Gang des Lichts nur in dem besonderen Fall einer continuirlichen und unbegrenzten Fläche.

Die von uns so eben aus einander gesetzte Theorie bestimmt die Lage der verschiedenen Punkte der gebrochenen Welle nur für eine gegen die Länge einer Lichtwelle sehr große Entfernung von der brechenden Fläche; wenn man sich aber erinnert, daß ein einziges Millimeter schon fast die Länge von zwei tausend Lichtwellen enthält, so wird man einsehen, daß die für diesen Fall erhaltenen numerischen Resultate auf alle Versuche anwendbar sind, die zur Messung der Refraction und zur Prüfung des Gesetzes von Descartes angestellt wurden.

V. *Auszug aus einer Abhandlung über die Reflexion des Lichts; von A. Fresnel.*

(*Ann. de chim. et de phys. T. XV p. 379.*)

Der Gegenstand dieser Abhandlung ist die Aufsuchung der mechanischen Ursachen der Reflexion des Lichts. Nach der Undulationstheorie läßt sich die Reflexion auf zwei sehr verschiedene Weisen betrachten. Man kann annehmen, sie erfolge alleinig aus der größeren Dichte des in dem reflectirenden Körper enthaltenen Aethers, und kann sie demnach vergleichen mit der Reflexion der Wellen eines elastischen Fluidums, das mit einem andern dichteren Fluidum in Berührung steht. Man kann sie aber auch ohne die Annahme einer Verdichtung des Aethers durch die Voraussetzung erklären, daß das Licht an den eignen Theilchen des Körpers reflectirt werde.

Die zweite Hypothese, welche die Reflexion von dem Stoß der Lichtwellen gegen die wägbaren Theilchen herleitet, bietet im ersten Augenblick eine Schwierigkeit dar, welche jedoch bei aufmerksamerer Betrachtung bald

verschwindet. Man kann nämlich fragen: Wenn jedes Theilchen für sich ein Reflexionscentrum seyn kann, weshalb reflectiren durchsichtige Körper nicht in ihrer ganzen Dicke das Licht.

Theilt man im Gedanken den reflectirenden Körper in sehr dünne Schichten, deren Dicke dem Unterschiede einer halben Undulation in den von den reflectirten Strahlen durchlaufenen Wegen entspricht, so ist es mittelst des Interferenzprincips leicht einzusehen, daß diese Elementarwellen sich im Innern eines homogenen Mediums gegenseitig zerstören müssen, und daß die Summe aller dieser Reflexionen auf diejenigen zurückkommen wird, welche an der ersten und letzten Schicht stattfinden, sobald die Zwischenräume dieser Theilchen unendlich klein sind in Bezug auf die Länge einer Lichtwelle. Da jedoch diese Zwischenräume in Wirklichkeit niemals ganz gegen eine Wellenlänge zu vernachlässigen sind, so kann man offenbar nicht mehr in der Nachbarschaft eines jeden wägbaren Theilchens ein anderes in solchem Abstände befindlich annehmen, daß die von beiden Theilchen reflectirten Strahlen genau um eine halbe Undulation verschieden seyn und einander vollständig zerstören; es muß also eine innere Reflexion erfolgen, die, wegen der fast vollständigen Discordanz der Elementarwellen, zwar schwach, aber doch endlich sichtbar seyn wird, sobald das Mittel eine hinlängliche Dicke hat.

Die Atmosphäre bietet uns hievon ein auffallendes Beispiel dar durch die Fülle von Sonnenlicht, welches sie von allen Seiten in unsere Augen sendet, selbst an Tagen ihrer größten Reinheit. Die Polarisationsgesetze, welche sie dabei zeigt, lassen sich, wie Hr. Arago bemerkt hat, nur in der Annahme begreifen, daß es die eignen Theilchen der Luft seyn, welche dieses Licht reflectiren, und daß die Schwäche dieser partiellen Reflexionen durch ihre Vielheit ersetzt wird.

Viele andere Erscheinungen bestätigen die Hypothese,
daß

die Reflexion an den wägbaren Theilchen selbst geschieht. Allein da sie keinen strengen Beweis für dieselbe abgeben, sondern nur die Wahrscheinlichkeit derselben erhöhen, so habe ich unter den Folgerungen aus dieser und der andern Hypothese, welche die Reflexion blofs von einem Unterschied in der Dichte des Aethers herleitet, einen Fall aufgesucht, wo der Versuch die Aufgabe entscheiden konnte.

Beide Hypothesen erklären die Farbenringe, welche an den beiden Flächen einer dünnen Schicht durch Reflexion des Lichts entstehen, gleich gut; sie stimmen daher auch nothwendig bei den durchgelassenen Ringen überein, da diese zufolge des Satzes von der Erhaltung lebendiger Kräfte in allen Fällen complementär zu den reflectirten Ringen seyn müssen. Allein analysirt man die Entstehung der durchgelassenen Ringe, die, wie Thomas Young bewiesen hat, durch die Interferenz der directen und der in der dünnen Schicht zwei Mal reflectirten Strahlen gebildet werden, so kommt man zu dem sonderbaren Schluß, dafs wenn die Reflexion an den eignen Theilchen der Körper geschieht, die Strahlen, welche an der Aussenseite eines Mittels von gröfserem Brechungsvermögen als das mit ihm in Berührung stehende reflectirt werden, um eine halbe Wellenlänge von den einfallenden oder durchgelassenen Strahlen abweichen müssen, und diefs unabhängig von dem Unterschiede der durchlaufenen Wege, die für die reflectirten Strahlen so gezählt werden, wie wenn sie unmittelbar von der Trennungsfläche beider Mittel ausgingen; wogegen in der Annahme, dafs die Reflexion blofs durch den Unterschied der Dichte des Aethers in den beiden sich berührenden Mitteln erzeugt werde, die directen und die an der Aussenseite des stärker brechenden Mittels reflectirten Strahlen, abgesehen vom Unterschiede der durchlaufenen Wege, im Accord stehen müssen. Mithin führen diese beiden

Hypothesen in diesem Falle zu entgegengesetzten Folgerungen.

Um diese Folgerungen zu prüfen, liefs ich zwei Lichtbündel interferiren, die beide von demselben Lichtpunkt ausgegangen waren, von denen aber der eine an der Aussenseite eines unbelegten, auf der Rückseite geschwärzten Glasplatte einmal reflectirt worden. Die beiden Lichtbündel wurden darauf durch zwei schwarze Glasspiegel in fast parallele Richtungen gebracht. Diese zweite Reflexion an ähnlich liegenden Spiegeln konnte, da sie beiden Lichtbündeln ähnliche Modificationen einprägte, die aus der ersten Reflexion hervorgegangene Verschiedenheit nicht verändern. Nun zeigten die Frausen, welche durch die Interferenz der beiden Wellensysteme erzeugt wurden, die nämliche Anordnung in den Farben, wie die Ringe, welche an einer zwischen zwei Glasplatten eingeschlossenen Luftschicht reflectirt werden. Das Centrum der Gruppe ward eingenommen von einer schwarzen, in ihrer Mitte vollkommen farblosen Zone, und die Farben lagen symmetrisch diefs- und jenseits dieser centralen Zone, so dafs man sich hinsichtlich der Lage dieser nicht irren konnte. Weil nun die centrale Zone, welche immer gleichen Wegen entspricht, vollkommen schwarz war, so mufs man daraus schliessen, dafs die beiden Wellensysteme, unabhängig von den durchlaufenen Wegen, um eine halbe Wellenlänge verschieden waren.

Man sieht also, das Resultat der Erfahrung ist der ersten Hypothese durchaus zuwider, bestätigt vielmehr die zweite, nach welcher die Reflexion an den Körpertheilen selbst geschieht.

Diese Betrachtungsweise der Reflexion, welche in ihrer Allgemeinheit die verschiedenen Durchsichtigkeitsgrade der Körper umfaßt, und die Möglichkeit einer genügenden Erklärung ihrer natürlichen Farben einsehen läfst, hat noch den Vortheil, dafs es den Haupt-Einwurf,

welchen man dem Undulationssystem gemacht hat, nämlich den in Betreff der Dispersion, zerstört.

Die Analyse beweist, daß Wellen von ungleicher Länge sich in einem homogenen elastischen Fluidum mit gleicher Geschwindigkeit fortpflanzen müssen, so daß, wenn die Verlangsamung des Lichts z. B. im Glase nur von der größeren Dichte des darin eingeschlossenen Aethers abhinge, die verschiedenen Arten Lichtwellen, welche sich im Vacuo mit gleicher Geschwindigkeit fortpflanzen müssen, auch eine gleiche Verzögerung in dem Glase erleiden und sich deshalb auf gleiche Weise brechen würden, denn das Verhältniß des Sinus der Incidenz zu dem der Refraction hängt alleinig von dem Verhältniß ab, welches zwischen den Geschwindigkeiten des Lichts in beiden Mitteln stattfindet. Allein nach dem Versuch, welchen ich angeführt habe, ist es sehr wahrscheinlich, daß der Aether, welcher sich in dem Glase befindet, nicht merklich dichter ist als der, welcher dasselbe umgiebt; die Verkürzung der Lichtwellen, die in das Glas eindringen, rührt also hauptsächlich von den eignen Molecülen desselben her, deren großen Einfluß auf die Dispersion man übrigens aus einem sehr einfachen Grunde nicht bezweifeln kann, nämlich deshalb, weil die Dispersion variirt mit der Art der Anordnung dieser Molecüle, nach Verhältnissen, die von denen der mittleren Brechungsverhältnisse durchaus verschieden sind.

Allein das Phänomen, welches vielleicht am überzeugendsten den unmittelbaren Einfluß der Körpertheilchen auf den Gang des Lichtes darthut, ist die Doppelbrechung, welche dem Lichte verschiedene Geschwindigkeiten einprägt, je nach der Richtung, in welcher man es durch den Krystall gehen läßt, wiewohl die Dichte des in diesem eingeschlossenen Aethers immer dieselbe ist.

Ich will bei dieser Gelegenheit eines Gesetzes erwähnen, welches ich bei der Doppelbrechung des ge-

krümmten Glases entdeckt habe, und aus dem man ersieht, bis zu welchem Grade die Anordnung der Körpertheilchen auf den Gang des Lichtes einwirkt.

Wenn man eine Glasplatte krümmt, so erlangt sie ähnliche Eigenschaften wie dünne Krystallblättchen; gleich diesen färbt sie das polarisirte Licht, wie Hr. Brewster schon vor längerer Zeit beobachtet hat. Die Analogie deutet darauf, daß diese Farben, da sie denen der Krystallblättchen vollkommen ähnlich sind, auch aus der Interferenz zweier Lichtwellen entspringen, welche die Glasplatte mit ungleicher Geschwindigkeit durchlaufen, und dieß wird auch durch die Erfahrung bestätigt.

Um die Geschwindigkeitsänderungen, welche diesen beiden Wellensystemen entsprechen, zu messen, habe ich die feinen Verfahrungsarten angewandt, welche die Diffraction an die Hand giebt; und dabei habe ich gefunden, daß die Geschwindigkeit der ordentlich gebrochenen Strahlen doppelt so stark als die der außerordentlichen Strahlen von der Geschwindigkeit des Lichts in dem ungekrümmten Glase abweicht. Sonach ist der Geschwindigkeitsunterschied zwischen den ordentlichen und außerordentlichen Strahlen gleich der Zu- oder Abnahme, welche die Geschwindigkeit des außerordentlich gebrochenen Lichts durch die Biegung des Glases erleidet: ein recht merkwürdiges Resultat, weil hier die Doppelbrechung so groß ist als die aus der Dilatation oder Condensation des Mittels entspringende Refractionsänderung.

Ich habe versucht, die absolute Dilatation oder Condensation eines Glasparallepipeds an den Punkten zu messen, wo die beiden Lichtbündel, die ich interferiren liefs, hindurchgingen; allein ich habe noch kein Resultat erhalten, welches mir Zutrauen zu verdienen schien.

Durch diesen Versuch habe ich indeß gefunden, daß die aus der Dilatation oder Condensation des Glases entspringende Aenderung in der Lichtgeschwindigkeit für die ordentlich gebrochenen Strahlen beinahe halb so groß ist

als die, welche sich aus der absoluten Condensation oder Dilatation des Glases ergibt, wenn man die Formel anwendet, zu der man sowohl nach der Emissions- als nach der Undulationstheorie geführt wird, sobald man voraussetzt, nach der ersteren Theorie, daß die auf die Lichtmoleculë ausgeübte Anziehung proportional ist der Dichte des Mittels, und, nach der letzteren, daß das brechende Mittel ein homogenes elastisches Fluidum sey, dessen Dichte gleiche Veränderungen wie das Glasparallelepiped erleidet, wenn seine Elasticität constant bleibt.

Nach diesen beiden Voraussetzungen müssen die kleinen Aenderungen in der Lichtgeschwindigkeit halb so groß als die Veränderungen der Dichte des Mittels seyn, und ich habe bei jenem Versuche gefunden, daß die ersteren Aenderungen nur ein Viertel so groß als die letzteren waren bei den ordentlichen Strahlen, deren Gang übrigens die größeren Veränderungen erleidet *).

Ich habe mir vorgenommen, diese Untersuchungen, sobald es meine Geschäfte erlauben, fortzusetzen, und durch genaue Beobachtungen zu bestimmen, welche Zusammen- oder Auseinanderrückungen der Glastheilchen einem jeden Grade des Geschwindigkeitsunterschiedes zwischen den ordentlichen und außerordentlichen Strahlen entsprechen **). Versuche dieser Art, bei denen man die in der Anordnung der Theilchen des brechenden Mittels herbeigeführten Modificationen nach Belieben verändern und genau messen könnte, würden vielleicht auf die mechanischen Ursachen der Doppelbrechung einiges Licht werfen.

*) Dieß zweite Gesetz ist nur aus einem isolirten Resultat abgeleitet, und bedarf daher zu seiner Bestätigung noch fernerer Versuche.

**) Es scheint nicht, daß Fresnel diesen Vorsatz ausgeführt habe; wenigstens ist in der nach seinem Tode bekannt gemachten Abhandlung über die Reflexion (Ann. Bd. XXII S. 90) von dergleichen Versuchen nicht die Rede.