

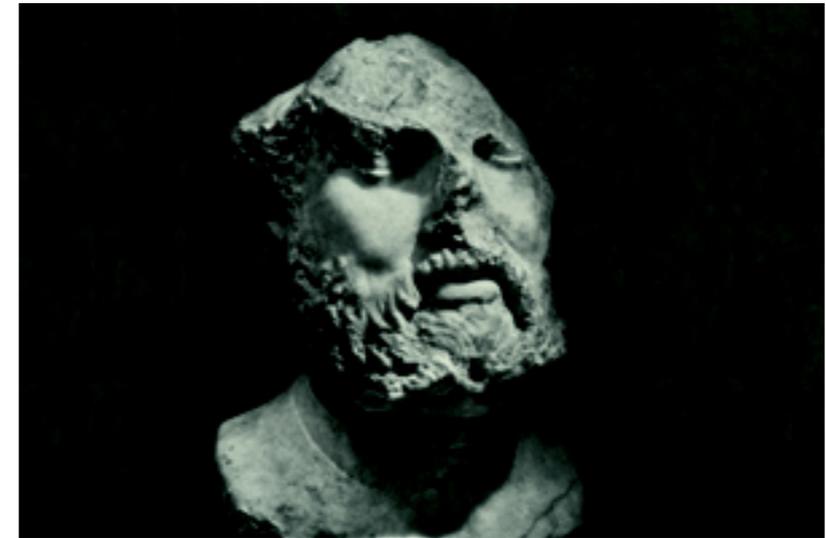
I.1 Einführung

Zwei sehr alte Fragen:

- Aus was besteht die Welt ?
- Was hält die Welt zusammen ?

Antwort um 500 B.C.

Alles besteht aus
4 fundamentalen Elementen



Empedokles von Akragas
484 - 424 B.C.

- Sehr einfaches Modell
- Falsch

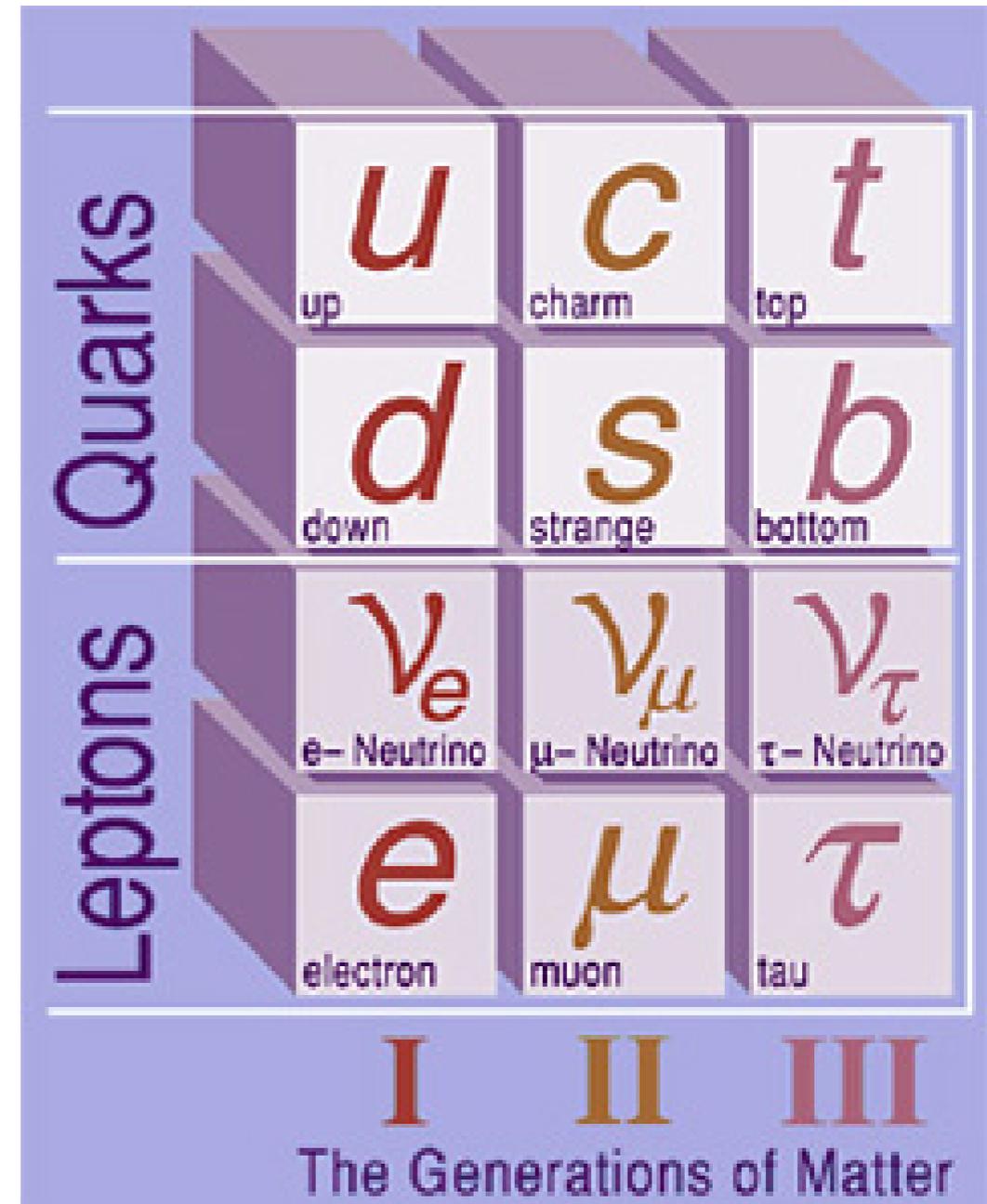
Jahr 2007: Das Standardmodell

Alles besteht aus

Quarks and **Leptonen**

Bisher beobachtet

- 6 Quarks
- 6 Leptonen



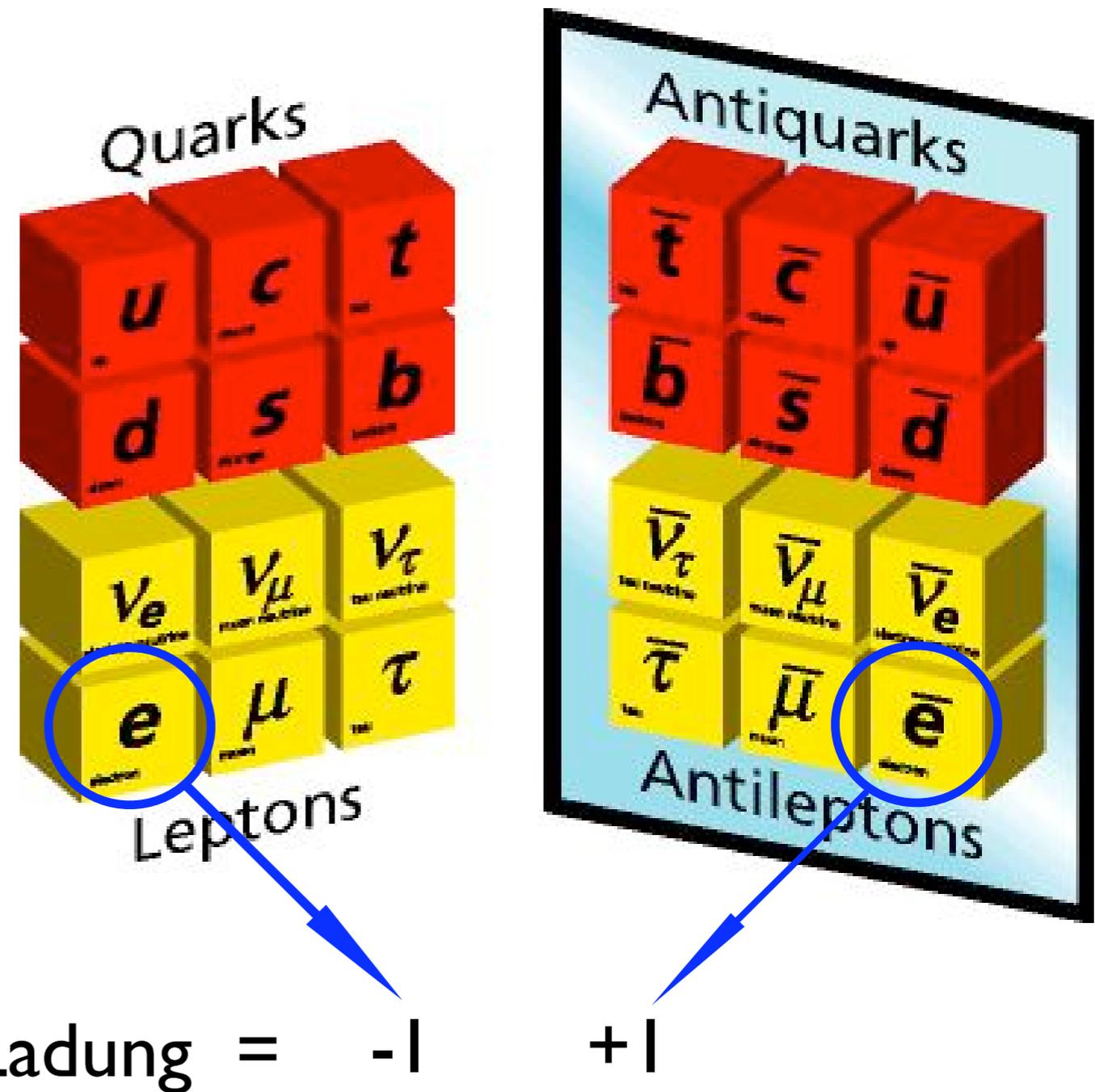
Antiteilchen

Jedes Elementarteilchen hat ein Antiteilchen mit

- gleicher Masse
- entgegengesetzten Ladungen

Beispiel

Elektron - Positron



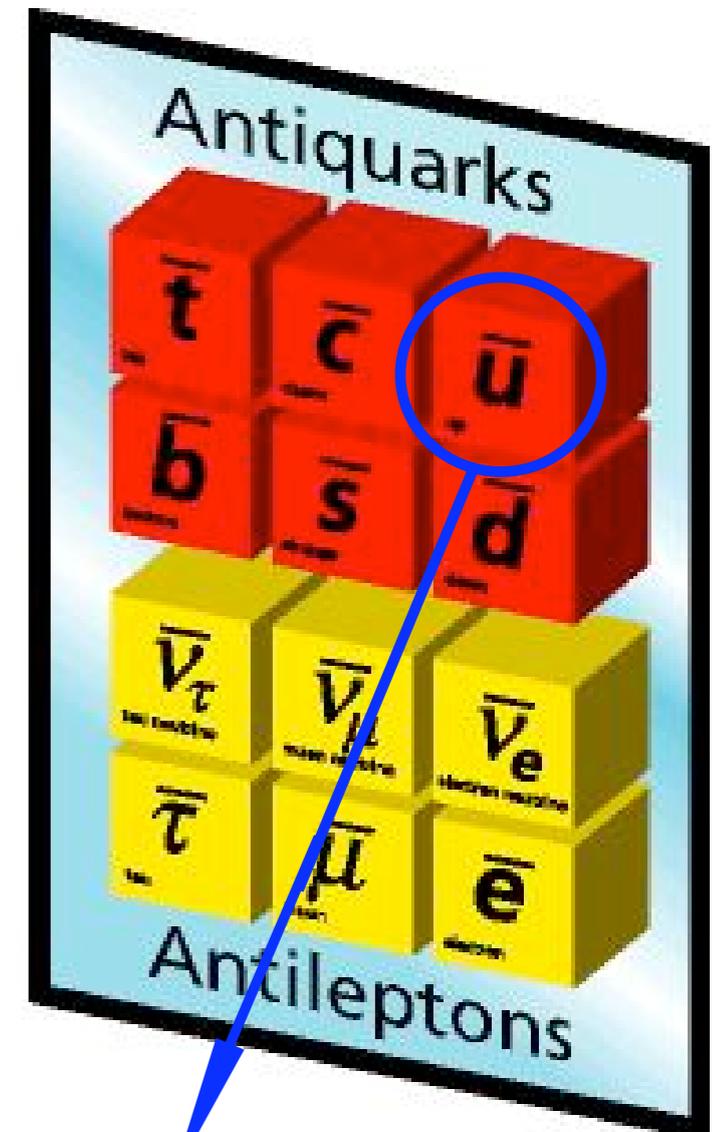
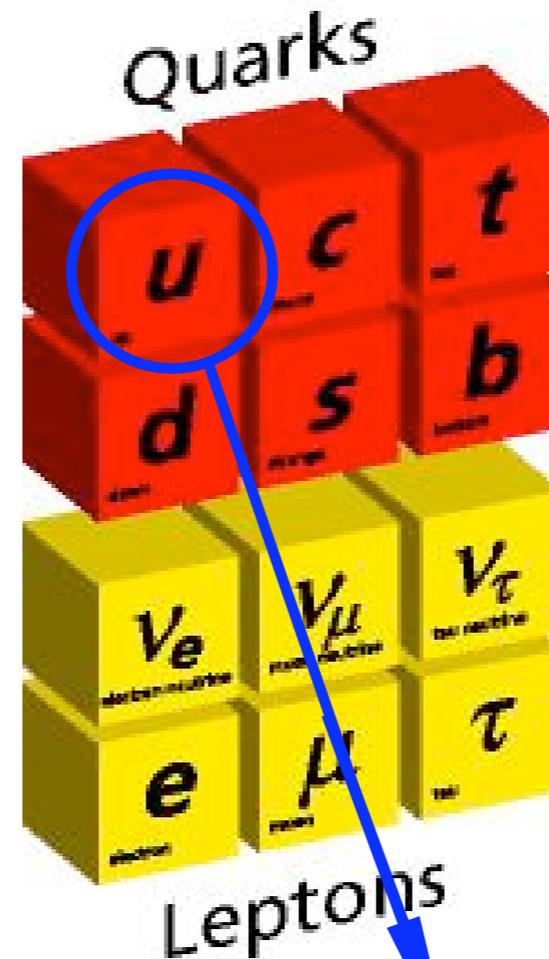
Antiteilchen

Jedes Elementarteilchen hat ein Antiteilchen mit

- gleicher Masse
- entgegengesetzten Ladungen

Beispiel

Quark - Antiquark



Elektrische Ladung = $+2/3$

$-2/3$

Farbladung = r, g, b

$\bar{r}, \bar{g}, \bar{b}$

rot grün blau

Antiteilchen

Jedes Elementarteilchen hat ein Antiteilchen mit

- gleicher Masse
- entgegengesetzten Ladungen

Beispiel

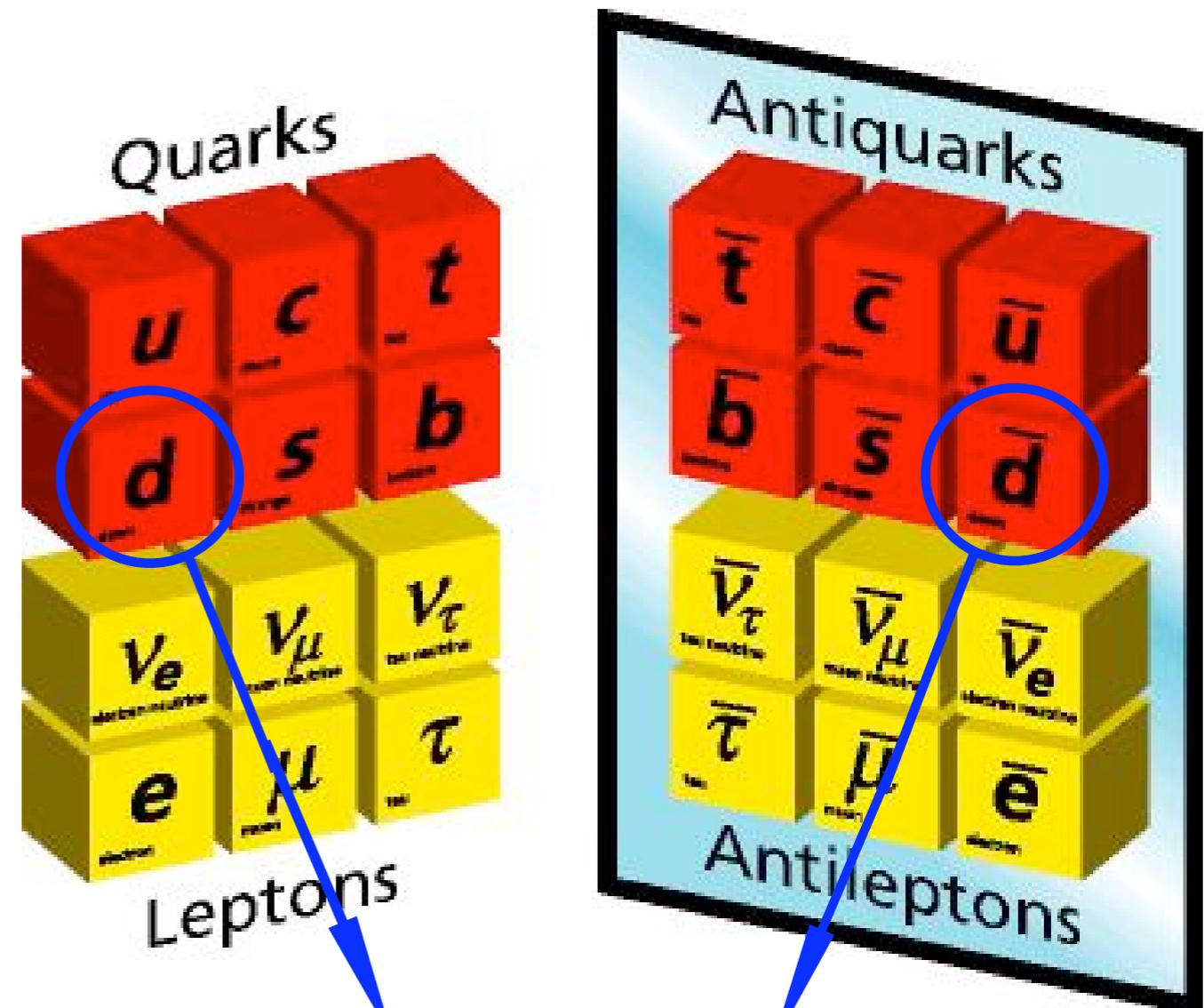
Quark - Antiquark

Elektrische Ladung = $-1/3$

Farbladung = r, g, b

$+1/3$

$\bar{r}, \bar{g}, \bar{b}$



Hadronen bestehen aus Quarks

Einige Beispiele

the proton

up quark
charge =
 $+\frac{2}{3}$



down quark
charge = $-\frac{1}{3}$



$$\frac{2}{3} + \frac{2}{3} + \left(-\frac{1}{3}\right) = +1$$

the neutron

up quark
charge =
 $+\frac{2}{3}$



down quark
charge = $-\frac{1}{3}$



$$\frac{2}{3} + \left(-\frac{1}{3}\right) + \left(-\frac{1}{3}\right) = 0$$

the pion

down anti quark
charge =
 $+\frac{1}{3}$



up quark
charge = $+\frac{2}{3}$



$$\frac{1}{3} + \frac{2}{3} = +1$$

Bisher wurden mehr als 200 Hadronen beobachtet!

Was hält die Welt zusammen?

Vier fundamentale Kräfte

- Gravitation
- Elektromagnetismus
- Schwache Wechselwirkung
- Starke Wechselwirkung

Quantentheorie:

Kräfte werden durch **Austauschteilchen** vermittelt

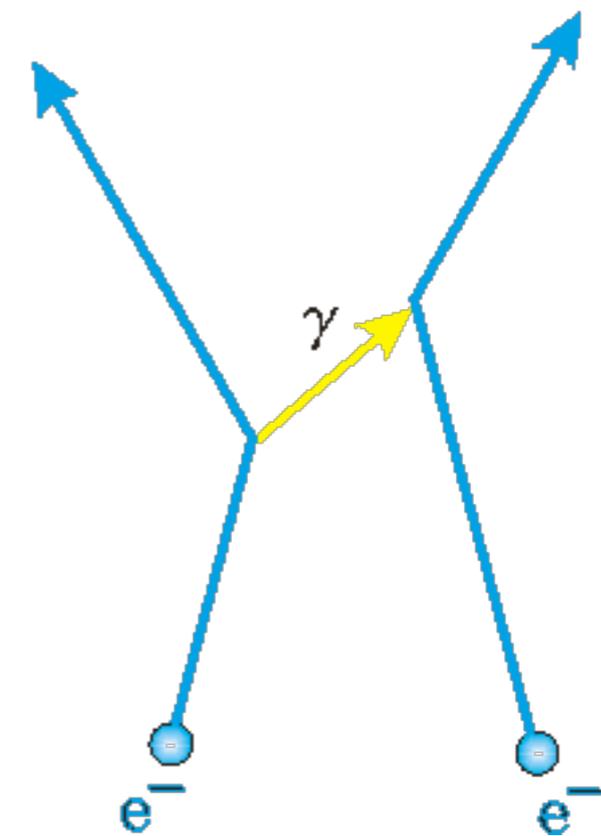
Gravitation

- Koppelt an die Masse
- Wirkt zwischen allen Elementarteilchen
- Austauschteilchen: Graviton
- Quantentheorie: Unbekannt



Elektromagnetismus

- Koppelt an die elektrische Ladung
- Austauschteilchen:
Photon γ
- Quantentheorie:
Quantenelektrodynamik
QED
Feynman, Schwinger, Tomonaga
Nobelpreis 1965



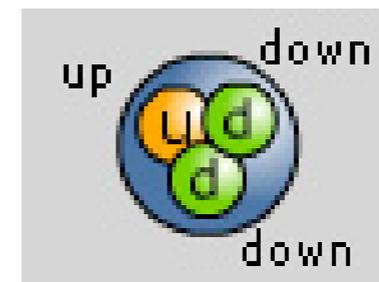
Feynman-Diagramm
e-e Streuung

Schwache Wechselwirkung

- Koppelt an “flavour”
- Austauscheteilchen :
3 Vektorbosonen $W^+ W^- Z^0$
- Quantentheorie:
Quantenflavourdynamik
QFD
Glashow, Salam, Weinberg
Nobelpreis 1979



Wirkung: β -decay



β -Zerfall des Neutrons

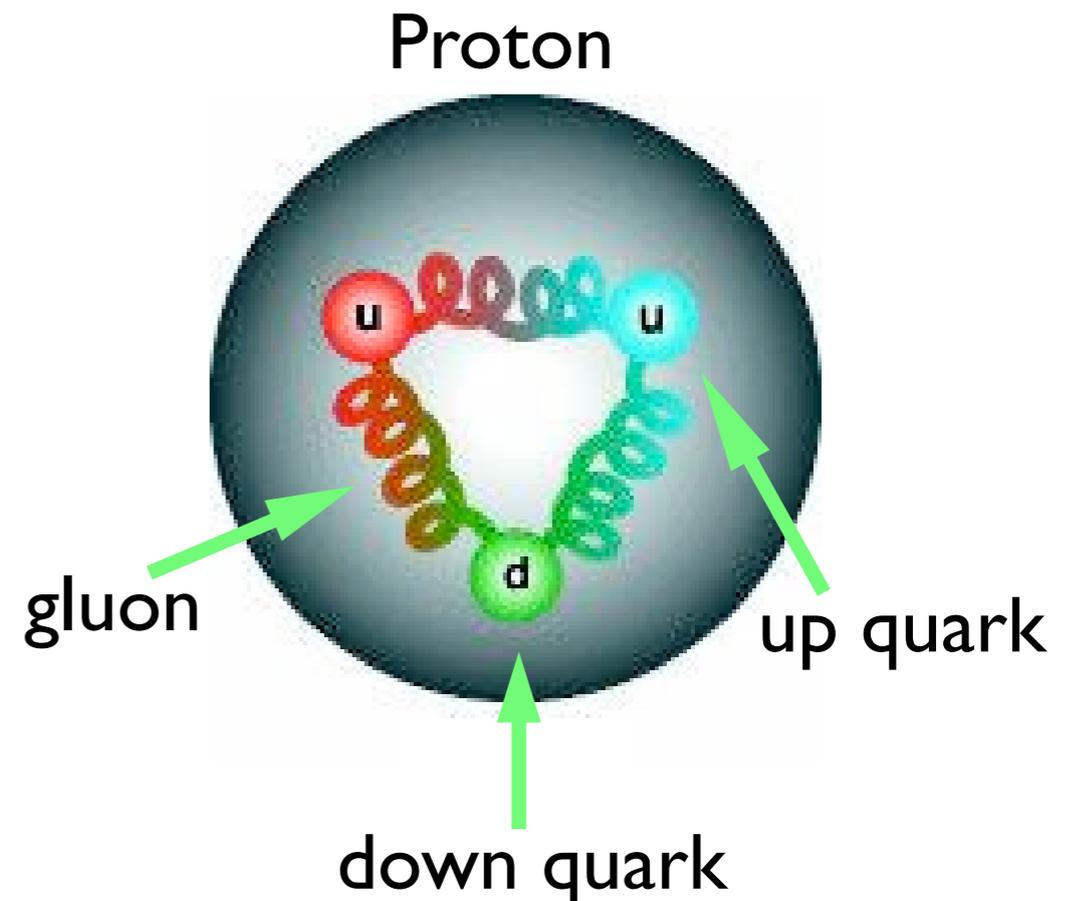
Starke Wechselwirkung

- Koppelt an Farbladung
- Wirkt zwischen Quarks
- Austauscheteilchen
Gluonen g
- Quantentheorie
Quantenchromodynamik
QCD

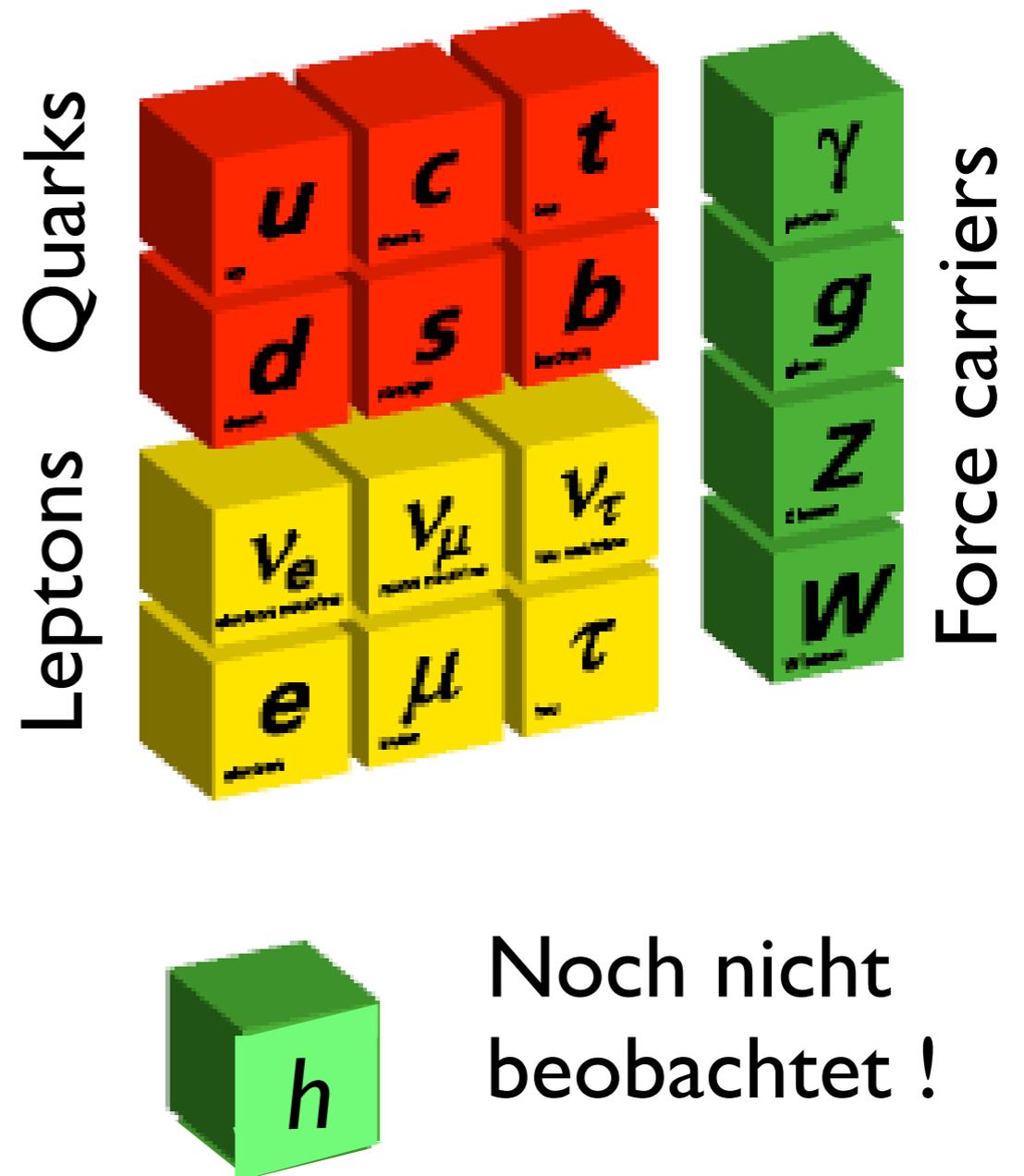


Gell-Mann
Nobelpreis 1969

Starke Wechselwirkung
bindet Quarks zusammen



- Materieteilchen:
 - Quarks
 - Leptonen
- Kräfte
 - Elektromagnetismus
 - Schwache Kraft
 - Starke Kraft
- Higgs-Teilchen



Standardmodell der Teilchenphysik

Suche nach dem Higgs-Teilchen

Large Hadron Collider (LHC) am CERN, Schweiz

- Proton - Proton Kollisionen
- Beginn: ~2008

