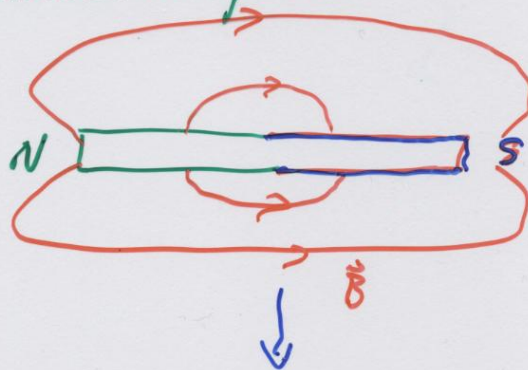


4] Statischer Magnetismus

Oersted 1820: el. Strom: Kraftwirkung
auf Kompaßnadeln
Wirkung vergleichbar
mit der eines stat.
Magnetes

Permanentmagnete:



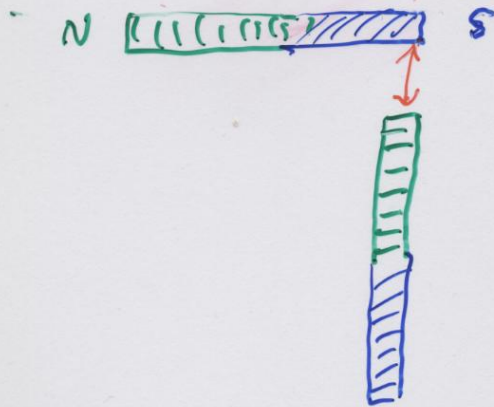
N S

N S

Zerteilung eines Magneten: es entstehen
neue Dipole.

Man kann nicht Magn. Monopole
herstellen, man hat sie (noch)
nicht gefunden.

Kräfte zw. 2 Permanentmagneten:



$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\mu_0} \frac{P_1 \cdot P_2}{r^2} \vec{e}_r$$

μ_0 Permeabilitätskonstante $\equiv$
Induktionskonst.
 $\approx 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$

P_i Polstärke

Feldstärke

Historisch

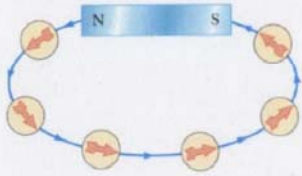
$$\vec{H} = \lim_{P \rightarrow 0} \frac{\vec{F}_{\text{magn}}}{P} \quad \text{Magn.-Erregung}$$

Konvention

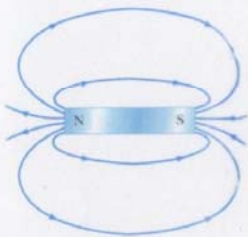
$$\vec{B} = \mu_0 \cdot \vec{H} \quad \text{Magn.-Feldst.}$$

$$[B] = \frac{1 \text{ Vs}}{\text{m}^2} \equiv 1 \text{ Tesla } 1 \text{ T} \\ \equiv 10^4 \text{ Gauss}$$

Das magnetische Feld

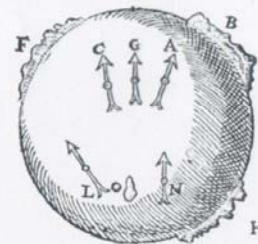


Maricourt (1269): Versuche an einem runden „Magnetstein“ (Magnetit, Fe_3O_4) Metallnadel richtet sich entlang geschlossener Kreise aus, ausgehend von zwei entgegengesetzt gelegenen „Polen“
in weiterer Folge: jeder Magnet hat, unabhängig von der Form, zwei magnetische Pole: Nordpol und Südpol



Gilbert (1600): „auch Erde ist ein großer Magnet“

Magnetische Pole treten immer paarweise auf (magnetischen Monopole wurden bis heute noch nicht nachgewiesen)
Elektrische Ladungen kann man separieren (+, -)



Das magnetische Feld



Oersted (1819): „ein elektrischer Strom in einem Leiter lenkt eine Kompaßnadel in der Nähe des Leiters ab“

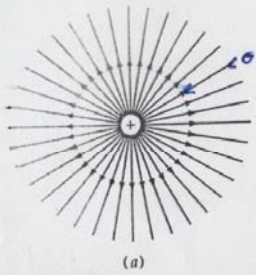


Ampere (1825): „elektrische Ströme sind die alleinige Quelle der magnetischen Kräfte“

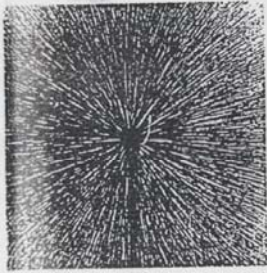
Faraday, Henry (1820s): „Elektrischer Strom in einer Leiterschleife durch Änderung eines nahen Magnetfeldes bzw. durch Änderung des Stroms in einer anderen nahen Leiterschleife“

Maxwell (1864): „Magnetfeld wird durch Änderung eines elektrischen Feldes hervorgerufen“

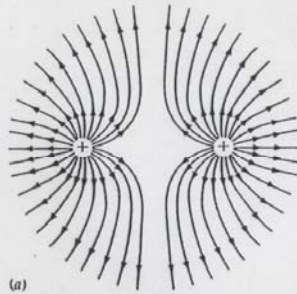
Feldlinien im Coulombfeld



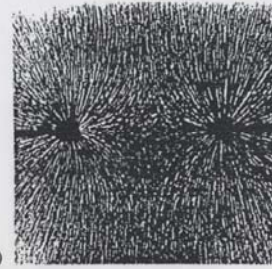
(a)



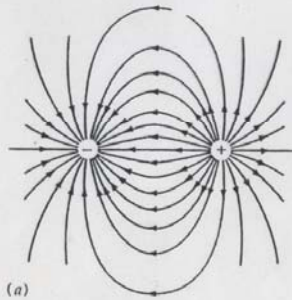
(b)



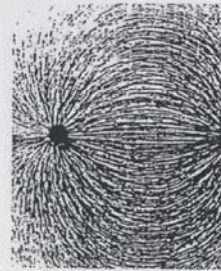
(a)



(b)

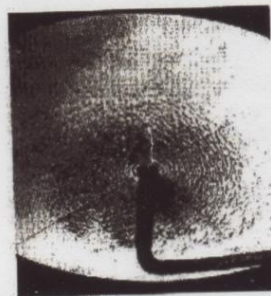
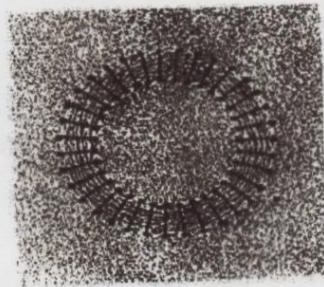
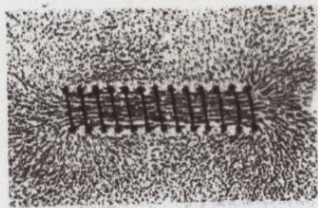


(a)



(b)

Feldlinien in Magnetfeld



B_0 : • Erdmagnetfeld: $\langle B \rangle = 20 \mu T$
 $= 0,2 G$

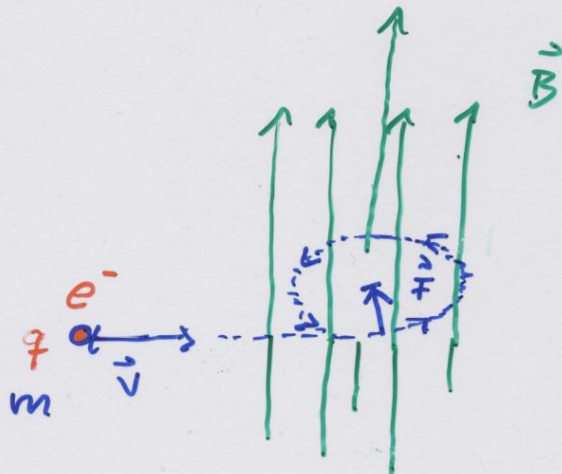
• CMS Solenoid: $4 T$

• Labormagnete: $100 T$

4.1. Magnetfeld stationären Ströme

4.1.1 Punktladung im Magnetfeld

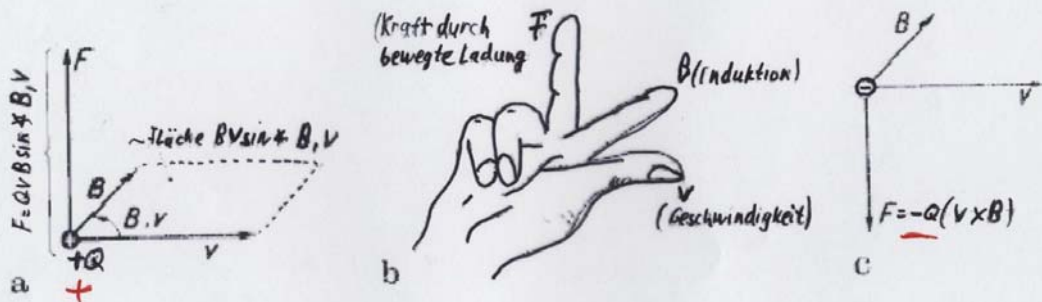
Lorentzkraft: $\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$



Vgl. Lorentzkraft mit Zentripetalkraft:

$$F_L = q \cdot v \cdot B = m \cdot a = \frac{m v^2}{r} = F_Z$$

Rechte Handregel

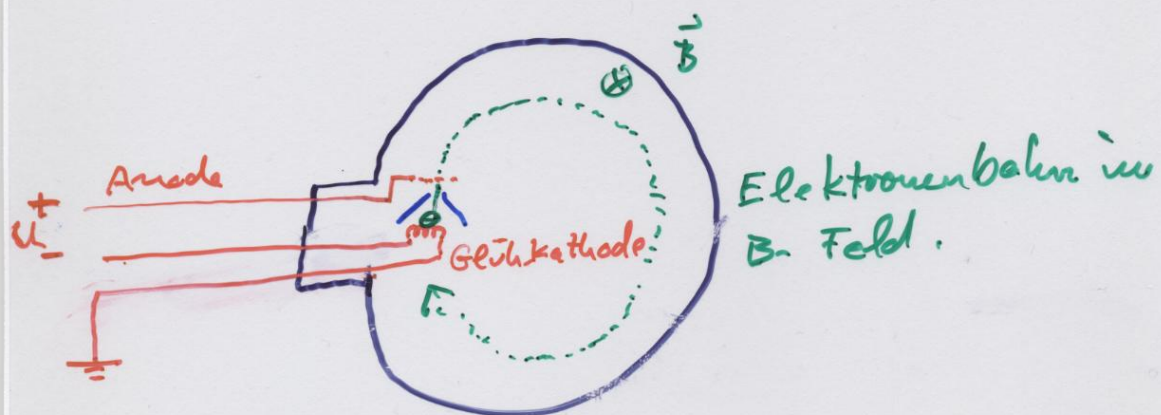


$$q(\vec{v} \times \vec{B}) = \vec{F}$$

„Daumen x Zeigefinger = Mittelfinger“

$$\Rightarrow r = \frac{m \cdot v}{q \cdot B} = \frac{p}{q \cdot B} \quad \text{Bahnradius}$$

Demonstration: Wehneltrohr



- Nach Beschleunigung:

$$E_e = \frac{1}{2} m_e v^2 = e \cdot U$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{2 \frac{e}{m_e} U}$$

- Im B-Feld:

$$r = \frac{\sqrt{2 e U m_e}}{e B} = \frac{\sqrt{\frac{2 m_e U}{e}}}{B}$$

Messung von

$$\frac{e}{m_e} = \frac{2U}{n^2 B^2}$$

Spezifische Ladung:

Für Elektronen: $\frac{e}{m} = 1,8 \cdot 10^{11} \frac{C}{kg}$

Anwendung in Teilchenphysik:

- Bestimmung des Impulses von gel. Elementarteilchen:

$$P = q \cdot B \cdot r$$

$= 0,3 \cdot B \cdot r$ für P in GeV/c
 B in T
 r in m

- Umlauffrequenz:

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m v}{v \cdot q \cdot B} = \frac{2\pi m}{q \cdot B}$$

$\rightarrow \omega = \frac{q \cdot B}{m}$ Zyklotronfrequenz

Anwendung = Demo

$$B = 12 G$$

$$\rightarrow \omega = 12 \frac{Vs}{m^2} \cdot 10^{-4} \cdot 1,8 \cdot 10^{11} \frac{As}{kg}$$

$$= 2,2 \cdot 10^8 \text{ Hz} \quad !$$

$$(v \sim 10^7 \text{ m/s} \quad !)$$