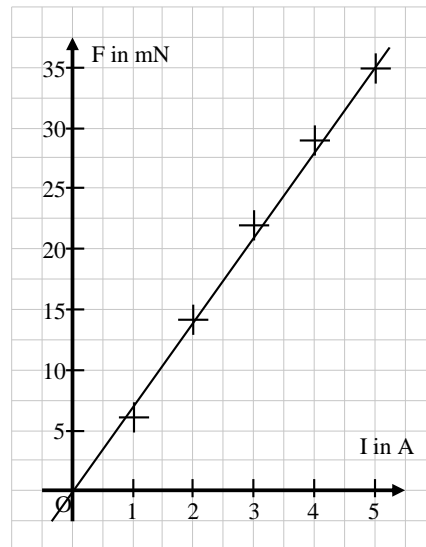


- a) • Das Stromstärke-Kraft-Diagramm:



Das Stromstärke-Kraft-Diagramm ist eine Ursprungsgerade, somit ist die Kraft F proportional zur Stromstärke und die Proportionalitätskonstante erhält man durch Mittelwertbildung der Quotienten $\frac{F}{I}$ der einzelnen Wertepaare. Man erhält hierbei für die Proportionalitätskonstante einen Wert von:

$$\frac{F}{I} = \frac{1}{5} \cdot \left(\frac{6,5}{1} + \frac{14}{2} + \frac{22}{3} + \frac{29}{4} + \frac{35}{5} \right) \approx 7,02 \frac{\text{mN}}{\text{A}}.$$

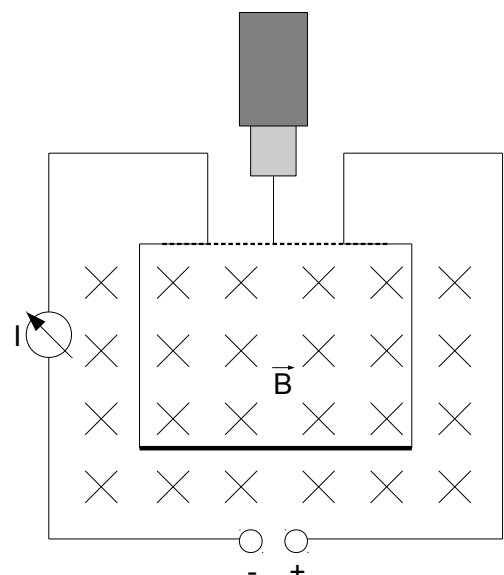
Für die Kraft auf einen Stromdurchflossenen Leiter in einem Magnetfeld gilt:

$$F = I \cdot B \cdot s.$$

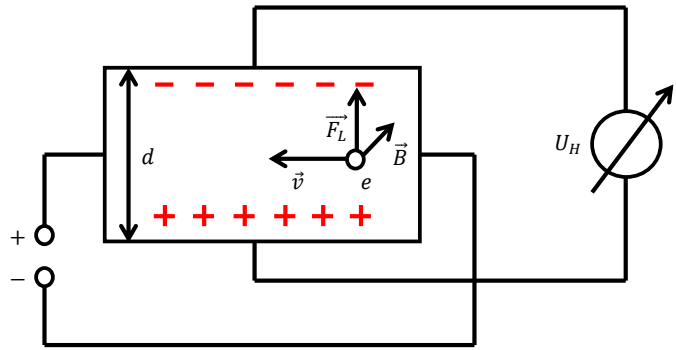
Hiermit erhält man für die magnetische Flussdichte:

$$B = \frac{F}{I} \cdot \frac{1}{s} = 7,02 \cdot \frac{1}{0,08} \text{ mT} \approx 87,75 \text{ mT}.$$

- Man bringt eine Leiterschleife in ein nach oben begrenztes Magnetfeld der Flussdichte \vec{B} . Die Leiterschleife sei an einem Kraftmesser so aufgehängt, dass sich die Oberkante der Leiterschleife außerhalb des Magnetfeldes befindet und die Magnetfeldlinien die Leiterschleife senkrecht durchstoßen. Zur Durchführung müssen die folgenden Größen gemessen werden, die Länge s der Unterkante der Leiterschleife, die Veränderung der am Kraftmesser angezeigten Kraft und die Stromstärke I .



- Der Halleffekt beruht auf der Tatsache, dass geladene sich bewegende Teilchen im Magnetfeld eine Kraft senkrecht zur Bewegungsrichtung und zum Magnetfeld erfahren. Befindet sich eine leitende Platte, an deren Enden eine Spannung angelegt ist, in einem Magnetfeld, so erfahren die sich durch die Platte bewegenden Ladungsträger eine Kraft.



Diese Kraft (die Lorentzkraft) bewirkt eine Ablenkung zur Ober-, oder Unterkante hin (je nach Orientierung des Magnetfelds). Weshalb eine Kante positiv und eine negativ geladen erscheint, somit kann man zwischen Ober- und Unterkante eine Spannung messen, die sogenannte Hallspannung.

- b)
- Die Spule bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit und befindet sich zunächst außerhalb des Magnetfelds, hierbei wird keine Spannung induziert. Tritt dann die Spule ins Magnetfeld ein, so ändert sich der magnetische Fluss und es wird so lange eine Spannung induziert, bis die Spule sich komplett im Magnetfeld befindet. Danach ändert sich der Fluss nicht, es wird also keine Spannung induziert. Tritt die Spule wieder aus dem Magnetfeld aus, wird ebenfalls eine Spannung induziert, da sich der magnetische Fluss ändert. Die induzierte Spannung besitzt jeweils unterschiedliche Vorzeichen, für den Betrag der Spannung gilt:

$$U_{\text{ind}} = B \cdot d \cdot v,$$

Diese ist also konstant und bei Eintritt und Austritt betragsmäßig gleich groß. Deshalb scheiden die Diagramme (2) und (3) aus. In Diagramm (1) sind alle Zeitabschnitte gleich lang, wohingegen in Diagramm (4) die Zeit, in welcher keine Spannung gemessen werden kann länger ist als die Eintritts- und Austrittszeit.

Da der Drahtrahmen eine Länge von 8 cm besitzt, sich 8 cm vor dem Magnetfeld befindet und das Magnetfeld eine Länge von 16 cm besitzt, sind die jeweiligen Phasen von Eintritt, im Magnetfeld und Austritt alle gleich lang. Also ist Diagramm (1) das gesuchte Diagramm.

- Die Stromstärke lässt sich mittels dem Ohmschen Gesetz bestimmen:

$$I = \frac{U_{\text{ind}}}{R}.$$

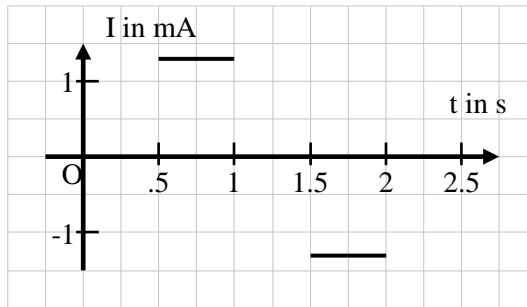
Um nun den Strom zu berechnen benötigt man die induzierte Spannung U_{ind} . Für die induzierte Spannung eines bewegten Leiters im Magnetfeld gilt:

$$U_{\text{ind}} = B \cdot d \cdot v = 0,5 \cdot 0,08 \cdot 0,16 \text{ V} \approx 6,4 \text{ mV}.$$

Da die induzierte Spannung beim Eintritt und Austritt ein unterschiedliches Vorzeichen besitzt, hat auch die Stromstärke ein entgegengesetztes Vorzeichen. Für die Stromstärke folgt dann:

$$I = \frac{U_{\text{ind}}}{R} = \frac{\pm 6,4}{5,0} \text{ mA} \approx \pm 1,28 \text{ mA}.$$

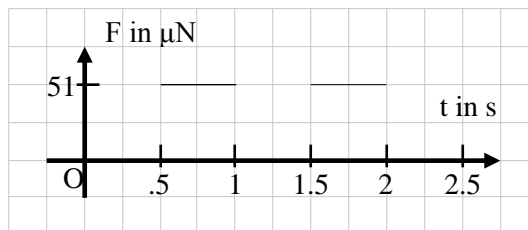
Bei der Geschwindigkeit von $v = 16 \text{ cm s}^{-1}$ benötigt der Drahtrahmen jeweils 0,5 s um 8 cm zurückzulegen, somit ergibt sich das folgende Diagramm:



- Damit der Drahtrahmen sich gleichförmig bewegt, muss die resultierende Kraft auf diesen verschwinden, d.h. die Kraft, zeigt in die entgegengesetzte Richtung der auf die Spule wirkenden Kraft. Die Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter erhält man gemäß der Formel:

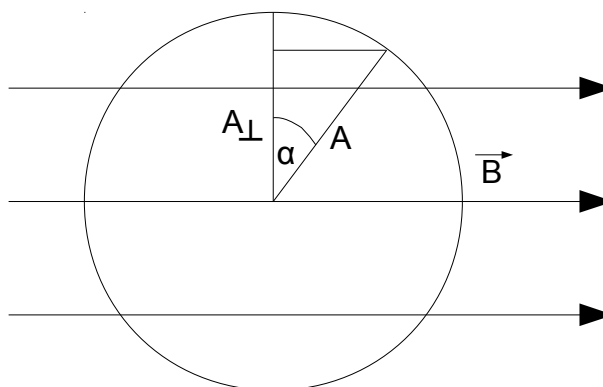
$$F_L = I \cdot B \cdot s = 0,5 \cdot 1,28 \cdot 0,08 \text{ mN} \approx 0,051 \text{ mN} = 51 \mu\text{N}.$$

Aufgrund der Lenzschen Regel ist die Kraft immer ihrer Ursache entgegengerichtet, d.h. sowohl beim Eintritt, als auch beim Austritt zeigt die Kraft, die auf die Spule wirkt nach links.



- c) • Es wird eine Spannung induziert, wenn sich der Magnetische Fluss $\Phi = B \cdot A_{\perp}$ ändert. Da zu Beginn die Feldlinien senkrecht auf der Spule stehen gilt für die von den Feldlinien senkrecht durchsetzte Fläche in abhängigkeit der Zeit:

$$A_{\perp}(t) = A \cdot \cos(\omega \cdot t).$$



Somit gilt für die induzierte Spannung:

$$\begin{aligned} U_{\text{ind}} &= -n \cdot \dot{\Phi} \\ &= -n \cdot (B \cdot \dot{A}_{\perp} + \dot{B} \cdot A_{\perp}). \end{aligned}$$

Da die Leiterschleife nur eine Windung besitzt und das Magnetfeld zeitlich konstant

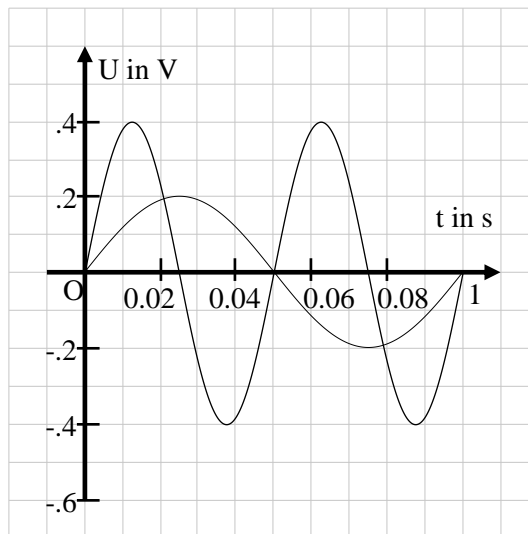
ist, gilt für die induzierte Spannung:

$$\begin{aligned}U_{\text{ind}} &= -B \cdot \dot{A}_{\perp} \\&= -B \cdot A \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t) \cdot 2\pi \cdot f \\&= 0,5 \cdot 0,08^2 \cdot 2\pi \cdot 20 \text{ V} \cdot \sin(40\pi \text{ s}^{-1} \cdot t) \\&= 0,40 \text{ V} \cdot \sin(40\pi \text{ s}^{-1} \cdot t)\end{aligned}$$

- Die maximale gemessene Spannung ist die Amplitude der Sinusfunktion

$$\hat{U} = B \cdot A \cdot \omega = 0,4 \text{ V}.$$

- Das Zeit-Spannungs-Diagramm



- Eine Halbierung der Drehfrequenz verringert den Scheitelwert wegen

$$\hat{U} = B \cdot A \cdot \omega$$

auf die Hälfte, außerdem verdoppelt sich dadurch die Periodendauer.

- d) • Aufgrund der Heisenbergschen Unschärferelation $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{h}{4\pi}$ ist es nicht möglich den Ort und den Impuls eines Teilchens beliebig genau zu messen. Versucht man also den Ort eines Teilchens genau zu bestimmen, umso größer wird der Bereich, in welchem man den Impuls messen kann. In der Nebelkammer ist der Ort nicht so genau bestimmt wie es im Atom der Fall wäre, so dass dort die Unbestimmtheit keine große Rolle spielt. Im atomaren Fall sind wir bei einer Größenordnung von $0,5 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ (5% des Atomdurchmessers), hierbei wird die Ungenauigkeit des Impulses sehr groß, die Ungenauigkeit der Geschwindigkeit liegt bei etwa der halben Lichtgeschwindigkeit. Da die Bahn eines Elektrons durch die Angabe von Ort und Geschwindigkeit bestimmt ist, kann man somit auch nicht mehr von der Bahn eines Elektrons sprechen.