

IX. Ueber die Hypothesen vom Lichtäther und über einen Versuch, welcher zu beweisen scheint, dafs die Geschwindigkeit, mit welcher sich das Licht im Innern der Körper fortpflanzt, durch deren Bewegung geändert wird; von H. Fizeau.

(Compt. rend. T. XXXIII. 349.)

Um die Aberrationsphänomene nach dem Undulationssystem zu erklären, sind mehre Theorien aufgestellt worden. Fresnel zuvörderst, und neuerlich Doppler, Stockes, Challis und Andere, haben wichtige Arbeiten über diesen Gegenstand veröffentlicht; allein es scheint nicht, dafs eine der aufgestellten Theorien den vollen Beifall der Physiker erlangt habe. In der That hat man, bei Ermangelung sicherer Kenntnisse über die Eigenschaften des Lichtäthers und dessen Beziehungen zur wägbaren Materie, Hypothesen machen müssen, und darunter sind zwar einige mehr oder weniger wahrscheinlich, aber keine darf für vollkommen erwiesen gehalten werden.

Diese Hypothesen können hauptsächlich auf drei zurückgeführt werden. Sie beziehen sich auf den Zustand des Aethers im Innern durchsichtiger Körper.

Entweder haftet der Aether fest an den Moleculen des Körpers und nimmt daher Theil an den Bewegungen, die diesem Körper eingeprägt werden können.

Oder der Aether ist frei und unabhängig, und wird vom Körper nicht in seine Bewegungen hineingezogen.

Oder endlich ist blofs ein Theil des Aethers frei und der andere an den Moleculen befestigt und dieser allein participirt an den Bewegungen des Körpers.

Diese letzte Hypothese, welche man Fresnel verdankt, wurde erdacht, um zugleich dem Aberrationsphänomen und einem berühmten Versuch des Hrn. Arago zu genügen, durch welchen derselbe bewies, dafs die Bewegung der

Erde keinen Einfluss hat auf die Brechung, die das Licht der Sterne in einem Prisma erleidet.

Man kann den Werth in Betracht nehmen, welchen man, nach jeder dieser Hypothesen, der Geschwindigkeit des Lichts in den Körpern beilegen muss, sobald man diese Körper als in Bewegung ansieht. Der Werth dieser Geschwindigkeit kann sich durch die Bewegung verändern.

Nimmt man an, der Aether werde insgesamt mit dem Körper fortgeführt, so wird die Geschwindigkeit des Lichts um die ganze Geschwindigkeit des Körpers vergrößert seyn, sobald der Strahl in Richtung der Bewegung liegt. Ist dagegen der Aether als frei vorausgesetzt, so wird die Lichtgeschwindigkeit gar nicht abgeändert. Und wird endlich der Aether nur theilweise mitgeschleppt, so vergrößert sich zwar die Lichtgeschwindigkeit, aber nur um einen Bruch von der Geschwindigkeit des Körpers und nicht um den ganzen Werth, wie nach der ersten Hypothese. Diese letztere Folgerung ist nicht so einleuchtend wie die vorhergehenden, allein Fresnel hat gezeigt, dass sie sich auf sehr wahrscheinliche mechanische Betrachtungen stützt.

Obwohl die Geschwindigkeit des Lichts ungeheuer ist im Vergleich zu den Geschwindigkeiten, welche wir den Körpern einprägen können, so besitzen wir doch gegenwärtig so empfindliche Beobachtungsmittel, dass es nützlich scheint, durch einen directen Versuch zu entscheiden, welchen Einfluss die Bewegung der Körper wirklich auf die Geschwindigkeit des Lichtes ausübe.

Man verdankt Hrn. Arago eine auf dem Interferenzphänomen beruhende Methode, welche geeignet ist, die kleinsten Veränderungen im Brechungsindex der Körper nachzuweisen. Die von ihm und Fresnel angestellten Beobachtungen über den Unterschied der Brechung in trockner und feuchter Luft haben die außerordentliche Empfindlichkeit dieses Beobachtungsmittels dargethan.

Durch Annahme dieses Principis und durch Hinzufügung der Doppellröhre des Hrn. Arago zu dem Apparat der beiden conjugirten Fernröhre, welchen ich zur Bestimmung

der absoluten Geschwindigkeit des Lichts angewandt habe, ist es mir gelungen, in den beiden Mitteln, Luft und Wasser, die Effecte der Bewegung eines Körpers auf das durch ihn gehende Licht direct zu studiren.

Ich will versuchen, den Gang des Lichts bei diesem Experiment ohne Mitbülfe von Figuren zu verdeutlichen. Aus dem Brennpunkt einer cylindrischen Linse traten die Sonnenstrahlen fast unmittelbar in das erste Fernrohr durch eine seitliche, seinem Brennpunkt sehr nahe Oeffnung. Eine durchsichtige Glasplatte, die mit der Axe des Fernrohrs einen Winkel von 45° bildete, schickte sie durch Reflexion zu dem Objectiv hin.

Nach Austritt aus dem Objectiv trafen die unter sich parallel gewordenen Strahlen eine Doppelspalte, deren jede dem Eintritt in eine der Röhren entsprach. Somit drang ein sehr schmales Strahlenbündel in jede der Röhren und durchlief sie ihrer ganzen Länge nach (1^m,487).

Die beiden, stets unter sich parallelen Strahlenbündel erreichten das Objectiv des zweiten Fernrohrs, brachen sich darin und kamen vermöge dieser Brechung zur Vereinigung in dessen Brennpunkt. Hier trafen sie die reflectirende Ebene eines auf der Axe des Fernrohrs lothrechten Spiegels und erlitten eine Reflexion, welche sie gegen das Objectiv zurücksandte. Allein vermöge dieser Reflexion hatten die Strahlen ihre Bahn vertauscht, so daß diejenigen welche zuvor auf der Rechten waren, sich nach der Reflexion auf der Linken befanden, und umgekehrt. Nachdem sie abermals durch das Objectiv gegangen und wiederum unter sich parallel geworden, drangen sie aufs Neue in die Röhren, allein, da sie vertauscht worden, ging das Bündel, welches auf dem Hinwege die eine Röhre durchlaufen hatte, auf dem Rückwege durch die andere.

Nach diesem zweiten Durchgang durch die Röhren, gingen sie abermals durch die Doppelspalte, traten wieder in das erste Fernrohr und kamen in dessen Brennpunkt zur Interferenz, dabei die durchsichtige Glasplatte durchdringend. Hier bildeten sie vermöge ihrer Wechselwirkung

Interferenzfransen, die man mit einem, in seinem Brennpunkt mit Theilstrichen versehenen Ocular beobachtete.

Die Fransen müssen sehr breit seyn, um kleine Bruchwerthe von der Breite einer derselben bestimmen zu können. Ich habe gefunden, daß dies, mit Beibehaltung einer großen Lichtstärke, gelingt, wenn man vor einer der Spalten eine dicke Glasplatte anbringt und sie dergestalt neigt, daß man beide Spalten vermöge der Refraction näher zusammenliegend sieht als sie in Wirklichkeit sind. Auf diese Weise kann man den Fransen verschiedene Breiten geben und diejenige wählen, welche für die Beobachtungen am passendsten ist. Der doppelte Durchgang des Lichts hatte den Zweck, die durchlaufene Länge des in Bewegung befindlichen Mittels zu vergrößern, und überdies den Einfluß einer zufälligen Verschiedenheit in Temperatur oder Druck zwischen den beiden Röhren ganz zu compensiren, denn daraus hätte eine Verschiebung der Fransen entstehen können, die sich mit der durch die Bewegung erzeugten vermengt, und somit die Beobachtung unsicher gemacht haben würde.

Leicht zu ersehen ist nämlich, daß bei obiger Vorrichtung alle auf dem Wege des einen Strahls gelegenen Punkte sich auch auf dem Wege des andern befinden, so daß eine Dichtigkeitsveränderung in irgend einem Punkt der Bahn gleichmäÙig auf beide Strahlen wirken muß und folglich keinen Einfluß auf die Lage der Fransen haben kann. Daß die Compensation wirklich total sey, davon versicherte man sich, indem man eine dicke Glasplatte bloß vor einer der beiden Spalten anbrachte oder bloß eine der Röhren mit Wasser füllte, während die andere Luft enthielt. Keine dieser beiden Proben veranlafte die geringste Aenderung in der Lage der Fransen.

Dagegen sieht man, daß die beiden Strahlen in Bezug auf Bewegung entgegengesetzten Einflüssen unterworfen sind.

Nimmt man nämlich an, in der rechts gelegenen Röhre flieÙe das Wasser gegen den Beobachter, so wird der von

der Rechten kommende Strahl die Röhre im Sinne der Bewegung durchlaufen, der von der Linken kommende aber im entgegengesetzten Sinne der Bewegung.

Setzt man das Wasser in den beiden Röhren zugleich und im entgegengesetzten Sinn in Bewegung, so sieht man, daß die Effecte sich addiren müssen. Nachdem dieser Doppelstrom erzeugt worden, kann man den Sinn zugleich in beiden Röhren umkehren und der Effect wird wiederum verdoppelt seyn.

Alle diese Bewegungen des Wassers wurden auf eine sehr einfache Weise erzeugt, indem jede Röhre durch zwei Abzweigungen (*embranchements*) nahe an ihren Enden mit zwei gläsernen Behältern in Verbindung stand, in welchen man abwechselnd durch comprimirt Luft einen Druck hervorbrachte. Unter Wirkung dieses Drucks floß das Wasser durch die Röhre, deren Enden durch Glasplatten verschlossen waren, aus dem einen Behälter in den anderen. Die Röhren waren von Glas und hielten 5^{mm},3 im inneren Durchmesser und 1^m,487 in Länge.

Der Druck, unter welchem das Fliesen des Wassers stattfand, konnte zwei Atmosphären übersteigen. Die Geschwindigkeit wurde berechnet, indem man das Volum des in einer Sekunde ausgeflossenen Wassers durch den Querschnitt der Röhre dividirte. Um einen Einwurf, den man erheben könnte, vorzubeugen, muß ich sagen, daß man große Vorsicht getroffen hatte, alle zufällige Bewegungen zu vermeiden, welche der Druck und der Stofs des Wassers hätten erzeugen können. So wurden die beiden Röhren und die Behälter, worin die Bewegungen des Wassers geschahen, durch Stützen getragen, die von den übrigen Theilen des Apparats, namentlich von den beiden Fernröhren, unabhängig waren. Es konnten also nur noch die Röhren eine zufällige Bewegung erleiden; Räsonnement und Erfahrung zeigten aber, daß die Bewegungen und Biegungen der Röhren allein, ohne Einfluß auf die Lage der Fransen waren.

Die Beobachtung ergab nun Folgendes:

Sobald das Wasser in Bewegung gesetzt wird, verschieben sich die Fransen, und je nachdem das Wasser sich in diesem oder jenem Sinn bewegt, findet die Verschiebung nach der Rechten oder Linken statt.

Die Fransen sind nach der Rechten verschoben, sobald das Wasser in der rechts liegenden Röhre von dem Beobachter fort, und in der links liegenden Röhre auf ihn zu getrieben wird.

Die Fransen sind nach der Linken verschoben, sobald der Strom in jeder Röhre die umgekehrte Richtung von der eben bezeichneten besitzt.

Schon wenn das Wasser eine Geschwindigkeit von zwei Metern in der Sekunde besitzt, ist die Verschiebung merklich; bei einer Geschwindigkeit von 4 bis 7 Metern ist sie vollkommen meßbar.

Nachdem ich das Daseyn des Phänomens nachgewiesen, suchte ich den numerischen Werth desselben mit aller möglichen Genauigkeit zu bestimmen.

Heiße einfache Verschiebung diejenige, welche entsteht, wenn das Wasser aus der Ruhe in Bewegung gesetzt wird, und doppelte Verschiebung diejenige, welche erfolgt, wenn die Bewegung in die umgekehrte verwandelt wird; so fand sich durch ein Mittel aus 19 ziemlich übereinstimmenden Beobachtungen für die einfache Verschiebung 0,23, also für die doppelte 0,46 der Breite einer Franse. Die Geschwindigkeit des Wassers betrug $7^m,069$ in der Sekunde.

Hierauf wurde dieß Resultat verglichen mit denen, die sich durch Rechnung nach den verschiedenen Hypothesen über den Aether ergeben.

In der Voraussetzung eines ganz freien und von der Bewegung des Körpers unabhängigen Aethers müßte die Verschiebung Null seyn.

In der Hypothese, daß der Aether mit den Moleculen der Körper vereinigt wäre, so daß er Theil nähme an deren Bewegungen, gäbe die Rechnung für die doppelte Verschiebung den Werth 0,92. Die Beobachtung gab eine halb so große Zahl, nämlich 0,46.

In der von Fresnel angenommenen Hypothese, wo der Aether theilweise mitgezogen würde, giebt die Rechnung 0,40 d. h. eine der beobachteten sehr nahe kommende Zahl, und der Unterschied zwischen beiden würde sehr wahrscheinlich noch geringer geworden seyn, wenn es möglich gewesen wäre, in die Berechnung der Geschwindigkeit des Wassers eine Berichtigung aufzunehmen, die man in Ermangelung hinreichend genauer Data vernachlässigen mußte, nämlich die in Betreff der ungleichen Geschwindigkeit der verschiedenen Wasserfäden. Nach Abschätzung dieser Berichtigung auf die wahrscheinlichste Weise ersieht man, daß sie die theoretische Zahl zu vergrößern und folglich der beobachteten zu nähern strebt.

Ein ähnlicher Versuch wie der eben beschriebene wurde zuvor mit bewegter Luft angestellt, und ich habe dabei gefunden, *daß die Bewegung der Luft durchaus keine merkliche Verschiebung der Fransen bewirkt*. Unter den Umständen, unter denen dieser Versuch gemacht wurde, und bei einer Geschwindigkeit von 25 Metern in der Sekunde, welche die Luft besaß, findet man, in der Hypothese der Fortschleppung des Aethers, daß die doppelte Verschiebung 0,82 seyn müßte.

Nach der Hypothese von Fresnel würde dieselbe Verschiebung nur 0,000465 betragen, d. h. ganz unmerklich seyn. Die scheinbare Unbeweglichkeit der Fransen bei dem mit bewegter Luft angestellten Versuch ist also ganz im Einklang mit Fresnel's Theorie.

Als ich nach Feststellung dieser negativen Thatsache dieselbe gemäß den verschiedenen Hypothesen über den Aether zu erklären suchte, in solcher Weise, daß zugleich dem Aberrationsphänomene und dem Versuch des Hrn. Arago genügt würde, schien es mir nothwendig, mit Fresnel anzunehmen, daß die Bewegung der Körper eine Aenderung in der Geschwindigkeit des Lichts bewirken, und daß diese Geschwindigkeitsänderung mehr oder weniger groß sey für verschiedene Mittel, je nach der Stärke, mit welcher sie das Licht brechen; so daß sie in

stark brechenden Körpern bedeutend, und in wenig brechenden, wie die Luft, sehr schwach sey.

Daraus folgte, dafs wenn die Fransen beim Durchgang durch bewegte Luft nicht verschoben wurden, sie dagegen bei Anstellung des Versuchs mit Wasser eine merkliche Verschiebung erleiden würden, da das Wasser einen viel bedeutenderen Brechungsindex als die Luft besitzt.

Ein von Hrn. Babinet angestellter und in den *Comptes rendus T. IX.* angeführter Versuch scheint im Widerspruch zu seyn mit der Hypothese einer Geschwindigkeitsänderung gemäfs dem Fresnel'schen Gesetz. Allein als ich die Umstände dieses Versuches in Erwägung zog, bemerkte ich eine Compensationsursache, welche den der Bewegung entspringenden Effect unmerklich machen mußte. Diese Ursache liegt in der Reflexion, welche das Licht bei diesem Versuch erleidet. In der That kann man beweisen dafs, sobald die Strahlen einen gewissen Gangunterschied unter sich besitzen, dieser Unterschied, vermöge der Reflexion an einem rotirenden Spiegel, geändert wird. Berechnet man die beiden Effecte in dem Versuch des Hrn. Babinet getrennt, so findet man, dafs sie fast gleiche, aber entgegengesetzte Werthe haben.

Diese Erklärung machte die Hypothese von einer Geschwindigkeitsänderung noch wahrscheinlicher, und ein mit bewegtem Wasser angestellter Versuch schien mir ganz geeignet, die Frage mit Sicherheit zu entscheiden.

Der Erfolg dieses Versuchs scheint mir die Annahme der Fresnel'schen Hypothese nach sich zuziehen oder wenigstens die des Gesetzes, welcher Derselbe aufgefunden, um die von der Bewegung der Körper hervorgebrachte Aenderung der Lichtgeschwindigkeit auszudrücken. Denn sobald dieses Gesetz sich als wahr erweist, spricht es sehr stark zu Gunsten der Hypothese, von welcher es nur eine Folgerung ist; vielleicht erscheint die Conception von Fresnel so außerordentlich und in mancher Beziehung so schwierig annehmbar, dafs es nach anderen Proben und einer gründ-

gründlichen Untersuchung von seitens der Mathematiker bedarf, ehe man sie als Ausdruck der Wirklichkeit zulassen kann.

X. *Chemische Untersuchung des Katapleüits, eines neuen Minerals von Lamö in Norwegen; von K. A. Sjögren.*

(Kongl. Vetens. Acad. Handl. f. 1849.)

Das Mineral, welches den Gegenstand des vorliegenden Aufsatzes bildet, ist von Hrn. Weibye in Kragerö entdeckt, und mir von ihm zur Untersuchung mitgetheilt worden. Derselbe beschreibt den Katapleüit folgendermaßen:

»Der Name spielt auf das Vorkommen des Minerals an, da es immer von mehren seltenen Mineralen begleitet wird (*καταπλειον*).«

»Das Krystallsystem ist wahrscheinlich klinorhombisch. Es kommen nur unvollkommene Krystalle vor, welche ein Prisma von etwa 120° bilden, mit einer unter 120° schiefgeneigten basischen Fläche. Zuweilen findet man eine Spur von mehren verticalen Flächen.«

»Die Spaltbarkeit ist vollkommen nach der basischen Fläche; gewöhnlich findet man eine krummschalige Absonderung, welche nicht verwechselt werden darf mit dem krystallinischen Bruch, welcher splittrig ist. Die Krystallflächen haben matten oder schwachen Glanz, die Bruchflächen matten, und die Spaltungsflächen theils matten, theils schwachen Glasganz.«

»Die Farbe ist hell gelbbraun; undurchsichtig oder bloß durchscheinend. Strich: isabellgelb. Härte: ungefähr wie Feldspath. Specifisches Gewicht = 2,3.«

Verhalten vor dem Löthrohr: Für sich schmilzt der Katapleüit leicht zu einem klaren weissen Email, mit Borax