

VORWORT VON ALBERT EINSTEIN¹

Um die Wichtigkeit solcher Untersuchungen wie die hier vorliegende von Dr. Jammer wirklich voll zu würdigen, mag man sich Folgendes vor Augen halten. Die Augen des Wissenschaftlers sind auf die der Beobachtung zugänglichen Phänomene und auf deren begriffliche Erfassung gerichtet. Bei dem Streben nach begrifflicher Erfassung der schier unübersehbaren Masse des Erfahrungsmaterials bedient er sich eines Arsenal von Begriffen, die er sozusagen mit der Muttermilch eingesogen hat, und deren ewig problematischen Charakters er sich nicht oder nur selten bewußt wird. Er verwendet dieses begriffliche Material oder — besser gesagt — diese begrifflichen Werkzeuge wie etwas unverrückbar und selbstverständlich Gegebenes, an dessen objektivem Wahrheitswert er meist gar nicht oder doch nicht im Ernst zweifelt. Wie könnte er anders? Wie würde eine Bergbesteigung möglich sein, wenn der Gebrauch von Händen, Beinen und Werkzeugen Schritt für Schritt erst auf Grund der wissenschaftlichen Mechanik sanktioniert werden müßte? Und doch ist es im Interesse der Wissenschaft nötig, daß immer wieder an diesen fundamentalen Begriffen Kritik geübt wird, damit wir nicht unwissentlich von ihnen beherrscht werden. Dies wird besonders deutlich in Situationen der Entwicklung, in denen der konsequente Gebrauch der überlieferten fundamentalen Begriffe uns zu schwer auflösbaren Paradoxien führt.

Abgesehen von dem Zweifel an der Berechtigung des Gebrauches der Begriffe, d. h. wenn solcher Zweifel gar nicht im Vordergrund des Interesses steht, gibt es aber ein rein historisches Interesse nach der Herkunft bzw. nach den Wurzeln der fundamentalen Begriffe.

¹ Dieses Vorwort wurde von Albert Einstein in deutscher Sprache geschrieben.

Solches Bestreben rein geistes-geschichtlicher Art ist natürlich im Prinzip nicht unabhängig von dem Streben nach logischer und psychologischer Analyse der Grundbegriffe. Aber die Beschränktheit der Fähigkeiten und der Arbeitskraft des Individuums bringt es mit sich, daß sich nur selten jemand findet, der über die philologisch-historischen Kenntnisse für verständnisvolle Auslegung und Vergleichung des über die Jahrhunderte verteilten Quellenmaterials verfügt und gleichzeitig die Bedeutung der untersuchten Begriffe für die Wissenschaft als Ganzes zu überblicken vermag. Ich habe den Eindruck, daß Herr Jammer durch seine Arbeit gezeigt hat, daß bei ihm diese Bedingungen weitgehend erfüllt sind.

Er hat sich, — wie mir scheint, in weiser Beschränkung — in der Hauptsache auf die historische Untersuchung des *Raum*-Begriffes beschränkt. Wenn zwei Autoren die Worte „rot“, „hart“ oder „enttäuscht“ gebrauchen, so zweifelt niemand, daß sie ungefähr dasselbe meinen, weil diese Worte in schwer verkennbarer Weise mit elementaren Erlebnissen verknüpft sind. Bei Worten wie „Ort“ oder „Raum“ aber, deren Verknüpfung mit dem seelischen Erlebnis weniger unmittelbar ist, besteht eine weitgehende Unsicherheit der Deutung. Der Historiker sucht solche Unsicherheit zu überwinden durch Vergleichung der Texte und durch Berücksichtigung des aus der Literatur konstruierten Bildes vom Kulturgute der betreffenden Epoche. Der nicht in erster Linie historisch eingestellte und ausgebildete Forscher der Gegenwart ist nicht fähig und auch nicht willens, sich seine Ansichten über die Entstehung der fundamentalen Begriffe auf solche Weise zu bilden. Er ist eher geneigt, auf Grund seines rudimentären Wissens über die Leistungen der Wissenschaft in den verschiedenen Epochen sich intuitiv eine Meinung darüber zu bilden, wie die Bildung der relevanten Begriffe sich ereignet haben könnte. Er wird aber dem Historiker Dank wissen, wenn dieser die nur intuitiv gewonnenen Ansichten des nicht vorwiegend historisch interessierten Forschers überzeugend berichtigt.

Was nun den Raum-Begriff angeht, so scheint es, daß ihm der Begriff „Ort“ vorangegangen ist als der psychologisch einfachere. „Ort“ ist zunächst meist ein mit einem Namen bezeichneter (kleiner) Teil der Erdoberfläche. Das Ding, dessen „Ort“ ausgesagt wird, ist ein „körperliches Objekt“. Der „Ort“ erweist sich bei simpler Ana-

lyse ebenfalls als eine Gruppe körperlicher Objekte. Hat das Wort „Ort“ unabhängig davon einen Sinn (bzw. kann man ihm einen Sinn geben?). Wenn man hierauf keine Antwort geben kann, wird man so zu der Auffassung geführt, daß „Raum“ (bzw. „Ort“) eine Art Ordnung körperlicher Objekte sei und *nichts als* eine Art Ordnung körperlicher Objekte. Wenn der Begriff „Raum“ in solcher Weise gebildet und beschränkt wird, hat es keinen Sinn von leerem Raum zu reden. Und weil die Begriffsbildung stets von dem instinktiven Streben nach „Sparsamkeit“ beherrscht war, so kommt man ganz natürlich dazu, den Begriff „leerer Raum“ abzulehnen.

Man kann aber auch anders denken. In einer bestimmten Schachtel können so und so viele Reiskörner oder auch so und so viele Kirschen etc. untergebracht werden. Es handelt sich hier also um eine Eigenschaft des körperlichen Objektes „Schachtel“, die im gleichen Sinne „real“ gedacht werden muß wie die Schachtel selbst. Man kann dies ihren „Raum“ nennen. Es mag andere Schachteln geben, die in diesem Sinne gleich großen Raum haben. Dieser Begriff „Raum“ gewinnt so eine vom besonderen körperlichen Objekt losgelöste Bedeutung. Man kann auf diese Weise durch natürliche Erweiterung des „Schachtel-Raumes“ zu dem Begriff eines selbständigen unbeschränkt ausgedehnten Raumes gelangen, in dem alle körperlichen Objekte enthalten sind. Dann erscheint ein körperliches Objekt, das nicht im Raum gelagert wäre, schlechthin undenkbar. Dagegen erscheint es im Rahmen dieser Begriffsbildung wohl denkbar, daß es einen leeren Raum gibt.

Man kann diese beiden begrifflichen Raum-Auffassungen einander gegenüberstellen als

- a) Lagerungs-Qualität der Körperwelt
- b) Raum als „Behälter“² aller körperlichen Objekte.

Im Falle a) ist Raum ohne körperliches Objekt undenkbar. Im Falle b) kann ein körperliches Objekt nicht anders als im Raum gedacht werden; der Raum erscheint dann als eine gewissermaßen der Körperwelt übergeordnete Realität. Beide Raumbegriffe sind freie Schöpfungen der menschlichen Phantasie, Mittel ersonnen zum leichteren Verstehen unserer sinnlichen Erlebnisse.

² Einstein gebrauchte hier das englische Wort „container“.

XIV

Vorwort von Albert Einstein

Diese schematischen Betrachtungen betreffen die Natur des Raumes vom geometrischen bzw. kinematischen Standpunkte. Sie werden in gewissem Sinne miteinander versöhnt durch Descartes' Einführung des Koordinatensystems, obwohl dieses den logisch „gewagteren“ Raumbegriff b) schon voraussetzt.

Durch Galileo und Newton ist der Raumbegriff bereichert und kompliziert worden, indem der „Raum“ als selbständige Ursache des Trägheitsverhaltens der Körper eingeführt werden muß, wenn man dem klassischen Trägheitsprinzip (und damit dem klassischen Bewegungsgesetz) einen exakten Sinn geben will. Dies in vollkommener Klarheit erkannt zu haben ist nach meiner Ansicht eine von Newtons größten Leistungen. Im Gegensatz zu Leibniz und Huygens war es ihm klar, daß der logisch einfachere Raumbegriff a) nicht genüge, um dem Trägheitsprinzip und dem Bewegungsgesetz als Grundlage zu dienen. Er traf diese Entscheidung, trotzdem er das Unbehagen lebhaft mitfühlte, welches das Widerstreben der beiden ändern erzeugte: der Raum wird nicht nur als selbständiges Ding neben den körperlichen Objekten eingeführt, sondern es wird ihm im ganzen kausalen Gefüge der Theorie eine absolute Rolle zugeschrieben. Absolut ist diese Rolle insofern, als er (als Inertialsystem) zwar auf alle körperlichen Objekte wirkt, ohne daß diese auf ihn eine Rückwirkung ausüben.

Die Fruchtbarkeit von Newtons System hat diese Skrupel für einige Jahrhunderte zum Schweigen gebracht. Der Raum vom Typus b) war allgemein von den Physikern akzeptiert in der präziseren Gestalt des auch die Zeit umspannenden „Inertialsystems“. Heute wird man zu jener denkwürdigen Diskussion sagen: Newtons Entscheidung war bei dem damaligen Stand der Wissenschaft die einzig mögliche und insbesondere die einzig fruchtbare. Aber die spätere Entwicklung der Probleme hat über einen Umweg, den zu jener Zeit kein Mensch ahnen konnte, dem intuitiv begründeten, aber mit unzureichenden Argumenten gestützten Widerstande von Leibniz und Huygens Recht gegeben.

Es hat schweren Ringens bedurft, um zu dem für die theoretische Entwicklung unentbehrlichen Begriff des selbständigen und absoluten Raumes zu gelangen. Und es hat nicht geringerer Anstrengung

Vorwort von Albert Einstein

XV

bedurft, um diesen Begriff nachträglich wieder zu überwinden — ein Prozeß, der wahrscheinlich noch keineswegs beendet ist. —

Dr. Jammers Buch ist zum großen Teil auch der Frage gewidmet, wie es mit dem Raumbegriff im Altertum und Mittelalter bestellt war. Er neigt auf Grund seiner Studien der Auffassung zu, daß der moderne Raumbegriff b), d. h. der Raum als Behälter („container“) aller körperlichen Objekte, sich erst seit der Renaissance entwickelt habe. Es scheint mir, daß die Atomtheorie der Alten mit den separat existierenden Atomen den Raumbegriff b) zur notwendigen Voraussetzung hatte, während allerdings die einflußreiche Schule des Aristoteles suchte, ohne den Begriff des selbständigen Raumes auszukommen. Dr. Jammers Ansichten über theologische Einflüsse auf die Entwicklung des Raumbegriffes, die sich meiner Beurteilung entziehen, werden gewiß das Interesse derer erwecken, welche sich vorwiegend vom historischen Gesichtspunkte mit dem Raumproblem beschäftigen. —

Die Überwindung des absoluten Raumes bzw. des Inertialsystems wurde erst dadurch möglich, daß der Begriff des körperlichen Objektes als Fundamentalbegriff der Physik allmählich durch den des Feldes ersetzt wurde. Unter dem Einfluß der Ideen von Faraday und Maxwell entwickelte sich die Idee, daß die gesamte physikalische Realität sich vielleicht als Feld darstellen lasse, dessen Komponenten von vier raum-zeitlichen Parametern abhängen. Sind die Gesetze dieses Feldes allgemein kovariant, d. h. an keine besondere Wahl des Koordinatensystems gebunden, so hat man die Einführung eines *selbständigen* Raumes nicht mehr nötig. Das, was den räumlichen Charakter des Realen ausmacht, ist dann einfach die Vierdimensionalität des Feldes. Es gibt dann keinen leeren Raum, d. h. keinen Raum ohne Feld. Auch von dem denkwürdigen Umwege, auf dem die Schwierigkeiten dieses Problems — wenigstens zum guten Teile — überwunden wurden, handelt Dr. Jammers Darstellung. Eine andere Möglichkeit für die Überwindung des Inertialsystems als den über die Feldtheorie hat bis jetzt niemand gefunden.

Princeton, New Jersey 1953

Albert Einstein