

7. Oktober 2015



Das Komitee für Astroteilchenphysik KAT gratuliert sehr herzlich

Prof. Dr. Takaaki Kajita, University of Tokyo, Japan und

Prof. Dr. Arthur B. McDonald, Queen's University, Kingston, Kanada

zum Physik-Nobelpreis 2015 für ihre führende Rolle bei der Entdeckung der Neutrinooszillation mit den Experimenten Super-Kamiokande und Sudbury Neutrino Observatory (SNO).

Neutrinos sind neben Photonen (den Teilchen des Lichts) die häufigsten Teilchen im Universum und spielen bei vielen Prozessen seit dem Urknall bis zu den heutigen Kernfusionsreaktionen im Innern von Sternen (z.B. in unserer Sonne) eine sehr wichtige Rolle. Bis 1998 galten Neutrinos als masselose Elementarteilchen. Diese Annahme haben Prof. Kajita und Prof. McDonald mit ihren Messungen widerlegt und die Existenz von Neutrinooszillationen nachgewiesen.

Beide Wissenschaftler haben zweifelsfrei nachgewiesen, dass Neutrinos sich im Flug von einer Sorte (z.B. Myon neutrino) in eine andere Sorte (z.B. Tauneutrinos umwandeln). Prof. Kajita hat diese Entdeckung 1998 durch die Beobachtung von Neutrinos, die durch kosmische Strahlung in der Atmosphäre entstanden sind, gemacht. Mit dem Super-Kamiokande-Detektor konnten Prof. Kajita und seine Kollegen zeigen, dass diese atmosphärischen Myon neutrinos nach langen Flugstrecken nicht mehr nachgewiesen werden können, weil sie sich – wie wir jetzt genau wissen – in Tauneutrinos umgewandelt haben, für die der Super-Kamiokande-Detektor unempfindlich ist. Prof. McDonald konnte mit seinen Messungen im Jahre 2001 das über drei Jahrzehnte bestehende solare Neutrinoproblem lösen: Seit Anfang der 1970er Jahre wurden in mehreren Experimenten deutlich weniger Neutrinos von der Sonne nachgewiesen, als aus den Kernfusionsprozessen im Sonneninnern erwartet wurden. Das unter deutscher Leitung im italienischen Untergrundlabor LNGS aufgebaute Experiment GALLEX konnte schon in den 1990er Jahren zeigen, dass dieses Neutrinodefizit nicht auf unverständliche Eigenschaften der Sonne zurückzuführen, sondern anderweitig zu suchen ist. Prof. McDonald und seine Kollegen konnten mit ihren Messungen mit dem SNO-Detektor zum ersten Mal zweifelsfrei zeigen, dass sich die solaren Elektronneutrinos auf dem Weg zur Erde in Myon- und Tauneutrinos umwandeln. Beide Experimente – Super-Kamiokande und SNO – sind tief unter der Erde in sogenannten Untergrundlaboratorien aufgebaut, um die kosmische Strahlung, die Störsignale erzeugt, abzuschirmen.

Das quantenmechanische Phänomen der Neutrinooszillation bedeutet, dass Neutrinos doch eine von Null verschiedene Masse besitzen müssen sowie untereinander mischen. Damit werfen sie viele sehr spannende Fragen zu ihrer Natur auf: Wie groß sind die Massen der Neutrinos und ihre Mischungen? Sind Neutrinos ihre eigenen Antiteilchen? Sind besondere Neutrinoeigenschaften dafür verantwortlich, dass unser Universum aus Materie und nicht zu gleichen Teilen aus Antimaterie besteht? Welche ganz besondere Beziehung haben Neutrinos zum Higgs-Teilchen, um ihre mindestens eine millionenfach kleinere Masse im Vergleich zu den anderen Materieteilchen zu erklären? Damit hat die Entdeckung der beiden Physik-Nobelpreisträger um die Jahrtausendwende die Tür zum Verständnis der häufigsten Materieteilchen des Universums und vieler damit verbundenen Prozesse weit aufgestoßen.

Inzwischen wurde Neutrinooszillation mit vielen Experimenten weltweit – auch mit signifikanter deutscher Beteiligung wie BOREXINO, Double Chooz, OPERA – bestätigt und werden zur Zeit in immer tieferen Details vermessen. Die Neutrinomassen selbst können mit Neutrinooszillationsexperimenten wie Super-Kamiokande oder SNO leider nicht bestimmt werden, sondern nur deren Unterschiede (genauer die Differenzen der Quadratwerte der Neutrinomassen). Um die Neutrinomasse direkt zu messen, baut eine internationale Kollaboration am Karlsruher Institut für Technologie das KATRIN-Experiment auf, das 2016 in Betrieb gehen wird. Zudem sollen mit der Suche nach dem neutrinolosen doppelten Betazerfall die Neutrinomassen indirekt bestimmt werden. Unter den weltweit führenden Experimenten befindet sich auch das Experiment GERDA unter Leitung der Max-Planck-Gesellschaft, dessen zweite und noch empfindlichere Phase II innerhalb eines Jahres die Messungen starten wird. Diese Experimente KATRIN und GERDA bauen daher auf den gerade mit dem höchsten Preis der Wissenschaft gewürdigten Entdeckungen auf.

Die Untersuchung der Eigenschaften von Teilchen aus astrophysikalischen Quellen – wie hier atmosphärischen oder solaren Neutrinos durch die beiden Physik-Nobelpreisträger – bzw. astrophysikalische Messungen mit Neutrinos, hochenergetischer Gammastrahlung oder geladenen Botenteilchen, machen das neue, aufstrebende Gebiet der Astroteilchenphysik aus, das auch in Deutschland eine immer stärkere Rolle spielt.