

Über den Lichtäther.

Von

Prof. Dr. Fritz Hasenöhl.

Vortrag, gehalten den 13. Februar 1907.

(Mit Experimenten.)

Hochgeehrte Versammlung!

Ich habe heute die Ehre, vor Ihnen über ein sehr schwieriges und abstraktes Kapitel der Physik zu sprechen. Die Existenz des Lichtäthers, mit dem wir uns heute beschäftigen wollen, ist eine reine Hypothese. Es hat noch niemand den Lichtäther gefühlt oder gesehen, noch niemand konnte ein bestimmtes Quantum Lichtäther etwa in einem Gefäß einschließen und damit gesondert experimentieren. Der Lichtäther ist offenbar keine Materie; er steht vielleicht sogar im Gegensatze zur Materie und unsere materiellen Instrumente kommen ihm nicht bei.

Der erste, der die Existenz eines Lichtäthers postuliert hat, war Huyghens. Huyghens hat mit dieser Hypothese die elementaren Erscheinungen der Optik erklärt, die geradlinige Fortpflanzung des Lichtes, die Reflexion und die Brechung. Seit Huyghens Tod sind mehrere Jahrhunderte verflossen und seither ist eine ganze Fülle von Erscheinungen entdeckt worden, deren Erklärung ohne Annahme eines Lichtäthers unmöglich wäre. Es ist Ihnen wohl bekannt, daß Faraday und Maxwell eine Theorie ausgebildet haben, nach der zwischen den elektrischen und optischen Erscheinungen eine nahe Verwandtschaft besteht. Hertz hat diese Theorie durch

seine glänzenden Experimente voll bestätigt. Wir halten also jetzt den Lichtäther nicht nur für den Träger der Lichtwellen, wir halten ihn auch für das Medium, welches die scheinbaren Fernwirkungen zwischen elektrischen und magnetischen Körpern vermittelt; wir halten ihn für den Träger der Wellen in Marconis drahtloser Telegraphie, wir halten ihn für den Träger der Röntgenstrahlen, für den Träger eines Teiles der Radiumstrahlen; und wenn es erlaubt ist, Vermutungen über die wahrscheinliche Weiterentwicklung der Wissenschaft zu äußern, so scheint es nicht unmöglich, daß auch die bisher ganz rätselhafte Gravitationskraft sich durch die Wirkung des Äthers wird erklären lassen. Man hat ja auch schon einige Versuche gemacht, die Grundgesetze der Mechanik, so das Trägheitsgesetz, das Gesetz von der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung, soweit dieselben Geltung haben, durch Vorgänge im Äther zu erklären.

Man teilt heute die Physik geradezu ein in Physik des Äthers und in die Physik der Materie. Es ist selbstverständlich, daß in dem Rahmen eines kurzen Vortrages nur ein ganz beschränktes Kapitel aus der Physik des Äthers besprochen werden kann. Ich möchte mir erlauben, heute Ihre Aufmerksamkeit auf die Bedeutung des Äthers für die kosmische Physik zu lenken. Falls ich Erscheinungen besprechen werde, die im engen Raume des Laboratoriums beobachtet werden können, soll dies nur zur Erläuterung geschehen und dasselbe gilt auch von den wenigen Demonstrationen, die ich Ihnen vorführen

will. Versuche, die sich auf unser eigentliches Thema beziehen, werden auf den Sternwarten gemacht. Ich meine etwa die jahrelange Beobachtung der Stellung eines Sternes; oder die photographische Aufnahme des Spektrums eines Sternes, bei der die Exposition die ganze Nacht hindurch dauert. Derartiges kann ich natürlich hier nicht vorführen.

Es ist Ihnen bekannt, daß die älteste Theorie des Lichtes die Newtonsche Emissionstheorie ist. Nach Newton sendet ein leuchtender Körper äußerst kleine, unwägbare, imponderable Teilchen aus, welche den leuchtenden Körper verlassen und, nur dem Gesetze der Trägheit gehorchend, sich in geradlinigen Bahnen bewegen. Treffen diese kleinen Teilchen die Netzhaut des Beobachters, so lösen sie die Empfindung Licht aus. Diese überaus einfache, naheliegende und doch so genial ersonnene Hypothese hat sich auf die Dauer nicht halten können. Man hält jetzt allgemein die ungefähr gleichzeitig von Huyghens aufgestellte Undulationstheorie für die richtige. Nach dieser Theorie befinden sich die kleinsten Teilchen des leuchtenden Körpers in einem Schwingungszustande. Huyghens hat sich offenbar von der Analogie mit dem Schalle leiten lassen. Es war ja damals schon bekannt, daß ein tönender Körper in einem Zustande der Schwingung begriffen ist. Diese Schwingungen teilen sich dem umgebenden Medium, in den meisten Fällen also der Luft mit und pflanzen sich in derselben wellenartig fort; treffen sie das Trommelfell, werden sie als Schall vernommen. Für die Theorie des

Lichtes erwächst hier aber gleich eine Schwierigkeit, nämlich die Frage nach dem Medium, welches die Lichtschwingungen fortleitet. Für den ersten Augenblick könnte man annehmen, daß auch hier die Luft diese Rolle spielt. Diese Annahme muß aber sofort aufgegeben werden. Sie kennen gewiß das oft gemachte Experiment, daß man einen tönenden Körper, etwa eine elektrische Klingel, unter den Rezipienten der Luftpumpe gibt: wird der Rezipient ausgepumpt, so hört man die Klingel nicht mehr — der Schall kann sich also durch den luftleeren Raum nicht fortbewegen. Würde man dasselbe Experiment statt mit einer Schallquelle mit einer Lichtquelle machen, so würde man sehen, daß sich das Licht durch den luftleeren Raum gerade so gut fortpflanzt wie durch den luftgefüllten Raum. Die Luft kann also nicht das Medium sein, welches die Lichtwellen fortleitet. Übrigens wäre dies auch aus dem folgenden Grunde unwahrscheinlich.

Wir wissen, daß sich das Licht von den entferntesten Fixsternen bis auf unsere Erde auszubreiten vermag; es müßte also das ganze Weltall vom Sirius bis zur Sonne mit einer materiellen Substanz erfüllt sein, eine Annahme, die uns wohl unwahrscheinlich erscheint. Dieses rätselhafte Medium, welches die Lichtschwingungen fortleitet, welches sich durch kein Mittel aus einem Raume verdrängen läßt, welches das ganze Weltall bis zu den entferntesten Fixsternen erfüllt: dieses Medium hat Huyghens Lichtäther genannt. Es ist schwer, wenn nicht unmöglich, sich von demselben

eine anschauliche Vorstellung zu bilden. Huyghens dachte sich seinen Lichtäther wohl von ähnlicher Beschaffenheit wie ein Gas. Die Entdeckung der Polarisation des Lichtes hat jedoch gezeigt, daß dies nicht zutreffend ist; eher müßte man sich den Lichtäther wie einen festen Körper vorstellen. Doch erwächst daraus wieder eine große Schwierigkeit. Die Himmelskörper bewegen sich auf ihren Bahnen, ohne einen merklichen Widerstand zu erleiden, und es ist wohl kaum denkbar, daß sich ein fester Körper durch einen anderen festen Körper auf diese Weise bewegen kann. Als Maxwell später auch die Erklärung der elektrischen Erscheinungen im Äther suchte, mußte er sich natürlich eine noch viel kompliziertere Vorstellung von dem Lichtäther machen, und je mehr Eigenschaften des Äthers entdeckt wurden, eine desto verwickeltere Konstitution mußte man ihm zumuten. Wir werden wohl annehmen müssen, daß wir hier auf einer falschen Fährte sind; denn die Natur erreicht ihre Zwecke fast immer auf viel einfacherem Wege. Man hat es daher jetzt fast aufgegeben, sich eine anschauliche Vorstellung vom Lichtäther zu bilden. Man legt den Theorien einfach die Subposition eines Äthers mit bestimmten Eigenschaften zugrunde, die sich am einfachsten im Gewande der Mathematik, durch wenige Gleichungen ausdrücken lassen, und verzichtet auf eine anschauliche mechanische Deutung dieser Erscheinungen.

Wir sahen, daß sich der Lichtäther durch kein Mittel aus dem Rezipienten der Pumpe vertreiben läßt.

Wir müssen also annehmen, daß die Pumpe nicht dicht genug ist; daß der Äther den Kolben der Pumpe oder die Wand des Rezipienten zu durchdringen vermag. Der Äther vermag also die Materie zu durchdringen und wir werden in gleicher Weise annehmen, daß auch ein Körper, der sich durch den Äther bewegt, vom Äther durchdrungen wird. Wir könnten uns das auf zweierlei Weise denken: Wenn ich zum Beispiel einen Schwamm zusammendrücke, so tritt die Luft aus den Poren des Schwammes heraus. Lasse ich den Druck nach, so dringt die Luft wieder in die Poren hinein. Auch ein scheinbar ganz kompakter Körper muß Poren haben. Wir wissen ja, daß die Materie aus kleinsten Teilchen, den Atomen, besteht und zwischen diesen Atomen müssen Zwischenräume liegen. Sie sind zwar so klein, daß wir sie auch mit den feinsten Instrumenten nicht wahrnehmen können, sie könnten aber doch so groß sein, daß sie dem Äther den Durchgang gestatten. Man könnte sich also denken, daß der Äther durch die Zwischenräume der Moleküle durchströmt, ebenso wie die Luft durch die Poren eines Schwammes. Es ist dies jedoch nicht die Vorstellung, die jetzt die Physik von dem Durchdringen der Materie durch den Äther hat. Im Gegenteile, man nimmt jetzt an, daß der Äther die Materie vollständig, auch in ihren kleinsten Teilen, auch in den Atomen durchdringt. In vielen Lehrbüchern liest man als eines der Grundgesetze der Physik das Gesetz von der Undurchdringlichkeit der Materie, also den Satz, daß zwei Körper nicht gleichzeitig an derselben Stelle sein können. Dieses

Gesetz gilt also nach unseren jetzigen Anschauungen für den Äther nicht. Wir nehmen an, daß der Äther und die Materie, etwa das Atom derselben, gleichzeitig an derselben Stelle anwesend sind. Es ist dies natürlich auch sehr schwer vorstellbar; am ehesten könnte man das verstehen, wenn man annehmen würde, daß die Materie nur eine Modifikation des Äthers ist, daß also eigentlich nur Äther vorhanden ist und daß etwa das Atom verdichteter Äther sei. Dann hätte es natürlich keine Schwierigkeit, sich zu denken, daß der Äther und seine Modifikation gleichzeitig an einer Stelle sich befinden. Jedoch ist diese Vorstellung noch nicht in ihren Konsequenzen weiter verfolgt worden.

Wie ist man nun auf diese eigentümliche Vorstellung gekommen? Durch Beobachtung der Erscheinungen des Lichtes in bewegten Körpern. Um dies deutlich zu machen, muß ich etwas weiter ausgreifen. Denken Sie sich ein Schiff, welches mit einer gewissen Geschwindigkeit auf einem Flusse fährt. Bewegt sich auf diesem Schiffe ein Mensch, so können wir die Bewegung desselben von zweierlei Standpunkt aus beurteilen; wir können sie auf zwei „Bezugssysteme“ beziehen. Das eine Bezugssystem sei das Schiff, auf welchem sich der Mensch bewegt, das andere das ruhende Ufer. Auf die Bewegung des Menschen, vom Bezugssystem Schiff aus beobachtet, hat die Bewegung des letzteren gar keinen Einfluß. Wer in der Kajüte des Schiffes auf und ab geht, merkt von der Bewegung des Schiffes gar nichts. Auf die Bewegung des Menschen, wie sie vom Bezugssysteme

Ufer aus beobachtet wird, hat die Bewegung des Schiffes jedoch selbstredend einen merklichen Einfluß.

Denken wir uns nun auf dem Schiffe eine Röhre angebracht, die mit Luft gefüllt und vollkommen verschlossen sein soll. Nehmen wir an, wir wollen die Geschwindigkeit des Schalles in dieser Röhre messen, das heißt wir wollen die Zeit bestimmen, die der Schall braucht, um von einem Ende der Röhre zum andern zu gelangen. Würde nun das Resultat dieser Messung verschieden ausfallen, je nachdem das Schiff sich bewegt oder ruht? Offenbar nicht. Alles, was an der Fortpflanzung des Schalles beteiligt ist, macht die Bewegung des Schiffes mit und ein Einfluß einer gleichförmigen Bewegung desselben kann nicht bestehen. Auf die Geschwindigkeit des Schalles in bezug auf das System Schiff hat also die Bewegung des letzteren keinen Einfluß. Wohl würde man aber einen solchen Einfluß merken, wenn man die Geschwindigkeit des Schalles in bezug auf das System Ufer messen würde. Ganz ein anderes Resultat würde sich ergeben, wenn wir in dieser Röhre nicht die Geschwindigkeit des Schalles, sondern die des Lichtes messen würden. Würden wir die Zeit bestimmen, welche das Licht braucht, um die jetzt etwa gänzlich evakuierte Röhre zu durchlaufen, so würden wir beobachten, daß diese Zeit von der Bewegung des Schiffes abhängig ist, daß also die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes in bezug auf das Bezugssystem Schiff durch die Bewegung des letzteren beeinflusst wird. Es kommt dies daher, daß nicht alles, was an der Fort-

pflanzung des Lichtes beteiligt ist, die Bewegung des Schiffes mitmacht. Der Lichtäther, der ja imstande ist, die Wände der Röhre zu durchdringen, macht die Bewegung des Schiffes nicht mit. Dagegen würde man beobachten, daß die Geschwindigkeit des Lichtes, bezogen auf das Bezugssystem Ufer, von der Bewegung des Schiffes unabhängig ist. Es liegen also die Verhältnisse hier ebenso, wie wenn man etwa den Flug eines Vogels oberhalb des Schiffes beobachten würde. Die Bewegung des Vogels ist, vom Ufer aus beurteilt, von der Bewegung des Schiffes ganz unabhängig. Für einen Beobachter, der sich jedoch auf dem Schiffe befindet, der, etwa auf dem Verdeck des Schiffes am Rücken liegend, nur den Himmel und den fliegenden Vogel sieht, würde natürlich die Bewegung des Schiffes auf die Beurteilung der Geschwindigkeit des Vogels von Einfluß sein. Es ist freilich nicht möglich, derartige Experimente in so einfachem Stile durchzuführen. Doch sind die Beobachtungen von Fizeau und von Michelson über die Geschwindigkeit des Lichtes in strömendem Wasser mit dem Gesagten in Übereinstimmung.

(In einem ponderablen Körper, wie es das Wasser ist, sind an der Lichtfortpflanzung zweierlei Faktoren beteiligt: erstens der Äther, zweitens die Moleküle des Wassers. Der erstere ruht, die letzteren machen die Strömungsbewegung mit. Breitet sich demnach das Licht in strömendem Wasser aus, so wird die Geschwindigkeit des Lichtes auch in bezug auf ein ruhendes Bezugssystem durch die Bewegung des Wassers beeinflusst; je-

doch nicht so wie etwa der Schall, sondern weniger, da ja nicht alles, was an der Ausbreitung des Lichtes beteiligt ist, die Bewegung des Wassers mitmacht. Ist c die Geschwindigkeit des Lichtes im leeren Raume, v die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers, n der Brechungsexponent desselben, so ist die Geschwindigkeit des Lichtes im bewegten Wasser $c' = c + v \left(1 - \frac{1}{n^2} \right)$.

Die Größe $\left(1 - \frac{1}{n^2} \right)$ wird der Fresnelsche Fortführungskoeffizient genannt; für den Schall, wäre dieser gleich eins.)

Wir sehen also, daß der Lichtäther die Bewegung der Körper auf der Erde nicht mitmacht, daß er also in bezug auf die Erdoberfläche ruht. Sobald wir uns dies näher überlegen, erkennen wir, daß das eine zu enge Auffassung ist. Der Lichtäther erfüllt ja das ganze Universum und es wäre daher wohl ein zu subjektiver Standpunkt, anzunehmen, daß der Äther in bezug auf unsere Erde, die sich ja selbst bewegt, ruht. Ist es nicht wahrscheinlicher, daß der Äther in bezug auf das Sonnensystem ruht, also die Bewegung der Erde nicht mitmacht? oder, da sich ja das Sonnensystem vielleicht auch bewegt, ist es nicht wahrscheinlich, daß der Äther in bezug auf die Fixsterne ruht? Doch haben auch die Fixsterne jeder seine eigene Bewegung; in bezug auf welchen Himmelskörper soll also der Äther ruhen? Wäre es nicht vielleicht besser, nicht die Bewegung des Äthers auf die Himmelskörper zu beziehen, sondern umgekehrt den Äther als das Be-

zugssystem für die Bewegung der Himmelskörper anzunehmen? Ein solches Bezugssystem wäre wissenschaftlich viel besser und tiefer begründet als ein bloß aus Zweckmäßigkeitsgründen der einfachsten Beschreibung gewähltes Bezugssystem der Astronomie. Wir wissen, daß die Astronomie im Laufe ihrer Entwicklung verschiedene Bezugssysteme gewählt hat. Ptolemäus und die alten Astronomen bezogen die Bewegung der Himmelskörper auf die Erde. Als Kopernicus sein System erfand, war das nichts anderes als die Wahl eines neuen Bezugssystems. Er war imstande, sich vorzustellen, wie die Bewegungen der Planeten einem Astronomen auf der Sonne erscheinen müßten, und erkannte, daß, von der Sonne aus beurteilt, die für den terrestrischen Astronomen so komplizierten Bewegungen der Planeten ganz einfach verlaufen müssen, daß es also viel zweckmäßiger ist, die Bewegungen der Planeten auf die Sonne zu beziehen. Etwas anderes war die Leistung von Kopernicus nicht. Erst durch die von Newton entdeckten Gesetze der Mechanik gewann dieses Bezugssystem auch eine tiefere Begründung. Es ist Ihnen allen das Grundgesetz der Mechanik, das Trägheitsgesetz, bekannt. Dasselbe besagt, daß sich die Geschwindigkeit eines Körpers, auf welchen keine Kräfte wirken, nach Größe und Richtung nicht ändert. Dieses Gesetz enthält also den Begriff Geschwindigkeit und zur Beurteilung einer Geschwindigkeit ist ein Bezugssystem notwendig. Es fragt sich nun, welches ist das Bezugssystem, für welches das Trägheitsgesetz exakt gilt? Die Erde ist es nicht. Das

ersieht man aus dem bekannten Versuche mit dem Foucaultschen Pendel. Beim Pendel äußert sich das Trägheitsgesetz dahin, daß sich die Lage der Ebene, in der die Schwingungen stattfinden, nicht verändert. Die Lage der Schwingungsebene des Foucaultschen Pendels ändert sich aber in bezug auf die Erde. Wäre ein Foucaultsches Pendel etwa am Pol aufgehängt, so würde sich die Schwingungsebene desselben im Laufe eines Tages um 360° drehen. Wir fassen das so auf, daß die Schwingungsebene des Pendels erhalten bleibt, daß sich aber die Erde im Laufe von 24 Stunden unter dem Pendel hinwegdreht. Das Trägheitsgesetz gilt also nicht in bezug auf die Erde. Eher gilt es in bezug auf die Sonne. Doch wäre auch das ein zu einseitiger Standpunkt. Soll gerade die Sonne, die ja nichts anderes ist als einer unter den Myriaden der Fixsterne, das Bezugssystem sein, für welches das im ganzen Universum geltende Trägheitsgesetz gilt? Wir sind vorläufig nicht imstande, durch Experimente das Bezugssystem festzustellen, für welches das Trägheitsgesetz gilt. Wir sind vorläufig auch nicht imstande, das Bezugssystem aufzufinden, in bezug auf welches der Lichtäther ruht. Es ist aber nicht unmöglich, ja sogar wahrscheinlich, daß diese beiden Bezugssysteme identisch sind. Das wäre ja der Fall, wenn in der Tat auch die Gesetze der Mechanik durch die Anwesenheit des Äthers bedingt wären. Wenn wir auch jetzt nicht imstande sind, dieses Bezugssystem festzulegen, so erscheint es prinzipiell nicht unmöglich, daß dies einmal gelingen wird; und falls es gelänge,

würde es natürlich einen eminenten Fortschritt der Wissenschaft bedeuten. Man kann ja absolute Bewegung nie wahrnehmen. Es hat vielleicht nicht einmal einen Sinn, nach absoluter Bewegung zu fragen. Alle wahrnehmbare und erkennbare Bewegung ist relativ. Man hätte daher alles geleistet, was zu leisten möglich wäre, wenn man für alle Bewegungen ein Bezugssystem festlegen könnte, welches nicht an unsere Erde und nicht an die Verhältnisse auf unserer Erde gebunden wäre und welches wirklich universale Bedeutung hätte, welches für jede Intelligenz zu jeder Zeit in den entferntesten Punkten des Weltalls dasselbe sein müßte wie für uns auf der Erde.

Ich möchte jetzt noch kurz besprechen, auf welche Weise man die Bewegungen im Weltall beurteilt, weil dies für die eben besprochene Frage von Wichtigkeit ist und weil ja auch hier die Gesetze der Optik und damit der Lichtäther eine wesentliche Rolle spielen. Studiert man die Eigenbewegung eines Fixsternes, so kommt die Komponente der Bewegung senkrecht zum Visionsradius und im Visionsradius in Betracht. Die Bewegung senkrecht zum Visionsradius ist natürlich einfach zu konstatieren. Die Bewegung im Visionsradius läßt sich jedoch nicht durch rein astronomische Methoden bestimmen. Es kommt uns hier jedoch ein Gesetz der Physik zu Hilfe, das sogenannte Dopplersche Prinzip. Dieses Prinzip, welches vor etwa 60 Jahren von dem Wiener Physiker Christian Doppler entdeckt wurde, ist sehr

einfach zu formulieren: Versetzen wir uns in Gedanken an einen unserer nördlichen Alpenseen; bei schönem Wetter streicht ein regelmäßiger Wind von Nord nach Süd über die ganze Länge des Sees. Eine Welle nach der andern rollt über den See dahin. Denken wir uns einen Kahn, der in der Mitte des Sees vor Anker liegt. In einer bestimmten Zeit zieht eine bestimmte Anzahl Wellen an dem Kahne vorbei. Lösen wir jetzt das Boot vom Anker und fahren etwa dem Winde entgegen, so werden jetzt offenbar in derselben Zeit mehr Wellen an unserem Kahne vorbeistreichen. Fährt er in der anderen Richtung, also mit dem Winde, so treffen ihn in derselben Zeit weniger Wellen. Ganz dasselbe gilt auch für die Wellen des Schalles und des Lichtes. Eine ruhende Schallquelle sendet uns in der Sekunde eine bestimmte Anzahl Wellen zu. Bewegt sich die Schallquelle auf uns zu oder nähern wir uns derselben, verringert sich also die Distanz zwischen Schallquelle und Beobachter mit der Zeit, so wird die Anzahl der Wellen, welche in der Sekunde das Ohr des Beobachters trifft, vermehrt. Vergrößert sich dagegen die Distanz zwischen Schallquelle und Beobachter, so treffen in der Sekunde weniger Schwingungen sein Ohr. Es entspricht dies einem Höher-, respektive Tieferwerden des Tones. Ganz dieselben Überlegungen gelten auch für das Licht. Verringert sich die Distanz zwischen Lichtquelle und Beobachter, so wird letzterer von mehr Schwingungen in der Sekunde getroffen, als wenn die Distanz unverändert bliebe. Vergrößert sie sich, so findet das Entgegengesetzte statt.

Eine Änderung der Frequenz der Lichtschwingungen macht sich als Änderung der Farbe bemerkbar. Da vom sichtbaren Lichte Rot die kleinste, Violett die größte Schwingungszahl hat, entspricht einer Verringerung der Distanz zwischen Beobachter und Lichtquelle eine Verschiebung der Farbe nach Violett. Eine bestimmte Farbe wird durch ihre Lage im Spektrum charakterisiert; es müßte demnach auch das Spektrum eines Sternes, der sich auf unsere Erde hinbewegt, in der Richtung gegen Violett verschoben werden. Bei einem kontinuierlichen Spektrum, wie es ein glühender, fester oder flüssiger Körper, zum Beispiele die Sonne, liefert, könnte man eine solche Verschiebung jedoch nicht bemerken. Denn das sichtbare Spektrum ist ja nur ein Teil des tatsächlich vorhandenen und es würde eine solche Verschiebung daher nur die Wirkung haben, daß etwa das Violett in den unsichtbaren Teil, ins Ultraviolett rückt und dabei gleichzeitig ultrarote, nicht sichtbare Strahlen in den sichtbaren roten Teil des Spektrums kommen. Der Anblick des gesamten Spektrums bliebe unverändert. Dagegen bieten die Linienspektren glühender Gase ein Mittel, eine Verschiebung des Spektrums genau zu konstatieren, und zwar ist es hier gleichgültig, ob das Linienspektrum des Gases ein Absorptionsspektrum nach Art der Fraunhoferschen Linien oder ein Emissionsspektrum ist. Die photographische Aufnahme eines Sternspektrums wird so gemacht, daß gleichzeitig auf dieselbe Platte auch das Spektrum einer irdischen Lichtquelle, meist das Eisenspektrum, entworfen wird. Man erkennt dann ganz

deutlich die Verschiebung entsprechender Linien gegeneinander. Auf diese Weise wurde bereits ein großer Teil der Sterne spektroskopisch untersucht. Da sich auf der einen Hälfte des Himmelsgewölbes die meisten Sterne gegen das Sonnensystem zu bewegen scheinen, auf der anderen Seite jedoch die meisten Sterne sich von der Sonne entfernen, nimmt man eine Bewegung des Sonnensystems als Ganzes in einer bestimmten Richtung gegen den Fixsternhimmel an. Diese spektroskopische Untersuchung der Sterne hat auch noch manch andere interessante Aufklärungen gegeben. So verschieben sich die Linien des Sternes ϵ Pegasi im Laufe einer verhältnismäßig kurzen Zeit einmal in dem einen, einmal in dem anderen Sinne. Der Stern führt also eine Art oszillierende Bewegung gegen uns aus. Man hat daraus geschlossen, daß ϵ Pegasi zu einem Doppelstern gehört, dessen anderer Konstituend jedoch unsichtbar ist. Interessant ist auch das Spektrum des Saturnringes. Die einzelnen Teile des Ringes, den man sich ja aus vielen kleinen Teilchen bestehend denkt, bewegen sich mit verschiedener Geschwindigkeit. Die Folge davon ist, daß die Linien des Spektrums nicht verschoben, sondern verdreht, geneigt werden.

Wir schließen also aus den angeführten Beobachtungen auf eine Bewegung des Sonnensystems in bezug auf den Fixsternhimmel und es ist also aus diesem Grunde nicht wahrscheinlich, daß das Sonnensystem absolut ruht. Aber der Lösung der Frage nach einem absoluten Bezugssysteme in dem früher erläuterten Sinne

kommen wir dadurch nicht näher. Es müssen auch hier wieder optische Experimente den Aufschluß geben.

Ein solches ist die bereits im 18. Jahrhunderte von Bradley entdeckte Aberration des Lichtes. Wir machen uns das wieder am leichtesten an einem recht trivialen Beispiele klar. Denken wir uns einen Eisenbahnwaggon, auf den senkrecht zu seiner Seitenwand eine Flintenkugel schlägt. Die Kugel durchbricht die eine Wand, geht durch den Waggon hindurch und durchbricht auch die zweite Wand an der genau gegenüberliegenden Stelle. Befindet sich jedoch der Waggon nicht in Ruhe, sondern in Fahrt, so legt er während der Zeit, die die Kugel braucht, um sein Inneres zu durchfliegen, eine gewisse Strecke zurück. Die Folge davon ist offenbar, daß die zweite Wand des Waggons nicht an der Stelle durchschlagen wird, welche der Durchbruchsstelle an der ersten Wand genau entspricht, sondern etwas weiter rückwärts. Beim Lichte liegen die Verhältnisse ganz analog. Wir haben die Kugel durch einen von einem Fixsterne herkommenden Lichtstrahl ersetzt zu denken, den bewegten Waggon durch das Fernrohr auf der in ihrer jährlichen Bewegung begriffenen Erde. Während der Zeit, die der Lichtstrahl braucht, um die Strecke zwischen Objektiv und Okular zurückzulegen, hat sich die Erde und mit ihr das Fernrohr um ein bestimmtes Stück verschoben. Damit demnach das Licht tatsächlich durch Objektiv und Okular hindurchgehe, muß das Fernrohr etwas geneigt werden. Würde die Bewegung der Erde plötzlich verkehrt, so müßte natürlich das Fernrohr

nach der andern Seite geneigt werden. Und ein solches Verkehren der Bewegung der Erde findet ja im Laufe eines Jahres tatsächlich statt und die im Laufe eines Jahres wechselnde, scheinbare Lage eines Fixsternes kann messend verfolgt werden. Diese Tatsache der Aberration des Lichtes ist nur dann so einfach verständlich, wenn man annimmt, daß der Lichtäther die Bewegung der Erde nicht mitmacht. Auch bei dem früheren Beispiele rührt die scheinbare Richtungsänderung der Flintenkugel davon her, daß sie während ihrer Bewegung durch den Waggon von der Bewegung des letzteren nicht beeinflußt wird. Man hat allerdings versucht, die Aberration des Lichtes auch unter der Annahme zu erklären, daß der Äther die Bewegung der Erde mitmacht, doch leiden diese Erklärungsversuche an einem prinzipiellen Fehler, auf welchen ich aber hier nicht näher eingehen kann. Die Tatsache der Aberration des Lichtes spricht also dafür, daß der Äther die Bewegung der Erde nicht mitmacht.

Ein anderer Weg, der Frage nach der Bewegung des Äthers in bezug auf die Erde nahezutreten, wäre der, daß man die Geschwindigkeit des Lichtes auf der Erde zu verschiedenen Jahreszeiten in verschiedenen Richtungen mißt. Doch stellen sich hier auch bedeutende Schwierigkeiten ein. Denken Sie daran, wie man die Geschwindigkeit des Schalles messen könnte: man sieht den Dampf von der Pfeife der Lokomotive aufsteigen und beobachtet die Zeit, bis der Pfiff an das Ohr dringt. Man mißt also tatsächlich die Differenz zweier

Geschwindigkeiten, der Geschwindigkeit des Lichtes und der des Schalles. Jedoch ist die Geschwindigkeit des Lichtes eine so ungemein große, daß die Zeit, in welcher das Licht die Strecke von der Lokomotive zum Beobachter zurücklegt, unbedenklich gleich Null gesetzt werden kann.

Wollte man aber diese so überaus große Geschwindigkeit des Lichtes messen, so könnte man als Vergleich höchstens die der Elektrizität herbeiziehen. Man könnte also etwa zu gleicher Zeit ein optisches und ein elektrisches Signal geben und an einem entfernten Punkte die Differenz zwischen den Ankunftszeiten der beiden messen. Diese Methode kann aber für unsere Zwecke nicht zum Ziele führen, denn auch die Fortpflanzung der elektrischen Kraft geschieht durch den Äther und wenn daher die Bewegung der Erde auf die Lichtgeschwindigkeit Einfluß hat, so muß sie denselben Einfluß auch auf die Geschwindigkeit der Elektrizität haben. Eine andere Methode wäre, die Zeit zu messen, die das Licht zum Hin- und Hergang über eine bestimmte Strecke braucht. Solche Versuche sind im großen Stile von den amerikanischen Physikern Michelson und Morley ausgeführt worden. Doch ergaben diese Versuche ein negatives Resultat. Ein Einfluß der Erdbewegung auf die Geschwindigkeit des Lichtes konnte nicht bemerkt werden, obwohl die Genauigkeit der Versuche eine hinreichende war. Wir stehen also vor einem Widerspruche: einerseits deutet manches, vor allem die Tatsache der Aberration des Lichtes, darauf hin, daß der Äther die

Bewegung der Erde nicht mitmacht, andererseits müßte man aus dem negativen Ergebnisse der Versuche von Michelson und Morley schließen, daß eine Bewegung des Äthers relativ zur Erde nicht besteht, daß also der Äther die Bewegung der Erde mitmacht. Wir stehen also, wie gesagt, vor einem vollkommenen Widerspruche. Man hat allerdings weitere Hypothesen gemacht, welche das Ergebnis der Versuche von Michelson und Morley auch vom Standpunkte der Annahme eines ruhenden Äthers verständlich machen. Doch sind diese Hypothesen noch nicht genug fundiert, daß man sagen könnte, der Widerspruch würde durch sie vollkommen beseitigt.

Wenn ich nun zum Schlusse meines Vortrages schreite, so muß ich zugeben, daß ich Ihnen kein sichergestelltes Resultat mitteilen konnte. Aber ich glaube, daß auch die Gebiete der Wissenschaft, die noch große Lücken aufweisen, für Sie von Interesse sind. Sie interessieren sich ja nicht nur für die Ergebnisse, Sie interessieren sich auch für die Methoden und für den Entwicklungsgang der Wissenschaft und dies lernt man am besten an einem Gebiete kennen, dessen Bearbeitung noch nicht abgeschlossen ist. So würde ich mein Ziel als erreicht ansehen, wenn es mir gelungen ist, Ihnen klar zu machen, welche Bedeutung die Frage nach der Ruhe oder Bewegung des Äthers hat und auf welchem Wege es vielleicht späteren Generationen gelingen wird, diese Frage zu lösen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: [47](#)

Autor(en)/Author(s): Hasenöhrl Fritz

Artikel/Article: [Über den Lichtäther. 297-318](#)