

## Über den Druck des Lichtes.

Die Interferenzerscheinungen des Lichtes haben in klarer Weise die **Einleitung.** Theorie Huyghens bestätigt, daß das Licht eine Wellenbewegung sei. Nur durch Superposition zweier Wellenzüge kann unter ganz bestimmten Umständen, Licht mit Licht vereinigt, Dunkelheit geben.

Die Erscheinungen der Polarisation zeigen, daß die Schwingungen in der Lichtwelle transversal zur Fortpflanzungsrichtung erfolgen. Bei allen diesen Erscheinungen steht der polarisierte Lichtstrahl normal auf die Polarisationsebene. Dabei ist die willkürliche Annahme gemacht, daß der durch das Kristall durchgegangene Lichtstrahl parallel zur Hauptachse des Kristalls schwinde. Aber auch bei entgegengesetzter Annahme läßt sich folgern, daß die Schwingungen des Lichtes in der Polarisationsebene erfolgen, was aber der Annahme Fresnels widerspricht.

Diese Schwierigkeit zu lösen und zu entscheiden, daß die Lichtschwingungen senkrecht zur Polarisationsebene erfolgen, ist erst Maxwell durch Aufstellung seiner elektromagnetischen Lichttheorie gelungen. Wenn das Licht, wie im folgenden des näheren begründet werden soll, auf einer elektromagnetischen Welle beruht, so müssen in der Lichtwelle die magnetischen Oszillationen in der Polarisationsebene, die elektrischen Schwingungen normal darauf erfolgen. Es wurde durch Versuche gezeigt, daß an den Knotenpunkten der elektrischen Welle die photographische Wirkung ein Minimum sei; an diesen Stellen sind aber die Schwingungsbäuche der magnetischen Welle. Daher sind die elektrischen Schwingungen chemisch die wirksamsten. Die Lichtwirkung im Auge ist ein chemischer Prozeß, folglich sind die elektrischen Strahlen auch optisch die wirksamsten.

In den Lichtstrahlen schwingen somit die Ätherteilchen normal zur Polarisationsebene.

Im Jahre 1865 erschien über das Wesen der Elektrizität eine Theorie **Wirbel-** von Hankel, in welcher angenommen wird, daß auf der Oberfläche eines **theorie.**

jeden Körpers, der mit freier Elektrizität geladen wird, in allen Punkten der Oberfläche des Körpers kleine, kreisförmige Schwingungen, Wirbel, entstehen, welche von einer großen Anzahl von Ätherteilchen unter gewisser Teilnahme der Körpermoleküle ausgeführt werden. Die Schwingungen sind als stehende zu denken; durch Vermittlung des umgebenden Äthers werden sie weiter fortgepflanzt, wobei durch die Spannkraft des Äthers Anziehungen und Abstoßungen entstehen. Durch Isolatoren gehen diese Schwingungen wie Lichtstrahlen durch Glas hindurch; wenn sie aber auf elektrizitätsleitende Körper stoßen, so erzeugen sie an diesem Wirbel, welche auf der zugewendeten Seite entgegengesetzte, auf der abgewendeten Seite gleiche Richtung zeigen. Bilden die in einem Querschnitte liegenden Ätherteilchen unter Beteiligung der ponderablen Masse einen Wirbel, der in gemeinsamer Rotation um die Achse eines Drahtes ist und sich im gleichen Sinne längs des Drahtes fortpflanzt, so entsteht dadurch der galvanische Strom. Die Erscheinungen im polarisierten Medium bedingen die Annahme, daß die Fortpflanzungen der elektrischen Störung als vermittelt und von Zeit und Medium abhängig anzusehen ist.

**Maxwells  
Licht-  
theorie.**

Diese Art der Ausbreitung einer elektrischen Welle hat J. Clerk Maxwell seiner weitumfassenden mathematischen Theorie der Elektrizität und des Magnetismus in seinem Werke: 'A treatise on electricity and magnetism' zugrunde gelegt.

Er hat die durch Faraday begründete neue Anschauung über das Wesen der Kraft zur vollen Geltung gebracht. Dadurch wurde das Gebäude der Imponderabilien gestürzt; an ihre Stelle trat der Begriff der Kraftverwandlung. Anknüpfend an Faradays Vorstellung über das Wesen des Dielektrikums nimmt Maxwell an: Jeder elektrische Körper versetze das ihn umgebende Medium, welches den ganzen Raum erfüllt, in einen Spannungszustand, der durch den Verlauf der nach Faraday ausgesendeten Kraftlinien definiert ist. Dieser Spannungszustand wirke in der Richtung der Kraftlinien als Zug, normal darauf als Druck.

Werden in einem unbegrenzten Dielektrikum alle Elemente ein und derselben Ebene im gleichen Sinne polarisiert, so daß jedem Elemente ein elektrisches Moment erteilt sei, der Größe nach gleich, der Richtung nach einer in dieser Ebene liegenden Geraden parallel, so kann ein solches Medium, sich selbst überlassen, diesen Zustand nicht erhalten, da jede elektrische Polarisation zu ihrer Erhaltung einer äußeren Kraft bedarf. Es müssen also die elektrischen Momente verschwinden. Dabei üben sie auf die umliegenden Teilchen elektrostatische und elektrodynamische Wirkungen aus; die Folge davon ist eine wellenartige Ausbreitung der elektrischen Polarisation. Ist das Mittel gleichzeitig magnetisierbar, so ist die elektrische Verschiebung mit einer magnetischen Polarisation verbunden. Jeder Wechsel der magnetischen Polarisation wirkt wie ein galvanischer

Strom; daher müssen die magnetischen Kräfte und die ihnen entsprechenden magnetischen Verschiebungen normal zu den elektrischen stehen und in derselben Ebene liegen.

Die weitere Entwicklung der Maxwell'schen Gleichungen zeigte, daß die elektromagnetische Störung transversaler Natur sei. Diese Wellen sind aber nicht so beschaffen, wie Wasser- oder Seilwellen, sondern elektrische und magnetische Polarisationen, welche an demselben Orte mit der Zeit bald schwächer, bald stärker ausgebildet sind und die bei ungeschwächter Erregung in zu- und abnehmender Intensität gleichzeitig über die verschiedenen Punkte des Strahles ausgebreitet sind; Wellen, ähnlich wie die Schallwellen, bei denen Verdünnungen und Verdichtungen aufeinander folgen.

Da die Eigenschaften der Körper nur quantitativen Messungen zugänglich sind, trachtet Maxwell für einige Eigenschaften des Mediums numerische Werte zu gewinnen.

Er berechnet die Geschwindigkeit, mit welcher sich eine elektromagnetische Störung fortpflanzt und findet dieselbe gegeben durch

$V = \frac{1}{\sqrt{\kappa \mu}}$ , worin  $\kappa$  die spezifische Kapazität für elektrostatische Induktion ist,  $\mu$  die magnetische Permeabilität bedeutet. Im elektrostatischen Maß-

system ist für Luft  $\kappa = 1$ ,  $\mu = \frac{1}{y^2}$ , wenn  $y$  die Anzahl der elektrostatischen Einheiten bedeutet, welche die elektromagnetische Einheit in sich faßt.

Daher ist für Luft  $V = y$ . Im elektromagnetischen Maßsystem ist  $\kappa = \frac{1}{y^2}$ ,  $\mu = 1$  unter denselben Verhältnissen. Daher auch  $V = y$ .

Es ist aber  $y = \frac{e \text{ stat.}}{e \text{ mag.}} = 30\,000\,000\,000$  von der Dimension [ $cm \text{ sec}^{-1}$ ]; dieser Betrag, der die Dimension einer Geschwindigkeit hat, der Größe nach der Geschwindigkeit des Lichtes äquivalent ist, wurde rein experimentell bestimmt.

Die schon Faraday bekannte Erscheinung der Drehung der Polarisationssebene des Lichtes durch Magnetismus konnte Maxwell nur bestärken, daß der oben gefundene Wert für die Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Welle:  $V = 300\,000 \text{ km/sec}$  nicht zufällig dem Werte für die Lichtgeschwindigkeit gleichkomme. Für Maxwell war Licht- und elektromagnetische Welle qualitativ dasselbe.

Daran knüpft sich des weiteren die Vorstellung, daß der den leeren Raum und alle Körper durchdringende Äther Träger sowohl der elektromagnetischen, als auch der Lichtschwingungen sei. Für diese Anschauung ergibt sich eine weitere Prüfung, wenn man die Lichtgeschwindigkeit in verschiedenen Körpern berechnet. In der Optik ist der Brechungsquotient:



$n = \frac{C_m}{V}$ , das Verhältnis der Lichtgeschwindigkeit im betreffenden Medium zu der im luftleeren Raume; für die elektromagnetische Welle ist  $V = \frac{C_m}{\sqrt{\kappa\mu}}$ , wobei  $\kappa$  für den leeren 1 ist. Daraus folgt  $n^2 = \kappa$ , d. h. die dielektrische Kapazität des Mediums ist gleich dem Quadrate des Brechungsquotienten. Dieses Gesetz wurde schon für einige Körper experimentell bestätigt.

Der Licht-  
druck.

Aus der elektromagnetischen Lichttheorie, die erst Heinrich Hertz 1888—1889 durch seine berühmten Versuche über Reflexion, Brechung, Beugung und Polarisation der elektrischen Wellen bestätigte, hat schon Maxwell die Tatsache abgeleitet, daß Lichtstrahlen auf die Oberfläche der Körper einen Druck ausüben, der durch die Energiemenge in 1  $cm^3$  der Strahlung gegeben ist.

Wenn durch irgendeine Kraft elektrischer Natur in jedem Teilchen eines Dielektrikums eine Scheidung der Elektrizitäten bewirkt wird, so bringt dies dieselbe Wirkung hervor, als ob ein galvanischer Strom durch das Medium hindurchginge. Es müssen daher in der Umgebung der Teilchen magnetische Kräfte auftreten; diese bedingen eine elektrische Polarisation usf.

Man denke sich das Dielektrikum in kleine Würfel zerlegt, auf welche an der Vorderfläche eine elektrische Welle so auftreffe, daß die dadurch bewirkte Polarisation die vordere Fläche + elektrisch erscheinen lasse; dann muß die rückwärtige Fläche jedes Würfels — elektrisch erscheinen. Dieser Zustand entspricht aber einem elektrischen Strome, der von der rückwärtigen Fläche nach vorne fließt. Dieser Verschiebungsstrom erzeugt wie ein galvanischer Strom magnetische Kraftlinien, die an der Vorderfläche im positiven Sinne verlaufen.

Betrachtet man diese Würfel nebeneinandergestellt, so sieht man, daß sich die Wirkungen im Innern des Dielektrikums aufheben und schließlich nur eine von rückwärts nach vorne verlaufende elektrische und eine normal dazu von rechts nach links wirkende magnetische Kraft übrig bleibt,

In einem bestimmten Zeitmomente herrsche der oben geschilderte Zustand im Punkte *A*. Ändert sich nun in der vorderen Schicht des Dielektrikums der Polarisationsstrom, so pflanzt sich diese Änderung in einer Zeit  $\tau^{sec}$  bis *B* fort, und zwar in einer Welle mit der Fortpflanzungsrichtung *AB*.

Da sich aber jetzt Pole mit gleichbezeichneter Ladung gegenüberstehen, so muß das Bestreben der Abstoßung bestehen. Das Dielektrikum ist in einen Zwangszustand versetzt.

Ein Lichtstrahl, der auf eine solche Fläche des Dielektrikums auffällt, erfährt eine Abstoßung, die numerisch gleich ist dem Gegendruck

des Lichtstrahles. Die Größe dieses Druckes hat Maxwell auf diese Weise aus dem im Dielektrikum herrschenden Zwange berechnet.

Der in der Richtung der Fortpflanzung einer Welle ausgeübte Druck ist nach einer früheren Bemerkung gleich der an dieser Stelle vorhandenen, auf die Volumseinheit bezogenen Energie. In einem Isolator beträgt diese im elektrostatischen Maße gemessen  $E_{st.} = \frac{k P^2}{8 \pi}$ ; ( $P =$  elektromotorische Kraft). Die auf die Volumseinheit bezogene elektrodynamische Energie  $E_z = \frac{\beta^2}{8 \pi \mu}$ ; ( $\beta =$  magnetischer Induktionskoeffizient).

Berechnung  
des Licht-  
druckes  
nach Max-  
well.

Für ein und dasselbe Medium ist  $E_{st.} = E_z$ . Daraus folgt, daß die ganze innere Energie zu gleichen Teilen (ein Teil sei  $p$ ) elektrostatischer und elektrokinetischer Energie geteilt ist. Infolge der elektrostatischen Energie wirkt an der Stelle, wo eine Störung vor sich geht, eine Spannung von der Größe  $p$  parallel der  $X$ -Achse eines horizontal gelegten Koordinatensystems, normal dazu in  $YZ$  ein Druck. Infolge der elektrokinetischen Energie herrscht in der  $Y$ -Richtung eine Spannung von der Größe  $p$ , weil von der magnetischen Induktion nur in der  $Y$ -Richtung eine Komponente vorhanden ist; normal dazu in  $XZ$  ein Druck von der gleichen Größe. Es herrscht somit in einem solchen Dielektrikum ein Zwang, dessen Gesamteffekt in der Richtung der fortschreitenden Welle  $2p$  gleichkommt;  $2p$  ist aber die ganze Energie in der Volumseinheit.

Das Sonnenlicht entwickelt in der Sekunde auf  $1 m^2$  der Erdoberfläche  $124 \text{ kgm}$  Energie, in  $1 m^3$  der Strahlung sind daher

$$\frac{124 \text{ kgm}}{300\,000\,000 \text{ m}} = \frac{\text{gesamte Energie}}{\text{Lichtgeschwindigkeit als Höhe des Strahlenzylinders}}$$

Berücksichtigt man noch das Reflexionsvermögen  $\rho$ , welches für vollkommen schwarze Körper als 0, für vollkommen blanke Körper als 1 angenommen wird ( $1 \geq \rho \geq 0$ ), so ist die Größe des Lichtdruckes

$$p = \frac{E}{V} (1 + \rho) = 0.0000004 \text{ kgm.}$$

A. Bartoli (Nuovo Cimento 1883) hat die gleichen Resultate auf ganz anderem Wege wie Maxwell gewonnen. Er gibt Kreisprozesse an, welche es gestatten, durch bewegte Spiegel die strahlende Energie von einem kälteren auf einen wärmeren Körper zu übertragen. Dabei muß bei der Verschiebung der Spiegel gegen die Richtung der Strahlen Arbeit geleistet werden, die Bartoli nach dem zweiten Hauptsatze der Wärmetheorie berechnet.

Berechnung  
des Licht-  
druckes  
nach A. Bar-  
toli.

Derselben Methode folgen: Boltzmann, Guillaume und Drude.

Den experimentellen Nachweis der Existenz des Lichtdruckes hat schon De Mairan zusammen mit Du Fay erbracht; doch konnte wegen der störenden Wirkung der erwärmten Luft kein bestimmter Wert für die

Experimen-  
teller Nach-  
weis d. Licht-  
druckes.

Größe der ponderomotorischen Kraft des Lichtdruckes ermittelt werden. 1873 stellte Crookes Versuche im luftverdünnten Raume an. Ein Strohalm war horizontal aufgehängt; daran verschieden schwere Körper. Bei Annäherung warmer Körper erfolgte eine Anziehung des Strohhalmes, welche aber bei weiterer Evakuierung schließlich eine Abstoßung wurde. Hier konnte nicht die Strömung erwärmter Luft die Ursache der Bewegung sein, sondern wie schon Crookes richtig erklärte: „Der Eindruck, den ich habe, ist, daß die Abstoßung direkt vom Stöße der Welle auf die Oberfläche der sich bewegenden Massen herrühre.“

Erst 1901 ist es Peter Lebedew am physikalischen Laboratorium der Universität in Moskau gelungen, die Existenz des Lichtdruckes sicher nachzuweisen und den Druck zu messen.

Die Versuchsanordnung Lebedews stützt sich auf die Formel

$$p = \frac{E}{V} (q + 1)$$

und auf einen Ausspruch Maxwells in seinem Lehrbuche: „Konzentriertes elektrisches Licht wird wahrscheinlich einen noch größeren Druck ausüben als die Sonnenstrahlung und es ist nicht unmöglich, daß die Strahlen eines solchen Lichtes, wenn sie auf ein dünnes Metallplättchen fallen, das in einem Vakuum fein aufgehängt ist, an diesem einen beobachtbaren, mechanischen Effekt hervorbringen.“

Versuchs-  
anordnung.

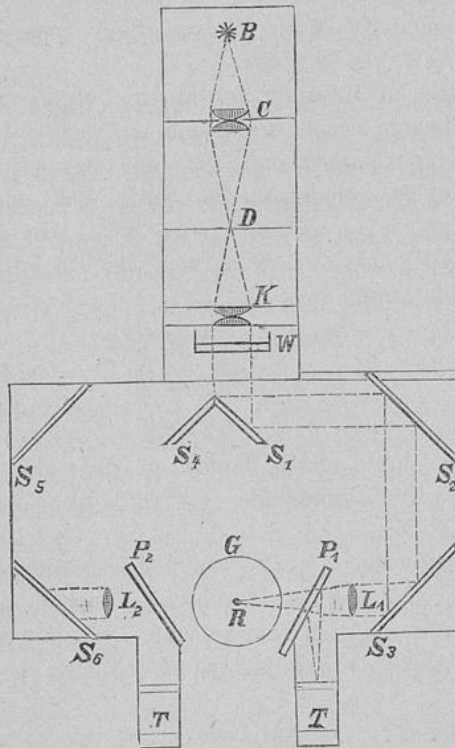
Das Licht einer Gleichstrombogenlampe (*B*) wird mit Hilfe eines Kondensators (*C*) auf ein Metaldiaphragma (*D*) geworfen. Der aus diesem kommende Lichtkegel fällt auf eine Linse *K*, aus welcher die Strahlen parallel austreten. Hinter diesem Linsensystem ist ein planparalleles Glasgefäß (*W*) bis zu 1 cm mit Wasser gefüllt, um die ultraroten Strahlen aufzuhalten. Auf dem weiteren Wege fällt das parallele Lichtbündel auf den Spiegel *S*<sub>1</sub> und nach zweifacher Reflexion an *S*<sub>1</sub> und *S*<sub>2</sub> auf den Spiegel *S*<sub>3</sub>, um nach abermaliger Reflexion durch eine Linse *L*<sub>1</sub> gesammelt zu werden. Die so gesammelten Strahlen werden dann in einem Punkte *R* im Innern eines evakuierten Glasballons vereinigt. Symmetrisch zu *S*<sub>1</sub>, *S*<sub>2</sub>, *S*<sub>3</sub> sind die Spiegel *S*<sub>4</sub>, *S*<sub>5</sub>, *S*<sub>6</sub> und die Linse *L*<sub>2</sub> angebracht. Durch Verschiebung der Spiegel *S*<sub>1</sub> und *S*<sub>4</sub> kann der Lichtstrahl rechts oder links eintreten. Der auffallende Lichtkegel hatte eine Öffnung  $\varphi = 15^\circ$ . Um mit einer mittleren Lichtstärke arbeiten zu können, wurde zwischen *L*<sub>1</sub> und dem Glasballon eine dünne Glasplatte unter  $45^\circ$  Neigung eingesetzt. Der größere Teil der Strahlung durchsetzt diese Platte, während ein Teil auf eine Thermosäule (*T*) reflektiert wurde, die aus fünf konstanten Elementen besteht. Die relative Lichtintensität wird durch ein d'Arsonvalsches Galvanometer gemessen.

Der Flügelapparat mit Kardianischer Aufhängevorrichtung im Innern des Glasballons besteht aus einem Glasstabe, an welchem zwei Kreuze aus verschieden dickem Platinblech angebracht sind. Zwei Flügelscheiben sind



auf beiden Seiten blank, zwei platinirt. Die auf die Flügel auffallende Strahlungsenergie wird kalorimetrisch bestimmt. Bei Lebedew ergaben die Messungen, daß die auf das Metalldiaphragma auffallende Energiemenge 1·2 bis 1·8 *g* Kalorien pro Minute, also das Dreifache der Sonnenstrahlung betrug.

Das Reflexionsvermögen  $\rho$  wird mit einem Photometer nach Ritchie bestimmt. Der Durchführung der Bestimmungen der Werte stellen sich insbesondere zwei Schwierigkeiten in den Weg: 1. Störungen durch Konvektion, welche dadurch entstehen, daß bei Belichtung des Flügels eine



Erwärmung desselben und der anliegenden Gasschichten auftritt, wodurch eine aufsteigende Strömung entsteht. Durch abwechselnde Belichtung beider Seiten der Flügel kann diese Störung beseitigt werden. 2. Radiometrische Kräfte. Um diese Störung auf ein Minimum zu reduzieren, muß der Glasballon möglichst groß genommen werden und alle Strahlen, welche von der Wand des Glasballons absorbiert werden können, durch ein Strahlenfilter angeschlossen werden; die Flügel müssen aus sehr dünnem Metallblech hergestellt sein, um raschen Ausgleich der Wärme zu ermöglichen und die Evakuierung ist möglichst hoch zu treiben, was bei Anwendung einer Kältemischung gelingt.

Durch Aufstellung zweier Fernrohre kann der Beobachter abwechselnd den Flügelapparat und das Galvanometer ablesen. Durch intermittierende Belichtung kann die Schwingungsamplitude auf eine gewünschte Größe gebracht werden.

Die Messungen Lebedews ergaben im Mittel:

$29.4 \pm 1.6$  Skalenteile am Galvanometer bei Reduktion auf konstanten Ausschlag 100 Skalenteile.

Die Direktionskraft des Aufhängefadens ergibt sich aus der Schwingungsdauer des Spiegels samt Trägheitskörper  $\frac{\tau}{2} = 29.4 \pm 0.1^{sec}$ .

Unter Zugrundelegung dieser Werte erhielt Lebedew für den Lichtdruck  $p = 0.0000308 \pm 17 \cdot 10^{-7} dynes$ .

Die kalorimetrische Messung der Energie ergab  $E = 7.74 \cdot 10^5$  Erg.

Für absolut schwarze Körper ergibt sich ein Druck  $p = 0.0000258 dynes$ .

Man ist übereingekommen, den aus den kalorimetrischen Messungen berechneten Wert in Maxwell-Bartoli-Einheiten (*MB*) anzugeben.

In diesem Maße ist  $p = 1.19 \pm 0.07 MB$ . Das durch das Photometer bestimmte Reflexionsvermögen  $\rho$  war für  $Pt = 0.5$ , für  $Al = 0.6$ , für  $Ni = 0.35$ ; daher ergibt sich für

$$Pt: p = 1.5 MB.$$

$$Al: p = 1.6 MB.$$

$$Ni: p = 1.4 MB.$$

Lebedew hat so durch seinen Versuch gezeigt: Ein auffallendes Lichtbündel übt sowohl auf absorbierende, als auch auf reflektierende Körper einen Druck aus.

Diese Druckkräfte des Lichtes sind der auffallenden Energiemenge direkt proportional, von der Farbe des Lichtes unabhängig.

Diese Druckkräfte stimmen innerhalb der Versuchsfehlergrenze quantitativ mit den von Maxwell und Bartoli berechneten ponderomotorischen Kräften überein.

Dadurch ist die Existenz der Druckkräfte des Lichtes experimentell bewiesen.

Folgerungen  
aus der  
Existenz d.  
Lichtdruckes  
nach  
Poynting.

Im vorangehenden Teile dieser Abhandlung wurde gezeigt, daß nach der elektromagnetischen Lichttheorie jede lichtartige Strahlung auf eine Fläche einen Druck ausübt. Desgleichen muß auf strahlungsreflektierende Flächen ein Druck von rückwärts erfolgen, der auch vorhanden ist, wenn die Fläche selbststrahlend ist.

Die Sonnenstrahlung ist sowohl eine Energieströmung, als auch eine Druckströmung. Die Stromdichte nimmt bei der Ausbreitung im Raume verkehrt mit dem Quadrate der Entfernung ab; daher auch der Druck nach demselben Gesetze. Die Strahlungsenergie des Sonnenlichtes ist im Erd-



abstand  $\frac{1}{24} g \text{ cal./sec.}$ , daher ergibt sich der Druck auf  $1 \text{ cm}^2$  der Erdoberfläche mit  $6 \times 10^{-5} \text{ dynes.}$ , auf die ganze Erdoberfläche 75.000 Tonnen. Da die Anziehung der Sonne auf den Erdkörper 3 Trillionen Tonnen beträgt, ist der obige Betrag von 75.000 Tonnen verschwindend klein, somit ohne merkbaren Einfluß auf Rotation und Revolution der Erde. Wir wollen uns aber die Frage stellen, ob es so kleine Massen gebe, bezüglich welcher sich die Anziehungskraft der Sonne und der Lichtdruck das Gleichgewicht halten.

Denkt man sich die Erdkugel in acht gleiche Kugeln zerlegt

$$\left( \frac{4 R^3 \pi}{3} = 8 \cdot \frac{4 r^3 \pi}{3} \right),$$

so hat jede kleine Kugel die Hälfte des früheren Halbmessers zum Radius, also wäre die Oberfläche dieser kleinen Kugel nur ein Viertel der ganzen Erdoberfläche. Bei dieser Annahme ist die Gesamtmasse und der Abstand unverändert geblieben. Doch der Strahlungsdruck auf die Oberfläche einer solchen Kugel ist verdoppelt worden, da die Masse ein Achtel, die Oberfläche das Vierfache der früheren Kugel geworden ist. Führen wir diese Überlegung so weiter, so kommen wir zur Tatsache, daß eine Kugel vom Halbmesser  $r = 125 \cdot 10^{-6} \text{ cm}$  frei im Raume schweben müßte. Durch die Zerlegung der Erde in so kleine Kugeln ist die Gesamtoberfläche so ungeheuer vergrößert worden, daß der Strahlungsdruck des Lichtes auf eine solche Kugel der Anziehungskraft der Sonne das Gleichgewicht hält. Dies gilt für jede Entfernung von der Sonne, weil sich Strahlungsdruck und Gravitation nach demselben Gesetze ändern.

Diese Überlegungen liegen auch den Erklärungsversuchen der Natur der Kometenschweife zugrunde. Nach Boys besteht der Kern eines Kometen aus Meteoriten. Kommt der Komet der Sonne nahe, so treten Explosionen infolge der großen Hitze ein und diese haben die Bildung feinen Körperstaubes zur Folge. Diese Massen sind so fein, daß ihre Größe unter der angegebenen Grenze ( $r < 125 \cdot 10^{-6} \text{ cm}$ ) liegt. Diese Staubteilchen werden durch den Strahlendruck abgestoßen und bilden den Schweif des Kometen.

Wir wollen nun den oben durchgeführten Gedankengang in bezug auf die Sonne verfolgen.

Ein strahlender Körper von der Dichte der Erde mit  $1 \text{ cm}^2$  Oberfläche, also  $2r = 0.565 \text{ cm}$ , erfährt eine 42000mal so große Gravitation als Strahlendruck. Denkt man sich nun die Sonne in Kugeln zerlegt, deren Radius die Hälfte des Sonnenradius ist, so wird die strahlende Oberfläche ein Viertel, die Masse ein Achtel der ganzen Sonne. Dadurch sinkt die Gravitation auf den achten Teil, während die Strahlung nur auf ein Viertel reduziert wird; daher ist die Anziehung noch 21000mal so groß als der

Strahlendruck. Wenn wir diesen Gedanken weiterführen und uns die Sonne in Kugeln vom Durchmesser  $\frac{1}{42000}$  des Sonnendurchmessers zerlegt denken, so werden Anziehung und Strahlendruck gleich, d. h. aber: Eine Sonne von  $6000^{\circ}$  C, vom Durchmesser 20 englische Meilen, stößt Körper von kleinerem als  $0.565$  cm Durchmesser ab. Da sich die Kometen gegen die Sonne hin bewegen, müssen kleinere Meteoriten von der Größe einer Marmelkugel in Millionen von Jahren aus der Erdentfernung in die Sonne hineinfallen; die größeren kosmischen Staubteilchen werden von der Sonne eingesaugt. Tatsächlich erhält die Sonne den Ring um sich frei. Das Zodiakallicht, der ungeheure kosmische Staubring, welcher sich von der Sonne aus weit über Erdentfernung im Weltenraume ausbreitet, mag wohl ein sichtbares Zeichen für das Wirken dieser Kräfte sein.

---

Literatur:

- Jahrbuch der Radioaktivität I—IV.  
Encyclica der mathematischen Wissenschaften.  
Annalen der Physik 4, 6:1904.  
Riecke E., Lehrbuch der Physik I, II.  
Wiedemanns Annalen 45:1892.  
Cl. Maxwell, Lehrbuch der Elektrizität und des Magnetismus.  
P. Drude, Lehrbuch der Optik.  
Fritz Hoppe, Lexikon der Elektrizität und Elektrotechnik.  
Hantschel E., Kurzer Abriss einer Geschichte der Physik.

Wien, im Mai 1909.

**Augustin Lehofer**

k. k. Professor.