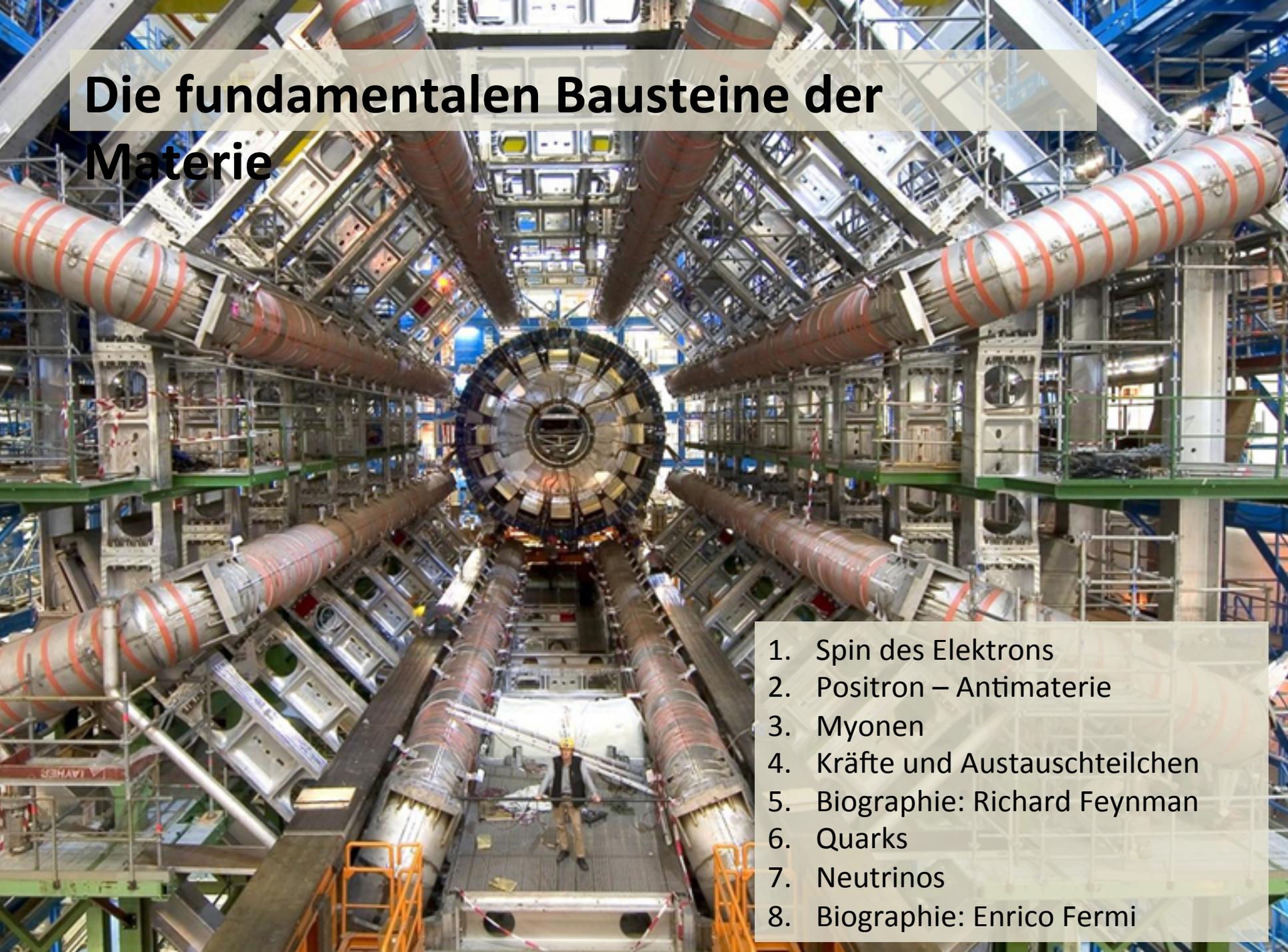
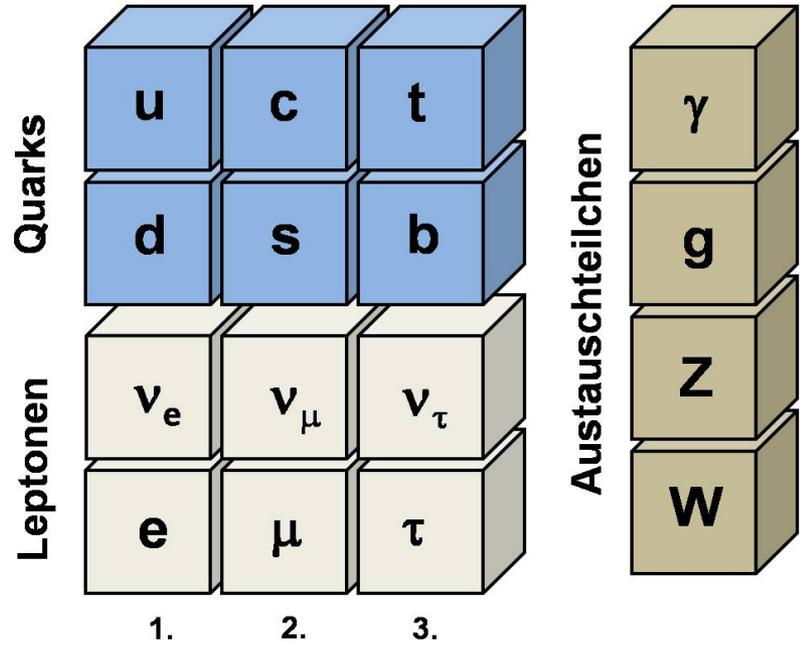


Die fundamentalen Bausteine der Materie

A photograph showing the interior of a particle accelerator tunnel. The tunnel is filled with complex machinery, including large cylindrical components with orange bands, and a central circular structure at the end. A person is visible in the center of the tunnel, providing a sense of scale. The lighting is bright, and the overall atmosphere is industrial and technical.

1. Spin des Elektrons
2. Positron – Antimaterie
3. Myonen
4. Kräfte und Austauschteilchen
5. Biographie: Richard Feynman
6. Quarks
7. Neutrinos
8. Biographie: Enrico Fermi

Die fundamentalen Bausteine der Materie



Familien

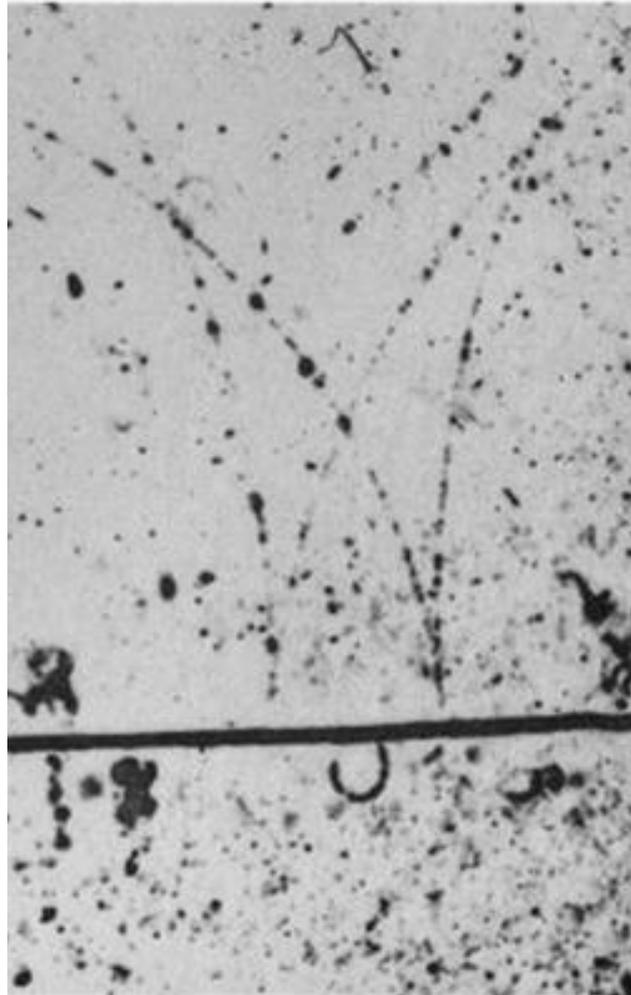


Unsere gegenwärtige Welt besteht nur aus den Bausteinen der 1. Familie.

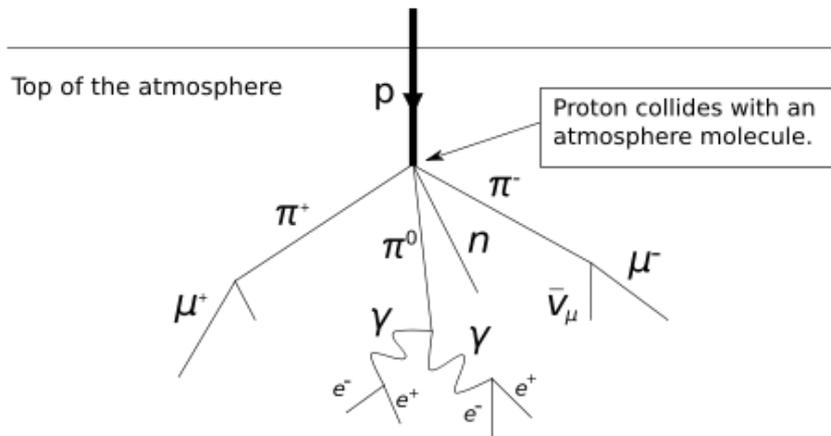


Die beiden Nobelpreisträger Bohr und Pauli spielen mit einem Kinderkreisel

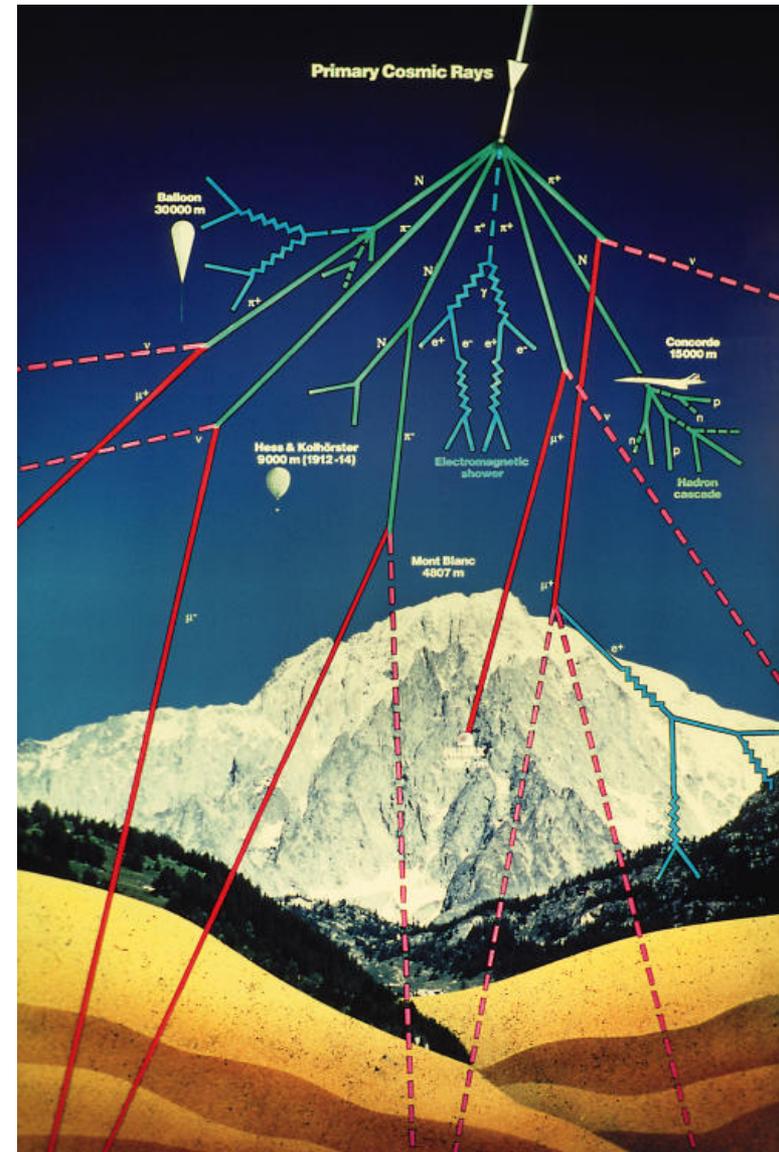
Erzeugung zweier Elektron-Positron-Paare in einer Nebelkammer



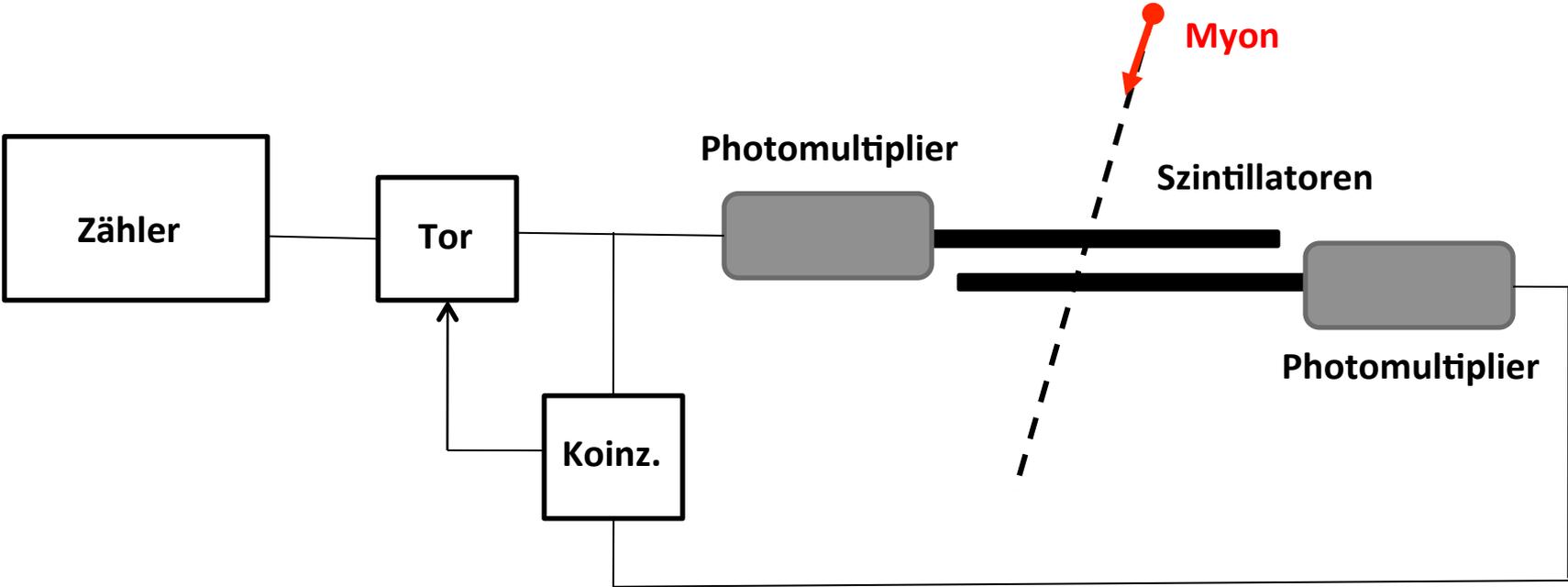
Myonen aus der kosmischen Strahlung



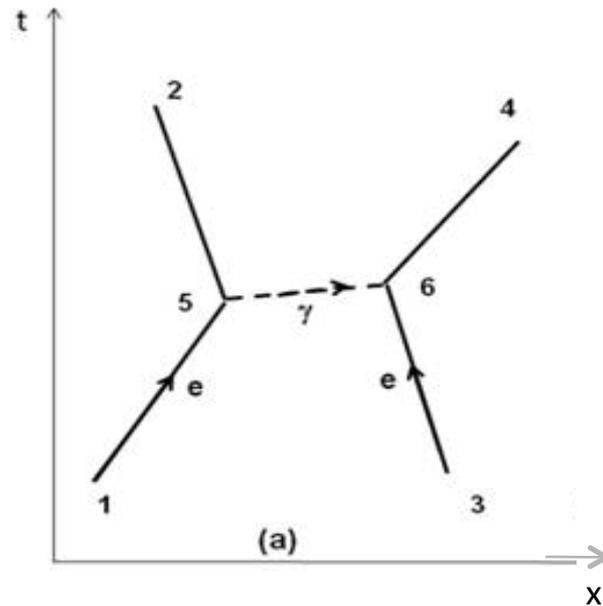
Auf Meereshöhe liegt die Rate der kosmischen Myonen in der Größenordnung $100/(m^2 \cdot s)$



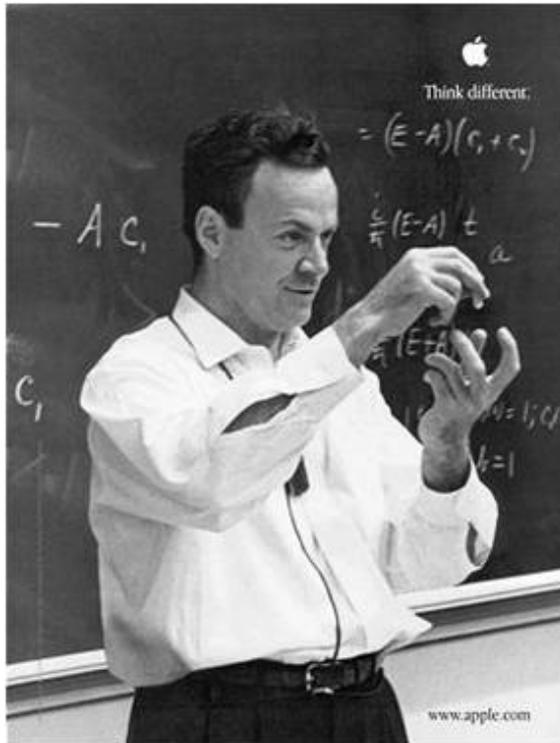
Prinzip der Apparatur zum Nachweis von Myonen aus der kosmischen Strahlung



Abstoßung zwischen zwei Elektronen durch den Austausch eines Photons



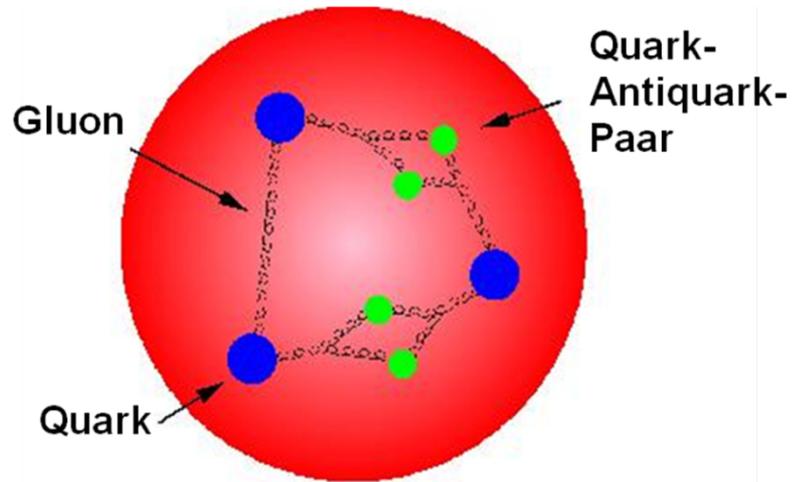
Richard Feynman (1918 – 1988)



„Physik ist wie Sex, beide können zweifellos interessante Ergebnisse hervorbringen, aber das ist nicht der Grund, weshalb wir Spaß daran haben.“

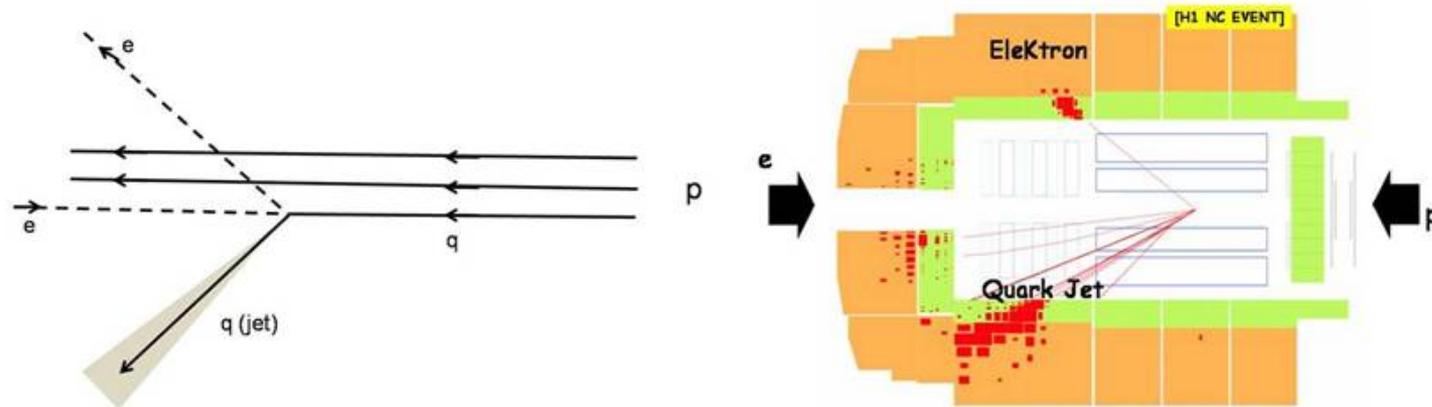
Richard Feynman

Das Innere eines Nukleons (Proton oder Neutron)



Elektron - Proton - Stoß

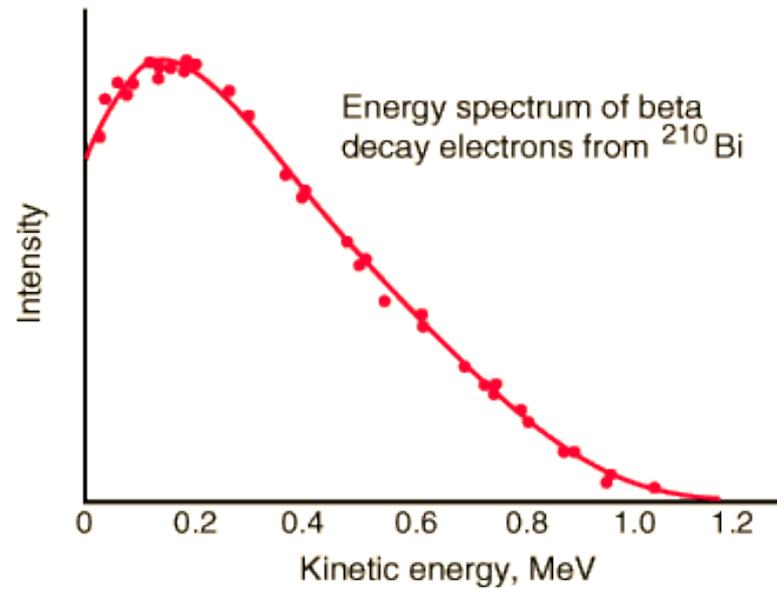
Hierbei wird ein Quark aus dem Proton herausgeschlagen.



Links: schematische Darstellung.

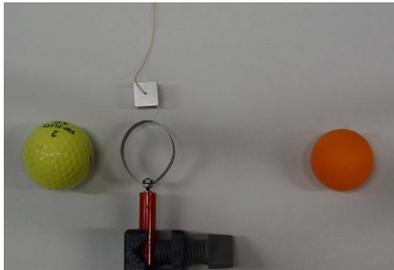
Rechts: die Spuren eines Ereignisses am DESY in Hamburg

Kontinuierliche Energieverteilung der Elektronen beim Betazerfall

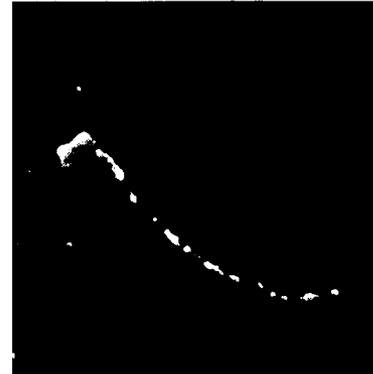


Elektronenspektrum beim Zerfall von Wismut (^{210}Bi)

Sind beim β -Zerfall Erhaltungssätze verletzt?

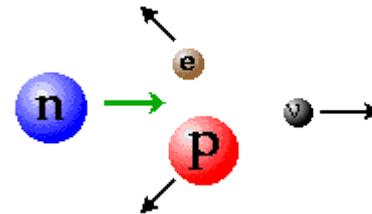


Zweikörperzerfall



Nebelkammeraufnahme vom β -Zerfall des ${}^6\text{He}$

β -Zerfall des freien Neutrons

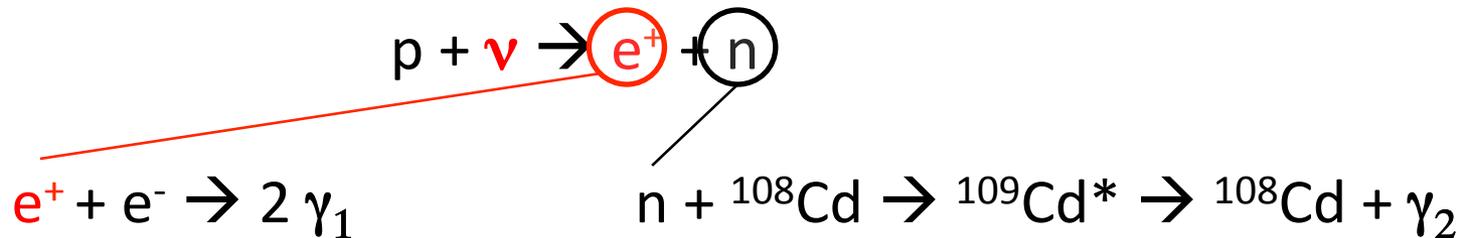


Entdeckung des Antineutrinos

durch Frederik Reines und Clyde L. Cowan im Jahre 1956

Das Experiment wurde am Savannah River Reaktor durchgeführt: Die Reaktionen fanden statt in einem Behälter mit 200 Liter Wasser, in dem 40 kg Cadmiumchlorid aufgelöst waren.

Nachweis der Antineutrinos über den inversen β -Zerfall:

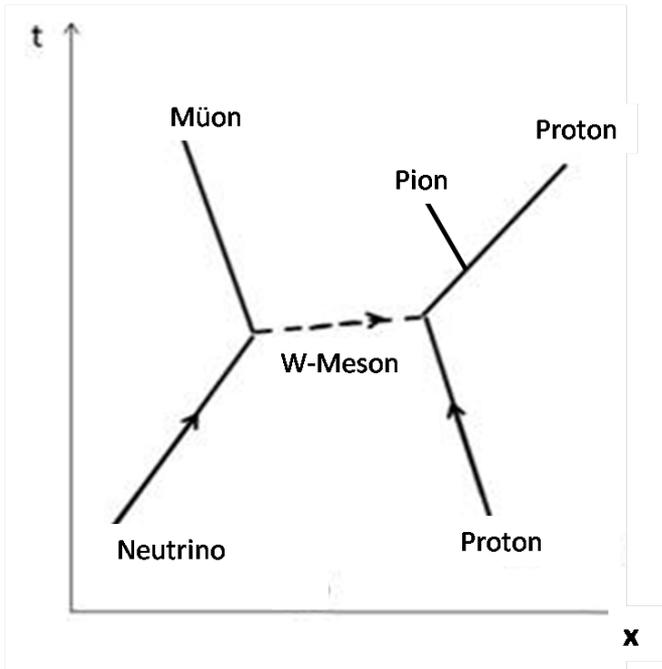


Die beiden γ_1 -Quanten haben jeweils eine Energie von 0,511MeV und fliegen in entgegengesetzte Richtungen.

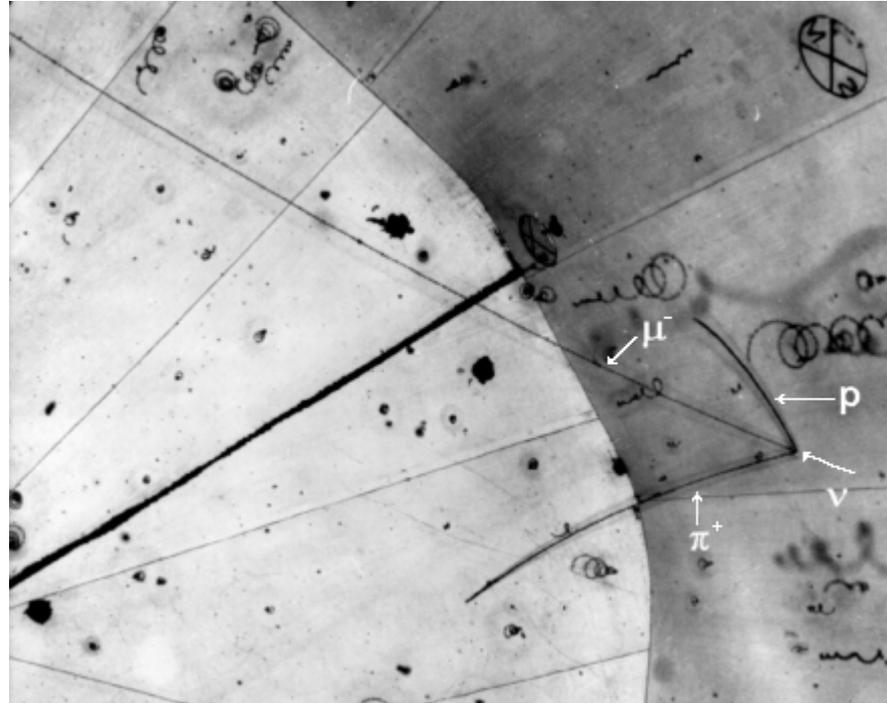
Das Neutron wird vom Cd-Kern eingefangen. Der Übergang in den Grundzustand erfolgt durch γ_2 -Emission.

Die Signale haben eine klare zeitliche Abfolge: Die beiden γ_1 -Quanten sind koinzident und das γ_2 -Quant folgt nur einige Mikrosekunden später.

Umwandlung eines (unsichtbaren) Neutrinos in ein (sichtbares) negativ geladenes Müon bei einem Stoß mit einem Proton

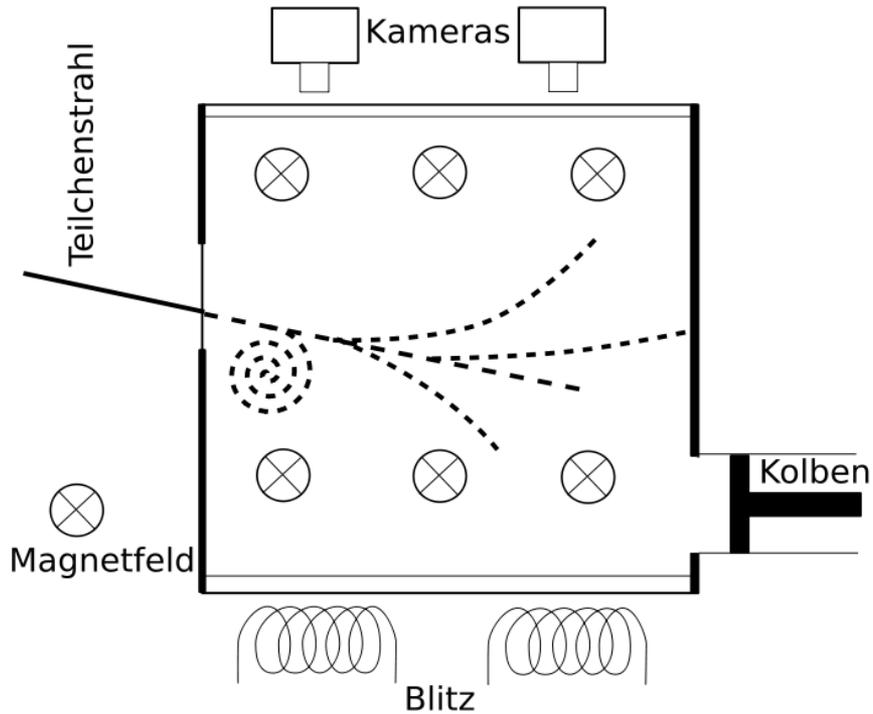


Feynman-Diagramm zum nebenstehenden Bild



Erste Beobachtung eines Neutrinos in einer Wasserstoff-Blasenkammeraufnahme am 13.11.1970

Teilchennachweis in einer Blasenkammer

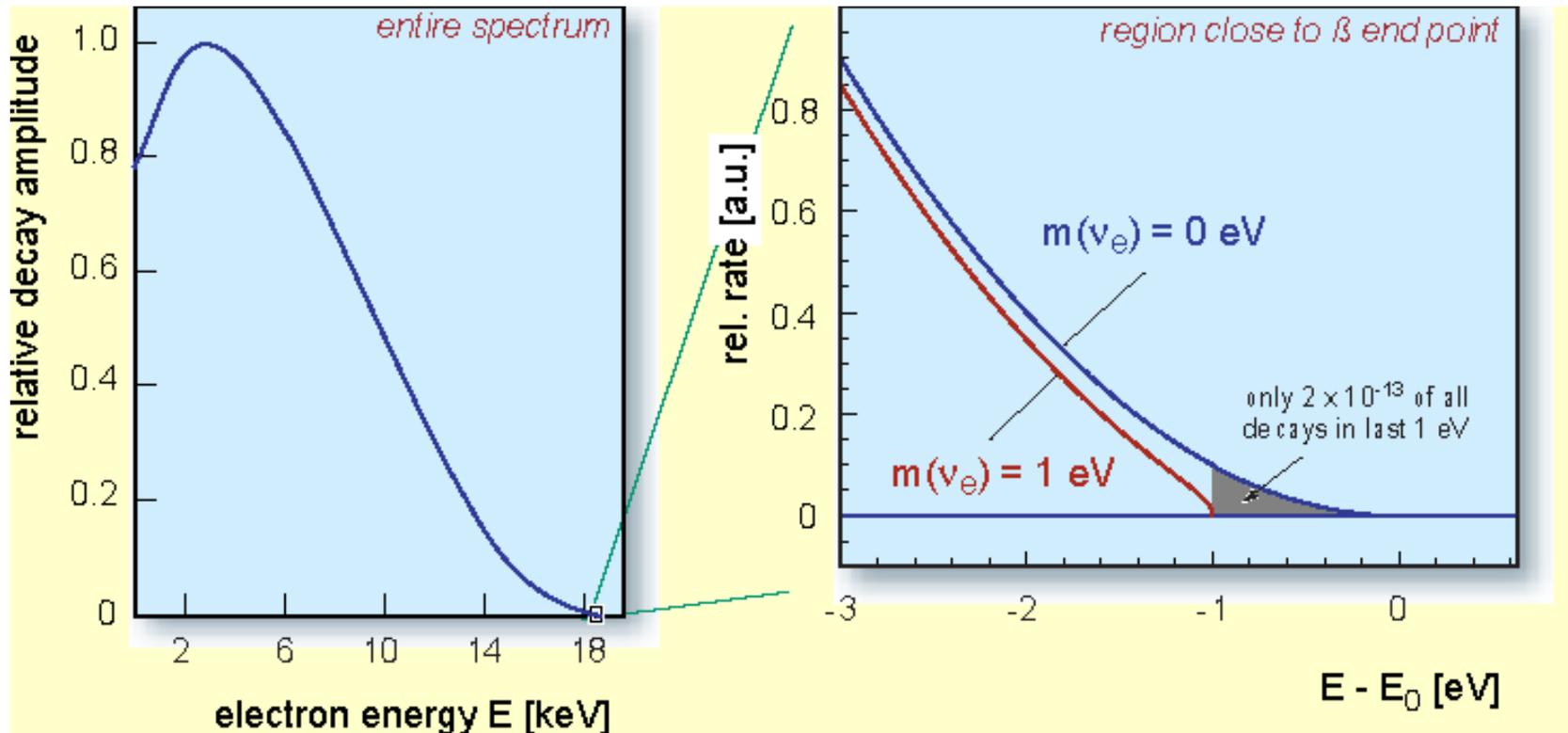


Schematische Darstellung



BEBC Blasenkammer am CERN (Big European Bubble Chamber)
eingesetzt von 1971 bis 1984

Messung der Neutrinomasse beim β -Zerfall von Tritium



Das Spektrometer des Karlsruher-Tritium-Neutrino-Experiments KATRIN



Länge: 24 Meter
Durchmesser: 10 m
Masse 200 Tonnen

Transport am 25.11.2006
vom Rhein durch Leopoldshafen
ins Karlsruher Institut für
Technologie



Enrico Fermi (1901 – 1954)

