

Elementarteilchen

bis ca. 1950 neue Teilchen aus Höhenstrahlung,
danach aus Beschleunigerexperimenten

$$\mu^+ \rightarrow e^- + \nu_\mu + \bar{\nu}_e$$

1937 Anderson: Entdeckung des Muons

$$\mu^- \rightarrow e^+ + \bar{\nu}_\mu + \nu_e$$

$$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$$

1947 C. Powell: Entdeckung des Pions
(Yukawa-Theorie)

$$\pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu$$

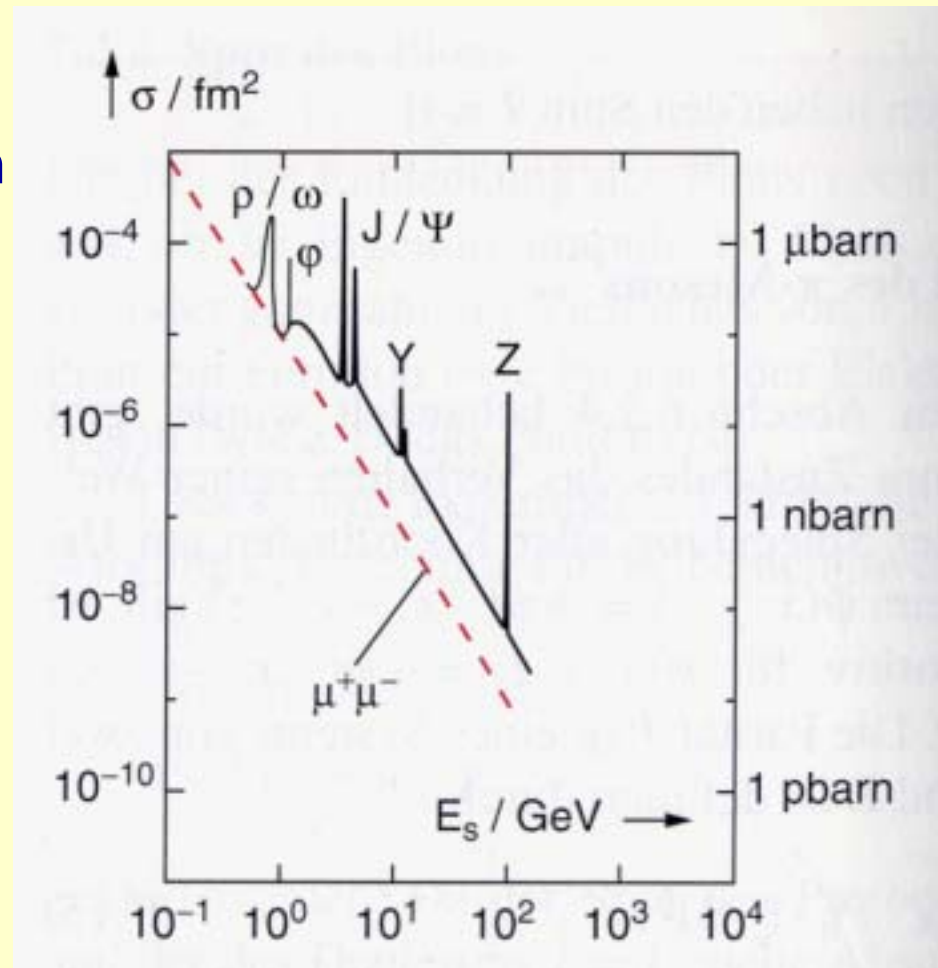
$$K^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$$

1948 Entdeckung des Kaons

und viele, viele weitere

Elementarteilchen

Elementarteilchen machen sich bemerkbar als Resonanzen im Wirkungsquerschnitt



Breite Resonanzen: kurzlebige Teilchen

Schmale Resonanzen: langlebige Teilchen

Elementarteilchen-“Zoo“

Tabelle 7.2. Charakteristische Daten einiger Teilchen mit Lebensdauern $> 10^{-22}$ s

	Teilchen	Symbol	Baryonen- zahl B	Masse (MeV/c^2)	Ladung	Spin in \hbar	Isospin T	Seltsam- keit S	Lebensdauer in s
	Photon	γ	0	0	0	1	0	0	∞
Leptonen	Neutrino	$\nu_e, \bar{\nu}_e$	0	$< 10^{-5}$	0	1/2	0		∞
		$\nu_\mu, \bar{\nu}_\mu$	0	$< 10^{-4}$	0	1/2	0	0	∞
		$\nu_\tau, \bar{\nu}_\tau$	0	?	0	1/2	0		∞
	Elektron	e^+, e^-	0	0,511	$\pm e$	1/2	0	0	∞
	Myon	μ^-, μ^+	0	105,66	$\pm e$	1/2	0	0	$2,199 \cdot 10^{-6}$
Mesonen	Pionen	π^+, π^-	0	139,57	$\pm e$	0	1	0	$2,602 \cdot 10^{-8}$
		π^0	0	134,97	0	0	1	0	$8,4 \cdot 10^{-17}$
	Kaonen	K^+, K^-	0	439,71	$\pm e$	0	1/2	+1	$1,237 \cdot 10^{-8}$
		K_S^0	0	497,71	0	0	1/2		$8,82 \cdot 10^{-11}$
		K_L^0	0	497,71	0	0	1/2		$5,2 \cdot 10^{-8}$
	Eta-	η	0	548,5	0	0	0		$2,5 \cdot 10^{-17}$
η'		0						$3,3 \cdot 10^{-21}$	
Phi-	ϕ	0	1019	0	1	0	0	$1,5 \cdot 10^{-22}$	
Psi-	ψ	0	3095	0	1	0	0	10^{-20}	
Baryonen	Proton	p^+, p^-	1, -1	938,26	$\pm e$	1/2	1/2	0	∞
	Neutron	n, \bar{n}	1, -1	939,55	0	1/2	-1/2	0	918
	Lambda-	$\Lambda, \bar{\Lambda}$	1, -1	1115,59	0	1/2	0	-1, +1	$2,5 \cdot 10^{-10}$
	Sigma-	$\Sigma^+, \bar{\Sigma}^+$		1189,4	$\pm e$				$8 \cdot 10^{-11}$
		$\Sigma^0, \bar{\Sigma}^0$		1192,5	0	1/2	0		$< 10^{-14}$
		$\Sigma^-, \bar{\Sigma}^-$		1197,3	$-e$				
Omega-	Ω^-	+1	1672	$-e$	3/2	0	-2	$1,3 \cdot 10^{-10}$	

Elementarteilchen

Elementarteilchen in 3 Klassen:

1. **Leptonen:** unterliegen nicht der starken Kernkraft, nur der schwachen und der e.-m. Kraft
2. **Hadronen:** unterliegen der starken Kernkraft
 - 2.a: **Baryonen:** p,n, Λ , Σ , Ω (nur das Proton als leichtestes ist stabil)
 - 2.b: **Mesonen:** $\pi^{0,+,-}$, $K^{0,+,-}$, η , Φ , ψ

„**seltsame**“ (strange) Teilchen:

Teilchen, die aufgrund der starken Kraft erzeugt werden, aber aufgrund der schwachen Kraft zerfallen (lange Lebensdauern)

$$\Phi \rightarrow K^+ + K^-$$

$$K^+ \rightarrow \mu^+ + \bar{\nu}_\mu$$

Elementarteilchen: Erhaltungssätze

Erhaltung der **Baryonenzahl B**: Baryonen: $B = +1$

Anti-Baryonen: $B = -1$

Erhaltung der **Strangeness S**: K-Mesonen: $S = +1$

Λ : $S = -1$

Nukleonen: $S = 0$

Bei starker Ww: $\Delta S = 0$

bei schwacher Ww: $\Delta S = +/- 1$

Erhaltung der

Leptonenzahl L, L_e , L_μ , L_τ :

Leptonen: $L = +1$

Anti-Leptonen: $L = -1$

Tabelle 7.3. Die drei Leptonenfamilien

	Lepton	Leptonen- zahl	Masse in MeV	Lebensdauer
1.	e^-	$L_e = +1$	0,511	∞
	e^+	$L_e = -1$	0,511	∞
	ν_e	$L_e = +1$	$< 10^{-5}$	∞
	$\bar{\nu}_e$	$L_e = -1$	$< 10^{-5}$	∞
2.	μ^-	$L_\mu = +1$	105,7	$2,2 \cdot 10^{-6}$ s
	μ^+	$L_\mu = -1$	105,7	$2,2 \cdot 10^{-6}$ s
	ν_μ	$L_\mu = +1$	$< 0,25$	∞ ?
	$\bar{\nu}_\mu$	$L_\mu = -1$	$< 0,25$	∞ ?
3.	τ^-	$L_\tau = +1$	1777	$3 \cdot 10^{-12}$ s
	τ^+	$L_\tau = -1$	1777	$3 \cdot 10^{-12}$ s
	ν_τ	$L_\tau = +1$	< 35	∞ ?
	$\bar{\nu}_\tau$	$L_\tau = -1$	< 35	∞ ?

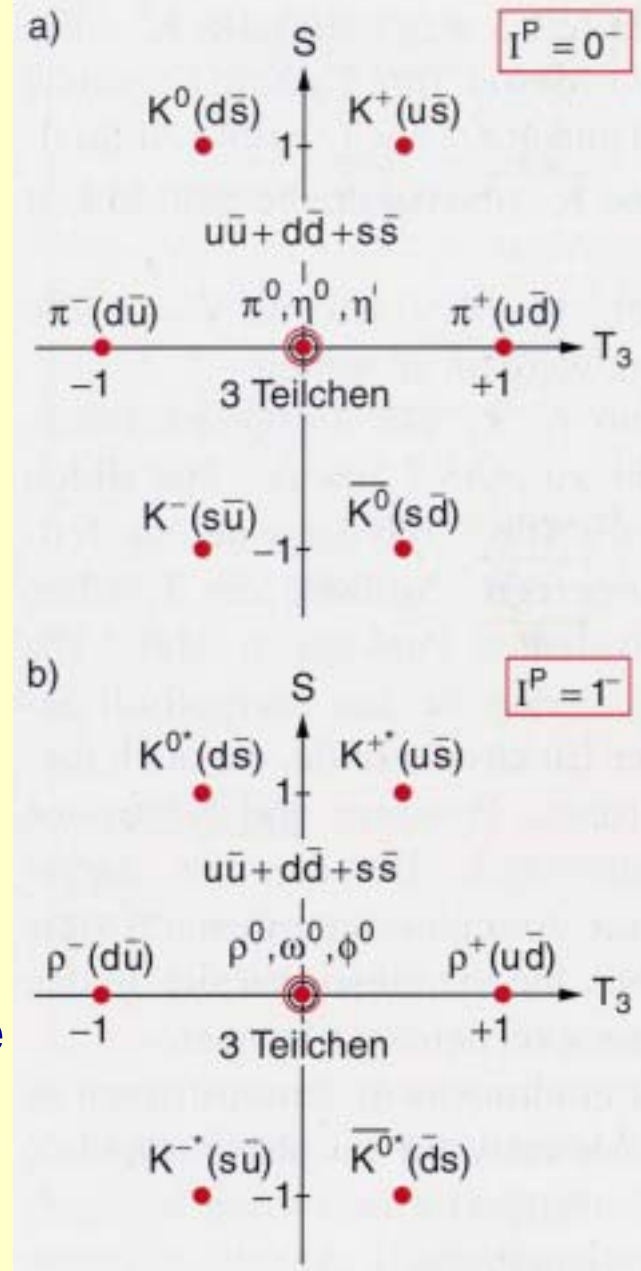
Elementarteilchen: Mesonen u. Quarks

Tabelle 7.5. Quarkaufbau einiger Hadronen und Mesonen

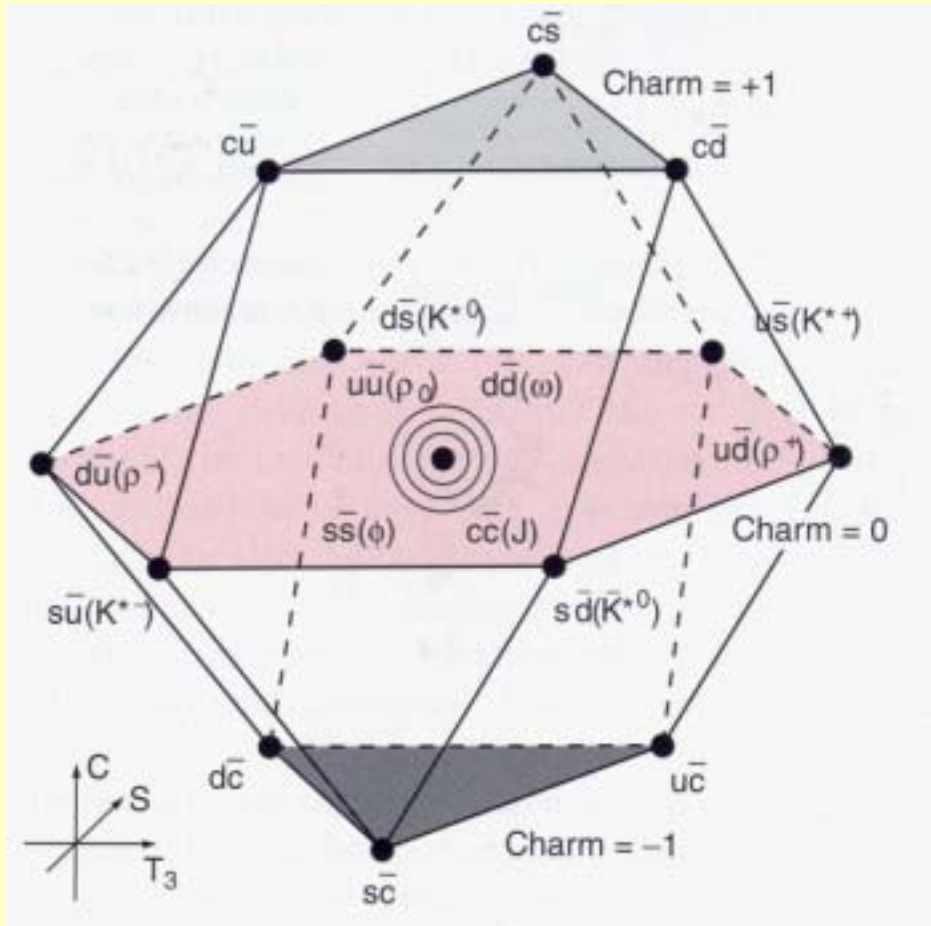
Baryonen		Mesonen	
Teilchen	Quarkbausteine	Teilchen	Quarkbausteine
Proton p	2u + d	π^-	d + \bar{u}
Neutron n	u + 2d	π^+	u + \bar{d}
Σ^-	2d + s	K^-	s + \bar{u}
Σ^+	2u + s	K^0	d + \bar{s}
Σ^0	u + d + s	K^+	u + \bar{s}
Ξ^-	d + 2s	π^0	u \bar{u} + d \bar{d}
Ξ^0	\bar{u} + 2s	η	u \bar{u} + d \bar{d} + s \bar{s}
		η'	u \bar{u} + d \bar{d} + s \bar{s}

Math. Beschreibung durch
 SU(3)-Gruppen
 (3reihige Matrizen)
 mit 1, 3, 6, 8, 10 Mitgliedern

angeregte
 Zustände



Elementarteilchen: Mesonen u. Quarks



Unter Hinzunahme des c-Quarks:
„Charm“: Neue Quantenzahl Charm

Elementarteilchen: Baryonen u. Quarks

Problem:

3 Teilchen mit Spin $I=+3/2$
(alle Spins parallel):

Ω^- : **sss**

Δ^{++} : **uuu**

Δ^- : **ddd**

3 gleiche Quarks mit gleichen
Quantenzahlen:
Verletzung des Pauli-Prinzips?

Greenberg:

Neue Quantenzahl Farbe

Quarks tragen **Farbladung r g b**

Es existieren nur Teilchen mit
Farbkombination „weiß“ (oder farblos)
 $r+b+g=w$ oder $r/g/b+(\text{Anti-}r/g/b) = w$

