Zeitschrift: Schweizer Schule
Herausgeber: Christlicher Lehrer- und Erzieherverein der Schweiz
Band: 23 (1937)
Heft: 13: Naturkunde

Artikel: Von der Welt des Lichtes
Autor: Dessauer, Friedrich
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-534687

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

und stärker.) Warum taut es bei windstillem Wetter besser? (Wind trocknet!) Weshalb taut es im Gebirge stärker als in der Ebene? Begründe das Vergehen des Taus!

b) Niederschriften. Meine Wahrnehmungen in der betauten Wiese. Die Wiese im Frühschmuck (Naturschilderung).

Rätsel:

Im Sonnenschein flimmert mit Perlen ohne Zahl
Und farb'gen Diamanten besät, ein grüner Saal;
Doch bald sind sie verschwunden, getrunken allzumal,
Die Perlen, Diamanten von einem heissen Strahl.

Fr. Sch.

Mittelschule

Von der Welt des Lichtes

Vor etwa dreissig Jahren glaubte man, ziemlich genau zu wissen, was Licht sei. Die elektromagnetische Wellentheorie hatte sich glänzend bewährt. Alle Lichtarten, die wenigen sichtbaren und der viel gewaltigere Umfang der unsichtbaren, gehorchten den gleichen Gesetzen. Alle hatten dieselbe Fortpflanzungsgeschwindigkeit im „*Aether*". Die Formeln, das heisst also die prägnantesten Ausdrucksweisen der Gesetzmässigkeit, waren dieselben im Gebiete der Beugung, Brechung, Interferenz und Reflexion, und alle Unterschiede waren in kontinuierlichen Uebergängen durch die Verschiedenheit der Wellenlänge oder umgekehrt der Wellenfrequenz erklärbar.

Es blieben zwei Lücken. Die eine führte zu vielen Diskussionen und beschäftigte auch die Laienwelt: Die Frage nach dem Träger der Wellen, für den man zwar ein Wort — Aether — aber keine Vorstellung hatte. Der menschliche Geist verlangt nach seiner Struktur für eine Energie, die etwa vom Sirius (noch deutlich messbar) oder von der Sonne herüberwandert, einen Träger. Elektrische und magnetische Kräfte, räumlich und zeitlich periodisch mit der Geschwindigkeit 300.000 Kilometer in der Sekunde vom Quellort sich ausbreitend — das genügt dem Verstande noch nicht. Er fragt: Wer trägt diese Kräfte? und er ist geneigt, den vermuteten Träger stofflich zu denken. Da aber die Fortpflanzung in der Leere des Weltraums und im höchsten mit Apparaten herstellbaren Vakuum unverändert zustande kommt, konnte es ein Stoff der gewöhnlichen Art unmöglich sein. So kam die Fiktion eines besonderen, alle bisherige Erfahrung über die Materie übersteigenden, nur der Lichtübertragung und vielleicht auch der Gravitationsfortpflanzung reservierten Stoffes, eben des Aethers. Aber die Theorien, die man über ihn aufstellte, scheiterten an der Erfahrung. Das Problem endete in einer Resignation. Auf die Frage: Was ist der Aether? gab Herr von Laue einmal im Kolleg die kurze Antwort, die ich hier so hinschreibe, wie er sie an die Tafel schrieb:

$$\mu = 1, \quad \varepsilon = 1, \quad \lambda = 0.$$

Das heisst in Worten: Im Weltraum oder in der Luft, wo immer sich Licht ausbreitet, besteht eine magnetische Leitfähigkeit von der Grösse 1. Ebenso eine Leitfähigkeit für elektrische Kräfte, gleichfalls von der Grösse 1, aber keine Leitfähigkeit für elektrische Ströme. Mit dieser Definition kann der Physiker operieren. Wie weit sie erkenntnistheoretisch befriedigt, ist eine Frage anderer Art.

Die zweite Lücke, die von der elektromagnetischen Wellentheorie der Strahlen nicht ausgefüllt wurde, hat eine überaus befriedigende Lösung gefunden. Dieses Pro-

blem ist früher der Allgemeinheit kaum zum Bewusstsein gekommen; es war auf die Fachwelt beschränkt, und es quälte auch diese bei weitem nicht so sehr wie das Aetherproblem: Die Frage nach der Struktur der Lichtenergie. Die Lösung durch Max Planck hat die Physik, ja unser naturwissenschaftliches Gesamtweltbild umgestaltet, nicht in dem Sinne, dass falsch gewesen sei, was wir vor 20 Jahren gewusst haben, sondern nur in dem Sinne, dass es nicht genug war, nur die Hälfte sozusagen.

Wie erwähnt, was ein Fixstern an Lichtenergie uns zuschickt, das können wir gerade noch bequem messen und in unseren Energiemassen ausdrücken. Was die Sonne uns zuschickt, ist ungeheuer. Das ganze pflanzliche und tierische und damit menschliche Leben wird energetisch davon gespeist, sodass also jede Bewegung, jeder Schlag des Herzmuskels aus der Sonnenenergie stammt. Aber auch jeder Wind und Sturm, jeder Stromlauf und Regenfall, der Abbau unserer Gebirge kommt daher. Man kennt das alles gut nach Mass und Zahl, man weiss in Kalorien pro Quadratcentimeter und man weiss in Pferdekraftstunden, welche Energien die Sonne zur Erde strahlt. Aber, — wie ist die Struktur dieser Energie beschaffen? In welcher Form senden etwa Beteigeuze im Orion oder Aldebaran im Stier ihre winzigen und die Sonne ihre gewaltigen Energien auf unseren Planeten? Wie gehen sie von dort ab, wie durcheilen sie unzerstört und unverändert den Weltraum, wie kommen sie zu uns, wie tritt eine sozusagen abgemessene Portion der Energie etwa in das Molekül des Chlorophylls so, dass es den Kohlehydratkörper der Pflanze aufbauen kann? Die Antwort fand Planck bei rein theoretischen Untersuchungen. Jetzt kann man sie mit dem lichtelektrischen Effekt im Vorlesungsversuch ganz leicht verständlich geben. Sie ist für den Laien so verblüffend, wie sie für den Forscher befruchtend und erleichternd ist: Das Licht ist nicht kontinuierlich, wie es scheint, sondern d i s kontinuierlich. Die Materie schien uns ja auch früher kontinuierlich zu sein, und wir wissen, dass sie es nicht ist und dass zwischen ihren Molekülen Abstände — bei den Gasen riesige Abstände bestehen, wenn man die Molekülgrösse selbst als Maßstab nimmt. So auch ist die elektromagnetische Energie der Strahlen diskontinuierlich, besteht sozusagen aus einzelnen Lichtpfeilen, die man in Analogie zu den „Atomen" der Stoffwelt „Photonen" nennt. Dieser Name verdrängt allmählich den ursprünglichen der „Lichtquanten". Pädagogisch macht man diese zunächst fremdartige Erkenntnis vielleicht am besten durch ein Gedankenexperiment klar:

Man geht im Geist in einer sehr dunklen Nacht etwa mit einem Bogen weissen Papiers ins Freie. Nach längerer Anpassung des Auges vermag man schliesslich die Papierfläche noch zu erkennen, weil eine Spur von Sternlicht oder diffusem irdischem Licht der Ortschaften doch durch die Wolken kommt. Wir haben es jetzt mit sehr stark verdünntem Licht zu tun. Die einfallenden Photonen sind viel tausendmal weniger zahlreich als am Tage oder beim Licht der Lampe. Trotzdem ist die ganz schwache Helligkeit des Papierblattes noch gleichmässig. Es blitzt nicht an einzelnen Stellen auf, während es an anderen dunkel ist, und das müsste es tun, wenn das Licht hinreichend verdünnt wäre, sodass die Photonen vereinzelt ankämen. Aber nun versagt die Empfindlichkeit des Auges. Das Gedankenexperiment ersetzt unser Auge durch ein empfindlicheres Auge — es handelt sich nur um 2—3 Zehnerpotenzen, also um Steigerung der Empfindlichkeit um etwa das Tausendfache. Dann könnten wir das Licht noch weiter abschwächen und würden tatsächlich das singuläre Aufleuchten der einzelnen Stellen sehen, da wo die Photonen räumlich und zeitlich getrennt auffallen.

Wir ersetzen das Auge durch ein uns zur

Verfügung stehendes, wesentlich empfindlicheres Instrument, den „Spitzenzähler" von Geiger, der den einzelnen Röntgenlichtstrahl oder Gammalichtstrahl zu „sehen" vermag — bei der gehörigen Schwächung der auffallenden Strahlung natürlich. Und mit Hilfe der Modifikation des Spitzenzählers durch meinen Mitarbeiter und jetzigen Nachfolger Rajewsky kann man auch die einzelnen Photonen des ultravioletten und des sichtbaren Lichtes zur Wahrnehmung bringen.

Diese Erkenntnis von der diskontinuierlichen Struktur, von der Aufteilung der Lichtenergie in einzelne Portionen, hat für die Naturwissenschaft eine ähnliche Tragweite wie die Erkenntnis der Atomstruktur des Stoffes für die Chemie. In anschaulicher Darlegung kann man zunächst etwa folgendes sagen: Jeder Lichtpfeil trägt seine Energieportion, und diese ist einfach proportional der Wellenfrequenz, sodass also ein Photon an der violetten Grenze des Sichtbaren etwa die doppelte Energie trägt, wie ein Photon an der roten Grenze. Dagegen hat ein Röntgenphoton oder ein Gammaphoton die tausendfache, ja die millionenfache Energie. So wie man Spektra nach Wellenlängen oder Frequenzen aufzeichnet, zeichnet man sie jetzt im gleichen Schema auch nach den Energiegehalten der einzelnen Photonen. Eine Gedankenbrücke erschliesst dann sofort ein ganz riesiges Forschungsgebiet: Einfach die Gegenüberstellung der Spektraltafel solcher Photonenenergien mit den Energiestufen in den Stoffeinheiten: den Anregungsenergien, den Ionisationsenergien und Dissoziationsenergien, den Verbindungsenergien, sozusagen Konstruktionsenergien niederer und höherer Moleküle. Das Chlorophyll, von dem wir gerade sprachen, ist dafür ein typisches Beispiel. Es hat bestimmte Absorptionsbanden, das heisst in unserer Sprache: es fängt sich Photonen, die zu seiner Bauart passen, heraus und gewinnt dadurch die Fähigkeit, die Kohlehydrate des Pflanzenkörpers aufzubauen. Die Verfolgung dieser korrespondierenden Energien zwischen den Photonengrössen und den Molekülstrukturen führt unmittelbar in ein grosses und neues Kapitel der Biophysik.

Freilich, wenn die Photonen gewisse Energiegrössen übersteigen, also etwa 30 Volt-Elektron [1] oder gar, wenn sie in die Tausende oder Millionen Voltelektronenergie tragen, dann gibt es keine Korrespondenzstellen im Bau des organischen Moleküls. Und dennoch wirken diese starken Photonen biologisch sehr heftig, es sind ja die Röntgenstrahlen und Gammastrahlen, die alltäglich zur Behandlung von vielen Krankheiten, darunter Krebs, herangezogen werden. Dieser Wirkungsmechanismus ist gänzlich unspezifisch und setzt, wie ich 1922 zeigte, beim Abbau der Photonen der Durchquerung der Moleküle durch Elektronenflüge ein.

Der nächste Schritt führt mit unerbittlicher Konsequenz an das Grundproblem der Berührung von Energie und Materie heran. Wenn die Energie quantenhaft, also sozusagen atomar ist — dann wird man versuchen im Experiment zu prüfen, ob diese Quanten, diese Photonen Eigenschaften kleinster Körper tragen (z. B. mechanischen Stoss-Impuls) und umgekehrt, ob die kleinsten korpuskularen Elemente, Elektronen, Positronen und Neutronen Wellencharakter haben (z. B. Beugung zeigen). Das Experiment bejaht diese Fragen und das Neuland der physikalischen Forschung, die Atomphysik, öffnet sich damit Zugangsstrassen: der Wellenmechanik und Quantenmechanik.

Istanbul. *Friedrich Dessauer.*

---

[1] 1 Voltelektron = 1,59. 10^{-19} Watt = $1{,}59^{-12}$ Erg, sodass also die kosmische Strahlung bis zu der ungeheuren Verdichtung von 1 Erg pro Photon heranreicht (10^{12} Voltelektron)