

1.13 *Der Weg zum Higgs-Mechanismus*

CARSTEN BUSCH

Hamburg

c_busch@gmx.de

Zur Beschreibung der starken Wechselwirkung entwickelte der japanische Physiker Yukawa Hideki (1907–1981) im Rahmen der Quantenfeldtheorie um 1935 die Idee, dass fundamentale Kräfte durch den Austausch von Kraftteilchen vermittelt werden. Aufgrund der geringen Reichweite der Kernkraft sollte das entsprechende Austauscheteilchen eine relativ große Masse haben. 1947 wurde in der kosmischen Höhenstrahlung das Pion entdeckt, welches als das von Yukawa postulierte Austauscheteilchen der Kernkraft gedeutet wurde. In der Quantenelektrodynamik (QED) wird dann die Wechselwirkung geladener Teilchen durch den Austausch virtueller Photonen beschrieben. Die Quantenelektrodynamik setzte sich Ende der 1940er Jahre als Theorie der elektromagnetischen Wechselwirkung durch. Das Renormierungsverfahren, mit dem „unphysikalische“ Unendlichkeiten zumindest pragmatisch verbannt wurden, die vergleichsweise anschauliche Formulierung der QED durch Richard Feynman (1918–1988) und die Fortschritte in der Experimentiertechnik, die z. T. auf kriegsbedingte Innovationen (z. B. Mikrowellentechnik) zurückzuführen sind, können u. a. als Erklärungsgründe für den Erfolg der QED herangezogen werden. Vor allem aufgrund der Arbeiten von Chen Ning Yang (*1922) und Robert Mills (1927–1999) etablierte sich seit Mitte der 1950er Jahre die Idee, dass die in der QED gegebene lokale Eichinvarianz ein wesentlicher Bestandteil einer Theorie der fundamentalen Wechselwirkungen ist. Dass Austauscheteilchen massiv sein können – und im Falle der (elektro)schwachen Wechselwirkung sein müssen –, stellte jedoch zunächst einen Widerspruch zur Forderung nach lokaler Eichsymmetrie dar, der erst mit dem Higgs-Mechanismus theoretisch gelöst werden konnte. Die ersten Ansätze dazu liegen überraschenderweise in der nicht-relativistischen Festkörper- und Plasmaphysik; diese Konzepte wurden dann Mitte der 1960er Jahre durch mehrere, z. T. unabhängig voneinander arbeitende Teilchenphysiker herangezogen, um das Massenproblem zu lösen. Im vorliegenden Artikel wird anlässlich der kürzlich verkündeten Entdeckung des Higgs-Bosons durch Experimente am Forschungszentrum CERN bei Genf und des dadurch ausgelösten öffentlichen Interesses versucht, einen beschreibenden Überblick über die oben skizzierte historische Entwicklung zu geben. Die wichtigsten physikalischen Ansätze und Ideen werden anschaulich und knapp erklärt, um auch Wissenschaftshistoriker(inne)n ohne teilchenphysikalische Ausbildung einen ersten Einblick zu ermöglichen. Neben den theoretischen Entwicklungen wird auch auf einige der für die elektroschwache Theorie (einschließlich des Higgs-Mechanismus) relevanten Beschleunigerexperimente hingewiesen. Auch werden z. T. exemplarisch wissenschaftsgeschichtlich interessante alternative Theorieansätze angedeutet, um nicht zu sehr die mit der gewählten Darstellungsweise häufig verbundene Illusion eines linearen und zwangsläufigen Fortschreitens der Teilchenphysik entstehen zu lassen.