Wir starten 10^{15}. Fragen im Chat.

Klausur: Mi 9.9. 14^{00} – 15^{30} (zusammen mit anderen Physikprüfungen)
Link im Chat & heute noch online.
⇒ Anmeldung zur Klausur verpflichtend.
bis zum 3.8.20 !

Elektrische Arbeit und Leistung

Arbeit: $dW_{el} = U \cdot dQ$

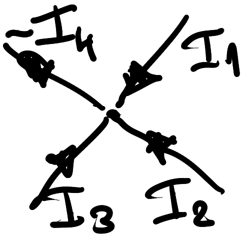
Leistung $P = \dot{W}_{el} = U \cdot \underbrace{\frac{dQ}{dt}}_{I} = U \cdot I$

Einheit Watt = V·A

Mit Ohm'sches Gesetz: $P \underset{U=RI}{=} RI^2 = \frac{U^2}{R}$

Elektrische Stromkreise : Kirchhoff'sche Regeln)

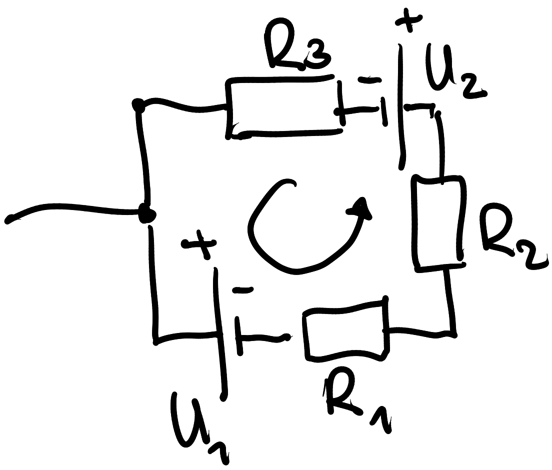
– Verzweigungspunkt (Knoten)



$\sum_n I_n = 0$

pos. Stromrichtung auf Knoten hin:
$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 0$

- geschlossene Stromkreise (Maschen)

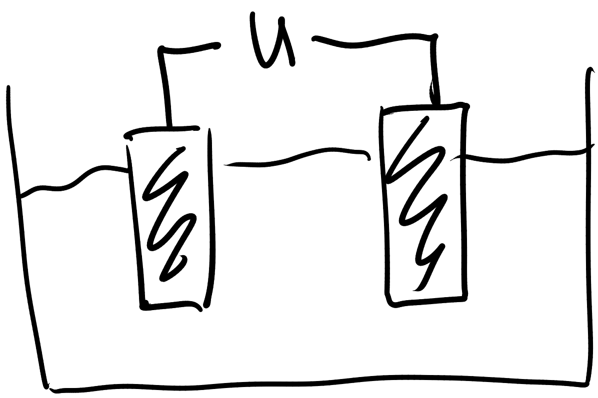


$$\sum_{i=1}^{N} I_i R_i + \sum_j U_i = 0$$

Spannung U_i ist positiv bei Sprung von + nach − in der Stromquelle.

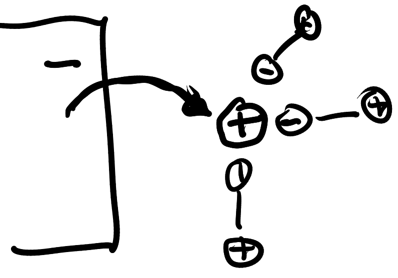
→ Gleichungssystem → Lösen.

Chemisches Element

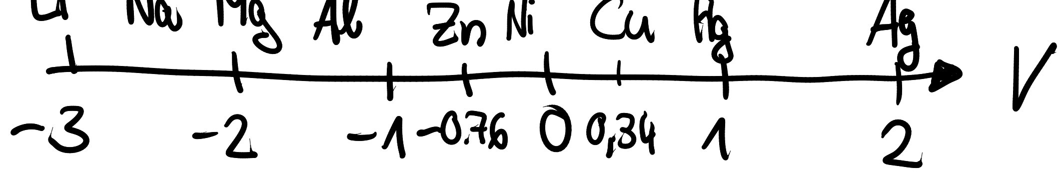


2 Metallplatten in einem Elektrolyten.

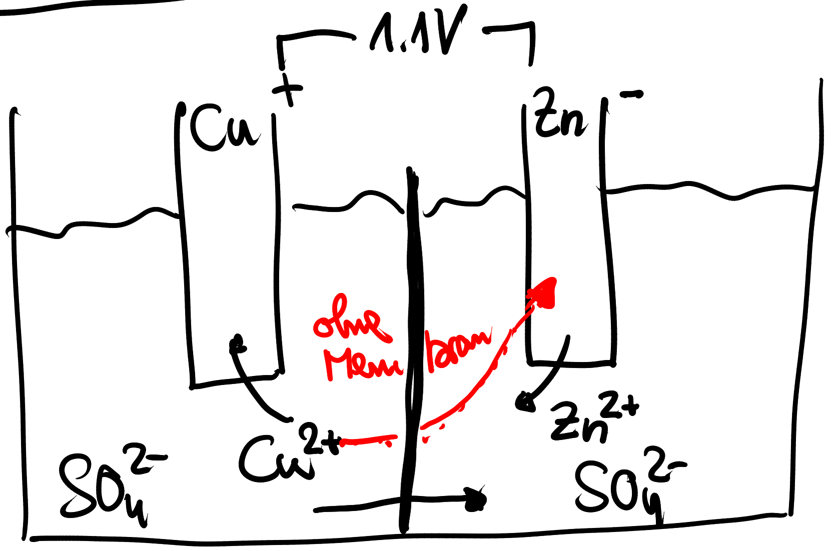
- Metallatome sind nicht löslich – aber Metallionen aufgrund der Polarisierbarkeit von H_2O



Ionen gehen solange in Lösung, bis die Elektroden stark genug negativ geladen sind (→ chemisches Potential)



Daniellelement



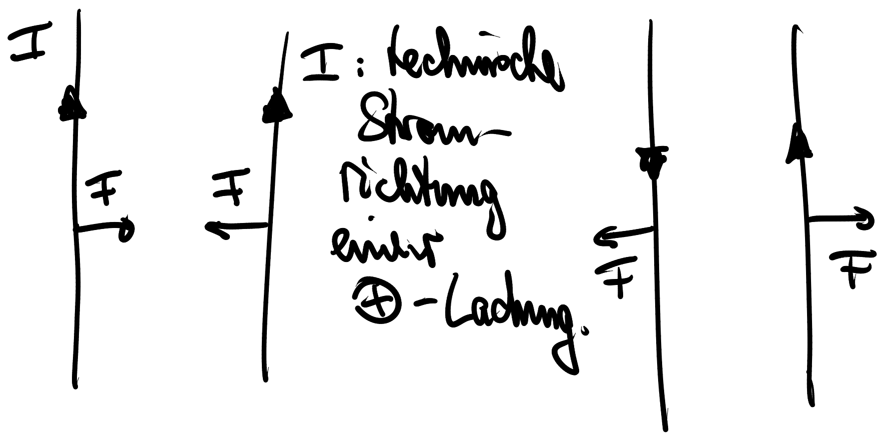
Ohne Membran:
Cu^{2+} schlägt sich auf Zn-Elektrode ab.

Magnetismus

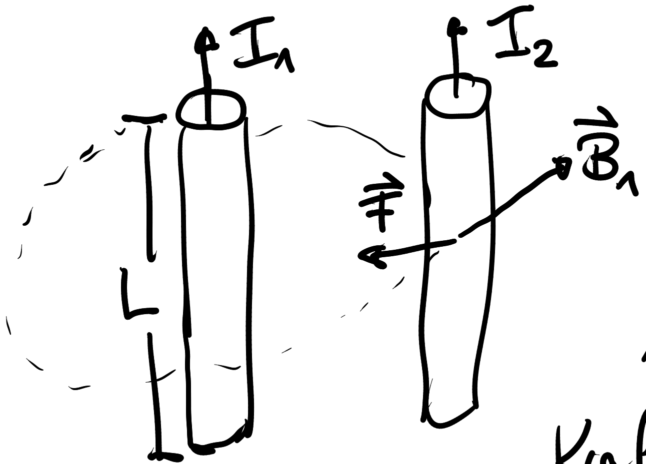
Das magnetische Feld

Ruhende Ladungen: Coulombkraft
Bewegte Ladungen: Zusatzkraft (Scheinkraft)
Lorentz-Kraft

Die Zusatzkraft ist am einfachsten an stromdurchflossenen Leitern zu sehen. (Leiter sind neutral geladen)



Kraft durch den Strom in 1 am Ort 2 wird durch ein Feld beschrieben:



$$\frac{F}{L} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{r}$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am}$$

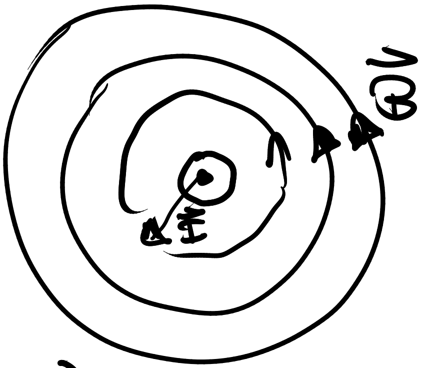
Kraft ist die Definition der Stromstärke.

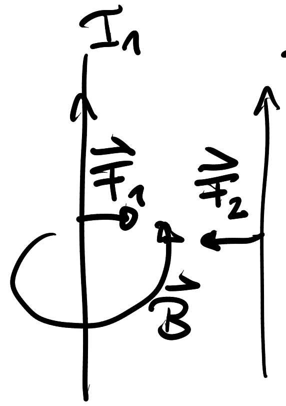
1 Ampere = 1A = Strom, bei dem sich zwei lange, parallele Leiter im Abstand von 1m mit der Kraft $F/L = 2 \cdot 10^{-7}\,N/m$ anziehen.

Analog zum elektrischen Feld: B-Feld ist Kraft pro Strom.

$$\frac{F}{L} = \underbrace{\frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1}{r}}_{B} \cdot I_2 \qquad \vec{F} = q \cdot \vec{E}$$

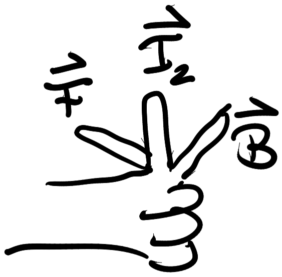
Geometrisch: $\frac{\vec{F}}{L} = \vec{I} \times \vec{B}$





$\vec{F}_1 \sim \vec{I}_1 \times \vec{B}_2$

$\vec{F}_2 \sim \vec{I}_2 \times \vec{B}_1$



Einheit Magnetfeld:

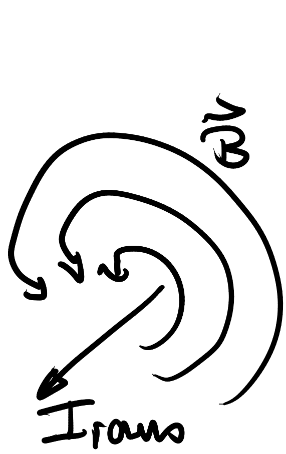
$$1\,\text{Tesla} = 1\,T = 1\,\frac{N}{mA} = 1\,\frac{Nm}{m^2 A} = 1\,\frac{J\cdot s}{m^2 \underset{As}{C}}$$

$$= 1\,\frac{Vs}{m^2}$$

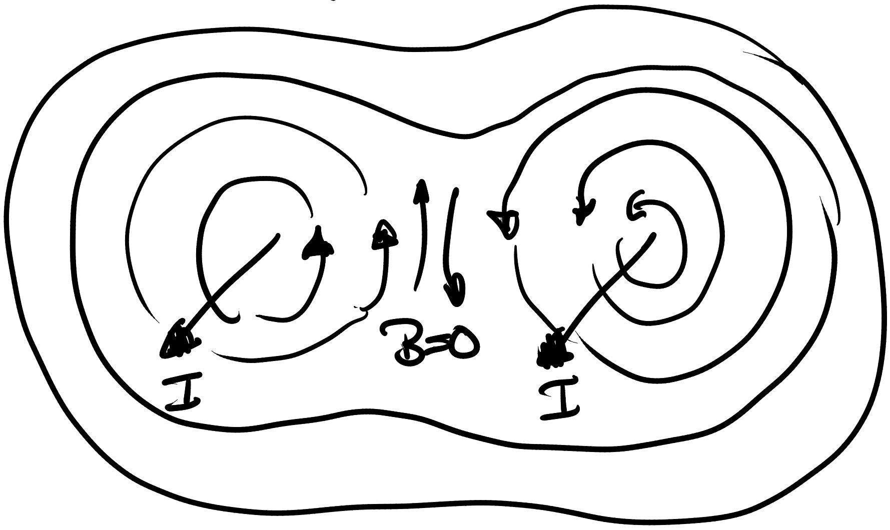
Einheit: $\mu_0 = 4\pi\cdot 10^{-7}\,\frac{N}{A^2} = 4\pi\cdot 10^{-7}\,\frac{Vs}{Am}$

Feldlinien sichtbar machen mit Eisenfeilen
→ kleine induzierte Magnete → Ausrichtung

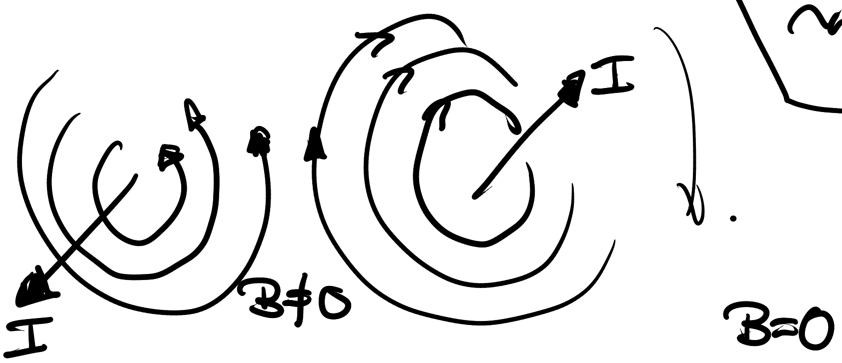
Feld eines Leiters



Zwei stromdurchflossenen Leitern:



Anziehung
⇝ mehr Überlapp der Felder
⇝ weniger Feldenergie B^2
⇝ Anziehung.

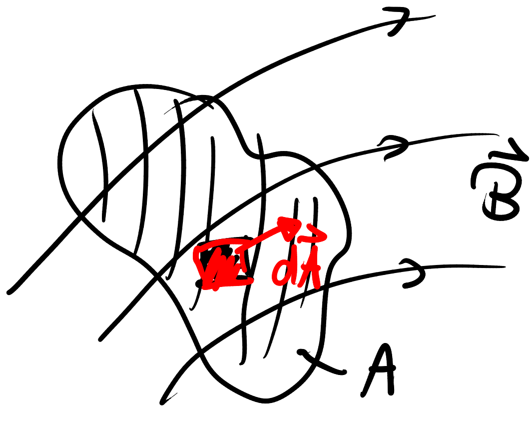


Abstoßung: näher kommen mehr Volumen mit $B\neq 0$
⇝ höhere Feldenergie ⇝ Abstoßung

Magnetischer Fluß

analog zum elektrischen Fluß: $\Phi = \iint \vec{B}\cdot d\vec{A}$
magnetischer Fluß

Einheit: $1\,T\cdot m^2 = 1\,Vs$



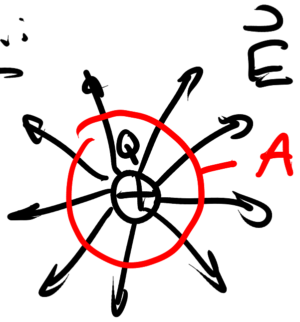
Da magnetische Feldlinien in sich geschlossen sind, ist das Analogon zum Gauß'schen Satz besonders einfach:

$$\iint \vec{B}\, d\vec{A} = 0$$

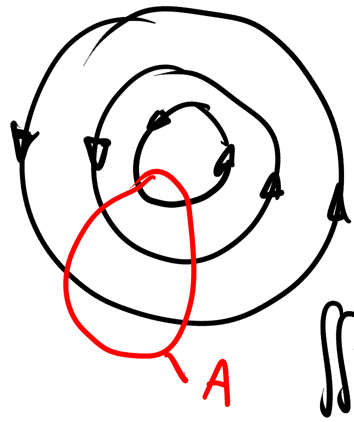
Quellenfreiheit des magnetischen Feldes.

$$\underset{A}{\oiint} \vec{B} \cdot d\vec{A} \underset{\text{Mathe}}{=} \underset{V}{\iiint} \operatorname{div} \vec{B} \cdot dV = 0 \quad \leadsto \quad \operatorname{div} \vec{B} = 0$$

Wdh.:



$$\iint \vec{E}\, d\vec{A} = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

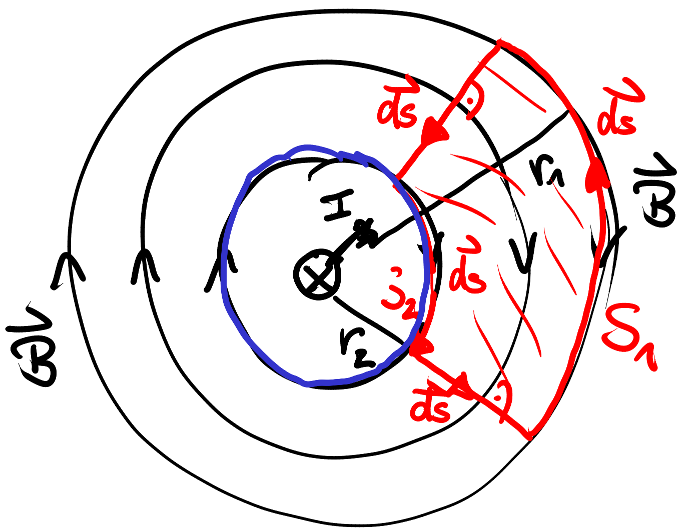


$$\iint \vec{B}\, d\vec{A} = 0$$

Rotation des Magnetfeldes?

(elektrisch: $\operatorname{rot} \vec{E} = 0$ bei Elektrostatik)

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s}$$



Entlang dem Kuchenstück

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

Teil des Kuchenstücks:

$$\oint \vec{B}\cdot d\vec{s} = \frac{\mu_0 I}{2\pi}\left(\frac{s_2}{r_2} - \frac{s_1}{r_1}\right) = 0$$

wegen $s_1 \sim r_1$; $s_2 \sim r_2$

$$\frac{s_1}{r_1} = \frac{s_2}{r_2}$$

wenn in der Fläche kein Strom fließt.

Aber für ganzen Kreis: $\oint \vec{B}\, d\vec{s} = \frac{\mu_0 I}{\cancel{2\pi r}} \cdot \cancel{2\pi r}$

$$= \mu_0 I$$

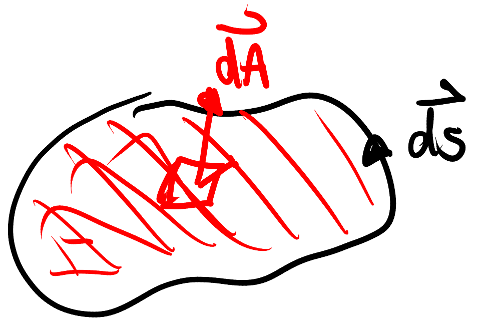
Verallg.: $\oint \vec{B}\, d\vec{s} = \mu_0 I$: Ampère'sche Gesetz

Linienintegral des magn. Felds über eine geschlossene Kurve ist gleich μ_0 mal dem eingeschlossenen Strom.

Für beliebige Stromverteilungen: $I = \iint\limits_A \vec{j}\, d\vec{A}$

Stromdichte Strom/Fläche

$$\oint \vec{B}\, d\vec{s} = \mu_0 \iint \vec{j}\cdot d\vec{A}$$



$$\oint \vec{B}\, d\vec{s} = \iint\limits_A \mathrm{rot}\,\vec{B}\cdot d\vec{A}$$

Mathe

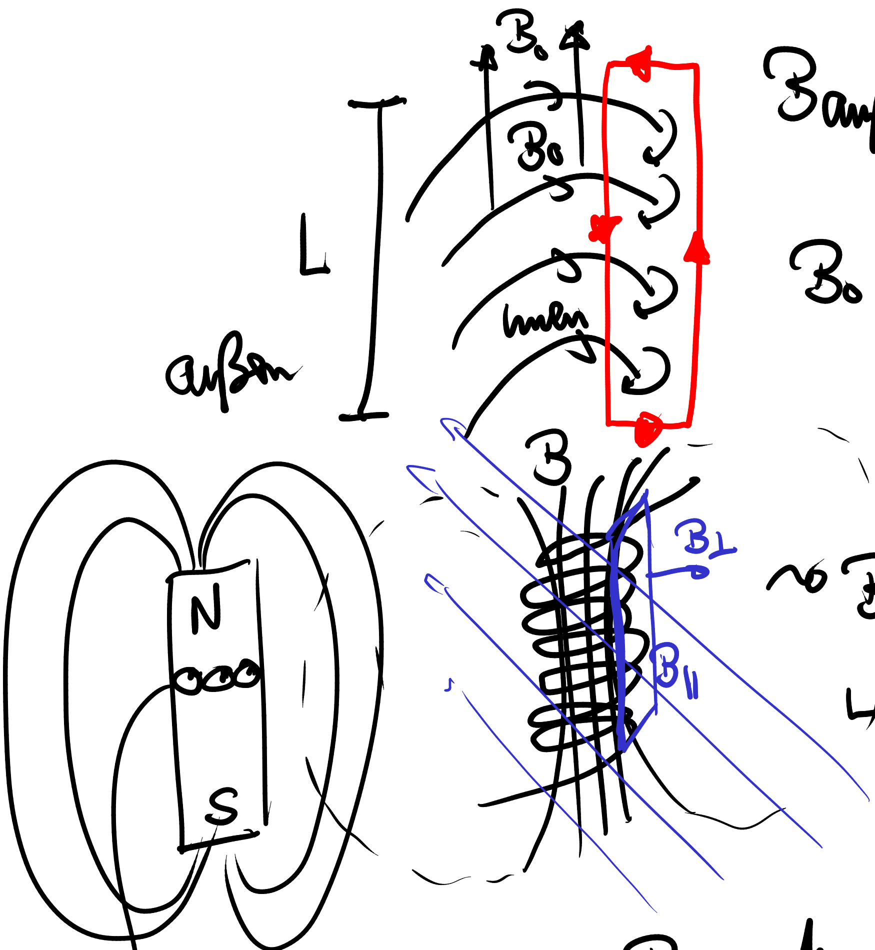
Stokes'scher Integralsatz

$$\oint \vec{B}\, d\vec{s} = \mu_0 \iint_A \vec{j}\, d\vec{A} \underset{\text{Stokes}}{=} \iint \mathrm{rot}\,\vec{B}\, d\vec{A} \rightsquigarrow \boxed{\mathrm{rot}\,\vec{B} = \mu_0 \vec{j}}$$

Übersicht:

$$\boxed{\begin{array}{ll} \iint \vec{E}\, d\vec{A} = Q/\varepsilon_0 & \oint \vec{E}\, d\vec{s} = 0 + \ldots \\ \iint \vec{B}\, d\vec{A} = 0 & \oint \vec{B}\, d\vec{s} = \mu_0 I + \ldots \end{array}}$$

Anwendung: Magnetfeld einer langen Spule



atomare Ringströme

$B_{außen} \ll B_0$ (innen)

$$B_0 \cdot L - \underbrace{B_{außen} \cdot L}_{=0} = \mu_0 I \cdot N$$

N: Wicklungszahl

$$\rightsquigarrow \underbrace{B_0 = \frac{\mu_0 I \cdot N}{L}}_{\text{für eine lange Spule}}$$

$$\Delta B_\parallel = \mu_0 \frac{N}{L} \cdot I = \mu_0\, n\, I, \qquad n = \frac{\text{Wicklungen}}{\text{Länge}}$$