

Neutronen, ultrakalt

Foto links: TUM, Foto rechts: Eckert / Heddergatt, TUM

Geschwindigkeit ist nicht immer Trumpf, daher bremsen Physiker der TUM Neutronen mithilfe von gefrorenem Wasserstoff auf die Geschwindigkeit eines Radfahrers ab. Die Forscher wollen mehr über die Entstehung der Elemente nach dem Urknall erfahren

Neutronen, die mit der Geschwindigkeit eines Fahrradfahrers zu einem Experiment fliegen, sollen ein uraltes Rätsel klären: Warum wurde nach dem Urknall mehr Materie als Antimaterie produziert? Diesem kleinen Ungleichgewicht ist es zu verdanken, dass die Bausteine des Lebens, die Elemente, überhaupt entstehen konnten. Der Exzellenzcluster „Origin and Structure of the Universe“ untersucht diese Frage mithilfe ultrakalter Neutronen. Das sind Neutronen mit stark reduzierter Energie, die künftig an einer ultrakalten Neutronenquelle am FRM II produziert werden.

Warum Wissenschaftler die Symmetrieverletzung zwischen Materie und Antimaterie an Neutronen untersuchen, liegt an einem besonderen Merkmal dieser Teilchen: Obwohl von außen betrachtet elektrisch neutral, tragen Neutronen eine Ladungsverteilung in sich. Weil ein solcher Dipol im Neutron ebenfalls eine unerlaubte Symmetrieverletzung darstellt, könnte er das Ungleichgewicht von Materie und Antimaterie beim Urknall erklären. Das Dipolmoment des Neutrons will die Gruppe um Prof. Dr. Peter Fierlinger von der TU München unter-

suchen, nachdem die Teilchen stark abgebremst wurden. Von den mehreren Tausend Metern pro Sekunde, die sie noch im Reaktor nach der Kernspaltung haben, werden sie auf etwa fünf Meter pro Sekunde verlangsamt. Die Neutronen werden dabei nicht mechanisch abgebremst, wie noch in den 1960er- und 1970er-Jahren am Atom-Ei, sondern durch Abkühlen mit gefrorenem schwerem Wasserstoff.

Die ultrakalte Neutronenquelle in Garching soll pro Kubikzentimeter 10.000 Neutronen erzeugen. Damit wird die Quelle des Exzellenzclusters Universe die stärkste der Welt. Am Institut Laue-Langevin in Grenoble produziert die derzeit noch stärkste ultrakalte Neutronenquelle lediglich 50 Neutronen pro Kubikzentimeter. Sie ist eine Kopie der ersten derartigen Anlage, die am Atom-Ei in Garching von Dr. Albert Steyerl entwickelt wurde: die Neutronenturbine. Sie bremste die Neutronen aus dem Reaktor mechanisch ab, indem sie sich von den Teilchen wegdrehte und sie im Flug abbremste. Derzeit testet Peter die ersten Prototypen der wissenschaftlichen Geräte für die Messung des Dipolmoments

Im Reaktorbecken der Forschungs-Neutronenquelle FRM II werden die Neutronen aus der Kernspaltung frei und zu den Experimenten geleitet

in der neuen Experimentierhalle Ost der Forschungs-Neutronenquelle. Die ultrakalte Neutronenquelle selbst soll bis zum Jahr 2011 fertig sein. Die abgekühlten Neutronen werden dann für die Experimente so lange in einen 40 Meter langen Leiter gefüllt, bis die Konzentration darin gesättigt ist. Der Leiter verbindet die Quelle mit den Experimenten. Am Ende des Leiters wird eine Öffnung aufgeschoben, sodass die ultrakalten Neutronen zu den Experimenten strömen.

Nicht nur das rätselhafte Ungleichgewicht zwischen Antimaterie und Materie werden die Wissenschaftler mit den ultrakalten Neutronen untersuchen. Eine zweite Gruppe am experimentellen Physiklehrstuhl E18 um Dr. Rüdiger Picker wird die langsamen Neutronen nutzen, um ihre Lebensdauer zu messen. Neutronen zerfallen nach etwa 15 Minuten. Allerdings ist dieser Messwert immer noch mit einer großen Ungenauigkeit behaftet. Die ersten Atomkerne im Universum – vor allem Wasserstoff und Helium – wurden innerhalb der ersten Minuten nach dem Urknall gebildet. Da sie sich aus Protonen und Neutronen zusammensetzen, spielt die Lebens-

Professor Peter Fierlinger untersucht nicht nur Neutronen nach dem elektrischen Dipolmoment: In einem Parallelexperiment bereitet er derzeit Versuche mit dem Edelgas Xenon vor

dauer der Neutronen bei der Gruppierung zu Atomkernen eine entscheidende Rolle. Um die Entstehung von Elementen besser zu verstehen, arbeiten die Wissenschaftler daran, die Messung weiter zu präzisieren. Eine zweite große Fragestellung ist das Verständnis der elektroschwachen Kraft: Als eine der vier Grundkräfte vermittelt sie den radioaktiven Zerfall von Elementen. Unter Beteiligung des Universe-Clusters entsteht derzeit eine spezielle Flasche, in der die ultrakalten Neutronen mithilfe von supraleitenden Magneten eingesperrt und untersucht werden.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft fördert den Bau der ultrakalten Neutronenquelle mit insgesamt 2,7 Millionen Euro. □

Links

www.frm2.tum.de
www.universe-cluster.de