

Versuche über die Bewegung der Erde und der Sonne im Aether.

Der Wunsch, zu jeder Zeit ohne Sternen- oder Sonnenschein die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn durch den Lichtäther des Weltenraums bestimmen zu können, mag vielleicht thöricht und unerfüllbar scheinen, bis wir daran denken, dass die See-Schiffahrt tagtäglich eine ganz analoge Aufgabe zu lösen hat. Die Geschwindigkeit des Schiffes im Wasser wird bekanntlich mit dem sogenannten Loge bestimmt, unter Benutzung des ganz wesentlichen Umstandes, dass schon in geringer Entfernung vom Schiff das Wasser an der Bewegung nicht mehr theilnimmt. Die bis jetzt untersuchten Aberrationserscheinungen verrathen nichts Sichereres darüber, ob die Erde dem Aether der nächsten Umgebung gegenüber sich in ähnlicher Lage befindet, d. h. ob dieser Aether die Bewegung der Erde nicht mitmacht. Um die Erfüllung des erwähnten Wunsches für möglich zu halten, bedarf es nicht gerade der Annahme eines vollkommen ruhenden Aethers, es genügte dazu, dass wenigstens ein merklicher Theil des Aethers eine schwächere Bewegung habe als die Erde. Auch wenn die letztere eine Atmosphäre von Aether mit sich führen sollte, wird doch ein allmäliger Uebergang in gänzlich ruhenden Aether vorauszusetzen sein. Von der Schnelligkeit, mit welcher sich dieser Uebergang vollzieht, wird es abhängen, ob in geringer Höhe über dem Erdboden schon eine für das Gelingen der Bestimmung genügende Menge ruhenden Aethers vorhanden ist; diese gänzlich offene Frage kann aber erst durch die Versuche selbst entschieden werden. Es handelt sich nun zunächst darum, einen Vorgang in der Verbreitung des Lichts ausfindig zu machen, welcher jenen Unterschied der Bewegungen verrathen kann. Man kann hier mancherlei Wirkungen in's Auge fassen, doch nur wenige davon versprechen einen sicheren praktischen Erfolg. Wenn z. B. nach *Fresnel's* Vorschlage die Frage, ob ein mit Flüssigkeit gefülltes Fernrohr eine andere Aberration liefere, als eines von gewöhnlicher Construction, durch sorgfältige Beobachtung des Azimuths einer irdischen Mire, gelöst werden kann (s. 9. Band der *Annales de Chimie et de Physique*), so ist, wenn sich Abhängigkeit der Aberration von den Medien des Fernrohrs ergeben sollte, zu gleicher Zeit die Bestimmbarkeit der Bewegung der Erde an irdischem Lichte gegeben. *Fresnel* vermuthet, nach Aufstellung seiner bekannten Hypothesen über die Entrainirung des Aethers in den optisch dichteren Medien, die völlige Unabhängigkeit der Aberration von der Construction des Fernrohrs, demgemäss Unveränderlichkeit des Azimuths der Mire. Ich habe die Versuche über die Unabhängig-

keit der Aberration vom Fernrohr theils selbst angestellt, theils von *Dr. Börgen* und *Dr. Copeland*, meinen früheren Assistenten, vor deren Theilnahme an der zweiten deutschen Nordpol-Expedition, ausführen lassen. Das Ergebniss dieser und anderer, an Sternen gemachten Versuche hat nun allerdings hinreichende Sicherheit, zu zeigen, dass die Aberrations-Constante eines mit Flüssigkeit gefüllten Fernrohrs viel kleiner ist, als ich sie früher vermuthet habe, ein Recht jedoch, die völlige Unabhängigkeit der Aberration vom Instrumente zu proclamiren, geben sie nicht, besonders nicht, wenn noch folgende Betrachtungen zugezogen werden. Für ein mit Flüssigkeit gefülltes Fernrohr wurde ein grösserer Werth der Aberrations-Constante bekanntlich aus dem Grunde erwartet, weil die Wellen in dem optisch dichteren Medium eine längere Zeit brauchen, um das Fernrohr vom Objectiv bis zur Brennpunkt-Ebene zu durchlaufen, daher die Erdbewegung das Fadenkreuz weiter von dem entstehenden Bilde entfernt, als bei einem gewöhnlichen Fernrohr der Fall. Nach den *Fresnel's*chen Hypothesen soll nun diese Vergrößerung der Aberration dadurch vollständig aufgehoben werden, dass das optische dichtere Medium seinen Ueberschuss an Aether mit sich führt. Adoptirt man diese sehr sinnreiche und nützliche Annahme, so ist doch klar, dass die eben erwähnte Compensation nur für eine einzige, ganz bestimmte Farbe stattfinden kann; denn jeder Ueberschuss an Aether ist eine bei demselben Mittel constante, von der Farbe gänzlich unabhängige Grösse. Kommt hiernach nur einer einzigen Farbe die Auszeichnung zu, eine derartig unabhängige Aberrations-Constante zu besitzen, so fragt sich gleich weiter, ist diese Farbe für alle Mittel die nämliche, und welches ist ihre Lage im Spectrum? Liegt sie sehr nahe der Mitte des sichtbaren Spectrum, so wird offenbar auch ein achromatisches Bild eine fast ganz unabhängige Aberration ergeben; wenn jedoch, was sehr gut möglich und kaum unwahrscheinlich, die Lage eine bedeutend andere sein sollte, so kann, trotz der Richtigkeit der *Fresnel's*chen Hypothesen, eine für feinere Apparate noch merkliche Abhängigkeit der Aberration von den Medien übrig bleiben. Man würde dann noch weiter versuchen können, diese Abhängigkeit an homogen farbigem Lichte zu bestimmen und die Resultirende von allen Complicationen der Erdbewegung daraus herzuleiten. Diese Versuche stehen auf meinem Programm, doch fehlen mir bis jetzt die Mittel zu ihrer Ausführung.

Eine Zeit lang habe ich geglaubt, aber wie sich gleich zeigen wird, irrtümlich, die Aberrations-Erscheinungen noch

in anderer Art zu dem angegebenen Zwecke verwerthen zu können. Zerlegt man einen Strahl durch ein Diffractions-Gitter in eine Reihe von Spectren, so wird die Richtung, in welcher jedes derselben aufgefasst wird, von der Erdbewegung beeinflusst sein; demnach werden die Winkel, welche die Spectra mit einander zu bilden scheinen, von der Lage des Beobachtungsfernrohrs zur Richtung der Erdbewegung abhängen. Würden nun die factisch stattfindenden Winkel zwischen den Spectren von der Erdbewegung nicht beeinflusst, so würde man durch Vergleichung der gemessenen Winkel mit den leicht zu erfahrenden factisch stattfindenden die Erdbewegung selbst erfahren. Es ist mir nun merkwürdig genug gewesen, zu finden, dass die bekannten Prinzipien der Lehre von der Diffraction durch Gitter nicht nur eine Beeinflussung auch der factischen Winkel durch die Erdbewegung folgern lassen, sondern, dass die Entwicklung diesen Einfluss genau gleich und entgegengesetzt dem durch die eigentliche Aberration hervorgebrachten ergeben. Es findet mit anderen Worten für die Diffraction dieselbe Compensation statt, welche *Arago* durch sein bekanntes Experiment bei der Refraction gefunden hat. Versuche, welche ich mit einem ausgezeichnet engen und lichtstarken *Robert'schen* Gitter anstellte, zeigten durchaus keine Veränderung in dem gegenseitigen Abstände zweier Spectra und liessen für mich nicht den geringsten Zweifel übrig, dass dieser Weg nicht zum Ziele führen kann.

Auf einem dritten Wege endlich, indem ich das Glatt-eis der Aberrationslehre soviel als möglich vermied, bin ich durch vierzig-tägige Beobachtungen zu einem ganz annehmbaren Resultate gekommen; ich will die dahin führenden Betrachtungen sogleich in einer speciellen, einfachsten Form geben. Der Strahl einer sehr hellen Lampe werden durch das Spaltfernrohr eines Spectral-Apparates in der Richtung von Süd nach Nord, dann durch ein analysirendes Prisma à vision directe hindurch geleitet, darauf unter rechtem Winkel abwechselnd nach West und nach Ost gespiegelt und zwei entsprechenden Beobachtungsfernrohren zugeführt. Soweit die uns bekannte Bewegung der Erde um die Sonne in Betracht kommt, ist die Bewegung der Lampe wie des ganzen Apparates um Mittag sehr nahe nach einem im Westen stehenden Stern gerichtet, um Mitternacht wird derselbe Punkt der Sphäre im Osten stehen; die Bewegung der Lampe ist also zu der ursprünglichen, vor der Spiegelung stattfindenden Richtung des Strahles senkrecht. Bringt man durch Verbrennen in der Flamme das Natrium-Spectrum hervor, so wird dieses mit seiner gewöhnlichen, einer ruhenden Lampe entsprechenden Wellenlänge auftreten. An diesem Verhalten wird durch die nun folgende Spiegelung des Strahles Nichts geändert, da offenbar Farbe und Wellenlänge dieselben bleiben. Schiebt man aber nun um Mittag in den nach West abgelenkten

Strahl eine zwischen guten Planparallel-Gläsern eingeschlossene Säule von Brom-Dämpfen ein, so wird das Absorptions-Spectrum des Brom seine gewöhnliche Lage nicht mehr behaupten können. Denn die vor dem Strahl her fliehende Bewegung des Brom wird die Anzahl der Wellen einer Farbe, welche in gegebener Zeit durch ein Molecül des Brom gehen, vermindern; es wird also die Absorption auf kleinere, und zwar solche Wellenlängen übergehen, welche erst unter dem Einflusse der Erdbewegung die gewöhnlichen Wellenlängen der Absorptions-Streifen des Brom annehmen. Die zwischen der *D*-Linie und dem Violett gelegenen Streifen des Brom-Spectrum entfernen sich also hier von dem Natrium-Spectrum; die statthabende Verschiebung kann mit dem Micrometer des einen Beobachtungsfernrohrs leicht und scharf gemessen werden. Wird darauf gleich der Strahl der Lampe nach Ost geleitet und die Brom-Säule eingeschoben, so läuft dieselbe mit der Erdbewegung dem Strahl entgegen, und die Absorption geht auf grössere Wellenlängen über. Das Brom-Spectrum nähert sich auf dieser Seite dem Flammen-Spectrum des Natrium. Um Mitternacht, wo die Erdbewegung nach dem östlichen Theil des Himmels gerichtet ist, vertauschen die beiden Beobachtungsfernrohre ihre Rollen; an dem von West nach Ost zielenden zeigt sich nun eine Verminderung des Abstandes des Brom- vom Natrium-Spectrum, an dem von Ost nach West zielenden eine Vergrösserung. Die Summe dieser Verschiebungen um Mittag und Mitternacht, ihrer absoluten Grösse nach genommen, würde im Maximum $\frac{1}{2500}$ der Wellenlänge der eingestellten Brom-Linien entsprechen. Wenn die Beobachtungsfernrohre, bei horizontaler Axe, nicht ganz in die Richtung der Erdbewegung fallen, und der den Apparat umgebende Aether dieser Bewegung zu einem Theile folgt, so wird ein geringerer Betrag erwartet werden müssen.

Von einem allgemeineren Standpunkte kann man bemerken, dass ein in demselben Strahl auftretendes Absorptions-Spectrum und Flammen-Spectrum einer irdischen Flamme in relativer Ruhe bleiben werden, so lange der Strahl auf dem Wege durch das absorbirende Medium dieselbe Projection auf die Richtung der Erdbewegung hat, wie in der Gegend des Spaltes, dass dagegen diese relative Ruhe aufhört, sobald die Projectionen verschieden werden. *) Durch ein Arrangement, welches diese Projectionen verschieden macht,

*) Aus dem *Doppler'schen* Prinzip folgt auch noch unmittelbar, dass mit der Versetzung des Auges aus dem directen Strahl einer irdischen Flamme in den gespiegelten, überhaupt abgelenkten, Strahl im Allgemeinen eine Veränderung des Spectrum durch die Erdbewegung verbunden sein müsse; hiernach erscheint der Gebrauch des sogenannten Vergleich-Prisma zur Uebereinanderstellung von Stern-Spectren und von irdischen Stoffen durchaus nicht unbedenklich.

dadurch also, dass der Strahl, sei es durch Spiegelung, oder durch Brechung, oder durch Diffraction von seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt und dann ein Absorptionsmittel eingeschaltet wird, erreicht man dasselbe, was man durch eine Bewegung des Mittels, relativ zur Lichtquelle, erlangen würde. Das Princip lässt sich auch auf die Vergleichung zweier, den Spalt von verschiedenen Seiten erleuchtenden Flammen zur Anwendung bringen, und zwar mit Vortheil, was die zufälligen Fehler der Vergleichung betrifft, aber mit entschiedenem Nachtheil in Anbetracht der constanten Fehler. Diese letztere scheinen, bei dem von mir befolgten, oben beschriebenen Verfahren mit Sicherheit eliminirt zu werden.

Ein Hauptstück des hiesigen Apparates ist ein sehr gutes *Merz'sches* Prisma à vision directe, aus fünf Prismen zusammengesetzt; die beiden Natrium-Linien erhalten einen Abstand von nahezu 50"; die übrigen Theile des Instruments, dessen Beschreibung ich mir für eine andere Gelegenheit vorbehalten muss, sind von Dr. *Meyerstein* mit grosser Sorgfalt hergestellt. Um gleich ein ungefähres Urtheil über die Leistung des Apparates möglich zu machen, will ich anführen, dass eine einzige Einstellung auf das Flammen-Spectrum des Natrium einen wahrscheinlichen Fehler von nur $\frac{1}{39}$ des gegenseitigen Abstandes der beiden Linien übrig lässt. Die Einstellung auf die Brom-Linien, von denen ich drei in der Nähe der Natrium-Linien, die mittlere mit der Wellenlänge $\lambda = 0^{mm}0005734$ zu der Vergleichung benutzt habe, ist allerdings weniger genau; es beträgt der wahrscheinliche Fehler einer Vergleichung aus 5 Einstellungen dennoch nicht mehr als $0^{mm}0000000226$

gleich auf Wellenlänge reducirt, oder $\frac{1}{25370}$ der Wellenlänge der eben erwähnten Brom-Linie. Ein günstig gewähltes Licht, welches bei ungemein grosser Intensität wenig umständlich zu unterhalten ist, trug sehr viel zu dem guten Erfolg bei. Durch das Luftloch des Dochtalters einer Petroleumflamme wurde Sauerstoff eingeleitet, nachdem noch vorher der reichliche Kohlenstoff-Gehalt des Petroleums durch Beimischung von Kampfer erhöht, und der Docht mit etwas essigsauerem Natron versetzt war. So oft ich eine Einstellung machen

Fehler zwischen	0,00	und	0,01	Schrauben -	Revolutions,	berechnet	11,	gezählt	15,
=	=		0,01	=	0,02	=	=	=	10,
=	=		0,02	=	0,03	=	=	=	8,
=	=		0,03	=	0,04	=	=	=	5,
=	=		0,04	=	0,05	=	=	=	3,
=	=		0,05	=	0,06	=	=	=	2,
									5.

Uebermässige Abweichung von der nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung zu fordernden Fehler-Anzahl lassen sich in dieser Vergleichung nicht erkennen.

Göttingen, 1870 Mai 9.

wollte, öffnete ich den Hahn des den Sauerstoff bewahrenden Gasometers; beide Spectra traten dann sofort mit grosser Deutlichkeit hervor. Was noch die Anwendung des Brom bei diesen Versuchen betrifft, so empfahl sie sich schon dadurch, dass bei den meisten übrigen Stoffen das mit Planparallelgläsern geschlossene Gefäss hätte erhitzt werden müssen, wenn hinreichende Dampfbildung erzielt werden sollte; bei dem Brom war das nicht nöthig, auch hat das Spectrum desselben noch andere schätzenswerthe Eigenschaften.

Die vom 25. März bis zum 3. Mai d. J. in einem, gegen das Eindringen des Tageslichtes sorgfältig geschützten, Zimmer täglich gegen Mittag und Mitternacht angestellten Beobachtungen haben nun eine Verschiebung des Brom-Spectrum gegen das Natrium-Spectrum, und zwar an beiden Beobachtungsfernrohren in dem oben erwarteten Sinne gegeben. Die Summe der beiden Verschiebungen auf einen Brom-Streifen, dessen Wellenlänge angenähert gleich $0^{mm}0005734$ gefunden wurde, reducirt, entspricht im Mittel aus 40 Tagen einer Veränderung der Wellenlänge von

$$0^{mm}0000000455$$

und hat einen wahrscheinlichen Fehler von $\pm 0,0000000074$ oder $\frac{1}{8}$ ihres Betrages. Die Wellenlänge des Streifes ist also bei Weitem nicht um $\frac{1}{25000}$, sondern nur um $\frac{1}{125000}$ ihrer Grösse geändert worden. Wie der Minderbetrag zu erklären, dürfte sich vielleicht bald aus der Fortsetzung der Beobachtungen ergeben. Vorläufig möchte ich die Ursache desselben keineswegs in einer bedeutenden Bewegung der Sonne im Aether, welche zu dieser Jahreszeit die Bewegung der Erde um die Sonne so weit compensirt haben könnte, sondern vielmehr darin sehen, dass die Voraussetzung ruhenden Aethers nicht ganz erfüllt ist. In geringer Höhe über dem Fussboden den Aether noch zum grösseren Theil die Erde begleiten zu sehen, hätte für mich nicht allzuviel Ueberraschendes. *)

So gut es 40 Beobachtungen gestatten, habe ich untersucht, ob in Betreff der in gegebenen Grenzen vorkommenden Fehler der Zufall angenähert die ihm gebührende Rolle gespielt hat; ich habe also die theoretisch berechnete Anzahl mit der wirklich stattfindenden verglichen.

*) Vielleicht, dass sogar die Höhe über dem Meere dabei eine Rolle spielt; man muss wenigstens auch darauf vorbereitet sein.

W. Klinkerfues.