

## Die Wechselwirkungskonstanten und die Urkraft

Grundkraft	Austauschteilchen	Masse (GeV)	Rel. Stärke	Reichweite (m)	Ladung
Gravitation	Graviton (1)	0	$10^{-45}$	Unendlich	Masse
Elektromagnetische Kraft	Photon (1)	0	1/137	Unendlich	El. Ladung
Schwache Kernkraft	Weakonen (3)	80-91	$10^{-15}$	$<10^{-15}$	Schwacher Isospin
Starke Kernkraft	Gluonen (8)	0	1	$\approx 10^{-15}$	Farbladung

Die verschiedenen Kräfte sollen gemäß der Standardtheorie und der Allgemeinen Relativitätstheorie mit Annäherung an die Planckskala zu einer Urkraft verschmelzen.

Setzt man aber die Grenzen, die sich durch die Planck-Skala ergeben, in die Definitionen der Wechselwirkungsstärken ein, so laufen diese bei  $\alpha = F/\hbar \times c = 1$  zusammen:

$$\alpha_g = \gamma \times M^2 / \hbar / c \rightarrow \gamma \times M_{pl}^2 / \hbar / c = \gamma \times \hbar \times c / \gamma / \hbar / c = 1$$

$$\alpha_{em} = e^2 / 4 / \pi / \epsilon_0 / \hbar / c \Rightarrow q_{pl}^2 / 4 / \pi / \epsilon_0 / \hbar / c = 1$$

Sowohl die starke (QCD) als auch die elektroschwache (QED) Kraft unterliegen einer laufenden Kopplung. Der in der obigen Tabelle angegebene Wert der elektromagnetischen Kraft gilt nur für den Grenzfall niedriger Energie und nimmt mit der Energie zu.

Bei der starken Wechselwirkung kommt es zu asymptotischer Freiheit ( $\alpha \rightarrow 0$  bei geringen Abständen bzw. hohen Impulsen) und confinement ( $\alpha > 1$  wenn  $r > 10^{-15}$  m und geringe Impulse,  $\alpha < 1$  nur bei Radien kleiner als Nukleonen-Radien).

Beide Effekte werden auf virtuelle Partikel-Antipartikel-Paare zurückgeführt.

Je näher man einem Elektron kommt, desto geringer ist dessen Abschirmung durch virtuelle Teilchen.

Bei der starken Kraft ist es komplizierter und zum Teil gerade umgekehrt: virtuelle Quarks schirmen ab und virtuelle Gluonen verstärken die effektive Farbladung sogar, da sie auch aneinander koppeln.

Die laufende Kopplung der Elektronen und ihrer Verwandten in der QED wird über störungstheoretische Ansätze berechnet. Sie geht hierbei schon bei einer endlichen Energie gegen Unendlich (Landau-Pol).

Zitat Wiki: <<Natürlich kann man nicht erwarten, dass die störungstheoretische Beta-Funktion exakte Ergebnisse bei starker Kopplung liefert, und daher ist es wahrscheinlich, dass der Landau-Pol ein Artefakt der unangebrachten Anwendung der Störungstheorie ist. Das wahre Skalenverhalten von  $\alpha_{em}$  bei großen Energien ist unbekannt.>>

Betrachtet man hingegen die Werte der Planck-Skala, so geht die el. Ladung gegen die Planckladung ( $q/e = \sqrt{137}=11,7$ ).

Die für die Gravitation definierte Wechselwirkungsstärke  $\alpha_g = \gamma \times M^2 / \hbar / c$  könnte ebenfalls als laufende Kopplung interpretiert werden, da die Elementarteilchen einerseits sehr unterschiedliche Massen haben, andererseits sich aus der Quantelung der Gravitation die Planckmasse als erster Grenzwert ergibt:  $\alpha_g(M_{pl}) = 1$ .

Die Planck-Masse korreliert dabei mit der Plancklänge und diese verhält sich zur reduzierten Compton-Wellenlänge einer Masse wie die Wurzel der dazugehörigen Wechselwirkungsstärke! Anders und ganz allgemein ausgedrückt, korrelieren die Kräfte mit Flächen:

$$\alpha_g = \gamma \times M^2 / (\hbar \times c) = A_0 / (L_c / 2\pi)^2 = \hbar \times \gamma / c^3 / \hbar^2 \times M^2 \times c^2 = \gamma \times M^2 / \hbar / c$$

Wird dieser Aspekt auf die anderen Kräfte übertragen, dann korreliert die elektrische Ladung mit 11,7 Plancklängen (analog einer „elektronischen“ red. Wellenlänge) und die Farbladung im Extremfall ( $\alpha \rightarrow 1$ ) direkt mit der Plancklänge. Die angegebene Stärke der schwachen Kraft hingegen wird von der Ruhmasse ihrer massiven W- und Z-Bosonen stark reduziert. Tatsächlich hängt die schwache Ladung g über den Weinberwinkel  $\theta_w$  eng mit der elektrischen Ladung e zusammen:

$$e = g \times \sin(\theta_w) = 0,481 \times g$$

$$g = e \times 2,079$$

$$\alpha_w = g^2 / 4 / \pi / \epsilon_0 / \hbar / c = 1 / 31,70484934 = 1 / (5,6307)^2$$