

Ist die Lichtgeschwindigkeit wirklich konstant?

Hier irrte Einstein

Evan Hansen

Albert Einstein (1879–1955) wird als einer der größten Geister des 20. Jahrhunderts angesehen, hauptsächlich wegen seiner Relativitätstheorie (1905 spezielle, 1914–16 allgemeine Relativitätstheorie). Fast niemand versteht diese Theorie so genau. Das Problem ist nicht, dass die Theorie zu komplex wäre, um verstanden zu werden. Fast jeder von uns kann instinktiv ihre Grundelemente verstehen, es ist in unsere Gene einprogrammiert. Die Verwirrung entsteht daraus, wie sie erklärt wurde. In Wirklichkeit ist die Wahrheit der Relativität so einfach, dass selbst ein Kind sie verstehen kann. Aber der Umstand, dass die Sache in komplexem mathematischen Formelkram ausgedrückt wurde, hat sie zu einem Selbst für die klügsten Geister nicht ganz zu meisterndem Mysterium gemacht. Diese Rechnungen scheinen korrekte Ergebnisse zu liefern, aber mir erscheint es ein umständlicher Weg zu sein, um ein Ziel zu erreichen, das schon in unserer Reichweite läge, wenn wir nur einen kürzeren Weg dahin nehmen würden.

Was versteht man unter der Relativitätstheorie?

Einstein begann seine Erklärung mit einfacher Geometrie. Kreise, Quadrate, Rechtecke und gerade Linien, das versteht jeder. Aber dies ist erst zweidimensional. Um drei Dimensionen zu erhalten, müssen wir räumliche Tiefe respektive Entfernung hinzufügen. Der Kreis wird zur Kugel, das Quadrat zum Würfel etc. Dann müssen wir die vierte

Dimension hinzufügen, nämlich die Zeit. Einstein nannte dies das Raum-Zeit-Kontinuum. An dieser Stelle beginnt der Blick des Schülers sich dann meist zu umnebeln und er hat vielleicht Visionen von Magiern, die durch feste Mauern gehen können. Aber hier liegt der Fehler nicht beim Schüler, sondern beim Lehrer. Es gibt hier absolut nichts Magisches oder Okkultes. Jeder von uns weiß im Grunde ganz perfekt, was mit Raum-Zeit-Kontinuum gemeint ist.

Man stelle sich einen Jäger vor, der Vögel schießen will. Der Vogel fliegt aus dem Gras auf, dabei macht er mehrere Bewegungen gleichzeitig. Er startet vom Erdboden aus, er gewinnt an Höhe. Zuerst ist er stationär, dann nimmt seine Geschwindigkeit mit jedem Flügelschlag zu. Er bewegt sich vom Jäger weg, und zugleich entweder nach links oder nach rechts. Der Jäger hebt seine Flinte und feuert. Er muss in dem Moment, wo der Schuss aus dem Gewehrlauf kommt, ganz korrekt gezielt haben, denn wenn die Kugel erst einmal aus dem Lauf ist, bewegt sie sich quasi-gradlinig. Die Luftreibung bremst die Geschosse ab, und die Gravitationskraft zieht sie zur Erde. Man könnte noch diverse weniger bedeutende Faktoren hinzufügen, wie die Windgeschwindigkeit, aber dies genügt bereits, um die Sache zu erklären. Viele Faktoren, die jedes Mal anders sind, müssen in Betracht gezogen werden, und in einem Sekundenbruchteil muss der Jäger alle diese Variablen so verarbeiten, dass er genau auf die Stelle zielt,

wo sich der Vogel und das Geschoss an einer bestimmten Stelle in Raum und Zeit treffen sollen. Die Tatsache, dass Jäger Beute mit heimbringen, beweist, dass sie die Sache mit dem Raum-Zeit-Kontinuum perfekt verstehen.

Jeder versteht das Raum-Zeit-Kontinuum

Dieses instinktive Verstehen ist nicht auf den modernen Menschen beschränkt. Selbst unsere primitivsten Vorfahren hatten es bereits verstanden. Wenn man Wild mit einem Pfeil treffen will, muss man die gleiche Geschicklichkeit haben. Selbst ein primitiver Wilder, der nur einen Stein wirft, muss das Raum-Zeit-Kontinuum verstehen. Ballspiele, Autofahren oder der Vorgang, wenn eine Menge Leute sich durch einen engen Eingang in einen Raum begeben, erfordern alle ein Verständnis des Raum-Zeit-Kontinuums. Es ist dazu noch nicht einmal notwendig, ein Mensch zu sein. Alle Wesen verstehen das per Instinkt, es ist in die Gene einprogrammiert. Ein Vogel fliegt durch die Luft und lässt sich auf einem Ast nieder. Ein Fisch im Meer schießt in eine Korallenhöhle hinein, um einem größeren Fisch zu entkommen. Sogar die Insekten verstehen perfekt das Raum-Zeit-Kontinuum. Es liegt hier keinerlei Geheimnis vor.

Das Raum-Zeit-Kontinuum muss zuerst einmal in Worten ausgedrückt werden, ehe wir daran gehen können, dies auf die Realität der Relativität zu übertragen. Es ist im Grunde ganz

einfach: Materielle Objekte haben geometrische Formen, Raum und Zeit hingegen nicht. Sowohl Raum wie auch Zeit sind unendlich, haben weder Anfang noch Ende, was sie eben zu einem Kontinuum machen. Dies macht Bewegung möglich. Die Relativität beschreibt einfach die Fakten der Bewegung. Wenn wir erst einmal die mentale Blockierung beseitigt haben, dass es sich hier um irgendein mysteriöses Geheimnis handele, und stattdessen uns klar werden, dass wir ja das Raum-Zeit-Kontinuum bereits verstehen, dann können wir Einsteins Analogie benutzen, damit sie uns von einer Stufe zur nächsten führt.

Bevor wir hier auf einen mutmaßlichen Fehler im Einsteinschen Denkgebäude eingehen, muss betont werden, dass die Relativitätstheorie eine in fast allen Details zutreffende Theorie ist. Die Konfusion entstand aus einer inkorrekten Anwendung der Theorie, und nicht, weil die Theorie falsch war. Nur darum handelt es sich hier. Dies sollte der Leser im Gedächtnis behalten.

Die Sache mit dem Eisenbahnzug

Einstein begann damit, dass er uns aufforderte, uns einen Zug vorzustellen, der mit großer Geschwindigkeit die Schienen entlang fährt. Ein Passagier schaut aus dem Zugfenster. Ein zweiter Mann wandert auf einem Weg entlang der Strecke. Beide sind in Bewegung, aber in unterschiedlicher Bewegung. Die Relativität sollte beschreiben, wie die Wahrnehmungen dieser beiden sich – relativ zueinander – unterscheiden. Beide Eindrücke wären dieselben, würde der Zug stationär bleiben und die Erde sich unter ihm hinwegbewegen. Man möge sich, statt des Fußgängers entlang der Strecke, zwei Züge auf benachbarten Gleisen in der Bahnstation vorstellen. Bewegt sich einer der Züge, kann ein Passagier auf einem der beiden Züge nicht feststellen, welcher der beiden Züge sich bewegt.

Aber zurück zu dem Fußgänger, der entlang der Strecke wandert. Wenn ein Vogel oben vorbeifliegt, wird er beobachten, dass der Vogel in einer geraden

Linie mit einer gewissen Geschwindigkeit fliegt. Der Passagier in dem fahrenden Zug beobachtet den fliegenden Vogel auch, aber sein optischer Eindruck ist anders, wegen des fahrenden Zuges. Er sieht auch den in einer geraden Linie dahinfliegenden Vogel, aber er nimmt die Sache optisch anders wahr. Der Zweck der Relativitäts-Betrachtungen ist es, zu zeigen, wie beide unterschiedlichen Wahrnehmungen/Beobachtungen dennoch beide wahr sein können. Alle Beobachtungen sind relativ zur Bewegung des Beobachters zu sehen. Ohne ein Relativitätskonzept können wir multiple Bewegung nicht verstehen.

Einsteins nächster Schritt bestand darin, dass wir uns vorstellen sollten, wie der Passagier in dem fahrenden Zug einen Stein vom fahrenden Zug aus zur Erde fallen lässt. Ohne Berücksichtigung des Luftwiderstandes würde der Stein von der Hand in einer geraden Linie zur Erde fallen, beobachtet vom Standpunkt des Mannes im Zug aus. Aber der Fußgänger entlang der Strecke würde beobachten, dass der Stein in einer Parabel, anstatt in einer geraden Linie, fiel. Er würde ihn zu Boden fallen sehen, genauso wie der Passagier, aber zusätzlich würde er den Stein sich seitwärts, in der Bewegungsrichtung des Zuges, bewegen sehen. Wiederum müssen wir das Relativitätskonzept benutzen, um zu zeigen, dass beide Beobachtungen gültig sind. Alle Bewegungen aller Objekte müssen stets relativ zum Beobachter gesehen werden.

Als Nächstes fordert uns Einstein auf, uns vorzustellen, wie der Zugpassagier sich im fahrenden Zug, und zwar in dessen Fahrtrichtung, zu Fuß bewegt. Wenn der Fußgänger entlang der Strecke die Geschwindigkeit des Zugpassagiers messen will, muss er seine Fußgänger-Geschwindigkeit zur Geschwindigkeit des Zuges addieren. Umgekehrt liegt der Fall, wenn der Passagier sich im Zug entgegen der Fahrtrichtung bewegt.

Einsteins nächster Schritt war es, den Zugpassagier durch einen Lichtstrahl zu ersetzen. Er betont, man habe gemessen, dass die Lichtgeschwindigkeit stets – d. h. für alle Frequenzen =

Farben – rund 300.000 km/s betrage (1). Wenn ein weit entfernter Stern durch ein anderes sich vor ihm bewegendes Objekt verdunkelt wird, verschwinden alle Farben gleichzeitig.

Nach Einstein sollen wir uns einen sehr langen Zug vorstellen, mit einem Beobachter genau in der Mitte. Ein zweiter Beobachter befindet sich stationär neben der Strecke. Beide sind mit einer Spiegelanordnung ausgerüstet, die sowohl nach hinten wie nach vorne »sehen« kann, und mit Instrumenten, um einen Lichtblitz in beiden Spiegeln genau zu messen. Exakt in dem Moment, wo der Zugpassagier die Position des stationären Beobachters erreicht hat, schlagen gleichzeitig am vorderen und am hinteren Zugende Blitze in den Zug ein. Der Beobachter entlang der Strecke misst, dass beide Lichtblitze den Zug exakt zum gleichen Zeitpunkt erreichen. Aber da der Zug fährt, misst der Beobachter im fahrenden Zug für den vorne einschlagenden Blitz weniger Zeit als für den am Zugende einschlagenden Blitz. Intuitiv ist uns klar, dass es sich hier genauso verhalten muss wie beim vorigen Beispiel. Wenn der Beobachter sich vorwärts bewegt, muss der Lichtblitz vom Zuganfang eine geringere Entfernung zurücklegen als derjenige vom Zugende.

Einsteins Denkfehler

Und hier machte, meine ich, Einstein einen Denkfehler. Aus irgendeinem, noch unklaren, Grunde hegte Einstein die Vorstellung, dass im Vakuum die Lichtgeschwindigkeit stets dieselbe sein müsse, unabhängig von der Bewegung des Beobachters. Die vom fahrenden Beobachter gemessene Geschwindigkeitsveränderung müsse eine Illusion sein. Er postulierte also im Grunde, dass der Ablauf der Zeit durch die Geschwindigkeit verändert würde.

Ich musste das Buch viermal lesen, bis ich den von mir vermuteten Denkfehler entdeckte. Die Lichtgeschwindigkeit als solche ist zwar stets die gleiche. Aber dies kann nicht bedeuten, dass der Beobachter auf dem fahrenden Zug feststellt, dass beide Lichtblitze ihn zur selben Zeit erreichen. Der von vorn kommende Licht-

blitz hat ja ohne jeden Zweifel eine geringere Entfernung zurückzulegen, da der Beobachter sich dem Lichtblitz entgegenbewegt. Von jenem Lichtblitz jedoch, der am Zugende einschlägt, entfernt sich der Beobachter. Dieser Lichtblitz muss also definitiv eine größere Entfernung zurücklegen, bis er den Beobachter erreicht. Von der Geschwindigkeit her ist da kein Widerspruch. Die Relativität gilt, wie es uns unsere Intuition sagt. Das Ergebnis dieses Experimentes wird immer gleich sein, egal ob es sich um die Lichtgeschwindigkeit oder irgendeine andere Geschwindigkeit handelt.

Ebenso verhielt es sich bei Magellans Erdumsegelung. Sogar mit der langsamen Geschwindigkeit eines Segelschiffes stellte man bei der Ankunft im Heimathafen eine Differenz von einem Tag fest. Wenn wir einen Tag als den Zeitraum von Sonnenuntergang bis zum Sonnenuntergang des nächsten Tages definieren, dann wird jedes die Erde – gleich mit welcher Geschwindigkeit – umkreisende Objekt entweder einen Tag gewinnen oder verlieren, je nachdem, in welcher Richtung es sich bewegt. Tatsächlich wird ja etwa ein Flugzeug, das sich in westlicher Richtung genau mit der Erdumdrehungsgeschwindigkeit in dieser Breite bewegt, stets, gemessen an Sonnenaufgang und –untergang, gewissermaßen »ohne Zeit« (-veränderung) fliegen. Das Flugzeug könnte eine Ewigkeit fliegen, und trotzdem würde sich relativ zu ihm die Sonne nicht bewegen.

Dies gilt für alle Geschwindigkeiten. Wenn eine Schnecke irgendwie die Ozeane überqueren und ewig leben könnte, würde sie vielleicht Tausende Jahre für die Erdumrundung brauchen. Oder wir können eine Rakete die Erde in weniger als zwei Stunden umkreisen lassen, ein Science-Fiction-Raumschiff in Sekunden. Gleich, welche Geschwindigkeit, der Effekt wäre derselbe.

In allen diesen Fällen bleibt die Zeit, gemessen vom Standpunkt der Unendlichkeit, unverändert. Es ist nicht erforderlich, zu sagen, dass Geschwindigkeit den Zeitablauf verändert, um die wahre Vorstellung der Relativität und die unveränderliche Licht-

geschwindigkeit zu wahren. Das Problem ist, dass fast niemand versteht, wie man die Unendlichkeit als Maßstab nehmen soll. Fast jeder benutzt seine eigene Existenz als Bezugsrahmen. Alle Berechnungen Einsteins waren auf das Ziel gerichtet, individuelle Beobachter in die Lage zu versetzen, ihre eigenen Wahrnehmungen als Bezugsrahmen zu verwenden und trotzdem alle diese resultierenden Variationen in eine gemeinsame Realität zu bringen. Das alles kann vermieden werden, wenn der Beobachter von individuellen Beobachtungen gewissermaßen beiseitetreten kann und sich diese vorstellt, als seien sie vom Bezugspunkt der Unendlichkeit her gemacht. Zum Beispiel: wenn man sich vorstellt, wie man die Erde umkreist, anstelle, dass man sich vorstellt, dass man selbst der Reisende ist. Oder dass man sich vorstellt, wie man in einem Raumschiff in stationärem Orbit ist, von wo aus man beobachtet, wie die Erde Tag und Nacht rotiert. Man bewegt sich im gleichen Orbit um die Sonne, die Position relativ zur Erde ist also unverändert. Man sieht die rotierende Erde unter sich, wie sie sich aus dem Schatten ins Sonnenlicht etc. dreht. Dann beobachtet man die Reisenden, gleich ob in einem Segelschiff oder in einer Rakete, wie sie in beiden Richtungen reisen. Wenn man sich erst einmal an diese Art zu Denken gewöhnt hat, wundert man sich, wie überhaupt irgendjemand anders denken kann.

Ist die Lichtgeschwindigkeit wirklich immer konstant?

Einstein schreibt: »Trotzdem halte ich meine vorherige Definition aufrecht, weil sie in Wirklichkeit absolut nichts über das Licht aussagt. Es ist nur das eine zu verlangen von der Definition der Gleichzeitigkeit, nämlich dass sie in jedem wirklichen Falle uns eine empirische Entscheidung liefern muss, ob das Konzept, das definiert werden soll, erfüllt ist oder nicht. Dass meine Definition diese Forderung befriedigt, ist unbezweifelbar. Dass das Licht die gleiche Zeit braucht, um die Strecke $A \rightarrow M$ zurückzulegen, wie für die Strecke $B \rightarrow M$, ist in Wirklichkeit weder eine Voraussetzung noch eine Hypothese

über die physikalische Natur des Lichtes, sondern eine Festlegung, die ich aufgrund meines freien Willens treffen kann, um eine Definition für Gleichzeitigkeit zu erhalten«.

Mit anderen Worten: Das Problem entstand, weil Einstein nicht aus dem Blickwinkel der Unendlichkeit her denken konnte! Er musste einen Nullpunkt als Basis für seine Berechnungen finden. Nach dem Relativitäts-Konzept ist es unerheblich, welcher Blickwinkel letztlich ausgewählt wird, weil alle Rechnungen auf diesem Nullpunkt basieren und alle Beobachtungen auf diesen Nullpunkt bezogen werden. Einsteins Gleichungen sind also korrekt. Die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum ist tatsächlich unveränderlich. Jedoch ist sie nicht unveränderlich bezüglich der Bewegung des Beobachters! Wenn der Beobachter sich von dem einen Lichtblitz weg bewegt und auf den anderen zu, dann werden diese beiden Lichtblitze vom sich bewegenden Beobachter nicht als gleichzeitig wahrgenommen werden, selbst wenn der stationäre Beobachter an der Strecke beide als gleichzeitig wahrnimmt. Beim sich bewegenden Beobachter legt der eine Lichtblitz eine kürzere, der andere eine längere Strecke zurück. So nimmt er sie also als nicht-gleichzeitig wahr, obwohl sie dies in Wirklichkeit – von der Unendlichkeit her gesehen – sind. Er kann sogar den Eindruck haben, dass durch seine Bewegung die Zeit »manipuliert« wird, aber die Zeit ist nicht variabel! Die scheinbare Zeitverformung ist die Illusion! Die Bewegung des Beobachters muss berücksichtigt werden! Wir können nicht annehmen, dass die Lichtgeschwindigkeit – relativ gegenüber einem sich bewegenden Beobachter – konstant bleibt, ohne ebendiese Bewegung zu berücksichtigen. Als Einstein die Entscheidung traf, zu sagen, die Lichtgeschwindigkeit müsse konstant bleiben, ohne Rücksicht auf die Bewegung des Beobachters, war dies eine völlig willkürliche Festlegung, die er einzig aus dem Grunde traf, um einen Nullpunkt zu haben, von dem aus er seine Berechnungen beginnen konnte. Diese Festlegung nahm keinerlei Bezug auf das physi-

kalische Verhalten des Lichtes. Unsere intuitive Vorstellung vom Verhalten des Lichtes war richtig. Licht verhält sich ebenso wie irgendein anderes bewegtes Objekt, sodass also die Bewegung des Beobachters in jede Betrachtung eingehen muss.

In einem anderen Kapitel sagt Einstein: *»Nun ist bezüglich ihrer Bewegung um die Sonne unsere Erde mit einem Eisenbahnwagen vergleichbar, der mit rund 30 km/s fährt. Wären die Prinzipien der Relativität nicht gültig, müssten wir also erwarten, dass die Bewegungsrichtung der Erde zu jedem Zeitpunkt in die Naturgesetze eingeht, und ebenso, dass physikalische Systeme in ihrem Verhalten von der räumlichen Orientierung relativ zur Erde abhängen würden. Denn wegen der Richtungsabweichung in der Umlaufgeschwindigkeit der Erde im Laufe eines Jahres kann sich die Erde relativ zu dem hypothetischen System K_0 nicht das ganze Jahr über in Ruhe befinden. Jedoch haben die sorgfältigsten Beobachtungen niemals solche anisotropen Eigenschaften im terrestrischen physikalischen Raum, d. h. eine physikalische Nicht-Gleichwertigkeit der verschiedenen Richtungen, ergeben.«*

Der Dopplereffekt widerlegt Einstein

Dies ist eine erstaunliche Schlussfolgerung! Die einzig mögliche Erklärung scheint mir zu sein, dass jene »sorgfältigsten Beobachtungen«, die man damals angestellt hatte, viel zu grob waren, als dass sie geeignet gewesen wären, derartige Schlussfolgerungen zu ziehen.

Der Doppler-Effekt (2) zeigt jenseits jeden Zweifels, dass diese Schlussfolgerung nicht stimmte. Das während des Krieges entwickelte Radar beruht ja eben gerade darauf, dass diese »Nicht-Gleichwertigkeit verschiedener Richtungen« in der Tat existiert. Hochfrequente Radiowellen werden mit Lichtgeschwindigkeit ausgesendet und vom Ziel-Objekt reflektiert. Indem es die resultierende Verformung misst, kann Radar das Verhalten eines Objektes mit erstaunlicher Genauigkeit anzeigen. Die Verkehrspolizei jagt mit Radar Raser, aber ich habe noch

nie von einer erfolgreichen Verteidigung gehört, die damit argumentiert hätte, Radar könne nicht funktionieren, weil die Lichtgeschwindigkeit unabhängig von der Bewegung des Beobachters konstant bliebe.

Oder man denke an die Autopilot-Einrichtung in kommerziellen Flugzeugen. Mittels eines Spiegelsystems an den Spitzen eines Dreiecks wird ein triangulärer Lichtpfad geschaffen. Ein Laserstrahl wird in zwei Strahlen aufgespalten, die in beiden Richtungen durch dieses Spiegel-Arrangement geschickt werden. Sogar die kleinste Bewegung des Flugzeuges verkürzt den Weg eines Strahls und verlängert den des anderen, sodass ein Vergleich der beiden die Flugzeugposition mit erstaunlicher Genauigkeit wiedergeben kann. Solch ein Flugzeug fliegt mit einer derart erstaunlichen Genauigkeit, dass der menschliche Pilot erst über der Anflugbahn die manuelle Kontrolle übernehmen muss.

Alles dies wäre nicht möglich, wäre Einsteins Schlussfolgerung zutreffend, dass »die sorgfältigsten Beobachtungen niemals eine physikalische Nicht-Gleichwertigkeit der verschiedenen Richtungen ergeben haben«. Es mag zu Einsteins Zeit gestimmt haben, aber gewiss nicht mehr heute angesichts moderner Meßmethoden! Nur wenige Konzepte der modernen Physik sind gesicherter als die Feststellung, dass die Lichtgeschwindigkeit sich in der Tat, abhängig von der Bewegung des Beobachters, ändert. Wenn jemand das Gegenteil beweisen kann, bin ich sicher, dass Tausende überführter Raser das sehr begrüßen würden.

Es ist vielleicht nützlich, eine persönliche Erfahrung zu schildern. Im Sommer 1994 machte ich viele Farbfotos, die mit kataklysmischen Überflutungen am Ende des Pleistozäns zu tun haben. Viel Filmmaterial wurde bei dem Versuch vergeudet, diese Überflutungsmuster in pleistozänen Sedimenten überzeugend zu fotografieren. Ein Versuch bestand darin, die niedrig stehende Sonne bei Sonnenaufgang und Sonnenuntergang abzuwarten, wo man lange Schatten erhält, damit man so vielleicht diese Muster überzeugend sichtbar machen könnte. Alle Versuche mit den Son-

nenaufgangs-Fotos schlugen fehl, und ich erhielt jedes Mal auf den Fotos eine Art Nebel, der alle Details verdunkelte. Andere Fotos mit dem gleichen Film, die später am Tage gemacht wurden, ergaben stets ausgezeichnete Bilder. Die Sonnenuntergangs-Fotos hingegen ergaben sehr schöne Resultate, scharfe Umrisse, allerdings eine rötliche Tönung über allem. Die Benutzung eines UV-Filters machte bei den Sonnenaufgangs-Fotos jedoch alles nur noch schlimmer.

Ich kann nur vermuten, dass mein Filmmaterial sehr empfindlich für Licht vom blauen Ende des Spektrums ist, und dass der Dopplereffekt der Erdrotation, relativ zur Sonne, die Ursachen meiner Schwierigkeiten ist. Am Morgen bewegen wir uns auf die Sonne zu, am Abend von ihr weg. Dies könnte tatsächlich einen Doppler-Effekt bewirken, der meine fotografischen Bemühungen kurz nach Sonnenaufgang zunichte machte. Vielleicht hat jemand unter den Lesern Lust, meinen Versuch zu wiederholen. Es ist ganz einfach, die Erdrotationsgeschwindigkeit für eine bestimmte geografische Breite zu berechnen und daraus abzuleiten, mit welchem Doppler-Effekt bei Sonnenaufgang und Sonnenuntergang zu rechnen ist.

Hier im Wüstenklima von Utah, zumindest wenn unsere Luft rein ist, ist dieser Doppler-Effekt sogar groß genug, um mit dem bloßen Auge wahrgenommen werden zu können. Der Morgenhimmel hat stets ein tieferes Blau als der Nachmittaghimmel, und die Sonnenuntergänge sind immer roter als die Sonnenaufgänge. Wenn jemand Lust haben sollte, den Einsteinschen Unglauben hinsichtlich einer »Nicht-Gleichwertigkeit verschiedener Richtungen« auf seine Berechtigung hin zu überprüfen, so wäre dieser Doppler-Effekt zwischen Sonnenaufgang und Sonnenuntergang ein guter Ausgangspunkt.

In seinem Buch gibt Einstein leider keine Details zu jenen »sorgfältigsten Beobachtungen« an, die er benutzt, um seine Schlussfolgerung zu stützen, dass die Lichtgeschwindigkeit nicht von der Bewegung des Beobachters abhängt. Aber andere Bücher über Ein-

stein berichten, dass er das Michelson-Morley-Experiment (3) als Basis für seine Schlussfolgerung benutze. Leider habe ich nie die Berichte dieser beiden Männer über dieses Experiment finden können, ich besitze lediglich Berichte aus zweiter Hand.

Was ist Licht?

Soweit ich mich erinnere, war das M-M-Experiment nicht dafür geplant gewesen, wie es Einstein später benutzte. Die ursprüngliche Absicht war es, die Frage nach dem Äther zu lösen. Ein Problem der Physik, das bis heute noch genauso ein Geheimnis ist wie vor hundert Jahren, ist die (physikalische) Natur des Lichtes selbst. Einige Experimente zeigen das Licht als bewegtes Objekt, dem man den Namen *Photon* gegeben hat, andere als Welle. Aber damit eine Welle existieren kann, muss ein Trägermedium da sein, das die Welle trägt, so, wie die Ozeanwellen sich im Wasser ausbreiten oder die Schallwellen in der Luft. Schall kann nicht durch das Vakuum übertragen werden. Wenn Licht eine Welle ist, muss irgendein Medium da sein, das diese Welle trägt, selbst wenn dieses Medium zu fein sein sollte, um noch durch die menschlichen Wahrnehmungsmöglichkeiten nachgewiesen werden zu können. So wie die Luft feiner ist als Wasser, müsste dieser Äther feiner als Luft sein. Das M-M-Experiment sollte die Existenz oder Nichtexistenz des Äthers nachweisen.

Michelson & Morley bauten eine Spiegel-Anordnung, die einen Lichtstrahl in zwei Strahlen aufspaltete, von denen der eine in die Ost-West-Richtung, der andere in die Nord-Süd-Richtung gelenkt wurde (der eine Teilstrahl durchlief den Weg senkrecht zur Erdbewegung, der andere Teilstrahl wurde über einen gleich langen Weg in Richtung der Erdbewegung geführt. Die Red.). Danach wurden beide Strahlen wieder auf ein Interferometer zusammengeführt. Die wiedervereinigten Strahlen zeigten keine Interferenz, ganz gleich, in welche Richtung die Versuchsanordnung gedreht wurde. Man hatte angenommen, dass – wenn ein Äther existierte – der eine Lichtstrahl sich rascher als der

andere ausbreiten würde. Aus dem negativen Versuchsausgang wurde allgemein auf das Nichtvorhandensein eines Äthers geschlossen.

Einstein deutete das Versuchsergebnis anders. Er interpretierte es so, dass die Lichtgeschwindigkeit – unabhängig von der Bewegung des Beobachters – konstant sein müsse. Mir ist es unerfindlich, wie man das M-M-Experiment so deuten kann.

Wir wollen eine leichter verstehbare Analogie betrachten. Nehmen wir statt der Photonen eines Lichtstrahles Gewehrketten. Kehren wir zu Einsteins Zug zurück, der sich von Westen nach Osten im Sinne der Erdrotation bewegen soll. Unser Zugpassagier ist mit einer Flinte ausgerüstet und mit einem Vorrat an Patronen, die alle exakt die gleiche Anfangsgeschwindigkeit für jeden Schuss ergeben. Er besitzt auch einen Chronografen, sodass jede durch das Ziel gefeuerte Kugel exakt mit ihrer Geschwindigkeit gemessen wird. Wenn der Chronograf neben der Strecke steht, wird jede Kugel, die durch ihn gefeuert wird, eine Geschwindigkeit zeigen, die durch die Zuggeschwindigkeit modifiziert ist. Wenn die Kugel nach Osten abgefeuert wird, während der Zug auf den Chronografen zufährt, muss die Zuggeschwindigkeit zur Mündungsgeschwindigkeit der Kugel hinzugezählt werden, damit man die Zahl auf dem Chronografen erhält. Umgekehrt entsprechend. Nach Norden oder Süden gefeuert ergibt sich keine Änderung der Geschwindigkeit.

Stellen wir nun den Chronografen auf den Zug und wiederholen das Experiment, so ändert sich an der Chronografenanzeige überhaupt nichts, ganz gleich, in welche Richtung wir ihn hinstellen und in welche Richtung wir feuern. Die Bewegung des Zuges überträgt sich zwar auf die Kugel, ebenso jedoch auch auf den Chronografen. Dies ist die unpassierbare Barrikade für Michelson & Morley. Sie sind auf der Erde gefangen, und jede Komponente ihrer Versuchsanordnung bewegt sich mit der Erde mit. Ein derartiges Experiment kann keinerlei Aufschluss geben über Verhältnisse im Weltraum. Allenfalls

dann, wenn man eine Komponente der Versuchsanordnung auf irgendeinem Objekt außerhalb der Erde anbringen könnte. Der Doppler-Effekt der Erdrotation, relativ zur Sonne, vermag diese externe Komponente zu geben. Ich bin davon überzeugt, dass jeder derartige Test das Ergebnis erbringen würde, dass die Lichtgeschwindigkeit sich in der Tat, gemäß der Bewegung des Beobachters, ändert, wie es unsere Intuition uns ja auch vermuten lässt, und genauso wie es sich ja auch bei obigem Gewehrketten-Experiment verhält.

Der verformte Raum

Ein Teil der Einsteinschen Theorie fordert, dass eine große Gravitationskraft den Raum ebenso verformt, analog seinem Postulat, dass eine Geschwindigkeit die Zeit verformen würde. Er berechnete, dass der Lichtstrahl eines entfernten Sternes, wenn er nahe genug an unserer Sonne vorbeiging, gekrümmt werden würde, als sei er durch eine Linse gegangen. Dies wurde während einer Sonnenfinsternis getestet, und die Messung ergab tatsächlich einen Wert sehr nahe an der Einsteinschen Vorhersage. Es wurde rasch als Beweis für die Gültigkeit der Theorie angesehen, und allmählich nahm man eben an, dass alle Teile der Theorie stimmten, auch das Postulat von der unter allen Umständen konstanten Lichtgeschwindigkeit.

Ich würde eine andere Erklärung vorschlagen: Ich würde annehmen, dass das Licht Masse hat (4). Wenn Licht wirklich aus Photonen, aus materiellen Masse-Partikeln besteht, mögen sie so klein sein, wie sie wollen, dann müsste die Schwerkraft der Sonne in der Tat ihre Bahn verformen. Ich würde die Frage stellen, ob das anscheinende Paradoxon, dass das Licht einmal Wellencharakter und einmal Teilchencharakter habe, sich nicht dahingehend auflöst, dass es beides zugleich ist? Vielleicht ist das Photon wirklich ein Objekt, das jedoch eine Vibration aufweist (in einem Vibrationszustand ist). Solange es sich durch den leeren Raum bewegt, verhält es sich wie ein Partikel. Wenn es auf etwas stößt, wird die Vibration als Welle registriert. Wenn sich ein Teilchen ungehindert durch den leeren Raum

bewegt, trägt es seine Bewegungsenergie praktisch bis ins Unendliche. Die Energie manifestiert sich nur, wenn es auf etwas stößt, wie etwa auf die Netzhaut unseres Auges.

Wenn es so wäre, dann wäre die »Big-Bang«-Theorie eine reine Illusion. Die Rotverschiebung wäre dann nicht einer »Expansion des Universums« geschuldet, sondern der Gravitationskraft all jener Himmelskörper, an denen das Photon vorbeigeflogen ist.

Ich schlage noch etwas anderes vor: Die Astronomen können die Bewegungen der sichtbaren Sterne dazu benutzen, daraus die Gesamtgravitation des Universums abzuleiten. Alle Berechnungen zeigen, dass die wirkliche Gravitation viel größer ist als die der sichtbaren Objekte. Einige Berechnungen gehen davon aus, dass 90 % der Gravitation des gesamten Universums zu den unsichtbaren »dark matters« gehört. Niemand hat eine brauchbare These, warum so viel des Universums unsichtbar sein soll.

Könnte es nicht so sein, dass vielleicht diese »dark matter« eben jene Photonen sind, die auf ein Objekt getroffen sind und dabei ihre Bewegungsenergie verloren haben, sodass sie nun nicht mehr als Licht sichtbar sind? Wir können die Masse von Photonen nur messen, wenn sie als Licht auftreten. Alle Sterne des Universums strahlen jedoch über Billionen von Jahren ihr Licht aus. Diese gesamte ausgestrahlte Masse von Photonen könnte sich jedoch zu einem signifikanten Anteil der Gesamtmasse des Universums addieren. Ich kann kein Experiment vorschlagen, wie man dies nachweisen könnte, am wichtigsten ist es meiner Meinung nach, überhaupt einmal diese Fragen zu stellen! Dabei überlasse ich es gerne zukünftigen Generationen, eine plausible Antwort zu finden.

Schlussendlich ist die Relativitätstheorie eine stichhaltige Vorstellung, alle vorkommenden Sätze haben sich als wahr herausgestellt. Es scheint wahr zu sein, dass die Geschwindigkeit des Lichtes im Vakuum konstant ist, doch dass die Bewegung des Beobachters bei einer Messung berücksichtigt werden muss. Ich denke nur daran, was unsere Astronomen bei der ersten Beobachtung von superschnellen Geschwindigkeiten von Gasen, die von

einer Supernova ausgestoßen werden (Jets), festgestellt haben. Auf der Suche nach mehr Details fanden die Astronomen, dass die Geschwindigkeit der Gase vom Zentrum der Explosion aus bedeutend langsamer als die Lichtgeschwindigkeit war, und dass einige der Jets, in Richtung Erde, sich wesentlich schneller bewegen. Die Geschwindigkeit der Jets in Richtung Erde, zur Lichtgeschwindigkeit hinzugezählt, ergibt für einen Beobachter auf der Erde eine relative Lichtgeschwindigkeit, sodass der Gas-Jet sich schneller als Licht bewegt.

Das ist übereinstimmend mit unserem instinktiven Verstehen, wie sich Licht verhalten muss. Wenn die erhaltene relative Geschwindigkeit zu der einheitlichen Lichtgeschwindigkeit differiert, dann müssen wir die relative Bewegung des Beobachters errechnen. Wir haben keinen Grund zu der Annahme, dass hier eine Zerstörung der Zeit durch die Geschwindigkeit erfolgt. Die Wirklichkeit über die Relativität ist erheblich einfacher, als es uns Einsteins Erklärungen glauben machen wollen.

Der Schrecken der Science-Fiction-Autoren ist die Vorstellung, dass Zeitreisen niemals möglich sind. Zeit ist unveränderlich. In dieser Erkenntnis denke ich jedoch nicht anders als jeder andere »Star Trek«-Fan. Auch ich genieße eine gute Science-Fiction-Geschichte. Wer von uns hat nie davon geträumt, in die Zeit zurückgehen zu können, um irgendwelche Jugendsünden korrigieren zu können? Leider wird dies nichts weiter als ein Traum bleiben. So lasst uns weiterträumen, und genießt die Fantasie über Zeitreisen, doch lasst uns im Gedächtnis behalten, dass dies nur in unserer Fantasie stattfinden kann!

Es ist sehr gut möglich, dass zukünftige Generationen Reisen durch das All vornehmen. Sie mögen »Vulcans« und »Klingonen« entdecken, hoffentlich, ohne dass es in Kriege ausartet. Aber sie werden niemals in der Zeit zurückreisen können, um uns davon zu erzählen.

Anmerkungen

- (1) genau: 299.792,458 km/s. (Das neue Taschenlexikon in 20 Bänden, Bertelsmann, 1992).
- (2) Doppler-Effekt (nach dem österreichischen Physiker Christian Doppler

(1803–1853]): die Erscheinung, dass bei jeder Art von Welle (Schallwelle, elektromagnetische Lichtwelle) eine Änderung der Frequenz eintritt, sobald sich Beobachter und Wellenerreger relativ zueinander bewegen. (Meyers Lexikon, 1993).

- (3) Albert Abraham Michelson (1852–1931), amerikanischer Physiker, bewies, dass die Lichtgeschwindigkeit in einem ruhenden und in einem gleichförmig bewegten Bezugssystem nach allen Richtungen gleich ist. (Meyers Lexikon, 1993).

Mit E. W. Morley (1838–1923) zusammen machte er den Michelson-Versuch, ein Experiment zur Messung der »Mitführung des Lichts durch den Ätherwind aufgrund der Erdbewegung«. (Das neue Taschenlexikon in 20 Bänden, Bertelsmann, 1992).

- (4) Licht ist der sichtbare Bereich der von der Sonne u. a. Strahlungsquellen ausgehenden elektromagnetischen Strahlung. Es hat seinen Ursprung im atomaren Bereich. Beim Übergang angeregter Elektronen in energetisch tiefer liegende Zustände (Bahnen) wird die Energiedifferenz in Form von Licht ausgestrahlt. Es breitet sich wie alle elektromagnetischen Wellen im Vakuum mit Lichtgeschwindigkeit aus. Die ungestörte Ausbreitung erfolgt geradlinig; Lichtstrahlen entsprechen dabei der Ausbreitungsrichtung der Wellenflächen. Trifft Licht bei seiner Ausbreitung auf die Trennfläche zweier Medien (z. B. Vakuum–Glas, Luft–Wasser), dann zeigen sich Erscheinungen wie Beugung, Brechung, Interferenz, Polarisation und Reflexion. Diesen Erscheinungen stehen Effekte gegenüber, die sich nicht mit der Wellennatur, sondern nur mit der Quantennatur (Teilchennatur) des Lichtes erklären lassen (z. B. Fotoeffekt). Die Energie des Lichtes ist auf Lichtkorpuskeln (Lichtquanten, Photonen) atomarer Dimension konzentriert. Photonen kann sowohl eine Masse als auch ein Impuls zugeordnet werden. Beide Eigenschaften des Lichtes – Welle oder Korpuskel – existieren gleichberechtigt nebeneinander und werden als Welle-Teilchen-Dualismus bezeichnet. (Meyers Lexikon, 1993).

Übersetzung

Dr. Horst Friedrich
und Gernot L. Geise

(Erstveröffentlichung in EFODON-
SYNESIS Nr. 10/1995)