

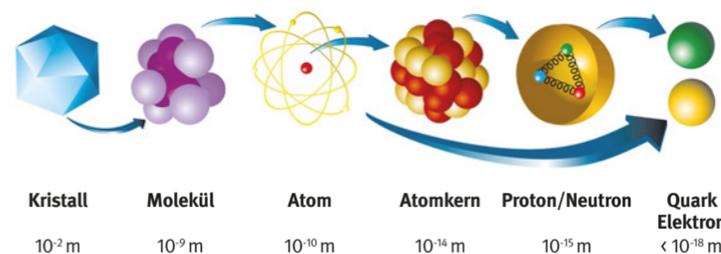
Was die Welt im Innersten zusammenhält

Elementarteilchen und das Standardmodell

Unteilbar – oder nicht?

Die Elementarteilchenphysik beschäftigt sich mit den fundamentalen Bausteinen von allem, was wir kennen. Schon in der Antike vermutete man, dass es solche unteilbaren Bausteine gibt, und nannte sie Atome. Sie bestehen aus Elektronen und einem Atomkern. Der Atomkern wiederum setzt sich aus Protonen und Neutronen zusammen.

Seit fünfzig Jahren wissen wir, dass auch die Protonen und Neutronen nicht die kleinsten Teilchen sind, sondern dass sie aus Quarks bestehen und von Gluonen zusammengehalten werden. Quarks und Elektronen jedoch sind nach heutigem Stand nicht mehr aus noch kleineren Teilchen zusammengesetzt – sie sind also die unteilbaren Bausteine des Universums, die „Elementarteilchen“.



† Vom Kristall zum Quark. (Bild: DESY)

Das Standardmodell der Teilchenphysik

Quarks – die Elementarteilchen der Materie – treten nie allein, sondern immer an andere Quarks gebunden auf. Sie sind demnach schwer zu charakterisieren. Lediglich aus den verschiedenen Varianten, in denen Quark-Zusammensetzungen (Hadronen) vorkommen, konnten Physiker:innen in den vergangenen rund 50 Jahren das Standardmodell der Teilchenphysik ableiten. Damit lässt sich die Welt der Elementarteilchen und ihrer Wechselwirkungen erklären – und trotzdem bleiben noch viele Fragen offen.

→ Im Standardmodell der Teilchenphysik gibt es unterschiedliche Typen von Teilchen: Quarks, Leptonen, zu denen das Elektron gehört und Austauschteilchen, die für Wechselwirkung sorgen, und das Higgs-Boson. (Grafik: iserundschmidt)



† Mit Teilchenbeschleunigern werden Hadronen mit Lichtgeschwindigkeit aufeinander geschossen. Aus der Beobachtung dieser Reaktionen haben Physikerinnen und Physiker das Standardmodell abgeleitet. (Bild: Brice, Maximilien/CERN 2018)

Quarks	up u	charm c	top t	Photon γ	Higgs-Boson H
	down d	strange s	bottom b	Gluon g	
	Elektron-Neutrino ν _e	Myon-Neutrino ν _μ	Tau-Neutrino ν _τ	Z-Boson Z ⁰	
Leptonen	Elektron e	Myon μ	Tau τ	W-Boson W [±]	Austauschteilchen

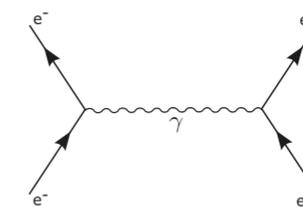
Miteinander „wechselwirken“

Zu wissen, woraus etwas besteht, genügt nicht, um auch seine Funktionsweise zu verstehen. Man muss dazu auch die Kräfte zwischen den Bausteinen entschlüsseln.

Kräfte werden durch den Austausch von Kraftteilchen vermittelt. Ein Beispiel: Zwei Personen in jeweils einem Boot. Werfen sie sich einen Ball hin und her, entfernen sich die Boote im Laufe der Zeit voneinander. Der Ball ist ein Austauschteilchen, der Impuls zwischen den beiden Booten überträgt. Physiker:innen sagen: Die Boote „wechselwirken“ mit Hilfe des Balls.

Auf Ebene der Elementarteilchen können die Austausch- oder Botenteilchen auch anziehend wirken oder Umwandlungen der Teilchen von einer in eine andere Sorte bewirken.

↓ Impulsaustausch durch Ballwurf: Die Boote wechselwirken durch einen Ball. (Grafik: iserundschmidt, nach: P. Lindenau u. C. Behnke, Fachvortrag: Das Standardmodell der Teilchenphysik im Schulunterricht, S. 41)



† Wenn sich zwei Elektronen abstoßen, wird das als abknickende Striche in einem Feynman-Diagramm dargestellt. Das Austauschteilchen ist hier ein „virtuelles Photon“. (Bild: Papa November/CC BY-SA 4.0)

A1



HIGHLIGHTS
DER
PHYSIK