

ORDEN POUR LE MÉRITE  
FÜR WISSENSCHAFTEN UND KÜNSTE

REDEN UND GEDENKWORTE

SIEBENUNDDREISSIGSTER BAND  
2008 – 2009

WALLSTEIN VERLAG

## DRITTER TEIL

### PROJEKTE DES ORDENS\*

\* Die Beiträge zu dem Öffentlichen Symposium des Ordens im Gedenken an die Ordensmitglieder Alexander von Humboldt und Charles Darwin erscheinen in dem Band »Zwei Revolutionäre: Alexander von Humboldt und Charles Darwin«, Göttingen 2010.

Für die Beiträge von Herbert Giersch: *Der Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung*, von Rolf Zinkernagel: *Der Europäische Forschungsrat*, von Ernst-Joachim Mestmäcker: *Einzelberatung der Europäischen Kommission*, von Horst Albach: *Die Regierungskommission »Bundesbahn«* liegen keine ausgearbeiteten Beiträge vor.

I. BESTÄNDIGKEIT UND VERGÄNGLICHKEIT  
VON RUHM

## 1. WISSENSCHAFTLER

HERMANN HAKEN

DER PHYSIKER UND MATHEMATIKER  
HENDRIK ANTOON LORENTZ

---

Vor 100 Jahren wurde der niederländische Physiker und Mathematiker Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928) als Nachfolger von Lord Kelvin in den Orden *Pour le mérite* aufgenommen.

In Arnheim geboren, studierte er an der Universität Leiden Mathematik und Physik und übte dann eine Lehrtätigkeit am Abendgymnasium Arnheim aus, wo er sich autodidaktisch weiterbildete. 1875 erfolgte die Promotion, 1878 folgte er dem Ruf auf den ersten niederländischen Lehrstuhl für theoretische Physik an der Universität Leiden. 1902 erhielt er den Nobelpreis für Physik.

Ausgangspunkt der Arbeiten von Lorentz war die von James Clerk Maxwell (1831-1879) entwickelte Theorie des Elektromagnetismus. Dort hatte Maxwell gezeigt, wie ein sich zeitlich änderndes elektrisches Feld ein magnetisches Feld und umgekehrt ein sich zeitlich änderndes magnetisches Feld ein elektrisches Feld hervorrufen. Aufgrund dieses Wechselspiels entstehen elektromagnetische Wellen, wobei Maxwell insbesondere fand, daß Licht eine elektromagnetische Erscheinung ist und sich die Lichtgeschwindigkeit  $c$  im Vakuum aus elektrischen und magnetischen Konstanten herleiten läßt. In Analogie zu Wasserwellen nahm er an, daß als Träger der Licht-

wellen der Äther fungiert. Bei der Ausbreitung von Licht in transparenten Medien, wie Wasser, Glas etc., ändert sich die Lichtgeschwindigkeit  $v$  gemäß der Formel  $v = \frac{c}{n}$ , wobei  $n$  der sogenannte Brechungsindex ist. In seiner Dissertation (1875) über die Theorie der Reflexion und Brechung des Lichts konnte Lorentz die Reflexions- und Brechungsgesetze auf Grundlage der Maxwell'schen Theorie herleiten. Die Dissertation erschien auf holländisch, wurde in 100 Exemplaren gedruckt und ist, dies sei noch der Kuriosität halber angemerkt, zur Zeit für 6.600 € antiquarisch erhältlich.

1892 entwickelte er eine modellhafte Theorie der elektrischen Leitfähigkeit und der magnetischen Eigenschaften von Metallen. Hierzu nahm er an, daß sich kleine elektrisch geladene Teilchen, nämlich die Elektronen, in Metallen bewegen und so den elektrischen Strom tragen. Durch Streuung der Elektronen an den Atomen kommt es dann zu einer endlichen Leitfähigkeit. Lorentz wurde so zum Vater der Elektronentheorie der Metalle.

1878 entwickelte dann Lorentz die Theorie der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen in Medien, wobei das Ziel war, den zuvor phänologisch eingeführten Brechungsindex  $n$  näher herzuleiten. Das Modell wird übrigens auch noch heute in der Kursvorlesung Theoretische Physik gebracht. Lorentz stellte sich dazu vor, daß das Medium aus Atomen besteht, in denen elastisch gebundene Elektronen, wie bei einer Feder, hin und her schwingen können. Trifft nun eine Lichtwelle auf das Medium, so läßt diese die Elektronen hin und her schwingen. Umgekehrt strahlen schwingende Ladungen elektromagnetische Wellen ab, wie Heinrich Hertz (1857-1894) im Jahre 1887 nachgewiesen hatte. Die von den schwingenden Elektronen abgestrahlten Wellen überlagern sich mit der ankommenden Welle. Als Resultat entsteht, wie Lorentz zeigen konnte, eine neue, langsamere Welle mit der Geschwindigkeit  $v = \frac{c}{n}$ , wobei also die Theorie des Brechungsindex  $n$  gelungen war. Heutzutage werden diese Erscheinungen mit Hilfe der Quantentheorie behandelt, wobei die Elektronen sich aber so verhalten, als wären sie elastisch gebundene Teilchen.

Eine erstmalige Erklärung des Michelson-Versuchs (1881/87) gelang Lorentz 1892 – eine weitere Pionierleistung. Ausgangspunkt

des Michelson-Versuchs war die Überlegung, daß man mit Hilfe des Lichts die Bewegung der Erde gegenüber dem als ruhend angenommenen Äther messen könnte. Um die entsprechenden Überlegungen zu veranschaulichen, stellen wir uns einen Modellversuch vor. Wir stehen am Ufer eines Kanals, auf dem sich ein Schiff bewegt, auf dem wiederum ein Passagier in Richtung der Schiffsbewegung läuft. Dann addieren sich, von uns aus gesehen, die Geschwindigkeiten des Schiffes und des Passagiers. Läuft der Passagier aber quer zum Schiff, so kommt eine kleinere Geschwindigkeit uns Beobachtern gegenüber zustande. Identifizieren wir nun das Ufer als den Äther, das Schiff als Erde und die Bewegung des Passagiers als die Bewegung des Lichts, so müssen wir erwarten, daß die Lichtgeschwindigkeit auf der Erde, die sich gegenüber dem Äther bewegt, unterschiedlich ist, je nachdem, ob sich das Licht in Richtung der Erdbewegung oder senkrecht dazu ausbreitet. Mit einer raffinierten Spiegelanordnung sollten diese beiden Lichtwellen nun überlagert werden, wobei sich wegen der verschiedenen Lichtgeschwindigkeiten ein sogenanntes Interferenzmuster, d.h. dunkle und helle Streifen auf einem Schirm, ergeben sollten. Dies trat aber nicht ein. Die Lichtgeschwindigkeit mußte unabhängig von der Bewegungsrichtung der Erde sein. Als Konsequenz ergab sich, daß die Lichtgeschwindigkeit im bewegten System (vergleiche Schiff!) genauso groß sein sollte wie im ruhenden System (Ufer!). Ich kann es mir hier nicht versagen, die Schritte, die zur Lorentz-Transformation führten, mathematisch wiederzugeben. Wird die in der Zeit  $t$  zurückgelegte Wegstrecke mit  $x$  bezeichnet und ist  $c$  die Ausbreitungsgeschwindigkeit, so gilt die Gleichung:  $x^2 - c^2 t^2 = 0$  (1). Im bewegten System, das mit den Größen  $x', t'$  gekennzeichnet ist, soll nun die gleiche Gleichung gelten, nämlich  $x'^2 - c^2 t'^2 = 0$  (2). Nach der Forderung der Lorentz-Invarianz soll beim Übergang von  $x, t$  nach  $x', t'$  die gleiche Form erhalten bleiben. Die Frage entsteht, welche Transformation von  $x, t$  nach  $x', t'$  dies leistet. Wendet man die von der Mechanik her geläufige Transformationsformel, die sogenannte Galilei-Transformationsformel, an, so müßte gelten  $x' = x - v \cdot t$ . Diese führt aber *nicht* von dem Ausbreitungsgesetz (1) zum Gesetz (2). Lorentz erweiterte daher die Galilei-Trans-

formation auf  $x' = (x - v \cdot t)$  mal einer Konstanten  $K$  und einer weiteren Beziehung für die Zeiten  $t', t$ . Aus der Forderung der Invarianz gelang es Lorentz, nicht nur diese Konstante  $K$  zu bestimmen, sondern auch die gesamten Transformationsgleichungen herzuleiten. Für den an der mathematischen und physikalischen Historie interessierten Leser sei diese berühmte Lorentz-Transformation angegeben.

$$x' = (x - v) / \sqrt{1 - v^2 / c^2}$$

$$t' = (t - vx / c^2) / \sqrt{1 - v^2 / c^2}$$

Aufgrund dieser Transformation läßt sich zeigen, daß bewegte Uhren langsamer gehen und bewegte Längen kürzer erscheinen. Für Lorentz waren  $x'$  und  $t'$  reine Rechengrößen. Einstein (1879-1955) hingegen erkannte, daß diese echte physikalische Größen sind, was für unsere Naturerkenntnis einen fundamentalen Durchbruch bedeutete. Die auf der Lorentz-Transformation beruhende Relativitätstheorie wurde ursprünglich Lorentz-Einsteinsche Theorie genannt, später hat sich dann die Bezeichnung Einsteinsche Relativitätstheorie durchgesetzt. Eine weitere wichtige auf Lorentz zurückgehende Erkenntnis ist die nach ihm benannte Lorentzkraft. Bewegt sich ein elektrisch geladenes Teilchen in einem Magnetfeld, so wird es in seiner Bewegung abgelenkt.

1902 erhielt Lorentz, gemeinsam mit Pieter Zeeman, den Nobelpreis für Physik für die Deutung des Zeeman-Effekts. Bringt man Natriumdampf in den Spalt zwischen dem Nord- und dem Südpol eines Magneten, so wird das ausgestrahlte Licht, das ohne Magnetfeld als eine Spektrallinie erscheint, in drei Linien aufgespalten. Zeeman konnte an der Nobelpreis-Zeremonie wegen Erkrankung nicht teilnehmen.

Zur Erklärung nahm Lorentz, wie schon früher bei der Erklärung des Brechungsindex, an, daß negativ geladene Elektronen, wie an Federn gebunden, im Atom schwingen können, wobei das Magnetfeld die Elektronenbahnen beeinflusst. In seiner Nobelrede sagte Lorentz in prophetischer Weise: »The latter (das Atom) is a composite structure, which can contain many electrons, some fixed; perhaps



it bears electrical charges which are not concentrated at single points, but *distributed in some other way*«. Dies ist genau das Bild, das die moderne Quantentheorie mit Hilfe von Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Ladungsdichte des Elektrons entwirft.

In meinen Darlegungen konnte ich von den vielen wichtigen Arbeiten von Lorentz nur einige wenige besonders herausragende Leistungen darstellen. Abschließend sei noch als weitere große Leistung von Lorentz seine Planung für die Trockenlegung der Zuidersee erwähnt.

### *Anhang*

Es ist sicher von allgemeinem Interesse, der Frage nachzugehen, wie zur Zeit von Lorentz das Auswahlverfahren zur Aufnahme eines neuen Mitglieds in den Orden vor sich ging. Ich stütze mich hier auf Urkunden aus dem Geheimen Preußischen Staatsarchiv. Nr. 158 enthält die Mitteilung, daß Lord Kelvin verstorben ist und Neuwahl erforderlich ist, Nr. 159, die Kopie des Schreibens von Kaiser Wilhelm, an den Minister der auswärtigen Angelegenheiten mit der Anweisung, den Ordenskanzler aufzufordern, die erforderliche Wahl zu veranlassen. Laut Blatt 181 teilt das Ministerium dem Kaiser und König mit, daß die Akademie der Wissenschaften (gemeint ist hier die preußische Akademie) veranlaßt worden sei, drei Gelehrten desselben Faches, dem Lord Kelvin angehörte, der Physik oder aus verwandten Gebieten der Wissenschaft, in Vorschlag zu bringen. An erster Stelle wurden genannt: der Professor der Physik an der Universität Leyden, Hendrik Antoon Lorentz, an zweiter Stelle der Professor der Physik an der Universität Amsterdam, van der Waals, an dritter Stelle der Professor der Physik an der Ecole Polytechnique in Paris, Henri Becquerel. Laut Blatt 185 wird dem Kaiser mitgeteilt, daß die Akademie an erster Stelle den Professor der Physik an der Universität Leyden, Hendrik Antoon Lorentz, gewählt hat. Nach Zwischenschritten, in die das Auswärtige Amt eingeschaltet war (Blätter 187 und 196), erfolgte dann am 14. Mai 1908 der Erlaß von Kaiser Wilhelm, Hendrik Antoon Lorentz in den Orden aufzunehmen (Urkunde 197).