

5 Elementarteilchen

Rolf-Dieter Heuer, Peter Schmüser

5.1 Historische Entwicklung und grundlegende Konzepte der Elementarteilchenphysik

5.1.1 Elementarteilchen in der Atom- und Kernphysik

Schon im Altertum sind die Menschen von der Idee fasziniert gewesen, dass alle Materie aus kleinsten, unteilbaren Bausteinen, den „Atomen“, bestehen könnte. Die moderne Naturwissenschaft hat diese Vorstellung bestätigt, aber im 20. Jahrhundert ist die Rolle der fundamentalen Bausteine der Materie von den Elementarteilchen übernommen worden. Doch die Frage, welche dieser Teilchen wirklich elementar und nicht ihrerseits aus kleineren Objekten aufgebaut sind, ist nicht endgültig geklärt und wird uns im Weiteren ausführlich beschäftigen.

Nur drei Elementarteilchen sind erforderlich, um den Aufbau der Atome, Moleküle, Festkörper und letztlich der gesamten makroskopischen Materie zu erklären: Protonen und Neutronen sind die Bestandteile der Atomkerne, Elektronen bilden die Atomhülle. Die Entwicklung der Quantenphysik ist eng mit einer anderen Sorte von „Teilchen“ verknüpft, den *Photonen* oder Lichtquanten. Diese bauen keine Materie auf, sondern sind die elementaren *Energiequanten des elektromagnetischen Feldes*.

Die Quantenmechanik ist in den zwanziger Jahren mit großem Erfolg angewandt worden, um die Struktur der Atome und ihre Spektrallinien zu erklären. Diese Theorie beruht auf der nichtrelativistischen Mechanik, doch bereits bei der Feinstruktur der atomaren Spektren erwiesen sich relativistische Korrekturen als nötig (s. Kap. 1, Abschn. 1.3.6.1). Wenn man die Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie und der Quantenmechanik in einer relativistischen Quantentheorie vereinigt, folgt nahezu zwangsläufig, dass zu jedem bekannten Teilchen ein *Antiteilchen* existieren muss, welches die gleiche Masse, aber die entgegengesetzte Ladung hat. Das Positron als Antiteilchen des Elektrons wurde 1932 gefunden, wenige Jahre nach der Aufstellung der Dirac-Gleichung, der relativistischen Wellengleichung für Teilchen mit Spin $1/2$. Das Antiproton wurde 23 Jahre später am eigens dafür gebauten Bevatron-Beschleuniger in Berkeley, USA, entdeckt.

Doch noch ein weiteres Teilchen wird in unserer Welt gebraucht. Nach der Entdeckung des Neutrons im Jahr 1932 wurde deutlich, dass die Beta-Zerfälle der Atomkerne die fundamentalen Erhaltungssätze von Energie, Impuls und Drehimpuls verletzen würden, sofern man nicht die Existenz eines nahezu masselosen, ungeladenen Teilchens, des Neutrinos, fordert. Auch bei den Kernumwandlungen in der Sonne spielt das Neutrino eine Rolle.