© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.a

II.

Ueber die durch elektrische Kräfte erzeugte Aenderung der Doppelbrechung des Quarzes.

Von W. C. Röntgen.

Es hat bekanntermafsen Hr. W. Thomson die Erscheinungen der Pyroelektricität durch die Annahme zu erklären versucht, dafs das Innere der pyroelektrischen Krystalle sich in einem Zustand dauernder elektrischer Polarisation befindet; die Wirkung dieser Polarisation nach Aufsen wäre durch eine immer vorhandene elektrische Ladung der Oberfläche neutralisirt, solange die Polarisation unverändert bleibt. Temperaturänderungen der Krystalle sollten nun dieselbe änderen und es wäre die beobachtete Pyroelektricität eine Folge dieser Aenderung.

Diese Ansicht hat durch die vor einiger Zeit von den Hrn. J. und P. Curie*) aufgefundenen, von Hrn. Hankel**) bestätigten und als piezoelektrische bezeichneten Erscheinungen, sowie durch die ebenfalls von J. und P. Curie***) angestellten Versuche über die durch Elektricität erzeugten Formveränderungen von pyroelektrischen Krystallen eine Stütze gewonnen; wenigstens lassen sich jene Erscheinungen

*) Compt. rend. 91, S. 294, 383. 1880; 92, S. 186, 350; 93, S. 204. 1881.
**) Abhandl. der kön. sächs. Gesellschaft Bd. XII, S. 459. 1881.
***) Compt. rend. 93, S. 1137. 1881.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.a

durch die erwähnte Hypothese in ungezwungener Weise erklären.

Ich will an dieser Stelle nicht die Schwierigkeiten besprechen, welche sich meiner Meinung nach der Annahme jener Hypothese entgegenstellen, sondern nur mittheilen, in welcher Weise jene Anschauung mich dazu geführt hat, die unten beschriebenen Versuche anzustellen, deren Resultate an und für sich gewiſs bemerkenswerth sind.

Die Ueberlegung, von der ich ausging, ist die folgende:

Wenn in einem pyroelektrischen Krystall in bestimmten Richtungen eine dauernde elektrische Polarisation vorhanden wäre, und wenn es gestattet wäre, aus den kürzlich aufgefundenen Wirkungen der statischen Elektricität auf die optischen Eigenschaften von einfach brechenden Medien zu folgern, daſs nicht allein die durch äuſsere elektrische Kräfte hervorgerufene Polarisation, sondern auch eine bereits vorhandene natürliche Polarisation einen Einfluſs auf die Schwingungen des durchgehenden Lichtes ausübte, so müſsten die optischen Eigenschaften eines pyroelektrischen Krystalles in verschiedener Weise geändert werden, jenachdem eine Schwächung oder eine Verstärkung der natürlichen Polarisation durch äuſsere elektrische Kräfte erzeugt wird.

Nehmen wir als Beispiel einen Quarzkrystall, so ergeben zunächst die piezoelektrischen Versuche mit demselben ein Resultat, das sich wenigstens für normal und einfach ausgebildete Krystalle in folgender Weise angeben läſst. Einen senkrecht zur Hauptaxe gelegten ebenen Schnitt kann man durch drei sich unter 60° in einem beliebigen Punkt schneidende gerade Linien in sechs Felder theilen, welche die nachstehenden Eigenschaften haben. Ein Druck, der in irgend einer durch jenen Punkt gehenden oder dieser parallelen Richtung auf den Krystall ausgeübt wird, hat zur Folge, daſs der Krystall an den zwei Druckstellen elektrisch wird und zwar an der einen Stelle positiv, an der anderen negativ. Geht man von einer Druckrichtung zu einer anderen, in zwei benachbarten Feldern liegenden Richtung über, so wechselt das Zeichen der Elektricitäten an den Druckstellen im Augen-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.a

blick, wo die Druckrichtung die Grenze der benachbarten Felder überschreitet.

Daraus folgt, dafs ein in der Richtung einer der drei erwähnten geraden Linien ausgeübter Druck keine Piezoelektricität erzeugen kann; ich möchte deshalb diese drei Richtungen die Axen fehlender Piezoelektricität nennen. In den drei Richtungen, welche die Winkel zwischen diesen Axen halbiren, müfste das Maximum von Piezoelektricität erzeugt werden, diese Richtungen seien deshalb als Axen maximaler Piezoelektricität bezeichnet. Dieselben fallen mehr oder weniger mit den sogenannten Nebenaxen, den Verbindungslinien von zwei gegenüberliegenden Säulenkanten des Quarzes zusammen; ob sie immer genau damit coincidiren, kann ich noch nicht sagen, da ich darüber noch zu wenig Versuche angestellt habe; bei einigen Krystallen scheint dies wirklich der Fall zu sein. Wäre dem nun so, so würden die Axen fehlender Piezoelektricität mit den Zwischenaxen des Quarzes dieselbe Richtung haben.

Ich denke mir nun, dafs die drei Axen maximaler Piezoelektricität die drei Richtungen der natürlichen Polarisation angeben; legt man den Enden einer jeden Axe das positive oder negative Zeichen bei, entsprechend der natürlichen Vertheilung der Elektricität im Innern, so müssen diese Enden, wenn man sie der Reihe nach verfolgt, abwechselnd positiv und negativ sein. Diese Zeichen sind zugleich die Zeichen der durch Druck entstehenden Elektricität und gelten, wie oben bemerkt, für das ganze Feld, in welchem je eine Axe liegt.

Wird nun ein Quarzstück so der inducirenden Wirkung statischer Elektricität ausgesetzt, dafs an einer Stelle die Kraftlinien senkrecht zur Hauptaxe und zugleich nicht in der Richtung einer Axe fehlender Piezoelektricität verlaufen, so würde an dieser Stelle durch diese Kräfte die natürliche Polarisation und damit nach der eingangs mitgetheilten Hypothese die natürliche Doppelbrechung von Strahlen, die senkrecht zur Hauptaxe und zu den Kraftlinien gehen, zu oder abnehmen müssen. Das Eintreten des einen oder des an-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.a

deren Falles wäre ganz und gar abhängig davon, in welchem der drei Paare von gegenüberliegenden Feldern die Richtung der Kraftlinien liegen und in welchem Sinn sie dieselben durchlaufen. Keine Aenderung der natürlichen Doppelbrechung würde unter den angenommenen Verhältnissen zu beobachten sein, wenn die Kraftlinien in der Richtung einer der drei Axen fehlender Piezoelektricität verlaufen.

Diese Folgerungen, dafs die Doppelbrechung des Quarzes durch Einwirkung statischer Elektricität nach Belieben vermehrt oder vermindert werden kann und dafs die Doppelbrechung unter bestimmten Umständen durch eine solche Einwirkung nicht merklich verändert wird, habe ich durch Versuche bestätigt gefunden.

Zu den ersten Versuchen dienten zwei rechtwinkelige Parallelipipede aus reinem brasilinischem Quarz, deren optische Untersuchung keine Verwachsungen erkennen liefs. Diese von Hrn. Steeg und Reuter bezogenen Stücke sind 2,0 cm lang, 1,2 cm dick und breit und genau gleich gearbeitet. Die Längsrichtung beider Stücke sollte nach meiner Angabe mit einer Nebenaxe zusammenfallen, indessen wurde durch ein Mifsverständnifs seitens des Verfertigers auf diese Angabe wenig Gewicht gelegt. Nachträglich eingezogene Erkundigungen, sowie eine von mir mittelst der Leydolt'schen Aetzfiguren *) vorgenommene Untersuchung haben ergeben, dafs jene Richtung bei beiden Stücken jedenfalls nur wenig von der Richtung der Nebenaxen abweicht; übrigens sei bemerkt, dafs es für die vorliegende Untersuchung genügt, wenn die Längsrichtung nicht mit einer Axe fehlender Piezoelektricität coincidirt; die piezoelektrische Untersuchung hat gezeigt, dafs dies nicht der Fall ist. — Zwei Seitenflächen stehen genau senkrecht zur Hauptaxe und die zwei anderen Seitenflächen sind somit genau der Hauptaxe und ungefähr der Nebenaxe parallel.

---

*) Berichte der Wiener Akademie Bd. 15, S. 59. 1855.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.a

Beide Stücke sind in der Längsrichtung in einer Weite von 0,2 cm angebohrt, und zwar jedes von der Mitte der zwei Endflächen aus; die coaxialen Bohrlöcher erreichen sich in der Mitte des Krystalls nicht, sie lassen vielmehr eine ungefähr 0,2 cm dicke Schicht zwischen sich stehen, welche diejenige Stelle bildet, welche auf ihr elektro-optisches Verhalten untersucht werden soll.

Beide Krystalle wurden untersucht; bei jedem Versuch aber befand sich nur der eine im elektrischen Feld, der andere diente dazu, die natürliche Doppelbrechung des ersteren zu compensiren; zu diesem Zweck waren die Stücke mit einer Spur von Hausenblase so zusammengekittet, dafs ihre Hauptaxen senkrecht zu einander standen. Das unter 45° gegen die Hauptaxen polarisirte Licht ging senkrecht zur Ebene, welche die Hauptaxe und die Nebenaxe eines Krystalles enthält, somit senkrecht zu zwei Seitenflächen durch den Krystall. Zwischen gekreuzten Nicols war die Mitte des Gesichtsfeldes, die Stelle zwischen den Bohrlöchern, bei Anwendung von Natriumlicht, dessen Intensität für die vorliegende Untersuchung vollständig genügte, ziemlich gleichmäfsig dunkel, abgesehen von geringen Unregelmäfsigkeiten, die wahrscheinlich von dem beim Bohren ausgeübten Druck herrührten.

In die zwei Bohrlöcher des zu untersuchenden Krystalles wurden gut abgerundete 0,15 cm dicke Messingdrähte, gesteckt, von denen je einer mit einer Elektrode einer Holtzschen Maschine so verbunden war, dafs ein rasches Commutiren ermöglicht war. Die Potentialdifferenz zwischen den beiden Elektroden konnte bei constanter Rotationsgeschwindigkeit der Maschine mit Hülfe einer Nebenschliefsung, welche einen variabelen Luftwiderstand enthielt, beliebig viel und continuirlich geändert werden. Dieses bei vielen Versuchen schon seit längerer Zeit von mir angewandte Verfahren besteht darin, dafs die eine Elektrode der Maschine mit einer isolirten scharfen Spitze, die andere mit einer isolirten Metallplatte in Verbindung steht; Spitze und Platte stehen sich gegenüber und können gegen einander verschoben werden; je weiter sie von einander entfernt sind, desto gröfser ist der

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.a

Luftwiderstand für die dunkle Entladung, desto gröfser ist folglich die Potentialdifferenz zwischen den Elektroden.

Um das bei gröfseren Potentialdifferenzen vorkommende lästige Ueberspringen von Funken zwischen den in die Krystalle eingesteckten Messingdrähten zu verhüten, brachte ich die Krystalle in eine kleine mit Schwefelkohlenstoff, bei den späteren Versuchen mit Benzol gefüllte Flasche; das polarisirte Licht trat unter senkrechter Incidenz durch die eine durchbohrte und mit einer Birmingham-Glasplatte bedeckte Seitenfläche ein und verliefs die Flasche durch die gegenüberliegende, gleich bearbeitete Fläche.

Zur Controle habe ich die Quarzstücke auch in Luft untersucht und dabei im Wesentlichen dasselbe Verhalten gefunden, wie wenn dieselben sich in Schwefelkohlenstoff oder Benzol befanden.

Die Richtung der Nebenaxe, der Längsaxe des auf elektrooptischen Effect geprüften Krystalles wurde vertical gestellt, die Richtung der Kraftlinien in der Mitte des Krystalls war folglich ebenfalls vertical und die Hauptschnitte der Nicols machten somit Winkel von 45° mit diesen Kraftlinien [die früher als Stellung I der Nicols bezeichnete Anordnung*)]. Die Quarzstücke sollen zur Unterscheidung von einander mit Krystall I und Krystall II bezeichnet werden; eine Endfläche eines jeden derselben ist mit einer eingeritzten Marke versehen, welche im Folgenden das bezeichnete Ende genannt wird.

Die Wirkung, welche die Elektricität auf das durch den Quarz gehende Licht ausübte, wurde verglichen mit der Wirkung, welche eine Compression eines zwischen Analysator und Krystall eingeschalteten Glasstückes in verticaler oder horizontaler Richtung zur Folge hatte. Wenn es unten z. B. heifst:

unten +, oben — : dieselbe Wirkung wie verticale Compr.

so ist das so zu verstehen, dafs eine Ladung der Enden der

---

*) Vgl. Ber. d. Ob. Ges. Bd. 19, S. 1. 1880. — Wied. Annal. Bd. 10, S. 77. 1880.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.a

Nebenaxe unten mit positiver, oben mit negativer Elektricität dieselbe optische Veränderung der Mitte des Gesichtsfeldes erzeugte, wie eine Compression der Glasplatte in verticaler Richtung.

Versuch 1. Krystall I; bezeichnetes Ende *unten.*

unten +, oben — : dieselbe Wirkung wie *verticale* Compr.
unten —, oben + : „ „ „ *horizontale* „

Versuch 2. Krystall I; bezeichnetes Ende *oben.*

unten +, oben — : dieselbe Wirkung wie *horizontale* Compr.
unten —, oben + : „ „ „ *verticale* „

Versuch 3. Krystall I; bezeichnetes Ende *oben.*

a. Durch verticale Compression der Glasplatte konnte die Mitte des Gesichtsfeldes etwas dunkler gemacht werden, darauf bewirkte, während die Glasplatte comprimirt blieb, unten +, oben — eine Zunahme der Helligkeit. Durch stärkere Compression in verticaler Richtung konnte diese Wirkung compensirt werden.

b. Durch verticale Compression der Glasplatte wurde wiederum die Mitte des Gesichtsfeldes dunkler gemacht; unten —, oben + erhellte auch jetzt das Gesichtsfeld, diese Erhellung konnte jedoch durch eine stärkere Compression in verticaler Richtung nicht aufgehoben werden, dieselbe wurde vielmehr dadurch verstärkt.

Versuch 4. Nachdem die Krystalle umgekittet waren. Krystall II, bezeichnetes Ende *oben.*

unten +, oben — : dieselbe Wirkung wie *horizontale* Compr.
unten —, oben + : „ „ „ *verticale* „

Versuch 5. Bei den obigen Versuchen befanden sich die Quarze in Schwefelkohlenstoff, bei den folgenden in Luft. Krystall I, bezeichnetes Ende *oben.*

unten +, oben — : dieselbe Wirkung wie *horizontale* Compr.
unten —, oben + : „ „ „ *verticale* „

Versuch 6. Krystall II, bezeichnetes Ende *oben.*

unten +, oben — ; dieselbe Wirkung wie *horizontale* Compr.
unten —, oben + : „ „ „ *verticale* „

Die Versuche wurden zu sehr verschiedenen Zeiten und unter geänderten Umständen wiederholt; so befand sich bei späteren Versuchen öfters nur der eine Krystall in der mit

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.a

Benzol gefüllten Flasche, der andere als Compensator dienende war in Luft aufgestellt; als Compensator wählte ich auch einigemal Glimmerplättchen oder andere Quarzstücke; immer erhielt ich aber die Resultate, die oben mitgetheilt sind, nie ergab sich etwas anderes.

Es ist nun bekannt, daſs eine comprimirte Glasplatte sich optisch verhält, wie ein negativer Krystall, dessen Hauptaxe mit der Compressionsrichtung zusammenfällt; da nun Quarz ein positiver Krystall ist, so kann man die obigen Resultate in dem Satz zusammenfassen, daſs die Doppelbrechung der untersuchten Quarzstücke *zunimmt*, wenn das bezeichnete Ende der Nebenaxe positiv, das nicht bezeichnete Ende negativ elektrisch gemacht wird; daſs dieselbe dagegen *abnimmt*, wenn das bezeichnete Ende jener Axe negativ, das nicht bezeichnete Ende positiv elektrisch wird.

Es wurde nun untersucht, wie diese Enden sich in piezoelektrischer Beziehung verhalten. Die Untersuchung geschah, indem die an den Endflächen mit Staniolstreifen versehenen Krystalle zwischen Hartgummiplättchen mittelst einer Schraubenpresse in der Längsrichtung zusammen gedrückt wurden; der eine Staniolstreifen war in Verbindung mit einem empfindlichen Fechner'schen Goldblattelektroskop, welches die Spannung auf dem isolirten Pol eines Daniell'schen Elementes durch einen kräftigen Ausschlag zu erkennen giebt; der andere war zur Erde abgeleitet.

Die wiederholt angestellten Versuche ergaben nun übereinstimmend, daſs das bezeichnete Ende der Nebenaxen beider Quarze bei Zunahme des Druckes negativ elektrisch und bei Abnahme des Druckes positiv elektrisch wurde; das nicht bezeichnete Ende zeigte positive resp. negative Elektricität.

Man kann somit das Resultat der elektro-optischen Untersuchung auch so aussprechen: Die Doppelbrechung des Quarzes nimmt zu, wenn demjenigen Ende einer Nebenaxe *positive* Elektricität zugeführt wird, welches durch Zunahme eines in der Richtung dieser Nebenaxe wirkenden Druckes *negativ* elektrisch wird und zugleich dem anderen Ende *negative* Elektricität zugeführt wird. Die Doppelbrechung nimmt

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.a

dagegen ab, wenn die Vertheilung der mitgetheilten Elektricitäten die entgegengesetzte ist.

Hält man an der Ansicht fest, dafs ein piezoelektrischer Krystall sich in einem Zustand elektrischer Polarisation befindet, dessen Richtung speciell beim Quarz mit der Richtung der Nebenaxen zusammen zu fallen scheint, und dafs die beobachtete Piezoelektricität eine Folge der durch Druck geänderten Polarisation ist, so ergiebt eine einfache Ueberlegung, dafs das durch Druckzunahme negativ werdende Ende dasjenige ist, welchem die negative Seite der elektrisch polarisirten Theilchen zugewendet ist. Oben fanden wir nun, dafs die Doppelbrechung zunimmt, wenn diesem Ende positive Elektricität und dem anderen negative Elektricität zugeführt wird; durch diese Zufuhr mufs die Polarisation verstärkt werden und wir erhalten somit das Resultat, dafs die Doppelbrechung des Quarzes zunimmt oder abnimmt, je nachdem die natürliche Polarisation durch äufsere elektrische Kräfte verstärkt oder geschwächt wird.

Nachdem somit die erste in der Einleitung erwähnte Folgerung durch Versuche eine Bestätigung gefunden hatte, ging ich daran, auch die zweite einer experimentellen Prüfung zu unterwerfen. Die mitgetheilten Versuche hatten mir gezeigt, dafs jedenfalls keine grofse Differenz, was die Stärke anbetrifft, zwischen der durch gleiche elektrische Kräfte erzeugten Zunahme und Abnahme der Doppelbrechung vorhanden war; daraus schlofs ich, dafs es in der That gelingen mufste, im Quarz eine Richtung aufzufinden, welche die Eigenschaft hat, dafs in dieser Richtung wirkende elektrische Kräfte keine merkliche Aenderung der Doppelbrechung hervorbringen. Nach dem, was oben über diese Richtung gesagt ist, müfste dieselbe in einer Axe fehlender Piezoelektricität, folglich in oder jedenfalls in der Nähe einer Zwischenaxe des Krystalles zu suchen sein. Ich liefs mir deshalb von Hrn. Steeg und Reuter eine quadratische Quarzplatte von 1,5 cm Seitenlänge und 0,25 cm Dicke, die genau parallel einer Säulenfläche, somit senkrecht zu einer Zwischenaxe geschnitten ist,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.a

herstellen. Die Hauptaxe liegt parallel einer Seite des Quadrates, eine Nebenaxe also parallel einer zur zuerst genannten senkrechten Seite. Die vier schmalen Seitenflächen sind polirt.

Zunächst wurde nun untersucht, ob die Zwischenaxe dieses Krystalles wirklich eine Axe fehlender Piezoelektricität ist. Es ergab sich, dafs sogar starke Druckänderungen in der Richtung der Zwischenaxe keine merklichen Mengen von Elektricität auf den Druckstellen hervorbrachten, dafs diese Richtung also eine Axe fehlender Piezoelektricität ist. Nebenbei sei bemerkt, dafs ein Druck parallel der Hauptaxe dasselbe Resultat ergab, dafs dagegen ein Druck parallel der Nebenaxe beträchtliche Mengen von Elektricität entwickelte.

Darauf wurde die Platte in der Mitte einer quadratischen Endfläche angebohrt, so dafs dort eine ungefähr halbkugelförmige Vertiefung entstand (Tiefe 0,1 cm); eine nochmalige Untersuchung auf Piezoelektricität ergab dasselbe wie vorher.

Diese so vorbereitete Platte wurde auf die bei meinen früheren elektro-optischen Versuchen gebrauchte Messingscheibe zwischen zwei dünnen auf derselben aufgekitteten Glasstreifchen gelegt und in horizontaler Lage in die kleine, oben erwähnte, mit Benzol gefüllte Flasche gebracht. In die Vertiefung der Platte ragte das Ende eines gut abgerundeten Messingdrahtes. Die Scheibe war die untere, der Draht die obere Elektrode. Die Lichtstrahlen gingen parallel der Nebenaxe, somit senkrecht zur Hauptaxe und zur Zwischenaxe durch die Platte. Die Nicols befanden sich in der Stellung I.

Um die natürliche Doppelbrechung zu compensiren gebrauchte ich dasselbe Mittel, wie bei den Versuchen mit den Quarzparallelipipeden : eine zweite quadratische Quarzplatte, die senkrecht zur Hauptaxe geschnitten ist und ungefähr dieselben Dimensionen hat wie die erstere, wurde zwischen Analysator und Glasflasche auf ein um drei senkrecht zu einander stehende Axen bewegliches Stativ befestigt und so gestellt, dafs ihre Hauptaxe senkrecht zur Hauptaxe der ersten Platte war. Die Doppelbrechung konnte nicht vollständig compensirt werden, allein um die in der ersten Platte eventuell hervorgebrachte Aenderung der Doppelbrechung beob-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.a

achten zu können, konnte einer jener verticalen dunklen Streifen sehr gut benutzt werden, welche das Gesichtsfeld durchwanderten, wenn die compensirende Platte ein wenig um eine verticale Axe gedreht wurde. Eine geänderte Doppelbrechung müfste sich durch ein Verschieben des Streifens nach rechts oder links bemerkbar machen.

Ich stellte nun die Versuche in der Weise an, dafs zuerst ein Streifen in die Mitte des Gesichtfeldes, somit gerade unterhalb der kugelförmigen Vertiefung gebracht und nachgesehen wurde, ob bei rascher Aenderung der Potentialdifferenz zwischen den Elektroden eine Verschiebung dieses Streifens eintrat. Eine solche Verschiebung habe ich, wie oft auch die Versuche unter geänderten Bedingungen wiederholt wurden, niemals erkennen können. Daraus folgt somit, dafs eine Aenderung der Doppelbrechung durch elektrische Kräfte, welche in der Richtung der Axe fehlender Piezoelektricität wirkten, nicht in merklicher Weise erzeugt wurde *).

Nun wurde der Streifen zuerst auf die linke, dann auf die rechte Seite von der centralen Vertiefung, dieser aber immer sehr nahe bleibend verlegt; auch in diesen Stellungen war kein Einflufs der Elektrisirung auf die Doppelbrechung zu bemerken; sowohl das untere wie das obere Ende des Streifens änderte seine Lage nicht.

Die Beobachtung, dafs auch das obere Ende des Streifens nicht verrückt wurde, ist von Wichtigkeit, denn da dort die Kraftlinien, die von der halbkugelförmigen Vertiefung ausgehen, horizontal verlaufen und folglich links und rechts von der oberen Elektrode mit der Richtung der Hauptaxe zusammenfallen, so ergiebt sich daraus, dafs auch in der Richtung der Hauptaxe des Quarzes durch elektrische Kräfte keine

*) Ich kann selbstverständlich nicht behaupten, dafs auch bei viel gröfseren Potentialdifferenzen als die, welche ich anwandte und bei Benutzung einer intensiveren Lichtquelle keine Spur eines elektro-optischen Effectes in der Richtung einer Axe fehlender Piezoelektricität beobachtet werden könne. Würde Jemand eine solche Aenderung beobachten, so wird diese jedenfalls viel geringer sein, als die in der Richtung einer Axe maximaler Piezoelektricität stattfindende; die obigen Versuche würden ihre Bedeutung nicht verlieren.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.a

merkliche Aenderung der Doppelbrechung erzeugt werden konnte. Auch hier gilt natürlich die vorhin in einer Fufsnote gemachte Bemerkung. Die piezoelektrische Untersuchung hatte, wie bemerkt, ergeben, dafs durch Druckänderungen in der Richtung der Hauptaxe keine Elektricität an der Druckstelle auftrat.

Das soeben mitgetheilte Resultat verdiente direct geprüft zu werden; zu diesem Zweck wurde die senkrecht zur Hauptaxe geschliffene Platte gerade so wie die parallel der Axe geschliffene mit einer centralen halbkugelförmigen Vertiefung versehen und an die Stelle der letzteren in die Flasche gebracht; die Platten wurden einfach vertauscht. Wenn nun bei dieser Anordnung ein Interferenzstreifen unter der Vertiefung, also an der Stelle lag, wo die Kraftlinien parallel der Hauptaxe verliefen, so konnte ich durch Vermehrung oder Verminderung der Potentialdifferenz zwischen den Elektroden keine Verschiebung desselben hervorbringen; folglich änderte sich auch in dieser Platte die Doppelbrechung durch in der Richtung der Hauptaxe wirkende elektrische Kräfte nicht merklich. Auch diese Platte hatte bei einer Pressung parallel der Hauptaxe keine Piezoelektricität an der Druckstelle geliefert.

Lag der Streifen seitlich von der Vertiefung, dieser aber sehr nahe, so beobachtete ich beim Elektrisiren eine Erscheinung, die eine sehr willkommene Bestätigung der mit den Quarzparallelipipeden erhaltenen Resultate lieferte. Während nämlich das untere Ende des verticalen Streifens sich nicht bewegte, neigte sich das obere Ende desselben nach rechts oder links und zwar wechselte die Richtung der Bewegung mit den Zeichen der Elektricitäten auf den Elektroden; aufserdem fand ich bei unverändertem Zeichen der Elektricität, dafs das obere Ende eines Streifens sich in verschiedener Richtung bewegte, je nachdem der Streifen auf der rechten oder auf der linken Seite von der Mitte sich befand. Eine verticale oder horizontale Compression der eingeschalteten Glasplatte hatte eine Verschiebung des *ganzen* Streifens parallel sich selbst nach links oder nach rechts zur Folge.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.a

Die Erklärung dieser Erscheinungen ist bald gefunden, wenn man bedenkt daſs, wie die unten mitgetheilten Versuche darthun, die Richtung nach links und rechts d. h. die zu den Lichtstrahlen senkrechte horizontale Richtung in dem benutzten Krystall nicht gerade mit einer Axe fehlender Piezoelektricität zusammenfällt. Die Erscheinungen sind dann einfach aus den zuerst besprochenen Versuchen abzuleiten; verlaufen doch die Kraftlinien im oberen Theil der Platte neben der Vertiefung ungefähr horizontal; ein Theil derselben fällt folglich mit Richtungen zusammen, in welchen die Doppelbrechung geändert werden kann; im unteren Theil der Platte dagegen stehen die Kraftlinien vertical, diese liegen somit in der Richtung der Hauptaxe und erzeugen deshalb keine Aenderung der Doppelbrechung. Dem entsprechend verschiebt sich bloſs das obere Ende des Streifens und nicht das untere. Die Beobachtung, daſs die Richtung der Verschiebung wechselt, wenn die Elektrisirung oder die Lage des Streifens wechselt, ist in vollständiger Uebereinstimmung mit der gefundenen Thatsache, daſs die Zunahme der Doppelbrechung des Quarzes in eine Abnahme übergeht, wenn die Richtung der Kraftlinien umgekehrt wird.

Es hatte sich oben weiter ergeben, daſs man aus der Vertheilung der Piezoelektricität bei gegebener Richtung der Kraftlinien mit Bestimmtheit im Voraus schlieſsen kann, ob eine Zunahme oder eine Abnahme der Doppelbrechung stattfinden wird, und es fragt sich somit, ob bei dem neuen Krystall die aufgestellte Regel bestätigt gefunden wird oder nicht.

Die Platte wurde auf Piezoelektricität untersucht. Ein Druck auf die quadratische Oberfläche in der Richtung der Hauptaxe lieferte keine deutlich erkennbare Menge von Elektricität an den Druckstellen. Anders verhielten sich jedoch die vier schmalen Seitenflächen; dieselben sollen der Reihe nach mit a, b, c, d bezeichnet werden. Eine Druckzunahme in der Richtung parallel b und d lieferte bei a positive, bei c negative Elektricität; eine Druckabnahme die entgegengesetzten Elektricitäten. Eine Druckzunahme in der Richtung parallel a und c ergab bei b negative, bei d posi-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.a

tive Elektricität; eine Druckabnahme das Gegentheil. In beiden Fällen erhielt ich kräftige Ausschläge des Elektroskops *).

Es wurde nun die Platte wieder in die mit Benzol gefüllte Flasche gebracht und eine Wiederholung der elektrooptischen Versuche vorgenommen. Die optische Wirkung der Elektricität wurde auch jetzt verglichen mit der Wirkung einer in horizontaler oder verticaler Richtung comprimirten Glasplatte. Wenn es also im Folgenden z. B. heifst :

unten +, oben —; oberes Ende des Streifens links : horizontale Compr.

so ist das eine Abkürzung von folgendem Satz : Wenn die untere Elektrode positiv, die obere negativ war, so neigte sich das obere Ende des links von der Mitte liegenden Streifens nach der Seite hin, nach welcher der ganze Streifen durch eine Compression der Glasplatte in horizontaler Richtung verschoben werden konnte.

Versuch 1. Die Lichtstrahlen gingen parallel a und c durch die Platte; a lag links, c rechts :

unten +, oben —;	oberes	Ende	des	Streifens	links	: verticale	Compr.
unten —, oben +;	„	„	„	„	„	: horizontale	„
unten +, oben —;	„	„	„	„	rechts	: horizontale	„
unten —, oben +;	„	„	„	„	„	: verticale	„

Versuch 2. Lichtstrahlen parallel a und c; a rechts, c links :

unten +, oben —;	oberes	Ende	des	Streifens	links	: horizontale	Compr.
unten —, oben +;	„	„	„	„	„	: verticale	„
unten +, oben —;	„	„	„	„	rechts	: verticale	„
unten —, oben +;	„	„	„	„	„	: horizontale	„

Versuch 3. Lichtstrahlen parallel b und d; b rechts, d links :

unten +, oben —;	oberes	Ende	des	Streifens	links	: verticale	Compr.
unten —, oben +;	„	„	„	„	„	: horizontale	„
unten +, oben —;	„	„	„	„	rechts	: horizontale	„
unten —, oben +;	„	„	„	„	„	: verticale	„

*) Zwischen den beiden Richtungen parallel b und d und parallel a und c mufs ein Feld liegen, welches sich in piezoelektrischer Beziehung entgegengesetzt verhält zu den beiden Feldern, zu welchen diese Richtungen gehören. In der That ergab eine Druckzunahme in der Richtung der Diagonale des Quadrates, welche von der Ecke a, d zu der Ecke b, c geht, bei a, d negative, bei b, c positive Elektricität; eine Druckabnahme das Gegentheil.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.a

Versuch 4. Lichtstrahlen parallel b und d; b links, d rechts:

unten +, oben —;	oberes	Ende	des	Streifens	links	:	horizontale	Compr.
unten —, oben +;	„	„	„	„	„	:	verticale	„
unten +, oben —;	„	„	„	„	rechts	:	verticale	„
unten —, oben +;	„	„	„	„	„	:	horizontale	„

Man überzeugt sich nun leicht, daſs diese Ergebnisse sich in jeder Beziehung in vollständiger Uebereinstimmung befinden mit den aus den zuerst mitgetheilten Versuchen erhaltenen Resultaten.

Es darf nicht unerwähnt bleiben, daſs die im Obigen mitgetheilten Phänomene auch mit Hülfe von zwei bekannten Thatsachen sich erklären lassen. Die eine dieser Thatsachen wurde vor kurzem von den Hrn. J. und P. Curie aufgefunden*) und lautet: theilt man den Enden einer Nebenaxe eines Quarzkrystalles entgegengesetzte Elektricitäten mit, so ist die Folge davon, daſs der Krystall sich in der Richtung dieser Axe zusammenzieht resp. ausdehnt, je nachdem die Zeichen der zugeführten Elektricitäten den Zeichen der an diesen Enden durch einen in jener Richtung ausgeübten Druck entstehenden Piezoelektricitäten entgegengesetzt oder gleich sind. Ich halte es nun für sehr wahrscheinlich, daſs dieses zunächst nur für die Richtung einer Nebenaxe gefundene Resultat, sich für jede Richtung senkrecht zur Hauptaxe ergeben wird, und daſs somit die Richtung der Zwischenaxe, der Axe fehlender Piezoelektricität die Eigenschaft besitzt, daſs elektrische Kräfte, welche in dieser Richtung wirken, keine merklichen Formveränderungen des Quarzes erzeugen. Bis jetzt habe ich noch keine Gelegenheit gehabt, die Richtigkeit der Curie'schen Versuche zu prüfen und dieselben in der angedeuteten Weise zu erweitern; da mich jene Versuche auch deshalb sehr interessiren, weil sie in naher Beziehung stehen zu meinen früheren Versuchen über sogenannte elektrische Ausdehnung**), werde ich sobald wie möglich diese Untersuchung in Angriff nehmen.

---

*) Compt. rend. Bd. 93, S. 1137. 1881.

**) Ber. d. Oberh. Ges. Bd 20, S. 1. 1881.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; download unter www.zobodat.a

Die zweite leicht zu bestätigende Thatsache ist die, daſs eine mechanische Compression des Quarzes senkrecht zur Hauptaxe auf die Lichtstrahlen, welche senkrecht zur Hauptaxe und zur Compressionsrichtung durch den Krystall gehen, qualitativ dieselbe Wirkung ausübt, wie eine in gleicher Richtung stattfindende Compression einer eingeschalteten Glasplatte.

Unschwer wird man finden, daſs die beschriebenen Erscheinungen bis in ihre Details hinein vollständig in Uebereinstimmung sind mit den soeben mitgetheilten Eigenschaften des Quarzes.

Ueber die eigenthümlichen Erscheinungen, welche ich beobachtete, wenn die Lichtstrahlen parallel mit der Hauptaxe hindurchgingen, hoffe ich später zu berichten.

Gieſsen, den 25. Nov. 1882.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Bericht der Oberhessischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde

Jahr/Year: 1883

Band/Volume: 22

Autor(en)/Author(s): Röntgen Wilhelm Conrad

Artikel/Article: Ueber die durch elektrische Kräfte erzeugte Aenderung der Doppelbrechung des Quarzes. 49-64