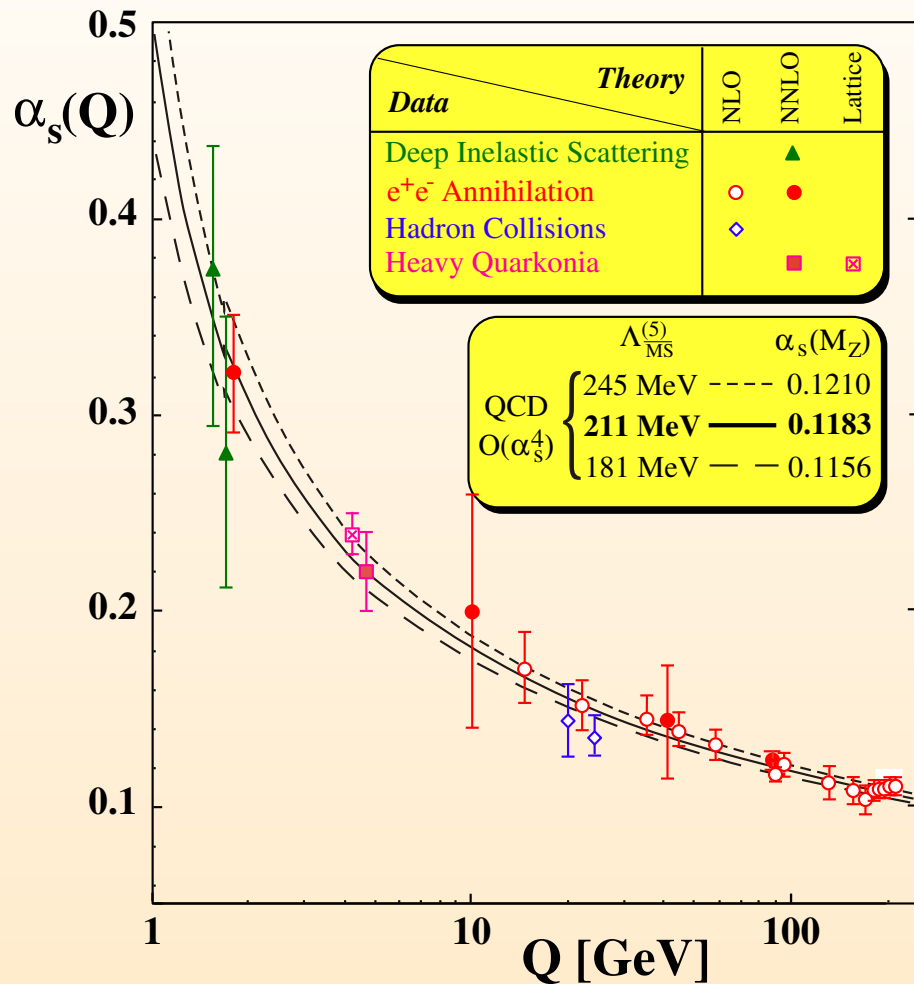


Quantenchromodynamik (QCD)

„Zoom“ in einen Teil des Eich-Systems: QCD (die $SU(3)$; qu+gl)



[PDG; LEP EWWG]

- Merkmal: asymptotische Freiheit
- Atomstöße $\rightarrow e^-$ emittiert
Grundlage unserer Elektronik
- Protonstöße \rightarrow erzeugen mehr p's
+ exotische Teilchen; nie ein Quark!
- starke Kraft wächst mit Entfernung
- Quarks nahe beisammen (hohe E)
 \Rightarrow Kraft schwächer
- unerwartet! (em. Kraft umgekehrt)
- schönes Theorie-Resultat
Nobelpreis 2004 G/P/W
- Experiment?! (\leftarrow siehe links)

QCD reality check (per Computer)

studiere das Hadronen-Spektrum (Hadronen: Bindungszust. von Quarks; z.B. $K=s\bar{d}$, $p=uud$, $\Lambda=uds$)

- löse QCD-Gln per Computer

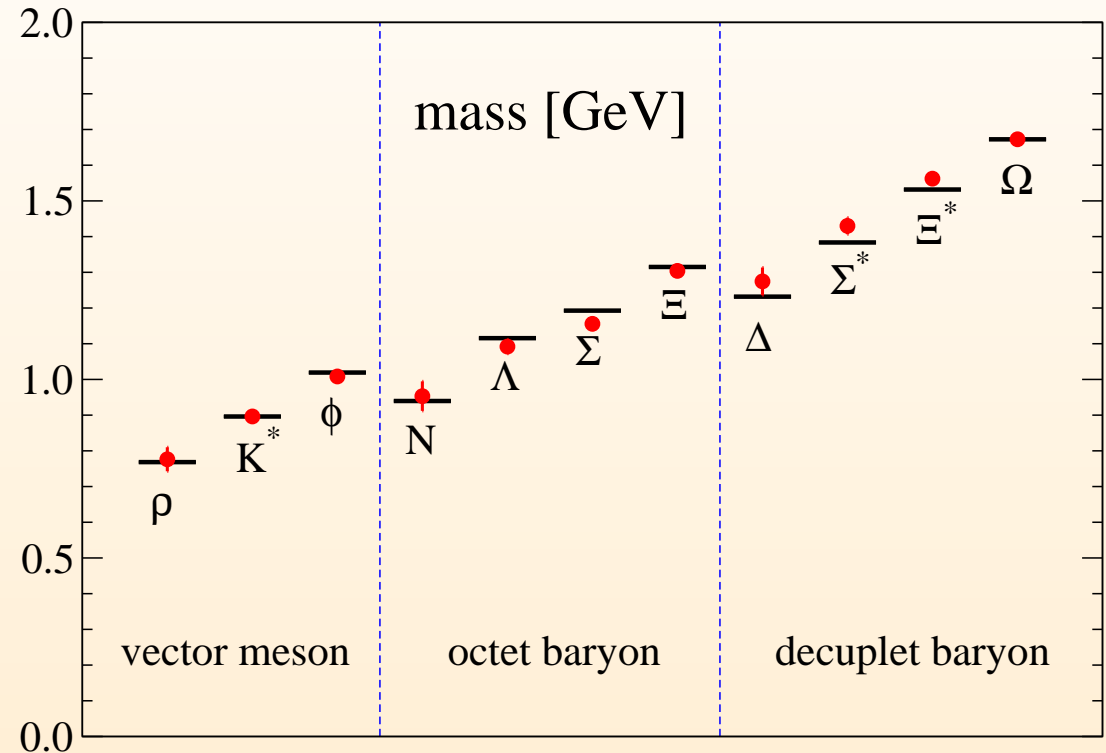
[e.g. S. Aoki et.al., PACS-CS 2008]

- was nicht herauskommt:

- ▷ *Gluonen*
- ▷ *Drittel-Ladungen*

- was man erhält:

- ▷ *nur die beobachteten Teilchen + Massen*
- ▷ *nicht mehr, nicht weniger!*



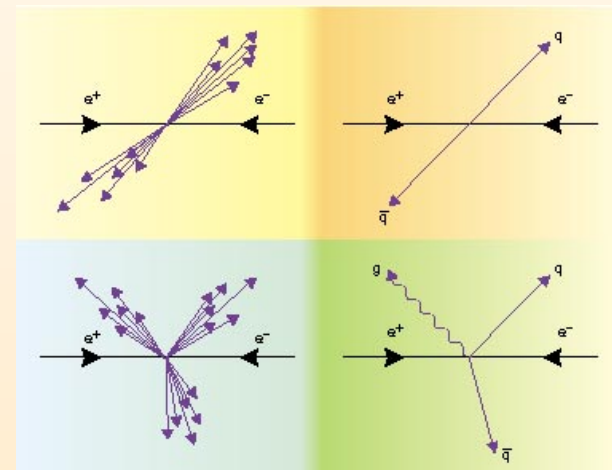
- punchline: QCD erklärt die niedrigliegenden Hadronmassen!

- ▷ *Feld in Entwicklung; Teraflop-Geschwindigkeiten, weltweite Anstrengungen*
- ▷ *$a = 0.091 \text{ fm}$; $32^3 \times 64$ Gitter; NP $\mathcal{O}(a)$ verb. Wilson Quarks*
- ▷ *2+1 flavors; chirale Logs; $m_q \approx 1.3 m_l$; π, K, Ω als Input*

QCD reality check (per Teilchenbeschleuniger)

- z.B. LEP, $e^+e^- \rightarrow X$ (irgendetwas): finden zwei Klassen von Ereignissen (QM!)
- (1) $X = e^+e^-$ or $\tau^+\tau^-$ or ... l^+l^-
 - ▷ *Leptonen: keine Farbladung* → hauptsächlich QED-Wechselwirkungen
 - ▷ *einfacher Endzustand: kleine Kopplung* ($\alpha = e^2/(4\pi) \approx 1/137$) meistens (99%) passiert nichts
 - ▷ $e^+e^- \gamma \sim 1\%$ → prüfe Details der QED
 - ▷ $e^+e^- \gamma\gamma \sim 0.01\%$ → ...

- (2) $X > 10$ Teilchen: $\pi, \rho, p, \bar{p}, \dots$
 - ▷ „griechisch-lateinische Suppe“ zusammengesetzt aus Quarks + Gluonen
 - ▷ *Muster: E+Impuls-Fluss in „Jets“*
 - ▷ 2 Jets $\sim 90\%$; 3 Jets $\sim 9\%$; 4 Jets $\sim 0.9\%$
 - ▷ *direkte Bestätigung der asympt. Freiheit!*
 - ▷ *harte Strahlung selten* → # der Jets
 - ▷ *weiche Strahlung häufig* → verbreitert Jet



- heute: „QCD testen“ → „Hintergründe ausrechnen“ auf der Suche nach neuen Phänomenen