12 30	12 26	12 27
$\{2.0.11\}_{\frac{2}{7}P_{00}}$	4	4		12 53	12 49
$\{3.0.16\}_{\frac{3}{8}P_{00}}$	5	6	13 5 — 13 14	13 10	13 12
$\{4.0.21\}_{\frac{1}{2}P_{00}}$	3	3	13 23 — 13 34	13 28	13 24
$\{405\}_{\frac{1}{5}P_{00}}$	4	4	13 53 — 14 8	14 0	14 3
$\{3.0.14\}_{\frac{3}{7}P_{00}}$	2	3	14 52 — 15 6	15 0	15 4
$\{209\}_{\frac{2}{9}P_{00}}$	4	4		15 32	15 33
$\{404\}_{\frac{1}{4}P_{00}}$	4	4		17 20	17 22
$\{3.0.10\}_{\frac{3}{10}P_{00}}$	2	2	20 28 — 20 42	20 35	20 35
$\{403\}_{\frac{1}{3}P_{00}}$	4	4		22 30	22 39
$\{307\}_{\frac{3}{7}P_{00}}$	4	4		28 11	28 12
$\{402\}_{\frac{1}{2}P_{00}}$	4	2	31 45 — 32 0	31 52	32 2
$\{504\}_{\frac{5}{4}P_{00}}$	4	4		57 $\frac{1}{2}$	57 25
$\{302\}_{\frac{3}{2}P_{00}}$	4	4		64 57	64 57

Ditetragonalpyramiden

Beobachtete Formen	Gemessen				Berechnet
	Krystalle	Kanten	Grenzen	Mittel	
Winkel $mPm(hll) : \infty P\infty(100)$					
{13.4.4} $\frac{1}{2}P\frac{1}{2}$	2	4	21°29'—21°34'	21°32'	21°30'
{311} $3P3$	4	6	23 2—23 12	23 5	23 6
{20.7.7} $\frac{2}{7}P\frac{2}{7}$	1	1		24 8	24 8
{522} $\frac{5}{2}P\frac{5}{2}$	2	2	27 5—27 9	27 7	27 7
{12.5.5} $\frac{1}{5}P\frac{1}{5}$	1	1		28 9	28 4
{211} $2P2$	2	2	32 $\frac{1}{2}$ —32 $\frac{1}{2}$	32 37	32 37
{744} $\frac{7}{4}P\frac{7}{4}$	1	1		36 10	36 14
{533} $\frac{5}{3}P\frac{5}{3}$	1	1		37, 23	37 31
{855} $\frac{8}{5}P\frac{8}{5}$	1	1		38 35	38 40
{322} $\frac{3}{2}P\frac{3}{2}$	1	1		40 28	40 29
{755} $\frac{7}{5}P\frac{7}{5}$	2	2	42 $\frac{1}{2}$ —42 34	42 32	42 26
{433} $\frac{4}{3}P\frac{4}{3}$	1	1		43 55	43 50
{544} $\frac{5}{4}P\frac{5}{4}$	1	1		45 48	45 44
{655} $\frac{6}{5}P\frac{6}{5}$	1	1		46 45	46 51
{766} $\frac{7}{6}P\frac{7}{6}$	1	1		47 49	47 39
Winkel $mP3(3k.k.3) : 0P(001)$					
{313} $P3$	1	1		52°43'	52°50'
{623} $2P3$	1	1		69 20	69 15
{933} $3P3$	2	2	75°42'—75°51'	75 46	75 49
{12.4.3} $4P3$	1	1		79 14	79 16
{15.5.3} $5P3$	1	1		81 16	81 23
{18.6.3} $6P3$	1	1		82 46	82 48
{21.7.3} $7P3$	1	1		83 45	83 49

gegangenen Bemerkungen nur noch wenig beizufügen. Neben den beobachteten Formen, welche zur Bequemlichkeit der Leser mit doppelten Symbolen, nach Miller und Naumann, bezeichnet sind, ist die Zahl der Krystalle angegeben, welche bei der Messung verlässliche Bilder und brauchbare Winkelwerthe gaben. Man darf aus diesen Zahlen keinen Schluss ziehen auf die Häufigkeit der betreffenden Form, sondern nur auf die Art der Ausbildung der Flächen und der daraus sich ergebenden Möglichkeit einer guten Messung. Nur bei den Ditetragonalpyramiden giebt die angeführte Zahl der Krystalle einen Anhaltspunkt für die Bestimmung der

relativen Häufigkeit der Formen. Die nächste Colonne giebt an, an wie vielen Kanten die zugehörige Fläche gemessen wurde. Damit die Schwankung der gemessenen Winkel einer Fläche beurtheilt werden könne, sind die äussersten Werthe unter der Rubrik »Grenzen« angegeben worden. Das arithmetische Mittel aller einer Fläche entsprechenden Kantenmessungen ist als »Mittel« angegeben. Daneben steht in der letzten Colonne der für die voranstehende Form durch Rechnung ermittelte Winkelwerth. Die Differenzen zwischen Messung und Rechnung wurden nicht besonders angeführt; ihr höchster absoluter Werth, den sie selten erreichen, ist 40 Minuten. Was die Reihenfolge der in den drei Tabellen aufgeführten Krystallformen betrifft, so wurden ihr stets die Winkelgrössen zu Grunde gelegt, weil dadurch das Wesen der Krystallformenreihe einen naturgemässen Ausdruck gewinnt, während die mehr künstliche Gruppierung nach mathematischen Formeln nur bei den Protopyramiden mit der Natur der Formen zusammenfällt. Auf letztere gründen sich auch die Absätze in der Aufeinanderfolge. Die Wahl des Winkels der Protopyramiden zur Basis wurde bereits begründet; bei den Deutero- und Ditetrapyrarniden sind auch die Winkel zu $\{100\} \infty P \infty$ brauchbar; mehrere solcher Messungen sind in die Tabelle aufgenommen, aber der Harmonie wegen umgerechnet worden; bei den Ditetrapyrarniden der Zone $[\{111\} P : \{100\} \infty P \infty]$ wurden auch die Neigungen zu $\{001\} 0P$ öfters gemessen, erwiesen sich jedoch weniger zuverlässig als die in der Zone liegenden Kanten zu $\{100\} \infty P \infty$. Schliesslich ist noch zu erwähnen, dass in der Tabelle der Ditetrapyrarniden die Miller'schen Symbole $\{933\}$, $\{48.6.3\}$ der formellen Analogie wegen nicht kürzer $\{344\}$, $\{624\}$ lauten.
