

Mineralogische Mittheilungen VIII.

Von

C. Klein in Göttingen.

Mit Tafel VIII.

19. Zur Frage über das Krystallsystem des Boracit.

Nachdem MALLARD¹ in seiner grossen Arbeit über die optischen Anomalien krystallisirter Körper den Boracit als rhombisch erklärt und BAUMHAUER² auf Grund seiner Ätzversuche sich dieser Ansicht ebenfalls zugewandt hatte, habe ich in zwei Abhandlungen³ den Nachweis zu führen gesucht, dass der Boracit regulär und seine optischen Erscheinungen auf solche von Spannungen herrührend zurückzuführen seien.

Diesen Ausführungen ist BAUMHAUER in einem jüngst erschienenen Referate⁴ über meine Arbeiten entgegengetreten und auch GROTH⁵ hat durch Annahme des Boracit als pseudoreguläre Substanz sich jenen Ansichten angeschlossen. Ich halte es daher im Interesse der Sache für geboten meine Anschauungen

¹ Annales des Mines. T. X. 1876.

² Zeitschr. f. Kryst. u. Min. 1879. B. III. p. 337 u. f.

³ Nachrichten v. d. kön. Gesellsch. der Wissenschaften zu Göttingen 1880, No. 2; dies. Jahrbuch 1880, B. II. p. 209 u. f.

⁴ Zeitschr. f. Kryst. u. Min. 1880. B. V. p. 273.

⁵ Catalog einer Sammlung v. 743 Modellen z. Erläuterung der Krystallformen. Zweite von Prof. GROTH in Strassburg revidirte und vermehrte Auflage (KRANTZ in Bonn).

nochmals übersichtlich zusammenzustellen, durch neue Beweise zu stützen und die entgegenstehenden Ansichten kritisch zu beleuchten. — Bei den nothwendig werdenden Citaten aus meinen Darlegungen werde ich mich ausschliesslich auf die in diesem Jahrbuch erschienene Arbeit beschränken.

I. Der Boracit in geometrischer Hinsicht.

Das reguläre System desselben mit tetraëdrischer Hemiëdrie gestützt auf die musterhafte Ausbildung der Formen und die höchst regelmässige Anlage der Flächen, die in den Neigungswinkeln von geforderter Grösse zum Ausdruck kommt, steht geometrisch unbestritten da, wie auch MALLARD nach seinen Messungen ausdrücklich anerkennt und GROTH dadurch zugibt, dass er den Boracit, als pseudoreguläre Substanz, noch bei den regulären Körpern aufführt und nicht, wie er es doch consequenter Weise thun sollte, ihn nun auch geometrisch ins rhombische System versetzt.

Eine nähere Betrachtung verdienen die von BAUMHAUER auf Grund des nun klar gestellten optischen Befundes neu gezeichneten Zwillingcomplexe.

Fig. 15 Tafel IX bei BAUMHAUER stellt die Krystalle vorherrschend rhombendodekaëdrischer (oder würfelförmiger), Fig. 16 die Krystalle vorherrschend scheinbar oktaëdrischer (oder rein tetraëdrischer) Bildungsweise dar.

Vergleicht man dieselben mit der Natur, so ist daselbst das eine Tetraëder glatt, das andere matt. In Fig. 15 werden beide Tetraëder durch Flächen von $2P_{\infty}(201)$ gebildet; es muss also noch die Annahme gemacht werden, diese rhombische Gestalt sei durch den hier anzunehmenden Hemimorphismus an dem einen Ende der Verticalaxe glatt, am anderen matt.

In Fig. 16 sind die beiden Tetraëder von $2P_{\infty}(201)$ einerseits, von $2P_{\infty}(021)$ andererseits gebildet. An den Krystallen, die die beiden Tetraëder im Gleichgewicht zeigen — scheinbar oktaëdrische Krystalle — beobachtet man zwar meist, dass beide Tetraëder gleich matt sind, indessen zeigen doch auch andere, namentlich mehr zu tetraëdrischer Entwicklung hinneigende, sehr deutliche Unterschiede zwischen glatten und matten Tetraëderflächen. Es muss daher für jedes Doma zweierlei Beschaffenheit der

Oberfläche angenommen werden, wodurch für $2P_{\infty}(201)$, das vorher schon je nach seiner Lage an dem einen oder anderen Ende der Verticalaxe als glatt oder matt anzusehen war, stets eine der zwei Flächenbeschaffenheiten und zwar die glatte, in Frage zu kommen und in Erscheinung zu treten hätte. Neben den glatten Flächen von $2P_{\infty}(201)$ müssten dann an demselben Ende der Verticalaxe die matten Flächen von $2P_{\infty}(021)$ liegen.

Sind auch diese Annahmen zulässig, wenngleich nicht sonderlich einfach, so geben die aus der Zwillingsbildung zu ziehenden Consequenzen eine so wenig naturgemässe Darstellung ab, dass man dadurch allein sich schon bewogen fühlen müsste, sich nach anderen Erklärungen umzusehen.

Im Falle regelmässigster optischer Structur, die in den Fig. 15 und 16 bei BAUMHAUER zur Darstellung gebracht ist, zeigen die jedesmal in Betracht kommenden sechs Zwillings-Individuen allerdings nur wenige Formen und könnten, ein jedes für sich, als verhältnissmässig einfache rhombische Gebilde vorgestellt werden.

Allein dieser Fall regelmässigster optischer Structur ist eine seltene Erscheinung, die Regel ist eine öfters viel verwickeltere Bildung, bei der sich zeigt, dass den äusseren Flächen die innere optische Structur nicht entspricht und die Annahme sehr complicirter rhombischer Einzelindividuen fordert.

Um dieses klar zu machen, bringe ich Schliche aus einem Rhombendodekaëder parallel den Tetraëderflächen zur Darstellung. Sie stammen von den verschiedensten dreikantigen Ecken der Gestalt $\infty O(110)$ und bieten alle mehr oder weniger die Erscheinungen der beiden Figuren 1 und 2 Tafel VIII dar.

Dieselben zeigen, dass, von geringen Einlagerungen abgesehen, nur eine einzige optische Orientirung im Flächenfelde herrscht. Über demselben baut sich die dreiseitige Pyramide mit Flächen von $\infty O(110)$ auf, folglich gehören die im trigonalen Eckpunkt zusammenstossenden Flächentheile mit der unter ihnen befindlichen Krystallmasse nicht drei verschiedenen, sondern nur einer einzigen optischen Orientirung in der Hauptsache an.

Dieser einen optischen Orientirung kommt also eine grössere

Flächenzahl zu, als der Normalfall optischer Theilung es vorher sehen liess und prüft man in diesem Sinne weiter und berücksichtigt die Flächen, welche die Kanten von ∞O (110) gerade abstumpfen und die, welche diesen Kanten symmetrisch anliegen $\left(-\frac{202}{2}, \kappa(2\bar{1}1), +\frac{50\frac{5}{3}}{2}, \kappa(531) \right)$, so kommt man zu dem Resultat, dass die Einzelindividuen, die in der Zahl sechs den Boracit zwillingsmässig aufbauen sollen, ein jedes für sich, sämtliche Flächen haben müssen, welche der in Erscheinung tretende Krystall besitzt, denn je nach Umständen können alle Flächen-theile über Oktanten der regulären a Axen nur von einer optischen Orientirung in der Hauptsache beherrscht sein.

BAUMHAUER hat uns in seiner ersten Boracitarbeit am Schluss p. 350—351 gezeigt, welche rhombischen Symbole den Gestalten des regulären Systems zukommen, wenn ∞O (110) zu P (111), $\infty P\infty$ (100) und $\infty P\infty$ (010); $\infty O\infty$ (100) zu oP (001) und ∞P (110); $\pm \frac{0}{2} \kappa(111) \kappa(1\bar{1}1)$ zu $2P\infty$ (201) und $2P\infty$ (021) werden. Sind aber die Krystalle rhombisch hemimorph — und dieser Hemimorphismus muss nothwendig angenommen werden — so genügt die von BAUMHAUER angegebene Zerfällung von $-\frac{202}{2} \kappa(2\bar{1}1)$ und $+\frac{50\frac{5}{3}}{2} \kappa(531)$ nicht, es muss vielmehr zu den von BAUMHAUER angenommenen brachydiagonalen Formen, in die erstere Gestalt zerlegt wird, noch eine entsprechende makrodiagonale Reihe und zu den makrodiagonalen Gestalten, in die sich das Hexakistetraëder spaltet, noch eine entsprechende brachydiagonale Reihe angenommen werden. In den so vorhandenen vier Reihen tritt durch Hemimorphie nur die Hälfte der Flächen auf. Jeder Einzelkrystall im optischen Sinne müsste danach, um die in gewissen Oktanten der regulären a Axen waltende einheitliche optische Structur zu erklären, fähig sein, sämtliche auftretende Gestalten zu zeigen ⁶.

⁶ Dieselbe Annahme macht BAUMHAUER für die von ihm vorgenommene Zerlegung bezüglich $-\frac{202}{2} \kappa(2\bar{1}1)$ und $+\frac{50\frac{5}{3}}{2} \kappa(531)$ auf Grund rein geometrischer Betrachtung l. c. p. 351.

Zur Erklärung des Krystalls, wie er z. B. in der Combination $\infty O(110)$, $\infty O \infty(100)$, $\pm \frac{O}{2} \times (111) \times (1\bar{1}1)$, $-\frac{2 O 2}{2} \times (2\bar{1}1)$, $+\frac{5 O \frac{5}{3}}{2} \times (531)$ vorliegt, müssten sechs rhombische Individuen, die ein jedes dieselbe Flächenzahl besäße, die dem regulären Krystall zukommt, zum Zwillingcomplex zusammentreten. Welch complicirter Hemimorphismus muss aber angenommen werden, um die Erscheinungsweise eines solchen Einzelindividuums zu erklären! Ich sehe dabei ganz von dem Fehlen der charakteristischen Merkmale eines Zwillings: geometrischen Zwillingsgrenzen u. s. w. ab, die nur durch das im Widerspruch mit der Symmetrie des rhombischen Systems gewählte Axenverhältniss erklärt werden können.

Zieht man nun noch die reinen Tetraëder in Betracht, so kommt denselben, nach der optischen Untersuchung ihrer Würfel- und Tetraëderflächen, dieselbe Structur zu, wie den scheinbaren Oktaëdern. Sie bestehen also auch aus 6 rhombischen Individuen. Die Tetraëder haben aber nur 4 Flächen, 6 Individuen sollen sich hineintheilen, also bringt dies für jedes $\frac{2}{3}$ Fläche, d. h. auf je $\frac{1}{3}$ der Flächen zweier in Kanten zusammenstossenden Tetraëderflächen haben wir ein Individuum aufzusuchen. Und, wenn dem noch die Wirklichkeit in Strenge entspräche! Wie aber sehen die bestgebildeten Tetraëderflächen aus, vergl. Fig. 59 und 60 meiner früheren Abhandlung in diesem Jahrbuch 1880. Band II. Lässt man endlich 6 rhombisch-hemimorphe Einzelindividuen, gebildet, was Flächenanlage und physikalische Beschaffenheit anlangt, wie die in Erscheinung tretenden Einzelkrystalle von Boracit, nach dem Gesetze der Fig. 15 bei BAUMHAUER zum Zwillingcomplex zusammentreten, so fällt beim Drehen durch 180° um die Normale zu $\infty O \infty(100) = \infty P(110)$ im rhombischen System zwar glattes Tetraëder auf glattes und mattes auf mattes, die aufeinander fallenden, physikalisch gleichbeschaffenen Tetraëder gehören aber in rhombischer Bedeutung Formen der Zone der Axe a und Axe b an. Wenn man ferner zur Erklärung der Fig. 16 das Gesetz: Zwillingaxe die Normale auf $\infty O(110) = P(111)$ im rhombischen System anwendet, so kommt bei Drehung durch 180° glattes Tetraëder neben mattes und mattes neben glattes zu liegen, was zunächst der Erfahrung widerspricht,

zudem können noch, je nach der Lage der Fläche von P, die neben die matten fallenden glatten Flächen im rhombischen Systeme Formen der Zone der Axe a und der Axe b angehören, oder aus gleichen Zonen stammen.

Schon aus diesen Gründen wird der ganze nur auf den optischen Befund in der Hauptsache gestützte Zwillingsbau unwahrscheinlich und fraglich; ich werde aber am Schlusse noch zeigen, dass die optischen Grenzen überhaupt keine Zwillingsgrenzen, sondern Grenzen gespannter Theile sind, da sie mit der Änderung der Temperatur sich verschieben, respective verschwinden.

Vom rein geometrischen Standpunkt aus müsste es jedenfalls als eine nicht genugsam befremdende Thatsache bezeichnet werden, dass ein und dieselben Flächen eines Minerals verschiedene optische Bedeutung haben sollten, wie ein Vergleich der BAUMHAUER'schen Figuren 15 und 16 lehrt.

Wie sollte man es sich dann erklären, wenn ein Gebilde, das z. B. die beiden Tetraëder im Gleichgewicht und in Folge dessen auf den Flächen derselben die Dreitheilung nach den Seiten zeigt, in ein anderes übergeht, das mehr rhombendodekaëdrisch wird und auf den Tetraëderflächen nunmehr Dreitheilung nach den Ecken darbietet (Fig. 25 meiner Abhandlung)? Da kämen ja in ein und demselben Krystall in Kern und Hülle Flächen verschiedenster Art auf und über einander zu liegen. Weist das nicht auch schon darauf hin, dass die optischen Erscheinungen solche secundärer Art sind und den geometrisch gleichen Flächen eine fundamental verschiedene Bedeutung nicht zukommt?

Ich schliesse diese Betrachtung mit einer Bemerkung über das von mir in allen Rhombendodekaëdern und Würfeln, die ich in grosser Zahl prüfte⁷, beobachtete Gerüst, das BAUMHAUER nicht gesehen hat. Zunächst bleibe ich bei meinen über dasselbe gemachten Bemerkungen (p. 246—247 meiner Arbeit) stehen. Der Einwurf BAUMHAUER's, dass man im Gerüst etwa nur die unzersetzt gebliebene, von der ursprünglichen nicht verschiedene Krystallmasse sehen könne, widerlegt sich leicht dadurch, dass es Gerüste gibt, die vollkommen glasartig hart erhalten, die aus-

⁷ Vergl. p. 246 meiner Arbeit. Dies. Jahrbuch 1880. B. II.

füllende Masse mehrlartig weich darbieten. Gewiss schreitet die Zersetzung in gewissen Richtungen im Krystalle leichter fort als in andern — es sind diese Richtungen die der Normalen auf ∞O (110) — wenn aber ein Fortschreiten in diesem Sinne stattfindet, so ist nicht ersichtlich, warum bei gleicher Beschaffenheit von Gerüst und Masse aussen das Gerüst noch glasartig erhalten, während bereits im Centrum die ausfüllende Masse gänzlich verwandelt ist. Dies ist eben doch nur dadurch verständlich, dass man annimmt, das Gerüst sei widerstandsfähiger, als die es ausfüllende Masse. — Für diese Annahme sprechen auch optische Beobachtungen, welche da, wo ein Gerüst einsetzt, erkennen lassen, dass die Polarisationsfarben gegenüber denen der anderen Theile in einer Zone von gewisser Breite geändert erscheinen. Solches konnte ich namentlich auf Tetraäderschliffen bei starker Vergrößerung und unter Anwendung des Gypsblättchens nachweisen.

II. Die Ätzerscheinungen des Boracit.

Bezüglich derselben halte ich ebenfalls an den von mir früher gewonnenen Resultaten fest, dass die von mir beobachteten Ätzfiguren auf Würfel-, Tetraeder- und Rhombendodekaederflächen innerhalb ein und desselben Flächenfeldes, trotz dessen optischer Verschiedenheit, keine Verschiedenheit zeigen.

Bei Betrachtung der Würfelschliffe habe ich dies Verhalten durch Fig. 13 meiner früheren Abhandlung zum Ausdruck gebracht, in Bezug auf die Tetraäderschliffe gelten die Fig. 34, 35, 36, 45, 46^a, rücksichtlich der Rhombendodekaäderschliffe die neuen Figuren 4, 5, 6, 7 Tafel VIII. Die sämtlichen Schliffe sind aus Rhombendodekaedern entnommen (Fig. 4 zeigt eine natürliche Fläche, Fig. 5, 6, 7 sind aus Schliffen nach dem Innern der Krystalle zu), deren optische Orientirung man im Hinblick auf die Fig. 15 und 18 meiner früheren Abhandlung leicht verstehen wird. Ebenso werden die in diesen Schliffen auftretenden Ätzfiguren von den Kanälen und ihren Durchschnitten, vergl. Fig. 17 und 18 meiner früheren Abhandlung, wohl zu unterscheiden sein.

Aus allen diesen Figuren tritt klar zu Tage, dass die Ätzfiguren sich nicht an die optischen Grenzen binden,

sondern gleichmässig über dieselben weggehen, ein Verhalten, welches, wenn man Kenntniss vom Einfluss der Wärme auf die optischen Eigenschaften des Boracit hat, als ein ganz natürliches erscheint.

Will man, abgesehen davon, die Ätzerscheinungen, wie ich sie beobachtet habe, zu Gunsten des rhombischen Systems verwerthen, so muss man annehmen, die Ätzfiguren seien in der Gestalt auf den verschiedenen optischen Theilen eines und desselben Flächenfeldes von einander verschwindend wenig verschieden⁸.

Um diese ihm unbequemen Erscheinungen zu beseitigen, bezeichnet BAUMHAUER meine Ätzung als eine, die die Verschiedenheit in der Ausbildung der Figuren noch nicht gehörig erkennen lässt.

Ich bemerke dagegen, dass meine Ätzfiguren ausgezeichnet scharf und deutlich sind, dass ich ferner, nach den neuesten Angaben BAUMHAUER's verfabrend, im Allgemeinen genau dieselben Ätzerscheinungen, wie früher, wenn auch weniger deutliche Figuren, bekommen habe⁹.

⁸ Wenn Herr BAUMHAUER gegen den Schluss seines Referats hin bei Besprechung dieses Verhaltens mir die Belehrung angedeihen lassen will:

„(er nennt die Verschiedenheit der vom Ref. auf $\infty O \infty$, resp. ∞O beobachteten Ätzfiguren verschwindend klein, wogegen wohl nur auf die Figuren in der Abhandlung des Ref. verwiesen zu werden braucht,)“

so erlaube ich mir meinen Herrn Kritiker doch gefälligst erst einzuladen das zu lesen, was ich p. 243 geschrieben habe:

„Fernerhin sind die von mir beobachteten Ätzerscheinungen u. s. w. nur zu Gunsten des regulären Systems zu verwerthen.“

Er wird dann sehen, dass von diesen, d. h. den von mir und nicht von ihm beobachteten Figuren nur die Rede war und sich darauf allein der Satz auf p. 244 beziehen konnte, umsomehr als ich p. 241 ausdrücklich gesagt habe, dass ich mich nicht hätte überzeugen können, wie seine Ätzfiguren auf den differenten optischen Theilen liegen. Vergl. hierüber auch die Bemerkung auf folgender Seite.

⁹ Beim Ätzen nach diesen letzten Angaben fand ich auf natürlichen Flächen von ∞O (110), wie BAUMHAUER, dass die Ätzfiguren bisweilen auf verschiedenem Niveau liegen; sie waren aber in der Form gleich und die optischen Grenzen durchschnitten diese Niveaugrenzen beliebig und fielen mit ihnen nicht zusammen.

Gewiss werden die Verschiedenheiten im Ätzmittel, die Concentration desselben, die Temperatur u. s. w. bei der Ätzung in Rücksicht auf die Deutlichkeit der Ätzfiguren von Einfluss sein. Warum sollen aber vollkommen scharfe Ätzfiguren als nicht beweisend verworfen werden?

Dies scheint mir nicht thunlich und ebensowenig kommt mir es statthaft vor, die Figuren dann nur als massgebend anzusehen, wenn die durch sie angezeigten Verhältnisse mit der optischen Beschaffenheit stimmen und andere Ätzerscheinungen an demselben Material, die damit im Widerspruch stehen, zu verwerfen.

Dadurch würde die Ätzmethode, deren Vorzüge ich nicht verkenne, aufhören eine selbstständige zu sein, abhängig werden von der optischen Untersuchung und zweifelhafte Resultate liefern, wenn diese, wie es bei undurchsichtigen Körpern der Fall, nicht ausführbar ist, oder ihre Resultate selbst, wie beim Boracit, mit Vorsicht nur verwertbar sind, da hier eine Temperaturänderung die optischen Felder gegeneinander verschiebt, **ohne die Gestalt der Ätzfiguren zu beeinträchtigen.***

Ich beziehe mich endlich speciell auf das, was ich p. 240 und 241 gesagt habe und verweise darauf¹⁰, indem ich Alles dort Gesagte aufrecht erhalte, auch das bezüglich der Deutung der Fig. 45, 46, 46^a, 46^b Mitgetheilte. (Die in Rede stehende natürliche Tetraëderfläche zeigte vor dem Ätzen keinerlei Eindrücke.)

* Man kann sich hiervon durch Erhitzen geätzter und durch Ätzen erhitzter Schiffe überzeugen. In letzterem Falle sind die Figuren auf den Feldern geänderter optischer Bedeutung mitunter nicht so scharf, wie auf denen, die unverändert geblieben sind.

¹⁰ Hr. BAUMHAUER verwahrt sich gegen einen dort erhobenen Vorwurf. — Ich bemerke dazu, dass bezüglich der Art seiner Untersuchung ich zunächst Belehrung aus seiner eigenen Schilderung gewonnen habe, die Jeder nachlesen und mit dem hierauf Bezüglichen im Referat vergleichen kann, dann aus dem Umstande, dass Hr. BAUMHAUER mir lauter geätzte Krystalle, abgesehen von einem sogenannten Schliff, schickte, der zu dick war, als dass ich sicher hätte darauf rechnen können nur Theile einheitlicher Auslöschung anzutreffen. Dies ist der Grund, warum ich es „versäumt habe“, die Lage seiner Ätzfiguren auf den optischen Feldern zu erforschen.

Was schliesslich die von mir beobachteten Kanäle anlangt, die ich p. 228 und 229 meiner früheren Arbeit geschildert und in Fig. 18 darzustellen versucht habe, so erscheinen sie in dieser Figur, welche eine sehr regelmässige optische Theilung besitzt, mit dieser Theilung zusammenfallend, so dass auf A die Durchschnitte, auf B, C die langen Kanäle, auf D, E, F, G die schiefstehenden angetroffen werden.

Ist die optische Theilung nicht von dieser Regelmässigkeit, so treten doch unabhängig davon die Kanäle stets an denselben Stellen, welche die optischen Felder im Falle regelmässiger Theilung einnehmen, ein¹¹, es zeigt sich dadurch, dass die durch die Kanäle angezeigte Structurart von der Form der Krystalle und nicht von deren optischer Beschaffenheit abhängig ist.

III. Der Boracit in optischer Hinsicht und der Einfluss der Wärme auf seine optischen Eigenschaften.

Wie MALLARD für den Boracit im Allgemeinen annahm und ich für die Rhombendodekaëder und Würfel desselben feststellte, ist die Structur derselben im optischen Sinne rhombisch und der scheinbare Aufbau ein anderer als bei den Tetraëdern und scheinbaren Oktaëdern, die, obwohl ebenfalls rhombisch im optischen Sinne, doch der Annahme BAUMHAUER's folgen, die dieser zuerst ebenfalls für den ganzen Boracit gelten lassen wollte. MALLARD und BAUMHAUER nehmen ursprüngliche Zweiaxigkeit und Zwillingsbau bei rhombischem Krystallsystem an; ich fasse die optischen Erscheinungen als secundäre¹² auf, denke mir sie durch Spannungen,

¹¹ Vergl. z. B. in Fig. 4 Tafel VIII die in den Theilen G und F vorkommenden drei-, vier- und fünfseitigen Kanaldurchschnitte, die über die Grenze A hinausfallen. Der Schliff bietet eine natürliche Fläche dar, deren Feld der Centraltheil A nicht völlig erfüllt.

¹² In meinen früheren Arbeiten habe ich die Färbungen gewisser Platten von Boracit unter Zuhilfenahme eines Gypsplättchens vom Roth I Ordnung dargestellt. Sämmtliche Erscheinungen sind bei einer und derselben Lage der kleinsten Elasticitätsaxe M M desselben gezeichnet. Diese Lage ist aber nicht die in Fig. 1 meiner früheren Abhandlung, sondern die in Fig. 8 der vorliegenden wiedergegebene, was, wenn es sich nur um die Veranschaulichung der Erscheinungen handelte, gleich-

in regelmässiger Beziehung zu den kristallographischen Elementen stehend, hervorgerufen und betrachte den Krystall als in Theile differenter Spannungen zerfällt, die aber nicht vermögend sind seine morphologischen Eigenschaften, als die eines regulären Körpers, zu alteriren.

Während für meine Annahme die geometrischen Eigenschaften des Boracits prechen, ferner das eigenthümliche p. 241 u. 242 erörterte Schwanken der optischen Verhältnisse bei geometrisch sich gleich bleibender Form redet, weiter das Verhalten der von mir beobachteten Ätzfiguren zur optischen Structur und das der Kanäle zu derselben heranzuziehen sind, lassen auch von rein optischer Seite die auf p. 242, 243 und 248 zusammengefassten Thatsachen bezüglich des Einflusses der Begrenzungselemente und der Form der Krystalle auf die optische Structur und rücksichtlich des optisch ungleichartigen Baues von Flächen gleicher optischer Bedeutung sich nur zu Gunsten meiner Ansicht verwerthen. Dagegen waren Manchem die bisweilen haarscharfen Grenzen der optischen Felder, der Axenaustritt u. s. w., Momente, die nicht für meine Ansicht zu sprechen schienen.

Ich gehe deshalb nun dazu über, zu zeigen, dass nicht immer an denselben Stellen optischer Structur nothwendig allemal scharfe Grenzen vorkommen, wenn sie einmal beobachtet sind, sondern ganz regellose Grenzen vielfach auftreten. Man vergleiche zu diesem Behufe Taf. VIII Fig. 3, die einen Tetraäderschliff mit verschwommenen Grenzen der Theile vorstellt. Derartige Beispiele könnte man von Würfel- und Rhombendodekaäderschliffen beliebig vermehren.

Wichtiger ist jedoch kennen zu lernen, dass durch Erwärmung der Krystalle scharfe Grenzen, wie verschwommene entstehen und verschwinden, die optischen Felder sich gegen einander verschieben und die einen theilweise oder ganz verschwinden und an ihrer

gültig wäre, mit Rücksicht auf den damals p. 220 gemachten Vergleich mit Alaun und die Richtung des Drucks in den Sektoren (vergl. auch p. 237) aber von Belang ist und an den betreffenden Stellen genau das Umgekehrte von dem fordert, was in Bezug auf Richtung des Drucks oder Farben (Blau oder Gelb) angegeben ist.

Stelle die anderen mit ihren optischen Eigenschaften erscheinen können.

Ich fand diese auffallende Thatsache¹³ als ich durch Erwärmung und darauf folgende rasche Abkühlung etwaige versteckte Spaltrichtungen in den Boracitkrystallen zur Darstellung bringen wollte und zu diesem Behufe eine schöne Platte aus einem Rhombendodekaëder dieses Minerals, parallel einer Fläche dieser Gestalt geschnitten, untersuchte.

Nicht gering war mein Erstaunen, als ich nach dem Erhitzen der Platte, die etwa der Fig. 14 meiner früheren Abhandlung glich, den Centraltheil A (vergl. Fig. 15) fast völlig verschwunden und an seiner Stelle die Theile D, E, F, G erscheinen sah!

Diese so äusserst überraschende Thatsache forderte sofort zu näherer Prüfung auf, die alsbald an Schlifren aus rhombendodekaëdrischen, würfelförmigen und scheinbar oktaëdrischen Krystallen von Boracit, sämmtlich parallel ∞O (110) genommen, ausgeführt wurde.

Bei der Deutung der Resultate hat man sich zu erinnern, dass der Theil A und die Theile B, C die Rolle von Endflächen des rhombischen Systems im optischen Sinne spielen, der Ebene zweier Elasticitätsaxen parallel laufen, parallel den Diagonalen der äusseren rhombischen Begrenzung auslöschen und den Austritt zweier Axen, symmetrisch zur Normale der Fläche gelagert, darbieten; die Theile D, E, F, G dagegen im optischen Sinne von der Bedeutung von Pyramidenflächen sind, unter 45° zu den Diagonalen des Rhombus auslöschen und den Austritt einer der beiden optischen Axen, geneigt zur Flächennormale, zeigen.

Wird nun eine Platte, parallel ∞O (110), erwärmt, so behalten die Grenzen der Theile A—G gegen einander nicht mehr ihre ursprüngliche Lage bei.

Im Falle geringster Veränderung werden diese Grenzen verwaschen, die Theile D, E, F, G rücken mehr gegen die Theile A, B, C vor, oder umgekehrt werden diese grösser und verdrängen etwas erstere. — Im Falle stärkerer Veränderung verschwinden

¹³ Nachrichten von der Königl. Gesellsch. der Wissensch. zu Göttingen. Sitzung vom 5. Februar 1881.

die Theile A, B, C ganz oder nahezu ganz und kommen beim Erkalten in von der ursprünglichen verschiedenen Ausdehnung, zum Theil an den früheren Stellen, dann aber auch da, wo früher keine Spur von ihnen vorhanden war, zum Vorschein.

Wenn ein Theil A, B, C verschwindet, so rückt an seine Stelle ein Theil D, E, F, G mit der für ihn charakteristischen Auslöschungsrichtung und sonstigen optischen Beschaffenheit, als z. B. Austritt der Axe ein. Wenn umgekehrt, wie man dies bisweilen beim Erkalten sehr schön beobachten kann, ein Theil D, E, F, G durch einen Theil A, B, C ersetzt wird, so verschwindet momentan die Farbe des z. B. auf das Maximum der Helligkeit eingestellten Theils D, E, F, G, die Dunkelheit des einschliessenden Theils A oder B, C erscheint plötzlich, für die bestimmte Stelle ruckweise, ohne vermittelnden Übergang, und sofort danach erkennt man, dass die Stelle nunmehr den Austritt zweier Axen darbietet, wie er Theilen A oder B, C zukommt¹⁴.

An allen von mir untersuchten Präparaten waren beim Erwärmen Änderungen wahrzunehmen. Dieselben erstreckten sich von Veränderungen an den Grenzen der Theile bis zum völligen Verschwinden der Theile A, B, C, die beim Erkalten theil- und stückweise, stets in anderer Gestalt wie früher, häufig an ganz anderen Stellen, wie vorher, aber oft mit haarscharfen Begrenzungen gegen die anderen Theile hin, wiederkehrten. Eine Vorstellung hiervon gewähren die Fig. 9, 10, 11. Tafel VIII. Fig. 9 stellt einen Schliff parallel ∞O (110) vor dem Erwärmen, Fig. 10 nach dem Erwärmen und darauf folgender zweitägiger Ruhe, Fig. 11 nach dem zweiten Erwärmen und darauf folgender Ruhe dar. Direct nach dem ersten Erhitzen war von dem in Fig. 9 gross entwickelten Centraltheil A fast nichts mehr vorhanden.

Manche Platten gestatten eine drei- bis vierfache Wiederholung der Versuche, die ich zum Theil vor versammelter Zuhörerschaft ausführte.

¹⁴ Dieser Axenaustritt, manchmal gleich nach dem Umstehen schwach zu sehen, tritt nach dem Erkalten deutlich an derselben Stelle hervor. — Im Allgemeinen scheint der Axenwinkel durch Temperaturerhöhung wenig verändert zu werden, wenigstens so lange Temperaturen bis etwa 100° C. in Frage kommen (vergl. auch Des-Cloriz. Min. II. 1874, p. 4); erst bei höheren Temperaturen ändern die Felder ihre Bedeutung.

Sehr auffallend sind Form und Lage der Theile D, E, F, G, wenn sie in A, B, C einschliessen. Sie entsprechen dann Theilen γ , δ , wie ich sie auf p. 226 meiner Arbeit beschrieben und in Fig. 16 dargestellt habe und zeigen mitunter, wie dort angegeben, verschwommene Grenzen, bisweilen aber auch haarscharfe, senkrecht stehend auf den Kanten des Rhombus.*

Die Temperaturen, bei welchen diese Veränderungen vor sich gehen, sind bei verschiedenen Krystallen durchaus nicht die gleichen: die einen verändern die Contouren ihrer Theile schon bei 120° — 200° C., andere müssen beträchtlicher erhitzt werden. Die Erhitzung selbst wurde so vorgenommen, dass die gereinigte Platte (womöglich ein recht dünner Schliff) auf eine Glasplatte gelegt und über einer Flamme erwärmt und dann auf einer kühleren Platte unter das Mikroskop gebracht wurde. Stets ward Bedacht darauf genommen, bei den Präparaten, auf Grund deren Erscheinungen eine Schlussfolgerung gezogen werden sollte, die Erhitzung der Platte nicht höher zu steigern, als es die Erhaltung des frischen Ansehens derselben vertrug.

Bei dem Beginne einer leichten Trübung sofort nicht weiter erhitzt, lässt die Platte die Erscheinungen schön hervortreten und zeigt durch die Frische der Polarisationsfarben, dass sie in ihrer chemischen Constitution nicht alterirt sei.

Bei noch stärkerer Erhitzung zerlegt sich ein Theil der öfters verhältnissmässig einheitlichen Felder D, E, F, G in Streifen, senkrecht zu den Kanten des Rhombus, die nicht scharf in ihrer Begrenzung sind und nicht völlig zu gleicher Zeit auslöschen. Andere Stellen besagter Theile zerfallen in Lamellensysteme, parallel den Diagonalen des Rhombus, höchst scharf und präcis gebildet und unter kleinen Winkeln zu einander auslöschend.

Die Erhitzung der Würfelflächen lieferte das Resultat, dass die Theile, welche den Austritt einer Axe zeigen, meist gegen die vorrücken, die einer Endfläche im optischen Sinne entsprechen (Fig. 10 meiner früheren Abh. in den Ecken). Letztere und

* Da die Wärme die optische Structur so beeinflusst, so liegt die Annahme nahe, dass, besonders bei den sehr verwickelt gebildeten Boraciten ähnliche Einflüsse sich früher geltend gemacht haben müssen.

erstere bedecken sich dann, bei stärkerer Erhitzung mit Streifen parallel den Kanten des Würfels und erzeugen im Falle von Überlagerung eine Gitterstructur. Die Auslöschung der einzelnen Streifen erfolgt nicht zu gleicher Zeit und es treten beträchtliche Auslöschungsverschiedenheiten, wie bei Zwillingen auf. (Eine Ähnlichkeit dieser Partien mit von Zwillingslamellen durchsetzten Leucitschliffen ist unverkennbar.)

Bei der Erhitzung von Schliffen, parallel den Tetraëderflächen, verschwinden, wenn vorher vorhanden, die scharfen Grenzen, die einzelnen Theile drängen sich in einander ein und blattförmige Lamellen, wie ich sie in den Fig. 29 und 30 von nicht erhitzten Schliffen darstellte, erfüllen das Präparat und machen es rasch undurchsichtig.

Überblickt man die vorstehend beschriebenen Versuche, so zeigen sie, dass die Grenzlinien der einzelnen optischen Felder, die man als Zwillingsgrenzen auffassen zu müssen glaubte, dies nicht sind, denn sie erweisen sich veränderlich mit der Temperatur und verschwinden oft völlig, um entweder nicht wieder zu kommen oder doch an ganz anderen Stellen, nicht selten auch in ganz anderen Richtungen wieder zu erscheinen.

Zwillingsgrenzen können sonach diese optischen Grenzen nicht darstellen, ebenso wenig sind aber die durch sie von einander geschiedenen Theile Zwillingspartien, die doch bei Temperaturänderungen unverändert bleiben müssten* und nicht regellos hin- und herschwanken könnten.

Zur Erklärung der Erscheinungen könnte man daran denken, entweder für den Boracit ein Bestehen aus Theilen monokliner oder trikliner Art (ganz abgesehen von den dabei sich ergebenden geometrischen Schwierigkeiten) anzunehmen, oder einen Übergang vom durch den optischen Befund angezeigten rhombischen System in ein minder symmetrisches beim Erhitzen zu statuieren.

* Hierüber sind zwar wenig Versuche gemacht; ich habe mich aber an Zwillingen von Aragonit, Weissbleierz, Gyps, Feldspath u. s. w. überzeugt, dass so lange durch das Erhitzen keine Änderung der chem. Constitution eintritt, das oben Ausgesprochene gilt. — Beim Erhitzen entstehende Spaltdurchgänge (cf. COHEN. d. Jahrb. 1879 p. 866) darf man, besonders wenn sie der Zwillingsfläche parallel sind, nicht mit Zwillingslamellen verwechseln.

Vergleichen wir zu diesem Ende die Thatsachen, so lehren dieselben unzweifelhaft, dass auf den Feldern von ∞O (110) die Theile A, B, C, sofern sie beim Erhitzen erhalten bleiben und die Theile D, E, F, G, sofern sie ein gleiches Verhalten zeigen, dieselbe optische Beschaffenheit wie früher, d. h. Auslöschungsrichtungen und Axenaustritt zeigen. Die sich umwandelnden Partien der Theile A, B, C werden in allen optischen Eigenschaften zu solchen von D, E, F, G und umgekehrt, so dass also nur ein Übergang von den einen zu den andern stattfindet.

Hierbei beobachtet man, dass scharfe, wie verschwommene Grenzen erscheinen und verschwinden. Wäre das System monoklin oder fehlte jede Symmetrie, so würde eine Änderung der Theile A, B, C und D, E, F, G in optischer Bedeutung ebenfalls erfolgen können; es würde aber dann nicht erklärlich erscheinen, warum dieselben nur grade in einander übergehen und nicht ein jeder derselben, da sie doch von einander grundverschieden, eine beliebige neue Lage annimmt, umsomehr als doch gewiss sehr viele Gleichgewichtslagen und nicht nur diese Übergänge als möglich gedacht werden müssen. (In unserm Falle vom Pinakoid zur Pyramide und umgekehrt.) Ferner würde es nicht einleuchtend sein, warum Theile, die im ursprünglichen Zustand erhalten bleiben, sich auf Kosten anderer in diese letzteren hinein mit ihren charakteristischen Eigenschaften fortsetzen könnten, da dadurch doch bewiesen ist, dass die neu entstehenden Fortsetzungen von derselben Symmetrie sind, wie das, was früher da war. Es erscheint daher aus diesen Gründen die Annahme eines minder symmetrischen Systems für den Boracit oder das Entstehen eines solchen beim Erwärmen ausgeschlossen, so sehr man auch vielleicht geneigt sein möchte, die auf ∞O (110) normal stehende Mittellinie ihres Charakters als Symmetrieaxe im optischen Sinne zu entkleiden und unter der Annahme eines Systems geringerer Symmetrie ihr Schwanken beim Erwärmen und damit die optische Verschiedenheit der Theile zu erklären.*

* Vergl. wegen einer näheren Ausführung Nachr. v. d. Kön. Ges. d. Wissenschaften zu Göttingen 1881. p. 6 des Sep.-Abzugs.

Es widerspricht dies also den Beobachtungen, namentlich reden auch dagegen die ruckweisen Änderungen der Theile, welche beweisen, dass keine allmäligen, sondern plötzliche Gleichgewichtsänderungen stattfinden. Eine Änderung aber, wie sie beobachtet ist, fordert, dass eine Fläche von der Bedeutung eines Hauptschnitts diese Bedeutung verliere und zu einer Fläche werde, die die drei Elasticitätsaxen in endlichen Abständen schneidet und umgekehrt. — Einen solchen Wechsel kennen wir für den hier in Frage kommenden Fall des optisch-zweiaxigen Systems nicht. Die bekannten Fälle von Änderungen innerhalb der Hauptschnitte können nicht herangezogen werden, da die von mir beobachteten Erscheinungen eine vollständige Änderung der Lage des Elasticitätsellipsoids erfordern würden, also von ganz anderer Art sind.

Das eigenthümliche Verhalten der Boracitkrystalle gegen die Wärme lässt daher die bei diesem Mineral beobachteten Erscheinungen als nicht von ursprünglicher Anlage herrührende erkennen. Im Verein mit den schon früher von mir nachgewiesenen optischen Besonderheiten, die bei wahrer Doppelbrechung nicht vorkommen, fordern die neuen That-sachen zu der Annahme auf, die nicht nur das Krystallsystem in Bau, Flächenanlage und Flächenneigungen, sondern auch die von mir beobachteten Ätzererscheinungen verlangen, nämlich, dass die Boracite nicht einem zwillingsmässigen Aufbau von Theilen niederer Symmetrie ihre Entstehung verdanken, sondern regulär sind, einfache Individuen darstellen und die optischen, in scheinbar grellem Widerspruch damit stehenden Eigenschaften durch beim Wachsthum erzeugte Spannungen hervorgerufen und bedingt sind.

Diese letzteren zerfallen den Krystall in Theile verschiedener Spannung, von denen, wie es die Versuche zeigen, die jeweils stärkeren die schwächeren für gewisse Temperaturen und Stellen des Krystalls unterdrücken. In Beziehung zu Form und Begrenzungselementen des Krystalls stehend, erzeugen diese Spannungen die regelmässige Compression und Dilatation im Sinne NEUMANN's, vermöge deren im regulären Boracit und ohne dessen morphologische Eigenschaften zu be-

einflussen ¹⁵, die Erscheinungen der rhombischen Zweiaxigkeit zu Stande kommen.

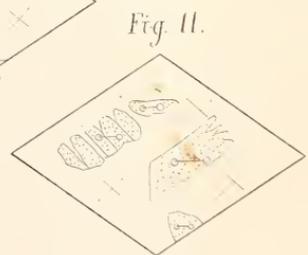
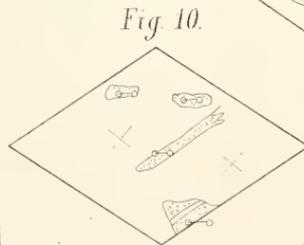
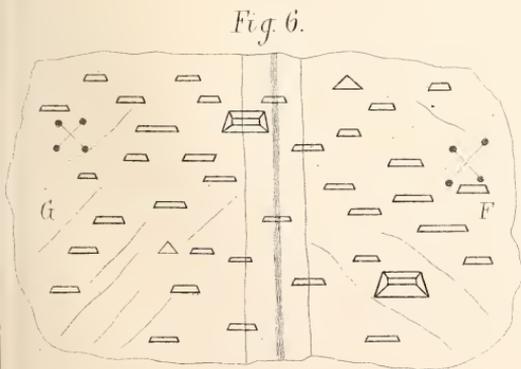
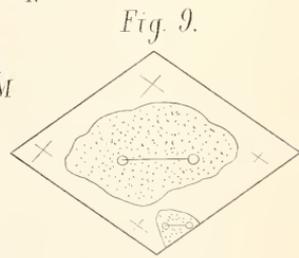
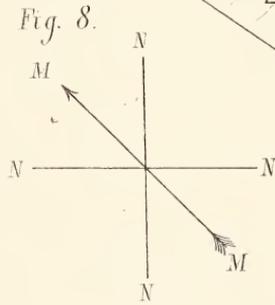
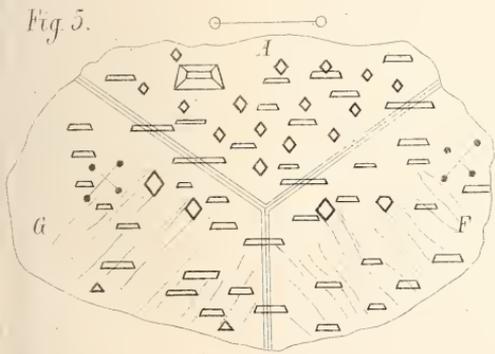
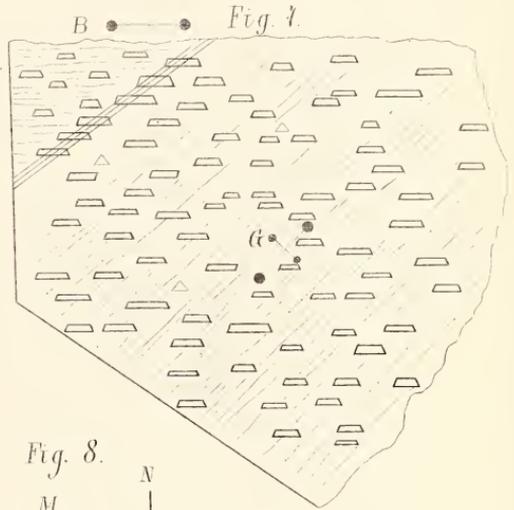
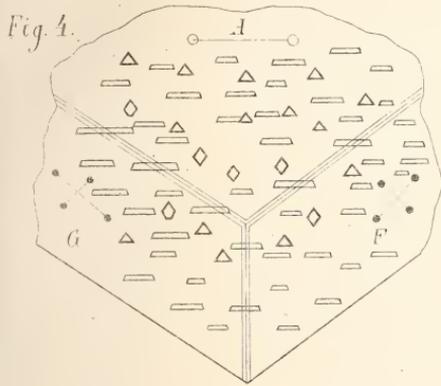
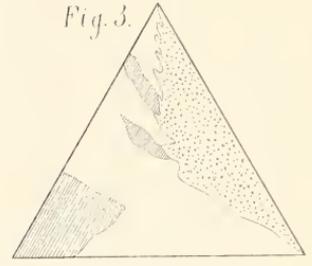
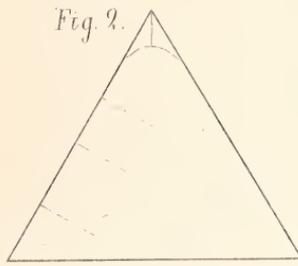
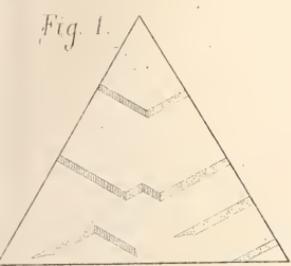
Göttingen, 30. Januar 1881.

Diese Art die Thatsachen mit einander verbinden und die Gesammterscheinungen erklären zu wollen, scheint mir bei diesen Phänomenen die allein richtige zu sein. Wenn dagegen Hr. MALLARD (Bull. de la Soc. Min. de France 1881. 1. p. 15—16) einseitig die optischen Erscheinungen als massgebend erachtet und alle anderen, dem rhombischen System widersprechenden Thatsachen einfach ignorirt, so ist er zwar verhältnissmässig besser daran und eine „succession d'hypothèses gratuites“ entfällt von selbst. indessen lehrt die Erfahrung, dass eine einzige fundamental widersprechende Thatsache, die beweist „qu'il ne peut pas en être ainsi“ das ganze künstliche Gebäude ¹⁶ zerstören kann.

Göttingen, 18. Februar 1881.

¹⁵ Ich verstehe unter diesem Nichtbeeinflussen zunächst, dass die Wirkungen der Spannungen in der Anlage der Gestalten, den Winkelverhältnissen derselben und den von mir beobachteten Ätzfiguren nicht zur Erscheinung kommen. Stärkere Spannungen können dann, wie ich bereits auf pag. 231—32 meiner vorjährigen Arbeit (vor H. BERTRAND: Bull. de la soc. Min. de France 1881, 1, p. 14) hervorhob, eine Trennung der Theile bewirken und es wäre nicht undenkbar, dass dann auch Differenzen in den Ätzfiguren hervortreten würden. Als solche stärkere Spannungen würden sich diejenigen erweisen, welche ganzen Feldern einen solchen Widerstand gegen die mit der Erhöhung der Temperatur verbundenen Änderungen zu verleihen im Stande wären, wie ihn jetzt schon einzelne Theile von Feldern zeigen, die beim Erhitzen unverändert bleiben, während ihre optisch gleichwerthigen Nebenpartien sich ändern.

¹⁶ Auch der Analcim zeigt nach den Untersuchungen eines meiner Schüler, des H. BEN SAUDE aus Portugal, dass beim Erwärmen, z. B. in den Würfelschliffen, die scharfe Grenzen gegeneinander bildenden optisch activen Felder mit erhöhter Intensität der Doppelbrechung gegen die fast inaktiven Theile vorrücken und dieselben unterdrücken. Nähere Mittheilungen wolle man in der demnächst erscheinenden Arbeit nachsehen.



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: 1881

Band/Volume: [1881](#)

Autor(en)/Author(s):

Artikel/Article: [Mineralogische Mittheilungen 229-256](#)