XV. *Die Photographie des Spectrums;* *von Dr. J. Müller.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus d. Berichten d. Verhandl. der naturforsch.
Gesellsch. zu Freiburg.)

Die Photographie des Spectrums, über welche ich im XCVII. Bande von Poggendorff's Annalen Seite 135 berichtet habe, war mit Glasapparaten dargestellt worden. Es war zu erwarten, daß der ultraviolette Theil des Spectrums in der Photographie noch ungleich länger ausgefallen wäre, wenn man bei Vermeidung alles Glases das Spectrum durch Quarzprisma und Quarzlinse dargestellt hätte.

Bei den geringen Mitteln unsers Instituts konnte ich nur nach und nach in den Besitz eines Heliostaten und den nöthigen Quarzapparaten gelangen und deshalb konnte ich denn erst im Herbst 1858 die Versuche zur Photographie eines Quarzspectrums wieder aufnehmen.

Das Quarzprisma, mit welchem ich das Spectrum darzustellen gedachte, war so geschliffen, daß die optische Axe des Krystalls senkrecht zu den Kanten des Prismas und parallel mit einer der drei Prismenflächen war.

War nun das Prisma so aufgestellt, daß die Strahlen dasselbe in der Richtung der optischen Axe durchliefen, so war es nicht möglich, ein Spectrum mit Fraunhofer'schen Linien zu erhalten; wenn auch eine oder die andere dieser Linien sichtbar wurde, so fehlten doch die andern.

Der Grund davon ist leicht einzusehen. Wenn auch ein Strahl von bestimmter Brechbarkeit das Prisma in der Richtung der optischen Axe durchläuft, so verfolgen doch die Strahlen, deren Brechbarkeit größer oder kleiner ist, nicht mehr genau die Richtung der optischen Axe. Bei der geringsten Abweichung von dieser Richtung macht sich aber die doppelte Brechung des Bergkrystalls schon so weit geltend, daß dadurch die Bildung Fraunhofer'scher Linien verhindert wird.

In dieser Stellung ist also das Quarzprisma zur Photographie des Spectrums mit all seinen dunklen Streifen nicht anwendbar. Ich stellte deshalb das Prisma so, daß diejenige Fläche des Prismas, mit welcher die optische Axe parallel läuft, eine der brechenden Flächen wurde. Auf diese Weise erhielt man zwei Spectra, welche freilich theilweise übereinander fielen; allein das am meisten abgelenkte Spectrum erschien doch vom Grün an vollkommen rein, so daß die Fraunhofer'schen Linien *F*, *G* und *H* auf einem Papierschirm deutlich sichtbar waren.

Die auf das Prisma fallenden Lichtstrahlen waren durch den Metallspiegel eines Silbermann'schen Heliostaten reflectirt, und zur Projection des Spectrums diente eine Quarzlinse von 4 Fufs Brennweite.

Die durch Hrn. Th. Hase ausgeführte Photographie des besprochenen Spectrums war nun in der That bei weitem mehr ausgedehnt als das photographirte Spectrum eines Glasprismas. Während letzteres sich nur bis zu der mit *N* bezeichneten Streifengruppe erstreckte, ging das Spectrum des Quarzprismas noch um ein Stück über *N* hinaus, welches größer war als der Abstand von *H* und *N*. Leider erschien aber das ganze Spectrum ungemein verwaschen, so daß kein Streifen die gehörige Schärfe hatte.

Einige Exemplare dieser Photographie des Quarzspectrums habe ich in der physikalischen Section der Naturforscher-Versammlung zu Karlsruhe vorgezeigt.

Ich schrieb diesen Mangel an Schärfe dem Umstand zu, daß die beiden Spectren, welche das Quarzprisma lieferte, theilweise übereinander fielen, daß namentlich der ultraviolette Theil des am wenigstens abgelenkten Spectrums weit in das andere Spectrum hineinragte.

Um diesen Uebelstand zu vermeiden, schien es mir am zweckmäßigsten, die durch den Spalt in das dunkle Zimmer eintretenden Strahlen sogleich durch ein achromatisirtes Quarzprisma (zwei Quarzprismen, nach der in meinem Lehrbuch der Physik, 5. Auflage, 1. Band, Seite 671 beschriebenen und Fig. 747 dargestellten Weise zusammengekittet)

aufzufangen. Wenn das von dem Spalte kommende Lichtbündel von einem solchen Apparat aufgefangen wird, so treten zwei gesonderte Strahlenbündel aus, welche rechtwinklig zu einander polarisirt sind. Dreht man das achromatisirte Quarzprisma so, daß die beiden Bilder horizontal neben einander liegen, so ist die Schwingungsrichtung des einen horizontal, die des andern aber vertical. Stellt man also das Quarzprisma, welches das Spectrum liefern soll, mit vertical gestellter Brechungskante in eins der beiden aus dem achromatisirten Prismen austretenden Strahlenbündel, so wird man nur ein einziges einfaches Spectrum erhalten; es ist also auf diese Weise der Nachtheil der theilweisen Deckung zweier Spectra gehoben.

Die beiden Stücke des achromatisirten Quarzprismas sind zwar mit Canadabalsam zusammengekittet, und es wäre denkbar, daß diese Substanz absorbirend auf die ultravioletten Strahlen wirkte; allein die Schicht ist jedenfalls so dünn, daß zu hoffen stand, sie werde keinen störenden Einfluß ausüben. Bis ich jedoch im Besitz eines zu dem angedeuteten Zweck brauchbaren achromatisirten Quarzprismas kam, war die Jahreszeit so weit vorgeschritten, daß in unsern Localen nicht mehr mit Sonnenlicht experimentirt werden konnte; ich mußte deshalb weitere Versuche über die Photographie des Quarspectrums auf den Sommer 1859 verschieben.

In den sonnenhellen Tagen des Juli hat nun Hr. Th. Hase die Photographie des Quarspectrums abermals vorgenommen, nachdem ich die Apparate auf das sorgfältigste aufgestellt hatte.

Unter einer Reihe negativer Platten wurden die zwei am besten gelungenen zur Vervielfältigung ausgewählt und mit I und II bezeichnet ¹⁾.

1) Der Hr. Verf. hat die Güte gehabt diese Photographien seinem Aufsatz beizulegen; da indess dieselben durch Kupferstich oder Steindruck nur äußerst schwer recht getreu wiederzugeben sind, so habe ich sie hier lieber ganz fortgelassen, und verweise dafür die Leser auf die zu Esselbach's Abhandlung gehörige Fig. 4, Taf. V, Bd. XCVIII mit deren Hülfe das hier Gesagte deutlich werden wird. P.

No. I enthält *zwei* photographirte Spectra, welche mit einer Lichteinwirkung von 1 und 2 Sekunden erhalten wurden. Die Partie zwischen *G* und *L* ist hier freilich nicht so rein und scharf als auf dem schon früher publicirten Glasspectrum (Pogg. Ann. Bd. XCVII), die Streifen *M*, *N* und *O* sind aber sehr schön sichtbar. Das mit einer Lichteinwirkung von 2" hergestellte Bild dieser Tafel geht noch über *O* hinaus, während das Glasspectrum bei einer Lichteinwirkung von 15" sich kaum etwas über *N* hinaus erstreckt.

Die Platte No. II enthält *fünf* Spectra, welche mit einer Lichteinwirkung von 1, 2, 4, 8 und 16 Sekunden hergestellt sind. Wenn auch weniger scharf und etwas kleiner als die Spectra auf No. I, so zeigen sie doch die Streifen der brechbarsten Strahlen mit hinlänglicher Schärfe, um ihre Positionen bestimmen zu können.

Das erste Spectrum dieser Tafel erstreckt sich etwas über *O* hinaus, das zweite bis *Q*, das dritte über *Q* hinaus, das vierte und fünfte über *R* hinaus.

Somit zeigen die früher dargestellten Glasspectra Details, welche in unsern Quarzspectren fehlen, diese dagegen enthalten Linien, welche im Glasspectrum nicht mehr sichtbar sind, die Tafel mit den Glasspectren und die beiden Tafeln mit Quarzspectren ergänzen sich demnach gegenseitig.

Gehen wir nun zur Beschreibung der wichtigsten dunklen Linien und Liniengruppen des ultravioletten Spectrums über, welche von Stokes und Esselbach mit *L*, *M*, *N*, *O*, *P*, *Q*, *R* und *S* bezeichnet wurden.

Die äußersten Streifen des unmittelbar sichtbaren Spectrums sind diejenigen, welche Fraunhofer mit *H* bezeichnet; es sind dies zwei starke dunkle Streifen, welche durch einen Zwischenraum getrennt sind, welcher noch etwas breiter ist, als die Breite eines dieser Streifen selbst. Wie wir aus der Photographie der Glasspectra bei einer Lichteinwirkung von 1 und 2 Sekunden sehen, sind aber diese Streifen weder ganz einfache dunkle Balken, noch ist ihr Zwischenraum einfach hell, er erscheint vielmehr von einer Reihe feiner dunkler Linien durchzogen, wie dies auch schon in

der trefflichen Fraunhofer'schen Abbildung des Spectrums zu sehen ist. (Denkschr. d. k. Acad. d. Wissenschaften zu München V. Band.)

L erscheint in den Quarzspectren übereinstimmend mit der Zeichnung von Stokes (Pogg. Ann. Ergänzungsbd. IV, Tab. I) als ein breiter Schatten; die Photographie des Glasspectrum bei einer Lichteinwirkung von 10 und 45 Sekunden zeigt uns aber diesen Schatten in fünf deutlich getrennten Linien aufgelöst.

Mit *M* wird eine Gruppe von 4 Streifen bezeichnet, welche sich übereinstimmend mit der Zeichnung von Stokes auf der Photographie der Glasspectren bei 4, 10 und 15 Sekunden Lichteinwirkung und in den Quarzspectren Platte I finden. In den Quarzspectren der Platte II sind sie kaum mehr als einzelne Streifen zu unterscheiden, obgleich die Position noch deutlich zu erkennen ist.

N, ein auffallend heller Streif, auf welchen nach der von *H* abgewendeten Seite hin zwei starke, auf der andern Seite aber vier schwächere dunkle Streifen folgen. Diese Gruppe ist auf Platte II der Quarzspectra noch deutlich zu erkennen, wenn man auch nicht in allen die einzelnen dunklen Streifen derselben unterscheiden kann. In den Quarzspectren Platte I sind sie sehr deutlich und ebenso in den letzten der Glasspectra. Auch in der Zeichnung von Stokes findet man diese Gruppe.

Die von Esselbach (Pogg. Ann. Bd. XCVIII) mit *O* bezeichnete, im Vergleich zu den benachbarten sehr dunkle und ziemlich scharfe Linie, welche ich auch auf den Quarzspectren mit *O* bezeichnet habe, ist offenbar dieselbe, welche Stokes mit *p* bezeichnet hat.

Die von Esselbach mit *P*, *Q*, *R* und *S* bezeichneten Streifen finden sich nicht mehr auf der Zeichnung von Stokes, dagegen finden sie sich in den Quarzspectren der Platte II.

P wird durch zwei ziemlich nahe stehende und scharfe Linien gebildet. — *Q* ist durch zwei dunkle Streifen gebildet, welche noch breiter sind und noch weiter von ein-

ander absteigen als die Streifen *H*. — *R* ist eine der Gruppe *Q* ganz ähnliche. Zwischen *Q* und *R* zeigen die beiden letzten Spectra der Tab. II noch 4 weitere dunkle Streifen. — *S* läßt sich nicht mehr mit Sicherheit charakterisiren.

Um die Lage dieser Linien im Quarzspectrum genauer zu fixiren, will ich den Abstand angeben von der Mitte einer jeden Liniengruppe bis zur Mitte zwischen den beiden Streifen *H*.

Nehmen wir die Entfernung der beiden Streifen *H*, d. h. die Entfernung von der Mitte des einen dunklen Streifens bis zur Mitte des andern, als Einheit, so ist die Entfernung von der Mittellinie der *H*-Gruppe bis zur Mittellinie von

$$\begin{array}{ll} L = 3,52 & P = 21,80 \\ M = 6,82 & Q = 26,11 \\ N = 11,36 & R = 33,33 \\ O = 17,63 \end{array}$$

dabei ist angenommen:

für die Mittellinie von *L* die Mitte des breiten Schattens, welche im Glasspectrum in fünf einzelne Streifen aufgelöst erscheint; — für die Mittellinie von *M* die Mitte zwischen dem zweiten und dritten der vier Streifen, welche diese Gruppe bilden; — für die Mitte von *N* die Mittellinie des hellen Streifens, welcher die Gruppe charakterisirt; — für die Mittellinie *P* die Mitte zwischen den beiden *P*-Streifen; — für die Mittellinie von *Q* und für die Mittellinie von *R* die Mitte des hellen Streifens, welche diese Partien auszeichnen.

Auffallend ist es, daß die chemische Wirkung des Lichtes ganz nahe beim Streifen *G* gegen *F* hin so plötzlich aufhört; die photographirten Glasspectren erscheinen hier förmlich abgeschnitten, während bei den Quarzspectren sich an die scharfe Gränze der stärksten Lichtwirkung noch ein Streifen schwacher Lichteinwirkung ansetzt, der sich bei 8 und 16 Sekunden selbst bis *F* fortsetzt. Dieser Unterschied liegt aber gewiß nicht darin, daß man das eine Mal ein Glas- das andere Mal ein Quarzprisma anwandte, sondern lediglich darin, daß das Collodium, welches zur Photogra-

phie der Quarzspectren angewandt worden war, etwas *Brom* enthielt, was bei dem für die Glasspectren angewandten Collodium nicht der Fall war. Es scheint also, daß der Bromgehalt des Collodiums die Einwirkung der weniger brechbaren Strahlen befördert.

Eine sehr sonderbare Erscheinung zeigt sich, wenn man eine bromhaltige Collodiumschicht 45 bis 60 Sekunden lang dem Licht des Spectrums aussetzt. Es bildet sich alsdann zwischen den *F* und *G* eine nebelartige Erweiterung des Spectrums, welche ich in keiner Weise zu erklären vermag. Dieser Auswuchs ist auf einer dritten Tafel photographirter Quarzspectren zu sehen, auf welcher übrigens die Fraunhofer'schen Linien des ultraviolettten Spectrums ziemlich verwaschen erscheinen. Von irgend einer zufälligen Ursache kann diese Ausbreitung nicht herrühren, denn als ich im Frühjahr 1855 mit Hrn. Prof. v. Babo mit ganz anderen Apparaten und bei ganz anderer Aufstellung Versuche über die Photographie des Spectrums anstellte, zeigte sich dieselbe Erscheinung noch weit stärker und zwar genau an derselben Stelle, wie jetzt bei der Photographie der Quarzspectra ¹⁾.

1) Die verschiedenen oben besprochenen Spectra sind direct durch den Hrn. Hof-Photographen Theodor Hase oder durch die Buchhandlung von Diernfellner zu Freiburg i. B. oder endlich durch Hrn. Joh. Val. Albert Sohn in Frankfurt a. M. zu beziehen und zwar:

- 1) Die Tafel mit 5 Glasspectren zu 1 Thaler 10 Sgr.
- 2) Die Tab. I der Quarzspectra (2 Spectra enthaltend) zu 1 Thaler.
- 3) Die Tab. II der Quarzspectra (5 Spectra enthaltend) zu 1 Thaler.
- 4) Die Tab. III der Quarzspectra (5 Spectra enthaltend, von welchen die beiden letzten den oben besprochenen Nebel zeigen) zu 1 Thaler.