**4. Ueber eine Methode objectiver Darstellung
der Eigenschaften des polarisirten Lichtes;
von N. Umow.**

(Hierzu Taf. I, Figg. 1–5.)

(Mit Zusätzen abgedruckt aus der Zeitschr. f. phys. Chem. 30. p. 711. 1899.)

Die Methode beruht auf den Erscheinungen, welche die Reflexion des polarisirten Lichtes an der Grenze eines durchsichtigen Mediums und eines in denselben eingetauchten Polyeders begleiten. Denken wir uns einen solchen grossen oder kleinen Körper, dessen Oberfläche aus mehreren reflectirenden Flächen gebildet ist, in den Weg eines linear polarisirten Bündels paralleler Lichtstrahlen eingeschaltet: das reflectirte Licht wird im allgemeinen einen pyramidalen Raum mit variabler Intensität ausfüllen. Das Minimum der Intensität wird augenscheinlich für solche Meridionalebenen gelten, welche die Richtung der Lichtschwingung und die Normale der reflectirenden Fläche enthalten. Dieses Minimum wird von der Grösse des Polarisationswinkels an der Grenze der zwei sich berührenden Stoffe abhängen. Man kann auf diese Weise auch Farbenerscheinungen erhalten; es können daher trübe Medien, welche sehr kleine suspendirte reflectirende Körperchen enthalten, im polarisirten Lichte in verschiedenen Richtungen auch verschiedene Farben zeigen. Ein solches suspendirtes Körperchen spielt die Rolle eines Analysators.

Ich werde hier einige Experimente beschreiben, welche aus diesen einfachen Ueberlegungen folgen und zum ersten Male im vorigen Winter in der Sitzung der Kaiserlichen Gesellschaft der Naturforscher zu Moskau demonstriert wurden.

Zur Erhaltung eines polarisirten Bündels diene die in Fig. 1 dargestellte Anordnung. Die elektrische Lampe trägt ein grosses Foucault'sches Prisma *P*, welches an seinem vorderen Ende mit einem Diaphragma mit runder Oeffnung versehen ist. Das Bild dieser Oeffnung wird mit dem Projectionsapparat *S* in gewünschter Entfernung entworfen. In

den Weg der linearpolarisirten Strahlen, welche aus *S* heraus-treten, werden verschiedene Apparate eingeschaltet.

1. Ein polirter Kegel aus Glas, dessen Oeffnung ungefähr 68° beträgt, wird mit Wachs an einen Kork befestigt, welcher seinerseits an einen weissen Schirm angeklebt ist. Dieser Kork wird mit einem zweiten auf der anderen Seite des Schirmes verbunden, welcher in einem Halter befestigt ist. Man stellt den Kegel in den Weg des linearpolarisirten Lichtbündels auf solche Weise, dass die Axe des Bündels mit der Axe des Kegels und das Bild der runden Oeffnung des Diaphragmas

Fig. 1.

mit der kreisförmigen Basis des Kegels zusammenfallen. Zwischen *S* und dem Glaskegel wird ein Diaphragma, welches das diffuse Licht abblendet, eingesetzt. Fig. 1, Tafel I zeigt die Erscheinung. Man sieht in der Mitte den Glaskegel, welcher von einem runden Schatten umgeben ist; es folgt dann der reflectirte breite Lichtfleck, welcher von zwei diametral gegenüber liegenden dunklen Büscheln durchsetzt ist. Der Durchmesser des Fleckes, welcher die Büschel der Länge nach halbt, zeigt die Richtung der Lichtschwingungen an. Der Glaskegel spielt also die Rolle eines Analysators.

2. Wir stellen in den Weg des linear polarisirten Strahles zwischen *P* und *S* eine senkrecht zur Axe geschnittene Quarzplatte: der Kegel reflectirt dann ein glänzendes farbiges Bild.

Eine linksdrehende (rote) Quarzplatte giebt z. B. zwei angrenzende Felder, in denen die Reihenfolge der Farben mit dem Sinne der Bewegung des Uhrzeigers zusammenfällt: rot, orange, gelb, grün, blau, violett, purpur, rot, orange, gelb, grün, blau,

Fig. 2.

purpur, rot (Fig. 2). Die Reihenfolge wird umgekehrt für eine rechtsdrehende Quarzplatte. Eine doppelte Quarzplatte giebt bei passender Orientirung zwei angrenzende Felder mit umgekehrten Reihenfolgen der Farben. Die Methode giebt also eine sehr übersichtliche Demonstration der Drehung der Polarisationsebene des Lichtes; der Kegel ersetzt also gewisse rotirende Polarisationsapparate.

Ein Babinet'scher Compensator, zwischen P und S eingeschaltet, giebt farbige Curven, welche in Fig. 2, Tafel I abgebildet sind. Das Viereck ist das Bild des Compensators; die Richtung der Lichtschwingungen vor dem Eintritt in den Compensator fällt mit einer seiner Diagonalen zusammen. Die farbigen Curven sind durch die Reflexion derjenigen Strahlen gebildet, welche bei dem Austritt aus dem Compensator denselben Schwingungszustand besitzen. Man überzeugt sich leicht davon, wenn man vor dem Glaskegel ein Drahtgitter einstellt, dessen Drähte den brechenden Kanten der Compensatorkeile parallel sind: Der Verlauf der Schatten dieser Drähte stimmt dann mit den Conturen der farbigen Curven. Die Fig. 3, Tafel I stellt dar die Abbildung des Experimentes. Die Strahlen, welche aus dem Compensator heraustreten, fallen einerseits auf eine kleine Glastafel, und werden von dieser auf den Schirm in Form eines halbelliptischen, von den Streifen des Compensators durchsetzten Lichtfleckes (links oben) reflectirt. Der übrige Teil der Strahlen geht durch ein Gitter, dessen Drähte parallel den Streifen des Lichtfleckes eingestellt sind. Man erhält auf diese Weise auf dem Schirme scharf ausgedrückte reflectirte Schatten der Drähte, welche mit breiteren farbigen Curven zusammenfallen.

Man kann auch den Glaskegel für subjective Beobachtung

benutzen: es wird zu diesem Zwecke ein kleiner Kegel auf eine mattgeschliffene Glasplatte, welche in der Focalebene eines Oculares befestigt ist, mit einem Tropfen Asphaltlack angeklebt.

3. Mit Kegeln aus Metallpapier oder mit Glaskegeln, welche mit verschiedenen Stoffen (z. B. Fuchsin) überzogen sind, kann man andere Erscheinungen demonstrieren. Man erhält eine sehr interessante und lichtstarke Erscheinung, wenn man, beim Einsetzen einer Quarzplatte zwischen P und S , in der Strecke SM einen Flüssigkeitsstrahl (1,5 m lang) mit einem Pulverisator erzeugt und schräg in der Richtung des Strahles blickt (Fig. 3). Man sieht längs des Strahles prachtvolle stahl-

Fig. 3.

graue oder gelbe, grüne etc. Farben, welche den Eindruck einer Metallreflexion machen. Die Farben wechseln mit der Drehung des Polarisators.

4. Ich komme jetzt zu der Beschreibung der Erscheinungen, welche man bei Beleuchtung der trüben Medien mit polarisirtem Lichte beobachtet. Die Idee, in ein trübes Medium einen polarisirten Lichtstrahl zu werfen, gehört G. Stokes. Es kam unserem ehemaligen Praktikanten Hrn. Abels die Idee, in den Gang eines solchen Strahles Quarzplatten einzuschalten, und in einer trüben Rohrzuckerlösung einen spiralförmigen Lichtstrahl zu erhalten. Entsprechende Experimente wurden von dem Assistenten des Physikalischen Cabinets, Hrn. Ussagin, mit Erfolg ausgeführt.

Die Anordnung der Apparate ist aus der Fig. 1 ersichtlich. Das Lichtbündel PSM wird von einem Metallspiegel M vertical nach unten zurückgeworfen und auf den Experimentirtisch ein vergrößertes Bild der Diaphragmaöffnung erhalten. Die Strahlen gehen im Inneren eines hohen Glascylinders C ,

welcher mit einer Flüssigkeit bis zu der Höhe von 48 cm gefüllt ist.

Das Experiment von G. Stokes besteht im Folgenden. Als Flüssigkeit wird Wasser genommen, welchem man eine sehr kleine Menge einer Lösung von Colophonium in Alkohol beimischt, bis es schwach opalisirend wird. Man sieht dann im Gefässe eine verticale Lichtsäule, deren Mantel auf zwei gegenüberliegenden verticalen Streifen dunkel ist. Die Ursache

Fig. 4.

davon ist dieselbe wie diejenige der dunklen Büschel in dem Experimente mit dem Glaskegel. Die Schar paralleler verticaler Ebenen, welche den dunklen Streifen entspricht, giebt die Richtung der Schwingungsebene des einfallenden Lichtes; jedes suspendirte Colophoniumtheilchen spielt die Rolle eines Analysators. Bei Einschaltung in den Gang der Lichtstrahlen zwischen *P* und *S* einer senkrecht zur Axe geschnittenen Quarzplatte erhalten wir dieselbe Erscheinung, wie die im Punkte 2 beschriebene, wenn wir den flachen Schirm in einen conischen oder cylindrischen verwandelten. Der Mantel des Lichtbündels in der Flüssigkeit überzieht sich scheinbar mit verticalen farbigen Streifen, deren Reihenfolge derselben Regel wie im Punkte 2 folgt (Fig. 4). Man erhält dieselbe Erscheinung, wenn das Gefäss *C* mit weissen Wolken des Salmiaks gefüllt wird. Blickt man ins Gefäss von oben, schräg gegen die Richtung der Strahlen, so sieht man viel lebhaftere Farben. Steht das Gefäss *C* auf einer Glastafel, so erscheint das reflectirte Bild der Lichtsäule in lebhaften complementären Farben.

5. Wollen wir dasselbe Gefäss *C* mit einer Rohrzuckerlösung füllen, deren Dichte ungefähr 1,3 bei 20° C. ist, und welcher eine kleine Quantität der obengenannten Colophoniumlösung beigemengt ist. Die Quarzplatte ist weggenommen. Im monochromatischen Lichte muss man folgende Erscheinung erwarten. Die eindringende Lichtschwingung giebt in der obersten, unendlich dünnen horizontalen Flüssigkeitsschicht zwei unendlich kurze, gegenüberliegende verticale dunkle Streifen, deren Verbindungslinie der Schwingungsrichtung der einfallenden Lichtstrahlen parallel ist. Bei weiterem Eindringen des

Strables in die Flüssigkeit dreht sich die Schwingungsrichtung, daher drehen sich mit dieser auch die dunklen Streifen. Wir erhalten offenbar auf dem Mantel des Lichtbündels zwei dunkle Spiralen, welche gegeneinander um zwei rechte Winkel verschoben sind, und deren Windungen, von oben gesehen, eine Richtung gegen die Bewegung des Uhrzeigers haben. Die Fig. 4, Taf. I zeigt die Abbildung des Phänomens im grünen Lichte (bei Einschaltung eines grünen Glases bei *P*). Man sieht drei Windungen — am oberen Ende, in der Mitte und am Boden des Gefässes. Wegen Absorption wird die Lichtsäule dunkler, je mehr man sich dem Boden des Gefässes nähert. Fig. 5, Taf. I zeigt das Phänomen im weissen Lichte. Ein Faden, der auf den Cylinder aufgewickelt ist, zeigt die Richtung der Spiralwindungen; die Farben, die diesen Windungen folgen, sind mit Buchstaben bezeichnet. Ihre Reihenfolge von oben nach unten ist die folgende: braun, grau, violett, indigo, blau, grün, gelb, orange, rot, purpurgrau, grau-grün. Die Erscheinung ist gebildet durch das Aufeinanderlagern farbiger Felder mit variabler, spiralförmig verteilter Intensität. Die dunklen Spiralen haben für alle Farben zwei gemeinschaftliche Ausgangspunkte auf der Oberfläche der Flüssigkeit; ihre Windungshöhen sind aber verschieden. Je mehr wir uns dem Boden des Gefässes nähern, desto mehr gehen die Windungen verschiedener Spiralen auseinander, und die Erscheinung wird verwaschener.

Man demonstriert leicht, dass wir es hier mit einem Phänomen der Circularpolarisation zu thun haben. Es erübrigt nur, bei *P* in die Strahlen eine Platte von einer Viertelwellenlänge in passender Orientirung einzuschalten: das Spiralphänomen verschwindet.

(Eingegangen 19. Februar 1900.)

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.