

Facetten eines Genies

Deutschland feiert den 50. Todestag Einsteins und den 100. Geburtstag der speziellen Relativitätstheorie. Durch die Aufklärung von Strahlungsphänomenen gab der berühmte Physiker der modernen Medizin entscheidende Impulse. Ob er Deutscher oder doch eher Weltbürger war, ist so „relativ“ – und womöglich irrelevant - wie Einsteins Raum und Zeit.

Fest steht, dass der 1879 in Ulm geborene Wissenschaftler seine entscheidenden wissenschaftlichen Arbeiten nicht als Deutscher, sondern als Schweizer schrieb, und dass die spezielle Relativitätstheorie keine Einzeltat war, sondern auf Erkenntnissen einer internationalen Wissenschaftlerfamilie fußte. Zu ihr gehörten u.a. Hendrik Antoon Lorentz (Holland), Jules Henri Poincaré (Frankreich) und Hermann Minkowski (Deutschland).

Was die berühmte „Einstein-Formel“ $E = m \times c^2$ betrifft, so wäre sie fast eine „Hasenöhr-Formel“ geworden. Der heute weitgehend unbekannt Wiener Friedrich Hasenöhr, Nachfolger auf dem Lehrstuhl Ludwig Boltzmanns, erkannte bereits 1904, dass Strahlung eine scheinbare träge Masse besitzt, die proportional E/c^2 ist. Nur den Proportionalitätsfaktor von 1,0 berechnete der Österreicher falsch, und auch die universelle Bedeutung seiner Formel erkannte er nicht (siehe *Heisenberg, Gesammelte Werke IV, 1949*).

Ein Jahr später publizierte Albert Einstein, technischer Prüfer am Schweizerischen Amt für geistiges Eigentum in Bern, in kurzer Folge bahnbrechende Arbeiten auf vier verschiedenen Gebieten der Physik, die das Denken eines ganzen Jahrhunderts revolutionieren sollten: Im März „Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichts betreffenden heuristischen Gesichtspunkt“ (Welle-Teilchen-Dualismus), im April seine Doktorarbeit mit dem Titel „Eine neue Bestimmung der Moleküldimensionen“ (Abschätzung der Atomgröße), im Mai „Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen“ (Brown'sche Molekularbewegung) und im Juni „Zur Elektrodynamik bewegter Körper“ mit einem Nachtrag im September, der die Formel $E = m \times c^2$ enthielt (spezielle Relativitätstheorie).

Den Nobelpreis erhielt Einstein 1921 „für seine verdienstvollen mathematisch-physikalischen Untersuchungen“ über den photoelektrischen Effekt, also für die erste der genannten Arbeiten. Den Effekt selbst hatte Wilhelm Hallwachs 1888 bei der Bestrahlung von Metallplatten mit UV-Licht

entdeckt. Einstein gelang die Deutung des Phänomens auf der Basis der Planck'schen Hypothese zur „gequantelten Absorption und Emission von Licht“.

Auch wenn der Vorwurf, Einstein habe zu selten die Quellen seiner Ideen zitiert, berechtigt sein mag, so muss man doch die



Hasenöhr, Wien
 $E \sim m \times c^2$



Einstein, Bern
 $E = m \times c^2$

Die Hasenöhr - Einstein - Formel

visionäre Präzision anerkennen, mit der er schwer erklärbar Phänomene auf den Punkt brachte, oft lange bevor sie praktisch bewiesen wurden. Buchstäblich auf den Punkt brachte Einstein insbesondere das Licht mit der theoretischen Formulierung der stimulierten Emission als Gegenstück zur spontanen Emission. Sie führte rund 50 Jahre später zur Entwicklung der Laser-Technik. Diese wird in der modernen Medizin auf vielfältigste Weise für die Diagnostik und Therapie eingesetzt.

Laser-Scanning-Mikroskope erlauben es, dreidimensionale Strukturen zu erkennen und Biochips auszulesen. Mit Laserstrahlen katapultiert man unter dem Lichtmikroskop Zellen berührungslos aus dem Gewebeverband (Laser-Mikrodissektion), klassifiziert man Zellen im Blut (Durchflusszytometrie) und analysiert man biomolekulare Strukturen und Prozesse (Massenspektrometrie).

In der Augenheilkunde kann man mit Laserlicht eine sich ablösende Netzhaut „anschiessen“ oder Fehlsichtigkeit korrigieren. Laserstrahlen können Tätowierungen auf schonende Weise entfernen und per Lichtleiter in Körperhöhlen und Blutgefäße vordringen. Selbst für

das Bohren harter Zähne eignet sich der Strahl fast so gut wie Stahl. Man kann getrost behaupten, dass der Einsatz der Lasertechnologie in der Medizin nur durch die Fantasie seiner Nutzer begrenzt ist.

Dass es Einstein an Fantasie nicht mangelte, zeigen die zahllosen geflügelten Worte, die von ihm überliefert sind, z.B. „Solange man jung ist, gehören alle Gedanken der Liebe - später gehört alle Liebe den Gedanken“, oder: „Seit die Mathematiker über die Relativitätstheorie hergefallen sind, verstehe ich sie selbst nicht mehr.“

Einsteins Denken war vom Determinismus des frühen 20. Jahrhunderts geprägt. Markige Sätze wie „Zufall ist nur der Ausdruck unserer Unfähigkeit, den Dingen auf den Grund zu kommen“ oder „Das Unverständlichste am Universum ist im Grunde, dass wir es verstehen“ hätte er heute, hundert Jahre später wohl vorsichtiger ausgedrückt. Hier gilt die von ihm selbst geprägte Selbsterkenntnis: „Gesunder Menschenverstand ist eine Sammlung von Vorurteilen, die man bis zum 18. Lebensjahr erworben hat.“

Zu den vielen Facetten Einsteins gehören auch seine politischen Aktivitäten. Seine wohl folgenschwerste Tat war ein Brief an Präsident Roosevelt, den er später bereute und gleichzeitig plausibel erklärte: „I made one great mistake in my life... when I signed the letter to President Roosevelt recommending that atom bombs be made; but there was some justification - the danger that the Germans would make them.“

Einer der sorgfältigsten Einstein-Biografen, der Engländer Ronald Clark, schreibt: „Er war ein Deutscher, der die Deutschen hasste, ein Pazifist, der an der Entwicklung der Atombombe Anteil hatte und ein Zionist, der die Aussöhnung mit den Arabern herbeiwünschte, aber nicht nach Israel, sondern nach Amerika auswanderte.“ Wen kann es da noch wundern, dass das Lebenswerk dieses vielgestaltigen Genies zwar weltweit bewundert, aber trotzdem bis heute kaum verstanden wird. ■

Priv.-Doz. Dr. Dr. Eberhard Unsöld
Oberschleißheim bei München

Relativitätstheorie*

Erklärungsversuche für das Unerklärliche

Das 20. Jahrhundert war eine Epoche schwer verständlicher physikalischer Theorien. Womöglich wird das 21. Jahrhundert zu ihrer Deutung aus physiologischer Sicht beitragen.

Déjà Vue: Goethe kontra Newton

Goethe polemisierte vor über 200 Jahren heftig gegen Newtons Farbtheorie: „Weiß hat Newton gemacht aus allen Farben. Gar manches hat er euch weis gemacht, das ihr ein Säkulum glaubt.“ Der Dichter setzte dem kontinuierlichen Spektrum elektromagnetischer Wellen eine auf Sinneseindrücken basierende Theorie dagegen, wonach Gelb abgeschwächtes Weiß und Blau abgeschwächtes Schwarz sei. Grün und Rot erklärte er durch weitere Abschwächung von Gelb und Blau.

Aus physikalischer Sicht war Newtons Ansatz damals schlüssiger als der von Goethe, aber wir wissen heute, dass im Gehirn Farben tatsächlich durch Verstärkung und Abschwächung von Nervensignalen entstehen. Sie stammen aus Zellen der Netzhaut, die den subjektiven Eindruck der Grundfarben Goethes vermitteln.

Die Evolution des menschlichen Farbsinnes und damit die Wahrnehmung der Welt hat mit der Wellennatur des Lichtes nichts zu tun. Entscheidend ist vielmehr der Überlebensvorteil, den es bedeutet, beispielsweise reife von unreifen Früchten unterscheiden zu können. Deshalb war Goethes Farblehre ein Streit um des Kaisers Bart: Für die physikalische Beschreibung der Welt hat unser subjektives Farbpfinden kaum Bedeutung – und umgekehrt.

Mit der allgemeinen Relativitätstheorie haben wir Normalsterblichen ein Problem: Wir können sie uns nicht bildlich vorstellen. Wie sehen schwarze Löcher aus, in deren Zentrum Raum und Zeit Null werden? Was geschah unmittelbar vor dem Urknall? Physiker behaupten, vor diesem „absoluten Nullpunkt der Ewigkeit“ habe es überhaupt keine Zeit gegeben, so wie es unterhalb von 0° Kelvin keine Temperatur gibt. Das mag physikalisch logisch sein, aber physiologisch ist und bleibt es unverständlich.

Immerhin hatte die Menschheit nun 100 Jahre Zeit, sich mit der Relativitätstheorie auseinander zu setzen und Erklärungen für das Unerklärliche zu suchen. Dabei begegneten sich Natur- und Geisteswissenschaftler in gemeinsamer Ratlosigkeit und erinnerten sich dankbar an Kants „Kritik der

reinen Vernunft“ von 1787: Danach wird die Wirklichkeit in uns selbst erzeugt und ist nicht objektiv gegeben. Die Gültigkeit der allgemeinen Relativitätstheorie bezöge sich somit womöglich nur auf eine konstruierte Welt in unserem Gehirn, nicht jedoch auf die wie immer geartete „Realität“.

Rund 200 Jahre später griffen Philosophen und Soziologen, aber auch Physiker und Neurobiologen die Kant'sche Theorie im so genannten Konstruktivismus wieder auf. Aus soziologischer Sicht ist Wirklichkeit eine gesellschaftliche Konstruktion: Wir halten für real, was uns in der Kindheit sprachlich als real vermittelt wurde (Primärsozialisation). Indem wir also Begriffe wie „früher“ und „später“ erlernen, bilden wir ein intuitives Zeitgefühl heraus, das aber nicht notwendigerweise ein objektives Korrelat besitzt. Diese Theorie deckt sich gut mit der entwicklungsphysiologischen Erkenntnis, dass ausschließlich in den ersten Lebensjahren Neuronen im Gehirn fest und irreversibel verdrahtet werden.

Nach Ernst Pöppel, Neurobiologe an der Universität München, ist das Zeitempfinden ein oszillatorischer Prozess von Neuronen, der durch Sinnesreize ausgelöst wird. In Analogie zur Quantennatur des Lichts (Einstein) beobachtete Pöppel Quanten des Zeitempfindens: Experimente mit kurz aufeinander folgenden Reizen zeigten, dass die Dauer der Gegenwart durchaus messbar ist: Für akustische Reize beträgt sie 2 bis 3, für optische Eindrücke 20-30 Millisekunden. Ereignisse, die schneller aufeinanderfolgen, werden als gleichzeitig wahrgenommen, die dazwischen liegende Zeit ist scheinbar Null.

Es wird zu den großen wissenschaftlichen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts gehören, die physikalische Deutung von Raum und Zeit mit biologischen und soziologischen Erkenntnissen in Einklang zu bringen. Welche Auswirkungen dabei die weitere Erforschung des menschlichen Gehirns und seiner Konstrukte auf unser Weltbild haben werden, bleibt vorerst spekulativ. Ist Raum womöglich eine besondere Wahrnehmungsform für Signale, die unser Gehirn zeitlich nicht auflösen kann? Oder ist Zeit eine Variante räumlicher Auflösung, die sich im Lauf der menschlichen Evolution entwickelt hat, um Handlungen

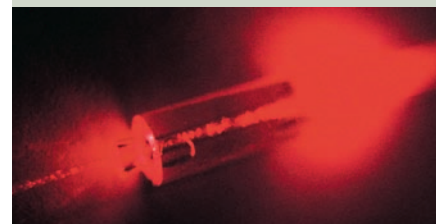
planen zu können? Spiegelt der Dualismus von Raum und Zeit unterschiedliche neuronale Prozesse in tiefen und oberflächlichen, sprich unbewussten und bewussten Anteilen des Gehirns wieder?

Wenn es stimmt, dass Zeit und Raum nur in unserem Gehirn zur vierten Dimension verschmelzen und in der realen Welt überhaupt nicht existieren, dann wäre das Weltall womöglich doch ein unendlicher und ewiger Zustand. Es gäbe dann auch keine schwarzen Löcher und keinen Urknall - und die Relativitätstheorie wäre für die reale Welt „relativ irrelevant“. ■

gh

Laser-Technik

Das Kunstwort LASER steht abkürzend für Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. Wie der Name sagt, handelt es sich um einen Lichtverstärker. Er nutzt die Energie von Photonen, um die Aussendung weiterer Photonen zu stimulieren. Diese „induzierte Strahlungsemission“ entspricht in der Akustik dem lauten Pfeifton, der bei Rückkopplung zwischen einem Mikrofon und einem Lautsprecher entsteht.



Laserlicht besitzt besondere Eigenschaften: Es ist zeitlich und räumlich kohärent und deshalb sehr exakt auf einen Punkt fokussierbar. Falsch ist die Behauptung, Laserlicht sei notwendigerweise besonders energiereich: Entscheidend ist nicht die Ausgangsleistung der Strahlungsquelle, sondern die extrem hohe Leuchtdichte (gemessen in Watt/cm²). Sie ermöglicht erhebliche physikalische Wirkungen.

Die Einsatzgebiete reichen vom Laserdrucker und CD-Player über Glasfasern für die Fernmelde-, Computer- und Medizintechnik bis zum industriellen Schweißen und Trennen.

E. Unsöld