



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Universitätsbibliothek Paderborn

Die logischen Grundlagen der exakten Wissenschaften

Natorp, Paul

Leipzig [u.a.], 1910

§ 12. Kritische Beleuchtung des Relativitätsprinzips und Bestätigung des Idealismus.

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

schwindigkeit gebunden sind, erhält das Zeit-Raum-System der Physik mit Notwendigkeit jene vierdimensionale und freibewegliche („nichteuclidische“) Gestalt, die bei Minkowski sich ergibt; und die Zeit drückt sich hierbei in der Tat mathematisch ganz analog einer vierten Dimension zu den drei Dimensionen des Raumes aus.

§ 12. (*Kritische Beleuchtung des Relativitätsprinzips und Bestätigung des Idealismus.*) Blicken wir von diesem Ergebnis nun noch einmal zurück auf unsere früheren, von Newton und Kant ausgehenden, rein logischen Aufstellungen über Zeit und Raum, so erkennen wir in dem Minkowskischen Relativitätsprinzip nur die konsequente Durchführung des bereits von Newton aufgestellten, von Kant festgehaltenen und schärfer gefaßten Unterschieds der reinen, absoluten, mathematischen von der empirischen, physikalischen Zeit- und Raumbestimmung, welche letztere durchaus nur relativ sein kann. Ohne Grund hat man jene Unterscheidung selbst von den neuen Anschauungen aus anfechten zu müssen geglaubt; sie wird im Gegenteil gerade durch sie dem Prinzip nach unwidersprechlich bestätigt, allerdings zugleich in der Durchführung noch weiter verschärft und strenger ausgestaltet.

Die Mechanik Newtons, wie sie überwiegend von den Nachfolgenden verstanden worden ist, (vielleicht nicht seiner eigenen Auffassung nach) stellt, von dem neuen Standpunkt aus betrachtet, eigentlich einen Versuch dar, den ideellen absoluten Bestimmungen doch noch eine unmittelbar physikalische Bedeutung zu retten, während sie ihrer Natur nach nur eine abstrakte Bedeutung beanspruchen können und in jeder empirischen Anwendung bestimmte Modifikationen erfahren müssen. Diese erforderliche Modifikation drückt sich bei Minkowski aus als Ersatz der „Gruppe G_∞ “ durch die „Gruppe G_c “, was der Sache nach besagt, daß an Stelle der abstrakten, auf die absolute mathematische Zeit und

den absoluten mathematischen Raum bezüglichen Bestimmungen solche treten müssen, die auf die Größe c (die Lichtgeschwindigkeit im freien Raum) als empirisch letzterreichbares eindeutiges Maß sich zurückbeziehen. Es erhalten dann die Newtonschen Bewegungsgleichungen und das Energieprinzip eine abgeänderte Fassung, die auf die Newtonsche Form sich aber sofort wieder zurückführt, wenn man statt $c \infty$ setzt.

Es ist eine fernere schöne Bestätigung, daß bei derselben Umformung eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Gravitation, gleich der Lichtgeschwindigkeit, sich ergibt. Auch hier erhält man, sobald man statt $c \infty$ setzt, die Newtonsche Voraussetzung wieder, wonach die Gravitation (wie es noch Descartes auch für das Licht annahm) sich mit „unendlicher Geschwindigkeit“ fortpflanzt, d. h. sich überhaupt zeitlos überträgt; eine Voraussetzung, in der längst das Anstößige, das jedem noch so versteckten Absolutismus in der Physik anhaftet, empfunden werden mußte und auch mehr oder weniger immer empfunden worden ist. Denn nicht eigentlich in der räumlichen Ferne zwischen dem wirkenden Körper und dem, an welchem die Wirkung erscheint, sondern in der Zeitlosigkeit der Wirkung liegt das Anstößige der sogenannten Fernwirkung. Die größere Nähe bleibt doch immer noch Entfernung; es wirkt also nach wie vor der Körper, „wo er nicht ist“; wo anders sollte er auch wirken, wenn doch die Wirkung sich über ihn hinaus erstrecken soll? Dagegen ist die absolute, zeitlose Allgegenwart der Wirkung im unendlichen Raum freilich eine Annahme, welche die Bedingungen der Empirie schlechthin überspringt. Das ist der geheime Absolutismus der Newtonschen Physik, welcher ihr Ausklingen in eine hoch naive, ganz vorsokratisch anmutende, etwa Xenophanäische Theologie immerhin begreiflicher erscheinen läßt.

Es ist kaum nötig, zu bemerken, daß das über das Relativitätsprinzip hier Gesagte für nicht mehr als einen noch

ungewissen letzten Ausblick angesehen sein will. Handelt es sich doch um eine noch neue, zugleich mathematisch schwierige und in alle Gebiete der Physik eingreifende, geradezu alle ihre bisherigen fundamentalsten Voraussetzungen mehr oder minder tief berührende Theorie. Verhält es sich aber in der Hauptsache so, wie hier dargelegt worden ist, so ist zu sagen, daß der logische Ertrag dieser Theorie an sich zwar nicht gering, für unsere früheren Aufstellungen aber keineswegs störend oder auch nur unerwartet, sondern nur in hohem Grade bestätigend ist. Allerdings nicht eine „prästabilisierte Harmonie zwischen der reinen Mathematik und der Physik“ (nach dem letzten Satze des Minkowskischen Vortrags) wird dadurch erwiesen. Die reine Mathematik steht mit der physikalischen Empirie nicht in einer solchen Beziehung, die einen direkten Einklang zwischen beiden auch nur möglich machen würde. Einen solchen erzwingen zu wollen, war vielmehr gerade der Fehler Newtons oder der auf ihm fußenden Physik, der durch das Relativitätsprinzip endgültig berichtigt ist. Die Mathematik der Naturwissenschaft freilich, d. h. die Voraussetzungen, welche die reine Mathematik auf die Physik in einem gegebenen Stadium ihrer Entwicklung anwendbar machen, muß in genauem Einklang stehen mit den Grundvoraussetzungen dieser Physik; welche Harmonie indessen durch keine andere Instanz stabilisiert ist oder je stabilisiert werden könnte als — die mathematische Naturwissenschaft selbst.

Vor allem muß man sich hüten, je empirische Bestimmungen für absolut unabänderlich anzusehen. Minkowski unterläßt nicht zu bemerken, die Voraussetzung, daß für alle Geschwindigkeiten in der Natur die Lichtgeschwindigkeit die obere Grenze bilde, habe „beim ersten Eindruck etwas Mißfälliges“. Es wird sich in der Tat mit dieser oberen Grenze nicht anders verhalten als mit allen anderen oberen und unteren Grenzen, auf welche die empirische Natur-

forschung jemals geführt hat oder noch führen wird. Unentrinnbar stößt man hier wie in der Frage der zeitlichen und räumlichen Ausdehnung des Universums und in der Frage des letzten Einfachen auf die alten „Antinomien“; oder in anderer Wendung: auf die „transzendente Idealität der Zeit und des Raumes“. Eine absolute Bestimmung des Gegenstandes würde ein absolut letztes Bezugsglied fordern; empirisch aber kann nichts anderes verlangt werden als: an solche Bestimmungen als letzte sich zu halten, über die hinaus die Voraussetzungen weiterer Bestimmung eben empirisch nicht gegeben sind; stets mit dem Vorbehalt, diese Bestimmungen zu korrigieren, sobald die Voraussetzungen dazu vorliegen. Niemals aber darf ein solches empirisch Letztes für ein absolut Letztes ausgegeben werden. Daß jede empirische Zeit- und Ortsbestimmung an bestimmte Bedingungen geknüpft und auf solche eingeschränkt sein muß, ist aus allgemeinen Gründen leicht einzusehen. Daß bei dem heute gegebenen Stande der Empirie alle empirische Zeit- und Ortsbestimmung an eine bestimmte empirische Voraussetzung, nämlich die der Gleichförmigkeit der Lichtgeschwindigkeit, als vorläufig unüberschreitbar letzte gebunden ist, ergibt eine erwünschte Präzisierung dieser allgemeinen Ansicht auf den gegenwärtigen Stand der Forschung. Aber es kostet uns theoretisch gar nichts, diese Schranke in Gedanken aufgehoben zu setzen; uns zu denken, daß eine Überlichtgeschwindigkeit sich auf irgendeinem vielleicht sehr indirekten Wege unserer Kenntnis erschließen werde¹⁾; so wäre damit diese einstweilige Schranke dann niedergelegt, aber freilich die Beschränkung überhaupt, die eben aller empirischen Forschung notwendig anhaftet, nicht aufgehoben. Die Schranke wäre nur um eine Stufe weiter zurückgeschoben; die Unmöglichkeit absoluter Bestimmungen bliebe nach wie vor bestehen, nur das empirisch letzte Bezugsglied wäre ein anderes geworden.

1) Vgl. Poincaré [148], S. 140ff. bes. 143.

Gerade Kants Grundauffassung (wie sie oben, § 1, dargelegt worden ist) wird durch die neue Theorie auffallend bestätigt. Kant hatte (s. o. S. 332) betont, daß die Zeit keines einzigen Naturereignisses je anders als nach empirischen Gesetzen der Natur, also auch nur in den Grenzen der stets bloß empirischen Gültigkeit dieser Gesetze, bestimmbar sei: weil die Zeit selbst — und vom Raum gilt dasselbe — kein Gegenstand der Wahrnehmung ist, also die Zeitstellen der Ereignisse nicht durch ihr Verhältnis zu einer etwa gegebenen absoluten Zeit bestimmt sein, sondern nur die Erscheinungen selbst sich ihre Stellen in der Zeit gegenseitig bestimmen können, indem ihre gesetzliche Ordnung sie erst bestimmbar macht. Gerade das, was, wie es scheint, für die Entdecker des Relativitätsprinzips selbst das am meisten Überraschende war: diese gänzliche Relativierung der Zeitbestimmung, ist somit nur die Bestätigung eines der fundamentalsten Sätze Kants, und für den, der dessen Thesen durchdacht hat, genau nur das, was man erwarten mußte.

Übrigens verliert das Grundgesetz der eindeutigen Bestimmung damit nichts von seiner logischen Geltung; nur die Möglichkeit seiner empirischen Erfüllung wird in bestimmter Weise eingeschränkt. Die Freiheit der Wahl des Zeitparameters wie der Raumkoordinaten ist für die Einheit des Naturerkennens schon darum nicht bedrohlich, weil sie die Eindeutigkeit der Naturgesetze überhaupt nicht berührt. Gerade dies ist vielleicht das wichtigste Ergebnis der Minkowskischen Untersuchung: die „Invarianz“ der Naturgesetze gegenüber allen „Lorentz-Transformationen“; welche, als sehr bedeutsame Erweiterung, an die Stelle der alten Annahme der Invarianz der Newtonschen Mechanik für eine translatorische oder zirkuläre Bewegung der Weltkoordinaten tritt. Eine weitergehende Eindeutigkeit der empirischen Zeit- und Raumbestimmung, als die für die Aufstellung von Naturgesetzen zureicht, ist ja nicht erforder-

lich. Die Freiheit in der Wahl des Bezugssystems ist, wie auch die Vertreter des Relativitätsprinzips zu bemerken nicht unterlassen haben, ganz analog der Abwandlung der Euklidischen Bestimmungen des Raumes oder der Benutzung mehr-als-dreidimensionaler Beziehungen in der Behandlung spezieller Probleme nicht bloß der reinen Mathematik, sondern auch der mathematischen Physik. Es wird dadurch — um auch das nicht unausgesprochen zu lassen — die nichteuklidische und die mehr-als-dreidimensionale Geometrie, wie auch eine analoge Behandlung des Zeitbegriffs, nur genau in dem Sinne bestätigt, in dem auch wir sie anerkannt haben, nämlich als wertvolle Hilfe bei der Bearbeitung besonderer Probleme; nicht aber als neue Einsicht in die logische Bedeutung und den logischen Grund der rein mathematischen Bestimmungen des Zeit- und Raumbegriffs; geschweige als deren Abdankung.