

Antimaterie

Die Antimaterie ist nichts geheimnisvolles. Genauer gesagt, sie war einmal etwas geheimnisvolles, allerdings nur fuer 4 oder 5 Jahren.

Nachdem Einstein seine Relativitaetstheorie aufgestellt und die Quantenphysiker die Quantenmechanik aufgestellt hatten, gab es Versuche, diese beide Theorien, die eine im Bereich des Makrokosmos gut bewaehrt und das andere im Bereich des Mikrokosmos, zu vereinigen. Der erste Erfolg gelang Paul Dirac.

Dirac ist ein englischer Physiker und ein unglaublich brillianter Mathematiker. Dirac vollendete 1928 eine Theorie, die die Quantenphysik und die spezielle Relativitaetstheorie zusammenbindet und die bis heute ihre Gueltigkeit bewahrt (trotz viele Entdeckungen, die erst danach kamen). Dirac bemerkte in seine neue Theorie, dass es Loesungen gibt, die auf dem ersten Blick physikalisch nicht sinnvoll erscheinen.

Um diese Sachverhalt zu verdeutlichen, lassen wir mal mit einer ganz einfachen Aufgabe einen Vergleich machen: Eine quadratische Gelaender hat eine Flaechen von 4 km^2 , wie gross ist die Seitenlaenge? 2km sagt der Schueler. Naja, der peinlich genauer Mathematiker wuerde sagen plusminus 2km. Aber offensichtlich gibt es fuer die -2km keinen physikalischen Sinn, also nimmt man die +2km als Loesung.

So aehnlich war nun auch Dirac ergangen. Nun war Dirac ein jener Menschen, die der Mathematik sehr vertrauen. Wenn die Mathematik schon so eine Loesung liefert, dann muss sie in der Natur auch einen Sinn haben, sagte er sich. Und so sah er, dass man diese Loesung als eine Art Anti-Materie betrachten kann.

Diese Anti-Materie haben mit der Materie fast alles gemeinsam, die Masse, die Energie, das Verhalten, die Ladungsmenge, nur nicht die Ladungsvorzeichen. Ein Stueck Anti-Materie, die etwa ein Elektron entspricht, wuerde als nicht etwa eine Minuselementarladung besitzen, sondern eine Pluselementarladung.

Nun hat bis 1928 noch keiner ein Antimaterie gesehen, so sahen viele Physiker auch diese Spekulation von Dirac sehr skeptisch gegenueber. Schliesslich sind die Physiker ja keine Mathematiker und fuer sie existieren genau das, was auch tatsaechlich in der Natur nachgewiesen werden kann.

So verging 4 Jahre und am 2. August 1932 machte ein Amerikaner namens Carl Anderson auf dem Sternwarter von Mount Wilson eine Entdeckung, die besagt, dass Diracs Spekulation richtig ist.

Was hat dieser Anderson gemacht? Dieser Anderson hat die Hoehenstrahlung untersucht. Damals gab es noch keine Teilchenbeschleuniger, und die Physiker wussten auch noch nicht, wie man so richtig hochenergetische Teilchen erzeugen kann. Aber damals wusste man schon von Hoehenstrahlung, die wurde naemlich noch frueher durch Hoehenbaloons mit entsprechenden Geraeten an Board entdeckt. Nun sagten die Physiker, na gut, wenn wir noch keine Teilchenbeschleuniger zu bauen wissen, koennen wir doch die Natur bedienen. Also nimmt man die Teilchen zur Untersuchung, die von der Hoehenstrahlung kommen.

Da man nie so richtig weiss, wann denn ein Teilchen ankommt, und das Warten darauf zu langweilig ist, ueberlaesst der faule Mensch das Warten einem Photoapparat. Bei Anderson wurde ein Nebelkammer benutzt, der von Bleiplatten durchtrennt sind, und daneben eine Kamara. Parallel zur Kamara

ist noch ein magnetisches Feld geschaltet. Wenn ein elektrisch geladenes Teilchen durch dieses magnetisches Feld fliegt, dann macht seine Bahn eine Krümmung. Diese Krümmung hängt von zwei Größen ab: die Masse des Teilchens (genauer gesagt, das Verhältnis Masse/Ladung, da allerdings die Höhenstrahlung nur Teilchen mit 1 Elementarladung aufweisen, gibt diese indirekt den Hinweis auf Masse hin) und die Geschwindigkeit des Teilchens. Die Richtung, nach welcher Seite die Spur gekrümmt ist, hängt von dem Vorzeichen der Ladung ab (aber das musst Du eigentlich schon in der Schule gehabt haben, von wegen Rechsthand-Regel und so).

An jenem besagten August-Tag nun registrierte die Kamera von Anderson eine Spur, die ausserordentlich seltsam ist. Von der Richtung der Krümmung sah man, dass es eine positive Ladung war. Da man damals ausser Elektronen nur Protonen kennt, wurde man daraus schliessen, dass das ein Proton gewesen sein musste. Allerdings durchdringt die Spur eine Bleiplatte. Das muss bedeuten, dass das Teilchen eine sehr hohe Geschwindigkeit gehabt haben musste. Wenn das ein Proton wäre und wenn seine Geschwindigkeit so gross wäre, würde er aber einen viel grösseren Krümmungsradius haben als die auf der Platte. Folglich: das Teilchen, das diese Spur verursacht hatte, hat eine viel kleinere Masse.

Das ist doch was äusserst merkwürdiges, dachte sich Anderson und beschliess, die Sache genauer zu untersuchen, so konnte er aus der Spur vor und nach der Bleiplatte die Geschwindigkeit des Teilchens bestimmen und somit die Masse, und siehe da, die Masse ist genau so gross wie die des Elektrons. Somit hat Anderson ein positives Elektron, also ein Positron, entdeckt. Das war das erste Anti-Materie-Teilchen, dass je in der menschliche Geschichte dokumentiert wird.

Heute kennt man schon so viele Positronen, dass Photoplatten der Höhenstrahlung mit einer Positron-Spur glatt weggeworfen werden würden, weil sie voellig uninteressant sind.

Nun, wie entstehen die Positronen in der Höhenstrahlung (und damit verbunden auch die Frage, wie macht man sowas), schliesslich besteht ja unsere Welt aus Materie. Die Höhenstrahlung besteht aus Teilchen mit sehr hoher Geschwindigkeit (zum Beispiel Elektronen oder Protonen, die mit fast Lichtgeschwindigkeit bewegen) oder sehr hochenergetische Photonen (also Gamma-Strahlung). Wenn diese Teilchen auf ein irdisches Teilchen in der Atmosphäre treffen, dann zerschmettert diese das irdische Teilchen buchstäblich. Daraus wird zuerst einmal eine riesen Trümmel, die mit ebenfalls immer noch sehr hohe Geschwindigkeit bewegen. Dabei können die Teilchen-Antiteilchen-Paare entstehen, ein hochenergetisches Photon kann also zum Beispiel in einem Positron und einem Elektron zerfallen. Das ist das Umkehrereignis, wie wenn ein Positron ein Elektron trifft, dann gibt es einen Lichtblitz. So stellen heutzutage die Physiker auch in den Teilchenbeschleunigern Antimaterie her: Man beschleunigt zum Beispiel Elektronen oder Protonen so stark, dass sie fast mit Lichtgeschwindigkeit fliegen und zerschmettern sie auf Atomkerne, dabei kann unter anderem auch Antimaterie entstehen.

An sich genommen ist dies inzwischen schon eine Routine bei den Hochenergie-Physiker. Wenn zum Beispiel die Ringe bei DESY oder bei CERN laufen, werden täglich milliarden von Positronen erzeugt.

Diese erzeugte Teilchen fliegen aber ebenfalls mit sehr hoher Geschwindigkeit. Diese zu fangen und abzubremesen, das ist nun eine wahre Kunst, die ebenfalls eine lange und wundervolle Entwicklungsgeschichte hinter sich hat und einige Nobelpreise hervorgebracht hatte. Vor etwa 5 Jahre war man so weit, dass man Anti-Protonen so weit abkühlen konnte, dass man sie in einem thermoflaschefoermigen Behälter in einem Pkw von der Ostküste des amerikanischen Kontinents bis zur Westküste transportieren konnte (ich moechte gern wissen, welche Gefahrgut-

Transport-Tafel das Fahrzeug getragen hatte :-).

Anti-Protonen oder Positronen sind deswegen "leicht" zu behandeln, weil sie elektrisch geladen sind. Elektrisch geladene Teilchen kann man immer mit elektrische oder magnetische Kraefte ablenken, waehrend bei neutrale Teilchen das schon viel schwieriger ist, zumal bei den Anti-Teilchen man sie nicht antasten kann, weil wie vorhin schon beschrieben, sie sonst in einem Lichtblitz zerstrahlen. Das ist auch der Grund, warum die Anti-Protonen transportiert werden konnten und die Anti-Wasserstoff-Atome binnen kuerzester Zeit wieder weg waren.

Um diese schon recht lange (und doch immer noch nicht ausfuehrlich genuge) Mail zu beschliessen, haenge ich noch drei Literatur-Empfehlungen fuer das weiterlesen (alle drei aus dem Zeitschrift "Spektrum der Wissenschaft"):

Einschluss neutraler Teilchen mit Laserstrahlen (*)

von Steven Chu

1992 / 4 S.68 - 75

Elektrisch neutrale Partikel wie Atome oder Makromolekuele lassen sich mittels Laserlicht nahezu vollstaendig zur Ruhe bringen und gezielt beeinflussen. Damit eroeffnen sich neue Anwendungen in Physik und Biochemie. So kann man etwa Gase bis fast auf den absoluten Nullpunkt kuehlen, praezisere Atomuhren entwickeln oder einzelne DNA-Molekuele strecken.

Kuehlung und Speicherung von Antiprotonen

von Gerald Gabrielse

1993 / 2 S.44 - 51

Mit einem neuen Verfahren lassen sich die in Beschleunigern erzeugten hochenergetischen Antiteilchen der Protonen abbremsen und einsperren. Die Untersuchung dieser Partikel niedrigster Energie liefert die bisher genauesten Vergleiche der Eigenschaften von Materie und Antimaterie.

Paul Dirac und das Schoene in der Physik

von R. Corby Hovis & Helga Kragh

1993 / 7 S.84 - 90

Sein Leben widmete er der Suche nach mathematischer Eleganz in den Naturgesetzen. Geradezu besessen von dieser Vorstellung gelangen ihm bahnbrechende Erkenntnisse in der Quantentheorie -- wie etwa die Voraussage der Antimaterie.

Ferner das wunderschoeene Einfuehrungsbuch in die Quantenmechanik vom Spektrum-Verlag: Das Quantenuniversum.