Aus allen den Versuchen folgt, dass, so lange das Thermometergefäss vollständig mit trockenem Eis umgeben ist, seine Temperatur nicht 0° erreicht; steigt das Thermometer höher, so ist entweder das Thermometergefäss nicht mehr ganz mit Eis bedeckt, oder es ist bei dickeren Eisschichten mit Wasser umgeben.

Aachen, den 6. März 1881.

VI. Ueber die Doppelbrechung des Lichtes in bewegten reibenden Flüssigkeiten; von A. Kundt.

1.

Es ist schon mehrfach die Frage aufgeworfen, ob der Zustand ungleicher Spannung, welcher in einer plötzlich deformirten reibenden Flüssigkeit stattfinden muss, eine Doppelbrechung des Lichtes in der Flüssigkeit bedinge, wie eine solche in festen, ungleich dilatirten Körpern auftritt.

Im Jahre 1873 hat Mach¹⁾ eine Reihe von Versuchen über die Doppelbrechung in halbfliessigen (plastischen) Körpern angestellt. Es gelang ihm, in Glasstäben, die in der Flamme weich geschmolzen und nun schnell gebogen wurden, eine momentane Doppelbrechung zu beobachten, die nicht auftrat, wenn die Biegung langsam erfolgte.

Sodann erhielt er eine sehr kurz andauernde Doppelbrechung, als er stark eingedickte Metaphosphorsäure oder Canadabalsam heiss in eine Form goss, erkalten liess und dann mit einer Presse schnell comprimirte; das Verschwinden der Doppelbrechung nach der Deformation wurde zwar nicht genau gemessen, doch konnte dasselbe mit einer einfachen Methode wenigstens dem Gange nach annähernd verfolgt werden. Mach meint, dass die Grösse der Doppelbrechung, vom Moment der Compression an, sich durch den

1) Mach, Optisch-Akustische Versuche. Prag 1873.

Ausdruck ae^{-bt} darstellen lasse, wo a und b Constanten sind und t die Zeit bedeutet. — Er fügt dann aber hinzu:

„Bei etwas mehr dünnflüssigen Substanzen habe ich bisher noch keine Doppelbrechung zu Stande gebracht.

Dicke Zuckerlösung, Oel, etwas dünnerer Canadabalsam zum Tönen gezwungen oder durch electriche Entladung erschüttert, gaben kein merkbares Resultat.“

Sodann hat Maxwell¹⁾ im Jahre 1874 einige Versuche über Doppelbrechung in einer bewegten zähen Flüssigkeit publicirt. Er gibt an, dass er schon im Jahre 1866 folgendes Versuchsverfahren einschlug. Innerhalb einer Büchse konnte ein solider Cylinder in Rotation versetzt werden. Die zu untersuchende Flüssigkeit wurde in den ringförmigen Raum zwischen Cylinder und Büchse gebracht. Parallel zur Axe wurde polarisirtes Licht durch die Flüssigkeit geleitet und sodann der Cylinder in Rotation versetzt. Mit Gummilösung und Zuckersyrup wurde kein Resultat beobachtet.

Doch gelang es Maxwell bei einem Canadabalsam, der, wie er sich ausdrückt, noch so flüssig war, dass er sehr leicht die gestörte Niveaufläche wieder annahm, dadurch Doppelbrechung zu erhalten, dass er in demselben einen Spatel auf und nieder bewegte und seitlich an dem Spatel vorbei polarisirtes Licht hindurch schickte. Die Angabe lässt schliessen, dass Maxwell mit einem doch immer noch ziemlich dicken Balsam experimentirte.

In tönenden Flüssigkeiten ist auch früher schon von Wertheim und später von mir selbst²⁾ vergeblich Doppelbrechung gesucht.

Endlich findet sich in einer kürzlich von Quincke publicirten Abhandlung über electriche Ausdehnung³⁾ die folgende Angabe: „Wird einer Flüssigkeit von einem einge-

1) Maxwell, Proc. Roy. Soc. **22**. p. 46. 1874. Pogg. Ann. **151**. p. 151. 1874.

2) Kundt, Pogg. Ann. **153**. p. 10. 1874.

3) Quincke, Wied. Ann. **10**. p. 536. 1880.

tauchten festen Metalldraht schneller Wärme an einzelnen Stellen zugeführt, als durch Leitung und Bewegung der Flüssigkeitstheilchen seitlich abfliessen kann, so wird dieselbe optisch doppelbrechend, wie ungleich erwärmtes Glas.“

Doch findet sich in der Abhandlung nichts Näheres über diese Versuche, Doppelbrechung durch ungleiche Erwärmung der Flüssigkeiten zu erzeugen; auch ist nicht angegeben, mit welchen Flüssigkeiten experimentirt wurde.

Die Frage, ob in reibenden Flüssigkeiten allgemein mit den uns zu Gebote stehenden Mitteln Doppelbrechung erzeugt werden kann, und ob der Verlauf der nach einer plötzlichen Deformation eingetretenen Doppelbrechung beobachtet und gemessen werden könne, ist für unsere Anschauungen über die Molecularbewegungen in den Flüssigkeiten und für die Elasticitätstheorie derselben von Wichtigkeit, wie zum Schluss dieser Mittheilung dargelegt werden soll. Ich habe daher noch einmal die Untersuchung der Doppelbrechung der Flüssigkeiten aufgenommen, und wenn ich auch das bei Beginn der Untersuchung gesteckte Ziel durchaus nicht erreichte, so gelang es doch, den bisher bekannten Beobachtungen noch einige neue hinzuzufügen. Ich bin zur Zeit nicht in der Lage, die experimentellen Hülfsmittel noch über das schon beträchtliche Maass hinaus, welches ich bisher anwendete, zu vergrössern. Es ist mir vielleicht später vergönnt, mit grösseren und verbesserten Apparaten auf die Untersuchung zurückzukommen. Zunächst konnte ich constatiren, dass die von Maxwell vergeblich benutzte Methode des rotirenden Cylinders sehr geeignet ist für die Untersuchung. Ich konnte mit dieser Methode in den verschiedensten fetten Oelen, in Leimlösungen, Lösungen von Gummi und Colloidum mit Leichtigkeit ziemlich beträchtliche Doppelbrechung erzeugen, so zwar, dass bei einer stationären Bewegung in diesen Flüssigkeiten die Doppelbrechung eine dauernd constante war. Schon verhältnissmässig geringe Beimengungen von colloidalen Substanzen zum Wasser genügen, um bei Bewegung Doppelbrechung zu veranlassen. Die Beimengungen können so gering sein, dass dadurch der Reibungscoëfficient des Wassers nur wenig, etwa nur auf das Doppelte oder drei-

bis vierfache seines Werthes erhöht wird. Dagegen haben sehr dicke Lösungen von Krystallzucker und Glycerin, deren Reibungscoefficienten mehrere hundert mal grösser sind als die des Wassers, bei der von mir angewandten Beobachtungsmethode keine Spur von Doppelbrechung ergeben. Ausserdem wurde bei Collodium eine auffällige Unregelmässigkeit in der Doppelbrechung beobachtet.

Im Folgenden sind zunächst die Apparate und Methoden der Beobachtung beschrieben, sodann werden nach kurzer Besprechung der Theorie der Versuchsmethode die Resultate mit den einzelnen Flüssigkeiten angegeben. Zum Schluss sollen auf Grundlage von Anschauungen, die zuerst Maxwell ausgesprochen hat, einige allgemeine Betrachtungen über die Beziehungen zwischen den elastischen Eigenschaften der Flüssigkeiten, ihrem Reibungscoefficienten und der Doppelbrechung in denselben entwickelt werden.

2. Apparate und Beobachtungsmethoden.

Für Vorversuche wurde der folgende kleinere Apparat benutzt.

Ein Cylinder von 42 mm Länge und 19 mm Durchmesser konnte durch ein Uhrwerk etwa 200 mal in der Secunde um eine horizontale Axe gedreht werden. Der Cylinder war umgeben von einem festen Hohlcylinder, dessen Durchmesser 24 mm betrug, sodass ein ringförmiger Canal von 2,5 mm zwischen beiden sich befand. Für einzelne Versuche wurde der umschliessende Cylinder durch einen anderen ähnlichen, dessen Durchmesser indessen nur 21 mm betrug, ersetzt. Cylinder mit Uhrwerk wurden in einen mit seitlichen Glasplatten versehenen Blechkasten gebracht, der mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllt wurde. Der Kasten fasste etwa 2,5 Liter Flüssigkeit. Durch den Zwischenraum zwischen rotirendem Cylinder und festem cylindrischen Mantel wurde parallel der Axe geradlinig polarisirtes Licht geschickt.

Ich habe sodann einen grösseren Apparat construirt, bei dem ein massiver Messingcylinder von 120 mm Länge und 50 mm Durchmesser innerhalb eines festen Hohlcyllinders

von 58 mm innerem Durchmesser in einem grösseren Kasten von Eisen, der ungefähr 6 Liter Flüssigkeit fasste, um eine horizontale Axe rotirte. Die Axe des rotirenden Cylinders ging durch die eine Wand des Kastens und trug hier ein Rad mit Nuth. Mittelst einer dicken langen Darmsaite, die in dieser Nuth lag und zu einem sogenannten „Vorgelege“ führte, konnte der Cylinder in Rotation versetzt werden. — Dies Vorgelege bestand aus einer schweren horizontalen Stahlaxe, auf welcher sich eine massive Eisenscheibe von 75 cm Durchmesser befand. Diese Scheibe hatte in Abständen von 18, 27 und 36 cm vom Mittelpunkt Nuthe, ähnlich wie das Triebrad einer Drehbank, in welche die den Cylinder des Apparates drehende Darmsaite eingelegt wurde. Auf derselben Axe mit der Eisenscheibe befanden sich zwei Riemenscheiben von 60 cm Durchmesser, eine auf der Axe feste und eine lose. Ein Lederriemen lief über diese Scheiben und das Schwungrad eines vierpferdigen Otto-Langen'schen Gasmotors. Durch eine sogenannte „Ausrückgabel“ konnte mit Hülfe einer Spindel der Lederriemen ganz langsam von der losen Riemenscheibe auf die feste übergeführt und so das Vorgelege mit dem Motor gekuppelt werden. — Eine sehr langsame Kuppelung war durchaus nöthig, um bei den grossen Umdrehungsgeschwindigkeiten der beträchtlichen Eisenmassen Axenbrüche und sonstige Beschädigungen zu vermeiden. — Das Schwungrad des Motors hatte 1,65 m Durchmesser und 160 Umdrehungen in der Minute, mithin machte die grosse Eisenscheibe des Vorgeleges 640 Drehungen in der Minute. Der von ihr getriebene Cylinder des Apparates machte, je nachdem die Darmsaite in der dem Mittelpunkt nächsten, der mittleren oder äussersten Nuth einlag, 5000, 7500, 10000 Umdrehungen in der Minute.

Letztere Umdrehungszahl wurde indess nur selten benutzt, schon deshalb, weil sich die Flüssigkeiten zu schnell erwärmten.

Durch Glasplatten, die in den umschliessenden Eisenkasten eingesetzt waren, konnte, wie bei dem kleineren Apparat, Licht parallel der Axe des Cylinders durch den ring-

förmigen Zwischenraum zwischen rotirendem und festem Cylinder hindurchgeschickt und die Doppelbrechung beobachtet werden.

Als Lichtquelle wurde stets electrisches Licht benutzt, geliefert von einer Gramme'schen Maschine.

Die Ergebnisse mit dem grösseren Apparat waren im allgemeinen denen ähnlich, die mit dem kleineren erhalten waren.

Sehr sorgfältig muss für die Versuche von dem rotirenden, wie dem festen umschliessenden Cylinder, alle anhängende Luft beseitigt werden, auch musste noch durch besondere Einrichtungen, die hier nicht besonders beschrieben werden sollen, dafür gesorgt werden, dass nicht neben der Axe Luft von aussen in die Flüssigkeit eingesaugt wurde. Vielleicht wäre es, um dies zu vermeiden, besser gewesen, statt den inneren Cylinder in dem umschliessenden äusseren zu bewegen, den äusseren Cylinder zu drehen und den inneren ruhen zu lassen. Diese Anordnung hätte aber so mancherlei andere Nachtheile im Gefolge gehabt, dass ich von derselben abstand. Sollte nur das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Doppelbrechung in der Flüssigkeit constatirt werden, so wurden einfach zwei gekreuzte Nicol'sche Prismen benutzt und die Erhellung des Gesichtsfeldes durch die zwischen den Prismen befindliche rotirende Flüssigkeit beobachtet.

Um zu untersuchen, wie sich in der ringförmigen Flüssigkeit zwischen den beiden Cylindern der Betrag der Doppelbrechung in Richtung des Radius mit der Entfernung von dem rotirenden Cylinder ändere, und um den Sinn der Doppelbrechung bei den einzelnen Flüssigkeiten zu bestimmen, d. h. zu erkennen, ob die Flüssigkeit in der Richtung, in der sie infolge der Bewegung das Maximum des Zugs erleidet, eine grössere oder kleinere Geschwindigkeit des Lichtes hat, als senkrecht zu dieser Richtung, habe ich ein Verfahren benutzt, wie es für den gleichen Zweck schon von Mach¹⁾ angewendet worden ist.

1) Mach, l. c. p. 30.

Fig. 1 gibt eine schematische Uebersicht der Anordnung, in welcher ich die betreffende Methode benutzte. *E* ist die

Fig. 1.

electrische Lampe, deren Strahlen durch die Linse *L* parallel gemacht werden. *N'* und *N''* sind zwei Nicol'sche Prismen, deren Hauptschnitte gekreuzt sind und je 45° mit der Verticalen machen. *K* ist der Kasten mit Flüssigkeit und rotirendem Cylinder; der Schnurlauf *s* führt zum Vorgelege. *S* ist ein vertical gestellter Spalt, *G* eine Gypsplatte, deren Schwingungsebenen 45° mit den Hauptschnitten der Nicols machen. Endlich ist *P* ein geradsichtiges Prismensystem direct vor dem Auge; der Spalt *S* befindet sich in deutlicher Sehweite des be-

obachtenden Auges. Die Dicke der Gypsplatte war so gewählt, dass in der Mitte des Spectrums bei gekreuzten Nicols ein dunkler Streifen auftrat, wenn die Flüssigkeit ruhte. Lässt man den inneren Cylinder rotiren, sodass die Flüssigkeit doppelbrechend wird, so wird durch diese Doppelbrechung der Gangunterschied, der durch die Gypsplatte bedingt ist, entweder vermehrt oder vermindert. Man erhält daher eine Verschiebung des schwarzen Streifens im Spectrum zum Roth oder zum Blau. Schaltet man dann eine Glasplatte ein, die in bestimmter Richtung comprimirt oder dilatirt wird, und beobachtet, nach welcher Seite der schwarze Streifen im Spectrum durch das comprimirte Glas verschoben wird, so kann leicht der Sinn der Doppelbrechung der Flüssigkeit bestimmt werden.

Die Anordnung gestattet auch, die Abnahme der Doppelbrechung mit Entfernung von dem rotirenden Cylinder mit einem Blick zu übersehen. Da nämlich die Richtung des Spaltes zusammenfällt mit einem Radius der concentrischen Cylinder, so wird für irgend einen Punkt des Spaltes

im Spectrum immer nur die Verschiebung des schwarzen Streifens auftreten, welche der Grösse der Doppelbrechung entspricht, die die Strahlen erfahren haben, die parallel zu den Cylinderaxen durch den betrachteten Punkt des Spaltes hindurchgegangen sind.

Wie die gleich zu besprechende Theorie lehrt, muss die Doppelbrechung in der Flüssigkeit mit Entfernung von dem rotirenden Cylinder ziemlich schnell abnehmen.

Der bei ruhender Flüssigkeit durch das Gypsblatt erzeugte gerade verticale schwarze Streifen

Fig. 2.

nimmt daher beim Rotiren die in Figur 2 gezeichnete Form an.

Den Spalt tangential zu dem rotirenden Cylinder zu stellen und in verschiedene Entfernung von demselben zu bringen, um so die Abnahme der Doppelbrechung zu beobachten, erwies sich als weniger praktisch.

3. Theorie der Versuche.

Bei der sehr geringen Compressibilität, welche die tropfbaren Flüssigkeiten besitzen, wird die durch irgend welche Kräfte in einer tropfbaren reibenden Flüssigkeit hervorgerufene Bewegung nicht merklich von derjenigen abweichen, welche für dieselben wirkenden Kräfte die Theorie liefert, wenn die Flüssigkeit als incompressibel betrachtet wird. Für die Berechnung der stationären Bewegung zwischen den zwei concentrischen Cylindern der Apparate betrachten wir demnach die Flüssigkeiten als incompressibel.

Die stationäre Bewegung einer reibenden incompressibeln Flüssigkeit zwischen zwei unendlich langen concentrischen Cylindern ist nun bereits von Stokes¹⁾ behandelt worden.

Nimmt man an, dass die Flüssigkeit an den sie begrenzenden Cylindern die Geschwindigkeit der Cylinder selbst

1) Stokes, Trans. of the Cambridge Soc. 8. 1845 und Math. and Phys. Papers, 1. p. 102. Cambridge 1880.

hat, also keine Gleitung vorhanden ist, so findet bei stationärem Zustand nur eine Bewegung der Flüssigkeit statt in Bahnen, die concentrisch sind zu den Cylindern.

Die Geschwindigkeit q eines cylindrischen Ringes, welcher die Entfernung r vom Mittelpunkt hat, ist nach Stokes:

$$q = \frac{C}{r} + C'r,$$

wo C und C' Integrationsconstanten sind.

Bezeichnet man den Radius des inneren Cylinders mit a , den des äusseren mit b , nennt q_1 die Geschwindigkeit des inneren und setzt die des äusseren, wie es bei unseren Versuchen der Fall, gleich Null, so wird:

$$q = \frac{a q_1}{b^2 - a^2} \left\{ \frac{b^2}{r} - r \right\}.$$

Infolge der verschiedenen Winkelgeschwindigkeiten der Flüssigkeit im verschiedenen Abstand vom Centrum findet nun für jedes Volumenelement ein zum Radius tangentieller Zug (eine scheerende Kraft, shearing stress) statt, und zwar ist die Grösse desselben auf die Flächeneinheit bezogen, wie eine einfache Rechnung zeigt, bei einer und derselben Flüssigkeit proportional der Grösse:

$$\frac{dq}{dr} - \frac{q}{r}.$$

Für verschiedene Flüssigkeiten ist ausserdem dieser Zug proportional dem Reibungscoefficienten.

Dieser tangentielle, normal zum Radius gerichtete Zug, bedingt bei einer elastischen Flüssigkeit — und in Wirklichkeit sind ja alle Flüssigkeiten elastisch — in jedem Volumenelement ein Maximum der Dilatation und Compression, welche unter 45° zum Radius liegen und zu einander senkrecht sind.

Die Richtung der Dilatation ist leicht aus der Rotationsrichtung ersichtlich. Die bei den Versuchen benutzten Cylinder sind nun freilich nicht unendlich lang, aber sie hatten bei ihrer Länge einen so engen cylindrischen Zwischenraum zwischen sich, dass man die für unendlich lange Cylinder gültigen Resultate auf sie anwenden kann.

Tritt in den Flüssigkeiten, wie bei den festen durchsichtigen Körpern durch diese Dilatation und Compression eine Doppelbrechung des Lichtes ein, so müssen:

1) die Axen der Doppelbrechung, d. h. die Schwingungsrichtungen der beiden Strahlen, in welche Licht zerlegt wird, welches, wie in unserem Fall, parallel den Cylinderaxen durchgeht, zusammenfallen mit dem Maximum der Dilatation und dem der Compression. Die beiden Schwingungsrichtungen des Lichtes machen also überall in dem ganzen cylindrischen Flüssigkeitsring an jeder Stelle einen Winkel von 45° mit dem Radius an der betreffenden Stelle.

2) Da der tangentielle Zug an irgend einem Volumenelement proportional $dq/dr - q/r$, und diesem, wie aus der Elasticitätstheorie bekannt, die Grösse der Dilatation und Compression in den Azimuthen 45° direct proportional ist; da ferner in Uebereinstimmung mit unseren Erfahrungen bei festen Körpern anzunehmen ist, dass innerhalb weiter Grenzen die entstandene Doppelbrechung der Grösse der Dilatation und Compression proportional bleibt, so ist auch an jeder Stelle der rotirenden Flüssigkeit die dort herrschende Doppelbrechung dem Werth $dq/dr - q/r$ proportional. Aus dem obigen Werth von q ergibt sich aber:

$$\frac{dq}{dr} - \frac{q}{r} = - \frac{2 a q_1}{(b^2 - a^2)} \cdot \frac{b^2}{r^2}.$$

Die Doppelbrechung ist mithin allgemein dem Werth von q_1 proportional, wächst also mit der Umdrehungsgeschwindigkeit des inneren Cylinders im geraden Verhältniss. Dieselbe ist dem Quadrat des Radius umgekehrt proportional, und endlich ist sie um so grösser, je kleiner der Abstand des äusseren Cylinders vom inneren.

Dass der zu beobachtende Gangunterschied der Lichtstrahlen überdies, wenn man von den Störungen an den Rändern absieht, der Länge des rotirenden Cylinders proportional ist, braucht wohl kaum erwähnt zu werden.

Die vorstehenden Ergebnisse der Theorie konnten, wenn auch nur qualitativ, hinreichend durch die Versuche bestätigt werden.

Indem diejenigen Azimuthe des polarisirenden Nicols

aufgesucht wurden, für die beim Rotiren der Flüssigkeit keine Erhellung des Gesichtsfeldes auftrat, konnten leicht die Schwingungsebenen der doppelt gebrochenen Strahlen an jeder Stelle des Flüssigkeitsringes ermittelt werden.

Sie zeigten bei einer Anzahl von Flüssigkeiten die von der Theorie geforderte Lage. Bei dem kleineren Apparat konnte der grösste Theil des Flüssigkeitscylinders gleichzeitig überblickt werden. Waren die Nicols gekreuzt, so

Fig. 3.

zeigten sich in dem Flüssigkeitsring bei Rotation vier Maxima und vier Minima der Helligkeit. Die Fig. 3 veranschaulicht die Lage derselben. Es sei aa' die Schwingungsebene des polarisirenden Nicols, bb' die des analysirenden. Es mögen die Azimuthe von a aus gezählt werden. Dann sind Helligkeitsmaxima in den Azimuthen 0° , 90° , 180° , 270° , denn hier machen die Schwingungsebenen der Doppelbrechung 45° mit der Schwingungsebene des einfallenden Lichtes. Maxima der Dunkelheit müssen dagegen sein in den Azimuthen 45° , 135° , 225° und 315° , denn hier fällt eine der Schwingungsebenen der Doppelbrechung zusammen mit der Schwingungsebene des einfallenden Lichtes.

Eine eigenthümliche, unten näher zu besprechende Ausnahme von dem Gesagten machten Leim- und Collodiumlösungen. Sodann konnte constatirt werden, dass angenähert die Grösse der Doppelbrechung der Umdrehungsgeschwindigkeit des inneren Cylinders proportional wachse; doch konnten leider wegen Schwierigkeit der Beobachtung keine exacten Messungen bisher gemacht werden. — Bei sehr grossen Rotationsgeschwindigkeiten wird sich voraussichtlich, aus hier nicht weiter zu erörternden Gründen, eine Abweichung von der Proportionalität ergeben.

Bei dem kleineren Apparat sowohl wie bei dem grösseren konnten, wie oben angegeben, die rotirenden Cylinder mit festen Cylindern von verschiedenen Durchmessern um-

geben werden. Je näher der äussere feste Cylinder dem inneren rotirenden war, um so grösser war der Betrag der Doppelbrechung bei gleicher Rotationsgeschwindigkeit.

Die Abnahme der Doppelbrechung endlich in dem Flüssigkeitscylinder mit Entfernung von dem rotirenden Cylinder ist schon durch die Fig. 2 veranschaulicht.

Man sieht, dass wenigstens ungefähr in der von der Theorie geforderten Weise diese Abnahme stattfindet.

4. Die Beobachtungen.

Da es mir wichtig schien, festzustellen, ob im allgemeinen um so leichter Doppelbrechung in einer Flüssigkeit aufträte, je zäher die Flüssigkeit, so wurden die Reibungscoefficienten von einigen der auf Doppelbrechung untersuchten Flüssigkeiten bestimmt. Diese Bestimmungen geschahen mittelst Strömen durch Capillarröhren in bekannter Weise, bei einer Zimmertemperatur von 18° C.

Im Folgenden sind nicht die absoluten Reibungscoefficienten gegeben, sondern dieselben bezogen auf den des Wassers bei 18° C. ($\mu = 0,0011$) als Einheit.

Von denjenigen Substanzen, von denen die Reibungscoefficienten bestimmt wurden, ist auch die Dichte angegeben. Letztere wurde bei 18° C. mit einem guten Aräometer gemessen. Es bezeichnet im Folgenden stets μ den Reibungscoefficienten bei 18° C., bezogen auf den des Wassers für die gleiche Temperatur als Einheit; d die Dichte bei 18° C.

Einige der Flüssigkeiten, welche bei Bewegung doppelbrechend werden, zeigen an und für sich eine Drehung der Polarisationssebene, wie Leim- und Gummilösung etc. Da die Erscheinung der einfachen Doppelbrechung durch die Drehung der Polarisationssebene modificirt wird, und die oben entwickelten theoretischen Betrachtungen zunächst nur auf Flüssigkeiten, die keine Circularpolarisation zeigen, anwendbar sind, so ist es gut, die circularpolarisirenden und nicht circularpolarisirenden Flüssigkeiten gesondert zu besprechen.

a. Flüssigkeiten ohne Drehung der Polarisations-ebene.

Olivenöl. $d = 0,914$, $\mu = 86,7$.

Selbst bei den kleinsten Drehungsgeschwindigkeiten des grossen Apparates und in dem kleinen Apparat trat eine sehr deutliche Doppelbrechung auf. Die Schwingungsebenen lagen, wie es die Theorie fordert, überall genau unter 45° zum Radius; im kleinen Apparat zeigte sich daher bei gekreuzten Nicols die in der Fig. 3 gezeichnete und oben erläuterte Figur.

Mischungen von Olivenöl und Petroleum.

- 1) 1 Volumentheil Oel und 1 Theil Petroleum:

$$d = 0,858, \quad \mu = 13,5.$$

Die Doppelbrechung blieb gut sichtbar.

- 2) 1 Theil Oel und 2 Theile Petroleum:

$$d = 0,842, \quad \mu = 7,1.$$

Die Doppelbrechung war schwach sichtbar.

- 3) 1 Theil Oel und 3 Theile Petroleum:

$$d = 0,832, \quad \mu = 5,3.$$

Doppelbrechung nicht mehr erkennbar.

Bei den beiden ersten Mischungen lagen die Axen der Doppelbrechung, ebenso wie beim unvermischten Olivenöl, entsprechend der Theorie unter 45° zum Radius des rotirenden Cylinders. Bei Einschaltung eines Gypsplättchens und spectraler Zerlegung des Lichtes trat eine Verschiebung des dunklen Streifens ein, wie in Fig. 2 gezeichnet ist. — Eine Vergleichung der Streifenverschiebung mit derjenigen, welche comprimirtes Glas hervorrief, zeigte, dass Olivenöl durch Zug ebenso wie Glas doppelbrechend wird. Auch alle anderen unten zu erwähnenden doppelbrechenden Flüssigkeiten, bei denen Doppelbrechung beobachtet wurde, erwiesen sich optisch wie Glas.

Es ist daraus aber durchaus nicht zu schliessen, dass alle zähen Flüssigkeiten durch Druck optisch negativ werden, da schon Mach gefunden hat, dass stark eingedickte Metaphosphorsäure durch Zug optisch positiv wurde.¹⁾

1) l. c. p. 32.

Rüböl und Leinöl zeigten genau die gleichen Erscheinungen wie Olivenöl, sodass eine detaillirte Angabe der Versuche nicht nöthig ist.

Collodium. Es wurde zunächst die käufliche, ziemlich zähflüssige Lösung von Schiessbaumwolle in Alkohol und Aether benutzt.

$$d = 0,763, \quad \mu = 36,0.$$

Es zeigte sich starke Doppelbrechung. Die Axen der Doppelbrechung lagen aber nicht, wie es die Theorie fordert, unter 45° zum Radius, sondern waren um etwa 25° im Sinne der Drehung gegen die Azimuthe 45° verschoben.

Dementsprechend waren bei Benutzung des kleinen Apparates die dunklen Stellen der Figur nicht in den Azimuthen 45° u. s. w., wie in Fig. 3, sondern etwa in der Lage, wie es in der Fig. 4 gezeichnet ist. Mit einer auf Glas aufgetragenen

Fig. 4.

Kreistheilung wurde mehrfach der Winkel C der Fig. 4 gemessen und zu ungefähr 25° gefunden, mochte den rotirenden Cylinder ein engerer oder weiterer fester Cylinder umschliessen.

Es wurde dann durch Zumischen von Alkohol und Aether eine

Verdünnte Collodiumlösung hergestellt.

$$d = 0,778, \quad \mu = 12.$$

Die Doppelbrechung blieb gut sichtbar, ebenso betrug die Verschiebung der dunkeln Stellen gegen die normale Lage noch circa 25° .

Eine noch weiter verdünnte Mischung

$$d = 0,784, \quad \mu = 7$$

gab noch deutliche, wenn auch schwache Doppelbrechung; die Verschiebung der dunkeln Stellen war die gleiche wie bei den zäheren Mischungen.

Da diese eigenthümliche Anomalie in der Lage der

Schwingungsebenen der Doppelbrechung in Widerspruch mit der oben entwickelten Theorie ist, so habe ich die Versuche mit Collodium oft wiederholt; immer wurde die gleiche Erscheinung beobachtet.

Die folgenden Flüssigkeiten liessen, obgleich sie sorgfältig mehrfach untersucht wurden, keine Doppelbrechung erkennen.

Glycerin, sehr dickflüssig; $d = 1,230$.

Nach Schöttner hat Glycerin vom specifischen Gewicht 1,230 einen Reibungscoefficienten, der ungefähr 300 mal grösser ist als der des Wassers.

Metaphosphorsäure, etwa so dickflüssig wie Glycerin.

Concentrirte Chlorcalciumlösung.

Concentrirte Lösung von unterschwefligsaurem Natron.

Kaliwasserglas: $d = 1,310$, $\mu = 20,4$.

Concentrirte Lösung von Rohrzucker.

$$d = 1,347, \quad \mu = 543.$$

Es war durch Vermischen von rechtsdrehender Lösung und invertirter Lösung eine Mischung hergestellt, welche die Polarisationsebene nicht drehte.

Ebenso konnte bei Wasser, Alkohol, Benzol, Petroleum eine Doppelbrechung nicht beobachtet werden.

b. Flüssigkeiten mit Drehung der Polarisations-ebene. — Im Quarz, welcher in der Richtung seiner optischen Axe Drehung der Polarisationsebene zeigt, nimmt diese Drehung sehr schnell mit der Neigung des hindurchgehenden Lichtes zur Axe ab, indem die von Fresnel nachgewiesene circuläre Doppelbrechung in der Richtung der Axe sehr schnell durch eine elliptische Doppelbrechung in die gewöhnliche übergeht.

Erzeugt man in einem festen Körper, etwa Glas, durch magnetische Kräfte eine Drehung der Polarisationsebene und comprimirt dann das Glas seitlich, sodass es doppelbrechend wird, so nimmt gleichfalls die Drehung der Polarisations-ebene mit zunehmender Doppelbrechung durch Druck sehr schnell ab.

Es ist nun fraglich, ob auch in Flüssigkeiten Doppelbrechung die Drehung der Polarisationssebene stark beeinflusst.

Schon Röntgen¹⁾ hat darauf aufmerksam gemacht, dass die electromagnetische Drehung der Polarisationssebene durch die von Kerr gefundene Doppelbrechung der Flüssigkeiten im electrischen Felde anscheinend nicht merklich beeinflusst werde. Meine sämtlichen Versuche über Doppelbrechung durch Bewegung in circularpolarisirenden Flüssigkeiten haben mir gleichfalls gezeigt, dass die Drehung der Polarisationssebene durch die Doppelbrechung nicht erheblich beeinflusst wird. —

Man erkennt dies schon daraus, dass die Farbe, die die circularpolarisirende Flüssigkeit zwischen gekreuzten Nicols zeigt, bei Auftreten der Doppelbrechung an den Stellen, welche bei nichtdrehenden Flüssigkeiten dunkel bleiben (cf. Fig. 3), sich nicht merklich ändert.

Bei der Schwierigkeit der Versuche war es mir aber nicht möglich, quantitative Bestimmungen über eine etwaige Aenderung des Drehungsvermögens der Flüssigkeiten durch Doppelbrechung zu machen. Geeigneter für solche Untersuchung würde die gleichzeitige Erregung von electromagnetischer Drehung der Polarisationssebene und dielectrischer Doppelbrechung in Flüssigkeiten sein, und beabsichtige ich, Versuche nach dieser Richtung hin anzustellen.

Für den hier vorliegenden Zweck ist nur zu beachten, dass wenn neben der erzeugten Doppelbrechung eine Drehung der Polarisationssebene statt hat, die Schwingungsebenen des durch die Flüssigkeit gegangenen Lichtes nicht mehr die durch die einfache, oben dargelegte Theorie geforderte Lage (45° zum Radius) haben können.

Ich habe mich daher hauptsächlich darauf beschränkt, zu untersuchen, ob eine circularpolarisirende Flüssigkeit, welche dem Versuch unterworfen wird, Doppelbrechung zeigt oder nicht. Nur da, wo sehr auffällige Anomalien auftreten,

1) Röntgen, Wied. Ann. 10. p. 91. 1880.

wie bei Leimlösungen, habe ich dieselben etwas näher untersucht.

Ricinusöl. — Einzelne Sorten Ricinusöl sind rechtsdrehend, andere linksdrehend.¹⁾ Die benutzte zeigte bei 100 mm durchstrahlter Länge eine Rechtsdrehung von 4°.

Die Substanz war so dickflüssig, wie reines Glycerin, die Doppelbrechung so beträchtlich, wie in Olivenöl.

Gummi arabicum. — Es wurde eine Lösung vom spezifischen Gewicht 1,037 hergestellt $\mu = 6,4$. Die Drehung der Polarisationssebene im Apparat (100 mm durchstrahlte Schicht) betrug 4°.

Die Doppelbrechung war deutlich sichtbar. Eine angenäherte Messung der Veränderung in der Lage der Schwingungsebenen gegen die Theorie, ausgeführt durch Beobachtung der Lage der dunkeln, hier gefärbten Stellen (Fig. 3), betrug ca. 5°. Es wurde sodann die Lösung weiter verdünnt bis $\mu = 2,0$. Auch hier blieb die Doppelbrechung noch eben erkennbar.

Canadabalsam. — Die käufliche Substanz wurde mit Benzol verdünnt, sodass die Mischung etwa so zähflüssig war, wie Olivenöl.

Doppelbrechung deutlich sichtbar. Die Lage der Schwingungsebenen konnte in den Apparaten mit rotirendem Cylinder nicht bestimmt werden. Es wurde daher sowohl in der verdünnten Lösung wie in reinem Canadabalsam die Doppelbrechung nach der Methode von Maxwell dadurch erzeugt, dass in einem viereckigen, mit der Substanz gefüllten Gefäss, ein Spatel auf- und abbewegt wurde. Die Untersuchung ergab, dass die Schwingungsebenen jetzt sehr nahe die von der Theorie geforderte Lage hatten.

Die Untersuchung mit dem Spatel gab noch Veranlassung zu der folgenden Beobachtung. Es stehe der Spatel vertical; vor dem Gefäss sei ein horizontaler Spalt angebracht, und der Spatel schneide diesen Spalt senkrecht

1) Cf. Flückiger u. Hanbury, Pharmacographia. p. 813. London 1874.

gerade in der Mitte. Wird dann bei ruhendem Spatel das durchgegangene Licht bei gleichzeitiger Einschaltung einer Gypsplatte untersucht, so erhält man ein verticales Spectrum mit einem dunkeln Streifen. Wird jetzt der Spatel vertical abwärts bewegt, so rückt die eine Hälfte des schwarzen Streifens nach unten, die andere nach oben; bei umgekehrter Bewegung des Spatels sind die Bewegungen umgekehrt. Die Erklärung ist einfach. Die Zugrichtungen stehen auf beiden Seiten des Spatels senkrecht zu einander; wenn also bei einer Bewegung des Spatels auf der einen Seite der durch das Gypsblättchen erzeugte Gangunterschied vermehrt wird, wird er auf der anderen vermindert.

Nichtgelatinirender Leim. — Eine Leimlösung, hergestellt durch Auflösen von möglichst klarem käuflichem Leim, wurde unter Zusatz von etwas Schwefelsäure durch anhaltendes Kochen in eine Lösung übergeführt, welche selbst bei starker Concentration beim Stehen nicht mehr gelatinirte. Dieselbe wurde dann durch Zusatz von Wasser verdünnt und klar filtrirt:

$$d = 1,012, \quad \mu = 3.$$

Doppelbrechung sehr deutlich sichtbar.

Eine andere, noch verdünntere Leimlösung, gleichfalls durch Kochen nicht gelatinirend gemacht, gab:

$$d = 1,009, \quad \mu = 2.$$

Doppelbrechung war noch sichtbar.

Gelatinirender Leim. — Durch Auflösen von recht reinem Leim in heissem Wasser und Filtriren wurde eine möglichst klare Leimlösung hergestellt, die beim Stehen gelatinirte; dann wurde dieselbe soweit mit warmem Wasser verdünnt, dass beim Stehen ein Gelatiniren nicht mehr eintrat. Die Lösung war fast so flüssig wie Wasser. Die Doppelbrechung war noch eben sichtbar.

Eine etwas concentrirtere Lösung, von der leider der Reibungscoefficient nicht bestimmt wurde, welche aber gleichfalls noch fast wie Wasser floss, gab sehr deutliche Doppelbrechung. Die Drehung der Polarisationssebene betrug bei dieser Lösung ca. 8° für 100 mm.

Die Lage der Schwingungsebenen war, wie zu erwarten, auch hier ziemlich stark gegen die von der Theorie für nicht circularpolarisierende Flüssigkeiten geforderte Lage verschoben.

Endlich wurde eine noch concentrirtere Lösung untersucht, welche während des Versuchs noch nicht gelatinirt war, später beim längeren Stehen aber gelatinirte.

Sie zeigte sehr kräftige Doppelbrechung und bei spectraler Untersuchung noch folgende eigenthümliche Erscheinung: Es wurde bei Benutzung des kleinen Apparates, wie oben angegeben, ein verticaler Spalt und Gypsblatt eingeschaltet. Bei langsamem Andrehen des rotirenden Cylinders wurde, wie zu erwarten, eine Verschiebung des dunkeln Streifens beobachtet, wie dieselbe in Fig. 2 gezeichnet ist. Wuchs dann schnell die Umdrehungsgeschwindigkeit des

Fig. 5.

Cylinders, so nahm der dunkle Streifen plötzlich die Form der Figur 5 an. Ich habe nicht ermitteln können, woher die Erscheinung rührt.

Es schien fast, als ob der Leim in der Mitte zwischen dem rotirenden und festen Cylinder durchriss. Doch ist dann schwer verständlich, weshalb die erhebliche Streifenverschiebung auch in der Nähe des festen umschliessenden Messingcylinders eintrat.

Keine deutliche Doppelbrechung geben:

Dextrinlösung. — Dieselbe war ziemlich stark gefärbt und zeigte eine sehr starke Drehung, sodass wohl durch diese letztere die Beobachtung der Doppelbrechung zu sehr erschwert wurde.

Albuminlösung.

Terpentinöl.

So unvollkommen die vorstehenden Versuche auch sind, so lehren sie doch Folgendes:

1) Die Grösse der inneren Reibung der Flüssigkeiten ist nicht in erster Linie bestimmend für das Auftreten von

Doppelbrechung bei Bewegung der Flüssigkeiten, da solche mit verhältnissmässig kleinen Reibungscoëfficienten schon beträchtliche Doppelbrechung zeigen, während andere mit sehr grosser innerer Reibung dieselbe nicht erkennen lassen.

2) Die Flüssigkeiten, welche selbst bei geringer innerer Reibung doppelbrechend werden, gehören zu den sogenannten Colloïden (Leim, Gummi, Collodium) oder zu den Oelen, dagegen ist bei den Lösungen krystallinischer Körper, selbst wenn die innere Reibung sehr erheblich ist, mit den angewandten Mitteln keine Doppelbrechung zu beobachten. Selbstverständlich ist damit nicht ausgeschlossen, dass bei verbesserten Untersuchungsmethoden nicht auch in solchen Substanzen Doppelbrechung erzeugt werden könne.

3) Die durch Bewegung erzeugte Doppelbrechung beeinflusste in den circularpolarisirenden Flüssigkeiten die Drehung der Polarisationssebene nicht erheblich. Dabei ist freilich zu beachten, dass in den obigen Versuchen selbst die stärkste Doppelbrechung immer nur einen Gangunterschied von etwa einer halben Welle bei Durchstrahlung einer ziemlich langen Flüssigkeitssäule hervorbrachte. — Es könnte mithin eine starke Doppelbrechung in einer Flüssigkeit möglicherweise die Drehung der Polarisationssebene sehr merklich beeinflussen.

4) In Collodiumlösungen liegen die Axen der Doppelbrechung (Schwingungsebenen der durchgehenden Lichtstrahlen) nicht in den von der Theorie geforderten Azimuthen. Eine Erklärung dieser Anomalie konnte nicht gefunden werden.

5. Die Beziehungen zwischen Reibungscoëfficienten, elastischen Eigenschaften und Doppelbrechung der Flüssigkeiten.

Zum Schluss will ich die Ueberlegungen, die mich veranlassten, mich mit der Doppelbrechung der Flüssigkeiten zu beschäftigen, in Kürze auseinandersetzen.

In der Einleitung zu seiner Abhandlung „On the dynamical Theory of Gases“¹⁾ entwickelt Maxwell einige all-

1) Maxwell, Phil. Mag. (42.) 35. p. 129 ff. 1868.

Ann. d. Phys. u. Chem. N. F. XIII.

gemeine, sehr einfache Betrachtungen, aus welchen sich ergibt, dass der Coëfficient der inneren Reibung einer Flüssigkeit aufgefasst werden kann als das Product zweier anderen Grössen, von denen die eine die Bedeutung des Elasticitätscoëfficienten für eine scheerende Deformation (shearing strain) hat (Coëfficient der Rigidität), die andere eine Zeit ist, und zwar diejenige, in der eine Spannung in der Flüssigkeit von ihrem ursprünglichen Werth nach der Deformation durch die Molecularreibung auf $1/e$ dieses Werthes herabsinkt. Maxwell nennt diese Grösse Relaxationszeit oder Modulus der Relaxationszeit.

Es ist mithin nach Maxwell $\mu = ET$, wo μ den Reibungscoëfficienten, E den bezüglichen Elasticitätscoëfficienten und T die Relaxationszeit bezeichnet.

Der Elasticitätscoëfficient für eine scheerende Deformation ist bekanntlich numerisch gleich dem doppelten Werth des Elasticitätscoëfficienten für longitudinalen Zug.

In festen Körpern kann T unendlich gross sein und ist jedenfalls immer sehr gross, und dann ist, da E endlich ist, auch μ unendlich oder wenigstens sehr gross. Da in einem festen Körper E leicht bestimmt werden kann, so könnte man, wenn es gelingt, für denselben Körper T zu bestimmen, zur Kenntniss der inneren Reibung des betreffenden festen Körpers kommen.

In Flüssigkeiten ist T jedenfalls immer sehr klein; gelänge es aber, für die verschiedenen Flüssigkeiten T zu bestimmen, so würde, da μ für dieselben immer leicht durch Strömung in Capillaren ermittelt werden kann, E zu berechnen sein. Man hätte damit ein Mittel, die Elasticitätscoëfficienten für longitudinalen Zug für die Flüssigkeiten zu bestimmen, und mithin ausser dem Volumencompressionscoëfficienten eine zweite die elastischen Eigenschaften der Flüssigkeiten charakterisirende Grösse. Für die Luft hat Maxwell in der citirten Abhandlung die Relaxationszeit berechnet, indem er E (die Rigidität) gleich $\frac{1}{3}$ der Volumenelasticität setzt.

Er findet für Luft von Atmosphärendruck:

$$T = \frac{1}{5099\ 100\ 000} \text{ Secunde.}$$

Für eine tropfbare Flüssigkeit ist selbst angenähert eine Berechnung von E aus der Compressibilität nicht möglich.¹⁾ Thomson gibt an, dass möglicherweise für gelatinöse Substanzen, wie Leim oder Kautschuk, der Volumencompressionscoefficient mehrere hundertmal grösser sei, als der Coefficient der Rigidität.

Dementsprechend ist von Röntgen²⁾ nachgewiesen, dass das Verhältniss der Quercontraction zur Längendilatation für Kautschuk sich dem Werth 0,5 nähert.

Die Bestimmung der Relaxationszeit einer Flüssigkeit bietet also, wie man sieht, ein erhebliches Interesse. Die Erzeugung von Doppelbrechung in Flüssigkeiten, und die Beobachtung des Verlaufs dieser Doppelbrechung würde nun die Möglichkeit zu einer Bestimmung von T bieten.

Man wird nämlich in erster Annäherung zweifellos, wie bei den festen Körpern, bei den Flüssigkeiten die etwa durch eine plötzliche Deformation entstandene Doppelbrechung proportional setzen dieser Deformation und somit zugleich der durch diese Deformation bedingten Spannung. Verschwindet nun bei constant gehaltener Deformation durch Molecularbewegung die Spannung, so verschwindet mit ihr proportional die Doppelbrechung.

Ist mithin D die Doppelbrechung (im Gangunterschied der beiden Strahlen gemessen) im Moment der vollendeten Deformation S , und F die Spannung, so ist nach Maxwell, wenn die Zeit vom Moment der Deformation an gerechnet wird:

$$D = KF = KES e^{-\frac{t}{T}},$$

wo K ein Proportionalitätsfactor. Für irgend eine andere Zeit t' nach der Deformation ist:

$$D' = KF = K \cdot ES e^{-\frac{t'}{T}}; \quad \text{also:} \quad \frac{D'}{D} = e^{-\frac{t'-t}{T}}.$$

Es wäre mithin nur das Abklingen der Doppelbrechung

1) Cf. Sir W. Thomson, *Encyclopædia britannica*. Artikel Elasticity, § 47).

2) Röntgen, *Pogg. Ann.* 159. p. 601. 1876.

3) Maxwell, l. c. p. 134.

nach der Deformation zu beobachten, d. h. der Betrag der Doppelbrechung in zwei bestimmten Zeitmomenten, so wäre damit T , und nach Bestimmung von μ auch E gefunden.

Bevor man daran denken kann, T für Flüssigkeiten zu bestimmen, muss zuerst der Nachweis geführt werden, dass die Relaxationszeit nicht eine für alle Beobachtungen verschwindende Grösse sei.

Ist T unendlich klein, so kann überhaupt keine Doppelbrechung beobachtet werden. Es musste mithin damit begonnen werden, zunächst die Doppelbrechung durch Bewegung in möglichst vielen Flüssigkeiten nachzuweisen. — Dabei lag es nahe, anzunehmen, dass bei Flüssigkeiten mit sehr grossen Reibungscoefficienten am ehesten günstige Resultate zu erzielen seien. Diese Voraussicht wurde durch meine Versuche in keiner Weise bestätigt.

Zuckerlösung, Glycerin, Wasserglaslösung, concentrirte Chlorcalciumlösung etc., Flüssigkeiten, die Reibungscoefficienten haben, die ausserordentlich viel grösser sind als der des Wassers, geben keine Doppelbrechung, während geringe Zusätze von colloidalen Substanzen oder Mischungen von Petroleum und Oel sehr gute Doppelbrechung zeigten.

Die Doppelbrechung ist jedenfalls eine Function der beiden Grössen E und T ; macht man die Annahme, dass ihr Auftreten hauptsächlich durch die Grösse von T bedingt sei, so würde daraus folgen, dass den colloidalen Substanzen und Oelen, gegenüber den anderen Flüssigkeiten, eine sehr grosse Relaxationszeit zukommt. Vielleicht ist die Ursache des in mancher anderen Beziehung so verschiedenen Verhaltens der colloidalen und krystalloiden Substanzen auch wesentlich darin zu suchen, dass den ersteren eine erhebliche, den letzteren eine sehr kleine Relaxationszeit zukommt. —

Selbstverständlich wird dieser Unterschied nur ein gradueller sein, und mit grösseren Hilfsmitteln und mit Beseitigung von manchen Schwierigkeiten, die meine Versuche sehr störten, wird es vermuthlich später gelingen, auch für Wasser und ähnliche Flüssigkeiten die Doppelbrechung zu erhalten.

Ich will übrigens bemerken, dass ich bei sehr eingedicktem Canadabalsam und eingedicktem, immerhin noch etwas flüssigem Leim das Relaxiren der Doppelbrechung, ebenso wie Mach, ganz wohl beobachten konnte. Es schien mir aber nicht angezeigt, zu versuchen, von diesen chemisch so wenig definirten Körpern die Relaxationszeit und den Reibungscoefficienten zu bestimmen.

Strassburg i. E., 1881.

**VII. *Neue Modification des Lichtes durch Reflexion
an engen Metallgittern;
von J. Fröhlich in Budapest.***

(Vorläufige Mittheilung.)

Die bisherigen experimentellen Untersuchungen des durch durchsichtige Beugungsgitter ungebeugt hindurchgehenden und des von solchen geritzten Flächen direct reflectirten Lichtes ergaben, dass dieses denselben Polarisationszustand besitze wie das durch dieselbe ungeritzte Platte gehende oder von deren glatten Fläche reflectirte Licht.¹⁾ Für gebeugtes Licht gilt dies nicht.

Die bei diesen Versuchen benutzten Glasgitter hatten kein kleineres Intervall als etwa 0,0025 mm. Wiederholt man jedoch diese Versuche mit einem jener Gitter, die in jüngster Zeit von D. C. Chapman in New-York mit Rutherford's Theilungsmaschine in vorzüglicher Ausführung auf Spiegelmetall angefertigt werden und auf eindreiviertel Zoll englisch angeblich 27880 Striche enthalten, so findet man wesentlich andere Erscheinungen. Das von der geritzten Fläche direct reflectirte Licht hat bedeutend ande-

1) Quincke, Pogg. Ann. 116. p. 34; 55—56. 1872; Fröhlich, Wied. Ann. 1. p. 332. 1877.