

Sitzungsberichte

der

mathematisch - physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu **München.**

Band IX. Jahrgang 1879.

München.

Akademische Buchdruckerei von F. Straub.

1879.

In Commission bei G. Franz.

Herr v. Jolly legt vor und bespricht nachstehende Abhandlung:

„Ueber die electromagnetische Drehung der Polarisationssebene des Lichtes in den Gasen von A. Kundt u. W. C. Röntgen.“

Einleitung.

Vor Kurzem haben wir die electromagnetische Drehung der Polarisationssebene des Lichtes in Schwefelkohlenstoffdampf, in gasförmiger schweflicher Säure und in Schwefelwasserstoffgas nachgewiesen.

Wir sprachen am Schluss unserer Mittheilung der betreffenden Versuche die Absicht aus auch die schwer condensirbaren Gase bei höherem Druck in Bezug auf ihr Drehungsvermögen zu untersuchen.

Nach längeren Bemühungen ist es uns gelungen einen Apparat zu construiren mit welchem wir die beabsichtigte Untersuchung ausführen konnten. Der Apparat gestattete die Gase bis zu einem Druck von etwa 250 Atmosphären zu comprimiren.

Die Versuche ergaben bald:

- 1) dass atmosphärische Luft, Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenoxyd, Kohlensäure, Leuchtgas, Aethylen und Sumpfgas im magnetischen Feld die Drehung der Polarisationssebene im Sinne des positiven Stromes (wie Wasser und Schwefelkohlenstoff) zeigen.

- 2) Dass die Grösse der Drehung unter übrigens gleichen Umständen für die verschiedenen Gase erheblich verschieden ist.

Wir konnten indess anfangs die Grösse der Drehung nicht hinreichend genau messen, da die nicht zu beseitigende Doppelbrechung der Glasplatten, welche das mit Gas gefüllte Rohr an den Enden verschlossen, jede genaue Messung vereitelte.

Um von dieser störenden Doppelbrechung der Verschlussplatten gänzlich frei zu werden, sahen wir uns schliesslich genöthigt, die Vorrichtung, durch welche das eintretende Licht polarisirt wird, und diejenige welche die Lage der Polarisationsebene des Lichtstrahles nach dem Durchgang durch das Gas bestimmt, wie weiter unten ausführlich beschrieben werden soll, in das comprimirte Gas selbst, zwischen die die Rohrenden verschliessenden Glasplatten zu bringen. Mit dem so modificirten Apparat konnten wir:

- 3) das magnetische Drehvermögen der verschiedenen Gase quantitativ bestimmen. —
- 4) nachweisen dass bei verschiedener Dichte eines und desselben Gases der Betrag der Drehung der Dichte angenähert proportional ist. —

Da die messenden Versuche schwierig und zeitraubend sind, so haben wir solche vorläufig nur für folgende 5 Gase: atmosphärische Luft, Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlenoxyd und Sumpfgas angestellt.

Wir verhehlen uns übrigens nicht, dass der von uns angewandte Apparat wie die benützte Beobachtungsmethode noch einiger wesentlichen Verbesserungen fähig sind. Es würde durch Einführung dieser Verbesserungen sich zweifellos eine etwas grössere Genauigkeit in den Beobachtungen erzielen lassen. Da indessen eine gemeinschaftliche Fortführung der Untersuchung durch den Umstand, dass der

Eine von uns Strassburg verlässt unmöglich gemacht wird, so haben wir dieselbe vorläufig abgeschlossen. — Die nachfolgende Mittheilung enthält:

- § 1. eine Beschreibung des Apparates in welchem die zu untersuchenden Gase eingeschlossen wurden und der Methode mittelst welcher wir die Drehung der Polarisationssebene beobachteten und massen.
- § 2. Erläuterung der Vorrichtungen mit Hülfe deren die Gase in dem Untersuchungsapparat comprimirt wurden.
- § 3. Die Methode zur Messung der Dichte der untersuchten Gase.
- § 4. Die Methode zur Messung der Intensität der benutzten Ströme.
- § 5. Die Beobachtungen an den genannten 5 Gasen.
- § 6. Zusammenstellung der Beobachtungen und Vergleichung der Drehung in den Gasen mit derjenigen im flüssigen Schwefelkohlenstoff. —

§ 1.

Beschreibung des Apparates in welchen die Gase eingeschlossen wurden und der Methode zur Beobachtung der Drehung.

Bevor wir übergehen zur genaueren Beschreibung des Apparates in welchem die Gase für Beobachtung der Drehung comprimirt werden, geben wir an der Hand des Situationsplanes Fig 1. eine Uebersicht der Anordnung sämtlicher für den Versuch nöthigen Apparate. Die Figur ist in $\frac{1}{30}$ natürlicher Grösse gezeichnet, so dass die Grössenverhältnisse der einzelnen Theile leicht aus derselben zu entnehmen sind.

A A A A ist ein sehr schwerer eichener Tisch, auf dem die Haupttheile des Apparates aufgebaut sind. B C ist das Rohr, in welchem die Gase comprimirt werden und durch dessen Axe ein Lichtbündel zur Bestimmung der

Drehung geschickt werden soll. Dasselbe ist ein ohne Naht gezogenes Kupferrohr von 10 mm äusserem und 3 mm innerem Durchmesser. Die Enden B und C werden in weiter unten zu beschreibender Weise von den Gestellen D und E gehalten, die ihrerseits auf Steinblöcken F und G ruhen, die auf dem Tisch mit Cement befestigt sind.

Das Rohr ist umgeben von 6 grossen auf einem schweren eisernen Stativ H ruhenden Rollen J. J. von umspannenem Kupferdraht (Dicke des überspannenen Drahtes 3^{mm}; Widerstand jeder Rolle 0,66 S. E.) in deren Innern sich noch 6 andere kleinere (Dicke des Drahtes 3^{mm}; Widerstand 0.11 S. E.) befinden. Die Drähte sämtlicher Rollen sind hintereinander verbunden. —

Vom Ende D des Kupferrohrs führt eine Verbindungsröhre V zu einem Stahlstück K. Von diesem geht ein Rohr L zu einer Gascompressionspumpe M, ein anderes N zu einem vertikalen Rohr von Schmiedeeisen O. Das untere Ende dieses Rohres communicirt durch das Rohr P mit einer hydraulischen Presse Q. Diese Apparate dienen, wie unten gezeigt wird zum Comprimiren der Gase.

R ist eine Kalklichtlampe deren Strahlen durch das Rohr B C gesandt werden, und S ein Commutator welcher erlaubt die Richtung des Stromes in den Rollen zu wechseln. T endlich ist eine kleine Drahtrolle welche zum Zweck der Messung der Intensität des Stromes in den Stromkreis eingeschaltet werden kann.

Wir wenden uns nunmehr zur genaueren Erläuterung des Apparates B C.

In Fig. 2 ist ein Horizontalschnitt desselben in $\frac{1}{2}$ natürlicher Grösse gezeichnet. Der Theil B in Fig. 2 giebt das Ende B 1 und der Theil C das Ende C der Fig. 1.

Das Kupferrohr a a ist um es gegen Verbiegungen zu schützen welche es durch die an seinen Enden befind-

lichen grossen Metallmassen hätte erleiden können, mit einem der Länge nach durchsägten Eisenrohr mm lose umgeben. Die beiden Hälften des Eisenrohrs werden durch Messingklammern zusammengehalten. An den Enden von a a sind die Stahlstücke b b angeschraubt und verlöthet. Diese Stahlstücke sind sehr genau conisch ausgedreht, und in die Hohlconen passen 2 mit einer 3^{mm} weiten axialen Durchbohrung versehene cylindrische Stahlstücke d d, die an ihren Enden conisch abgedreht sind. Diese Stücke sollen die Verschlüsse der Enden des Rohres BC bilden. Es kommt also einmal darauf an die Bohrungen derselben durch Glasplatten zu verschliessen und andererseits den conischen Theil so fest in die Stücke b b einzupressen dass ein völlig dichter Verschluss hergestellt ist. Für den ersten Zweck wurde der hintere Theil von c weiter ausgedreht und in diese Bohrung mit Wachs- und Colophoniumkitt 3 mm dicke Glasplatten ll gekittet; auf dieselben wurden kurze durchbohrte Messingstücke ff geschraubt, welche mit heissem Kitt vorsichtig in das vorher angewärmte Stück d eingesetzt wurden. Dieser Verschluss erwies sich sehr gut, wir waren nur selten genöthigt die Glasplatten neu einzukitten. Den Verschluss zwischen b und d haben wir in folgender Weise bewerkstelligt. Auf die Stücke b war aussen ein grobes Schraubengewinde mit sehr tiefen Gängen geschnitten auf welche die Eisenringe g g geschraubt wurden. Wäre der innere Durchmesser der kleinen Drahtrollen grösser gewesen, so hätte man statt dieser Ringe g und der Stücke b ein einziges grösseres Stahlstück auf je ein Ende des Kupferrohres löthen können. Unter den gegebenen Umständen war es nöthig die Anordnung so zu treffen, dass die Ringe erst auf die Enden aufgeschraubt wurden, nachdem das Rohr schon von den Drahtrollen umgeben war. Die Ringe wurden so weit aufgeschraubt, dass die Stahlconen etwas über die ersteren vorragten. Indem nun durch-

bohrte Eisenplatten mittelst 6 Schrauben sehr fest gegen die Ringe *g g* angezogen wurden, konnten die Stahlconen fest in ihre Lager eingedrückt werden. Die anzupressende Eisenplatte ist für das Ende B mit *h h* für das Ende C mit *i i* bezeichnet. Die Zugschrauben sind durch die Striche *k* angedeutet. Wurden dieselben sehr sorgfältig gleichmässig angezogen, so schlossen die Stahlconen bei den höchsten angewandten Drucken vollständig. Wir sind nie durch Undichtigkeit dieser Verschlüsse belästigt worden.

Als wir indess vor das eine Ende des Rohres ein polarisirendes und vor das andere Ende ein analysirendes Nicol'sches Prisma brachten, gelang es uns zwar, in allen Gasen die wir bei Druck von einigen Hundert Atmosphären untersuchten, die electromagnetische Drehung zu constataren (— die Glasplatten waren soweit von den Enden der Drathrollen entfernt, dass durch sie eine Drehung nicht eintrat —) indessen konnten wir keine zuverlässigen Messungen der Drehung ausführen wegen der stets vorhandenen Doppelbrechung der Glasplatten *e e*. Trotzdem die Pressung der Stücke *d d* nur an dem conischen Theil statt hatte, der cylindrische Theil, in welchem sich die Glasstücke befanden, jeder directen Pressung entzogen war, wurden doch stets beim Anpressen der Schrauben *k* die Glasplatten doppelbrechend, indem die Pressung von dem conischen auf den cylindrischen Theil sich übertrug.

Doppelbrechung der zwischen dem Polarisator und Analyseur befindlichen Glasplatten beeinträchtigt aber die Genauigkeit der Bestimmungen der Drehung beträchtlich und kann, wie wir uns durch Versuche überzeugten, zu sehr irrigen Resultaten bezüglich der Grösse der zu beobachtenden Drehung führen. Wir entschlossen uns daher den Polarisator und Analyseur zwischen die Glasplatten in den Apparat selbst zu bringen, so dass die Wirkung der letzte-

ren ganz ausgeschlossen war. Da unser Apparat ursprünglich nicht mit Rücksicht auf diese Anordnung construiert war, so konnten wir keine Nicol'schen Prismen oder andere grössere Apparate ins Innere desselben bringen. Es blieb uns daher, wollten wir nicht den ganzen Apparat verwerfen, Nichts Anderes übrig als für Polarisator und Analyseur Turmalinplatten zu nehmen. Wir wählten 2 Platten aus einer Turmalinzange von Hofmann in Paris, von denen die eine hellbraun die andere grün durchsichtig war. Diese Turmaline liessen in paralleler Stellung ziemlich viel Licht von gelblicher Färbung durch, in gekreuzter Stellung verdunkelten dieselben unsere intensive Lichtquelle freilich nicht ganz, doch konnte sehr gut auf das Minimum der Helligkeit eingestellt werden. Die Turmaline sind in Fig. 2 mit 11 bezeichnet; sie wurden einfach vor die Oeffnungen der Verschlussconen gekittet.

Wir beabsichtigten zunächst, nachdem obige Anordnung getroffen war, die Drehung der Polarisationssebene auf die Weise zu bestimmen, dass wir zwischen die Turmaline noch eine drehende Quarzplatte oder eine drehende Doppelplatte von Quarz einschalteten, das austretende Licht spectral zerlegten und nun die beim Schluss des Stromes eintretenden Verschiebungen des dunkeln von der Drehung in der Quarzplatte herrührenden Streifens im Spectrum massen. Das Spectrum des durch die Turmaline gegangenen Lichtes war indessen, obgleich wir Kalklicht benutzten, so schwach dass sich die Verschiebung des dunklen Streifens nicht scharf messen liess und wir von dieser Methode absehen mussten. Dagegen ergab sich bald dass wir in einfachster Weise und mit vorläufig hinreichender Genauigkeit die Drehung in den Gasen messen konnten, wenn wir das Ende des Rohres an welchem sich der polarisierende Turmalin befand (zunächst der Lampe) unbeweglich fest machten und den Analyseur auf das Minimum der

Helligkeit brachten, dadurch dass wir das ganze Kupferrohr um seine Axe drillten.

Zu dem Zweck wurde das Ende B des Rohres in der in Fig. 3 gezeichneten Weise befestigt. h in Fig. 3 ist die pressende Eisenplatte. Die 6 Schrauben k der Fig. 2 sind mit ihren Köpfen sichtbar. Die Platte ist sechsig gefeilt und wird gehalten durch ein Eisenstück n welches 2 Arme o o hat. Das Eisenstück wird auf die Platte durch die 3 Schrauben p fest gepresst. Die Arme o o, die an ihren Enden kleine Löcher tragen, werden durch die Schrauben r r sehr fest in das schwere eiserne Stativ q q geschraubt. Dieses Stativ stand, wie schon oben angegeben ist, auf einem grossen Sandstein (F Fig. 1) der auf dem Tisch mit Cement befestigt war. Die Befestigung des Rohrendes B war auf diese Weise so vollständig erreicht, dass als wir auf die Platte h einen Spiegel setzten und aus mehreren Metern Entfernung eine Scala in demselben beobachteten, selbst bei starker Drillung des Rohrendes C keine Scalenverschiebung beobachtet wurde.

Das Stück C der Fig. 2 giebt einen Grundriss und die Figur 4 ein Aufriss der Vorrichtung zum Drehen des anderen Endes des Kupferrohres. Gleiche Stücke sind in beiden Figuren mit gleichen Buchstaben bezeichnet.

s ist eine feste eiserne Säule mit 3 Füßen, die an ihrem oberen Ende ein Axenlager hat. In diesem Lager liegt eine eiserne, mit dem Versuchsrohr centrisch durchbohrte Axe t, die durch einen überliegenden Bügel u mit Schraube v festgehalten wird. An der einen Seite dieser Axe sind 3 Fortsätze w, w, w, welche mit Hülfe von Schrauben x an die eiserne Platte i i angeschraubt werden. An der anderen Seite der Axe befindet sich ein Querarm y y. Wird dieser gedreht, so wird damit die Scheibe i und mithin das Rohrende C mit dem Turmalin l gleichfalls gedreht. Die Säule s ist, wie in Fig. 1 angedeutet, gleichfalls auf einen Stein, der auf dem Tisch mit Cement befestigt ist, aufgestellt.

Da das Rohrende C nur wenige Grade bei den Versuchen zu drehen ist und die ganze Aufstellung und Anordnung sehr solide und fest war, so erfolgte die Drillung mit Leichtigkeit.

Den Betrag derselben haben wir durch Spiegelablesung gemessen. Auf der Eisenplatte i war oben ein vertikaler Spiegel z befestigt, diesem stand in etwa 2 Meter Entfernung ein Fernrohr mit vertikaler Scala (U Fig. 1) gegenüber. Indem nun nach Stromschluss der Eine von uns an den Armen durch Drehung aufs Minimum der Helligkeit einstellte, las der Andere die Stellung der Scala im Fernrohr ab. Durch Rechnung und durch besondere Versuche, indem wir die Eisenscheibe um genau bestimmte Winkel drehten, fanden wir übereinstimmend dass innerhalb der Grenzen der Drehungen welche bei unseren Versuchen vorkamen, ein Grad Drehung 7,025 Centimeter unserer Scala entsprach. In den späteren Versuchen sind direct die Ablesungen an der Scala in Centimetern angegeben und ist dann das Mittel dieser auf der Scala gemessenen Drehungen in Winkelmaass umgerechnet.

Bei den Versuchen wurde immer, nachdem der Strom in einem Sinne geschlossen war, zehn Einstellungen gemacht, dann die Richtung des Stromes umgekehrt und wieder 10 Einstellungen gemacht. Die Differenz der arithmetischen Mittel der beiden Gruppen von 10 Einstellungen ist in den Versuchen bezeichnet als: „Drehung in Scalentheilen.“

War die Drehung der Gase einigermaassen beträchtlich so traten trotz der Absorption der Turmaline sehr deutlich Farben beim Drehen des Analyseurs auf. Diese Farben waren besonders bei Kohlenoxyd und Sumpfgas sehr hervortretend. Es zeigt dies, dass auch in den Gasen die Strahlen verschiedener Wellenlänge verschieden stark

gedreht werden. Waren Farben deutlich erkennbar, so wurde auf den Uebergang von Blau auf Roth eingestellt.

§ 2.

Vorrichtungen zur Compression der Gase.

Da uns keine Compressionspumpe zur Verfügung stand, mit der wir hätten die zu untersuchenden Gase direct bis zu einem Druck von einigen Hundert Atmosphären comprimiren können, dagegen das physikalische Institut der Universität eine sehr gute von Bianchi in Paris gebaute Gascompressionspumpe nach Natterer zum Verdichten von Kohlensäure und eine sehr kräftige hydraulische Presse besitzt, so haben wir die Compression der Gase in folgender Weise bewerkstelligt. —

Wir verbanden mit dem Versuchsrohr B C ein sehr starkes Rohr von Schmiedeeisen (O Fig. 1). Dies Rohr hatte 1,5 mt. Länge 64 mm äusseren und 18 mm inneren Durchmesser. Es wurde in vertikaler Stellung in einem Holzgestell gehalten. Mit Hülfe der Gascompressionspumpe wurden nun zunächst dies Rohr und das Versuchsrohr mit dem zu untersuchenden Gas bis zu einem Druck von etwa 70 bis 80 Atmosphären gefüllt; dann wurde die Pumpe M abgesperrt und nun mit Hülfe der hydraulischen Presse Q Glycerin in das Eisenrohr O gepresst und damit das Gas bis auf den gewünschten Grad im Versuchsrohr verdichtet.

Die Dimensionen der Apparate waren derartig dass wenn das Eisenrohr O fast völlig mit Glycerin gefüllt war der Druck im Versuchsrohr nahe 300 Atmosphären betrug, wenn, wie angegeben, vorher durch die Compressionspumpe das Gas bereits auf 70 bis 80 Atmosphären verdichtet war. Für den beabsichtigten Zweck war folgende specielle Anordnung getroffen. Das Versuchsrohr hatte, wie oben schon angegeben, an seinem Ende B ein kupfernes Ansatzrohr V

Fig. 1 welches, zu dem Stahlstück K führte. Von letzterem geht das Rohr N zu dem eisernen Rohr O und die Verbindung L zur Compressionspumpe M. In Fig. 6 ist das Stück K mit seinen drei Ansatzröhren V N L und in Fig. 5 ein Horizontalschnitt durch K gezeichnet. Von den 3 Röhren ist N in das Stück K eingeschraubt und verlöthet; V endet in einen Stahlconus der in eine entsprechende conische Bohrung durch die Eisenplatte α mittelst der Schrauben β fest eingepresst werden kann. Das Rohr L ist nicht direct in K eingesetzt, sondern bildet ein Seitenrohr zu dem Stahlstück W welches in K eingeschraubt ist. Während N und V nicht abgesperrt werden können, kann die Communication zwischen L und den anderen Röhren durch die conisch zugespitzte Schraube γ , welche sich im Stück W befindet, geschlossen oder geöffnet werden. Das Stück W mit Schrauben ist in seiner Construction demjenigen nachgebildet, welches den Recipienten der Natter'schen Kohlensäurepumpe oben schliesst. Wird mit der Pumpe M Gas eingepumpt, so ist γ geöffnet. Der Abschluss gegen die Atmosphäre ist durch einen Bleiring δ bewerkstelligt; dieser Abschluss genügt für die vorkommenden Drucke von 70 bis 80 Atmosphären vollständig. Soll die hydraulische Presse functioniren so wird γ geschlossen.

Zu bemerken ist nur noch dass das Rohr L (ein starkwandiges Bleirohr) nicht direct an W angefügt ist, sondern mittelst eines doppelt conischen Verschlusses η an den kupfernen Ansatz E befestigt wird. Der Recipient der Gascompressionspumpe kann oben durch eine Verschlusschraube von dem Bleirohr abgesperrt werden. Die Verbindung des Rohres N mit dem oberen Ende des Eisenrohres O ist in Fig. 6 gezeichnet. N endet in einen Conus μ , der mit Hilfe der Platte ν und der Schrauben ϱ in das Eisenrohr eingepresst wird. Die Verbindung des unteren Endes von O mit der hydraulischen Presse ist in

ganz ähnlicher Weise bewerkstelligt. Letztere kann durch eine Verschlusschraube von dem Eisenrohr abgesperrt werden.

Alle Theile des Apparates, alle Verschlüsse waren so fest und so sorgfältig gearbeitet, dass Gase bei einem Druck von etwa 270 Atmosphären sich im Apparat mehrere Tage hielten, ohne dass nachweisbar Gas entwichen wäre.

Zu bemerken haben wir nur noch, dass es nicht möglich war, gleich nach der Compression die Drehung zu beobachten. Gleich nach dem Comprimiren war das Gas fast immer völlig undurchsichtig. Nach wenigen Stunden indess, zuweilen aber auch erst nach Verlauf einer Nacht wurde dasselbe klar durchsichtig. Wir haben uns durch vielfache Beobachtungen überzeugt, dass diese scheinbare Undurchsichtigkeit nach dem Comprimiren nur herrührte von sehr unregelmässigen Brechungen der Lichtstrahlen in den sehr dichten Gasen. Beim Comprimiren wird das Gas beträchtlich über die Temperatur der Umgebung erwärmt, und nun treten Schichtungen und Strömungen ungleich warmer Gasparthien ein, die sehr unregelmässige Brechungen der Lichtstrahlen erzeugen. Um möglichst schnell eine gleichmässige Temperatur im Rohre zu bekommen und dieselbe auch während der Versuche zu erhalten trotz der Erwärmung welche die vom Strom durchflossenen Rollen (J) erfahren, haben wir schliesslich das Kupferrohr mit einem Blechmantel umgeben welcher durch Kautschukringe wasserdicht auf den Stahlsätzen (b Fig. 2) befestigt wurde. Durch diesen Blechmantel leiteten wir Wasser von Zimmertemperatur. Es gelang in der That auf diese Weise das Durchsichtigwerden des Gases nach dem Einpumpen ziemlich beträchtlich zu beschleunigen. —

§. 3.

Messung der Dichte der Gase.

Da die Angaben der gebräuchlichen Manometer, welche Drucke von mehreren Hundert Atmosphären anzeigen, stets mehr oder weniger unsicher sind und wir jedenfalls ein solches Manometer erst genau experimentell hätten prüfen müssen, so haben wir von Druckmessungen abgesehen und möglichst direct die Dichte des Gases, welches bei jedem Versuch in dem Rohr enthalten war, bestimmt. Unter Dichte verstehen wir im Folgenden den Quotienten

$$D = \frac{m}{v},$$

wo m das gesammte im Apparat enthaltene, dem Volumen nach bei 760^{mm} Druck und 0° C. gemessene Gas, und v das Volumen des Apparates bedeutet.

Nimmt man an, dass das Mariotte'sche Gasetz auch für die angewandten Drucke noch gilt, so ist D zugleich der Druck in Atmosphären, den das im Apparat eingeschlossene Gas bei 0° haben würde.

Bezeichnet mithin s das specifische Gewicht des Gases bei 0° C. und 760^{mm}, bezogen auf Wasser als Einheit, so gibt $\varrho = D \cdot s$ die absolute Dichte desselben.

Um nun die Grösse m zu bestimmen, liessen wir das im Apparat comprimirte Gas in ein gewöhnliches Laboratoriumsgasometer übertreten, so dass im Apparat nur Gas von nahe Atmosphärendruck blieb. Dies Gasometer stand auf einer Decimalwaage, war vor dem Einlassen des Gases völlig mit Wasser gefüllt, und genau tarirt. Trat Gas in dasselbe ein, so trat entsprechend Wasser aus einer zu dem Zwecke angebrachten Oeffnung aus. Durch Wägung wurde die Menge des ausgetretenen Wassers bestimmt, und somit das Volumen des ins Gasometer eingetretenen Gases gefunden. Dies Volumen wurde dann nach Messung des etwaigen kleinen Ueber- oder Unterdruckes unter dem das

Gas stand und Bestimmung der Temperatur auf 760^{mm} Druck und 0° reducirt. Selbstverständlich ist zu diesem Volumen noch dasjenige des im Apparat bei Atmosphärendruck zurückgebliebenen Gases zu addiren um das Gesamtvolumen des comprimirtten Gases zu erhalten.

Ebenso wie m muss auch v bei jedem einzelnen Versuch bestimmt werden, denn das Volumen, welches das comprimirt Gas einnimmt, variirt von Versuch zu Versuch mit dem Stand des Glycerins in dem Eisenrohr.

Um jedesmal v zu ermitteln, genügt es, das im Apparat comprimirt Gas nicht auf einmal in das Gasometer übertreten zu lassen, sondern zunächst den Apparat mit einem Gefäss dessen Inhalt genau bekannt ist, in Verbindung zu setzen, so dass das Gas dies Gefäss und den Apparat mit gleichem Druck ausfüllt, und dann das Gas aus dem Gefäss und dem Apparat gesondert ins Gasometer übertreten zu lassen und die Volumina zu bestimmen. —

Ist dann v_0 der bekannte Inhalt des Gefässes, v der gesuchte des Apparates und sind a und b die respectiven ausgelassenen Mengen, so ist

$$v_0 : v = a : b$$

mithin v gegeben. —

Als Gefäss für die Vertheilung des Gases benützten wir den Recipienten der Compressionspumpe. Durch Wägung mit Wasser war der Inhalt dieses Recipienten genau ermittelt. Die Manipulation war nun folgende:

Nach Bestimmung der Drehung wurde, während γ Fig. 5 geschlossen blieb, zunächst durch Losschrauben bei η Fig. 5 der Recipient der Compressionspumpe mit der Atmosphäre in Verbindung gesetzt so dass in ihm und in dem Bleirohr Gas von atmosphärischem Druck vorhanden war; dann wurde das Bleirohr wieder angeschraubt und durch Oeffnen von γ Fig. 5 das im Apparat enthaltene Gas in dem Apparat und dem Recipienten vertheilt. Nach Schluss von γ

und Schluss des Recipienten wurde bei η wieder losgeschraubt und nun gesondert die im Apparat und im Recipienten enthaltene Gasmenge ins Gasometer übergelassen. Verfährt man, wie angegeben, so tritt allerdings ein kleiner Theil des vorher comprimierten Gases nicht ins Gasometer, denn wenn nach der Vertheilung der Apparat und der Recipient abgeschlossen sind und bei η geöffnet wird, so entweicht das Gas, welches sich im Bleirohr befand, in die Atmosphäre bis in dem Rohr Atmosphärendruck eingetreten ist. Um diesen Verlust in Rechnung zu ziehen, wurde sorgfältig das Volumen des Bleirohres durch besondere Versuche bestimmt. Da andererseits der Druck unter dem das Gas sich im Bleirohr befand leicht aus der Gasmenge welche aus dem Recipienten austritt (a) und dem Volumen des Letzteren v_0 gefunden wird, so kann auch die aus dem Bleirohr ausgetretene Gasmenge bestimmt und in Rechnung gezogen werden.

Wollten wir ohne neue Füllung des Apparates zwei Versuche bei verschiedenen Dichten mit einem Gase machen, so beobachteten wir nach der Compression die Drehung, liessen dann eine Quantität des Gases in das Gasometer aus, massen dieselbe in der angegebenen Weise und bestimmten die Drehung für die noch im Apparat zurückgebliebene Gasmenge. Diese, wie das Volumen des Apparates wurde dann in der erläuterten Weise gemessen, und hieraus die Dichte des Gases bei der zweiten Bestimmung der Drehung berechnet. Nimmt man zu der zuletzt ausgelassenen Menge noch diejenige hinzu welche bereits vorher ausgelassen war, so erhält man die zu der ersten Bestimmung der Drehung zugehörige Dichte.

Die vorstehend entwickelte Methode zur Bestimmung von D ist indess noch mit einem Fehler behaftet.

Bei den hohen von uns angewandten Drucken wird jedenfalls vom Glycerin im Eisenrohr eine gewisse Menge

Gas absorbiert. Wird nun das Gas aus dem Apparat abgelassen, so wird von dem vom Glycerin absorbierten mehr oder weniger frei werden und austreten und mithin die Dichte des Gases grösser gefunden werden als sie in Wirklichkeit beim Versuch war. Es ist wohl möglich, dass die Abweichungen welche unsere Bestimmungen der Drehungen für ein Gas unter einander zeigen hauptsächlich durch einen daher rührenden Fehler in der Bestimmung der Dichte verursacht sind.

Wir würden diesen Fehler haben vermeiden können wenn wir statt Glycerin Quecksilber angewendet hätten. Da aber die Stiefel und Ventile unserer Presse aus Messing gefertigt waren, so mussten wir von der Benutzung von Quecksilber absehen.

§ 4.

Messung der Stromstärke.

Wir benutzten als Stromquelle bei den unten mitgetheilten Versuchen durchgehends 32 Bunsen'sche Elemente, deren Enden zu dem grossen Quecksilbercommutator S Fig. 1 führten, so dass der Strom beim Beobachten bequem vom Beobachter umgekehrt werden konnte. Wir gebrauchten abwechselnd 2 Batterien mit etwas ungleich grossen Elementen.

Um die Versuche unter einander vergleichbar zu machen, war es nöthig bei jedem Versuch die Stärke des Stromes in den Rollen zu bestimmen. Wir fanden es am bequemsten die Stromintensität in folgender Weise in willkürlichem Mass zu messen. Vor jedem Versuch und nach demselben schalteten wir in den Stromkreis eine kleine Drahtrolle T Fig. 1 ein und massen die electromagnetische Drehung der Polarisationssebene des Lichtes in einer 5^{cm} langen Säule von flüssigem Schwefelkohlenstoff die in die Drahtrolle gelegt wurde. Aus den Beobachtungen vor und nach jedem Ver-

such wurde das Mittel genommen. Wir haben die Stromintensität in unsern Rollen dem Betrage dieser Drehung proportional gesetzt; es war dies zulässig, da der Widerstand der eingeschalteten Drahtrolle sehr klein gegen den Widerstand der grossen Rollen und der Elemente war.

In den folgenden Versuchen sind die Stromstärken einfach in Graden Drehung in Schwefelkohlenstoff angegeben. Die in den Gasen beobachteten Drehungen sind dann alle auf ein und dieselbe Stromstärke reducirt nämlich auf diejenige, bei welcher das Röhrchen mit Schwefelkohlenstoff in der Drahtrolle T eine Drehung von $3^{\circ},8$ bei Wechsel des Stromes zeigt. Um das Drehungsvermögen der Gase mit demjenigen anderer Körper zu vergleichen haben wir nach Beendigung unserer Versuche noch ein Glasrohr mit Schwefelkohlenstoff in die 12 Rollen des Apparates eingeschoben, welches gleiche Länge mit dem Kupferrohr hatte und die Drehung im flüssigen Schwefelkohlenstoff dieses Rohres bestimmt. Damit ist dann, wenn auch diese Drehung auf die Stromstärke $3^{\circ},8$ reducirt wird, das Verhältniss der Drehung in Schwefelkohlenstoff und in den verschiedenen Gasen gegeben. Da erstere von Gordon*) in absolutem Mass bestimmt ist, so sind damit auch unsere Beobachtungen in den Gasen ohne Weiteres auf absolutes Mass zurückführbar.

Die Verhältnisse der Drehungen in den Gasen und in Schwefelkohlenstoff sind im letzten Paragraphen gegeben.

Schliesslich möge hier nochmals erwähnt werden, dass wir als Lichtquelle immer Drummond'sches Kalklicht benutzten. Mit Hülfe von Linsen verschafften wir uns ein dünnes möglichst paralleles Lichtbündel welches durch das Versuchsrohr geschickt wurde.

*) Philos. Transact. 1877 I. pag. 1.

§ 5.

Die Versuche.

1) Sauerstoff. —

Der Sauerstoff wurde in gewohnter Weise aus chlor-saurem Kali und Braunstein bereitet. — Es wurden 2 Füllungen des Beobachtungsrohres vorgenommen, mit der ersten sind die beiden ersten der nachfolgenden Versuche, mit der zweiten ist der 3te Versuch ausgeführt. —

Versuch 1.		Versuch 2.	
Stromstärke:	3° 50	Stromstärke:	3° 83
Dichte:	70	Dichte:	237
Drehung:	3,65 Scalentheile	Drehung:	14,30
	4,75		15,55
	4,50		15,65
	5,25		13,60
	4,80		13,90
	3,75		
Mittel	$\frac{4,45}{=} 0^{\circ} 38'$	Mittel	$\frac{14,60}{=} 2^{\circ} 5'$

Versuch 3.	
Stromstärke:	3° 82
Dichte:	190
Drehung:	12,10
	11,35
	13,05
	10,25
	15,00
	13,95
Mittel	$\frac{12,62}{=} 1^{\circ} 48'$

Die Drehung findet Statt im Sinne des positiven Stromes. Es ist jedenfalls ein bemerkenswerthes Resultat, dass der stark magnetische Sauerstoff die Polarisationssebene in demselben Sinne dreht wie stark diamagnetische Substanzen.

2. Wasserstoff.

Es wurden gleichfalls 2 Füllungen mit Wasserstoff, der aus reinem Zink und reiner Schwefelsäure dargestellt war, gemacht und wurde mit jeder Füllung bei 2 verschiedenen Drucken die Drehung beobachtet.

Versuch 4.		Versuch 5.	
Stromstärke:	3° 47	Stromstärke:	3° 28
Dichte:	199	Dichte:	121
Drehung:	10,00	Drehung:	7,30
	11,20		4,60
	11,55		5,45
	15,20		7,00
	11,10		5,00
Mittel	<u>11,81</u> = 1° 41'	Mittel	<u>5,96</u> = 0° 51'
Versuch 6.		Versuch 7.	
Stromstärke:	3° 25	Stromstärke:	3° 25
Dichte:	210	Dichte:	139
Drehung:	10,90	Drehung:	7,20
	13,00		5,85
	12,80		7,90
	10,70		6,50
	9,65		6,60
	10,50		5,95
Mittel	<u>11,28</u> = 1° 36'	Mittel	<u>6,67</u> = 0° 57.

Die Drehung findet statt im Sinne des positiven Stromes.—

3. Sumpfgas.

Das Sumpfgas war bereitet durch Erhitzen eines Gemisches von essigsaurem Natron und Natronkalk in einem eisernen Rohr. Das Gas enthielt jedenfalls, trotzdem bei der Bereitung mit grosser Sorgfalt verfahren wurde, nicht unbedeutende Mengen Wasserstoff, und vielleicht andere Kohlenwasserstoffe. Eine Analyse des Gases konnte leider nicht gemacht werden, da 2 Proben desselben, die für Analyse in Glasröhren eingeschmolzen waren, durch Zerbrechen der Glasröhren verloren gingen.

Versuch 8.		Versuch 9.	
Stromstärke:	3° 79	Stromstärke:	3° 68
Dichte:	190	Dichte:	113
Drehung:	37,35	Drehung:	17,85
	38,45		14,90
	37,30		16,00
	36,75		15,75
	35,60		18,15
	35,95		15,40
Mittel	<u>36,90</u> = 5° 15'	Mittel	<u>16,34</u> = 2° 32'.

Die Drehung erfolgt im Sinne des positiven Stromes.

4. Kohlenoxyd.

Das Kohlenoxyd wurde aus Blutlaugensalz und Schwefelsäure bereitet. Nachdem das Gas mehrmals durch Wasser gegangen war enthielt es keine schweflige Säure und nur noch eine geringe Spur von Kohlensäure.

Versuch 10.		Versuch 11.	
Stromstärke:	3° 34	Stromstärke:	2° 41
Dichte:	222	Dichte:	172
Drehung:	22,75	Drehung:	13,45
	22,25		12,50
	21,00		14,70
	21,90		12,25
	18,40		13,05
	21,55		12,10
	22,15		
Mittel	$\frac{21,43}{= 3^{\circ} 3'}$	Mittel	$\frac{13,01}{= 1^{\circ} 51'}$

Die Drehung erfolgt im Sinne des positiven Stromes.

5. Atmosphärische Luft.

Versuch 12.		Versuch 13.	
Stromstärke:	2° 53	Stromstärke:	2° 26
Dichte:	227	Dichte:	144
Drehung:	14,80	Drehung:	6,25
	13,05		7,10
	13,75		6,60
	12,40		5,00
	12,75		7,10
	12,30		6,50
Mittel	$\frac{13,18}{= 1^{\circ} 53'}$	Mittel	$\frac{6,43}{= 0^{\circ} 55'}$

Die Drehung erfolgt im Sinne des positiven Stromes.

§ 6.

Zusammenstellung der Resultate und Discussion derselben.

Um die vorstehenden Versuchsergebnisse auf bekanntes Maas zurückzuführen, haben wir, wie bereits oben bemerkt wurde, in einem Glasrohr, welches genau die Länge des Kupferrohres hatte, und welches in die 12 Rollen eingeschoben wurde die Drehung des flüssigen Schwefelkohlenstoffs bestimmt. Da dieselbe beträchtlich war, so haben wir

nicht weisses Licht sondern Natronlicht genommen und für dieses die Drehung im Schwefelkohlenstoff ermittelt.

Es ergab sich bei Stromwechsel eine Drehung von $61^{\circ}15'$ bei einer Stromstärke von $3^{\circ}70'$, folglich reducirt auf die Stromstärke von $3^{\circ}8'$, $62^{\circ}48'$. Die 6te und 7te Columnne der nachfolgenden Tabelle sind mit Hülfe dieses Werthes berechnet. Da das Glasrohr, in welchem die Drehung des flüssigen Schwefelkohlenstoffes bestimmt wurde, ohne ein übergeschobenes Eisenrohr in die Drahtrollen gebracht war, während das Kupferrohr von einem Eisenrohr umgeben war, so bemerken wir noch, dass wir durch besondere Versuche einen etwaigen Einfluss des Eisenrohres festzustellen suchten. Wir fanden, dass die Drehung in den Gasen nicht merklich verschieden war, mochte das Kupferrohr von dem eisernen umgeben sein oder nicht. In der Tabelle in der die Beobachtungen des vorigen Paragraphen zusammengestellt sind bedeutet:

D die Dichte des Gases wie dieselbe oben definirt wurde.

J die in oben angegebener Weise gemessene Stromstärke.

R die Drehung der Polarisationssebene in Graden und Minuten bei Stromwechsel.

A die Dichte bei welcher die Drehung des Gases in unserem Apparat bei einer Stromstärke von $3^{\circ}8'$, einen Grad betragen würde, berechnet unter der Annahme, dass die Drehung der Dichte proportional ist.

d die Dichte bei welcher das betreffende Gas ein electromagnetisches Drehvermögen gleich dem des Schwefelkohlenstoffes haben würde.

S die reciproken Werthe von d also die Drehung der Gase beim Druck einer Atmosphäre, diejenige des Schwefelkohlenstoffes gleich 1 gesetzt. Die Zahlen unter S sind also auch proportional den Drehungen welche unter gleichen

Umständen durch je ein Molecül der verschiedenen Gase hervorgebracht werden.

D	J	R		A	d	S
Wasserstoff.						
121	3°28	0°51'	123	7253	0,0001379	
139	3°10	0°57'	119			
199	3,47	1°41'	108			
210	3,25	1°36'	112			
		Mittel	115,5			
Sauerstoff.						
70	3°50	0°38'	102	6782	0,0001474	
190	3°32	1°48'	106			
237	3°33	2° 5'	115			
		Mittel	108			
Atmosph. Luft.						
144	2°26	0°55'	94	5495	0,0001819	
227	2°53	1°53'	81			
		Mittel	87,5			
Kohlenoxyd.						
172	2°41	1°51'	59	3862	0,0002589	
223	3°34	3° 3'	64			
		Mittel	61,5			
Sumpfgas.						
113	3°68	2°32'	43	2481	0,0004031	
190	3°79	5°15'	36			
		Mittel	39,5			

In dieser Zusammenstellung treten die in der Einleitung gegebenen Resultate klar zu Tage.

Wie eine Vergleichung der Zahlen unter S mit den Brechungsexponenten der Gase zeigt, ist die electromagnetische Drehung um so grösser je grösser der Berechnungsexponent. Eine bestimmte numerische Beziehung zwischen der Drehung und dem Brechungsexponenten oder anderen physikalischen Constanten der Gase haben wir indess nicht auffinden können.

Bezüglich des Vergleichs des Drehungsvermögens der Gase mit dem des Schwefelkohlenstoffs ist noch zu bemerken, dass dasjenige des Letzteren für Natronlicht ermittelt wurde, während bei den Versuchen mit den Gasen weisses

Licht benutzt ist. Bei letzteren Versuchen wurde auf das Minimum der Dunkelheit, und, wenn deutliche Dispersion bei der Drehung bemerkbar war, wie weiter oben angegeben, auf den Uebergang von Blau auf Roth eingestellt. Es ist also auch bei den Gasen die Drehung der hellsten Strahlen des Spectrums, d. h. des mittlerem Gelb bestimmt. —

Es würde gewiss Interesse bieten mit unserem, in geeigneter Weise verbesserten Apparat die Drehung für Strahlen verschiedener Wellenlänge bei verschiedener, möglichst genau bestimmter Dichte für einige Gase zu ermitteln.

Statt der Turmaline müsste man, wenn man einen neuen Apparat ausführen liesse, Nicol'sche oder Jellet'sche Prismen im Innern des Rohres anbringen. —

Im Anschluss an den Nachtrag zu unserer ersten Mittheilung (cf. diese Berichte 1879 pag. 30) fügen wir noch folgende Bemerkung an:

In jenem Nachtrag haben wir angegeben, dass es möglich sein möchte im erdmagnetischen Feld in der Atmosphäre die electromagnetische Drehung der Polarisationssebene zu bestimmen. —

Die oben gegebene Zahl für die Luft gestattet zu berechnen wie gross die Drehung in der Atmosphäre im erdmagnetischen Feld des mittleren Europa sein würde.

Nach H. Becquerel*) beträgt die Drehung durch die Horizontalcomponente des Erdmagnetismus für 2,5 Meter Schwefelkohlenstoff 3,25 Minuten, nach Gordon 3,8 Minuten. Nimmt man die kleinere von beiden Zahlen, so giebt sich für ein Kilometer Schwefelkohlenstoff $21^{\circ},67$ also nach der obigen Tabelle für einen Kilometer Luft 0,2366 Minuten, mithin würden 253 Kilometer Luft in der Nord-Süd-Richtung eine Drehung von 1° geben. Es wäre nicht unmöglich, aber immerhin schwierig, diese Drehung auf einer kürzeren Strecke nachzuweisen. —

*) Compt. Rend. LXXXVI. 1075.





