



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Universitätsbibliothek Paderborn

Die logischen Grundlagen der exakten Wissenschaften

Natorp, Paul

Leipzig [u.a.], 1910

§ 10. Das Energieprinzip und die Materie. Der "zweite Hauptsatz" und der Wärmetod.

urn:nbn:de:hbz:466:1-35817

des Raumes von Punkt zu Punkt der Zeit zuzuordnen als bewegungbestimmende Faktoren. Wir haben uns indessen längst überzeugt, daß gerade logisch in der Tat nichts anderes zu erwarten ist. Logisch angesehen „ist“ im physischen Sinne, oder ist real, allein das $\phi\acute{\upsilon}\epsilon\sigma\theta\alpha\iota$ selbst, also die Veränderung, und zwar zeit-räumliche Veränderung, also, im weitesten Sinne, Bewegung. Wo nichts geschieht, da ist nichts, im physischen Sinn des Seins, das nur Sein des Werdens bedeutet; und dies Werden ist, als räumliches, allgemein Bewegung. Auch muß man darum nicht etwa die Wärme, das Licht, die Elektrizität in Bewegung „verborgener“ Massen erst umdeuten, um sie als „Arten der Bewegung“ verstehen zu dürfen; sondern Arten der Bewegung sind sie schon damit, daß ihr wechselndes Dasein im Raume sich in Gleichungen ausdrückt. Nur als überhaupt verschieden sind sie „gegeben“, d. h. als Problem aufgegeben, durch die Verschiedenheit sinnlich sich darstellender Wirkungen; worin aber diese Verschiedenheit besteht, das lehrt nicht die sinnliche Wahrnehmung, sondern das ergeben erst die gesetzmäßigen Beziehungen, die als Energiebeziehungen in jenen mannigfach unter sich verknüpften Gleichungen sich ausdrücken.

§ 10. (*Das Energieprinzip und die Materie. Der „zweite Hauptsatz“ und der Wärmetod.*) Diese Beziehungen sind nun von Robert Mayer an in weitem Umfang erforscht worden. Es hat sich die verwirrende Vielheit der Energie-Arten mit hoher Sicherheit bereits auf zunächst zwei Grundarten: die mechanische und die elektrische, reduziert, und es sind dadurch (wie kürzlich Planck [145], 1909, ausgeführt hat) die spezifischen Sinnesempfindungen „geradezu ausgeschaltet“, so sehr, daß z. B. die Wärmeerscheinungen nicht mehr einen eigenen, eben durch die Wärmeempfindung abgegrenzten Bezirk bilden, sondern ganz getrennt, teils beider Mechanik, teils (als Strahlungswärme) bei der Optik oder Elektro-

dynamik behandelt werden. Wenn es aber eine kurze Zeit lang scheinen konnte, als ob wenigstens über diese letzte Dualität von Mechanik und Elektrik nicht hinauszukommen sei, so scheint durch die jüngsten Forschungen eine vollständige Vereinigung beider schon angebahnt zu sein; die Widersprüche stellen sich mehr und mehr als nur scheinbar heraus. Die Zurückführung der gesamten Physik auf bloße Massenmechanik, die noch Helmholtz und Hertz anstrebten, wird als apriorisches Postulat wohl nur noch von wenigen festgehalten. Immerhin mag noch mancher die Hoffnung nähren, daß auch die neuen Errungenschaften der Physik schließlich eine Aufhellung im Sinne dieser Voraussetzung erfahren werden. In sich natürlicher, zugleich dem heutigen Stande der Forschung näherliegend scheint, wie schon bemerkt, die umgekehrte Erwartung: daß die Mechanik wägbarer Massen sich schließlich auf die Elektrik zurückführen, die ponderabele Masse sich als eine Form der Energie herausstellen, und so eine „Entmaterialisierung der Materie“ sich werde erreichen lassen (so Bucherer, *Ann. d. Phys.* 28, 536). Eine atomistische Konstruktion (Elektronen) ist damit keineswegs unvereinbar; nur muß man sich darüber klar sein, in welchem Sinne allein sie möglich bleibt: schwerlich im Sinne einer endgültigen Theorie. Denn die Voraussetzung absolut starrer Körper ist im Unwägbaren nicht annehmbarer als im Wägbaren; sie scheint durch das (hernach noch zu berührende) wichtigste Prinzip der neueren Forschung auf diesem Gebiet, das „Relativitätsprinzip“, geradezu ausgeschlossen (s. Born, in demselben Bande der *Annalen* S. 571 ff.). Aber nicht annehmbarer ist nach demselben Prinzip die Hypothese eines Äthers, sofern man darunter ein strukturloses homogenes unendlich ausgebreitetes Medium versteht, wie noch H. A. Lorentz es ansah und wie man, um den Schwierigkeiten wegen des absoluten Raumes zu entgehen, es sich oft gleichsam als Ersatz für diesen (geradezu als jenen von Neumann ge-

forderten Körper *A*) gedacht hat; denn ein homogenes unendliches Medium ist offenbar ganz außer Stande, als Bezugssystem zu dienen (wie Bucherer a. a. O. mit Recht bemerkt). Dagegen scheint, während die gewöhnliche Masse zu einer Funktion der Geschwindigkeit wird, ein anderer für jeden substantiellen Punkt konstanter Faktor (von Minkowski „Ruhmasse“ genannt) deren Rolle zu übernehmen, so daß der Begriff Masse nicht etwa ersatzlos wegfällt, nur, wie es nach unseren obigen Betrachtungen zu erwarten war, um eine Stufe weiter vom sinnlich Gegebenen sich entfernt und sichtlicher noch als die Masse der alten Mechanik zu einer bloßen Rechnungsgröße wird, welche, zusammen mit der Geschwindigkeit, zum Ausdruck der Energiebeziehungen unentbehrlich ist.

Schon der äußerst bewegliche Stand der gegenwärtigen Forschung auf diesem Gebiet, der fast jeden Tag neue, vielleicht umwälzende Entdeckungen erwarten läßt, rät an, es bei diesen notwendig sehr unvollständigen und provisorischen Bemerkungen bewenden zu lassen. Auch der sogenannte „zweite Hauptsatz“ von der Energie fordert kein langes Verweilen, da darüber schon H. Driesch das für unseren Zweck Notwendige und Hinreichende gesagt hat. Dieser Forscher (dem ich übrigens in seinen vitalistischen Aufstellungen nicht folgen kann) hält mit uns den Satz von der Erhaltung der Energie für *a priori* in seinem logischen Kern, d. h. sofern er die Forderung der Erhaltung eines identischen Grundbestandes der Veränderungen realisieren will. Den sogenannten zweiten Hauptsatz aber zerlegt er in zwei voneinander unabhängige Sätze, von denen der erste seinem logischen Kerne nach ebenfalls *a priori*, der zweite dagegen rein empirisch ist. Der „wahre“ zweite Hauptsatz besagt in seinem apriorischen Kern, daß „ohne Differenzen kein Geschehen (keine Veränderung) möglich ist“, und daß „jedes Geschehen vom Höchstvermöglichen an verläuft, daß das Veränderlichste am meisten sich zu verändern strebt“

(S. 81). Während also der Satz von der Erhaltung der Energie nur verlangt, daß Etwas in den ursachlichen Faktoren identisch bleibe, spricht der zweite Energiesatz die hierzu komplementäre Forderung aus, daß etwas in den Ursachen different sein muß, wenn überhaupt eine Veränderung eintreten soll. Die Maßbestimmung dieser Ungleichheit ergibt sich dann gemäß eben jener Voraussetzung, so wie das Maß der Gleichheit gemäß dem Erhaltungssatz; nämlich die Verschiedenheit in den Ursachen ist genau so anzusetzen, daß dadurch die wirklich eintretende Veränderung gesetzmäßig dargestellt wird. Die fragliche Differenz ist es, die man die „Intensitätsdifferenz“ der Energie nennt, und so gewinnt der Satz die (Ostwaldsche) Fassung: Ein Geschehen (Veränderung) tritt nur ein bei nicht kompensierter Intensitätsdifferenz, und zwar geht es von der höchsten nichtkompensierten Intensität aus (Driesch S. 82). Ganz davon zu trennen ist die reine Tatsache des Entropiesatzes: „daß in einem System alle mit dessen eigenen Mitteln geschehenden Vorgänge so verlaufen, daß die absolute Höhe des höchsten vorhandenen unkompensierten Intensitätswertes vor dem Geschehen nach stattgehabtem Geschehen nicht wieder irgendwo im System erreicht wird“ (S. 83). Dieser Satz ist durch die bisherige Erfahrung durchgängig bewährt, aber ihm „könnte wohl widersprochen werden, doch wegen des zweiten Teiles des wahren zweiten Hauptsatzes nicht in der Form, daß eine Hebung, sondern nur in der, daß ein Gleichbleiben der absoluten Höhe des höchsten Intensitätswertes behauptet würde“ (S. 94). Die Möglichkeit einer Abweichung vom Entropiesatz hat z. B. auch Boltzmann ausdrücklich offen gehalten. Und wenn Planck (145, S. 24) meint, eine Natur, die ihm widerspräche, wäre „eben nicht mehr unsere Natur“, so ist damit im Grunde wenig gesagt. Es ist eben so, oder aber es ist nicht so. Die Folgerung auf einen absoluten Stillstand des Geschehens jedoch lehnt Planck ebenso entschieden ab wie

Driesch (S. 86), Mach (Wärmelehre S. 338, Anm. 1), überhaupt alle besonnenen Forscher. In der Tat kann nur die äußerste metaphysische Voreingenommenheit übersehen lassen, daß nicht etwa aus dem zweiten Hauptsatz von der Energie die Endlichkeit der Welt gefolgert werden kann, sondern nur unter Voraussetzung ihrer Endlichkeit der zweite Hauptsatz zum absoluten Stillstand des Geschehens führen würde. Selbst Eduard von Hartmann¹⁾, dem an der Konsequenz des absoluten Wärmetodes im Interesse seiner Metaphysik so viel gelegen sein muß, vermag bei seiner soliden Kenntnis der Naturwissenschaft doch nur zu sagen: Für den Fall, daß das materielle Weltall endlich ist, haben beide Energiesätze für es exakte Geltung; ist es dagegen unendlich, so haben beide für Teile der Welt nur annähernde Richtigkeit, während sie für die Welt als Ganzes jeden Sinn verlieren. Aber hieraus zieht er nun den merkwürdigen Schluß: die Endlichkeit der Welt sei also eine unausweichliche Konsequenz der Annahme, daß die beiden Hauptsätze der Energielehre nicht bloß annähernd, sondern genau richtig sind, daß sie theoretische Wahrheiten im Sinne der exakten Naturwissenschaft sind. Und nochmals (S. 33): „Sollen die Hauptsätze der Energielehre in irgendwelchem Sinne exakte Wahrheiten für etwas Wirkliches sein, so muß . . . die Welt endlich sein, für die allein sie genau gelten“; dann folge aber aus dem zweiten Hauptsatz auch die Endlichkeit des Weltprozesses vor- wie rückwärts. Also — schließt er —: wenn die Hauptsätze der Energielehre richtige Induktionen sind, so muß nicht nur die Welt räumlich endlich, sondern auch der Weltprozeß zeitlich endlich sein, und zwar sowohl nach vorwärts als auch nach rückwärts. — Demnach versteht v. Hartmann unter „richtigen Induktionen“ oder „theoretischen Wahrheiten“ im Sinne der exakten Naturwissenschaft absolutgültige Aussagen über „etwas

¹⁾ [68], S. 30.

Wirkliches“ auf Grund der Erfahrung: genau was es nicht gibt, nie gegeben hat und nie geben kann, wenn doch Erfahrung ein unvollendbarer Prozeß und empirische Gültigkeit identisch ist mit nichtabsoluter. „Exakte“ Gültigkeit gibt es nur für Bedingungssätze; nicht für Aussagen über absolute Wirklichkeiten. Stets sind auch die Energiesätze, wie alle anderen „Naturgesetze“, von der exakten Forschung nur konditional ausgesprochen worden. Es handelte sich dabei stets um die Abstraktion des „freien Systems“; die Anwendung auf ein empirisch gegebenes System kann nie „exakt“ sein, weil es empirisch ein absolut freies System gar nicht gibt noch geben kann. Die Anwendung auf die „Welt“ verbietet sich *a potiori*, da uns die Welt als geschlossenes Energiesystem in keinem noch so eingeschränkten Sinne „gegeben“ ist. Und so müßte jene Schlußfolgerung höchst verwunderlich erscheinen, wüßte man nicht zur Genüge, wie auch sonst in der Philosophie dieses sehr begabten und sehr unterrichteten Denkers die Naivität des Absolutismus wahre Orgien feiert¹⁾.

Übrigens ist diese absolutistische Neigung nicht etwa bloß bei Philosophen zu finden; überraschende Ausbrüche derselben begegnen gerade gegenwärtig wieder nicht selten in freieren Äußerungen auch solcher Forscher, die in der Forschung selbst kritische Besonnenheit wohl zu wahren wissen. Um so wichtiger ist es zu bemerken, daß die strenge Forschung selbst gerade in ihrer jüngsten Phase im Begriff ist, sich zu einem ganz reinen und klaren Relativismus durchzukämpfen. Gerade die so lange vergebens angestrebte Vereinigung von Mechanik und Elektrik scheint endgültig gewonnen werden zu sollen auf Grund eines Prinzips, das schon in seinem Namen diese tiefe Bedeutung ankündigt; es nennt sich das Prinzip der „Relativität“. Ein

1) Vgl. m. Kritik seines jedenfalls bedeutendsten Werkes, der „Kategorienlehre“, Arch. f. syst. Philos. VI (1900).

Blick auf diese jüngste Wendung soll unsere Betrachtungen beschließen.

§ 11. (*Das Relativitätsprinzip von Lorentz, Einstein, Minkowski.*) H. A. Lorentz [108] war es gelungen, aus den bereits bekannten Grundgleichungen der Elektrodynamik für ruhende Körper solche für bewegte Körper abzuleiten, indem er statt der auf den ruhenden Äther bezogenen Koordinaten „relative“, nämlich auf ein in gleichförmiger Fortbewegung begriffenes System (z. B. die Erde in ihrer Bewegung um die Sonne) bezügliche einführte. Unter Ruhe des Äthers war hierbei verstanden, daß seine Teile sich nicht gegeneinander verschieben, und daß die Bewegung der ponderablen Massen relative Bewegung in Bezug auf den Äther ist. Während aber die so gewonnene Theorie sich übrigens den Erscheinungen gut anpaßte, blieb eine fundamentale Schwierigkeit zurück, nämlich, daß eine relative Bewegung der Erde gegen den Lichtäther, wie die Theorie sie einschloß, durch gewisse Experimente (Interferenzversuche von Michelson und Morley) als mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht existierend erwiesen war. Lorentz wußte für diesen seine Theorie empfindlich störenden Umstand keine andere Abhilfe zu finden als in der gewagten Hypothese, daß alle bewegten Körper, wägbare wie Elektronen, eine konstante Verkürzung in der Richtung ihrer Bewegung im Verhältnis von $1 : \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ erfahren, wo v die Geschwindigkeit des bewegten Körpers (im gedachten Fall die Erdgeschwindigkeit), c die Lichtgeschwindigkeit ist. Diese Verkürzung versuchte er zu erklären durch die Annahme, daß auch die Molekularkräfte der Körper, welche deren Gestalt und Dimensionen bestimmen, ebenso wie die elektrischen und magnetischen durch den Äther vermittelt würden (a. a. O. 120—125).

A. Einstein (Ann. d. Phys. 17, 1905, 891 ff.) fand nun