

Antimaterie

2p1eq1d der Materie



Von Beginn des Universums an, so scheint es, wurde die Materie, aus der unsere Welt heute besteht, **auf subtile Weise bevorzugt**. Sonst würden wir nicht existieren - es gäbe keine Sterne, keine Planeten und auch keine Menschen - nur Energie.

Alles begann mit der intensiven Hitze des Urknalls, als Materieteilchen aus reiner Energie geformt wurden. Allerdings wurde zu jedem Materieteilchen, das entstanden ist, auch ein **"Zwilling"** geboren - ein "Antiteilchen", das dieselbe Masse hat, aber **entgegengesetzte elektrische Ladung** trägt.

Während der ersten Augenblicke seines Bestehens war das Universum im Gleichgewicht, Materie und **Antimaterie** entstanden in gleicher Menge. Dann, nur eine Sekunde nach dem Urknall, war alle Antimaterie verschwunden, ebenso wie fast die ganze Materie; aus dem winzigen Überschuss an Materie entstand alles, was wir um uns herum sehen - von Sternen und Galaxien bis hin zur Erde und allem Leben auf ihr.

Was also ist mit all der Antimaterie **passiert**? Das ist eines der großen Rätsel der Teilchenphysik, eines, mit dem sich Physiker am **CERN** beschäftigen, um es zu lösen.

Eine rätselhafte Gleichung

1928 stellte der junge Physiker Paul Dirac eine Gleichung auf, um das Verhalten des Elektrons zu beschreiben. Etwas daran war allerdings seltsam - er stellte fest, dass sie zwei Lösungen hatte, eine für das Elektron und eine für ein fast identisches Teilchen mit entgegengesetzter Ladung. Vier Jahre später ist die Richtigkeit von Diracs Theorie bewiesen worden, als das erste Anti-Elektron (wegen seiner positiven Ladung Positron genannt) in von kosmischer Strahlung erzeugten Spuren gefunden wurde.

$$(i\gamma^\mu \partial_\mu - m)\psi = 0$$

Im Spiegel

Tatsächlich gibt es zu jedem Teilchen ein Antiteilchen. Wie ein Spiegelbild der normalen Materie können sich diese Antiteilchen zusammenfinden, um Antimaterie zu bilden. Dirac schlug sogar vor, dass es Gebiete im Universum geben könnte, die nur aus Antimaterie bestünden: ganze Anti-Galaxien mit Anti-Sternen und Anti-Planeten. Wir aber könnten niemals in so einer Antimaterie-Welt leben. Würden wir auch nur einen Fuß auf einen Antimaterie-Planeten setzen, so würden wir verschwinden.

Völlige Vernichtung

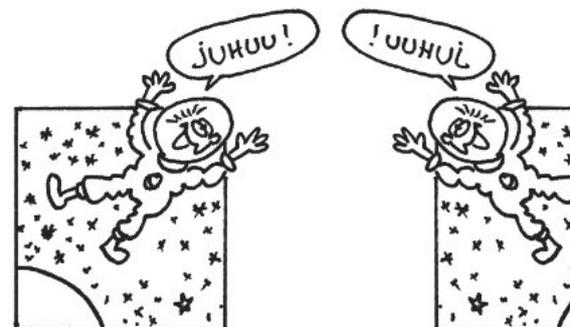
Wenn Materie und Antimaterie zusammenkommen, so vernichten sie sich vollständig. Diese explosive Beziehung wirft einige faszinierende Fragen auf. Wenn Materie und Antimaterie beim Urknall in gleicher Menge entstanden sind, warum leben wir dann in einem Universum, das nur aus Materie zu bestehen scheint? Könnte ein unbekannter Umstand dafür gesorgt haben, dass sich Materie und Antimaterie nicht völlig auslöschen konnten? Oder könnte es immer noch riesige Anhäufungen von Antimaterie im hintersten Winkel des Universums geben, wie Dirac vermutete?

Natürliche Bevorzugung

Heute gibt es noch immer keinen Hinweis auf große Antimateriekumpen im Universum, allerdings haben die Experimente der letzten 40 Jahre einen kleinen Unterschied im Verhalten zwischen einigen Teilchen und ihren Antiteilchen gezeigt. Diese leichte Asymmetrie (bekannt als CP-Verletzung) "bevorzugt" normale Materie ein wenig, doch reicht dies nicht als Erklärung aus, warum Antimaterie aus dem Universum verschwunden ist.



Das LHCb-Experiment



Sollten Sie jemals Ihrem Anti-Sie begegnen, so würden Sie beide augenblicklich verschwinden, Sie würden sich gegenseitig zerstören - nur ein Energieblitz bliebe übrig.

Die fehlende Antimaterie

Um das Geheimnis der fehlenden Antimaterie zu lüften, müssen wir zunächst Antiteilchen herstellen. Sie können in Teilchenbeschleunigern produziert werden, welche mit extrem hohen Energien den Zustand simulieren, der zu Beginn des Universums bestanden hat. Dennoch ist es immer noch alles andere als einfach, Antimaterie zu erzeugen. Erst 1995 stellte ein Experiment am CERN die ersten paar Antiwasserstoffatome her.

Gebrochene Symmetrie

Im großen Hadronen-Speicherring (LHC) werden exotische Antiteilchen erzeugt, wenn Teilchen mit nahezu Lichtgeschwindigkeit frontal aufeinanderprallen. Alle vier großen LHC-Experimente werden nach Antimaterie suchen, doch LHCb ist speziell darauf ausgerichtet. Das Experiment untersucht die "CP-Verletzung" über einen feinen Unterschied im Zerfall des Beauty-Quarks und seines Antiteilchens. Anderswo am CERN wird das NA62-Experiment auch nach Unterschieden eines Zerfalls suchen, und zwar bei instabilen Teilchen, sogenannten Kaonen, und ihren Antiteilchen. Diese Unterschiede zeigen, dass Materie und Antimaterie kein vollkommenes Gegensatzpaar darstellen: Die Symmetrie zwischen ihnen ist "verletzt". Diese Asymmetrie zu untersuchen könnte

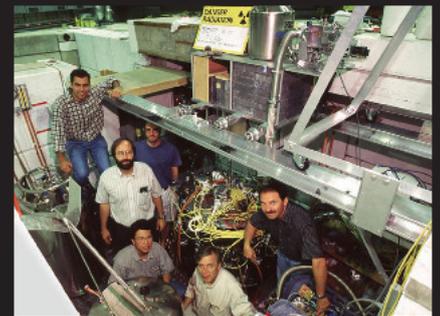
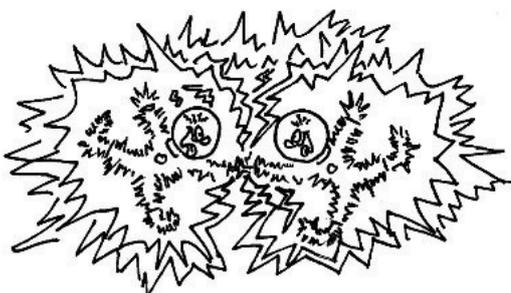
helfen zu verstehen, warum die Antimaterie verschwunden ist.

Antiteilcheneinfang

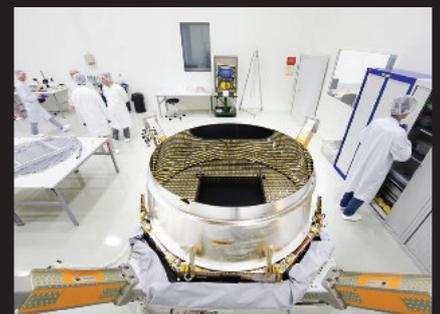
Der Antiproton-Decelerator (AD) sieht zwar den anderen Teilchenbeschleunigern des CERN sehr ähnlich, tatsächlich aber bremst er Teilchen ab! Hochenergetische Antiprotonen, die durch Kollisionen gewöhnlicher Materie erzeugt wurden, werden gesammelt und fast zum Stillstand gebracht, bevor sie in magnetischen Käfigen eingefangen werden. Auf diese Weise brachten das ATHENA- und das ATRAP-Experiment am CERN im Jahre 2002 Antiprotonen mit Anti-Elektronen (Positronen) zusammen, um Tausende von Antiwasserstoffatomen zu erzeugen. Nun untersuchen ATRAP und die neuen Experimente ALPHA und AEGIS den Antiwasserstoff darauf, ob er sich genauso wie Wasserstoff verhält.

Ins Ungewisse

Nach dem Zusammenbau am CERN wird das AMS-Experiment zur Internationalen Raumstation gebracht werden, um dort nach Antiteilchen aus dem Weltraum zu suchen, in der Hoffnung, Hinweise auf große Antimaterie-"Klumpen" im Kosmos, wie etwa Anti-Galaxien, zu finden.



Das ATRAP-Experiment

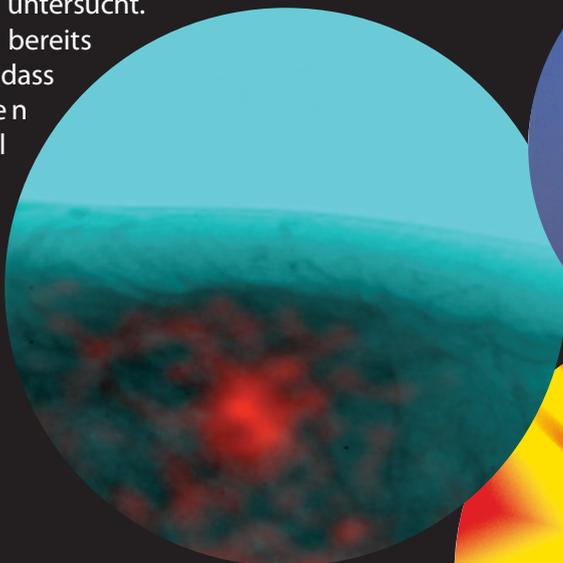


Das AMS-Experiment

Ist Antimaterie zu etwas nütze?

Am CERN wird Antimaterie hauptsächlich benutzt, um die Naturgesetze zu untersuchen, doch die Forschung kann auch zu neuen Anwendungen führen. Anti-Elektronen (Positronen) werden bereits in Positronen-Emissions-Tomografen (PET) zur medizinischen Bildgebung in Krankenhäusern benötigt. Eines Tages könnte es sogar möglich sein, Antiprotonen zur Tumorbestrahlung zu verwenden. Vorstufen davon werden beim Antimatter-Cell-Experiment (ACE) am CERN untersucht.

Es hat sich bereits herausgestellt, dass Antiprotonen Zellen viermal effizienter zerstören als Protonen.



Könnte Antimaterie in Zukunft Fahrzeuge antreiben wie das Raumschiff Enterprise?

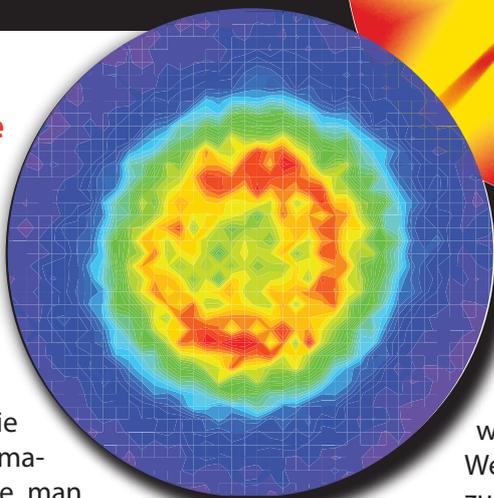
Es ist unmöglich, Antimaterie als Energie-„Quelle“ zu nutzen. Anders als Sonnenenergie, Kohle oder Öl kommt Antimaterie in der Natur nicht vor; zunächst

müssten wir jedes einzelne Antiteilchen herstellen, wofür wir viel mehr Energie einsetzen müssten, als wir durch die Vernichtung zurückbekämen.



Könnte Antimaterie vom CERN gestohlen werden?

Unmöglich! Es ist sehr schwer, Antiteilchen aufzubewahren, denn wenn sie mit normaler Materie in Berührung kommen, vernichten sie sich sofort. Um also Antimaterie zu stehlen, müsste man auch die Speicheranlagen mitnehmen. Diese „magnetischen Fallen“ brauchen einen supraleitenden Magneten und Kälteanlagen, die mehrere Tonnen wiegen, und selbst diese Anlagen können nur weniger als ein billionstel Gramm Antimaterie speichern.



Kann man Antimateriebomben herstellen, wie im Roman „Illuminati“?

Bei der gegenwärtigen Produktionsrate würde es über zwei Milliarden Jahre dauern, um genug Antimaterie (etwa ein Gramm) für eine Bombe mit einer vergleichbaren Sprengkraft wie die einer „typischen“ Kernwaffe herzustellen. Wenn wir alle jemals am CERN erzeugte Antimaterie zusammenfügen und sich mit Materie vernichten lassen könnten, so hätten wir gerade einmal genug Energie, um eine einzige elektrische Glühlampe für ein paar Minuten zum Leuchten zu bringen.

CERN
Europäische Organisation
für Kernforschung
CH-1211 Genf, Schweiz

Kommunikationsgruppe, Juni 2009
CERN-Brochure-2009-001-Ger

CERN, die Europäische Organisation für Kernforschung, wurde 1954 gegründet. Sie ist zu einem erstklassigen Beispiel internationaler Zusammenarbeit geworden und hat gegenwärtig 20 Mitgliedsstaaten. Sie hat ihren Sitz an der französisch-schweizerischen Grenze in der Nähe von Genf und ist das weltgrößte Teilchenphysiklabor.

