

Beleuchtung einer philosophischen Kritik der optischen Wellentheorie.

Von P. A. Linsmeier S. J. in Mariaschein (Böhmen).

Die Wellentheorie des Lichtes ist die angesehenste Hypothese, welche die Physiker haben. „Sie trägt“, wie Stokes sagt, „den Stempel der Wahrheit in so hohem Grade, dass jeder, der ebenso gut mit den Erscheinungen wie mit der Theorie vertraut ist, die unerschütterliche Ueberzeugung gewinnt, dass sie in der That der Natur angemessen ist.“¹⁾ E. Ketteler behauptet, dass sie „keinerlei wesentliche Lücke mehr aufweist.“²⁾ H. v. Helmholtz urtheilt, dass sie „sehr vollständig von allen Erscheinungen Rechenschaft gibt.“³⁾

Diese Aussprüche von drei berühmten Physikern, welche selbst die Forschung auf optischem Gebiete gefördert haben, geben die allgemeine Ansicht der Physiker wieder und es wäre leicht, die Zahl derartiger Aeusserungen noch zu vermehren; diese drei genügen jedoch, um entsprechend hervorzuheben, dass die Undulationshypothese von den Fachmännern hochgeschätzt wird. Dr. Schneid unterzieht dieselbe in seiner Naturphilosophie⁴⁾ einer scharfen Kritik, er erhebt daselbst Vorwürfe gegen sie, welche zwar theilweise berechtigt sind, jedoch weit über das berechtigte Mass hinausgehen, so dass dadurch schiefe Urtheile erzeugt und befestigt werden können. Es dürfte daher von Nutzen sein, diese Kritik Satz für Satz mit Anmerkungen zu versehen, um verschiedene Aeusserungen in das richtige Licht zu stellen. Da der Angriff in einem philosophischen Handbuch enthalten ist, so wird es nicht befremden, dass die Abwehr desselben in einer philosophischen Zeitschrift erfolgt.

¹⁾ Das Licht, zwölf Vorlesungen von George Gabriel Stokes, übersetzt von Dr. Otto Dziobek Leipzig. Barth. 1888. S. 55 f.

²⁾ Theoretische Optik. Braunschweig. Vieweg. 1885. S. 452.

³⁾ Handbuch der physiologischen Optik. 2. Aufl. Hamburg und Leipzig, Leop. Voss. 1886. S. 48.

⁴⁾ Naturphilosophie von Dr. Mathias Schneid. Paderborn. Schöningh. 1890. S. 74 f.

1. Man kann nichts dagegen einwenden, wenn gleich anfangs im allgemeinen bemerkt wird, dass die Lichttheorie „nicht frei von Schwierigkeiten ist“. Das stellen auch die Physiker nicht in Abrede, das anerkennen sie vielmehr selbst dadurch, dass sie dieselbe noch immer Hypothese nennen; denn wäre alle und jede Schwierigkeit beseitigt, dann würde man sie als eine These ausgeben, geradeso wie es mit der ehemaligen Copernicanischen Hypothese geschieht.

Es muss jedoch hier zugleich auch hervorgehoben werden, dass diese entgegenstehenden Schwierigkeiten früher und auch noch am Anfange unseres Jahrhunderts viel zahlreicher und gewichtiger waren, dass aber im Laufe der Zeit viele aus ihnen behoben, andere in ihrem Gewichte verringert wurden, dass überhaupt die Entwicklung dieser Theorie stetig voranschritt wie ein natürliches Wachsen, ohne alle Verkünstelung und ohne wesentliche Beeinträchtigung der anfänglichen Einfachheit. Näheres hierüber kann in jeder grösseren Geschichte der Physik ¹⁾ nachgesehen werden. Der Rückblick in die Entwicklungsgeschichte der optischen Wellentheorie, der Vergleich dieser Entwicklungsgeschichte mit jener der Copernicanischen Hypothese einerseits und der Ptolomäischen sowie der Emissionshypothese andererseits, dann die Umschau über das bereits Erreichte, das alles erfüllt die Physiker mit der berechtigten Hoffnung, dass auch die noch übrig gebliebenen Schwierigkeiten ihre Erledigung finden werden.

2. „Durch schwingende Aetheratome bleiben gerade die Hauptfragen über das Licht und seine Erscheinungen unbeantwortet“. (S. 74.) Behauptung gegen Behauptung. Die Hauptfragen oder die wichtigsten Erscheinungsgruppen, welche die optische Wellentheorie zu erklären hat, sind: geradlinige Fortpflanzung, Reflexion, Brechung, Interferenz, Beugung, Polarisation, Doppelbrechung, Farbenzerstreuung und Absorption des Lichtes; diese aber werden, wie jedes grössere Lehrbuch der Physik und jedes Handbuch der theoretischen Optik zeigt, befriedigend erklärt.

3. „Vor allem“, so fährt die Kritik fort, „müssen wir wieder eine Sinnestäuschung in den Kauf nehmen. Das, was wir als ruhende, gefärbte oder leuchtende Fläche sehen, soll eine undulirende Be-

¹⁾ Es bestehen zwei solche neuere Werke in deutscher Sprache: Die Geschichte der Physik von Aug. Heller (Stuttgart, Enke) und jene von Ferd. Rosenberger (Braunschweig, Vieweg). Die erste reicht bis gegen die Mitte unseres Jahrhunderts, die zweite geht bis in die 80er Jahre.

wegung sein. An die Stelle dessen, was wir sehen, tritt wieder etwas, was wir nicht sehen.“ (S. 74.)

Argumente, welche aus den sogenannten Sinnestäuschungen abgeleitet werden, machen seit Annahme des Copernicanischen Welt-systems nicht mehr den Eindruck wie vordem. Ganz ähnlich könnte man ja auch sagen und hat man gesagt: „Mit der Doppelbewegung der Erde müssen wir eine Sinnestäuschung in den Kauf nehmen; die Sonne, welche wir in steter Bewegung sehen, soll in Ruhe sein, die Erde hingegen, an der wir keine Spur einer Bewegung wahrnehmen, soll sich unausgesetzt bewegen; an die Stelle dessen, was wir sehen, tritt etwas, was wir nicht sehen.“

Darauf wird man erwidern, dass in dieser astronomischen Frage der unmittelbare Sinneseindruck durch Verstandesschlüsse und durch Berücksichtigung weiterer Erfahrungsthatfachen erst richtig gedeutet werden müsse. — Gut, aber mit der optischen Frage verhält es sich ebenso. Die Physiker geben ihre fragliche Erklärung nicht infolge dessen, weil sie die Sinne vernachlässigen, sondern im Gegentheil infolge davon, dass sie zahlreiche und mannigfache Erfahrungen zu Rathe gezogen haben, wie die Lehrbücher zeigen, während ihr Kritiker beim ersten Sinneseindrucke stehen bleibt, wie die Anticopernicaner auch gethan haben.

Nebenher könnte noch bemerkt werden, dass das Argument von den Sinnestäuschungen hier schon von vornherein ausgeschlossen ist. Molekeln und Atome können ja nicht wahrgenommen werden, folglich auch ihre Einzelbewegungen nicht. Das Auge kann diese infra-mikroskopischen Dinge überhaupt gar nicht sehen, folglich kann es darüber auch nicht getäuscht werden. Für jene, welche mit Dr. Schneid dafür halten, dass die Molekeln mit dem Mikroskop wahrnehmbar sind¹⁾, mag diese Bemerkung werthlos sein; die Physiker aber und die Chemiker wissen nichts davon, dass die Molekeln durch das Mikroskop wahrgenommen werden können, und so ist die vorgebrachte Bemerkung zur Abwehr des gemachten Vorwurfes vollauf berechtigt.

4. „Dann sagt uns diese Theorie nicht, woher denn die Bewegung des Aethers kommt, welche Kraft ihn in Bewegung setzt,

¹⁾ „Diese kleinsten, wenigstens durch das Mikroskop noch wahrnehmbaren Theile nennt die Naturwissenschaft ‚Molecula‘ . . . So sind die kleinsten wahrnehmbaren Theile des Wasserstoffs und Sauerstoffs die constituirenden Moleküle des Wassers.“ So S. 26 der in Rede stehenden Naturphilosophie.

da er an sich träg ist.“ (S. 74.) — Bezüglich der Schallfortpflanzung könnte man ebenso fragen: Woher kommt denn die Bewegung der Luft (oder irgend welch' andern Schallmittels), welche Kraft setzt sie in Bewegung, da sie an sich träge ist? Die Bewegung der Luft kommt bekanntlich von der Bewegung des Schallerregers (der Saite, der Stimmgabel, der Glocke u. s. w.); ganz ebenso wird die Bewegung des Aethers von der Bewegung verursacht, welche sich im leuchtenden Körper vorfindet.

Uebrigens muss diese Frage ja auch der philosophische Gegner der Undulationstheorie beantworten; er vertritt die Lehre des hl. Thomas und diese stellt er S. 227 also hin: „Das Licht wird nach ihm (St. Thomas) verursacht durch die Bewegung und zwar eine, wie uns scheint, undulirende Bewegung.“ Als Träger der Lichtbewegung wird auch dort der Aether angenommen, freilich ein stetiger. Aber ist nicht auch der stätige Aether träge? Woher kommt also seine Bewegung?

5. Weiter heisst es: „Und wiederum vermag dieselbe nicht zu erklären, was die Ursache der verschiedenen Dichtigkeit des Aethers ist, wodurch die verschiedene Intensivität der Farben begründet sein soll . . .“ (S. 74.)

Dass die „verschiedene Intensivität der Farben“ aus einer Verschiedenheit der Aetherdichte erklärt werde, das ist aus den physikalischen Lehrbüchern nicht zu ersehen. Schon der Ausdruck „Intensivität der Farben“ ist den Physikern nicht geläufig. Zunächst möchte man vermuthen, er bedeute soviel als „Intensität der Farben“; aber diese wird ebenso, wie die Intensität der Töne, auf die Lebhaftigkeit der Bewegungen zurückgeführt¹⁾, $\frac{mc^2}{2}$ ist der mathematisch gefasste Grund dieser Intensität.

Was man durch „verschiedene Dichtigkeit des Aethers“ erklären wollte, war besonders die Brechung und die Farbenzerstreuung oder verschiedene Stärke der Brechung bei verschieden farbigem Licht. Doch diese Erklärungen gehören bereits der Geschichte an. In den letzten zwei Jahrzehnten wurden durch die Arbeiten von Boussinesq (1868), Sellmeyer, Helmholtz und Ketteler bessere an ihrer Stelle

¹⁾ „Die Intensität des objectiven Lichtes ist gleich zu setzen der lebendigen Kraft der Aetherbewegung, und diese bei einfarbigem, geradlinig polarisirtem Lichte proportional dem Quadrate der grössten Geschwindigkeit der Aethertheilchen.“ Helmholtz, Handb. d. physiol. Optik. 2. Aufl. S. 384.

eingeführt. Veranlassung zu diesem Wechsel der Ansichten war das genauere Studium der anomalen Dispersion. Man fand in den hierauf bezüglichen Versuchen den innigsten Zusammenhang zwischen Brechung und Reflexion einerseits und der Absorption andererseits. Diese Thatsache nahm man als Fingerzeig dafür, dass auch zwischen den Ursachen dieser Erscheinungen ein inniger Zusammenhang stattfinden müsse. Da man die Absorption füglich nur auf eine Umsetzung der Aetherbewegung in Körperbewegung zurückführen kann, so versuchte man auch die Brechungserscheinungen aus dem Einfluss der Körpermolekeln auf die Aetherwellen zu erklären. Die Versuche waren von Erfolg begleitet: Die auf diesem Wege erzielten Rechnungsergebnisse zeigten mehrfach eine bessere Uebereinstimmung mit den experimentellen Messungen, als es bis dahin der Fall war, wo man die Rechnung auf verschiedene Aetherdichtigkeit gegründet hatte.¹⁾ Diese letztere wird übrigens auch von den jetzigen Physikern nicht in Abrede gestellt, sie sehen nur keinen wesentlichen Factor der betreffenden Erscheinungen mehr hierin.²⁾

Es ist übrigens zu viel behauptet, wenn gesagt wird, dass die Physik „die Ursache der verschiedenen Dichtigkeit des Aethers . . . nicht zu erklären vermag.“ Die Physiker sagten oder sagen auch noch, dass der Lichtäther, welcher sich in den Poren der festen und flüssigen Körper befindet, eine grössere Dichte habe als derjenige, welcher die weiten Himmelsräume erfüllt. Zu Gunsten dieser Annahme spricht die bekannte Thatsache, dass Gase oft in grosser Menge von festen und flüssigen Körpern absorbirt d. h. in die Poren aufgenommen werden; dieses kann nämlich nicht geschehen, ohne dass die Gase daselbst eine grössere Dichtigkeit haben als ausserhalb im freien Zustande. Ein Liter Wasser kann z. B. bei Normaldruck (760 mm) und Normaltemperatur (0°) mehr als tausend Liter Ammoniak absorbiren.

Die Physiker können auch noch folgende Ueberlegung für sich geltend machen. Die Anziehung der sinnfälligen Materie ist durch mehrfache Erscheinungen sicher gestellt.³⁾ Eine Verfeinerung der Materie, d. i. die Verminderung der Masse, wird naturgemäss wohl eine Verminderung aber keine Aufhebung der Anziehung zur Folge haben; daraufhin nimmt man berechtigter Weise an, dass der hypo-

¹⁾ Vergl. Rosenberger, *Gesch. d. Phys.* III. S. 713–717.

²⁾ Ketteler, *Theoret. Optik.* S. 86. Anmerkung.

³⁾ Die Frage, was die Anziehung selbst schliesslich ist, bleibt hier ausser Spiel.

thetische Aether, diese feinste Materie, auch noch von der groben Materie der Körper angezogen werde; dass er folglich in den Poren der Körper etwas dichter sei, als ausserhalb derselben, dass noch specieller die einzelne Körpermolekel ähnlich eine kleine Aetherhülle um sich habe, wie die Erde eine Lufthülle hat und vermöge der Anziehung festhält, obgleich der Luft wie allen Gasen das Bestreben eigen ist, sich weiter auszubreiten und im unmessbaren Weltenraume sich zu zerstreuen.

Diese Bemerkungen können genügen, um den Vorwurf zurückzuweisen, dass man für die verschiedene Aetherdichtigkeit keinen Grund angeben kann — mag nun unter „Intensivität der Farben“ was immer zu verstehen sein.

6. „. . .; wie sie auch nicht angeben kann, wie blosser Bewegung von imponderablen Atomen die verschiedenen Erscheinungen des Lichtes in der Transmission, Absorption, Reflexion u. s. w. zu erzeugen vermöge.“ (S. 74.)

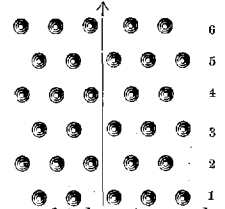
Auf diese Behauptung ist schon in n. 2. geantwortet worden; hier mag nur noch bemerkt werden, dass die Erklärungen der physikalischen Lehrbücher nicht mit so einer allgemeinen Verurtheilung abgethan werden können; das negative Urtheil muss begründet werden, etwa dadurch, dass wenigstens einige dieser üblichen Erklärungen zergliedert und das Fehlerhafte oder Unstichhaltige in denselben aufgezeigt werde. Unbegründete Behauptungen dürfen nach den Disputationsregeln einfach zurückgewiesen werden (quod gratis asseritur, gratis negatur).

7. „Ganz besonders erscheint die Fortpflanzung des Lichtes nach dieser Theorie unmöglich. Die Bewegung soll in lediglich transversalen Schwingungen von einem Atom auf das andere sich fortpflanzen. Aber wie vermag die verticale Bewegung des einen Atoms auf das andere überzugehen, welches zum ersteren sich in horizontaler Lage befindet? Das andere Atom würde vollkommen in Ruhe bleiben, da die Aetheratome, die nur Repulsivkraft haben, erst dann wirken, wenn andere Atome ihnen so nahe kommen, dass sie in Gefahr gerathen, ihren Raum nicht mehr behaupten zu können.“ (S. 74 f.)

Dieser Satz berührt eine Schwierigkeit, welche schon zur Zeit Fresnel's, der zuerst die Annahme transversaler Schwingungen machte, vielfach erörtert wurde und welche auch heute wieder von den Vertretern der sogenannten elektromagnetischen Lichttheorie aufgeworfen wird. Wer sich eingehender über diesen Gegenstand belehren will,

der findet Ausführlicheres hierüber in ‚Natur und Offenbarung‘, Aprilheft 1891. S. 203 ff.

Die Darlegung der Schwierigkeit in der Kritik ist nicht gerade gelungen, weder im Ausdruck noch im Inhalt; wie sie da vorgelegt wird, hätte sie nur für den idealen Fall Gewicht, wenn eine einzelne Reihe von Aetheratomen für sich allein in Betracht gezogen würde. Dieser Fall ist aber nur eine Abstraction, in Wirklichkeit ist ja jede Atomreihe von zahlreichen anderen Atomen umgeben. Dass aber unter diesen Umständen die behauptete Unmöglichkeit nicht besteht, kann mit Ersparung vieler Worte durch nebenstehende Figur, welche eine Anzahl benachbarter Aetheratome im Zustand des Gleichgewichtes darstellt, anschaulich gemacht werden.¹⁾ Wird durch irgend welche Ursache (die erste Ursache ist in der Lichtquelle zu suchen) die Atomschicht 1 nach links verschoben, aber so wenig, dass keine neue Gleichgewichtslage eintritt, dann kämen die Atome der Schichte 1 und 2 einander näher, als es dem normalen Zustande entspricht; die Folge davon ist, dass auch die Atome der zweiten Schicht zu einer Linksbewegung angeregt werden. Die Rechtsbewegung der Schicht 1 veranlasst ebenso eine Rechtsbewegung in 2. Der Einfluss von 2 auf 3, von 3 auf 4 u. s. w. ist derselbe, wie der von 1 auf 2; es pflanzt sich eine Lichtwelle in Richtung des Pfeiles fort und die Elementarbewegungen geschehen transversal zur Fortpflanzungsrichtung.



Wenn sich auch der Physiker nicht anheischig machen kann, jede Einzelheit dieser Aetheratombewegungen völlig klarzulegen und als naturnothwendig zu erweisen, so ist durch das Gesagte doch soviel dargethan, dass die vom Gegner behauptete Unmöglichkeit selbst in dem Falle nicht sichergestellt werden kann, wenn „der Aether nur Repulsivkraft hat“. Nun ist aber das nicht einmal die allgemeine Ansicht unter den Physikern, sie verliert sich sogar mehr und mehr. Früher hat man auch den Gasen abstossende Kräfte zugeschrieben, durch die neuere Gastheorie wurde die ohnehin etwas widerhaarige Hilfshypothese beseitigt; seitdem die Abstossung der Gase, als eine besondere Qualität ihrer Molekeln, aus den Vorstellungen der Physiker verschwunden ist, musste auch die Abstossung der Aetheratome frag-

¹⁾ Ueber das Verhältniss von Grösse und Abstand der Atome will die Figur gar nichts aussagen; man kann sich die Punkte beliebig nahe aneinander denken.

lich werden. Und sie wird es unsomehr, je mehr die Vermuthung Boden gewinnt, dass die chemischen Atome selbst wieder zusammengesetzt sind, dass alle aus einem und demselben Urstoff, als welchen man den hypothetischen Lichtäther ansieht, entstanden sind. Denn es geht füglich doch nicht an, den Körperatomen Anziehung zuzuschreiben und den sie bildenden Aetheratomen Abstossung.

Legt man aber dem Aether anziehende Kräfte bei, dann entfällt die vorgebrachte Schwierigkeit auch im idealen Falle einer einzelnen Atomreihe.

Die theoretischen Optiker lassen diese Detailfragen meist dahingestellt und bemerken nur, dass eine Störung des Gleichgewichtes an einer Stelle sich im elastischen Medium fortpflanze infolge der anziehenden oder abstossenden Kräfte, welche zwischen den kleinsten Theilchen des Aethers wirksam sind.¹⁾

Es ist zu viel behauptet, wenn gesagt wird, dass sich nach Ansicht der Physiker die Aetherbewegung „in lediglich transversalen Schwingungen von einem Atom auf das andere fortpflanze.“ Der Forderung der Physiker wird genügt, wenn die Bewegung der Aetheratome eine transversale Componente enthält und eine etwaige longitudinale Componente bald erlischt oder keine merkliche Empfindung hervorruft, weil das Auge vielleicht hiefür gar nicht eingerichtet ist. Den Vorgang kann man sich etwa so vorstellen, wie er bei den Wasserwellen, auch Transversalwellen, wirklich stattfindet. Eingestreutes Bernsteinpulver zeigt augenfällig, dass die kleinsten Theilchen in der Wasserwelle kleine Kreise oder Ellipsen beschreiben, deren Ebenen in der Fortpflanzungsrichtung liegen. Aehnlich denken sich's manche Physiker auch beim Aether z. B. Alb. Mousson (Physik 3. Aufl. II. S. 474 ff); meist sprechen sie aber nur von der Transversalbewegung, weil sie durch unausweichliche Folgerungen aus den Polarisationserscheinungen dahin geführt werden, und lassen die weitere Detailmechanik unerörtert, weil das vorliegende Beobachtungsmaterial noch nicht hinreichende Anhaltspunkte zu einer

¹⁾ Cauchy nahm Aetheratome an, welche „anziehend oder abstossend auf einander wirken“. (Verdet-Exner, Wellentheorie des Lichtes. II. S. 2.) Dieselbe Annahme macht Ketteler, ein vorzüglicher Kenner und Förderer der optischen Wellentheorie in der Gegenwart. (Theoret. Optik. S. 85. § 35. n. 1. — Das angesehene physikalische Wörterbuch von Gehler hebt im Bd. 9 S. 1490 (unten) die Anziehung der Aetheratome hervor, anderwärts z. B. S. 1302 Z. 15 die Repulsivkraft.

unanfechtbaren Weiterbildung der Hypothese in dieser Richtung an die Hand gibt.

8. In einer Anmerkung S. 74 wird gesagt: „Cornoldi beweist . . . , dass die mechanische Fortpflanzung des Lichtes durch Aetherschwingung den obersten Sätzen der Mechanik widerspricht.“ — Es fragt sich nur, ob der Beweis auch gelungen ist.¹⁾ Von vornherein möchte man geneigt sein, dieses zu bezweifeln und zwar schon aus dem rein äusseren Umstande, dass diese Widersprüche hier, in der Kritik der Undulationshypothese, wo sie ganz besonders an ihrem Platze gewesen wären, nicht dargelegt, ja nicht einmal näher angedeutet werden. Da der Beweis selbst nicht vorliegt, so kann auch sein Werth nicht abgewogen werden, aber der Auctorität lassen sich andere gewiss hier nicht minderwerthige Auctoritäten entgegenstellen.

Fresnel's Zeitgenossen, unter ihnen Laplace, Arago und Poisson, hielten ebenfalls die transversalen Aetherschwingungen für eine mechanische Unmöglichkeit; Fresnel selbst vertheidigt sie anfangs nur schüchtern, bald aber mit Entschiedenheit und mit soviel Glück und Geschick, dass man sie nicht mehr als mechanisch unmöglich ansah; wegen der vielen und guten hieraus fliessenden Erklärungen nahm man sie als berechnete Weiterentwicklung der Wellentheorie allgemein an und hielt sie bis heute fest. Die Vertreter der elektromagnetischen Lichttheorie greifen jetzt diese Schwierigkeit wieder auf, sie richten aber ihre Angriffe nicht gegen die Transversalität der Elementarbewegungen, sondern dagegen, dass die Elasticität des Aethers die nächste Ursache derselben sei; sie halten nämlich dafür, die Bewegung der Aetheratome werde zunächst durch elektromagnetische Kräfte bewirkt.

Näheres über Fresnel und seine Gegner ist zu finden z. B. in Rosenberger's ‚Gesch. d. Phys.‘ III. S. 184 und 188. Die zuletzt angegebene Stelle mag auch hier einen Platz finden. „Poisson bewies in dem 22. Bande der ‚Annales de chimie et de physique‘, dass nach den bisherigen Vorstellungen von einer elastischen Flüssigkeit alle Schwingungen derselben normal zur Wellenfläche sein müssten und nicht in tangentialer Richtung stattfinden könnten, dass alle Transversalschwingungen, vielmehr neue

¹⁾ Was Alles „bewiesen“ wird! Hat vor Kurzem ein italienischer Philosoph auch „bewiesen“, dass der Satz vom Kräfteparallelogramm ein Irrthum, ja sogar „un grande assurdo“ sei. (Giuseppe Casazza, Il teorema del parallelogramma delle forze dimostrato erroneo. Brescia. Salvoldi. 1890.)

Kräfte in dem Aether erforderten. Fresnel aber zeigte in dem 23. Bande derselben Zeitschrift, dass Poisson in der That seine Vorstellung vom Aether und der Elasticität desselben corrigiren könne, dass man dem Aether ebenso gut die elastischen Eigenschaften eines festen Körpers, als die einer Flüssigkeit beilegen dürfe, und darnach kamen auch die mathematischen Physiker zur Einsicht von der Möglichkeit der Transversal-schwingungen.“

9. „Es haben auch“, so schliesst die Kritik, „bis in die neueste Zeit viele Physiker der Undulationstheorie deswegen widerstanden, weil sie nach derselben gewisse Lichterscheinungen durchaus nicht erklären zu können glaubten, wie z. B. die Farbenzerstreuung des gebrochenen weissen Strahles. Dieser Farbenfächer erfordere nothwendig die Continuität der Masse.“

Ich fange die Besprechung mit dem letzten Satz an und frage: Warum fordert denn der Farbenfächer die Continuität der Masse? Mit einer einfachen Behauptung kann die in den Lehrbüchern allgemein übliche Annahme eines atomistischen Aethers und atomistischer Materie überhaupt nicht abgefertigt, auch nicht ernstlich behelligt werden. Oder sollte etwa ein Schluss von der Continuität des Farbenfächers auf die Continuität der Materie angedeutet sein? Dann liesse sich die Waffe auch umkehren, denn ununterbrochen ist ja der Fächer nur bei minder sorgfältiger Herstellung; wird das Sonnenspectrum mit grösserer Sorgfalt entwickelt und mit bewaffnetem Auge betrachtet, dann ist es von vielen hundert und tausend dunklen Linien durchquert. Dürfte man hier nicht mit gleichem Rechte sagen: Dieser endlos zertheilte Farbenfächer weist nothwendig auf eine ungeheure Zerthciltheit der Materie hin? Es kann keiner der beiden Schlüsse irgend einen Werth beanspruchen.

Der aufgestellten Behauptung kann diese andere entgegengestellt werden: in etwas grösseren physikalischen Lehrbüchern wird die Erklärung der Farbenzerstreuung gegeben; dieselbe ist vielleicht noch nicht zwingend, aber ihre Zulässigkeit und innere Wahrscheinlichkeit kann vernünftiger Weise nicht in Abrede gestellt werden.

Der angeführten Behauptung muss dann auch noch die Frage entgegengestellt werden, wie denn bei Annahme einer stetigen Materie der Farbenfächer besser erklärt wird. Die einfach hingeworfene Behauptung hat noch nicht den Werth einer Erklärung, diese muss in die Einzelheiten der Erscheinung eingehen und klarlegen, dass und

wie sie aus der Annahme einer stetigen Materie folgen. Wo ist denn diese bessere Erklärung zu finden? Wenn aber eine solche vielleicht gar nicht besteht (es hätte ja sonst doch darauf verwiesen werden sollen), wie kann man behaupten, dass eine ungekannte Erklärung besser sei als die vorliegende der physikalischen Lehrbücher?

Dass „bis in die neueste Zeit viele Physiker der Undulationstheorie widerstanden haben“, ist eine starke Uebertreibung. Am Anfang unseres Jahrhunderts war die Mehrzahl der Physiker noch gegen sie, durch die theoretischen und experimentellen Arbeiten Fresnel's von 1815 bis 1826, welche Cauchy in den 30er und 40er Jahren noch theilweise vervollständigte, wurde in den Anschauungen der Physiker ein vollständiger Umschwung bewirkt und die Undulationstheorie fand allgemeine Aufnahme. Die Berufung auf unbekannte und ungenannte „viele Physiker“ ist ohne Werth und Gewicht, die Geschichte der Physik weiss nichts von einer beachtenswerthen Gegnerschaft seit der Mitte unseres Jahrhunderts. Ein oder der andere vereinzelte Gegner verschwände auch neben der Allgemeinheit und bliebe unberücksichtigt. Es gibt ja auf allen Gebieten Leute, die ihre besonderen Schrullen haben, die lässt man aber auch auf allen Gebieten ruhig ihre eigenen Wege allein gehen.¹⁾

In der neuesten Zeit stellen manche Physiker die elektromagnetische Lichttheorie der bisher üblichen entgegen; hiebei handelt es sich aber nicht um die Frage, ob Undulationstheorie oder nicht, sondern darum, ob elastische oder elektromagnetische Kräfte die nächste Ursache der Aetherbewegungen sind.

10. In einer Anmerkung S. 75 wird auf eine Kritik der jetzigen Lichttheorie von Ulrici hingewiesen. „Er kommt zu dem Resultat“, heisst es, „dass die Undulationstheorie noch keineswegs exact wissenschaftlich festgestellt ist.“ Durch diesen Ausspruch wird Ulrici (der übrigens als Physiker keinen Namen hat) noch ganz und gar nicht als Gegner der Undulationstheorie gekennzeichnet.

¹⁾ So ist mir bekannt, dass ein noch activer Universitätsprofessor in seinen Vorlesungen über Physik die Undulationstheorie des Lichtes nur eine zweckdienliche Schablone für unsere Vorstellungen nennt. Es ist das eine Erneuerung des ältesten und allerersten Begriffes der Hypothese. In ganz ähnlicher Weise haben im 17. Jahrhundert die Anticoperniceaner auch behauptet, dass die Doppelbewegung der Erde um ihre eigene Axe und um die Sonne eine sehr nützliche Fiction sei, weil hiedurch die astronomischen Rechnungen bedeutend abgekürzt werden.

Denn was „exact wissenschaftlich fest steht“, das ist keine Hypothese mehr, sondern These; alle besonnenen Physiker aber stellen die Wellentheorie des Lichtes nur als Hypothese hin, die zwar schon einen sehr hohen Grad von Wahrscheinlichkeit, jedoch noch nicht absolute Gewissheit erlangt hat.

Um verschiedene Aussprüche der Physiker richtig zu beurtheilen und besonders um nicht alsbald einen Widerspruch zwischen ihnen zu vermuthen, wenn einer mit etwas grösserer Zuversicht von der optischen Wellentheorie spricht, ein anderer dagegen etwaige Schwächen und Schwierigkeiten derselben hervorhebt, ist es nothwendig, mehrere Theile dieser Hypothese gut auseinander zu halten.

Man kann in der Undulationshypothese drei Theile unterscheiden: a) die Annahme, dass die Lichtfortpflanzung eine wellenartige ist; b) die Annahme, dass die elementaren Bewegungen transversal zum Wellenstrahl geschehen; c) Annahmen bezüglich der weiteren Einzelheiten bei dieser Bewegung der kleinsten Theilchen, man könnte das etwa die Klein- oder Molecularmechanik der Wellenbewegung nennen.

Die erste Annahme hat einen Grad von Wahrscheinlichkeit erreicht, der sich von Gewissheit kaum noch unterscheidet; unter den Physikern besteht hierüber keine Meinungsverschiedenheit mehr, sie sind hievon ebenso fest überzeugt als von der Wellennatur der Schallfortpflanzung, die wohl Niemand bezweifeln wird. Mehrere Erscheinungsgruppen, wie die Interferenz- und Beugungserscheinungen, können aus der ersten Annahme allein schon erklärt werden ohne näheres Eingehen in die Kleinmechanik. Diese Erklärungen sind klar, sicher und streng folgerichtig, sie gehören zu den besten, welche die Physik überhaupt zu geben vermag, und stehen insbesondere den analogen akustischen gar nicht nach. Sie sind wohl mehr oder weniger noch verbesserungsfähig, wie ja auch die astronomischen Erklärungen Newton's und selbst die Beweise mathematischer Sätze im Laufe der Zeit verbessert wurden, aber wesentlich überzeugungskräftiger werden sie wohl nicht mehr werden.

Die zweite Annahme und die hierüber aufgebauten Erklärungen der verschiedenen Fälle von Polarisation stehen nicht viel nach, aber da sie doch schon etwas in die Kleinmechanik hinüber greifen, so fehlt die allseitige Gewissheit und es zeigt sich noch eine Meinungsverschiedenheit hinsichtlich der Frage, ob die Schwingungen der

Aetherelemente in die Polarisationssebene des Lichtstrahles fallen oder hiezu senkrecht stehen.¹⁾

Wo aber zu den Erklärungen die Atomhypothese, weitere Einzelheiten der Aetherhypothese, die noch in ihren Anfängen steht, oder der Einfluss der Körperatome auf die Lichtwelle, kurz die kleineren Einzelheiten der Wellenbewegung herangezogen werden müssen, da vermisst man bald mehr, bald weniger die Vollkommenheit in den Erklärungen, man sieht nicht immer, dass die Erscheinung naturnothwendig aus der Hilfsannahme folgen muss, dass eine zweite oder dritte Hilfsannahme nicht auch möglich wäre; es treten Meinungsverschiedenheiten zu Tage, es verbleiben ungelöste Fragen oder Dunkelheiten, welche den Eindruck von Schwierigkeiten machen. Aber man bedenke, dass auch in der akustischen Undulationstheorie, deren Wahrheit doch wohl Niemand mehr ernstlich bezweifelt, noch manche Frage der Kleinmechanik unerledigt ist. Auch die Astronomie kann über einige Unregelmässigkeiten in den Bewegungen unseres Mondes und des Planeten Merkur keine genügende Aufklärung geben, ohne dass hiedurch das Copernicanische Weltsystem etwas an Gewissheit verlöre.

Wenn nun auch die Erklärungen oder Theile hievon, welche in die dritte Gruppe hineinschlagen, nicht jene volle Ueberzeugungskraft haben, wie sie besonders den Erklärungen der ersten Gruppe zukommt, so sind sie doch sowohl in ihren Grundlagen wie in ihren Ausführungen sehr wahrscheinlich. Gelingt es, diesen dritten Theil soweit zu fördern, wie es der erste und zweite bereits sind, dann ist die Undulationshypothese des Lichtes ebenso gut eine Gewissheit, wie es die Copernicanische Hypothese nach den Arbeiten Newton's war.

Die erste Annahme bildet den Kern der Undulationshypothese, von ihr ist auch die Benennung genommen; sie bestand schon lange, bevor die zweite aufgestellt wurde, nun bildet aber auch diese einen wesentlichen Theil der Undulationstheorie. Die Annahmen der dritten Gruppe sind seit Fresnel schon verschiedentlich abgeändert worden und können das auch noch in Zukunft werden, ohne dass hiedurch das Wesen der Hypothese beeinträchtigt würde.

11. Dr. Schneid entwickelt die von ihm selbst vertretene Ansicht über das Licht S. 226 f. seiner Naturphilosophie. Darnach ist

¹⁾ Durch Versuche der neuesten Zeit scheint diese Frage entschieden zu sein. Vergleiche die Zeitschrift „Natur und Offenbarung“. 1891. S. 365.

die Lichtfortpflanzung eine wellenartige (das ist auch der Kernpunkt der Undulationstheorie) und wird als Träger der Lichtwellen ein besonderer Lichtäther angenommen, aber im Gegensatz zu den Physikern ein stetiger. Ohne Eingehen in irgend welche Erklärungen wird die Auseinandersetzung abgeschlossen wie folgt: „Da beim Aether eine sehr geringe Stoffmasse die grösste Ausdehnung besitzt, so ist dieses continuirliche Aethermeer leicht beweglich und vermag deshalb die Bewegungen des Lichtes in grösster Schnelligkeit überallhin zu verbreiten und fortzupflanzen. Durch die Annahme eines continuirlichen Aethers von der genannten Beschaffenheit sind wir der sowohl der Mechanik als der Philosophie widersprechenden Oscillationen der Aetheratome überhoben.“ (S. 227.)

Der behauptete Widerspruch kann nicht bewiesen, auch nicht wahrscheinlich gemacht werden, und dass die Annahme eines stetigen Aethers derjenigen eines atomistischen überlegen sei, ist auch nicht begründet, sondern nur behauptet. Wenn dem wirklich so wäre, wie Dr. Schneid meint, dann müsste es doch recht auffallend erscheinen, dass die Physiker diese ganz nahe liegende Annahme nicht auch machen, sondern ihren Erklärungen und Berechnungen allgemein einen atomistischen Aether zu Grunde legen. Diese Thatsache deutet doch darauf hin, dass in der Annahme eines stetigen Aethers ebenfalls Schwierigkeiten liegen müssen, die nicht so leicht zu überwinden sind.¹⁾ Die allgemeine Behauptung, dass sich bei dieser Annahme die optischen Erklärungen viel glatter abwickeln, kann dem Physiker nicht genügen, es müssen die verschiedenen Erklärungen auf Grund dieser Annahme auch wirklich in allen Einzelheiten durchgeführt werden. Sollte sich einmal klar herausstellen oder sollte es auch nur wahrscheinlicher werden, dass die Annahme eines stetigen Aethers besser entspricht, als die eines atomistischen, dann werden die Physiker unschwer dem Meinungswechsel sich unterziehen.

12. Es wurde gleich eingangs bemerkt, dass sich in der Wellentheorie des Lichtes noch Schwierigkeiten vorfinden; dieselben können aber die Hypothese nicht mehr wesentlich beeinträchtigen. Zur Rechtfertigung dessen berufe ich mich auf einen Grundsatz, der viel-

¹⁾ In der Geschichte der Physik von Rosenberger findet sich (III. 247 f.) die Bemerkung, dass Poisson, ein hervorragender mathematischer Physiker und anfänglich, aber nur auf kurze Zeit, Gegner der transversalen Aetherschwingungen, durch seine theoretischen Studien, besonders über Optik, von der Stetigkeits-hypothese weg- und zur atomistischen Hypothese hingeführt wurde.

jach Verwendung findet und den auch Dr. Schneid bei einer triftigen philosophischen Schwierigkeit zu seinen Gunsten verwendet. Da, wo die „eductio der Form aus der Potenz der Materie“ besprochen wird, heisst es: „Aber wir bemerken, dass die Schwierigkeit, und wenn sie auch noch so gross ist, uns nicht abhalten darf, eine Lehre anzunehmen, wenn anders die Gründe, die dafür sprechen, stichhaltig sind. Je tiefer und übersinnlicher eine Wahrheit ist, desto schwieriger ist sie zu erfassen. Wollte man aus diesem Grunde eine Wahrheit verwerfen, so müssten wir gerade die wichtigsten Wahrheiten zurückweisen. Was ist schwerer zu begreifen als die Ewigkeit Gottes oder die Schöpfung aus Nichts? Wer vermag klar zu machen, was die Zeit ist oder wie die Mittheilung der Bewegung sich vollzieht? Und doch sind uns all' diese Wahrheiten gewiss.“ (S. 109.)

Diesen Grundsatz mit sammt seinen Erläuterungen kann sich auch der Physiker aneignen, denn er ist ja allgemein gültig. Dass die gegen die Undulationstheorie des Lichtes vorgebrachten Schwierigkeiten nicht gleichwerthig sind mit Widersprüchen oder mechanischen Unmöglichkeiten, das wurde im Vorausgehenden hinreichend gezeigt. Die Gründe aber, welche positiv für jene Theorie sprechen, sind mannigfach und stichhaltig. Jede Erklärung einer Naturerscheinung, welche aus einer Hypothese fliessen, ist ein Grund für letztere und vermehrt ihre Wahrscheinlichkeit. Die optische Wellentheorie erklärt die ihr zufallenden Erscheinungen in befriedigender Weise und lässt keine bedeutendere aus ihnen unerklärt. Das ist die Ueberzeugung der Physiker und diese kann nicht durch allgemein gehaltene Vorwürfe, sondern nur dadurch angefochten werden, dass die Erklärungen der Lehrbücher einzeln vorgenommen und das Unstichhaltige derselben genau aufgezeigt wird. So lange dieses nicht geschieht, behaupten die Physiker, dass ihre Erklärungen und damit ihre Gründe für die Wellentheorie des Lichtes stichhaltig sind. Daraufhin sind sie berechtigt, den nach Dr. Schneid citirten Grundsatz auch für ihr Handeln in Anspruch zu nehmen und an der optischen Wellentheorie festzuhalten trotz etwaiger Schwierigkeiten, die man dagegen noch vorbringen kann.