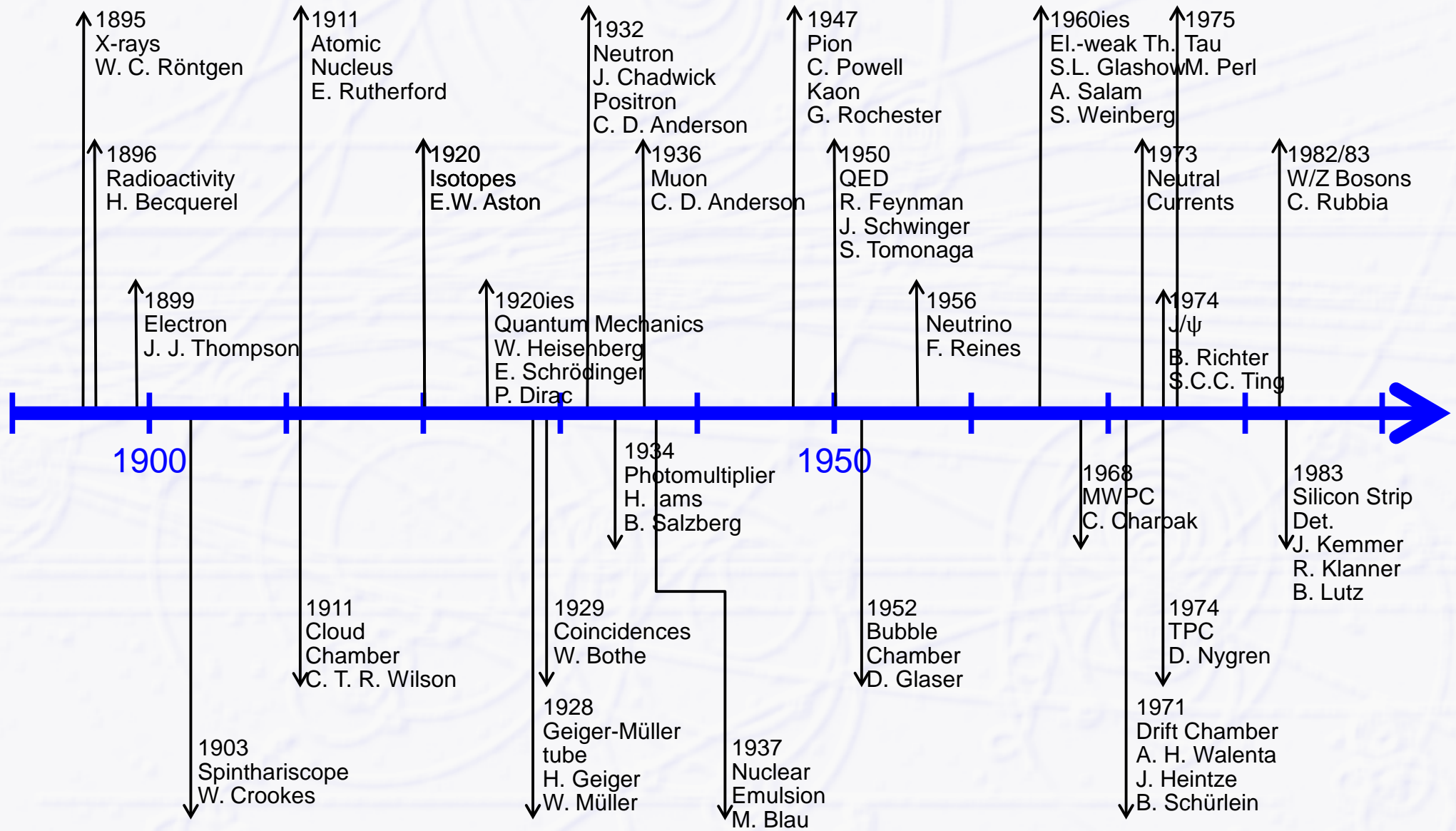


Teilchenphysik - 1

- **Geschichte der Teilchenphysik, Das Standardmodell**
- **Quarks, Antimaterie, Wechselwirkungen**
- **Gluonen, Generationen, Z^0**
- **Higgs-Mechanismus: Analogien, Entdeckung**
- **Jenseits des Standardmodells**

Wichtige Daten der Teilchenphysik und der Detektorentwicklung

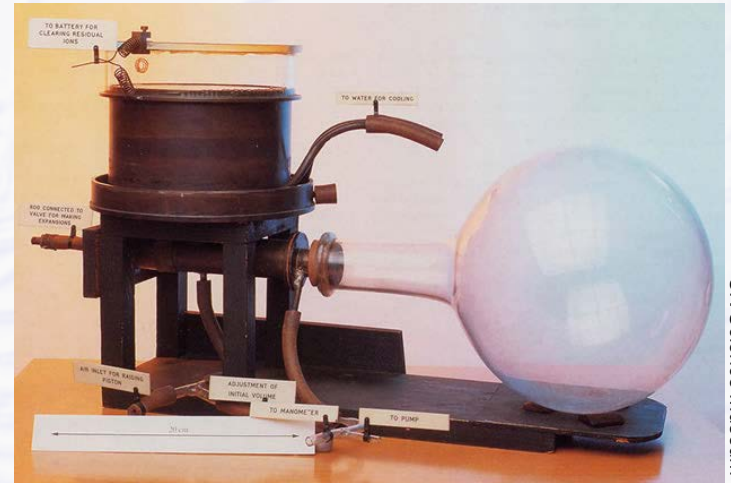


Nebelkammer

● Erfunden 1911 von Charles T. R. Wilson (Nobelpreis 1927)

- Kammer mit gesättigtem Wasserdampf
- geladene Teilchen hinterlassen Ionenspuren
 - Ionen dienen als Kondensationskerne

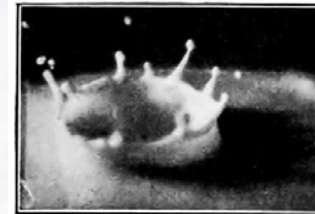
● Sichtbare Spur aus Wassertröpfchen



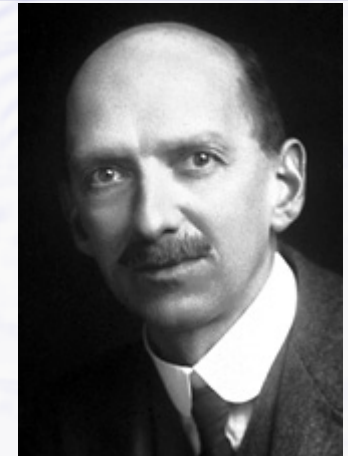
UK Science Museum

● Ebenfalls nötig

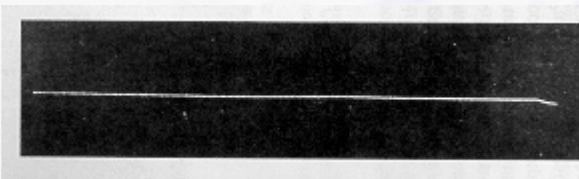
- Hochgeschwindigkeitsphotographie
 - erfunden von Arthur M. Worthington 1908 zur Untersuchung von Wassertropfen
 - Erzeugung von Ultrakurzzeitblitzen durch Funken



Charles T. R. Wilson



● Erste Photographien von α -Strahlen 1912

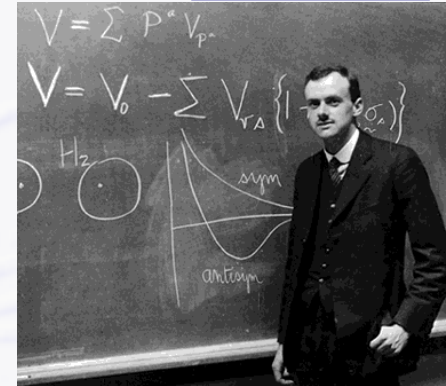


Entdeckung des Positrons

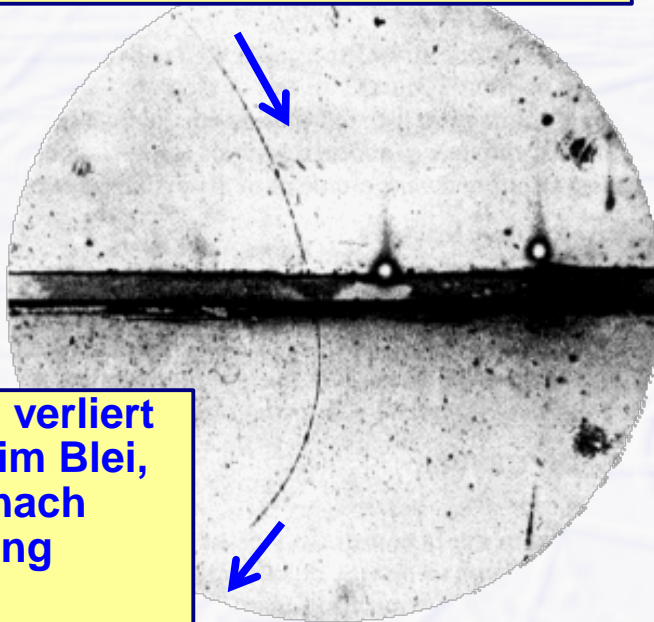
Paul Dirac

Positronennachweis durch Nebelkammer

- e^+ vorhergesagt von Paul Dirac 1928 (Nobelpreis 1933)
- gefunden von Carl D. Anderson 1932 (Nobelpreis 1936)



von oben einlaufendes Positron, 63 MeV



Positron verliert Energie im Blei, 23 MeV nach Durchgang
→

Kleinerer Radius, dies definiert die Flugrichtung!

Anderson fand 1936 auch das **Myon**, erstes Teilchen der 2. Generation im Standardmodell

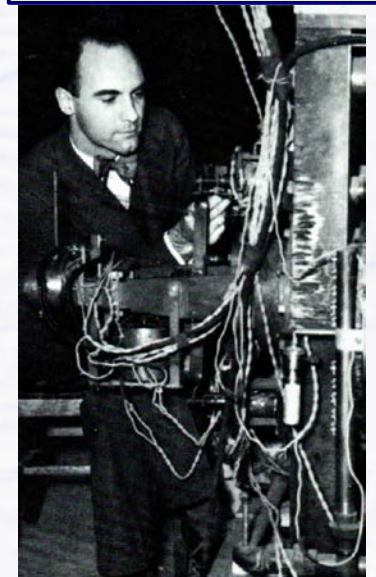
Isidor Isaac Rabi meinte: "Who ordered that?"

6 mm Bleiplatte



1.5 T Magnetfeld

Carl D. Anderson



Erste Mesonen

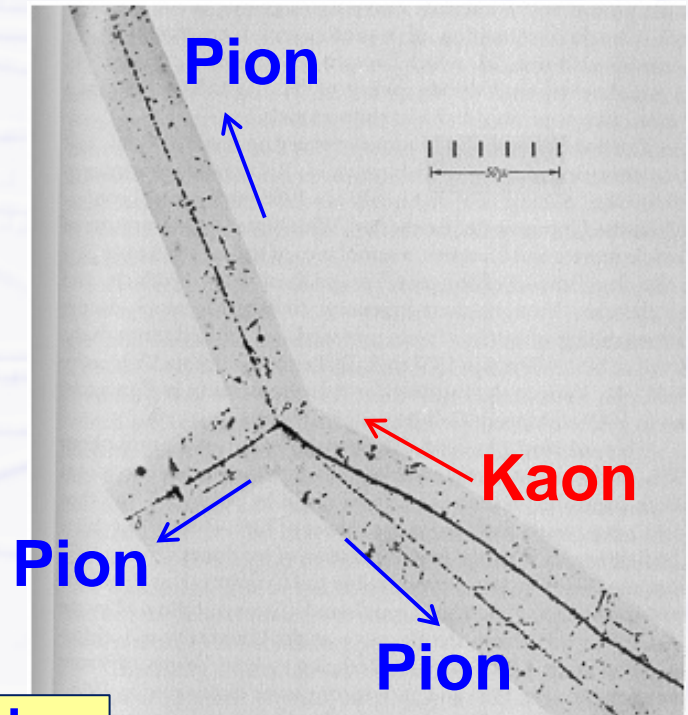
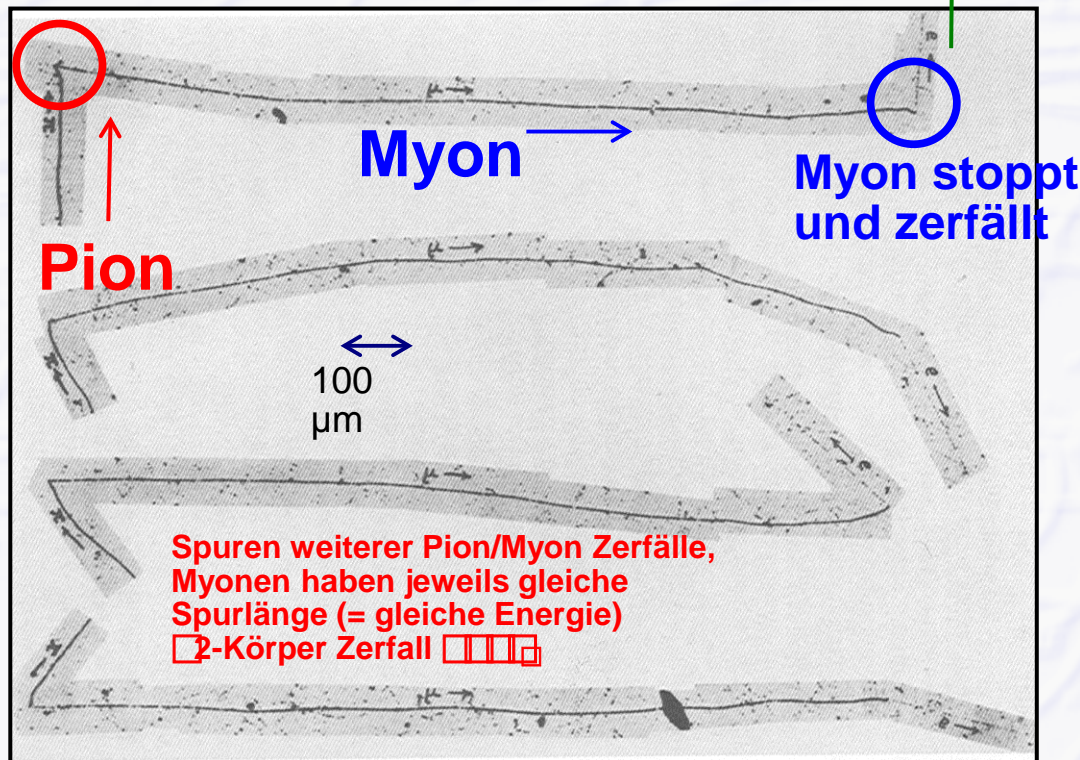
- Entdeckung des **Pion** in Kosmischer Strahlung durch Cecil Powell 1947 (Nobelpreis 1950)
- Entdeckung des **Kaon** 1949 (G. Rochester)

Cecil Powell



Pion stoppt und zerfällt

Elektron



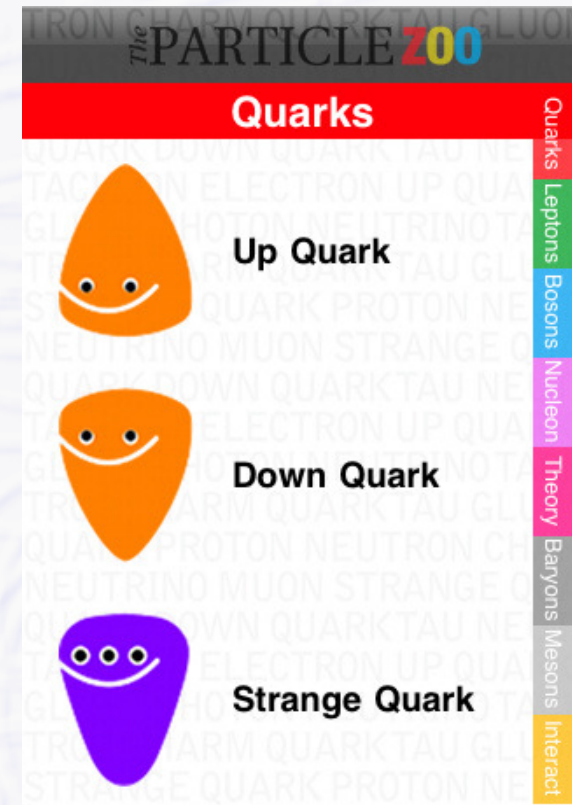
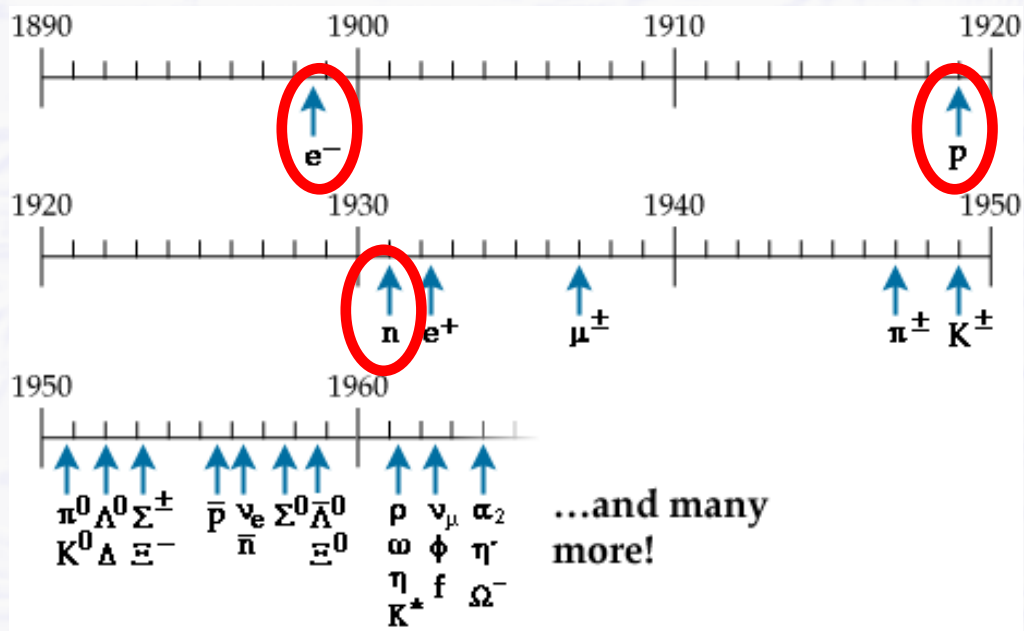
Photoemulsion

Teilchenphysik in den 1950...60ern

Viele neue Teilchen wurden entdeckt ("Teilchenzoo")

→ möglich gemacht durch immer stärkere Beschleuniger

→ 1959: CERN Proton Synchrotron (noch heute in Betrieb)



Fundamentale Fragen

→ Was sind grundlegenden Bausteine der Materie? → Quarktheorie (1964)

→ Welche Kräfte wirken zwischen den Materieteilchen? → Standardmodell

→ Wie erhalten Teilchen ihre (verschiedene) Masse? → Higgs (1964/2012)

Aufbau der Materie

● Heutiges Wissen: Materie hat eine hierarchische Struktur

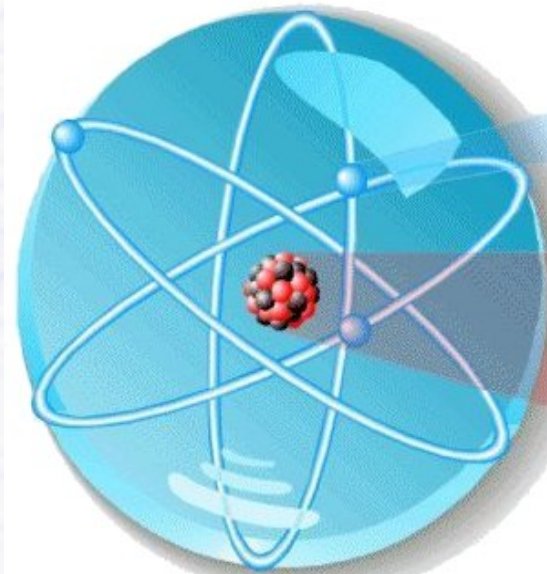
→ nur **Elektronen** und **Quarks** sind elementar (“punktförmig“)

Atom:

Philosophisch: Demokrit, 4. Jh. vor Christus
Theoretisch/Experimentell: Einstein/Perrin,
Erklärung/Messung der Brown'sche Bewegung, 1905

Elektron:

J.J. Thomson, Kathodenstrahlen, 1897



atom $\sim 10^{-8}$ cm



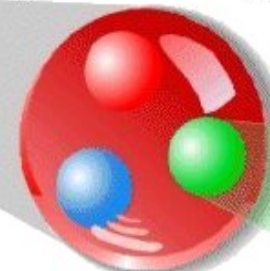
electron
 $< 10^{-16}$ cm



nucleus
 $\sim 10^{-12}$ cm

proton
(neutron)

Proton: Rutherford, 1919
Neutron: Chadwick, 1932



$\sim 10^{-13}$ cm

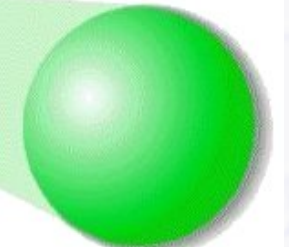
quark
 $< 10^{-16}$ cm

Atomkern:

Rutherford, Streuung von
 α -Teilchen (Heliumkernen)
an Goldatomen, 1910

Quark-Modell:

Gell-Mann, Zweig, 1964



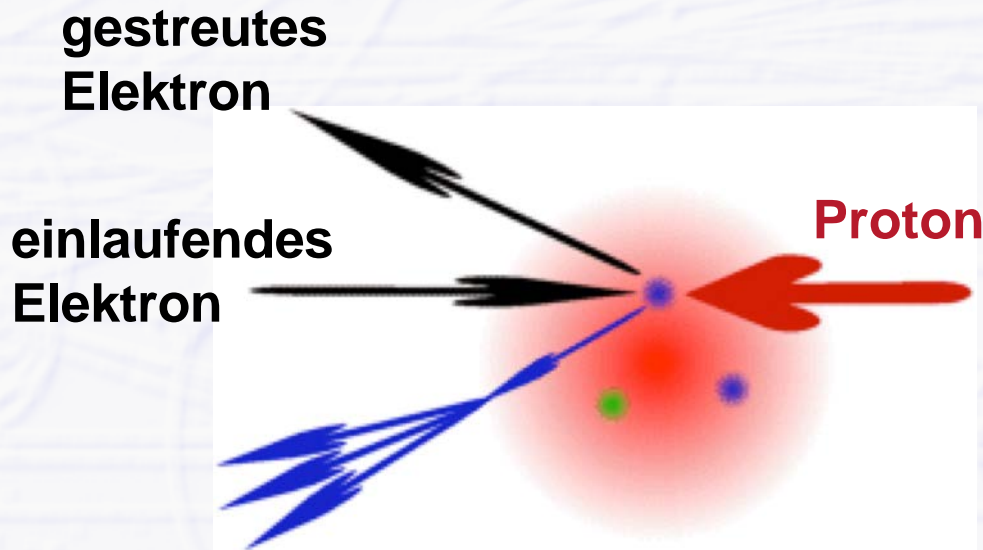
Entdeckung der Quarks

Streuung von Elektronen an Protonen (SLAC, 1968)

→ Impuls der Elektronen muss gross sein, um kleine Strukturen zu sehen

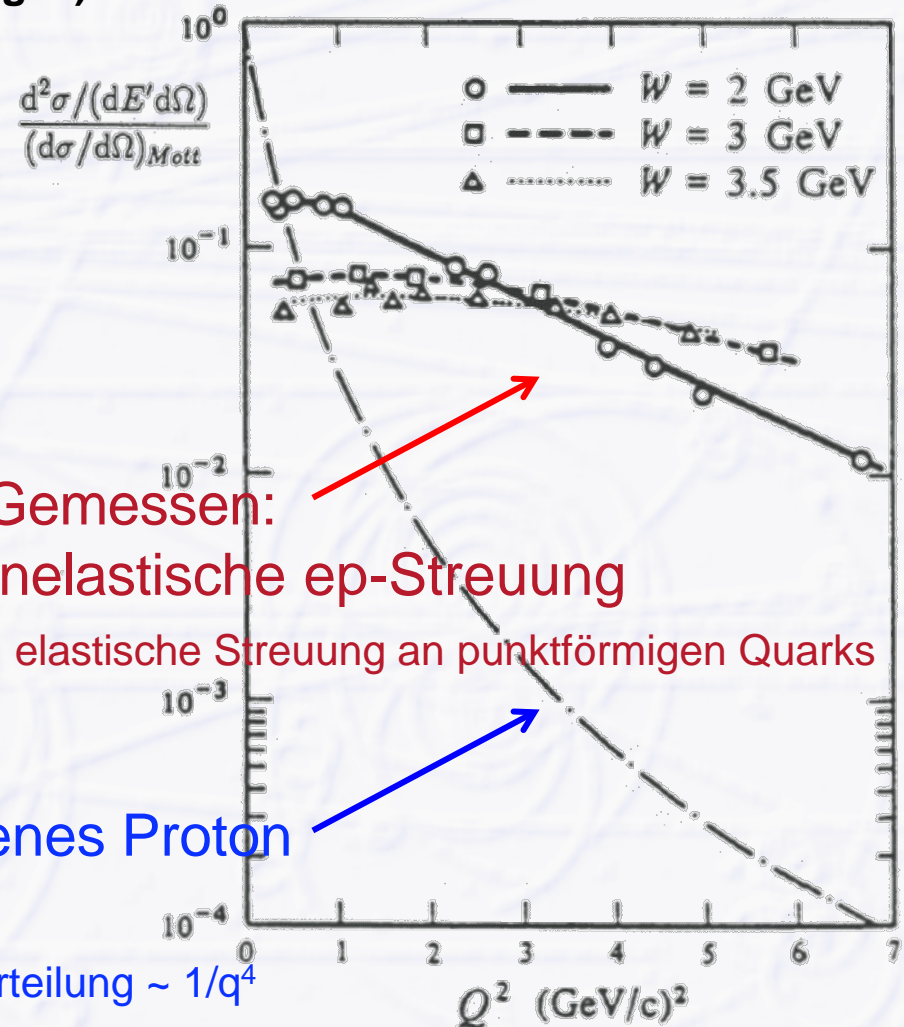
hoher Impuls → Materiewellenlänge (de Broglie) klein!

$$\lambda = \frac{h}{p}$$



Erwartung für homogenes Proton
(elastische Streuung)

exp. abfallende Ladungsverteilung $\sim 1/q^4$



Struktur des Protons

- Protonen sind (noch) komplizierter

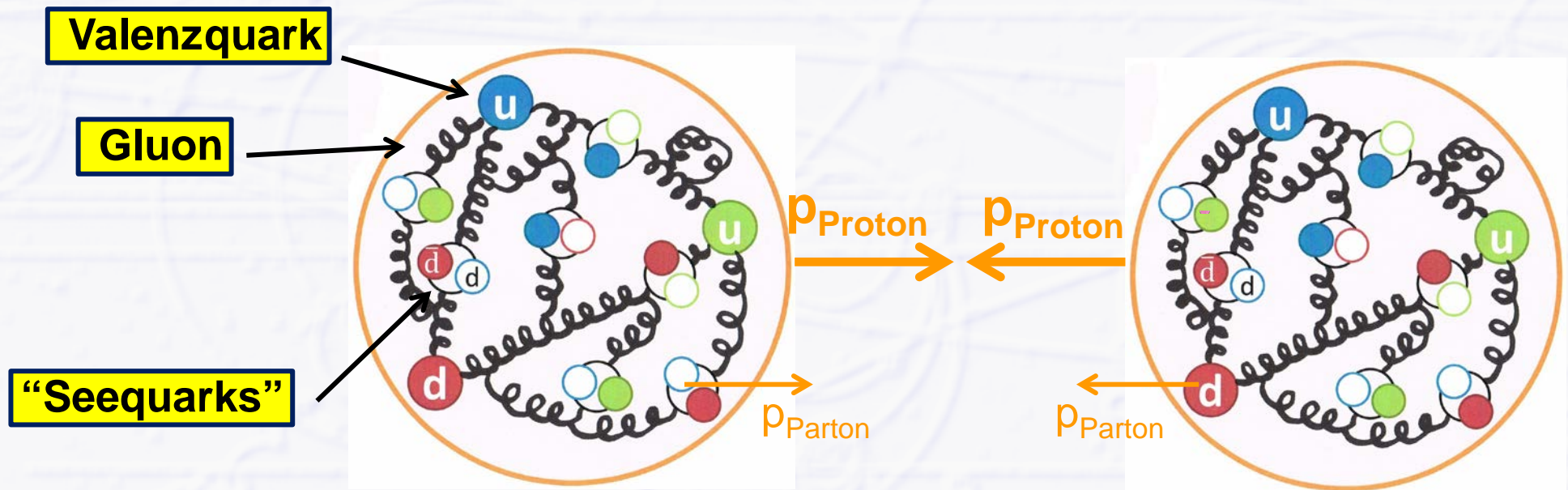
- 3 **Valenzquarks** (uud) mit unterschiedlicher Farbladung

- (Viele) **Gluonen** als Austauscheteilchen der starken Wechselwirkung

- (Viele) **“Seequarks”** = kurzzeitig entstehende Quark – Antiquark Paare

- Nur die **“Partonen”** der Protonen kollidieren

Quark – Quark, Gluon – Gluon, Quark – Gluon, Antiquark – Gluon, Quark - Antiquark



Das Standardmodell – Materie

Alle bekannte Materie besteht aus nur wenigen elementaren Teilchen

...aber in 3 verschiedenen Versionen ("Generationen")

...und für jedes Teilchen gibt es noch ein Antiteilchen mit entgegengesetzter Ladung

mit starker Wechselwirkung

ohne starke Wechselwirkung

Überschwere, sehr instabile Materie

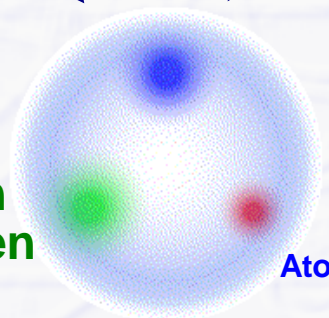
Schwere, instabile Materie

Normale, stabile Materie

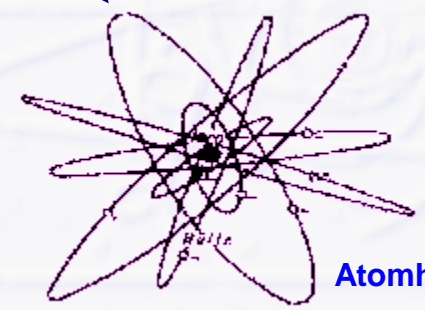
	Quarks		Leptonen	
Generation 3	t Top	b Bottom	τ Tau	ν_τ Tau-neutrino
Generation 2	c Charm	s Strange	μ Muon	ν_μ Muon-neutrino
Generation 1	u Up	d Down	e Electron	ν_e Electron-neutrino

WIR und alles, was wir um uns sehen!

Protonen
Neutronen



Atomkern



Atomhülle