

TEILCHENZEIT

Waren die von Experimentalphysikern gemessenen Neutrinos tatsächlich schneller als das Licht? Wankt damit Einsteins Relativitätstheorie, unser physikalisches Weltbild – oder waren es doch nur Messfehler? Einige Physiker greifen zu skurrilen Erklärungsmodellen.

VON TINA GOEBEL

Aufgrund seiner Theorien sah sich Albert Einstein heftigen Angriffen ausgesetzt. 1931 veröffentlichte seine Kritiker die Streitschrift „100 Autoren gegen Einstein“, in der „auch sehr angesehene Gelehrte“ die Relativitätstheorie (RTH) als „Irrführung der öffentlichen Meinung“, „unbewiesene Hypothese“ und „im Grunde verkehrte und logisch unhaltbare Fiktion“ ablehnten. Einsteins Verteidiger schossen zurück, indem sie die Schrift als „erstaunliche Anhäufung naiver Fehler“ und als „unbeabsichtigt komisch“ abtaten. Der Meister selbst bemerkte nur lakonisch, es hätte wohl ein Autor alleine genügt, um ihn zu widerlegen.

Es gab nicht nur die hundert, sondern viele mehr, die versuchten, Einsteins Physikgebäude zum Einsturz

zu bringen. Gelingen ist es bis dato keinem Einzigen. Im Gegenteil: Mithilfe modernster Technik ließ sich die Relativitätstheorie wiederholt in der Praxis bestätigen. Sie gilt heute als festes Fundament der modernen Physik.

Doch nun scheint es, als könnte dieses theoretische Weltmodell zusammenbrechen. Ende September gaben Wissenschaftler der European Organization for Nuclear Research (CERN, europäisches Kernforschungszentrum bei Genf) bekannt, sie hätten im Rahmen ihres Projekts OPERA Teilchen gemessen, die schneller waren als das Licht. In der Welt der Physik löste diese Nachricht ungläubiges Erstaunen aus, denn laut Einstein gibt es nichts, das schneller ist als das Licht.

Wenn die Messungen also tatsächlich zuträfen, wäre die Relativitäts-

ABGEHÄNGT

Wären die Neutrinos tatsächlich um sechzig Nanosekunden schneller gewesen als das Licht, wie die Daten des OPERA-Experiments ergaben, so wären sie auf der 732 Kilometer langen Versuchsstrecke von Genf zum Gran-Sasso-Labor in Mittelitalien ganze achtzehn Meter vor dem Licht ans Ziel gekommen.

18m

LICHTSEKUNDE

Das Licht legt in einer Sekunde eine Strecke von 299.792.458 Metern zurück. Diese Geschwindigkeit reicht aus, um den Äquator in einer Sekunde 7,37-mal zu umrunden.

Lichtgeschwindigkeit
299.792.458
Meter pro Sekunde

metern ganze achtzehn Meter vor den Photonen ans Ziel gelangt wären. Oder wie es Physiker ausdrücken: Die Neutrinos wären um 0,002 Prozent schneller als die Vakuum-Lichtgeschwindigkeit von 299.792.458 Metern pro Sekunde. Je öfter die OPERA-Forscher ihre Ergebnisse wiederholten, desto geringer wurde die Fehlerwahrscheinlichkeit, bis ihr Ergebnis immer näher in den Bereich einer Tatsache rückte.

Wenn diese Ergebnisse tatsächlich stimmen, dann hätte das dramatische Konsequenzen für das Physikgebäude, erklärt Manfred Krammer vom Wiener Institut für Hochenergiephysik (HEPHY), das die CERN-Aktivitäten österreichischer Forscher betreut. Denn laut Einsteins Relativitätstheorie kann kein Teilchen mit Masse schneller sein als das Licht. Je näher Masse an die Lichtgeschwindigkeit herankommt, desto langsamer verläuft die Zeit. Das gilt für Teilchen genauso wie für Astronauten, die ins All geschossen werden. Wenn die Raumfahrer hell zur Erde zurückkehren, sind sie einige Minuten „jünger“ als der zurückgebliebene Erdhewohner. Da der Mensch mit seiner großen Masse jedoch nur mit einem verschwindenden Bruchteil der Lichtgeschwindigkeit reisen kann, wirken sich die durch Einstein berechneten Unterschiede nicht dramatisch aus.

Sehr wohl aber bei Satelliten im Weltall. So muss gemäß der Relativitätstheorie immer die relative Zeit zur Erde berechnet werden, da sich ansonsten die Position der Erdtra-

Weltentwürfe

Im Lauf der Jahrhunderte mussten überkommene Vorstellungen vom Universum immer wieder neuen Erkenntnissen weichen.

1509

Der preußische Damherr, Arzt und Astronom Nikolaus Kopernikus schreibt in seinem Werk „Commentariolus“ seine Theorie von einem Weltbild nieder, in dem die Erde um die Sonne kreist. Dieses heliozentrische Weltbild war schon in der Antike aufgetaucht, wurde aber sogar von Aristoteles verworfen. Bis ins 17. Jahrhundert erschien noch das geozentrische Weltbild – das besagte, dass sich die Sonne um die Erde drehe – realitätsföhrer.

1618

Der deutsche Astronom Johannes Kepler legt in seinem Werk „Astronomia Copernicæ“ Berechnungen vor, die belegen, dass sich die Planeten in elliptischen Bahnen um die Sonne bewegen. Seine Schrift wird zum ersten Lehrbuch des heliozentrischen Weltbilds.

1687

Der englische Naturforscher Isaac Newton formuliert in seinem Werk „Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica“ jene drei grundlegenden Bewegungsgesetze, die noch heute als Fundament der klassischen Mechanik gelten. Newton war der Erste, der die Bewegung von Himmelskörpern mit präzisen Gleichungen berechnen konnte.

1858

Der britische Naturforscher Charles Darwin veröffentlicht sein Hauptwerk „On the Origin of Species“ („Die Entstehung der Arten“), in dem er seine Evolutionstheorie aufstellt, laut der sich die Spezies Mensch über Jahrmillionen aus dem Affen entwickelt hat und nicht von Gott erschaffen wurde. Der Wiener Psychiater Sigmund Freud bezeichnete diese Entdeckung später als zweite Kränkung der Menschheit – nach der Verwerfung des geozentrischen Weltbilds, in dem der Mensch noch im Mittelpunkt des Universums stand. Für Freud war die von ihm entwickelte Psychoanalyse die dritte Kränkung der Menschheit. Sie stellte den freien Willen des Menschen infrage.



WELTBILD-VERÄNDERER
Der deutsche Astronom Johannes Kepler (o.) und der englische Naturforscher Isaac Newton zählen zu den bedeutendsten Forschern aller Zeiten

1900

Der Physikertheoretiker Max Planck kann erstmals Phänomene erklären, die – wie die elektromagnetische Strahlung von Körpern unterschiedlicher Natur – bis dahin als nicht erklärbar galten. Es war dies die erste Theorie, die Vorgänge im atomaren und subatomaren Bereich beschreiben konnte. Denn die klassische Physik – Newtons Mechanik – reichte dafür nicht mehr aus. Planck gilt heute als Begründer der Quantentheorie.



ALBERT EINSTEIN
Seine Relativitätstheorie stellte die althergebrachten Vorstellungen vom Universum auf den Kopf

1905

Der deutsche Physikertheoretiker Albert Einstein veröffentlicht sein Werk „Zur Elektrodynamik bewegter Körper“, besser bekannt unter dem Begriff „spezielle Relativitätstheorie“. Einstein hatte erkannt, dass entgegen der Alltagserfahrung die Geschwindigkeit des Lichts immer konstant bleibt, egal, ob sich der Messende in Ruhe oder in Bewegung befindet. Er berechnete, dass es eine maximale Geschwindigkeit geben muss und dass dies die Lichtgeschwindigkeit sei, die er als Naturkonstante benutzte. Sie gilt als Messlatte für die Relativität von Zeit und Raum. Je schneller wir uns fortbewegen, desto langsamer verläuft für uns die Zeit.

1912

Selbst Einstein musste manche seiner eigenen Vorstellungen und Annahmen über Bord werfen. So dachte er, dass sich das Universum in einem konstanten Zustand befinde. Doch dann berechnete der US-Forscher Edwin Hubble, dass das Universum expandiert. Später, Mitte der neunziger Jahre, entdeckten die US-Amerikaner Saul Perlmutter, Adam Riess und Brian P. Schmidt, dass sich Galaxien mit immer höherer Geschwindigkeit voneinander entfernen (für diese Entdeckung wurden die drei Forscher in der Vorwoche mit dem diesjährigen Physiknobelpreis ausgezeichnet). Damit stand fest, dass sich das Universum mit zunehmender Geschwindigkeit ausdehnt. Ob diese Ausdehnung irgendwann zum Stillstand kommt beziehungsweise ob sich das Universum ab einem bestimmten Zeitpunkt wieder zusammenziehen wird, ist ungewiss.

1924

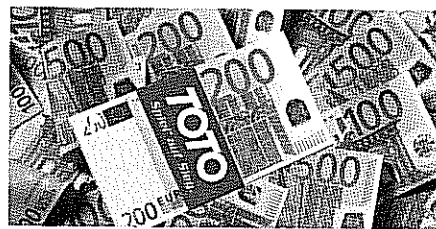
Der französische Physiker Louis-Victor de Broglie beschreibt in seiner Dissertation den Wellenteilchen-Dualismus, der auf jegliche feste Materie anzuwenden ist, und verändert damit nachhaltig die Physik. 1929 entdeckte er die Wellennatur des Elektrons. Im gleichen Jahr erhielt er für die Theorie der Materiewellen den Physiknobelpreis. Broglie beschrieb als Erster das Verhalten der Teilchen-Wellen und damit den komplexen Aufbau der Materie.

TOTO SPIEL' AUF SIEG.

Super! 150.000,- Euro mehr für den Toto Zwölfer

Super Toto Runde, weil „Superzwölfer“-Toto-Fans haben jetzt wieder die Chance auf einen attraktiven Gewinn. Zwölf Spiele aus der österreichischen und der deutschen Bundesliga sowie der englischen Premier League – den bei den Spielteilnehmern beliebtesten Ligen – bilden das Spielprogramm der 41. Toto Runde. Das

ist nicht irgendeine Runde, sondern eine super Runde: Toto dotiert den Zwölfer Gewinnrang mit 150.000,- Euro zusätzlich zum „Superzwölfer“ auf Annahmeschluss für die 41. Runde ist am Samstag, dem 15. 10. 2011, um 15.20 Uhr. Das Programm gibt es in jeder Annahmestelle der Österreichischen Lotterien unter www.win2day.at sowie im ORF Teletext auf Seite 725.



RUBBEL DICH REICH. JETZT GLEICH!

„Mega Money“ – dreimal eine Viertelmillion aufrubbeln

Das ist ein echter Hit! 250.000,- Euro – das ist die Mega Summe, die man ab sofort beim neuen Rubbellos „Mega Money“ gewinnen kann. Auf „Mega Money“ gibt es drei Rubbelflächen und damit dreimal die Möglichkeit zu gewinnen. Beim neuen Rubbellos der Österreichischen Lotterien gibt es bis zu eine Viertelmil-

lion Euro zu gewinnen. Der Höchstgewinn ist in dieser 2,5 Millionen Lose umfassenden Serie 3-mal enthalten, dazu warten 5-mal 15.000,- Euro sowie mehr als 800.000 weitere Gewinne zwischen 7,- und 1.000,- Euro. „Mega Money“ ist bereits das 67. Rubbelspiel seit Einführung des Rubbelloses und ist ab sofort in allen Vertriebsstellen der Österreichischen Lotterien zum Preis von 7,- Euro erhältlich.



WERBUNG

profil theaterclub

EXKLUSIV FÜR PROFIL-LESER

www.rabenhof.at

STERMANN. Dirk Stermann ist der beliebteste Deutsche in Österreich.

Mit seinem letzten Programm „Die deutsche Kochschau“ trat er bis jetzt exakt 1000 Mal auf. Jetzt ist der Ausnahmekünstler Dirk Stermann bereit, mit einem neuen Programm alle wichtigen Fragen rund um seine Existenz zu beantworten. Wie schon in den letzten Programmen in einer kleinen Nebenrolle: Christoph Maria Grissemann.

KARTEN FÜR DIE PREMIERE „STERMANN“ AM 21. 10. GEWINNEN

Teilnahme unter www.profil.at/rabenhof (Teilnahmeschluss: 13. 10.) Rabenhof, Rabengasse 3, 1030 Wien



Premierenkarten gewinnen!

banten nicht exakt bestimmen lässt – und Ortungstechniken wie das Global Positioning System (GPS) nicht funktionieren würden.

Wäre der Mensch in der Lage, mit Lichtgeschwindigkeit zu reisen, so würde für ihn die Zeit stillstehen. Bei theoretischer Überlichtgeschwindigkeit postuliert Einstein schließlich die Möglichkeit, sogar in die Vergangenheit zu reisen. Dies würde jedoch jegliche Kausalität auf den Kopf stellen, wie es Physiker mit dem berühmten Großvater-Paradoxon illustrieren: Wäre ein Mensch in der Lage, in die Vergangenheit zu reisen, so könnte er seinen eigenen Großvater umbringen, damit die Zeugung seines Vaters und schließlich seine eigene Existenz verhindert. Doch wenn er nie geboren werden kann, wie war es ihm dann möglich, in der Zeit zurückzureisen und den Großvater zu töten?

Aus diesem Grund schließen Physiker wie Kramer grundsätzlich aus, dass die Ergebnisse des OPERA-Experiments zutreffen, und wollen daher das Ergebnis von unabhängigen Forschern überprüft sehen. Für die Wiederholung eines solchen Experiments kommt derzeit nur der Teilchenbeschleuniger am so genannten Fermilab in Chicago infrage. Eine vergleichbare japanische Anlage mit der Bezeichnung J-Parc ist seit dem Tsunami im vergangenen März außer Betrieb.

Tatsächlich hatte das Fermilab bereits vor einiger Zeit ähnliche Ergebnisse gemeldet – die aufgrund einer hohen statistischen Schwankungsbreite verworfen wurden.

Aufgrund der zu geringen Messgenauigkeit wurden die Messungen auch nicht weiter ernst genommen. Gegen die Ergebnisse sprachen außerdem Beobachtungen einer Super-

nova im Jahr 1987. Erstmals konnte dabei ein explodierender Stern beobachtet werden, der seine Lebenszeit erreicht hatte. Die dabei frei werdenden Neutrinos wurden auf der Erde bereits ein paar Stunden vor dem Licht registriert, doch das überraschte die Physiker nicht. Denn am Beginn der Explosion ist der verglühende Stern noch kurz von einer Hülle umgeben, welche die Photonen des Lichts nicht durchdringen können, die gleichzeitig entstehenden kleinen Neutrinos hingegen schon. Wären sie um das Bisschen schneller als das Licht unterwegs gewesen, wie die Ergebnisse von OPERA anzeigen, so wären sie bereits Jahre vorher auf der Erde angekommen. Diese Zeitdifferenz hätte sich durch die lange Wegzeit von bis zu 166.000 Lichtjahren ergeben.

Einige Physiker spekulieren, ob im LHC-Vorbeschleuniger nicht eine

spezielle Art Neutrinos erzeugt wurde, die sich schlicht anders verhält als die natürlichen im Weltall. Andere wiederum überlegen, wie das Ergebnis erklärbar wäre, sollte es doch stimmen. Der Wiener Physiker Wolfgang Lucha hat sich mit all diesen Erklärungen seiner Kollegen beschäftigt. „Es gibt etwa dreißig Theorien, sie sind jedoch alle weg vom gängigen Wissen und präsentieren sehr unübliche Lösungsansätze.“

Eine dieser Theorien stammt vom deutschen Physiker Heinrich Päs, laut dem die Neutrinos womöglich eine „Abkürzung“ durch andere Dimensionen genommen haben.

Über solche Erklärungen amüsiert sich der Neutrino-Experte Frank Close, der als Professor für theoretische Physik an der Universität Oxford lehrt. Er erklärte gegenüber dem englischen „Guardian“, die Dimensi-

ZEITREISEN

Laut Einsteins Relativitätstheorie kann sich keine Masse im Raum schneller fortbewegen als das Licht. Da die Zeit abhängig von der Geschwindigkeit ist und immer langsamer verläuft, je schneller sich eine Masse bewegt, würde laut Einstein die Zeit stillstehen, sollte es der Mensch tatsächlich schaffen, mit Lichtgeschwindigkeit zu reisen – was aufgrund seiner hohen Masse ohnehin nicht möglich ist. Mit (theoretischer) Überlichtgeschwindigkeit wären Reisen in die Vergangenheit möglich. Theoretisch denkbar wären solche Zeitreisen beispielsweise durch Wurmlöcher. Einstein beschrieb das Wurmlöcher nach dem Bild eines Worms, der sich durch einen Apfel frisst und somit zwei Seiten desselben Raums durch einen Tunnel verbindet. So ein Wurmlöcher könnte auch zwei Orte im Universum miteinander verbinden, die in unterschiedlichen Zeiten liegen, nämlich in theoretisch möglichen Paralleluniversen.

onen-Theorie sei so logisch wie die Überlegung, dass Briten eine Abkürzung durch den Erdkern nehmen könnten, um nach Sydney zu reisen. Praktisch wäre das wohl mit einigen Schwierigkeiten verbunden. „Das Einzige, was sich schneller verbreitet als Licht, ist ein Gerücht“, bleibt Close bei seinem Standpunkt. Und sollten sich die Ergebnisse doch bewahrheiten, so würde er sein Buch über Neutrinos zurückziehen und statt E-Mails nur noch Nachrichten über Neutrinos verschicken. Sie würden nämlich bereits beim Adressaten angelangt sein, bevor der Absender sie überhaupt geschrieben hat.

Im Netz blühen bereits Neutrino-Witze wie etwa dieser: „Sagt ein Barman zu einem Neutrino: Sorry, aber Neutrinos werden hier nicht bedient. Daraufhin betritt ein Neutrino die Bar.“ Einstein hätte wohl seine Freude daran. ■

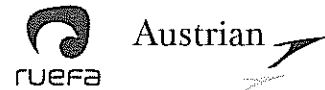
China Sehminar.

DAS HAT FORMAT

Mit Austrian Airlines und Ruefa Reisen zum **FORMAT-VORZUGSPREIS** nonstop nach Peking.

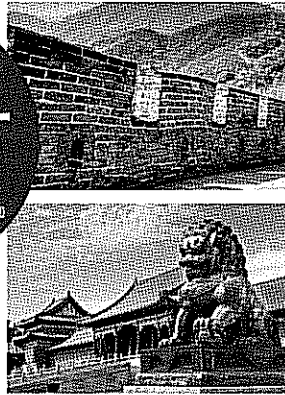
Termine:
03. - 08.11.2011
17. - 22.11.2011

6-tägiges Reiseprogramm:
Sommerpalast - Kunming-See - Kaiserpalast -
Himmelstempel - Große Mauer - Ming-Kaiser Grab -
Lamatempel - Konfuziustempel.



Veranstalter: Verkehrsbüro-Ruefa Reisen GmbH, Hauptplatz 14, 1. Stock, A-8011 Graz, Veranstalterverzeichnis Nr. 1998/0290

FORMAT-VORZUGSPREIS
€ 795,-
p.P. im DZ
Infos und Buchungen in Ihrem
Ruefa Reisebüro, oder Tel. 0810 200 400
oder auf www.ruefa.at



Wirtschaft. Wöchentlich. Jeden Freitag neu.

Der Ö1 Musiksalon

Die Ö1 Konzertreihe 2011

Herausragende Künstlerinnen und Künstler spielen auf wertvollen, alten Streichinstrumenten aus der Sammlung der Oesterreichischen Nationalbank.

- Kärnten | Stift Össiach | 13. Oktober 2011 | Friedrich Kleinhapl und Andreas Woyke
- Oberösterreich | Linz, Brucknerhaus | 25. Oktober 2011 | Alexander Janiczek und Stefan Arnold
- Niederösterreich | Festspielhaus St. Pölten | 3. November 2011 | The Philharmonics mit Tibor Kováč
- Tirol | Congress Innsbruck | 7. November 2011 | Lidia Balch und Matthias Fletzberger
- Wien | ORF RadioKulturhaus | 9. November 2011 | Acies Quartett

Eintritt (bei jedem Konzert): € 15,- | € 10,- für Ö1 Club-Mitglieder
Mehr Information: oe1.orf.at/musiksalon2011



Bartholomäus und der Dirigent Bertrand