60 Overheadfolien
aus dem Buch:

Besuch im Teilchenzoo

Vom Kristall zum Quark

von Pedro Waloschek

mit Illustrationen
von Jutta Waloschek

rororo-science
Taschenbuch
April 1996, vergriffen

Restexemplare für Lehrer
beim Autor anfordern (walo@desy.de)!

zoofol99.p65

Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Barbara malt, zeichnet und philosophiert, Pedro ist Physiker bei DESY.

Yoctosekunde? Zeptosekunde?

Zettameter? Yottameter?

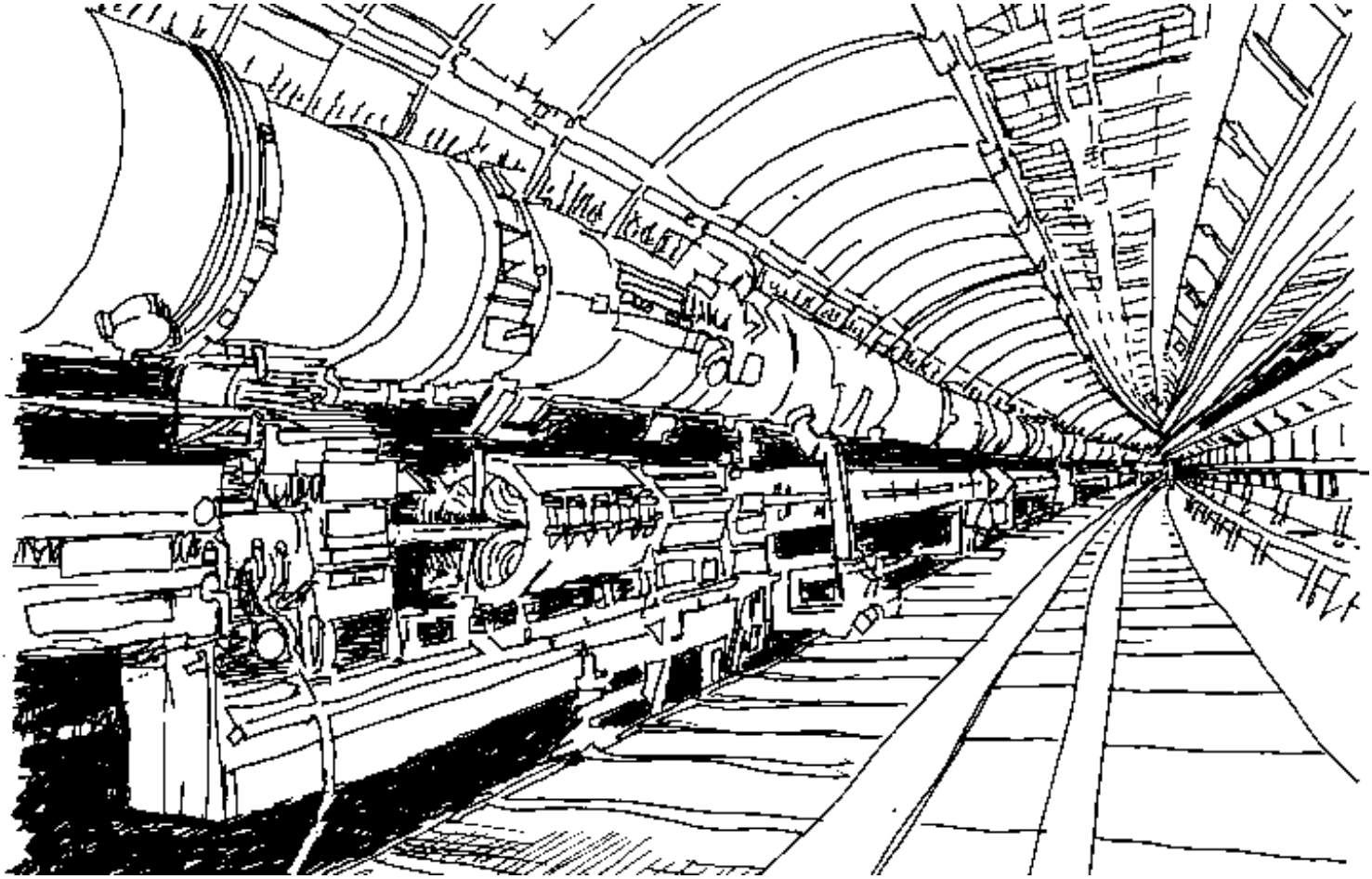
Vorsatz	Zeichen	Faktor
Yocto	y = z / 1000	10^{-24}
Zepto	z = a / 1000	10^{-21}
Atto	a = f / 1000	10^{-18}
Femto	f = p / 1000	10^{-15}
Pico	p = n / 1000	10^{-12}
Nano	n = m / 1000	10^{-9}
Mikro	µ = m / 1000	10^{-6}
Milli	m = 1 / 1000	10^{-3}
Zenti	c = 1 / 100	10^{-2}
Dezi	d = 1 / 10	10^{-1}
Deka	da = 1 x 10	10^{1}
Hekto	h = 1 x 100	10^{2}
Kilo	k = 1 x 1000	10^{3}
Mega	M = k x 1000	10^{6}
Giga	G = M x 1000	10^{9}
Tera	T = G x 1000	10^{12}
Peta	P = T x 1000	10^{15}
Exa	E = P x 1000	10^{18}
Zetta	Z = E x 1000	10^{21}
Yotta	Y = Z x 1000	10^{24}

DIN 1301, Teil 1 Tab. 5

Lichtgeschwindigkeit! Und Tachionen?

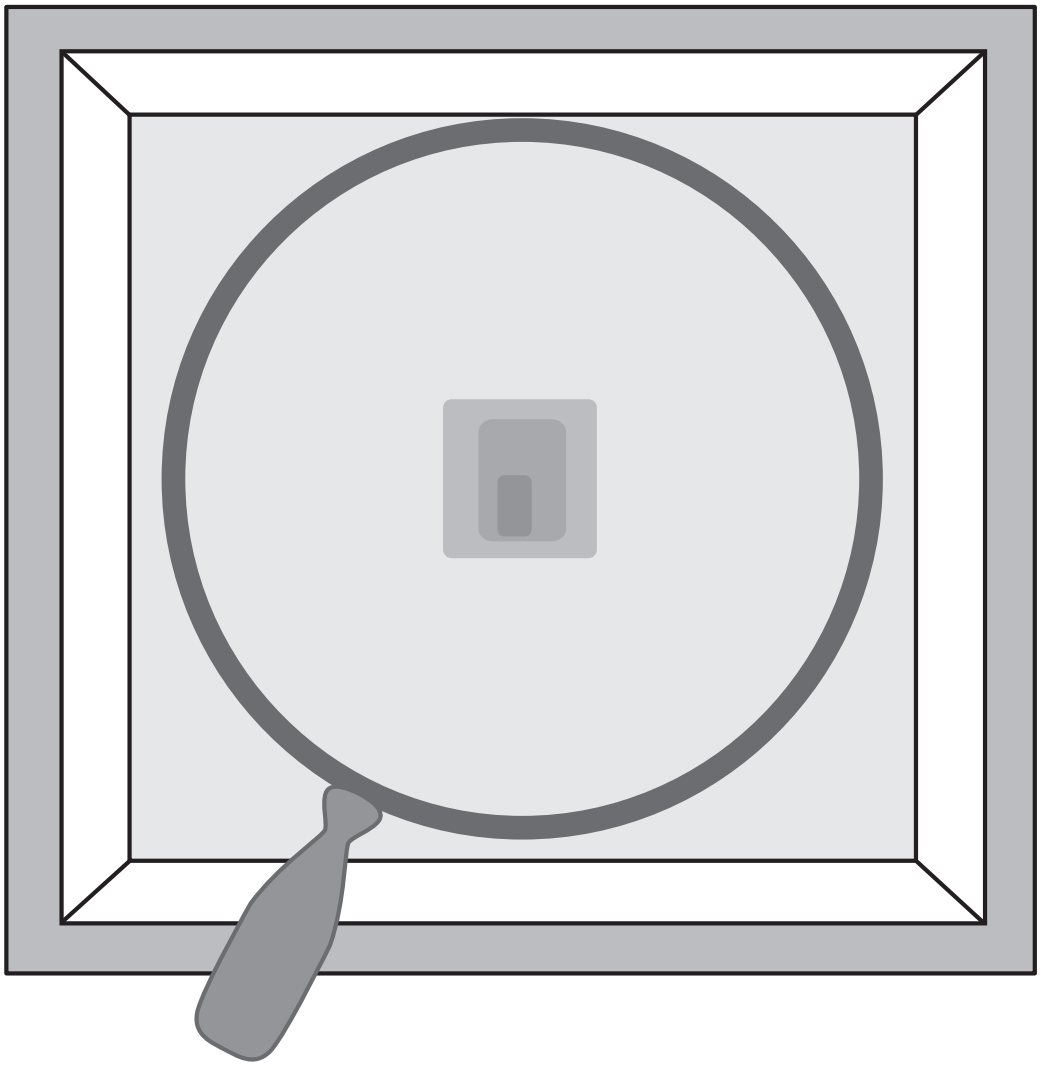
Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

HERA bei DESY

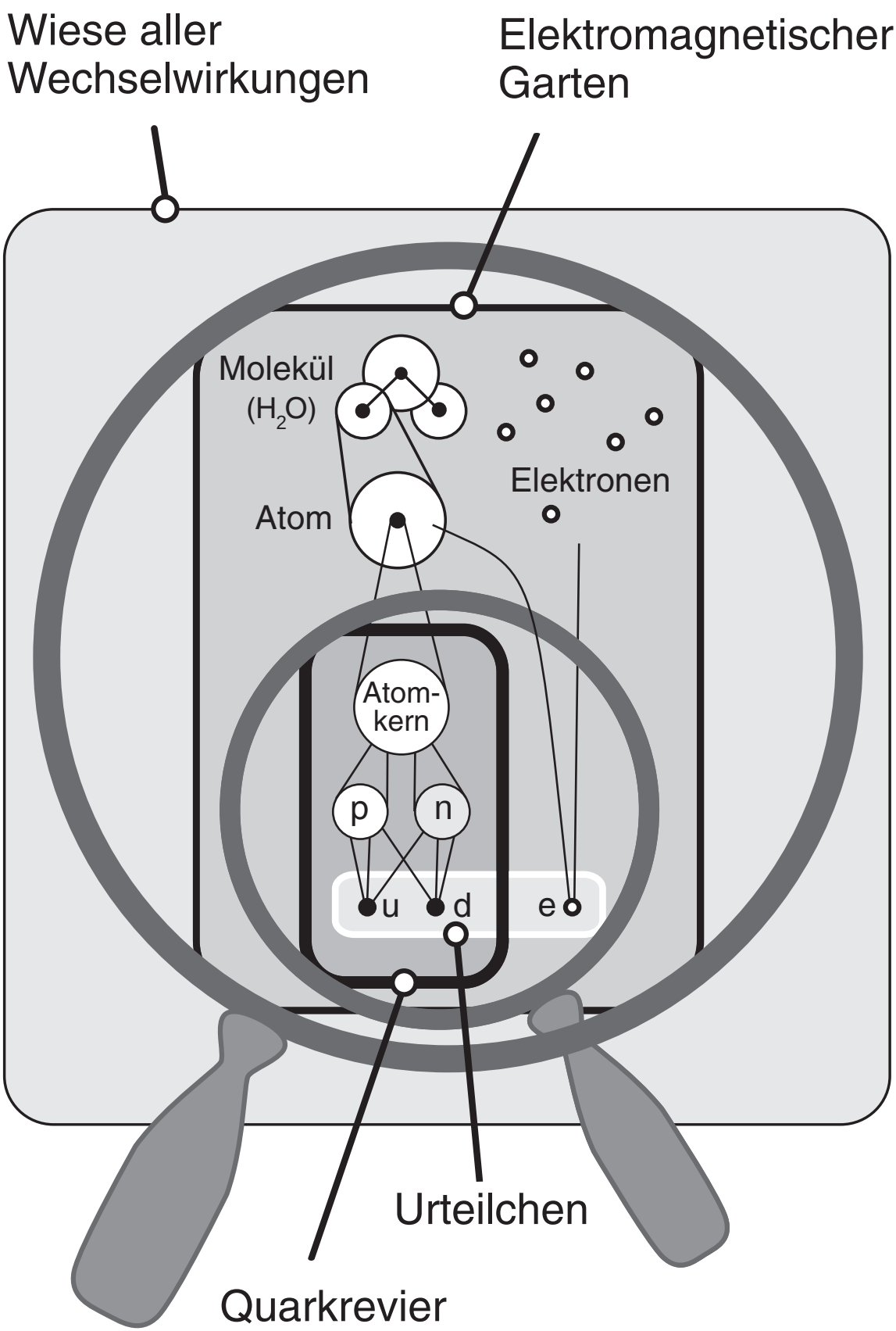


Wie wär´s mit einem Besuch im Teilchenzoo?

Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

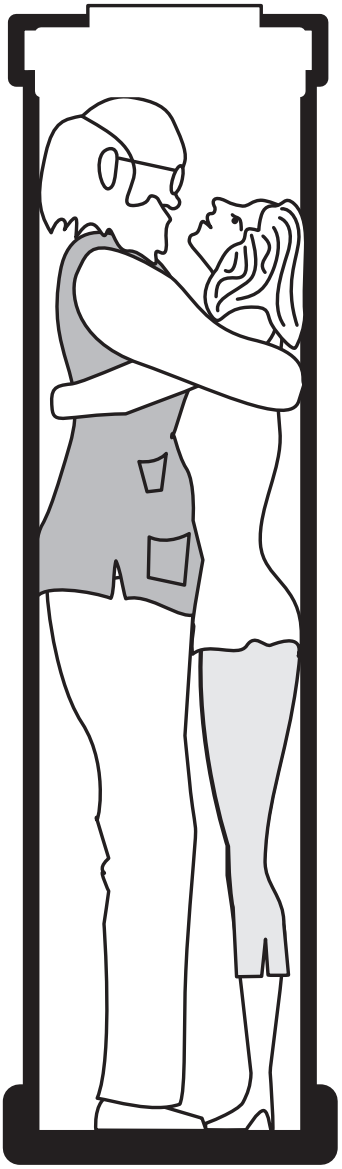


Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!



Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Mensch	1 000 000 000 000 000
Molekül	größer als 20 000
Atom	10 000 bis 20 000
Atomkern	1 bis 5
Proton	1
Quark	kleiner als 0,001
Elektron	kleiner als 0,001



Abfahrt:

17. Okt.
17:30

Auf der Reise:

Materie, Kraft...

Masse m

Energie W

Impuls p

Verktoren!

Standard-Modelle...

Es klickt bei jedem1/10!

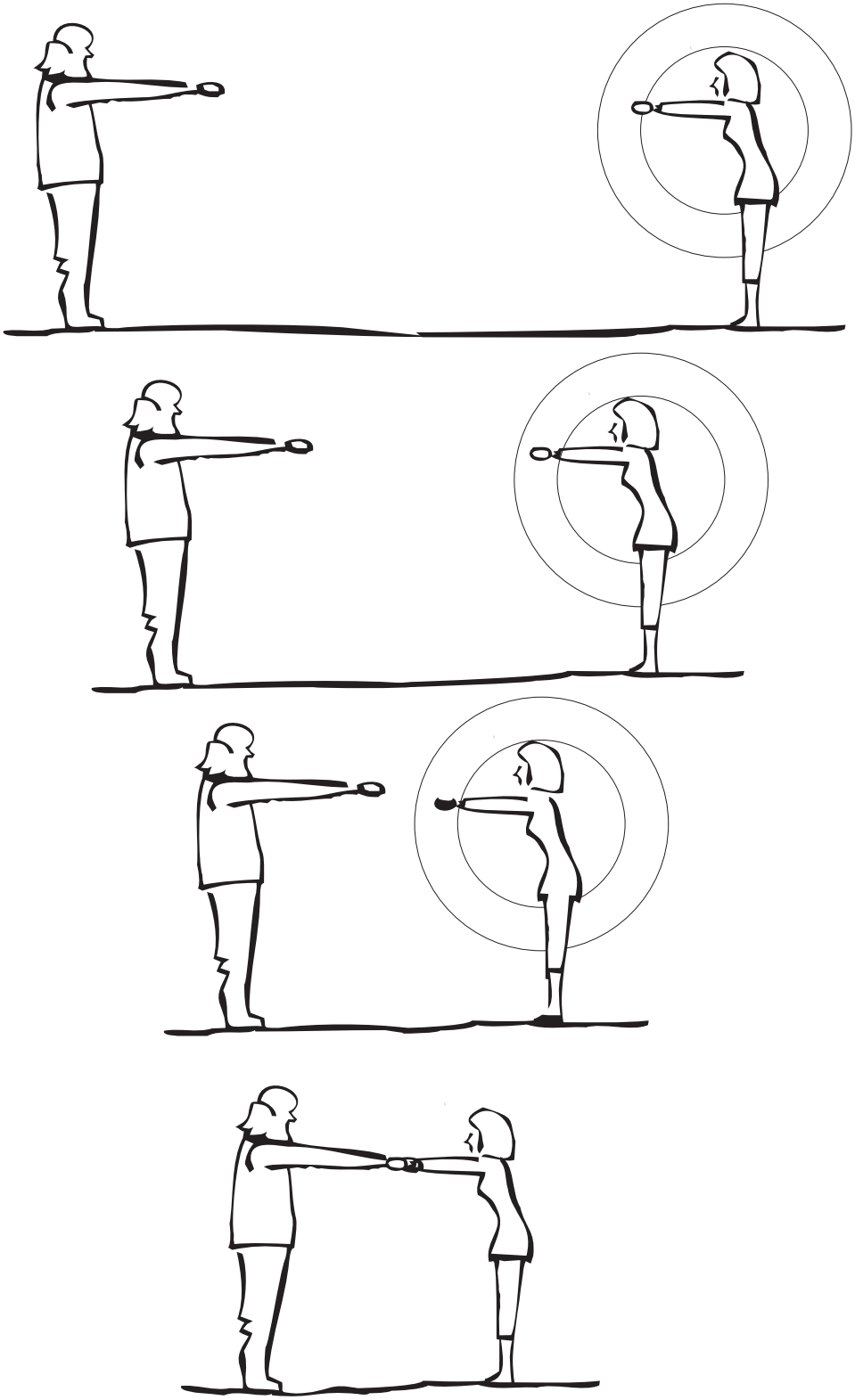
...

... Stazione termini!

Endstation ZOO!!!

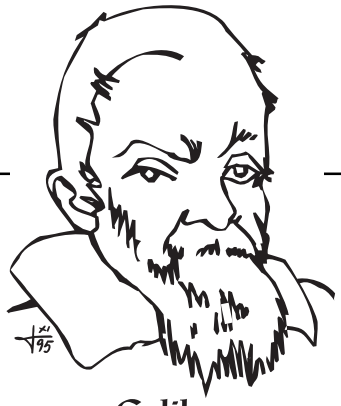
Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Im Zoo.
Erste Erfahrung mit Quanten!



Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Im Classic-Club



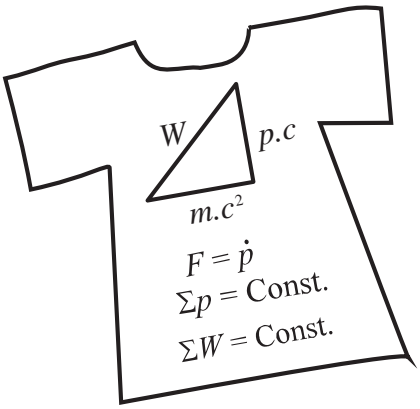
Galileo

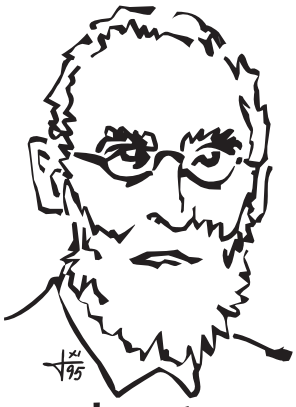
Newton

Maxwell

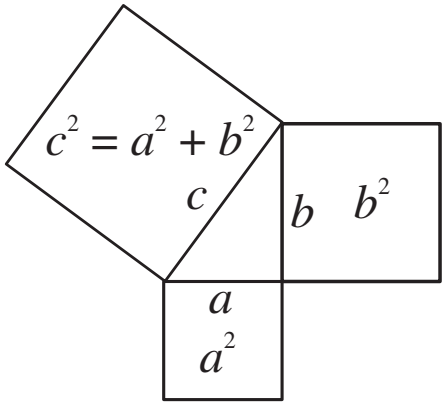
Helmholtz

$$\nabla \cdot D = \rho$$
$$\nabla \times H - \partial D/\partial t = J$$
$$\nabla \cdot B = 0$$
$$\nabla \times E + \partial B/\partial t = 0$$
$$\boldsymbol{F} = q\,(\boldsymbol{E} + \boldsymbol{v} \times \boldsymbol{B})$$

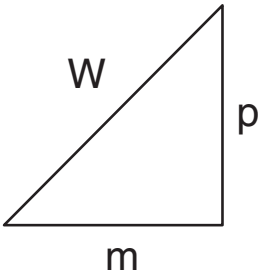


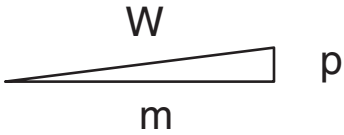


Lorentz



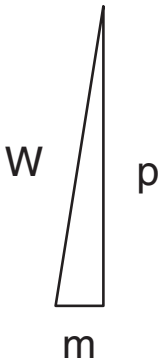
Einstein





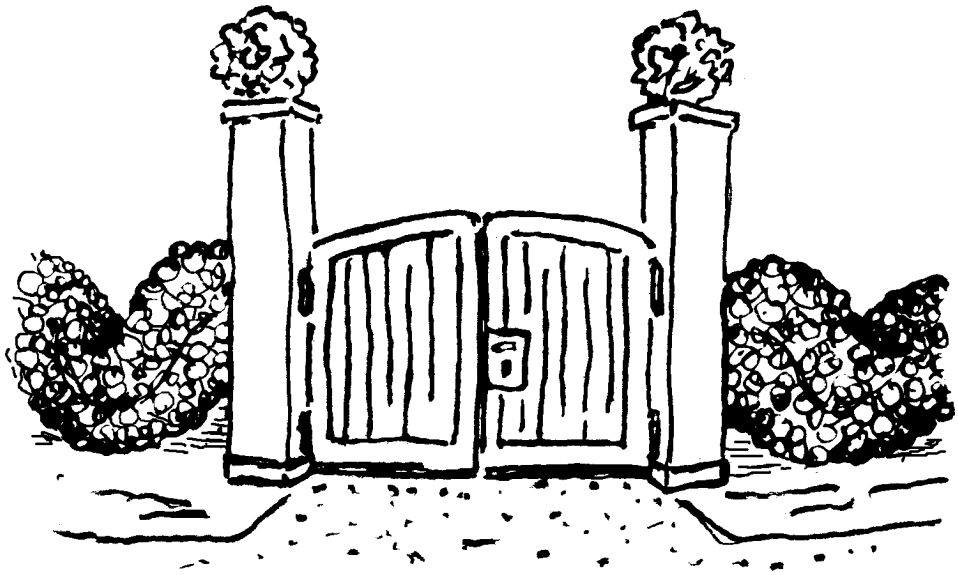
$$W^2 = m^2 + p^2$$

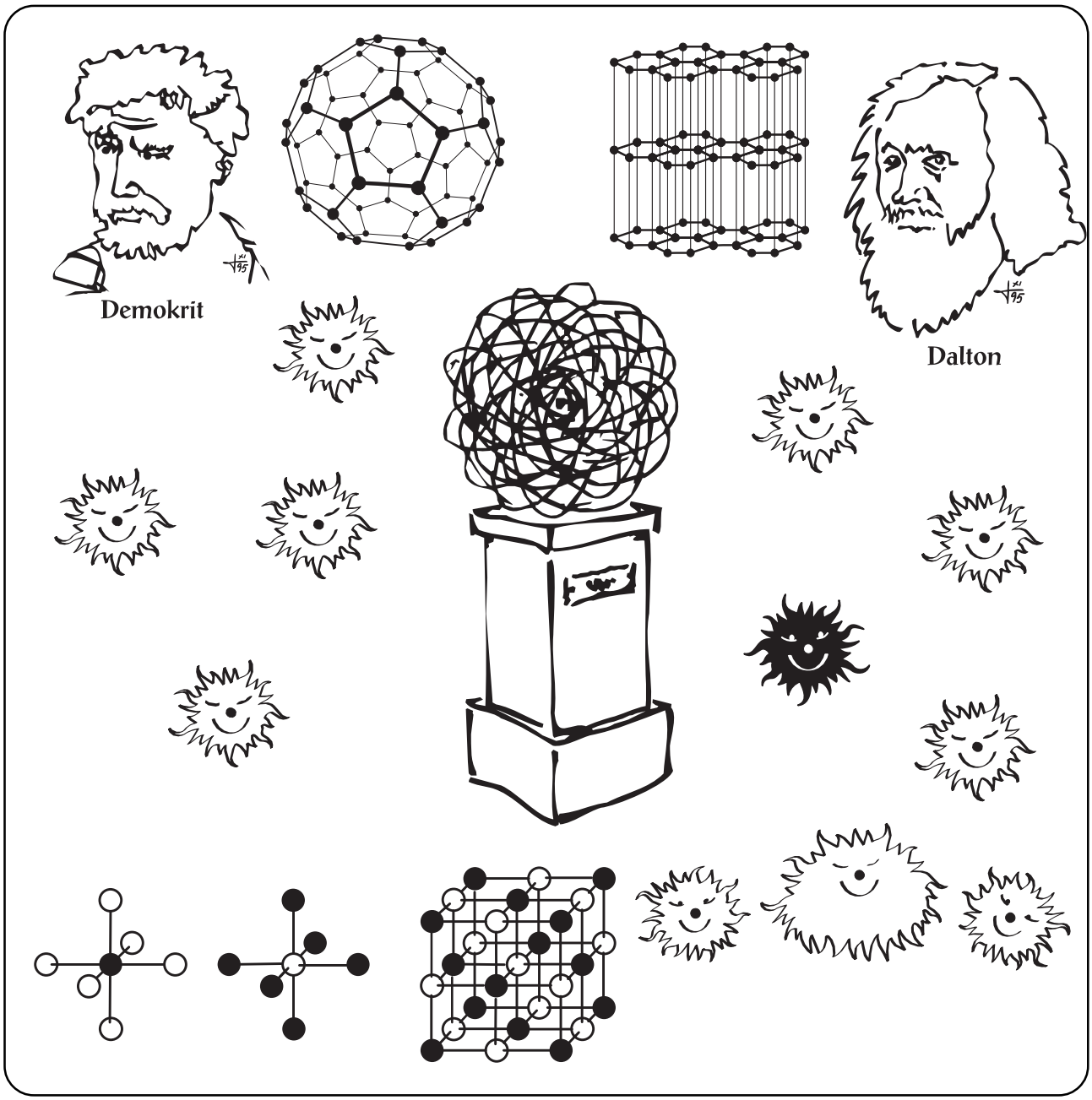
$$\beta = v / c = p / W$$



Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Der elektromagnetische Garten

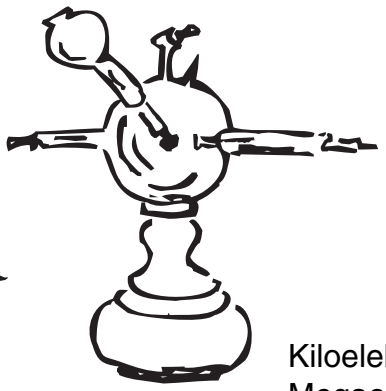


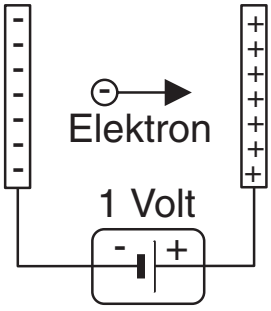


Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Der Elektronen-pavillon

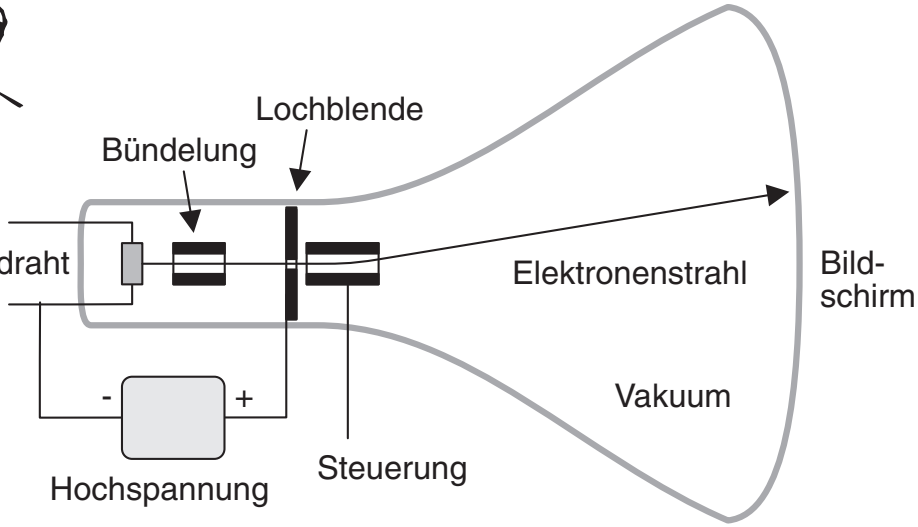
J. J. Thomson





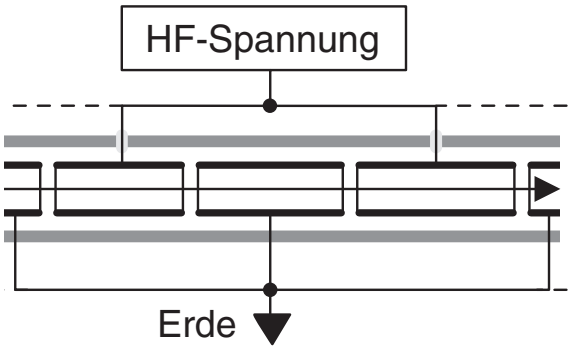
Kiloelektronenvolt	1 keV	=	1000 eV
Megaelektronenvolt	1 MeV	=	1000 keV
Gigaelektronenvolt	1 GeV	=	1000 MeV
Teraelektronenvolt	1 TeV	=	1000 GeV
Petaelektronenvolt	1 PeV	=	1000 TeV
Exaelektronenvolt	1 EeV	=	1000 PeV.

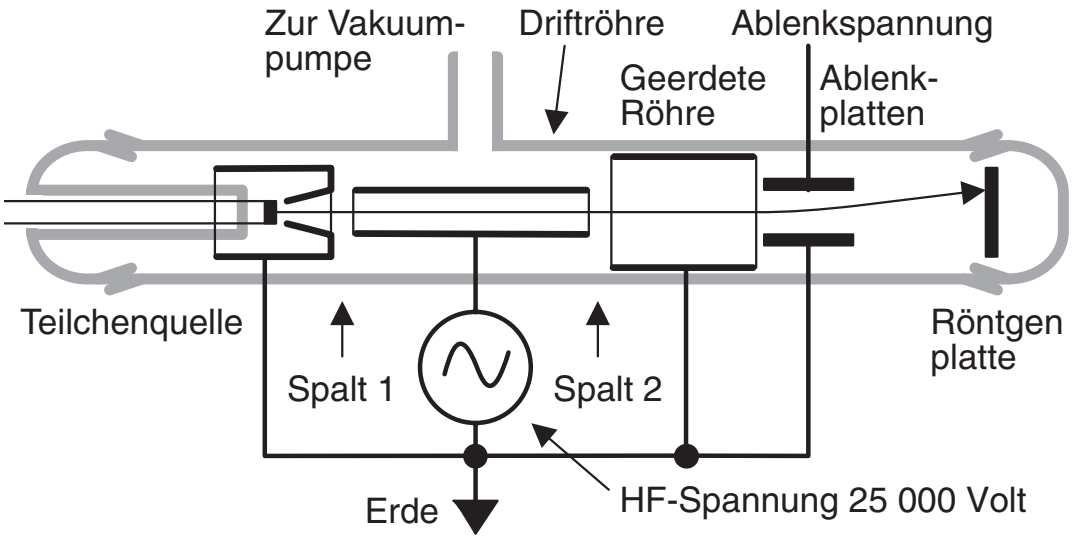
K. F. Braun

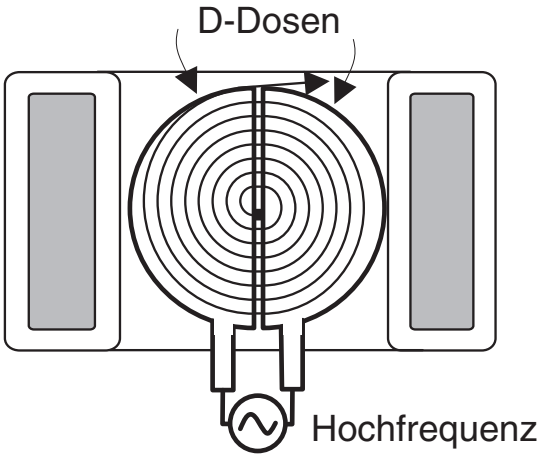


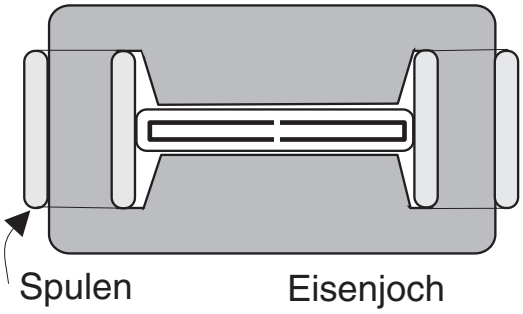
Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Im Beschleuniger-Kabinett

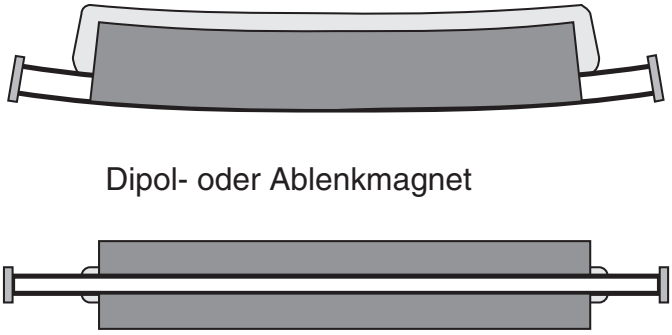




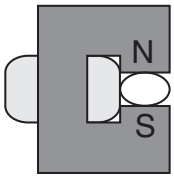


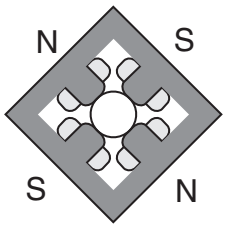


Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

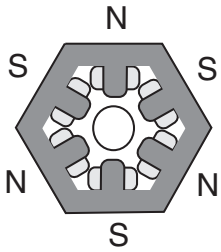


Dipol- oder Ablenkmagnet

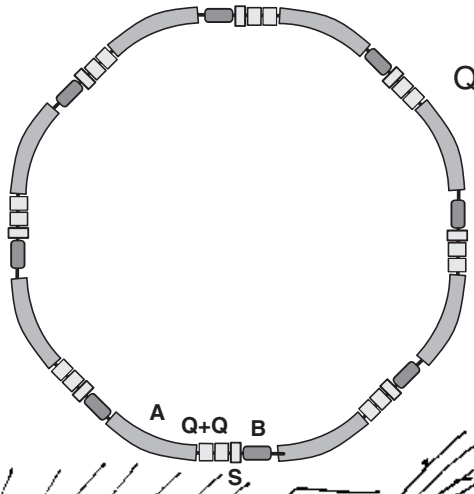




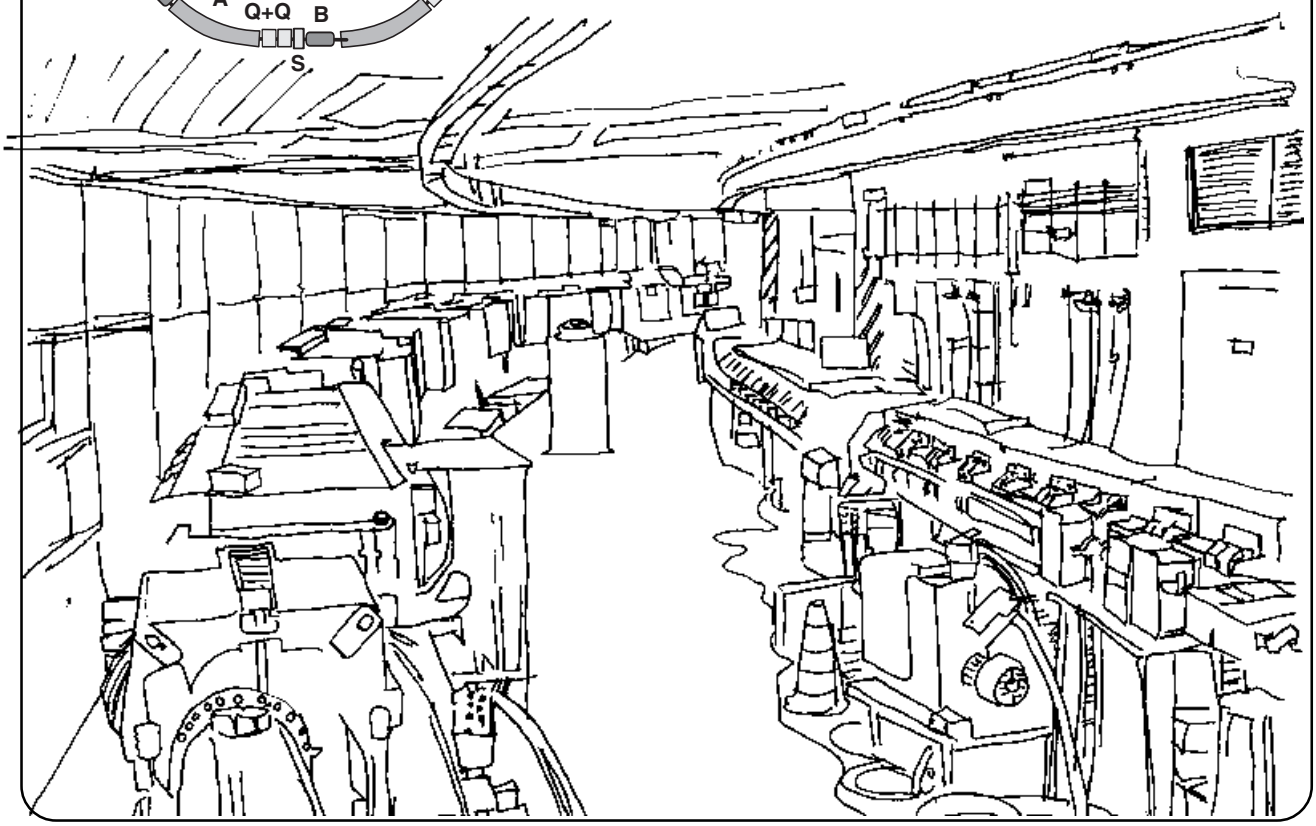
Quadrupolmagnet



Sextupolmagnet



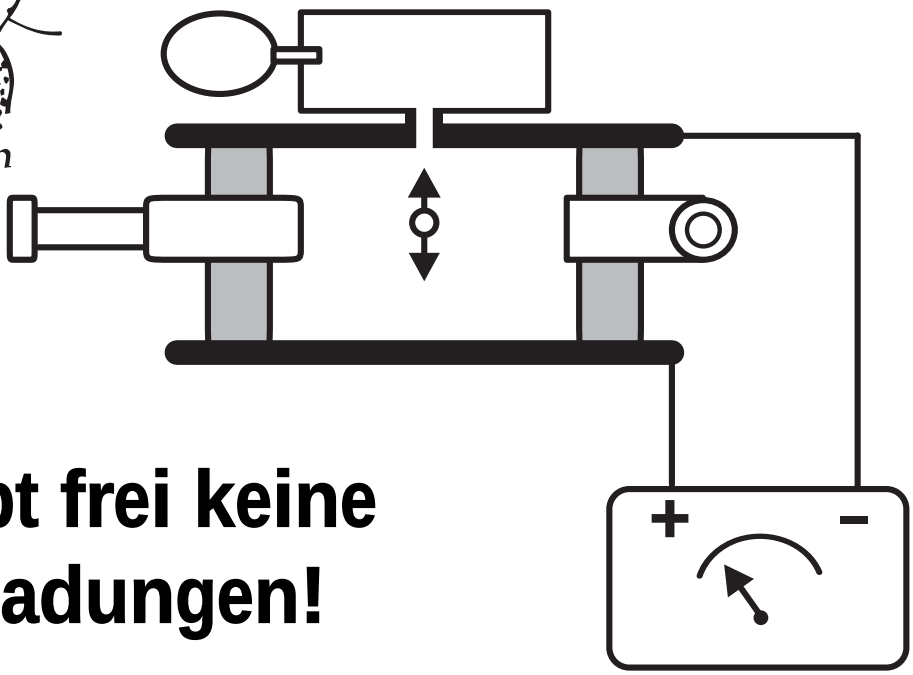
Synchrotron...
Speicherringe...



Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Zurück im Elektronenpavillon

Die elektrische Ladung des Elektrons! 1913

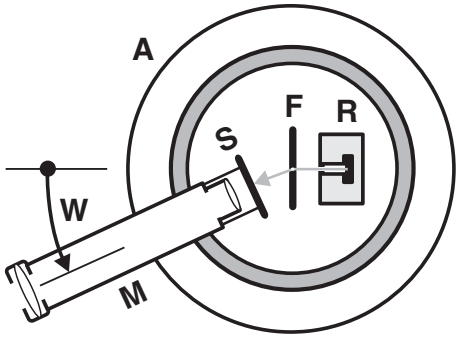


Es gibt frei keine Teilladungen!

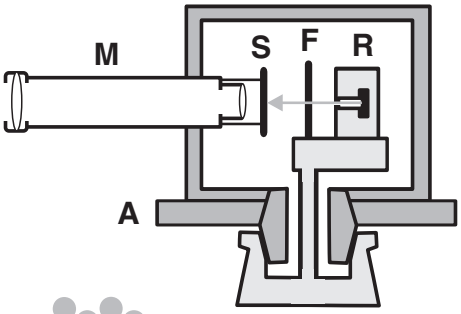
Abschied von Sir J. J. Thomson, zurück im elektromagnetischen Garten

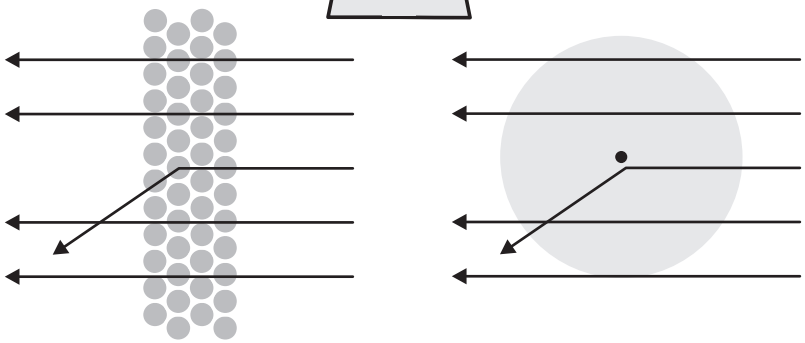
Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Treffen mit Rutherford

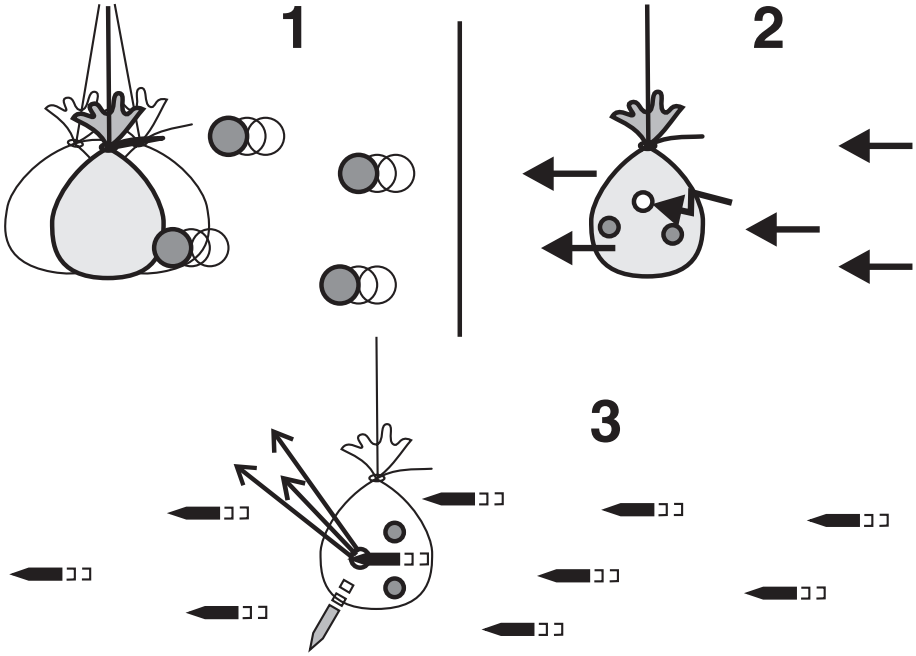


der Atomkern 1911



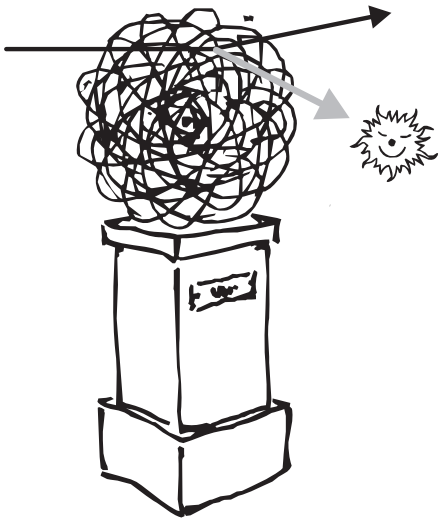


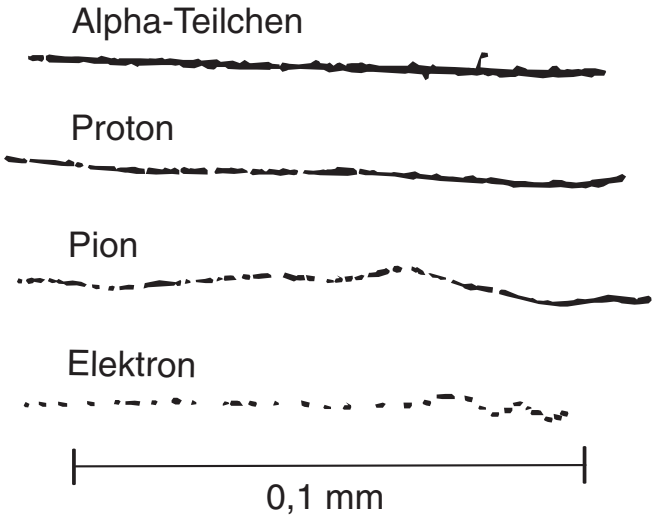
Streuexperimente, Indianeranalogie:

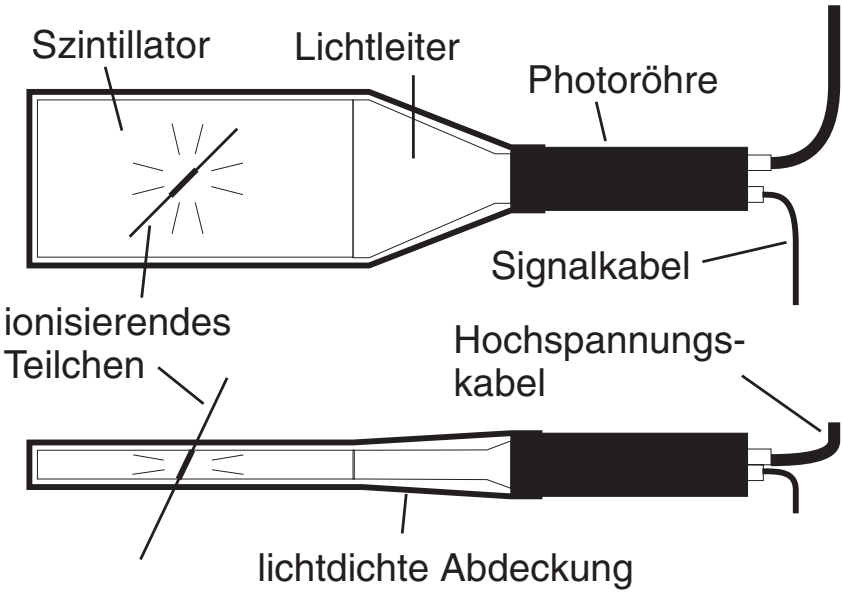


Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Die Detektorhalle

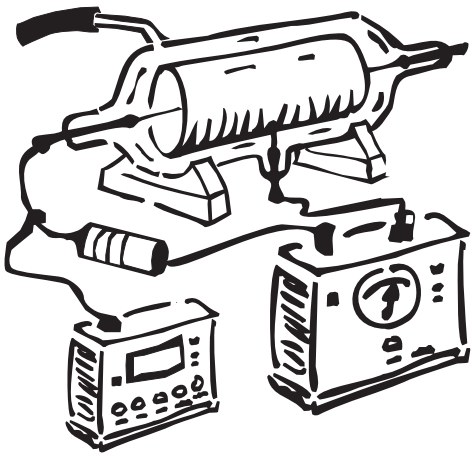


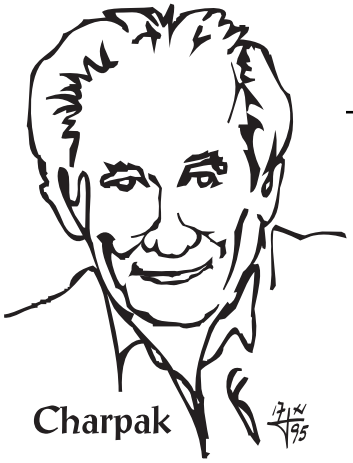


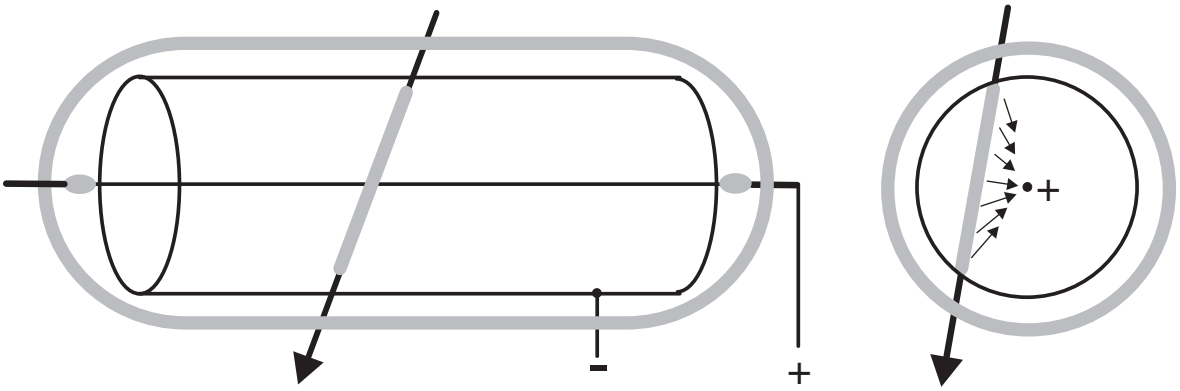


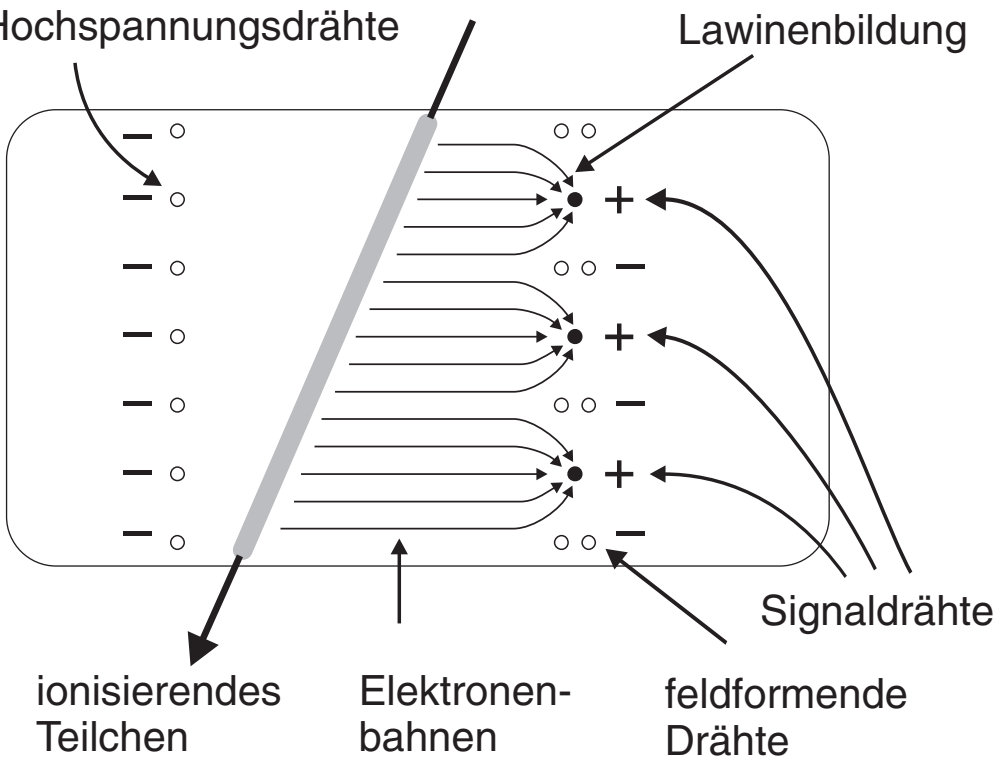
Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Drahtkammern

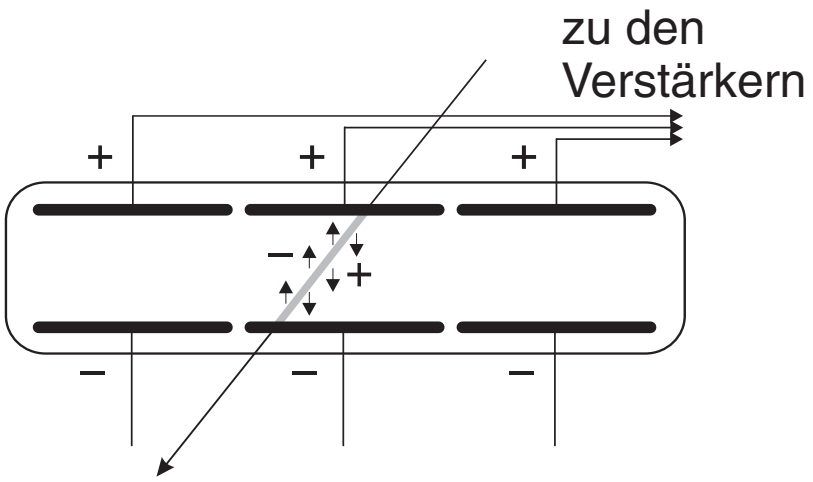


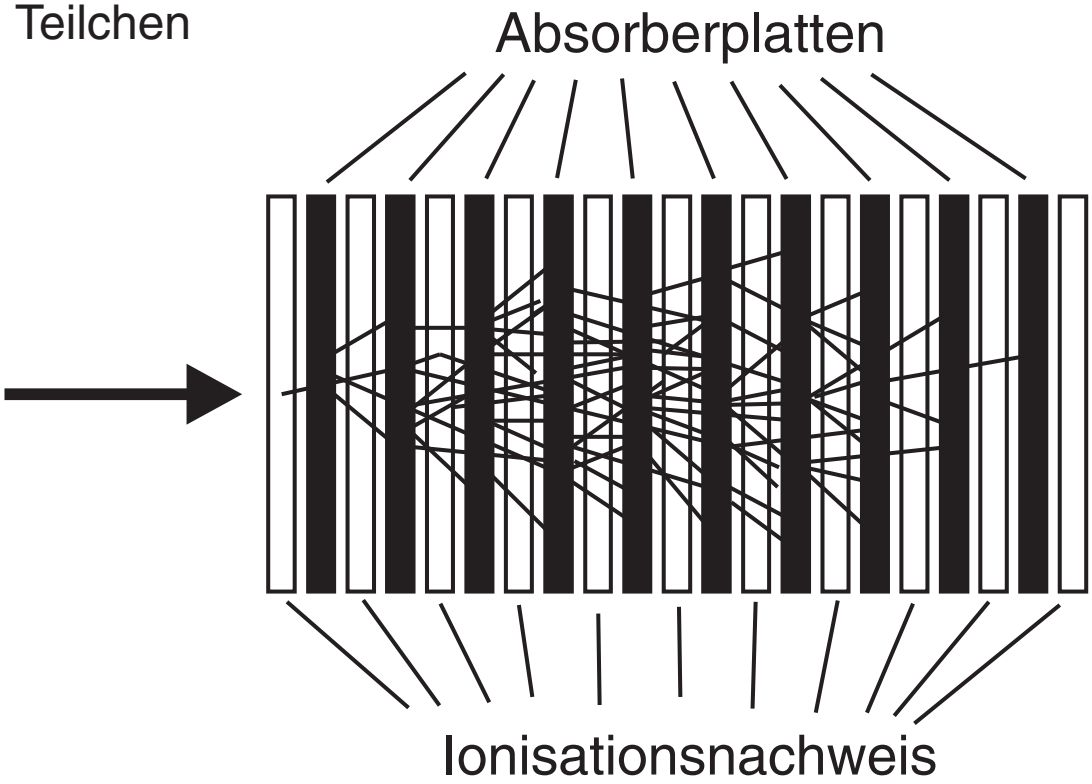






Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!



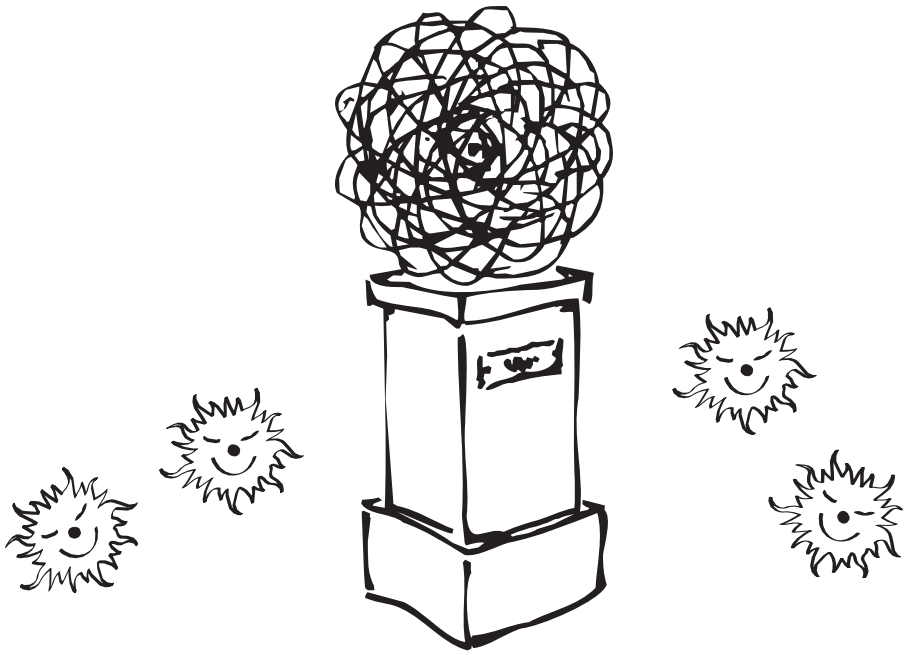


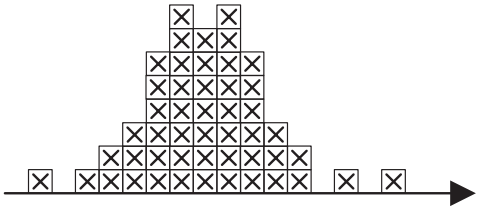
Kalorimeter, Großdetektoren...

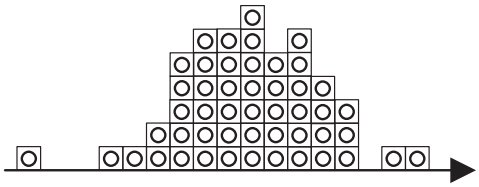
wieder in den elektromagnetischen Garten...

Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Barbara möchte Elektronen streicheln

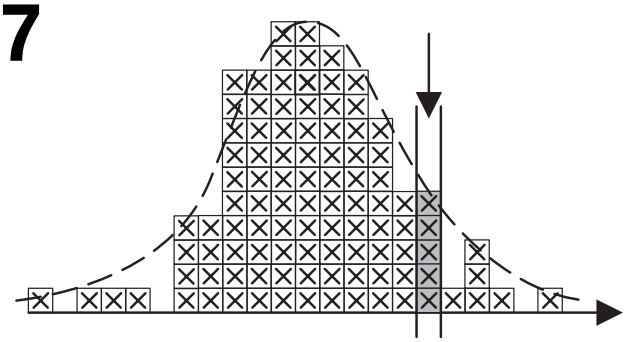






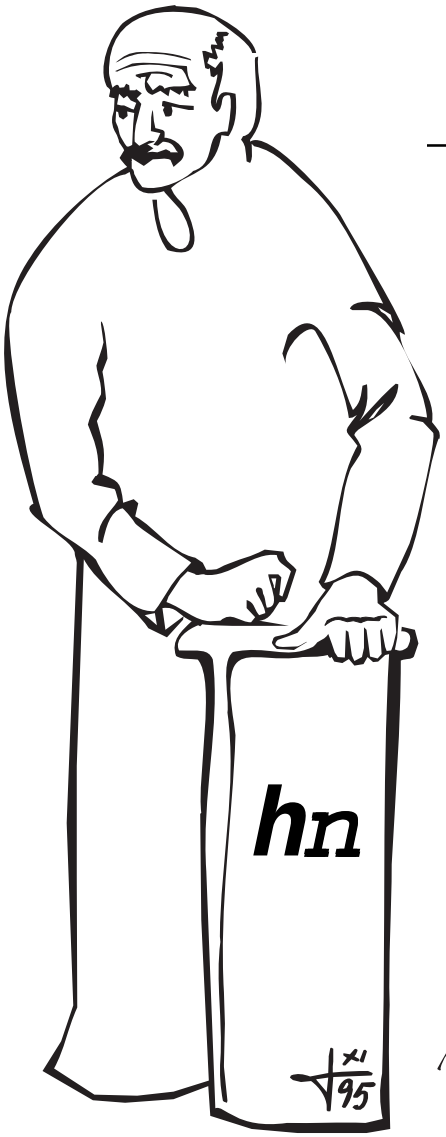
$$\Delta_x \cdot \Delta_p \geq h/4\pi$$
$$\Delta_t \cdot \Delta_E \geq h/4\pi$$
$$\Delta_\phi \cdot \Delta_J \geq h/4\pi$$

1927



Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Die Quantenrunde

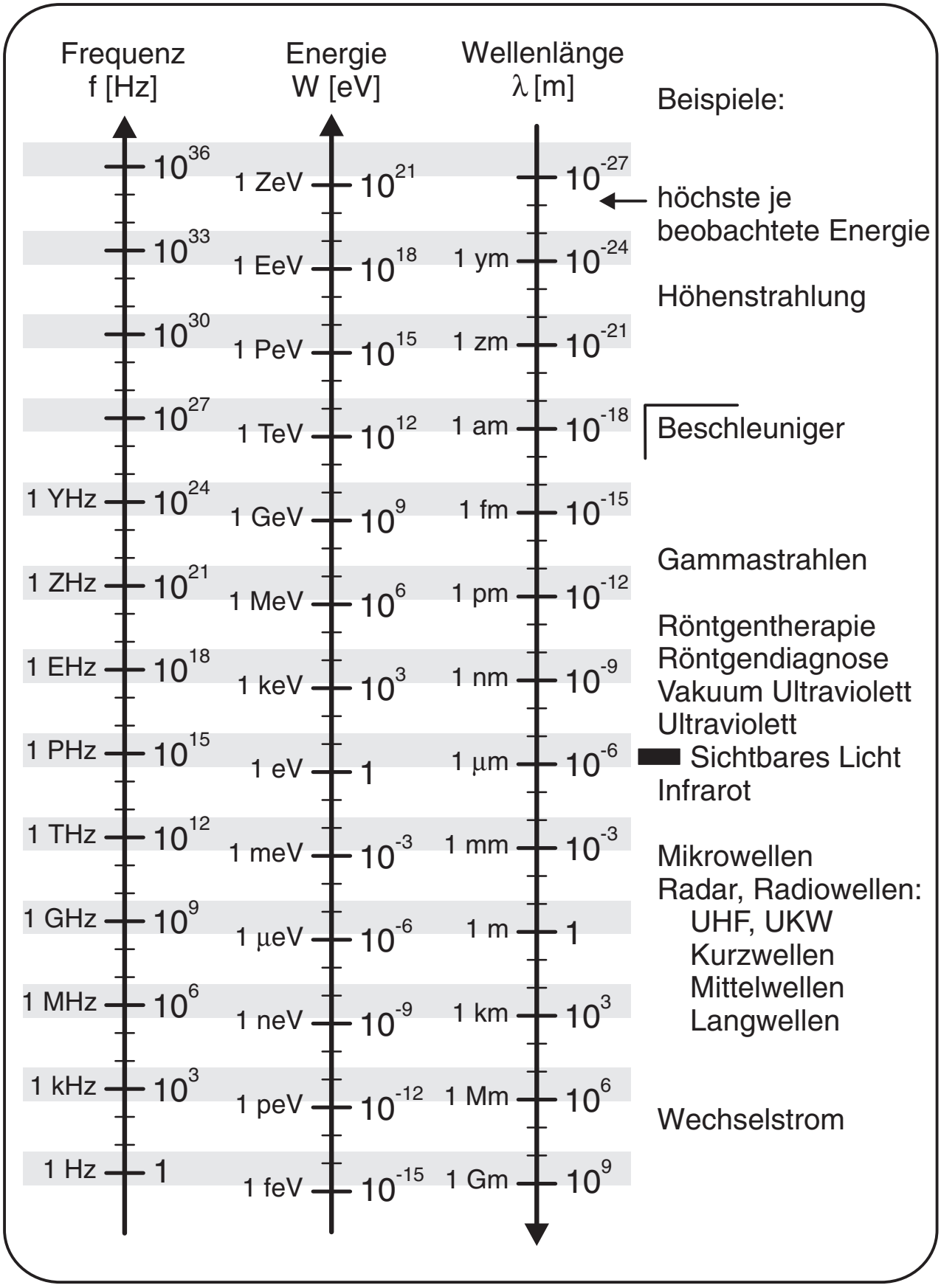


Planck, 1900...

1928

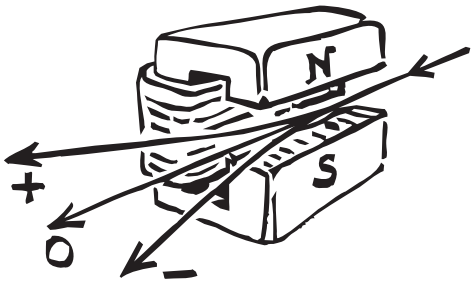
Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Elektromagnetische Strahlung
Photonenenergie

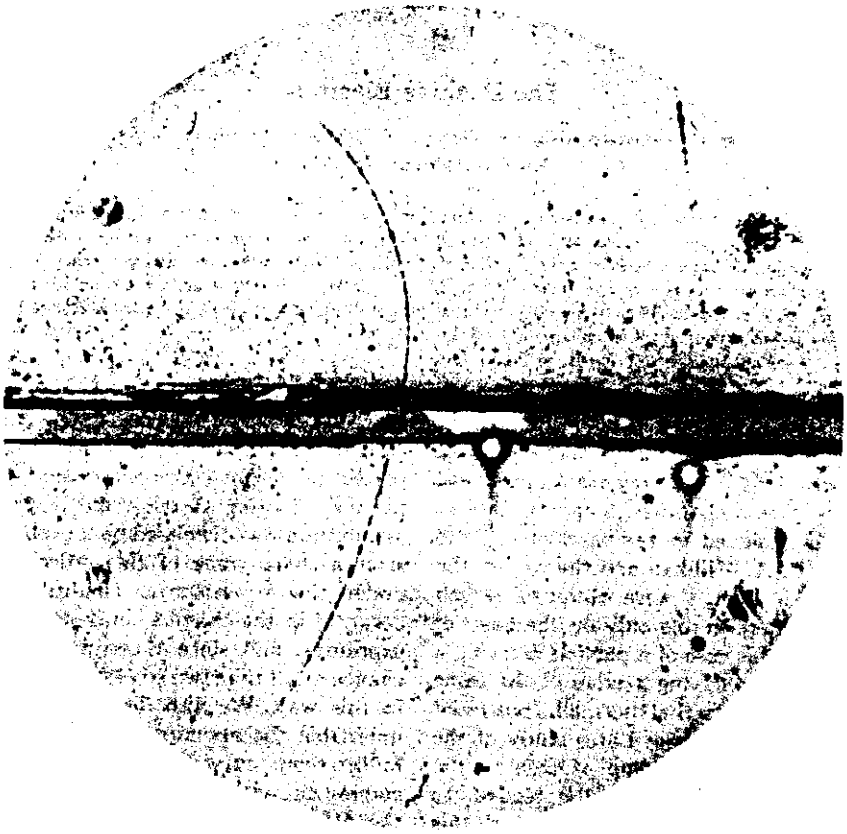


Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Diracs Antielektron = Positron

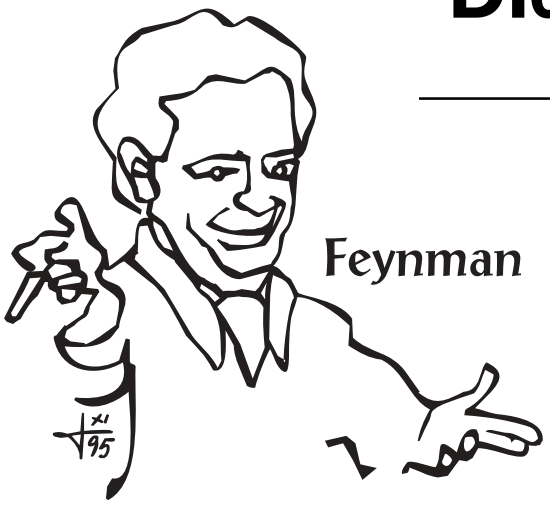


Anderson

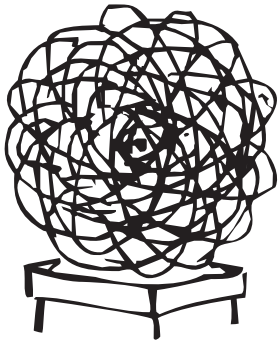


Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

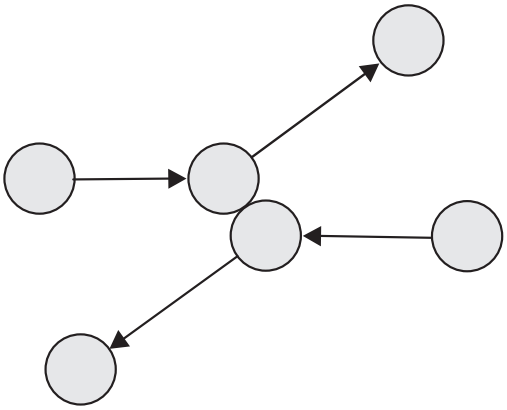
Die unmöglichen Briefe



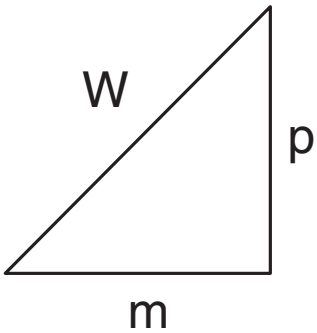
Diracs Probleme... Austauschphotonen



?



?

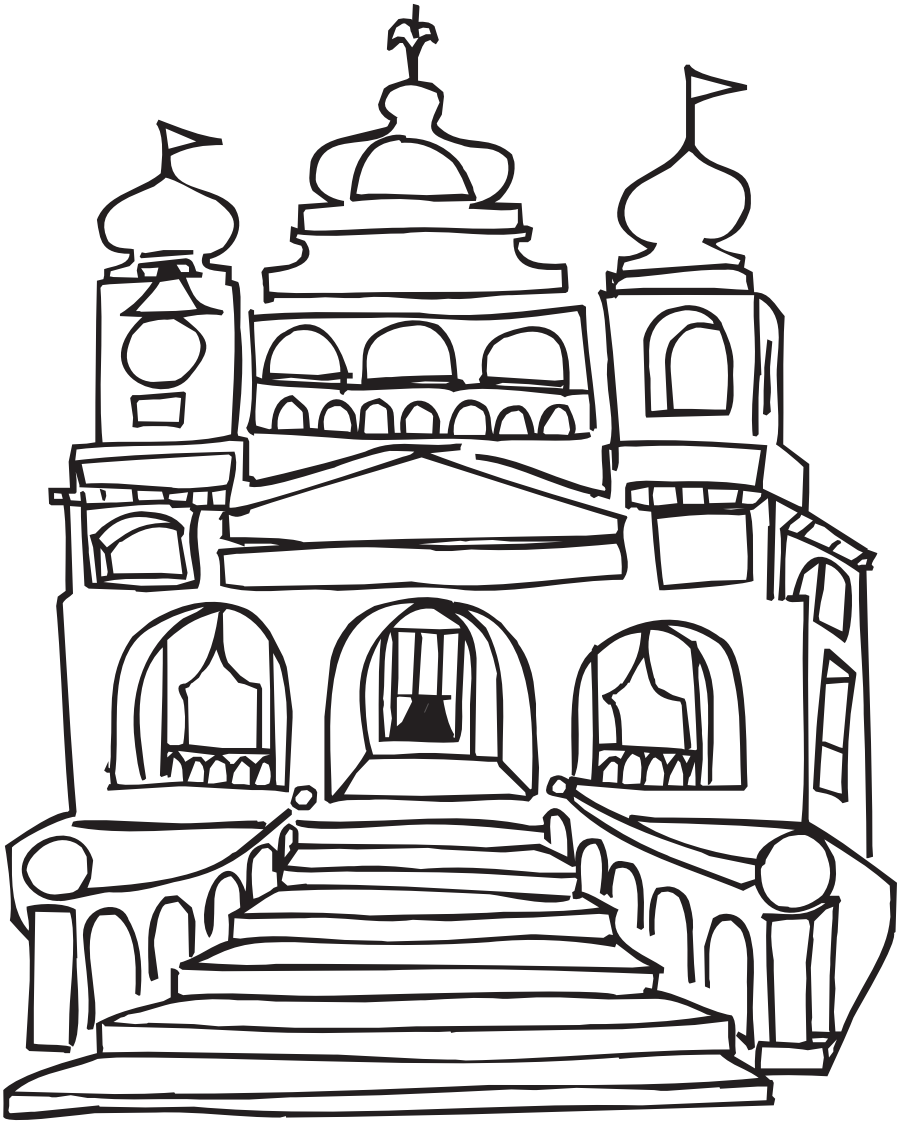


$$W^2 = p^2 + m^2 = 0 \; ???$$

$$\Delta_x \cdot \Delta_p \geq h/4\pi$$
$$\Delta_t \cdot \Delta_E \geq h/4\pi$$
$$\Delta_\phi \cdot \Delta_J \geq h/4\pi$$

Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Der QED-Palast



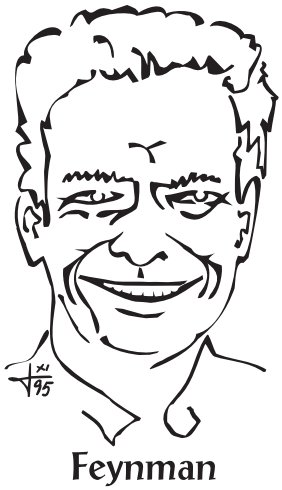
Feynman

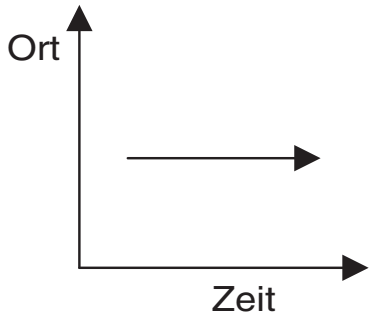
Schwinger

Tomonaga

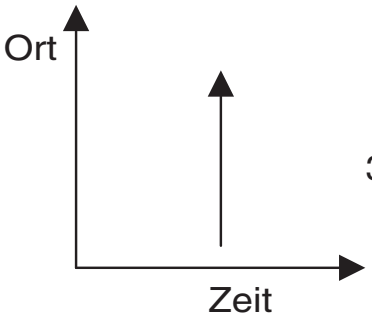
Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Die magischen Hieroglyphen

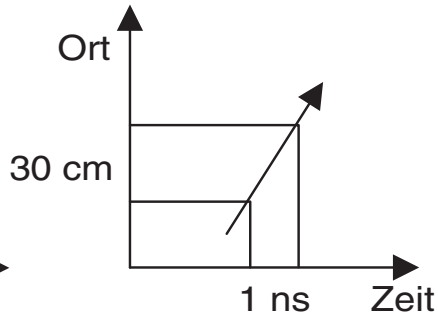




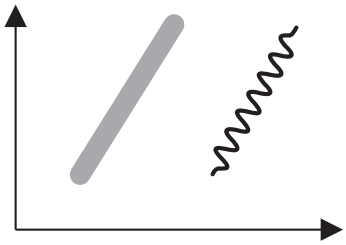
ruhendes Teilchen

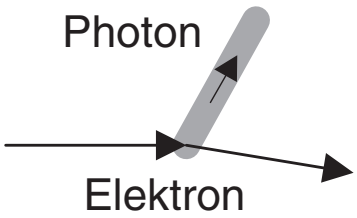


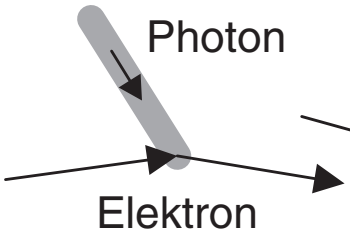
unendlich schnelles Teilchen

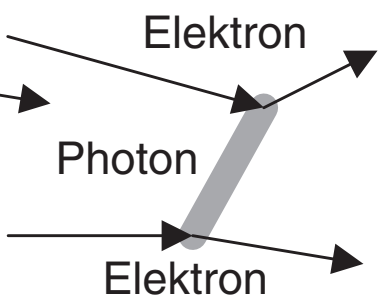


Teilchen mit Lichtgeschwindigkeit



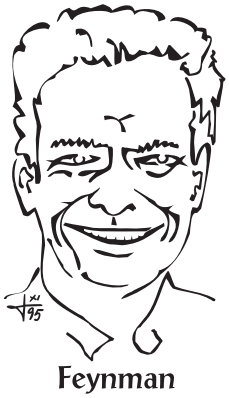


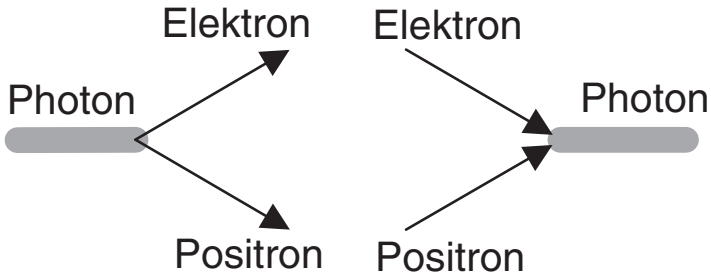


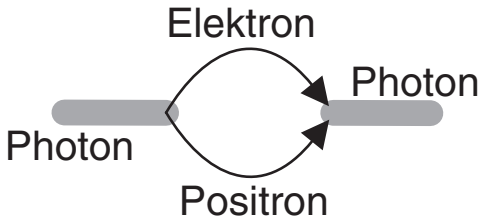


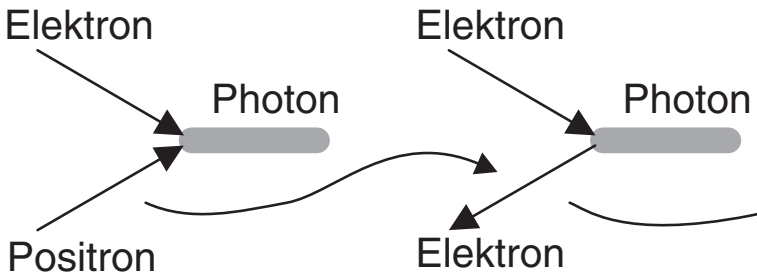
Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

mehr Hieroglyphen!

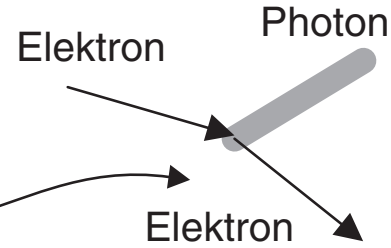




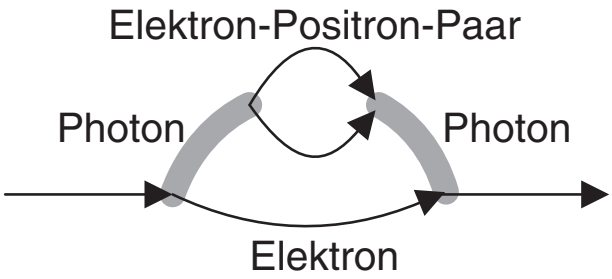


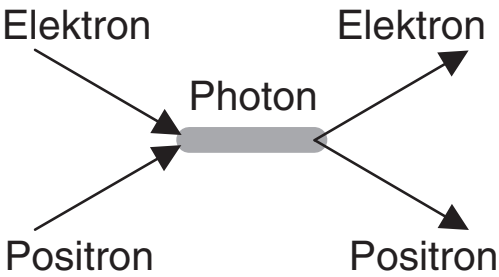


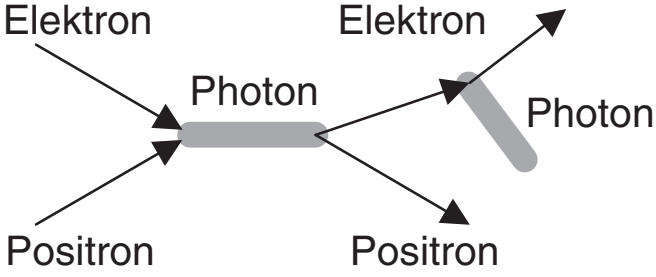
Elektron-Positron-Vernichtung



Abstrahlung eines Photons

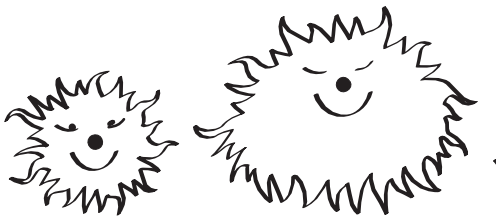


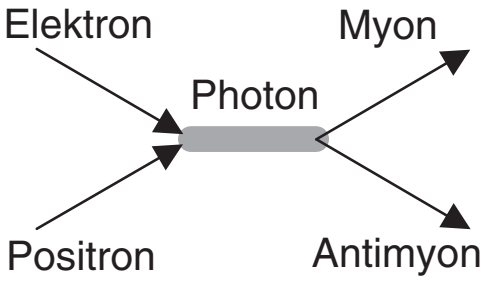


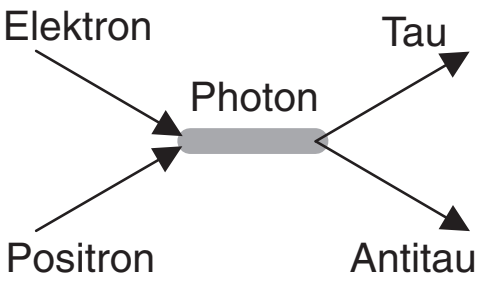


Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Die schwereren Elektronen







Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Am Baum der Erkenntnis im elektromagnetischen Garten

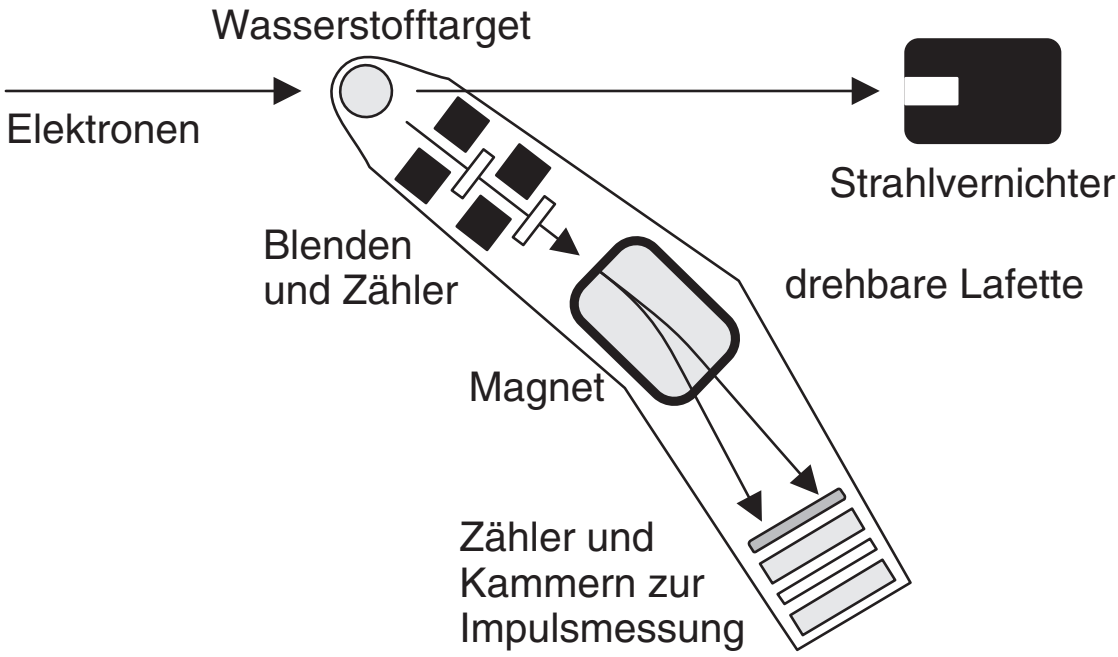
Rückblick und Übernachtung

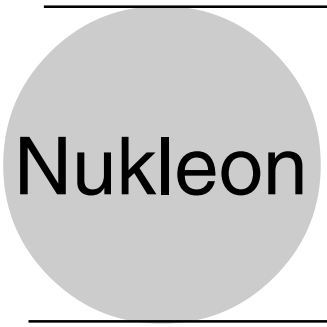
(Zensur)

Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Frühstück mit modernen Indianern

1953

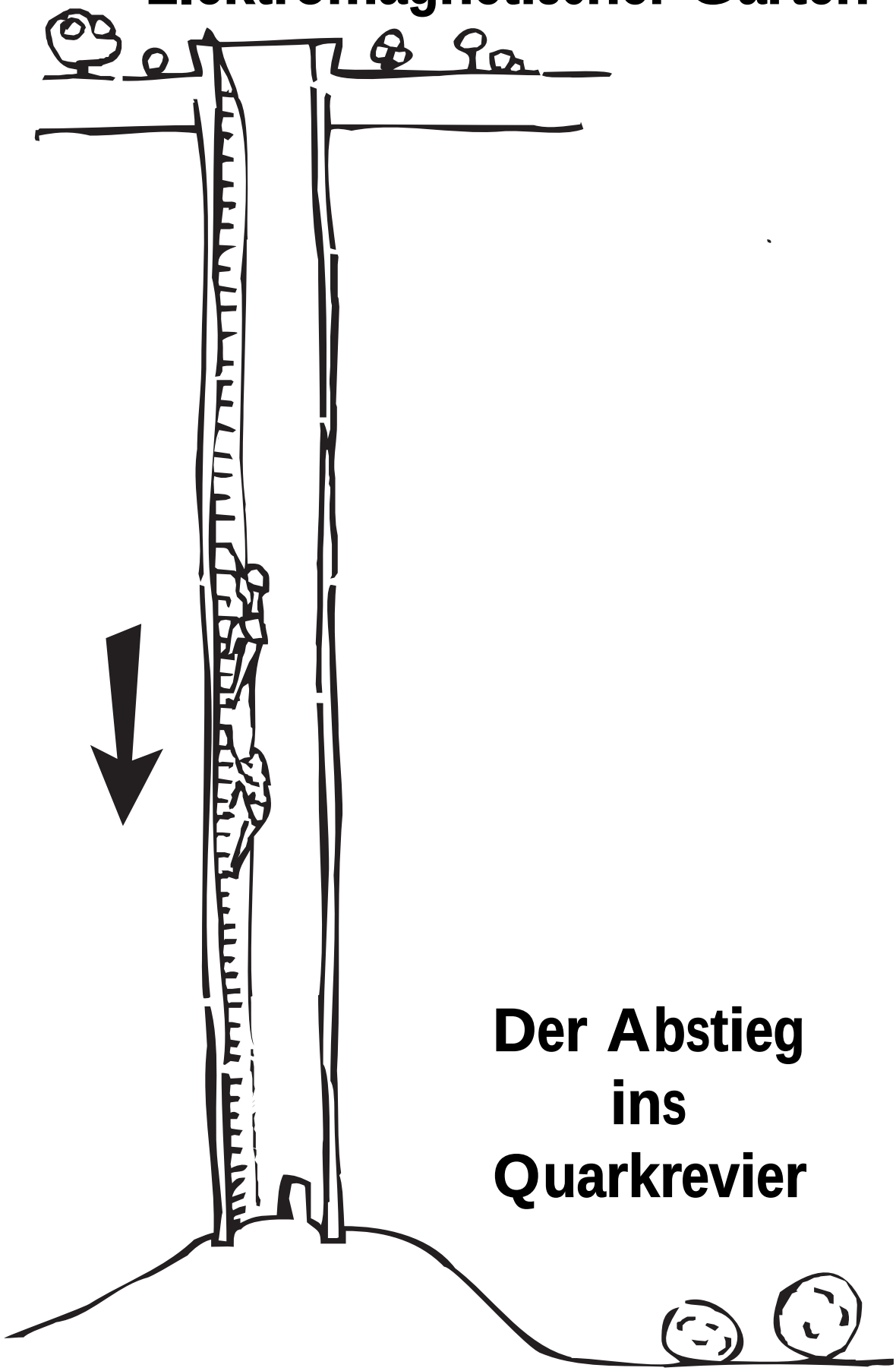




etwa 2 fm

Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Elektromagnetischer Garten

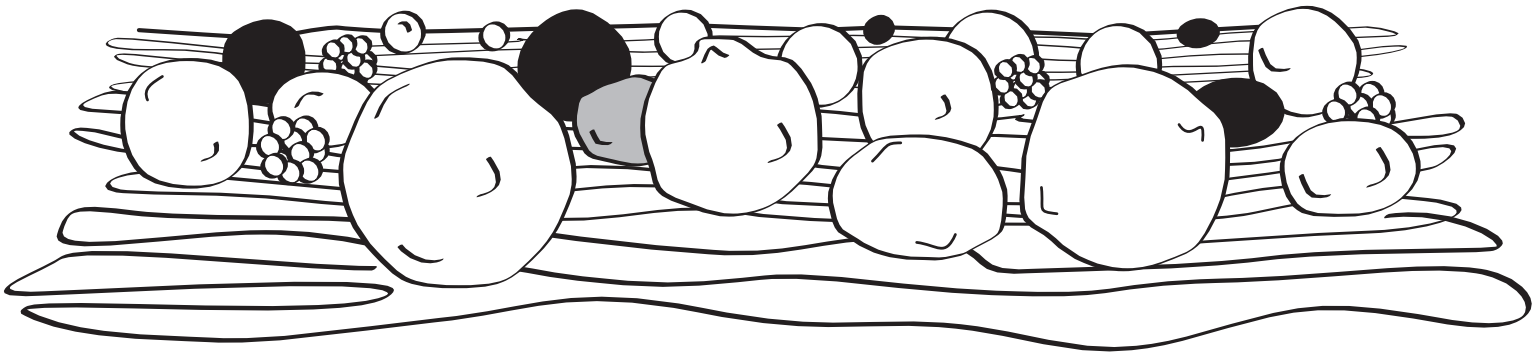


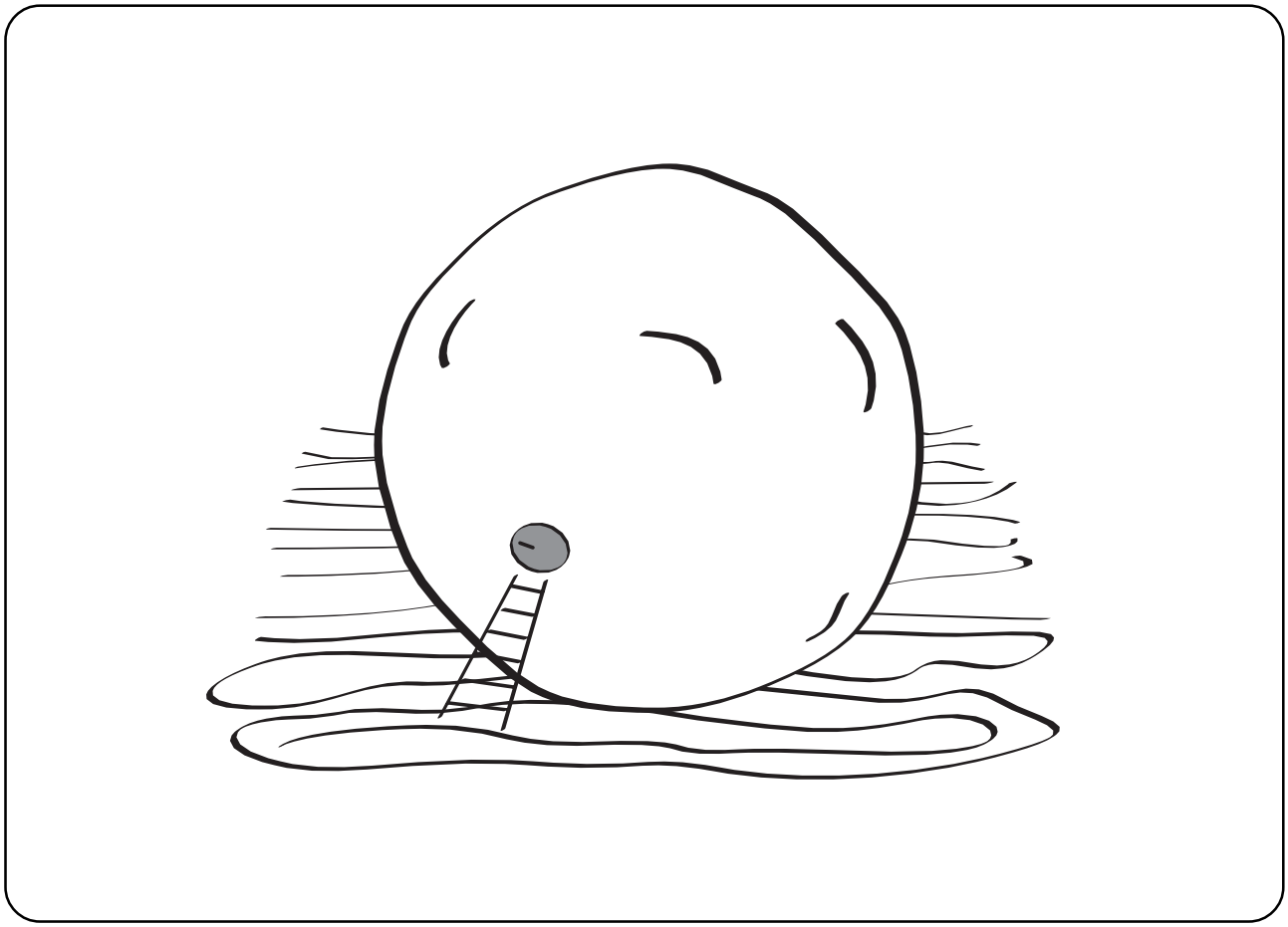
Der Abstieg ins Quarkrevier

Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Im Quarkrevier

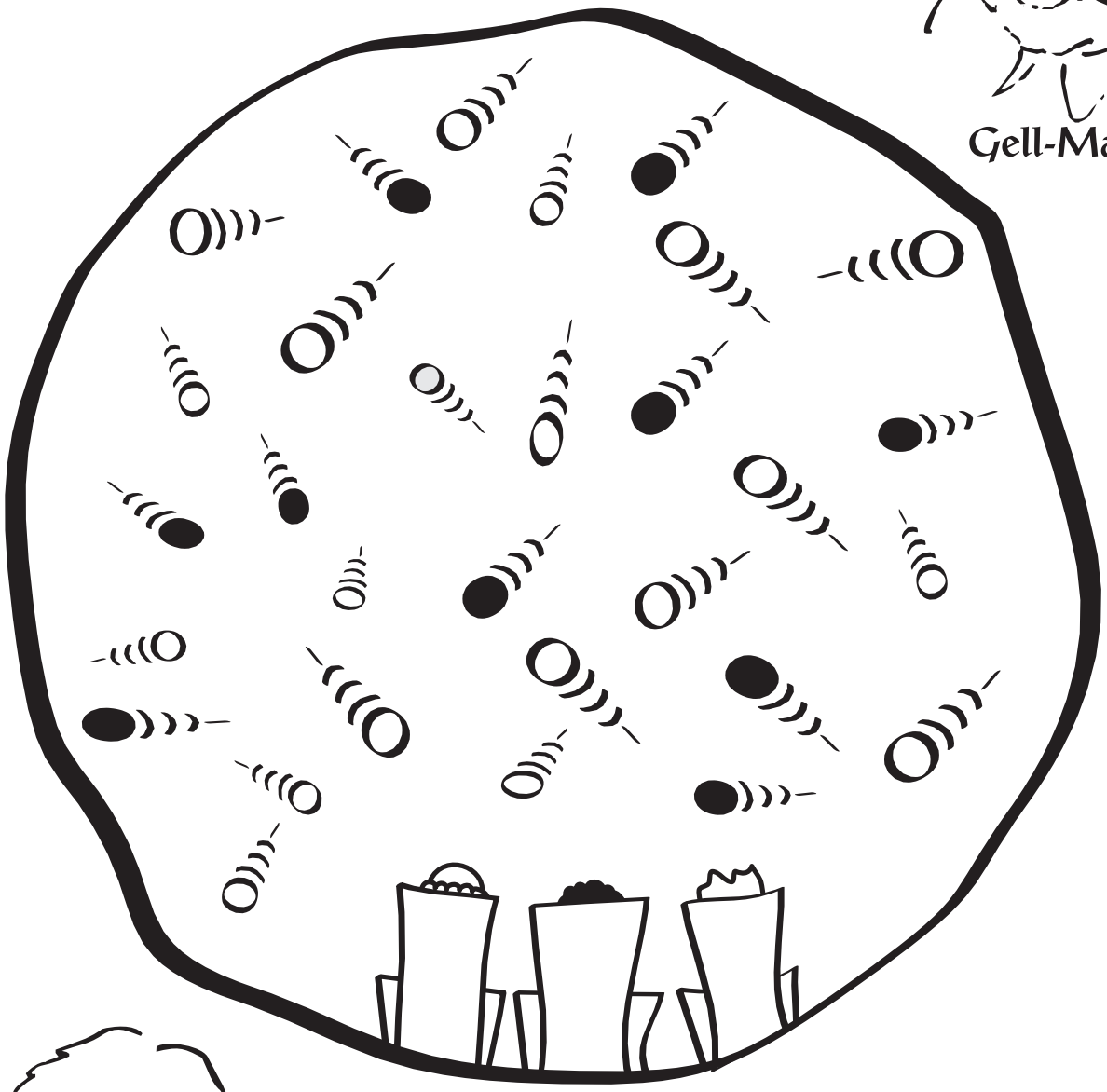
Die u-d-Halle





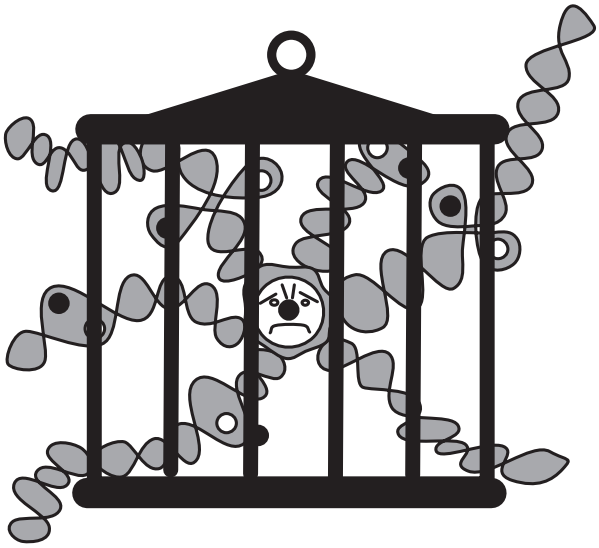
Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Im Proton mit Gell-Mann

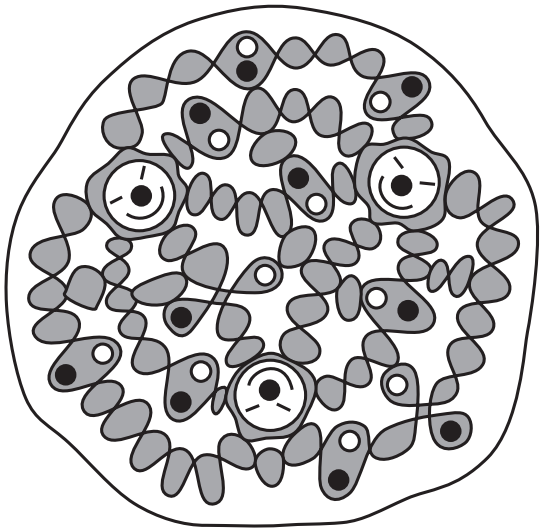


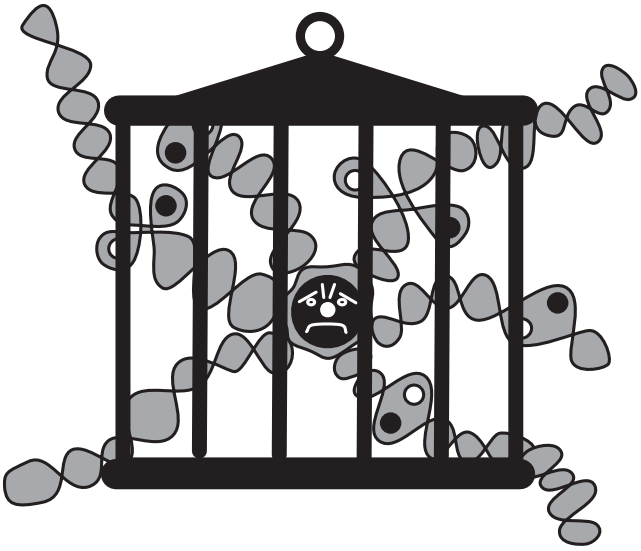
Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

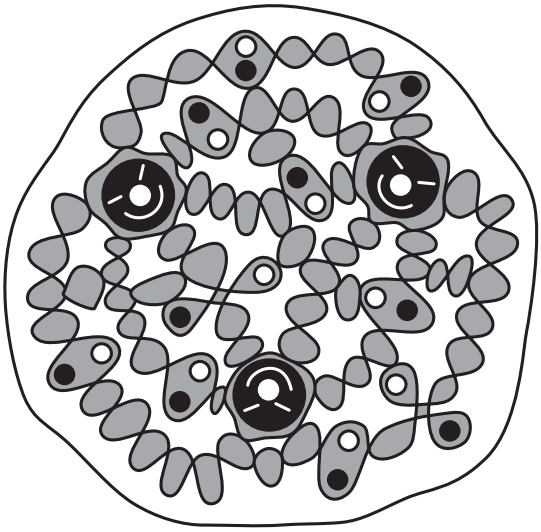
Die wilden Quarks

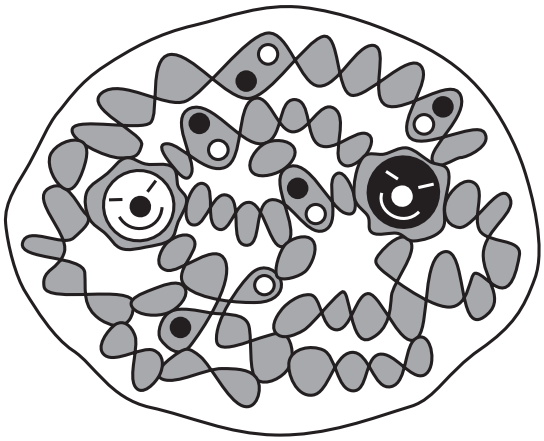


Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!



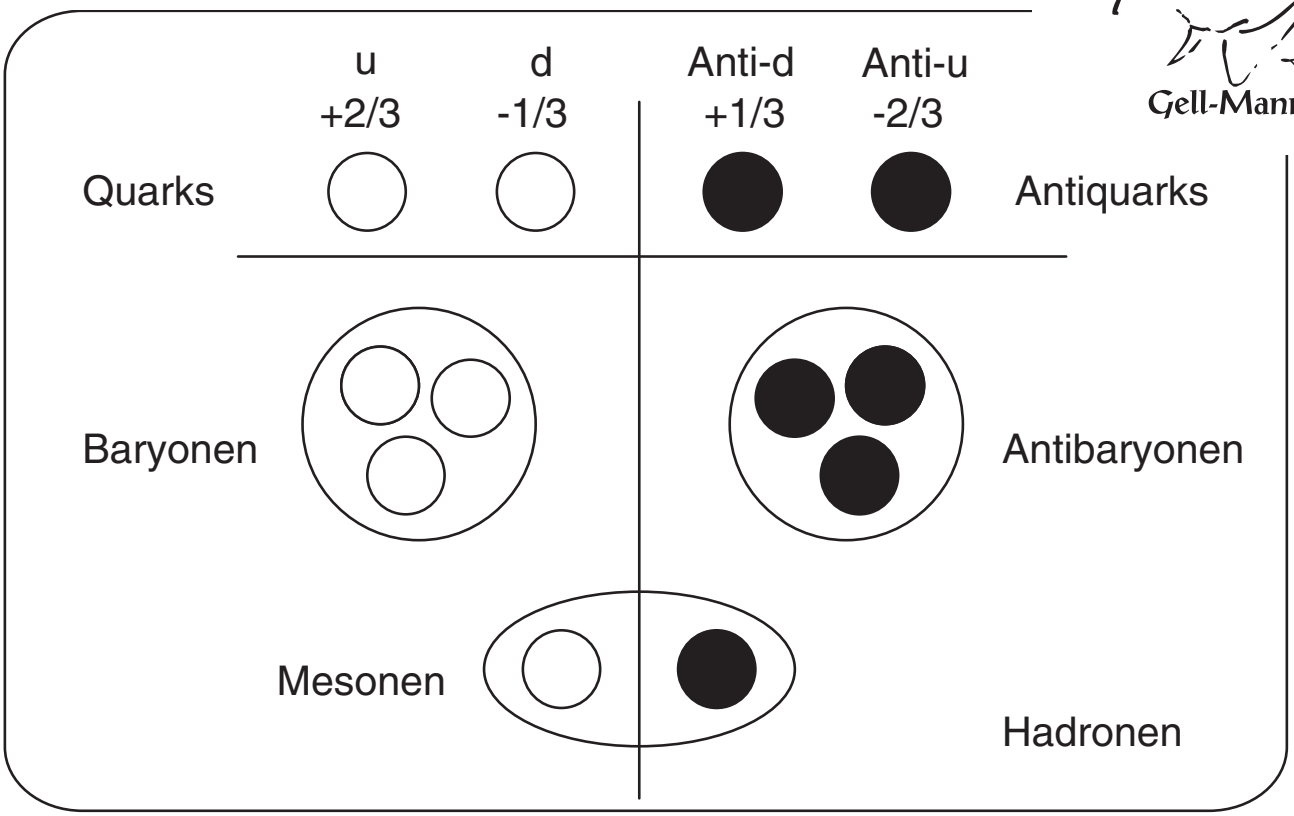




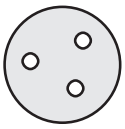


Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Quarkverbindungen: ganzzahlige Ladung!

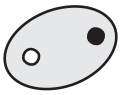


u-Quark +2/3
d-Quark -1/3



Anti-u-Quark +2/3
Anti-d-Quark -1/3

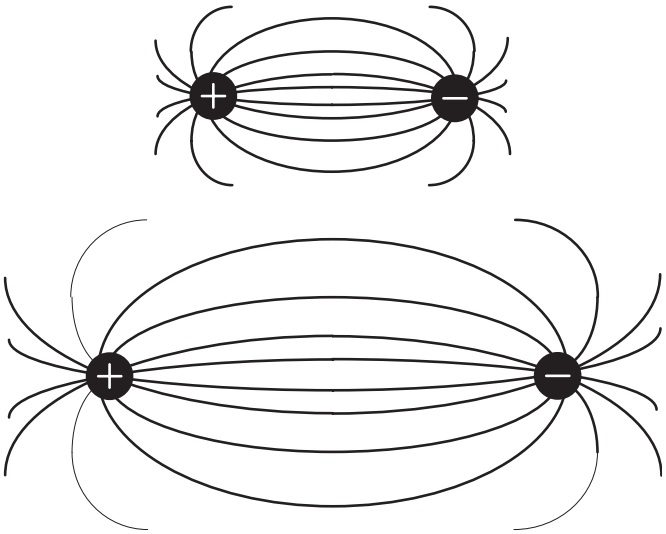
			Ladung			
Δ^{++}		u + u + u	+2			
Δ^{+}	**p**	u + u + d	+1	$\bar{d} + \bar{d} + \bar{d}$		$\bar{\Delta}^{+}$
Δ^{o}	**n**	u + d + d	0	$\bar{u} + \bar{d} + \bar{d}$	$\bar{\mathbf{n}}$	$\bar{\Delta}^{o}$
Δ^{-}		d + d + d	-1	$\bar{u} + \bar{u} + \bar{d}$	$\bar{\mathbf{p}}$	$\bar{\Delta}^{-}$
			-2	$\bar{u} + \bar{u} + \bar{u}$		$\bar{\Delta}^{--}$

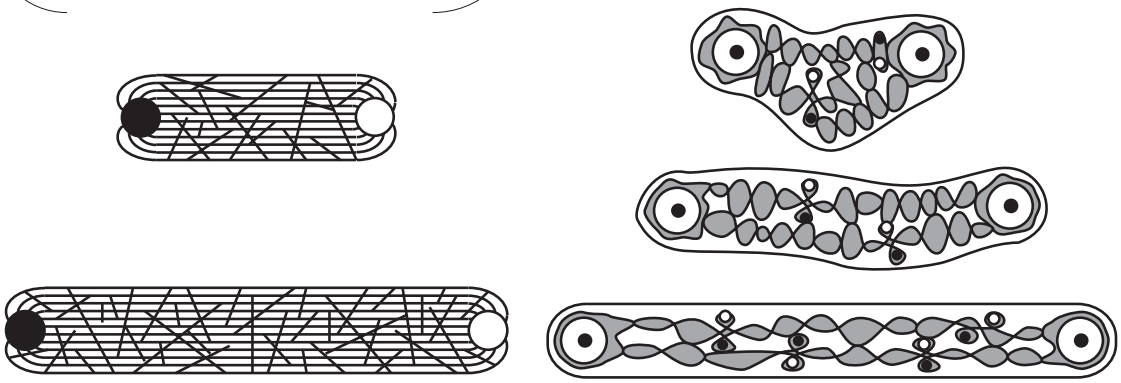


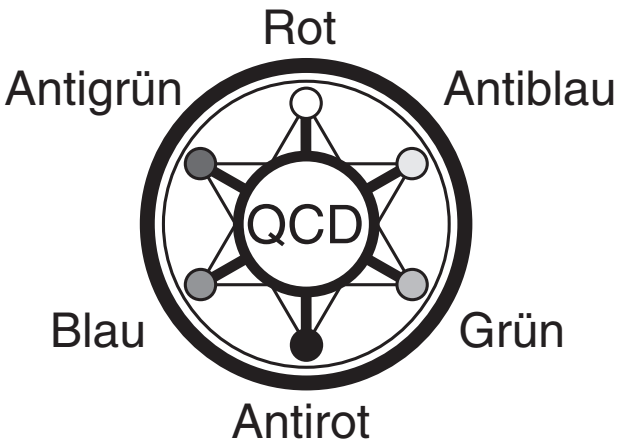
π^{+}		$u + \bar{d}$	+1		
π^{o}	$u + \bar{u} / d + \bar{d}$		0	$u + \bar{u} / d + \bar{d}$	π^{o}
			-1	$d + \bar{u}$	π^{-}

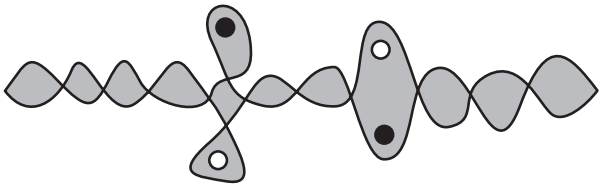
Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

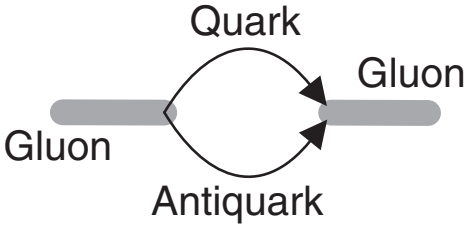
Gluonen und Farbladungen





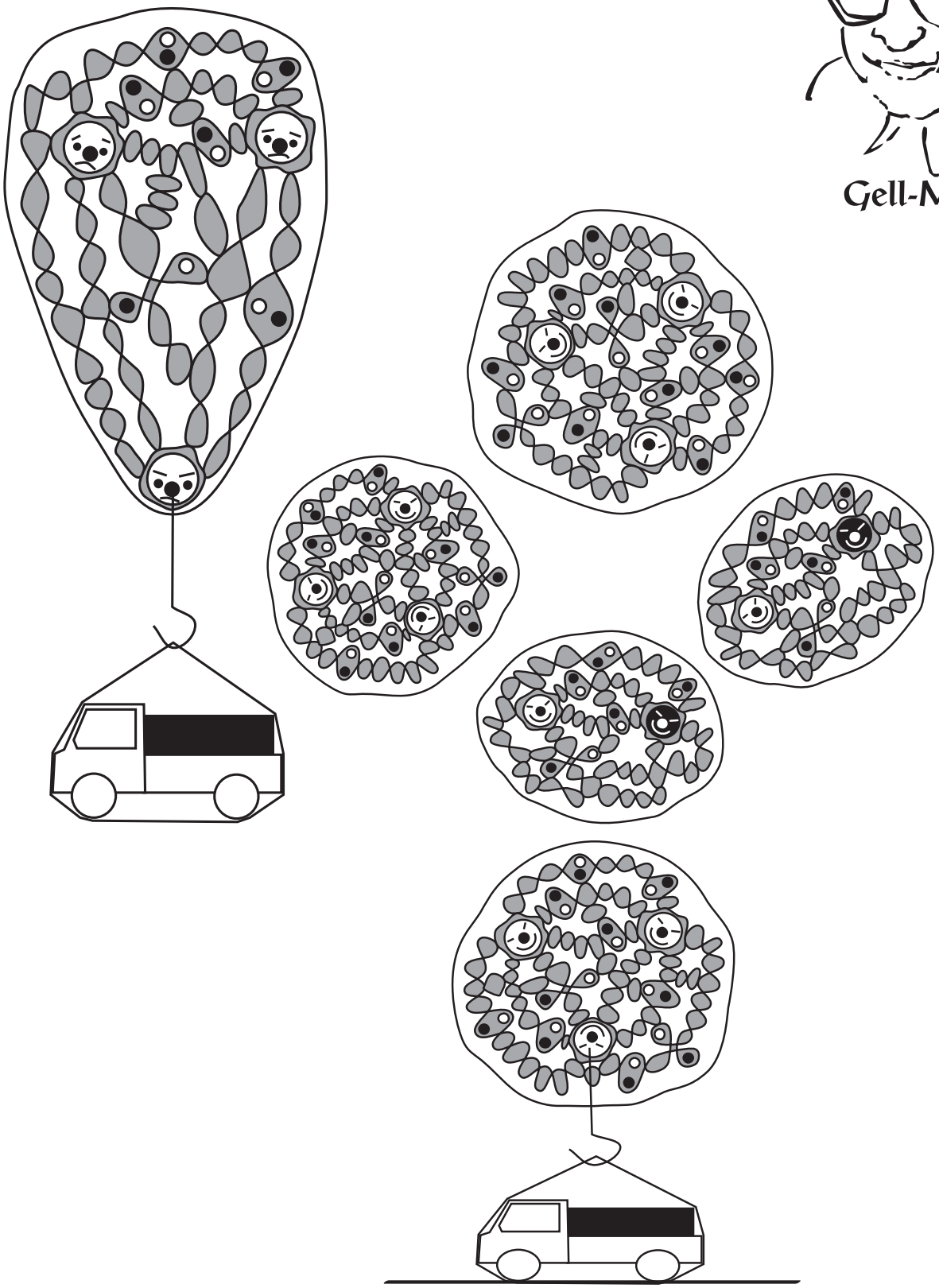




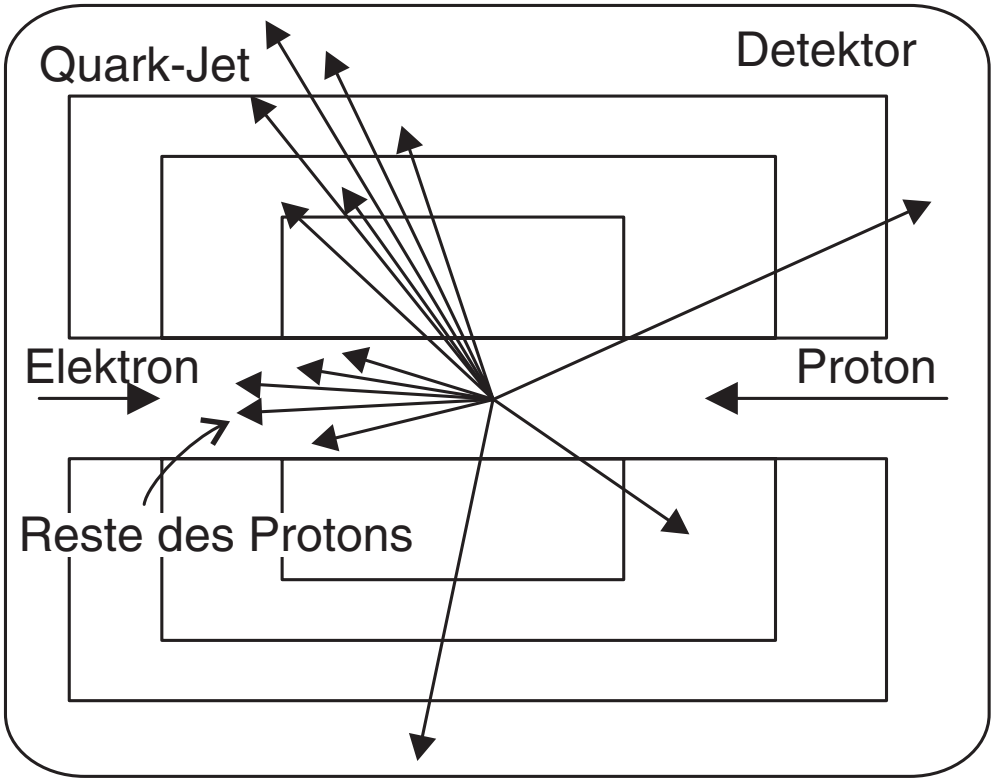


Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

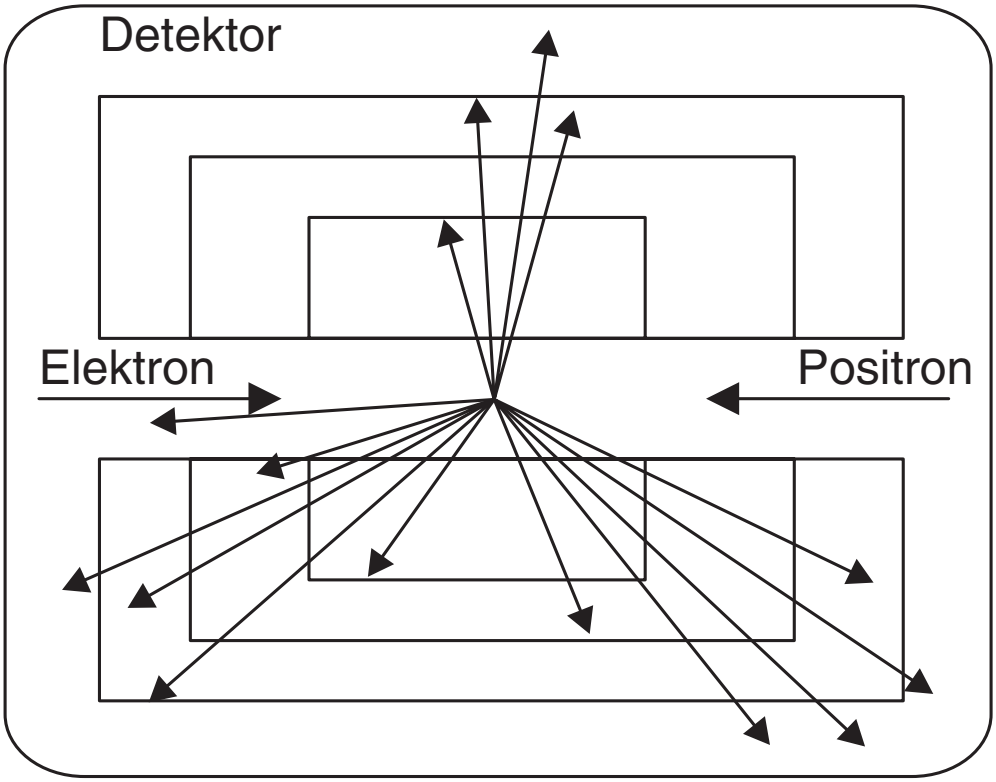
Quarkkraft und Jet-Bildung



Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!



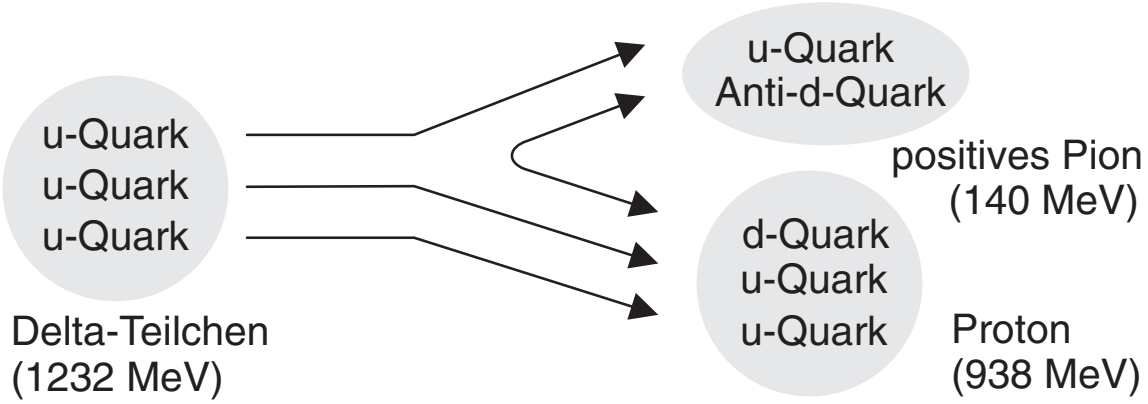
Quark-Jets, HERA, 1993

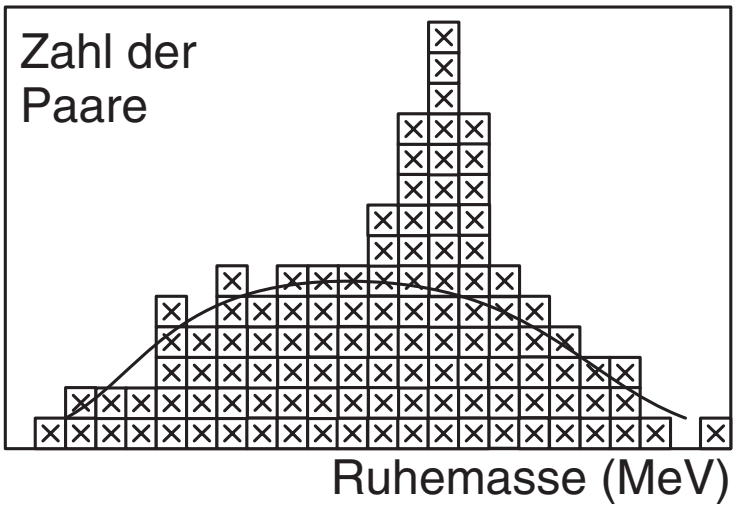


Gluon- und Quark-Jets, PETRA, 1979

Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Das kurzlebige Delta-Teilchen

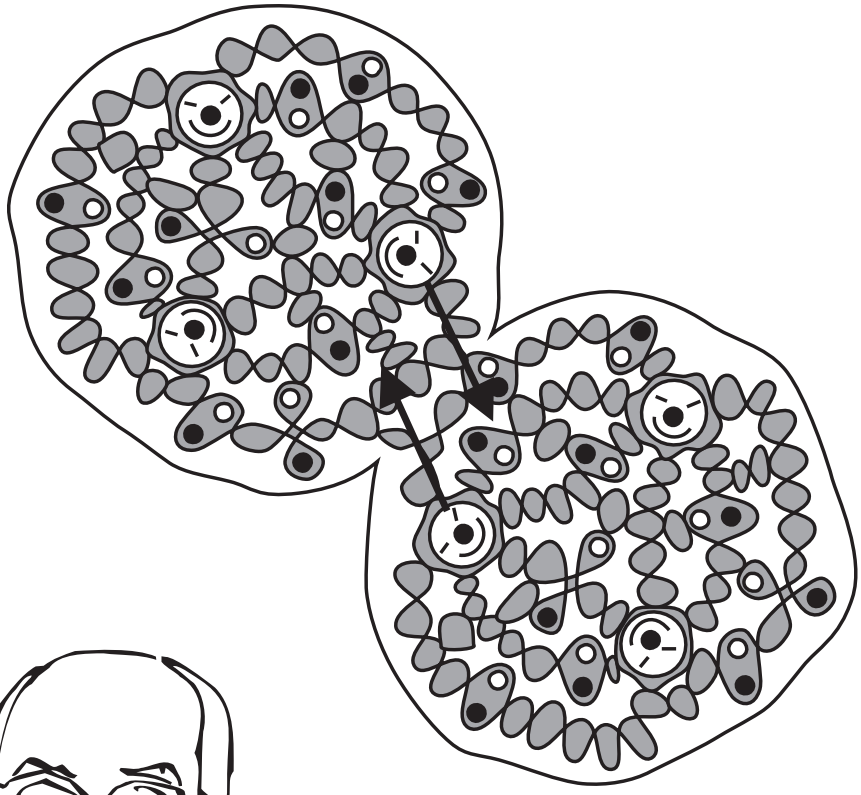




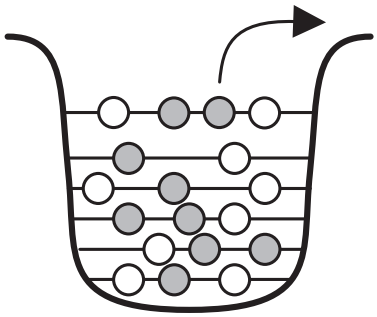
$$\Delta_t \cdot \Delta_E \geqslant h/4\pi$$

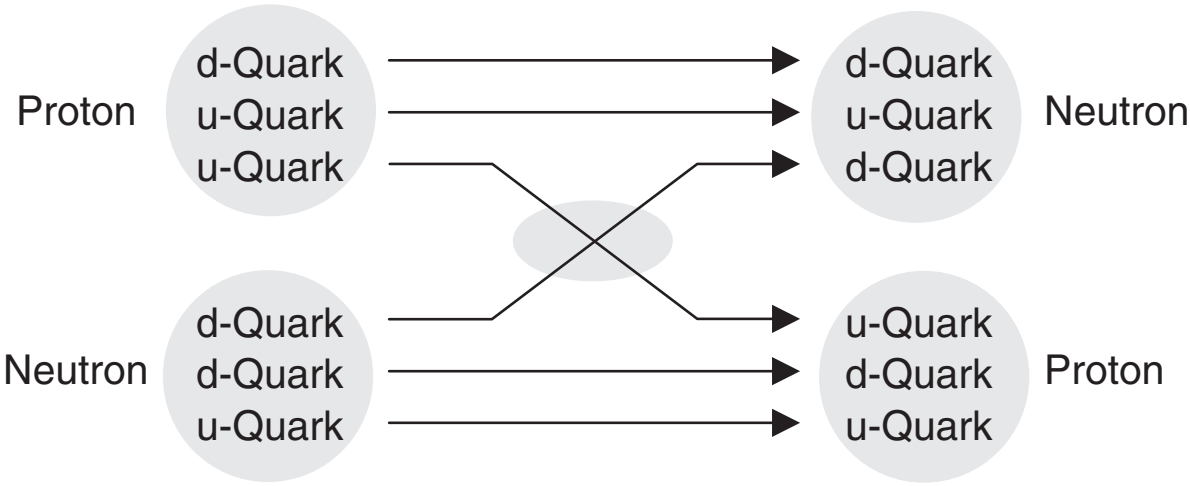
Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Die Erklärung der Kernkräfte



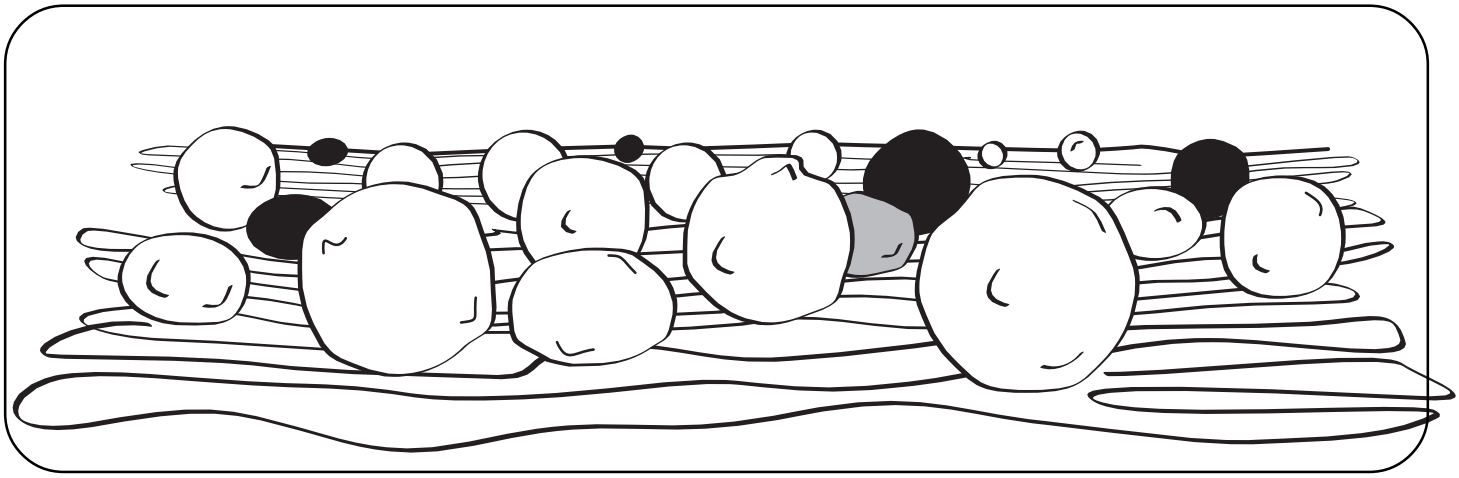
Yukawa





Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Gell-Mann drängelt:
"Los, in die aromatische Grotte!"

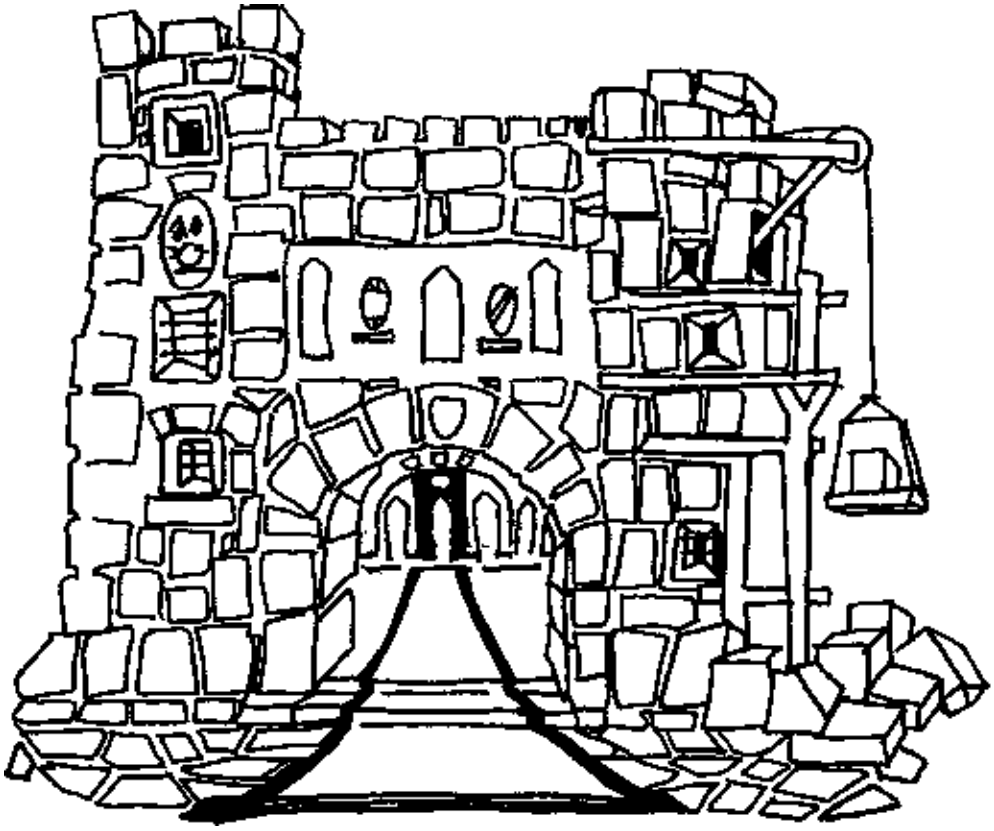


Verbindungen aus u-, d- und s-Quarks (und ihren Antiteilchen), mit ganzzahliger Ladung.

Seltsamkeit						Teilchen:
+1			$u\bar{s}$	$u\bar{s}$		Anti-Kaon
0		$d\bar{u}$	$u\bar{u}$ $d\bar{d}$ $s\bar{s}$	$u\bar{d}$		Pion, Etha
-1		$s\bar{u}$	$s\bar{d}$			Kaon
+3				$\overline{sss}$		Omega-Plus
+2			$\overline{dss}$	$\overline{dss}$		Anti-Xi
+1		$\overline{uus}$	$\overline{uds}$	$\overline{dds}$		Anti-Lambda, Anti-Sigma
0	$\overline{uuu}$	$\overline{uud}$	$\overline{udd}$	$\overline{ddd}$		Anti-Nukleon, Anti-Delta
0		ddd	udd	uud	uuu	Nukleon, Delta
-1		dds	uds	uus		Lambda, Sigma
-2		dss	uss			Xi
-3		sss				Omega-Minus
Ladung:	-2	-1	0	+1	+2	

1964

Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!



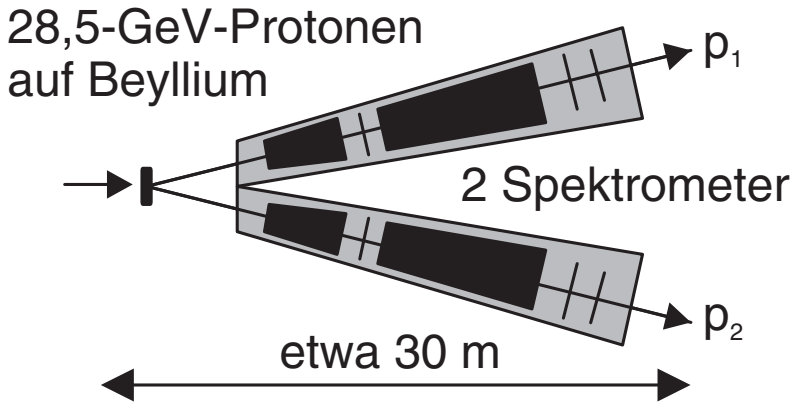
Die QCD-Burg

1970...

und viele mehr!

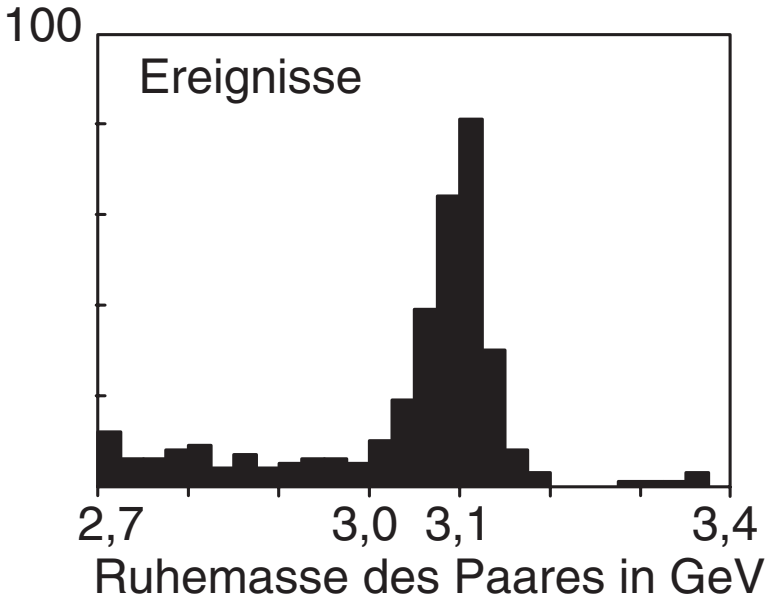
Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

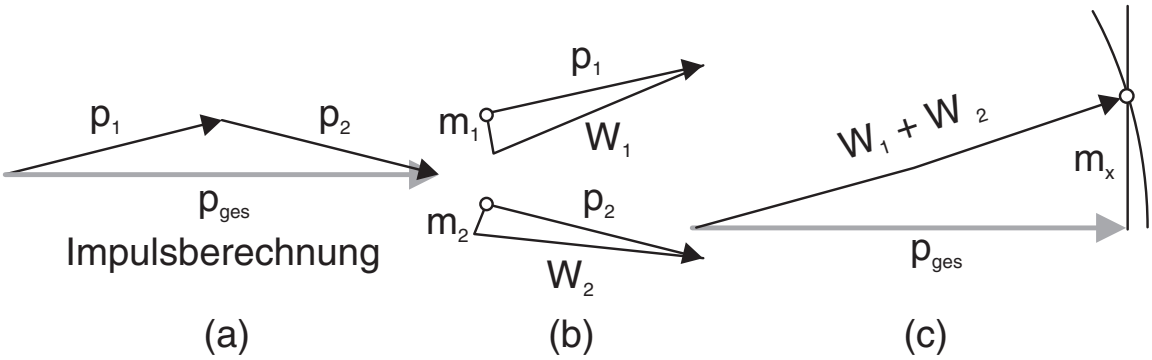
Entdeckung des J/psi-Teilchens: Brookhaven-MIT-Experiment



Ting

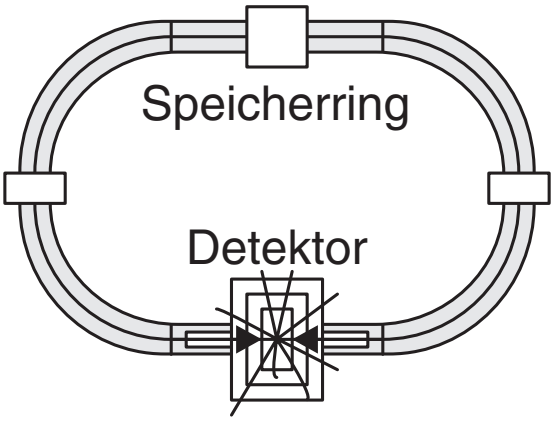
1974





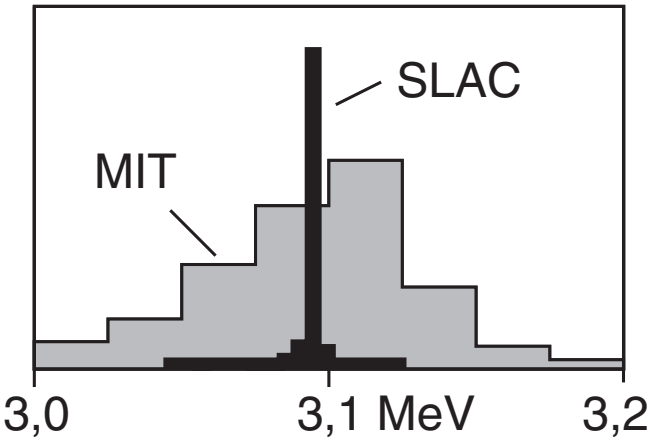
Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

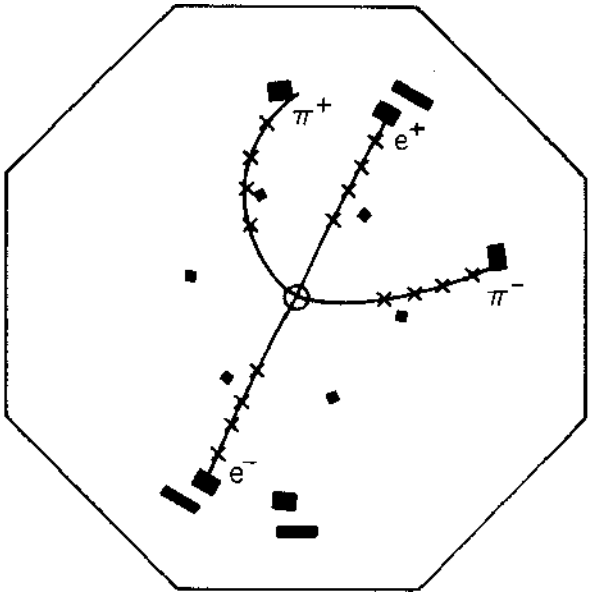
Entdeckung des J/psi-Teilchens: SLAC-Experiment



Richter

1974



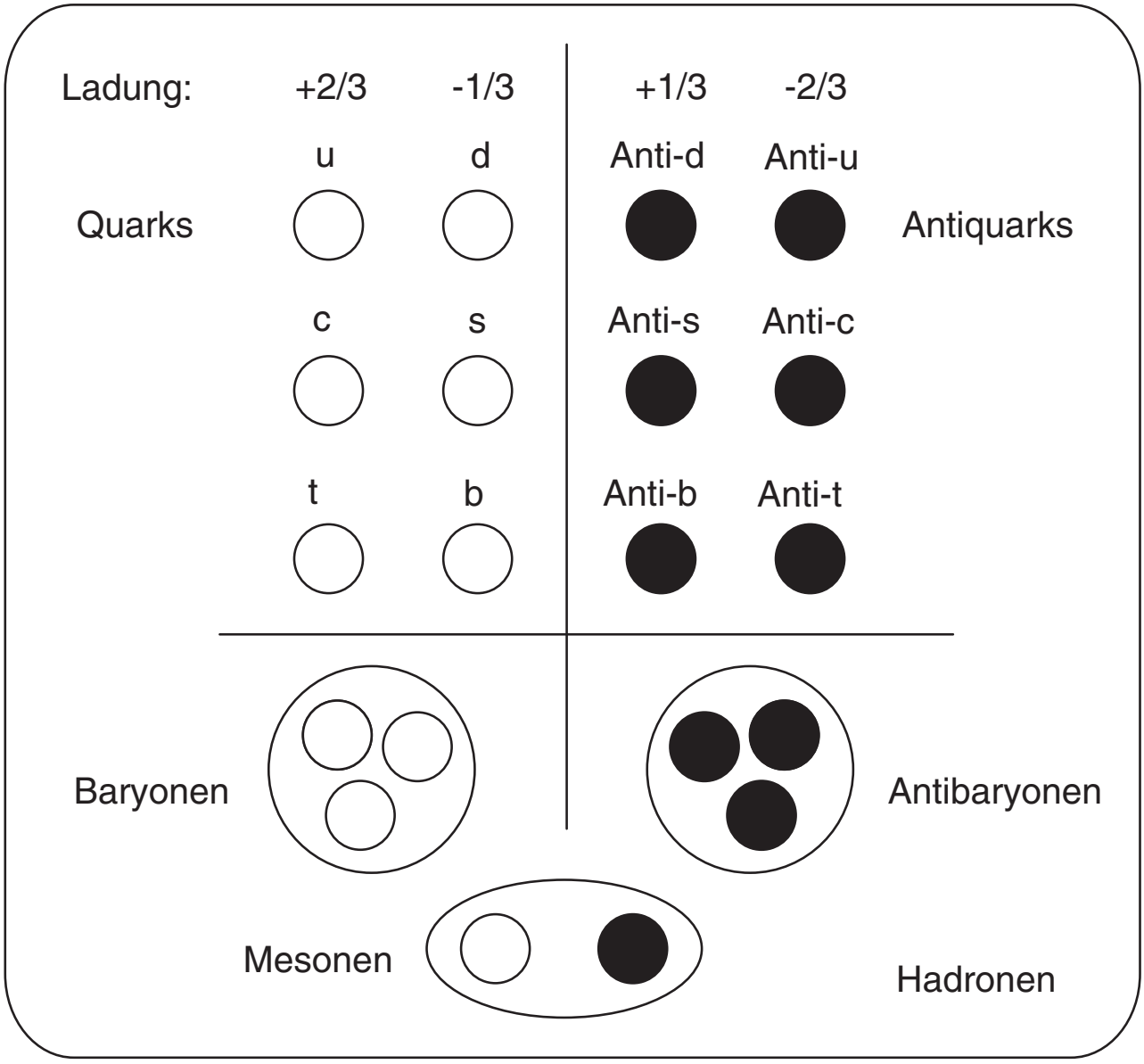


Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Und es geht weiter:

Ypsilon-Teilchen: Fermilab, 1978, b-Quark: DORIS, 1980, t-Quark: TEVATRON, 1995.

Endergebnis:



Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Verbindungen mit c- und b-Quarks:

Mesonen:

Quarks	Name (Masse, MeV)
c + Anti-c	Etha-c (2980)
c + Anti-c	J/Psi (3097)
+ angeregte Zustände	
b + Anti-b	Ypsilon (9460)
+ angeregte Zustände	
c + Anti-d	D(+) (1869)
d + Anti-c	D(-) (1869)
c + Anti-u	D(0) (1865)
u + Anti-c	Anti-D(0) (1865)
+ angeregte Zustände	
u + Anti-b	B(+) (5279)
b + Anti-u	B(-) (5279)
d + Anti-b	B(0) (5280)
b + Anti-d	Anti-B(0) (5280)
s + Anti-b	B-s(0) (5375)
b + Anti-s	Anti-B-s(0) (5375)

Baryonen:

Quarks	Name (Masse, MeV)
u d c	Lambda-c(+) (2285)
u d c	Lambda-c(+) (2625)
u u c	Sigma-c(++) (2455)
u d c	Sigma-c(+) (2454)
d d c	Sigma-c(0) (2452)
u s c	Xi-c(+) (2465)
d s c	Xi-c(0) (2470)
s s c	Omega-c(0) (?)
u d b	Lambda-b(0) (5641)

Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Elektromagnetischer Garten

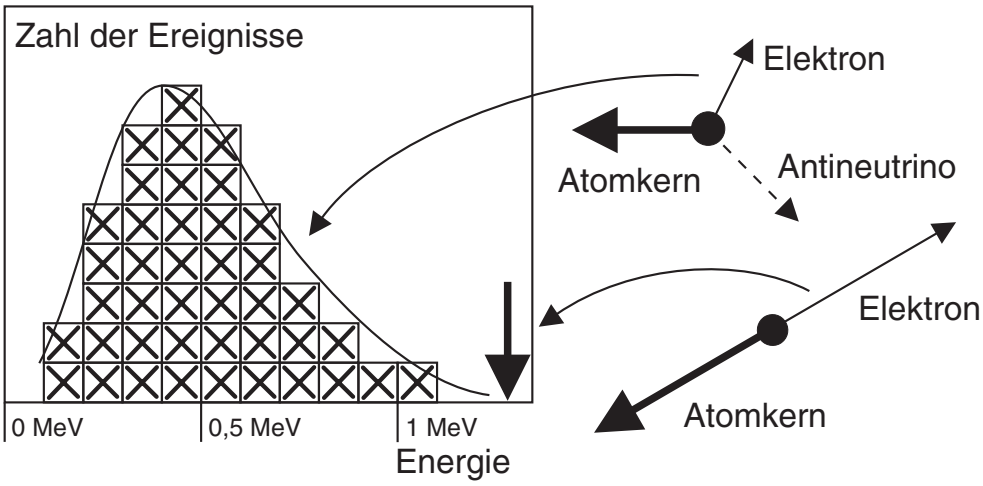
Rückkehr aus dem Quarkrevier,

Tee mit Hofstadter – und dann zurück zum Eingangstor des elektromagnetischen Gartens, mit den beiden Fulleren-Molekülen.

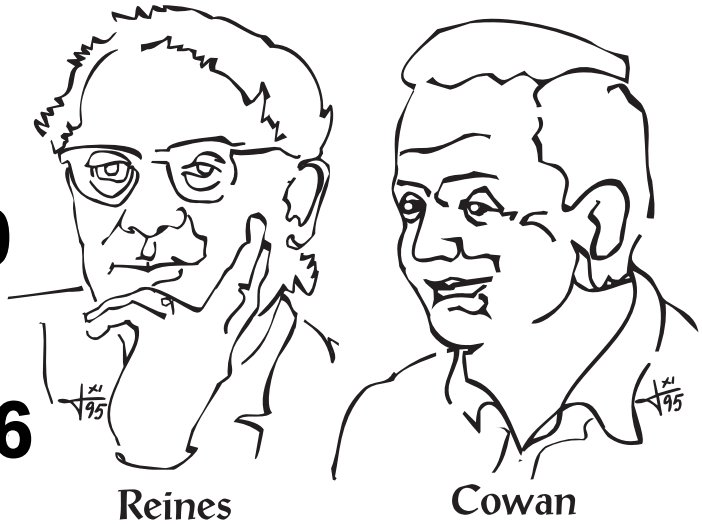
Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Auf der Wiese aller Wechselwirkungen

Betazerfall



Neutrino, 1930



Poltergeist,1956

Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Die Urteilchen (komplett)

Quarks:

u-Quark	+2/3	etwa 5 MeV (ohne Gluonenwolke)*
d-Quark	-1/3	etwa 7 MeV (ohne Gluonenwolke)*
c-Quark	+2/3	etwa 1500 MeV
s-Quark	-1/3	etwa 400 MeV
t-Quark	+2/3	etwa 175 GeV
b-Quark	-1/3	etwa 5 GeV

Leptonen:

Elektron	-1	0,510999
Neutrino-e	0	kleiner als 7 eV
Myon	-1	105,6584 MeV
Neutrino-My	0	kleiner als 270 keV
Tau	-1	1771.1 MeV
Neutrino-Tau	0	kleiner als 24 MeV

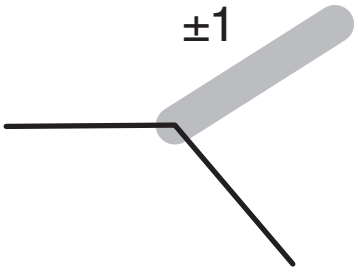
* Wenn man die Gluonen berücksichtigt, die um jedes Quark schwirren, ergeben sich Massen von etwa 200 bis 300 MeV.

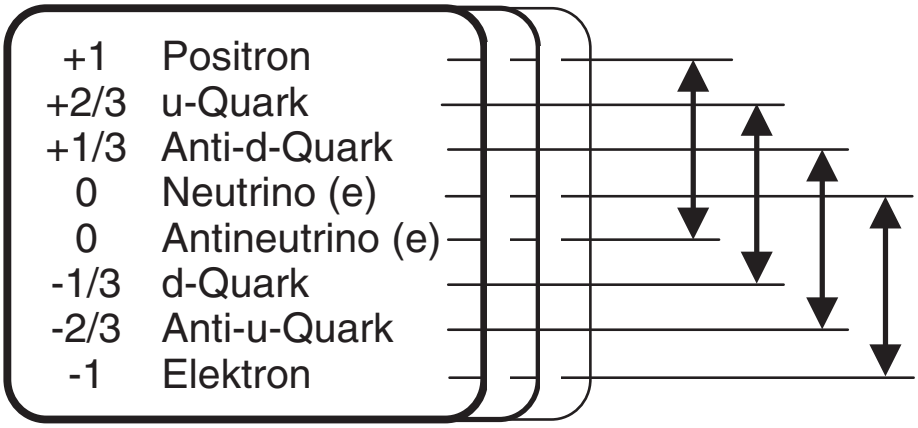
nach ihrer Ladung geordnet:

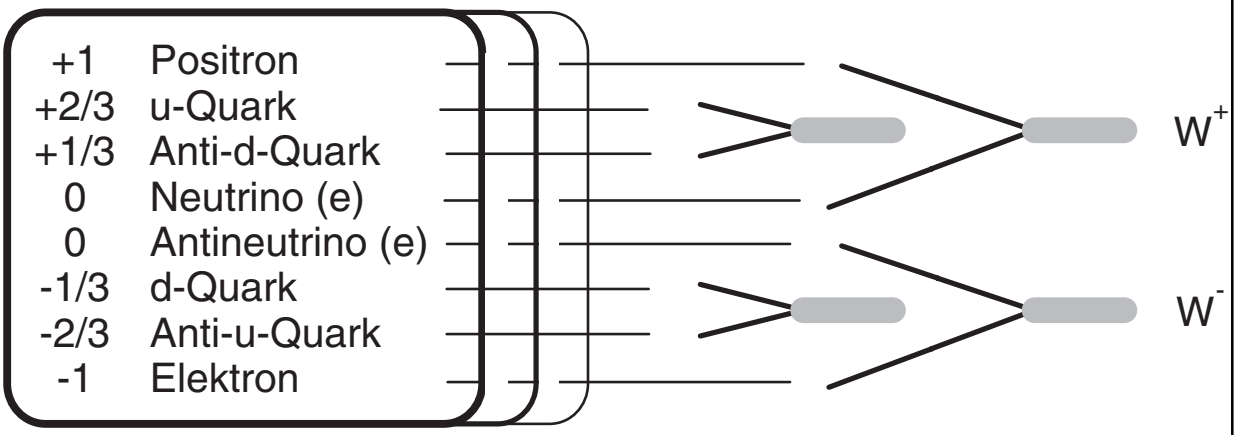
+1	Positron	Antitmyon	Antitau
+2/3	u-Quark	c-Quark	t-Quark
+1/3	Anti-u-Quark	Anti-s-Quark	Anti-b-Quark
0	Neutrino (e)	Neutrino (My)	Neutrino (Tau)
0	Antineutrino (e)	Antineutrino (My)	Antineutrino (Tau)
-1/3	d-Quark	s-Quark	b-Quark
-2/3	Anti-u-Quark	Anti-c-Quark	Anti-t-Quark
-1	Elektron	Myon	Tau

Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Die schwache Kraft







W^+ <——> e^+ + Neutrino

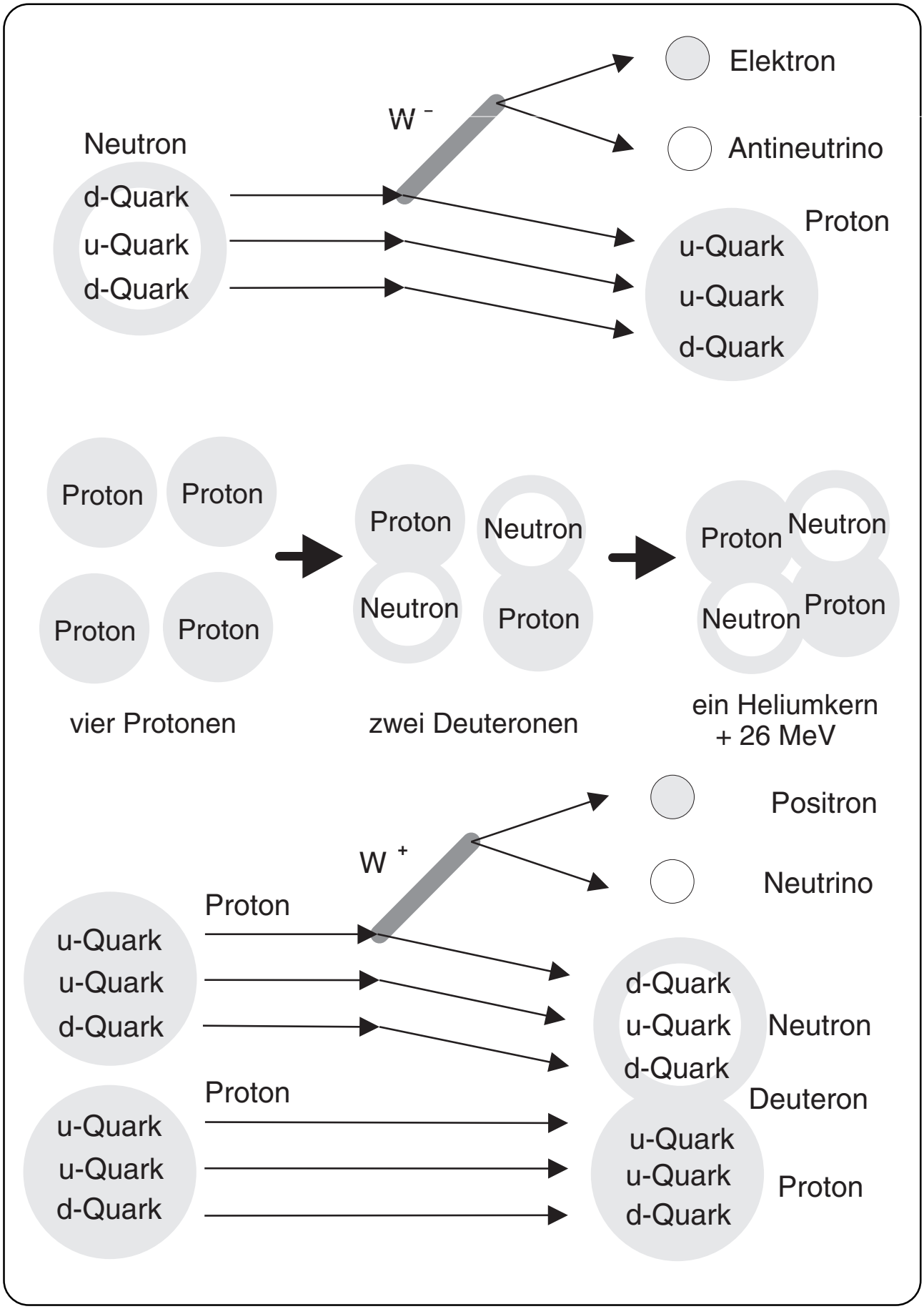
W^+ <——> u-Quark + Anti-d-Quark

W^- <——> e^- + Anti-Neutrino

W^- <——> d-Quark + Anti-u-Quark

Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

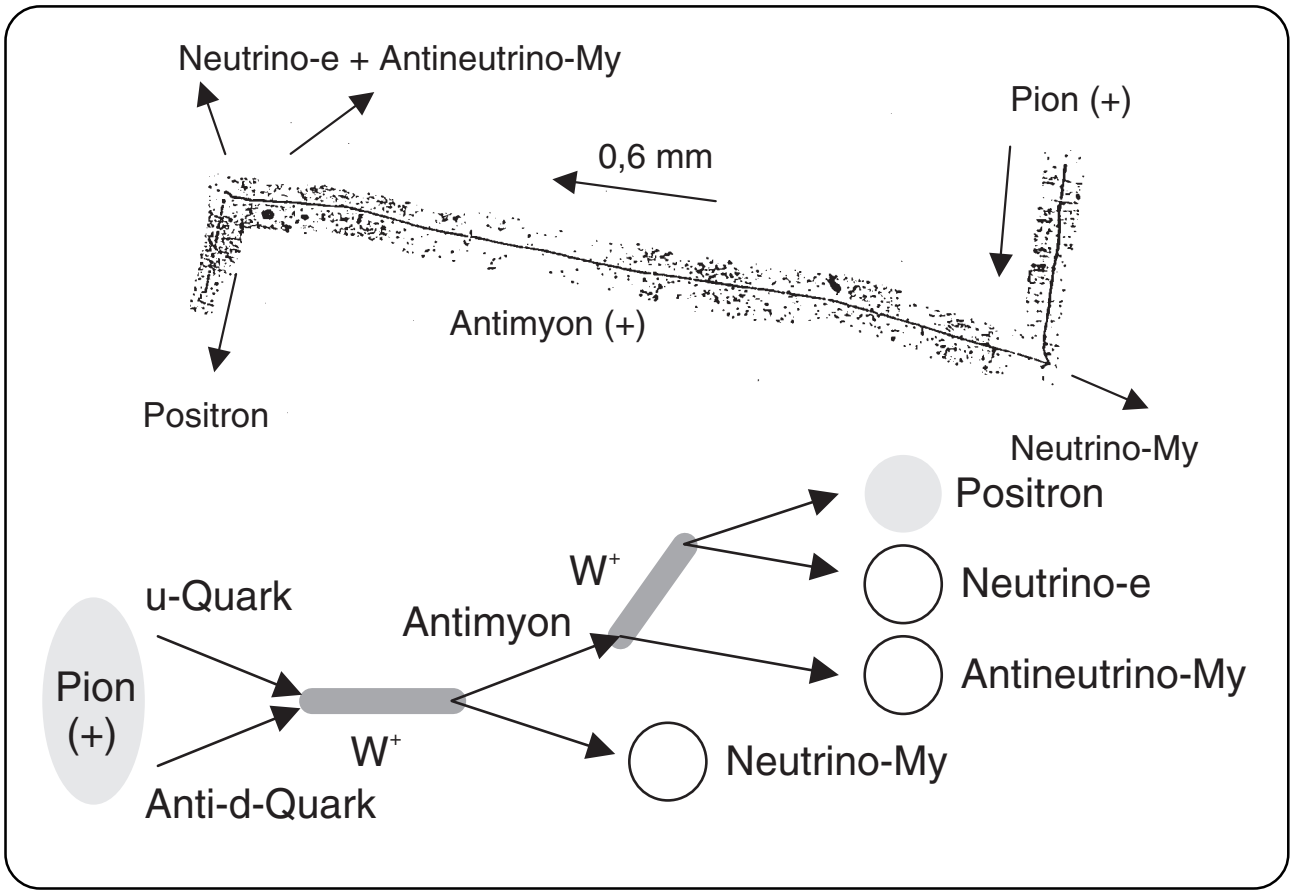
Betazerfall und Sonnenenergie



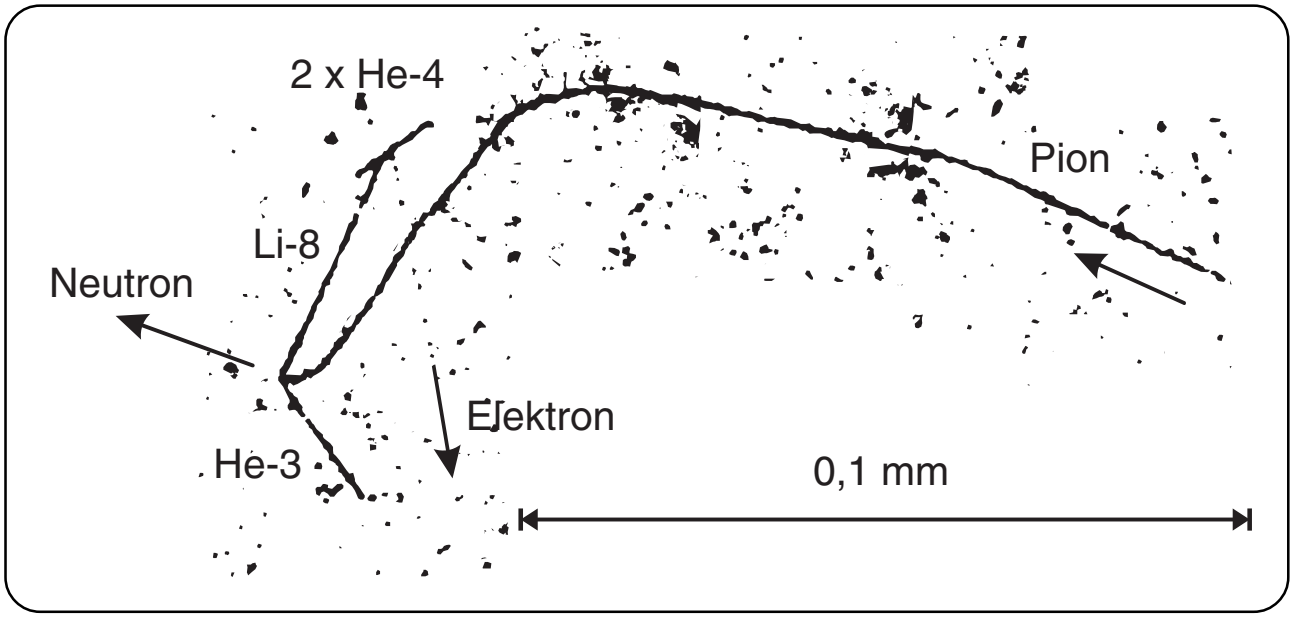
Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Die instabile Welt

Zerfall des positiven Pions:

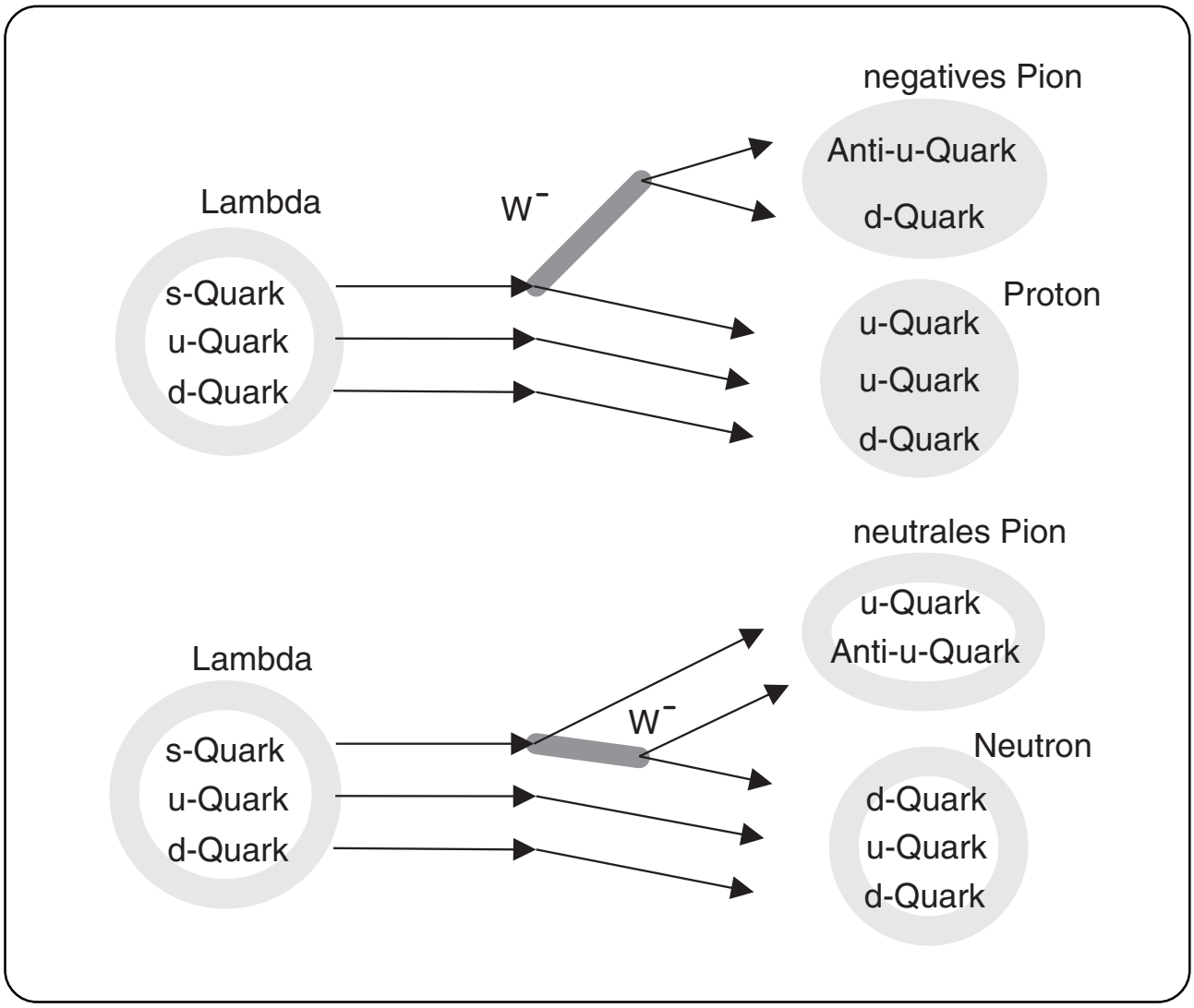


Negatives Pion wird absorbiert:



Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Lambda-Zerfall:

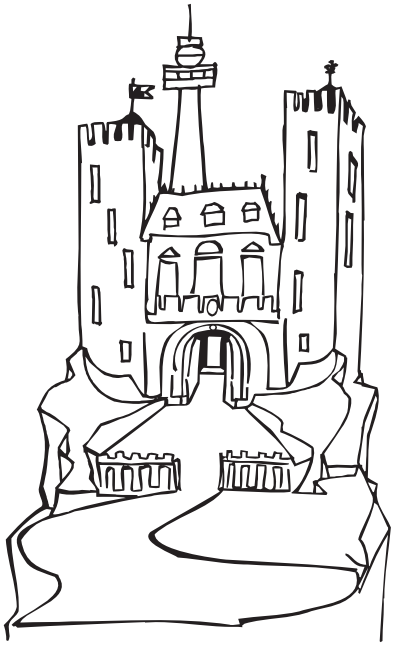


Arbeitsunterlage: Die Massen einiger Teilchen

Teilchen:	Quarkverbindung	Masse in MeV:
Proton	u-u-d	938,272
Neutron	d-d-u	939,566
Delta	u-u-u, u-u-d, u-d-d, d-d-d	1232
Lambda Null	u-d-s	1115,684
Sigma Plus	u-u-s	1189,37
Sigma Minus	d-d-s	1197,44
neutrales Sigma	u-d-s	1192,55
geladenes Pion	u-Anti-d, d-Anti-u	139,570
neutrales Pion	[u-Anti-u + d-Anti-d]	134,976
geladenes Kaon	u-Anti-s, s-Anti-u	493,68
neutrales Kaon Long	[s-Anti-u + d-Anti-s]	497,67
neutrales Kaon Short	[s-Anti-u + d-Anti-s]	497,14

Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Das Schloß der elektro-schwachen Kräfte



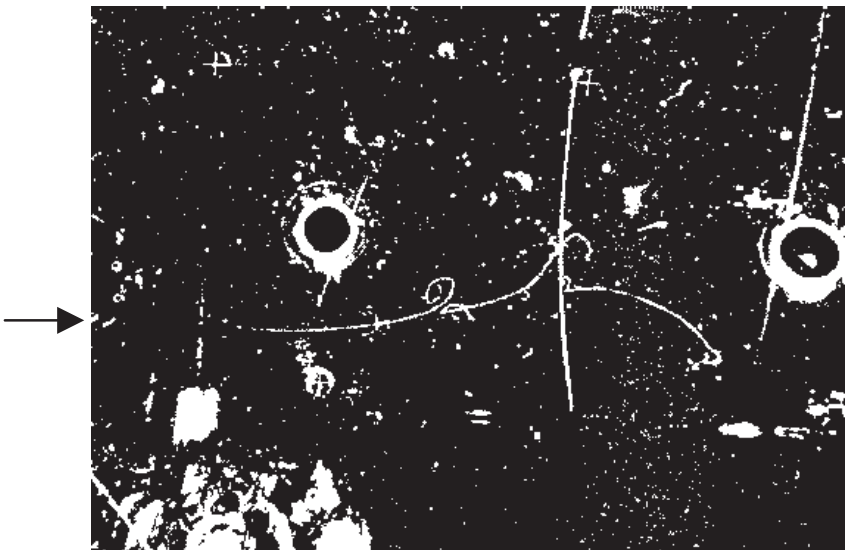
e-m-Kraft:	**Photon** (m = 0)
schwache Kraft:	**W-plus**-Teilchen
	W-minus-Teilchen
	Z-null-Teilchen (?)

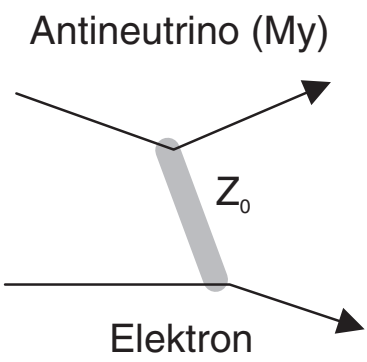
W und Z sind so schwer wie Eisenatome!

Besondere Regeln:
Leptonenzahlerhaltung!
Generationenwechsel nur durch W!

Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

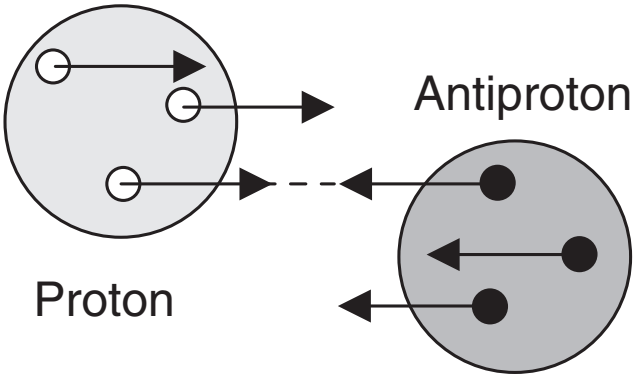
Die Träger der schwachen Kräfte





1973

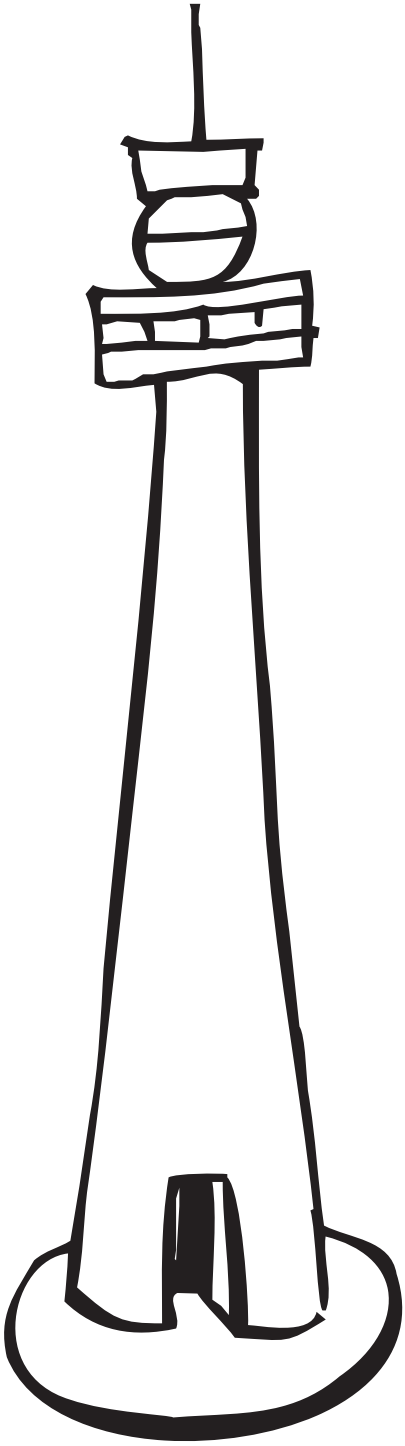
u + Anti-u —> Z_0
d + Anti-d —> Z_0
u + Anti-d —> W^+
d + Anti-u —> W^-



1983

W^+ —> Positron + Neutrino
W^+ —> Antimyon + Neutrino
W^- —> Elektron + Antineutrino
W^- —> Myon + Antineutrino
Z_0 —> Elektron + Positron
Z_0 —> Myon + Antimyon

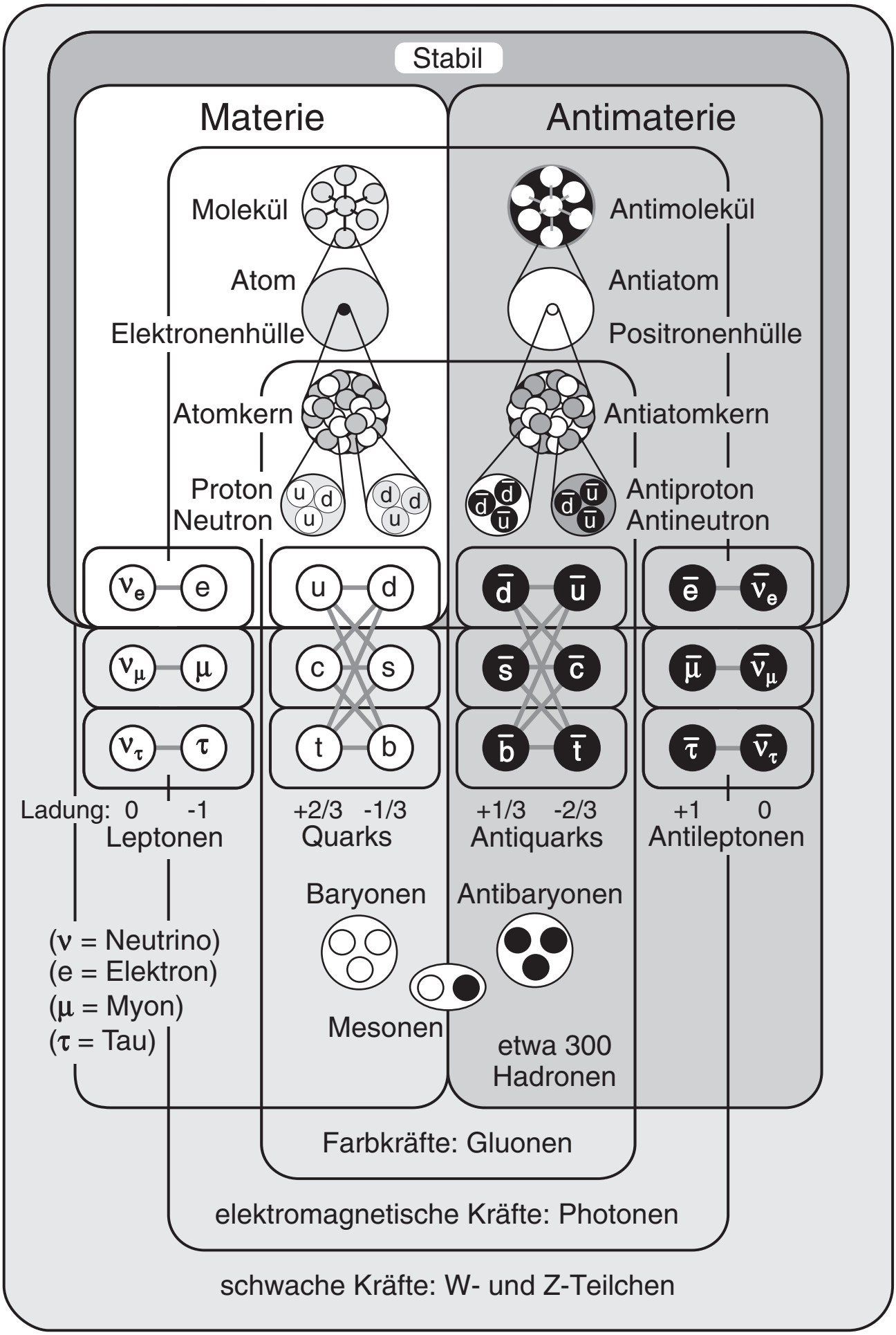
Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!



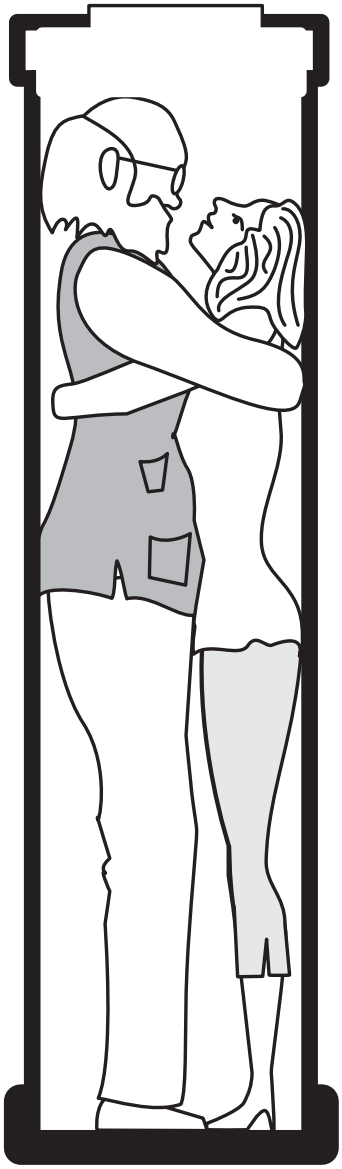
Fermi

Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Der Überblick



Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!



Abschied vom Teilchenzoo

Auf der Reise wird der Bordcomputer beauftragt, eine chronologische Zusammenstellung des Erlebten anzufertigen

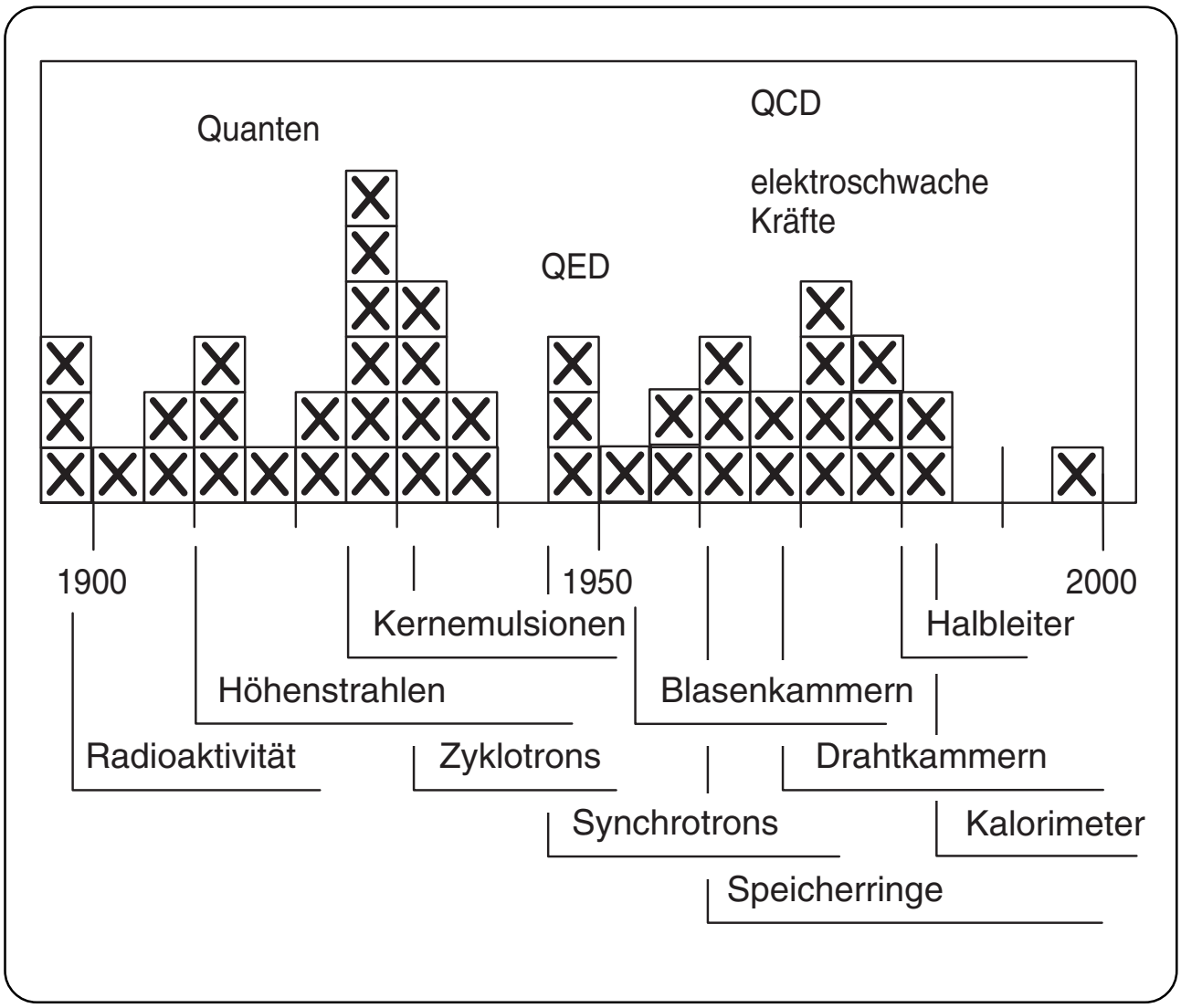
Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Chronologie

1895	Die geheimnisvollen **X-Strahlen** (Röntgen)
1896	Entdeckung der **Radioaktivität** (Becquerel)
1897	**Elektronen** als Teilchen identifiziert (J. J. Thomson)
1900	Wärmestrahlen als **Wirkungsquanten** (Planck)
1905	Die **spezielle Relativitätstheorie** (Einstein)
1905	Licht als Quanten: **Photonen** (Einstein)
1911	Entdeckung des **Atomkern**s (Rutherford)
1913	Die **Elektronenladung,** Tröpfchenexperiment (Millikan)
1913	Das **Bohrsche Atommodell** (Bohr)
1915	Die **allgemeine Relativitätstheorie** (Einstein)
1920	**Proton** und **Neutron** werden vorgeschlagen (Rutherford)
1923	Vorschlag der **Wellennatur der Elektronen** (de Broglie)
1925	**Spin 1/2 der Elektronen** (Goudsmit, Uhlenbeck)
1925	**Paulis Exklusionsprinzip** (Pauli)
1926	Nicht relativistische **Wellengleichung** (Schrödinger)
1927	**Wellennatur der Elektronen** bestätigt (Davisson, Germer)
1927	**Quantentheorie und Unbestimmtheit** (Heisenberg)
1928	Relativistische **Wellengleichung: Antielektronen** (Dirac)
1930	Vorschlag der **Neutrinos** (Pauli)
1932	Entdeckung der **Neutronen** (Chadwick)
1932	Entdeckung der **Positronen** (Anderson)
1934	Erste Theorie der **schwachen Kräfte** (Fermi)
1935	Theorie der **Kernkräfte** durch Pionenaustausch (Yukawa)
1936	Beobachtung der **Myonen** (Anderson, Neddermeyer)
1947	Identifizierung des **Pi-Mesons** (Powell, Bristol-Gruppe)
1948	Entwicklung der **QED** (Schwinger, Tomonaga, Feynman)
1948	Entdeckung **sonderbarer Teilchen** (Höhenstrahlung)
1953	**Größe des Protons** (Hofstadter)
1956	Erste Beobachtung der **Neutrinos** (Cowan, Reines)
1957	Vorschlag zur **Nichterhaltung der Parität** (Yang, Lee)
1962	Existenz von **zwei Neutrinos** (Lederman, Schwartz, Steinberger)
1964	Vorschlag der **Quarks** (Gell-Mann, Zweig)
1964	**Omega-Minus** entdeckt (Brookhaven)
1968	**Partonen** im Proton (SLAC-MIT-Experiment)
1968	Die **elektroschwachen Kräfte** (Glashow, Salam, Weinberg)
1970	Entwicklung der **QCD, Farbladungen** (Gell-Mann, Fritzsch)
1973	Einführung der **Gluonen** (Gell-Mann, Fritzsch, Leutwyler)
1973	Beobachtung der ersten **Z_0-Wechselwirkung** (CERN/Aachen)
1974	Entdeckung des **J/Psi-Teichens** (Richter, Ting)
1975	Entdeckung des **Tau-Leptons** (SLAC, Perl)
1978	Entdeckung des **Ypsilon-Teilchens** (TEVATRON, Ledermann)
1979	Existenz der **Gluonen** bestätigt (PETRA)
1980	Identifizierung des **b-Quarks** (DORIS)
1983	Beobachtung reeller **W- und Z-Teilchen** (CERN, Rubbia)
1995	Entdeckungh des **t-Quarks** (TEVATRON)

Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Chronologie (Grafik)
mit einigen Experimetiertechniken



Barbara macht große Augen:

17. Okt.
17:50

Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!

Fahrplan (Besuch im Teilchenzoo)

Zeit:	**Ort der Handlung** und **ANWESENDE** (außer Barbara und Pedro)
Tag 0:	(Teil 1: Begegnung und Empfang)
17:00	In **Pedros Arbeitszimmer** - bei DESY in Hamburg
Tag 1:	
15:00	**Rundgang durch DESY und HERA**
16:30	Im **DESY-Foyer**
17:00	In **Pedros Arbeitszimmer**
17:30	Im **Space-Shuttle**
18:00	Im **Empfangssaal des Zoos: GALILEO**
18:15	Im **Konferenzraum,** mit **NEWTON, HELMHOLTZ, MAXWELL**
18:45	**Am Weg** zum elektromagnetischen Garten: **MAXWELL**
	(Teil 2: Im elektromagnetischen Garten)
19:00	Im **paradiesischen Garten**
19:45	Im **Pavillon der Elektronen: THOMSON**
20:10	Im **Beschleuniger-Kabinett: WIDERÖE**
20:20	Im **Pavillon der Elektronen: THOMSON**
20:30	Auf der **Lichtung des Goldatoms: RUTHERORD**
21:00	In der **Detektorhalle: CHARPAK**
	(Teil 3: Von Quanten und andere Teilchen)
21:20	Auf der **Lichtung des Goldatoms**
21:30	Im **Quanten-Rondell**: **PLANCK, EINSTEIN, DE BROGLIE, BOHR, PAULI, HEISENBERG, SCHRÖDINGER, DIRAC.**
22:00	Auf der **Lichtung des Uranatoms: FEYNMAN**
22:30	Im **Festsaal des QED-Palastes**, mit der **QUANTEN-ELITE**
24:00	Am **Baum der Erkenntnis**
Tag 2:	(Teil 4: Das Revier der wilden Quarks)
09:00	**Am Weg** zum Quarkrevier**: HOFSTADTER**
09:30	Im **Inneren des Protons: GELL-MANN**
10:30	In der **u-d-Halle: GELL-MANN**
11:30	In der **aromatischen Grotte: GELL-MANN**
12:00	Im der **Gaststätte der QCD-Burg**, mit **QCD-EXPERTEN**
14:30	Wieder in der **aromatischen Grotte: GELL-MANN**
15:55	Zurück zum e-m-Garten, zum Tor**: HOFSTADTER**
	(Teil 5: Auf der Wiese aller Wechselwirkungen)
15:00	In **Fermis Häuschen: FERMI**
17:00	Im **elektroschwachen Schloß**, mit **GLASHOW, WEINBERG, SALAM**
20:00	Im **Fernsehturm-Restaurant,** Überblick!**: FERMI**
21:30	Abschied im Classic-Club, **Space-Shuttle,** Chronologie, Plot.
Tag 1:	
17:50	In **Pedros Arbeitszimmer**.

Aus dem Buch von Pedro Waloschek: "Besuch im Teilchenzoo". Nur für den persönlichen Gebrauch im Unterricht! ©Rowohlt Verlag 1996 und ©Jutta Waloschek 1996 beachten!