

# 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

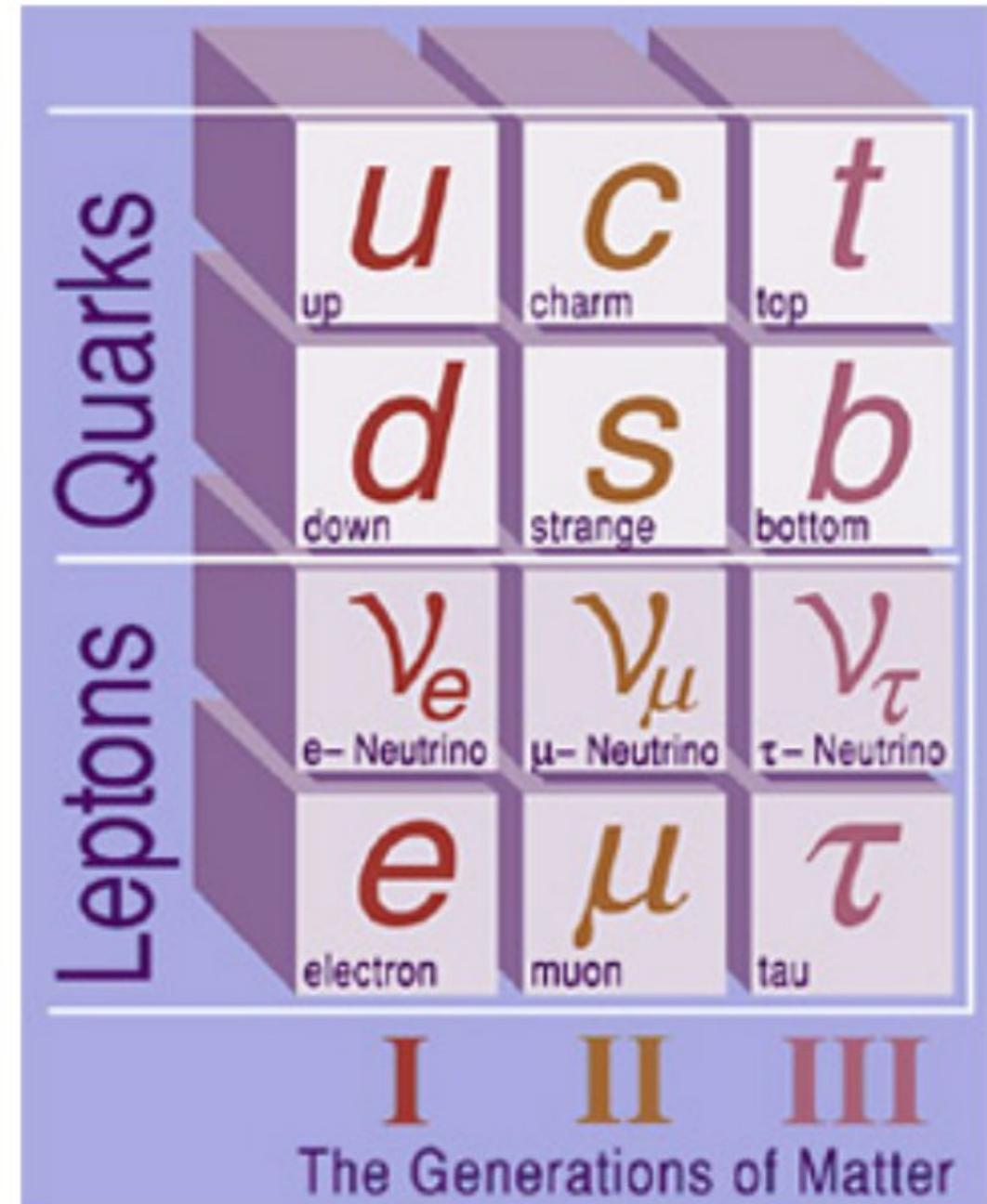
# Jahr 2010 : Das Standardmodell

Alles besteht aus

**Quarks** and **Leptonen**

Bisher beobachtet

- 6 Quarks
- 6 Leptonen



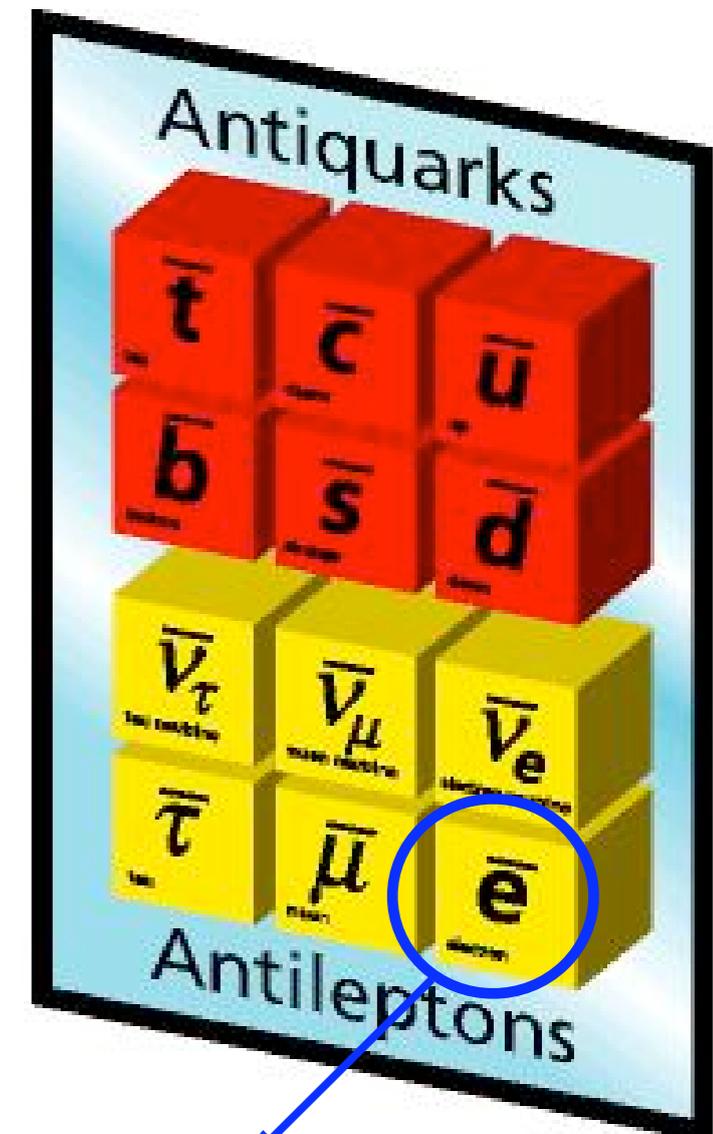
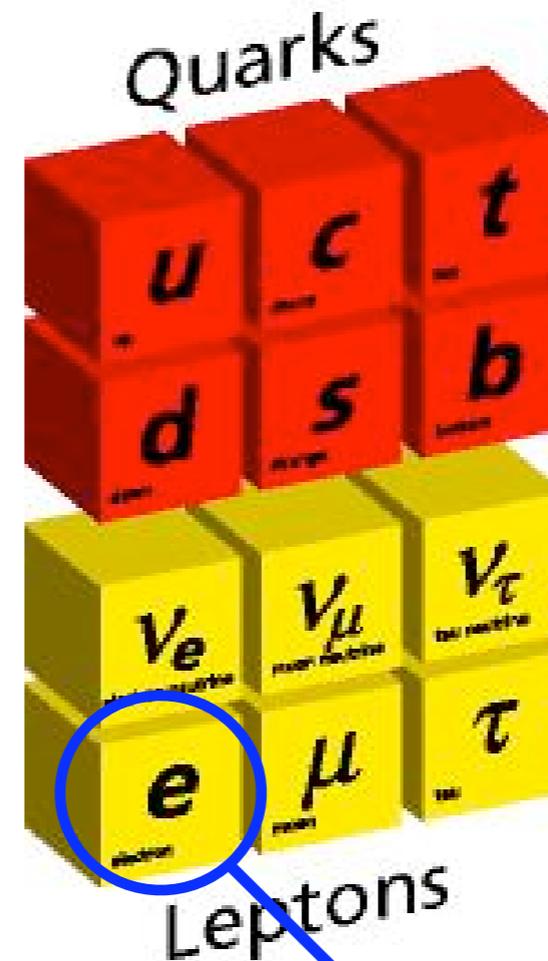
# Antiteilchen

Jedes Elementarteilchen hat ein Antiteilchen mit

- gleicher Masse
- entgegengesetzten Ladungen

Beispiel

Elektron - Positron



Elektrische Ladung =  $-1$

$+1$

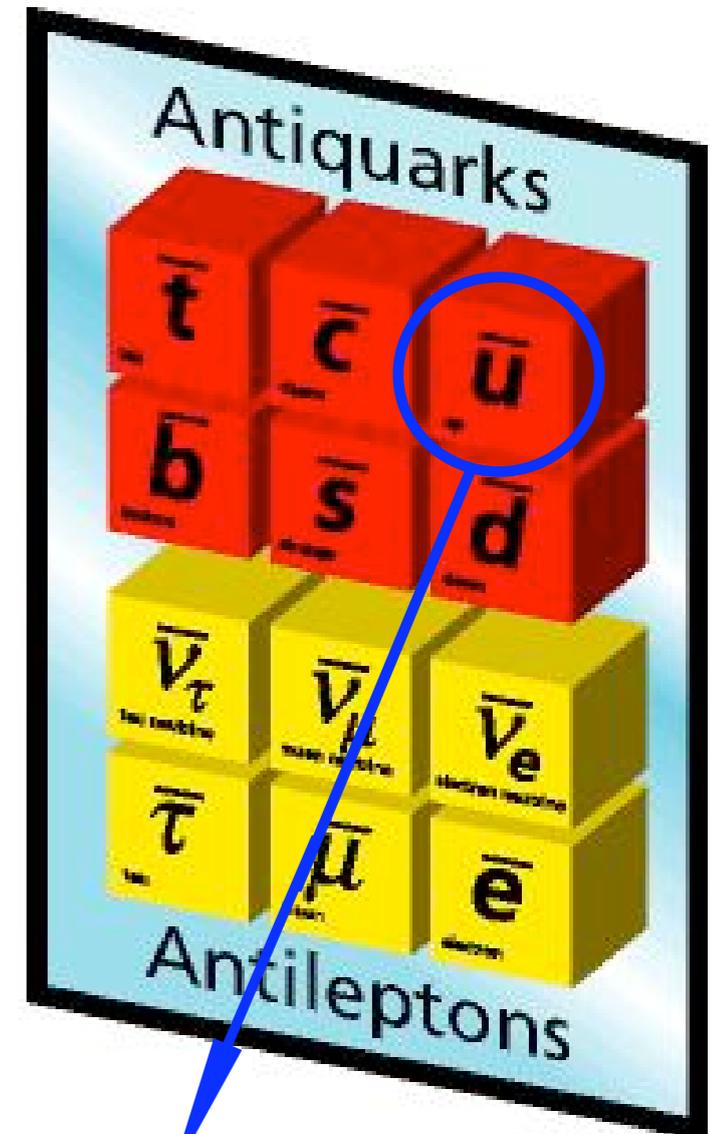
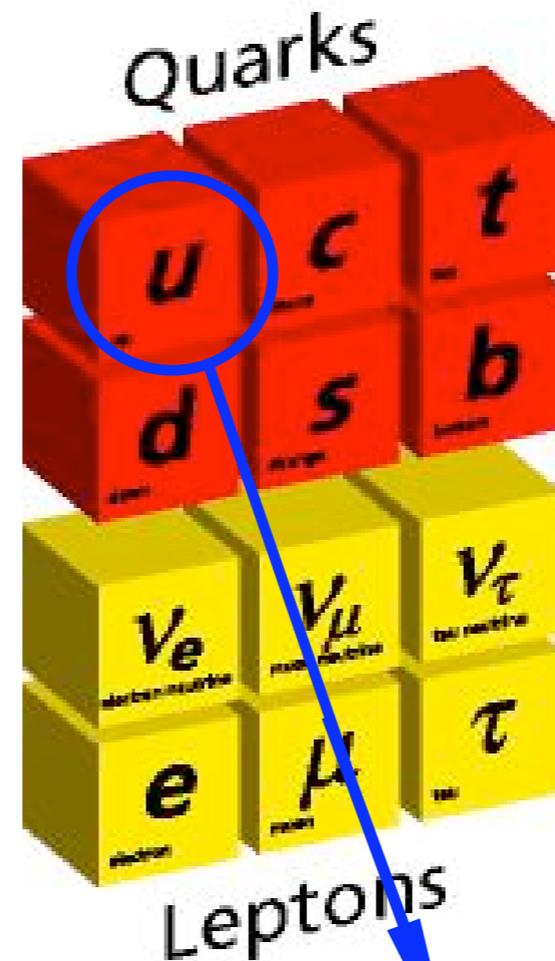
# Antiteilchen

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

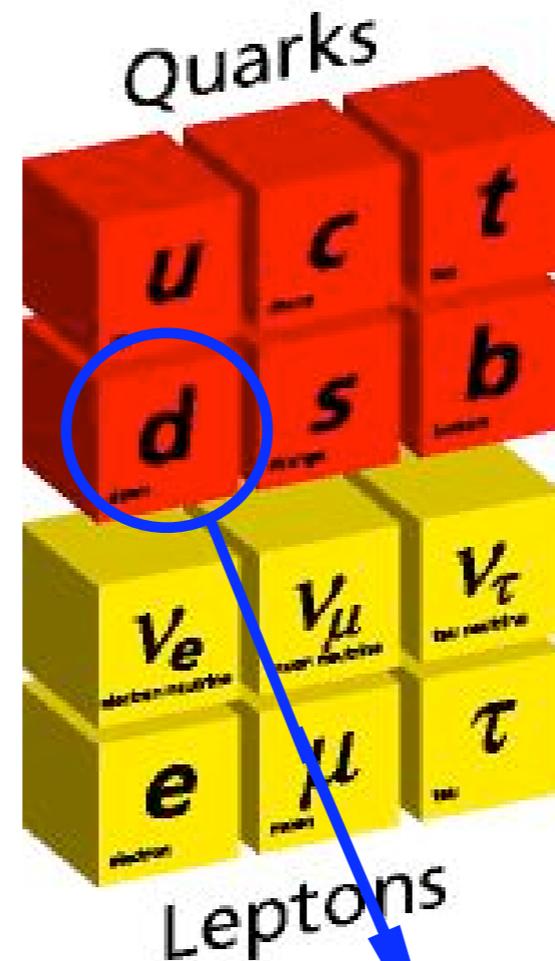
# Antiteilchen

Jedes Elementarteilchen hat ein Antiteilchen mit

- gleicher Masse
- entgegengesetzten Ladungen

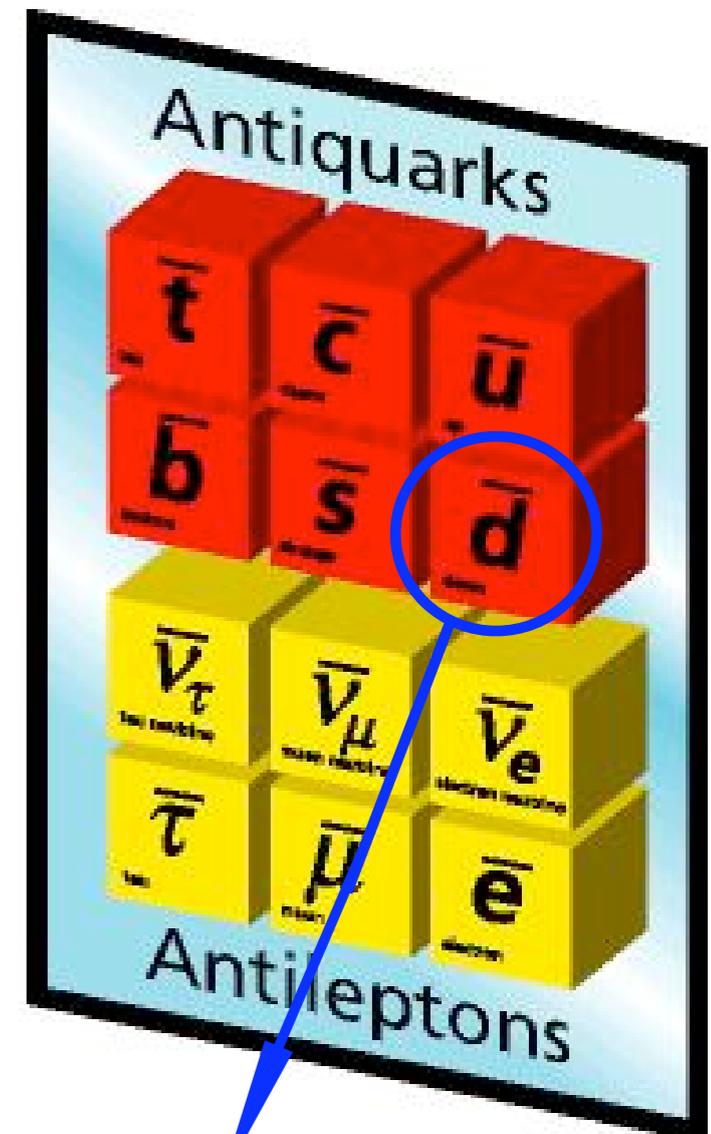
Beispiel

Quark - Antiquark



Elektrische Ladung =  $-1/3$

Farbladung =  $r, g, b$



$+1/3$

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

# Hadronen bestehen aus Quarks

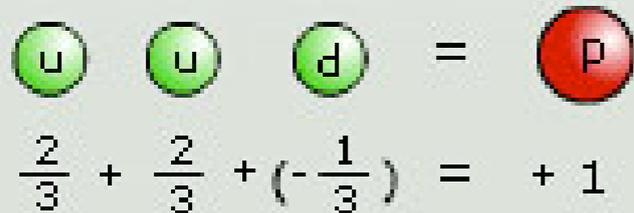
## Einige Beispiele

### the proton

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



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

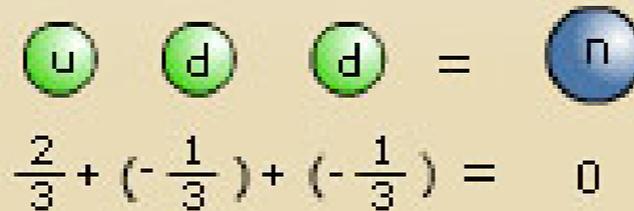


### the neutron

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



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

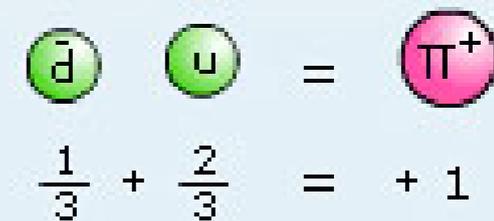


### the pion

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



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



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

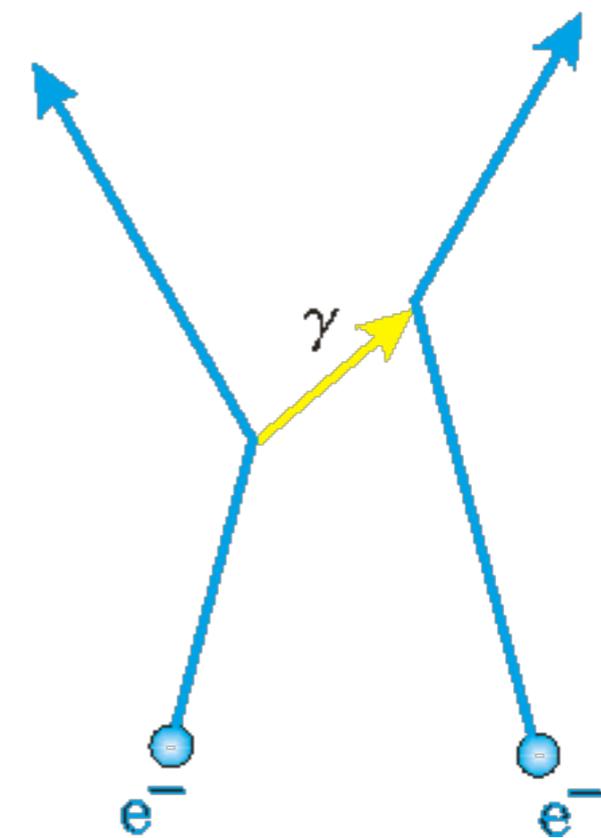
# Gravitation

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



# Elektromagnetismus

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



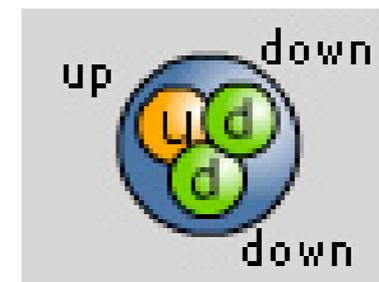
Feynman-Diagramm  
e-e Streuung

# Schwache Wechselwirkung

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



Wirkung:  $\beta$  -decay



$\beta$  -Zerfall des Neutrons

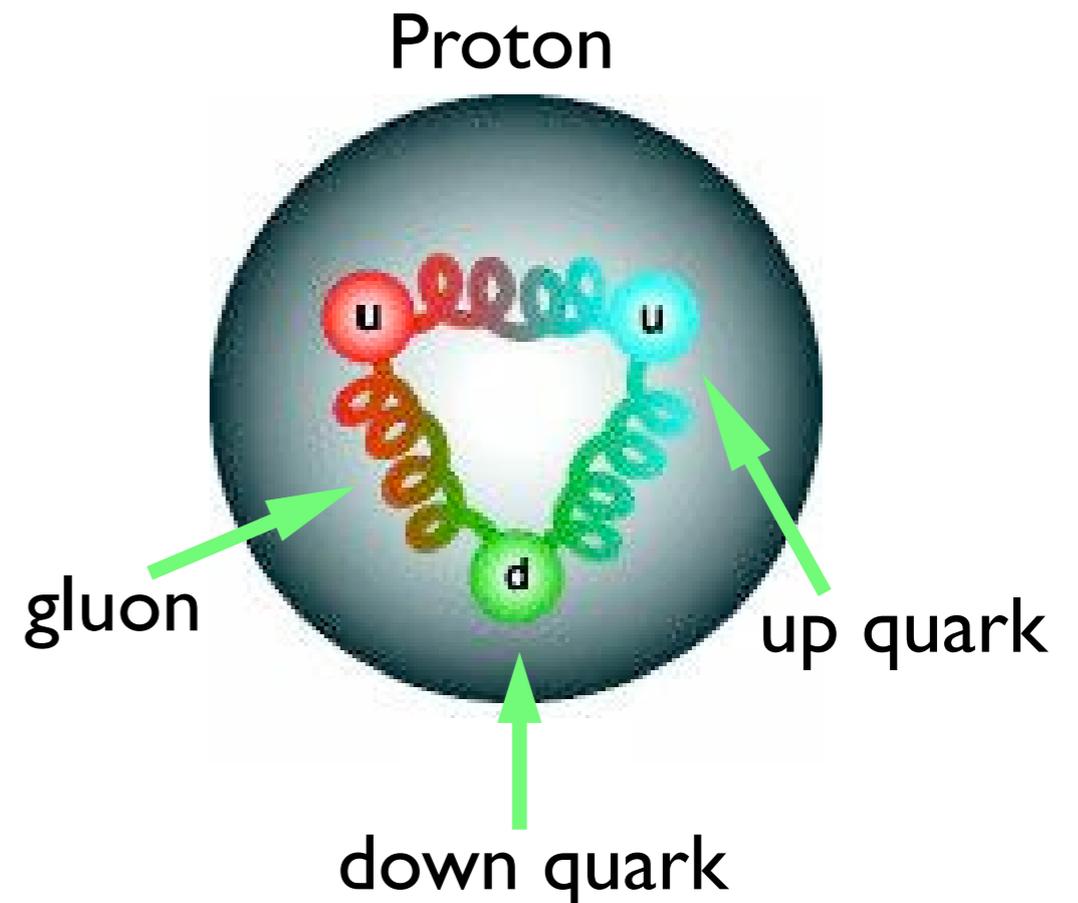
# Starke Wechselwirkung

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



Gell-Mann  
Nobelpreis 1969

Starke Wechselwirkung  
bindet Quarks zusammen



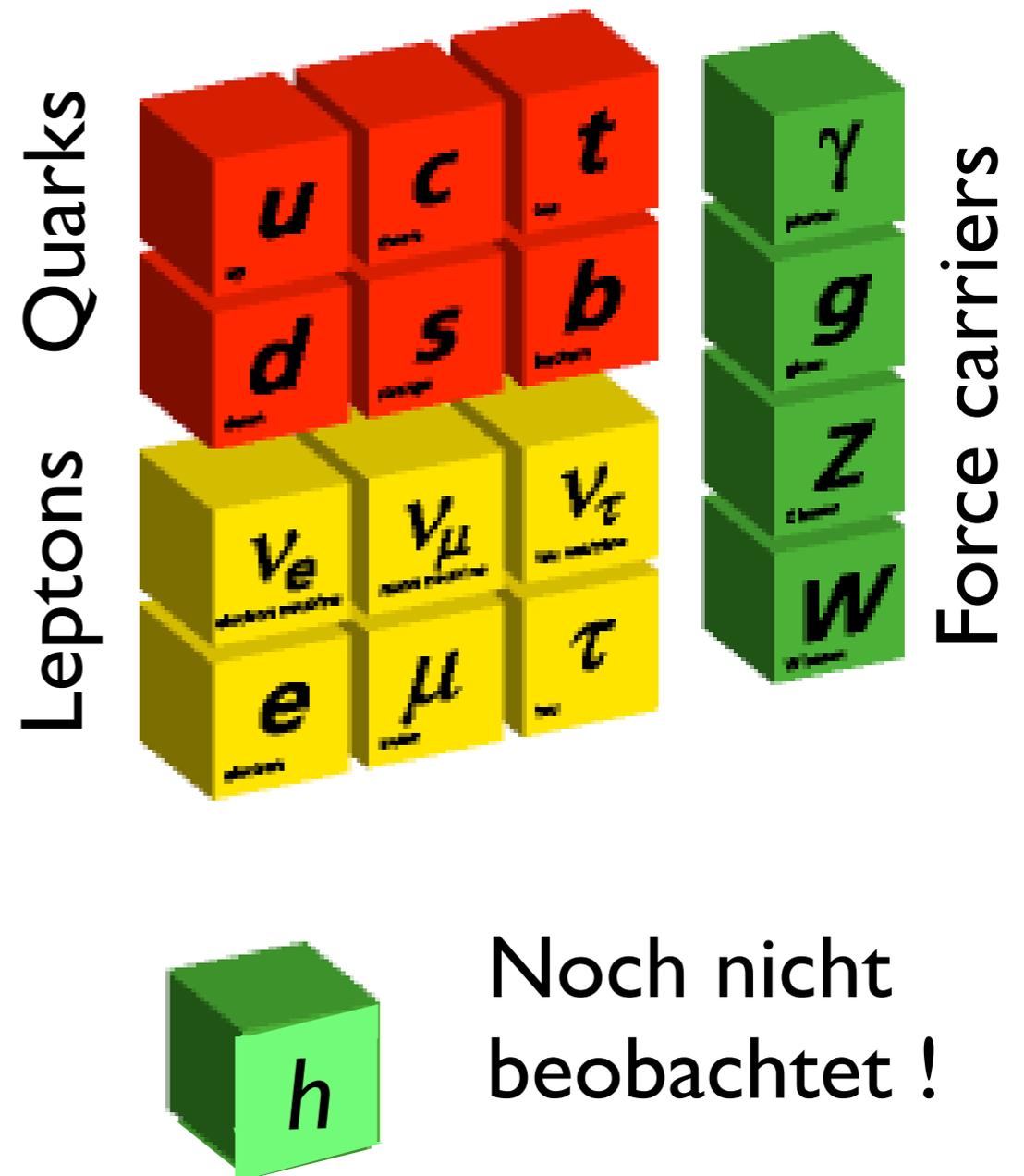
- Materieteilchen:

- 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: ~ 2009

