II. *Ueber die Natur der vom elektrischen Funken ausgehenden und in der Ferne Phosphorescenz erregenden Strahlung;*

von HH. Biot und Becquerel.

(Auszug aus den *Compt. rend. T. VIII p. 223.*)

Nach der Lesung des vorstehenden Aufsatzes äußerte Hr. Biot gegen mich (sagt Hr. Becquerel) das Bedenken, es möge wohl die in demselben beschriebene Wirkung nicht herrühren von dem Theil der elektrischen Strahlung, der auf die Netzhaut des Menschen die Lichtempfindung hervorbringt, sondern von einem davon verschiedenen Theil, eben so wie die Wärmestrahlung, die von glühenden Körpern gleichzeitig mit Licht ausgesandt wird, sich von dieser unterscheidet, wenn sie, wie bei Hrn. Melloni's Versuchen, von der mit Kienrufs überzogenen thermo-elektrischen Säule absorbiert wird. Er setzte hinzu, meine mit Schirmen von verschiedener Natur gemachten Versuche schienen ihm einen solchen Unterschied anzudeuten, und er schlug mir vor, gemeinschaftlich mit ihm Versuche hierüber anzustellen, worin ich denn auch einwilligte.

Zunächst fanden wir die Resultate bestätigt, die ich über den directen Einfluß des von weitem durch Luft wirkenden elektrischen Lichts erhalten hatte. Auster-schalen wurden geglüht, darauf einige Zeit dem (damals sehr schwachen) Sonnenlicht ausgesetzt und dann in's Dunkle gebracht. Sie zeigten eine merkliche Phosphorescenz, die aber bald erlöschte. Als sie ganz verschwunden war, breitete man die Substanz auf mehre Porcellanschälchen aus, und stellte diese 2 bis 135 Centim. weit von zwei kleinen kupfernen Kugeln, zwischen denen man den Funken einer immer bis zu demselben Grad

eines Kugel-Elektrometers geladenen Batterie überschlagen liefs. Sogleich nach der ersten Entladung kam die Phosphorescenz wieder zum Vorschein, aber sie war schwach und kaum verweilend. Bei der zweiten war sie lebhafter und dauernder, und so nahm sie, in allen Schälchen, allmähig zu bis zur fünften Entladung, wie ich schon früher bemerkt hatte. Das phosphorische Licht zeigte hauptsächlich rothe, gelbe und grüne Farben. Weiter trieben wir die Probe nicht.

Nachdem wir so die Empfänglichkeit der geglühten Masse für den directen Einfluß bestätigt hatten, machten wir einen zusammengesetzten Schirm, bestehend aus einer Glasplatte und einer Bergkrystallplatte, beide von gleicher Klarheit, und am Rande so zusammengekittet, daß ihre Oberflächen in Einer Ebene lagen. Die Dicke des Glases betrug 3,65 Millim., welche beim damaligen Grade von Empfindlichkeit der Substanz, diese (Empfindlichkeit) nach meinen früheren Versuchen fast vollständig bewahren mußte. Die Dicke der Bergkrystallplatte betrug fast das Doppelte, nämlich 5,953 Millim. Es war die Platte, die in Hrn. Biot's Bericht über Melloni's Arbeit ¹⁾ mit *i* bezeichnet wurde. Ungeachtet der Bergkrystall dicker war als das Glas, mußte er doch, wegen seiner gröfseren Diathermansie, einen stärkeren und anders beschaffenen Antheil von der gesammten einfallenden Strahlung durchlassen als dieses, ohne für das Auge einen merklichen Unterschied in der Durchsichtigkeit darzubieten.

Der zusammengesetzte Schirm wurde auf die Schälchen gelegt, so, daß die Scheidelinie seiner beiden Theile der Mitte des Zwischenraums der kupfernen Kugeln entsprach, zwischen denen der Funke überschlagen sollte. So wie dieser überschlug, erschien auch sogleich die Phosphorescenz, lebhaft und stark unter der Krystallplatte, unmerklich oder gar nicht aber unter der Glas-

1) S. Annal. Bd. XXXIX S. 264.

platte. Die Projection dieser letzteren unterschied sich durch Schwarz neben der anderen, wie wenn man die Gränze mit einem Lineal gezogen hätte. Bald darauf nahm aber die Phosphorescenz ab, und nach wenigen Augenblicken war alles wieder dunkel.

Nun drehte man die Schirme, so daß die Stellen, auf welche sich beide Theile projeciren mußten, vertauscht waren. Bei Wiederholung des Versuchs war der Erfolg der nämliche. Nach der Entladung war die Substanz unter dem Glase dunkel, unter dem Bergkrystall phosphorescirend. Späterhin bemerkte man, daß die Phosphorescenz dieser letzteren Portion, ehe sie erlöschte, sich allmählig auf die andere verpflanzte.

Nun machte man einen neuen gemischten Schirm, indem man eine Glasplatte von 3,55 Millim. Dicke an eine klare Gypsplatte von 7,60 Millim. Dicke kittete. Die letzte Substanz ward wegen ihrer, dem Alaun anaogen Diathermansie gewählt. Uebrigens stand sie an Durchsichtigkeit dem Glase nicht nach. Ungeachtet seines blättrigen Gefüges und seiner grösseren Dicke, zeigte sich der Gyps überlegen nicht bloß dem Glase, sondern auch dem Bergkrystall. Er zeichnete sich mit allen Krümmungen seines Umrisses ab. Unter dem Glase war dagegen Alles dunkel, vielleicht jedoch bloß im Gegensatz zu jenem. Bei Wiederholung des Versuchs mit umgedrehtem Schirm war das Resultat dasselbe.

Nun wurde dieselbe Glasplatte an eine senkrecht gegen die Axe geschnittene Bergkrystallplatte von 41,20 Millim. Dicke gekittet. Gewiss war letztere wegen ihrer grossen Dicke etwas weniger durchsichtig als das Glas; allein der Erfolg war ähnlich. Nur unter dem Bergkrystall erschien die Phosphorescenz. Eben so verhielt es sich bei einem zweiten Versuch mit umgedrehten Platten.

Uebrigens konnte, nach den Resultaten mit der sechs Millimeter dicken Platte, dieser letzte Versuch keinen Zweifel übrig lassen. Denn aus Hrn. Melloni's Ver-

suchen sieht man, daß eine Strahlung, die eine sechs Millimeter dicke, senkrecht gegen die Axe geschnittene Bergkrystallplatte durchlaufen hat, schon so gereinigt für diese Substanz ist, daß sie in derselben bis zu einer Tiefe von 86 Millim. eindringen kann, ohne eine andere als äußerst geringe Absorption zu erleiden. Uebrigens kann diese Art von Analogie höchstens auf eine gleiche Art von Schirm und auf eine gleich strahlende Quelle angewandt werden. Denn bei den Versuchen des Hrn. Melloni zeigt die mit Kienrufs überzogene Säule nur das Daseyn derjenigen Antheile der Strahlung an, die auf sie einen Wärmeeindruck hervorbringen. Und wenn es nicht-wärmende, aber mit andern Eigenschaften begabte Strahlen gäbe, so könnte es geschehen, daß sie ohne Wirkung auf dieselbe wären, und also nicht von ihr angezeigt würden.

Um zu sehen, ob die phosphorogenische Strahlung sich bloß in gerader Linie durch die Luft fortpflanze, bedeckten wir das Schälchen, welches die leuchtfähige Substanz enthielt, mit einem undurchsichtigen Papier, worin ein rundes Loch von etwa einem Millimeter Durchmesser gemacht worden, und brachten dieses über die Mitte der Substanz. Bei schneller Fortnahme des Papiers nach der Entladung zeigte sich auf dieser Mitte ein ganz kleiner leuchtender Kreis von sehr lebhaftem Glanz, während das Uebrige dunkel geblieben war. Allein nach und nach belebte sich auch dieser Rest, und die Phosphoreszenz verbreitete sich endlich über die ganze Oberfläche der Substanz; darauf wurde sie schwächer, bis sie nach einigen Augenblicken erlöschte.

Glaspapier liefs die Wirkung ebenfalls durch, aber schwach. Nach Hrn. Melloni's Versuchen ist die Galterte, aus welcher dieß Papier besteht, eine der wenigst diathermanen Substanzen; allein wie jede andere wird sie es mehr, so wie man sie dünner nimmt.

Defsungeachtet schien uns die Wirkung stärker als

wir es nach meinen ersten Versuchen erwartet hatten. Unser Erstaunen wuchs, als wir sahen, daß dieselbe Glasplatte von 3,55 Millim. Dicke, die vorhin untersucht worden, jetzt wirksam war, und daß sogar eine andere Glasplatte von 12 Millim. Dicke ebenfalls merkbare Wirkungen gab ¹⁾). Wir begriffen jetzt, daß die in dem Schälchen enthaltene Substanz durch die wiederholten Erregungen empfänglicher geworden war. Wir fingen demnach unsere Versuche mit den früher angewandten gemischten Platten wieder an. In diesem neuen Zustand der Substanz war die Phosphoreszenz der Glasplatte sehr sichtbar; allein sie zeigte sich auch unter dem Bergkrystall und unter dem Gyps so lebhaft, daß der Schimmer unter deren ganzer Projection vollständig weiß erschien, und die Umrisse durch den Ueberschuß des Lichts vollkommen abgegränzt waren. Beide Krystallplatten zeigten demnach noch ihre frühere Ueberlegenheit, und folglich machten die neuen Versuche die früheren nur noch gewisser, indem sie zeigten, daß wenn die Phosphoreszenz nicht unter der Glasplatte erschien, dieß nur von der geringen Empfindlichkeit der Substanz und nicht davon herrührte, daß ihr diese Radiation nicht zukam.

Wir untersuchten ferner den *Rauchtopas* auf seine Durchsichtigkeit für phosphorogenische Strahlung, und zwar aus folgendem Grunde.

Hr. Melloni hat gezeigt, daß die Wärmestrahlungen der Locatelli'schen Lampe, des glühenden Platins und des bis 400° erhitzten Kupfers fast eben so gut und reichlich durch Rauchtopas, als durch klaren, senkrecht

I) Die Anwendung dieser neuen Glasplatte, die noch nicht dem elektrischen Lichte ausgesetzt gewesen, hatte bloß den Zweck zu zeigen, daß die zuletzt beobachtete Zunahme der Wirkung von einer erhöhten Empfindlichkeit der phosphorescirenden Substanz herrührte, und nicht von einer leichteren Durchgänglichkeit, die das zuvor angewandte Glas etwa durch die wiederholten Durchgänge des Lichts erlangt haben konnte.

gegen seine Axe geschnittenen Bergkrystall gehen, ungeachtet beide Varietäten für das Auge eine so große Verschiedenheit in der Durchsichtigkeit darbieten. Diese Fast-Gleichheit des Wärmeeinflusses ist in dem Bericht an die Academie (Ann. Bd. XXXIX S. 265) durch Rechnung bis zu 86 Millim. bestätigt. Wir wollten wissen, ob diese Gleichheit auch für die phosphorogenische Strahlung vorhanden sey.

Zunächst versuchten wir eine senkrecht gegen die Axe geschnittene Platte von 21,75 Millim. Dicke. Ihre innere Structur zeigte sich, durch Polarisation untersucht, sehr regelmässig. Allein, obgleich sehr klar, schwächte sie die leuchtende Radiation bedeutend, und der Himmel, durch sie beobachtet, schien unzweideutig viel dunkler als durch eine Glasplatte von 3,55 Millim. Wir kitteten sie nun an eine ähnliche Platte, um einen gemischten Schirm zu bilden, und legten diesen, wie vorhin, auf ein Schälchen mit frisch geglühten Austerschalen, von deren Empfindlichkeit für die directe elektrische Strahlung wir uns so eben überzeugt hatten. Bei dem ersten Versuch betrug der Abstand der Mitte des elektrischen Funkens von der Oberfläche der Substanz 12 Centimeter. Die ganze Portion dieser Oberfläche unter dem Krystall war, entsprechend seinem Umriss, in Gestalt eines Sechsseits erleuchtet. Die Portion unter dem Glase dagegen war dunkel geblieben.

Nun wurden die Austerschalen dem Funken bis auf 7 Centimeter genähert. Bei Wiederholung des Versuchs waren jetzt die Wirkungen ähnlich, doch ausgezeichneter unter dem Krystall. Unter dem Glase aber waren sie Null. Ohne Zweifel würden sie sichtbar geworden seyn, wenn die Austerschalen erregbarer gewesen oder stärker erregt worden wären. Allein es hatte Vorzug, dass sie es nicht waren, damit die Ungleichheit des Eindrucks durch die beiden Theile des Schirms deutlicher wurde.

Wir haben den Versuch noch mit einer andern Platte

von klarem Rauchtöpas wiederholt, die aber 90 Millim. Dicke hatte. Sie war schief gegen die Axe geschnitten, wahrscheinlich ganz ohne Absicht aus einem gröfseren Stück, zum Behufe eines Schmucks. Die Wirkungen mit dieser Platte waren merkbar, doch schwach, weit schwächer als sie ohne Zweifel gewesen seyn würden, wenn die Platte senkrecht gegen die Axe geschnitten worden.

Bei noch einer andern Platte von 29 Millim. Dicke, die querüber einen grofsen Rifs hatte, und bei welcher die Richtung der Axe nicht bestimmt wurde, war keine Spur von Wirkung da.

Indefs zeigen die Resultate mit der ersten, senkrecht gegen die Axe geschnittenen und 21^{mm},75 dicken Rauchtöpasplatte, im Vergleich zu denen mit der weit klareren Glasplatte von 3^{mm},55 Dicke genugsam, dafs derjenige Antheil der elektrischen Strahlung, welcher Phosphoreszenz erregt, physisch verschieden ist von dem, welcher das Sehen auf der Netzhaut des Menschen hervorruft. Die Versuche, welche mit durchsichtigen Schirmen bei verschiedenen Graden von Empfindlichkeit der geglühten Substanz angestellt wurden, zeigen auch, dafs ein und derselbe Antheil der gesammten Strahlung eine Phosphoreszenz hervorzurufen vermag oder nicht, je nach der gröfseren oder geringeren Erregbarkeit der sie auffangenden Substanz. Endlich zeigen Hrn. Melloni's Versuche über die von verschiedenartigen glühenden Körpern ausgehenden Strahlung, dafs der die Wärmewirkung erzeugende Antheil dieser Strahlung ebenfalls verschieden ist von dem, welcher auf der Netzhaut des Menschen das Sehen bedingt. Hienach ist die Ansicht natürlich, dafs diese schon beobachteten Antheile der Strahlungen oder vielleicht andere, sie begleitende noch sonstige specifisch verschiedene Eigenschaften besitzen können, Eigenschaften, die sich kund geben würden, wenn man sie auf Substanzen, die für diese speciellen Wirkungen empfänglich wären, einwirken liesse.

Im Laufe der vorstehenden Versuche wandten wir auch als Schirm eine Wasserschicht an, die in einem durch klare, senkrecht gegen die Axe geschnittene Bergkrystallplatten geschlossenen Ring von mattem Glase enthalten war. Die Dicke der Wasserschicht zwischen diesen Platten betrug $3^{\text{mm}},5$. Eine kreisrunde Blending von opakem Papier, auf die obere Platte gelegt, liefs blofs den mittleren Theil des Ringes frei, und gab die Sicherheit, dafs die Strahlung durch die Flüssigkeit ging. Die Strahlung des elektrischen Funkens ging durch das Wasser und erregte Phosphorescenz; allein wir haben das Verhältnifs dieser zu andern Schirmen von gleicher Dicke nicht bestimmt.

Um die eben beschriebenen Erscheinungen wahrzunehmen, mufs der Beobachter in voller Dunkelheit seyn, und wenigstens eine Viertelstunde darin verweilen, ehe er die Versuche beginnt. Die kleinen Endkugeln der Conductoren, zwischen denen der Funke überspringt, müssen sich in derselben Dunkelheit vor ihm befinden, und Schälchen und Schirme so aufgestellt seyn, dafs nicht das geringste Licht hinzukann. Nach dieser Vorrichtung lege der Beobachter mittelst einer isolirenden Handhabe den gemischten Schirm auf das Schälchen, schliesse die Augen während der Entladung der Batterie, und halte noch die andere Hand vor die Augen, um diese so viel wie möglich gegen das lebhafte Licht der Entladung zu schützen. So wie er die Explosion gehört, öffne er die Augen und ziehe rasch den Schirm fort; dann hat er Mufse den phosphorischen Schimmer aufmerksam zu betrachten.