Ernst Cassirer

Gesammelte Werke
Hamburger Ausgabe

Band 10

Zur Einsteinschen Relativitätstheorie

Erkenntnistheoretische Betrachtungen



Meiner

ERNST CASSIRER

ZUR EINSTEINSCHEN RELATIVITÄTSTHEORIE

ERKENNTNISTHEORETISCHE BETRACHTUNGEN

ERNST CASSIRER

GESAMMELTE WERKE
HAMBURGER AUSGABE

Herausgegeben von Birgit Recki

Band 10

FELIX MEINER VERLAG
HAMBURG

ERNST CASSIRER

ZUR EINSTEINSCHEN RELATIVITÄTSTHEORIE

ERKENNTNISTHEORETISCHE BETRACHTUNGEN

Text und Anmerkungen
bearbeitet von
Reinold Schmücker

FELIX MEINER VERLAG
HAMBURG

Diese Ausgabe ist das Ergebnis einer engen Zusammenarbeit des Felix Meiner Verlags mit der Universität Hamburg, der Aby-Warburg-Stiftung, der Wissenschaftlichen Buchgesellschaft, Darmstadt, sowie mit der ZEIT-Stiftung Ebelin und Gerd Bucerius. Sie erscheint komplementär zu der Ausgabe »Ernst Cassirer, Nachgelassene Manuskripte und Texte« (Hamburg 1995 ff.).

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Cassirer, Ernst: Gesammelte Werke / Ernst Cassirer. Hrsg. von Birgit Recki. – Hamburger Ausg. – Hamburg : Meiner
Bd. 10. Zur Einsteinschen Relativitätstheorie : erkenntnistheoretische Betrachtungen / Text und Anm. bearb. von Reinold Schmücker. – 2001
ISBN 3-7873-1410-5

Zitiervorschlag: ECW 10

© Felix Meiner Verlag GmbH, Hamburg 2001. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe und der Übersetzung, vorbehalten. Dies betrifft auch die Vervielfältigung und Übertragung einzelner Textabschnitte durch alle Verfahren wie Speicherung und Übertragung auf Papier, Transparente, Filme, Bänder, Platte und andere Medien, soweit es nicht §§ 53 und 54 URG ausdrücklich gestatten. – Satz: KCS GmbH, Buchholz. Druck und Bindung: Druckhaus »Thomas Müntzer«, Bad Langensalza. Werkdruckpapier: alterungsbeständig nach ANSI-Norm resp. DIN-ISO 9706, hergestellt aus 100 % chlorfrei gebleichtem Zellstoff. Printed in Germany. ♾

INHALT

Vorwort VII

I. Maßbegriffe und Dingbegriffe 1

II. Die empirischen und begrifflichen Grundlagen der Relativitätstheorie 20

III. Der philosophische Wahrheitsbegriff und die Relativitätstheorie 43

IV. Materie, Äther, Raum 52

V. Der Raum- und Zeitbegriff des kritischen Idealismus und die Relativitätstheorie 69

VI. Euklidische und nichteuklidische Geometrie 93

VII. Die Relativitätstheorie und das Problem der Realität 111

[Nachbemerkung zum Literaturverzeichnis] 125

Editorischer Bericht 127
Abkürzungen 131
Schriftenregister 133
Personenregister 142

VORWORT

Die folgende Schrift erhebt nicht den Anspruch, die philosophischen Probleme, die durch die Relativitätstheorie aufgeworfen werden, zur vollständigen Darstellung zu bringen. Ich bin mir bewußt, daß die neuen Aufgaben, vor welche auch die allgemeine Erkenntniskritik durch diese Theorie gestellt worden ist, nur in allmählicher gemeinsamer Arbeit der Physiker und Philosophen bewältigt werden können; hier lag mir lediglich daran, einen Anfang dieser Arbeit zu versuchen, die Diskussion anzuregen und sie, wenn möglich, gegenüber der heute noch herrschenden Unsicherheit der Beurteilung in bestimmte methodische Bahnen zu lenken. Das Ziel dieser Schrift wäre erreicht, wenn es ihr gelänge, in Fragen, über welche das Urteil der Philosophen und der Physiker noch weit auseinandergeht, eine wechselseitige Verständigung zwischen beiden anzubahnen. Daß ich auch in den rein erkenntnistheoretischen Erörterungen bemüht war, mich in nächster Berührung mit der wissenschaftlichen Physik selbst zu halten, und daß die Schriften der führenden Physiker der Vergangenheit und Gegenwart die gedankliche Orientierung der folgenden Untersuchung überall wesentlich mitbestimmt haben, wird man der Darstellung entnehmen. Das Literaturverzeichnis am Ende der Schrift macht jedoch auf sachliche Vollständigkeit keinen Anspruch: Es sind in ihm nur solche Werke angeführt, die im Verlauf der Darstellung wiederholt herangezogen und eingehender berücksichtigt worden sind.

Albert Einstein hat den folgenden Aufsatz im Manuskript gelesen und ihn durch einzelne kritische Bemerkungen, die er an die Lektüre geknüpft hat, gefördert: Ich kann diese Schrift nicht hinausgehen lassen, ohne ihm dafür auch an dieser Stelle meinen herzlichen Dank auszusprechen.

Hamburg, 9. August 1920 Ernst Cassirer

I.
MASSBEGRIFFE UND DINGBEGRIFFE

»Der Gebrauch, den man in der Weltweisheit von der Mathematik machen kann«, so schrieb Kant im Jahre 1763 in der Vorrede zu dem »Versuch, den Begriff der negativen Größen in die Weltweisheit einzuführen«, »bestehet entweder in der Nachahmung ihrer Methode oder in der wirklichen Anwendung ihrer Sätze auf die Gegenstände der Philosophie. Man siehet nicht, daß der erstere bis daher von einigem Nutzen gewesen sei, so großen Vorteil man sich auch anfänglich davon versprach [...] Der zweite Gebrauch ist dagegen vor die Teile der Weltweisheit, die er betroffen hat, desto vorteilhafter geworden, welche dadurch, daß sie die Lehren der Mathematik in ihren Nutzen verwandten, sich zu einer Höhe geschwungen haben, darauf sie sonsten keinen Anspruch hätten machen können. Es sind dieses aber auch nur die zur Naturlehre gehörige Einsichten [...] Was die Metaphysik anlangt, so hat diese Wissenschaft, anstatt sich einige von den Begriffen oder Lehren der Mathematik zu nutze zu machen, vielmehr sich öfters wider sie bewaffnet, und wo sie vielleicht sichere Grundlagen hätte entlehnen können, um ihre Betrachtungen darauf zu gründen, siehet man sie bemüht, aus den Begriffen des Mathematikers nichts als feine Erdichtungen zu machen, die außer seinem Felde wenig Wahres an sich haben. Man kann leicht erraten, auf welcher Seite der Vorteil sein werde in dem Streite zweier Wissenschaften, deren die eine alle insgesamt an Gewißheit und Deutlichkeit übertrifft, die andere aber sich allererst bestrebt, dazu zu gelangen. Die Metaphysik sucht z. E. die Natur des Raumes und den obersten Grund zu finden, daraus sich dessen Möglichkeit verstehen läßt. Nun kann wohl hiezu nichts behilflicher sein, als wenn man zuverlässig erwiesene Data irgendwoher entlehnen kann, um sie [...] seiner Betrachtung zum Grunde zu legen. Die Geometrie liefert deren einige, welche die allgemeinsten Eigenschaften des | Raumes betreffen, z. E. daß der Raum gar nicht aus einfachen Teilen bestehe; allein man gehet sie vorbei und setzet sein Zutrauen lediglich auf das zweideutige Bewußtsein dieses Begriffs, indem man ihn auf eine ganz abstrakte Art denket. [...] Die mathematische Betrachtung der Bewegung, verbunden mit der Erkenntnis des Raumes, geben gleicher Gestalt viel Data an die Hand, um die metaphysische Betrachtung von der Zeit in dem Gleise der Wahrheit zu erhalten. Der berühmte Herr *Euler* hat hiezu unter andern einige Veranlassung gegeben, allein es scheint

bequemer, sich in finstern und schwer zu prüfenden Abstraktionen aufzuhalten als mit einer Wissenschaft in Verbindung zu treten, welche nur an verständlichen und augenscheinlichen Einsichten teilnimmt.«[1]

Die Eulersche Abhandlung, auf die Kant den Metaphysiker hier verweist, sind seine »Reflexions sur l'espace et le temps«, die im Jahre 1748 in den Schriften der Berliner Akademie der Wissenschaften erschienen sind. Diese Abhandlung entwirft in der Tat nicht nur ein Programm des Aufbaus der Mechanik, sondern ein allgemeines Programm der Erkenntnistheorie der Naturwissenschaften. Sie sucht den Wahrheitsbegriff der mathematischen Physik zu bestimmen und ihn dem Wahrheitsbegriff der Metaphysik gegenüberzustellen. In materialer Hinsicht aber ruht die Betrachtung Eulers gänzlich auf den Grundlagen, auf denen Newton das klassische System der Mechanik errichtet hatte. Newtons Begriffe des absoluten Raumes und der absoluten Zeit sollen hier nicht nur als notwendige Grundbegriffe der mathematisch-naturwissenschaftlichen Erkenntnis, sondern als echte physikalische Realitäten erwiesen werden. Diese Realitäten aus philosophischen, aus allgemein erkenntnistheoretischen Gründen zu bestreiten und zu leugnen, hieße – wie Euler ausführt – zugleich die Fundamentalgesetze der Dynamik – vor allem das Trägheitsgesetz – um jegliche physikalische Bedeutung bringen. In einer solchen Alternative aber kann die Entscheidung nicht fraglich sein: Der Philosoph hat seine Bedenken gegen die »Möglichkeit« eines absoluten Raumes und einer absoluten Zeit zurückzustellen, sobald die Wirklichkeit beider sich als unmittelbare Folgerung aus der Geltung der Grundgesetze der Bewegung nachweisen läßt. Was diese Gesetze fordern, das »ist« auch – und es ist, es existiert in dem höchsten Sinne und dem höchsten Maße von Objektivität, die für unsere Erkenntnis überhaupt erreichbar sind. Denn vor | der Wirklichkeit der Natur, wie sie sich in der Bewegung und ihren empirischen Gesetzen darstellt, muß jeder logische Zweifel verstummen; es ist Sache des Denkens, sich dem Sein der Bewegung und ihrer Grundregeln zu bequemen, statt aus abstrakten Erwägungen darüber, was sich begreifen oder nicht begreifen lasse, der Natur selbst Vorschriften machen zu wollen.

Aber so einleuchtend diese Forderung erscheint und so fruchtbar sich die methodische Anregung Eulers in der Entwicklungsgeschichte

[1] [Immanuel Kant, Versuch, den Begriff der negativen Größen in die Weltweisheit einzuführen (Vorrede), in: Werke, in Gemeinschaft mit Hermann Cohen u.a. hrsg. v. Ernst Cassirer, Bd. II, hrsg. v. Artur Buchenau, Berlin 1912, S. 203–242: S. 205 f. (Akad.-Ausg. II, 167 f.).]

der Kantischen Fragestellung erwiesen hat[2] – so problematisch wird sie, sobald wir sie vom Standpunkt der modernen Physik und der modernen Erkenntnistheorie betrachten. Wenn Kant in Newtons Grundwerk, in den »Philosophiae naturalis principia mathematica«, gleichsam einen festen Codex der physikalischen »Wahrheit« zu besitzen und wenn er in dem »Faktum« der mathematischen Naturwissenschaft, das sich ihm hier darbot, auch die philosophische Erkenntnis endgültig befestigen zu können glaubte: so hat sich das Verhältnis, das er zwischen Philosophie und exakter Wissenschaft annahm, seither von Grund aus geändert. Immer klarer, immer zwingender kommt uns heute zum Bewußtsein, daß der Archimedische Punkt, auf den er sich stützte und von dem aus er es unternahm, das Gesamtsystem der Erkenntnis aus den Angeln zu heben, keinen unbedingt festen Halt mehr gewährt. Das Faktum der Geometrie hat seine eindeutige Bestimmtheit eingebüßt: Statt der einen Geometrie Euklids sehen wir uns heute einer Mehrheit gleichberechtigter geometrischer Systeme gegenüber, die alle die gleiche Denknotwendigkeit für sich in Anspruch nehmen und die, wie das Beispiel der allgemeinen Relativitätstheorie zu zeigen scheint, bald auch in ihren Anwendungen, in ihrer Fruchtbarkeit für die Physik mit dem System der klassischen Geometrie werden wetteifern können. Und eine noch stärkere Umbildung hat das System der klassischen Mechanik erfahren, seitdem in der neueren Physik die »mechanische« Weltansicht mehr und mehr durch die elektrodynamische verdrängt und ersetzt worden ist. Die Gesetze, die Newton und Euler als den völlig gesicherten und unerschütterlichen Besitz der physikalischen Erkenntnis ansahen: jene Gesetze, in denen sie den Begriff der Körperwelt, der Materie und Bewegung, kurz der Natur selbst definiert glaubten – sie erscheinen uns heute nur noch als Abstraktionen, | durch die wir im günstigsten Falle einen bestimmten Bezirk, ein fest begrenztes Teilgebiet des Seins beherrschen und in erster Annäherung theoretisch beschreiben können. Und wenden wir uns mit der alten philosophischen Grundfrage nach dem »Wesen« von Raum und Zeit an die heutige Physik – so erhalten wir von ihr die genau entgegengesetzte Antwort, als Euler sie vor 150 Jahren erteilte. Newtons Begriffe des absoluten Raumes und der absoluten Zeit mögen unter den »Philosophen« noch manche Anhänger zählen, aber aus der methodischen und empirischen Grundlegung der Physik scheinen sie endgültig ausgemerzt zu sein. Die allgemeine

[2] Näheres über Euler und Kants Verhältnis zu ihm s. »Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neueren Zeit«, Bd. II, Berlin ²1911, S. 472 ff., 698 u. 703 f. [ECW 3, S. 397 ff., 583 f. u. 588 f.].

Relativitätstheorie scheint hierin nur der letzte konsequente Abschluß einer gedanklichen Bewegung zu sein, die ihre entscheidenden Antriebe gleich sehr durch erkenntnistheoretische wie durch physikalische Erwägungen erhielt.

Das Zusammenwirken beider Gesichtspunkte ist in der Entwicklung der theoretischen Physik gerade an den entscheidenden Wendepunkten immer mit besonderer Deutlichkeit zutage getreten. Ein Blick auf die Geschichte der Physik lehrt, daß gerade ihre wichtigsten prinzipiellen Errungenschaften mit Betrachtungen allgemein erkenntnistheoretischer Natur in engstem Zusammenhang zu stehen pflegten. Galileis »Dialoge über die beiden Weltsysteme« sind von solchen Betrachtungen ganz erfüllt – und seinen aristotelischen Gegnern konnte Galilei das Wort entgegenhalten, daß er mehr Jahre auf das Studium der Philosophie als Monate auf das Studium der Physik verwandt habe. Kepler legt den Grund zu seiner Schrift über die Marsbewegung und zu seinem Hauptwerk über die Weltharmonie in seiner »Apologie für Tycho«, in der er eine vollständige, rein methodisch gerichtete Darstellung der Hypothese und ihrer verschiedenen Grundformen gibt: eine Darstellung, durch die er den modernen Begriff der physikalischen Theorie erst eigentlich geschaffen und mit einem bestimmten konkreten Gehalt erfüllt hat. Auch Newton kommt mitten in den Betrachtungen über das Weltgebäude auf die allgemeinsten Grundnormen der physikalischen Erkenntnis, auf die »Regulae philosophandi«, zurück. In neuerer Zeit hat sodann Helmholtz seine Schrift »Über die Erhaltung der Kraft« (1847) mit Erwägungen über das Kausalprinzip als die allgemeine Grundvoraussetzung für jede »Begreiflichkeit« der Natur eingeleitet – und Heinrich Hertz spricht es im Vorwort zu seinen »Prinzipien der Mechanik« (1894) ausdrücklich aus, daß dasjenige, was in dem Werke neu | sei und worauf er einzig Wert lege, »die Anordnung und Zusammenstellung des Ganzen, also die logische, oder, wenn man will, die philosophische Seite des Gegenstandes« sei.[3] Aber alle diese großen geschichtlichen Beispiele für den inneren sachlichen Zusammenhang zwischen erkenntnistheoretischer und physikalischer Problemstellung werden fast noch überboten durch die Art, in der sich dieser Zusammenhang in der Grundlegung der Relativitätstheorie erwiesen und bewährt hat. Einstein selbst hat sich – insbesondere um den Übergang von der

[3] Hermann Helmholtz, Über die Erhaltung der Kraft, Leipzig 1889 (Ostwald's Klassiker der exacten Wissenschaften, Heft 1), S. 4; Heinrich Hertz, Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt (Gesammelte Werke, Bd. III), Leipzig 1894, S. XXVII [Zitat].