



Ueber Faujasit und Heulandit.

Von

Dr. **Fritz Rinne** in Göttingen.

Mit Taf. II.

1. Faujasit.

Der Faujasit wurde zwar von DAMOUR¹, welcher ihm den Namen gab, als ein tetragonales Mineral beschrieben, indess später von BLUM², DES CLOIZEAUX³, KNOP⁴, STRENG⁵ als dem regulären System zugehörig angesehen. Zumal DES CLOIZEAUX verscheuchte die Zweifel an der regulären Natur des Minerals, als er die Isotropie desselben nachwies. Er sagt (l. c.): „Deux petits octaèdres que j'ai taillés sur un ou sur deux angles ne m'ont pas paru avoir d'action régulière sur la lumière polarisée, soit parallèle, soit convergente.“ Und auch in seinem Manuel de Minéralogie, Paris 1862, p. 407 sagt er von unserem Mineral: „Sans action sur la lumière polarisée.“ KNOP (l. c.) überzeugte sich ebenfalls von der Unwirksamkeit von Spaltstückchen nach O(111) auf das polarisirte Licht.

Durch die Überlassung einer Anzahl von Handstücken des Sasbacher Limburgites, in dessen Hohlräumen sich Faujasitkrystalle in guter Ausbildung befanden, von Seiten meines lieben Freundes HANS DUBBERS kam ich in die Lage, dem

¹ Annales des mines 1842, p. 395.

² Lehrbuch der Oryktognosie 1845, p. 240.

³ Sur l'emploi des propriétés optiques biréfringentes etc. 2e mémoire. 1859, p. 83.

⁴ Annalen der Chemie und Pharmacie Bd. CXI. p. 375, 1859.

⁵ Dies. Jahrb. 1874, p. 576.

Faujasit ein genaueres Studium widmen zu können. Zu gleichem Danke wie dem Genannten bin ich Herrn Prof. C. KLEIN verpflichtet, der mir gütigst Faujasite des erwähnten und des Fundortes Annerod bei Giessen zur Untersuchung überliess.

Die Hauptuntersuchung wurde am Sasbacher Vorkommen vorgenommen. Auf dieses beziehen sich die zunächst folgenden Angaben.

Der Kaiserstuhler Faujasit bildet die bekannten, klar durchsichtigen oder aussen mit einer rothbraunen oder mattbläulichen Haut umkleideten, innen klaren Oktaëder, die indess in den beobachteten Fällen nie von ebenen Flächen begrenzt waren. Sie sind vielmehr mehr oder weniger gewölbt, die Kanten gebogen. Unter dem Mikroskop besehen erscheint ihre Oberfläche, und zwar besonders die der mattblauen, häufig warzig und wie von einem zierlichen Maschenwerk bedeckt. Die aussen rothbraunen tragen meist den Überzug nicht in einer ununterbrochenen Schicht, sondern die rostbraunen Stellen sind auf den Krystallflächen nicht selten in prächtigen, concentrischen Ringen oder wie Holzmasern vertheilt. Parallel mit den grossen Oktaëderflächen, oder auch in ihrer Lage ein wenig von ihnen abweichend, lagern auf letzteren zuweilen Plättchen von Faujasitsubstanz, die an den Kanten des Oktaëders Rinnen erzeugen können. Nicht selten konnten schöne Zwillinge nach Art der Spinelle wahrgenommen werden.

Das reguläre System, welches man den Faujasiten zuschreibt, verlangt Isotropie der Substanz. Und in der That erscheinen leicht herzustellende Spaltstückchen nach einer Fläche von $O(111)$ oder periphere Schlitze nach derselben Fläche im Polarisationsmikroskop bei gekreuzten Nicols gleichmässig dunkel bei voller Tischdrehung. Auch das Gypsblättchen vom Roth I. Ordn. verräth keine Doppelbrechung der Platten. Um so überraschender war es deshalb dem Verfasser, das Gleiche nicht bei Würfelschliffen zu finden. Dieselben zeigten vielmehr eine Theilung in vier Felder, die zuweilen nur angedeutet war, auf anderen Platten sehr kräftig erschienen, stets aber constatirt werden konnte¹. Die scharfen, inneren Theillinien der Felder laufen nach den Ecken der Platte.

¹ Es empfiehlt sich die Platten nicht allzu dünn zu wählen, da die Erscheinung bei dickeren Schliffen am kräftigsten hervortritt.

wie es Fig. 1 zeigt. Es ist bei derselben und den folgenden zu bemerken, dass sie Platten bei Betrachtung mit einem Gypsblättchen vom Roth I. Ordn. darstellen, dessen kleinere Elasticitätsaxe mit den von vorn nach hinten und von links nach rechts verlaufenden Nicolhauptschnitten 45° bildend, durch die Quadranten vorn links und hinten rechts zieht. Die getüpfelten Felder stellen blaue, die weissgelassenen gelbe, die gestrichelten Sektoren solche vom Roth I. Ordn. dar.

In Fällen, wo die Ecken des Würfelschliffes eingekerbt erscheinen, wie Fig. 1 es darstellt, zieht in jede der beiden nebeneinanderliegenden Ecken eine Theillinie. Jedes Feld der Platte löscht zu seiner äusseren Begrenzung parallel und senkrecht aus.

Verfasser stellte sich nunmehr auch mehrere Schriffe von der Lage einer Rhombendodekaëderfläche dar. Auch auf ihnen gelangte die Erscheinung der Anisotropie zur Wahrnehmung (Fig. 2). Die sechsseitige Platte zeigt eine Sechsfeldertheilung, der Art, dass von jedem Begrenzungselement ein Sector ins Platteninnere sich erstreckt, welches letztere selbst meist nur wenig oder keine Wirkung auf's polarisirte Licht äussert. Die Farbenvertheilung ist aus Fig. 2 zu ersehen. Am kräftigsten gefärbt erweisen sich die Felder oben, sowie unten links und rechts, deren äussere Begrenzung von den vier Oktaëderflächen herrührt, welche im Schliff senkrecht getroffen sind. Die beiden übrigen Felder, deren Begrenzung nach aussen diejenigen beiden Oktaëderflächen bewerkstelligen, deren Kante vom Schliff gerade abgestumpft wird, erscheinen in minder leuchtenden Farben, also weniger stark doppelbrechend. In der in der Figur gezeichneten Stellung bieten sie das Roth I. Ordn. dar. Dreht man die Platte um 45° im Sinne des Pfeils, so ändern sie ihren Farbenton in Gelb, im entgegengesetzten Sinne des Pfeils in Blau. Jedes der sechs Felder löscht parallel und senkrecht zu seiner äusseren Begrenzung aus.

Periphere Oktaëderschliffe erweisen sich, wie erwähnt, isotrop. Dringt man indess mit der Schliifffläche tiefer in's Innere des Krystalls ein, so dass die Schliiffbegrenzung nicht mehr dreieckig bleibt, sondern sich sechseckig gestaltet, so stellen sich Differenzen ein (Fig. 3). Von jedem Begrenzungs-

element des Blättchens erstreckt sich ein Sector, der parallel und senkrecht zu seiner Aussenlinie auslöscht, in das Innere der Platte, die demnach Sechsfeldertheilung zeigt. Die einzelnen Sektoren setzen sich nicht mit so scharfen Linien von einander ab, wie die auf Würfelschliffen.

Es ergab sich somit, dass die Schliffe einen Aufbau der Faujasitkrystalle aus acht Einzeltheilen aufdeckten, von denen jeder von einer Oktaëderfläche ausgehend ins Krystallinnere sich erstreckt. Jeder Theil verhält sich wie ein einaxiger Krystall, und zwar fällt der äusseren Oktaëderfläche die Rolle der Basis zu, auf welcher die trigonale Axe des Oktaëders als optische Axe senkrecht steht. Die Doppelbrechung ist positiv.

Die Faujasitschliffe wurden nunmehr der langsam wachsenden Erwärmung im Erhitzungsapparat unter gleichzeitiger Beobachtung im Polarisationsmikroskop ausgesetzt.

Auf dünnen Würfelschliffen, welche deutliche Theilung wahrnehmen liessen, zeigten sich schon bei der Erwärmung auf ca. 100° Veränderungen: die gelben und blauen Farbentöne nahmen allmählich ab und bei ca. 150° erschien der vorher in vier Felder getheilte Schliff einheitlich im Roth I. Ordn. und behielt diese Farbe auch bei der Plattendrehung.

Dieser Zustand währte indess nicht lange. Beim weiteren Erhitzen tauchten die Farben ebenso allmählich wie sie verschwunden waren wieder auf. Aber nunmehr erschienen die vorher gelben Felder in blauem Farbentone und umgekehrt. Diese Färbung behielten die Sektoren auch bei noch stärkerem Erwärmen bei. Nur traten die Farben allmählich immer kräftiger hervor. Die Auslöschung jedes Feldes erfolgte auch jetzt wie vor der Erwärmung parallel und senkrecht zu der äusseren Begrenzung. Gerade so wie die Würfelschliffe verhielten sich die Schliffe nach einer Rhombendodekaëderfläche, während die peripher geführten Oktaëderschliffe stets ihre Isotropie bewahrten. Leicht angedeutete blaue und gelbe Farben, welche letztere beim starken Erwärmen über 150° an den Rändern zeigen, rühren nicht von dem Sector her, der von der Fläche der Platte aus in den Krystall sich erstreckt, sondern von den dieselbe schräg am Rande durchsetzenden Sektoren der anliegenden Oktaëderflächen,

welche bei der angegebenen Temperatur ihre Umschlagsfarben erscheinen lassen.

Das geschilderte, eigenthümliche Verhalten der Faujasit-schliffe beim Erwärmen bekundet, dass die positive Doppelbrechung, welche die Platten vor der Erhitzung zeigten, durch den Einfluss der letzteren in negative Doppelbrechung bei Beibehaltung der Einaxigkeit übergeht. Der kritische Punkt, bei dem die Wellenfläche des ausserordentlichen Strahles mit der des ordentlichen zusammenfällt, lag bei ca. 150° . Jedoch muss bemerkt werden, dass in Bezug auf diese Umschlagstemperatur durchaus keine sehr grosse Übereinstimmung bei dünnen und dickeren Platten vorhanden ist, ein Umstand, der aus dem Spättern sich genügend erklärt.

Lässt man die durch die Erhitzung in ihren Farbentönen umgeschlagenen Platten langsam an der Luft erkalten, so tritt allmählich die rückläufige Erscheinung ein, schliesst man sie jedoch nach dem Erhitzen in dünnen Canadabalsam ein, und verhindert sie somit aus der Luft das während des Erhitzens ausgetriebene Wasser wieder aufzunehmen, so bleiben die Umschlagsfarben erhalten und gehen erst wieder in die früheren Farbentöne über, wenn die Platte der Luft, oder noch bedeutend schneller wenn sie dem Wasser ausgesetzt wird. Ein einfacher und deutlicher Beweis, dass der jedesmalige Wassergehalt den jeweiligen optischen Zustand der Platte regelt.

Die mitgetheilte Beobachtung, dass die angefertigten, nicht der erhöhten Temperatur des Erhitzungsapparates ausgesetzten, verschiedenen Würfel- und auch Rhombendodekaëderschliffe die Feldertheilung zwar stets aber doch in verschiedenen Graden der Deutlichkeit zeigten, liess der Vermuthung Raum, dass die Feldertheilung vielleicht überhaupt erst bei der Anfertigung der Schliffe zu Stande komme. Denn da bei derselben eine Erwärmung zum Zwecke der Befestigung der kleinen Krystalle in Kitt kaum zu vermeiden ist und vielleicht schon durch die Operation des Schleifens etwas von den ca. 28% des, wie untenstehende Versuche zeigen, gegen Wasser entziehende Mittel äusserst empfindlichen Faujasit abgegeben wird, war es nicht unberechtigt, anzunehmen, dass diese vielleicht vor sich gegangene Wasserentziehung die optischen Differenzen her-

vorrufe. Es wurden zur Ergründung dieses Verhältnisses nunmehr Schiffe nach dem Würfel mit grosser Vorsicht angefertigt. In der That zeigten sie die Feldertheilung nur angedeutet oder gar in einer nur dem sehr scharf hinblickenden Auge bemerkbaren Weise. Andere Schiffe, welche Verfasser mit gleicher Vorsicht angefertigt zu haben meint, zeigen jedoch die Theilung nicht schwächer als solche, bei deren Herstellung er minder vorsichtig zu Werke ging. Indess ist hierbei zu bedenken, dass sehr wohl der empfindliche Faujasit bereits in der Natur Wasser verloren haben kann.

Setzt man im Erhitzungsapparat, in den die Gasflamme des BUNSEN'schen Brenners hineinschlägt, durch den also Wasserdampf als ein Oxydationsproduct des verbrennenden Gases zieht, z. B. einen Faujasitwürfelschliff der steigenden Temperatur aus, so wirken zwei Kräfte antagonistisch auf ihn: die steigende Temperatur, welche ihm Wasser entzieht und der reichliche Wasserdampf, welcher ihm Ersatz für das verlorene Wasser bietet. Dass diese beiden Umstände einander in der That entgegenwirken, kann man sehr gut sehen, wenn man z. B. nach Erreichung der Umschlagsfarben den Brenner fortzieht. Wenn dann auch die Temperatur ein wenig fällt, treten dennoch sofort und immer merklicher die Umschlagsfarben leuchtender heraus, weil eben nur noch die trockene Hitze wirkt, kein Wasserdampf mehr zugeführt wird.

Erhitzt man einen Schliff über der Spiritusflamme auf einem Objectträger, so fällt die Wasserzufuhr in dem reichen Maasse wie sie im erwähnten Erhitzungsapparat stattfindet, fort. Bei dieser Art der Erhitzung konnte constatirt werden, wie ein mit Vorsicht unter möglichster Vermeidung der Erhitzung angefertigter Würfelschliff, der so gut wie keine Farbendifferenzen aufwies, deutliche Viertheilung erlangte, gerade so wie sie die mit minder vorsichtiger Vermeidung der Erhitzung hergestellten Schiffe zeigen¹. Es ist dies eine

¹ Im Allgemeinen ist die Erhitzung auf offenem Objectträger über der Flamme nicht zu empfehlen, da der gläserne Objectträger selbst leicht in Folge ungleicher Erwärmung seiner Theile, stark doppelbrechend wird und dies die Beobachtung stört und anderseits ein Übertragen des Schliffes auf einen minder warmen Objectträger ihn in Folge der raschen Abkühlung leicht zerspringen lässt.

Erscheinung, welche der, welche der Analcim beim Erwärmen zeigt, ganz analog ist. A. BEN SAUDE¹ hat das Verdienst, bei letzterm Mineral auf sie aufmerksam gemacht zu haben. Er berichtet, dass Analcimplatten mit schwacher Doppelbrechung, nachdem sie der Wärme ausgesetzt waren, eine Steigerung der Doppelbrechung erfahren hatten, ja dass optisch inactive Felder in stark doppelbrechende durch Temperaturerhöhung sich verwandelt hatten. Auch C. E. M. ROHRBACH² hat später dieselben Erfahrungen gemacht.

Ausser dem Vorkommen von Sasbach stand mir durch die Güte des Herrn Prof. C. KLEIN noch das Vorkommen des Faujasit in den Hohlräumen des Plagioklasbasaltes von Annerod bei Giessen zur Verfügung. Es sind mattbläuliche, innen klare oder auch ganz durchsichtige Krystalle von meist geringer Grösse. Indess erreicht ein schöner Zwillings nach dem Typus der Spinelle einen längsten Durchmesser von 3 mm. Sie zeigen dieselben optischen Eigenschaften wie die Krystalle vom Kaiserstuhl.

Die optischen Eigenthümlichkeiten der Faujasitkrystalle legen die Frage nahe, ob erstere mit dem Wasserverlust nicht nur in dem obigen, sondern auch in einem bestimmten, zahlengemässen Zusammenhang stehen. Zwar liegen bereits Versuche DAMOUR's³ über den Wasserverlust der Faujasite

Eine sehr hübsche Erscheinung bot sich dar als ein noch etwas zu warmer Objectträger auf den kühlen Objecttisch gelegt wurde. Bei der gerade angewandten Betrachtung mit einem Gypsblättchen vom Roth I. Ordn. sah man an einer Stelle des Objectträgers in Folge localer Abkühlung und eintretender Spannung im Glase ein blaugelbes Kreuz entstehen. Der blaue Kreuzesarm lag in der Richtung der kleineren Elasticitätsaxe des Gypsblättchens. An Stelle des Kreuzes erschien aber sofort ein Sprung im Glase, welcher die Spannung auslöste, die Kreuzerscheinung an der betreffenden Stelle zum Verschwinden brachte. Das Kreuz rückte indess nur ein wenig weiter, der Riss im Glase folgte ihm unmittelbar nach, brachte es an der betreffenden Stelle abermals zum Verschwinden und Weiterücken. Auf diese Weise marschirte das farbige Kreuz, stets an der Spitze des Sprunges bleibend, in gekrümmter Bahn mit beträchtlicher Geschwindigkeit über ungefähr $\frac{3}{4}$ der Länge des Objectträgers, um schliesslich bei zunehmender Abkühlung des Glases Halt zu machen.

¹ Dies. Jahrb. 1882, Bd. I, p. 67.

² Mineral. und petrogr. Mittheilungen. Herausg. von G. TSCHERMAK. 1885. p. 32.

³ Annales de chimie et de physique 1858, p. 445.

bei verschiedenen Temperaturen vor, indess eine noch vollständigere Reihe von Beobachtungen hatte Herr Prof. PAUL JANNASCH die Güte an vom Verfasser sorgfältig ausgelesenem Material von Kaiserstuhler Faujasitkrystallen anzustellen. Seine interessanten Resultate sind die folgenden.

0,1747 g feines Pulver verloren	
über geschmolzenem Calciumchlorid	
nach 24 Stunden	0,0032 g = 1,83 ‰
„ 48 „	0,0030 g = 1,72 „
über Schwefelsäure	
nach 54 Stunden	0,0082 g = 4,69 ‰
„ 78 „	0,0118 g = 6,75 „
„ 100 „	0,0114 g = 6,52 „
„ 106 „	0,0102 g = 5,84 „
über Phosphorsäureanhydrid	
nach 118 Stunden	0,0130 g = 7,44 ‰
„ 142 „	0,0158 g = 9,04 „
„ 166 „	0,0178 g = 10,19 „
„ 190 „	0,0190 g = 10,88 „

Von hier ab blieb das Gewicht constant.

Das Pulver wurde nunmehr der erhöhten Temperatur ausgesetzt. Die Gewichts-differenz betrug nach mehrstündigem Erhitzen auf 105—110° C.: 0,0190 g = 10,88 ‰, d. h. eine derartige Erhitzung der Faujasitsubstanz vermag der letzteren nicht mehr Wasser zu entziehen als durch Phosphorsäureanhydrid nach 150 Stunden entzogen ist. Die Gewichts-differenz betrug bei 150° C.: 0,0294 g = 16,83 ‰.

Das bei 150° C. getrocknete Pulver wurde an der Luft bis zur Gewichtconstanz stehen gelassen.

Gewicht des bedeckten Platintiegels mit Substanz	
nach 12 Stunden	20,4714 g
„ 22 „	20,4718 g.

Von hier ab blieb das Gewicht constant.

Das ursprüngliche Gewicht des bedeckten Platintiegels mit Substanz war 20,4732 g. Es ergab sich mithin, dass bis auf 0,0014 g = 0,80 ‰ das bei 150° C. ausgetriebene Wasser aus der Luft wieder aufgenommen wird.

Abnahme bei 160°	0,0326 g = 18,66 ‰
„ „ 200—205°	0,0374 g = 21,41 „
„ „ 250—260°	0,0396 g = 22,67 „
Glühverlust über einem Gasbrenner	0,0472 g = 27,02 „
„ vor dem Gebläse	0,0482 g = 27,59 „

Dem Verfasser lag besonders daran den Wasserverlust bei 150° C. zu erfahren, bei der Temperatur, bei welcher der Übergang von positiver zu negativer Doppelbrechung in den Faujasitplatten erfolgt. Dieser Verlust beträgt nach dem Obigen 16,83 %. Legt man die im Lehrbuch von NAUMANN-ZIRKEL angegebene Formel für den Faujasit zu Grunde, so findet man, dass der Verlust genau dem Fortgang von 12 Molecülen Wasser entspricht.

Überblickt Verfasser die Erfahrungen, die er am Faujasit machen konnte, so glaubt er sich zu folgender Ansicht über dies interessante Mineral berechtigt.

Der Faujasitsubstanz kommt das reguläre System als das der ursprünglichen Anlage zu, dem der Habitus der Krystalle entspricht. Bereits geringe Wasserverluste des wasserreichen Minerals bewirken durch Änderung des Moleculargefüges den Übergang in ein optisch einaxiges System. Das Faujasitoktaëder zerfällt dabei in acht Einzelindividuen mit positiver Doppelbrechung, von denen jedes, von einer Fläche des Oktaëders ausgehend, in den Mittelpunkt des Krystalls sich erstreckt. Die optische Axe eines jeden Individuums steht senkrecht auf der Oktaëderfläche, von der es ausgeht. Grösserer Wasserverlust verringert die Stärke der Doppelbrechung der einaxigen Individuen. Bei ca. 150° C. ist $\omega - \varepsilon = 0$. In diesem Zustand sind gerade 12 Molecüle Wasser fortgegangen. Wird dem Mineral noch mehr Wasser entzogen, so wird die Doppelbrechung der immer noch einaxigen Individuen mit dem Wasserverlust stärker werdend negativ, und bleibt derartig bei weiterer Wasserentziehung. Die Krystalle sind im Stande, fast alles verlorene Wasser wieder aufzunehmen und damit in den Zustand der optischen Einaxigkeit mit positiver Doppelbrechung zurückzukehren.

2. Heulandit.

Nach den Angaben der meisten Lehrbücher über Mineralogie krystallisirt der Heulandit im monoklinen System. In der That ist der Habitus der Krystalle den Anforderungen des letzteren entsprechend. Diese monokline Erscheinungsweise tritt besonders gut bei der Aufstellung heraus, welche

der Heulandit z. B. im Lehrbuch von NAUMANN-ZIRKEL¹ erfahren hat. Die gewöhnliche Combination der Krystalle ist bei derselben $M = \infty P \infty (010)$; $N = \infty P \infty (100)$; $T = 0P (001)$; $P = P \infty (\bar{1}01)$; $z = 2P (\bar{2}21)$, zu denen sich noch $r = 2P \infty (021)$; $s = 3P \infty (031)$ und $u = \frac{2}{3}P (\bar{2}23)$ gesellen können. Das Axenverhältniss ist bei dieser Aufstellung:

$$\begin{aligned} a : b : c &= 0,40347 : 1 : 0,47883. \\ \beta &= 63^\circ 40'. \end{aligned}$$

Macht man indess die zuweilen in bedeutender Grösse entwickelte Pyramide $z = 2P (\bar{2}21)$ zum Prisma $\infty P (110)$, so fällt eine grosse Annäherung der Flächenanlage der Heulanditkrystalle an eine rhombische Formausbildung sofort in's Auge. Und wohl deshalb ist z. B. in den Lehrbüchern von QUENSTEDT², BROOKE und MILLER³ dieser Aufstellung vor der anderen der Vorzug gegeben. Die Krystalle können dann in ihrer gewöhnlichen Ausbildung als Combination $M = \infty P \infty (010)$; $N = -P \infty (101)$; $T = 0P (001)$; $P = P \infty (\bar{1}01)$; $z = \infty P (110)$ aufgefasst werden. Das Axenverhältniss gestaltet sich hierbei folgendermassen.

$$\begin{aligned} a : b : c &= 0,40347 : 1 : 0,85856. \\ \beta &= 88^\circ 34' 33''. \end{aligned}$$

Die Annäherung an das rhombische System tritt ein Mal in dem fast 90° betragenden Winkel β hervor und ferner in der Ähnlichkeit der Neigung von $N = -P \infty (101) : T = 0P (001) = 116^\circ 20'$ und $T = 0P (001) : P = P \infty (\bar{1}01) = 114^\circ 0'$. Stellen sich weitere Klinodomen, wie bei den Krystallen vom Fassathal, ein, so wird die fast rhombische Flächenanlage nicht gestört. Nur die Pyramide $u = \frac{2}{3}P (\bar{2}23)$ bei der ersten, $= \frac{1}{2}P (\bar{1}12)$ bei der zweiten Aufstellung, die indess zu den weniger häufigen Heulanditflächen gehört, passt nicht zu dieser Annäherung an rhombische Symmetrie, da die ihr entsprechende, negative Pyramide nicht gefunden wird. Im Folgenden ist die Aufstellung, wie sie im Lehrbuch von NAUMANN-ZIRKEL gewählt ist, beibehalten.

Es hat auch nicht an Versuchen gefehlt, den Heulandit

¹ Elemente der Mineralogie 1885, p. 714.

² Handbuch der Mineralogie 1877, p. 406.

³ Elementary Introduction to Mineralogy 1852, p. 438.

dem triklinen System einzureihen. BREITHAUPT¹ vertheidigt die triklone Natur der Heulandite. Er nimmt das jetzige Klinopinakoid M zum „hemidomatischen Diploprisma $+P\infty$ “, die jetzigen Flächen aus der Zone der Orthodiagonale zu solchen aus der Zone der Verticalaxe. Auf den Randflächen der Heulandit tafeln beobachtete er einspringende Winkel und hielt deshalb die Krystalle für Zwillinge und Viellinge. Sein Zwillingsgesetz lautet: „Die Drehungsaxe parallel mit Hemidoma und Brachydiagonale. Drehungswinkel = 180^0 .“

Ähnliche ein- und ausspringende Winkel nahmen auch D'ACHIARDI² und G. v. RATH³ an einigen elbanischen, sowie HESSENBERG⁴ an isländischen Heulanditen wahr. Letztere bezeichneten deshalb die Krystalle der erwähnten Fundorte für triklin, zumal G. v. RATH an einem kleinen, vortrefflich ausgebildeten, isländischen Heulandit durch genaue Messungen die triklone Natur bestätigen konnte. Er fand (NAUMANN-ZIRKEL, Elemente der Mineral. 1885, p. 715) $P : M = 90^0 39'$. Andererseits erklärte HESSENBERG (l. c.) die Krystalle vom Giebelbach bei Viesch und die rothen aus dem Fassathal entschieden für monoklin.

In Bezug auf den optischen Befund ist bislang nichts beobachtet worden, was gegen die monokline Natur der Heulandite spricht. Die wichtigsten Untersuchungen über die optischen Verhältnisse derselben sind von DES CLOIZEAUX, MALLARD und WILHELM KLEIN vorgenommen worden.

DES CLOIZEAUX berichtet in seinem Handbuch⁵, dass die Ebene der optischen Axen senkrecht auf $M = \infty P \infty$ (010) und zwar gewöhnlich beinahe parallel, einige Male beinahe senkrecht zur Basis steht, die spitze, positive Mittellinie, um welche starke, gekreuzte Dispersion herrscht, mit der horizontalen Diagonale auf der Basis zusammenfällt. Beim Erwärmen auf ungefähr 100^0 verkleinert sich der Axenwinkel um die erste Mittellinie, um dann beim weiteren Erwärmen in einer zur vorigen Axenebene senkrechten sich zu ver-

¹ Handbuch der Mineralogie Bd. III, 1847, p. 449.

² Mineralogia della Toscana 1873, p. 114.

³ und ⁴ Dies. Jahrb. 1874, p. 517.

⁵ Manuel de Minéralogie, t. I, 1862, p. 425.

grössern. In seinen *Nouvelles Recherches*¹ etc. referirt er über von ihm angestellte Versuche, die eine allerdings undeutliche, leichte Drehung der optischen Axenebene für die rothen Strahlen beim Erwärmen der Spaltblättchen von 15° bis ungefähr 80° ergaben. Die Beobachtungen geschahen im convergenten, polarisirten Lichte.

MALLARD² constatirt in seiner Abhandlung „De l'action de la chaleur sur la Heulandite“, dass Spaltblättchen dieses Minerals bei der Beobachtung im Mikroskop niemals einheitlich sind, vielmehr gewöhnlich in vier Felder zerfallen. Diese Differenzirung der Platten in optisch verschiedene Theile ist wohl zuerst von Herrn Professor C. KLEIN und Herrn Dr. TENNE beobachtet, wenn auch nicht veröffentlicht worden. MALLARD betont, dass die erste Mittellinie stets senkrecht zur Spaltfläche steht, dass indess die Orientirung der Axenebene und der Winkel der optischen Axen von einer Platte zur anderen, ja von Stelle zu Stelle in einer und derselben Platte wechselt. Die Axenebene entfernt sich nach ihm aber wenig von der zur Basis parallelen Lage, und der Winkel der optischen Axen in Luft überschreitet nie 50°.

Er beobachtete, wie Heulanditspaltblättchen beim Erwärmen auf ca. 150° allmählich ihre Polarisationsfarben verändern, indem vom Rande und etwaigen Rissen aus immer andere Farben gegen das Platteninnere wandern. Lässt man erhitzte Plättchen an der wasserdampfhaltigen Luft liegen, so kehren sie ganz allmählich in ihren früheren Zustand zurück, während in Canadabalsam eingelegte, denen mithin eine Wasseraufnahme aus der Luft unmöglich gemacht ist, ihre Farben behalten. Er folgert aus diesem einfachen und schönen Versuche, dass es nicht die Temperatur sondern der Wasserverlust ist, welcher die optischen Veränderungen im Heulandit bewirkt. Wird eine Platte bis auf 180° erhitzt, so wird sie trübe und gewinnt beim Liegen an der Luft ihren früheren optischen Zustand nicht wieder. Beim Erwärmen ändert sich die Lage der optischen Axen in bekannter Weise. Bei einem gewissen Grade der Temperaturerhöhung bleibt die Normale

¹ *Nouvelles recherches sur les propriétés optiques des cristaux etc.* 1867. p. 136.

² *Bulletin de la société minéralogique de France* 1882, p. 255.

der Spaltplatte nicht mehr Mittellinie sondern wird zur mittleren Elasticitätsaxe der Krystalle, das heisst die optischen Axen liegen dann im Klinopinakoid.

Da der Heulandit bei der Erwärmung von 0° bis 180° drei seiner fünf Molecüle Wasser verliert, schliesst MALLARD: „Tout se passe, en un mot, comme si le cristal de Heulandite à 2 atomes d'eau était une sorte d'éponge susceptible de s'imbiber d'une quantité d'eau, variable avec la température et l'état hygrométrique ambiant et donc le maximum, dans les conditions atmosphériques ordinaires, correspondrait à peu près à 3 atomes. L'introduction de cette eau entre les pores du cristal paraît être un fait simplement physique, que ne régissent points les affinités chimiques et du même ordre que celui qui interpose dans les pores des cristaux les diverses matières colorantes auxquelles la plupart des minéraux doivent leur couleur.“

WILHELM KLEIN¹ constatirte gleichfalls, dass der Wassergehalt eine wesentliche Bedingung für das Verhalten des Heulandit in optischer Beziehung ist, dass es in gewissem Sinne von der Menge des Wassers, welche der Krystall enthält, abhängig ist, welche Grösse der optische Axenwinkel und welche Lage die Ebene der optischen Axen habe. Aus einem Versuche, bei dem das durch Erhitzen ausgetretene und das nachher wiederaufgenommene Wasser gewogen wurden, und bei dem die Wasseraufnahme weit geringer war als die Abgabe und dennoch der rücklaufende Process im optischen Sinne eingetreten war, schloss WILHELM KLEIN, dass die optischen Modificationen nicht allein von der Menge des austretenden Wassers abhängig sind, sondern z. Th. auch von der Temperatur, in welcher der Körper sich gerade befindet.

Eine Drehung der Ebene der optischen Axen, wie sie Beaumontit und Brewsterit zeigen, konnte WILHELM KLEIN beim Heulandit nicht wahrnehmen. Eine Theilung der Heulanditplatten in vier Felder, wie sie MALLARD angiebt, kam ihm gleichfalls nicht zu Gesicht.

Dem Verfasser lag zunächst daran, die optische Structur

¹ Zeitschr. f. Krystallogr. u. Mineral. IX. S. 38. 1884.

der Heulanditkrystalle, besonders die merkwürdige Feldertheilung auf den Spaltblättchen zu studiren und das Mineral auf das etwaige Vorhandensein eines triklinen Systems zu prüfen. Es stand ihm zu dem Zwecke ein reiches Krystallmaterial durch die Güte des Herrn Professor KLEIN, dem auch an dieser Stelle hierfür und für seine Unterstützung durch Rath und That bestens gedankt sei, zu Gebote. Zahlreiche Spaltstücke der Vorkommnisse von Island, Viesch, Andreasberg, Fassathal wurden untersucht. Möge die Betrachtung einer Reihe von Spaltblättchen, die aus einem Andreasberger Krystall gefertigt wurden, hier folgen.

Das äusserste, dünne Blättchen, welches die natürliche $\infty P\infty$ (010)-fläche besitzt, erweist sich einheitlich, zeigt keine Feldertheilung und löscht in seiner ganzen Erstreckung gleichzeitig aus. Eine Auslöschungsrichtung, es ist die, welche die Lage der Ebene der optischen Axen bezeichnet, liegt im stumpfen Winkel der Axen a und c und macht mit der a -Axe einen Winkel von ca. 34° für Tageslicht. Es ist mithin die gebräuchliche Angabe, dass die Ebene der optischen Axen ungefähr parallel zur Basis gehe nicht allgemein richtig. Hier möge gleich hinzugefügt werden, dass diese Angabe bei Krystallen anderer Fundorte eher zutrifft. So wurde der entsprechende Winkel bei Krystallen von Viesch zu ca. 6° , von Berufjord zu ca. 8° , vom Fassathal hingegen wiederum zu ca. 32° gemessen.

Ganz anders als das erste erscheint bereits das zweite, dem Krystallinneren näher liegende Spaltblättchen. Zwar löscht noch immer der grösste und zwar der innere Theil der Platte einheitlich und in der oben erwähnten Lage des Plättchens aus, am Rande indess zeigen sich Feldertheilungen (Taf. II Fig. 4). Dieselben richteten sich vollständig nach der äusseren Begrenzung der Platte, die durch $\infty P\infty$ (100); OP (001); $P\infty$ (101); $2P$ (221) zu Stande kommt. Von jeder Begrenzungslinie als Basis erstreckt sich ein Feld in's Innere des Spaltblättchens. Die Aussenfelder stossen z. Th. mit scharfen, z. Th. mit verwaschenen Rändern aneinander. Letztere finden sich nur bei den Sektoren, welche sich an die Pyramidenflächen anschliessen. Das grosse Innenfeld setzt sich von den äusseren Sektoren nicht durch scharfe Grenzen ab. Die ver-

schiedene Auslöschung der einzelnen Felder lässt diese Zertheilung auf's Beste erkennen und auch bei der Betrachtung mit dem Gypsblättchen vom Roth I. Ordnung tritt die Differenzirung auf's Prächstigste hervor. Die Verschiedenheit der Lage der optischen Axenebene ist in den Feldern z. Th. recht beträchtlich, z. B. machte in der soeben beschriebenen Platte diese Ebene in dem Felde, welches an $OP(001)$ sich anschloss, einen Winkel von ca. 25° mit der Klinodiagonale, während sie in dem $\infty P \infty(100)$ zugehörigen Sector mit der \hat{a} -Axe einen Winkel von ca. 50° einschloss. In allen Feldern der qu. Platte liegt die Ebene der optischen Axen jedoch im stumpfen Winkel der Axen \hat{a} und \hat{c} . Ähnliche Erscheinungen bieten nun auch die Spaltblättchen des Andreasberger Krystalls dar, welche sich mehr und mehr der Krystallmitte nähern (Taf. II, Fig. 5 u. 6). Stets schliessen sich die Aussenfelder an die Begrenzungselemente der Platte an. Ihre Grösse wechselt mithin auch mit diesen. Das Innenfeld, welches auf dem äussersten Blättchen allein zu sehen war, wird in den aufeinanderfolgenden Blättchen immer kleiner und ist auf dem Schnitt, der die Krystallmitte trifft, schliesslich gänzlich verschwunden (Taf. II, Fig. 6). Entsprechend sind die Aussenfelder gewachsen. Betrachtet man nunmehr die Spaltstückchen, welche der andern $\infty P \infty(010)$ -fläche allmählich näher rücken, so gewahrt man den umgekehrten Verlauf der Erscheinung. Die Aussenfelder nehmen an Grösse ab, das Innenfeld wird grösser, bis es auf dem äussersten Blättchen wiederum die ganze Fläche erfüllt.

Dies ist in den Grundzügen das Bild der Erscheinung. Verschiedene Eigenthümlichkeiten compliciren dieselbe. Ein Mal bemerkt man, dass die Aussenfelder selten vollkommen einheitlich auslöschen. Entweder läuft die Auslöschung bei der Tischdrehung wie eine Welle über den Sector, oder es erscheinen innerhalb der Einzelfelder scharf umschriebene, lappen- oder bandförmige Partien, die von ihrer Umgebung um 5 — 10° und mehr in ihrer Auslöschungsrichtung abweichen. Es erinnert diese prächtige Erscheinung zuweilen an die Zonenstructur der gesteinsbildenden Augite oder Feldspathe. Besonders das an $oP(001)$ sich anschliessende Aussenfeld erscheint zuweilen in zwei Hälften getheilt, die durch unregel-

mässig verlaufende und verwaschene Grenzen von einander getrennt sind. Die beiden Hälften löschen symmetrisch entgegengesetzt zur Kante $OP(001) : \infty P\infty(010)$ aus, so dass sie wie in Zwillingsstellung nach $OP(001)$ zu einander erscheinen. In Taf. II, Fig. 7 ist ein solcher Fall bei einem Berufjorder Krystall dargestellt. Auch das Innenfeld erscheint sehr häufig optisch differenzirt. Zuweilen sieht es im polarisirten Lichte wie gefleckt aus. In anderen Fällen durchziehen es scharfe Grenzlinien, welche Felder mit wenn auch nur wenig von einander abweichender Auslöschung sondern. Taf. II, Fig. 8 stellt einen derartigen, einfachen Fall auf dem äussersten Spaltblättchen eines Andreasberger Krystalls dar. Die Grenzlinien verlaufen parallel zur Kante $\infty P\infty(010) : \infty P\infty(100)$ und $\infty P\infty(010)$ zu einem zwischen $OP(001)$ und $P\infty(\bar{1}01)$ gelegenen Orthodoma $1/mP\infty(\bar{h}0l)$. Das Ganze macht den Eindruck eines Durchkreuzungszwillings nach $\infty P\infty(100)$. Doch ist die Auslöschungsrichtung in den, wie es schien, in Zwillingsstellung befindlichen Partien zwar entgegengesetzt, indess nicht symmetrisch entgegengesetzt zur Kante $\infty P\infty(010) : \infty P\infty(100)$. Sie betrug auf einer Platte in den Feldern unten links, oben rechts: ca. 0° , in den beiden anderen: ca. 5° , gelegen im spitzen Winkel der Axen a und c . Es erinnert dies Verhalten an Skolecit, bei dem verschiedene Auslöschungsschiefen zur Zwillingsgrenze der nach $\infty P\infty(100)$ verzwilligten Partien auf Platten parallel $\infty P\infty(010)$ vorkommen. Eine weitere Eigenthümlichkeit der Spaltblättchen besteht darin, dass Sectoren, die sich an gross entwickelte Begrenzungselemente anschliessen, solche an kleinen stark zurückdrängen können, ja dass letztere zuweilen nur in Spuren oder auch unmerklich entwickelt sind. — Ganz in der Nähe der Risse in den Krystallplatten herrscht meist eine etwas andere Auslöschungsrichtung als in der unmittelbaren Umgebung.

Ganz ähnlich wie die Andreasberger Krystalle verhalten sich nun die Krystalle der erwähnten anderen Vorkommnisse. Sehr prächtig erscheinen die Krystalle von Viesch. Sie sind ganz besonders in ihren Aussenfeldern durch lappen- und bandförmige Structur ausgezeichnet. Die rothen Krystalle aus dem Fassathal erscheinen am einheitlichsten, zeigen die

Feldertheilung nicht so scharf ausgeprägt wie die anderer Fundpunkte ohne sie jedoch vermissen zu lassen.

Das Gesetz der Feldertheilung, das bei den Krystallen von Viesch wohl am leichtesten zu erkennen ist, ist nach den obigen Beobachtungen nachstehendes. Die Heulanditkrystalle sind aus optisch verschiedenen orientirten Theilen aufgebaut, und zwar schickt jede Krystallfläche in's Innere des Krystalls einen Sector, dessen Spitze im Centrum des Individuums ruht. Die Sektoren zeigen verschiedene Lagen der Auslöschungsrichtungen auf der allen gemeinsamen Spaltfläche und sind auch in sich nicht einheitlich aufgebaut.

Von besonderem Interesse musste es sein, Platten senkrecht zur Spaltfläche zu studiren, zum Zwecke, das etwaige triklone System der Heulandite durch Auslöschungsschiefen zu constatiren. Die vorzügliche Spaltbarkeit erschwert die Anfertigung von Schliffen in dieser Richtung ausserordentlich. Es gelang indess gute Plättchen nach $\infty P \infty$ (100), OP (001), $P \infty$ ($\bar{1}01$) von Krystallen von jedem der Vorkommen von Berufjord, Andreasberg, Viesch herzustellen. Sie zeigen sämtlich Orientirung der Hauptschwingungsrichtungen des Lichtes zu den sehr scharfen Spaltrissen nach $\infty P \infty$ (010). Es ist mithin an dem monoklinen Charakter der untersuchten Krystalle der erwähnten Fundpunkte nicht zu zweifeln. Da häufig die Krystalle nicht parallel mit einander verwachsen sind, löschen die einzelnen Theile eines Schliffes zuweilen nicht gleichzeitig aus. Jede Partie erweist sich indess als orientirt zu den Spaltrissen ihrer nächsten Umgebung auslöschend, und man erkennt an dem convergenten Verlauf der Spaltrisse leicht, dass man es mit nicht parallelen Verwachsungen zu thun hat. Zuweilen bieten die betreffenden Schriffe undulöse Auslöschung dar¹.

¹ Es sei an dieser Stelle bemerkt, dass auch die Ätzfiguren keinen triklinen Aufbau der Heulanditkrystalle verrathen. Verfasser stellte dieselben an Krystallen von Island, Viesch und Andreasberg durch einige Minuten langes Eintauchen derselben in verdünnte Flusssäure her. Auf der Spaltfläche erscheinen die Figuren meist sehr dicht gedrängt, so dass sie sich gegenseitig in der regelrechten Ausbildung ihrer Umgrenzung hemmen. Einzelne liegende Figuren sind ellipsenförmig umrandet, nicht selten mit einem aus dem Ellipsenrande herausragenden Vorsprung versehen (Taf. II Fig. 9). Zur Unterscheidung monokliner und trikliner Kry-

In Bezug auf die Beobachtungen von Heulandit-spaltblättchen im convergenten, polarisirten Lichte kann zunächst auf die erwähnten Arbeiten DES CLOIZEAUX's, MALLARD's und WILHELM KLEIN's hingewiesen werden, die den senkrechten Stand der ersten Mittellinie auf der Spaltfläche betonen und die Verschiedenheit des optischen Axenwinkels in verschiedenen Platten und an verschiedenen Stellen derselben Platte nachgewiesen haben. Auch ich habe mich von diesen Eigenthümlichkeiten und davon überzeugt, dass der Axenwinkel um die erste Mittellinie beim Erwärmen sich verkleinert, bei $80-100^{\circ}$ C. ungefähr 0° gross ist, und dass bei weiterem Erhitzen die optischen Axen wieder in einer zur vorigen senkrechten Ebene auseinander gehen und schliesslich aus dem Gesichtsfelde verschwinden. Stets nahmen die Platten beim Liegen an der Luft nach ungefähr 24 Stunden ihren früheren optischen Zustand wieder ein. Wurden sie von der wasserdampfhaltigen Luft durch Einschluss in trockene Gläschen, Canadabalsam oder Öl abgeschlossen, so konnte die optische Erscheinung conservirt werden. Interessant ist es zu sehen, dass die alleinige Temperaturerhöhung die optische Erscheinung der Spaltblättchen nicht oder unmerklich verändert. Erhitzt man ein Spaltblättchen und treibt dadurch Wasser aus, giebt aber zu gleicher Zeit dem Blättchen Gelegenheit, das ausgetriebene Wasser im selben Moment wieder aufzunehmen, so bleiben die optischen Verhältnisse der Platte unverändert. Es geschieht dies durch Kochen der letzteren in Wasser. Obwohl die Temperatur des Wassers und somit auch des Blättchens beliebig lange auf 100° gehalten werden kann, bleibt die Erscheinung des Heulanditblättchens dieselbe, da eben das durch Temperaturerhöhung ausgeschiedene Wasser sofort aus dem umgebenden Medium wieder aufgenommen wird. Kocht man ein Spaltblättchen in Öl, in welchem es

stalle sind theoretisch die Ätzfiguren auf Flächen aus der Zone der Axe b sehr wohl geeignet. Doch wäre gerade beim Heulandit, bei dem ich unter diesen Flächen nie eine vollendet ebene beobachten konnte, auf eine Unsymmetrie der Ätzfiguren auf denselben kein grosses Gewicht zu legen. Indess erweisen sich die Ätzfiguren als links wie rechts gebildet, wie es die Taf. II Figg. 10—12 zeigen, welche Ätzfiguren auf $OP(001)$, $\infty P\infty(100)$, $P\infty(\bar{1}01)$ darstellen.

auf sehr hohe Temperatur gebracht werden kann, so verändern sich die optischen Verhältnisse gerade so wie an der Luft.

WILHELM KLEIN betont, dass im Gegensatz zum Brewsterit der Heulandit beim Erwärmen keine Drehung der Ebene der optischen Axen wahrnehmen lasse. DES CLOIZEAUX beobachtete eine leichte Drehung dieser Ebene für die rothen Strahlen, erwähnt indess, dass die Erscheinung keine präzise gewesen sei. Beide stellten ihre diesbezüglichen Beobachtungen im convergenten, polarisirten Lichte an, in welchem sich solche Verschiebungen, besonders wenn sie gering sind, allerdings schwierig nachweisen lassen. Einfacher ist die Beobachtung im parallelen, polarisirten Lichte. Da eine Auslöschungsrichtung mit dem Einschnitt der optischen Axenebene in das Spaltblättchen zusammenfällt, beweist ein Wandern der Auslöschungsrichtungen auch eine Drehung der Ebene der optischen Axen. Beobachtet man nun ein Heulanditspaltblättchen beständig bei steigender Temperatur im Polarisationsmikroskop, welches mit einem Erwärmungsapparat versehen ist, so bemerkt man auf diese Weise, dass eine sogar sehr starke Drehung der optischen Axenebene sich vollzieht. Sämmtliche untersuchte Spaltblättchen der Krystalle der verschiedenen Fundpunkte zeigen auf das deutlichste dies Verhalten. Stellt man im Erhitzungsapparat ein Feld in Auslöschungsstellung, so bemerkt man schon bei der gelinden Erwärmung auf 50° oder 70° wie dieser Sector vollständig hell erscheint.

Nun ist es sehr eigenthümlich zu sehen, dass die Ebene der optischen Axen in den verschiedenen Sektoren sich sehr verschieden schnell dreht. Es ist dies schon bei niedrigen Temperaturen durch Messung der Auslöschungsschiefen in den einzelnen Feldern vor und während der Erwärmung leicht zu constatiren. Am prägnantesten ist es aber fest zu stellen, wenn man bis auf ca. 150° erwärmt. Bei dieser Temperatur fallen nämlich sämmtliche Auslöschungen der verschiedenen Felder, die vorher so sehr differirten, zusammen, ein deutlicher Beweis dafür, dass die Drehung der optischen Axenebene eine recht verschiedene an den einzelnen Stellen der Platte gewesen ist. Ein weiterer Umstand erhöht das Interesse an dieser merkwürdigen Erscheinung. Erhitzt man

nämlich die Platte über die soeben erwähnte Temperatur hinaus allmählich fort, so findet kein weiteres Wandern der Auslöschungsrichtungen statt. Die Auslöschung bleibt für die ganze Platte einheitlich, die Differenzirung in Felder mit verschiedener Auslöschungsschiefe hat aufgehört und tritt beim weiteren Erhitzen der Platte bis zum Trübwerden, das natürlich den Beobachtungen im durchfallenden Licht ein Ende macht, nicht wieder auf.

Mit diesem Zusammenfallen der Auslöschungsrichtungen ist noch ein Weiteres erreicht: die Orientirung dieser Richtungen parallel und senkrecht zu einer vorhandenen Kante. Es muss hier auf die anfangs erwähnte, eigenthümliche Annäherung an das rhombische System bezüglich des geometrischen Aufbaus der Heulanditkrystalle zurückgegriffen werden. Die klinodiagonale Kante von $2P$ ($\bar{2}21$) neigt fast senkrecht zur Richtung der \hat{a} -Axe. Man könnte mithin, um der Annäherung an das rhombische System auch bei der monoklinen Aufstellung Ausdruck zu geben, zweierlei, wenig von einander abweichende Stellungen der Krystalle mit gleichem Rechte wählen, nämlich entweder der klinodiagonalen Kante von $2P$ ($\bar{2}21$) die Richtung der \hat{c} -Axe geben, bei welcher Position OP (001) nicht genau horizontal verläuft, oder letztere Fläche zum vorderen Pinakoid nehmen, wobei dann die klinodiagonale Kante von $2P$ ($\bar{2}21$) etwas von der Richtung der Brachydomenkanten im rhombischen System abweichen würde.

Nun war es dem Verfasser sehr überraschend zu sehen, dass die oben erwähnte Orientirung der Auslöschungsrichtungen sämmtlicher Felder der Platten gerade zu einer von diesen beiden Richtungen, welche zur \hat{c} -Axe genommen werden können, eintritt, und zwar sind beide Fälle, die Orientirung zur klinodiagonalen Kante von $2P$ ($\bar{2}21$) und zur Kante OP (001): $\infty P \infty$ (010) an den Heulanditkrystallen wahrzunehmen. Es verhalten sich die Krystalle verschiedener Fundorte nämlich verschieden, die derselben Fundstelle überein. Bei den Krystallen von Island und von Viesch tritt die Orientirung der Auslöschungsrichtungen zur klinodiagonalen Kante von $2P$ ($\bar{2}21$) ein, bei denen von St. Andreasberg, die sich, wie anfangs erwähnt wurde, auch sonst im optischen Sinne von den soeben erwähnten unterscheiden, zur Kante OP (001)

: $\infty P \infty$ (010). Die rothen Krystalle aus dem Fassathal zeigen das Zusammenfallen der Auslöschungsrichtungen wie die der übrigen Fundorte. Die Spaltblättchen lassen indess zu wenig scharfe, gerade Kanten erkennen, als dass ich es wagen könnte, zu entscheiden, zu welcher der beiden in Frage kommenden, fast rechtwinklig sich schneidenden Kanten die Orientirung eintritt.

Dieser merkwürdige Gegensatz, in welchem die Andreasberger Krystalle zu denen von Island und Viesch stehen, liess mich vermuthen, dass sie sich wohl auch chemisch von ihnen unterscheiden möchten. In der That fand Herr Prof. JANNASCH, dem ich das abweichende, optische Verhalten der Andreasberger Heulandite mittheilte, dass dieselben ganz erheblich von den Berufjorder Krystallen in ihrer chemischen Zusammensetzung abweichen. Während letztere ungefähr 7% CaO und nur ungefähr 0,5% SrO enthalten, ergab der Andreasberger Heulandit in zwei Analysen nur 4,25% CaO und 3,62% SrO resp. 4,27% CaO und 3,65% SrO. In Bezug auf das Nähere verweise ich auf die Abhandlung von Prof. JANNASCH selbst: „Die Zusammensetzung des Heulandits von Andreasberg“, die sich auf Seite 39 dieses Heftes befindet.

Von hohem Interesse war es zu erfahren, ob die Erscheinung der Orientirung der Auslöschungsrichtungen auf $\infty P \infty$ (010) mit einem bestimmten Verlust von Wasser verbunden war, welches einer vollen Anzahl von Molecülen entspricht oder nicht. Die erwähnte optische Erscheinung findet bei ca. 150° statt. Nun verliert der Heulandit bei dieser Temperatur nach Prof. JANNASCH¹ 5,97% Wasser. In der That entspricht diese Menge recht genau dem Fortgang von zwei Molecülen Wasser, die 5,74% Verlust erfordern. Diese That- sache befestigt die Meinung, zu welcher man auf Grund des erwähnten optischen Verhaltens der Heulanditkrystalle kommt, die Ansicht, dass der Heulandit bei einem Wasserverlust von zwei Molecülen, der durch eine Erhitzung auf 150° bewirkt werden kann, aus dem monoklinen in's rhombische System übergeht und in diesem auch bei weiterem Wasserver-

¹ Dies. Jahrbuch 1882. II. 276. Der obigen Berechnung ist die von Prof. JANNASCH angegebene Heulanditformel $H_2 Ca (Al)_2 Si_6 O_{17} + 5 H_2 O$ zu Grunde gelegt.

lust durch Erhitzen bis zum Trübwerden seiner Substanz verhart. Setzt man die ins rhombische System übergegangenen Krystalle der Einwirkung des Wasserdampfes der Luft aus, so stellt sich unter Wasseraufnahme der monokline Zustand allmählich wieder her, während vor dem Einfluss des Wasserdampfes durch Einschliessen in wasserfreie Mittel bewahrte Platten beliebig lange im rhombischen Gleichgewicht erhalten werden können.

Es ist durch die Untersuchungen WILHELM KLEIN'S dargethan, dass der stark Strontium haltige Brewsterit ein optisches Verhalten zeigt, das dem des Heulandit, wie es im Obigen auseinandergesetzt ist, sehr ähnlich ist. Auch bei ihm findet Feldertheilung der Spaltblättchen statt, steht die erste Mittellinie senkrecht auf $\infty P \infty$ (010), und auch er geht beim Erwärmen wie Heulandit aller Wahrscheinlichkeit nach in's rhombische System über. Da nun auch die Spaltbarkeit, die Angulardimensionen des Brewsterit die des Heulandit sind und überdies durch die Entdeckung des starken Strontiumgehaltes im Andreasberger Heulandit ein Weg zwischen beiden Mineralien auch in chemischer Beziehung gebahnt ist, so ist ein Isomorphismus zwischen ihnen äusserst wahrscheinlich. Es fehlt zur genauern Formulirung ihres Verhältnisses indess noch an chemischen Untersuchungen des Brewsterit, besonders seines Wassergehaltes. Die Resultate einer derartigen, erwünschten Untersuchung, die zugleich die krystallographischen und optischen Verhältnisse des Brewsterit sowie des Heulandit in Betracht ziehen muss, werden alsbald nach Fertigstellung der diesbezüglichen Untersuchungen von Prof. JANNASCH und dem Verfasser veröffentlicht werden.

Mineralogisch-petrographisches Institut,
Göttingen 20. Sept. 1886.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1887

Band/Volume: [1887_2](#)

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

Artikel/Article: [Ueber Faujasit und Heulandit 17-38](#)