

Werk

Titel: Die Bewegungslehre bei Newton, Leibniz und Huyghens

Ort: Berlin

Jahr: 1925

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X_0013|log585

Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

Die Bewegungslehre bei Newton, Leibniz und Huyghens.

(HANS REICHENBACH, Kantstudien 29, S. 416. 1924.) So wenig die historische Betrachtung am Platze ist, wenn es gilt, sachlich neue Probleme zu lösen, so sehr muß es gerechtfertigt erscheinen, wenn man vom Standpunkt der erreichten Lösung rückwärts blickt zu denen, die schon in früheren Zeiten einen Schritt in der gleichen Richtung taten. Nachdem wir in unseren Tagen eine bewegte Diskussion um die Relativitätstheorie erleben mußten, die daraus entsprang, daß die endlich gefundene Lösung des Raum-Zeit-Problems von den Schichten der Forscher und Laien je nach ihrem Vermögen assimiliert wurde, muß es deshalb von Interesse sein, einen Rückblick auf eine Zeit zu werfen, in der schon einmal eine Diskussion über die Relativität der Bewegung stattfand. Es ist die Zeit der Diskussionen eines NEWTON, LEIBNIZ und HUYGHENS, in der diese Frage die Öffentlichkeit in ähnlichem Maße aufrührte wie in unseren Tagen; und gerade weil wir heute die wirkliche Lösung dank EINSTEINS großer Entdeckung kennen, dürfen wir besondere Aufklärung erhoffen, wenn wir mit unserer an der Lösung orientierten Kritik an die historische Betrachtung herangehen. Der Verfasser des vorliegenden Aufsatzes fühlt sich zu einer solchen historischen Untersuchung noch ganz besonders verpflichtet, als er durch seine philosophische Weiterführung der Relativitätstheorie zu einer Theorie der Zeit und des Raumes gekommen ist, die, ohne daß er davon wußte, von LEIBNIZ bereits gehant, ja in den ersten und wichtigsten Schritten bereits begonnen wurde.

Über die Raum-Zeit-Lehre des ersten der genannten Forscher, NEWTONS, braucht hier nicht viel gesagt zu werden. Sie ist dem Physiker hinreichend bekannt, aus der klassischen Physik selbst und aus der scharfen Kritik, die ihr MACH in seiner Mechanik zuteil werden ließ. Von MACH stammt ja auch das letzte und entscheidende Gegenargument gegen die NEWTONSche Absoluttheorie: daß die Zentrifugalkraft nicht notwendig als Trägheitswirkung gedeutet werden muß, sondern auch als dynamische Gravitationswirkung der rotierenden Fixsterne zu deuten ist, wenn man den rotierenden Körper als den ruhenden auffassen will. Dieses Argument haben NEWTONS zeitgenössische Gegner noch nicht gekannt, und man muß deshalb zugeben, daß sie NEWTON noch nicht widerlegt haben, obgleich sie die heute als richtig bewiesene Auffassung vertraten. Aber in der Art, wie LEIBNIZ und HUYGHENS diese Auffassung vertraten, wie sie sie verteidigten, zeigt sich zugleich ein solcher mathematischer Scharfsinn und ein solcher philosophischer Tiefblick, daß es eine Pflicht der Gerechtigkeit ist, auf diese ersten Relativitätstheoretiker hinzuweisen, deren Schriften heute viel weniger bekannt sind als die ihres großen Gegners.

Für LEIBNIZ ist die Raum-Zeit-Lehre nicht ein gesondertes physikalisches Problem, sondern sie bedeutet für ihn nur die Anwendung seiner allgemein philosophischen Grundsätze. Er ist, seiner Wesenseinstellung nach, *Erkenntnistheoretiker*, und alles was er für die Mathematik und Physik geleistet hat, die Erfindung der Infinitesimalrechnung sowohl wie die Einführung des Energiebegriffes in die Mechanik, muß aus dieser Tendenz heraus verstanden werden. So ist ihm das Raum-Zeit-Problem unmittelbar mit dem Realitätsproblem verknüpft. Was ist der reale Träger der Raum-Zeit-Ordnung? Es sind die Dinge und ihre Zustände; erst auf Grund gewisser Beziehungen zwischen ihnen konstruieren wir das *Ordnungsschema* von Zeit

und Raum. Die *Kausalität* ist diejenige reale Beziehung, welche zur Ordnung der Zeit führt. Stehen zwei dingliche Zustände in dem Verhältnis von Ursache und Wirkung, so wird der eine als zeitlich vorangehend, der andere als zeitlich folgend *definiert*. Die *Zeitfolge ist also die Ordnung der kausalen Abläufe*; die Kausalität ist das logisch primäre, die Zeit das Sekundäre. *Erkannt* wird der kausale Zusammenhang, die Zeitordnung wird nur *definiert*. Neben der Zeitfolge-Beziehung gibt es noch die Gleichzeitigkeitsbeziehung. Sie ist zwischen solchen dinglichen Zuständen anzusetzen, die nicht im Ursach-Wirkungs-Verhältnis stehen. Allerdings bemerkt LEIBNIZ bereits, daß dies noch keine hinreichende Definition ist. Es tritt noch die Bestimmung hinzu, daß durch einheitliche Festsetzung der Gleichzeitigkeit für alle Ereignisse an keiner Stelle ein Widerspruch zur Zeitfolge als Ordnung der kausalen Abläufe entsteht. Dies meint LEIBNIZ zweifellos mit der im folgenden Zitat enthaltenen Bemerkung über „die Ereignisse des vergangenen und dieses Jahres“ und weiter über die „Verknüpfung der Dinge“: Wir setzen die ganze Stelle hierher¹⁾:

„Gesetzt, es existiert eine Mehrheit dinglicher Zustände, die nichts Gegensätzliches einschließen, so werden sie als *zugleich existierend* bezeichnet. Daher sagen wir nicht, daß die Ereignisse des vergangenen und dieses Jahres gleichzeitig sind, weil sie nämlich entgegengesetzte Zustände eines und desselben Dinges bedingen.

Wenn von Elementen, die nicht zugleich sind, das eine den Grund des anderen einschließt, so wird jenes als vorangehend, dieses als folgend angesehen. Mein früherer Zustand schließt den Grund für das Dasein des späteren ein. Und da, wegen der Verknüpfung aller Dinge, der frühere Zustand in mir auch den früheren Zustand der anderen Dinge in sich schließt, so enthält er auch den Grund für den späteren der anderen Dinge und ist somit früher als sie. Alles was existiert, existiert deshalb gleichzeitig oder voreinander oder nacheinander.

Die Zeit ist die Ordnung des nicht zugleich Existierenden. Sie ist somit die allgemeine Ordnung der Veränderungen, in der nämlich nicht auf die bestimmte Art der Veränderungen gesehen wird.“

Diese Stelle darf wohl als eine so tiefe Einsicht in das Wesen der Zeit angesehen werden, wie sie in der ganzen klassischen Periode von DESCARTES bis KANT nicht wieder erreicht wurde. Auch die KANTSche Zeitlehre (wie sie etwa in der zweiten Analogie der Erfahrung formuliert ist), reicht an die LEIBNIZSche Erkenntnis nicht heran. Der unglücklichen KANTSchen Bestimmung der Zeit als anschaulicher Bedingung der Kausalität ist die LEIBNIZSche Formulierung als des allgemeinen Ordnungsschemas der Kausalreihen überlegen. Dies tritt allerdings erst vom Standpunkt einer auf Axiomatik begründeten Erkenntnistheorie klar zutage; es sei deshalb auf die „Axiomatik der relativistischen Raum-Zeit-Lehre“²⁾ des Verfassers verwiesen.

Die Erklärung des Raumes gewinnt LEIBNIZ im Anschluß an die Erklärung der Zeit. Da es viele Dinge gibt, die gleichzeitig da sind, so muß es noch ein weiteres

¹⁾ Metaphysische Anfangsgründe der Mathematik, CASSIRERSche Ausgabe (Philosophische Bibliothek), S. 53. Wir zitieren hier LEIBNIZ stets nach dieser Ausgabe, die übrigens auch Auszüge aus seinem Briefwechsel mit HUYGHENS enthält.

²⁾ VIEWEG 1924.

Ordnungsschema geben, das innerhalb des gleichzeitig Existierenden die Ordnung herstellt. Dies ist der Raum. „Der Raum ist die Ordnung des Koexistierenden, oder die Ordnung der Existenz für alles, was zugleich ist.“

Es folgt sodann der sehr wichtige Versuch, die *topologische* Ordnung von Raum und Zeit zu definieren. Hier fehlen LEIBNIZ freilich alle die logischen Mittel, welche die moderne Axiomatik zur Verfügung hat; um so bewundernswerter ist die Kühnheit eines solchen Versuchs. Bemerkenswert an dem ganzen Aufbau dieser Raum-Zeit-Lehre ist aber, daß LEIBNIZ mit der Ordnung der Zeit beginnt und erst nach Gewinnung der Gleichzeitigkeit zum Raum fortschreitet, ein Weg, der sich ebenso heute für die Axiomatik als fruchtbar erwiesen hat.

Bekannter als die geschilderte Darstellung ist LEIBNIZ' Briefwechsel mit CLARKE, der schon im 18. Jahrhundert viel gelesen wurde. Der Theologe CLARKE tritt hier als Verteidiger der NEWTONSchen Auffassung auf. Wir dürfen seine Verteidigung jedoch in gewissem Sinne als authentisch ansehen, weil er seine Antworten an LEIBNIZ mit NEWTONS Unterstützung ausgearbeitet hat. Der Briefwechsel liest sich ähnlich wie eine moderne Diskussion über Relativitätstheorie; der Relativist sucht vergeblich einen Gegner zu überzeugen, der so in der absolutistischen Vorstellung befangen ist, daß er gar nicht merkt, wie sehr seine Argumente die Lehre voraussetzen, die sie erst beweisen wollen, und wie die vermeintlichen Widersprüche, die er dem Relativisten nachweisen will, eben nur auf einer ständigen Unterschiebung der absolutistischen Auffassung beruhen. Als Beispiel einer solchen *petitio principii* sei hier nur der Einwand CLARKES genannt, daß eine Verschiebung des ganzen Planetensystems im leeren Weltraum für LEIBNIZ keine Ortsveränderung bedeuten würde, wenn er nur relative Bewegungen zuläßt — in der Tat würde sie das nicht, aber das ist ein Widerspruch auch nur dann, wenn man den absoluten Raum schon vorausgesetzt hat.

LEIBNIZ entwickelt in diesem Briefwechsel seine Raumlehre in mehr populärer Form. Der wichtigste Gedanke ist dabei, daß der „Ort“ im Raum nur definiert ist durch seine Beziehung auf Körper; der Raum als Ganzes ist nicht ein darüber gestülpter hohler Kasten, sondern der Inbegriff aller Ordnungsregeln der materiellen Gebilde. Außerordentlich aufklärend wirkt in diesem Zusammenhang LEIBNIZ' Beispiel der Genealogie. In einem genealogischen Stammbaum hat auch jedes Individuum seine Stelle; aber hier denkt niemand an eine Verabsolutierung dieses Begriffes, sondern es leuchtet unmittelbar ein, daß „Stelle“ nur der Inbegriff aller Lagebeziehungen zu den anderen Individuen ist. Und wir dürfen das LEIBNIZsche Beispiel, auf dem Standpunkt unseres heutigen Wissens, erkenntnistheoretisch noch weiter führen: es beleuchtet zugleich die Frage von Idealität oder Realität des Raumes. Eine genealogische Ordnung ist kein reales Ding, so wie die Individuen, die geordnet werden; aber sie beschreibt dennoch etwas Objektives (z. B. enthält sie in ihrer Struktur das Gesetz, daß jedes Individuum 2 Eltern hat). Ebenso ist der Raum selbst kein reales Ding, aber auch er beschreibt etwas Objektives; wie wir heute wissen, sind die Ordnungsgesetze der Lichtstrahlen und starren Körper dieser objektive Gehalt.

Durch diese philosophische Auffassung des Raumes ist seine Bewegungslehre bestimmt. So wie nach seinem Prinzip der Identität des Ununterscheidbaren der Ort nur durch eine Beziehung auf Körper definiert ist, so ist auch die Bewegung nur etwas Relatives; ob ein System *A* in Ruhe ist und ein System *B* in Bewegung,

ist von dem umgekehrten Fall an den Phänomenen nicht unterscheidbar und darum nur ein Scheinunterschied. Diese Relativität muß auch dynamisch gelten. Das tritt noch deutlicher in LEIBNIZ' Briefwechsel mit HUYGHENS hervor, der einige sehr treffende Formulierungen enthält. Der Begriff der „Äquivalenz der Hypothesen“ spielt hier eine große Rolle; er wird später in seiner Dynamik zur Formulierung von Lehrsätzen verwandt, welche ausdrücklich auch die rotierende Bewegung einschließen.

Hier allerdings vermißt man ein ausführlicheres Eingehen. CLARKE hatte zur Verteidigung der absoluten Bewegung die Zentrifugalkraft herangeholt; eine Antwort von LEIBNIZ auf diese Stelle besitzen wir leider nicht mehr, weil nach diesem Schreiben der Briefwechsel mit LEIBNIZ' Tode abbricht. So können wir die Antwort von LEIBNIZ hier nur konstruieren. Für den Hinweis, in welcher Richtung sich diese Konstruktion bewegen muß, bin ich Herrn DIETRICH MAHNKE¹⁾, Greifswald, zu großem Dank verpflichtet, der mich neuerdings auf einige wichtige Stellen in LEIBNIZ' mathematischen Schriften aufmerksam machte. LEIBNIZ ist Gegner der NEWTONSchen Fernkraft, und für ihn muß die Gravitation sowohl wie die Zentrifugalkraft aus der Bewegung des rotierenden Äthers erklärt werden. Da somit die Zentrifugalkraft aus einer Relativbewegung, nämlich des rotierenden Äthers gegen die Planeten, entsteht, existiert für LEIBNIZ das Problem im NEWTONSchen Sinne gar nicht; das Auftreten von Zentrifugalkräften kann er niemals als Beweis einer absoluten Bewegung ansehen, sondern immer nur als Beweis einer Relativbewegung gegen den Äther.

Diese Lösung kann sich freilich nicht mit dem Argument vergleichen, das in viel späterer Zeit MACH der NEWTONSchen Theorie entgegengehalten hat. Der Tiefblick MACHS besteht darin, daß er die Zentrifugalkraft je nach der Wahl des Bezugssystems einmal als Trägheit, einmal als dynamische Gravitationswirkung deutet; dies war der erlösende Gedanke, der den Weg zur Theorie einer tensoriellen Kraft, d. h. einer mit dem Bezugssystem zu transformierenden Größe, frei machte. Gerade durch seine Äthertheorie ist LEIBNIZ vor dieser Erkenntnis zurückgehalten; anstatt Gravitation und Trägheit als vom Koordinatensystem abhängige Arten der Aufspaltung einer allgemeinen Grundkraft anzusehen, will er umgekehrt die Gravitation auf die Zentrifugalkraft zurückführen.

Aber noch in einer zweiten Hinsicht ist LEIBNIZ' Lösung unbefriedigend. Denn die Relativität der Bewegung wird von ihm in dynamischer Hinsicht nicht voll festgehalten; er führt einen metaphysischen Begriff der Bewegung ein, nach welchem es doch wieder eine „absolute, wahrhafte Bewegung“ gibt. Bewegung als räumlicher Vorgang ist relativ; aber es muß ein Subjekt der Bewegung geben, in welchem die treibende Kraft wirkt, und dieses Subjekt ist in wahrer Bewegung. Denn sonst, meint LEIBNIZ, wäre die treibende Kraft nichts Reales. Er behauptet entsprechend in einem Brief an HUYGHENS, „daß jedem Körper wirklich ein bestimmter Grad von Bewegung oder, wenn Sie wollen, von Kraft zukommt, trotz der Äquivalenz der Hypothesen.“ Trotzdem er also zugibt, daß die wahre Kraft nicht bestimmbar ist, soll sie existieren. Dies bedeutet einen Widerspruch zu seinem Prinzip der Identität des Ununterscheidbaren; er muß also doch wieder nach einer Möglichkeit suchen, die wahre Kraft auf andere Weise zu erkennen. In seltsamer Weise

¹⁾ Vgl. auch MAHNKE, LEIBNIZ und GOETHE, Erfurt 1924, Anm. 66.