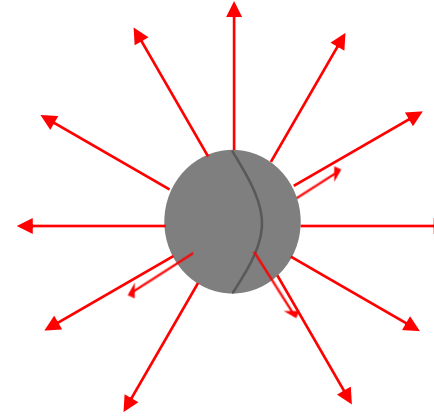


Übungsstunde 9 – Stationäres Magnetfeld

Magnetfeld

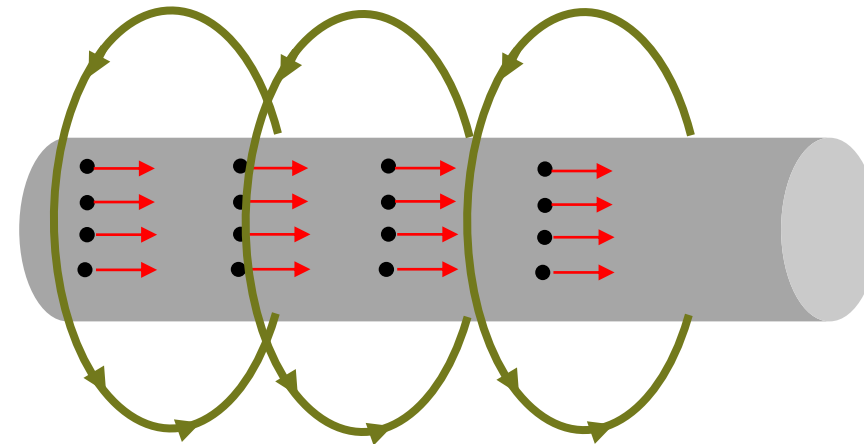
Ladungen lösen **E-Feld** aus

Quelle: Ladungen Q

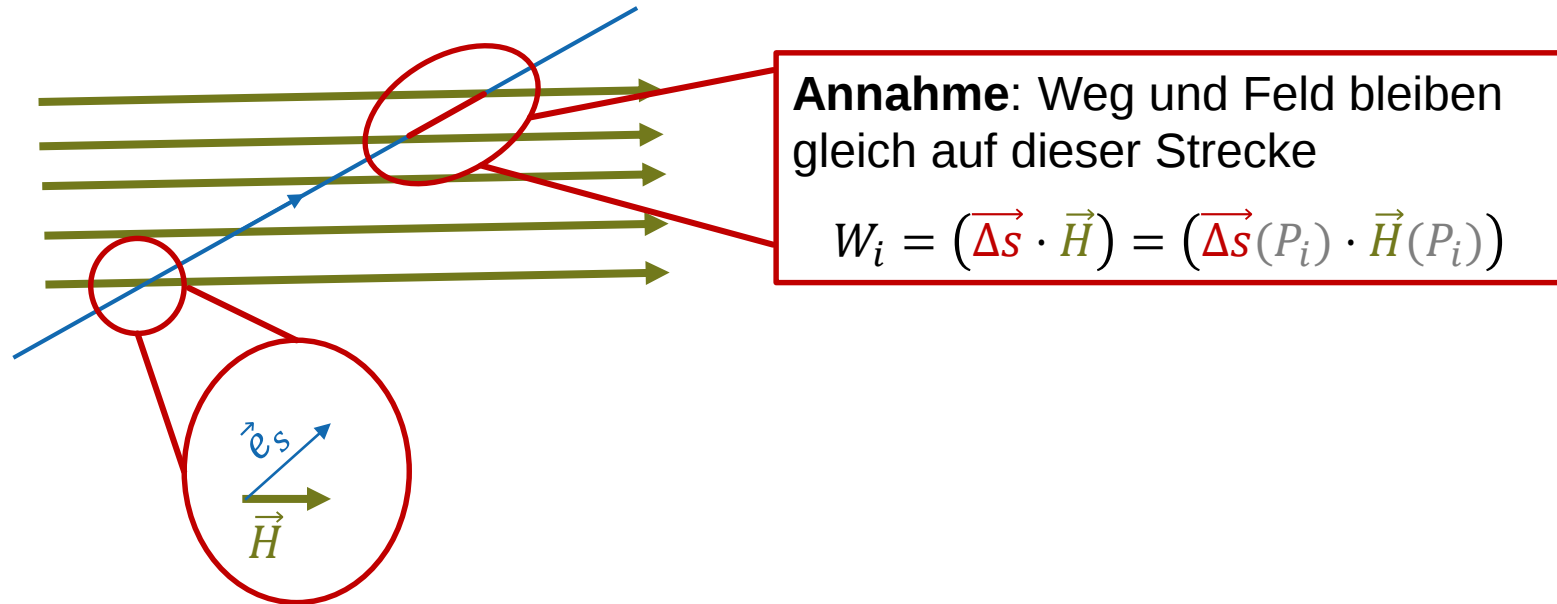


Bewegte Ladungen lösen Magnetfeld (**H-Feld**) aus

Quelle: Strom



Recap: Wegintegral

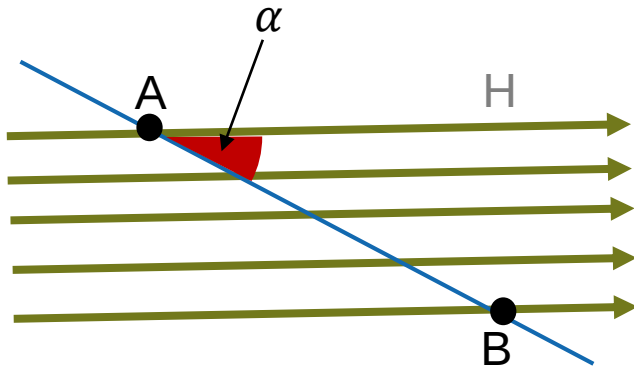


$$W_{ges} = \sum_i W_i = \sum_i (\overrightarrow{\Delta s}(P_i) \cdot \vec{H}(P_i)) \xrightarrow{\Delta s \rightarrow 0} \int_{Pa}^{Pb} \vec{H} \cdot d\vec{s}$$

Recap: Wegintegral

Beispiel #1

Länge des Weges: L

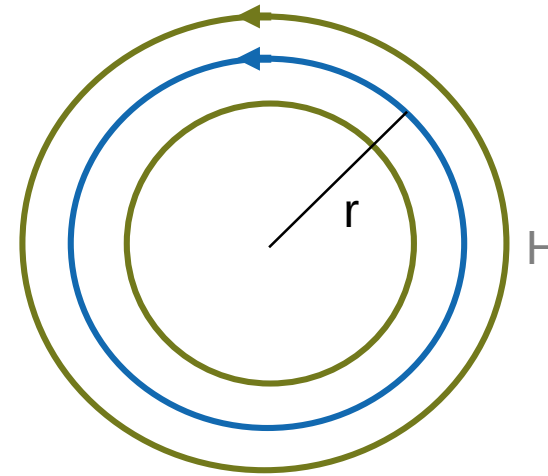


$$\begin{aligned}\int_A^B \vec{H} \cdot d\vec{s} &= L \cdot (\vec{H} \cdot \vec{e}_s) = L \cdot |H| \cdot \vec{e}_H \cdot \vec{e}_s \\ &= L \cdot |H| \cdot \cos(\alpha)\end{aligned}$$

Feld Konstant: $|H|$

Beispiel #2

Radius: r



$$\oint_{\text{Kreis}} \vec{H} \cdot d\vec{s} = L \cdot |H| \cdot \vec{e}_H \cdot \vec{e}_s = 2\pi r \cdot |H|$$

Durchflutungsgesetz

Frage: Wie hängt das Magnetfeld mit dem Strom zusammen?

„Fliesst Strom durch eine Fläche, so entsteht ein Magnetfeld **H**, dessen Wert ähnlich zur Fläche und Stromstärke ist“

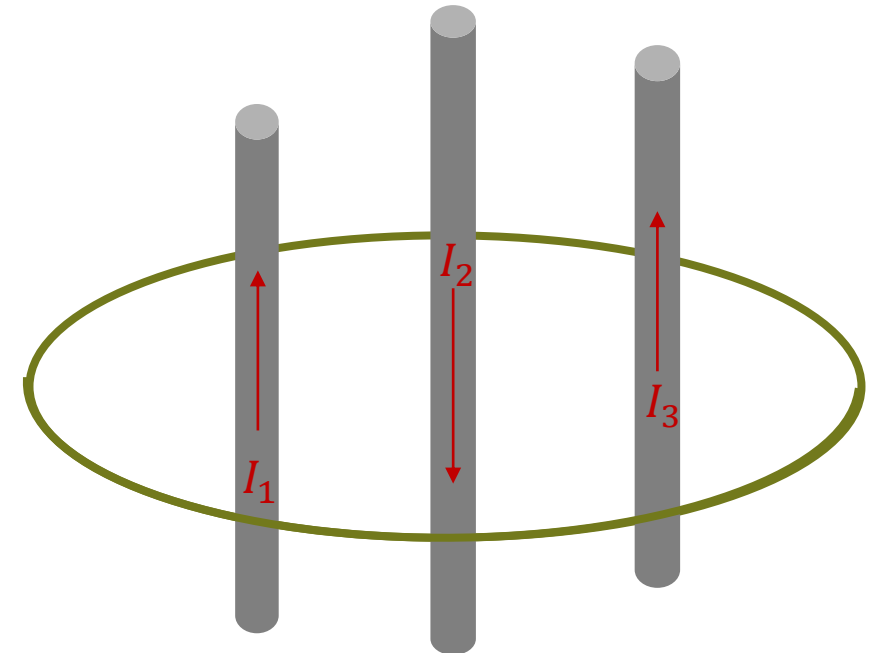
$$\Theta = \oint_s \vec{H} \cdot d\vec{s} = \iint_A \vec{j} \cdot d\vec{A} = \sum_s I_s = I_{eff}$$



H parallel zu Weg und Konstant,
(*j senkrecht zu Fläche und konstant*)



$$|H| \cdot |s| = |j| \cdot A_{eff} = I_{eff}$$



$$\Theta = I_1 - I_2 + I_3$$

Magnetischer Fluss und Flussdichte

Frage: Wieviel Magnetfeld fliesst durch eine Fläche unabhängig des Materials ?

Wir definieren **B** als die **Magnetische Flussdichte**. Diese Grösse soll «unabhängig vom Material» sein.

$$H := \frac{B}{\mu_0 \mu_r} \leftarrow \text{«Unabhängig vom Material»}$$

↑
Unterschiedlich in versch.
Materialien

Wir definieren den **Magnetischen Fluss** Φ als Magnetfeld, welches effektiv durch eine Fläche fliesst.

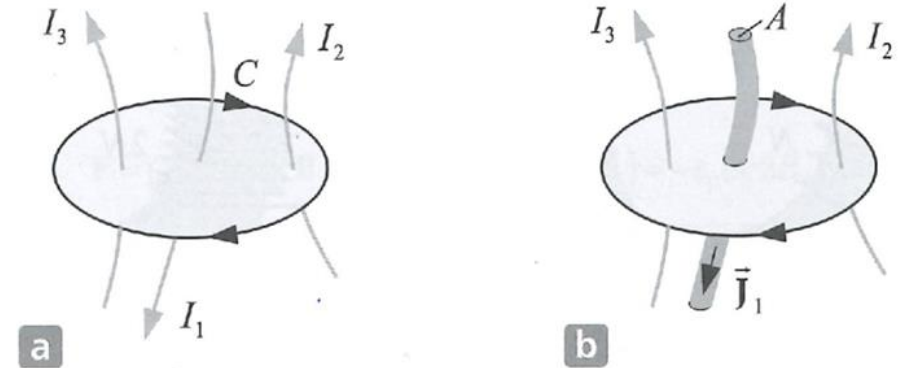
$$\Phi := \iint_A \vec{B} \cdot d\vec{A} \rightarrow |B| \cdot |A|$$

Da Magnetfeldlinien geschlossen sind, gilt **immer**:

Geschlossene
Oberfläche $\longrightarrow \oiint_A \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$

Frage:

Geben sie für Teilbild a) die Durchflutung der von der Kontur C eingeschlossenen Fläche an.
Wie ändert sich die Durchflutung, wenn der Strom I_1 nicht mehr in einem dünnen Leiter, sondern wie
In Teilbild b als räumlich verteilte Stromdichte $\vec{j}_1$ in einem Massivleiter der Querschnittsfläche A fließt?

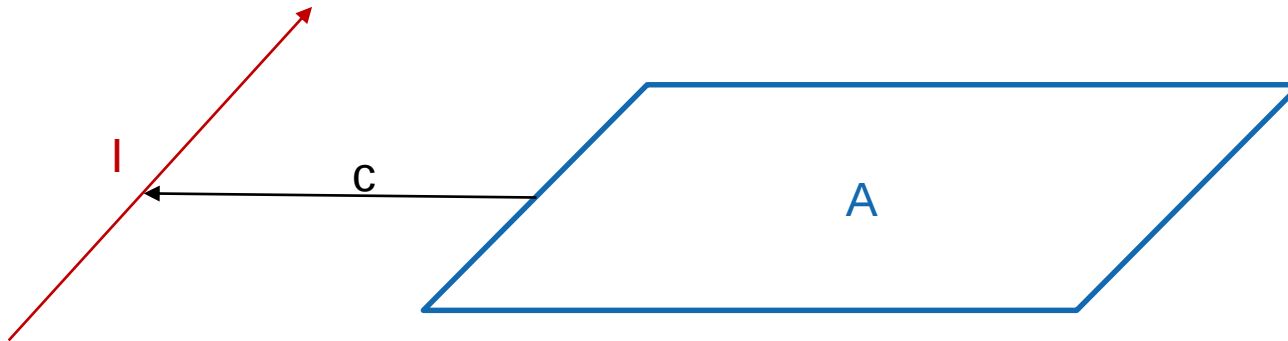


Frage

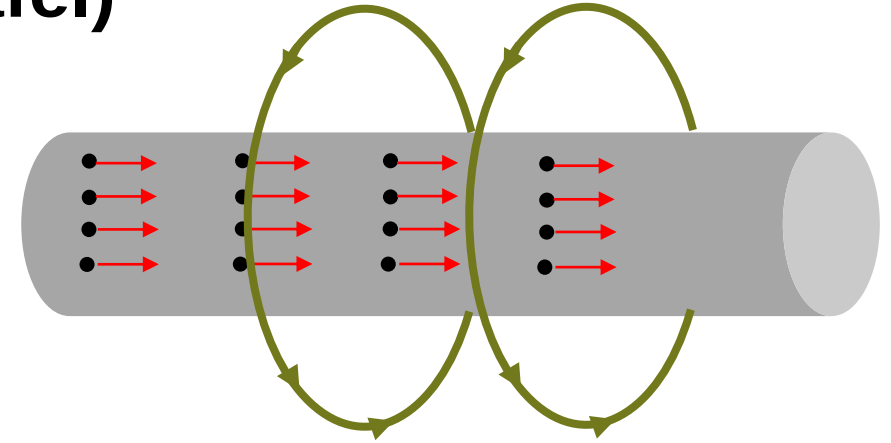
Der Linienstrom mit der konstanten Stromstärke $I > 0$ liegt in der von der rechteckigen Leiterschleife des Flächeninhalts A aufgespannten Ebene. Mit fortschreitender Zeit wird der Abstand c grösser.

Was gilt für den magnetischen Fluss Φ bezüglich der Fläche?
Was gilt für die Durchflutung Θ bezüglich dem Rand von A ?

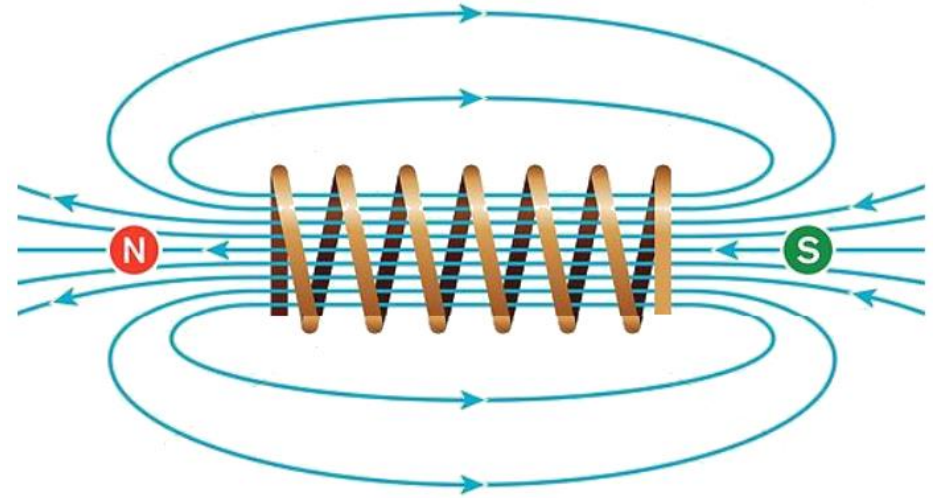
<https://goo.gl/C2LBK8>



Beispiel: Magnetfeld eines Leiters (Wandtafel)



Beispiel: Magnetfeld einer Spule (Wandtafel)



Kraft auf bewegte Ladungen

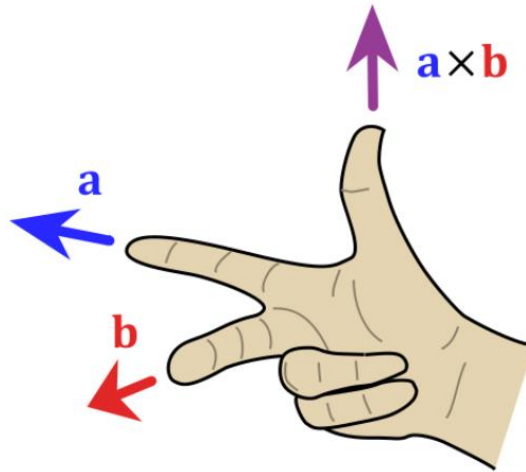
Kraft von Magnetfeld auf Ladungen

$$\vec{F}_M = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$$

Kraft eines E-Feld auf Ladungen

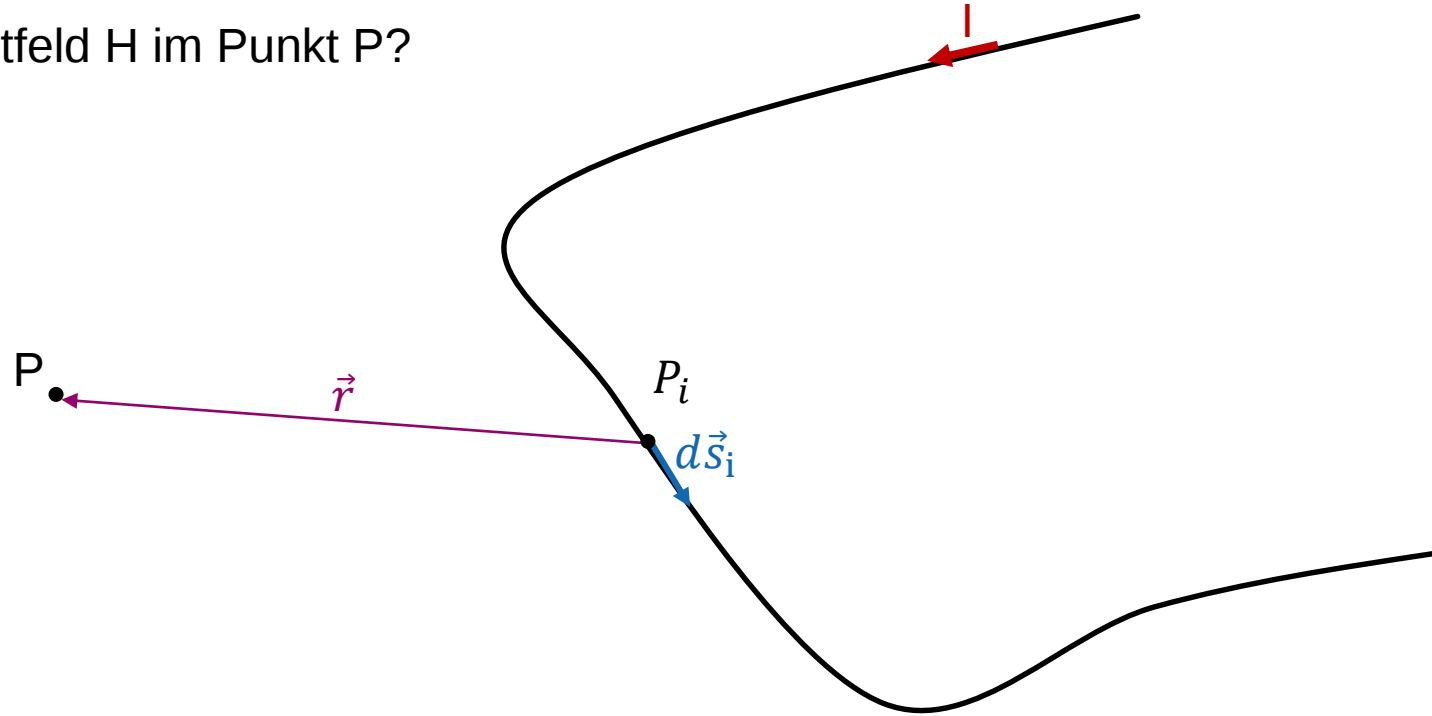
$$\vec{F}_E = q \cdot \vec{E}$$

$$\vec{F}_L = \vec{F}_M + \vec{F}_E = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$



Gesetz von Biot-Savart

Frage: Wie gross ist das Magnetfeld H im Punkt P ?

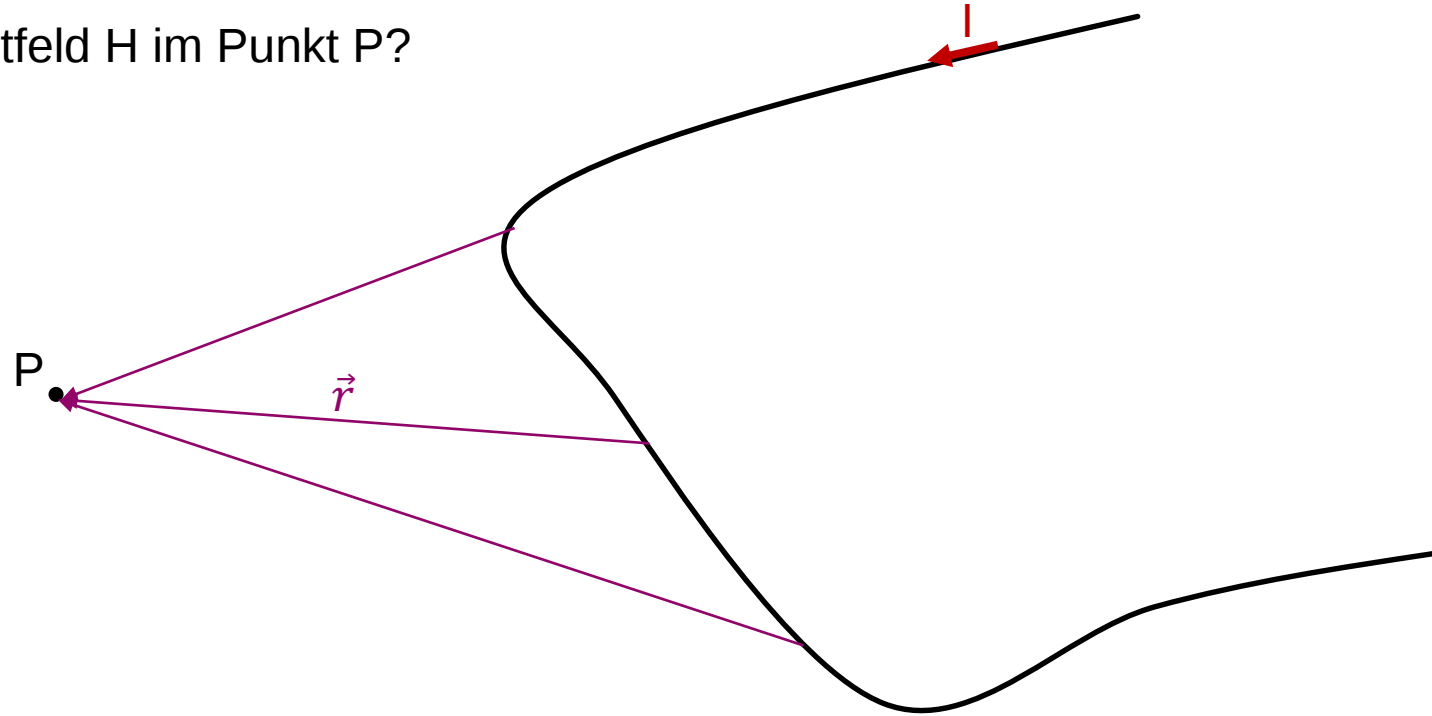


Der Punkt P_i löst im Punkt P ein Magnetfeld aus, das durch folgende Gleichung gegeben ist

$$d\vec{H}_i = \frac{I}{4\pi} \cdot \frac{d\vec{s}_i \times \vec{r}}{r^3}$$

Gesetz von Biot-Savart

Frage: Wie gross ist das Magnetfeld H im Punkt P?



$$\vec{H} = \sum_i d\vec{H}_i = \frac{I}{4\pi} \sum_i \frac{d\vec{s}_i \times \vec{r}}{r^3} \rightarrow \frac{I}{4\pi} \int_S \frac{d\vec{s} \times \vec{r}}{r^3}$$

Aufgabe: Superposition

Die im Querschnitt dargestellte Leiteranordnung ist in z-Richtung unendliche ausgedehnt. Der Strom I_3 verteilt sich gleichmässig über den gesamten Zylinder mit Radius b .

- 1) Bestimmen Sie das magnetische Feld $\vec{H}(x, y)$ im gesamten Raum.
- 2) Welche auf die Länge l bezogene Kraft $\vec{F}$ wirkt auf den bei $x = -a$ befindlichen Leiter?

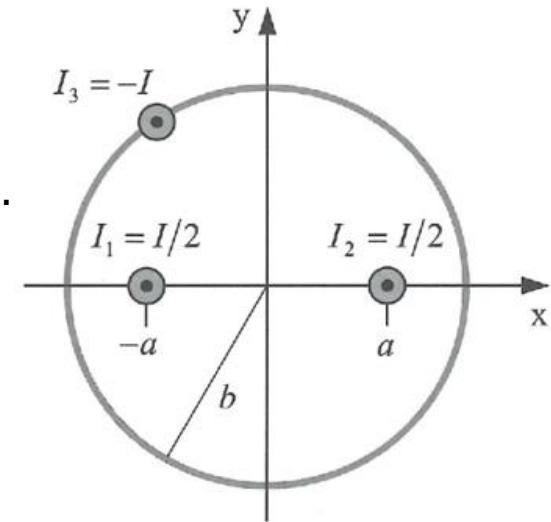


Abbildung 1: Leiteranordnung

