

Das zwölfte Element

Physik. Der soeben erbrachte Nachweis des Tau-Neutrinos, des letzten Bausteins der Materie, ist nur einer von derzeit zahlreichen spektakulären Erfolgen der Teilchenforschung. Nun stellen sich Physiker der größten Herausforderung: der Suche nach einer allumfassenden Weltformel.

Klaus Buttenhauser und Alwin Schönberger

Wieder und wieder hatten sie es versucht: hatten Protonen mit enormer Energie auf Wolframkerne geschmettert; hatten beobachtet, wie diese barsten, Wolken winzigster Partikel davonstoben und wie diese Teilchenschwärme auf einen Eisenblock zurasten. Doch erst jetzt verbuchten die Wissenschaftler, eine Gruppe aus 54 internationalen Physikern, den lang ersehnten Erfolg. Am Fermi Lab, einem riesigen Teilchenbeschleuniger in Batavia, US-Bundesstaat Illinois, fing ein 15 Meter langer Detektor auf einer speziellen Emulsion vier geheimnisvoller Teilchen ein, die 25 Jahre lang bloß in den Köpfen der Physiker existiert hatten:

Die Forscher, in einer Arbeitsgruppe namens Direct Observation of the Nu Tau (DONUT) organisiert, hatten damit die Existenz des so genannten Tau-Neutrinos bewiesen. Die offizielle Bekanntgabe dieser Entdeckung am vorvergangenen Freitag löste weltweit Begeisterung in der Fachwelt aus.

"Die Bestätigung des Tau-Neutrinos ist ein äußerst wichtiges und lange erwartetes Ergebnis", kommentierte der Physik-Nobelpreisträger Leon Lederman. Byron Lundberg, Sprecher der DONUT-Gruppe, meinte pathetisch, dass "wir jetzt den direkten Beweis haben, dass Tau-Neutrinos fundamentale Bausteine der Natur sind". Man habe, so Lundberg, "die sprichwörtliche Nadel im Heuhaufen gefunden".

Missing Link. Die Freude über das wundersame Teilchen, das kaum Masse besitzt und behände durch Eisentrümmer flitzt wie ein Laserstrahl durch Butter, mag schwer begreiflich sein. Und doch ist dessen Nachweis eine wissenschaftliche Sensation. Denn damit, sagt Heinz Oberhummer, Vorstand des Instituts für Kernphysik an der TU Wien, "ist die Architektur der Materie vollständig".

Das Tau-Neutrino war das letzte unentdeckte Elementarteilchen in einem komplizierten Puzzle, mit dem die Physiker nicht weniger wollen, als die ganze Welt zu erklären. Dieses Puzzle trägt die Bezeichnung "Standardmodell" und ist ein weit verzweigtes physikalisch-mathematisches Gebilde, das die Struktur der Elementarteilchen sowie die zwischen ihnen wirkenden Kräfte beschreibt.

Im Wesentlichen gibt es dabei zwei Hauptgruppen von Partikeln, die aus zwölf Teilchentypen bestehen: zum einen sechs Quarks, die sich zu kleinen Päckchen, den Hadronen, formieren und Protonen und Neutronen bilden - die Bausteine der Atomkerne. Zweitens gibt es sechs Leptonen, zu denen die den Atomkern umschwirrenden Elektronen ebenso zählen wie die drei Neutrinos: das Elektron-, das Myon- und das nunmehr entdeckte Tau-Neutrino.

Mit diesem zwölften Teilchen ist die Bauklötzchen-Sammlung komplett. Zudem beinhaltet das Standardmodell auch die physikalischen Kräfte, die in diesem Teilchenzoo herrschen - die Bosonen. Nicht nur dem Laien wird angesichts all der umheruselnden Elementar-Brösel leicht schwummrig: "Wer sagt, dass Quantenmechanik anschaulich ist, schwindelt", befindet Oberhummer, "fassbar kann man das alles nur mit der Sprache der Mathematik machen."

Perfekte Formel. Genau so gingen die Forscher auch vor. Viele Elemente des bereits in

**ZUM THEMA**

- [Lichtgeschwindigkeit](#)
- [Interview mit US-Physiker Vittorio Paolone](#)
- [Traumreise in die Nanowelt](#)
(profil 07.06.1999)

den siebziger Jahren fertig gestellten Standardmodells existierten lange nur als physikalische Annahmen, die erst nachträglich experimentell belegt wurden - das Myon-Neutrino etwa 1988, das Top-Quark vor fünf Jahren. Das Faszinierende war, dass es immer passte: Jedes gelungene Experiment bestätigte stets die Theorien des Standardmodells. Man schien über die perfekte Formel der Materie zu verfügen.

Besonders schwierig gestaltete sich der Nachweis der Neutrinos. Bereits 1930 hatte der österreichische Physiker Wolfgang Pauli die These von der Existenz solcher Teilchen aufgestellt - und zugleich deren mühevollen Entdeckung vorausgeahnt. "Ich habe etwas Schreckliches getan", hielt Pauli fest, "ich habe ein Teilchen postuliert, das man nicht nachweisen kann."

Das Problem ist, dass sich die winzigen Dinger - die Masse des Tau-Neutrinos ist eine Million Mal geringer als die eines Elektrons - kaum einfangen lassen: Sie durchdringen Materie nahezu ungehindert. Jeder Mensch wird sekundlich von etwa einer Billion Neutrinos durchflutet.

Doch nicht nur die Tatsache, dass endlich eines der geisterhaften Objekte ins Netz ging, sorgt derzeit in der Physik für die größte Aufbruchsstimmung seit langem. Forschern aus New Jersey gelang es jüngst, im Labor mehr als 300fache Lichtgeschwindigkeit zu erzeugen.

Mitte Juli entwarfen drei US-Physiker eine neue Theorie, wonach die Schwerkraft in einer unbekanntem, vierten Dimension wirken könnte. Und Ende des Vorjahres wurden zwei niederländische Physiker mit dem Nobelpreis bedacht, weil sie eine neue mathematische Variante zur detaillierten Berechnung physikalischer Größen im Standardmodell fanden.

Große Zeit. Ein Jahrhundert nachdem der Brite Ernest Rutherford den Aufbau des Atoms erforschte und Max Planck die Grundzüge der Quantentheorie entwarf, werden wieder bahnbrechende Entdeckungen verzeichnet. "Für einen Physiker ist jetzt die aufregendste Zeit seit damals", schwärmt Oberhummer.

Dass die Physik ihre Pflicht mit der Vervollständigung des Standardmodells getan hätte, glaubt ohnehin kein Wissenschaftler mehr. In der Vergangenheit hatte man das schon viel zu oft gedacht. Bereits dem jungen Max Planck hatte einer seiner Professoren geraten, er möge seine Talente doch besser auf eine andere Disziplin verwenden, weil es in der Physik nämlich nichts mehr zu entdecken gebe.

Heute ist klar, dass die wirklich großen Durchbrüche noch bevorstehen. Ironischerweise gilt als wahrscheinlich, dass diesen ausgerechnet das als endlich komplett gefeierte Standardmodell zum Opfer fallen wird. Denn längst vermuten die Forscher, dass es noch weitere, bisher unentdeckte Teilchen gibt, die das Standardmodell nicht berücksichtigt. Eine Möglichkeit bestünde in der Existenz von so genannten "Supersymmetrien". Die diesen zugrunde liegende These besagt, dass jedes bekannte Teilchen ein bislang unbekanntes Gegenüber besitzt - einen supersymmetrischen Widerpart.

Einen Hinweis darauf, dass diese geheimnisvollen Partikel tatsächlich existieren könnten, fanden Physiker am Schweizer Kernforschungszentrum CERN erst Mitte Juli. In vier Versuchen ließen die Wissenschaftler Materie auf Antimaterie prallen und ernteten dabei mehr Teilchen, als es dem Standardmodell zufolge geben dürfte. In dem klassischen Quanten-Gebäude hätten 170 so genannte Tau-Partikel Platz - doch die Forscher fanden 228 davon, was die Vorhersagen der Supersymmetrie bestätigen würde.

Experten wie der britische Physiker Chris Llewellyn Smith halten das Standardmodell deshalb für antiquiert: "Es ist einfach zu barock", so Smith, "das kann noch nicht die ganze Geschichte gewesen sein."

Speed. Für wirklich aussagekräftige Experimente, die eine stimmige Fortsetzung der Geschichte garantieren würden, mangelt es derzeit allerdings noch an der Technik. Die verfügbaren Teilchenbeschleuniger haben schlicht zu wenig Energie, um tief genug in die Materie eindringen zu können. Doch schon bald soll sich das ändern: In fünf Jahren wird am CERN der Large Hadron Collider (LHC) in Betrieb gehen - ein neuer Beschleuniger, der Elementarteilchen durch einen 27 Kilometer langen Tunnel flitzen lässt.

Der LHC soll siebenmal mehr Energie erzeugen können als das Gerät am Fermi Lab - jener Beschleuniger, in dem das Tau-Neutrino nachgewiesen wurde. Die Forscher hoffen, damit nicht nur den Supersymmetrien auf die Schliche zu kommen, sondern auch einem mysteriösen Teilchen namens Higgs-Boson. Die Fahndung nach dem Winzling hat gute Gründe: Die Wissenschaft nimmt an, dass Higgs-Teilchen etwa eine Milliardstelsekunde nach dem Urknall auftraten und nachfolgenden Teilchen wie den Quarks ihre Masse verliehen. Damit würde man sich dem größten Geheimnis der Physik nähern: den Bedingungen, die kurz nach dem Big Bang herrschten und die für die Entstehung der Materie und damit des gesamten Universums ursächlich sind.

Doch derzeit stößt die Forschung nicht nur experimentell, sondern auch in der Theorie an noch unüberwindbare Grenzen. Das Dilemma ist die zweite große Säule, auf der die moderne Physik ruht: Albert Einsteins Relativitätstheorie. Während die Quantenmechanik einen Mikrokosmos winzigster Teilchen beschreibt, erklärte Einstein den Makrokosmos - eine unendliche, in sich gekrümmte Raum-Zeit, in der die Himmelskörper umherliegen wie in einem gespannten Gummiband.

Beide Theorien sind, wie zimal bewiesen, völlig korrekt - doch leider passen sie nicht zusammen. Mathematische Verknüpfungen der beiden fundamentalen Gebäude der Physik ergeben stets blanken Unsinn. Doch um den Beginn unserer Welt zu verstehen, müssen sie zunächst in eine gemeinsame Formel gepresst werden. Es bedürfe, beschreibt der renommierte Physiker Steven Weinberg, "einer vereinheitlichten Physik". Denn zum Zeitpunkt des Urknalls vor rund 15 Milliarden Jahren, sind sich die Physiker einig, war alles eins, waren Mikro- und Makrokosmos eine dichte, heiße Masse, ein vermischtes Urplasma.

Heiliger Gral. Die Wissenschaftler suchen deshalb nach einer wundersamen Weltformel, nach der ultimativen "Theory of every-thing". Damit, sagt der Wiener Kernphysiker Oberhammer, "hätte man den Heiligen Gral der Physik".

Tatsächlich gibt es bereits ein gedankliches Modell für diese Weltformel. Es beruht auf der Theorie der so genannten "Superstrings" - winziger vibrierender Fäden, die zwischen verschiedenen Raumtopologien zittern und gleichsam mit einem Trick Quanten- und Relativitätstheorie verbinden.

Was wäre, so die jede Vorstellungskraft sprengende Annahme, wenn es nicht nur die bekannten Dimensionen gäbe, sondern insgesamt zehn oder gar zwölf, die jedoch so winzig sind, dass wir sie nicht wahrnehmen? In dieses mathematische Modell könnten nicht nur weitere Raumrichtungen, sondern auch der Faktor Zeit einfließen - und damit Einsteins physikalische Gesetze. Ob die Weltformel experimentell erhärtet werden kann, wagt kein Physiker zu prognostizieren.

Doch erst diese, so Weinberg, "wird uns ermöglichen, die grundlegendsten Fragen der Kosmologie zu beantworten".

[DIESEN BEITRAG...](#)[DRUCKEN](#)[MAILEN](#)[KOMMENTIEREN](#)[ZURÜCK](#)

[an error occurred while processing this directive]