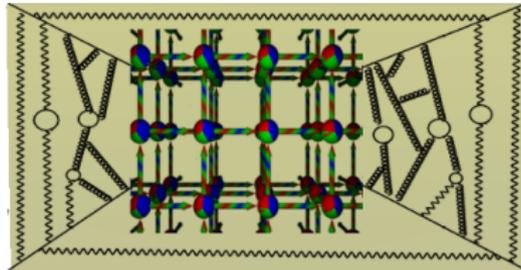
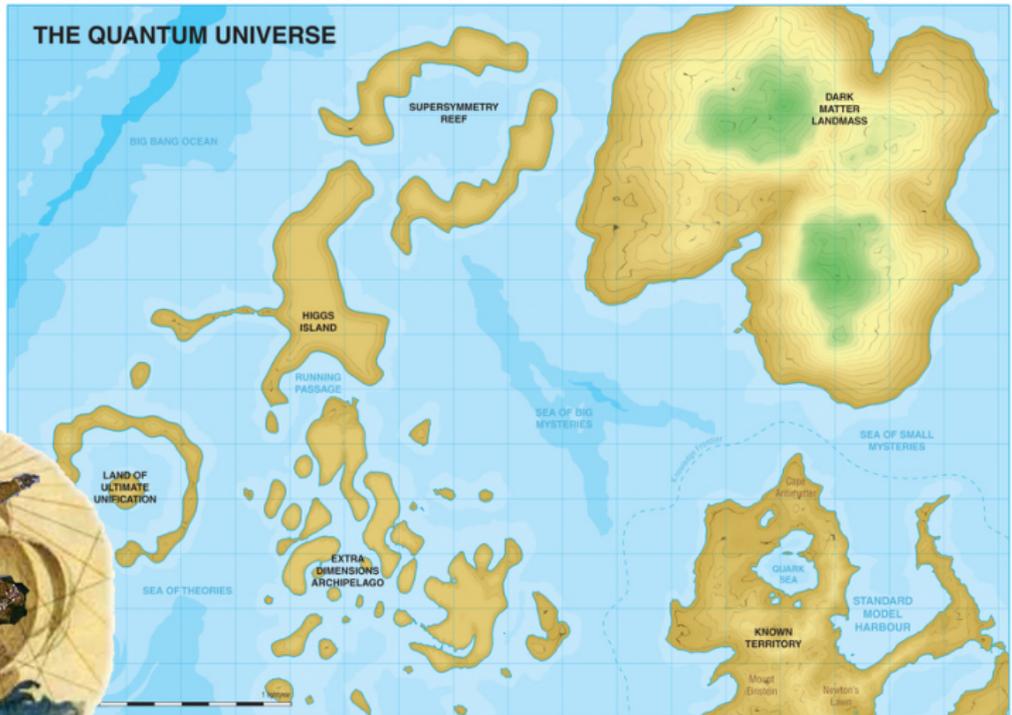


Physik im Bereich der kleinsten und schnellsten Teilchen

ITP WWU Münster



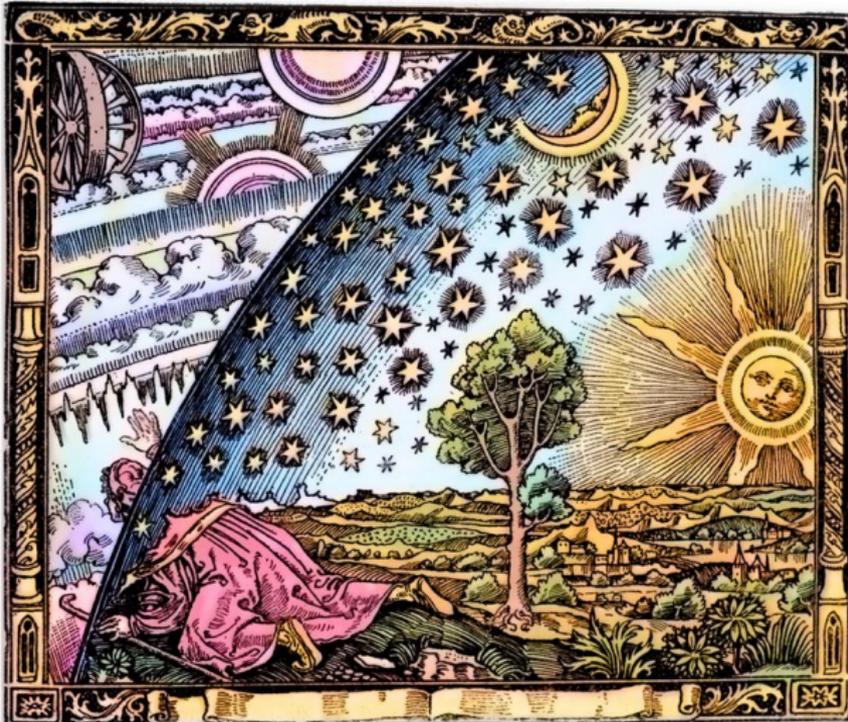
Die Arbeit der modernen Physik: Neue Entdeckungen



Die Arbeit der modernen Physik: Neue Entdeckungen



Die Arbeit der modernen Physik: Neue Welten

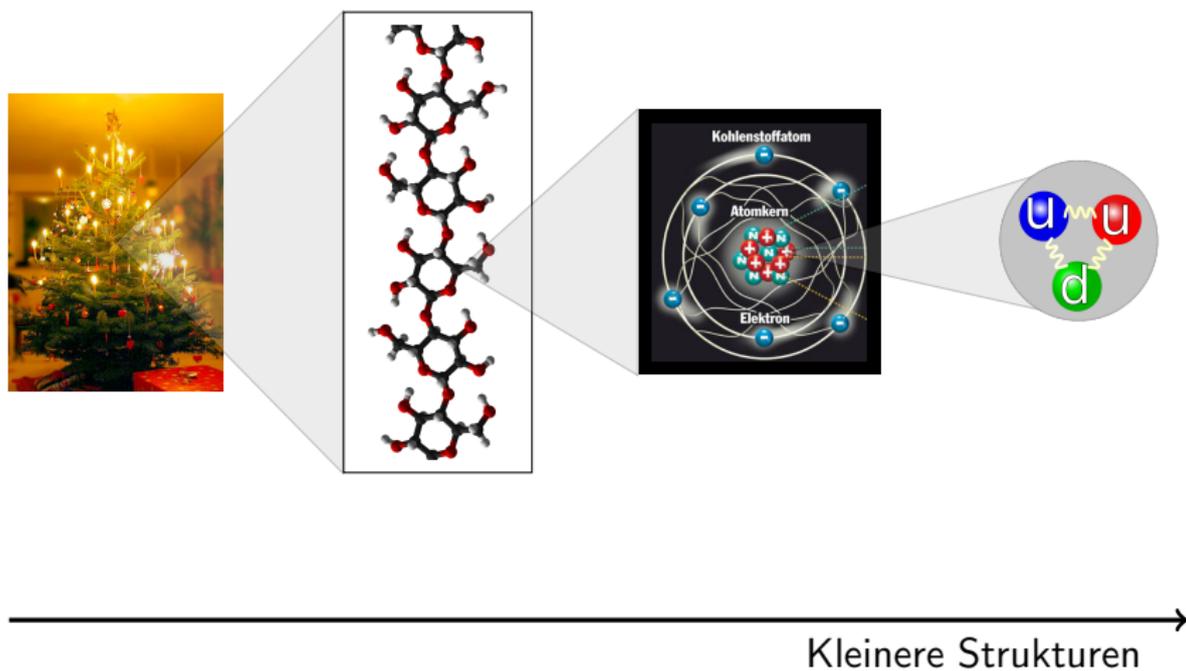


Die Arbeit der modernen Physik: Ein Bild entsteht

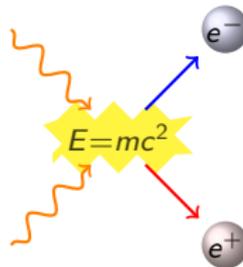


- 1 der Bereich für neue Experimente
- 2 Beschreibungen für kleinste Teilchen bei hohen Energien
- 3 das Modell der Elementarteilchen

Das Vordringen in neue Bereiche



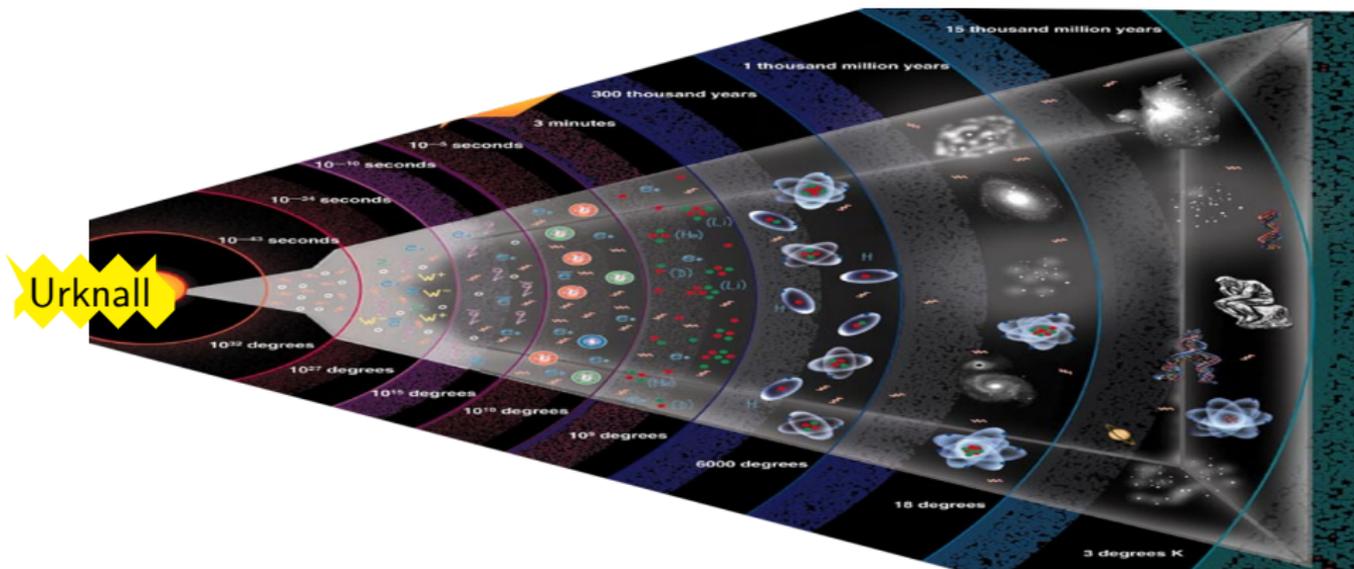
Das Vordringen in neue Bereiche



Energie der Teilchen

Kleinere Strukturen

Das Vordringen in neue Bereiche

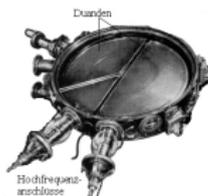


Zeit seit Urknall →

← Energie der Teilchen

← Kleinere Strukturen

Das Vordringen in neue Bereiche



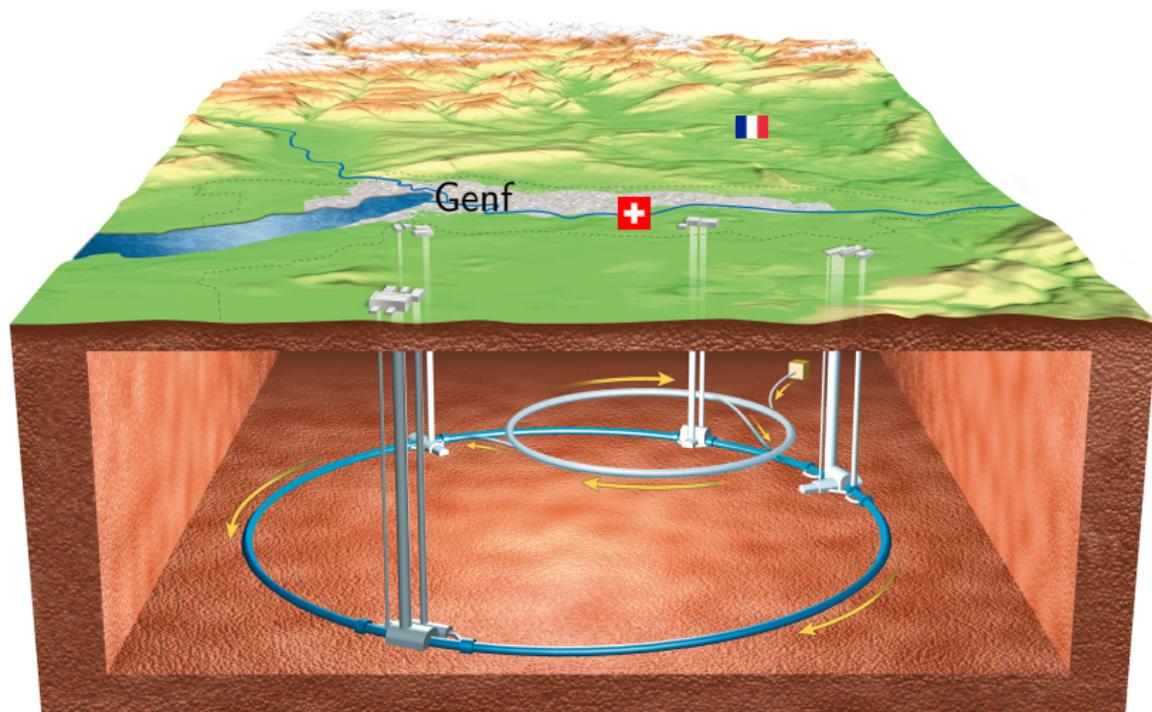
Technische Entwicklung
Größe der Beschleuniger

← Zeit seit Urknall

→ Energie der Teilchen

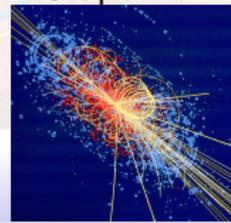
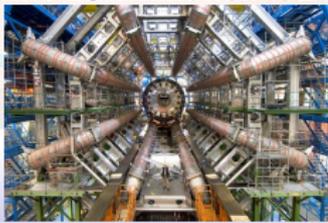
→ Kleinere Strukturen

Der größte Beschleuniger: Large Hadron Collider



Der größte Beschleuniger: Large Hadron Collider

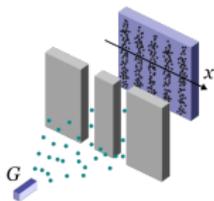
- Umfang: 27 km
- hohe Geschwindigkeiten: 99.9999991% der Lichtgeschwindigkeit
- Protonen mit Energie 7TeV
 - ein Proton: Energie von Mücke im Flug
 - Menge der Protonen des gesamten Strahls: Gas im Volumen von einem Sandkorn
 - Energie des gesamten Strahls: Zug bei 200km/h
- sehr genaue Messungen
 - Menge an Daten/Jahr: 15 Millionen GB (CD Stapel von 20 km Höhe)



Kleine Teilchen, genaue Messungen: Das Gebiet der Quantenmechanik



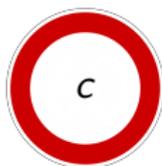
- Grenze der Genauigkeit für
 - Ort und Impuls
 - Zeit und Energie
- Quantenfluktuationen
- keine Erzeugung von Teilchen



$$\frac{\Delta x \cdot \Delta p}{\geq \hbar/2}$$

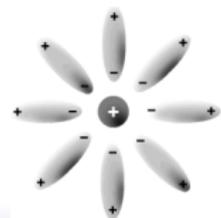
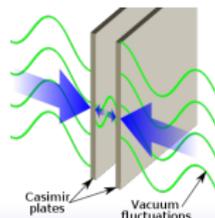
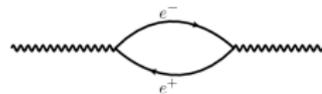
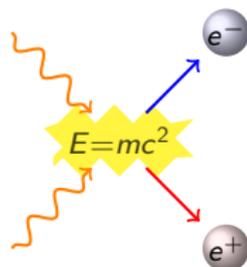
Hohe Geschwindigkeiten: Die Relativitätstheorie

- obere Grenze für die Geschwindigkeit
- Energiezunahme durch Zunahme der Masse
- Energie \rightarrow Masse

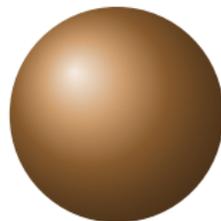


Klein und schnell: Die Quantenfeldtheorie

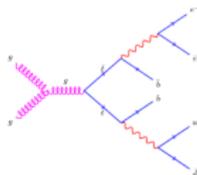
- erlaubt Teilchenerzeugung und -vernichtung
- Quantenfluktuationen erzeugen virtuelle Teilchen
- Fluktuationen im Vakuum beeinflussen Messungen
- klassische Physik: 3 Körperproblem nicht lösbar
- Quantenfeldtheorie: 0 Körperproblem nicht lösbar



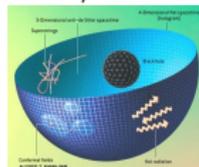
Methoden und Näherungen



- Störungstheorie



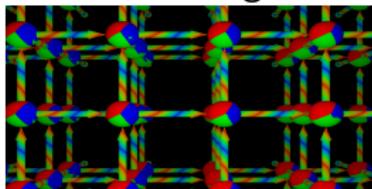
- AdS/CFT



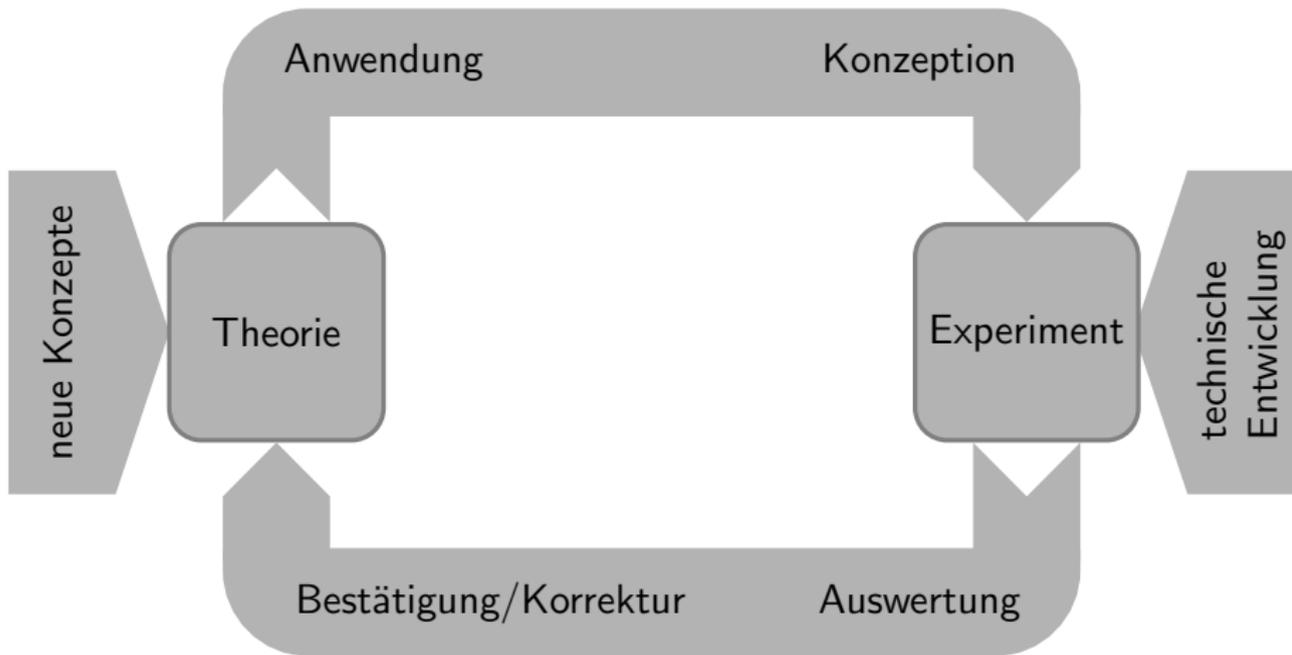
- effektive Modelle

- ...

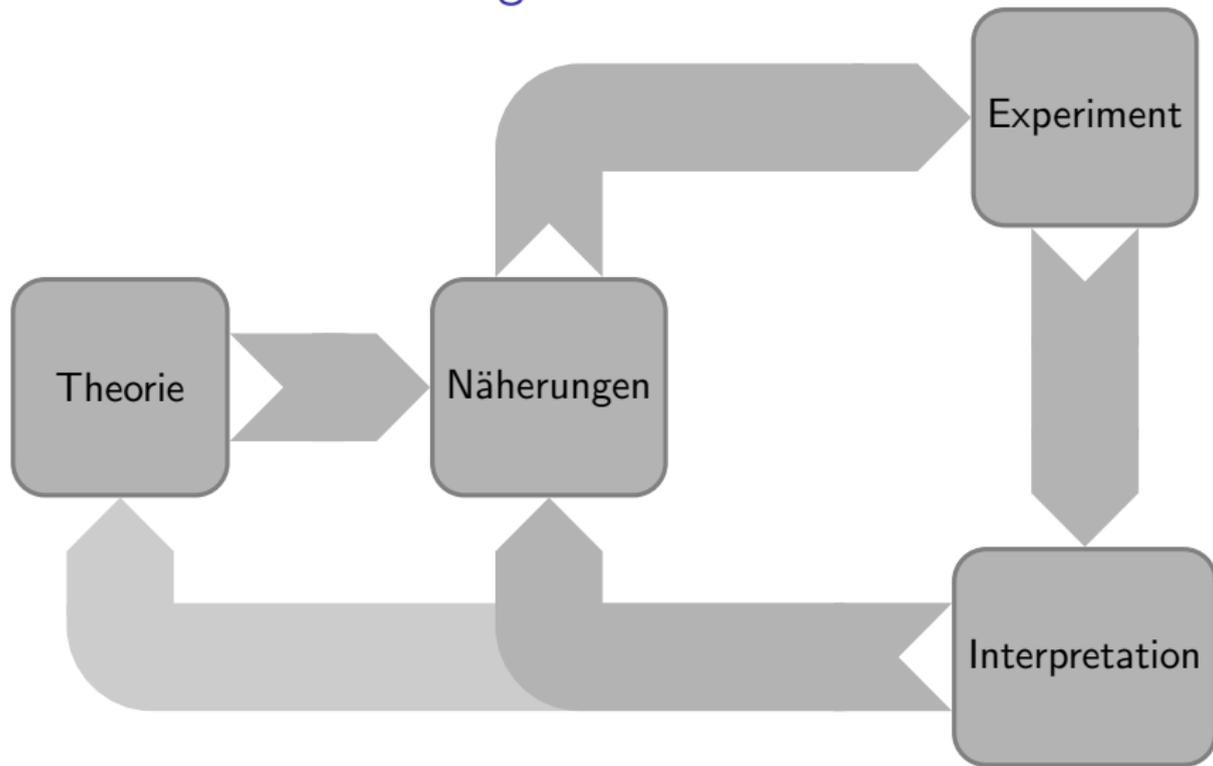
- Gitterrechnungen



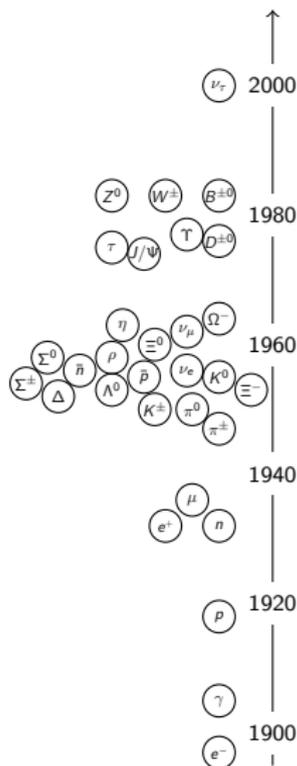
Das Vordringen in neue Bereiche



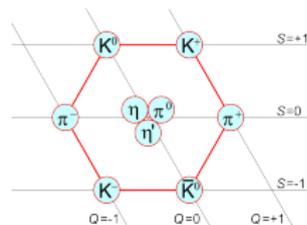
Das Vordringen in neue Bereiche



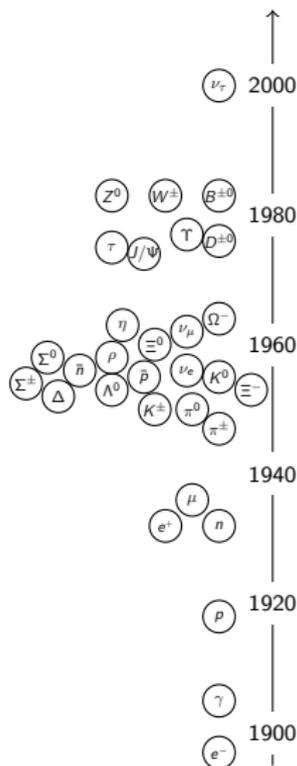
Ordnen der Beobachtungen: Symmetrien



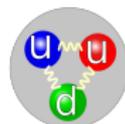
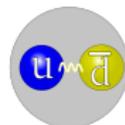
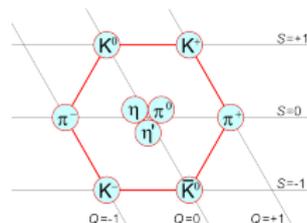
→ Leptonen,
Mesonen,
Baryonen



Ordnen der Beobachtungen: Symmetrien

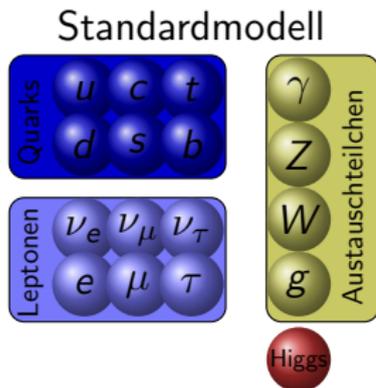


→ Leptonen,
Mesonen,
Baryonen



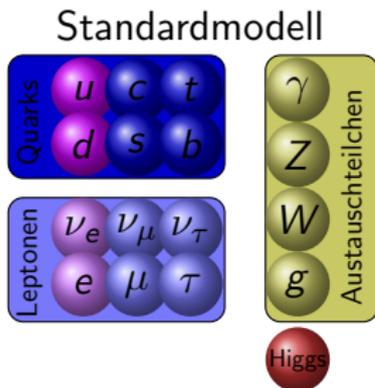
- Ordnung der Teilchen → Symmetrien
- Raum-Zeit-Symmetrien: Drehungen ...
- innere Symmetrien: Farbsymmetrie ...
- Supersymmetrie

Das Modell der Elementarteilchen



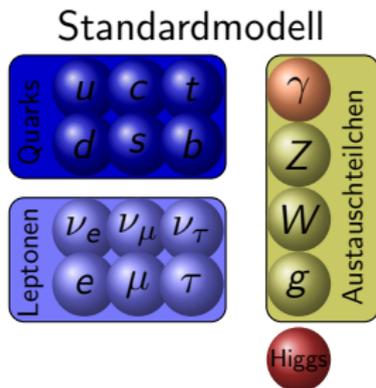
- Einteilung: Materie und Austauschteilchen der Kräfte
- stabile Materie
- Photonen vermitteln elektromagnetische Kraft
- massive Austauschteilchen der schwachen Kraft
- β -Zerfall
- Gluonen sind Austauschteilchen der starken Kraft

Das Modell der Elementarteilchen



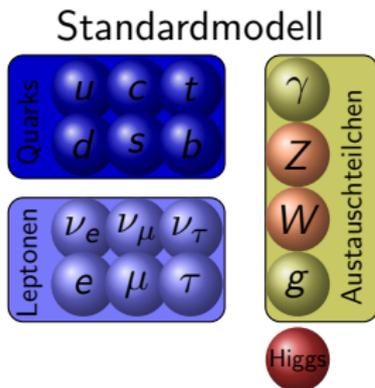
- Einteilung: Materie und Austauschteilchen der Kräfte
- stabile Materie
 - Photonen vermitteln elektromagnetische Kraft
 - massive Austauschteilchen der schwachen Kraft
- β -Zerfall
- Gluonen sind Austauschteilchen der starken Kraft

Das Modell der Elementarteilchen



- Einteilung: Materie und Austauschteilchen der Kräfte
- stabile Materie
- Photonen vermitteln elektromagnetische Kraft
- massive Austauschteilchen der schwachen Kraft
- β -Zerfall
- Gluonen sind Austauschteilchen der starken Kraft

Das Modell der Elementarteilchen

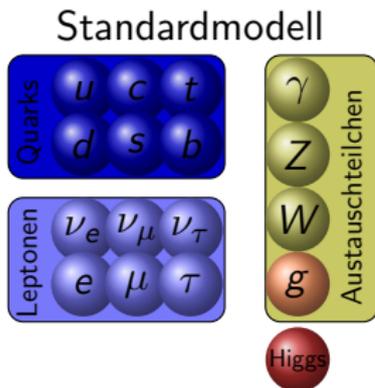


- Einteilung: Materie und Austauschteilchen der Kräfte
- stabile Materie
- Photonen vermitteln elektromagnetische Kraft
- massive Austauschteilchen der schwachen Kraft

β -Zerfall 

- Gluonen sind Austauschteilchen der starken Kraft

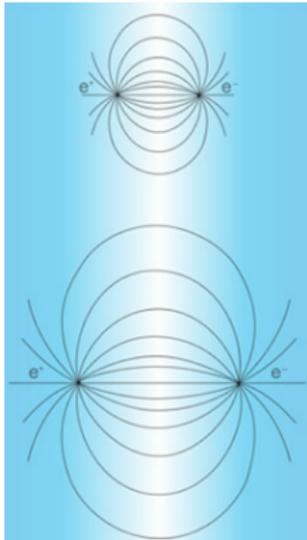
Das Modell der Elementarteilchen



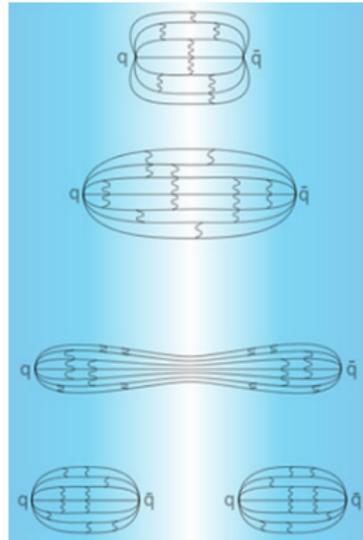
- Einteilung: Materie und Austauschteilchen der Kräfte
- stabile Materie
- Photonen vermitteln elektromagnetische Kraft
- massive Austauschteilchen der schwachen Kraft

β -Zerfall 

- Gluonen sind Austauschteilchen der starken Kraft



elektromagnetische Kraft



starke Kraft

Das Standardmodell

- experimentell bestätigt
- beschreibt alle bisher gefundenen Teilchen
- Higgs-Teilchen noch nicht gefunden
- Widerspruch zu astronomischen Beobachtungen:
dunkle Materie
- Konzeptionelle Probleme

