

JOHN HIGGS
**EINSTEIN,
FREUD
& SGT. PEPPER**



EINE ANDERE
GESCHICHTE DES
20. JAHRHUNDERTS

SUHRKAMP

genau 1,60 Meter gefallen ist.

Welche anderen Bezugssysteme könnten wir verwenden? Stellen wir uns vor, auf dem Bahndamm sitzt eine Maus, und der Zug fährt gerade über sie hinweg, als Einstein das Würstchen fallen lässt. Wie weit fällt das Würstchen, wenn wir die Maus als Bezugssystem benutzen?

Das Würstchen beginnt seinen Fall immer noch in Einsteins Hand und landet vor seinen Füßen. Aber für die Maus bewegen sich Einstein und das Würstchen auch über sie hinweg, während das Würstchen zu Boden fällt. Zwischen dem Zeitpunkt, da Einstein es loslässt, und dem Zeitpunkt, da es den Boden erreicht, hat das Würstchen auch eine gewisse Entfernung entlang der Bahnstrecke zurückgelegt. Einsteins Füße befinden sich zu dem Zeitpunkt, als das Würstchen davor auftritt, nicht mehr an derselben Stelle wie zu dem Zeitpunkt, als er es losließ, sondern haben sich mit dem Zug ein Stück weit entlang der Bahnstrecke bewegt. Das Würstchen ist relativ zur Maus immer noch 1,60 Meter gefallen, aber es hat zugleich auch eine gewisse Entfernung in Fahrtrichtung des Zuges zurückgelegt. Wenn Sie die Entfernung messen wollten, die das Würstchen von der Hand bis zum Boden relativ zur Maus zurückgelegt hat, verlief die Falllinie nicht senkrecht, sondern in einem gewissen Winkel zum Boden, und das bedeutet, dass es mehr als 1,60 Meter zurückgelegt hat.

Das ist, instinktiv betrachtet, ein Schock. Die von dem Würstchen zurückgelegte Entfernung verändert sich, wenn wir sie in verschiedenen Bezugssystemen messen. Aus der Sicht der Maus hat das Würstchen eine größere Entfernung zurückgelegt als aus Einsteins Sicht. Und wie wir gesehen haben, können wir nicht behaupten, dass ein Bezugssystem größere Geltung beanspruchen dürfe als andere. Wenn das stimmt, wie können wir dann irgendeine definitive Aussage über Entfernungen treffen? Wir können allenfalls sagen, das Würstchen habe in einem bestimmten Bezugssystem eine bestimmte Strecke zurückgelegt, aber diese Strecke könne eine andere sein, wenn man sie in anderen Bezugssystemen misst.

Das ist indessen nur der Anfang unserer Schwierigkeiten. Wie wir mit der Vorstellung eines beständigen Fixpunkts unter unseren Füßen leben, so glauben wir auch, dass es eine konstante universelle Zeit gebe, die da im Hintergrund ablaufe. Stellen Sie sich das Gewimmel der Pendler vor, die in London die Westminster Bridge überqueren, mit den Houses of Parliament und der großen Uhr von Big Ben über sich. Die Uhr hängt hoch über den Köpfen der gut gekleideten Passanten und geht ihren absolut regelmäßigen Gang, gänzlich unberührt von dem Leben da unter ihr. Ganz intuitiv haben wir das Gefühl, dass Zeit genauso funktionieren muss. Sie schwebt über uns, ganz unberührt von unserem Tun. Aber Einstein erkannte, dass dies nicht zutrifft. Die Zeit hängt wie der Raum von den Umständen ab.

Das alles scheint uns in eine verzwickte Lage zu bringen. Messungen der Zeit und des Raumes fallen je nach dem verwendeten Bezugssystem verschieden aus, aber es gibt kein »korrektes« oder »absolutes« Bezugssystem, auf das wir uns verlassen könnten. Was beobachtet wird, hängt zum Teil vom Beobachter ab. Auf den ersten Blick scheint uns das

in eine ausweglose Lage zu bringen, in der jegliche Messung relativ ist und nicht als endgültig oder »wahr« gelten kann.

Um alledem zu entkommen, griff Einstein zu den Mitteln der Mathematik.

Nach gesicherten Erkenntnissen der Physik muss sich Licht (wie alle anderen Formen elektromagnetischer Strahlung) im Vakuum mit einer ganz bestimmten Geschwindigkeit bewegen. Diese Geschwindigkeit, die bei 300000000 Metern pro Sekunde liegt, bezeichnen Mathematiker als » c « – und Nichtmathematiker als »Lichtgeschwindigkeit«. Aber wie kann das sein, wenn doch Messungen, wie wir gesehen haben, je nach Bezugssystem unterschiedlich ausfallen?

Insbesondere ist hier das Gesetz der Addition der Geschwindigkeiten zu berücksichtigen. Man denke etwa an eine Szene aus einem James-Bond-Film, in dem 007 vom Handlanger des Bösewichts beschossen wird. Wir brauchen keine Angst zu haben, dass Bond getötet wird, denn Handlanger sind notorisch schlechte Schützen. Stattdessen wollen wir uns fragen, welche Geschwindigkeit die Kugel hat, wenn sie – ohne Schaden anzurichten – über seinen Kopf fliegt. Nehmen wir der Einfachheit halber an, das Geschoss erreichte eine Geschwindigkeit von 2000 Kilometern pro Stunde. Falls der Handlanger beim Abfeuern seiner Waffe auf einem Motorschlitten sitzt und dieser Motorschlitten mit einer Geschwindigkeit von 80 Kilometern pro Stunde auf James Bond zufährt, addierten sich für die Kugel die beiden Geschwindigkeiten zu insgesamt 2080 Kilometer pro Stunde. Sollte Bond auf Skiern mit einer Geschwindigkeit von 20 Kilometern pro Stunde vor dem Motorschlitten flüchten, müsste man auch dies einrechnen, und die Kugel hätte gegenüber Bond eine Relativgeschwindigkeit von 2060 Kilometern pro Stunde.

Nun zurück zu Einstein, der in seinem Zug das Würstchen inzwischen gegen eine Fackel eingetauscht hat, die durch den gesamten Speisewagen leuchtet. Aus seiner Sicht bewegen sich die von der Fackel emittierten Photonen mit Lichtgeschwindigkeit (streng genommen müsste im Zug allerdings ein Vakuum herrschen, wenn die Photonen Lichtgeschwindigkeit erreichen sollen, aber solche Details wollen wir hier einmal beiseitelassen, damit Einstein nicht erstickt). Für einen ruhenden, das heißt nicht im Zug befindlichen Beobachter wie die Maus eben oder einen Dachs, der unter einem nahe gelegenen Baum sitzt, bewegten sich die Photonen mit der Lichtgeschwindigkeit plus der Geschwindigkeit des Zuges, also eindeutig mit mehr als Lichtgeschwindigkeit. Und da scheint sich nun in den Gesetzen der Physik ein fundamentaler Widerspruch zwischen dem Gesetz der Addition der Geschwindigkeiten und dem Gesetz zu zeigen, wonach elektromagnetische Wellen sich stets mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten müssen.

Irgendetwas stimmt da nicht. Zur Lösung dieses Problems könnten wir uns fragen, ob das Gesetz der Addition der Geschwindigkeiten vielleicht fehlerhaft oder ob die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit wirklich so gut gesichert ist, wie immer behauptet wird. Einstein sah sich beide Gesetze an, befand sie für verlässlich und gelangte zu einem aufsehenerregenden Schluss. Die Lichtgeschwindigkeit, wie gesagt: etwa

300000000 Meter pro Sekunde, sei gar nicht das Problem. Das Problem seien vielmehr die »Meter« und »Sekunden«. Wenn ein Objekt sich in Bewegung befindet, so erkannte er, verkürzt sich der Raum, und die Zeit vergeht langsamer.

Einstein unterfütterte seine kühne Erkenntnis, indem er sich in die Welt der Mathematik vertiefte. Das wichtigste Instrument, das er einsetzte, war ein Verfahren, das als Lorentz-Transformation bezeichnet wird und ihm die Möglichkeit bot, Umrechnungen zwischen Messergebnissen aus verschiedenen Bezugssystemen vorzunehmen. So konnte Einstein objektiv über Zeit und Raum sprechen und genau aufzeigen, in welcher Weise sie von Bewegung beeinflusst werden.

Um es noch komplizierter zu machen: Nicht nur Bewegung kann dafür sorgen, dass Raum und Zeit schrumpfen. Auch die Gravitation hat eine ähnliche Wirkung, wie Einstein zehn Jahre später in seiner Allgemeinen Relativitätstheorie entdeckte. Wer im Erdgeschoss wohnt, wird langsamer altern als sein Nachbar über ihm im ersten Stock, weil die Schwerkraft in Bodennähe etwas stärker ist. Diese Wirkung ist natürlich nur winzig. Über hundert Jahre beträgt der Zeitunterschied zwischen zwei Punkten mit einem Höhenunterschied von etwa dreißig Zentimetern ungefähr hundert Nanosekunden. Dennoch ist der Effekt real, und man hat ihn auch schon in der realen Welt gemessen. Wenn man von zwei völlig gleichartigen, äußerst genau gehenden Uhren eine in ein Flugzeug stellt, während die andere am Boden bleibt, wird auf der Uhr im Flugzeug nach einem Flug weniger Zeit vergangen sein als auf der am Boden gebliebenen Uhr. Die von Satelliten gelieferten Daten, mit denen das Navigationssystem Ihres Autos arbeitet, sind nur deshalb genau, weil die Auswirkungen der Gravitation und ihrer Geschwindigkeit bei der Berechnung der Positionen berücksichtigt werden. Es ist Einsteins Mathematik und nicht unser Alltagsverständnis des dreidimensionalen Raumes, die unser Universum zutreffend beschreibt.

Wie können Nichtmathematiker Einsteins mathematische Welt verstehen, die er als Raum-Zeit bezeichnete? Wir sind in dem Bezugssystem gefangen, mit dessen Hilfe wir unsere normale Welt verstehen, und vermögen nicht in jene der höheren Mathematik vorbehaltene Sichtweise zu entkommen, in der sich deren Widersprüche auflösen. Allenfalls können wir hoffen, eine beschränktere, aber verständliche Perspektive einzunehmen und sie als Analogie zu benutzen, um uns die Raum-Zeit begrifflich zu machen.

Stellen wir uns eine flache, zweidimensionale Welt vor, in der es zwar Länge und Breite, aber keine Höhe gibt. Der viktorianische Schulleiter und Theologe Edwin Abbott schrieb eine wunderbare Novelle über solch einen Ort, die er *Flatland* nannte. Selbst wenn Sie dieses Buch nicht kennen, können Sie sich solch eine Welt leicht veranschaulichen, indem Sie ein Blatt Papier in die Hand nehmen und sich vorstellen, dass alle Dinge sich innerhalb dieser Ebene abspielen.

Wenn dieses Blatt Papier wie in Abbotts Geschichte eine von kleinen flachen Wesen bevölkerte Welt wäre, könnten diese Wesen niemals erkennen, dass wir das Blatt in der

Hand halten. Sie könnten unsere dreidimensionale Welt nicht erfassen, da ihnen die Vorstellung von »oben« oder »unten« fehlte. Auch wenn wir das Blatt wölben oder krümmen, können sie das nicht bemerken, da sie keine Vorstellung von der Dimension besitzen, in der diese Veränderung stattfände. Ihnen erschiene alles immer noch beruhigend flach.

Jetzt stellen wir uns vor, wir biegen das Blatt auf sich selbst zurück, so dass ein Rohr entsteht. Unsere kleinen flachen Freunde werden auch jetzt nicht bemerken, dass da irgendetwas geschehen ist. Aber sie werden überrascht sein, wenn sie entdecken, dass sie, wenn sie lange genug in eine Richtung wandern, nun nicht mehr ans Ende der Welt, sondern wieder an ihren Ausgangspunkt gelangen. Wenn ihre zweidimensionale Welt die Form eines Rohrs oder die einer Kugel nach Art der Hülle eines Fußballs besitzt, wie könnten sich diese Leute dann diese verblüffenden, niemals endenden Reisen erklären? Die Menschheit hat lange gebraucht, um zu akzeptieren, dass wir auf einem runden Planeten leben, und dies obwohl wir Fußbälle besaßen und den Vorteil hatten, das Konzept der Kugel zu verstehen, aber diese Plattlinge verfügen nicht einmal über die Idee der Kugel, die ihnen als Anhaltspunkt dienen könnte. Sie müssen warten, bis unter ihnen ein plattes Gegenstück zu Einstein entsteht, der mithilfe einer seltsamen, geheimnisvollen Mathematik behauptet, dass ihre flache Welt in ein höherdimensionales Universum eingebettet sein muss, in dem irgendein dreidimensionaler Schweinehund die flache Welt aus ihnen unerfindlichen Gründen krümmt. Die anderen Plattlinge fänden all das sehr verwirrend, aber mit der Zeit würden sie feststellen, dass ihre Messungen, Experimente und regelmäßigen langen Spaziergänge genau den Voraussagen des platten Einstein entsprechen. Damit stünden sie dann vor der Erkenntnis, dass es tatsächlich eine höhere Dimension gibt, so aberwitzig das auch erscheinen oder so unvorstellbar sie auch sein mag.

Wir befinden uns in einer ähnlichen Lage wie diese flachen Wesen. Wir verfügen über Messungen und Daten, die sich nur mit der Mathematik der Raum-Zeit erklären lassen, aber die Raum-Zeit bleibt den meisten von uns unverständlich. Die Begeisterung, mit der Wissenschaftler die sonderbareren Aspekte der Relativitätstheorie beschreiben, hilft da nicht weiter; sie sollten lieber erklären, was sie ist und wie sie mit der uns vertrauten Welt zusammenhängt. Die meisten dürften schon einmal gehört haben, dass zum Beispiel ein ferner Beobachter, der Sie in ein Schwarzes Loch stürzen sähe, den Eindruck hätte, dass der Sturz unendlich lange dauerte, während Sie selbst das Gefühl hätten, sehr schnell zu fallen. Physiker lieben solches Zeug. Es macht ihnen Spaß, die Leute zu verblüffen, aber nicht alle haben etwas von solcher Verblüffung.

Es stimmt, dass die Raum-Zeit aus menschlicher Sicht äußerst bizarr wirkt, da sich die Zeit darin wie alle übrigen Dimensionen verhält und Begriffe wie »Zukunft« und »Vergangenheit« nicht in der Weise anwendbar sind, wie es unserem üblichen Verständnis entspricht. Doch das Schöne an der Raum-Zeit ist gerade, dass sie, wenn man sie erst verstanden hat, die Seltsamkeiten nicht hervorbringt, sondern beseitigt. Anomale Messergebnisse jeglicher Art, etwa die Umlaufbahn des Merkurs oder die Ablenkung des

Lichts in der Nähe sehr großer Sterne, verlieren ihren mysteriösen und widersprüchlichen Charakter. Die Situation, in der die Tasse Tee im All an Ihnen vorbeifliegt oder nicht vorbeifliegt, wird vollkommen klar und unumstritten. Nichts befindet sich in Ruhe, sofern es nicht als in Ruhe befindlich definiert wird.

Durch die Allgemeine Relativitätstheorie wurde Einstein zu einer weltweiten Berühmtheit. Auf das Publikum machte er einen ganz unmittelbaren Eindruck dank der Pressefotos, die sein ungekämmtes Haar, seine zerknitterte Kleidung und seine freundlich lächelnden Augen zeigten. Die Vorstellung eines aus Europa stammenden »komischen kleinen Mannes« mit einem Verstand, der sah, was andere nicht sehen konnten, war ein liebenswerter Archetyp, von dem Agatha Christie positiven Gebrauch machte, als sie 1920 die Figur des Hercule Poirot schuf. Die Tatsache, dass Einstein ein deutscher Jude war, machte ihn nur noch interessanter.

Die Aufnahme, die Einstein und seine Relativitätstheorie in der Welt fanden, zeigte, dass man sich mehr für den Menschen als für seine Ideen interessierte. Viele Autoren fanden ein geradezu freudiges Vergnügen an der Tatsache, dass sie seine Theorien nicht verstanden, und schon bald setzte sich die Vorstellung fest, dass normale Menschen die Relativitätstheorie unmöglich begreifen könnten. In zeitgenössischen Zeitungsartikeln konnte man lesen, es gebe auf der ganzen Welt nur zwölf Menschen, die diese Theorie verstünden. Als Einstein 1921 Washington besuchte, fühlte der Senat sich bemüßigt, über seine Theorie zu debattieren, wobei eine Reihe von Senatoren erklärte, sie sei nicht zu verstehen. Präsident Harding räumte nur zu gern ein, dass er sie nicht verstand. Chaim Weizmann, der später der erste Präsident Israels werden sollte, begleitete Einstein auf der Überfahrt über den Atlantik. »Während der Überfahrt hat mir Einstein täglich seine Theorie erklärt, und bei der Ankunft habe ich erkannt, daß er sie wirklich versteht«, erzählte Weizmann später.

Für den Anarchisten Martial Bourdin kam die Relativitätstheorie zu spät. Er wollte das Observatorium in Greenwich zerstören, das den Omphalos des britischen Empire und dessen weltumspannendes Ordnungssystem symbolisierte. Aber jeder Omphalos, so hat Einstein uns gelehrt, ist vollkommen willkürlich. Hätte Bourdin auf die Allgemeine Relativitätstheorie gewartet, wäre ihm klar geworden, dass es gar nicht notwendig war, eine Bombe zu bauen. Er hätte nur erkennen müssen, dass der Omphalos in jedem Fall bloße Fiktion ist.