

Garching, 4. November 2016

Presse-Information

Symmetrie zwischen Materie und Antimaterie mit Rekordgenauigkeit bestätigt

**Experiment am CERN erzielt höchste Genauigkeit bei der Bestimmung
des Massenverhältnisses von Antiproton zu Elektron**

Nach dem Standardmodell der Elementarteilchenphysik existiert zu jedem Teilchen ein Antiteilchen, das sich exakt gleich verhalten sollte. „Anti-Menschen“ in einer Anti-Welt würden somit die gleichen physikalischen Gesetze beobachten und überhaupt die gleichen Erfahrungen machen wie wir. Diese Annahme ist jedoch nur schwer zu überprüfen, da es fast unmöglich ist, Messungen an Antimaterie vorzunehmen: wenn immer ein Antiteilchen auf sein materielles Gegenstück trifft, vernichten sich die beiden Teilchen gegenseitig unter Freisetzung von Energie. Ein Team von Wissenschaftlern am Max-Planck-Institut für Quantenoptik in Garching und der Universität Tokio (Japan), unter der Beteiligung der Universität Brescia (Italien) und des Wigner-Instituts (Budapest, Ungarn), hat jedoch einen Weg gefunden, diese Hürde zu nehmen. In einem Experiment am Europäischen Zentrum für Hochenergiephysik CERN in Genf (Schweiz) fangen die Wissenschaftler Antiprotonen in Heliumatomen ein. Da die Heliumatome aufgrund neuer Kühltechniken fast zum Stillstand kommen, lassen sich an den so gefangenen Antiprotonen hochgenaue spektroskopische Untersuchungen durchführen. „Wir erreichen für das Verhältnis von Antiprotonen- zu Elektron-Masse eine Genauigkeit von 800 zu einer Billion (10^{12})“, sagt Dr. Masaki Hori, Leiter der Forschungsgruppe „Antimatter Spectroscopy“, die mit der Abteilung Laserspektroskopie von Prof. Theodor W. Hänsch am MPQ assoziiert ist. (Science, 4. November, 2016).

1997 bauten Forscher des MPQ in Zusammenarbeit mit weiteren europäischen, amerikanischen und japanischen Gruppen eine neue Anlage namens „Antiprotonen Decelerator“ (Abbremsler) am CERN. Hier werden die in Teilchenkollisionen bei hohen Energien erzeugten Antiprotonen gesammelt, zirkulieren in einer ringförmigen Vakuumkammer von 190 Meter Umfang und werden dort schrittweise abgebremst, bevor sie den Experimenten zugeführt werden. Die sogenannte ASACUSA-Gruppe (für „Atomic Spectroscopy and Collisions using Slow Antiprotons“, genannt nach einem Stadtteil in Tokio), zu der Dr. Hori als einer der Projektleiter gehört, schickt die Antiprotonen auf ein Helium-Target. Gewöhnliches Helium besteht aus einem Atomkern, der von zwei Hüllenelektronen umrundet wird. Wenn die Antiprotonen auf das Heliumgas treffen, ersetzen ungefähr 3% der negativ geladenen Antiteilchen eines der Hüllenelektronen. Das Antiproton befindet sich in einer hoch angeregten Umlaufbahn in einer Entfernung von etwa 100 Pikometern (10^{-10} Metern) von dem Heliumkern. Um seine Masse zu bestimmen, führen die Wissenschaftler hochpräzise spektroskopische Untersuchungen durch. Dazu bestrahlen sie die antiprotonischen Heliumatome mit Laserlicht, dessen Frequenz genau so eingestellt ist, dass das Antiproton von einer Energiebahn auf die nächste hüpft. Vergleicht man diese Frequenz mit theoretischen Berechnungen, dann lässt sich daraus die Masse des Antiprotons im Verhältnis zur Masse des Elektrons ableiten.

Presse- und
Öffentlichkeitsarbeit
Dr. Olivia Meyer-Streng

Tel.: 089 / 32 905-213
E-Mail: olivia.meyer-streng@mpq.mpg.de

Hans-Kopfermann-Str. 1
D-85748 Garching

Tel.: 089 / 32 905-0
Fax: 089 / 32 905-200

Die ständige thermische Bewegung der antiprotonischen Atome ruft jedoch prinzipielle Ungenauigkeiten hervor: Atome, die sich dabei auf den Laser zu bewegen, sehen aufgrund der Dopplerverschiebung eine andere Frequenz als Atome, die sich davon weg bewegen. Der große Fortschritt, über den das ASACUSA-Team jetzt in der Zeitschrift *Science* berichtet, wurde durch ein neues Kühlverfahren erzielt, das die Atome auf Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt, zwischen 1,5 und 1,7 Kelvin, bringt. „Wir benutzten dabei die Methode der „Buffergas-Kühlung“, erklärt Dr. Hori. „Es ist überraschend, dass dieses Verfahren überhaupt funktioniert. Denn normalerweise würde man annehmen, dass die Atome des Buffergases, wenn sie mit den zur Hälfte aus Antimaterie bestehenden Heliumatomen zusammenstoßen, annihilieren. Hier wird die Annihilation aber dadurch verhindert, dass die Antiprotonen von dem verbliebenen Hüllenelektron sicher abgeschirmt werden.“ Die neuen Messungen, die auf zwischen 2010 und 2104 genommenen Daten von ca. 2 Milliarden Atomen beruhen, zeigten, dass das Antiproton 1836.1526734(15) Mal so schwer ist wie das Elektron (die Zahl in der Klammer entspricht der Ungenauigkeit einer Standardabweichung). Dieser Wert steht in exzellenter Übereinstimmung mit einer kürzlich erfolgten Messung des Verhältnisses von Proton- zu Elektron-Masse.

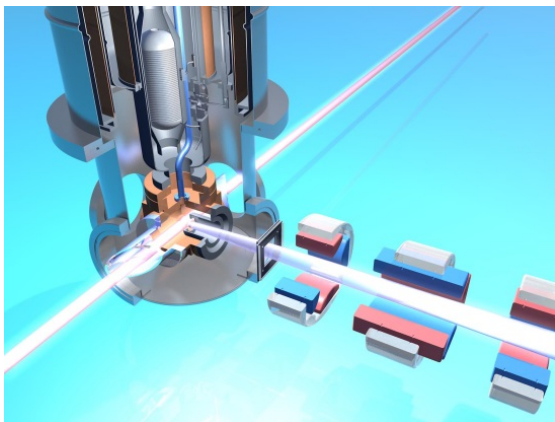


Abbildung: Schema des experimentellen Aufbaus, mit dem am CERN das Verhältnis von Antiproton- zu Elektron-Masse bestimmt wird. Graphik: Masaki Hori

Die Physiker glauben, dass in der Natur eine fundamentale Symmetrie herrscht, die sogenannte **C(harge)P(arity)T(ime)** Invarianz (das steht für Ladungskonjugation, Raumspiegelung und Zeitumkehr). Das sogenannte CPT-Theorem postuliert, dass eine „Antiwelt“, in der alle Materie im Universum durch Antimaterie ersetzt, rechts und links vertauscht und überdies der Fluss der Zeit umkehrt wird, von unserer realen Welt nicht zu unterscheiden ist. Könnte experimentell ein noch so kleiner Unterschied zwischen Materie und Antimaterie festgestellt werden, so würde das einen Bruch dieser fundamentalen Symmetrie bedeuten. Und diese Beobachtung könnte vielleicht zu einer Erklärung führen, warum das Universum, in dem wir leben, vollständig aus Materie besteht, obwohl doch bei seiner Entstehung im großen Urknall Materie und Antimaterie in gleicher Menge erzeugt wurden. „Wir sind zuversichtlich, dass wir die Genauigkeit unserer Messungen noch steigern können. Dafür wollen wir die Buffergas-Kühlung mit der Zwei-Photon-Spektroskopie kombinieren, die schon für sich die durch den Dopplereffekt hervorgerufenen Ungenauigkeiten reduziert“, resümiert Dr. Hori. Zu diesem Zweck wird am CERN schon das nächste Experiment mit Namen ELENA geplant. *Olivia Meyer-Streng*

Originalveröffentlichung:

Masaki Hori, Hossein Aghai-Khozani, Anna Sótér, Daniel Barna, Andreas Dax, Ryugo Hayano, Takumi Kobayashi, Yohei Murakami, Koichi Todoroki, Hiroyuki Yamada, Dezső Horváth, Luca Venturelli

Buffer-gas cooling of antiprotonic helium to 1.5-1.7 K, and antiproton-to-electron mass ratio

Science, 4. November 2016, DOI: [10.1126/science.aaf6702](https://doi.org/10.1126/science.aaf6702)

Kontakt:

Dr. Masaki Hori

Max-Planck-Institut für Quantenoptik
Hans-Kopfermann-Str. 1, 85748 Garching b. München
Telefon: +49 (0)89 32 905 - 268
E-Mail: masaki.hori@mpq.mpg.de

Dr. Olivia Meyer-Streng

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Max-Planck-Institut für Quantenoptik
Telefon: +49 (0)89 / 32 905 -213
E-Mail: olivia.meyer-streng@mpq.mpg.de