

Antimaterie und das Pauliprinzip

Stefan Denk

Institut für Theoretische Physik

In dieser Diplomarbeit wird das Phänomen der Vernichtung von Materie theoretisch behandelt. Konkret betrachtet werden die im Leitungsband eines Metalls vorkommenden Elektronen, also jene Teilchen, die für die hohe Leitfähigkeit von Metallen verantwortlich sind. Zur Vernichtung eines dieser Elektronen bedarf es des entsprechenden Gegenstücks beziehungsweise Antiteilchens, genannt Positron. Kommen sich ein Positron und ein Elektron besonders nahe, ist es nur eine Frage der Zeit, bis der Vernichtungsprozess einsetzt: Das Positron und das Elektron verschwinden, und es bleiben nur noch Photonen über, also "Lichtblitze" besonders hoher Energie. Dadurch wird die Materiestruktur aus der Tiefe des Vielteilchensystems wahrnehmbar.

Der Begriff der Antimaterie mag wohl etwas exotisch anmuten, erinnert er doch etwas an den "Warp-Antrieb" aus "Star Trek". Allzu abgehoben ist das Thema jedoch nicht: Der erste experimentelle Nachweis von Antiteilchen gelang mithilfe der Höhenstrahlung, worin Positronen also vorkommen. Auch gibt es in der Medizin Anwendungen, wie z.B. die Positronenemissionstomografie. Dabei dienen radioaktiv zerfallende Atomkerne als Positronenquelle, wie auch für die im Zusammenhang mit meiner Arbeit interessanten Experimente.

In meiner Diplomarbeit wurde eine quantenmechanische Theorie zur Beschreibung eines Systems aus vielen Elektronen und einem einzelnen Positron entwickelt. Gleichnamige Teilchen sind in der Quantentheorie absolut ununterscheidbar. Daraus ergibt sich eine interessante Konsequenz: Die Teilchen lassen sich in zwei Gruppen unterteilen, in Bosonen und Fermionen. Beispielsweise gehören Photonen zu den Bosonen, Elektronen und Positronen zu den Fermionen. Im Gegensatz zu den Bosonen unterliegen letztere dem Pauliprinzip, welches unter anderem für den Aufbau des Periodensystems der chemischen Elemente mitverantwortlich ist. Auch bei der Entwicklung meiner Theorie spielte das Pauliprinzip eine zentrale Rolle, was mit einem sehr großen Maß an mathematischen Mehraufwand verglichen mit Bosonentheorien verbunden war. Dieser Mehraufwand machte sich jedoch auch bezahlt, denn es stellte sich heraus, dass das Pauliprinzip großen Einfluss auf die Ergebnisse hat. Beim Entwickeln guter Vielteilchentheorien ist es also unerlässlich, dieses Prinzip sehr genau zu berücksichtigen.