

Elementarteilchenphysik und Kosmologie

Was ist Physik?

- Vom Allergrössten (Kosmologie) zum Allerkleinsten (Elementarteilchenphysik)
- Von der kleinsten Zeit zum Alter des Universums

Physik ist eine kognitive Wissenschaft:

- Beobachten, Messen, Experimentieren
- Mathematisch formulierte Modelle
- Vergleich Modell - Beobachtung

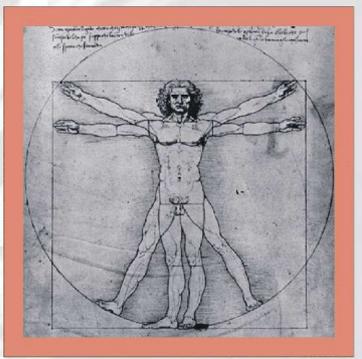


10^{26} m

VOM UNIVERSUM...
VOM UNIVERSUM...
VOM UNIVERSUM...

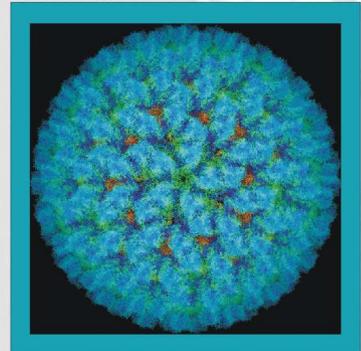


10^7 m

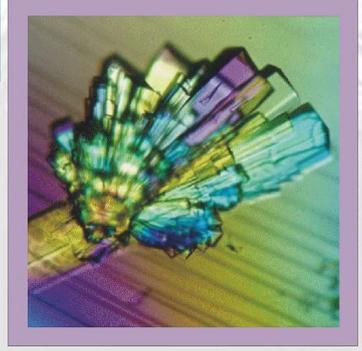


1 m

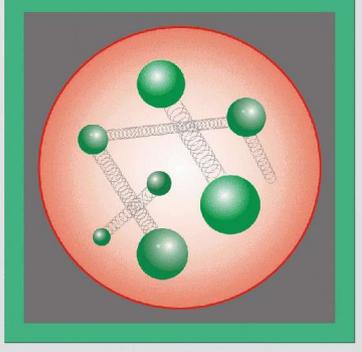
10^{-4} m



10^{-8} m



10^{-15} m



... ZUM QUARK
... ZUM QUARK
... ZUM QUARK

Der Physik zugängliche Beobachtungsbereiche:

Ort:

- Grösse des sichtbaren Weltalls (Hubbleradius): $10^{26} m$ 10^{44}
- Ausdehnung eines Quarks oder Elektrons $10^{-18} m$

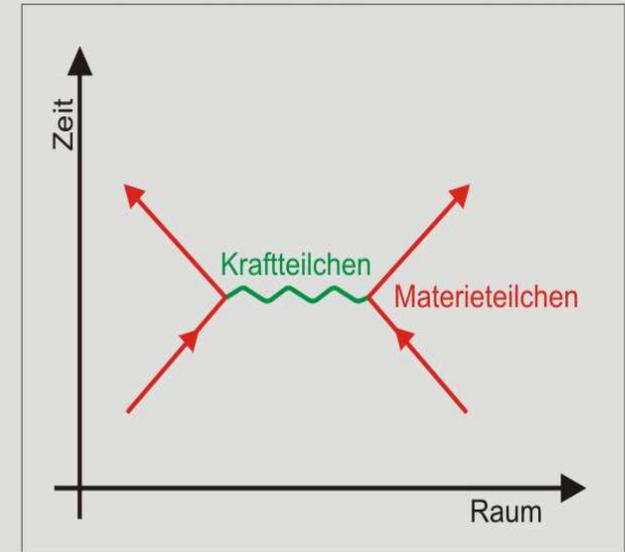
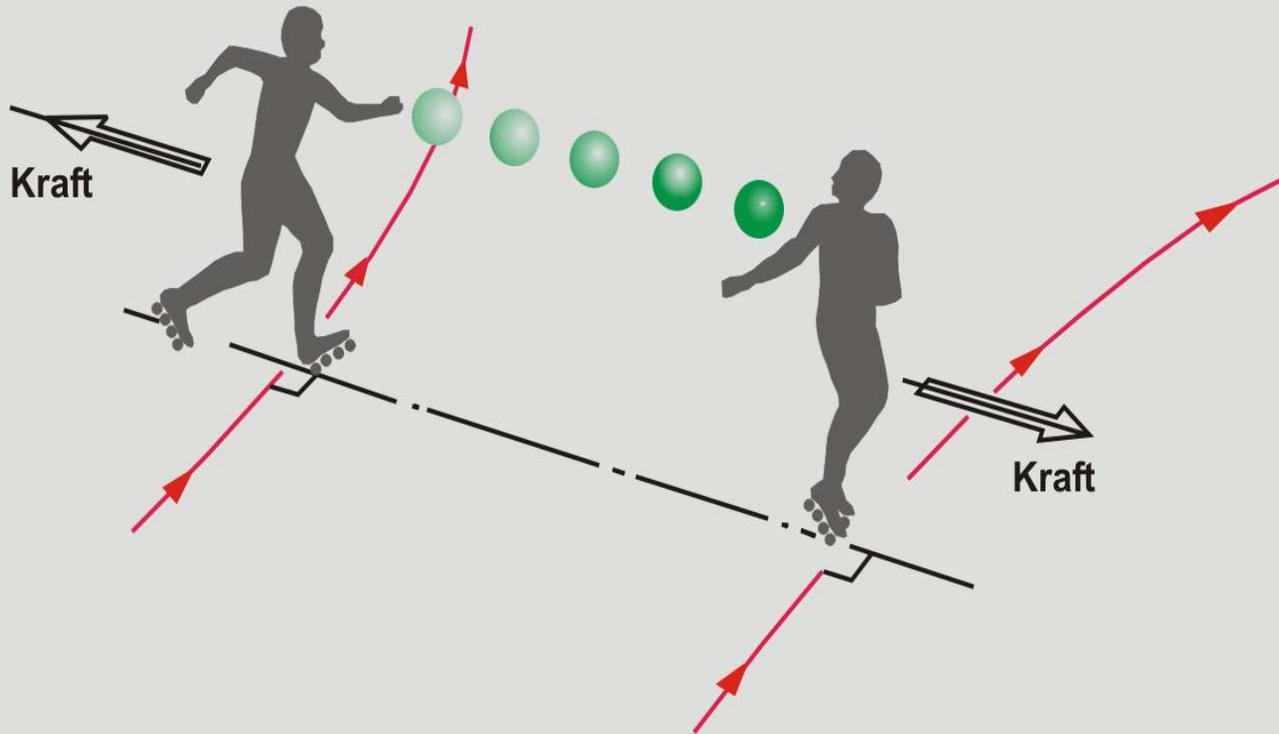
Zeit:

- Alter des Universums $15 \times 10^9 \text{ Jahre} = 5 \times 10^{17} \text{ sek}$ 10^{44}
- Durchlauf von Licht durch ein Proton $3 \times 10^{-27} \text{ sek}$

Massendichte:

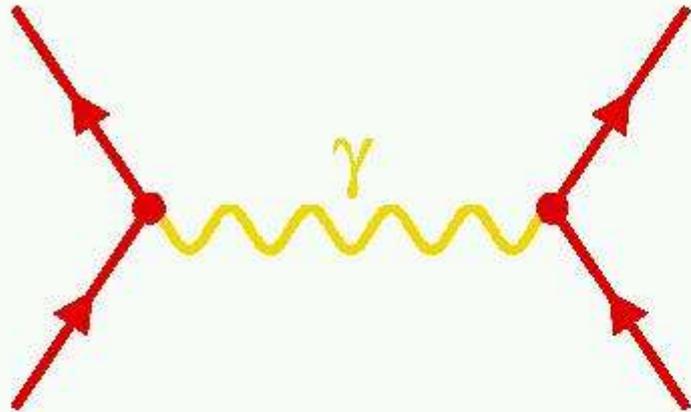
- Wasser 1 g/cm^3
- Im Mittel im Universum $10^{-29} \text{ g/cm}^3 \approx 1 \text{ proton/m}^3$ 10^{44}
- In einem Proton drin (Kernmaterie) 10^{15} g/cm^3

Kräfte – Ursache allen Geschehens

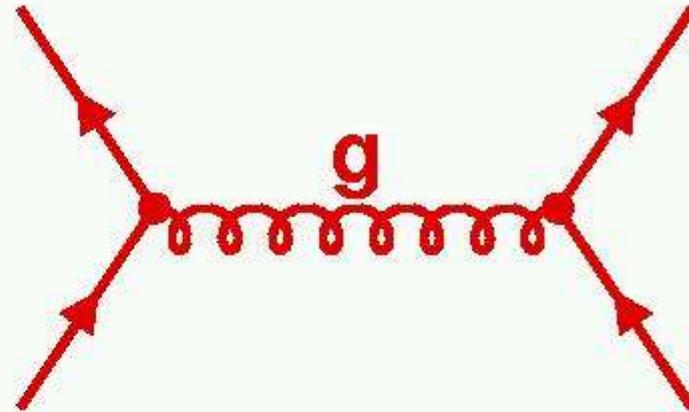


Zwei Körper üben eine Kraft aufeinander aus, indem sie Impuls und Energie austauschen. Im Mikrokosmos wird der Austausch durch „**Kraftteilchen**“ vermittelt. Bildlich kann dieser Mechanismus durch so genannte Feynman-Diagramme beschrieben werden, in denen die Bewegung der Materieteilchen durch Pfeile und die ausgetauschten Teilchen durch Wellenlinien, Federn usw. dargestellt werden.

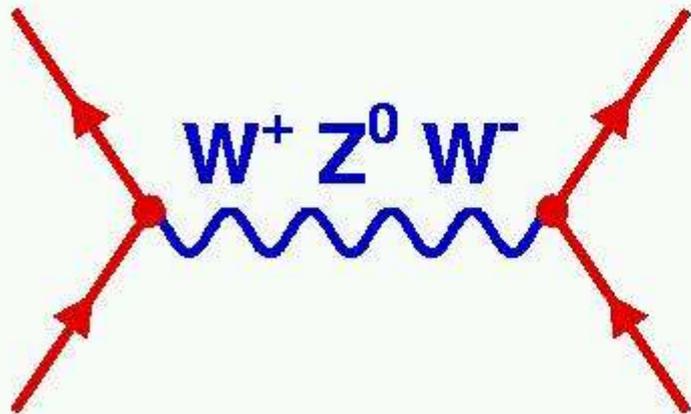
Wir kennen vier fundamentale Wechselwirkungen (Kräfte):



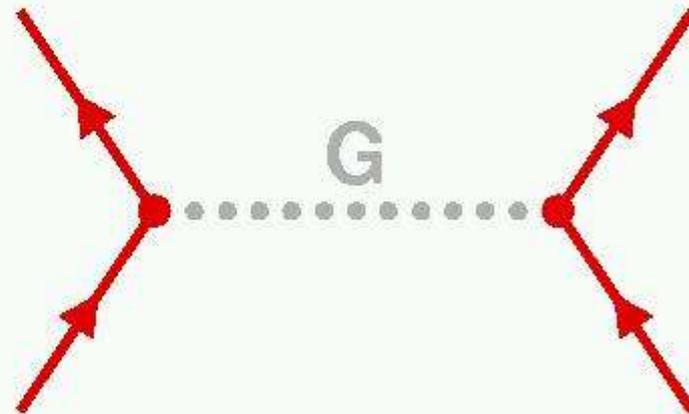
elektromagn. Kraft



starke Kraft



schwache Kraft

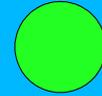
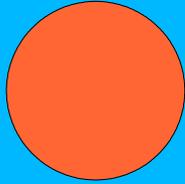


Gravitation

Gibt es noch weitere? --- Ja, fast sicher.

Elementarteilchen

Quark

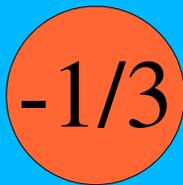


Lepton



Elektro - Schwache
Wechselwirkung
bewirkt 2 Zustände

elektrische
Ladung



up-
quark

down-
quark

neutrino

electron

elektrische
Ladung

$+2/3$

$-1/3$

0

-1

up-
quark

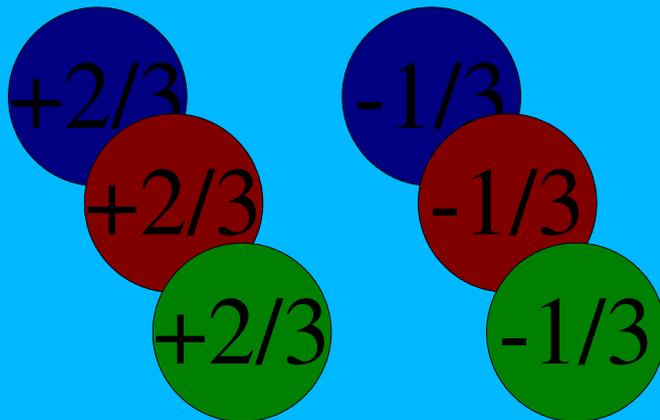
down-
quark

neutrino

electron



Starke
Wechselwirkung
=> 3 Zustände



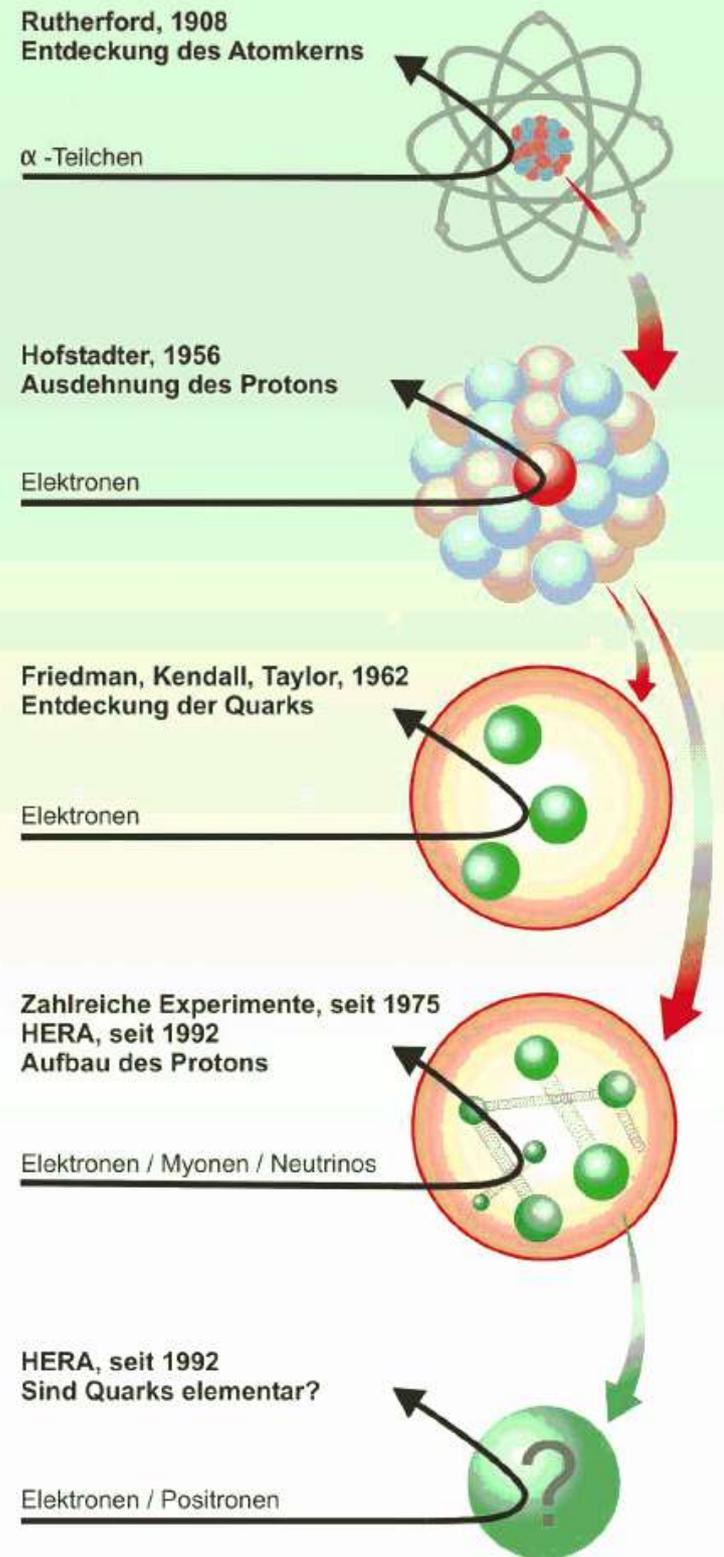
Messmethode der
Elementarteilchenphysik:

Streuung Teilchen aneinander
mit hoher Energie

Atomphysik:

Kernphysik:

Struktur des
Protons:



Forschungslabors (Beschleunigerzentren)

der Elementarteilchenphysik



Antimaterie von Paul Dirac 1930 vorhergesagt

- aus - spezieller Relativitätstheorie (Einstein)
- Quantenmechanik (Schrödinger)

wegen der Energieäquivalenz $E = \pm \sqrt{p^2 c^2 + m^2 c^4}$

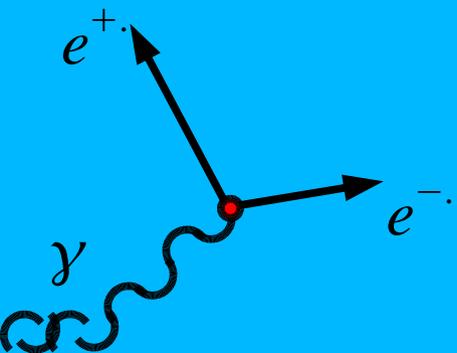
- gibt es zu jedem Zustand auch eine negative Energielösung
 - mit umgekehrtem Vorzeichen der elektrischen Ladung
 - mit umgekehrtem Eigendrehimpuls (Helizität)
- = Antiteilchen

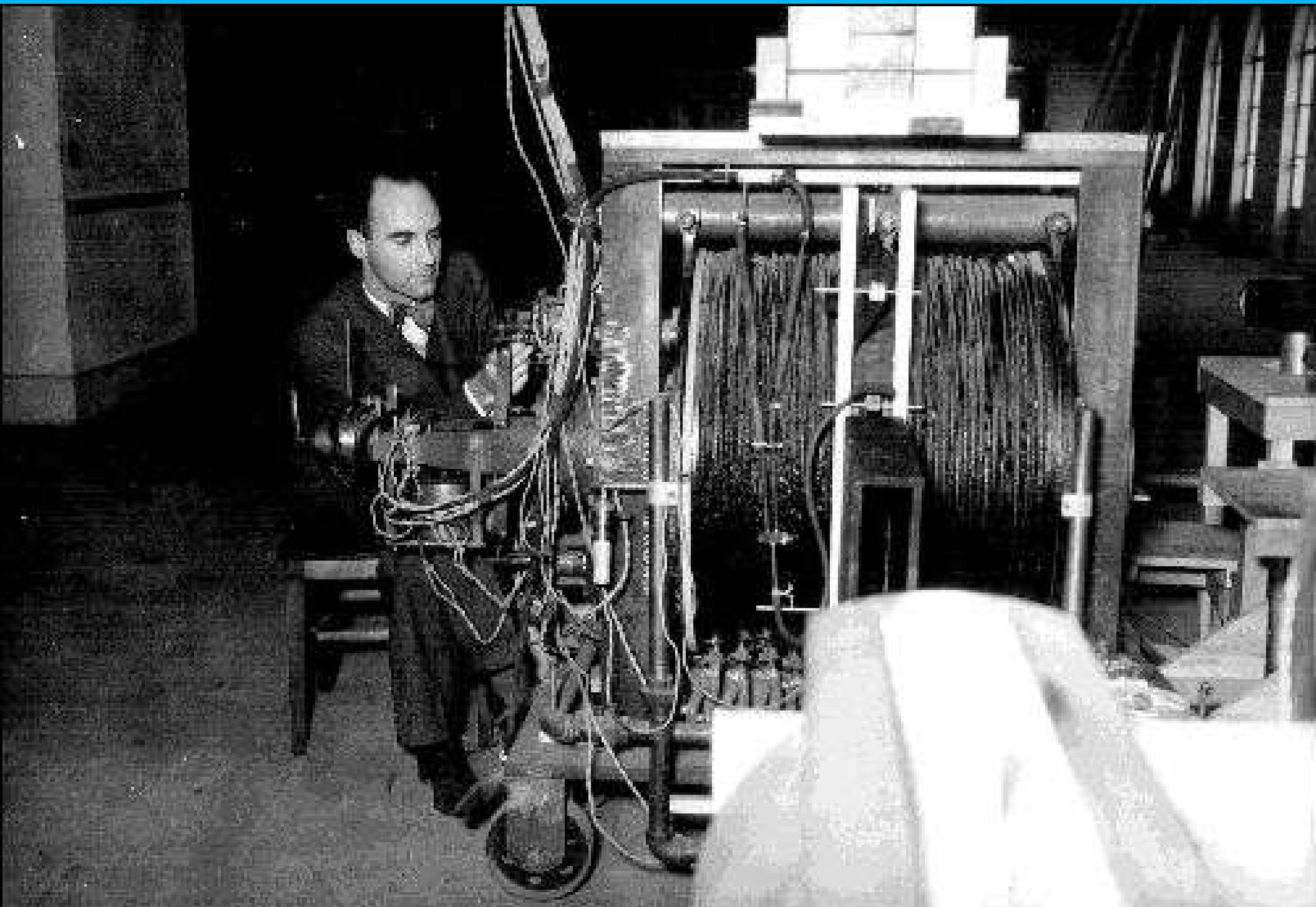
Symmetrieoperation CP: Teilchen \longleftrightarrow Antiteilchen

Das Positron wurde in der Höhenstrahlung gefunden

- 1932 von Anderson,
- 1933 von Blackett und Occhialini

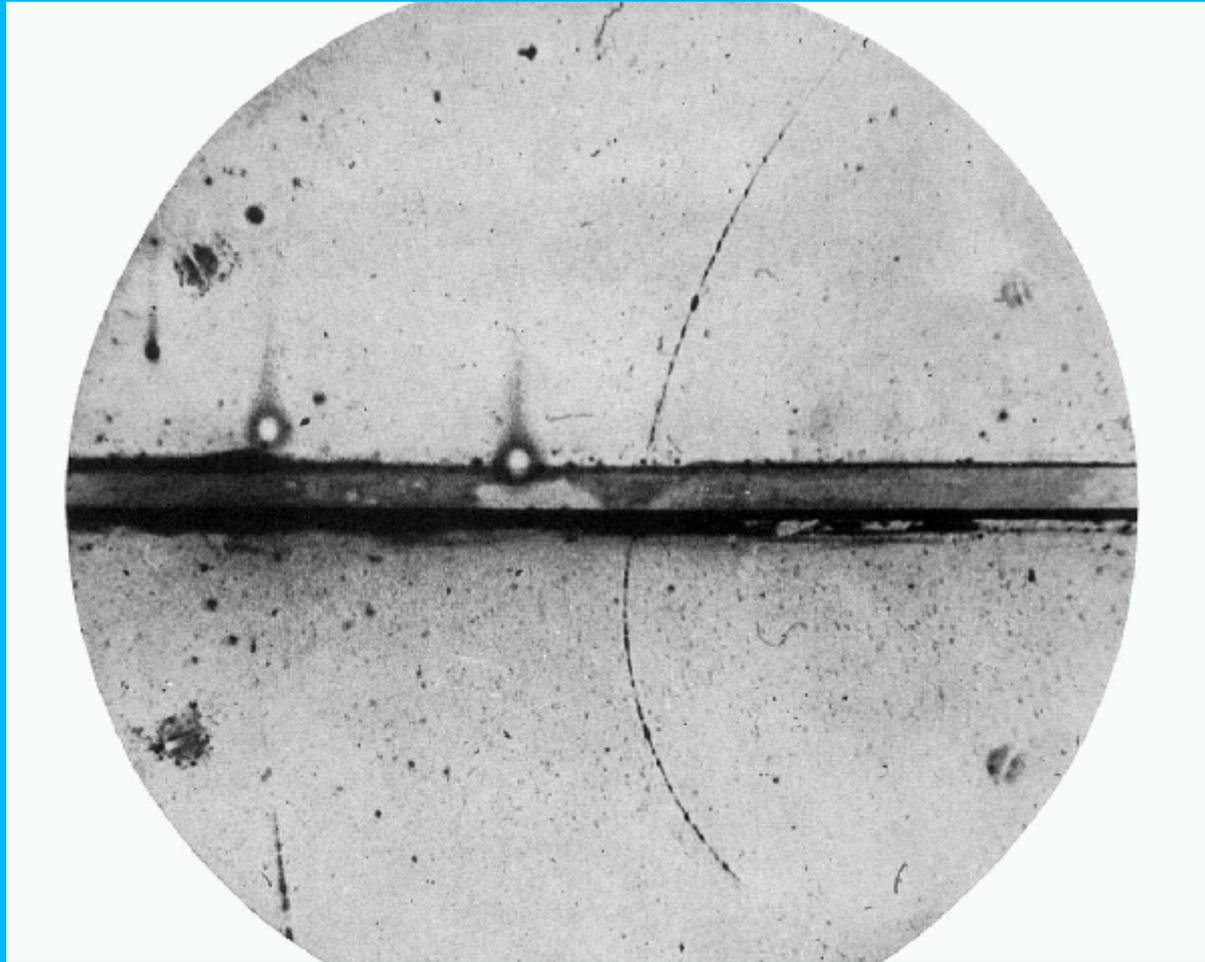
auch: Teilchen und Antiteilchen werden paarweise erzeugt und vernichtet

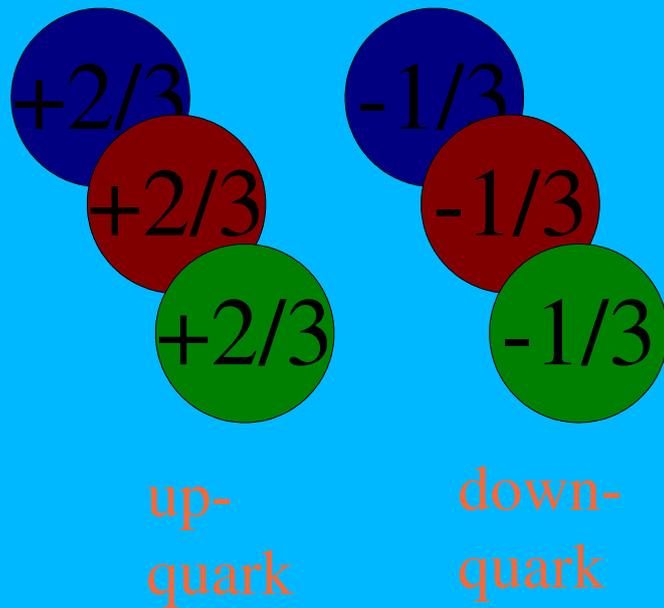




© Copyright California Institute of Technology. All rights reserved.
Commercial use or modification of this material is prohibited.

Nebelkammer mit Bleiplatte im Magnetfeld





0

neutrino

-1

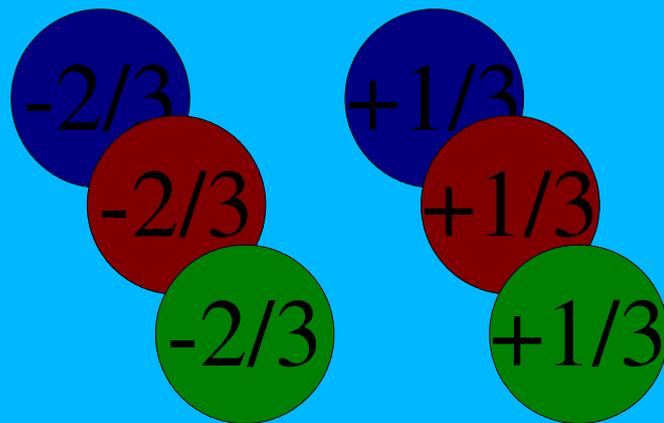
electron

Spiegelwelt: Antimaterie

CP Operation:

C: Ladung

P: Helizitaet



0

antineutrino

+1

positron

anti-up-
quark

anti-down-
quark

Die CP Symmetrie ist fast vollkommen, aber nicht ganz

Es gibt kleine Unterschiede zwischen der Welt
und der Antiwelt

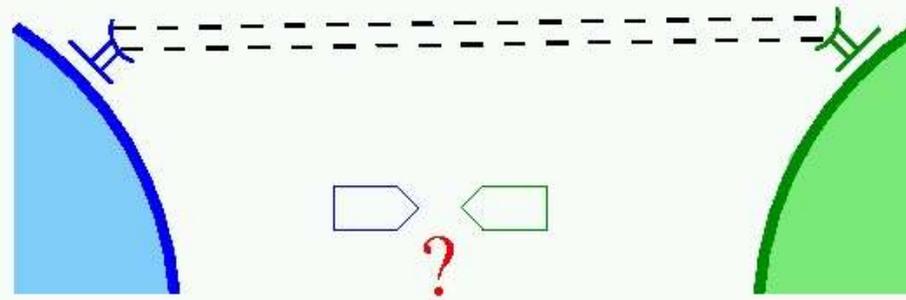
Es gibt einen kleinen Unterschied in den Wahrscheinlichkeiten zwischen Teilchen und Antiteilchen für gewisse Prozesse:

Es entstehen am Anfang des Universums zwar gleich viele Teilchen und Antiteilchen, aber es bleiben mehr Teilchen als Antiteilchen übrig.

CP Verletzung ist existentiell für uns: Es gibt Materie im Universum, aber (fast) keine Antimaterie, wegen einer CP - Asymmetrie existieren wir überhaupt

Materie und Antimaterie: ein Gedankenexperiment

Zwei Zivilisationen kommunizierten über Radiowellen:



"Bestehen wir beide aus Materie?"

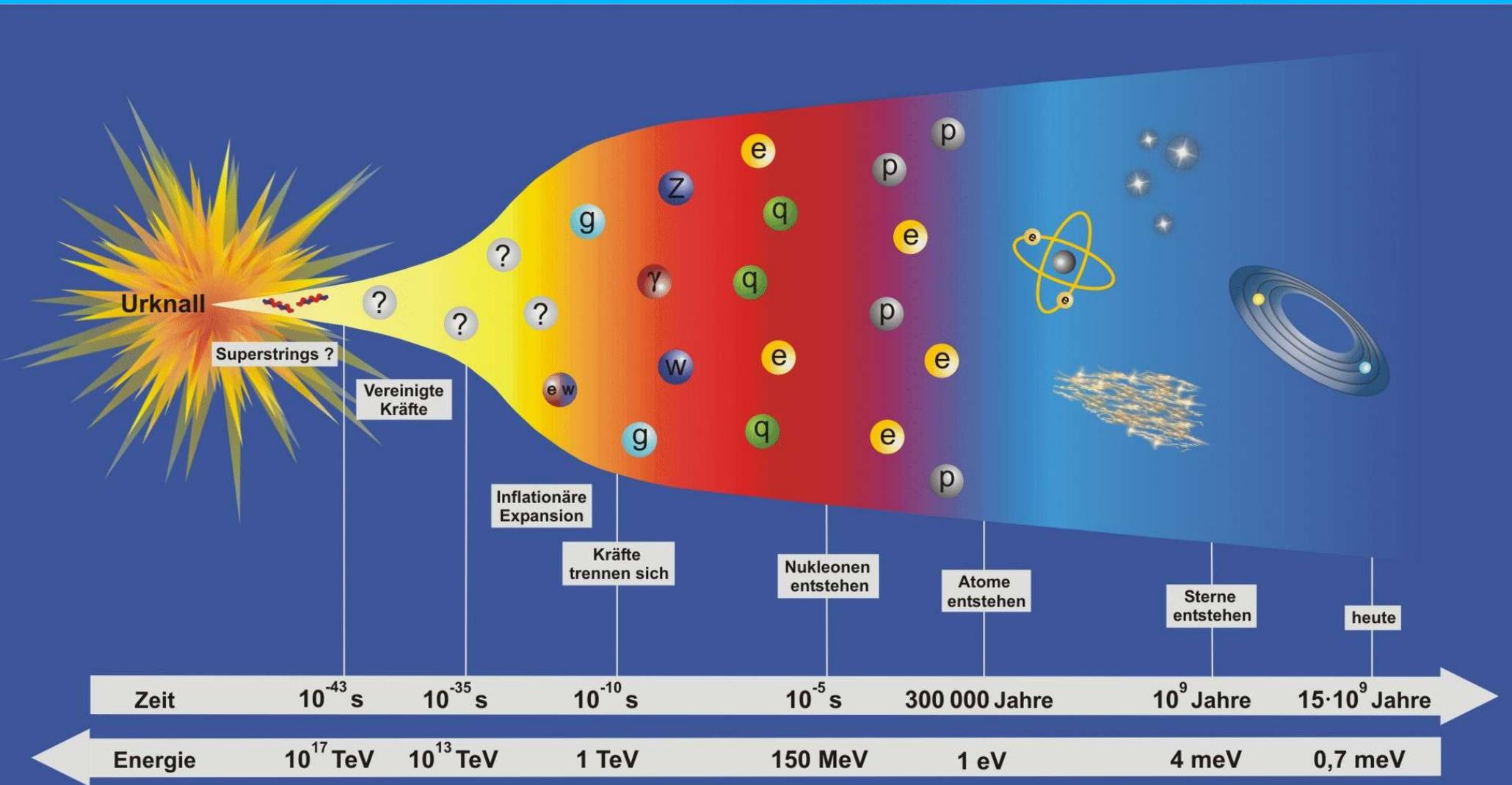
Lösung: Vergleiche und übermittle die Zerfallsraten
 $K_L \rightarrow \pi^- e^+ \nu$ und $K_L \rightarrow \pi^+ e^- \bar{\nu}$,

In unserer Welt ist der erstere etwas häufiger (leichte CP Verletzung).

"Der Zerfall der seltener auftritt, hat bei uns ein Pion mit demselben Vorzeichen, wie die Atomkerne, aus denen wir gebaut sind (wir definieren das als positiv)."

CP-Verletzung erlaubt absolute Definition
von Materie und Antimaterie

So stellen wir uns heute die Entwicklung unserer Welt vor:



Aber es scheint noch andere Materiearten zu geben

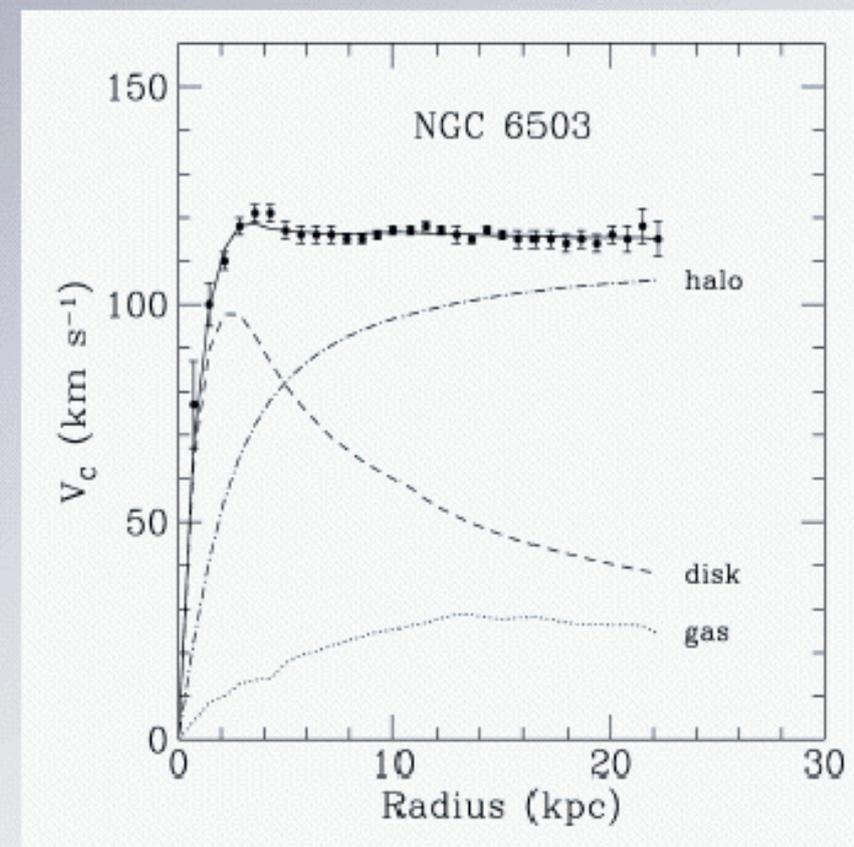
Messe die Geschwindigkeitsverteilung der Sterne in einer Galaxie
(erstmal von F. Zwicky, 1926)

vergleiche mit 3. Keplergesetz: $Umlaufzeit^2 \sim Abstand^3$

Man braucht sechs mal mehr Masse, als man sieht!

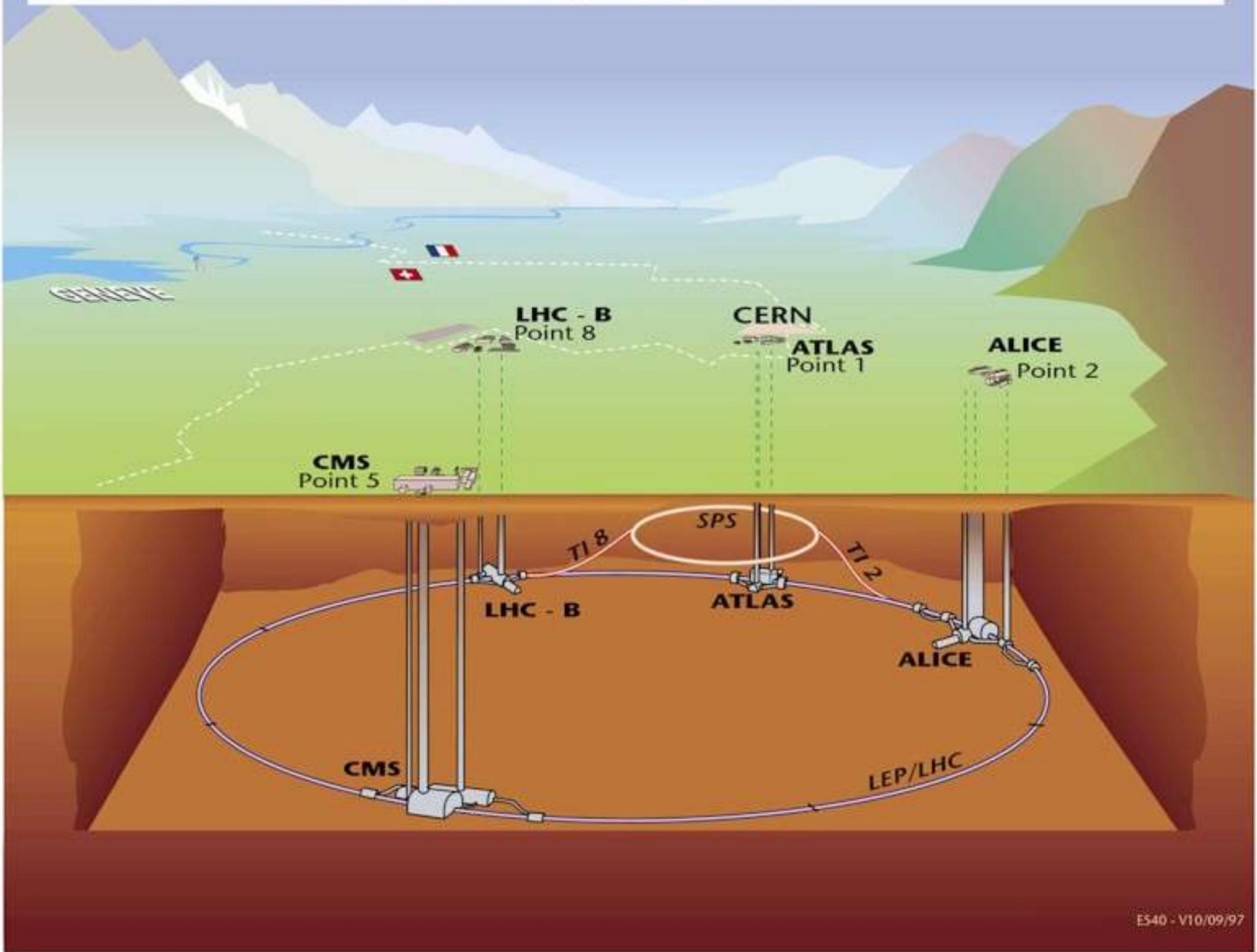


Andromeda galaxy (M31)



Weitere Hinweise aus der Temperatur des Weltalls
und der Struktur der Galaxienverteilung

=> Suche nach neuartiger Materie,
die die dunkle Materie erklären könnte
mit Hilfe der Elementarteilchenphysik



Werden Sie Physikerin oder
Physiker!

Dann können Sie sich mit diesen fundamentalen Fragen
unserer Existenz beschäftigen.

An welcher Universität soll ich studieren?

Physik ist überall auf der Welt dieselbe!

Schweizer Universitäten mit Physik:

Genf, Freiburg, Neuenburg, Bern, Basel, Zürich
ETH (Zürich), EPFL (Lausanne)

Es existieren Unterschiede im Studienaufbau und -Schwerpunkten

Das Physikstudium an der Universität Zürich baut sich auf dem dreistufigen Bologna-Modell auf:

Diplome:

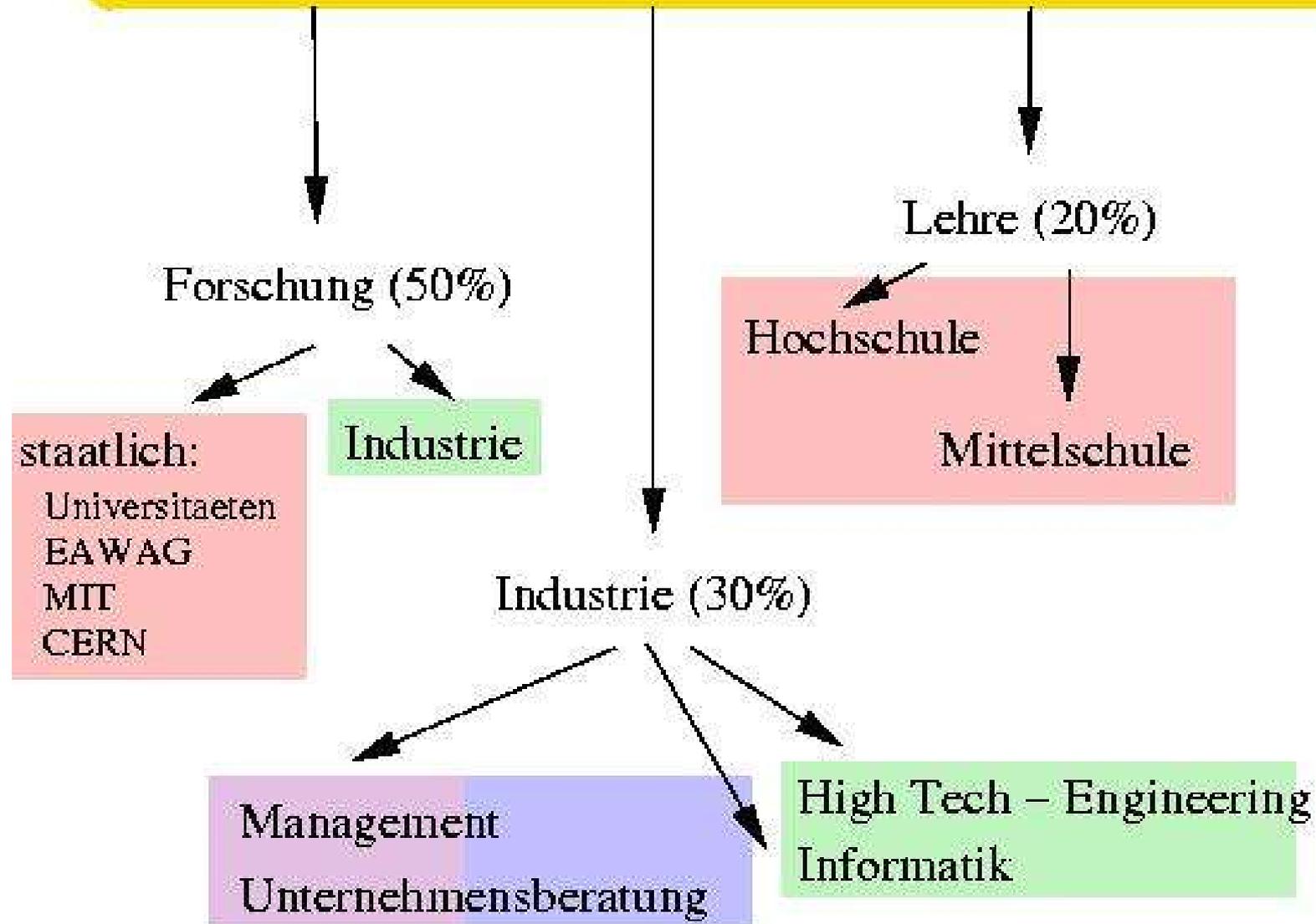
- Bachelor (nach 3 Jahren)
- Masters (nach weiteren 1.5 Jahren)
- Doktorat (nach weiteren 3 bis 4 Jahren)

Das Studium ist in Module aufgeteilt. Erfolgreich besuchte Module ergeben Kreditpunkte nach den europäischen Normen.

**Die Universität Zürich bietet
vier verschiedene Masterstudiengänge:**

- Elementarteilchenphysik
- Astrophysik
- Kondensierte Materie
- Theoretische Physik

Abschluss des Physikstudiums: (Diplom oder Doktorat)



Unterschied Universität und ETH Zürich:

	Universität	ETHZ
Anzahl Studierende pro Sem.	ca. 20	ca. 120
Praktikum	ab 1. Semester	ab 3. Semester
Arbeitsweise	eher selbstständiger	eher schulmässig
Werkstattkurs	obligatorisch	
Nebenfach	20 KP	5 KP
Diplomarbeit: Dauer ca.	6-9 Monate	3-4 Monate
individuelles Betreuung	intensiver	
Werkstudierende	anpassungsfähiger	
Mathematik – Ausbildung	weniger	mehr
Praktische Ausbildung	mehr	weniger

Keine Unterschiede:

- in der effektiven Studiendauer (5 Jahre im Mittel)
- in der Qualität der Ausbildung

Wechsel des Studienortes ist leicht möglich

Noch Fragen?

www.physik.unizh.ch

Oder kommen Sie uns einfach besuchen!

-> Laborführungen

-> Studienberater: I. Herger, U. Straumann, R. Rössel

strauman@physik.unizh.ch, Tel. 01 635 57 68