

XII. *Polarisation der Wärme durch Turmaline;*
von Hrn. M. Melloni.

(*L'Institut*, No. 142 p. 25) ¹⁾.

Die erste Schwierigkeit, welcher man begegnet, wenn man die Polarisation der Wärme durch Turmaline stu-

- 1) Dafs die Wärmestrahlen, die leuchtenden einer Flamme wie die dunkeln einer erhitzten Metallkugel, durch *Reflexion an einem Glasspiegel* polarisierbar seyn, hat bekanntlich Bérard im J. 1812 (*Mém. d'Arcueil*, T. III p. 25) zuerst angegeben. Die Richtigkeit dieser Angabe, so weit sie die dunkeln Wärmestrahlen betrifft, wurde indess späterhin i. J. 1830 und 1831 von Hrn. Baden Powell bestritten (*Ann.* Bd. XXI S. 311 und *Edinburgh Journ. of Science N. S.*, T. V p. 206). Selbst Hr. Melloni vermochte nicht einmal die *leuchtenden* Wärmestrahlen einer Argand'schen Lampe durch *Turmaline* zu polarisiren. Bei der anerkannten Geschicklichkeit dieses letzteren Physikers mußte daher die bald darauf von Hrn. Forbes in Edinburgh gemachte widersprechende Beobachtung, dafs leuchtende wie dunkle Wärmestrahlen durch Turmaline (wie durch Refraction) polarisirt würden, einigen Zweifel erwecken. Indess sehen wir jetzt auch Hrn. Melloni zu demselben Resultat gelangen, und daher ist es nicht mehr wie billig Hrn. Forbes's ältere Ansprüche auf diese Entdeckung ehrend anzuerkennen. Hrn. Melloni gebührt jedoch das grofse Verdienst, diese Untersuchung auf Wärmestrahlen von verschiedener Diathermansie ausgedehnt, und dadurch gezeigt zu haben, weshalb bei Anwendung von Turmalinen in einigen Fällen eine Polarisation bewirkt wird oder zum Vorschein kommt und in andern nicht (wodurch, beiläufig bemerkt, die älteren Beobachtungen von Bérard, da bei ihnen gewöhnliche Thermometer, also in Glashüllen eingeschlossene Wärmemesser, angewandt wurden, etwas verdächtig werden). Die nun wohl nicht mehr zu bezweifelnde Polarisation der Wärme führt zugleich zu dem Schluß, dafs die Wärme, wenigstens im Zustande der Strahlung, wie das Licht, aus Schwingungen, und zwar aus transversalen Schwingungen eines impo-nderablen Wesens bestehe (*S. Ann.* Bd. XXXV S. 553); und es

diren will, ist der geringe Wärmedurchblafs dieser Krystalle, ein Umstand, der, verbunden mit der gewöhnlichen Kleinheit derselben, das ausfahrende polarisirte Strahlensystem ungemein schwach und kaum durch die empfindlichsten Thermomultiplicatoren wahrnehmbar macht. Zwar kann man die auf die Turmaline einfallende Wärmemenge vergrößern, wenn man sie mittelst einer Steinsalzzlinse concentrirt; allein alsdann erhitzen sich die Platten merklich und strahlen für sich viel Wärme aus. Es wird also nothwendig, das Thermoskop in eine große Entfernung zu stellen, um dasselbe dem störenden Einflufs dieser zweiten Wärmequelle zu entziehen, und dadurch fällt man dann wieder in die erste Schwierigkeit zurück; denn nachdem die Strahlen sich im Brennpunkt gekreuzt haben, divergiren sie wieder bedeutend, und werden dadurch in einem sehr kleinen Abstände von den Platten ungemein schwach.

Um diesen Strahlen ihren Parallelismus wieder zu geben und zugleich eine bedeutende Stärke zu verleihen, stellte ich hinter dem von der ersten Linse erzeugten Bilde eine zweite Steinsalzzlinse von kürzerer Brennweite auf, und zwar genau um ihre Brennweite von dem Bilde entfernt. Die von ihr aufgefangenen divergirenden Strahlen traten dann parallel aus, und bildeten ein Bündel verdichteter Wärme, welches bei fernerer Fortpflanzung seine cylindrische Form behielt. Es ist sehr wichtig, die Turmaline nicht im gemeinschaftlichen Brennpunkt der beiden Linsen aufzustellen, sondern etwas näher an der zweiten, innerhalb deren Brennweite, denn, wenn sie, in Folge der Absorption eines Theils der auf sie gerich-

erhalten selbst dadurch die sinnreichen Ideen des Hrn. Ampère über die Fortpflanzung der Wärme in festen Körpern (*Annal.* Bd. XXVI S. 161) einen erhöhten Grad von Wahrscheinlichkeit. Uebrigens hat sowohl Hr. Forbes wie Hr. Melloni, seine Untersuchung fortgesetzt; die Resultate beider Physiker sollen in einem der nächsten Hefte mitgetheilt werden. *P.*

teten Strahlen ihre Temperatur erhöht haben, so wird die absorbirte und alsdann auf die zweite Linse strahlende Wärme nothwendig in divergirende Strahlen gebrochen, deren Wirkung in einer kleinen Entfernung bald ganz abnimmt, ohne auf den thermoskopischen Körper zu wirken, der auf diese Weise alleinig von denjenigen Strahlen afficirt wird, die von der directen Transmission herrühren und durch die zweite Linse parallel gemacht sind. Mittelst dieses einfachen Kunstgriffs gelingt es, durch sehr kleine Turmalinplatten einen Bündel Wärmestrahlen von fast gleicher Dicke mit dem Querschnitt der ersten Linse gehen zu lassen, und man benutzt so alle ausfahrenden Strahlen, und zwar diese Strahlen allein, rein, ohne die geringste Beimengung der von der Erhitzung der Platten herrührenden Wärme. Durch Verknüpfung einer Linse von zwei Zoll Durchmesser und drei Zoll Brennweite mit einer Linse von 14 Linien erhielt ich von den Turmalinen ausfahrende Strahlenbündel, welche den Zeiger des Thermomultiplikators, ein Meter entfernt von der kleinen Flamme einer Locatellischen Lampe mit Reflector, mehrentheils um 60° bis 80° ablenkten.

Folgendes sind die Resultate, welche ich erhielt, als ich nach einander viele Turmaline paarweis mit parallelen und gekreuzten Krystallaxen den Wärmestrahlen dieser Lampe aussetzte, nachdem sie durch das angezeigte Verfahren verstärkt worden waren.

Die Polarisation, d. h. das Verhältniß der bei paralleler und rechtwinkliger Stellung der Axen jeden Paares durchgelassenen Wärmemengen, ist nach der Beschaffenheit der Turmaline beträchtlich verschieden; es schwankt von 3 oder 4 Hunderteln bis zu 22 Hunderteln. Den größten Unterschied geben die gelben, falben oder violetten Turmaline; dann kommen die braunen, blauen und grünen. Blaue Turmaline, die das Licht wenig polarisiren, geben zuweilen eine grössere Wärmepolarisation als

die grünen, welche die Lichtstrahlen einer Flamme beinahe vollständig auslöschen.

Fängt man die Wärmestrahlen *vor* oder *nach ihrer* Polarisation mit Platten von verschiedenen Substanzen und verschiedener Dicke auf, und mißt den Betrag der Polarisation der durchgelassenen Strahlen, so ergeben sich in diesem, bei steter Anwendung eines und desselben Paares von Turmalinen, bedeutende Verschiedenheiten. Nehmen wir zunächst als Beispiel zwei Turmaline, die mir von Hrn. Biot geliehen wurden. Der eine ist violett, der andere falb. Den directen Strahlen der Quelle ausgesetzt, polarisiren sie 21 von 100. Die Dazwischensetzung einer etwa 3 Millimeter dicken Gypsplatte, bringt den Zeiger von 21 auf 37; eine eben so dicke Platte von weinsaurem Kali-Natron bringt ihn auf 45, Wasser auf 54 und Alaun auf 90°. Gewöhnliches Glas von gleicher Dicke läßt den Zeiger in seinem natürlichen Zustand, und eben so verhält sich rothes, orangefarbenes, gelbes, blaues, indigfarbenes, violettes Glas. Durch Kupferoxyd grün gefärbtes Glas, so wie schwarzes undurchsichtiges Glas vermindert dagegen die Menge der polarisirten Wärme, reducirt sie auf 5 bis 6 Hundertel. Bei jeder Substanz nimmt die die Polarisation verstärkende oder vermindernde Wirkung mit der Dicke zu. So bringt eine Wasserschicht von 0,7 Millimeter Dicke den Zeiger auf 36°, während eine 6 Millimeter dicke Schicht derselben Flüssigkeit ihn auf 65° bringt. Grünes oder schwarzes undurchsichtiges Glas, welches bei 0,5 Millimeter Dicke die Polarisation auf 12° bis 15° verringert, bringt sie andererseits bei einer Dicke von 4 Millimeter auf 2° bis 3° herab.

Wenn man statt des betrachteten Turmalinpaares ein Paar grüner Turmaline anwendet, so bringen die in die Bahn der Wärmestrahlen eingeschalteten Platten ganz andere Wirkungen hervor. Denn die Platten von grünem und schwarzem undurchsichtigen Glase, welche die von

dem ersten Turmalinpaar bewirkte Polarisation so beträchtlich schwächten, sind nun ganz ohne Wirkung, und das klare farblose Glas läßt die Polarisation nicht mehr ungeändert, sondern vermindert sie bedeutend.

Bei einem Paare grünelber Turmaline, welche direct 13 von 100 Wärmestrahlen polarisiren, brachte die Dazwischensetzung eines zolldicken Glases den Zeiger auf 5° herab; und bei einem anderen Paare dunkelgrüner Turmaline, welche das Licht einer Flamme vollständig auslöschten und 7 von 100 Wärmestrahlen polarisiren, bewirkte die Dazwischenkunft einer 2 bis 3 Millimeter dicken Platte gewöhnlichen Glases eine solche Verringerung, daß bei Wärmemengen, welche am Galvanometer eine starke Ablenkung hervorbrachten, keine Spur von Polarisation wahrzunehmen war. Dasselbe Turmalinpaar, in den beiden Hauptrichtungen seiner Krystallaxen den Strahlen einer Argand'schen Lampe ausgesetzt, gab ebenfalls eine unwahrnehmbare Wärmepolarisation, in dem der Glascylinder der Lampe die Stelle der dazwischengesetzten Platte vertrat.

Mithin giebt es Umstände, in denen die strahlende Wärme nicht merklich von Turmalinen polarisirt wird, und dagegen andere, wo eine fast vollständige Polarisation derselben stattfindet.

Um sich eine richtige Idee von diesen eigenthümlichen Veränderungen zu machen, muß man bedenken, daß dieselben nothwendig verwickelte Erscheinungen sind, bei denen die Menge der polarisirten oder polarisirbaren Wärme dem Einfluß der von der Wärmefluth (*flux calorifique*) durchdrungenen Schirme unterworfen ist, einem Einfluß, der außerordentlich verschiedenartig ist nach der Natur der Substanzen, aus denen die Schirme bestehen. Da nun bei diesem durch die Transmission verschiedenartig modificirten Strom (*flux*) der polarisirte Antheil Wärme nicht gleich ist, so scheint sich daraus als unmittelbare Folgerung zu ergeben, daß die verschiede-

nen Strahlen, welche die Elemente des gesammten Stroms (*flux*) ausmachen, eine verschiedene Fähigkeit für die Polarisation besitzen.

Allein, zieht man die Wirkungsweise der Turmaline auf das Licht in Erwägung, so bietet sich eine andere Erklärung dar, die mehr mit den bekannten Gesetzen der Optik im Einklang steht. Wenn ein natürliches Lichtbündel senkrecht in eine parallel mit der Krystallaxe geschnittene Turmalinplatte eindringt, so wird dasselbe zunächst durch die Doppelbrechung getheilt in zwei Strahlen von fast gleicher Stärke und gegen einander rechtwinkliger Polarisation; allein so wie diese Strahlen tiefer eindringen in die Substanz der Turmaline, erleiden sie eine sehr ungleiche Absorption; es wird nämlich der ordentlich gebrochene weit stärker absorhirt, so daß jenseits einer gewissen, oft sehr geringen Dicke der außerordentliche Strahl sich allein mit der ihm eigenthümlichen Polarisationsrichtung zeigt. Es ist also die ungleiche Absorption dieser beiden Bündel, vermöge welcher die Polarisationsphänomene sich bei den Turmalinplatten zeigen. Wenn die Substanz des Turmalins auf jeden der Strahlen mit gleicher Intensität einwirkte, würden beide Strahlen mit einander gemengt austreten und alle Eigenschaften des gewöhnlichen Lichtes darbieten. Hr. Biot, dem man die Entdeckung der Polarisation durch Turmaline verdankt, hat diese Theorie durch eine große Zahl von Versuchen erwiesen.

Gesetzt nun alle Wärmebündel, aus denen die Wärmefluth der Flamme besteht, erleiden, wie das Licht, beim Eintritt in eine Turmalinplatte eine vollständige Polarisation, und jeder zerfalle in zwei gleich starke und gegen einander rechtwinklig polarisirte Strahlen. Nehmen wir überdies an, daß die *Ungleichheit* der von der Substanz der Turmaline auf die beiden Strahlen ausgeübten Absorption mit den verschiedenen Wärmebündeln variire, daß sie für gewisse Bündel sehr groß, schwach

oder Null dagegen für andere sey, so ist klar, daß die ersteren vollständig nach einer Ebene polarisirt zum Turmalin hinaustreten, die letzteren aber mehr oder weniger nach beiden rechtwinkligen Ebenen polarisirt seyn, und folglich den Anschein einer unvollständigen oder ganz fehlenden Polarisation darbieten werden. Nimmt man mittelst Dazwischensetzung von Platten gewisse Wärmestrahlen fort, so werden die Anzeigen von Polarisation mehr oder weniger merkbar werden, je nachdem die Substanz, aus welcher die Platte besteht, von gegebenen Bündeln Strahlenpaare absorhirt, die mehr oder weniger ungleich absorbirbar sind von den Turmalinen. Das polarisirende Turmalinsystem übt auf sich selbst eine analoge Wirkung aus, wie die andern Platten, d. h. es theilt nicht bloß zuvörderst jedes Bündel in zwei gleich starke und ungleich absorbirbare Theile, sondern es vernichtet einige Bündelarten und die daraus entspringende Strahlenpaare gänzlich. Variirt nun die vernichtete Wärme von einem Turmalin zum andern, wie es, nachdem was man bei allen andern Substanzen beobachtet, natürlich ist anzunehmen, so enthält die durchgelassene Wärmefluth Bündel, deren Theile von den beiden das polarisirende System ausmachenden Platten mehr oder weniger ungleich absorbirt werden. Daraus dann der Unterschied, den man bei verschiedenen Turmalinpaaren in der Polarisation bemerkt.

Nach dieser Betrachtungsweise würde also die schwache Polarisation der Wärme in den Turmalinen nicht wirklich, sondern scheinbar seyn, und alle die Wärmefluthen, welche zu Platten, bestehend aus verschiedenen Substanzen, hinaustreten, und durch die Turmaline so ungleich polarisirt werden, könnten fähig gemacht werden, einen gleichen Grad von Polarisation zu erleiden, wenn sie Verfahrensarten, die unabhängig von der Absorption der Mittel wären, unterworfen würden.

Es folgt also aus dem Vorbergehenden, daß die
Wär-

Wärmestrahlen, seyen sie leuchtend oder dunkel, ganz oder theilweis durch die Doppelbrechung polarisierbar sind. Allein sind sie alle es gleich stark und vollständig, wie die aus einer Alaunplatte tretenden, oder ist diese Fähigkeit zur vollständigen Polarisation nur einigen unter ihnen eigen? Das sind Fragen, die ich durch neue Versuche zu beantworten bemüht seyn werde.

XIII. *Ueber die voltasche Elektricität, über die die chemischen Actionen begleitende Elektricität, und über die Eigenschaften, durch welche die Elektricitäten verschiedenen Ursprunges sich von einander unterscheiden. Schreiben an Hrn. Arago von Hrn. August de la Rive.*

(*Comptes rendus hebdomadaires des Séances de l'Acad. des Sciences*, 1835, p. 312) ¹⁾.

— Als ich die Abhandlung, welche ich vor etwa einem Jahre im Institute über die voltasche Elektricität vorgelesen habe, für die *Annales de chimie* in's Reine schreiben wollte, gelangte ich zu einigen Resultaten, die mir neu schienen. Ich übersende Ihnen hier dieselben, und bitte, die Güte zu haben, sie der Academie mitzutheilen, falls Sie dieselben dazu für würdig halten. —

Vielleicht erinnern Sie sich, dafs unter den Gegenständen, welche ich in der erwähnten Abhandlung behandelte, sich einer befand, auf den ich hauptsächlich Werth legte, der nämlich, dafs bei dem blofsen Contact

1) Diese wöchentlichen Berichte werden auf Beschluss der Academie seit August vorigen Jahres durch die beiden beständigen Secretäre (gegenwärtig die HH. Arago und Flourens) herausgegeben. P.