

Zusammenfassung v10 vom 04. Juni 2013

Reale Stromquellen besitzen einen Innenwiderstand, der mit Hilfe eines Ersatzschaltbilds berücksichtigt wird: die reale Stromquelle wird durch eine ideale Stromquelle (ohne Widerstand) plus Innenwiderstand R_I ersetzt. Die Leistungsoptimierung eines Stromkreises aus realer Stromquelle und ohm'schen Verbraucher R wurde diskutiert, die Leistung wird für $R = R_I$ maximal.

Kondensatorentladung Eine Kapazität C werde über einen Widerstand R entladen. Ladung, Spannung und Strom folgen Exponentialgesetzen:

$$Q(t) = Q_0 \cdot \exp(-t/(RC)) \quad (45)$$

$$U(t) = U_0 \cdot \exp(-t/(RC)) \quad (46)$$

$$I(t) = I_0 \cdot \exp(-t/(RC)), \quad (47)$$

wobei $I_0 = Q_0/(RC)$ der Anfangsstrom ist. Das Produkt $\tau = RC$ wird als Zeitkonstante des RC-Kreises bezeichnet.

Stromtransport in Leitern wird durch die Driftgeschwindigkeit beschrieben, die sich aus einem einfachen Modell ableiten lässt. Als gute Näherung gilt, dass in Metallen 1 Elektron pro Gitteratom für die elektrische Leitung zur Verfügung steht. Dies Modell lässt sich zur erfolgreichen *Elektronengastheorie* ausbauen. Die Ladungsträgerdichte ist

$$n = N/V = N_A/(m_{mol}/\rho), \quad (48)$$

womit sich die Stromdichte ausdrücken lässt als $j = I/A = -nev_D$. Es folgt $v_D = I/(Ane)$, A ist der Leiterquerschnitt.

Es zeigt sich, dass die Driftgeschwindigkeiten von Elektronen in typischen Metalldrähten sehr klein sind (einige m/h).

Die elektrische Leitfähigkeit als Funktion der Temperatur wird anhand einer Graphik diskutiert [Gerthsen]. Der abnehmende Widerstand von Leitern wird erklärt durch die abnehmende Streuung der Elektronen an Gitterschwingungen, bis bei $T \rightarrow 0$ noch die Streuung an Gitterfehlstellen übrig bleibt. Bei Halbleitern ist steigt die Leitfähigkeit mit der Temperatur, weil die thermische Energie benötigt wird, um freie Leitungselektronen zu bekommen. Das Verhältnis von elektrischer zu thermischer Leitfähigkeit folgt dem Wiedemann-Franz'schen Gesetz.

Supraleitung bezeichnet den plötzlichen Abfall des Widerstands von einigen Materialien auf $R = 0$ bei der so genannten Sprungtemperatur T_c . Zur Erklärung dient die BCS-Theorie (Bardeen, Cooper, Schriffer 1957), wonach unter günstigen Umständen die Elektronen mit Hilfe von Phononen (Gitterschwingungen) zu *Cooper-Paaren* koppeln können, die Spin Null besitzen und sich alle im gleichen Energiezustand befinden und kohärent ohne Verlust durch den Leiter bewegen.

Lichtelektrischer Effekt bezeichnet die Absorption von Photonen mit genügend Energie ($E = h \cdot \nu$) und Auslösung von Elektronen aus geeigneten Materialien. Der Effekt bzw. seine Umkehrung wird in Lichtsensoren aller Art und in LED verwendet.

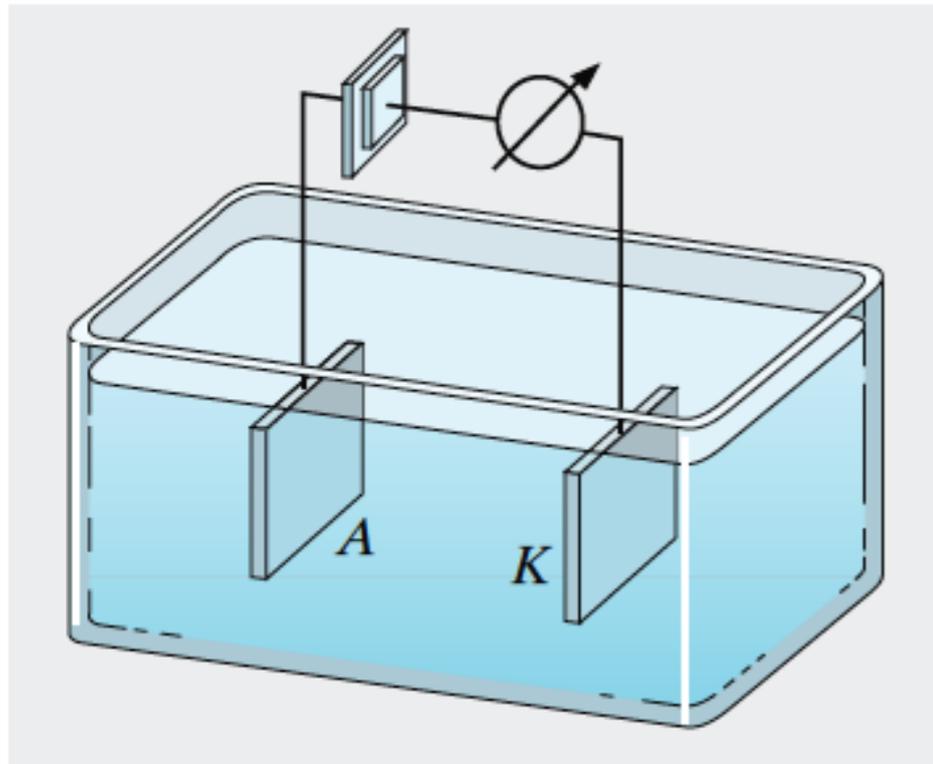


Abb. 6.78. Stromdurchgang durch eine elektrolytische Lösung

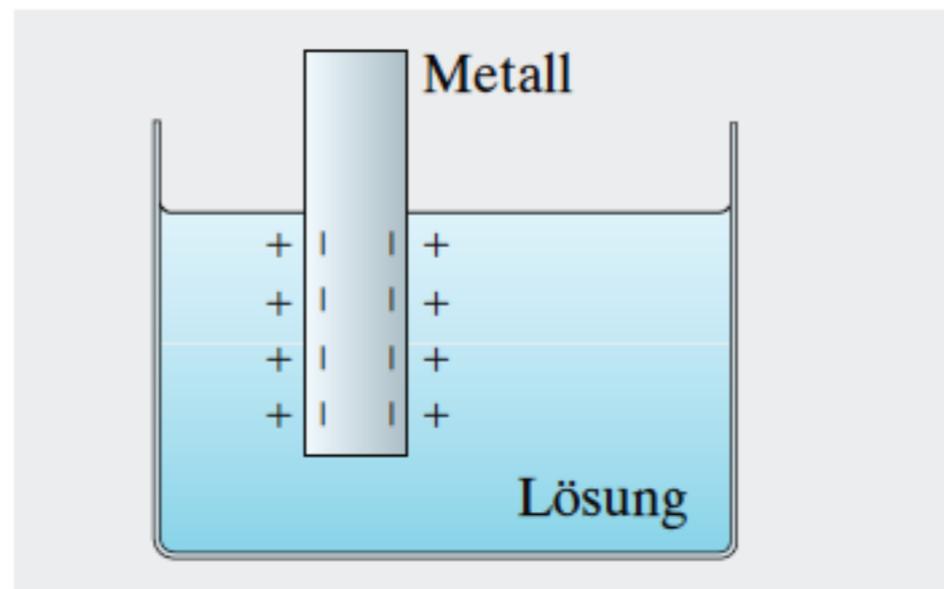


Abb. 6.87. Aus einem Metall treten so viele Ionen in das Lösungsmittel, bis das Feld der entstehenden Doppelschicht den weiteren Austritt verhindert

Tabelle 6.7. Spannungsreihe einiger chemischer Elemente und ihre Normalspannungen gegen die Normal-Wasserstoffelektrode (Konzentration der Elektrolytlösungen: 1 mol Ionen/l)

Elektrode	U/V
Li	-3,02
K	-2,92
Na	-2,71
Mg	-2,35
Zn	-0,762
Fe	-0,44
Cd	-0,402
Ni	-0,25
Pb	-0,126
H ₂	0
Cu	+0,345
Ag	+0,80
Hg	+0,86
Au	+1,5

Batterie

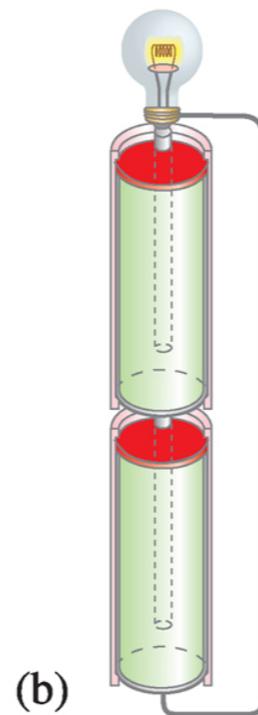
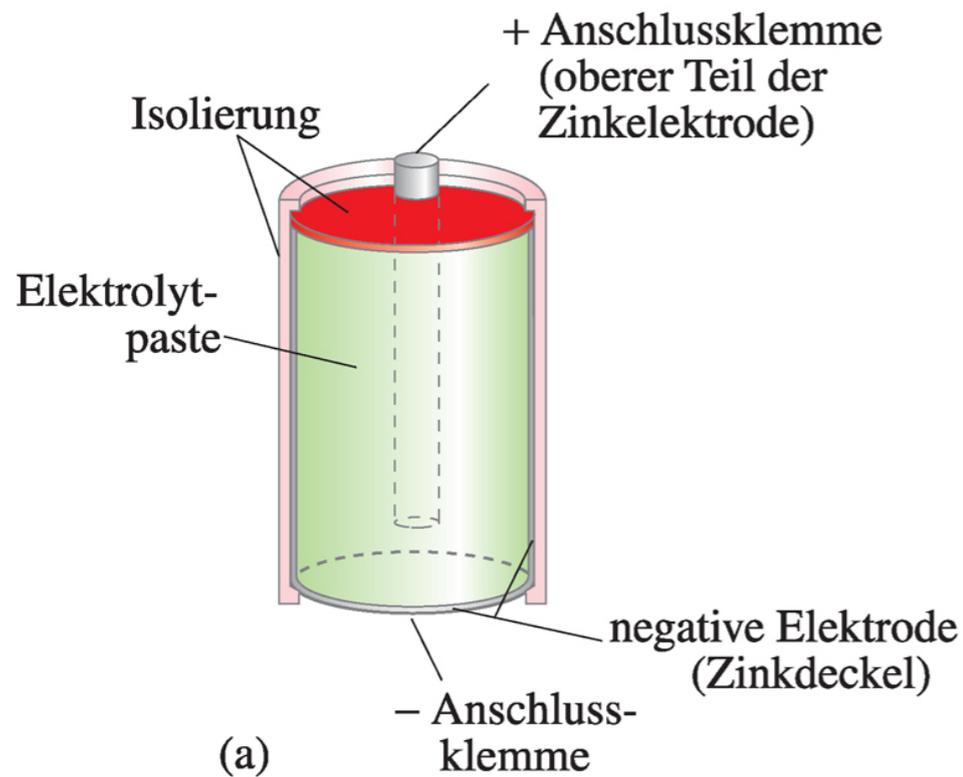
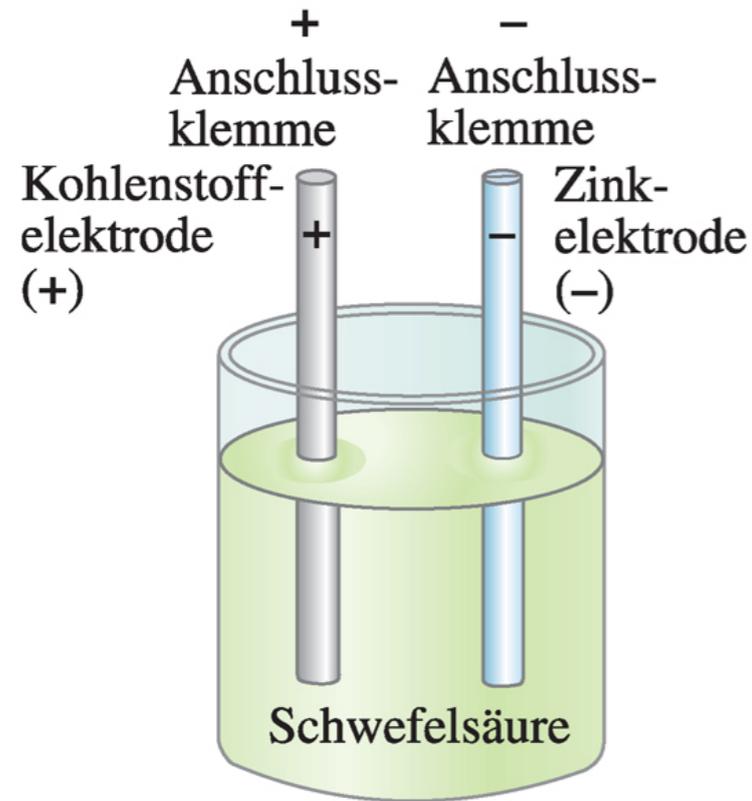
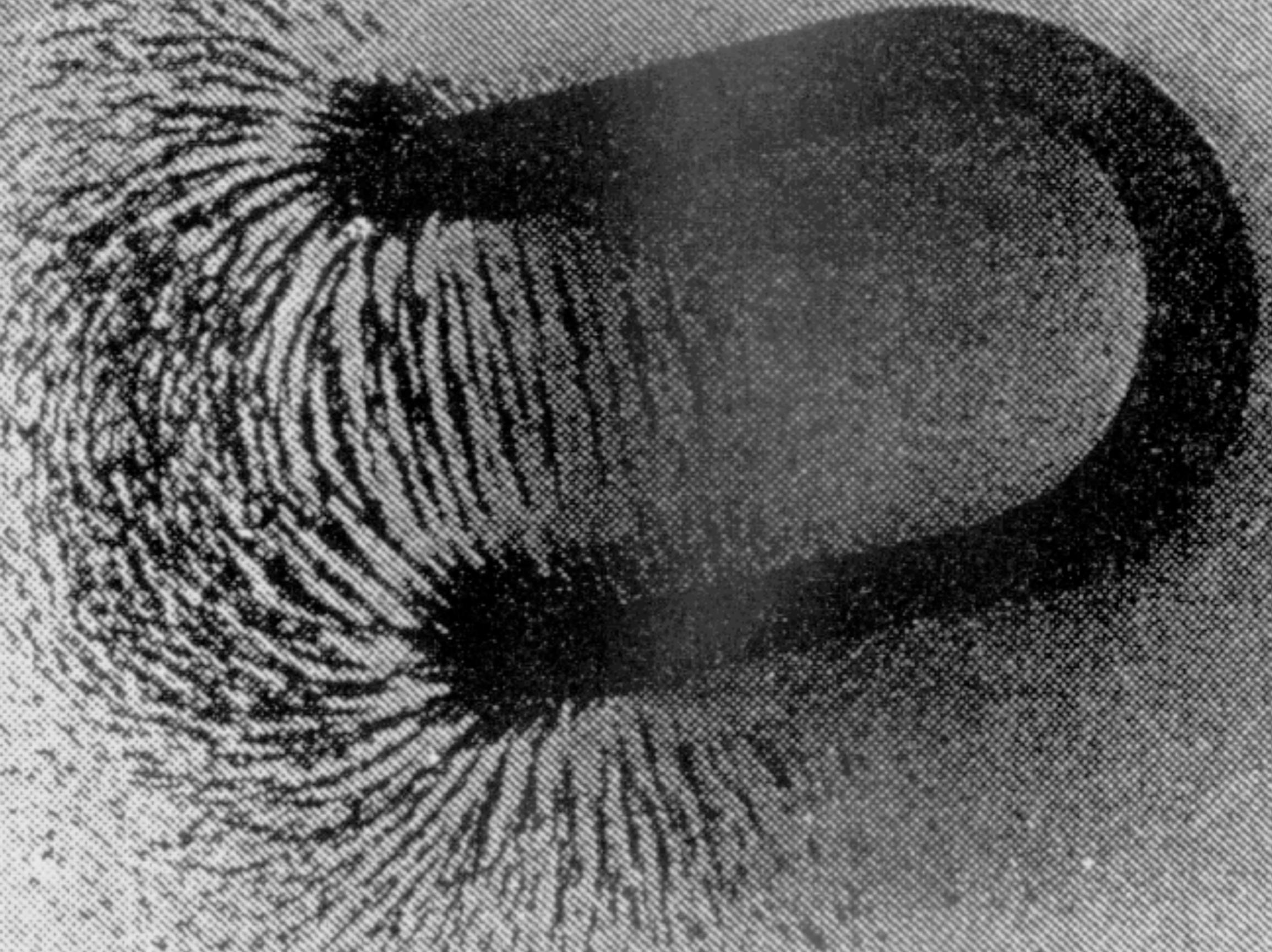


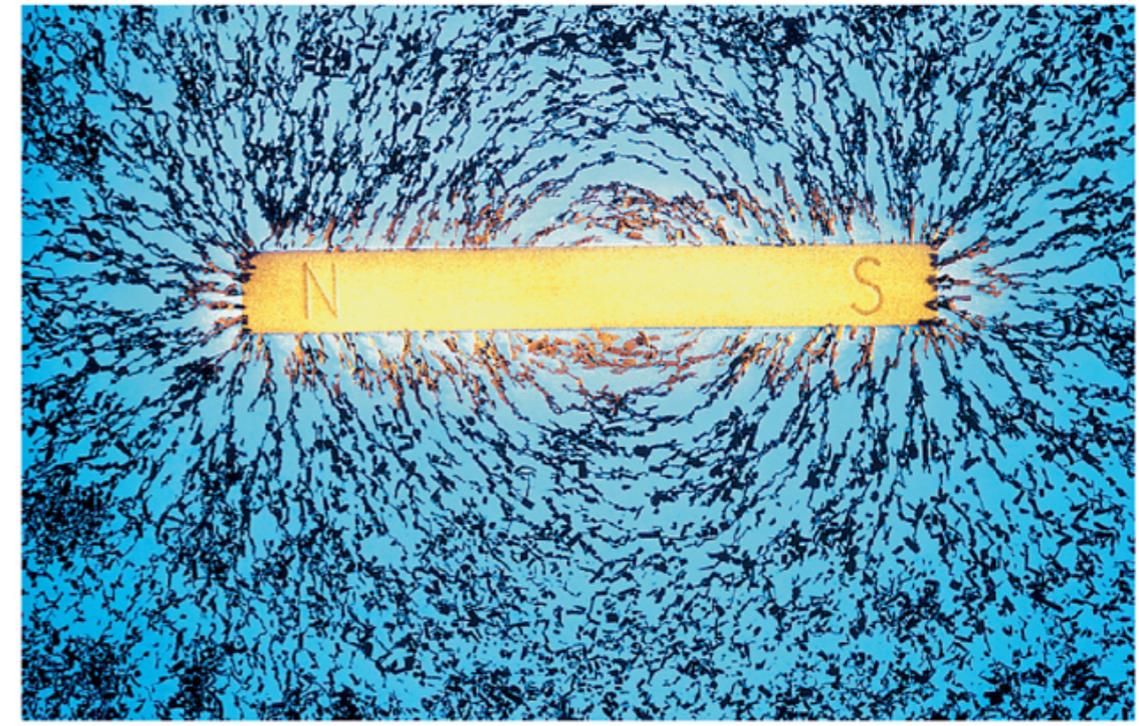
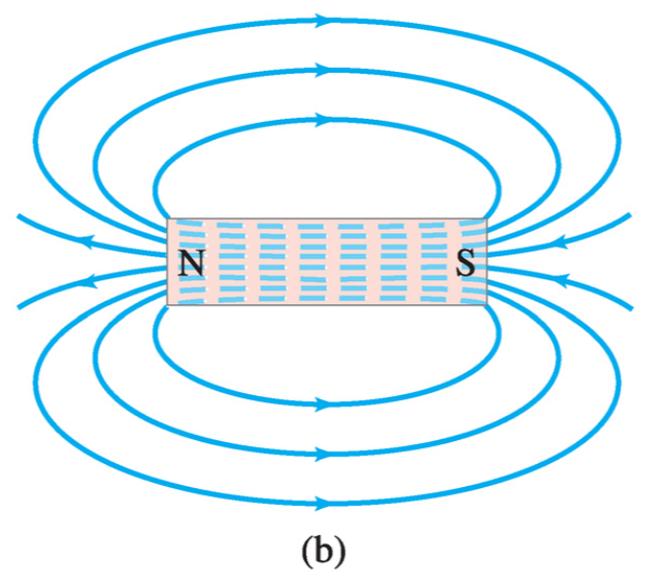
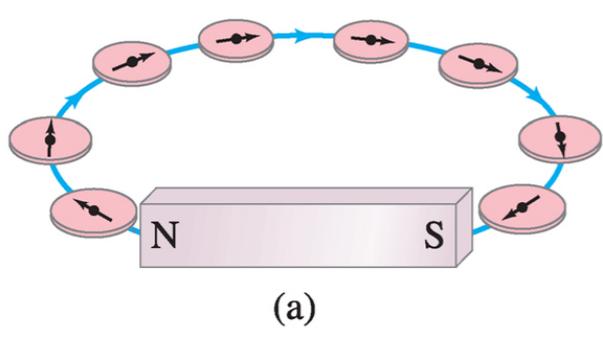
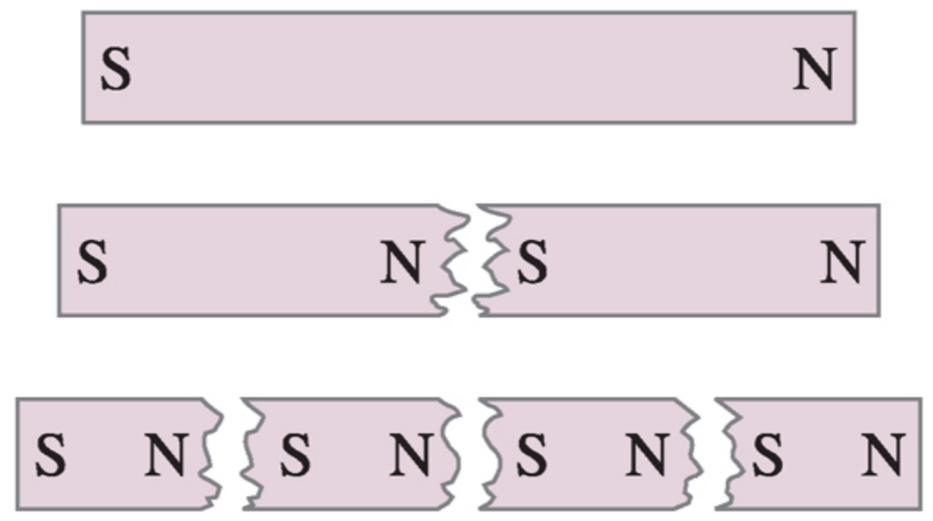
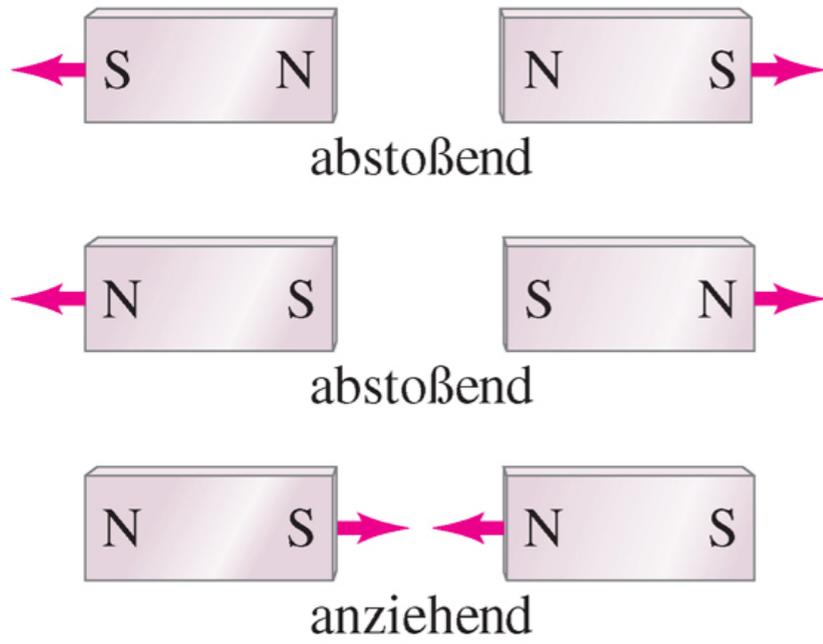
Abbildung 25.1 Dieses Gemälde zeigt Alessandro Volta, wie er im Jahre 1801 Napoleon seine Batterie vorführt.

[Giancoli]

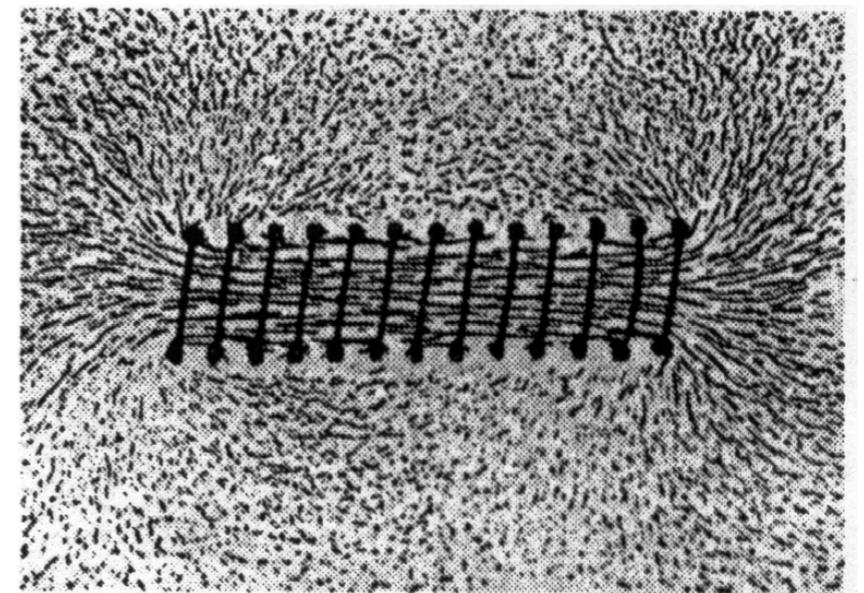
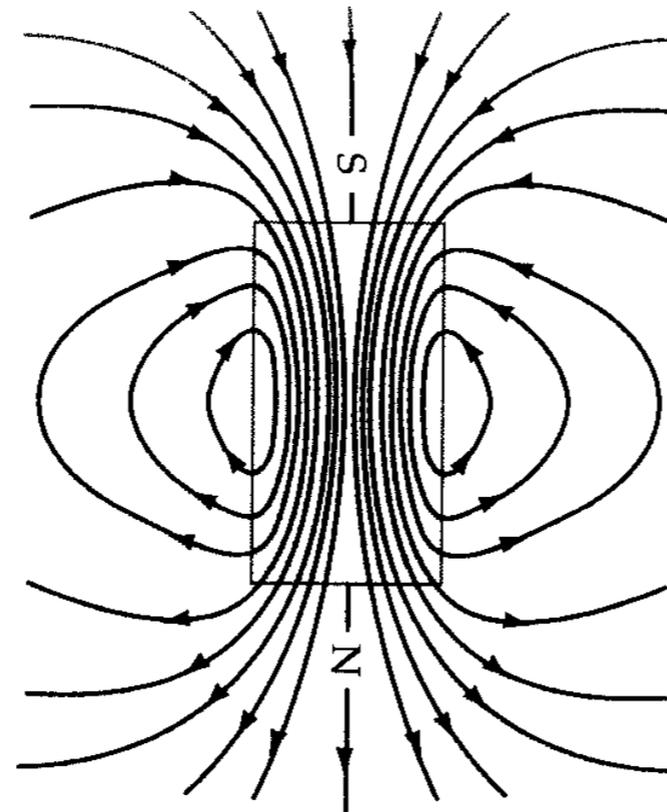
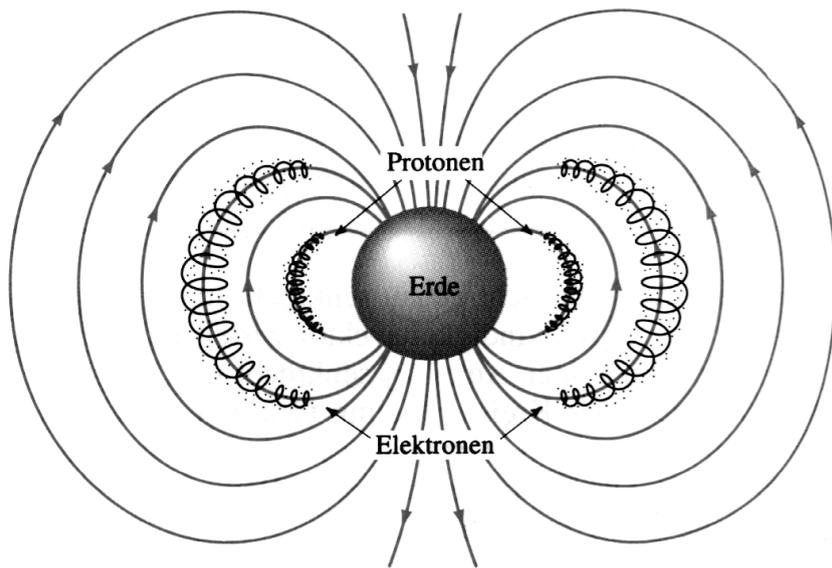
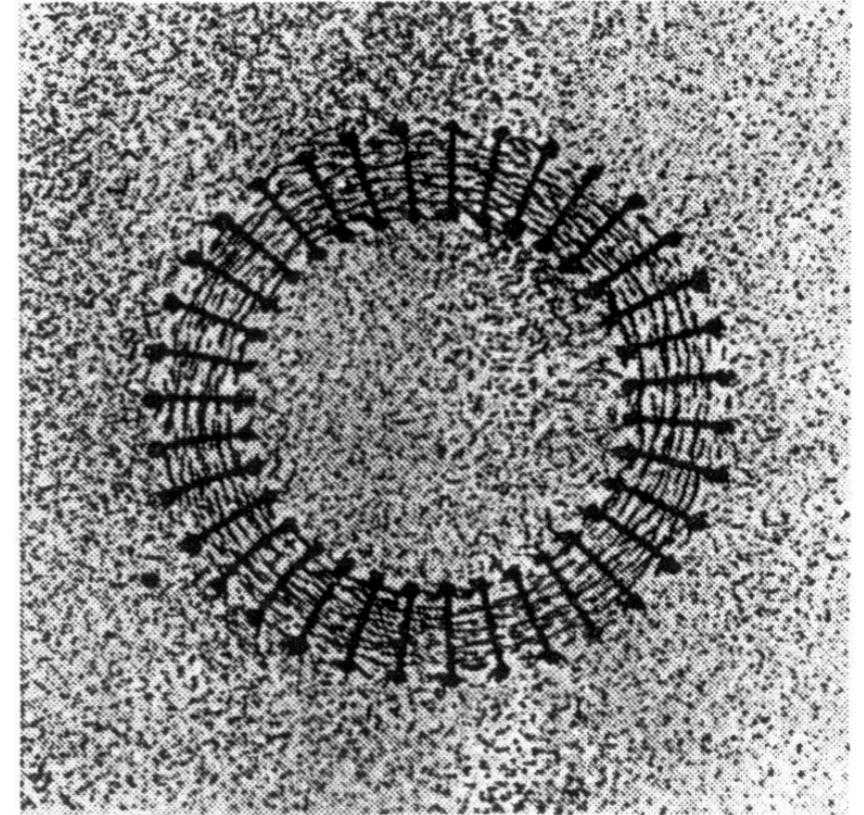
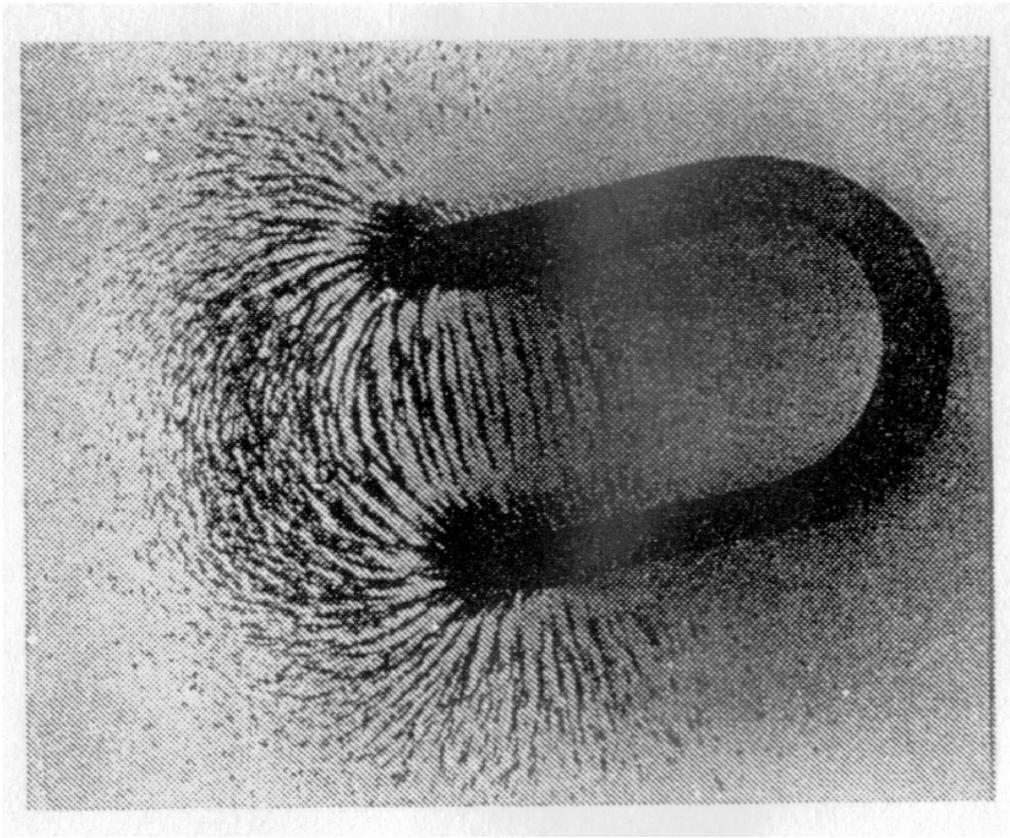
Magnetfelder



Magnetfelder



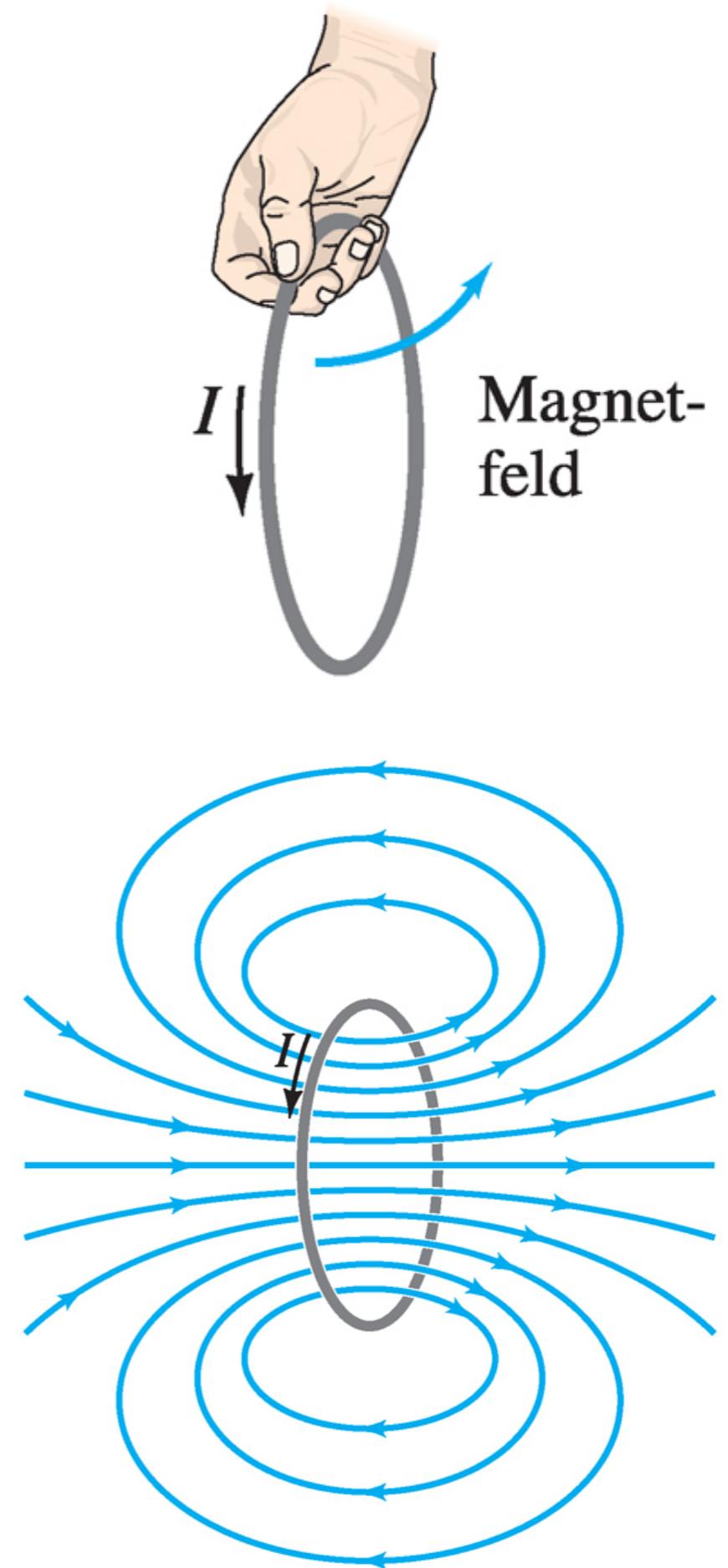
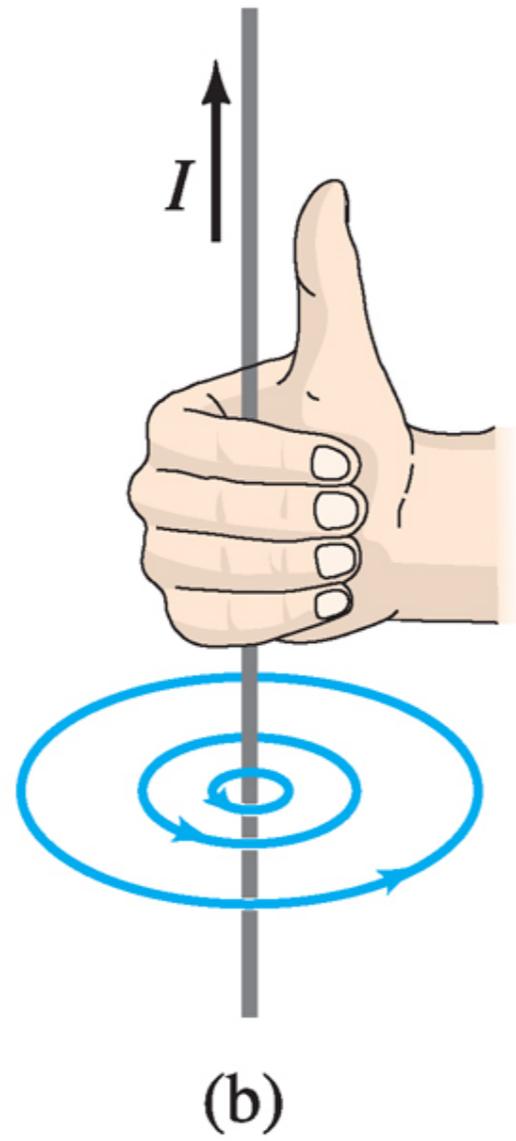
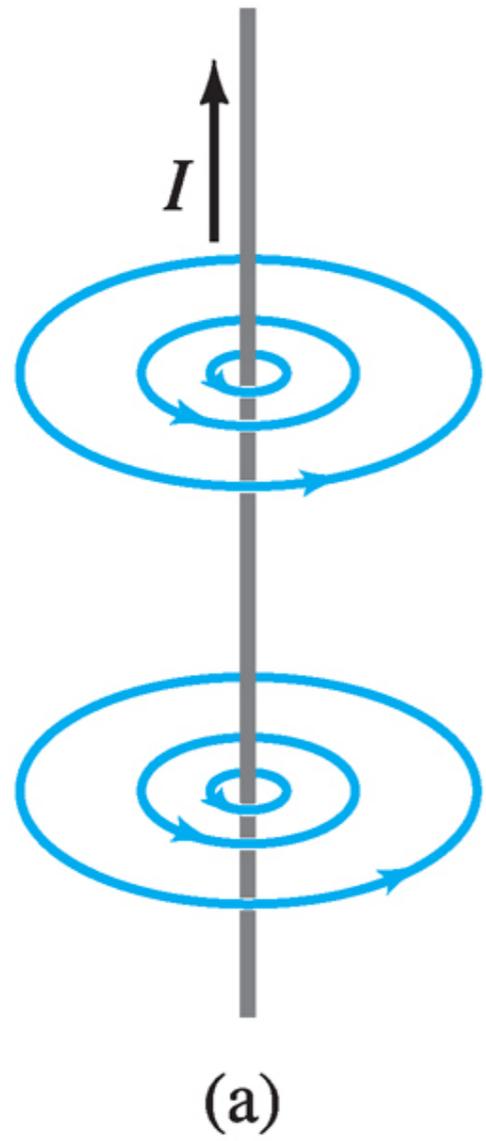
Magnetfelder 'sichtbar'

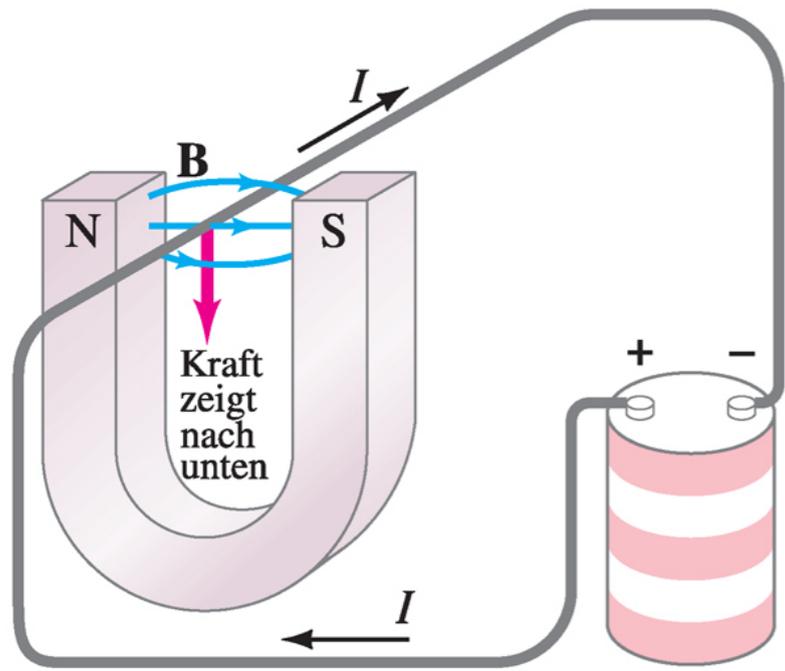


Magnetfelder und Kräfte durch Ströme

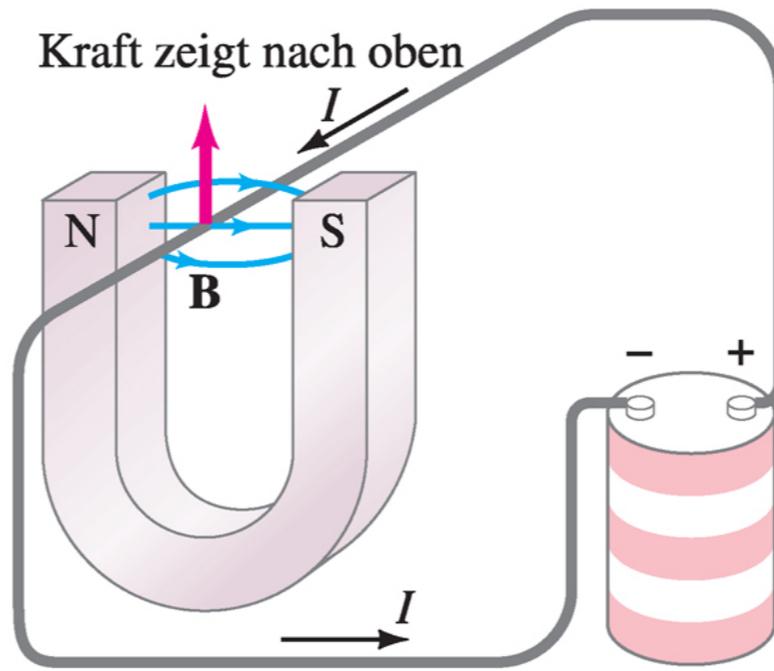


Rechte-Hand-Regel

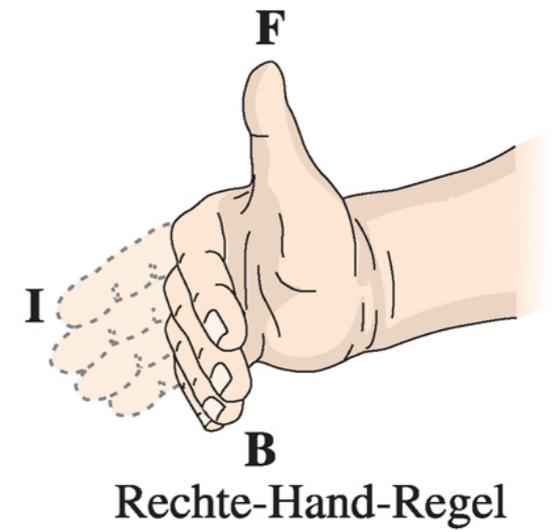




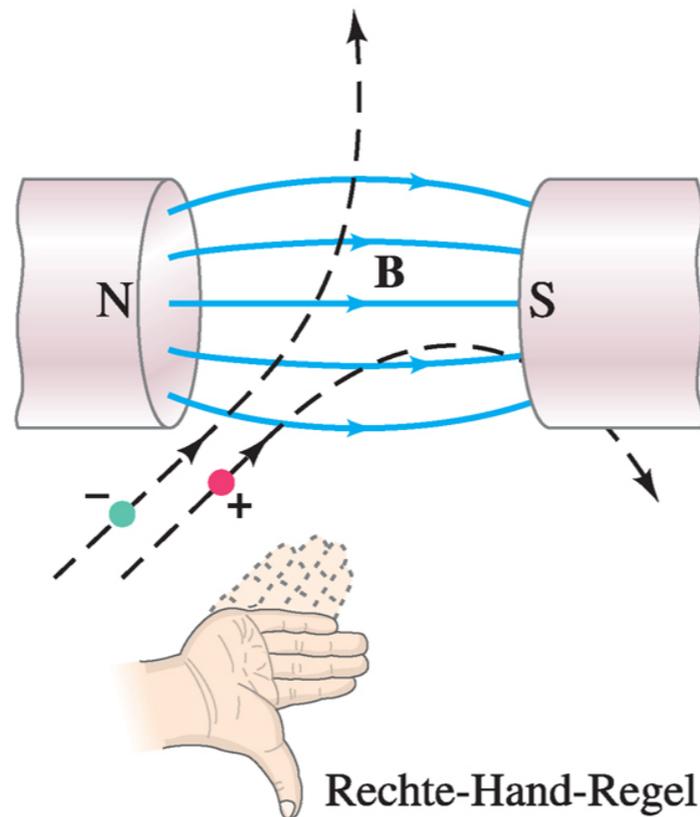
(a)



(b)



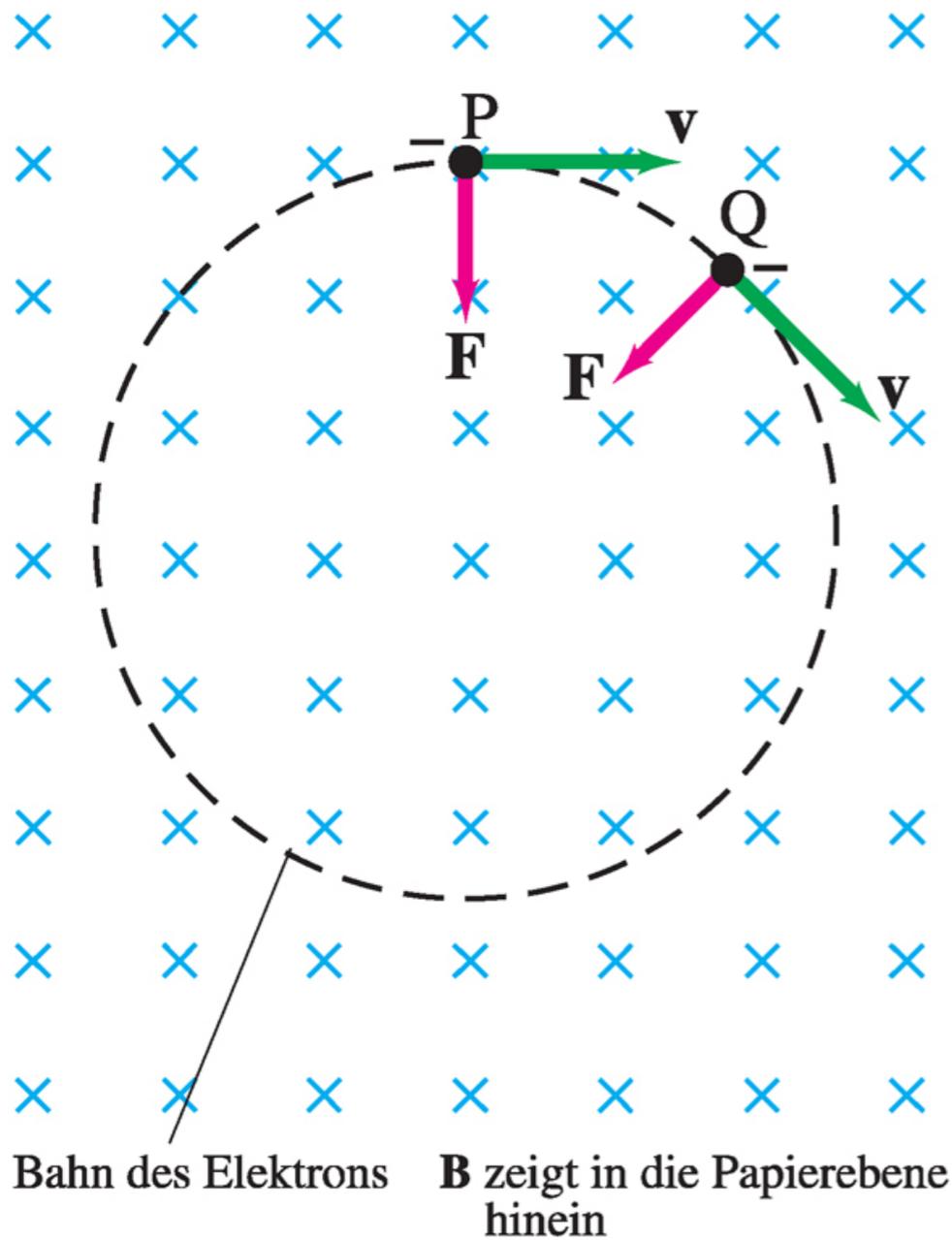
(c)



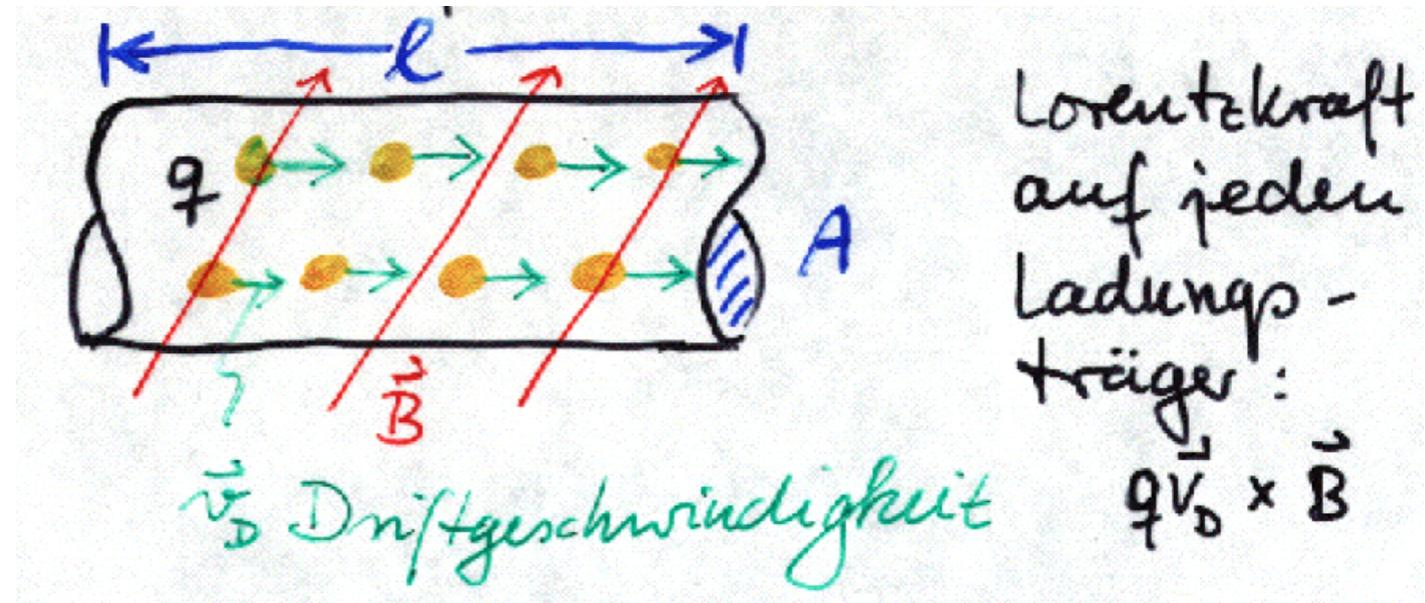
Rechte-Hand-Regel

Lorentzkraft

für eine freie Punktladung:

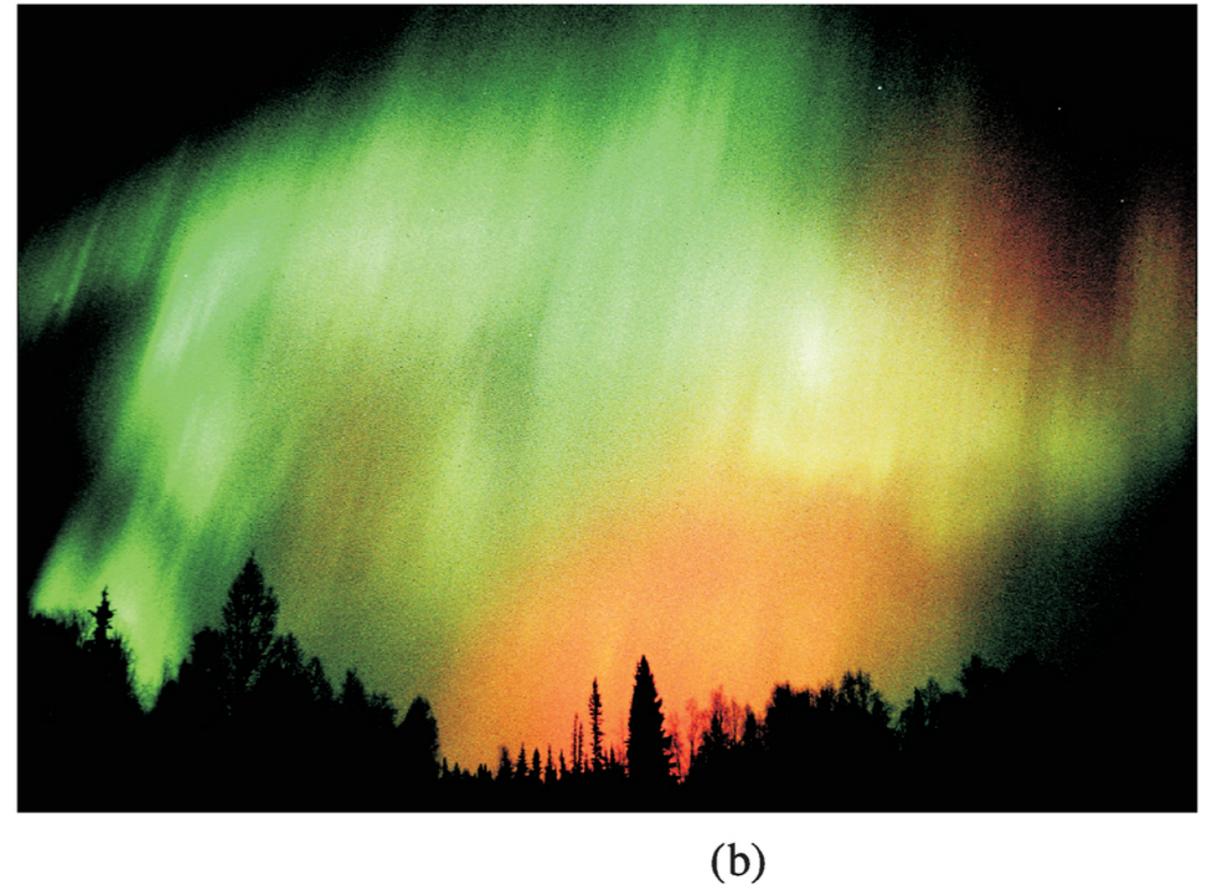
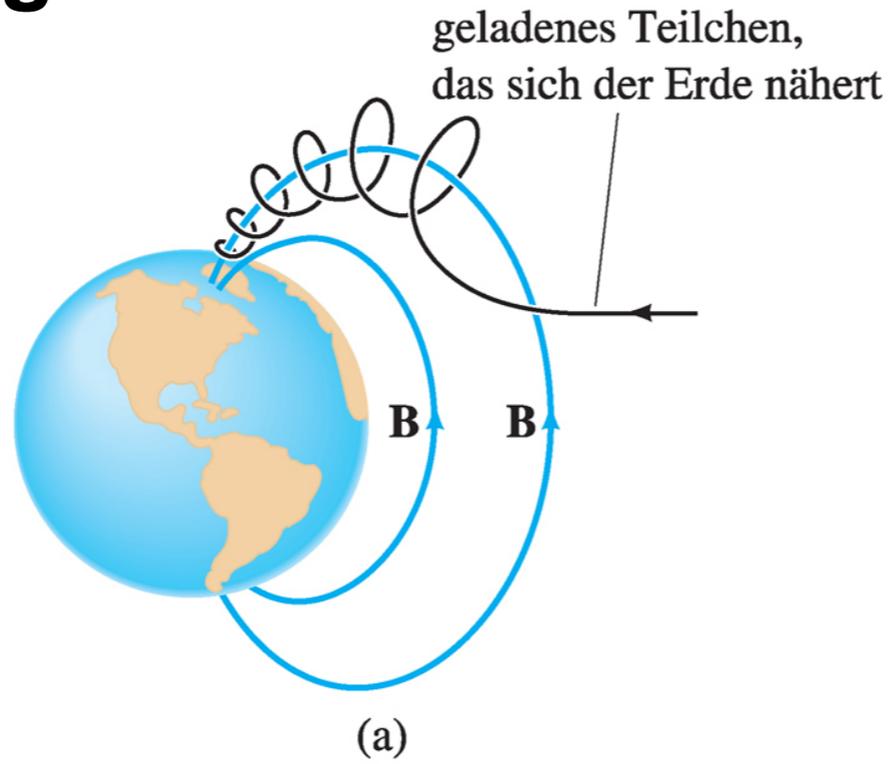


für ein Leiterstück:

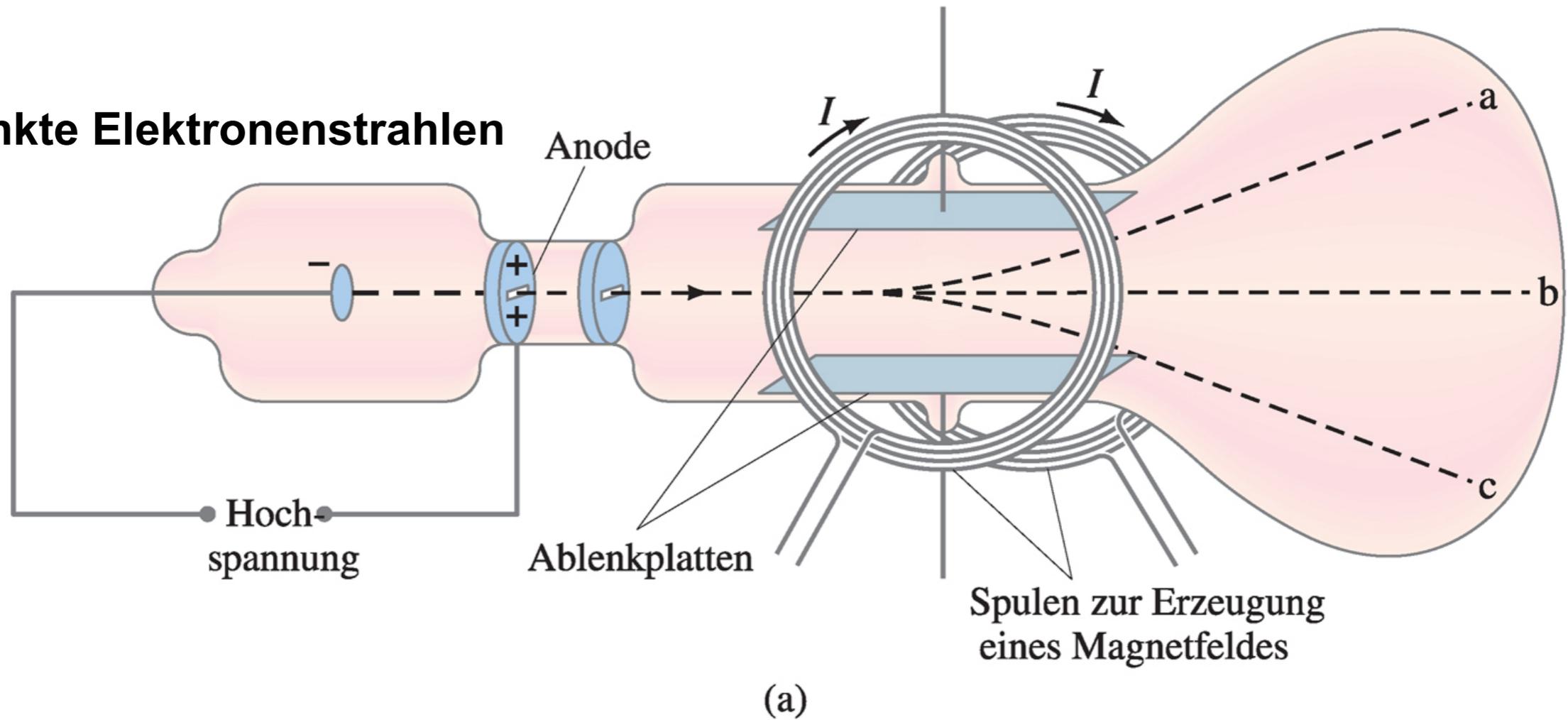


Anwendungen

Erdmagnetfeld

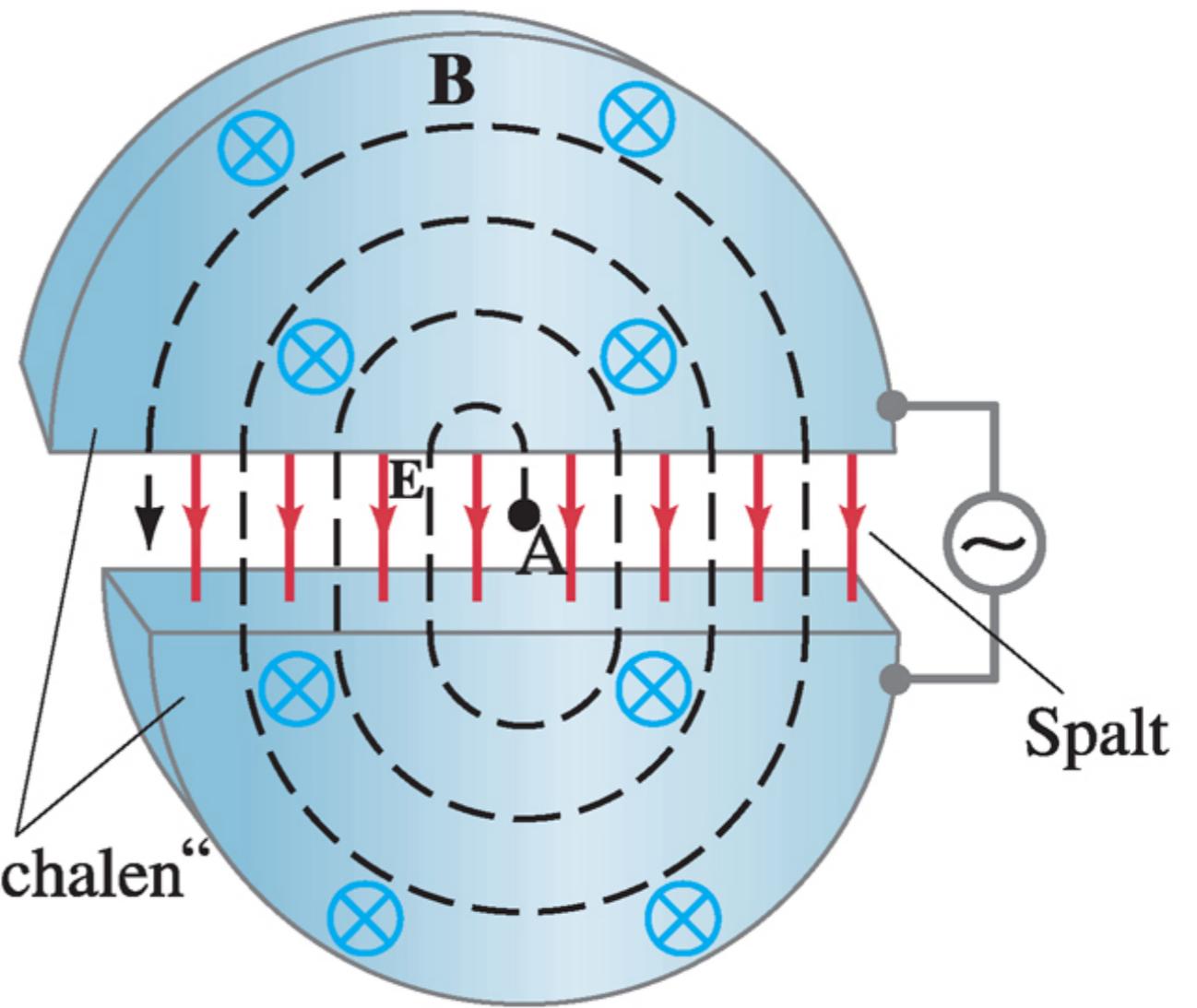


abgelenkte Elektronenstrahlen

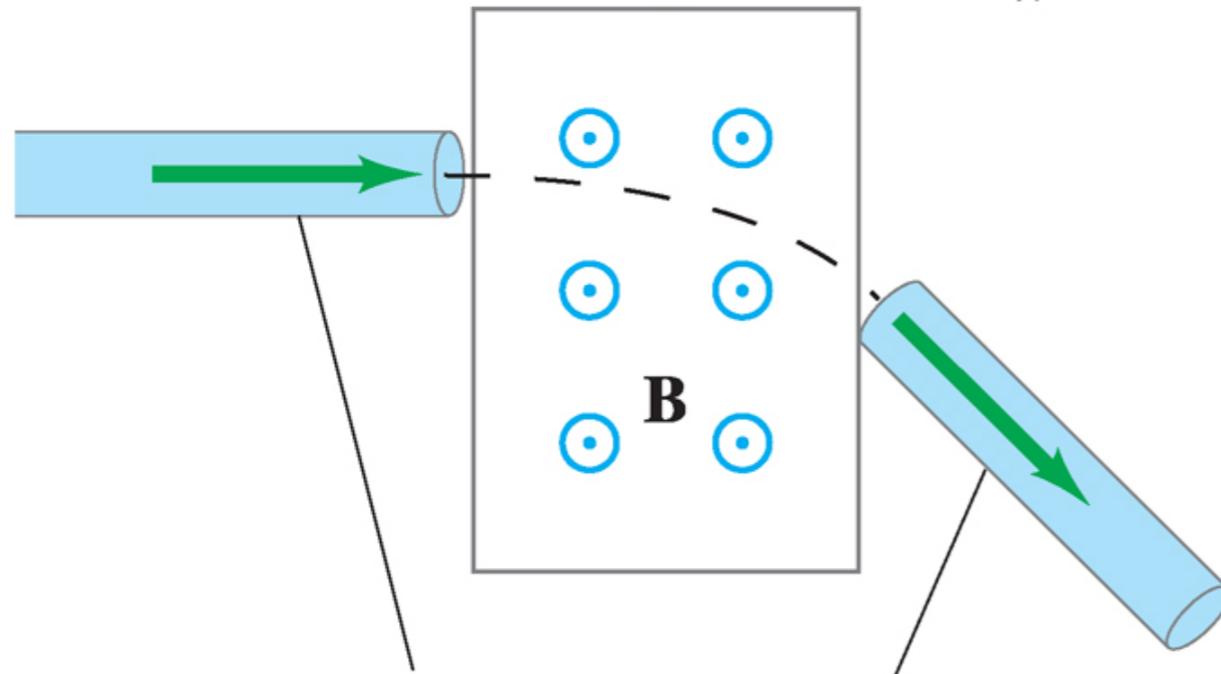


Anwendungen

Zyklotron



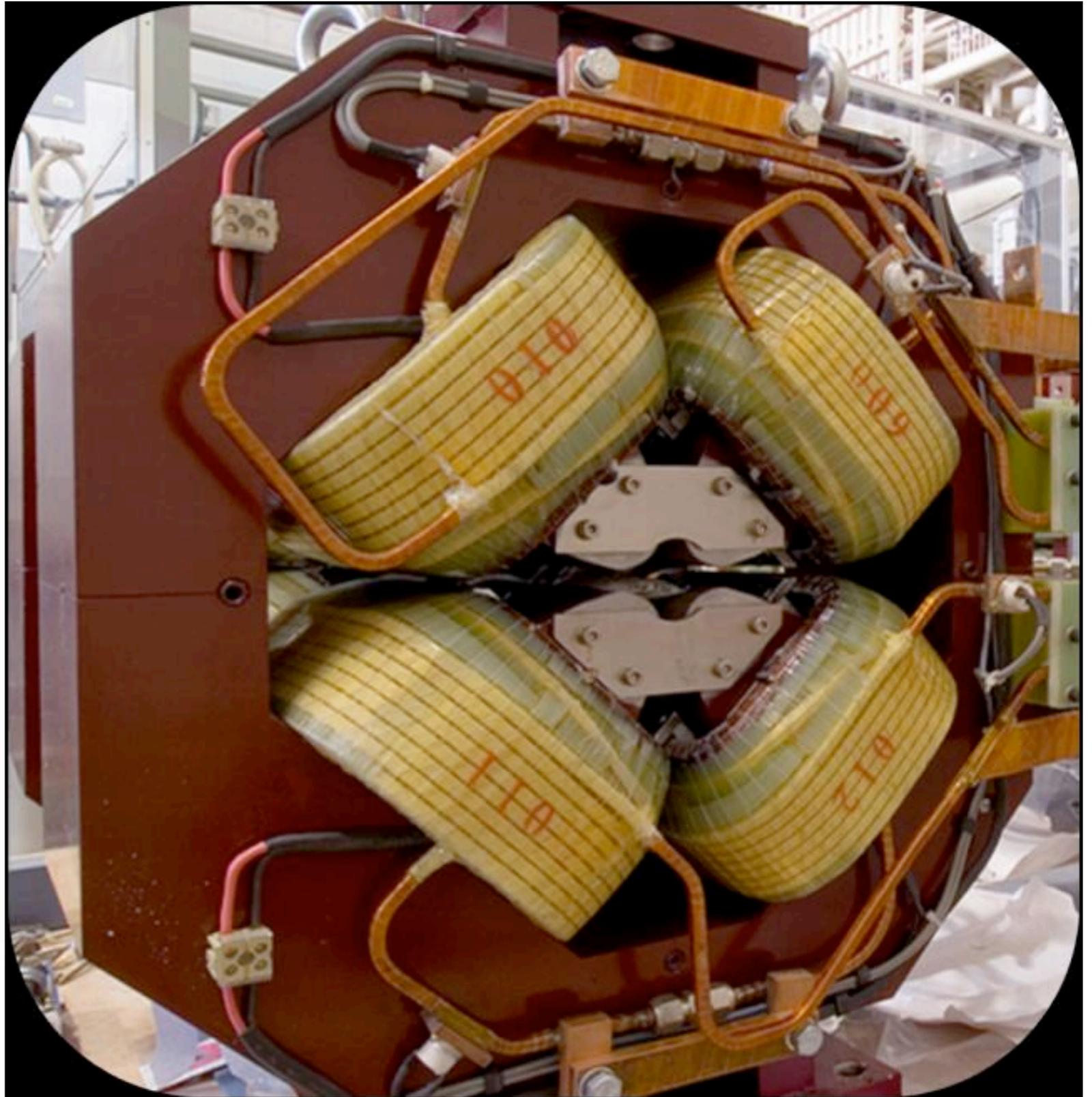
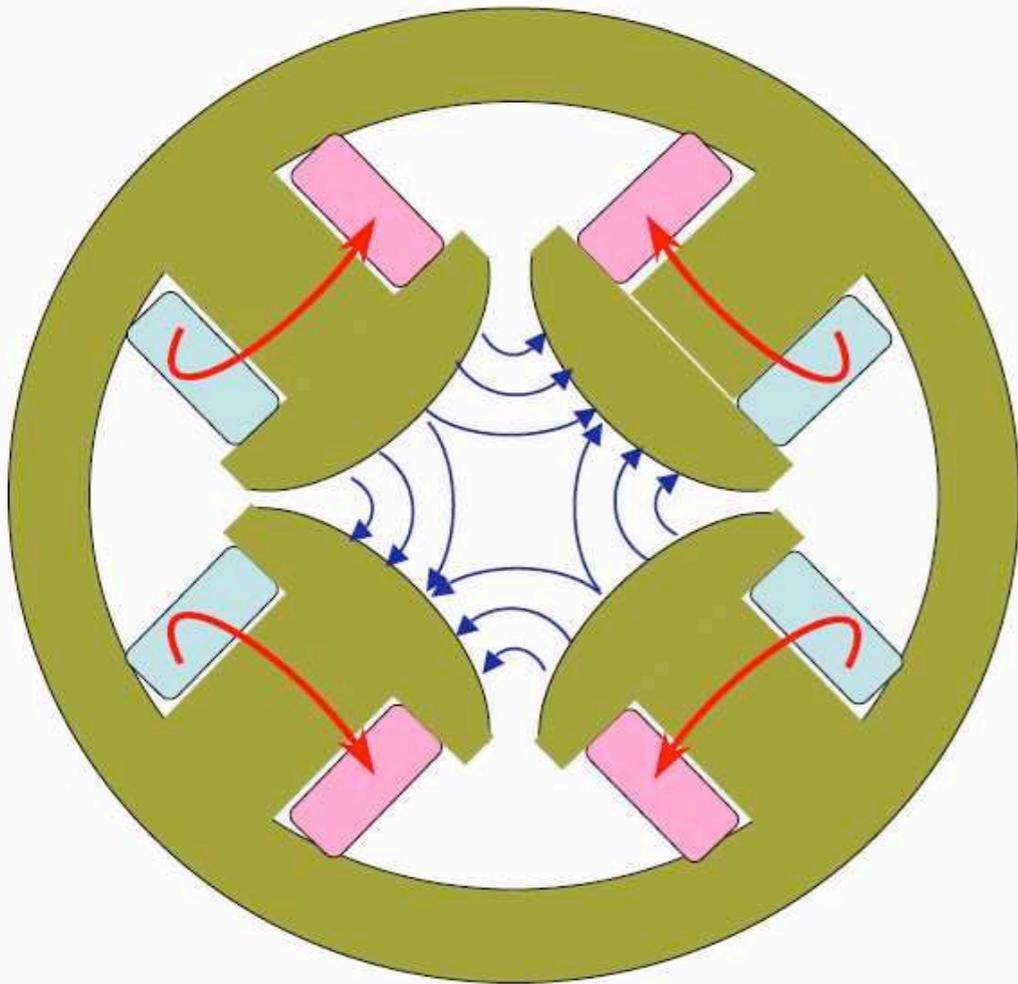
Magnet



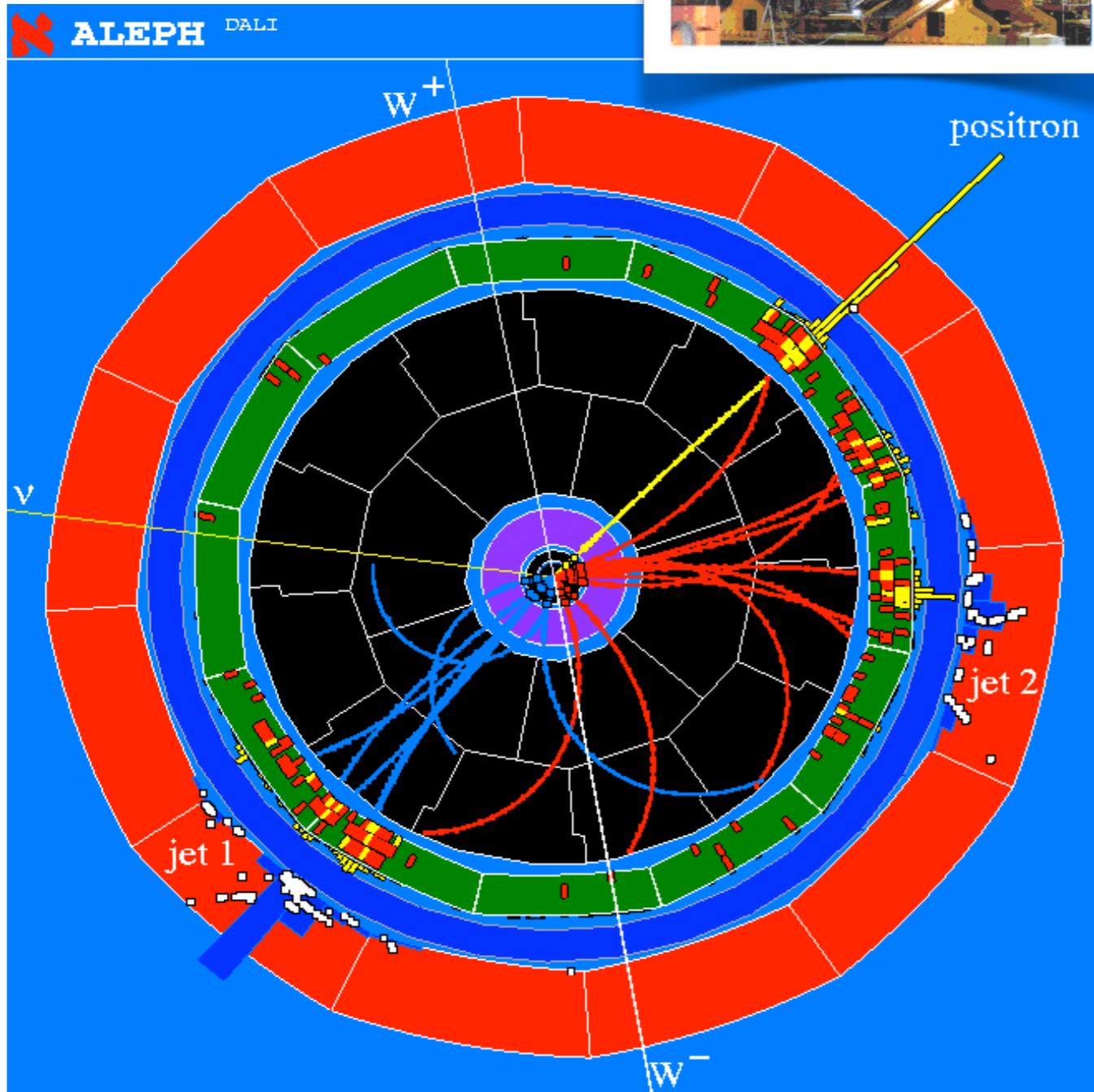
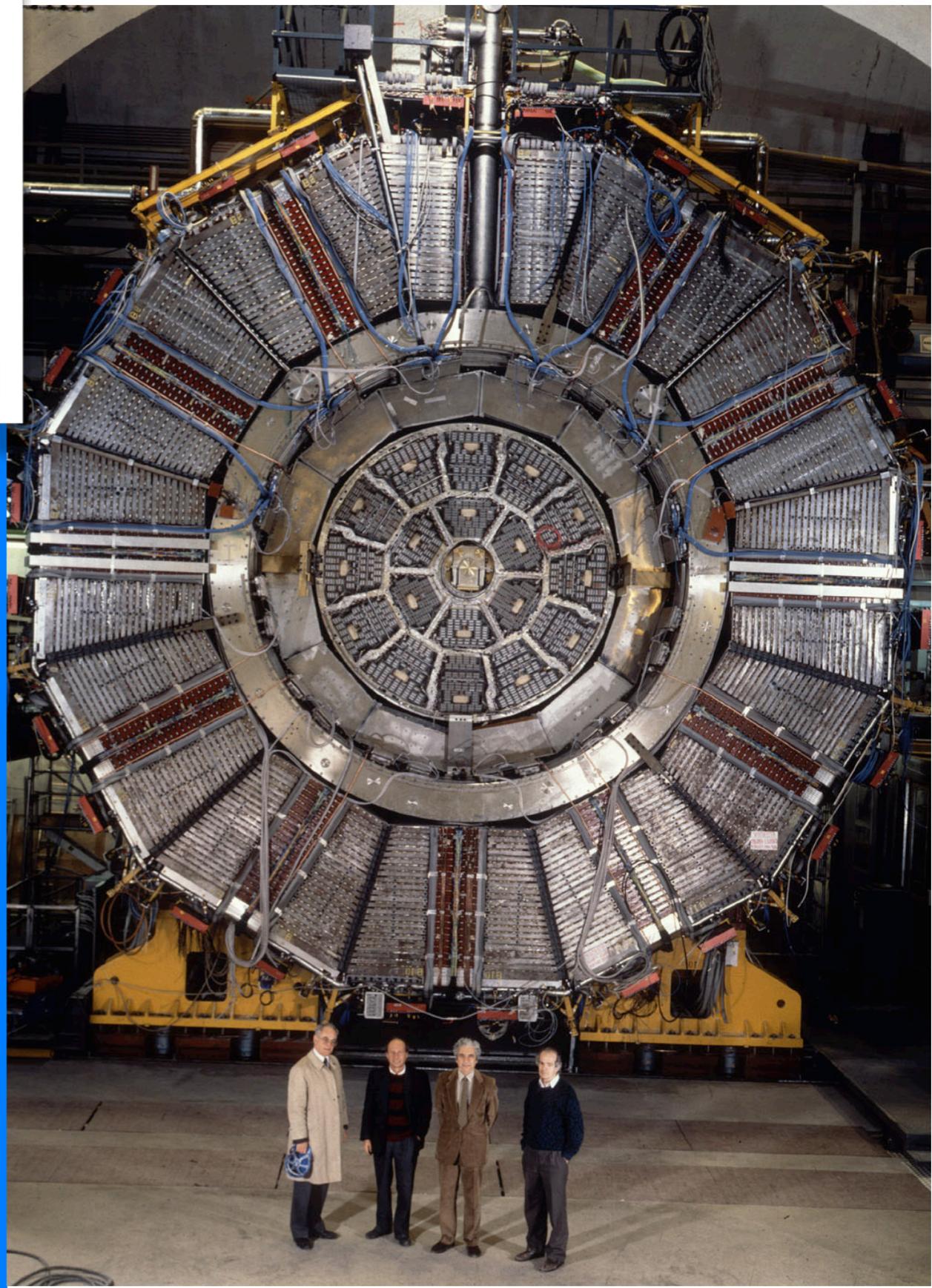
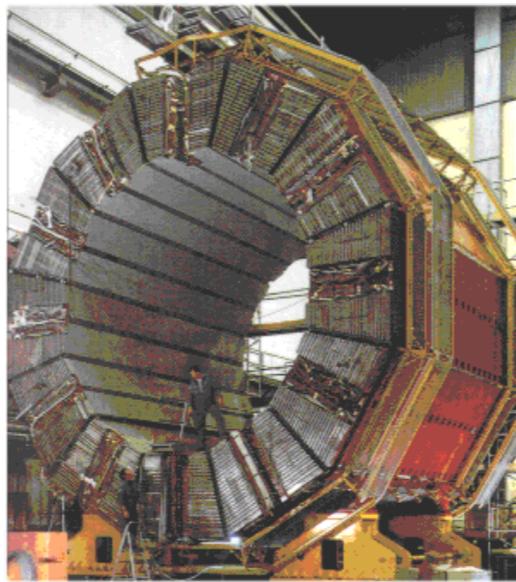
Vakuurröhren, in denen sich die Protonen mit der durch die grünen Pfeile angegebenen Geschwindigkeit bewegen.

Teilchenoptik

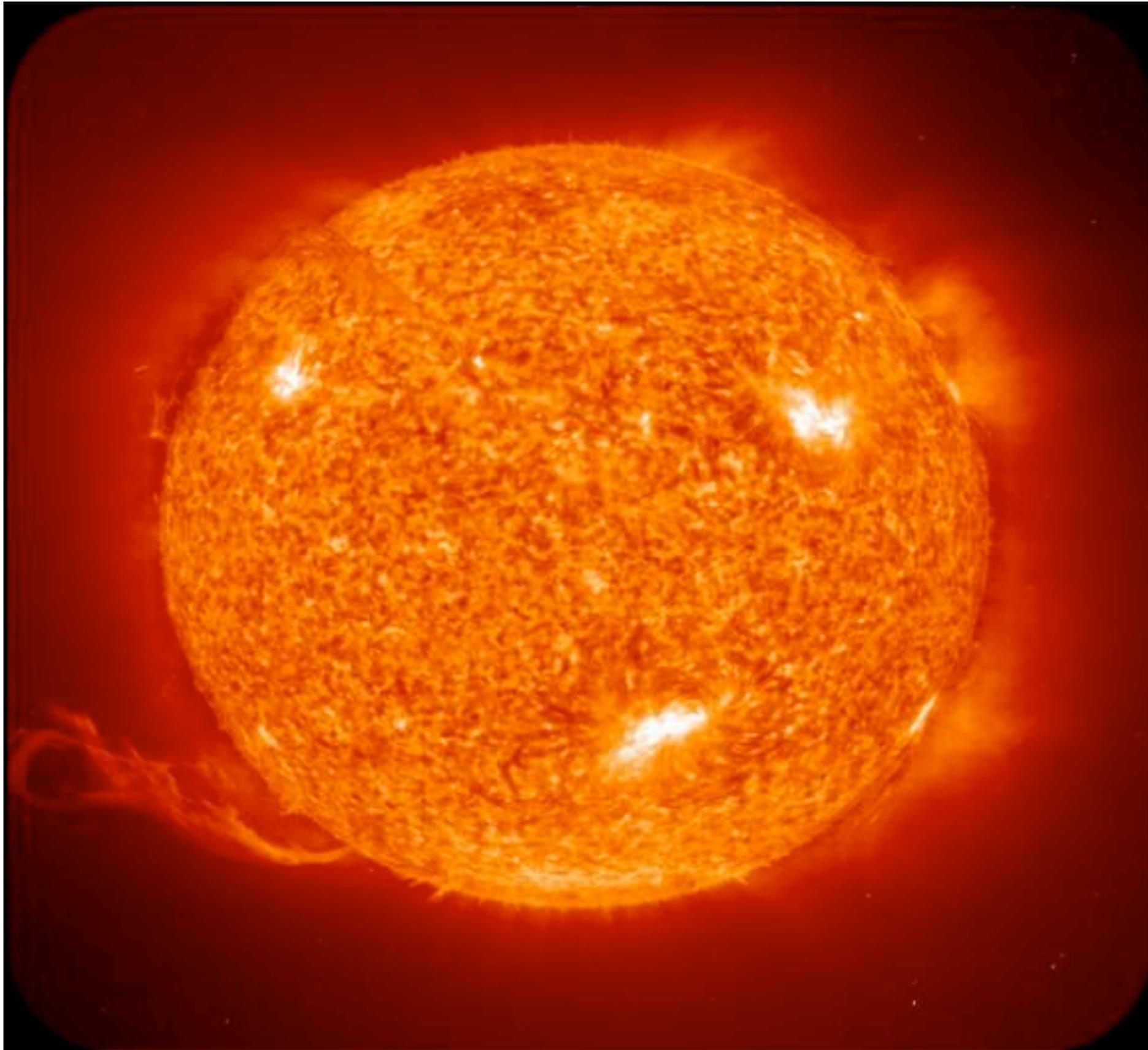
Teilchenoptik



ALEPH/CERN

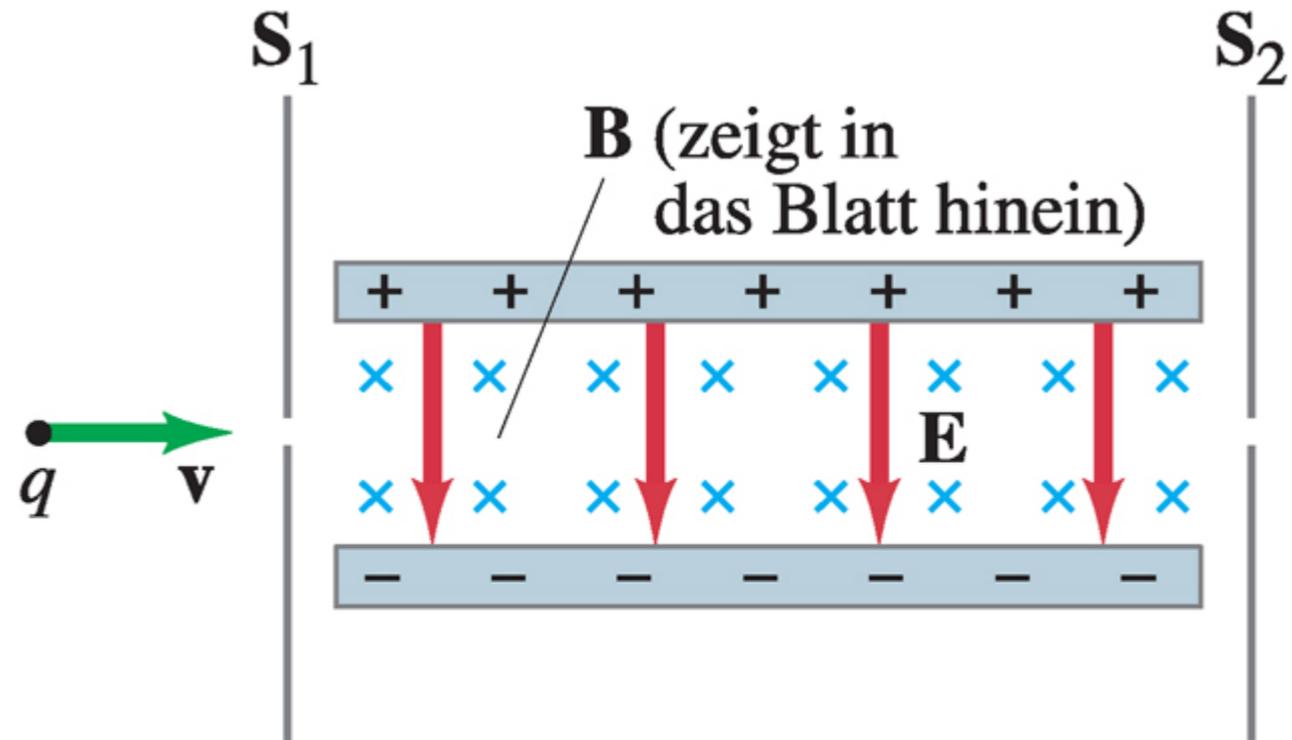


Magnetfeld der Sonne

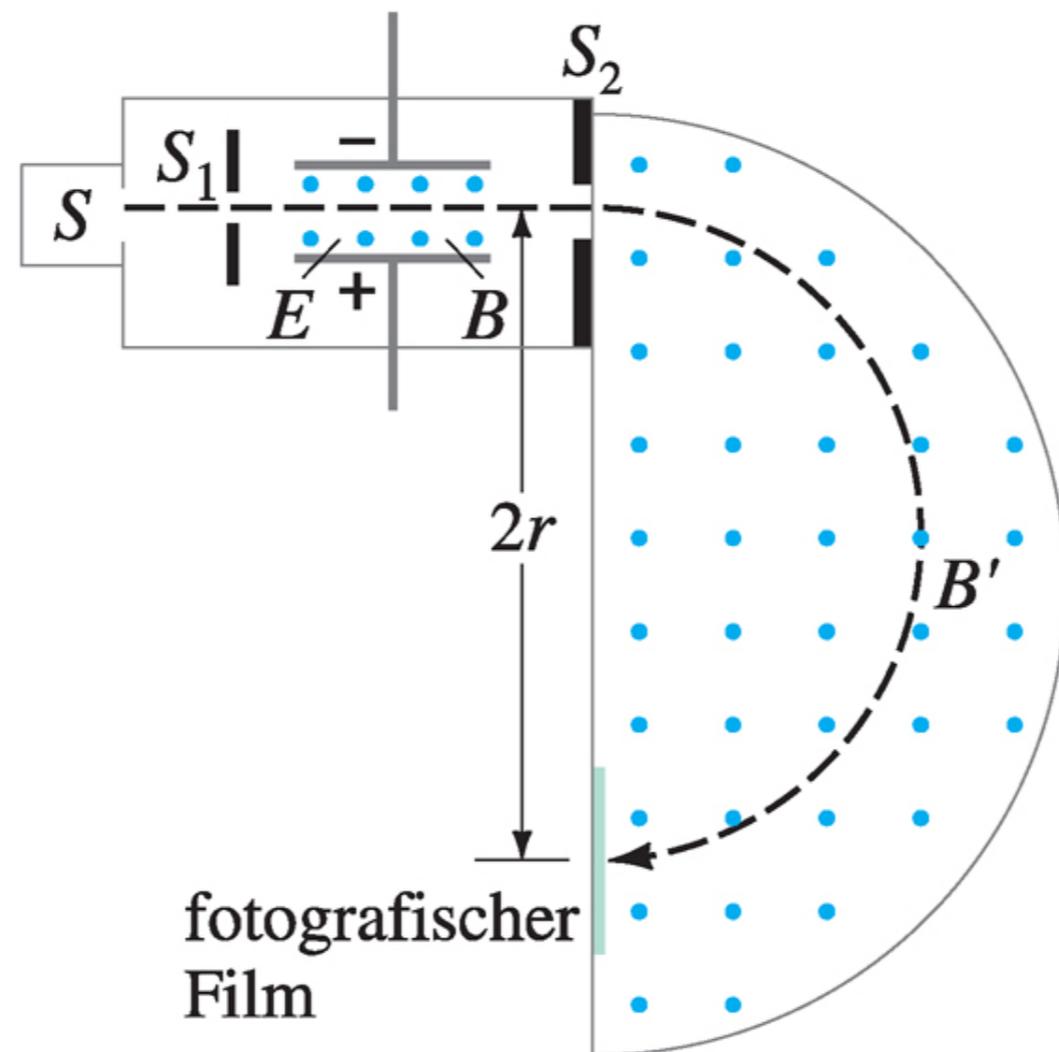


Anwendungen

Geschwindigkeitsfilter



Massenspektrometer



Synchrotronstrahlung

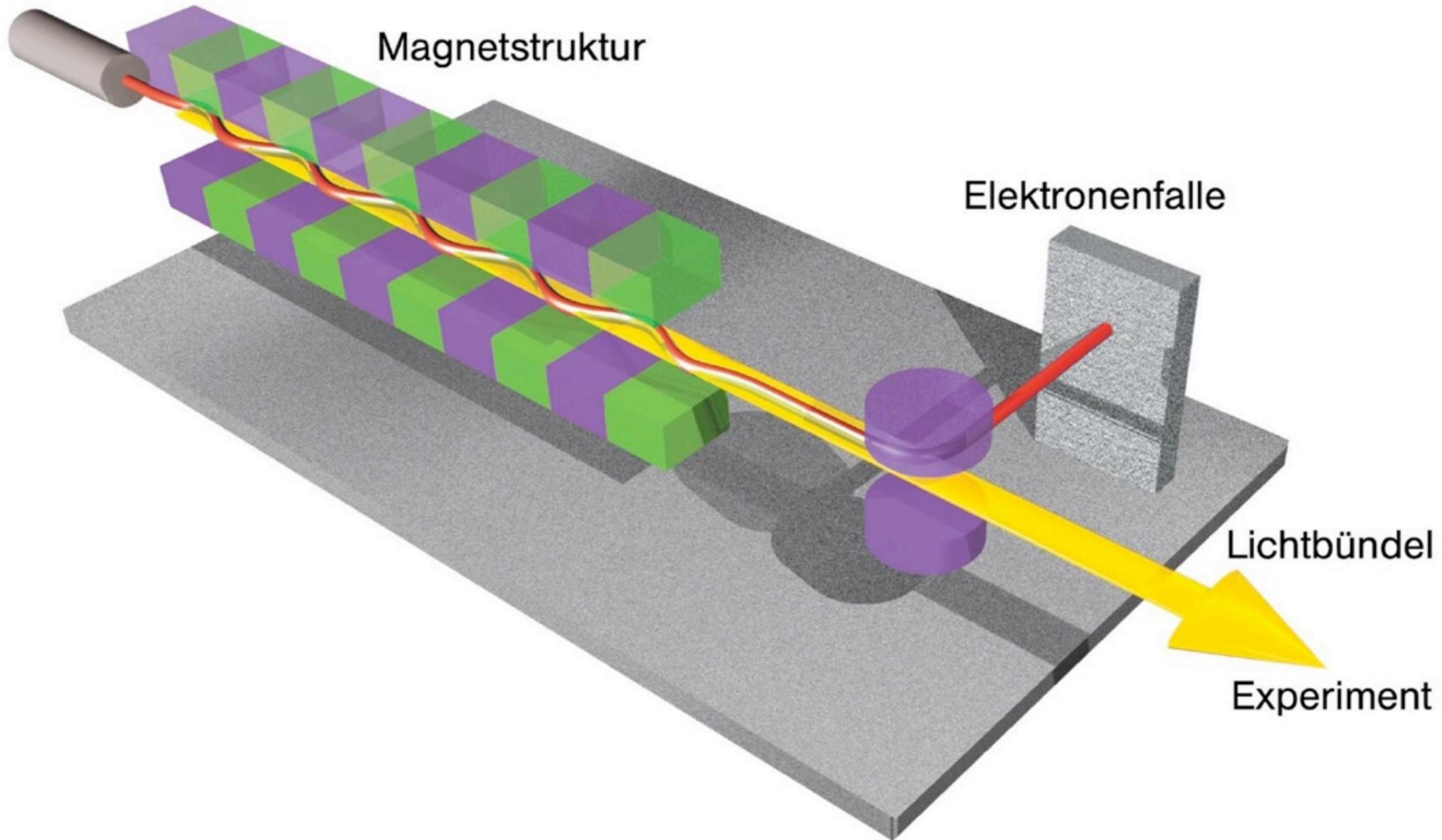
Elektronenquelle
und Beschleuniger

Magnetstruktur

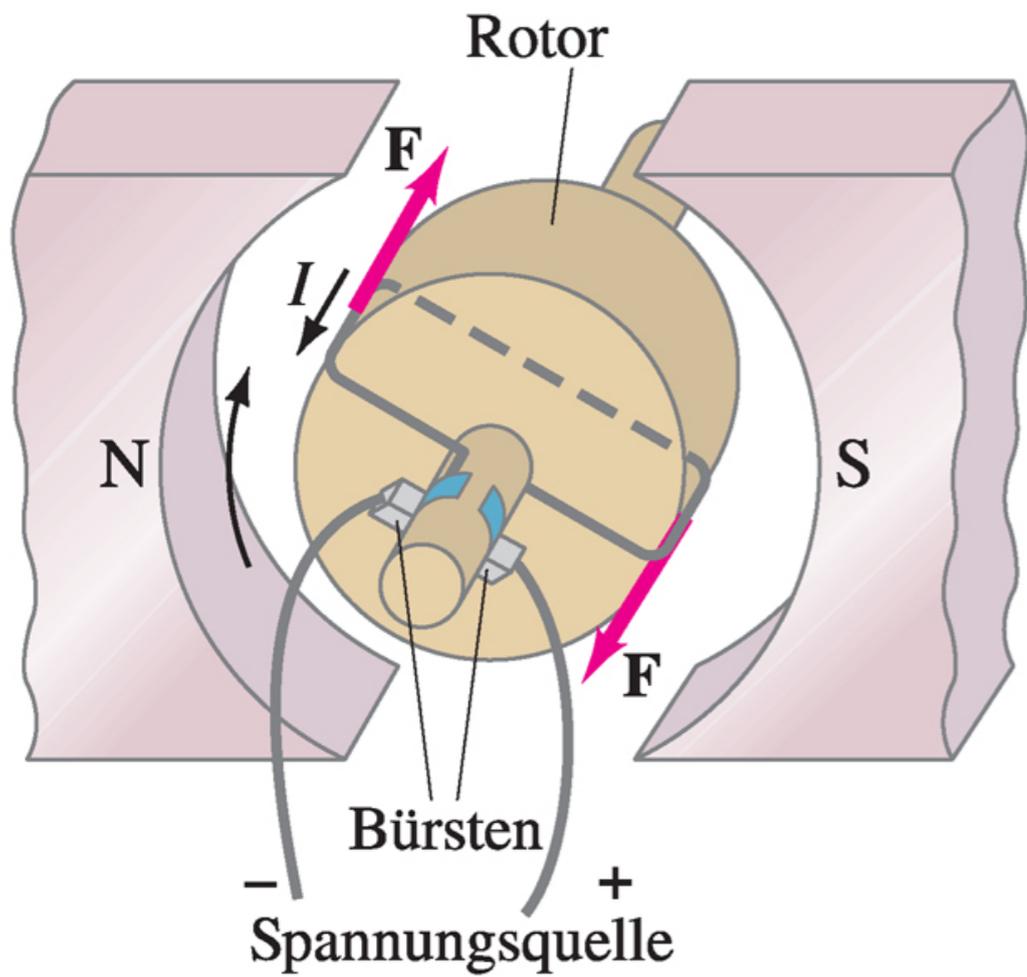
Elektronenfalle

Lichtbündel

Experiment



Anwendungen



Leiterschleifen - Elektromotor

Hall-Effekt

