Vom Ausgangspunkt der Elektrizitätslehre

Rudolf Cantz

Wenn die bekannte Laienfrage «Ja, was ist denn nun Elektrizität eigentlich?» gestellt wird, so kommt der Physiker, wenn er ehrlich sein will, in Verlegenheit. Er muss dann sagen, dass die Wissenschaft sich bemüht hat, die Gesetzmässigkeiten der «elektrischen» Erscheinungen zu erforschen, und er wird dann meist hinzufügen, dass ein darüber hinausgehendes Streben nach einer «Wesens-Erkenntnis» nicht mehr in das Gebiet der Physik gehöre und wahrscheinlich dem Menschen überhaupt nicht möglich sei. Neben Antworten dieser Art wird der Fragende auch solche bekommen können, in denen mit einer gewissen Naivität das Wesen der Elektrizität auf ihre «einfachsten Bestandteile, die Elektronen» zurückgeführt wird. Besonders in einführenden Lehrbüchern wird vielfach angestrebt, die Erscheinungen des elektrischen Gebietes mittels eines gewissen Verhaltens der Elektronen zu «erklären». Dies scheint recht gut in den Rahmen der allgemeinen physikalischen Grundlagenforschung zu passen, die sich gegenwärtig hauptsächlich mit Problemen beschäftigt, welche sich aus den Vorstellungen über die «Elementarteilchen» ergeben. Auch diese Forschung ist ja ursprünglich von dem Gedanken impulsiert, dass man die Naturerscheinungen werde verstehen können, wenn es gelinge, die kleinsten Bestandteile als Einfachstes zugrundezulegen.

Heute stehen wir hierbei allerdings vor Situationen, welche die soeben erwähnte Hoffnung der Physiker schon deutlich als Illusion erkennen lassen. Dies ergibt sich bei einer sachgemässen Interpretation der modernen Physik, wie sie besonders von *Georg Unger* (1967) durchgeführt wurde. Unter den in der physikalischen Forschung unmittelbar Führenden hat *Werner Heisenberg* (1967) Gedanken geäussert, welche ebenfalls in Richtung auf eine Überwindung des «Bausteindenkens» gehen. Schon in seiner Feldtheorie der Elementarteilchen, in welcher er die Wechselwirkungen und die Entstehens- und Vergehens-Prozesse der «Teilchen» untersucht, tritt zutage, wie kompliziert die letzteren zu denken sind. In einem Gastvortrag, den *Heisenberg* im Mai 1968 an der Universität Basel hielt, konnte man sodann von ihm hören, wie er sich von den auf den altgriechischen Philosophen *Demokrit* zurückgehenden Vorstellungen kleinster Bestandteile alles Seienden hinweg auf das Primat von Symmetrieverhältnissen, d. h. auf ein Ideelles, verwiesen sieht, wie es *Plato* vertreten hatte.

Als gegen Ende des vorigen Jahrhunderts *H. A. Lorentz* seine Elektronentheorie darlegte, glaubten sich die Bausteindenker nahe an ihrem Ziel einer Erklärung der elektrischen Erscheinungen. In den folgenden Jahrzehnten zeigte sich, dass das zuerst so einfach konzipierte Elektron nicht nur von einem elektrischen Feld, sondern auch von ziemlich komplizierten magnetischen Feldverhältnissen umgeben sein müsse, welche mit seiner Translation und einer Eigen-Rotation (Spin) in Zusammenhang gebracht wurden. Auch in bezug auf sonstige Eigenschaften wurde das Elektron immer problematischer: man denke nur an die unerwarteten Beugungseffekte an Elektronenstrahlen (Dualismus Welle-Korpuskel) und an die *Heisenberg*sche Ungenauigkeitsrelation für Ort und Impuls eines Teilchens.

Wohl zeigte sich die *Lorentz*sche Theorie als über die *Faraday-Maxwell*sche Theorie der elektromagnetischen Felder hinausgeschritten, indem sie sich anschickte, die elektrischen Vorgänge bis ins Innere der beteiligten Stoffe zu untersuchen. Sie ist dadurch für die rechnerische Beherrschung gewisser Zusammenhänge von Erscheinungen fruchtbar geworden. Aber auf eine tiefere Frage nach dem elektrischen

Verhalten hätte sie niemals eine wirkliche Antwort geben können. Dies nicht nur deshalb, weil die Elemente, welche zur Erklärung des Komplizierteren herangezogen werden sollten, sich selber als nicht einfach genug erwiesen. Das innere Rätsel des elektrischen und des magnetischen Feldes muss vielmehr in ihrem prinzipiellen Auftreten gelöst werden. Die Elektronentheorie hatte diese Felder aber schon in ihre Voraussetzungen aufgenommen.

Will man dem Wesenhaften des Elektrischen und Magnetischen erkennend näher kommen, so wird man die Frage nach dem, was in den «Feldern» vorliegt, nicht ausklammern dürfen, sondern gerade als Kernfrage zu betrachten haben. Der Begriff des elektrischen und magnetischen Feldes ist von *Michael Faraday* geprägt worden. Er lehrte uns, die Möglichkeit von Vorgängen in der gesamten Umgebung eines elektrisch geladenen Gegenstandes oder eines Magneten von Ort zu Ort zu verfolgen. Es ist nun das Auffallende der Anziehungs- oder Abstossungswirkungen, der Influenzwirkungen usw., dass sie sich ohne eine mit körperlichen Sinnen wahrnehmbare Vermittlung über räumliche Abstände hinweg geltend machen; entsprechende Versuche gelingen bekanntlich im Hochvakuum ebenso wie in der gewöhnlichen Luft. Eine solche gewissermassen magische Fernwirkung in ihrem Denken zu akzeptieren, scheuten sich jedoch die Physiker. Schon von *Newton* wissen wir, dass es ihm diesbezüglich bei seiner eigenen Idee einer allgemeinen Massen-Anziehung über den leeren kosmischen Raum hinweg zuerst unbehaglich war. In einem Brief an den Physiker *Boyle (Newton,* 1679) spricht er sich darüber aus, und gelangt – in Gedanken probierend – zu einer Art Ätherhypothese, welche er jedoch nur andeutungsweise charakterisiert.

Auch für die genannten elektrischen und magnetischen Wirkungen suchte man einen diese vermittelnden Äther. Jahrhundertelang forschte man nach der Möglichkeit einer Beschreibung der physikalischen Eigenschaften desselben, mit dem Ergebnis, dass sich keine widerspruchsfreie Fassung finden liess. So sind heute die physikalischen Ätherhypothesen mehr oder weniger verschwunden. Andererseits war *James Clark Maxwell* beim Ausarbeiten eines mathematischen Gewandes für die *Faraday*schen Feldvorstellungen zu dem Gedanken gekommen, dass irgend ein Vorgang im Felde sich nicht überall gleichzeitig bemerkbar machen könne, sondern, wie z. B. ein Knall in der Luft, sich mit einer endlichen Geschwindigkeit fortpflanzen werde. Diese erwies sich für Luft, genauer für den leeren Raum, als identisch mit der Lichtgeschwindigkeit. *Heinrich Hertz* hatte dann als erster mit den von *Maxwell* vorausgeahnten «elektromagnetischen Wellen» experimentieren können.

Nun aber knüpft sich an diese Entdeckungen ein eigenartiger Fehler des begrifflichen Denkens. Es hiess nun allgemein unter den Physikern, dass damit die «Fernkraft-Hypothese» überwunden sei. Denn es lasse sich ja zeigen, wie die Felder sich von einer Stelle zur nächstfolgenden kontinuierlich – wenn auch mit sehr grosser Geschwindigkeit – fortpflanzen. So könne also nur von «Nahe-Wirkungen» die Rede sein. Man glaubte wohl auch, den mit der Idee einer Fernwirkung verbundenen magischen Nimbus damit los zu sein. Jedenfalls fehlte es an einem Bewusstsein davon, dass ja auch die neue Nahe-Wirkung ebenso ohne eine körperlichen Sinnen zugängliche Vermittlung erfolgt, so dass sich also am Kern der Sache nichts geändert hat, und das eigentliche Geheimnis der «Felder», oder in moderner Ausdrucksweise, der Wechselwirkungen, nach wie vor bestehen bleibt. Warum aber soll es dann nicht mehr statthaft sein, von «Fernwirkungen» zu sprechen? Die Erkenntnis *Einsteins,* dass sich keine Energiewirkung des physikalischen Bereichs schneller als mit Lichtgeschwindigkeit fortpflanzen kann, verliert dadurch nichts von ihrer Bedeutung, dass man eine – dieser Feststellung gerecht werdende – Fernwirkung zugesteht.