

# Kernphysik– Fragen

## **Quarkmodell**

Arten der Quarks

Farbe

Kräfte zwischen Quarks

Experimentelle Hinweise

## **Teilchen**

Vielfalt der Teilchen  
Grobe Einteilung der Teilchen

Antimaterie

Paarerzeugung

## **Erkenntnisprobleme in der Quantenphysik**

Berechenbarkeit

Wahrscheinlichkeitsaussagen und Determinismus

Quantenmechanisches Modell und Wirklichkeit

## **Wechselwirkungen**

Grundkräfte  
Reichweite/Stärken  
Vermittlerteilchen

Rolle im Universum

# Kernphysik– Antworten

## Berechenbarkeit:

- nach **Einstein** würfelt Gott nicht – wir wissen nur noch nicht genau, wie es funktioniert (Determinismus)
- Nach **Born** und **Heisenberg** gibt es nur statistische Aussagen über die Elementarteilchen. (Non-Determinismus)

Das EPR (Einstein–Podolsky–Rosen)–Experiment zeigt den Widerspruch auf, dass in der Quantenmechanik **Überlichtgeschwindigkeiten** bei der Informationsübertragung möglich sind, was Einstein nicht für möglich hielt. (Heute macht Prof. Zeilinger Beam–Versuche auf dieser Grundlage)

**Quantenmechanik** ist nur ein **Modell** (siehe die dauernde Modelländerung beim Atommodell: Rutherford mit Planetenbahnen, Bohr mit stehender Welle, Schrödinger mit Wellengleichung) und versucht die Wirklichkeit der Experimente der Physik zu beschreiben. Die wirkliche Wirklichkeit könnte noch viel komplexer sein und ist noch zu erforschen.

**Probleme:** Vereinigung der 4 Grundkräfte in einem Modell, da beim Urknall eigentlich nur eine Grundkraft vorhanden sein müsste → GUT – Grand unifying theory versucht zumindest 3 Grundkräfte zu vereinen (alle außer Gravitation)

Kraft	Auf Teilchen	Reichweite	Rel. Stärke	Trägerteilchen	Rolle im Universum
Starke Kraft	Quarks	$10^{-15}$ m	1	Glukonen	Bindet <b>Quarks</b> zu Protonen, Neutronen, usw.
Elektromagnetische Kraft	Geladene Teilchen	$\infty$	$10^{-2}$	Photonen	Bestimmt die Struktur von Atomen, Molekülen, Flüssigkeiten und Festkörpern im <b>Alltag</b>
Schwache Kraft	Quarks und Leptonen	$10^{-18}$ m	$10^{-5}$	$W^+$ , $W^-$ , $Z^0$	Bestimmt die <b>Stabilität</b> von Atomkernen (Neutronzerfall), ermöglicht die Kernfusion in der Sonne
Schwerkraft	Alle	$\infty$	$10^{-40}$	Graviton (?)	Bindet die Materie zu Planeten, Sternen und <b>Galaxien</b>

## Quark–Familien – alle haben SPIN $\frac{1}{2}$ – haben jeweils ein **Antiteilchen** – und eine von 3 **Farbladungen**

1.Familie (leicht)	2.Familie (mittel)	3.Familie (schwer)	Ladung	Typ	<b>Higgs–Boson</b> mit Spin 0 entnimmt dem Vakuum Energie und gibt sie an andere Teilchen ab, indem sie deren Geschwindigkeit abbremst
UP	CHARM	TOP	+2/3 e	QUARK	
DOWN	STRANGE	BOTTOM	-1/3 e		
e–Neutrino	$\mu$ –Neutrino	$\tau$ –Neutrino	0 e	Lepton	
Elektron e	$\mu$ -on	$\tau$ -on	-1 e		

**Quarks** sind elementare Bausteine der Hadronen (= Baryonen und Mesonen): **up, down,...**, die alle Spin  $\hbar/2$  haben. Es gibt dazu die Antiquarks **uq, dq,...**, die als Bausteine der Mesonen auftauchen.

<b>Baryonen</b> (schwer) haben 3 Quarks: Proton $p = u u d$ (Ladung $2/3 + 2/3 - 1/3 = 1$ ) Neutron $n = u d d$ (Ladung $2/3 - 1/3 - 1/3 = 0$ )	<b>Mesonen</b> (mittelschwer) haben 2 Quarks: $\pi^+ = u \bar{d}$ (Ladung: $2/3 + 1/3 = 1$ )
---	---

**Leptonen** (e, $\gamma$ ) haben keine Quarks (, sind also selber welche)

**FARBE:** Löst das Problem, dass drei u–Quarks ein  $\Omega^-$ –Teilchen ergeben. Eines mit Spin up, eines mit Spin down. Fürs dritte gäbe es keine weitere Unterscheidung (gemäß Pauli–Prinzip) mehr, also muss die **Farbe** her (rot, blau, grün). Im Proton sind alle drei Farben (ergibt → weiß).

**Kräfte** zwischen Quarks sind **starke Kernkräfte**, die durch virtuelle Teilchen übertragen werden (8 Glukonen) mit der Reichweite  $10^{-15}$  m. Auch die Farbe wird übertragen und ändert die Farbe der Kernteilchen.

**Der experimentelle Nachweis von Quarks** ist dem Streuversuch von Rutherford ähnlich. Man hat die Streuung von Elektronen an Protonen und Neutronen studiert. Diese Elektronen können tief ins Innere der Baryonen eindringen. Die genaue Auswertung ergab, dass es im Inneren der Baryonen drei Streuzentren ohne innere Struktur und mit einem Spin von  $\frac{1}{2}$  gibt. – siehe auch: <http://www.quantenwelt.de/>

Entstehung der mehr als 100 **Teilchen**: durch Beschuss im Linearbeschleuniger,..

Gruppe	– Davon : Leichte Teilchen	<b>Hadronen</b> (starke Kernkraft wirkt)
<b>Fermionen–Gruppe</b> Mit Spin 1/2, 3/2, 5/2	<b>Leptonen:</b> Elektron, Positron, Neutrino <sup>HT</sup> , Myon <sup>+</sup> (2·10 <sup>-6</sup> sec HWZ), Tauon <sup>+</sup>	<b>Baryonen:</b> Proton, Neutron, Delta <sup>++</sup> , Lamda <sup>0</sup> , Omega <sup>-</sup>
<b>Bosonen–Gruppe</b> Mit Spin 0, 2, 4	<b>Eichbosonen = Kraftüberträger:</b> Photon (el–magn.Kraft), $Z^0$ , $W^+$ –Boson (schwache Kernkraft), 8 Glukonen (starke Kernkraft), Graviton (hypothetisch für Grav.kraft)	<b>Mesonen:</b> Pion <sup>+-0</sup> , Psion, Kaon <sup>+-0</sup>

**Antimaterie:** mit der anderen Ladung (+ statt – und umgekehrt)

**Paarerzeugung:** dauernd entstehen im Vakuum virtuelle Teilchen, die von Ladungen emittiert werden und wieder absorbiert werden und die Kräfte übertragen. Außerdem entstehen dauern Paare von Teilchen–Antiteilchen, die sich wieder gegenseitig vernichten (für Zeitdauern  $\Delta t < \hbar/(2mc^2)$ ): **Im Vakuum wimmelt es von Teilchen!**