IX. *Ueber Diffraction des Lichts im leeren Raume;*
von Gustav Magnus.

Seit Fresnel's bewunderungswürdigen Arbeiten, von denen Hr. Airy ¹⁾, und wohl mit Recht, sagt, daß seit Newton's Gravitationsgesetzen nichts von gleicher Bedeutung in den Naturwissenschaften geleistet sey, kann wohl kein Zweifel mehr obwalten, daß die Verbreitung des Lichts eine undulatorische ist. Abgesehen von der Erklärung der Doppelbrechung und der geradlinigen Polarisirung, so liefert die Circularpolarisirung, namentlich die sogenannte conische Refraction, und die Erklärung welche Hr. Airy neuerlich von den Streifen gegeben hat, die bei theilweiser Interception des Sonnenspectrums entstehen, so schlagende Beweise für die Richtigkeit der Undulationstheorie, daß dieselbe als wohlbegründete Thatsache angesehen werden muß.

Dennoch ist nicht zu übersehen daß die Existenz eines Aethers sich nur deshalb als nothwendig ergeben hat, weil man die undulatorische Fortpflanzung des Lichts ohne einen solchen nicht zu erklären vermag, daß ferner die Annahme eines solchen Mediums das keine Schwere hat, wohl aber den Gesetzen der Trägheit folgt, den bisherigen Vorstellungen von Materie direct widerspricht, und daß, wenn man auch zugeben kann daß alle Körper von dem Aether durchdrungen werden, es doch schwer ist sich vorzustellen wie diese Durchdringung von der Art seyn könne, daß die Bewegung der Himmelskörper durch diesen Aether entweder kein Hinderniß erfahre oder wenigstens ein so geringes, daß der Einfluß desselben unmerklich ist.

Solche Schwierigkeiten in den Grundprincipien einer Theorie machen es wohl begreiflich, daß die Anhänger der Emissionshypothese, trotz der ungeheuren Vorzüge der Undulationstheorie, sich nur langsam zur Annahme derselben

1) *Mathematical Tracts by Biddell Airy*, p. 346.

entschlossen haben, und dafs noch jetzt der Aether von Vielen nur mit Widerstreben angenommen wird.

So hat noch vor Kurzem Hr. Faraday ¹⁾ die Ansicht ausgesprochen, dafs die Fortpflanzung des Lichts nicht durch einen Aether stattfinde, sondern in den von ihm sogenannten Kraftlinien und in einer gegenseitigen Einwirkung der ebenfalls von ihm angenommenen Atomen-Centra bestehe.

Hr. Airy hebt in Erwiderung dieser Ansicht hervor, dafs die Erscheinungen der Diffraction sich nur durch eine wellenförmige, von einem Punkte ausgehende Bewegung erklären lassen. Man könnte, sagt derselbe, da die Diffraction in der Luft stattfindet, diese als das vibrirende Medium annehmen. Indessen sucht er diese Annahme durch folgende Betrachtung zu widerlegen. So weit als wir die Verdünnung der Luft treiben können, bringe dieselbe immer noch eine Brechung hervor; die Brechung erfordere aber für ihre Erklärung unabweislich eine Veränderung in der Geschwindigkeit der Wellen, und zugleich eine Kraft, welche die Richtung genau entsprechend der Veränderung der Geschwindigkeit ändert. Diese Veränderungen seyen auf die einfachste und natürlichste Weise durch die Annahme von wirklichen Wellen erklärt. Deshalb, fährt Hr. Airy fort, betrachte er es als erwiesen, dafs die Fortpflanzung wirklicher Wellen bis zu der äußersten Gränze unserer Luft stattfinde. Jenseits dieser Gränze könne man keine Versuche machen, auch sey er geneigt zuzugeben, dafs wenn die Luft und der sie begleitende Aether (wenn beide überhaupt verschieden sind) an einer bestimmten Stelle aufhören, und man voraussetzt dafs transversale Erschütterungen strahlenförmig durch das Weltall zu dieser Stelle fortgepflanzt werden, und man ferner voraussetzt, dafs jede Erschütterung, wie sie sich darbietet, das Centrum einer Welle werde, dafs dann die Phänomene des Lichts erklärt wären. Aber es dränge sich uns dabei ein merkwürdiger

1) *Phil. Mag., Ser. III, Vol. XXVIII, p. 345.*

2) Ebendasselbst, p. 532.

Umstand auf. An dieser Stelle müßte das Licht der Refraction unterworfen seyn, genau auf dieselbe Weise als wenn das ankommende Licht auch aus Wellen bestanden hätte. Nun sey es aber hinreichend festgestellt, daß an der Gränze unserer Luft keine wahrnehmbare Refraction stattfinde, man müsse also annehmen, daß jene radiale Fortpflanzung außerhalb der Luft das Licht mit gleicher Geschwindigkeit fortpflanze als es innerhalb derselben von wirklichen Wellen fortgepflanzt werde. Eine solche Gleichheit der Geschwindigkeit für zwei so verschiedene Arten der Fortpflanzung könne man aber unmöglich annehmen, vielmehr müsse dieselbe Theorie gelten, sowohl für die Fortpflanzung des Lichts durch den Weltraum, wie durch die Luft, in der die Versuche der Diffraction angestellt sind, und diese Theorie müßte die von wirklichen Wellen seyn.

Diese Art des Beweises, daß die Diffractionerscheinungen nicht durch Schwingungen der Lufttheilchen selbst hervorgebracht werden, veranlaßt mich einen Versuch hier mitzutheilen, der für diese Art der Betrachtungen vielleicht nicht ohne Interesse ist, indem er zugleich Gelegenheit bietet noch andere Schwierigkeiten anzudeuten die entstehen, wenn man annimmt daß das Licht sich verbreitet ohne daß ein Aether vorhanden ist.

Schon früher hat Flaugergues ¹⁾ Versuche über Diffraction im leeren Raume angestellt. Er kittete auf den Boden einer gläsernen Flasche, die plane und parallele Wände hatte, eine viereckige messingene Platte, und befestigte in den Hals derselben eine etwa 30 Zoll lange Röhre. Diesen Apparat setzte er der Sonne aus, und beobachtete den Schatten der Platte in verschiedenen Entfernungen. Darauf füllte er die Flasche und ihre Röhre mit Quecksilber, suchte alle Luft fortzuschaffen, und drehte alsdann den Apparat um, indem er das offene Ende der Röhre mit dem Finger verschloß und unter Quecksilber brachte. Beobachtete er dann wiederum den Schatten von der in der Torricellischen Leere befindlichen Messingplatte, so zeigten sich

1) *Journal de phys. par Delamétherie*, 1812, Tom. LXXV, p. 16.

dieselben Erscheinungen als früher, wo die Flasche mit Luft gefüllt war.

Abgesehen davon, daß bei diesem Versuche die Torricellische Leere wohl nicht ganz luftfrei gewesen seyn möchte, so schienen dieselben auch in so fern nicht genügend, als dabei die Interferenzerscheinungen gar nicht im luftleeren Raume, sondern in der hinter der angewandten Flasche befindlichen Luft stattfanden, und die Messungen des Schattens keineswegs genau genug waren, um zu entscheiden, ob die Fortpflanzung des Lichts durch die Flasche eine wellenförmige gewesen oder nicht.

Wir besitzen leider kein Mittel um einen vollkommen leeren Raum hervorzubringen; denn wiewohl die Torricelli'sche Leere luftleer ist, so enthält sie immer noch Dämpfe von Quecksilber. Wenn diese bei der Temperatur von etwa 15° C., bei welcher die folgenden Versuche angestellt wurden, auch nur sehr unbedeutend sind, so sind sie doch offenbar vorhanden, und man könnte deshalb wohl behaupten, daß diese Dämpfe, statt der Luft, das Licht durch ihre Vibrationen fortpflanzen. Diesem Einwande könnte man nur durch Anwendung eines vollkommen leeren Raumes begegnen. In Ermangelung eines solchen mußte ich mich mit der Torricelli'schen Leere begnügen. Da es nothwendig war die Diffractionerscheinungen im leeren Raume selbst zu beobachten, da die dunkeln und hellen Streifen sich noch in demselben bilden und einige Breite erlangen sollten, so mußte dieser von ziemlicher Ausdehnung angewendet werden, was die Ausführung dieser Versuche erschwerte.

Eisen in Verbindung mit Glas für dieselben zu benutzen, war unthunlich, weil das Gefäß einer hohen Temperatur ausgesetzt werden mußte, wobei das in Eisen luftdicht eingesetzte Glas leicht springt. Außerdem sind bei dergleichen Verbindungen von Glas und Metall, Fugen unvermeidlich, und die Luft aus denselben fortzuschaffen kaum möglich. Es wurde deshalb ein Gefäß aus Glas angewendet, in der Gestalt von *abc*, Fig. 10, Taf. II. Der zur

Hervorbringung der Streifen bestimmte Theil *bc* war 11 Zoll lang, und bei *b* und *c* fast 2 Zoll weit.

Wäre die Röhre *ab* mehr als 28 Zoll lang gewesen, so hätte sich dieser Apparat nicht ohne große Schwierigkeiten handhaben lassen, sie wurde deshalb nur von 12 Zoll Länge gewählt.

Da es jedenfalls sehr schwierig und fast unmöglich war das Quecksilber in diesem Apparat auszukochen, so wurde auf folgende Weise verfahren. Zunächst wurde etwas Salpetersäure in das Gefäß gebracht, und während einiger Zeit in demselben im Kochen erhalten, darauf wurde diese ausgegossen, das Gefäß wiederholt mit Wasser, sodann mit absolutem Alkohol und zuletzt mit frisch rectificirtem Aether ausgespült, danach mit einer Luftpumpe in Verbindung gebracht und durch wiederholtes Auspumpen und Einlassen der Luft vollständig getrocknet.

Hierauf wurde das Gefäß sehr stark erhitzt, und mit Quecksilber, das gleichfalls bis zum Kochen erwärmt war, gefüllt. Da das Quecksilber während der Abkühlung sich zusammenzog, so wurde durch Nachfüllen von warmem Quecksilber die Röhre beständig voll erhalten, dann wurde dieselbe mit ihrem offenen Ende *a* (versteht sich ohne daß Luft eindringen konnte) in ein kleines mit Quecksilber gefülltes Gefäß gebracht, und mittelst desselben durch den Tubulus einer auf dem Teller der Luftpumpe befindlichen Glocke in ein größeres, zum Theil mit Quecksilber gefülltes Gefäß, das unter dieser Glocke stand, eingeführt. Der zur Hervorbringung der Streifen bestimmte Theil blieb dabei außerhalb der Glocke. Dann wurde der Tubulus mit einer in der Mitte getheilten hölzernen Platte bedeckt, und mit Kautschuck, welcher an dem Tubulus der Glocke und an der Röhre *ab* fest angebunden war, luftdicht verschlossen. Wenn nun die Luft unter der Glocke verdünnt wurde, so sank das Quecksilber in dem Apparat *abc*. Ließ man darauf die Luft wieder unter die Glocke treten, so füllte sich derselbe wiederum mit Quecksilber, und es zeigte sich, wenn die vorhin erwähnten Vorsichts-

maßregeln bei der ersten Füllung angewendet waren, auch nicht ein Bläschen von Luft oder Dampf, ein Beweis daß das Auskochen des Quecksilbers nicht unumgänglich nöthig ist ¹⁾).

Um sicher zu seyn, daß die Diffractionerscheinungen auch wirklich in dem leeren Raume statthaben, durfte das Diaphragma, durch welches sie sich bilden sollten, nicht außerhalb desselben angebracht werden. Denn es wäre denkbar gewesen, daß die Streifen in der vorderen Glaswand oder in der Luft zwischen dieser Wand und dem Diaphragma sich bildeten, und daß die jenseit des leeren Raumes beobachteten Streifen nur die Schatten von jenen wären, und also erzeugt wären, ohne daß eine Interferenz in dem leeren Raume selbst stattgefunden hätte. Es war deshalb nöthig dasselbe innerhalb des leeren Raumes anzubringen.

Aber auch dies genügte noch nicht. Die Betrachtung, aus welcher Fresnel die dunkeln und hellen Streifen bei der Diffraction herleitet, indem er sämtliche Punkte von der bis zum Schirme oder Diaphragma gelangenden Welle als neue Wellencentra ansieht, bleibt unverändert gültig, wenn statt dieser die Punkte von irgend einer zwischen dem leuchtenden Punkte und dem Diaphragma befindlichen Welle als neue Wellencentra betrachtet werden. So lange daher der leuchtende Punkt außerhalb des leeren Raumes lag, konnte man immer noch einwenden, daß das Licht sich nur bis zur Gränze dieses Raumes undulatorisch fortpflanze, dann aber durch denselben hindurch gehe, ohne daß ein Aether vorhanden sey; denn es müßten, wenn es sich so verhielte, die dunkeln und hellen Streifen sich jenseits des leeren Raumes gleichfalls zeigen.

Es war deshalb nöthig den leuchtenden Punkt mit in den leeren Raum zu verlegen. Dies wurde auf die Weise erreicht, daß zwei ganz schmale Diaphragmen in einer Entfernung von 4 Linien hinter einander angebracht wurden,

1) Ich glaube sogar, daß diese Methode der Füllung dem üblichen Auskochen in vielen Fällen vorzuziehen seyn möchte.

das Erste bildete gleichsam eine leuchtende Linie, welche ihr Licht auf das Zweite sandte.

Um die Diaphragmen in den leeren Raum einführen zu können, waren sie beide an einem dünnen eisernen Stabe befestigt. Sobald der Apparat *a b c* mit heissem Quecksilber gefüllt war, wurde auch dieser Streifen mit den daran befindlichen Diaphragmen sehr stark erhitzt und dann durch die Röhre *a b* eingeführt. Dabei legte sich das Quecksilber in die ganz feinen Spalten, und es gelang alle Luft zu verdrängen.

Wurde der Versuch mit aller Vorsicht ausgeführt, so zeigten sich doch in dem leeren Raume, sowohl bei einfarbigem als auch bei weißem Lichte, die Streifen, und zwar mit derselben Schärfe und Intensität wie in dem mit Luft erfüllten Raume. Und was noch mehr ist, wenn man dieselben mittelst einer Loupe betrachtete, und diese dicht an dem Glase, wodurch der leere Raum begränzt war, hielt, so sah man die Streifen ganz deutlich in dem Brennpunkte derselben, der offenbar innerhalb des leeren Raumes lag.

Es geht hieraus hervor, daß die Fortpflanzung des Lichts in der Luft nicht auf Schwingungen von Theilchen der Luft selbst beruhe, denn der Einwand, daß die Quecksilberdämpfe die Stelle der schwingenden Lufttheilchen vertreten, möchte wohl schwerlich als haltbar betrachtet werden können.

Allein man thäte Unrecht, diesem Versuche eine größere Bedeutung beizulegen als er in der That hat, und etwa aus dem Umstande, daß die Streifen in dem noch innerhalb des leeren Raumes liegenden Brennpunkte der Loupe sich zeigen, zu folgern, daß dort etwas Materielles vorhanden sey, durch dessen Schwingungen sie entstanden. Es verhält sich mit diesen Streifen gerade eben so wie mit jedem andern Bilde das wir in dem Brennpunkte einer Loupe erblicken. Denkt man sich z. B., wie dieß bei den Diffractionerscheinungen der Fall ist, zwei leuchtende Punkte, welche ihr Licht auf eine Loupe senden, und deren Entfernungen bis zu dem ihnen zugewandten Brennpunkte der Loupe gerade um eine halbe Undulation von einander verschieden sind,

so ist der Weg von diesem Brennpunkte bis zur Retina des hinter der Loupe befindlichen Auges für die von beiden leuchtenden Punkten kommenden Lichtbündel derselbe. Denn dieselben sind fast parallel, und durchwandern daher dieselbe Stelle der Loupe. Deshalb entsteht die Wirkung, welche der Gangunterschied in dem Brennpunkte der Loupe hervorbringt, auch eben so auf der Retina des Auges, und wir versetzen diese letztere Wirkung in jenen Brennpunkt.

Das Erscheinen der Streifen innerhalb des leeren Raumes würde daher immer noch mit einer Hypothese verträglich seyn, nach welcher die Fortpflanzung des Lichts durch den leeren Raum stattfindet, ohne daß derselbe mit einem Aether erfüllt ist; indem man z. B. voraussetzt, daß die Bewegungen der Theile des leuchtenden Körpers entsprechende Bewegungen der Theile des beleuchteten, ohne ein zwischen befindliches Medium hervorrufen. Allein in anderer Beziehung ist dieser Versuch wohl geeignet das Unhaltbare einer solchen Hypothese zu zeigen. Denn wollte man mittelst einer solchen die Fortpflanzung des Lichtes erklären, so würde man jedenfalls annehmen müssen, daß eine Zeit für die Erregung der Bewegung in der Entfernung nothwendig sey, und daß dieselbe verschieden sey nach der Entfernung des leuchtenden von dem beleuchteten Körper. Eine Annahme, welche den Gesetzen der allgemeinen Anziehung oder Gravitation keineswegs analog ist, von welcher La Place ¹⁾ gezeigt hat, daß sie keiner Zeit für ihre Fortpflanzung bedarf.

Machte man dennoch solche Annahme, so ließen sich wohl die Gesetze der Reflexion und Refraction aus derselben herleiten, und eben so die Erscheinungen des polarisirten Lichts und der Interferenz erklären, und die letzteren sogar, wie so eben gezeigt worden, selbst in dem Falle wo wir sie im leeren Raume erblicken. Anders verhält es sich aber mit der Ausbreitung des Lichts, welche bei der Diffraction stattfindet, wenn, wie es bei dem obigen Versuche der Fall war, sowohl der leuchtende Punkt als das

1) *Mécanique céleste, Livre X, Chap. VII, p. 350.*

Diaphragma sich in dem leeren Raume befinden. Diese Ausbreitung des Lichtes hinter dem Diaphragma erklärt Fresnel mit Hülfe des sogenannten Huyghens'schen Principes, nach welchem jeder Punkt der bis zum Schirm gelangenden Welle selbst wieder ein neues Wellencentrum bildet. Diese Erklärung ist aber nicht mehr möglich wenn kein Aether vorhanden ist. Man würde, um dennoch die Streifen zu erklären, genöthigt seyn anzunehmen, daß die Wirkung, welche ein schwingendes Theilchen des leuchtenden Körpers auf ein Theilchen des beleuchteten ausübt, nicht allein auf dem kürzesten Wege, in gerader Linie, sondern auch auf jedem andern Wege hervorgebracht wird, so daß wenn diese Wirkung durch das Dazwischenliegen eines undurchsichtigen Körpers gehindert wird, dieselbe um diesen Körper herum stattfindet; versteht sich mit einer um so geringeren Intensität, je schiefer die Richtung ist, in der sie ausgeübt wird, und nach einer um so grösseren Zeit, je grösser der Weg ist, durch den sie dorthin gelangt.

Es möchte in der That möglich seyn, mit diesen Annahmen den Aether für die Erklärung der Fortpflanzung des Lichts zu entbehren, da dieselben im wesentlichen mit dem übereinstimmen was der Aether zu versinnlichen bestimmt ist. Allein man sieht auch zu gleicher Zeit, daß solche Annahmen jedenfalls viel grössere Schwierigkeiten in sich schliessen als die eines Aethers.

X. *Ueber die Theorie des Thaues. Schreiben an
Hrn. Arago von Hrn. M. Melloni.*

(*Compt. rend., T. XXIV, p. 531.*)

Neapel, 17. März 1847.

Die in neuerer Zeit auf die Wells'sche Theorie gerichteten heftigen Angriffe haben mich veranlaßt, das Studium des Thaues vorzunehmen. Nach einer sehr langen Reihe
oft