

Ueber einige optische Eigenschaften optisch anomaler Krystalle und deren Nachahmung durch gespannte und gepresste Colloide.

Von

F. Klocke in Freiburg i. B.

Mit Tafel X.

1. Inhaltsübersicht.

In früheren Mittheilungen über optisch anomale Krystalle habe ich einige optische Erscheinungen derselben angegeben*, welche mir mit der MALLARD'schen Erklärung der optischen Anomalien durch Zwillingsverwachsungen unvereinbar scheinen und mich deshalb der Ansicht REUSCH's angeschlossen, dass sich optisch anomale Krystalle als Individuen betrachten lassen, deren Molecularstructur durch innere Spannungen verändert ist. Ich habe seitdem einige neue Beobachtungen und Versuche gemacht**, welche meine früheren Angaben erweitern und meine Anschauungen bezüglich der optischen Anomalien bestätigen. Sie beziehen sich hauptsächlich auf die in parallelem polarisirten Licht in optisch anomalen Krystallplatten auftretenden, bei der Drehung der Platten beweglichen dunkeln geraden Linien und Curven und auf das Verhalten derselben bei einseitigem Druck,

* Dieses Jahrbuch 1880. I. p. 53, p. 158. II. p. 97, p. 13 der Referate. 1881. I. p. 24, p. 204.

** Berichte über die Verhdlgn. d. naturforsch. Ges. zu Freiburg i. B. Bd. VIII. Heft 1. p. 31—54.

sowie auf die Nachahmung der Erscheinungen optisch anomaler Krystalle durch gespannte oder gepresste Colloide. Die Resultate dieser Arbeiten sollen, mit Einschaltung einiger weiterer bezüglicher Beobachtungen, besonders an Idokras und Apophyllit (§§. 5 und 7) hier wiedergegeben werden. In §. 2 ist die Einrichtung beschrieben, welche ich am Polarisations-Apparat für paralleles Licht getroffen habe, um die Erscheinungen optisch anomaler Krystalle bequem untersuchen zu können. Anhangsweise finden sich meine früheren Angaben über Alaun und Bleinitrat vervollständigende Beobachtungen über das Auftreten von Achsenbildern in convergentem Licht bei diesen Substanzen mitgetheilt.

2. Beobachtungs-Apparat.

Sind die zu untersuchenden Platten sehr gross oder handelt es sich nur um einen vorläufigen orientirenden Überblick, so genügt die Anwendung des dem Universal-Apparat entnommenen Polarisations-Instrumentes für paralleles Licht, welches mit dunkeln Schirmen zur Abhaltung des störenden Seitenlichtes verbunden wird. Zur Untersuchung kleinerer Platten, besonders aber zur Auflösung complicirterer und bei der Drehung der Platte veränderlicher Figuren, reicht die Betrachtung mit blossem Auge nicht mehr hin und es bedarf einer Vergrösserung der Polarisationsbilder.

Zu diesem Zwecke schalte ich jetzt am unteren Ende des (im Übrigen nur den Analysator tragenden) Ocularrohres eine Convex-Linse von 10—15 mm Brennweite ein, welche sich mittelst einer federnden Fassung leicht von unten her einschieben und wieder entfernen lässt.

Das zur Bestimmung des Charakters der Doppelbrechung (in parallelem Licht) erforderliche Gypsblättchen füge ich, um das ganze Gesichtsfeld gleichmässig gefärbt zu erhalten, unmittelbar unter dem analysirenden Nicol ein. Es ist derartig zwischen zwei Glasstreifen gefasst, dass die kleinere optische Elasticitätsachse des Blättchens parallel den langen Seiten derselben liegt.

Durch zwei im Ocularrohr diametral gegenüberliegende Schlitze wird das Gypsblättchen eingeschoben und erhält dadurch

die für die Bestimmungen erforderliche bekannte Orientirung, dass man von vorn herein das Ocularrohr so dreht, dass die Verbindungslinie der Mittelpunkte der Schlitze die Schwingungsebenen der Nicols des Apparates unter einem Winkel von 45° schneidet.

Diese Einrichtung ist deshalb besonders bequem, weil man das Gypsplättchen orientirt einfügen und entfernen kann, ohne an der Einstellung der Nicols und der des Präparates etwas ändern zu müssen, und weil bei diesem Arrangement die Krystallplatte unabhängig von dem festbleibenden Gypsblättchen auf dem Objecttisch gedreht werden kann*.

Reicht die durch eine solche Linse erzielte Vergrößerung nicht mehr aus, so geht man zum Mikroskop über**.

3. Bewegliche dunkle Curven in parallelem polarisirten Licht.

In einer früheren Arbeit habe ich mitgetheilt, dass ein nach einer Oktaëderfläche tafelförmig ausgedehnter optisch aktiver Alaunkrystall in parallelem polarisirten Licht bei gekreuzten Nicols auf hellblaugrauem Grunde schwarze Streifen zeigt, von denen sechs die Mitte der Fläche mit den sechs Eckpunkten der Tafel verbinden. Die Platte wird dadurch in sechs optisch unter sich gleiche, aber verschieden orientirte zweiachsige Felder getheilt, welche parallel und senkrecht zu den Randkanten auslöschen. Die Untersuchung mit einem empfindlichen Gypsblättchen ergiebt ferner, dass bei der Mehrzahl der aktiven Alaunkrystalle die Richtung der kleineren Elasticität parallel den

* Herr R. Fress in Berlin fertigte nach meiner Angabe die beschriebene Vorrichtung an und wird dieselbe künftig auf Verlangen dem Universal-Apparat hinzufügen.

** Um die Erscheinungen in der ganzen Platte auf einmal übersehen zu können, muss das Instrument auch auf die Anwendung sehr schwacher Vergrößerungen eingerichtet sein, was bei der Mehrzahl der jetzt verhandelten mineralogischen Mikroskope nicht der Fall ist. Zu meinen Beobachtungen diente ein vorzügliches, mit allen modernen Einrichtungen für optisch-krystallographische Untersuchungen ausgestattetes Mikroskop aus dem optischen Institut der HH. SEIBERT & KRAFFT, E. GUNDLACH's Nachfolger in Wetzlar, welches bis auf eine nur 20fache Linearvergrößerung herabzugehen gestattet.

Randkanten, in selteneren Fällen dagegen senkrecht zu denselben liegt.

Die erwähnten sechs schwarzen Streifen verlaufen nicht scharf geradlinig, sondern sind etwas geknickt und gewellt und werden beiderseits von einem allmählich in die Helligkeit der Platte übergehenden Saume eingefasst. Bei einer Drehung der Platte um die Richtung der einfallenden Lichtstrahlen als Achse erleiden, wie ich es bereits früher* beschrieb, die Streifen eine kleine seitliche Verschiebung und wandern in dem der Plattendrehung entgegengesetzten Sinne. Je vier derselben verschwinden in der in solchen sechsseitigen Platten nach jeder Drehung von 30° eintretenden Auslöschung zweier Sektoren. Nicht alle sechs Banden sind gleichzeitig gleich dunkel, sondern jede derselben hellt sich auf und verschwindet, wenn sie mit den Nicolhauptsnitten einen Winkel von 45° bildet. Stellt die oktaëdrische Platte gerade ein regelmässiges Sechseck dar, so tritt dieser Fall für je zwei Streifen gleichzeitig ein und es bleiben nur vier Streifen übrig (Taf. X. Fig. 1).

Bei der Erklärung dieser dunklen Streifen nach MALLARD'scher Auffassung würden dieselben als Zwillingsgrenzen benachbarter Individuen zu betrachten sein, die durch keilförmige Überlagerung sich optisch compensiren. In diesem Falle müsste aber ein solcher Streifen an einen bestimmten Ort der Krystallplatte gebunden sein und könnte denselben nicht verändern.

Durch die Güte meines verehrten Freundes Prof. F. ULRICH in Hannover bin ich in den Besitz von stark aktiven Alaunkrystallen gekommen, welche die Beweglichkeit jener sechs dunklen Streifen in sehr viel höherem Maasse zeigen, als es bei meinen bisherigen Krystallen der Fall ist. Bei einer Anzahl derselben ist der Bezirk, in welchem sie bei der Plattendrehung hin- und hergehen, schon ziemlich breit und schränkt die einheitlich parallel und senkrecht zu den Randkanten der Platte auslöschenden Felder bedeutend ein**.

* Dies. Jahrbuch 1880. I. p. 58, 159.

** Mit dem Gypsblättchen combinirt können solche Platten immerhin noch Theilung in Felder aufweisen, natürlich aber ohne scharfe Grenzen. Denn das Gypsblättchen ist zwar ein sehr empfindliches Reagens auf Intensität der Doppelbrechung, nicht empfindlich ist es dagegen für

Bei einigen Krystallen verschwinden endlich die sonst vorhandenen sechs Felder fast vollständig. Die Platte zeigt gar keine einheitlich auslöschenden Partien mehr, sondern bleibt in allen Lagen mit bläulich weissem Licht aufgehellt und die dunklen Streifen wandern über die Platte in ihrer ganzen Ausdehnung hinweg. Sie sind hier besonders unregelmässig geknickt und gebogen, und in gewissen Lagen des Präparates treten noch kurze schwarze Curven und Flecken hinzu.

Die Erscheinung ist dem Anblick nach identisch mit dem Verhalten einer von zwei Punkten her comprimierten Glas- oder gallertartigen Gelatineplatte in parallelem Licht. Ebenso bietet eine dünne mit seitlicher Spannung eingetrocknete Gelatineplatte die Erscheinung in typischer Form dar. Analog wie bei solchen ungleichförmig comprimierten und dilatirten Platten amorpher Körper wird man daher auch bei sich derartig verhaltenden Krystallen annehmen müssen, dass die Lage des optischen Elasticitätsellipsoides von Punkt zu Punkt sich ändert und dass die dunklen Streifen sich aus denjenigen Theilen der Platte zusammensetzen, welche gerade in der Auslöschungslage befindlich sind.

Durch die Drehung der Platte kommen neue Theile in diese Lage, während die bisher ausgelöschten sich aufhellen, und hiermit werden Gestalt und relative Lage der Streifen im Allgemeinen sich ändern. Die schattigen Säume, welche die Streifen umfassen, erklären sich hierbei als durch diejenigen Theilchen hervorgebracht, welche erst nahezu in der Auslöschungslage befindlich sind und das Auftreten dieser Säume sowie das scheinbar gleichförmige Fortschreiten der dunklen Streifen beweist, dass die Änderung in der Lage des Elasticitätsellipsoides von einem Theilchen zum andern keine sprungweise sondern eine stetige

kleine Veränderungen in der Lage der Elasticitätsachsen der zu untersuchenden Krystallplatte. Lassen wir z. B. ein normales doppeltbrechendes Krystallblättchen unter dem Gyps rotiren, so dass also seine Hauptausbreitungsrichtungen nach und nach alle möglichen Winkel mit den Elasticitätsachsen des Gypsblättchens durchlaufen, so bleibt die Farbe des Krystalls einen ganzen Quadranten hindurch dieselbe und ändert nur ihre Intensität. Erst im benachbarten Quadranten schlägt die Additionsfarbe in die Subtractionsfarbe um.

ist. Bei denjenigen Krystallen, bei denen die Streifen über die zwischen noch vorhandenen einheitlich auslöschenden Feldern sich einschiebenden Grenzpartien gleichmässig hinwegwandern, findet demnach innerhalb der der einheitlichen Auslöschung ermangelnden Grenzbezirke ein allmählicher Übergang der Lage des Ellipsoids von einem einheitlich auslöschenden Felde durch den Grenzbezirk hindurch zum benachbarten Felde statt.

Manche, äusserlich übrigens gut gebildete Alaunkrystalle sind statt der bisher besprochenen sechs dunkeln Streifen von ganz unregelmässig verlaufenden und sich kreuzenden schwarzen Curven, Streifen und Flecken durchzogen, die bei Drehung des Präparates fortwährend Gestalt und Lage ändern, so dass in keiner Stellung eine Auslöschung der Platte mehr stattfindet.

Diese letztere Erscheinung zeigen auch mehrere in meiner Sammlung befindliche, parallel zur geraden Endfläche geschnittene Platten von Idokras und Apophyllit. Als Beispiel sei hier in Fig. 7 der Anblick dargestellt, den eine Spaltungsplatte des Apophyllit von Orawicza darbietet, wenn ihre Seitenkanten in die Nicolhauptschnitte fallen.

Aus der vollkommenen Analogie mit dem Verhalten ungleichförmig comprimierter Colloide geht hervor, dass Krystalle, die die wandernden dunkeln Streifen in parallelem Licht zeigen, sich in einem Spannungszustande befinden oder Verhältnissen unterlagen, welche die hervorgerufenen optischen Störungen zu bleibenden gemacht haben.

4. Verschiebung der dunklen Streifen durch seitlichen Druck.

Bringt man durch Druck auf zwei gegenüberliegende Punkte des Randes einer Glastafel die im vorigen Paragraphen beschriebenen schwarzen Curven hervor*, fixirt die Platte in irgend einer Stellung und ändert den Druck durch Anziehen oder Nachlassen der Druckschraube des Apparates, so ändert sich die Gestalt und Lage der Curven. In viel höherem Grade noch ist dies der Fall bei weichen Gelatine-Platten.

* Weit geeigneter als die zu diesem Versuch gewöhnlich angewandten dicken Glasstücke sind dünnere Glasplatten, etwa von der Dicke der gewöhnlichen Objectträger.

Dieselbe Verschiebbarkeit durch seitlichen Druck zeigen die schon vorhandenen dunklen Streifen der Platten aus optisch anomalen Krystallen.

Da bei dem angewandten Druck die Deformirung der Platten unmerklich, dagegen die Verschiebung der schwarzen Streifen eine relativ sehr bedeutende ist, so ergibt sich hieraus, dass letztere nicht etwa die Deformirung der Platten zur Anschauung bringen. Durch die Veränderung des schon bestehenden Druckes wird auch eine Veränderung der ganzen Spannung der Platten und damit eine zum Theil veränderte Orientirung der optischen Elasticitätsachsen einzelner Theilchen herbeigeführt. Jedenfalls zeigt die schon bei schwachem Druck bedeutende Ortsveränderung der Streifen, dass dieselben keine an den Ort gebundene Zwillingsgrenzen sein können.

Speciell in dieser Beziehung untersucht habe ich Alaun, Idokras und Apophyllit.

Alaun. Wird auf zwei gegenüberliegende Punkte des Randes einer oktaëdrischen Platte mit deutlicher Sechstheilung in der Lage der Fig. 1 Taf. X, durch eine passende kleine Presse ein Druck in der Richtung ausgeübt, wie es die Pfeile der folgenden Figuren anzeigen, so ist die eintretende Verschiebung die durch Fig. 2 dargestellte, wenn die kleinere Elasticitätsachse in den 6 Feldern der Alaunplatte ursprünglich parallel den Randkanten lag. Ist die Richtung der kleineren Elasticität jedes Feldes dagegen ursprünglich senkrecht zur Randkante, so erfolgt die Verschiebung der Streifen im entgegengesetzten Sinne und ist die in Fig. 3 wiedergegebene*.

Platten parallel einer Hexaëderfläche, die von einem dunklen Kreuz in diagonaler Stellung durchzogen werden, zeigen, je nach Lage der optischen Elasticitätsachsen des zu dem Versuch verwendeten Krystalls, die in Fig. 5 oder 6 gezeichnete Verschiebung des Kreuzes.

Idokras v. d. Mussa-Alpe. Eine parallel der geraden Endfläche geschnittene, seitlich von den Flächen des Prismas erster Ordnung begrenzte Platte zeigte sehr schön ein dunkles

* Die beiden zur Druckrichtung senkrechten Streifen der Platte sind in der gewählten Stellung aufgehellt.

diagonales Kreuz auf hellem Grunde. Die kleinere der beiden in die Plattenebene fallenden Elasticitätsachsen lag in jedem der 4 Felder senkrecht zur Randkante (Fig. 4). Die Verschiebung der 4 Streifen durch einen senkrecht auf zwei gegenüberliegende Prismaflächen ausgeübten Druck war die in Fig. 5 angegebene.

Apophyllit von Andreasberg. Eine Spaltungsplatte aus der pyramidalen Spitze eines Krystals zeigte ebenfalls das schwarze, in die vertikalen Axenebenen fallende Kreuz. In den 4 zweiachsigen Feldern lag aber, umgekehrt wie beim Idokras, die kleinere Elasticitätsachse parallel den Randkanten. In gleicher Weise gepresst, zeigte der Apophyllit die Verlegung der Streifen in entgegengesetztem Sinne, wie es beim Idokras der Fall war (Fig. 6).

Platten dieser drei Substanzen mit unregelmässig vertheilten dunklen Streifen und Curven liessen beim Eintreten eines seitlichen Druckes ebenfalls eine auffallende Bewegung derselben erkennen.

Bei Aufhebung des Druckes bewegten sich in allen hier angeführten Fällen die Streifen in ihre ursprüngliche Lage zurück.

Die hier am Idokras beschriebene Erscheinung lässt sich sehr leicht in einer halbweichen Gelatine-Platte hervorrufen. Schneidet man dieselbe in Form eines Quadrates aus (am handlichsten für das Stauroskop von 4 mm Dicke und 1,5 ctm Kantenlänge) und übt von allen 4 Ecken gleichzeitig nach der Mitte einen schwachen Druck aus, so erhält man auf hellgelblichem Grunde das schwarze Kreuz Fig. 4.

Bei starkem Druck treten bekanntlich farbige Figuren auf wie in den gehärteten Gläsern. Hat man mehrmals hintereinander die Platte in der Richtung der Diagonalen stark gedrückt, so verschwindet die Doppelbrechung der Platte nach Aufhören des Druckes nicht mehr ganz, sondern die Figur 4 erhält sich in der Platte nunmehr längere Zeit von selbst. Drückt man in diesem Zustande der Platte leise mit den Fingern auf die Mitten zweier gegenüberliegenden Seitenflächen, so erleidet das diagonale Kreuz dieselbe Umänderung, wie in der Idokrasplatte (Fig. 5), nur dass bei der Gelatine die Curven eine viel grössere Strecke durchwandern, als an jenem Mineral. Nach

dem Aufhören des seitlichen Druckes stellt sich das diagonale Kreuz wieder her.

5. Veränderung des Winkels der optischen Achsen durch Druck bei Idokras und Apophyllit.

Übt man auf eine parallel zur geraden Endfläche geschnittene Platte eines optisch einachsigen Minerals einen Druck senkrecht zur optischen Achse aus, so wird das einachsige Interferenzbild der Platte bekanntlich in ein zweiachsiges umgewandelt und die Ebene der optischen Achsen stellt sich bei optisch positiven Substanzen in die Druckrichtung, bei negativen senkrecht zu derselben.

Eine einfache Überlegung erklärt dieses verschiedene Verhalten. In einem negativen Krystall liegt die Richtung der grösseren optischen Elasticität parallel zur Hauptachse ϵ . Durch einen $\perp c$ ausgeübten Druck wird in der Druckrichtung die optische Elasticität vergrössert, senkrecht darauf in Folge der Dilatation der Platte in dieser letzteren Richtung verkleinert. Die ursprünglich in der Plattenebene nach allen Richtungen gleiche Elasticität erhält dadurch ein Maximum in der Druckrichtung (b Fig. 8) und senkrecht dazu ein Minimum (c). Da aber von vornherein die Elasticität $// c > \perp c$, so bleibt c die Richtung der grösseren Elasticität (a)*, und die optische Achsenebene fällt in die durch a und c bestimmte Ebene, d. h. sie stellt sich senkrecht zur Druckrichtung.

In einem positiven Krystall, in welchem $// c$ die Richtung der kleineren Elasticität liegt, wird in der Druckrichtung die in diesem Sinne schon ursprünglich grössere Elasticität noch mehr vergrössert, senkrecht darauf in der Plattenebene etwas verkleinert. Die letztgenannte Richtung (b Fig. 9) wird dadurch die Richtung kleinster Elasticität in der Plattenebene und mitt-

* Vorausgesetzt, dass der angewandte Druck sich innerhalb solcher Grenzen hält, dass nicht das ursprüngliche Verhältniss der Elasticitätsachsen geradezu umgekehrt und die Druckrichtung b die Richtung der grössten Elasticität wird. In diesem Falle würde die Ebene der optischen Achsen nicht mehr $// c$ sondern $\perp c$ sich einstellen.

Bei dem Versuch diesen Punkt mit einer Idokrasplatte zu erreichen, zersprang dieselbe.

lerer Elasticität in Bezug auf den Krystall. Die optische Achsen-ebene wird daher durch a und c bestimmt, d. h. sie stellt sich in die Druckrichtung.

An Platten von Idokras (neg.) und Apophyllit (pos.), welche wirklich einachsige Partien enthielten, konnte ich dies Verhalten leicht verificiren.

Manche parallel der geraden Endfläche geschnittene Platten dieser beiden Mineralien zeigen nun aber Viertheilung in optisch zweiachsige Felder, in denen die Tracen der Achsenebenen senkrecht zu den Randkanten liegen (wie in Fig. 10 angedeutet ist). Im Hinblick auf das eben geschilderte Verhalten dieser Mineralien bei seitlichem Druck wird man daher sagen können: jedes Feld verhält sich bei dem positiven Apophyllit so, als ob es parallel mit der anliegenden Combinationskante zum Prisma, — senkrecht dazu bei dem negativen Idokras — gespannt wäre.

Denkt man sich nun senkrecht auf zwei gegenüberliegende Prismaflächen, z. B. auf die in Fig. 11 durch die Pfeile bezeichneten, einen Druck ausgeübt, so müsste danach beim Idokras der Achsenwinkel im 1. und 3. Felde ab-, im 2. und 4. Felde zunehmen, da durch eine derartige Compression die im Krystall bestehende Spannung im 1. und 3. Felde vermindert, im 2. und 4. Felde vermehrt wird.

Bei einer Apophyllitplatte dagegen wird der Achsenwinkel bei gleicher Druckrichtung in Feld 1 und 3 vergrößert, in Feld 2 und 4 verkleinert werden.

Die angestellten Versuche bestätigten dies Verhalten an beiden Mineralien.

Bei fortwährend gesteigertem Druck muss beim Idokras in den Feldern 1 und 3 ein Moment der Einachsigkeit eintreten, dann der Achsenwinkel sich in der zur Druckrichtung senkrechten Ebene wieder öffnen und in diesem Sinne sich nun vergrößern. Die Idokrasplatten vertrugen einen hinreichenden Druck, um die Umstellung der Achsenebene in den Feldern 1 und 3 erkennen zu lassen (Fig. 11).

Ich habe früher schon mitgetheilt*, dass in den vierfeldrigen zweiachsigen Idokrasplatten der Achsenwinkel in der Mitte

* N. Jahrbuch 1881. I. p. -204-

der Platte gleich Null ist und nach den Rändern zu stetig wächst. Bei dem hier beschriebenen Druckversuche wird deshalb der Moment der Einachsigkeit in den Feldern 1 und 3 nicht für alle Punkte derselben zu gleicher Zeit, sondern nahe der Mitte früher eintreten als an den Rändern. In einem bestimmten Augenblick des langsam zunehmend gedachten Druckes wird z. B. (vergl. Fig. 12) nahe der Randkante des Feldes noch die ursprüngliche Achsenebene, aber mit kleinem Achsenwinkel vorhanden sein, mehr nach der Mitte zu Einachsigkeit herrschen und nächst dem Mittelpunkt der Platte wird die Achsenebene sich bereits in die Richtung senkrecht zum Druck umgelagert haben.

Bei Anwendung des zum Achsenbild-Apparat umgewandelten Mikroskopes konnte ich dies Verhalten des Krystalls leicht bestätigen, indem ich denselben mittelst einer Schlittenvorrichtung, auf welche er sammt der den Druck ausübenden Presse befestigt war, in der vorgeschriebenen Richtung (senkrecht zur Randkante des Feldes) unter einem starken Objectiv vorbei führte*.

In einer ausgezeichnet schönen Platte piemontesischen Idokrases mit fast ungestörter optischer Viertheilung** und von der Mitte nach den Rändern stetig zunehmendem Achsenwinkel zeigte die erste Mittellinie überall negativen Charakter und das Achsenbild liess in der Hyperbelstellung eine deutliche Dispersion der Achsen

$$\rho < \nu$$

erkennen. Dies bestätigen folgende Messungen, die an einer Stelle nahe dem Rande der im Übrigen geschwärzten Platte vorgenommen wurden. Es ergab sich:

* Die bei der Kleinheit der Felder mit eigenthümlichen Schwierigkeiten behafteten Versuche in monochromatischem Licht, welche die Frage entscheiden sollen, ob die Grösse der Achsendispersion proportional mit der Spannung zu- und abnimmt, und ob der Moment der Einachsigkeit für einen bestimmten Punkt für alle Farben gleichzeitig eintritt, oder nur für eine mittlere Farbe statt hat, während die Achsen Ebenen für rothes und blaues Licht gekreuzt liegen, sind im Augenblick der Redaction dieses Aufsatzes noch nicht zu einem befriedigenden Abschluss gelangt.

** Sichtbare vertikale Absonderungsflächen zeigen eine mechanische Achttheilung der Platte an.

$$2E \text{ für Li} = 28^{\circ} 43'$$

$$\text{Na} = 30^{\circ} 32' \pm 6'$$

$$\text{TI} = 32^{\circ} 30'$$

BŘEZINA* fand $62^{\circ} 47'$ für Na. Da der Achsenwinkel mit der Intensität der vorhandenen Spannung variirt und sowohl an jeder Stelle einer Platte ein anderer ist, als auch von einem Individuum zum andern wechselt, so wird diese Verschiedenheit der Angaben verständlich. Die Zweiachsigkeit des Idokrases ist eben nur eine secundäre und variable Erscheinung.

Dasselbe gilt für die Angabe BŘEZINA's „deutlicher geneigter Dispersion“ an der von ihm untersuchten Platte.

In zwei benachbarten Feldern der Platte, welche zu meinen oben mitgetheilten Messungen diente, liegt das Interferenzbild durchaus symmetrisch zum Fadenkreuz des Oculars und lässt keinerlei Dispersion der Mittellinien erkennen. In den beiden anderen Feldern der Platte liegt das Achsenbild dagegen nicht symmetrisch und seine Mitte weicht in dem einen Felde um einen, in dem andern um anderthalb Theilstriche in der Trace der optischen Achsenebene von der Mitte der Oculartheilung ab. Die Färbung des Interferenzbildes giebt in diesen beiden Feldern eine Andeutung geneigter Dispersion der Mittellinien.

Wie die Grösse des Achsenwinkels eine variable, so ist nach diesem Befund auch die Lage der ersten Mittellinie innerhalb eines und desselben Individuums keine constante. Beide Eigenschaften charakterisiren nicht den normalen Krystall, sondern vielmehr Structur-Anomalien und finden sich in gleicher Weise an nicht homogen comprimirten Colloid-Platten.

Das in diesem, wie in den vorhergehenden Paragraphen beschriebene optische Verhalten von Idokras und Apophyllit erscheint mir mit MALLARD's Auffassung dieser Krystalle als monokline Zwillingsbauten unvereinbar. Der leichte Übergang eines einachsigen in einen zweiachsigen Krystall durch seitlichen Druck und die sämmtlichen hier geschilderten Eigenschaften dieser Krystalle legen es bei denselben sehr nahe, ihre optischen Anomalien als durch innere Spannung hervorgebracht anzusehen.

* Mineralog. Mitthlg. 1877. p. 98.

6. Achsenbilder gespannter und gepresster Colloide in convergentem Licht.

Dass sich charakteristische Eigenthümlichkeiten optisch anomaler Krystalle in parallelem Licht durch gespannte Gelatineplatten nachahmen lassen, habe ich bereits in meiner ersten über diesen Gegenstand veröffentlichten Arbeit erwähnt* und Eingangs der vorliegenden Mittheilung weiter ausgeführt. Gegenüber der hergebrachten Anschauung aber, dass Achsenbilder in convergentem Licht nur Krystallen zukämen und der daraus abgeleiteten diametralen Gegenüberstellung der Doppelbrechung comprimierter amorpher Substanzen mit derjenigen der Krystalle, welche die allgemeine Annahme der von mir bezüglich der optischen Anomalien vertretenen Anschauungen erschwerte, war es mir in hohem Grade willkommen, dass mir die Herstellung von Gelatine-Präparaten gelang, welche vollkommene Achsenbilder in convergentem Licht zeigen**. Diese Thatsache beweist, dass das Auftreten von Achsenbildern in Platten tesseraler Krystalle einer Auffassung der Doppelbrechung derselben als Spannungsdoppelbrechung durchaus nicht im Wege steht.

Das von mir bei der Darstellung solcher Gelatine-Präparate jetzt eingehaltene Verfahren ist folgendes: Auf einer Glastafel mit Holzrahmen vertheile ich eine Anzahl aus 5 mm hohen

* N. Jahrbuch 1880. I. p. 62.

** Ich fand später, dass Achsenbilder in Colloiden bereits beobachtet waren; in einem gepressten Gemisch von Harz und Wachs ein einachsiges Bild von BREWSTER (Optics, new edit. p. 336); in käuflichen Gelatinetafeln, wie sie von Lithographen zuweilen gebraucht werden, ein gleichfalls einachsiges Bild von BERTIN (Ann. de chim. et phys. t. XV. p. 129. 1878). In der einfachen Tafel sieht man nur das schwarze Kreuz; durch Übereinanderschichten mehrerer Tafeln, so weit es die Durchsichtigkeit zulässt, kann man auch die ersten beiden Ringe erhalten. Die Platten sind optisch negativ und lassen eine Drehung der Polarisationssebene nach links erkennen. Nach einer gefälligen brieflichen Mittheilung des Herrn Prof. E. REUSCH besitzt das physikalische Institut der Universität Tübingen ein derartiges Präparat aus dem Nachlass NÖRREMBERG's, woraus hervorgeht, dass letzterem, also lange vor BERTIN's Mittheilung, die Erscheinung bekannt gewesen ist.

Blechstreifen zusammengebogener Rähmchen von 3—4 cm Durchmesser und giesse eine klare, warme, starke Gelatinelösung bis zur Höhe von 8—10 mm auf. Nach dem Gerinnen der Masse führe ich einen Schnitt rings um jedes Rähmchen und hebe es, mit einem sehr elastischen stählernen Malerspachtel darunterfahrend, durch einen glatten Schnitt von der Glastafel ab. Nach dem langsamen Eintrocknen, bei welchem die Rähmchen nur seitlich gestützt sein dürfen (zu welchem Zweck sie kleine Handhaben besitzen), erhalte ich auf diese Weise Platten, welche durch Anhaften der Gelatine an das Rähmchen sich während des Erhärtens nicht frei contrahiren konnten und sich deshalb in seitlich gespanntem Zustande befinden.

Je nach der Stärke der angewandten Lösung fallen die getrockneten Platten dünner oder dicker aus. In dünnen Platten reducirt sich das von mir bis jetzt ausschliesslich zweiachsig erhaltene Achsenbild auf die dunkeln Hyperbeln in hellem Grunde, wenn die Achsenebene einen Winkel von 45° mit den Polarisations-ebenen des Apparates macht; wird die Achsenebene in einen Nicol-hauptschnitt gedreht, so gehen die Hyperbeln in das bekannte schwarze Kreuz über. Bei dickeren Platten kommen aber bunte lemniskatenähnliche Curven und endlich auch die inneren kleinen Ringe um die Achsenpunkte hinzu.

Beim Verschieben der Platte bemerkt man, dass die Grösse des Achsenwinkels, gewöhnlich in der Richtung von der Mitte nach den Rändern, stetig zunimmt, wie ich es an Idokras- und Apophyllitplatten beschrieben habe. An manchen Stellen bleibt die Lage der Achsenebene merklich dieselbe, in andern Theilen springt diese Ebene beim Verschieben des Präparates plötzlich in eine andere Richtung um, wie beim Übergang in ein anderes Feld bei Krystallplatten. Endlich kommen auch Partien mit stetiger Änderung der Lage der Achsenebene vor, andererseits aber auch ganz homogen dilatirte Stellen, in welchen man das Präparat ohne Veränderung des Interferenzbildes verschieben kann, wie bei einem normalen Krystall.

Die directe Abhängigkeit der Feldertheilung der Gelatineplatten von der Form des angewandten Rahmens ist schwer nachzuweisen, weil die Gelatine nicht ganz gleichförmig eintrocknet und sich vom Rahmen hie und da ablöst. Doch lässt

sich die Einstellung der Achsenebene parallel oder senkrecht zu den Seiten des Rähmchens an vielen Stellen der Präparate verfolgen.

An dickeren Platten findet man Stellen, an denen das Achsenbild sich unsymmetrisch verschiebt, undeutlich wird oder ganz verschwindet. Es sind das theils Partien der Platte, an welchen die erste Mittellinie nicht die Plattennormale ist, theils nicht homogen dilatirte Stellen, an welchen die Orientirung des Elasticitätsellipsoides von einem Theilchen zum andern bedeutend und unregelmässig wechselt.

Sind die Gelatine-Präparate vollständig erhärtet, so kann man den ihre Spannung im weichen Zustande bewirkenden Rahmen entfernen, ohne die Interferenzerscheinungen des Präparates dadurch zu beeinflussen. Auch beim Zerschneiden behält dann jeder abgetrennte Theil die Doppelbrechung, welche er im Zusammenhange mit der ganzen Platte besass. Der Einwand, dass die Spannungsdoppelbrechung eines dilatirten Körpers für jeden abgetrennten Theil stets sich ändern oder verschwinden müsse, wie dies z. B. bei den rasch gekühlten Gläsern meist der Fall ist, wird durch diese Beobachtung gleichfalls hinfällig.

Leichter noch wie durch Spannung kann man durch Zusammendrücken gallertartiger Substanzen ein Achsenbild in convergentem Licht hervorrufen. Legt man eine weiche, kreisrunde, 6—8 mm dicke Gelatineplatte zwischen zwei Glasplättchen, bringt sie in den NÖRREMBERG'schen Polarisations-Apparat und schraubt das Ocularrohr so weit herunter, dass es die Platte zusammendrückt ohne sie zu zerquetschen, so erscheint das normale Interferenzbild eines einachsigen senkrecht zur Hauptachse geschnittenen Krystalls. Das schwarze Kreuz und ein bis zwei farbige Ringe werden sichtbar, und man kann das Präparat hin- und herschieben, ohne dass sich das Bild verändert. Man erreicht also auf diesem Wege eine gleichförmige Compression. Das Bild verschwindet, wenn man das den Druck bewirkende Ocularrohr wieder hebt.

Bei höheren Druckgraden reissen die Ränder der Platte ein, und damit wird die Compression ungleichförmig. Man erhält dann optisch zweiachsige Interferenzbilder mit variirendem Achsenwinkel und an vielen Stellen der Platte erscheint überhaupt kein regelmässiges Bild mehr.

Auch die rasch gekühlten, im Spannungszustande befindlichen Gläser enthalten Stellen mit deutlichen Achsenbildern*. In meinen** Präparaten sind es besonders die centralen Theile, welche diese Erscheinung auf's Deutlichste zeigen.

Das Interferenzbild entspricht stets optischer Zweiachsigkeit; isochromatische Curven fehlen. Auf bläulichem, nach dem Rande des Gesichtsfeldes zu in Gelblichweiss übergehendem Grunde zeigt sich ein schwarzes Kreuz, dessen Arme in die Nicolhauptschnitte fallen, ohne Dispersion. Beim Drehen der Platte löst es sich in zwei Hyperbeln auf, die bei kleinem Achsenwinkel eine geringe, bei grossem eine sehr kräftige Dispersion, und zwar

$$\rho > \nu$$

anzeigen. In einer quadratischen Platte ist deutlich das allmälliche Anwachsen des Achsenwinkels von der Mitte nach dem Rande der Platte zu beobachten, wie ich dies bereits mehrfach als bei Spannungsdoppelbrechung vorkommend nachgewiesen habe***.

Nachdem somit Achsenbilder in comprimirten und dilatirten isotropen Substanzen mehrfach nachgewiesen sind, darf das Auftreten und die Beschaffenheit eines Achsenbildes für sich allein in Zukunft für den Fall nicht mehr dazu berechtigen, einen Krystall einem doppeltbrechenden oder schiefwinkligen Krystallsystem zuzurechnen, wenn die Gesamtheit der Eigenschaften des Krystalls dafür spricht, dass er thatsächlich in ein System von höherer Symmetrie gehört und dass das Achsenbild nur durch innere Spannungen hervorgerufen oder, wenn dem normalen Krystall zukommend, durch dieselben nur scheinbar zu niederer Symmetrie umgewandelt ist.

Es erscheint mir nicht überflüssig, diese Consequenz meiner Untersuchung hier zu betonen, nachdem in den letzten Jahren

* Nach einer brieflichen Mittheilung hat mein verehrter Freund Prof. C. KLEIN in Göttingen gleichzeitig und unabhängig von mir dieselbe Beobachtung gemacht.

** von Dr. STEEG und REUTER bezogenen.

*** Man sieht die Achsenbilder in den dicken, rasch gekühlten Gläsern am besten, wenn man die unterste Linse des Ocularrohres des (FVess'schen) Polarisations-Apparates abschraubt.

von einigen Autoren viele Mineralien ausschliesslich oder wenigstens fast ausschliesslich auf Grund des optischen Verhaltens einzelner Individuen derselben in Krystallsysteme versetzt worden sind, in welche sie ihrer Form nach nicht gehören. Wir dürfen nicht vergessen, dass wenn man von der Form des Krystalls abstrahirt, die Systembestimmung nur durch die physikalischen Eigenschaften möglich ist, insofern sie einen directen Schluss auf die Molecularstructure des Krystalls gestatten. Wenn nun schon im normalen Krystall die optischen Eigenschaften nicht in so unmittelbarer Abhängigkeit von seiner Structure stehen wie die Gruppe der von der Cohäsion abhängigen Eigenschaften*, so gilt dies noch viel mehr für die Fälle, wo sich die vorliegenden optischen Erscheinungen als anomale charakterisiren, und die Beobachtung der Achsenbilder in Gelatine- und Glasplatten zeigt auf's Deutlichste, dass das optische Verhalten für sich allein durchaus nicht immer einen directen Schluss auf die Molecularstructure der Körper erlaubt. Denn Niemand wird wohl annehmen wollen, dass das homogen comprimirte Gelatinescheibchen, welches sich optisch genau wie ein normaler einachsiger Krystall verhält, auch dessen Molecularstructure angenommen habe und durch den Druck also ein wahrer Krystall geworden sei!

Bei der Bestimmung des Krystallsystems einer Substanz muss man daher mit aller Strenge an der Forderung festhalten, dass neben den optischen (und thermischen) Eigenschaften auch die Krystallform — dieser unmittelbarste Ausdruck der Krystallstructure — sowie die Elasticität, Spaltbarkeit, Härte und das Verhalten gegen Lösungsmittel mindestens gleichwerthig berücksichtigt werde. Das Krystallsystem eines Minerals kann nur dann als endgültig festgestellt angesehen werden, wenn auch diese letztere Gruppe von Eigenschaften mit der Krystallform in dem bekannten gesetzmässigen Zusammenhange steht.

Die Kleinheit der dem Mineralogen meist vorliegenden Objecte setzt der allseitigen quantitativen Bestimmung der letztgenannten — für die Krystallstructure maassgebenderen — Eigenschaften oft grosse, vielleicht unüberwindliche Schwierigkeiten

* vgl. L. SOHNCKE, Theorie der Krystallstructure. Leipzig 1879. p. 211.

entgegen, und man wird in manchen Fällen, wo die Form nicht mit hinreichender Schärfe messbar ist und dadurch an entscheidender Bedeutung für die Systembestimmung verliert, einzig auf die Untersuchung der optischen Eigenschaften angewiesen sein. Es bieten aber schon jetzt meine Untersuchungen und diejenigen meines verehrten Freundes C. KLEIN Anhaltspunkte genug dar, um zu entscheiden, ob die beobachteten optischen Erscheinungen einer Krystallspecies als constante und normale, d. h. der Structur derselben gesetzmässig zukommende, oder als zufällig veränderte, variable und unwesentliche zu betrachten sind, — ob also die Polarisationserscheinungen des Krystalls unbedenklich für die Bestimmung seines Systems verwerthet werden dürfen oder vielmehr als Anomalien aufzufassen sind, welche eine Systembestimmung auf anderem, als dem rein optischen Wege erheischen.

7. Skelett in Apophyllit-Krystallen.

Die schon von VOLGER gemachte Beobachtung, dass die Boracit-Krystalle ein nach den Ebenen des Rhombendodekaëders eingelagertes Gerüst enthalten, welches sich gegen Verwitterung bedeutend widerstandsfähiger erweist, als die die trichterförmigen Zwischenräume des Skelettes ausfüllende Masse, so dass an manchen Krystallen, an denen eine Umwandlung begonnen hat, beim Zerschlagen derselben aus der bereits weissen undurchsichtigen Zwischenmasse das Gerüst klar und durchsichtig hervortritt, ist neuerdings von C. KLEIN bestätigt worden. Derselbe legte die zwischen diesem Gerüst und der optischen Orientirung der doppelbrechenden Zwischenmasse bestehenden Beziehungen dar, welche es wahrscheinlich machen, dass dieses mechanisch differente Gerüst als die Ursache des Spannungszustandes der Zwischenmasse zu betrachten ist.

Ein solches Skelett besitzen auch die Apophyllit-Krystalle; es durchsetzt sie nach den beiden vertikalen Achsenebenen. Am Albin von Aussig zeigt es sich zuweilen deutlichst auf den Spaltungsflächen als klares diagonales Kreuz in der im Übrigen umgewandelten weissen Masse. Gemeinschaftlich mit meinem verehrten Freunde Professor F. ULRICH habe ich es bei einer Durchsicht seiner reichhaltigen Sammlung von Harz-Mineralien auch in dem Apophyllit des Radauthales aufgefunden.

Auch gegen Lösungsmittel zeigt sich das Skelett widerstandsfähiger als die übrige Masse. Ätzt man Spaltungsplatten des Apophyllit von Andreasberg, so bedecken sich zuweilen nur die vier optisch zweiachsigen Felder mit Ätzfiguren, während das einachsige Skelett davon frei bleibt und hell aus der durch die Ätzfiguren getrübbten Zwischenmasse hervortritt*.

Ich habe oben (§. 5) gezeigt, dass die 4 zweiachsigen Felder Apophyllitplatten sich wie gespannt verhalten parallel zu den Combinationskanten der Basis zum Prisma erster Ordnung, also geradlinig zwischen den Theilen des Gerüsts. Man darf daher wohl annehmen, dass dasselbe am Apophyllit zu den Spannungserscheinungen in derselben ursächlichen Beziehung steht, als dies beim Boracit der Fall ist.

8. Achsenbilder in Alaun und Bleinitrat.

Alaun. Bisher hatte ich in den doppeltbrechenden, regulären, von mir untersuchten Salzen Achsenbilder in convergentem Licht noch nicht gefunden. An neuerdings in meinen Besitz gelangten stark aktiven Krystallen von Alaun und Bleinitrat ist mir dies aber gelungen.

Der Alaun zeigt Achsenaustritt auf der vorherrschenden Oktaëderfläche tafelförmiger Krystalle, doch wird das schwache Bild nur in der Nähe der am stärksten doppeltbrechenden Ränder der Platte sichtbar. Die Erscheinung ist sehr zart; isochromatische Curven fehlen. Man sieht nur das schwarze Kreuz, welches sich beim Drehen der Platte in die Hyperbeln öffnet.

Das dünnste Muscovithäutchen gibt noch ein mindestens ebenso gutes Bild als eine Alaunplatte von mehreren Millimetern Dicke. Relativ am besten sieht man die Erscheinung im Mikroskop mit LASAULX'scher Linse und ausgeschaltetem Ocular.

Die Lage der Achsenebene ist in den 6 Feldern, in welche solche oktaëdrische Alaunplatten zerfallen, entweder senkrecht

* Diese Beobachtung hat zuerst Herr Dr. H. BAUMHAUER laut brieflicher Mittheilung gemacht und verdanke ich seiner Gefälligkeit das erste vollkommen deutliche meiner derartigen Präparate.

oder parallel den Randkanten. Ich habe bereits früher mitgetheilt, dass von den beiden Elasticitätsachsen jedes optischen Feldes in der Plattenebene die kleinere entweder parallel der Randkante des Feldes liegt (der gewöhnliche Fall) oder senkrecht zu derselben. Ich finde nun, dass diese Trace der optischen Achsenebene für beide Arten von Krystallen mit der Richtung der grösseren Elasticität zusammenfällt, im ersteren Fall also senkrecht zur Randkante, im letzteren parallel derselben, wie es in Fig. 13 und 14, Taf. X angedeutet ist.

Aus der Lage der Achsenebene und dem Verhalten der Platte gegen ein Gypsblättchen lässt sich der Charakter der Doppelbrechung der sechs Felder des Krystalls vollkommen bestimmen: Die Plattennormale ist in beiden Fällen die Richtung der kleinsten Elasticität, also positive Bisectrix.

Bleinitrat. Am Bleinitrat ist das Achsenbild etwas besser zu sehen und kann auch im NÖRREMBERG'schen Polarisations-Apparat wahrgenommen werden. Es erscheint gleichfalls auf der breiten, in sechs buntgestreifte Felder getheilten Oktaëderfläche tafelförmiger Krystalle, doch nicht ohne Weiteres, wie beim Alaun, sondern erst, wenn sie so dünn geschliffen sind, dass die Mitte der Platte und drei abwechselnd gelegenen Felder die farbigen Streifen* verloren haben und im Stauroskop schwarz geworden sind. Man findet dann das Achsenbild in den dunkeln Theilen der Platte.

In der Mitte derselben ist das Bild entschieden einachsig; verschiebt man die Platte in der Richtung der drei dunkeln Felder, so wird es zweiachsig mit nach dem Rande etwas zunehmendem Achsenwinkel. In der Nähe der Ränder verschwindet aber das Bild. Der Achsenwinkel ist klein, wesentlich kleiner als am Alaun; die Trace der Ebene der optischen Achsen steht senkrecht zu den Randkanten.

* Vgl. hierüber das Nähere N. Jahrbuch 1880. I. p. 77 ff., sowie meine dortige Fig. 18 und 19, Taf. III.

Fig. 1-3. Alaun

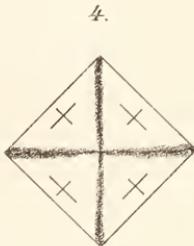
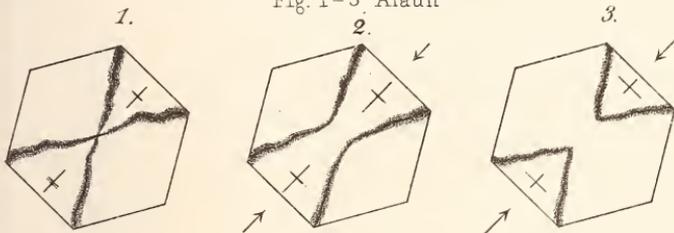
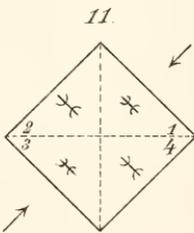
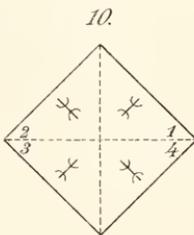
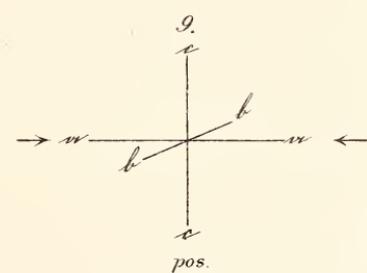
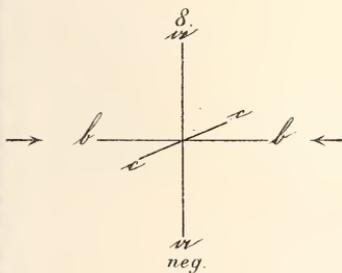
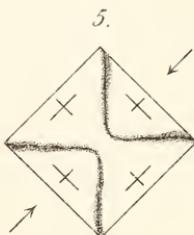
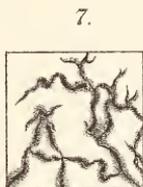
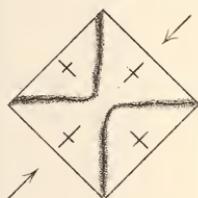
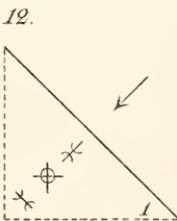
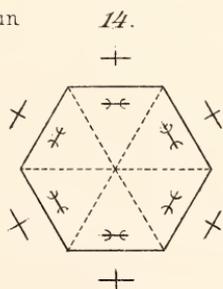
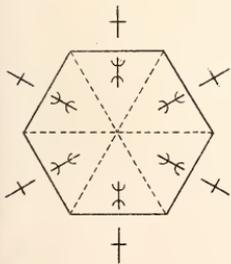


Fig 4-5 Jdokras
(und Gelatine)

6. Fig. 6-7. Apophyllit



13. Fig. 13-14. Alaun



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_2](#)

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

Artikel/Article: [Ueber einige optische Eigenschaften optisch anomaler Krystalle und deren Nachahmung durch gespannte und gepresste Colloide 249-268](#)