

# die fundamentalen Teilchen, aus denen alles besteht:

<b>Leptons</b> spin = 1/2			<b>Quarks</b> spin = 1/2		
Flavor	Mass GeV/c <sup>2</sup>	Electric charge	Flavor	Approx. Mass GeV/c <sup>2</sup>	Electric charge
$\nu_e$ electron neutrino	$<1 \times 10^{-8}$	0	<b>u</b> up	0.003	2/3
<b>e</b> electron	0.000511	-1	<b>d</b> down	0.006	-1/3
$\nu_\mu$ muon neutrino	$<0.0002$	0	<b>c</b> charm	1.3	2/3
<b><math>\mu</math></b> muon	0.106	-1	<b>s</b> strange	0.1	-1/3
$\nu_\tau$ tau neutrino	$<0.02$	0	<b>t</b> top	175	2/3
<b><math>\tau</math></b> tau	1.7771	-1	<b>b</b> bottom	4.3	-1/3

**matter constituents**  
spin = 1/2, 3/2, 5/2, ...



Quarks kommen in der Natur  
nur in gebundenen Zuständen vor:  
Hadronen

# Entdeckung des Positrons in kosmischer Strahlung durch C.D.Anderson

Phys. Rev. 43 (1933) 491 in Nebelkammer

Nebelkammer: übersättigter Dampf, Ionisation bildet Kondensationskeime (Tröpfchen)

$17 \times 17 \times 3 \text{ cm}^3$  in 1.5 T Magnetfeld, ungetriggert)

Impuls (aus Krümmung der Spur) 63 bzw. 23 MeV/c

Richtung der Spur?

Einbringen einer Bleiplatte

Masse? aus Impuls und

Reichweite 50 mm

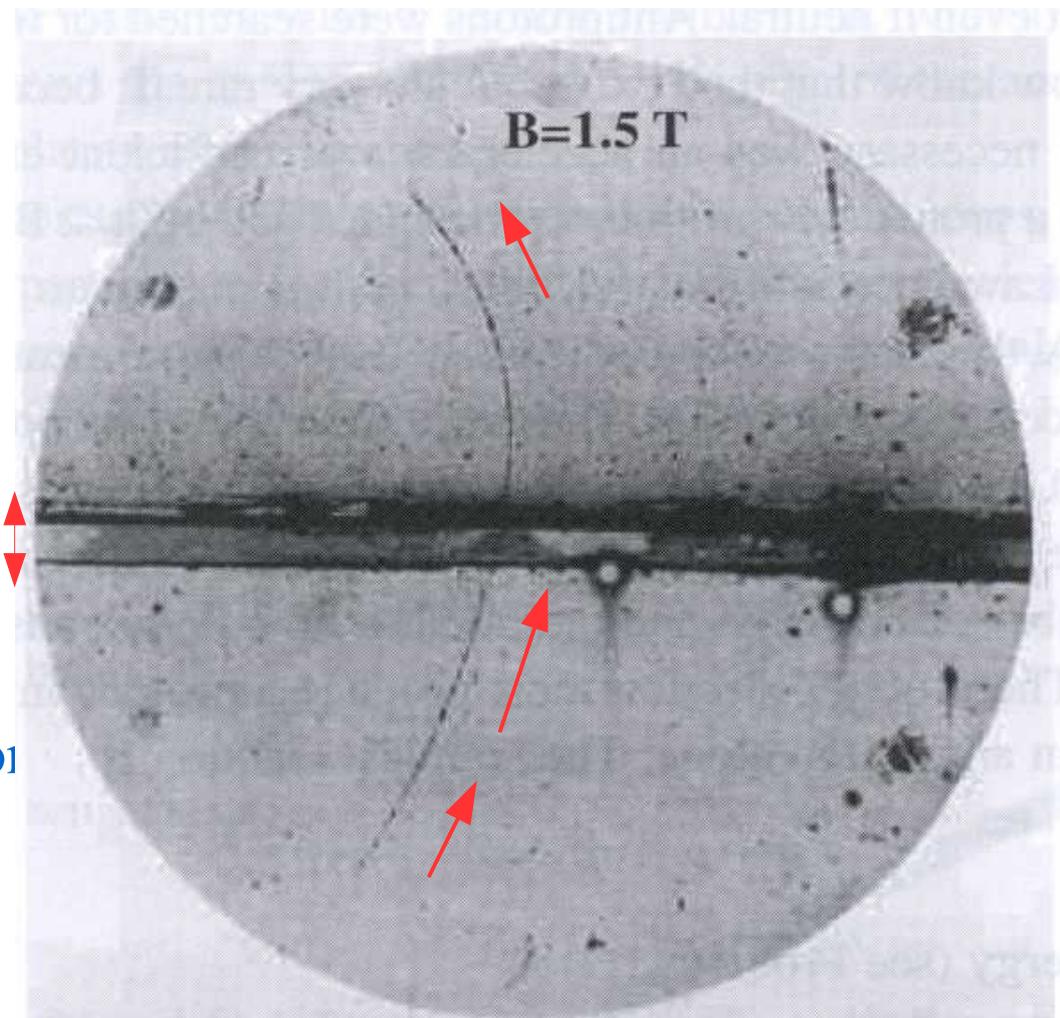
Proton wurde in 5 mm

stoppen

Beobachtung einiger Ereignisse

→ Masse innerhalb 20% gleich Elektron

6 mm Pb



### 3 Generationen von je 2 Quarks:

alle sind Fermionen mit Spin  $\frac{1}{2}$

u und d-Quark haben eine spin-ähnliche Quantenzahl Isospin  $I = 1/2$

Generation	Flavour	$q$	$m$	$I_3$	S	C	B	T	A
1	d (down)	$-1/3$	$\simeq 3 \text{ MeV}$	$-1/2$	0	0	0	0	$1/3$
	u (up)	$+2/3$	$\simeq 5 \text{ MeV}$	$+1/2$	0	0	0	0	$1/3$
2	s (strange)	$-1/3$	$\simeq 100 \text{ MeV}$	0	-1	0	0	0	$1/3$
	c (charm)	$+2/3$	$\simeq 1.2 \text{ GeV}$	0	0	1	0	0	$1/3$
3	b (bottom)	$-1/3$	$\simeq 4.2 \text{ GeV}$	0	0	0	-1	0	$1/3$
	t (top)	$+2/3$	$\simeq 171 \text{ GeV}$	0	0	0	0	1	$1/3$

die starke und die elektromagnetische WW erhalten die “ladungsartigen” Quantenzahlen  $I_3, S, C, B, T, A$

## und daraus gebildete Teilchen

### Baryons $qqq$ and Antibaryons $\bar{q}\bar{q}\bar{q}$

Baryons are fermionic hadrons.  
There are about 120 types of baryons.

Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c <sup>2</sup>	Spin
<b>p</b>	proton	<b>uud</b>	1	0.938	1/2
<b><math>\bar{p}</math></b>	anti-proton	<b><math>\bar{u}\bar{u}\bar{d}</math></b>	-1	0.938	1/2
<b>n</b>	neutron	<b>udd</b>	0	0.940	1/2
<b><math>\Lambda</math></b>	lambda	<b>uds</b>	0	1.116	1/2
<b><math>\Omega^-</math></b>	omega	<b>sss</b>	-1	1.672	3/2

für Leptonen, Quarks und aus Quarks gebildete Hadronen siehe  
“Review of Particle Physics”  
<http://pdg.lbl.gov>

### Mesons $q\bar{q}$

Mesons are bosonic hadrons.  
There are about 140 types of mesons.

Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c <sup>2</sup>	Spin
<b><math>\pi^+</math></b>	pion	<b><math>u\bar{d}</math></b>	+1	0.140	0
<b><math>K^-</math></b>	kaon	<b><math>s\bar{u}</math></b>	-1	0.494	0
<b><math>\rho^+</math></b>	rho	<b><math>u\bar{d}</math></b>	+1	0.770	1
<b><math>B^0</math></b>	B-zero	<b><math>d\bar{b}</math></b>	0	5.279	0
<b><math>\eta_c</math></b>	eta-c	<b><math>c\bar{c}</math></b>	0	2.980	0

# die fundamentalen Wechselwirkungen

elektromagnetisch

schwache Wechselwirkung

**neu** → starke Wechselwirkung

Gravitation (in PEP5 nicht wichtig)

und die Vektorbosonen (Eichbosonen), die sie vermitteln:

<b>BOSONS</b>			force carriers spin = 0, 1, 2, ...		
Unified Electroweak spin = 1			Strong (color) spin = 1		
Name	Mass GeV/c <sup>2</sup>	Electric charge	Name	Mass GeV/c <sup>2</sup>	Electric charge
$\gamma$ photon	0	0	<b>g</b> gluon	0	0
<b>W<sup>-</sup></b>	80.4	-1			
<b>W<sup>+</sup></b>	80.4	+1			
<b>Z<sup>0</sup></b>	91.187	0			

	stark	elektromagn.	schwach	Gravitation
Kopplungskonst.	$g_s^2/\hbar c \approx 15$ $\alpha_s \approx 1$	$e^2/\hbar c = 1/137$	$g^2/\hbar c = 4 \cdot 10^{-3}$	$\frac{G M^2}{\hbar c} = 6 \cdot 10^{-39}$
Austauschboson	Pion, --- 139 MeV Gluon 0 MeV	Photon 0 MeV	$W^\pm$ 84 GeV $Z^0$ 92 GeV	Graviton ?
Stärke rel. zu Stärke WW bei 1 fm	$\equiv 1$	$10^{-2}$	$10^{-13}$	$10^{-38}$
typ. Zeitskala für Zerfälle	$10^{-23}$ s	$10^{-20}$ s	$10^{-10}$ s	?
typ. Reichweite	$1.4 \cdot 10^{-15}$ m	$\infty$	$2 \cdot 10^{-18}$ m	$\infty$

Elektronenstreuung an  $^{40}\text{Ca}$   
 $q = 2 \text{ fm}^{-1} \cong 400 \text{ MeV}/c$

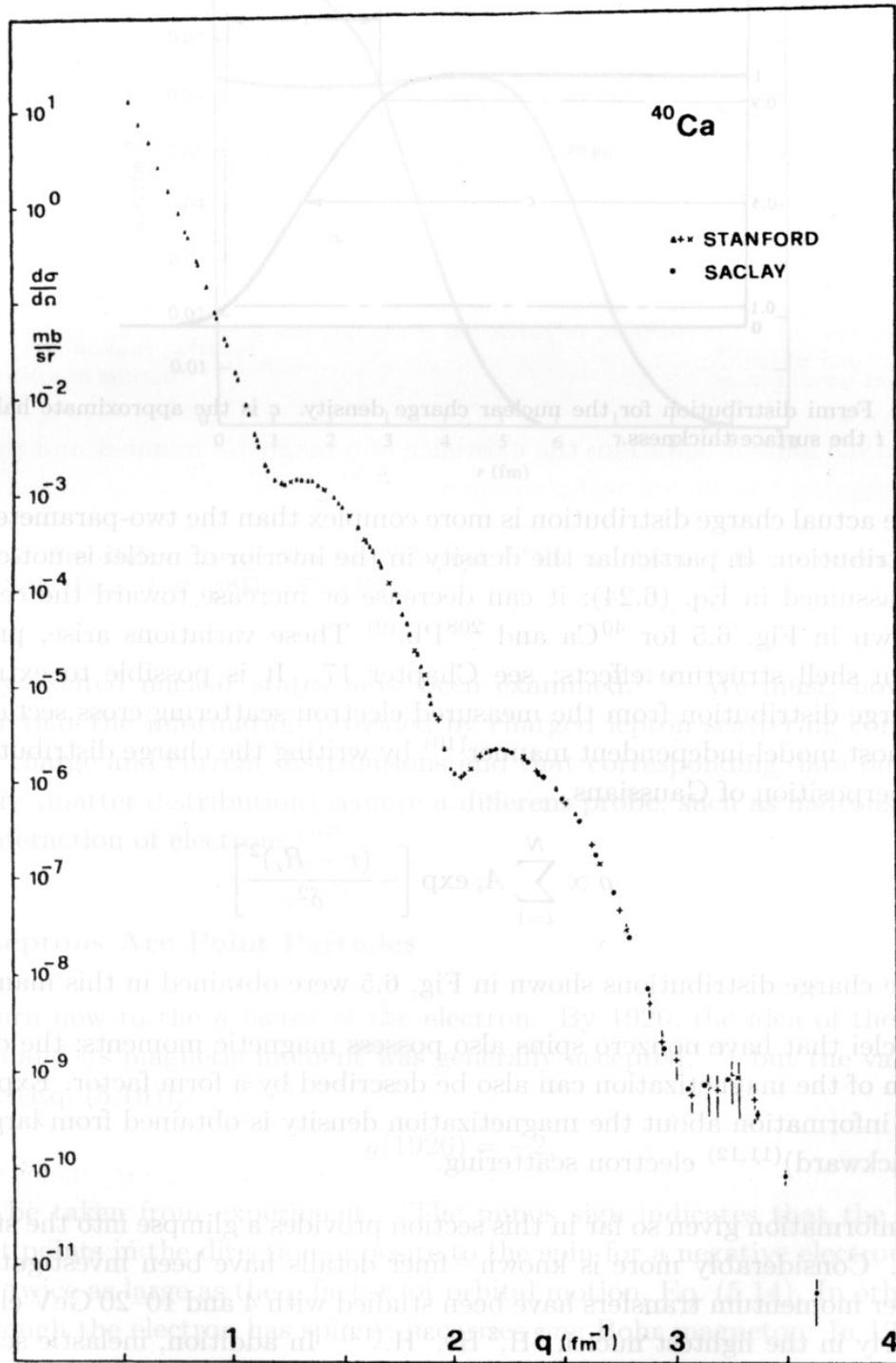


Figure 6.3: Elastic scattering cross section of electrons from  $^{40}\text{Ca}$  from experiments performed at Stanford and Saclay, France. [Courtesy I. Sick, *Phys. Lett.* **88B**, 245 (1979).]

# Ladungsdichte- verteilungen in Atomkernen aus elastischer Elektronenstreuung

Unsicherheit im  
Inneren: ca 10 %

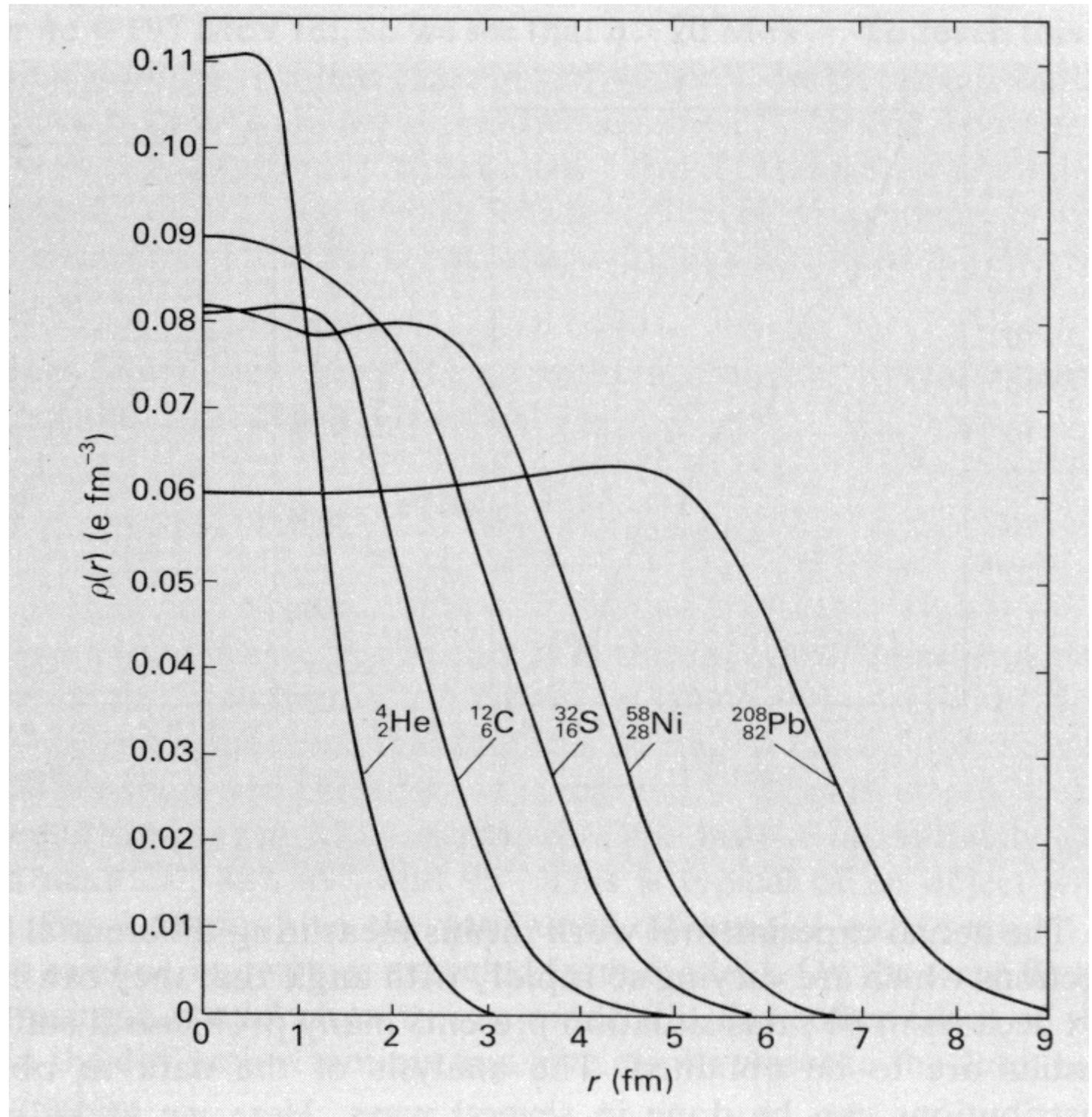


Fig.  
2.7