

Von der Theorie zum Fach

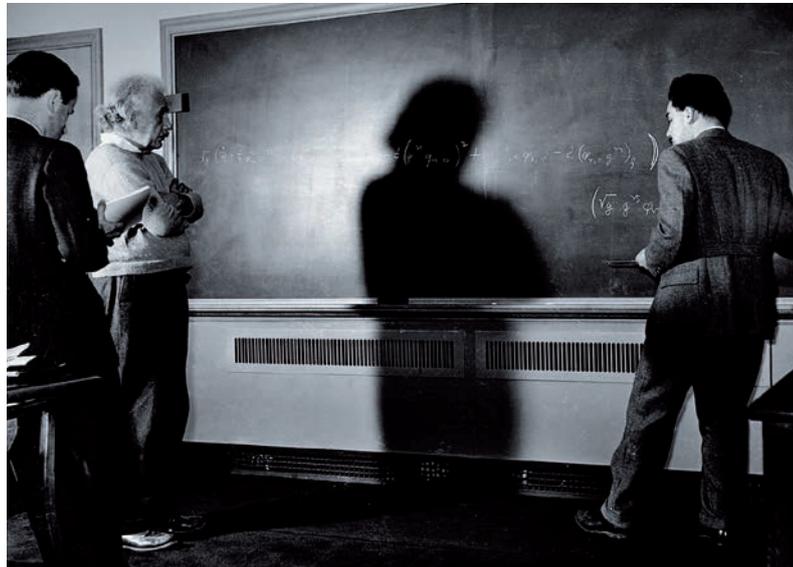
Die Allgemeine Relativitätstheorie etablierte sich von 1915 bis 1990 nur langsam als eigene Disziplin.

Hubert Goenner

Die Allgemeine Relativitätstheorie (ART) war zwar nach der Bestätigung der gravitativen Lichtablenkung im Jahr 1919 in aller Munde, prägte aber die physikalische Forschung im Gegensatz zur aufkommenden Quantenmechanik kaum. Zwar befassten sich immer wieder einzelne Physiker mit Fragen der ART, aber eine Institutionalisierung im Lehr- und Forschungsbetrieb fand im deutschen Sprachraum erst deutlich nach dem Zweiten Weltkrieg statt.

Mit der Aufstellung der Feldgleichungen für seine relativistische Gravitationstheorie vollendete Albert Einstein im November 1915 in Berlin seine jahrelangen Bemühungen. Zu dieser Zeit waren viele deutsche und österreichische Naturwissenschaftler und Mathematiker wegen des Ersten Weltkriegs zum Militär eingezogen worden. Schon im Dezember 1915 schickte der Astronom Karl Schwarzschild von der russischen Front aus eine exakte Lösung für einen kugelsymmetrischen Stern (Innen- und Außenraum) an Einstein, die fünfzig Jahre später der Prototyp für ein „Schwarzes Loch“ werden sollte. Jeder, der sich mit partiellen Differentialgleichungen auskannte, konnte sofort etwas zur neuen Theorie beitragen. Daher waren wichtige exakte Lösungen der Einsteinschen Feldgleichungen wie etwa die Reissner-Nordström und – für die Feldgleichungen mit kosmologischer Konstante – die de-Sitter-Lösung schon bis 1917 gefunden.

Die an Physik interessierte Öffentlichkeit wies 1916 ein Büchlein des jungen Potsdamer Astronomen Erwin Freundlich auf die neue Theorie hin. 1917 legte Einstein eine eigene Darstellung für einen größeren Leserkreis vor: „Über die



Lucien Aigner / Corbis

Der Schwerpunkt der Forschung auf dem Gebiet der Allgemeinen Relativitätstheorie lag in den 1920er- und 1930er-Jahren vor allem bei Albert Einstein und seinen Mitarbeitern.

spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie, gemeinverständlich“. Auch Philosophen wie Moritz Schlick richteten schon 1917 ihr erkenntnistheoretisches Interesse auf Einsteins Gravitationstheorie. Einstein korrespondierte mit praktisch allen, die über Allgemeine Relativitätstheorie forschten oder sich dazu kritisch äußerten. Die von ihm vertretene physikalische Bedeutung der allgemeinen Kovarianz seiner Theorie stellte Erich Kretschmann 1917 in Frage. Die Fachwelt hatte also bereits vor dem Ende des Ersten Weltkriegs wesentliche Eigenschaften der ART beschrieben und Folgerungen aus ihr gezogen (kosmologische Modelle, Gravitationswellen).

Dem allgemeinen Publikum war Einstein jedoch völlig unbekannt. Das änderte sich 1919 schlagartig, nachdem zwei englische Sonnenfinsternis-Expeditionen die vorhergesagte gravitative Lichtablenkung nachweisen konnten. Ein Teil der Presse glorifizierte Einstein als neuen Archimedes, Kopernikus und Newton in einer Person; auch Fachgenossen wie Max Planck hielten sich nicht mehr zurück. In

den 1920er-Jahren ergoss sich eine Flut von Schriften und Broschüren über die interessierte Bevölkerung, darunter etliche von Kritikern mit oder ohne ausreichende Fachkenntnisse. In Berlin spannte ein auf dem rechten Parteienflügel agierender Ingenieur, Paul Weyland, den in der Optik ausgewiesenen Experimentalphysiker Ernst Gehrcke ein, um in einem öffentlichen Vortrag in der Philharmonie gegen Einstein und seine Theorien zu polemisieren. Danach schrieb Einstein an Grossmann: „Gegenwärtig debattiert jeder Kutscher und jeder Kellner darüber, ob die Relativitätstheorie richtig sei.“

Nach 1920 publizierten auch Forscher in England und Frankreich zur Einsteinschen Theorie, obgleich besonders in England die Skepsis groß war. Nur ein kleiner Kreis theoretischer Physiker forschte über Allgemeine Relativitätstheorie. Die wichtigste Entdeckung von 1922/23, nämlich zeitlich expandierende, auf die Dynamik des Kosmos anwendbare Lösungen des russischen Physikers Alexander Friedman [1], lehnte Einstein ab, der aus erkenntnistheoretischen Gründen einen

Prof. Dr. Hubert Goenner, Institut für theoretische Physik, Universität Göttingen, Friedrich-Hund-Platz 1, 37077 Göttingen



Karl Schwarzschild (1873 – 1916) gehörte zu den ersten Physikern, die sich mit Allgemeiner Relativitätstheorie befassten.

statischen Kosmos forderte. Erst in den 1930er-Jahren, nach Edwin Hubbles Entdeckung der Rotverschiebung der Galaxien und unter dem Einfluss von Arthur Eddington, änderte er seine Meinung.

Auch in der Lehre bekam die neue Gravitationstheorie ihren Platz an vielen Universitäten. Nach der Entdeckung und Ausgestaltung der Quantenmechanik ab 1925 durch Werner Heisenberg, Max Born, Pascual Jordan und Paul A. M. Dirac sowie der Wellenmechanik durch Erwin Schrödinger fand eine Mehrzahl von Theoretikern dieses Feld mit seinen zahlreichen Anwendungen in der Atom- und Kernphysik jedoch interessanter. Zu dieser Einschätzung trugen Einsteins Arbeiten ab 1925 über die Verallgemeinerung seiner Gravitationstheorie unter Einbeziehung des elektromagnetischen Feldes bei: Seine „Einheitliche Feldtheorie“ ließ jeden Bezug zu messbaren Resultaten vermissen. Junge Theoretiker spotteten in Bohrs Institut über „den großen Floh“ des „Königs“.

Durch die Erfolge der Quantenphysik waren die Aussichten noch schlechter geworden, mit Leistungen auf dem Gebiet der ART zu einer Berufung als ordentlicher Professor zu kommen. Wir sollten uns daran erinnern, dass Größen wie Einstein, Max von Laue, Wolfgang Pauli oder der Mathematiker Hermann Weyl ihr Ansehen durch Arbeiten außerhalb der Gravitationsforschung gewonnen hatten

bzw. wie Schrödinger noch gewannen. Daher verwundert es nicht, dass Theoretiker in Wien wie Ludwig Flamm, Friedrich Kottler, Hans Thirring oder Guido Beck von der Gravitationsforschung abkamen. Der Schwerpunkt der Forschung lag nach wie vor bei Einstein und seinen Mitarbeitern. Er konnte diese nicht allein über die Preußische Akademie der Wissenschaften finanzieren bzw. durch das für ihn gegründete Kaiser-Wilhelm-Institut für Physik, sondern brauchte auch Mittel von der „Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft“ und der amerikanischen „Rockefeller Foundation“. Einige Jahre nach der Eröffnung „seines“ Instituts verlor Einstein das Interesse daran; es spielte dann keine Rolle mehr für die Gravitationsforschung.

Die Situation ab 1933

Besonders schwierig wurde es für die Allgemeine Relativitätstheorie nach der Machtübernahme durch die Nationalsozialisten im Jahr 1933. Einstein hatte nach eigener Bekundung zeitlebens nur jüdische Mitarbeiter. Diese und andere Kollegen wie Kottler und Heinrich Reissner mussten wegen ihrer jüdischen Abstammung das Land verlassen. Thirring in Wien wurde 1938 nach dem „Anschluss“ Österreichs zwangspensioniert, ebenso Schrödinger in Graz. Zwar erschienen weiter gelegentlich Forschungsarbeiten; Max Kohler etwa schrieb seine Dissertation 1933 bei von Laue in Berlin über ein Thema aus der ART, wechselte dann jedoch zu Elektronentheorie der Metalle und Kristallsymmetrie. Gegner der Relativitätstheorie wie der Nobelpreisträger Philipp Lenard stellten sich als üble Antisemiten dar, die unter anderem die Neubesetzung von Sommerfelds Lehrstuhl in München in ihrem Sinne erreichten [2]. 1942 verständigten sich Gegner und Befürworter einer „Deutschen Physik“ bei den Seefelders „Religionsgesprächen“ über weltanschauliche Streitpunkte bei Relativitätstheorie und Quantenmechanik. Danach wurde Lehre

über Relativitätstheorie nicht mehr behindert; bei der Besetzung von Lehrstühlen, z. B. in der „Reichsuniversität“ Straßburg, spielte die wissenschaftlichen Qualität wieder eine entscheidende Rolle. Aufgrund der Kriegsanstrengungen und Zerstörungen fiel die Forschung zur ART in den 1940er-Jahren jedoch in einen Winterschlaf.

Anders in den USA: Dort forschte neben dem nun am Institute for Advanced Study in Princeton wirkenden Einstein etwa Richard C. Tolman über die Anwendung der ART auf Sterne und den Kosmos unter Einbeziehung der Thermodynamik. Oder Robert Oppenheimer mit seinen Mitarbeitern Hartland Snyder und George M. Volkoff über Sternkollaps: 1939 identifizierten sie die „Schwarzschild-Horizont“ genannte Fläche in der Schwarzschild-Lösung als semipermeable Membran [3, 4], die Wolfgang Rindler in den 1950er-Jahren „Ereignishorizont“ taufte. Der Zweite Weltkrieg dünnte die ART-Forschung dann auch in den USA aus. Nach ihrer Arbeit für die Atombomben wandten sich führende Theoretiker mit Ausnahme von John Archibald Wheeler in Princeton der Quantenfeldtheorie zu. Nach seiner Assistenten-Zeit bei Einstein beschäftigte sich Peter Bergmann mit der fünfdimensionalen Kaluza-Klein-Theorie [5] und machte erste Schritte in Richtung einer Quantisierung der Gravitation. Er bildete zahlreiche Doktoranden in diesem Gebiet aus. Der in Kanada und den USA arbeitende irische Mathematiker John Lighton Synge war mit seiner Arbeit zu geometrischen Methoden in der ART zwischen 1930 und 1948 einflussreich. Kurt Gödel publizierte 1949 eine unerwartete kosmologische Lösung ohne überall gültige kosmologische Zeit. Man kann also nicht sagen, dass die ART vernachlässigt worden sei; aber auch in den USA bestand eine Diskrepanz zwischen dem großen Presseecho, das Einsteins Theorie seit seinen Besuchen geweckt hatte, und dem kleinen Kreis von Forschern, der sich ihr zuwandte.

Nach dem Ende des Krieges war die Forschung in Deutschland und

Österreich in einer miserablen Lage. Die Universitäten öffneten ihre Tore rasch, das Kaiser-Wilhelm-Institut für Physik, nun Max-Planck-Institut, setzte ab 1946 seine Arbeit in Göttingen fort mit Kernphysik, Quantenfeld- und Elementarteilchentheorie als Schwerpunkten. Pascual Jordan musste bis 1947 warten, um nach seiner Entnazifizierung eine Gastprofessur an der Universität Hamburg wahrnehmen zu können. Seit 1944 hatte er eine Gravitationstheorie untersucht, in der eine skalare Funktion an die Stelle der Gravitationskonstante in der Einsteinschen Theorie trat. Nachdem er 1953/54 ordentlicher Professor in Hamburg geworden war, gründete Jordan mit dem Direktor der Sternwarte in Bergedorf, Otto Heckmann, ein Seminar über Relativität und Gravitation. In seinem Buch „Schwerkraft und Weltall, Grundlagen der theoretischen Kosmologie“ von 1952 fasste er die Forschungen zur heute sogenannten „Jordan-Brans-Dicke-Theorie“ der Gravitation zusammen [6]. Heckmanns Assistent Engelbert Schücking arbeitete seit 1952 über Lösungen der Newtonschen Kosmologie und der Jordanschen Theorie. Dann kamen Studenten zu Jordan wie Jürgen Ehlers, Wolfgang Kundt und einige Jahre später Manfred Trümper, durch die der Schwerpunkt der Forschung und des Seminars auf die mathematische Untersuchung der ART hin verschoben wurde, etwa die Entwicklung koordinatenfreier Methoden und die Anwendung auf Strahlung und ideale Materie. Durch sein internationales Prestige hatte Jordan keine Mühe, Beziehungen zu Kollegen in den USA herzustellen: Zu nennen sind unter anderem Wolfgang Pauli, Peter Bergmann und sein früherer Student Joshua Goldberg. Dieser war zwischen 1956 und 1963 für Forschungsfinanzierung durch die „United States Air Force“ auf dem Gebiet der Gravitationstheorie verantwortlich, durch die auch die Hamburger Gruppe unterstützt wurde. Es gab einen regen Austausch zwischen Post-Doktoranden von Jordan und solchen aus Syracuse und Prince-

ton. Schücking nahm eine Dauerstelle in Texas an, Ehlers lehrte und forschte dort über mehrere Jahre.

Inzwischen waren nämlich die USA ein Zentrum der Forschung auf dem Gebiet der ART geworden. Neue Objekte der Astrophysik wie Neutronensterne, Quasare und kollabierte Sterne, neue und verbesserte Beobachtungs- und Messmethoden ließen Fortschritte erwarten, etwa auf dem Gebiet der Gravitationswellen-Astronomie. J. A. Wheeler prägte Begriffe wie Schwarzes Loch, Geon oder Quantenschaum. In populären Darstellungen liest man von einer „Renaissance“ des Fachs in den 1960er-Jahren nach einer schwachen Periode [7]. Aber weder war die ART in früheren Jahren „ungeheuer einflussreich“, noch fehlten in den 1930er- und 40er-Jahren physikalisch bedeutende Forschungsergebnisse (vgl. oben). Was sich ereignete, war eine gewaltige Expansion der Forschung auf dem Gebiet der ART in Theorie, Experiment und Beobachtung. Das lag durchaus im Rahmen der allgemein in der Physik zu beobachtenden Vermehrung der „manpower“, ihrer finanzieller Unterstützung und dem Anwachsen internationaler wissenschaftlicher Tagungen nach dem Zweiten Weltkrieg. Als Startschuss dieser Entwicklung wird eine 1955 im Todesjahr von Einstein abgehaltene Konferenz in Bern über Rela-

tivität und Gravitation angesehen. In der Außenwahrnehmung wurde die ART nun zum eigenständigen Forschungsbereich.

Neben den Hamburgern forschte in Deutschland Günther Ludwig mit seinen Mitarbeitern Claus Müller und Kurt Just an der Freien Universität Berlin über projektive Relativitätstheorie und die Jordansche Theorie. 1961 ging Just an die Universität von Arizona in Tucson; die Gravitationsforschung dieser Gruppe endete um 1963 mit der Berufung von Ludwig an die Universität Marburg. Forschung über relativistische Gravitationstheorien betrieben weitere kleinen Gruppen um Max Kohler in Braunschweig ab Mitte der 1950er-Jahre und in Freiburg um Helmut Hönl. Für beide, Kohler und Hönl, war Gravitation zunächst eher ein Schauplatz neben Transporttheorie in Festkörpern bzw. Beugungsoptik. Nach seiner Berufung nach Göttingen verfolgte Kohler auch dort beiden Themen, während Hönl sich vornehmlich der Einsteinschen Gravitationstheorie zuwandte: Mit Heinz Dehnen untersuchte er etwa die Rolle des Machschen Prinzips in dieser Theorie und mit Konradin Westpfahl die Bewegungsgleichungen für Punktteilchen. Die einzige Berufung zum ordentlichen Professor auf dem Gebiet der relativistischen Gravitationsphysik in der Bundesrepublik (BRD) nach



Physik Journal, November 2002, S. 73

Wolfgang Pauli (rechts) schrieb 1921 mit nur 21 Jahren einen Handbuchartikel zur Relativitätstheorie, der bis heute gelesen und zitiert wird. Pascual Jordan (links) ge-

hörte wie Günther Ludwig (Mitte) zu den Theoretikern, die sich nach dem Zweiten Weltkrieg intensiver mit der Allgemeinen Relativitätstheorie beschäftigten.

Jordan bis heute erhielt Dehnen 1970 an die neu gegründete Universität Konstanz. Ab Mitte der 1960er-Jahre forschte Friedrich Hehl an der TU Clausthal über Spin-Drehimpuls in der ART und gründete nach seiner Berufung an die Universität zu Köln 1975 dort eine weitere erfolgreiche Gruppe mit Forschungen über relativistische Gravitationstheorien, z. B. Gravitations-Eichtheorien. Bis in die 1970er-Jahre war die Situation in der Bundesrepublik dieselbe wie vor dem Krieg: um einzelne Professoren herum existierten meist kleine mit Forschung in der ART befassete Gruppen. Eine stabile Lage der Gravitationsforschung gab es nicht; finanzielle Unterstützung kam außer von Universitäten allein aus DFG-Einzelanträgen

In der Deutschen Demokratischen Republik (DDR) bestanden zu Beginn ähnliche Verhältnisse. Die Akademie der Wissenschaften in Berlin wurde allerdings zu einer bedeutenden Konkurrenz für die Universitäten [8]. Ein Keim für Forschung und Lehre in der ART entstand 1952 mit der Berufung von Achille Papapetrou an das Forschungsinstitut für Mathematik der Deutschen Akademie der Wissenschaften in Berlin. Er wurde 1957 auch Professor an der Humboldt-Universität Berlin. Papapetrou kam aus Manchester als Mitarbeiter von Leon Rosenfeld auf Empfehlung durch Einsteins früheren Mitarbeiter E. Freundlich, der nach England emigriert war. Einer der ersten Doktoranden Papapetrous war Hans-Jürgen Treder; er sollte das Schwergewicht in der Gravitations-



MPI für Gravitationsphysik

Jürgen Ehlers (1929 – 2008) prägte insbesondere ab den 1970er-Jahren die ART-Forschung in Deutschland.

forschung der Akademie werden. 1957 kam der Falkenhagen-Schüler Ernst Schmutzer aus Rostock an die Universität Jena baute um 1960 mit einem Dutzend Diplomanden eine Gruppe zur Gravitationsforschung auf. Der Antrag an das Ministerium in Berlin, in Jena einen Schwerpunkt „Relativität und Gravitation“ zu bilden, wurde genehmigt. Die Jenaer Gruppe erzielte bedeutende Forschungsergebnisse, etwa auf dem Gebiet der exakten Lösungen der Einsteinschen Feldgleichungen. Auf von Schmutzer veranstalteten mehrtägigen Kolloquien in Georghenthal konnten sich Forscher aus Ländern von beiden Seiten des „eisernen Vorhangs“ begegnen.

Die Akademie der Wissenschaften zog nach. Treder war 1963 Professor für Theoretische Physik an der HU Berlin geworden und Direktor des Instituts für reine Mathematik der Akademie der Wissenschaften. Im Zuge der 3. Hochschul-

und Akademiereform in der DDR leitete er ab 1969 das neu gegründete „Zentralinstitut für Astrophysik“, in dem verschiedene astronomische und astrophysikalische Institute zusammengefasst wurden. Mit der Leitungsfunktion bekam Treder einen Sitz im Akademie-Präsidium. Zuerst hatte es auch in Greifswald und in Leipzig durch Georg Schöpf bzw. Adolf Kühnel Gravitationsforschung gegeben. In den 1970er- und 1980er-Jahren kann man also von einer Institutionalisierung der Gravitationsforschung in der DDR im Sinne einer stabilen Struktur aus zwei miteinander konkurrierenden Zentren sprechen.

Der Weg zur Community

In der BRD erfolgte ein Schritt zur Institutionalisierung der Gravitationstheorie erst zu Beginn der 70er-Jahre, etwa gleichzeitig mit der Gründung der Internationalen Gesellschaft für Relativität und Gravitation 1971 in Kopenhagen. Das Hamburger Seminar hatte sich nach der Emeritierung von Pascual Jordan und der Weigerung der Hamburger Physikfakultät, einen Nachfolger aus dem Gebiet der Gravitationstheorie zu berufen, aufgelöst. Zwar war W. Kundt nach Forschungsaufenthalten in den USA seit 1971 in Hamburg Professor, wechselte jedoch schon 1972 in die Astrophysik nach Bonn. Auch M. Trümper zog es Anfang der 1970er-Jahre nach Texas und danach in mehrere Länder auf drei Kontinenten. Jürgen Ehlers nahm 1971 die Einladung zur Führung einer Arbeitsgruppe über Gravitationstheorie am Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik in München an. Seine Gruppe wurde zum ersten Ankerpunkt für Gravitationsforschung außerhalb der Universitätslandschaft. Ein Zeichen zur Bildung einer „Community“ setzte das „Kolloquium über relativistische Astrophysik“, im Observatorium „Hoher List“ im Juni 1971 unter der Schirmherrschaft der DFG, bei dem ein Schwerpunktprogramm „Relativistische Astrophysik“ ins Leben gerufen wurde.

In der DDR gehörte Hans-Jürgen Treder (1928 – 2006, Mitte) zu den herausragenden Forschern auf dem Gebiet der ART. Hier ist er im Gespräch mit Christian Møller (links) und Peter Landsberg auf der Einstein-Konferenz 1979 in Berlin zu sehen.



Physikal. Blätter 51, F176 (1995)

Für die weitere Entwicklung erwiesen sich die fachbezogenen Tagungen (WEH-Seminare) im Physikzentrum der Deutschen Physikalischen Gesellschaft in Bad Honnef mit Kollegen aus Österreich und der Schweiz als besonders wichtig. Auf einer dieser Tagungen schlug 1984 H. Dehnen die Bildung eines „Fachverbandes Gravitation und Relativitätstheorie“ vor. Mit starker Unterstützung durch die DPG wurde er 1985 gegründet mit J. Ehlers als erstem Vorsitzenden, auf den F. Hehl folgte. Damit war auch in der BRD eine stabile Grundlage der Forschung auf dem Gebiet der ART geschaffen. Zum Vergleich: die topical group „Gravitation“ der American Physical Society kam erst 1995 zustande. Trotz mancher Erfolge der Gravitationsforschung in Deutschland sind die bedeutendsten Entwicklungen auf dem Gebiet der ART zwischen 1945 und 1990 aus anderen Ländern gekommen, vor allem aus den USA, England und der UdSSR. Man muss wohl einen Zusammenhang mit der

geringen Bedeutung herstellen, die dem Fach, besonders in der BRD, zugemessen wurde, und mit der daraus folgenden bescheidenen personellen und finanziellen Ausstattung.

Danksagung

Für Informationen danke ich den Kollegen H. Dehnen, E. Schmutzer und D. Hoffmann, Herrn Hehl für einige Korrekturen. Dieser Artikel ist im Rahmen eines umfassenderen Forschungsprojekts unter Leitung von Jürgen Renn (MPI für Wissenschaftsgeschichte) entstanden. Ihm danke ich besonders für viele anregenden Bemerkungen.

Literatur

- [1] A. Friedmann, *Z. f. Physik* **10**, 377 (1922) und *Z. f. Physik* **21**, 326 (1924)
- [2] D. Hoffmann und M. Walker, *Physiker zwischen Autonomie und Anpassung*, Wiley-VCH, Weinheim (2006)
- [3] J. R. Oppenheimer und H. Snyder, *Phys. Rev.* **56**, 455; J. R. Oppenheimer und G. M. Volkoff, *Phys. Rev.* **55**, 374 (1939)
- [4] R. C. Tolman, *Relativity Thermodynamics and Cosmology*, Oxford University Press, Oxford (1934)
- [5] P. Bergmann, *Introduction to the Theory of Relativity*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J. (1942)
- [6] P. Jordan, *Schwerkraft und Weltall*, Vieweg, Braunschweig (1952)
- [7] C. M. Will, *The Renaissance of General Relativity*, in: C. W. Davies (Hrsg.), *The New Physics*, Cambridge University Press, Cambridge (1989), S. 7
- [8] J. Kocka, P. Nötzold und P. Th. Walter, *Die Berliner Akademien der Wissenschaft im geteilten Deutschland 1945 – 1990*, Akademie Verlag, Berlin (2002)

DER AUTOR

Hubert Goenner hat in Tübingen, Göttingen, Braunschweig und Freiburg Physik und Mathematik sowie Philosophie studiert, in Freiburg in Physik promoviert. Er war als Postdoc in Philadelphia, als Gastwissenschaftler in Canberra, Toronto, Philadelphia und Berlin. Von 1978 bis 2002 war er Professor für theoretische Physik an der Universität Göttingen. Neben seiner Arbeit über relativistische Theorien der Gravitation forscht er als Wissenschaftshistoriker u. a. über A. Einstein, F. Klein und B. Riemann.

