1) S. 357 Z. 11 v. u. ist der Werth von k_0^2 falsch angegeben. Statt 1,555 sollte es heissen $1,778 : 1,555 = 1,1435$. Demnach sind in der Tabelle auf S. 358 die Werthe von $q_i - q_a$ alle im Verhältniss 1,36 : 1 zu gross, also etwa um ein Viertel zu vermindern.

2) S. 353 Z. 2 v. u., S. 354 Z. 2 v. o. und ebenda Z. 11 ist $\frac{xQ}{J\sigma}$ statt $\frac{xJ\sigma}{Q}$ gesetzt. Die betreffende Grösse hebt sich aus dem Resultat der Rechnung fort.

3) S. 366 Z. 13 v. o. ist in dem Werthe von $W_{1,2}$ Nenner und Zähler vertauscht.

4) S. 374 Gl. (13a). Vor nu ist ein minus-Zeichen zu setzen.

V. Ueber die von Herrn Kerr gefundene, neue Beziehung zwischen Licht und Electricität; von W. C. Röntgen.

(Aus den Ber. d. Oberhess. Gesellsch. f. Natur- u. Heilk. 19.)

Die Beobachtung der bekannten Erscheinung, dass eine Glasplatte, welche von einem electrischen Funken durchschlagen worden ist, optisch doppelbrechende Eigenschaften erhalten hat, sowie einige sich daran knüpfende Betrachtungen über die Natur der dielectrischen Polarisirung führten mich im Jahre 1873 zu der Fragestellung, ob wohl schon bevor die Entladung durch das Glas stattfindet, während somit starke electrische Kräfte auf die Glastheilchen wirksam sind, eine ähnliche Wirkung auf durchgehendes Licht ausgeübt werden sollte. Es wurde infolge dessen eine Reihe von Versuchen mit Glasplatten angestellt, fast genau in derselben Weise, wie dieselben später von Hrn. Kerr, Gordon und Mackenzie ausgeführt und veröffentlicht wurden. Allein ich erhielt bloss negative Resultate und gelangte überdies bald zu der Ansicht, dass, wenn auch in einem festen Körper eine derartige Doppelbrechung beobachtet wäre, es immerhin sehr schwer sein würde, zu constatiren, dass dieselbe nicht von ohne Zweifel vorhandenen, durch die electrischen Ladungen erzeugten mechanischen und thermischen Veränderungen des Körpers herrühren.

Nachdem auch einige Versuche mit Canadabalsam als Dielectricum negative Resultate geliefert hatten, beschäftigte ich mich nicht mehr mit diesem Gegenstande.

Bald nachher erschienen die ersten Versuche des Hrn. Kerr¹⁾, welche das Vorhandensein der von mir gesuchten Doppelbrechung zeigten und die durch Hrn. Maxwell, resp. Helmholtz veranlassten Untersuchungen der Hrn. Gordon²⁾ und Mackenzie.³⁾ Da es den beiden letzteren nicht gelang, die Kerr'sche Erscheinung in Glas zu erhalten, so wurde ich in meiner nach dem Lesen der Kerr'schen Abhandlung gefassten Meinung bestärkt, dass bei jenen Versuchen irgend welche nebensächliche Einflüsse thätig gewesen wären.

Im Spätjahr 1879 sind nun von Hrn. Kerr neue Untersuchungen veröffentlicht⁴⁾, die den Nachweis liefern, dass in einer grossen Zahl von schlecht leitenden Flüssigkeiten durch Electricität Doppelbrechung erzeugt werden kann; es sei mir gestattet, das Wesentlichste derselben hier mitzutheilen. Die zu untersuchende Flüssigkeit befindet sich in einem Glasgefässe, welches im Lichten 2,5 cm hoch, 1,6 cm breit und 1,8 cm tief ist. Zwei parallele, verticale Seitenwände bestehen aus 0,15 cm dicken Spiegelglasstücken; das durch ein Nicol geradlinig polarisirte Licht einer Paraffinlampe geht senkrecht zu diesen Platten durch die Flüssigkeit und wird durch ein zweites Nicol analysirt. Die Mitte der zwei übrigen, verticalen Seitenwände ist durchbohrt, in jeder Durchbohrung steckt als Zuleiter der Electricität ein Messingdraht, der in dem Gefäss in einer Kugel von 0,6 cm Durchmesser endigt. Die einander genau gegenüber liegenden, stark abgeplatteten Flächen der Kugeln sind um 0,3 cm voneinander entfernt und begrenzen nach rechts und nach links das von Hrn. Kerr untersuchte electricische Feld.

Es schliesse nun der Hauptschnitt des Polarisators mit der Horizontalebene, somit auch mit den in der Mitte des

1) Kerr, Phil. Mag. (4). **50.** p. 337, 446. 1875.

2) Gordon, Phil. Mag. (5). **2.** p. 203. 1876.

3) Mackenzie, Wied. Ann. **2.** p. 356. 1877.

4) Kerr, Phil. Mag. (5). **8.** p. 85, 229. 1879.

electricischen Feldes verlaufenden Kraftlinien einen Winkel von 45° ein, der Analysator sei auf dunkel gestellt, und als Flüssigkeit habe man beispielsweise Schwefelkohlenstoff gewählt; wird alsdann die eine Kugel mit einer kräftigen Electricitätsquelle (einer Holtz'schen Maschine) in Verbindung gesetzt, während die andere zur Erde abgeleitet ist, so gewahrt man sofort eine beträchtliche Erhellung des Gesichtsfeldes, welche nicht etwa von einer Drehung der Polarisationssebene herrührt, sondern nach allen angestellten Versuchen bloß durch eine in der Flüssigkeit stattgefundene Doppelbrechung entstanden sein kann.

Bis jetzt wurde von Hrn. Kerr diese Erscheinung bei 27 sehr schlecht leitenden Flüssigkeiten wahrgenommen und zwar wurde gefunden, dass dieselben in zwei Klassen, in positive und negative Flüssigkeiten zu theilen sind. Die positiven Flüssigkeiten verhalten sich wie Glasplatten, die in der Richtung der Kraftlinien gedehnt sind, die negativen dagegen wie Glasplatten, die in jener Richtung comprimirt sind. Die Intensität der doppelbrechenden Wirkung zeigte sich sehr verschieden bei verschiedenen Flüssigkeiten, am grössten war dieselbe bei CS_2 ; ausserdem wurde nachgewiesen, dass die Intensität bei einer und derselben Flüssigkeit mit der Potentialdifferenz zwischen den beiden Kugeln zunimmt.

Wenn der Hauptschnitt des Polarisators vertical oder horizontal d. h. parallel oder senkrecht zu den Kraftlinien stand, so war entweder gar keine oder bloß eine sehr undeutliche Wirkung zu beobachten.

Hr. Kerr glaubt schliesslich einen wesentlich andern Effect bei Nitrobenzol gefunden zu haben, indem diese Flüssigkeit erst dann doppelbrechende Eigenschaften erhält, wenn in die sonst ununterbrochene Verbindung der einen Kugel mit dem Conductor der Electricitätsmaschine eine Funkenstrecke eingeschaltet wird; bei jeder Entladung bemerkt man ein plötzliches Aufleuchten des Gesichtsfeldes.

Es sind nun diese Versuche, welche mich veranlassten, mich zum zweiten male mit der Sache zu beschäftigen, und

ich erlaube mir, im Folgenden die Resultate dieser Arbeit mitzutheilen.

Ich versuchte zu allererst die Kerr'sche Erscheinung zu reproduciren und construirte dazu aus Spiegelglasstücken ein parallelepipedisches Gefäss, im Lichten ungefähr 5 cm hoch, 2,5 cm breit und 2,5 cm tief; durch eine Durchbohrung des Bodens geht ein verticaler Messingdraht, welcher einerseits in dem Gefäss eine 1 cm dicke Kugel trägt, andererseits mit dem Conductor einer Winter'schen Electrisirmaschine in Verbindung steht; von oben wird ein zweiter Messingdraht mit einer ebenfalls 1 cm dicken Kugel in das Gefäss hineingesteckt und durch ein Stativ so gehalten, dass der Abstand der senkrecht übereinander liegenden Kugeln 0,2 bis 0,3 cm beträgt. Die obere Kugel ist mit der Erde, resp. mit dem Reibzeug der Maschine verbunden. Das zwischen den Kugeln hindurch gehende Licht kam bei den ersten Versuchen von einer Natronflamme, der Hauptschnitt des Polarisators machte einen Winkel von 45° mit der Verticalen, und der Analysator war auf dunkel gestellt.

Nachdem das Gefäss mit Schwefelkohlenstoff gefüllt war, wurde die Electrisirmaschine gedreht; meine Ueberraschung war nicht gering, als ich eine ausserordentlich intensive Erhellung des Gesichtsfeldes zwischen den beiden Kugeln eintreten sah. Diese Erhellung verschwand sofort beim Ableiten des Conductors zur Erde. Der Versuch liess sich beliebig oft wiederholen, die Erscheinung trat immer mit grosser Regelmässigkeit wieder ein.

Wurden die Hauptschnitte der Nicols um 45° gedreht, so war eine Wirkung der Electricität nicht erkennbar, ebenfalls nicht, wenn unpolarisirtes Licht durch die Flüssigkeit ging.

Ich schritt darauf zu einigen Aenderungen der Beobachtungsmethode, welche sich bald als wesentliche Verbesserungen herausstellten. Erstens wurde das Natronlicht durch Drummond'sches Kalklicht ersetzt und dadurch, wie zu erwarten war, die Empfindlichkeit der Methode bedeutend gesteigert. Zweitens wurde, um von einem möglichen Einfluss der Glaswände frei zu werden, das kleine Gefäss durch

eine weite, viereckige Glasflasche (12 cm hoch, 6 cm weit) ersetzt. Zwei einander gegenüberliegende Seitenwände sind mit 3 cm weiten, runden Oeffnungen versehen, welche durch mittelst Hausenblase aufge kittete Glasplatten verschlossen sind. Die Glasplatten wählte ich von dem sehr dünnen, wenige Zehntel Millimeter dicken Birminghamglas, um die bei dickeren Platten immer bemerkbare, durch mechanische Einflüsse erzeugte Doppelbrechung zu vermeiden. Durch eine Durchbohrung des Bodens der Flasche ist die mit der Electricitätsquelle verbundene und durch den Hals die zur Erde abgeleitete Electrode in die Flasche geführt. Das Licht geht unter senkrechter Incidenz durch die aufge kitteten Glasplatten hindurch.

Eine dritte, wesentliche Verbesserung ist die Anwendung von Nicols mit grossem Gesichtsfeld; es ist dadurch ermöglicht, die Erscheinung auf einem grossen Gebiete mit einem Blicke zu übersehen; man braucht sich nicht, w. Hr. Kerr, auf die Beobachtung eines kleinen, schmalen, zwischen den Electroden gelegenen Streifens zu beschränken.

Die Mitte der Flasche war meistens 25 bis 30 cm vom Auge und ungefähr 20 cm vom Diaphragma der Duboscq'schen Laterne entfernt.

Von besonderer Wichtigkeit erschien mir die Frage nach den Schwingungsrichtungen des Lichtes in der Flüssigkeit. Hr. Kerr hat, wie erwähnt, die Ansicht ausgesprochen, dass diese Schwingungsrichtung mit der Richtung der Kraftlinien und der dazu senkrechten zusammenfällt, er untersuchte aber blos den Theil des electrischen Feldes, welcher zwischen den abgeplatteten, nahezu ebenen Electrodenflächen liegt, wo somit alle Kraftlinien nahezu parallel verlaufen.

Die Flasche wurde mit möglichst reinem und staubfreiem¹⁾ Schwefelkohlenstoff gefüllt und den Electroden folgende Gestalten gegeben.

1) Auf die Entfernung fester Theilchen aus der Flüssigkeit muss, wie auch Hr. Kerr bemerkt, die grösste Sorgfalt verwendet werden, da dieselben sonst sofort eine relativ gut leitende Brücke zwischen den Electroden bilden und die eigentliche Erscheinung dadurch bedeutend abgeschwächt wird.

1) Die untere, mit dem Conductor der Electrisirmaschine in directer Verbindung stehende Electrode ist eine horizontale, kreisrunde Messingscheibe von 1,8 cm Durchmesser und 0,8 cm Dicke. Die obere eine Messingkugel von 1 cm Durchmesser. Die Mittelpunkte der beiden liegen genau in einer Verticalen.

Taf. I Fig. 6 ist eine möglichst getreue Abbildung der Erscheinung, die beobachtet wird, wenn die Hauptschnitte der gekreuzten Nicols Winkel von 45° mit der Verticalen bilden, welche Stellung ich der Einfachheit wegen die Stellung I der Nicols nennen werde. Die Mitte des Gesichtsfeldes zwischen Kugel und Scheibe ist bei mässigem Drehen der Electrisirmaschine so blendend hell geworden, dass die Helligkeit dem Auge öfters unerträglich wird; nach den Seiten zu nimmt dieselbe allmählich ab. Die dunklen Schwänze, die von der Kugel ausgehen, haben ihren Ursprung in Punkten, wo durch den Mittelpunkt der Kugel gelegte unter 45° gegen die Verticale geneigte Geraden aus der Kugel austreten. Ebenso sind die von dem in Wirklichkeit eine Fläche von starker Krümmung bildenden Scheibenrand ausgehenden Schwänze an ihrem Ursprung unter 45° gegen die Verticale geneigt.

Es fragt sich, wodurch diese Vertheilung der hellen und dunklen Partien bedingt wird. Zur Beantwortung dieser Frage ist es von Wichtigkeit, die Bahn zu beobachten, welche unvermeidliche, immer hell leuchtende, in der Flüssigkeit suspendirte Theilchen beschreiben, während die Electrisirmaschine gedreht wird. Solche Theilchen werden von der Kugel zur Scheibe und zurück geschleudert und verfolgen wenigstens nahezu die Richtung einer Kraftlinie. Man bemerkt nun immer, wenn diese Bahn in einer Ebene liegt, welche senkrecht steht zu den Lichtstrahlen, dass dieselbe und somit auch die betreffende Kraftlinie dort die erwähnten dunklen Schwänze schneidet, wo die Neigung der Bahn gegen die Verticale 45° beträgt; dass dagegen an den Stellen der Bahn, wo diese horizontal oder vertical ist, die grösste Helligkeit existirt.

Ein weiterer Aufschluss über die Natur der Erscheinung

wird erhalten, indem man mit Hrn. Kerr eine möglichst wenig doppelbrechende Glasplatte zwischen dem Analysator und der Flasche so aufstellt, dass die Lichtstrahlen die Platte unter senkrechter Incidenz treffen. Wird auf dieselbe durch eine geeignete Presse ein Druck in verticaler Richtung ausgeübt, so beobachtet man, dass während der Electrisirung die Partie zwischen den Schwänzen der Kugel und der Scheibe dunkler wird; dass dagegen die Stellen oberhalb jener Schwänze links und rechts von der Kugel, sowie die kleinen Stellen links und rechts von der Scheibe heller werden. Zu gleicher Zeit klappen die Schwänze, sowohl die oberen als die unteren, zusammen. Bei fortgesetztem Pressen vereinigen sich die unteren Enden der beiden Kugelschwänze, sodass sie das Ansehen einer an der Kugel hängenden Kette erhalten; dieselbe zieht sich bei noch weiter wachsendem Druck immer mehr gegen die Kugel zusammen, um endlich ganz zu verschwinden.

Selbstredend werden diese Vorgänge in umgekehrter Reihenfolge beobachtet, wenn man mit der Compression der Platte nachlässt.

Wird die eingeschaltete Glasplatte in horizontaler Richtung comprimirt, so finden gewissermassen die entgegengesetzten Erscheinungen statt. Die Mitte zwischen Kugel und Scheibe wird heller, dagegen die seitlichen Partien neben Kugel und Scheibe dunkler. Die Schwänze biegen sich auseinander.

Die Erscheinung ohne comprimirt Glasplatte ist wesentlich dieselbe bei langsamer und bei starker Drehung der Electrisirmaschine, im erstern Fall ist sie nur etwas weniger markirt und von geringerer Ausdehnung. Hat man durch eine horizontale Compression der Glasplatte vor der Electrisirung das Gesichtsfeld schwach erhellt und fängt nun an, die Maschine langsam zu drehen, so wachsen aus der Mitte des Gesichtsfeldes zwischen Kugel und Scheibe die zwei dunklen Streifen heraus und klappen bei zunehmender Potentialdifferenz immer weiter auseinander, erreichen aber nicht die Stellung, welche sie ohne comprimirt Glasplatte einnehmen. Eine Zunahme der Potentialdifferenz bei con-

stant bleibender Compression der Glasplatte hat somit den ähnlichen Erfolg wie eine Abnahme der Compression bei constant bleibender Potentialdifferenz.

Taf. I Fig 7 zeigt die Erscheinung, wenn die gekreuzten Hauptschnitte der Nicols horizontal, resp. vertical stehen (Stellung II der Nicols). Man bemerkt sofort, dass diejenigen Stellen, wo bei Stellung I der Nicols die grösste Helligkeit vorhanden war, jetzt am dunkelsten erscheinen, und dass umgekehrt die früher dunklen Theile des Gesichtsfeldes jetzt die hellen sind. Die beiden Figuren sind gewissermassen complementär. Die Kraftlinien durchschneiden jetzt die dunklen Partien, wo diese Linien vertical oder horizontal sind; dagegen ist dort die grösste Helligkeit vorhanden, wo die Neigung der Kraftlinien gegen die Verticale 45° beträgt.

Wie man sieht, ist die Taf. I Fig. 7 für den Vorgang ebenso charakteristisch als Taf. I Fig. 6 und wenn Hr. Kerr, wie oben erwähnt, bei der Stellung II keine Erhellung des Gesichtsfeldes beobachtet hat, so wird dieses erklärt durch die Beschränktheit des Gesichtsfeldes und durch den parallelen Verlauf der Kraftlinien.

Wie zu erwarten war, ändert die Compression einer eingeschalteten Glasplatte in horizontaler oder verticaler Richtung nichts an der Erscheinung, dagegen ist eine solche in einer Richtung, die 45° mit der Verticalen einschliesst, sofort wirksam. Die Figur wird unsymmetrisch, indem z. B. bei einer Compression die von rechts unten nach links oben gerichtet ist, das grosse helle Feld links von der Kugel und das kleine helle Feld an der rechten Kante der Scheibe heller werden und sich zu gleicher Zeit nach allen Richtungen vergrössern; die beiden anderen hellen Partien werden dunkler und kleiner.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass Uebergänge zwischen den Taf. I Fig. 6 und 7 leicht erhalten werden bei Stellungen der gekreuzten Nicols, welche zwischen den erwähnten liegen; die Figuren sind dann unsymmetrisch in Bezug auf die Mittellinie.

2) Die obere Electrode ist ein 0,2 cm dicker, gut abge-

rundeter Messingdraht, die untere eine Kugel von 1 cm Durchmesser.

Taf. I Fig. 8 gibt die bei Stellung I der Nicols beobachtete Erscheinung. Es hält nicht schwer, sich auch hier zu überzeugen, dass wiederum die hellsten Partien dort liegen, wo die Kraftlinien horizontal oder vertical verlaufen; die dunklen dagegen, wo die Neigung dieser Linien 45° beträgt.

Bei horizontaler Compression einer eingeschalteten Glasplatte wird der Theil zwischen der Spitze und der Kugel heller, die kleinen Felder links und rechts von der Spitze dunkler. Die Schwänze klappen nach oben gegen die Spitze. Eine Compression in verticaler Richtung hat dagegen das entgegengesetzte zur Folge. Die Schwänze biegen sich nach unten, lösen sich bei wachsender Compression von der Spitze ab und ziehen sich gegen die Kugel hin zusammen, um schliesslich zu verschwinden.

Taf. I Fig. 9 ist eine Darstellung der Erscheinung bei der Stellung II der Nicols. Taf. I Fig. 8 und 9 sind wieder complementär; die dunklen und hellen Partien sind nach derselben Regel vertheilt wie in Taf. I Fig. 2.

3) Beide Electroden sind Parallelepipede, Höhe 1,2 cm, Breite und Dicke 0,6 cm.

Taf. I Fig. 10 bezieht sich auf die Stellung I der Nicols. Abermals ist das Gesichtsfeld dort erhellt, wo die Kraftlinien horizontal oder vertical verlaufen und dunkel, wo die Neigung derselben 45° beträgt.

Bei horizontaler Compression einer eingeschalteten Glasplatte wird die Mitte heller, die neben den Parallelepipeda liegenden Seitenfelder dunkler. Die dunklen Büschel bewegen sich gegen die Seitenflächen der Parallelepipede, sowohl oben wie unten. Bei verticaler Compression wird die Mitte dunkler, die Seitenfelder heller, je zwei Büschel oben und unten vereinigen sich zu zwei dunklen, verticalen Bändern.

Taf. I Fig. 11 veranschaulicht die Verhältnisse bei der Stellung II der Nicols. Die Anordnung der hellen und dunklen Theile ist diejenige, welche zu erwarten war.

Ausser diesen Electroden wählte ich noch verschiedene anders gestaltete, ebenso beobachtete ich die Erscheinung

bei verschiedenen Stellungen der Electroden und in Gefässen von verschiedenen Weiten; immer konnte ich mich überzeugen, dass die gefundenen Gesetzmässigkeiten ohne Ausnahme zutreffen. Ich gelange somit zu den folgenden Resultaten.

Aus der Vertheilung der hellen und dunklen Partien des Gesichtsfeldes bei den Stellungen I und II der Nicols, sowie den dazwischen liegenden folgt, dass das durch Schwefelkohlenstoff gehende Licht infolge von electricen Kräften Veränderungen erleidet, welche den durch gewöhnliche Doppelbrechung erzeugten vollständig ähnlich sind; die Schwingungsrichtungen des Lichtes im Schwefelkohlenstoff fallen an jeder Stelle zusammen mit den Richtungen der durch diese Stellen gehenden Kraftlinien und den dazu senkrechten. Die Intensität dieser Doppelbrechung ändert sich von Stelle zu Stelle im electricen Feld mit der electricen Kraft und wächst mit der Potentialdifferenz zwischen den Electroden.

Die Versuche mit eingeschalteten und comprimirten Gläsern beweisen, dass Schwefelkohlenstoff sich unter dem Einfluss electricer Kräfte verhält wie Glas, welches in der Richtung der Kraftlinien gedehnt worden ist.

Nachdem Schwefelkohlenstoff in eingehender Weise untersucht war, wählte ich als zweite Flüssigkeit Leberthran, eine von Hrn. Kerr ebenfalls geprüfte Substanz. Ich erhielt ähnliche, wenn auch nicht so intensive Erscheinungen wie mit Schwefelkohlenstoff und konnte die Entdeckung des Hrn. Kerr bestätigen, dass Leberthran sich in optischer Beziehung verhält wie Glas, welches in der Richtung der Kraftlinien comprimirt ist. *Die Classificirung der Flüssigkeiten in positive und negative ist somit durchaus gerechtfertigt.*¹⁾

1) Das Dunkler- oder Hellerwerden des Gesichtsfeldes nach Compression der eingeschalteten Gläser kann nicht ohne weiteres allein entscheidend sein für das Verhalten der Flüssigkeiten; das Eintreffen des einen oder des andern Falles hängt doch bei gegebener Compressionsrichtung lediglich von der in der Flüssigkeit erzeugten Phasendifferenz der an einer Stelle austretenden Strahlen ab und diese ist nicht nur von der Natur der Doppelbrechung, sondern auch von der Intensität derselben und von der Dicke der doppelbrechenden Schicht abhängig. Ich habe mich nun auf verschiedenen Wegen überzeugt, dass bei meinen Ver-

Terpentin gab ebenfalls einen deutlich sichtbaren Effect.

Wie eingangs erwähnt, fand Hr. Kerr bei Nitrobenzol nur dann einen Effect, wenn die directe Verbindung der einen Electrode mit dem Conductor der Electrisirmaschine durch eine Funkenstrecke unterbrochen und dadurch eine plötzliche Entladung der Electricität durch die Flüssigkeit hervorgeufen wurde. Ich glaube nun, dass man es hier mit keiner wesentlich neuen Erscheinung zu thun hat, und dass vielmehr die Nothwendigkeit einer derartigen Aenderung der Versuchsanordnung bloß durch die relativ gute Leitungsfähigkeit des Nitrobenzols bedingt wird. Ist nämlich die Electrode in directer Verbindung mit dem Conductor, so wird, wie der Versuch lehrt, die Electricität beim Drehen der Maschine so rasch durch die Flüssigkeit zur Erde abgeleitet, dass eine einigermaßen bedeutende Potentialdifferenz zwischen den Electroden nicht zu Stande kommt. Schaltet man dagegen eine Funkenstrecke ein, so wird bei jeder Entladung eine zwar kurz dauernde, aber grosse Potentialdifferenz erzeugt, welche nun im Stande ist, ein plötzliches Aufleuchten im Gesichtsfeld zu bewirken. Ich finde dann auch im Gegensatz zu Hrn. Kerr, dass dieser Effect bei allen von mir untersuchten, schlecht leitenden Substanzen vorhanden ist; nur unterscheidet sich derselbe von dem bei besser leitenden durch eine grössere Dauer, was begreiflich ist.

Diese soeben besprochene Abänderung der Versuchsmethode liefert ein sehr willkommenes Mittel, die verhältnissmässig gut leitenden Flüssigkeiten auf ihre electrooptischen Eigenschaften zu untersuchen; *es gelang mir auch auf diesem Wege bei Glycerin (spec. Gew. 1,25), Schwefeläther und destillirtem Wasser einen Einfluss der Electricität auf das hindurchgehende Licht aufzufinden.*

Als Electroden dienten bei der Untersuchung des Glycerins die oben erwähnte Scheibe und die Kugel von 1 cm

suchen niemals Phasendifferenzen vorkamen, welche den Werth $\frac{\lambda}{2}$ erreichten, und darf deshalb die Intensitätsänderung als massgebend mit anführen. Ausserdem entscheidet aber die Richtung des Wanderns der dunklen Streifen, welche immer beobachtet und notirt wurde.

Durchmesser; der Abstand betrug 0,25 cm. Die eingeschaltete Funkenstrecke zwischen zwei Kugeln von 1,4 cm Durchmesser hatte eine Länge von 1,0 cm. Das plötzliche, nicht sehr starke Aufleuchten in der Mitte des Gesichtsfeldes wurde bei der Stellung I der Nicols beobachtet, dasselbe trat nur dort auf, wo die stärkste Wirkung zu erwarten ist; in der Stellung II konnte ich bei dieser und den beiden folgenden Flüssigkeiten nichts bemerken, was ohne Zweifel dadurch zu erklären ist, dass bei dieser Stellung die grösseren Felder stärkerer Doppelbrechung überhaupt keine Intensitätsänderung zeigen können, weil dort die Kraftlinien parallel und senkrecht zu dem Hauptschnitt des Polarisators verlaufen. Der Conductor der Electrisirmaschine war mit der innern Belegung einer Leydener Flasche, deren äussere Belegung zur Erde abgeleitet war, in Verbindung (belegte Fläche 840 qcm); ohne diesen Condensator gelang es mir nicht, mit Sicherheit eine Erhellung zu beobachten.

Bei Schwefeläther war die Scheibe die untere und eins der Parallelepiped die obere Electrode; Abstand 0,2 bis 0,3 cm; Funkenstrecke 1 bis 1,5 cm. Der Effect war bei der Stellung I der Nicols auch ohne Leydener Flasche deutlich sichtbar, wurde jedoch bedeutend intensiver nach Einschaltung derselben.

Die Anordnung der Versuche mit gewöhnlichem, in Glasgefässen destillirtem Wasser war im wesentlichen dieselbe wie vorhin. Die Erhellung war ausserordentlich deutlich und stärker als bei Glycérin. Zwei Leydener Flaschen waren eingeschaltet; eine weitere Vermehrung der Flaschenzahl und eine dadurch bedingte Verringerung der Schlagweite hatte zur Folge, dass die Erscheinung fast vollständig ausblieb. Es hat sich überhaupt ergeben, dass, wenn bei einer relativ gut leitenden Flüssigkeit die Erscheinung deutlich erkannt werden soll, eine für jede Flüssigkeit spezifische Versuchsanordnung, was die Flaschenzahl, die Funkenstrecke und die Entfernung der Electroden betrifft, getroffen werden muss. Wahrscheinlich ist es diesem Umstand zuzuschreiben, dass es mir bis jetzt nicht gelang, in schwach angesäuertem Wasser, sowie in Alkohol von 99,5 Proc. einen electroopti-

schen Effect aufzufinden; ich hege keinen Zweifel darüber, dass es durch passende Combinationen gelingen wird, auch selbst in Flüssigkeiten von noch besserem Leitungsvermögen einen solchen Effect wahrzunehmen.

Bei den obigen Versuchen wurden immer die Electroden so weit voneinander entfernt, dass gerade eine Funkenentladung durch die Flüssigkeit nicht mehr stattfand.

In einer Geissler'schen Vacuumröhre, die keine sichtbare Entladung durchlässt, war trotz des Vorhandenseins einer bedeutenden Potentialdifferenz zwischen den um ungefähr 0,2 cm voneinander entfernten drahtförmigen Electroden nichts von einer Doppelbrechung zu bemerken.

Zum Schluss seien ein paar Versuche beschrieben, die ich in der Hoffnung anstellte, einige Anhaltspunkte für eine Erklärung der oben mitgetheilten Thatsachen zu erhalten.

Die lebhafte Bewegung, die man bei der Entladung in einer schlecht leitenden Flüssigkeit wahrnimmt, erregte in mir den Gedanken, ob wohl durch in der Flüssigkeit vorhandene Druckdifferenzen und dadurch erzeugte intensive Strömungen eine doppelbrechende Wirkung ausgeübt werden könne; war doch in zähflüssigen Substanzen, wie z. B. Canada-balsam durch Mach und Maxwell eine derartige Doppelbrechung nachgewiesen. Es wurde zu diesem Zweck die untere Electrode aus der Flasche entfernt und an deren Stelle ein Glasrohr mit enger Oeffnung gesetzt, durch welches Schwefelkohlenstoff und später andere Flüssigkeiten unter hohem Druck gegen die obere Electrode gespritzt wurden. Wenn auch öfters wahrscheinlich infolge von kleinen Temperaturdifferenzen entstandene Schlieren in der Flüssigkeit auftraten, so gelang es mir doch niemals, eine eigentliche Doppelbrechung wahrzunehmen, und es scheint somit, dass eine Erklärung auf diesem Wege ausgeschlossen ist.

Die Beobachtung jener Schlieren jedoch, sowie der früher mitgetheilten lebhaften Hin- und Herbewegung von festen Theilchen zwischen den Electroden führte mich zu einer andern Hypothese über die Natur der Vorgänge in der Flüssigkeit, von der jedoch sofort erwähnt werden muss, dass es sehr fraglich ist, ob dieselbe mehr Wahrscheinlich-

keit für sich hat als die Annahme eines directen Einflusses der Electricität auf die Lichtbewegung. Würde man nämlich annehmen dürfen, dass die Entladung in der Flüssigkeit in der Weise stattfände, dass zwischen den Electroden Flüssigkeitstheilchen sich hin- und herbewegen, dass sich gewissermassen in der Richtung der Kraftlinien sehr dünne Flüssigkeitsfäden bilden, von denen die mit positiver Electricität versehenen eine andere Temperatur oder eine andere Dichte oder schliesslich eine andere chemische Beschaffenheit hätten, als die mit negativer Electricität beladenen, in umgekehrter Richtung sich bewegenden, so liesse es sich denken, dass durch Reflexionen und Brechungen und dadurch entstandene Phasendifferenzen eine Wirkung auf das geradlinig polarisirte Licht ausgeübt würde, welche Erscheinungen, die den beobachteten ähnlich sind, hervorrufen müssten. Man stelle sich doch ein Büschel von vielen, äusserst dünnen und einfach brechenden Glasstäbchen vor, die in der Richtung der Kraftlinien gebogen sind und sich in einer klar durchsichtigen Flüssigkeit befinden, deren optische Eigenschaften denen des Glases nahezu gleich sind, so würden dieselben, wie ich glaube, das geradlinig polarisirte Licht in ähnlicher Weise modificiren, wie es bei den obigen Versuchen beobachtet wurde, ohne gerade eine merkliche Trübung oder Verzerrung des Gesichtsfeldes erzeugen zu müssen. Leider erhält man keine einfach-brechenden Glasfäden, sondern immer doppelbrechende, und kann deshalb jene Ansicht durch den Versuch nicht prüfen.

In dem Fall, dass die obige Erklärung sich als zulässig herausstellte, oder dass auf irgend einem andern Wege nachgewiesen würde, dass die Electricität sich blos in indirecter Weise bei den Versuchen betheiligt, so wäre die Kerr'sche Erscheinung immerhin eine interessante Beobachtung; dieselbe erhält dagegen eine ausserordentlich fundamentale Bedeutung, wenn jede derartige Erklärung sich als unhaltbar ergibt, und es dadurch äusserst wahrscheinlich geworden ist, dass wir es in der That mit einer neuen, directen Wirkung der Electricität auf die Lichtschwingungen zu thun haben.

Nehmen wir einmal an, dass das letztere wirklich der Fall wäre, so würde die Frage entstehen, ob diese Wirkung electrodynamischen oder electrostatischen Ursprungs sei; mit anderen Worten, ob dieselbe durch die Bewegung der Electricität von der einen Electrode zur andern oder durch die auf jedes Theilchen inducirend wirkende electrostatische Kraft erzeugt werde. Dass eine solche Bewegung von Electricität stattfindet (wahrscheinlich zum grössten Theil in der Form von fortführenden Entladungen), ist bei den obigen Versuchen leicht zu erkennen; ausserdem spricht dafür die von mir bei einer frühern Gelegenheit gemachte Erfahrung, dass alle sehr schlecht leitende Flüssigkeiten, wie Schwefelkohlenstoff, Petroleum, fette Oele u. s. w. verhältnissmässig rasch Potentialdifferenzen weniger Daniells ausgleichen, wenn dafür gesorgt wird, dass nicht durch neue Zufuhr von Electricität jene Differenz erhalten bleibt.

Ueber diese Frage liesse sich vielleicht einiges Licht gewinnen, wenn man untersuchte, wie die oben beschriebenen Erscheinungen sich zu strömender Electricität verhalten, ob z. B. in einem stark magnetischen Felde Aenderungen in der Anordnung der hellen und dunklen Theile der Erscheinung stattfinden. Ein in dieser Richtung angestellter Versuch ergab nichts Bestimmtes; es müssten derartige Versuche auch jedenfalls mit bedeutend kräftigeren Electromagneten vorgenommen werden, als mir zur Verfügung stehen. Es sei nebenbei erwähnt, dass die electromagnetische Drehung der Polarisationssebene bei jenem Versuche nicht merklich durch die erzeugte Doppelbrechung geändert wurde.

Endlich habe ich noch den Einfluss untersucht, welchen eine Bewegung der Flüssigkeit auf den electrooptischen Effect ausübt. Von einer zweiten mit Schwefelkohlenstoff gefüllten Flasche führt ein Glasrohr durch den Hals der oben beschriebenen Flasche in das Innere derselben; durch dieses Glasrohr kann ein kräftiger Strom von Schwefelkohlenstoff in horizontaler Richtung und senkrecht zu den durchgehenden Lichtstrahlen zwischen den Electroden hindurch getrieben werden. Als Electroden wählte ich die Kugel und die Scheibe. Die Stellung II der Nicols liefert

alsdann unter gewöhnlichen Verhältnissen beim Drehen der Electrisirmaschine die Fig. 7; sobald jedoch der von der Seite kommende Schwefelkohlenstoffstrom zu Stande gekommen ist, wird die Figur, d. h. selbstverständlich der zwischen Kugel und Scheibe liegende Theil, in der Richtung des Stromes verschoben und zwar am stärksten in den der Scheibe zunächst liegenden Partien; das untere Ende des centralen, dunklen Streifens wird vom Strom stark mitgerissen, während das obere Ende nur wenig verrückt erscheint. Die Bewegung der Flüssigkeitstheilchen übt somit einen sehr merklichen Einfluss auf die Lage der Schwingungsrichtungen des Lichtes aus.

Giessen, 31. December 1879.

VI. *Ueber einige neue Untersuchungen über die mittlere Weglänge der Gasmoleculé;* *von R. Clausius.*

Es sind in neuerer Zeit von verschiedenen Autoren Untersuchungen über die mittlere Weglänge der Moleculé gasförmiger Körper angestellt, welche dazu geführt haben, dass mehrfache Aenderungen an der frühern Bestimmung dieser Weglänge vorgeschlagen sind, und ich glaube daher, dass eine zusammenfassende Besprechung dieser Aenderungsvorschläge nicht als unzweckmässig erscheinen wird.

1. Die erste Bestimmung der mittlern Weglänge der Gasmoleculé habe ich in einem i. J. 1858 in Pogg. Ann.¹⁾ veröffentlichten Aufsätze ausgeführt. Ich ging dabei von der Betrachtung eines einfachern Falles aus, indem ich zuerst nur ein Molecul als bewegt und alle anderen als ruhend annahm. Für diesen Fall erhielt ich für die mitt-

1) Clausius, Pogg. Ann. **105.** p. 239, 1858. Wieder abgedruckt in meiner Abhandlungen-Sammlung, **2.** p. 260.