

Jürgen Ehlers

## Die Wahrheit will erarbeitet sein

Das Jahr 2005 ist aus gutem Grund zum Jahr der Physik und darüber hinaus zum Einsteinjahr erklärt worden. Mit seinen 1905 veröffentlichten Arbeiten überzeugte Einstein letzte hartnäckige Zweifler von der seit langem vermuteten Existenz von Atomen und Molekülen, erwies die Temperatur als ein Maß der Molekülbewegungen, schuf eine für die Mechanik und die Elektrodynamik geeignete Kinematik und gab mit seiner Lichtquantenhypothese einen der folgenreichsten Anstöße für die Entwicklung der Quantentheorie. Seine Ideen stellten der physikalischen Grundlagenforschung neue Probleme, die seither die theoretischen Physiker beschäftigen.

Die wissenschaftlichen Bemühungen Einsteins waren von Anfang an auf fundamentale Fragen gerichtet, sein Ziel war es, eine die gesamte Physik umfassende Theorie zu schaffen. Ein großer Teilerfolg auf diesem Weg war die Allgemeine Relativitätstheorie; Einsteins weitergehende Versuche, eine einheitliche Feldtheorie für die Elektrodynamik und die Gravitation aufzustellen und womöglich auch Quantenphänomene in eine solche Theorie einzubeziehen, sind dagegen gescheitert.

Die vielen Veranstaltungen zum Einsteinjahr bieten Gelegenheiten, für die Physik und allgemeiner für die Naturwissenschaft Interesse zu wecken bzw. zu stärken und den jetzigen Stand der Erkenntnis, offene Fragen und Versuche zu ihrer Beantwortung allgemein verständlich darzustellen. Dadurch könnten – hoffentlich – wieder mehr Jugendliche angeregt werden, dies vielseitige, wenn auch wohl mit Recht als schwierig angesehene Fach zu studieren. Ist diese Chance bisher ergriffen worden, und wenn ja, wird sie weiterhin genutzt werden?

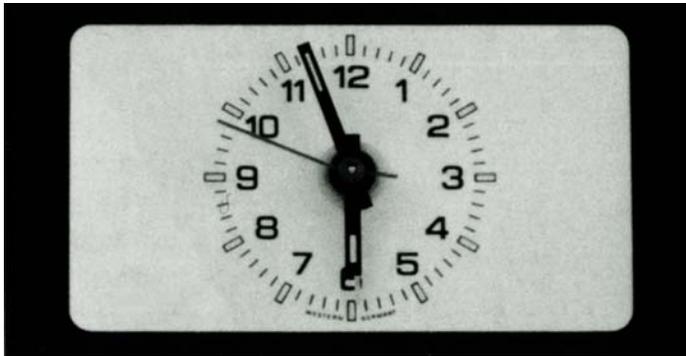
Nach meiner Wahrnehmung stehen in öffentlichen Darstellungen Schlagworte, Rhetorik und bunte Bilder im Vordergrund, während die sachliche, kritische Beschreibung des Inhalts des von Einstein und anderen Forschern Erreichten und des künftig zu Erreichenden zu

kurz kommt. Ein anderes Problem sehe ich darin, dass die Aufmerksamkeit überwiegend auf einige Reizthemen gelenkt wird. Dass ungewöhnliche Objekte und Vorgänge wie schwarze Löcher oder die Entstehung erster Strukturen nach dem Urknall beschrieben oder hehre Ziele wie Theorien von allem erörtert werden, ist gut und schön, sollte aber nicht die Tatsache verdecken, dass derzeit naheliegendere Themen wie Klimaforschung und Energieerzeugungsverfahren auch herausfordernd und für unser Leben wichtiger sind.

Mir scheint, dass außer Ergebnissen der Forschung auch die Verfahren zu ihrer Gewinnung und die dabei aufzuwendenden Mühen in Beispielen dargestellt zu werden verdienen; denn, so Weyl, »es reicht nicht, große Augen zu machen, die Wahrheit will erarbeitet sein«.

Moderne physikalische Theorien wie die Relativitätstheorie und noch mehr die Quantentheorie gelten als unverständlich, dem gesunden Menschenverstand nicht zugänglich oder ihm sogar widersprechend. Da die Gegenstände dieser Theorien nicht unserer Alltagswelt angehören und unsere Sinne sie nicht wahrnehmen, sind sie im wahrsten Sinne des Wortes unanschaulich. Andererseits spielen diese Theorien in der Physik und der darauf beruhenden Technik eine so wichtige Rolle, dass auf ihre Vermittlung nicht verzichtet werden kann. Mit bunten Bildern und groben Analogien ist dies aber nicht zu leisten. Geht es auch anders?

Kein Geringerer als Feynman hat ein Beispiel für die ehrliche, keine Fachkenntnisse, wohl aber Bereitschaft zum Mitdenken voraussetzende Darstellung eines besonders unanschaulichen Gebietes der Physik, der Quantenelektrodynamik, gegeben. Ich möchte einige Passagen aus seinem Buch *QED* zitieren, die ich mir als Leitgedanken für die Vorbereitung öffentlicher Vorträge oder entsprechender Texte eingepägt habe (zur Nachahmung empfohlen). Da heißt es: »Viele Popularisierungsversuche



wissenschaftlicher Arbeiten erzielen eine scheinbare Einfachheit, indem sie etwas anderes beschreiben und damit ihren vorgeblichen Gegenstand erheblich verzerren. Die Achtung vor unserem Thema verbietet uns ein solches Verfahren. So haben wir in stundenlangen Diskussionen versucht, ein Maximum an Klarheit und Einfachheit zu erringen, ohne die Wahrheit durch einen Kompromiss zu entstellen«, und etwas später: »Ich ziehe es vor, mich über ein *bekanntes* Gebiet der Physik auszulassen, statt über ein unbekanntes. In der Regel nämlich fragen die Leute einen nach dem letzten Stand der Vereinigung dieser mit jener Theorie, und man bekommt keine Chance, etwas über die Theorien zu erzählen, die wir schon recht gut kennen. Immer wollen sie etwas wissen, was wir Physiker selber noch nicht wissen. Anstatt Sie mit einer Menge halbgarer, erst teilweise analysierter Theorien zu verwirren, möchte ich Ihnen lieber etwas über ein Thema erzählen, das außerordentlich gründlich analysiert worden ist.« Feynman stellt dann befremdliche Erscheinungen ohne Entstellung, ohne Fachjargon, ohne bunte Bilder

*Es reicht nicht, große Augen zu machen, die Wahrheit will erarbeitet sein.*

packend und sogar vergnüglich dar und unterdrückt auch nicht kritische Hinweise auf unbefriedigende Züge der von ihm selbst mitgeschaffenen Theorie. Statt bunter Bilder oder simplifizierender Modelle stellt er Spielregeln zur Berechnung von Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten beobachtbarer Ereignisse auf, die experimentell überprüft werden können. Verständliche Darstellungen unanschaulicher Theorien sind also möglich, allerdings nicht ohne Anstrengungen seitens des Vortragenden und seiner Hörer.

Die Vorträge zum Einsteinjahr könnten, außer Informationen über Inhalte wissenschaftlicher Entdeckungen zu geben, auch dazu beitragen, etwas von der Denkweise und der Reichweite der Naturwissenschaften, insbesondere der Physik, zu vermitteln. Worin besteht eine physikalische Erklärung? Welche Rolle spielt dabei die Mathematik? Wie wird der Wirklichkeitsbezug einer Theorie hergestellt? Wie zuverlässig sind die Aussagen von Theorien? Wie werden Theorien beurteilt? Werden bewährte Theorien bei einem Paradigmenwechsel falsch oder, vom neuen Standpunkt aus, unverständlich? Angesichts so grotesker Vorfälle wie der Sokal-Affäre, aber auch der Kuhn'schen Darstellung der wissenschaftlichen Entwick-

lung durch Revolutionen und angesichts der postmodernen Auffassung, Physiker erforschten nicht die Wirklichkeit, sondern betrieben Sprachspiele, wären meines Erachtens solche Erörterungen als Beiträge zur öffentlichen Wahrnehmung und Einschätzung der Wissenschaft nicht nur erwünscht, sondern sogar dringend erforderlich. Sie ließen sich allerdings nicht als innovativ oder ökonomisch verwertbar verkaufen.

Wie steht es mit der von Einstein angestrebten und heute wieder viel diskutierten Einheit der Physik? Der Wunsch, zumindest alle Dinge und Vorgänge der unbelebten, stofflichen Welt mit einem System von Begriffen und Gesetzen widerspruchsfrei zu beschreiben, hat den Physikern seit dem 17. Jahrhundert wohl stets vorgeschwebt. Die erste Vereinheitlichung des Naturbildes gelang Newton, der den aristotelischen Unterschied zwischen sublunarem und supralunarem Vorgehen aufhob, indem er zeigte, dass Bewegungen auf der Erde und im Weltraum mit denselben Begriffen quantitativ beschrieben werden können. Im 18. und 19. Jahrhundert wurde

das mechanische Weltbild weiter ausgebaut. Elektrische, magnetische, optische und thermische Vorgänge wurden mit Hilfe der Vorstellung verschiedener Fluida, insbesondere des Äthers, als Träger von Lichtwellen erklärt. Die nächste große Vereinigung gelang Maxwell um 1860 durch die Zusammenfassung elektrischer, magnetischer und optischer Gesetzmäßigkeiten in einer einzigen Theorie. Damit traten im Raum stetig ausgebreitete, zeitlich veränderliche Felder als durch Wechselwirkungen zwischen Teilchen vermittelte Zustände des Äthers an die Stelle der Newton'schen Fernkräfte.

Aus fehlgeschlagenen Versuchen, die Bewegung des Äthers durch Messungen zu bestimmen, ging nach Vorarbeiten von Lorentz und Poincaré im Jahr 1905 Einsteins Spezielle Relativitätstheorie hervor, deren konzeptuell wichtigstes Ergebnis in der Einsicht besteht, dass es *die* universelle Zeit nicht gibt, sondern dass mit jedem nahezu isolierten System eine eigene Zeit verknüpft ist. Durch diese Theorie wurde der Äther als hypothetisches Medium überflüssig, stattdessen wurde elektromagnetischen Feldern der Status selbständiger Realitäten neben materiellen Teilchen zugeschrieben. Schließlich gelang Einstein 1915 in seiner Allgemeinen Relativitätstheorie eine weitere Vereinheitlichung des Begriffssystems der

Physik dadurch, dass ein und dasselbe Feld die Maßverhältnisse der Raumzeit, also Zeiten und Abstände, und das Gravitationsfeld darstellt. Geometrie und Chromometrie verloren damit ihre Selbständigkeit und wurden Bestandteile der Feldphysik. Die Allgemeine Relativitätstheorie ermöglichte 1917 erstmals, widerspruchsfreie Weltmodelle zu konstruieren und somit eine naturwissenschaftliche Kosmologie zu begründen. Es schien sogar vorübergehend, dass das Nebeneinander von Materie und Feld zugunsten des Feldes aufgehoben werden könne. Die Mechanik als Grundlage der Physik, so schien es, könne durch eine alles umfassende Feldtheorie ersetzt werden. Das ehrgeizige Ziel war, das elektromagnetische Feld und das Gravitationsfeld aus einem einzigen Urfeld abzuleiten und dabei auch die greifbare Materie als Be-

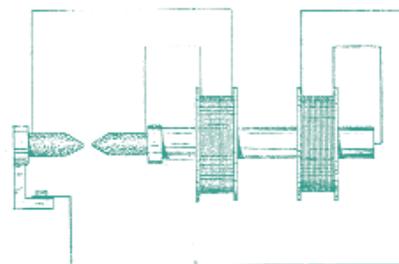
*Auch in den Wissenschaften folgen die Wahl der Arbeitsthemen und die Mittelvergabe dem Marktgeschehen, und in einer demokratischen Gesellschaft geht es wohl auch nicht anders.*

standteil dieses Feldes darzustellen. Die Suche nach einer solchen einheitlichen Feldtheorie, begonnen 1918 von Weyl, hat Einstein von 1923 bis an sein Lebensende beschäftigt.

Inzwischen war, ausgelöst durch Planck, unter Führung von Bohr und (wiederum) Einstein ein neuer Zweig der Physik, die Quantentheorie der Atome und der Strahlung, entstanden, dessen Gesetzmäßigkeiten sich nicht in die oben skizzierte klassische Physik mit ihren anschaulich-geometrischen, deterministischen Gesetzen einfügen ließen. Zwischen 1925 und 1930 schufen Heisenberg, Born, Jordan, Dirac und Schrödinger die auf Wahrscheinlichkeitsgesetze gegründete Quantenmechanik. Damit erwies sich der Traum von einer einheitlichen Physik vorerst als Illusion.

Die Weiterentwicklung der Quantentheorie zur Quantenfeldtheorie führte schließlich zum so genannten Standardmodell der Teilchenphysik, das viele experimentelle Tatsachen quantitativ darstellen kann, aber wegen der Kompliziertheit seiner Grundannahmen von vielen Grundlagenforschern als unbefriedigend betrachtet wird – zumal es die Gravitationswechselwirkung nicht enthält.

Aus der angedeuteten Entwicklung hat sich als *das* Grundproblem der theoretischen Physik die Vereinigung der Allgemeinen Relativitätstheorie mit der Quantentheorie ergeben. Sie erwies sich aufgrund der großen Verschiedenheit der Begriffe und Gesetze dieser beiden The-



151. Prinzip der Differentiallampe.

orien als außerordentlich schwierig. Es geht jetzt nicht mehr »nur« darum, zwei klassische Felder – elektromagnetische und gravitative – aus einem Urfeld abzuleiten, sondern einen gemeinsamen Grund für alle vier bislang ermittelten Elementarkräfte zu finden, und zwar so, dass dabei geometrische Aspekte und abstrakt-quantentheoretische Strukturen berücksichtigt werden. Die Hoffnung ist, dass bei einer solchen Vereinigung interne Schwierigkeiten beider Theorien überwunden werden können, was eine abermalige, über Einstein hinausgehende Revision der Raumzeitbegriffe zu erfordern scheint. Ob und wann das gelingen wird, ist nicht absehbar.

Unter den Versuchen, das große Vereinigungsproblem zu lösen, wird der so genannten Stringtheorie innerhalb der

Physik und in der an Physik interessierten Öffentlichkeit mit Abstand die größte Aufmerksamkeit zuteil. Es ist für mich schwer nachzuvollziehen, warum das so ist. Die Theorie ist mathematisch anspruchsvoll und hat bemerkenswerte Teilerfolge erzielt, aber bisher ist es nicht gelungen, aus ihr prüfbar, insbesondere widerlegbare Folgerungen zu ziehen. Mit konkurrierenden Ansätzen, deren es mehrere gibt, verhält es sich ähnlich, in beiderlei Hinsicht. Das gesteckte Ziel scheint für alle Konkurrenten noch in der Ferne zu liegen. Warum gilt dann einem Ansatz viel mehr Aufmerksamkeit als dem anderen? Nicht nur mir kommt es so vor, dass es sich um eine Mode handelt. Es wäre wohl für die Entwicklung der physikalischen Grundlagenforschung besser, wenn theoretisch interessierte Nachwuchswissenschaftler nicht überwiegend in eine Richtung gewiesen würden. Und, nebenbei bemerkt: Es gibt auch in den angeblich abgeschlossenen, ad acta gelegten Teilen der Physik ungelöste, anspruchsvolle Probleme, die neben dem Vereinheitslichungsproblem mehr Beachtung verdienen, als ihnen gegenwärtig zuteil wird. Wenn die Physik als logisch-begrifflich zusammenhängendes System verstanden werden soll, müssten meines Erachtens außer der großen Vereinheitlichung auch andere, beiseite gelassene, aber ebenfalls schwierige kleinere Vereinigungsprobleme behandelt werden. Ich denke an die kaum begründeten Überzeugungen, fertige Theorien wie die nichtrelativistische



Quantenmechanik seien als Näherungen in den sie verbessernden Nachfolgetheorien enthalten. Untersuchungen solcher auch zur Einheit der Physik gehörenden Theorienrelationen werden selten betrieben. Eine Ausnahme bilden die Arbeiten von Scheibe. Das ist bedauerlich, aber nicht zu ändern. Auch in den Wissenschaften folgen die Wahl der Arbeitsthemen und die Mittelvergabe dem Marktgeschehen, und in einer demokratischen Gesellschaft geht es wohl auch nicht anders.

Ebenso scheint es in der Bewertung von Forschungsprogrammen Moden zu geben. Während Einsteins Bemühungen um eine einheitliche Feldtheorie lange als fruchtlos beurteilt wurden, weil sie überwiegend aus innertheoretischen Motiven wie dem Streben nach mathematischer Einfachheit gepaart mit Allgemeinheit gespeist wurden und keine direkten Beziehungen zur Erfahrung erkennen ließen, werden ähnliche Bemühungen in den letzten zwei Jahrzehnten wegen ihrer mathematischen Eleganz als die wichtigsten Entwicklungen herausgestellt, obwohl ihr Bezug zu experimentellen Daten nicht enger ist als bei Einsteins Versuchen. Begeisterung spüren zu lassen gehört zur öffentlichen Darstellung der Forschung, dabei sollte aber auch Einsteins Mahnung beachtet werden: »Überzeugung ist eine gute Triebfeder, aber ein schlechter Richter.«

Der Einfluss der Medien bei der Vermittlung von Wissenschaft wächst. Besonders im Einsteinjahr ist jeder Rundfunk- und Fernsehsender bemüht, seinen Kunden in wenigen Minuten die Relativitätstheorie von Experten erklären zu lassen. Hierin liegt eine Chance für uns Wissenschaftler, die wir wahrnehmen sollten, um unsere Ergebnisse und unsere Arbeit verständlich zu machen. Wir sollten uns aber bemühen, sachlich und kritisch zu berichten und uns nicht dazu verführen lassen, den Unterschied zwischen Science-Fiction und Wissenschaft zu verwischen. In Fernsehsendungen werden durch eindrucksvolle Bilder angeblich Verschmelzungsvorgänge schwarzer Löcher und Ähnliches gezeigt, aber meistens wird nicht gesagt, dass diese Bilder keine Aufnahmen wirklicher Vorgänge sind, sondern dass es sich um künstlerisch ausgemalte Darstellungen handelt, die aus Messungen mit Hilfe von Theorien konstruiert wurden. So

könnte es sein, so stellen sich die Astrophysiker heute die Vorgänge vor – das mindestens sollte dazu gesagt werden. Im eigenen Interesse sollten Wissenschaftler auf solchen Zusätzen bestehen. Die Vermittlung der Wissenschaft dient der Aufklärung, nicht der Propaganda. Die Bereitschaft der Öffentlichkeit, Wissenschaft zu fördern, erfordert Vertrauen, und das sollte nicht um der Unterhaltung oder der Werbewirksamkeit willen aufs Spiel gesetzt werden. Hier ist, scheint mir, viel Zusammenarbeit von Medienvertretern, Journalisten und Wissenschaftlern notwendig, vielleicht bildet sich dabei ein neues Betätigungsfeld für Akademiker. Das Einsteinjahr kann als Aufforderung verstanden werden, solche interessante und lohnende Arbeit zu leisten.

#### Literatur

Richard P. Feynman, QED. Die seltsame Theorie des Lichts und der Materie. München 1989