

# Ueber Beziehungen zwischen den Mineralien der Heulandit- und Desmingruppe.

Von

Dr. **F. Rinne** in Berlin.

Mit Taf. I und 3 Holzschnitten.

## I.

Die Heulanditgruppe umfasst als Hauptvertreter die Mineralien Heulandit, Brewsterit und Epistilbit, die Desmingruppe Desmin, Harmotom und Phillipsit. Beim Ausdruck ihrer gegenseitigen Formbeziehungen könnte man von der Stellung eines beliebigen dieser Mineralien ausgehen. Es empfiehlt sich indess, die krystallographische Aufstellung der Mineralien der Desmingruppe zu Grunde zu legen, da ein Mal die Orientirung der Glieder dieser Gruppe bei den Mineralogen fast einheitlich dieselbe ist, während die der Heulanditmineralien bei den verschiedenen Autoren sehr wechselt, und ferner auch, weil dann die krystallographische Parallelstellung der in Rede stehenden Substanzen mit den Feldspathen gesichert ist.

Nachdem durch zahlreiche Untersuchungen, namentlich von BREITHAUPT, G. ROSE, STRENG, DES CLOIZEAUX, v. LASAULX und FRESENIUS, die Beziehungen zwischen Harmotom, Phillipsit und Desmin klar gelegt sind, gibt man diesen Mineralien die Stellung, bei der unter Zugrundelegung des monoklinen Systems <sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Die genauen optischen Untersuchungen LANGEMANN's erfordern die Annahme des triklinen Systems für die Mineralien der Desmingruppe. (L. LANGEMANN: Beiträge zur Kenntniss der Mineralien Harmotom, Phillipsit und Desmin. Dies. Jahrb. 1886. Bd. II. S. 83.)

die wesentlichen Formen als  $\infty P\infty$  (010);  $OP$  (001);  $\infty P$  (110);  $\infty P\infty$  (100);  $P\infty$  ( $\bar{1}01$ ) und  $P\infty$  (011) erscheinen.

Aus dem Nachfolgenden ergibt sich, dass die Mineralien Heulandit, Brewsterit und Epistilbit, um ihre natürliche Parallelstellung mit den Gliedern der Desmingruppe einzunehmen, die krystallographische Orientirung erhalten müssen, die in den Figuren 1, 2, 3, 4, 6 und 9 auf Taf. I zur Anschauung gebracht ist.

Die Ausgestaltung der drei Mineralien, wie sie in der Natur gegeben ist, erscheint hierbei in folgender, krystallographischen Deutung.

Heulandit (Fig. 2, 4, 6). Das seitliche Pinakoid M, nach welchem die Krystalle tafelförmig ausgebildet sind, bleibt, der Natur des monoklinen Systems entsprechend, als solches erhalten. Die Flächen N, P, T, welche besonders formgebend für das Mineral sind, werden zu  $N = \frac{1}{2}P\infty$  ( $\bar{1}02$ );  $P = -P\infty$  (101) und  $T = 2P\infty$  (201). Von den prismatischen Formen erscheint das häufige z als  $P\infty$  (011). Untergeordnet sind die selteneren Flächen r und u (Fig. 4 u. 6), deren Zeichen zu  $r = 2P\frac{2}{3}$  ( $\bar{2}31$ ) und  $u = -4P\frac{4}{3}$  (431) werden.

In den Lehrbüchern der Mineralogie werden besonders folgende beiden Arten der Aufstellung angetroffen.

Bei der einen, wie sie z. B. im Lehrbuch von NAUMANN-ZIRKEL gewählt ist, unterliegt die gewöhnliche Combination Fig. 2 der Deutung  $M = \infty P\infty$  (010);  $T = OP$  (001);  $P = P\infty$  ( $\bar{1}01$ );  $N = \infty P\infty$  (100);  $z = 2P$  (221) r und u (Fig. 4 u. 6) werden zu  $r = 2P\infty$  (021) und  $u = \frac{2}{3}P$  ( $\bar{2}23$ ).

Bei der andern ist z zum Prisma  $\infty P$  (110) gewählt und T zu  $OP$  (001). Fasst man dann N als  $-P\infty$  ( $\bar{1}01$ ) auf, so wird P zu  $P\infty$  ( $\bar{1}01$ ) und u zu  $\frac{1}{2}P$  ( $\bar{1}12$ ) sowie r zu  $P\infty$  (011). Die Parallelstellung mit den Gliedern der Desmingruppe erfordert mithin die Anwendung von im Allgemeinen verwickelteren Symbolen als sie die üblichen Aufstellungsarten verlangen. Doch ist nicht zu verkennen, dass es die seltenen Flächen sind, bei denen dies Verhältniss sich deutlich anzeigt.

Eine in die Augen springende Ähnlichkeit in der äusseren Erscheinung des Heulandits mit der von Desmin, Harmotom und Phillipsit ist bei keiner der drei Aufstellungsarten sofort ersichtlich, es sei denn, dass bei aufmerksamer Beobachtung

bei der vom Verfasser gewählten, das durch die Heulandit- wie die Desmin- und Feldspathgruppe sich hinziehende Verhältniss des fast rechtwinkligen Standes von  $T = 2P\infty (201)$  auf  $OP (001)$  bzw. der klinodiagonalen Pölkante von  $z = P\infty (011)$  in's Auge gefasst wird.

Brewsterit (Fig. 9). Obwohl der Isomorphismus des Brewsterits und Heulandits angenommen ist, erfahren diese beiden Mineralien zuweilen von einander abweichende Aufstellungen. Bei der nunmehr vorzuschlagenden Orientirung erhalten die hauptsächlichlichen Flächen des Brewsterits folgende Bezeichnungen (Fig. 9)  $a = OP (001)$ ;  $g = P\infty (011)$ ;  $P = \infty P\infty (010)$ ;  $d = 2P8 (814)$ . Letztere Gestalt, welche regelmässig an den Krystallen von Strontian auftritt, ist eine Vicinalfläche zu  $2P\infty (201)$ .

Für gewöhnlich wurde bislang die in Rede stehende Combination als eine von  $a = \infty P\infty (100)$ ;  $g = \infty P (110)$ ;  $P = \infty P\infty (010)$  und  $d = \frac{1}{8}P\infty (016)$  betrachtet, wobei dann  $z$  des Heulandits und  $g$  des Brewsterits als sich entsprechende Flächen unter dem Zeichen  $\infty P (110)$  parallel gestellt wurden.

Bei der vom Verfasser gewählten Aufstellung kann man in dem Auftreten der Basis sowie der langen Entwicklung der Krystalle in Richtung der Axe  $a$  Anklänge an die Ausgestaltung von Harmotom, Phillipsit und Desmin erblicken. Es treten dieselben im verstärkten Maasse bei

Epistilbit hervor (Fig. 1). In der nach dem Vorgange von ROSE, DES CLOIZEAUX und TENNE üblichen Aufstellung wird die Form  $M$  zum Prisma  $\infty P (110)$  genommen. Sie erscheint hier als  $P\infty (011)$ . und die gewöhnliche Combination ist als  $M = P\infty (011)$ ;  $t = \infty P\infty (100)$ ;  $r = \infty P\infty (010)$  und  $u = \infty P (110)$  gedeutet. Eine seltenere Form  $s$  wird zu  $2P2 (211)$ . Es entsprechen sich mithin bei der älteren Auffassung und der des Verfassers  $\infty P (110)$  und  $P\infty (011)$ ;  $OP (001)$  und  $\infty P\infty (100)$ ;  $\infty P\infty (010)$  und  $\infty P\infty (010)$ ;  $P\infty (011)$  und  $\infty P (110)$ ;  $\frac{1}{2}P (\bar{1}12)$  und  $2P2 (211)$ . Die Zwillingsbildung findet bei der ersteren Aufstellung nach  $\infty P\infty (100)$ , bei der hier vertretenen nach  $OP (001)$  statt.

Die Ausbildung eines der Basis genäherten, flachen Klinodomas, des vorderen Pinakoides, wie es sich nicht selten bei den Kreuzsteinen findet, das Erscheinen von  $\infty P (110)$ , die

Längserstreckung in Richtung der Axe a, zu der sich überdies die Zwillingsbildung nach OP (001) gesellt, lassen eine Ähnlichkeit des Epistilbits mit den Mineralien der Desmingruppe bei der gewählten Aufstellung nicht verkennen. Von besonderem Interesse erscheint im Hinblick hierauf das Vorkommen von Durchkreuzungszwillingen nach OP (001) (des Verfassers), wie sie von HINTZE<sup>1</sup> am Vorkommen vom Berufjord beschrieben sind, und die genannten Forscher in ihrer Erscheinungsart auf Platten parallel  $\infty P \infty$  (010) an die von Desmin erinnerten.

Eine Ergänzung der Fig. 1 in Fig. 3 liefert ein Gebilde, dessen allgemeine Ähnlichkeit mit gewissen Harmotomen nicht zu verkennen ist.

Die im Obigen allgemein dargestellten, krystallographischen Verhältnisse gestalten sich in Bezug auf die Zahlenwerthe folgendermaassen.

#### Vergleich von Heulandit, Brewsterit und Epistilbit.

Die Ähnlichkeit der Ausgestaltung von Heulandit und Brewsterit drückt sich deutlich, wie bekannt, in den Winkelverhältnissen aus.

Bezüglich des Epistilbits wies TENNE<sup>2</sup> auf die Winkelähnlichkeit von M und s des Epistilbits mit z und u des Heulandits hin, und P. GROTH sagt in seiner tabellarischen Übersicht der Mineralien über dieses Verhältniss: „Was die Krystallformen dieser drei Zeolithe“ (Heulandit, Brewsterit und Epistilbit) „betrifft, so ist für den neuerdings erst als monosymmetrisch erkannten Epistilbit, unter Belassung von M ( $M : M = 44^{\circ} 50'$ ) als  $\infty P$  (110) die Form s (TENNE's  $\frac{1}{2}P$  ( $\bar{1}12$ )) als Klinodoma  $P \infty$  (011) genommen worden; alsdann tritt die nahe Beziehung zum Heulandit hervor, dessen Prismenwinkel (in der von DANA, DES CLOIZEAUX und auch hier adoptirten Stellung) fast der gleiche ist, während eine andere prismatische Form, nämlich  $+P$  ( $\bar{1}11$ ), einen ähnlichen Winkel besitzt, wie s des Epistilbit, aber ganz anders gegen die Vertical-

<sup>1</sup> C. HINTZE: Beiträge zur Kenntniss des Epistilbits. (Zeitschr. f. Krystallogr. Bd. VIII. S. 605. 1884.)

<sup>2</sup> C. A. TENNE: Über den Epistilbit. (Dies. Jahrb. 1880. I. S. 43.)

axe geneigt ist, sodass eine Vereinigung beider Mineralien nicht möglich ist.“

Diesem Schlusse vermag ich indess aus nachfolgenden Gründen nicht beizutreten.

Was den letzt erwähnten Vergleich zwischen GROTH'S +P (111) des Heulandits (der Form u) und s des Epistilbits anlangt, welche beide einen fast gleichen Winkel ihrer klinodiagonalen Polkante besitzen, so ist zu bemerken, dass aus den Axenverhältnissen des Heulandits sowohl als auch des Epistilbits je zwei solcher winkelähnlichen Formen abgeleitet werden können, von denen jeweils eine am Heulandit und eine am Epistilbit nicht nur den Winkel ihrer klinodiagonalen Polkante sondern auch die Neigung zur Verticalaxe gemeinsam haben. In der Aufstellungsweise des Verfassers sind es die Formen  $2P\bar{2}$  (211) und  $-4P\frac{2}{3}$  (431). Alle vier Formen ( $2P\bar{2}$  (211) des Epistilbits und  $-4P\frac{2}{3}$  (431) des Heulandits) besitzen fast gleichen Winkel ihrer klinodiagonalen Polkante aber immer nur zwei, nämlich je eine am Heulandit und die gleichnamige am Epistilbit, auch fast gleiche Neigung zur Verticalaxe und Klinodiagonalen. Thatsächlich vorhanden sind von den vier Gestalten nur zwei, nämlich  $2P\bar{2}$  (211) am Epistilbit und  $-4P\frac{2}{3}$  (431) am Heulandit.

Aus diesen geometrischen Verhältnissen lässt sich mithin keine durchgreifende, starke Verschiedenheit zwischen Heulandit und Epistilbit aufrecht erhalten.

Bereits QUENSTEDT<sup>1</sup> hatte eine nahe Beziehung in der Ausgestaltung von Heulandit und Epistilbit erkannt. Indess galt bei ihm der Epistilbit noch für rhombisch.

Bei der hier vertretenen Anschauung über die Aufstellung von Heulandit, Brewsterit und Epistilbit gestalten sich die Axenverhältnisse dieser drei Mineralien folgendermaassen.

Heulandit  $a : b : c = 0,5724 : 1 : 0,4888$ ;  $\beta = 55^{\circ} 36'$

Brewsterit  $a : b : c = 0,5602 : 1 : 0,4819$ ;  $\beta = 57^{\circ} 36'$

Epistilbit  $a : b : c = 0,5801 : 1 : 0,5043$ ;  $\beta = 54^{\circ} 53'$

Die Axenverhältnisse der drei Mineralien stehen sich mithin sehr nahe, vergleichsweise näher als die von Harmotom, Phillipsit und Desmin.

<sup>1</sup> Handbuch der Mineralogie 1877. p. 407.

Sehr bemerkenswerth ist die Ähnlichkeit der  $\beta$ -Winkel, also der Neigung von OP (001) zu  $\infty P \infty$  (100). Es ist dies indess nur ein besonderer Fall der grossen Winkelübereinstimmung in den Neigungen der Flächen aus der Zone der Axe b (der orthodomatischen Formen) überhaupt. Um dies hervortreten zu lassen ist im Folgenden das Axenverhältniss der drei Mineralien auf die Form  $a : c : b = 1 : x : y$  gebracht.

Heulandit  $a : c : b = 1 : 0,8539 : 1,7470$ ;  $\beta = 55^\circ 36'$

Brewsterit  $a : c : b = 1 : 0,8602 : 1,7851$ ;  $\beta = 57 36$

Epistilbit  $a : c : b = 1 : 0,8693 : 1,7238$ ;  $\beta = 54 53$

Man erkennt die grosse Übereinstimmung zwischen den Verhältnissen  $a : c$  und den bezeichnenden Unterschied, dass die prismatischen Formen stärker verschiedene Stücke auf der Axe b abschneiden.

Bezüglich des Vergleiches der Combinationskantenwinkel kann hier auf die weiter unten aufgestellte Tabelle (S. 50) verwiesen werden.

**Vergleich von Heulandit, Brewsterit, Epistilbit und Harmotom, Phillipsit und Desmin.**

Die Beziehungen zwischen diesen Mineralien erweisen sich, unter Annahme der hier gemachten Parallelstellung, als recht deutliche.

Zunächst ist zu erwähnen, dass die Axenverhältnisse von Harmotom und Phillipsit zwar gut unter sich übereinstimmen, die Werthe für Desmin indess bekanntermaassen etwas von denen für Harmotom und Phillipsit abweichen. Die Axenverhältnisse sind hier der Art verändert, dass die Länge der Axe c auf die Hälfte gebracht ist, wie es bereits die Parallelstellung der drei Mineralien mit den Feldspathen erfordert.

Auch hier erweist sich besonders die Umformung des Axenverhältnisses auf  $a : c : b = 1 : x : y$  geeignet, um die Übereinstimmung der besonders formgebenden Gestalten der Zone der Axe b zum Ausdruck zu bringen.

Es ist zunächst bei:

Heulandit  $a : b : c = 0,5724 : 1 : 0,4888$ ;  $\beta = 55^\circ 36'$

Brewsterit  $a : b : c = 0,5602 : 1 : 0,4819$ ;  $\beta = 57 36$

Epistilbit  $a : b : c = 0,5801 : 1 : 0,5043$ ;  $\beta = 54 53$

Harmotom  $a : b : c = 0,7031 : 1 : 0,6155$ ;  $\beta = 55 10$

Phillipsit  $a : b : c = 0,7095 : 1 : 0,6281$ ;  $\beta = 55 37$

Desmin  $a : b : c = 0,7624 : 1 : 0,5969$ ;  $\beta = 50 49$

und umgeformt bei:

Heulandit	$a : c : b = 1 : 0,8539 : 1,7470$	$\beta = 55^{\circ} 36'$
Brewsterit	$a : c : b = 1 : 0,8602 : 1,7851$	$\beta = 57 \ 36$
Epistilbit	$a : c : b = 1 : 0,8693 : 1,7238$	$\beta = 54 \ 53$
Harmotom	$a : c : b = 1 : 0,8754 : 1,4223$	$\beta = 55 \ 10$
Phillipsit	$a : c : b = 1 : 0,8853 : 1,4094$	$\beta = 55 \ 37$
Desmin	$a : c : b = 1 : 0,7830 : 1,3116$	$\beta = 50 \ 49$

Die Ähnlichkeit in den Verhältnissen  $a : c$  ist unverkennbar bei der letzten Art der Gruppierung, und mit gleicher Deutlichkeit tritt die gruppenweise Verschiedenheit der Abschnitte auf der Axe  $b$  heraus. In Fig. 5 Taf. I ist die Zurückführbarkeit der Gestalten aus der Zone der Axe  $b$  der beiden Mineralgruppen veranschaulicht worden. Die innere Figur gibt die Umrandung des seitlichen Pinakoides eines Heulandits wieder, die äussere die eines Gliedes der Desmingruppe. Man erkennt wie die Flächen beider Figuren auf das Axenkreuz eines Minerals der Desmingruppe bezogen werden können.

Es sei hier nun auch noch der Feldspath zum Vergleich herangezogen, dessen Winkelähnlichkeit mit den Gliedern der Desmingruppe auch auf die der Heulanditgruppe übertragen werden kann<sup>1</sup>. Das Axenverhältniss des Adulars lautet:

$$a : b : c = 0,6585 : 1 : 0,5554; \beta = 63^{\circ} 57'$$

und in der Umformung:

$$a : c : b = 1 : 0,8434 : 1,5186; \beta = 63^{\circ} 57'$$

Das Verhältniss  $a : c$  ähnelt recht sehr denen der obigen sechs Mineralien, und der Werth von  $b$  fällt zwischen die Werthe dieser Axe bei der Heulandit- und Desmingruppe.

Nach alleiniger Beurtheilung der geometrischen Verhältnisse ist nicht zu verkennen, dass Heulandit, Brewsterit, Epistilbit ihren äusseren Formverhältnissen nach als eine Gruppe isomorpher Mineralien betrachtet werden könnten, die zur Gruppe der unter sich gleichfalls isomorphen Glieder der Desminmineralien, Harmotom, Phillipsit und Desmin, sowie zur Feldspathgruppe in Beziehung stehen.

<sup>1</sup> Verfasser hat bereits früher (Über die Umänderungen, welche die Zeolithe durch Erwärmen bei und nach dem Trübe werden erfahren. Sitzb. d. K. Preuss. Akad. d. Wissensch. 1890. XLVI. 1163) auf andere Ähnlichkeiten zwischen Heulandit und Anorthit bezüglich der Zone der Axe  $b$  hingewiesen.

Die mittleren Axenverhältnisse, als welche man das Verhältniss der arithmetischen Mittel der Axenlängen bezeichnen kann, der Mineralien der Heulandit- und Desmingruppe sind in der charakteristischen Umformung:

$$\text{Heulanditgruppe } a : c : b = 1 : 0,8611 : 1,7520; \beta = 56^\circ 2'$$

$$\text{Desmingruppe } a : c : b = 1 : 0,8479 : 1,3811; \beta = 53^\circ 52'$$

Auch in diesen mittleren Axenverhältnissen treten in der gewählten Form die Ähnlichkeiten und charakteristischen Verschiedenheiten auf das Deutlichste heraus.

In tabellarischer Übersicht sind in folgendem Verzeichnisse wichtigere Winkel der sieben Mineralien Heulandit, Brewsterit, Epistilbit, Harmotom, Phillipsit, Desmin und Adular verglichen (S. 20).

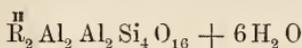
## II.

Im Hinblick auf die Ähnlichkeit der geometrischen Ausgestaltung der Mineralien der Heulanditgruppe unter sich und mit denen der Desmingruppe liegt es nahe, dieselbe als in der stofflichen Natur der Körper begründet anzusehen.

Was nun die chemische Zusammensetzung der genannten Zeolithe anlangt, so ist in dem von FRESSENIUS<sup>1</sup> aufgenommenen und näher erläuterten Gedanken KÖHLER's, die Mineralien Harmotom, Phillipsit und Desmin seien Glieder einer Mischungsreihe, eine Erklärung für die schwankende Zusammensetzung der drei Mineralien gesucht worden. Nach FRESSENIUS bilden die untersuchten Phillipsite und Desmine eine fortlaufende Reihe, welche man durch Mischung der zwei Silicate

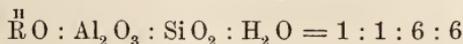


und



erhält.  $\overset{\text{II}}{\text{R}}$  bedeutet Ca,  $\text{Na}_2$  und  $\text{K}_2$ . Das erste Silicat stellt mithin einen Kalkalbit mit  $6 \text{H}_2 \text{O}$  dar. Die Formel des zweiten Silicats wird durch Verdoppelung der Formel des Anorthits ( $\overset{\text{II}}{\text{R}} \text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_8$ ) und Hinzufügen von  $6 \text{H}_2 \text{O}$  erhalten.

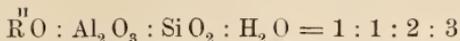
Da in dem ersten Silicat folgendes Verhältniss herrscht:



im zweiten hingegen

<sup>1</sup> W. FRESSENIUS: Über den Phillipsit und seine Beziehungen zum Harmotom und Desmin. (Zeitschr. f. Krystallogr. Bd. III. S. 42. 1879.)

NAWMANN'sches Zeichen	Müller'sches Zeichen	Heulandit	Brewsterit	Epistilbit	Harmotom	Phillipsit	Desmin	Adular
$\infty P\bar{\infty} : -P\bar{\infty}$	100: 101	149° 49' 18"	148° 50' 5"	150° 28' 46"	150° 25' 44"	150° 21' 16"	151° 16' 58"	144° 59' 24"
$\infty P\bar{\infty} : 0P$	100: 001	124 24 0	122 24 0	125 7 0	124 50 0	124 23 0	129 11 0	116 3 0
$\infty P\bar{\infty} : \frac{1}{2}P\bar{\infty}$	100: 102	99 29 40	97 8 11	99 45 5	99 14 13	98 24 46	107 13 29	91 6 43
$\infty P\bar{\infty} : 2P\bar{\infty}$	100: 201	144 10 24	144 31 16	144 53 0	145 10 0	145 37 0	140 19 0	144 14 40
$-P\bar{\infty} : 0P$	101: 001	154 34 42	153 33 55	154 38 14	154 24 16	154 1 44	157 54 2	151 3 36
$-P\bar{\infty} : \frac{1}{2}P\bar{\infty}$	101: 102	129 40 22	128 18 6	129 16 19	128 48 29	128 3 30	135 56 31	126 7 19
$-P\bar{\infty} : 2P\bar{\infty}$	101: 201	113 59 42	113 21 21	115 21 46	115 35 44	115 58 16	111 35 58	109 14 4
$0P : \frac{1}{2}P\bar{\infty}$	001: 102	155 5 40	154 44 11	154 38 5	154 24 13	154 1 46	158 2 29	155 3 43
$0P : 2P\bar{\infty}$	001: 201	91 25 36	93 4 44	90 0 0	90 0 0	90 0 0	90 30 0	99 42 20
$\frac{1}{2}P\bar{\infty} : 2P\bar{\infty}$	102: 201	116 19 56	118 20 33	115 21 55	115 35 47	115 58 14	112 27 31	124 38 37
$\infty P : \infty P\bar{\infty}$	110: 110	129 26 16	129 22 20	129 13 48	120 1 12	119 17 56	118 50 14	118 46 58
$\infty P : \infty P\bar{\infty}$	110: 010	115 16 52	115 18 50	115 23 6	119 59 24	120 21 2	120 34 53	120 36 31
$P\bar{\infty} : \infty P\bar{\infty}$	011: 011	136 4 12	135 43 8	135 10 0	126 23 34	125 11 44	130 20 20	126 57 50
$P\bar{\infty} : \infty P\bar{\infty}$	011: 010	111 57 54	112 8 26	112 25 0	116 48 13	117 24 8	114 49 50	116 31 5
$2P\bar{\infty} : 2P\bar{\infty}$	021: 021	102 13 6	101 43 30	100 57 14	89 24 20	87 55 48	94 26 10	90 7 2
$2P\bar{\infty} : \infty P\bar{\infty}$	021: 010	128 53 27	129 8 15	129 31 23	135 17 50	136 2 6	132 46 55	134 56 29
$-4P\frac{2}{3} : -4P\frac{1}{3}$	431: 431	146 51 6	146 34 30	146 40 18	139 54 58	139 15 26	140 16 38	138 10 22
$-4P\frac{2}{3} : \infty P\bar{\infty}$	431: 010	106 34 27	106 42 45	106 39 51	110 2 31	110 22 17	109 51 41	110 54 49
$2P\frac{2}{3} : 2P\frac{2}{3}$	211: 211	148 4 2	148 44 52	147 39 2	141 15 42	140 56 8	138 16 4	144 2 22
$2P\frac{2}{3} : \infty P\bar{\infty}$	211: 010	105 57 59	105 37 34	106 10 29	109 22 9	109 31 56	110 51 58	107 58 49
$2P\frac{2}{3} : 2P\frac{2}{3}$	231: 231	98 43 8	100 0 4	97 56 38	86 57 10	86 26 4	82 20 14	91 31 56
$2P\frac{2}{3} : \infty P\bar{\infty}$	231: 010	130 38 26	129 59 58	131 1 41	136 31 25	136 46 58	138 49 53	134 14 2
$2P\bar{8} : 2P\bar{8}$	814: 814	171 49 4	172 0 0	171 42 18	169 57 16	169 51 50	169 6 46	170 43 22
$2P\bar{8} : \infty P\bar{\infty}$	814: 010	94 5 28	94 0 0	94 8 51	95 1 22	95 4 5	95 26 37	94 38 19



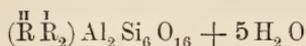
so muss mit zunehmender Beimischung des zweiten Silicats der Gehalt an  $\text{SiO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$  in der Mischung zugleich abnehmen. Da die Thatsachen sich mit diesen Annahmen in Einklang bringen lassen, hat die FRESSENIUS'sche Meinung Anklang gefunden. Nach ihr gehört ferner der Harmotom einer entsprechenden Mischungsreihe an, bei welcher  $\overset{\text{II}}{\text{R}}$  Ba mit Na, K und Ca bedeutet.

Was die chemische Zusammensetzung von Heulandit, Brewsterit und Epistilbit anlangt, so ist eine Einigung der Ansichten auf Grund unzweideutiger Analysen nicht erzielt.

Es ist nicht zu verkennen, dass erst in neuerer Zeit, besonders durch die Analysen von Prof. JANNASCH, reichlich vorhandene, aber früher übersehene Bestandtheile, wie der zuweilen sehr beträchtliche Sr-Gehalt in gewissen Heulanditen, ermittelt wurden, die bei der Beurtheilung der Zusammensetzung wesentlich sind. Besondere Schwierigkeiten liegen aber in der Bestimmung des Wassergehaltes begründet, vor allem in der Abwägung des hygroskopischen und chemisch gebundenen Wassers.

Herrn Prof. JANNASCH verdankt man 5 Analysen vom Heulandit und 4 vom Epistilbit, welche mit besonders sorgfältiger Berücksichtigung des Wassergehaltes angestellt sind. Um die Beurtheilung auch auf den Brewsterit ausdehnen zu können, hat Herr Prof. JANNASCH auf meine Bitte auch dieses Mineral analysirt, so dass nunmehr 10 aus einer Hand stammende Analysen der drei in Rede stehenden Körper zum Vergleiche vorliegen<sup>1</sup>.

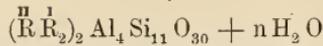
Heulandit. In Lehrbüchern und Tabellen wird, wenn man zunächst von der Zerfällung des Wassergehaltes in Kry stall- und Constitutionswasser absieht, dem Heulandit zumeist die Formel



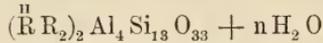
gegeben. RAMMELSBURG lässt es unentschieden, ob diese Formel die allein berechnete ist, oder ob es auch Heulandite

<sup>1</sup> Auf den Vergleich dieser 10 gleichwerthigen Analysen hat sich Verf. unter Verzicht auf eine Verallgemeinerung der Resultate zunächst beschränkt, da bei den übrigen, vorliegenden Analysen die Verschiedenheiten der Methoden der einzelnen Autoren einen Vergleich wohl nicht ohne Weiteres gestatten.

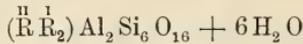
und



gibt.



Prof. JANNASCH stellte auf Grund seiner Analysen am Heulandit vom Berufjord die Formel



auf.

Auf Grund der älteren und neueren Analysen des letztgenannten stellen sich die Verhältnisse wie folgt dar.

Es liegen vom Heulandit 5 Analysen vor, von denen bei vieren völlig einwurffreies Material benutzt ist. Es sind die zwei vom Heulandit vom Berufjord und zwei vom Heulandit von Andreasberg. Die fünfte Analyse bezieht sich auf das Vorkommen aus dem Fassathale. Die Krystalle letzteren Fundortes sind roth gefärbt und besonders durch Eisenverbindungen verunreinigt. — Nach den Untersuchungen von Prof. JANNASCH sind die wirklichen und die auf 100% gebrachten Analysenergebnisse folgende:

## Heulandit.

	Berufjord I		Berufjord II		Andreasberg I		Andreasberg II		Fassathal	
SiO <sub>2</sub>	57,72	57,34	57,71	57,63	56,11	55,50	56,10	55,57	60,07	59,70
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,47	16,36	16,37	16,35	17,07	16,89	17,24	17,08	14,75	14,66
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	—	—	Spur	Spur	Spur	Spur	0,62	0,62
CaO	7,00	6,95	6,92	6,91	4,25	4,20	4,27	4,23	4,89	4,86
SrO	0,49	0,49	0,60	0,60	3,62	3,58	3,65	3,61	1,60	1,59
MgO	—	—	—	—	Spur	Spur	Spur	Spur	—	—
Li <sub>2</sub> O	Spur	Spur	0,10	0,10	Spur	Spur	Spur	Spur	Spur	Spur
K <sub>2</sub> O	0,44	0,44	0,26	0,26	0,36	0,36	0,18	0,18	0,44	0,44
Na <sub>2</sub> O	1,63	1,62	1,36	1,36	3,49	3,45	3,14	3,11	2,36	2,34
H <sub>2</sub> O	16,91	16,80	16,82	16,79	16,19	16,02	16,37	16,22	15,89	15,79
Summe	100,66	100,00	100,14	100,00	101,09	100,00	100,95	100,00	100,62	100,00

Die Analyse I des Heulandits vom Berufjord führt zu dem Verhältniss

$$\begin{aligned}
 (\overset{\text{II}}{\text{R}}\overset{\text{I}}{\text{R}}_2) \text{O} : \text{Al}_2 \text{O}_3 : \text{SiO}_2 : \text{H}_2 \text{O} &= 0,160 : 0,160 : 0,954 : 0,933 \\
 &= 1,006 : 1,006 : 6,00 : 5,868 \\
 \text{abgerundet} &= 1,01 : 1,01 : 6,00 : 5,87
 \end{aligned}$$

Die Analyse II des Heulandits vom Berufjord ergibt

$$\begin{aligned} (\overset{II}{R}\overset{I}{R}_2)O : Al_2O_3 : SiO_2 : H_2O &= 0,157 : 0,160 : 0,959 : 0,933 \\ &= 0,982 : 1,001 : 6,000 : 5,837 \\ \text{abgerundet} &= 0,98 : 1,00 : 6,00 : 5,84 \end{aligned}$$

Beim Heulandit von Andreasberg berechnet sich aus Analyse I

$$\begin{aligned} (\overset{II}{R}\overset{I}{R}_2)O : Al_2O_3 : SiO_2 : H_2O &= 0,169 : 0,165 : 0,923 : 0,890 \\ &= 1,099 : 1,073 : 6,000 : 5,786 \\ \text{abgerundet} &= 1,10 : 1,07 : 6,00 : 5,79 \end{aligned}$$

aus Analyse II

$$\begin{aligned} (\overset{II}{R}\overset{I}{R}_2)O : Al_2O_3 : SiO_2 : H_2O &= 0,162 : 0,167 : 0,925 : 0,901 \\ &= 1,051 : 1,083 : 6,000 : 5,844 \\ \text{abgerundet} &= 1,05 : 1,08 : 6,00 : 5,84 \end{aligned}$$

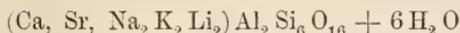
Sämmtliche 4 Verhältnisse nähern sich mithin recht sehr dem von

$$1 : 1 : 6 : 6$$

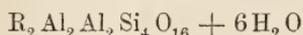
Es ist bei sämmtlichen der Werth für  $SiO_2$  auf 6 gebracht. Verzichtet man hierauf, so können die vier Verhältnisse auch dargestellt werden als

1,000 : 1,000 : 5,962 : 5,831,	abgerundet	1,00 : 1,00 : 5,96 : 5,83
0,991 : 1,010 : 6,050 : 5,886,	„	0,99 : 1,01 : 6,05 : 5,89
1,012 : 0,988 : 5,527 : 5,329,	„	1,01 : 0,99 : 5,53 : 5,33
0,985 : 1,015 : 5,623 : 5,477,	„	0,98 : 1,02 : 5,62 : 5,48

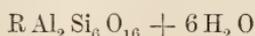
Es ergibt sich mithin als Formel des Heulandits vom Berufjord



Der gleichzeitige Rückgang vom Gehalt an  $SiO_2$  und  $H_2O$ , wie er aus den letzten beiden, auf den Heulandit von St. Andreasberg bezüglichen Verhältnissen hervorgeht, lässt sich theoretisch in gleicher Art erklären, wie die nämlichen Verhältnisse bei der Desmingruppe durch FRESSENIUS erläutert sind, nämlich durch die Beimischung eines Silicates



zu dem hauptsächlich vorhandenen



Der Wassergehalt von  $6 H_2 O$ , wie ihn Prof. JANNASCH in seinen Veröffentlichungen betont hat, wird von anderen, so von BODEWIG, als zu hoch angesehen. Letztgenannter betrachtet

die Wassermenge, welche beim Heulandit über Chlorcalcium fortgeht, als hygroskopisches Wasser, das natürlich dann nicht in die Formel aufgenommen werden könnte. Es würde hierdurch der Wassergehalt des Heulandits auf  $5\text{H}_2\text{O}$  herabgedrückt werden.

Verfasser suchte eine Entscheidung über diese Frage mittelst der Methode der optischen Untersuchung zu gewinnen. Der Heulandit ist, wie bekannt, ein gegen Wasserverlust sehr empfindliches Mineral und zeigt Abgabe von nur geringen Mengen chemisch gebundenen Wassers bereits durch bedeutende Änderungen seiner optischen Eigenschaften an. Es ist von vornherein klar, dass, wenn Heulandit beim Liegen über wasserentziehenden Mitteln Veränderungen in seiner optischen Structur aufweist, das abgegebene Wasser als chemisch gebundenes angesehen werden muss, da natürlich das blosse Verdunsten hygroskopischen Wassers keine Änderung im Kristallgefüge veranlassen kann.

Verfasser liess Heulandit vom Eskifjord einige Stunden lang bei gewöhnlicher Temperatur im Exsiccator über geschmolzenem Chlorcalcium liegen. Es zeigten sich nach dem Herausnehmen der dünnen Spaltblättchen<sup>1</sup> sehr deutliche Veränderungen in den optischen Eigenschaften, so dass nunmehr sicher steht, dass Chlorcalcium dem betreffenden Heulandit chemisch gebundenes Wasser entzieht. Die Veränderungen, welche sich in dem künstlich zum Verwittern gebrachten Blättchen vollziehen, sind die nämlichen, welche sich beim gelinden Erhitzen in ihm zutragen. Sie zeigen sich besonders am Rande der Spaltblättchen. Im parallelen, polarisirten Lichte bemerkt man, wie die Auslöschungsrichtungen sich verändern, und wie zugleich, wenn man mit dem Gypsblättchen vom Roth 1. Ordnung arbeitet, rothe Streifen in's Innere des Blättchens wandern, hinter denen sich gelbe bzw. blaue Zonen in's Innere bewegen. Es ist dies ein Zeichen dafür, dass der Axenwinkel allmählich auf  $0^\circ$  herabgeht, und dass die optischen Axen sich dann in einer auf der früheren Ebene ungefähr senkrechten wieder öffnen, sowie dass ferner zugleich

<sup>1</sup> Man kann sich auch aus einem oben geschlossenen Glasnöpfchen einen kleinen Exsiccator machen und den allmählichen Verlauf der Erscheinung von Zeit zu Zeit unter dem Mikroskope beobachten.

ein Drehen der Ebene der optischen Axen sich vollzieht. Die Umänderungen, welche die Blättchen im Exsiccator über geschmolzenem Chlorcalcium erfuhren, sind mithin sehr beträchtliche<sup>1</sup>.

Die Formel  $RAl_2Si_6O_{16} + 6aq$ , welche man nach dem Obigen nunmehr den in Rede stehenden Heulanditen geben muss, ist aber die nämliche, welche dem Desmin zukommt, einem Mineral, welches, wie vorhin nachgewiesen ist, in seiner geometrischen Ausgestaltung unverkennbar enge Beziehungen zu Heulandit hat. Die Heulandite vom Berufjord und von Andreasberg stellen mithin eine mit dem Desmin empirisch chemisch gleich zusammengesetzte Substanz vor, deren Formentwickelungen die Regeln der Morphotropie erkennen lassen. Dem Heulandit kommt das monokline, dem Desmin nach LANGEMANN das triklone, aber dem monoklinen sehr genäherte System zu, Verhältnisse, die an das vom Orthoklas und Mikroklin und andere erinnern.

Der gleichfalls von Prof. JANNASCH analysirte Heulandit aus dem Fassathale fällt durch seinen abnorm hohen Gehalt an  $SiO_2$  und die Führung von  $Fe_2O_3$  auf. Letzteres ist wohl sicher als Verunreinigung zu betrachten. Ob sich der Überschuss an  $SiO_2$  in gleicher Weise erklärt, ist nicht ohne Weiteres abzusehen. Jedenfalls dürfte der Analyse an dem verunreinigten Materiale nicht der gleiche Werth wie den am Heulandit vom Berufjord und Andreasberg ausgeführten beizumessen sein. Die Ergebnisse der Analyse des Fassathaler Minerals führen zu

$$\begin{aligned} (\overset{H}{R}\overset{I}{R}_2)O : Al_2O_3 : SiO_2 : H_2O &= 0,145 : 0,144 : 1,000 : 0,883 \\ &= 0,870 : 0,864 : 6,000 : 5,298 \\ \text{abgerundet} &= 0,87 : 0,86 : 6,00 : 5,30 \end{aligned}$$

oder auch

<sup>1</sup> Andere starke Trockenmittel, wie Schwefelsäure, wirken ähnlich. Sehr schnell können die obigen Verhältnisse unter drastischen Bedingungen studirt werden, wenn man dünne Spaltblättchen unmittelbar in wasserfreie Schwefelsäure hineinlegt.

Es werden solche Versuche geeignet sein, in manchen Fällen nähere Kenntnisse über Krystall-, Constitutions- und hygroskopisches Wasser zu gewinnen. Verfasser hofft s. Z. über solche Versuche an anderen Mineralien berichten zu können.

$$= 0,985 : 0,978^1 : 6,795^1 : 6,000$$

$$\text{abgerundet} = 0,99 : 0,98 : 6,80 : 6,00$$

Brewsterit. Die genaue, neue Analyse des Brewsterits von Strontian, Schottland, von Herrn Prof. JANNASCH führte zu folgenden Ergebnissen, die in Reihe I in den erhaltenen Verhältnissen sich darstellen, in Reihe II auf 100 %<sub>0</sub> zurückgeführt sind.

	I.	II.
Si O <sub>2</sub> . . . . .	52,66	52,51
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	16,38	16,33
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	Spur	Spur
Ba O . . . . .	5,93	5,91
Sr O . . . . .	9,21	9,19
Ca O . . . . .	0,87	0,87
Mg O . . . . .	Spur	Spur
K <sub>2</sub> O . . . . .	0,36	0,36
Na <sub>2</sub> O : . . . . .	1,00	1,00
Li <sub>2</sub> O . . . . .	Spur	Spur
H <sub>2</sub> O . . . . .	13,88	13,83
Summe	100,29	100,00

Über die Bestimmungen des Wassers theilte mir Herr Prof. JANNASCH Folgendes mit:

### I. Bestimmungsreihe.

1,0378 g sehr feines Pulver verloren über CaCl<sub>2</sub> bis zur Gewichtskonstanz getrocknet

nach 2 Stunden	0,0034 g
„ 24 „	0,0050 „
„ 48 „	0,0056 „
„ 96 „	0,0062 „ = 0,60 % <sub>0</sub>

Desgleichen weiter über P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

nach 24 Stunden	0,0112 g
„ 48 „	0,0128 „ = 1,23 % <sub>0</sub>

1,0354 g gleich feines Pulver verloren bei Temperaturen von 100—110°

nach $\frac{1}{2}$ Stunde	0,0144 g
„ 2 Stunden	0,0156 „
„ 6 „	0,0176 „
„ 10 „	0,0180 „ = 1,74 % <sub>0</sub>

von 170—175°

	nach 2 Stunden	0,0570 g	
	„ 3 „	dasselbe	= 5,51 %
von 200—210°	nach 10 Stunden	0,0702 g	= 6,78 %
von 250—260°		0,0925 „	= 8,93 „
von 340—350°		0,0950 „	= 9,18 „

Das bei 350° getrocknete Mineralpulver nimmt an der feuchten Luft fast alles Wasser wieder auf. In dem gegebenen Falle fehlten nach vierwöchentlichem Stehenlassen unter einer der Luft zugänglichen Glasglocke an dem ursprünglichen Gewicht der obigen Substanz nur noch 0,0110 g H<sub>2</sub>O = etwas über 1%.

Dieses Material verlor von Neuem über CaCl<sub>2</sub>

	nach 16 Stunden	0,0044 g	
	„ 40 „	0,0050 „	= 0,48 %
über P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> nach mehreren Tagen		0,0086 „	= 0,83 „

## II. Bestimmungsreihe.

1,2078 g sehr feines Pulver verloren über CaCl<sub>2</sub>

	nach 4 Stunden	0,0030 g	= 0,25 %
	„ 20 „	0,0042 „	= 0,35 „
weiterhin über concentrirter H <sub>2</sub> S O <sub>4</sub>	nach 8 Stunden	0,0070 g	= 0,58 %
	„ 24 „	0,0092 „	= 0,76 „
	„ 48 „	0,0104 „	= 0,86 „
	„ 144 „	0,0124 „	= 1,03 „
	„ 350 „	0,0134 „	= 1,11 „
	„ 520 „	0,0136 „	= 1,13 „

bei Temperaturen von 100—105°

	nach 2 Stunden	0,0172 g	= 1,42 %
	„ 6 „	0,0180 „	= 1,49 „

von 125—135°

	nach 2 Stunden	0,0306 g	= 2,53 %
--	----------------	----------	----------

von 135—160°

	nach 6 Stunden	0,0454 g	= 3,76 %
	„ 15 „	0,0460 „	= 3,81 „

von 175—180°

	nach 8 Stunden	0,0618 g	= 5,12 %
--	----------------	----------	----------

von 190—195°

	nach 3 Stunden	0,0704 g	= 5,83 %
--	----------------	----------	----------

von 200—205°

nach derselben Zeit hatte keine weitere Abnahme  
mehr stattgefunden

von 225—230°

nach 3 Stunden 0,0922 g = 7,63%

von 240—255°

nach 12 Stunden 0,1028 g = 8,51%

bei ganz schwacher Rothgluth 0,1530 g = 12,67%

bei voller Flamme 0,1660 „ = 13,74 „

über dem Gebläse 0,1676 „ = 13,88 „

Aus den Analysenergebnissen berechnen sich folgende  
Verhältnisszahlen.

$$(RO + R_2O) : Al_2O_3 : SiO_2 : H_2O = 0,163 : 0,160 : 0,874 : 0,768$$

$$= 1,119 : 1,098 : 6,000 : 5,272$$

$$\text{abgerundet} = 1,12 : 1,10 : 6,00 : 5,27$$

oder

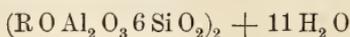
$$= 1,009 : 0,991 : 5,412 : 4,755$$

$$\text{abgerundet} = 1,01 : 0,99 : 5,41 : 4,76$$

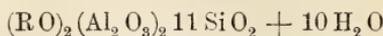
Die Schwierigkeiten in der Beurtheilung der Analysenergebnisse sind, wie leicht erkennbar, trotz der sorgfältigen Ausführung der Analyse auch hier vorhanden. Es ist indess eins nicht zu verkennen, dass nämlich der Wassergehalt des Brewsterits von Strontian niedriger ist als der der Heulandite vom Berufford und von Andreasberg.

In Anbetracht des zweiten Verhältnisses 1,0:1,0:5,4:4,8 könnte der Schluss gezogen werden, dass, wie nach der FRESENIUS'schen Annahme bei der Desmingruppe, auch hier durch Beimischung eines kieselsäure- und wasserärmeren Silicates  $RO Al_2O_3 (SiO_2)_2 + 3H_2O$  der Gehalt an  $SiO_2$  und  $H_2O$  gleichzeitig gesunken ist. Eine genauere Betrachtung lehrt indess, dass die gewonnenen Verhältnisszahlen die Anwendung dieses Gedankens nicht ohne Weiteres gestatten, da die Wassermengen zu gering sind.

Unter den nach den gegebenen Verhältnisszahlen möglichen Formeln einfacherer Art

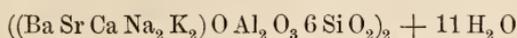


und



verdient, nach der Ansicht des Verfassers, die erste ihrer grösseren Einfachheit wegen zunächst wohl den Vorzug.

Stellt man mithin für den Brewsterit die Formel



oder



auf, so wird derselbe in Bezug auf den Wassergehalt in Gegensatz zum Heulandit vom Beruffjord und Andreasberg



gesetzt. Zugleich ist indess nicht die grosse Ähnlichkeit beider Silicate zu verkennen, die nur durch einen Unterschied von  $\frac{1}{2} \text{H}_2 \text{O}$  getrennt sind. Ob dieser Mangel beim Brewsterit auf einen secundären, nach der Krystallisation eingetretenen Verlust zurückzuführen ist, wie er bekanntermaassen von Prof. C. KLEIN für Zeolithe, z. B. Analcim und Chabasit, angenommen wird, müssen weitere Versuche lehren.

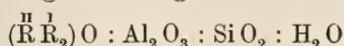
Vorderhand muss es genügen, die geometrische und chemische Ähnlichkeit und Verschiedenheit von Heulandit und Brewsterit festzustellen.

Epistilbit. Von diesem Minerale liegen 4 Analysen von Herrn Prof. JANNASCH vor. Zwei beziehen sich auf den Epistilbit vom Beruffjord, zwei auf den bei Hartlepool aufgefundenen unbekanntem Fundorts.

### Epistilbit.

	Beruffjord I		Beruffjord II		Hartlepool I		Hartlepool II	
Si O <sub>2</sub> . . .	57,57	57,56	57,70	57,62	56,54	55,76	56,76	56,32
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . .	17,49	17,49	17,36	17,33	19,17	18,91	18,20	18,06
Ca O . . .	7,98	7,98	8,18	8,17	8,75	8,63	8,61	8,54
K <sub>2</sub> O . . .	Spur	Spur	0,06	0,06	—	—	—	—
Na <sub>2</sub> O . . .	1,69	1,69	1,44	1,44	1,25	1,23	1,69	1,68
Li <sub>2</sub> O . . .	Spur	Spur	0,05	0,05	—	—	—	—
H <sub>2</sub> O . . .	15,29	15,28	15,35	15,33	15,68	15,47	15,52	15,40
Summe . . .	100,02	100,00	100,14	100,00	101,39	100,00	100,78	100,00

Diese Analysen geben folgende Verhältnisszahlen von



Beruffjord I 0,170 : 0,171 : 0,958 : 0,849 = 1,065 : 1,071 : 6,000 : 5,317  
 abgerundet = 1,07 : 1,07 : 6,00 : 5,32

Beruffjord II 0,171 : 0,170 : 0,959 : 0,852 = 1,070 : 1,064 : 6,00 : 5,331  
 abgerundet = 1,07 : 1,06 : 6,00 : 5,33

Hartlepool I  $0,174 : 0,185 : 0,928 : 0,859 = 1,125 : 1,196 : 6,000 : 5,554$   
 abgerundet =  $1,13 : 1,20 : 6,00 : 5,55$

Hartlepool II  $0,179 : 0,177 : 0,937 : 0,856 = 1,146 : 1,133 : 6,000 : 5,481$   
 abgerundet =  $1,15 : 1,13 : 6,00 : 5,48$

oder

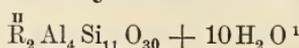
Berufjord I  $0,170 : 0,171 : 0,958 : 0,849 = 0,997 : 1,003 : 5,619 : 4,980$   
 abgerundet =  $1,00 : 1,00 : 5,62 : 4,98$

Berufjord II  $0,171 : 0,170 : 0,959 : 0,852 = 1,003 : 0,997 : 5,625 : 4,997$   
 abgerundet =  $1,00 : 1,00 : 5,63 : 5,00$

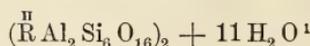
Hartlepool I  $0,174 : 0,185 : 0,928 : 0,859 = 0,969 : 1,031 : 5,170 : 4,786$   
 abgerundet =  $0,97 : 1,03 : 5,17 : 4,79$

Hartlepool II  $0,179 : 0,177 : 0,937 : 0,856 = 1,006 : 0,994 : 5,264 : 4,809$   
 abgerundet =  $1,01 : 0,99 : 5,26 : 4,81$

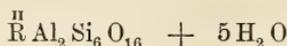
Es liegen mithin beim Epistilbit dieselben Verhältnisse vor wie beim Brewsterit. BODEWIG hat in Anbetracht der zuletzt oben angeführten Quotienten der Formel



den Vorzug gegeben vor den von JANNASCH aufgestellten



und



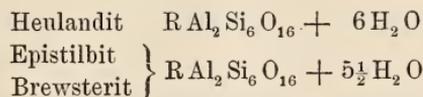
zwischen welchen der Letztgenannte die Entscheidung offen hält.

Dem Verfasser scheint die letzte, einfache Formel  $\overset{\text{H}}{\text{R}} \text{Al}_2 \text{Si}_6 \text{O}_{16} + 5 \text{H}_2 \text{O}$  am wenigsten den thatsächlichen Verhältnissen Rechnung zu tragen. Die Annahme der nach den Verhältnisszahlen mehr berechtigten Formel  $\overset{\text{H}}{\text{R}}_2 \text{Al}_4 \text{Si}_{11} \text{O}_{30} + 10 \text{H}_2 \text{O}$  würde den Epistilbit stark von dem, wie oben nachgewiesen ist, geometrisch sehr nahe verwandten Heulandit ( $\overset{\text{H}}{\text{R}}_2 \text{Al}_2 \text{Si}_6 \text{O}_{16} + 6 \text{H}_2 \text{O}$ ) entfernen, während bei der Annahme der Formel von P. JANNASCH  $\overset{\text{H}}{\text{R}} \text{Al}_2 \text{Si}_6 \text{O}_{16} + 5\frac{1}{2} \text{H}_2 \text{O}$  zur geometrischen Ähnlichkeit auch die der chemischen Constitution kommt. Der Unterschied von  $\frac{1}{2} \text{H}_2 \text{O}$ , bezw.  $1 \text{H}_2 \text{O}$  bei der nöthigen Verdoppelung der Formel, würde nach Ansicht des Verfassers die am wenigsten in's Gewicht fallende Verschiedenheit der beiden nahe verwandten Mineralien Heulandit und Epistilbit sein, zumal auch sonst in der Mineralwelt Fälle

<sup>1</sup> Der Gehalt an Wasser ist hier, wo es sich nur um die Gesamtmenge handelt, zusammengeschrieben.

bekannt sind, bei denen ein Unterschied im Wassergehalt bei geometrischer, grosser Ähnlichkeit zu verzeichnen ist. Es kann hier an die Beziehungen zwischen den wasserfreien Substanzen der Feldspathe und den wasserreichen Gliedern der Desmingruppe erinnert werden.

Für die in Rede stehenden Vorkommnisse des Heulandits, Brewsterits und Epistilbits ist Verfasser hiernach geneigt folgende Formeln anzunehmen:



R bedeutet bei Heulandit Ca, Sr, Na<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>, Li<sub>2</sub>,  
bei Epistilbit Ca, Na<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>, Li<sub>2</sub>,  
bei Brewsterit Sr, Ba, Ca, Na<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>.

Weitere Analysen an optisch geprüftem Materiale, bei denen den Bestimmungen des Wassergehaltes ganz besondere Sorgfalt gewidmet werden muss, sind indess hiernach nöthig, um die aufgestellten Formeln zu bestätigen oder zu berichtigen. Eine endgültige Entscheidung steht noch aus.

### III.

Der Vergleich der physikalischen Eigenschaften der in Rede stehenden Zeolithe fördert manche gemeinsamen Merkmale zu Tage.

Was zunächst die Spaltbarkeitsverhältnisse anlangt, so ist, wie bekannt, allen Gliedern der Heulanditgruppe die ausgezeichnete Blättrigkeit nach der Symmetrieebene  $\infty P\infty$  (010) gemeinsam. Beim Brewsterit konnte W. KLEIN fernerhin eine Spaltbarkeit nach OP (001) (in der Aufstellungsweise des Verfassers) feststellen. Die Glieder der Desmingruppe sind nicht in gleichem Maasse durch vollkommene Spaltbarkeit ausgezeichnet. Indess entspricht der Verlauf der Blätterbrüche ganz dem der Heulanditmineralien, insbesondere des Brewsterits. Unter den übrigen, physikalischen Eigenschaften nehmen die optischen eine hervorragende Stelle ein.

Seit Kenntniss der optischen Verschiedenheiten zwischen eng verwandten Mineralien, wie z. B. den Feldspathen, werden mit Recht Unterschiede in Bezug auf bestimmte, optische Verhältnisse, wie die Lage der Ebene der optischen Axen, nicht als Hinderungsgründe für die Zusammenfassung verschie-

dener Mineralien zu einer natürlichen Gruppe betrachtet. Und somit liegt auch bei den in Rede stehenden Zeolithen keine Ursache vor, ihren natürlichen Verband nach der Feststellung einzelner Verschiedenheiten in optischer Hinsicht zu zerreißen, zumal andere, gleichfalls optische Verhältnisse gestatten, das Band zwischen ihnen noch fester zu knüpfen.

Die Ebene der optischen Axen liegt in der Symmetrieebene  $\infty P \infty (010)$  bei Epistilbit und Desmin, senkrecht zu dieser Ebene bei Heulandit, Brewsterit, Phillipsit und Harmotom. Bemerkenswerth ist die Gleichheit in der Lage der Ebene  $ac$  bei Epistilbit und Desmin, zumal auch die der Auslöschungsrichtungen auf den Flächen des seitlichen Pinakoides sich bei beiden Mineralien der Art der zur Kante nach  $OP (001)$

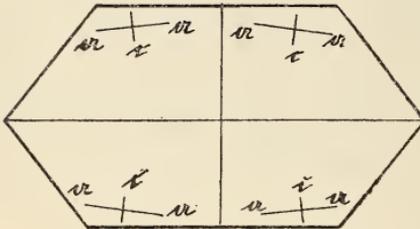


Fig. 1. Desmin.

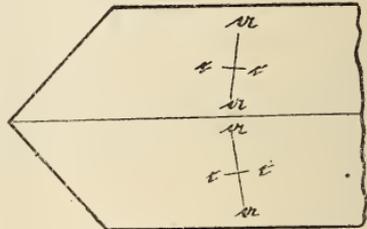


Fig. 2. Epistilbit.

orientirten Lage nähert, dass die Schiefe früher übersehen wurde. Die obenstehenden Figuren sollen diese Verhältnisse veranschaulichen. Der Unterschied liegt bei den beiden Zeolithen, wie leicht erkennbar, darin, dass beim Desmin Axe  $a$ , beim Epistilbit Axe  $c$  sich der Kante nach  $OP (001)$  anlegt und  $a$  des Desmins im spitzen,  $c$  des Epistilbits im stumpfen Winkel  $\beta$  liegt. — Von den in Rede stehenden Zeolithen mit senkrecht zur geometrischen Symmetrieebene gelegener Ebene der optischen Axen fällt bei Heulandit, Brewsterit und Harmotom Axe  $c$ , bei Phillipsit Axe  $a$  mit der geometrischen Axe  $b$  zusammen.

Bezüglich des feineren Aufbaus der Krystalle, wie er sich durch optische Hülfsmittel erkennen lässt, sind die Erscheinungen der Feldertheilung hier von Interesse, wie sie sich nach den Untersuchungen von MALLARD und dem Verfasser bei Heulandit, von DES CLOIZEAUX und W. KLEIN bei Brewsterit offenbaren. Die Feldertheilung auf den  $\infty P \infty (010)$ -platten des Heulandits ist im Allgemeinen dadurch bedingt,

dass jede Krystallfläche einen Sector in's Krystallinnere schickt, dessen Basis die betreffende Fläche ist, und dessen Spitze nach der Mitte des Individuums zeigt. Es lässt sich erkennen, dass beim Brewsterit ganz ähnliche Verhältnisse vorliegen. Es wird dieses Mineral auch hierdurch eng an den Heulandit gebunden.

Die hauptsächlichsten Beobachtungen über die Feldertheilung des Brewsterits rühren von DES CLOIZEAUX und W. KLEIN her.

DES CLOIZEAUX<sup>1</sup> berichtet über diese Verhältnisse: „En effet, si l'on examine, dans un faisceau polarisé de rayons parallèles, des lames clivées suivant  $g^1$ , on voit qu'elles se composent de trois secteurs cunéiformes, dont le plus développé, enchassé entre les deux autres . . . porte intérieurement des stries fines parallèles à  $\frac{p}{g^1}$ . Le contact entre chacun des secteurs a généralement lieu par une surface assez unie, et les angles de leur biseau sont respectivement d'environ  $17^0$  pour le secteur antérieur, de  $30^0$  pour celui du centre et de  $13^0$  pour le secteur postérieur. Il y a un écart d'environ  $19^0$  entre la direction du plan des axes optiques dans le secteur central et dans les deux secteurs extérieurs, de sorte que si ces secteurs sont bien limités par des faces  $h^1$  et  $p$ , comme semble l'indiquer la forme parallélogrammique des lames de clivage, le plan des axes rouges y fait un angle d'environ  $40^0$  avec  $h^1$  et un angle de  $53^0 4'$  avec la base. Des cristaux, indiqués dans la collection de l'Ecole des Mines comme venant de Barèges, possèdent une constitution plus homogène, et les lames qu'on extrait parallèlement à  $g^1$  sont uniformes dans toute leur étendue.“

W. KLEIN<sup>2</sup> fügt dieser Beschreibung hinzu: „Diese Angaben, dass die Spaltungslamellen aus mehreren Theilen bestehen, fand ich bestätigt bei den Brewsteritkrystallen, mit denen ich arbeitete; jedoch bestanden die einzelnen Lamellen nicht immer aus drei Theilen, häufig waren es nur zwei, von denen der eine überwiegt, oder auch traf es sich, dass eine solche aus vier Theilen bestand, die im parallelen Lichte betrachtet abwechselnd gleich gefärbt waren, ähnlich wie bei Desmin.“

<sup>1</sup> Manuel de Minéralogie. I. S. 421.

<sup>2</sup> Zeitschr. f. Krystallogr. Bd. IX. S. 61. 1884.

Verfasser zerlegte zum Zwecke des Studiums dieser Verhältnisse eine Anzahl von Krystallen in Blättchen nach  $\infty P\infty$  (010). Die zu einer fortlaufenden Reihe vereinigten Spaltplatten liessen den Aufbau der Krystalle unschwer erkennen. Im Allgemeinen stellt sich derselbe folgendermaassen dar.

Spaltet man ein sehr dünnes Blättchen parallel  $\infty P\infty$  (010) der Art vom Krystall ab, dass die natürliche  $\infty P\infty$  (010)-fläche als eine Begrenzungsebene erhalten bleibt, so erscheint die Platte im parallelen, polarisirten Lichte fast einheitlich und zwar um so mehr, je dünner das Blättchen gerathen ist. Am Rande lassen sich drei schmale Felder B, C und  $C_1$  (Fig. 7) unterscheiden, die sich durch besondere Lage der Auslöschungsrichtungen auszeichnen, und zwar löschen die Theile C und  $C_1$  unter grösserer (ca.  $38^\circ$ ), der Theil B unter kleinerer Schiefe (ca.  $24^\circ$ ) aus als der mittlere Theil A (ca.  $32^\circ$ ), welchen sie umgeben. Der letztere besitzt in der Nachbarschaft des Theiles B eine wellig auslöschende Stelle, die, wie Fig. 7 zeigt, allmählich in A verläuft, indess scharf gegen B absetzt.

Betrachtet man nunmehr die Spaltblättchen, welche sich der Mitte des Krystalls mehr und mehr nähern, so erscheint auf ihnen B in ungefähr gleicher Entwicklung wie auf dem äusseren Blättchen, die Theile C und  $C_1$  indess zeigen ein deutliches, wenn auch nicht starkes Anwachsen (Fig. 8 u. 10). Zunächst erscheinen Bilder, wie Fig. 8 eins darstellt. Man erkennt B, C und  $C_1$ , auch A ist mit seiner charakteristischen Orientirung der Auslöschungsrichtungen vorhanden. Es hat sich indess eine Verminderung seiner Flächenentwicklung eingestellt durch das Erscheinen eines Theiles D, der Fig. 7 noch fremd ist. Zwischen ihm und A findet sich die wellig auslöschende Zone des peripheren Schriffes wieder. D ist durch die geringste Schiefe der Auslöschung (ca.  $18^\circ$ ) zur Längsrichtung des Blättchens gekennzeichnet. Dieser Theil D wächst nunmehr auf den Blättchen näher der Mitte des Krystalls mehr und mehr auf Kosten von A an, bis er schliesslich letzteren ganz verdrängt (Fig. 10). Hiermit verschwindet dann auch die wellig auslöschende Grenzzone zwischen A und D, die eben durch Überlagerung der Sectoren A und D, die in ihren Auslöschungsrichtungen stark von einander abweichen, zu Stande kam.

Nähert man sich nunmehr, über die Mitte des Krystalls hinausgehend, wieder der zweiten, natürlichen  $\infty P \infty$  (010)-fläche, so stellen sich die beschriebenen Erscheinungen auf der Blättchenreihe natürlich in umgekehrter Reihenfolge ein.

Man erkennt hiernach, dass auch beim Brewsterit, wie beim Heulandit, für die optische Structur die Formausbildung der Krystalle wesentlich ist. Auch hier senden die Flächen Sektoren in's Krystallinnere, deren Basis die natürliche Krystallfläche und deren Spitze der Krystallmitte zugerichtet ist. Theil B kann als eine zonare Bildung aufgefasst werden, ähnlich wie sie sich auch bei Heulandit oft einstellt, im übrigen gehören A zu  $\infty P \infty$  (010). C und  $C_1$  zu der Zone der klinodomatischen Gestalten (in der Aufstellungsweise des Verfassers) und D zu den  $2P \infty$  (201) vicinalen Pyramidenflächen  $2P8$  (814).

Die obige Beschreibung gibt das allgemeine Bild, welches die Spaltblättchen darbieten, wieder. Im Besonderen kann dasselbe sich im Rahmen der allgemeinen Erscheinung mannigfaltiger gestalten, insofern als Zonenstructur und verschiedene Auslöschung innerhalb der einzelnen Felder letztere in ihrer Gesamtausdehnung ungleichmässig erscheinen lassen können.

Es erinnern diese Verhältnisse lebhaft an die des Heulandits, an welches Mineral mithin der Brewsterit auch in optischer Hinsicht eng geknüpft erscheint.

Feldertheilungen in der Art, wie sie soeben beschrieben wurden, werden bei Epistilbit, dem dritten Minerale der Heulanditgruppe, nicht angegeben. Auch dem Verfasser kamen solche nicht zu Gesicht.

Gleicherweise fehlen solche ausgezeichneten Verhältnisse bei den Mineralien der Desmingruppe, indess kommen Andeutungen durch undulöse Auslöschung, wie bekannt, sowohl bei Desmin als auch bei Harmotom und Phillipsit vor.

Der Vergleich der optischen Eigenschaften der in Rede stehenden Mineralien kann auch auf die Veränderungen dieser Verhältnisse ausgedehnt werden, welche sich bei Temperaturerhöhungen vollziehen, denn bei allen sechs liegen Erwärmungsversuche vor. Man kann bei letzterem diejenigen abgliedern, welche über die Temperatur fortgesetzt sind, bei welchen ein Trübwerden der Zeolithsubstanz erfolgt und gesondert von denen betrachten, die keine so hohe Temperatursteigerung benutzten.

Durch die Untersuchungen MALLÄRD'S, W. KLEIN'S und des Verf. ist es beim Heulandit nachgewiesen, dass beim Erwärmen dieses Minerals, fortschreitend mit der wachsenden Wasserabgabe, sich sehr charakteristische Änderungen im Krystallaufbau vollziehen, welche hauptsächlich zunächst darin bestehen, dass die Ebene der optischen Axen, die bei un-erhitzten Platten senkrecht zu  $\infty P\infty$  (010) und auf den verschiedenen Feldern dieser Ebene abweichend liegt, unter Verringerung des Winkels der optischen Axen auf  $0^\circ$  und nachheriger Vergrößerung in einer zur ursprünglichen ungefähr senkrechten Lage, sich dreht und zwar mit verschiedener Geschwindigkeit in den einzelnen Sektoren. Bei ca.  $150^\circ$  ist die Ebene der optischen Axen in  $\infty P\infty$  (010) übergegangen. Die Auslöschungsrichtungen auf letzterer Fläche sind orientirt zur Richtung der Axe à<sup>1</sup>, so dass die Annahme eines rhombischen Systems für die theilweise entwässerte Heulanditsubstanz gerechtfertigt erscheinen kann.

Es ist von Wichtigkeit, sich zu vergegenwärtigen, dass nach den Versuchen der genannten Autoren, der Process, der beim Erhitzen des Heulandits sich abspielt, ein rückläufiger wird, sobald der wasserärmeren Substanz Gelegenheit gegeben wird, Wasser wieder aufzunehmen. Es kehren alsdann die ursprünglich vorhandenen, optischen Verhältnisse wieder zurück.

In theilweisem Gegensatze hierzu stehen nach den Untersuchungen von W. KLEIN die Verhältnisse beim Brewsterit. Der genannte Forscher erwärmte Spaltblättchen des Brewsterits auf dem Wärmtische bis auf etwa  $200^\circ$  und fand dann, dass die vorher in Felder getheilte Platte die Sektorenbildung nicht mehr erkennen liess, vielmehr fast parallel zur Längsrichtung auslöschte. Die Erscheinung war nicht vollkommen einheitlich auf der ganzen Platte insofern als auch in der Auslöschungslage einige hellere Flecke auf der Fläche des Spaltblättchens sich zeigten. W. KLEIN hält die Meinung für gerechtfertigt, dass der Brewsterit von  $200^\circ$  an bei allen höheren Temperaturen sich wie ein rhombischer Krystall verhalte. Nach der Auffassung des Genannten steht nun aber der Brewsterit in einem auffallenden Gegensatze zum Heulandit.

<sup>1</sup> Aufstellung des Verfassers. Bei Krystallen von Andreasberg tritt Orientirung zur Kante  $\infty P\infty$  (010) :  $2P\infty$  (201) ein.

Während nämlich beim letztgenannten Minerale die Veränderungen in den optischen Eigenschaften, die beim Erwärmen sich einstellen, nur dann rückläufig gemacht werden können, wenn dem abgekühlten Minerale Gelegenheit gegeben wird, das verlorene Wasser wieder aufzunehmen, so stellt sich nach W. KLEIN beim Brewsterit der ursprüngliche Zustand auch dann allmählich wieder her, wenn das Mineral an der Wasseraufnahme gehindert wird. W. KLEIN schloss erhitzte Brewsteritplättchen zusammen mit gleichfalls erwärmten und optisch umgeänderten Heulanditspaltblättchen in trockene Röhren ein. Am folgenden Tage erwies sich der Heulandit noch ungeändert, während der Brewsterit in seinen früheren Zustand zurückgegangen war. Erhitzte Brewsteritplättchen zeigten, in einen Tropfen wasserfreien Canadabalsam eingeschlossen, den Rücklauf der Erscheinung im Laufe eines Tages. W. KLEIN schliesst hieraus, dass die Umänderungen, welche eine erwärmte Brewsteritplatte zeigt, nicht durch Wasserverlust hervorgerufen sind, sondern lediglich auf Temperaturveränderungen zurückzuführen sind.

Diese Auffassung, deren Annahme den Brewsterit in einen auffallenden Gegensatz zum Heulandit stellen würde, führt indess, nach der Meinung des Verfassers, zu Schwierigkeiten bei der Erklärung des betreffenden Vorganges.

Würde allein die Erhöhung der Temperatur die Ursache der Veränderung in den optischen Eigenschaften des Brewsterits sein, so stände zu erwarten, dass der Rücklauf der Veränderung sich in ähnlicher Weise vollzieht, wie es bei anderen Mineralien ist, bei denen Temperaturveränderungen der Art drastische Umwälzungen hervorrufen. Bei solchen Substanzen, wie Gyps, Leucit, Boracit ist der Rücklauf der Erscheinung ein unmittelbarer Begleiter der Temperaturerniedrigung, während bei Brewsterit nach der Darstellung von W. KLEIN erst verschiedene Stunden nach vollständiger Abkühlung die allmähliche Rückänderung bemerkenswerthe Fortschritte gemacht hat. Allerdings könnte sehr wohl die Meinung berechtigt erscheinen, dass eben beim Brewsterit die Umlagerung der kleinsten Theilchen mit der plötzlichen Temperaturerniedrigung nicht Schritt halten könne und erst allmählich eine vollkommene Anpassung an die ursprünglichen Temperaturverhältnisse erfolge.

Liesse sich mithin die Auffassung W. KLEIN's in Bezug auf den erwähnten Punkt in Einklang mit den Beobachtungen des Genannten setzen, so erscheinen doch Schwierigkeiten in der Erklärung bei der Betrachtung der chemischen Verhältnisse. Bei der Temperaturerhöhung auf ca. 200° sind dem Brewsterit ohne Zweifel erhebliche Mengen Wasser entzogen worden<sup>1</sup>. Es liegt mithin nicht mehr Brewsterit, sondern eine wasserärmere Verbindung vor, die bei Abschluss vom Wasser auch erhalten bleibt. Es erscheint unwahrscheinlich, dass diese wesentlich vom Brewsterit abweichende Substanz fähig sein soll, beim längeren Liegen genau dieselben abnormen optischen Eigenschaften anzunehmen, wie sie der Brewsterit-substanz zukommen.

Durch diese Betrachtungen wurde ich veranlasst, gleichfalls den Rücklauf der optischen Veränderungen beim Brewsterit zu studiren. Die Beobachtungen führten zu Ergebnissen, die von denen W. KLEIN's zum Theil abweichen.

Es wurden Spaltblättchen, welche die beschriebene Sectorenbildung in typischer Weise zeigten, so weit auf dem Objectträger über der Spirituslampe erhitzt, dass die Platte in der von W. KLEIN beschriebenen Weise ihre Auslöschungsrichtungen veränderte. Dieselben lagen bei den einzelnen Versuchen mehr oder minder genau parallel und senkrecht zur Längsrichtung (Axe à) der Krystalle. Die Doppelbrechung erschien bedeutend verstärkt. Die Ebene der optischen Axen fiel in die Längsrichtung der Spaltblättchen, deren Ebene vor wie auch nach der Erhitzung senkrecht zur positiven Mittelnie lag. Da die Beobachtung dickerer, erhitzter Spaltblättchen lehrte, dass auch auf den Flächen aus der Zone der Axe a zur Längsrichtung orientirte Auslöschung stattfand, so stimmt Verfasser der Meinung W. KLEIN's zu, dass der theilweise entwässerte Brewsterit in dem erwähnten Erhitzungszustand dem rhombischen Systeme angehört.

Nach W. KLEIN geht nun der erhitzte Brewsterit auch bei Wasserabschluss in optischer Hinsicht in seinen früheren Zustand in verhältnissmässig kurzer Zeit (im Zeitraum eines Tages) zurück. Es gelang mir indess, den Brewsterit monate-

---

<sup>1</sup> Nach Prof. JANNASCH 5,83—6,78%.

lang in seinem veränderten Zustande zu erhalten, falls dafür gesorgt wurde, dass die Möglichkeit der Wiederaufnahme von Wasser sehr gering war. Es dürfte wohl mit den grössten Schwierigkeiten verknüpft sein, Wasserdampf von den erhitzten Blättchen vollständig fern zu halten, und bei der geringen Masse der Spaltblättchen genügen winzige Mengen, um den früheren Zustand der Substanz in chemischer Hinsicht wiederherzustellen.

In ausgekochtem Canadabalsam unter Deckglas sorgfältig eingelegte Blättchen erhielten sich indess wochenlang in ihrem rhombischen Zustande. Erst nach Verlauf mehrerer Monate wurden beginnende Umänderungen an den Rändern bemerkt. Auch in Öl kann man die Blättchen längere Zeit vor der Einwirkung des Wasserdampfes schützen. Erst ganz allmählich zeigen sich die rückläufigen Änderungen in den optischen Eigenschaften. Dieselben stellen sich verhältnissmässig schnell beim Liegen der Krystalle an der Luft ein, und am schnellsten verlief der Wiederherstellungsprocess, wenn die erhitzten Platten in Wasser selbst hineingelegt wurden.

Hiernach muss Verfasser, entgegen der Ansicht von W. KLEIN, die Meinung vertreten, dass eine Wiederaufnahme verlorenen Wassers nicht nur von Einfluss auf die Wiederherstellung der ursprünglich vorhandenen, optischen Eigenschaften des Brewsterits ist, diese Eigenschaften vielmehr zum grössten Theile vom Wassergehalte abhängig sind.

Nach W. KLEIN verharrt der Brewsterit bei allen höheren Temperaturen in seiner rhombischen Gleichgewichtslage. Diese Ansicht ist indess nach den Versuchen des Verfassers dahin zu berichtigen, dass bei stärkerer Erhitzung der Brewsterit wiederum eine monokline Gleichgewichtslage annimmt. Natürlicherweise handelt es sich nicht um einen Di- bzw. Trimorphismus der Brewsteritsubstanz, sondern bei stärkerem Erhitzen gibt das Mineral weiterhin Wasser ab, und die somit neu entstehende, wasserärmere Substanz ist es, welcher das monokline System zukommt.

Bei dem fortgesetzten Erhitzen werden die Krystalle nun sehr bald trübe. Indess wird hierdurch der Beobachtung im durchfallenden Lichte nur scheinbar ein Ziel gesetzt. Ein Tröpfchen Öl, auf die unansehnliche Platte gebracht, ver-

schaftt ihr sofort ihre alte Klarheit wieder. Es zeigt sich, dass im Augenblick des Trübwerdens das Krystallgebäude durchaus nicht der Art erschüttert ist, dass es in sich zusammenstürzte. Die Theilchen liegen vielmehr noch immer gesetzmässig bei einander, und eine neue Gleichgewichtslage hat Platz gegriffen. Es sind dies Verhältnisse, wie sie eingehend seiner Zeit vom Verfasser bei einer Reihe von anderen Zeolithen untersucht wurden.

Was den Brewsterit anlangt, so kennzeichnet sich die nunmehrige Ordnung der Theilchen durch eine sehr schwache Doppelbrechung der Platten parallel  $\infty P \infty$  (010). Die Auslöschungsschiefe auf dieser Fläche beträgt bezüglich der Richtung der kleinsten Elasticitätsaxe  $cc$  ca.  $33^{\circ}$ . Fig. 11 gibt die Orientirung an. Zuweilen sind Andeutungen von Feldertheilungen auch jetzt noch zu bemerken.

Dreht man ein Kryställchen um seine Axe  $b$ , so bemerkt man in allen Richtungen senkrecht zu dieser Axe, so weit die schwache Doppelbrechung die Bestimmung zu machen gestattet, orientirte Auslöschung zu den Spaltrissen nach  $\infty P \infty$  (010). Die Richtung der Axe  $b$  fällt zusammen mit Axe  $aa$ . — Die Krystalle ertragen noch weitere Temperaturerhöhungen, ohne ihren gesetzmässigen Aufbau zu verlieren. Selbst ein Glühen auf Platinblech über dem BUNSEN'schen Brenner zerstörte das Krystallgebäude nicht. In regelmässiger Weise ändern sich bei diesen fortgesetzten Hitzeeinwirkungen die optischen Eigenschaften der Substanz. Und zwar wird hierbei die Doppelbrechung allmählich immer schwächer, bis schliesslich auch das Gypsblättchen vom Roth 1. Ordnung keine Spur einer Umänderung des empfindlichen Farbtones bei Betrachtung der Blättchen parallel  $\infty P \infty$  (010) mehr erkennen lässt. Man hat es indess nicht mit isotropen Krystallen zu thun; denn durchblickt man die letzterwähnten Platten nicht senkrecht zur Fläche, sondern in den Richtungen parallel derselben, indem man sie um die Axe  $b$  dreht, so kann man mit dem Gypsblättchen noch deutliche Einwirkung auf das polarisirte Licht feststellen. Es liegt also nur der Fall einer ausserordentlichen Schwächung der Doppelbrechung vor. Im Übrigen lassen sich die Verhältnisse im optischen Sinne als derartige feststellen, wie sie bei den noch deutlicher, wenn

auch schwach doppelbrechenden, oben beschriebenen Platten liegen. Platten, welche das Stadium der schwachen Doppelbrechung erlangt haben, gehen nach den vorliegenden Beobachtungen des Verfassers beim Liegen an der wasserdampfhaltigen Luft nicht wieder in ihren ursprünglichen Zustand zurück.

Treibt man das Erhitzen der Spaltblättchen immer weiter, so tritt schliesslich der endgültige Zerfall des Krystallmoleküls ein. Die dann weisslichen, hart und körnelig anzufühlenden Massen klärten sich in Öl nicht mehr auf.

Überblickt man die Veränderungen, die der Brewsterit beim Erhitzen erfährt, so lassen dieselben sich folgendermaassen zusammenstellen.

1. Unerhitzte Krystalle. Monoklin. Ebene der optischen Axen senkrecht zum seitlichen Pinakoid. Erste, positive Mittellinie in Axe b.

2. Bis ca. 200<sup>0</sup> erhitzte Krystalle. Rhombisch. Ebene der optischen Axen senkrecht zum seitlichen Pinakoid und parallel Axe a. Positive Mittellinie senkrecht zum seitlichen Pinakoid.

3. Bis zur vollzogenen Trübung erhitzte Krystalle. Monoklin. Ebene der optischen Axen senkrecht zum seitlichen Pinakoid, im stumpfen Winkel  $\beta$  gelegen und ca. 33<sup>0</sup> mit Axe a bildend. Negative Mittellinie senkrecht zum seitlichen Pinakoid.

Stark erhitzte Krystalle. Monoklin. Ausserordentlich schwache Doppelbrechung. Sonst wie 3.

Der Vergleich mit den Umänderungen, welche der Heulandit beim Erhitzen erfährt, lässt einen ganz entsprechenden Verlauf bei diesem verwandten Minerale erkennen. In kurzer Zusammenstellung ist derselbe nach früheren Darlegungen des Verfassers beim Heulandit von Andreasberg folgender.

1. Unerhitzte Krystalle. Monoklin. Ebene der optischen Axen senkrecht zum seitlichen Pinakoid. Erste, positive Mittellinie in Axe b.

2. In Öl gekochte Krystalle. Rhombisch. Ebene der optischen Axen parallel dem seitlichen Pinakoid. Negative Mittellinie senkrecht  $2P\infty$  (201).

3. Bis zur vollzogenen Trübung erhitzte Kry-

stalle. Rhombisch. Ebene der optischen Axen senkrecht zum seitlichen Pinakoid. Positive Mittellinie senkrecht —  $P\infty$  (101).

4. Stark erhitzte Krystalle. Rhombisch. Schwache Doppelbrechung Ebene der optischen Axen senkrecht zum seitlichen Pinakoid. Positive Mittellinie senkrecht —  $P\infty$  (101).

5. Auf glühendem Platinblech erhitzte Krystalle. Rhombisch. Ausserordentlich schwache Doppelbrechung. Sonst wie 4. Übergänge von Zustand 4 zu Zustand 5 erhält man durch kürzer oder länger währende Erhitzung.

Die Verschiedenheiten zwischen den beiden selbständigen Mineralien treten in ihrem besonderen Verhalten beim Erhitzen offen zu Tage. Der allgemeine Verlauf der Erscheinung ist aber ein so gleichmässiger, dass Heulandit und Brewsterit als zwar geschiedene, aber eng verwandte Mineralien sich darstellen.

Was nun die Umänderungen in den optischen Verhältnissen anlangt, wie sie sich beim Erwärmen des Epistilbits vollziehen, so gibt C. HINTZE<sup>1</sup> in seinen „Beiträgen zur Kenntniss des Epistilbit“ hierüber an: „Durch Erwärmen wurde eine Verschiebung der Zwillingsgrenzen nicht erreicht. Nur die Auslöschungsrichtungen veränderten sich deutlich, durch Annäherung an die Verticale. Bei einer gewissen Temperatur wird also ein Zwilling nach dem Orthopinakoid in beiden Theilen optisch gleich orientirt sein. Beim Erkalten gehen die Auslöschungsrichtungen wieder in ihre ursprüngliche Lage zurück, vorausgesetzt natürlich, dass die Erwärmung nicht bis zum Undurchsichtigerwerden des Krystalls getrieben war.“

Setzt man die Erwärmung der Blättchen bis zum Trübewerden der Substanz fort, so wird, nach den Versuchen des Verfassers, ein Verschwinden der Zwillingsgrenze und eine Orientirung der Auslöschungsrichtungen zur Längsrichtung der Krystalle erreicht. Verhältnisse, die durch die Vorgänge beim gelinderen Erhitzen, welche HINTZE beschreibt, gewissermaassen angestrebt wurden. Die nebenstehende Figur gibt ein Schema für die optischen Verhältnisse des Epistilbits nach der starken Erhitzung. Im Verein mit den Beobachtungen an Schlifren parallel  $P\infty$  (011) und senkrecht zur Axe a. lässt

<sup>1</sup> Zeitschr. f. Krystallogr. Bd. VIII. S. 605. 1884.

sich aus dem Verhalten der Spaltblättchen nach  $\infty P\infty$  (010) erschliessen, dass der Epistilbit beim Trübewerden eine rhombische Substanz darstellt. Die mit dem vollflächig rhombischen System unvereinbare Zwillingsbildung nach  $OP$  (001)<sup>1</sup> ist verschwunden. Die Ebene der optischen Axen ist  $OP$  (001).  $a = c$ ;  $b = a$ ;  $c = b$ . Rhombische Theilchen erfüllen die rhombische Form, die bereits vor der Erhitzung,\* rein geometrisch genommen, durch Zwillingsbildung erreicht war.

Beim Liegenlassen der erhitzten, trüben Schlicke an der wasserdampfhaltigen Luft tritt die Zwillingsgrenze wieder auf. Die Krystalle gehen in's monokline System zurück.

Diese einfachen Verhältnisse, die sich beim Erhitzen des Epistilbits einstellen, scheinen mir nun besonders geeignet, die Mineralien Epistilbit und Desmin, und damit die Heulanditgruppe und die Desmingruppe, einander näher zu rücken als sie gewöhnlich gestellt werden. Zugleich erfährt die Richtigkeit der vom Verfasser weiter oben angenommenen Parallelstellung der Glieder der beiden Mineralgruppen eine Bestätigung.

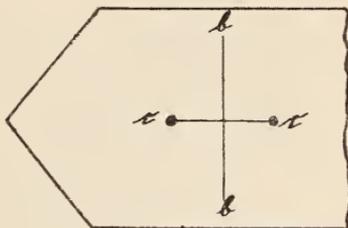


Fig. 3.

Der Desmin zeigt beim Erhitzen, besonders auf hohe Temperaturen, ein Verhalten, das dem des Epistilbits bis in Einzelheiten entspricht.

Was zunächst die gelinde Erwärmung des Desmins anlangt, so geht aus den vorliegenden, besonders von LANGE-MANN<sup>2</sup> angestellten Untersuchungen hervor, dass sich hierbei, wie bei Epistilbit, die Auslöschungen auf dem seitlichen Pinakoid der orientirten Lage zur Kante nach  $OP$  (001) nähern. Sie gehen dann über diese Lage hinaus und kehren in ihr ursprüngliches Verhältniss beim Erkalten unter Wasserzufuhr zurück. Besonders auffallend sind indess die Ähnlichkeiten im optischen Befund, wenn das Erhitzen bis zum Trübewerden der Substanz fortgesetzt wird. Wie bei Epistilbit bemerkt man den rhombischen Charakter der nunmehr vorliegenden Verbindung.

<sup>1</sup> Aufstellung des Verfassers.

<sup>2</sup> L. LANGEMANN: Beiträge zur Kenntniss der Mineralien Harnotom, Phillipsit und Desmin. (Dies. Jahrb. 1886. II S. 83.)

Die Zwillingsgrenzen sind auch hier verschwunden, und selbst die optische Orientirung  $a = c$ ;  $b = a$ ;  $c = b$  stimmt genau überein. Es kann somit die Figur auf S. 43, welche den optischen Befund bei der stark erhitzten Epistilbitsubstanz darstellt, ohne Weiteres auch auf den Desmin angewandt werden.

In Anbetracht dieser analogen Verhältnisse erscheinen der Epistilbit und Desmin als willkommene Zwischenglieder zwischen den sich ferner stehenden Mineralien Heulandit und Brewsterit einerseits, Phillipsit und Harmotom anderseits.

Was den Einfluss der Wärme auf die optischen Eigenschaften dieser letzteren Mineralien anlangt, so berichtet LANGEMANN vom Harmotom wie vom Phillipsit, dass beim Erwärmen die Lage der Auslöschungsrichtungen auf dem seitlichen Pinakoide der Art wandern, dass sie sich der Orientirung zur Kante nach OP (001) nähern. Bei Phillipsit wurde dieselbe erreicht und sogar überschritten. Man erkennt, dass hier ähnliche Verhältnisse walten wie bei Epistilbit und Desmin. Abweichend von den Veränderungen, welche letztere bei starker Erhitzung bis zum Trübwerden erfahren, sind indess die, welche Harmotom und Phillipsit erleiden.

Während Epistilbit sowohl wie Desmin in eine höher symmetrische Substanz übergehen, bleibt nach den Untersuchungen des Verfassers das triklone System von Harmotom und Phillipsit auch hierbei erhalten. Es sind nur Drehungen bezüglich der Ebene der optischen Axen festzustellen und Veränderungen in der Stärke der Doppelbrechung.

Überblickt man die Betrachtungen, welche im Obigen bezüglich der geometrischen, chemischen und physikalischen Eigenschaften der Glieder der Heulandit- und Desmingruppe gemacht sind, so geht aus ihnen hervor, dass die Selbständigkeit der sechs Mineralien Heulandit, Brewsterit, Epistilbit, Desmin, Harmotom und Phillipsit sicher steht, sie hingegen sehr wohl zu einer grösseren, natürlichen Mineralgruppe unter den Zeolithen zusammengefasst werden können und der Art bezüglich ihrer Krystallgestalt parallel zu stellen sind, wie es im Obigen geschehen ist.

Berlin, den 20. Juni 1891.

Mineralogisch-petrographisches Institut der Universität.

Fig. 1.

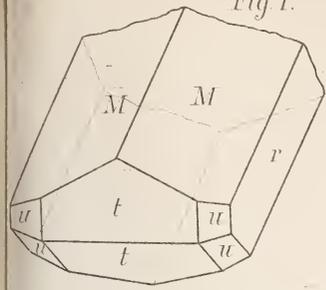


Fig. 2.

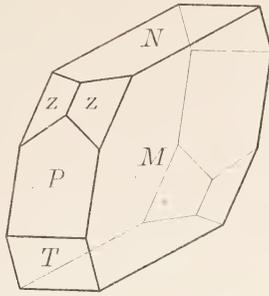


Fig. 3.

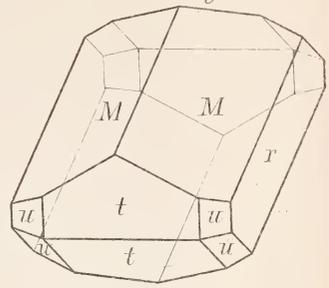


Fig. 4.

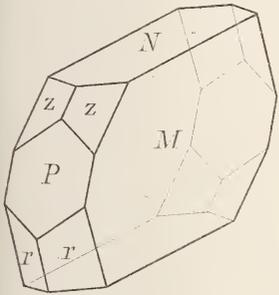


Fig. 5.

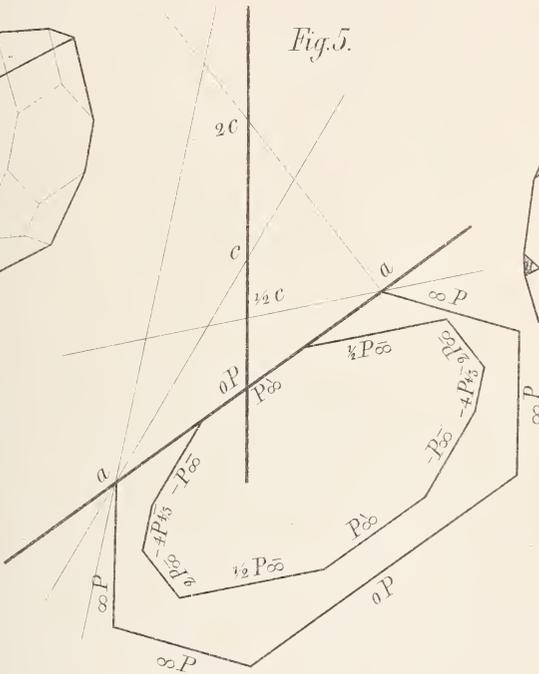


Fig. 6.

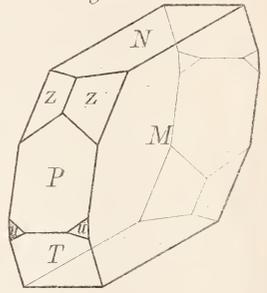


Fig. 7.

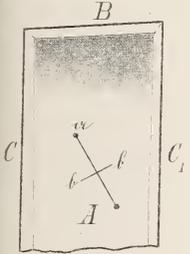


Fig. 10.

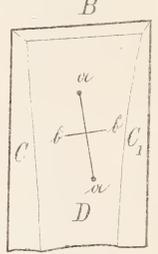


Fig. 9.

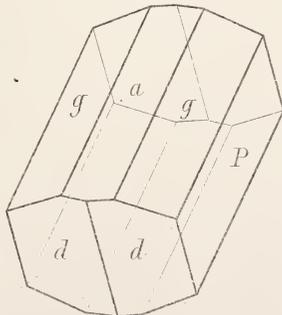
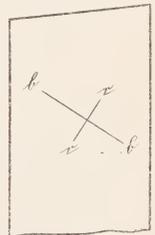


Fig. 8.



Fig. 11.



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1892

Band/Volume: [1892](#)

Autor(en)/Author(s): Rinne Friedrich

Artikel/Article: [Ueber Beziehungen zwischen den Mineralien der Heulandit- und Desmingruppe 12-44](#)