

Sonderdruck

aus „Naturwissenschaftliche Rundschau“, Heft 3, März 1954, Seite 91 bis 93

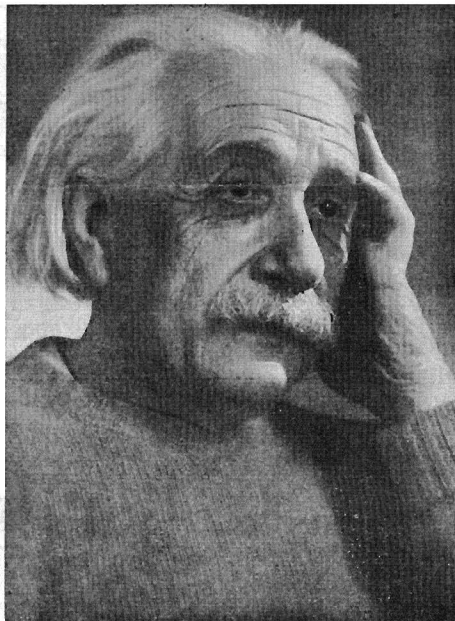
Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft m. b. H., Stuttgart, Tübinger Straße 53, Postfach 40

Hettner

Zu Einsteins 75. Geburtstag

Am 14. März dieses Jahres begeht ALBERT EINSTEIN seinen 75. Geburtstag. Die Zahl der Gratulanten aus allen Ländern der Erde wird groß sein; aber die Zahl der Deutschen, die mit ihm persönlich und wissenschaftlich in engerer Berührung gewesen sind, ist schon sehr klein geworden. Ist es doch 22 Jahre her, daß EINSTEIN Deutschland verlassen mußte, nachdem er 18 Jahre in Berlin gelebt und gewirkt hatte. Viel ist über ihn, sein Leben, sein wissenschaftliches und politisches Wirken aus berufener, leider auch bisweilen aus weniger berufener Feder geschrieben worden. Vorträge und biographische Notizen hat er selbst veröffentlicht. Es erscheint daher überflüssig, einen Überblick über EINSTEINS Leben zu geben; vielmehr möge es mir erlaubt sein, aus seiner Tätigkeit an der Berliner Universität zu berichten, weil ich ihn dort persönlich und als akademischen Lehrer kennenlernte. EINSTEIN hatte als Mitglied der Preußischen Akademie der Wissenschaften das Recht, an der Universität Berlin Vorlesungen zu halten. Er hat vom Sommersemester 1915 bis zum Wintersemester 1928/29 mit einigen Unterbrechungen von diesem Recht Gebrauch gemacht. Er las in den ersten Jahren dieses Zeitraumes ziem-

lich regelmäßig, später seltener, eine zweistündige Vorlesung, meist über Relativitätstheorie, aber auch über Statistische Mechanik oder über einige Kapitel aus der Theoretischen Physik. Seit 1921 beteiligte er sich, gemeinsam mit Professor von LAUE und einigen anderen Dozenten der Physik an der Leitung des „Physikalischen Proseminars“, das nach Art der behandelten Themen durchaus als ein Seminar für Fortgeschrittene hätte bezeichnet werden können. Hier hatte ich Gelegenheit, EINSTEINS pädagogisches Talent, seine wissenschaftliche Denkweise und seine Art, einen schwierigen Gedankengang sich selbst und anderen klarzumachen, kennenzulernen. Bisweilen ereignete es sich in unserem Seminar, daß der Vortrag eines Studenten über eine Reihe physikalischer Ar-



beiten an Klarheit sehr zu wünschen übrig ließ, sei es, daß er die Arbeiten selbst nicht ganz verstanden hatte, sei es, daß er sehr ungeschickt in der Darstellung war. Wenn dann vielleicht, in der Befürchtung, sich eine Blöße zu geben, niemand von den jüngeren Teilnehmern zu fragen wagte, verkündete plötzlich EINSTEIN zu aller Erleichterung in herzerquickender Offenheit: „Also, ich habe gar nichts verstanden.“ Und dann begann er, den Gedankengang zu analy-

sieren und durch einfache Fragestellungen allmählich alle Lücken und Zweifel zu beseitigen. Dabei konnte man immer wieder beobachten, wie einfach und anschaulich physikalisch seine Denkweise ist. Oft fand ich die Ansicht vertreten, daß EINSTEIN stets hoch abstrakt denke und eigentlich mehr Mathematiker als Physiker sei. Nichts ist unrichtiger als dies. Stets ist er von physikalischen Problemstellungen ausgegangen und hat die Mathematik als ein notwendiges Hilfsmittel betrachtet. In der genannten Zeit hatte ich auch öfters Gelegenheit, mit EINSTEIN über physikalische Arbeiten zu diskutieren, mit denen ich damals beschäftigt war. Er hatte stets das lebhafteste Interesse für jedes vernünftige physikalische Problem und wartete bisweilen mit Ungeduld auf das Fort-

schreiten einer Arbeit. Die wissenschaftlichen Gespräche mit EINSTEIN aus jener Zeit gehören für mich zu den schönsten Erinnerungen.

Es war ein schwerer Verlust für das Berliner physikalische Leben, als EINSTEIN von den Schatten, die die Hitlerzeit vorauswarf, aus Berlin vertrieben wurde. Er hat einen neuen Wirkungskreis im Institute for Advanced Study an der Universität Princeton gefunden. Dort hat er seine physikalische Forschungsarbeit unermüdlich fortgesetzt und sich um eine „eindeutliche Feldtheorie“ bemüht, über die vor einiger Zeit sogar in der Tagespresse, naturgemäß in unzulänglicher Weise, berichtet wurde.

Es wird manchem Leser vielleicht willkommen sein, etwas über die Grundgedanken und Ergebnisse

dieser Theorie zu erfahren, die EINSTEIN zuerst in den Jahren 1945 und 1946 in den „Annals of Mathematics“ veröffentlichte und die er in den folgenden Jahren noch mehrfach etwas umgestaltet hat. Die neue Theorie, die von EINSTEIN als verallgemeinerte Gravitationstheorie bezeichnet wird, stellt eine Weiterentwicklung der allgemeinen Relativitätstheorie dar, so daß deren wesentlichster Inhalt hier als bekannt vorausgesetzt werden muß.

Die Gravitationskraft, deren Gesetz von NEWTON aufgestellt wurde, läßt sich aus einem Gravitationspotential φ ableiten, das der LAPLACE-POISSONSchen Differentialgleichung

$$\Delta \varphi = -4\pi G \rho \quad (1)$$

genügt. Hier ist G die Gravitationskonstante und ρ die Dichte der Materie. Wenn ρ als Funktion des Ortes gegeben ist, erlaubt diese Gleichung das Potential φ und damit die an jedem Orte wirksame Gravitationskraft zu berechnen. Die allgemeine Relativitätstheorie setzt an die Stelle der skalaren Größe φ einen symmetrischen vierdimensionalen Tensor, dessen 10 unabhängige Komponenten g_{ik} ($i, k = 1, 2, 3, 4$) die Gravitationspotentiale bilden und zugleich das metrische Feld der vierdimensionalen Raumzeit bestimmen. An die Stelle der skalaren Größe ρ tritt ein symmetrischer Tensor T_{ik} , der sich aus einem mechanischen und einem elektromagnetischen Teil zusammensetzt und dessen 10 Komponenten die elastischen und elektromagnetischen Spannungen, die Impuls- und Energiedichte bedeuten. (1) geht über in die EINSTEINSchen Feldgleichungen der Gravitation

$$R_{ik} = -\kappa \left(T_{ik} - \frac{1}{2} T g_{ik} \right). \quad (2)$$

Hierin ist R_{ik} der ebenfalls symmetrische (verjüngte) RIEMANNSche Krümmungstensor und T ein aus T_{ik} abgeleiteter Skalar. κ ist eine universelle Konstante, die eng mit der NEWTONschen Gravitationskonstanten G zusammenhängt. R_{ik} drückt sich durch 40 in den unteren Indizes symmetrische Größen Γ_{ik}^l nebst ihren ersten Ableitungen aus, die das affine Feld beschreiben und ihrerseits durch die g_{ik} und ihre ersten Ableitungen bestimmt sind. (2) stellt also 10 Differentialgleichungen zweiter Ordnung dar, aus denen grundsätzlich bei gegebenen T_{ik} das Gravitationsfeld berechnet werden kann.

Schon lange hat EINSTEIN die Gleichungen (2) als vorläufig betrachtet. Der Energieimpuls-Tensor T_{ik} wird auf Grund der phänomenologischen Gesetze der Materie einschließlich des elektromagnetischen Feldes eingeführt und als Ursache des Gravitationsfeldes betrachtet. Eine Rückwirkung des Feldes auf die Materie enthalten die Gleichungen nicht. Erst durch die Annahme, daß in einem infinitesimalen Raumzeitgebiet, das durch die Koordinatenwahl gravitationsfrei gemacht ist, die Gesetze der speziellen Relativitätstheorie gelten, gelangt die Theorie zur Darstellung des Einflusses von Gravitationsfeldern auf die physikalischen Vorgänge, zum Beispiel auf das Licht. Die Feldgleichungen einer umfassenden Theorie müßten das gesamte Feld, also außer der Gravitation mindestens noch das elektromagnetische Feld enthalten, wobei man die Hoffnung hegen kann,

daß die neuen Gesetze des elektromagnetischen Feldes Lösungen zulassen, die geladene Elementarteilchen darstellen und damit auch die Struktur der Materie erklären.

Auf verschiedenen Grundgedanken beruhende Ansätze zu einer einheitlichen Feldtheorie sind auch von WEYL, EDDINGTON, SCHRÖDINGER u. a. gemacht worden. Doch lieferte noch keiner dieser Ansätze Ergebnisse, die eine wirkliche Vereinheitlichung und neue Erkenntnisse gebracht hätten.

EINSTEIN führt nun in der neuesten, im Jahre 1950 veröffentlichten Fassung seiner Theorie an Stelle des symmetrischen Maßensors g_{ik} der RIEMANNSchen Geometrie einen unsymmetrischen Tensor mit 16 unabhängigen Komponenten

$$g_{ik} = \underline{g}_{ik} + \underline{g}_{ik}^{\vee} \quad (3)$$

ein, worin $\underline{g}_{ik}$ den symmetrischen und $\underline{g}_{ik}^{\vee}$ den antisymmetrischen Teil bedeutet. Die den affinen Zusammenhang bestimmenden Größen Γ_{ik}^l werden zunächst als unabhängig von den g_{ik} angesehen; der Zusammenhang wird erst durch die Feldgesetze hergestellt. Außerdem werden auch die Γ_{ik}^l als unsymmetrisch eingeführt, so daß, wie bei den g_{ik}

$$\Gamma_{ik}^l = \underline{\Gamma}_{ik}^l + \Gamma_{ik}^{\vee l} \quad (4)$$

gilt. Diese Unsymmetrie bedingt eine gewisse Willkür bei der Definition der infinitesimalen Parallelverschiebung eines Vektors und damit bei der Definition der absoluten Differentiation von Vektoren und Tensoren. Diese Willkür wird von EINSTEIN durch die Forderung eingeschränkt, daß alle an das Feld zu stellenden Bedingungen unverändert bleiben sollen, wenn man gleichzeitig die Komponenten g_{ik} des metrischen Feldes durch g_{ki} und die Komponenten Γ_{ik}^l des affinen Feldes durch Γ_{ki}^l ersetzt.

Aus einem Wirkungsprinzip entstehen dann schließlich die folgenden Feldgleichungen

$$R_{ik} \equiv \sum_s \left\{ \frac{\partial \Gamma_{ik}^s}{\partial x_s} - \frac{1}{2} \frac{\partial \Gamma_{is}^s}{\partial x_k} - \frac{1}{2} \frac{\partial \Gamma_{ks}^s}{\partial x_i} \right\} + \rightarrow \rightarrow \sum_{s, t} \left\{ \Gamma_{ik}^s \Gamma_{st}^t - \Gamma_{it}^s \Gamma_{sk}^t \right\} = 0 \quad (5a)$$

$$\frac{\partial g_{ik}}{\partial x_i} - \sum_s \left\{ g_{sk} \Gamma_{il}^s + g_{is} \Gamma_{lk}^s \right\} = 0 \quad (5b)$$

$$\sum_s \Gamma_{is}^s = 0 \quad (5c)$$

$$\frac{\partial \sqrt{-g}}{\partial x_i} - \sqrt{-g} \sum_s \Gamma_{is}^s = 0 \quad (5d)$$

(5a) geht zwar formal aus (2) hervor, indem man $T_{ik} = 0$ setzt, also die Wirkung der Materie, die jetzt mit zum Feld gehört, fortläßt; doch ist die Defi-

nition des Tensors R_{ik} von derjenigen der symmetrischen Theorie verschieden. Der Gleichung (5b) entspricht in der symmetrischen Theorie die Tatsache, daß die absoluten Ableitungen der g_{ik} nach den Koordinaten verschwinden. (5c) ist eine zusätzliche Forderung, die in der symmetrischen Theorie kein Analogon hat, während (5d) sich aus (5b) ableiten läßt und daher auch fortbleiben kann. g ist die aus den g_{ik} gebildete Determinante.

In der vierdimensionalen Schreibweise der MAXWELLSchen Gleichungen stellt sich die elektrische Viererstromdichte als Divergenz des elektromagnetischen Feldtensors dar, während die Divergenz des zugehörigen dualen Feldtensors, die eine magnetische Stromdichte darstellen würde, verschwindet. Identifiziert man den kovarianten Tensor g_{ik} mit dem elektromagnetischen Feldtensor und den kontravarianten Tensor g^{ik} mit dem zugehörigen dualen Tensor, so stellen die Tensoren 3. Stufe

$$\frac{\partial g_{ik}}{\partial x_l} + \frac{\partial g_{kl}}{\partial x_i} + \frac{\partial g_{li}}{\partial x_k} \quad \text{und} \quad \frac{\partial g^{ik}}{\partial x_l} + \frac{\partial g^{kl}}{\partial x_i} + \frac{\partial g^{li}}{\partial x_k} \quad (6)$$

bzw. die elektrische und magnetische Stromdichte dar. In der Tat ergibt sich aus (5b) und (5d) das Ver-

schwinden des zweiten Ausdruckes (6), während man aus dem ersten Ausdruck (6) einen Vektor ableiten kann, dessen Divergenz verschwindet, was der Kontinuitätsgleichung der elektrischen Ladung entspricht.

Lösungen der Feldgleichungen, die einen Vergleich mit der Erfahrung ermöglichen, sind leider noch nicht bekannt geworden und dürften wegen der Kompliziertheit der Gleichungen wohl auch noch nicht so bald zu erwarten sein.

Wenn man sieht, wie EINSTEIN bis in die letzten Jahre an seiner Theorie gearbeitet hat und weiterarbeitet, so kann man seine Arbeitskraft und seinen Schaffensdrang nur bewundern. Nach so unvergleichlichen Erfolgen, wie sie seine Arbeiten, insbesondere die allgemeine Relativitätstheorie bedeuten, würde wohl jeder ihm ein *otium cum dignitate* gönnen. Da ihm aber die Arbeit ein unbedingtes Bedürfnis ist, so wünschen wir ihm zu seinem Geburtstag von ganzem Herzen und voll Dankbarkeit nicht nur Gesundheit, Frische und innere Befriedigung, sondern auch Schaffenskraft und weitere Erfolge.

Prof. Dr. G. HETTNER, München

Institut für theoretische Physik der Technischen Hochschule

Die NATURWISSENSCHAFTLICHE RUNDSCHAU erscheint monatlich. Bestellungen nimmt jede Buchhandlung des In- und Auslandes, die Post oder der Verlag entgegen. In den Ländern Belgien, Dänemark, Großbritannien, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Portugal, Schweden, der Schweiz und der Vatikanstadt ist der Bezug durch die Post ebenfalls möglich. Bezugspreis: viertelj. DM 6.—, Einzelheft DM 2.20. Studenten u. Assistenten in nicht voll bezahlter Stellung viertelj. DM 4.80.

Probeheft: kostenlos durch den Verlag.

Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft m. b. H., Stuttgart, Tübinger Straße 53, Postfach 40.