

Zur Frage der optischen Anomalien.

Von

R. Brauns in Marburg.

(Mit 2 Holzschnitten.)

In dem Bulletin de la soc. min. de France t. IX. No. 3, 1886 veröffentlicht MALLARD eine Abhandlung: „Sur les hypothèses diverses proposées pour expliquer les anomalies optiques des cristaux“, in welcher er die Einwürfe, die gegen seine bekannte Erklärung der optischen Anomalien gemacht worden sind, bespricht und zu dem Schluss gelangt, dass seine „auf unerschütterlicher Grundlage“ begründete Hypothese, oder wie er will Theorie, alle beobachteten Erscheinungen vollkommen befriedigend erkläre, dass alle anderen Erklärungsweisen, namentlich aber die Annahme von Spannungen, die hier hauptsächlich in Betracht kommt, durchaus, als mit allen bekannten Thatsachen im Widerspruch stehend, zu verwerfen sei. Er sagt hierüber wörtlich: „C'est une hypothèse pure, invraisemblable d'ailleurs et contraire à tous les faits connus, que d'imaginer dans un corps cristallisé un équilibre anomal analogue à celui qu'on observe dans les corps colloïdes trempés.“

Sucht man nun nach den Gründen, die MALLARD zu diesem vernichtenden Urtheil geführt haben, so findet man vorzüglich den einen, dass in dem amorphen Glas zwar durch Abkühlen Spannungen entstehen können, dass solche aber niemals in einem Krystall durch Abkühlen hervorgerufen werden können, dass vielmehr hierbei die Krystalle entweder zerspringen, oder Zwillinge bilden (se maclent).

Auch die Constanz der optischen Eigenschaften derselben Substanz, die scharfen, isotropen Streifen an der Grenze optisch differenter Felder, das Vorkommen von einfach- und doppeltbrechenden Krystallen derselben Substanz, der Wechsel von einfach- und doppeltbrechenden Stellen in demselben Krystall und schliesslich gar der Zusammenhang der optischen Structur mit der äusseren Begrenzung — „tout nous conduit à rejeter absolument l'hypothèse des tensions intérieures cristallines, qui sont impuissantes à expliquer les faits, dont la non-existence dans les cristaux est, dans beaucoup de cas, peremptoirement démontrée et auxquelles il paraît impossible d'assigner une cause vraisemblable.“

Nach diesen mit solcher Sicherheit verkündeten Lehren könnte es vermessen erscheinen, an der Richtigkeit derselben noch länger zu zweifeln; aber bei näherem Eingehen auf die Gründe findet man diese zum Theil nicht stichhaltig, zum Theil gar mit den Thatsachen in Widerspruch stehend, indem sie ein Verhalten der Krystalle supponiren, was der Wirklichkeit nicht entspricht. Namentlich aber entbehrt der hervorgehobene Haupteinwurf MALLARD's, dass in Krystallen durch Abkühlen Spannungen nicht entstehen können, so sehr aller und jeder Begründung, dass wenn MALLARD's Erklärung der optischen Anomalien mit diesem Einwurf steht und fällt, sie fallen muss.

Im Folgenden werde ich zeigen, dass, entgegen der Behauptung MALLARD's, auch in Krystallen durch schnelles Abkühlen Spannungen entstehen, dass das Verhalten dieser Krystalle mit dem anderer optisch anomaler Krystalle einerseits, gekühlter Gläser andererseits gleich ist, dass an eine Zwillingsbildung selbst im Sinne MALLARD's nicht zu denken ist, dass daher der Haupteinwurf M.'s gegenstandslos geworden ist. Weiter werde ich auf einige Widersprüche und Irrthümer M.'s näher eingehen, und somit den ausgesprochenen Wunsch M.'s erfüllen, dass man auf seine Einwürfe antworten möge. Ich bin mit M. eins in dem Wunsche, dass die Sache durchaus objectiv behandelt, und durch die Diskussion der von beiden Seiten geltend gemachten Gründe klar gestellt werden möge.

Wenn man ein Spaltungsstück von **Steinsalz** in der

Flamme eines BUNSEN'Schen Brenners vorsichtig erhitzt (nicht bis zum Schmelzen) und in Öl schnell abkühlt, so findet man es bei der Untersuchung im Polarisationsapparat doppelbrechend geworden¹: von jeder der Seitenflächen erstreckt sich ein doppelbrechendes Feld in das Innere, während da, wo zwei Felder zusammenstossen, also in der Richtung der Diagonalen das Licht nur einfach gebrochen wird, die Grenze der Sektoren wird also durch schwarze Banden gebildet; nach dem Innern zu wird die Doppelbrechung schwächer, und in der Mitte von grösseren Platten findet nur einfache Lichtbrechung statt.

Nach Einschaltung eines Gypsblättchens vom Roth I. Ordnung in der üblichen Lage werden diejenigen Sektoren blau, durch welche die kleinere Elasticitätsaxe des Gypsblättchens hindurchgeht, in jedem einzelnen Sector ist also die kleinere Elasticitätsaxe normal zur Randkante. Da bei gepresstem Steinsalz die kleinere Elasticitätsaxe normal zur Druckrichtung ist, so verhalten sich die gekühlten Spaltungsstücke wie gespannt in der Richtung der Würfelkanten, wie man es a priori nicht anders erwartet. Das beschriebene Verhalten im pol. L. ist ganz analog einer ebenso orientirten Platte von Alaun oder Granat, eine besondere Abbildung daher nicht nöthig. Bei einigen dieser Platten findet man auch an den Ecken kleine doppelbrechende Stellen, die in der Diagonalstellung auslöschen, eine Andeutung der in den folgenden, stärker erhitzten Platten hervortretenden Structur.

Erwärmt man nämlich ein anderes Stück, wegen der eintretenden Erscheinungen, am besten ein würfeliges von etwa 1 cm Kantenlänge stärker wie vorher, erst allmählig, damit es nicht springt, dann bis zum beginnenden Schmelzen und kühlt möglichst schnell in Öl, so zeigt dies ein anderes Verhalten, wie die vorigen. In der Diagonalstellung zwar ist die Erscheinung von der der vorigen nicht sehr verschieden, nur sind die schwarzen Banden, welche die Grenzen der Sektoren bilden, viel breiter; die Lage der Elasticitätsaxen ist dieselbe wie vorher (Fig. 1 a. f. S.). Bringt man aber die Platte in die Normalstellung, so dass die Würfelkanten den Schwingungs-

¹ Es ist wohl nicht nöthig zu erwähnen, dass die Stücke vor dem Erwärmen auf ihre Isotropie genau geprüft wurden.

richtungen der Nicols parallel sind, so ist sie nicht über die ganze Oberfläche hin dunkel, wie die vorige, sondern die breiten, in der Diagonalstellung schwarzen Banden sind jetzt hell, mit Ausnahme des Centrums, das in der Form eines Kreuzes dunkel bleibt; ebenso sind die in der Diagonalstellung hellen Sektoren jetzt dunkel bis auf die Streifen, auf die wir gleich näher eingehen werden. Die Erscheinung ist naturgetreu in Fig. 2 wiedergegeben; sie ist, von den Streifen abgesehen, ganz analog einer gekühlten Glasplatte von quadratischem Umriss.

Über die Lage der optischen Elasticitätsaxen giebt die Untersuchung mit dem Gypsblättchen Auskunft: die kleinere

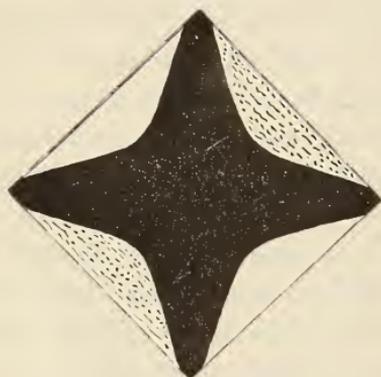


Fig. 1.

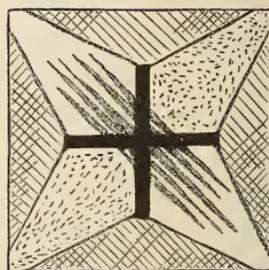


Fig. 2.

(Die nach Einschaltung des Gypsblättchens blauen Felder sind in beiden Figuren getüpfelt, die gelben weiss gelassen.)

fällt in jedem Feld mit der Längsrichtung zusammen (cf. Fig. 2). Wenn wir hier statt der Ecken Kanten supponiren (nur der bequemerer Definition wegen), so können wir sagen: bei dem gekühlten Steinsalz ist in allen Sektoren die kleinere optische Elasticitätsaxe normal zur Randkante eines jeden. Wir werden sehen, dass dies bei dem gekühlten Sylvin nicht so ist.

Nimmt man statt des würfeligem ein längliches Stück, so stossen die von den Ecken ausgehenden Sektoren nicht aneinander, wie hier, sondern es bleibt in der Mitte ein von der Länge des Stücks abhängiger, isotroper Streifen.

Neben den beschriebenen Erscheinungen beobachtet man i. p. L. an den Platten der ersten, besonders aber der zweiten

Art dieselben in der Richtung der Diagonalen verlaufenden, den seitlichen Granatoöderflächen parallel gehenden Streifensysteme, wie wir sie vom gepressten Steinsalz her kennen.

Dieselben sind bald sehr fein und dicht aneinander gedrängt, sich mehr oder weniger durchkreuzend, bald ziehen sie als grobe, verschwommene Streifen den ganzen Krystall; die feinen finden sich nur an dem Rand, wo die stärkste Erwärmung und die schnellste Abkühlung stattgefunden hat.

In Fig. 2 habe ich versucht, den Verlauf der Streifen wiederzugeben; die Richtung und Kreuzung derselben ist naturgetreu, die scharfe Begrenzung weniger. Wegen der Dicke der Präparate scheinen unter dem Mikroskop die Streifen mehr oder weniger verschwommen und in einander übergehend; bei einer vollkommen genauen Wiedergabe würde daher das Wesentliche durch das Unwesentliche verdeckt worden sein. Die groben Streifen in der Mitte gehen in dem vorliegenden Präparat nur nach einer Richtung.

Die Auslöschung der Streifen tritt in der Diagonalstellung der Platten ein, jedoch ist sie häufig scheinbar schwankend und um so schwieriger zu bestimmen, je feiner und dichter gedrängt die Streifen sind. Die Streifen treten ja nur dadurch hervor, dass einfach- und doppeltbrechende Stellen, oder solche, in denen die Lage der optischen Elasticitätsachsen eine verschiedene ist, mit einander abwechseln; bei den verhältnissmässig dicken Platten liegen nun solche verschiedenartige Streifen nicht nur neben, sondern auch über einander, und daher kommen die scheinbaren Schwankungen in der Auslöschung; wenn man das Präparat bei gekreuzten Nicols dreht, so wird bald der eine, bald der andere Streifen dunkel, um nach weiterem, geringem Drehen wieder hell zu werden. Am besten treten die Streifen in einer Zwischenstellung hervor.

Die Lage der optischen Elasticitätsachsen gegen die Richtung der Streifen ist nicht constant, bald fällt die kleinere, bald die grössere Elasticitätsaxe mit der Längsrichtung derselben zusammen.

Das ganze Verhalten dieser Streifen und noch besonders ihr Verhalten in der Wärme, auf das ich sogleich zu sprechen

komme, ist mit dem des Leucits so vollkommen gleich, dass ich keinen wesentlichen Unterschied zwischen beiden aufzufinden vermag.

Beiläufig mag bemerkt sein, dass ein Unterschied in dem spezifischen Gewicht des nicht gekühlten und gekühlten Steinsalzes nicht constatirt werden konnte; dasselbe war in beiden Fällen gleich 2,167.

Bringt man nun eine dieser durch schnelles Abkühlen doppeltbrechend gewordenen Platten in ein mit Erhitzungsvorrichtung versehenes Mikroskop und erwärmt, so wird sie schon nach schwachem Erwärmen einfachbrechend, nach Wegnahme der Flamme wieder doppeltbrechend; sobald sie einfachbrechend geworden ist, sind auch die Streifen verschwunden. Wenn man stärker erhitzt, so bleibt sie, so lange dies fort-dauert, einfachbrechend und wird nach dem allmählichen Abkühlen bedeutend schwächer doppeltbrechend, wie vorher. Offenbar werden die Moleküle in dem auf verhältnissmässig rohe Weise in Spannungszustand versetzten Körper nur mit einer geringen Kraft in ihrer anomalen Lage gehalten und bekommen durch das Erwärmen genügende Beweglichkeit, um ihre normale Lage wieder einnehmen zu können.

Ogleich diese angeführten Thatsachen zu Gunsten der Spannungsannahme sprechen, könnte MALLARD vielleicht doch entgegnen: „Die Ähnlichkeit mit gekühlten Gläsern ist nur eine zufällige, ein Spannungszustand ist bei Krystallen ganz unmöglich; ich betrachte dies Verhalten als den Ausdruck einer Zwillingbildung, die in Folge des schnellen Abkühlens eingetreten ist; es beweist mir dies die Feldertheilung und namentlich das Verhalten in der Wärme. Das Steinsalz ist dimorph und verhält sich ebenso wie Leucit.“ Das letzte gebe ich zu, aber dimorph ist Steinsalz nicht; man müsste sonst, gleiches aus gleichem Verhalten schliessend, auch Glas als dimorph betrachten; denn sein Verhalten ist ganz dasselbe wie das des Steinsalzes: es wird durch schnelles Abkühlen in Öl doppeltbrechend, zeigt, wenn es dieselbe Form hat, dieselbe Feldertheilung, wird durch Erwärmen lange vor dem Schmelzen einfachbrechend und, wenn nicht zu stark und zu lange erhitzt wurde, nach der Entfernung

der Flamme wieder doppeltbrechend, alles genau wie bei Steinsalz. Glas aber ist seither selbst von MALLARD nicht als dimorph betrachtet worden.

Sylvin, schnell gekühlt, verhält sich in Bezug auf doppeltbrechend werden und Feldertheilung wie Steinsalz, jedoch sind die Lagen der optischen Elasticitätsaxen hier andere und ganz eigenthümliche. Betrachten wir wieder ein schnell gekühltes würfeliges Spaltungsstück, so zerfällt dies im Polarisationsapparat ebenso in Sektoren, wie wir es bei der zweiten Steinsalzplatte gesehen haben, aber in den von den Würfelkanten ausgehenden Sektoren ist die kleinere Elasticitätsaxe nicht normal zu der Kante, wie bei Steinsalz, sondern derselben parallel, während sie in den von den Ecken ausgehenden Feldern mit deren Längsrichtung, wie bei Steinsalz, zusammenfällt. Erinnern wir uns nun, dass bei einem Drucke normal zu zwei seitlichen Würfelflächen bei dem Sylvin die kleinere, optische Elasticitätsaxe mit der Druckrichtung zusammenfällt¹ (bei Steinsalz ist sie normal zur Druckrichtung), so würden wir zunächst schliessen, dass der gekühlte Sylvin wie gespannt wäre in der Richtung der Kanten, wie gepresst aber in der Richtung der Diagonalen. Da dies Verhalten aber ein ganz unerklärliches wäre, so untersuchte ich das Verhalten des Sylvins gegen einen normal zu zwei gegenüberliegende, angeschliffene Granatoëderflächen ausgeübten Druck und fand, das hierbei die kleinere optische Elasticitätsaxe normal zur Druckrichtung zu stehen kommt. Die verschiedene Lage der optischen Elasticitätsaxen in dem gekühlten Sylvin nimmt hiernach nicht weiter Wunder, er ist wie Steinsalz in der Richtung der äusseren Kanten und Ecken gespannt; aber das eigenthümliche, verschiedene Verhalten gegen Druck in verschiedenen Richtungen bedarf noch der Aufklärung.

Ebenso wie Steinsalz und Sylvin wird auch **Flussspath** durch schnelles Abkühlen doppeltbrechend, er ist aber zur Untersuchung weniger geeignet wie diese, da er sehr rissig wird, während Steinsalz und Sylvin vollkommen klar bleiben und bei gut gelungenen Präparaten nicht einmal von Sprüngen durchsetzt werden. Immerhin zeigt dies weitere Beispiel,

¹ Dies. Jahrb. 1886. I. p. 233.

dass das beschriebene Verhalten ein ganz allgemeines ist; es besteht nicht die geringste Schwierigkeit, in Krystallen durch Abkühlen Spannung hervorzurufen.

Nachdem somit der Haupteinwurf MALLARD's widerlegt ist, wende ich mich zu einigen anderen Punkten seiner Abhandlung, zunächst zum **Alaun**.

Wenn man liest, was MALLARD hier über den Alaun sagt, so scheint es beinahe, als ob er die hierauf bezügliche Litteratur in den letzten zehn Jahren nur wenig verfolgt habe. Trotz aller Einwendungen hält er an der Annahme fest, die er schon in seiner ersten Arbeit über optische Anomalien gemacht hat, dass der Alaun dimorph sei, regulär und hexagonal; im letzteren Falle sei er zusammengesetzt aus acht pyramidalen Krystallen, deren Basis je eine Oktaëderfläche wäre. Dieser Annahme widerspricht aber, worauf schon KLOCKE¹ aufmerksam gemacht hat, die Thatsache, dass Platten parallel O (111) bei gekreuzten Nicols nicht, wie sie sein müssten, dunkel sind, sondern immer hell in der bekannten Weise. Man könnte also höchstens den Alaun als rhombisch betrachten, aber die Annahme des Dimorphismus würde noch nicht zur Erklärung genügen, da die doppeltbrechenden Krystalle mit vicinalen Flächen in ihrem optischen Verhalten sich mehr dem triklinen System nähern². Man müsste also mindestens Trimorphismus annehmen, und wenn die Beobachtungen MALLARD's, dass aus einem Krystall Platten $//\infty 0\infty$ (100) zwischen gekreuzten Nicols hell werden, solche $//O$ (111) aber dunkel bleiben, richtig sind, gar Tetramorphismus! Hier von abgesehen würden wir für den Alaun folgendes Verhalten haben: Triklin würde er sein, wenn er durch isomorphe Beimischung doppeltbrechend ist und Vicinalflächen hat, rhombisch, wenn er doppeltbrechend aber ohne Vicinalflächen ist, regulär, wenn er rein, also einfachbrechend ist, gleichgültig ob mit oder ohne Vicinalflächen. Triklines System ohne Vicinalflächen oder rhombisches System mit Vicinalflächen würden sich demnach ausschliessen. Einen derartigen Schluss zu ziehen, halte ich aber nicht für gerechtfertigt, betrachte viel-

¹ Dies. Jahrb. 1880, I. p. 56.

² Dies. Jahrb. 1885, I. p. 108.

mehr den Alaun in allen Fällen als regulär und den doppeltbrechenden als optisch anomal.

Auf einen andern Widerspruch in Betreff des Alauns will ich nur kurz hinweisen. Die einfachbrechenden Alaunkrystalle sind nach MALLARD zusammengesetzt aus unendlich dünnen, immer gegenseitig in Zwillingsstellung befindlichen Lamellen hexagonaler Individuen; wegen der innigen Durchdringung derselben wird das durchfallende Licht nur einfach gebrochen. Wenn aber ein Krystall aus hexagonalen Individuen besteht, so ist er doch nicht regulär, sondern hexagonal und die Substanz daher nicht dimorph. Dies nur nebenbei.

Weiterhin kommt MALLARD auf die früher von mir gemachte Beobachtung¹, dass nur die Alaune etc. mit isomorpher Beimischung doppeltbrechend sind, zu sprechen und meint, um dies mit seiner Hypothese in Einklang zu bringen, sei es nur nöthig anzunehmen: „que le mélange des substances isomorphes influe sur la production des groupements cristallines.“ Die von mir gemachte Annahme aber, dass „die in einem Mischkrystall neben einander liegenden Moleküle der verschieden Substanzen sich gegenseitig beeinflussen“ und so die Spannungsdoppelbrechung hervorrufen, bezeichnet er wenige Seiten später als absolut hypothetisch, und sagt, wenn eine solche Beeinflussung stattfände, wäre es unmöglich, anzugeben, welche Erscheinungen sie hervorrufen würde. Dies ist gewiss in sofern richtig, als wir a priori bis jetzt nicht wissen können, ob und wie in einem concreten Falle eine solche Beeinflussung statt findet, dass aber durch isomorphe Beimischung in den Krystallen Erscheinungen hervorgerufen werden, welche mit Spannungserscheinungen in jeder Beziehung gleich sind, ist Thatsache, und hieran halte ich mich, die genaue Aufklärung, wodurch dies kommt, der Zukunft überlassend. Wenn übrigens MALLARD die Annahme, dass die Moleküle sich gegenseitig beeinflussen, als absolut hypothetisch verwirft, wie kann er dann seine Annahme, que le mélange etc. noch rechtfertigen? Was sagt diese denn principiell anderes aus? Übrigens hat MALLARD früher die Möglichkeit gegenseitiger Beeinflussung der in einem Mischkrystall neben einander

¹ Dies. Jahrb. 1883, II. p. 102.

liegenden chemisch differenten Moleküle zugegeben (cf. dies. Jahrb. 1883, II. p. 108).

Wenn nun MALLARD weiterhin sagt, dass keine andere als seine Hypothese die Constanz der optischen Eigenschaften derselben Substanz erkläre, so ist dagegen zu bemerken: erstens, dass eine solche Constanz gar nicht besteht, wie unter andern der Granat zeigt, der an demselben Fundort (Jordansmühl z. B.) in einfach- und doppeltbrechenden Krystallen vorkommt; zweitens, dass, wo eine solche Constanz in den optischen Eigenschaften selbst bei Krystallen verschiedener Fundorte besteht, da auch die äussere Begrenzung dieselbe ist; diese ist aber, wie die zahlreichen Arbeiten über optisch anomale Krystalle durchgehends gezeigt haben, das die optische Structur bestimmende. Dies sich gleich bleibende Verhalten ist immer zu Gunsten der Annahme von Spannungen geltend gemacht worden. Hier bei MALLARD finden wir dies aber nicht nur im Einklang mit seiner Hypothese, sondern noch viel mehr. Nachdem er hervorgehoben hat, dass der Zusammenhang der optischen Structur mit der äusseren Begrenzung immer gegen seine Hypothese geltend gemacht werde, fährt er wörtlich fort: „Mais il est bien évident que, d'après les lois les plus constantes de la cristallographie on doit s'attendre à observer en effet une certaine influence de l'arrangement intérieur du groupement sur la forme extérieur. La cristallographie géométrique tout entière n'est même que l'étude des influences que l'arrangement intérieur d'une substance exerce sur sa forme extérieur. L'observation en question, en lui donnant même une précision et une netteté qu'elle est loin de posséder, n'est donc en aucune façon contraire à mes idées.“ Für diese Behauptung in diesem Zusammenhang mangelt mir jedes Verständniss und ich muss annehmen, dass MALLARD etwas anderes hierbei gedacht hat, als man den Worten entnehmen kann.

Auf einen weiteren Einwurf MALLARD's, dass bei Annahme von Spannungen nicht erklärt werden könne, warum alle Krystalle des doppeltbrechenden Alauns aus vier einaxigen, in der oben erwähnten Weise gruppirten, einfachen Krystallen besteht, braucht hier nicht weiter eingegangen zu werden, weil die Behauptung nicht richtig ist, und weil über den

Alaun das Nöthige bereits gesagt ist. Wenn aber MALLARD, auf diesem Einwurf fussend, weiter folgert: „Je suis donc en droit de dire que ces hypothèses sont toutes impuissantes à donner des faits une véritable et complète explication“, so vermag ich nicht, ihm in dieser Beweisführung zu folgen, halte vielmehr die Annahme von Spannungen in Krystallen für wohl berechtigt und nach allen Analogien auch für geeignet zur Erklärung der optischen Anomalien in Krystallen.

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](#)

Autor(en)/Author(s): Brauns Reinhard Anton

Artikel/Article: [Zur Frage der optischen Anomalien 47-57](#)