Michael Faraday

Die Kräfte der Natur

herausgegeben von
Peter Buck

Band 7 der Reihe
reprinta historica didactica

franzbecker

CIP-Titelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Faraday, Michael: Die Kräfte der Natur
/Michael Faraday. Hrsg. von Peter Buck. -
Hildesheim : Franzbecker, 1984
(Reihe reprinta historica didactica; Bd. 7)
Einheitssacht.: On the various forces of nature and their relations to each other /dt./
ISBN 3-88120-084-3
NE: GT

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die Vervielfältigung und Übertragung auch einzelner Textabschnitte, Bilder oder Zeichnungen ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlages nicht zulässig (Ausnahmen gem. 53, 54 URG). Das gilt sowohl für die Vervielfältigung durch Fotokopie oder irgendein anderes Verfahren als auch für die Übertragung auf Filme, Bänder, Platten, Transparente, Disketten und andere Medien.

© 1984 by Verlag Franzbecker, Hildesheim

Einleitung

Michael *Faraday* war, was heute manchmal vergessen wird, ebenso Physiker wie Chemiker. Er hat nicht nur die elektromagnetische Induktion entdeckt, sondern auch als erster Benzol hergestellt. Seine Weihnachtsvorlesungen für ein jugendliches Publikum umfaßten daher auch beide Themenbereiche: Seine berühmte "Naturgeschichte einer Kerze" (Band 3 dieser Reihe) entwickelt von der Kerze ausgehend Grundlagen der Chemie. Die hier wieder aufgelegten Vorlesungen über die Kräfte der Natur behandeln grundlegende Phänomene der Physik. Für Faraday war die Einheit der Natur ein wichtiges Anliegen und so lautete der volle Titel dieser Vorlesungsreihe "Die verschiedenen Kräfte der Materie und ihre Beziehung zueinander".
Diese Vorlesungen wurden vor mehr als 125 Jahren gehalten. In ihrem phänomenologischen Akzent sind sie heute so aktuell wie damals. In den zentralen Begriffen des Titels "Kraft" und "Materie" ist allerdings in diesem Zeitraum ein Wandel eingetreten, auf den ich hier ausdrücklich hinweisen möchte, der aber das vorliegende Bändchen zugleich von einer anderen Seite her interessant macht:
Das Gebiet der Mechanik, in der dem Schüler oder Studenten die Begriffe 'Kraft' und 'Energie' meist zum ersten Mal in einem physikalischen Zusammenhang begegnen, gilt heute als ein Gebiet klarer Begriffsbildung, einer Begriffsbildung für die Isaac *Newton* das Fundament gelegt und den Bauplan aufgestellt hat. Auf ihn geht zurück, was heute in der Physik *allein* unter dem Begriff 'Kraft' verstanden wird: die räumlich gerichtete Größe, die z.B. für die Dehnung einer Federwaage verantwortlich gemacht wird und für die die Federwaage das Meßinstrument par excellence darstellt. Dem berühmten "Parallelogramm der Kräfte" liegt dieser Kraftbegriff zugrunde. *Newton* selbst hat "Kraft" (vis) durchaus noch in einem anderen Sinn verwandt, z.B. in der "vis insita", der jedem Körper innewohnende Kraft des Widerstands gegen eine Änderung seines Bewegungszustandes - der "Kraft der Trägheit" wie Newton formulierte, heute nennt man dies nicht mehr eine Kraft, sondern "Masse" oder "Trägheit".
Was heute in der Physik 'Energie' heißt, ist im letzten Jahrhundert in der Physik *auch* mit Kraft bezeichnet worden. Das

Wort "Kraftwerk" (eigentlich ist es ein "Energiewerk") erinnert noch daran. Julius Robert *Mayer*, den manche Historiker einen "Entdecker des Energieprinzips" nennen, hat sich sehr dafür eingesetzt, für die hiermit gemeinte Sache das Wort *"Kraft"* zu prägen (Vgl. Bd. 1 dieser Reihe, S. 153-168) und was heute "Kraft" heißt, "Druck" zu nennen, aber er hat sich damit nicht durchsetzen können. Über die Wortwahl gibt es seit etwa 100 Jahren keinen Streit mehr: 'Kraft' ist in der Physik nur noch eine gerichtete Größe (Vektor), 'Energie' ist dagegen keine gerichtete Größe, kein Vektor, sondern eine skalare Größe, wie man dies in der Physik auszudrücken pflegt. Ihre Einheit ist das Joule [J], das über die internationale Konvention $1\,J = 1\,\frac{m \cdot kg}{sec^2}$ mit den Einheiten der Größen Länge, Masse und *Zeit verbunden* ist.

So klar und eindeutig die Definition ihrer Einheit auch ist, so wenig vermag man sich unter dem genannten Quotienten $(\frac{m \cdot kg}{sec^2})$ etwas anschauliches vorzustellen. Es ist in der Physik daher auch anerkannt, daß Energie eine nicht anschauliche Verrechnungsgröße darstellt. Für *didaktische* Zwecke gibt es eine Reihe anschaulicher Interpretationen des physikalischen Begriffs 'Energie', die hier nicht referiert werden können.

Was heute klar getrennt als 'Kraft' und 'Energie' als zwei Begriffe vorhanden ist, hat ihre Wurzeln in einem einzigen Begriff ' Kraft '. Für viele Physiker bis weit in das 19. Jahrhundert hinein, z.B. bei *Newton* oder in den ersten Aufsätzen von Julius Robert *Mayer*, waren in diesem Begriff "Kraft" Skalar und Vektor *Aspekte* ein und desselben Begriffsinhalts. Auch *Faraday* verwendete ' Kraft ' und nicht 'Kraft', wie die Physik dieses Wort heute präzisierend und einengend festgelegt hat. Sein Kraft -Begriff besaß vielmehr solche Realitätsbezüge, daß er ihn zu den Feldlinien führte, die dann die Basis für die Feldtheorie der heutigen Physik abgaben.

Wollte man seine Vorträge in die präzise Physikersprache übersetzen, müßte man gelegentlich 'Kraft', gelegentlich (nicht immer!) 'Energie' schreiben. Ich habe dies bei der Herausgabe dieser Vorträge nicht für notwendig erachtet. Auch in der Umgangssprache wird nicht deutlich zwischen 'Kraft' und 'Energie' unterschieden. Diese Unterschiede brauchen ja durchaus auch noch nicht gleich zu Beginn des Physikunterrichts thematisiert zu werden. Ein Verweilen bei den einzelnen Phänomenen wird diese Unterscheidung ohnehin gar nicht erforderlich machen, denn 'Energie' als umfassende Verrechnungsgröße wird ja erst dort wichtig, wo die Gesamtheit der Energieprozesse thematisiert wird.

Aber noch ein anderer Grund war für mich maßgeblich, *Faradays* Kraft -Begriff nicht zu differenzieren: Er scheint mir für die anfängliche Begegnung mit der Physik ein brauchbarer und umfassender Begriff zu sein, der es uns erleichtert - ganz im Sinne der Faradayschen Forderung -, Ganzheiten und Zusammenhänge zwischen qualitativ völlig verschiedenartigen Phänomenbereichen in den Blick zu nehmen. Da aus ihm 'Kraft' und 'Energie' als getrennte Begriffe zu einem späteren Zeitpunkt heraus differenziert werden können, da er also differenzierungsfähig ist, bietet er auch die Voraussetzung für die im Physikunterricht nötige Ausbildung von begrifflicher Beweglichkeit.

Auch zum Materiebegriff liefert der vorliegende Band interessante Gesichtspunkte: Für *Faraday* spielte die Tatsache, daß Materie aus Atomen aufgebaut ist, nur eine ganz untergeordnete Rolle. Nicht daß er die Atome mit Bausch und Bogen abgelehnt hätte, oder als pure Spekulation verworfen - er hat sie einfach nicht gebraucht und wenn er sich dazu äußerte, dann auch nur, um auf die innere Widersprüchlichkeit der Vorstellung von Atomen als materiellen Kugeln hinzuweisen. Für *Faraday*, dem Kraft *die* grundlegende Realität war, konnten Atome allenfalls Kraftzentren sein, wenn es überhaupt Sinn haben sollte. ihre Realität zu erwägen.

Daher hat er in den vorliegenden Vorlesungen für jugendliche Zuschauer Atomvorstellungen auch nicht benötigt. Der deutsche Übersetzer aber hielt die Atome im Jahre 1872 wohl für eine unumgängliche Sache und hat daher versucht, Faradays Text dahingehend zu "modernisieren", daß er dort, wo es ihm passend erschien, solche Vorstellungen einfügte. Auf alle diese Stellen ist in den Anmerkungen hingewiesen. Das Studium gerade dieser Stellen kann uns zeigen, daß Atomvorstellungen an diesen Stellen absolut unnötig sind, daß also unnötigerweise der Bereich der makroskopischen Phänomene verlassen wurde oder, was noch problematischer erscheint: die makroskopische und die atomistische Ebene vermischt wurden - ein Problem das noch heute sehr vielen populärwissenschaftlichen Texten

eigen ist.
Doch dies sind Feinheiten. Zentral und vordergründig sind die Experimente, die Beobachtungen an ihnen und die auf makroskopischer Ebene zu ziehenden Verallgemeinerungen und Schlußfolgerungen. Heute wie vor 125 Jahren scheinen sie mir die Basis überhaupt jeder naturwissenschaftlichen Bildung zu sein. Möge der Band in diesem Sinn denselben Anklang finden, den *Faradays* "Naturgeschichte einer Kerze" gefunden hat!

Neckargemünd, 3. Juli 1984

P. Buck

Vorlesungen über die Naturkräfte.

Erste Vorlesung.

Ueber die Schwerkraft.

Wie wunderbar ist doch die Welt und Alles, was auf derselben ist, wie wundervoll die Gesetze, denen alle Vorgänge in der Natur unterworfen sind. Die Erde ist unsere Heimath, auf ihr sind wir geboren, erzogen und haben unser Dasein und doch fassen die Menschen alles Dieses, weil es alltäglich ist, als nichts wunderbares auf. Wer wundert sich über die Entstehung und die Bildung der Mineralien, wer über das Wachsthum der Pflanzen? Einem jungen unbefangenen Gemüth von zehn, fünfzehn oder zwanzig Jahren erregt vielleicht der erste Anblick eines Wasserfalls oder eines Berges mehr Verwunderung, als das Nach-

denken über die Kräfte,[1] welche bei dem Leben ins Spiel treten: wie gelangt der Mensch auf diese Welt? durch welche Kräfte lebt er? welche Macht vermag ihn aufrecht zu erhalten und ihn in den Stand zu setzen, sich von einem Orte zu dem andern zu bewegen? Wir treten also in diese Welt ein, wir leben darin und verlassen dieselbe, ohne daß unsere Gedanken sich darauf hinwenden, zu überlegen, wie dieses vor sich geht. Würden nicht einige wenige Menschen genauer ihr Augenmerk auf diese Dinge gerichtet und die wahrhaft wundervollen Gesetze und Bedingungen entschleiert haben, nach welchen wir leben und auf dieser Welt existiren, so würden wir schwerlich es für etwas Wunderbares halten.

Diese Untersuchungen, welche die Philosophen schon von den frühesten Zeiten beschäftigt haben, wo sie zuerst anfingen, die Gesetze, nach denen wir entstehen, leben und unser Dasein genießen, ausfindig zu machen, haben gezeigt, daß Alles die natürliche und nothwendige Folge von gewissen Kräften ist.[2] Diese sind aber so natürlich und gewöhnlich, daß es dem Menschen erscheint, als ob Nichts anders sein könnte: nichts ist gewöhnlicher als die wunderbaren Kräfte, durch welche wir in den Stand gesetzt sind, eine aufrechte Haltung zu bewahren — sie sind alle wesentlich zu unserm

Dasein und werden darin in jedem Augenblick in Anspruch genommen.

Wir wollen uns jetzt mit einigen von diesen Kräften beschäftigen und nicht allein die Lebenskräfte, sondern auch die elementaren oder, wie sie gewöhnlich genannt werden, physikalischen Kräfte in den Kreis unserer Betrachtung ziehen; zuerst müssen wir uns jedoch klar machen, was man unter dem Begriff Kraft versteht. Angenommen ich nehme einen Bogen Papier und stelle ihn auf einer Kante aufrecht hin, indem ich ihn gegen irgend etwas anlehne — es ist dies zwar ein sehr rohes aber doch anschauliches Beispiel — und ich ziehe an diesem Papier vermittelst eines Fädchens, welcher daran befestigt ist, so würde ich dasselbe umwerfen. Ich habe dann, um dies ausführen zu können, eine Kraft in Anwendung gebracht. Die Kraft meiner Hand gab dem Fädchen eine Richtung,[3] welche ziemlich eigenthümliche Resultate giebt, wenn wir dieselbe untersuchen: mit Hülfe dieser Kräfte insgesammt — denn es sind mehrere zur Verwendung gelangt — habe ich dies Papier umgerissen. Wenn ich ferner dem Bogen einen Stoß auf die andere Seite gebe, so bringe ich abermals eine Kraft ins Spiel, aber eine ganz andere Kraftäußerung als die vorige. Nehme ich jetzt ein Stück Schellack von ungefähr 12 Zoll Länge und 1 Zoll Durchmesser, reibe

dasselbe mit einem wollenen Lappen und halte es in der Nähe eines Stückchen Papiers oder gegen die vordere Seite des aufrecht stehenden Bogens, so wird derselbe sofort sich gegen den Schellack bewegen; entfernen wir jetzt den letzteren etwas, so wird das Papier umfallen, ohne daß es durch etwas berührt worden wäre. Bei dem ersten Versuche war die Wirkung eine allgemein bekannte; jetzt aber werfe ich es um, nicht durch Hülfe des Fädchens oder durch Berührung meiner Hand, sondern einzig und allein vermittelst des Schellacks; derselbe besitzt also eine Macht, vermöge deren er auf diesen Papierbogen einwirkt. Als Beispiel einer andern Kraft könnte ich noch Schießpulver anführen, durch welche sich der Papierbogen ebenfalls umwerfen läßt.

Wenn ich also fernerhin von einer Macht oder Kraft spreche, so verstehe ich darunter etwas ähnliches, als das ist, womit ich soeben das Stück Papier umgeworfen habe. Ich will das Gedächtniß vorläufig nicht mit dem Namen dieser Kraft belästigen, allein es ist klar, daß in dem Schellack irgend etwas enthalten[4] war, was durch Anziehung auf das Papier in der Weise einwirkte, daß letzteres umfiel; dieses ist also ein Beispiel einer Kraft oder Macht und wir werden jetzt im Stande sein, dieselbe zu erkennen, in welcher Form sie auch auftreten möge. Es giebt übrigens nicht sehr viele

verschiedene Kräfte, sondern im Gegentheil ist es wunderbar, wenn wir bedenken, wie wenig Kräfte existiren, durch welche alle Erscheinungen in der Natur bedingt werden. Ein Beispiel einer anderen Art von Kraftäußerung haben wir in der Lampe: Hierbei ist es die Kraft der Wärme — eine Kraft, welche ihre Wirkung in anderer Weise äußert, als die, welche das Papier umwarf, und so finden wir, wenn wir uns umblicken, noch andere (aber nicht viele) Kräfte und so wollen wir denn, von den einfachsten Experimenten dem Stoßen und Ziehen ausgehend, uns damit beschäftigen, dieselben der Reihe nach zu unterscheiden und zu vergleichen, wie dieselben mit einander im Einklange stehen. Die Welt, auf der wir uns befinden (und wir haben nicht Veranlassung, außerhalb derselben nach Beispielen für unsern Gegenstand zu suchen; aber das Gemüth des Menschen ist nicht begrenzt[5], wie die Materie seines Körpers und deshalb kann und muß er weiter dringen, so weit sein Gesicht reichen und seine Forschungen sich erheben können) ist eine fast vollkommen runde Kugel, welche aus Land und Wasser gebildet wird, wie man dies auf jedem Globus allerdings in ziemlich roher Manier sehen kann. Im Innern der Erde wiederum befinden sich Schichten von Felsen, die aus verschiedenen Arten von Substanzen oder Materie aufgebaut und