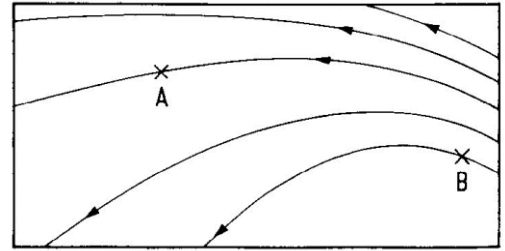


### 3.3. Prüfungsaufgaben zur Magnetostatik

#### Aufgabe 1a: Magnetisches Feld

- Zeichne jeweils eine kleine Magnetnadel mit Nord- und Südpol an den Orten A und B des rechts skizzierten Magnetfeldes ein.
- Wie entstehen Magnetfelder und wie macht man Magnete?

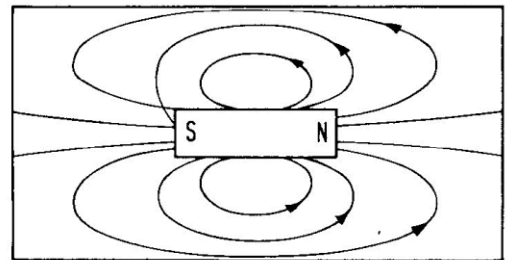


#### Aufgabe 1a: Magnetisches Feld

- Ausrichtung mit Nordpol in Pfeilrichtung der Feldlinien
- Magnetfelder entstehen durch elektrische Ströme insbesondere Kreisströme. Die ungepaarten Elektronen in ferromagnetischen Materialien stellen kleine Kreisströme dar, die in den Weisschen Bezirken parallel ausgerichtet sind. Durch ein äußeres Magnetfeld lassen sich die Weisschen Bezirke dauerhaft orientieren (Magnetisierung)

#### Aufgabe 1b: Magnetisches Feld

- Nenne und erkläre die drei Fehler bei der rechts skizzierten Darstellung des magnetischen Feldes eines Stabmagneten.
- Beschreibe und erkläre die besonderen Eigenschaften ferromagnetischer Stoffe und nenne drei Beispiele.



#### Aufgabe 1b: Magnetisches Feld

- In der unteren Hälfte weisen die Feldlinien von Süden nach Norden, obwohl der Nordpol eines Elementarmagneten immer Richtung Süden weist.

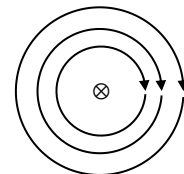
Links schneiden sich zwei Feldlinien, was ebenso wie bei den elektrischen Feldlinien unmöglich ist, da am Schnittpunkt keine eindeutige Richtung der Kompassnadel mehr zu erkennen wäre.

Die Feldlinien schneiden die Längsseiten des Magneten, obwohl sie im Magneten und auch in seiner unmittelbaren Nähe aufgrund der parallelen Ausrichtung der Kreisströme ebenfalls parallel zur Längsachse verlaufen müssten.

- Kreisströme ungepaarter Elektronen als Elementarmagnete sind in den Weisschen Bezirken vorgeordnet. Die Ausrichtung unter dem Einfluss eines äußeren Magnetfeldes bleibt auch nach Entfernung desselben erhalten. Beispiele sind Eisen, Nickel, Kobalt und Neodym.

#### Aufgabe 2a: Magnetisches Feld (3)

- Skizziere die magnetischen Feldlinien um einen senkrecht auf der Papierebene stehenden Leiter, in dem die technische Stromrichtung in die Papierebene hinein weist. (siehe rechts) Gib die Richtung der Feldlinien durch Pfeile an. (2)
- Bei einer Stromstärke von  $I = 1 \text{ A}$  hat die magnetische Flussdichte in einer Entfernung von 1 cm eine Stärke von  $B \approx 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ T}$ . Wie gross ist B am gleichen Ort, wenn man die Stromstärke verdoppelt? (1)

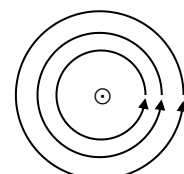


#### Lösungen:

- Skizze: siehe rechts
- B verdoppelt sich ebenfalls auf  $2B \approx 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ T}$ , da die magnetische Flussdichte proportional zur Stromstärke ist

#### Aufgabe 2b: Magnetisches Feld (3)

- Skizziere die magnetischen Feldlinien um einen senkrecht auf der Papierebene stehenden Leiter, in dem die technische Stromrichtung in die Papierebene hinein weist. (siehe rechts) (2)
- Bei einer Stromstärke von  $I = 1 \text{ A}$  hat die magnetische Flussdichte in einer Entfernung von 1 cm eine Stärke von  $B \approx 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ T}$ . Wie gross ist B am gleichen Ort, wenn man die Entfernung verdoppelt? (1)

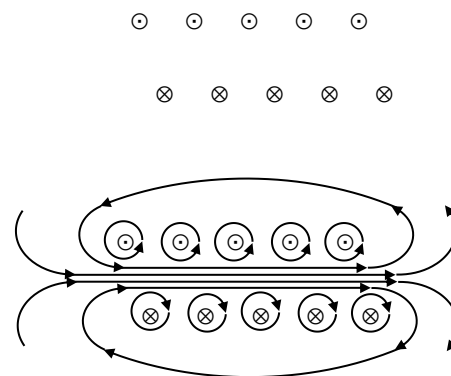


#### Lösungen:

- Skizze: siehe rechts
- B halbiert sich ebenfalls auf  $\frac{1}{2}B \approx 6 \cdot 10^{-5} \text{ T}$ , da die magnetische Flussdichte proportional zur Entfernung ist

### Aufgabe 3a: Magnetisches Feld (6)

- Skizziere die magnetischen Feldlinien in einer Spule, die von der Papierebene längs geschnitten wird. Die Kreuze bzw. Punkte geben an, an welchen Stellen die technische Stromrichtung in die Papierebene hinein bzw. aus der Papierebene hinaus weist. (siehe rechts)
- Berechne die magnetische Flussdichte im Inneren einer 10 cm langen Spule mit 2000 Windungen und Eisenkern ( $\mu_r = 1000$ ), die mit 1 Ampère betrieben wird. (3)

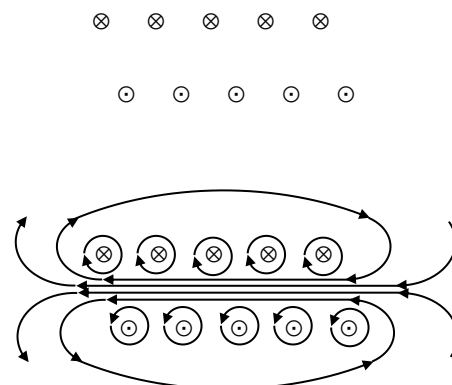


#### Lösungen:

- Skizze: siehe rechts (3)
- $B = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot n \cdot I}{s} = 8\pi \text{ T.}$  (3)

### Aufgabe 3b: Magnetisches Feld (3)

- Skizziere die magnetischen Feldlinien in einer Spule, die von der Papierebene längs geschnitten wird. Gib die Richtung der Feldlinien durch Pfeile an. Die Kreuze bzw. Punkte geben wie in Aufgabe 1 an, an welchen Stellen die technische Stromrichtung in die Papierebene hinein bzw. aus der Papierebene hinaus weist. (siehe rechts)
- Berechne die magnetische Flussdichte im Inneren einer 5 cm langen Spule mit 1000 Windungen und Eisenkern ( $\mu_r = 1000$ ), die mit 2 Ampère betrieben wird. (3)



#### Lösungen:

- Skizze: siehe rechts (3)
- $B = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot n \cdot I}{s} = 16\pi \text{ T.}$  (3)

### Aufgabe 4a: Flussdichte (3)

- Berechne die magnetische Flussdichte B in einer 10 cm langen Spule mit 100 Windungen bei der Stromstärke von 2 A. (2)
- Wie heißen die Bereiche gleichartiger Magnetisierung innerhalb des Eisenkerns, deren gemeinsame Ausrichtung das Magnetfeld der Spule verstärkt? (1)

#### Lösungen:

- $B = \frac{\mu_0 \cdot n \cdot I}{s} = 8\pi \cdot 10^{-4} \text{ T} \approx 2,5 \text{ mT}$
- Weissche Bezirke

### Aufgabe 4b: Flussdichte (3)

- Berechne die magnetische Flussdichte B in einer 5 cm langen Spule mit 200 Windungen bei der Stromstärke von 1 A. (2)
- Wie ändert sich die Flussdichte, wenn man einen Eisenkern mit  $\mu = 1000$  in die Spule schiebt? (1)

#### Lösungen:

- $B = \frac{\mu_0 \cdot n \cdot I}{s} = 16\pi \cdot 10^{-4} \text{ T} \approx 5 \text{ mT}$
- Sie vertausendfacht sich auf 5 T

### Aufgabe 5: Magnetfeld der Erde (8)

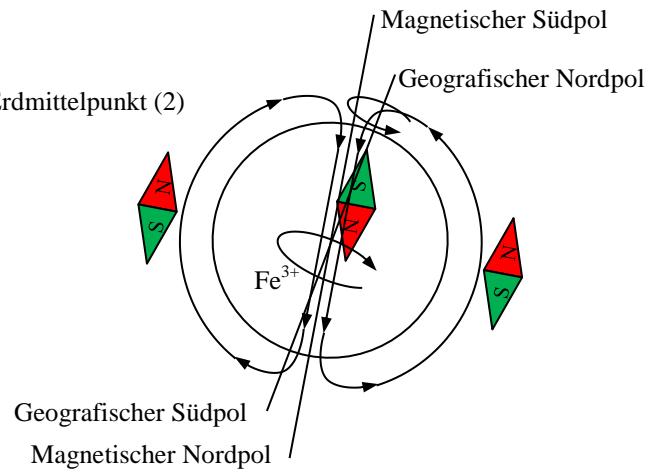
Skizziere das Magnetfeld der Erde mit

- mindestens zwei gerichteten Feldlinien (2)
- Drehrichtung der Erde (1)
- geografischen und magnetischen Polen (1)
- zwei beschrifteten Kompassnadeln am Äquator und im Erdmittelpunkt (2)
- erzeugendem Strom mit Ladungsträgern (2)

## Lösung

Skizze mit

- mindestens zwei gerichteten Feldlinien (2)
- Drehrichtung der Erde (1)
- geografischen und magnetischen Polen (1)
- zwei beschrifteten Kompassnadeln am Äquator und im Erdmittelpunkt (2)
- erzeugendem Strom mit Ladungsträgern (2)



### Aufgabe 6a: Lorentzkraft auf stromdurchflossene Leiter (8)

- Wie groß ist die Kraft zwischen zwei 50 cm langen mit einem Strom von 4 A durchflossenen Leitern, die parallel zueinander in einer Entfernung von 2 cm verlaufen? (4)
- Eine Hochspannungs-Freileitung überträgt bei der Spannung  $U = 40 \text{ kV}$  eine Leistung von  $P = 20 \text{ MW}$ . Welcher Strom fließt durch die Leitung und wie gross ist die Kraft zwischen zwei in einer Entfernung von 4 m parallel aufgehängten 100 langen Leitungsstücken?

## Lösung

- $F = I \cdot s \cdot B = \frac{\mu_0 \cdot s \cdot I^2}{2\pi r} = 16 \cdot 10^{-5} \text{ N. (4)}$
- $I = \frac{P}{U} = 500 \text{ A} \Rightarrow F = I \cdot s \cdot B = \frac{\mu_0 \cdot s \cdot I^2}{2\pi r} = 1,25 \text{ N. (5)}$

### Aufgabe 6b: Lorentzkraft auf stromdurchflossene Leiter (8)

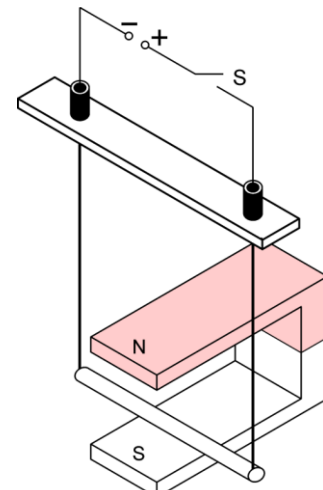
- Wie groß ist die Kraft zwischen zwei 80 cm langen mit einem Strom von 2 A durchflossenen Leitern, die parallel zueinander in einer Entfernung von 4 cm verlaufen? (4)
- Eine Hochspannungs-Freileitung überträgt bei der Spannung  $U = 200 \text{ kV}$  eine Leistung von  $P = 400 \text{ MW}$ . Welcher Strom fließt durch die Leitung und wie gross ist die Kraft zwischen zwei in einer Entfernung von 10 m parallel aufgehängten 200 langen Leitungsstücken?

## Lösung

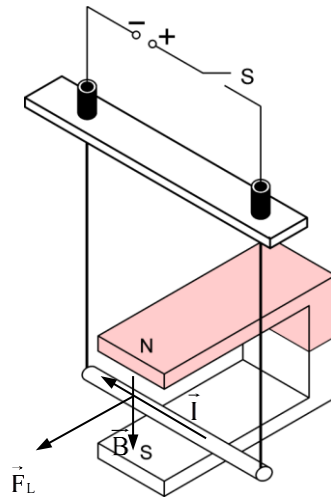
- $F = I \cdot s \cdot B = \frac{\mu_0 \cdot s \cdot I^2}{2\pi r} = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ N. (4)}$
- $I = \frac{P}{U} = 2000 \text{ A} \Rightarrow F = I \cdot s \cdot B = \frac{\mu_0 \cdot s \cdot I^2}{2\pi r} = 16 \text{ N. (5)}$

### Aufgabe 7a: Lorentzkraft (2)

Kennzeichne die technische Stromrichtung im Leiter sowie die Richtungen der magnetischen Feldlinien und der Lorentzkraft in der Abbildung rechts durch drei Pfeile.

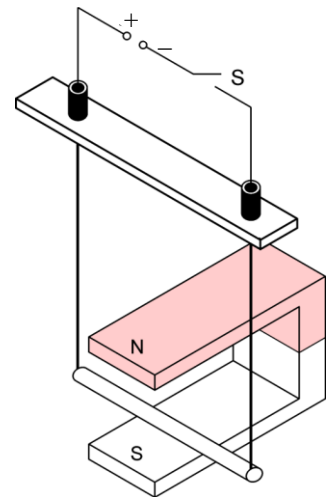


**Lösung:**

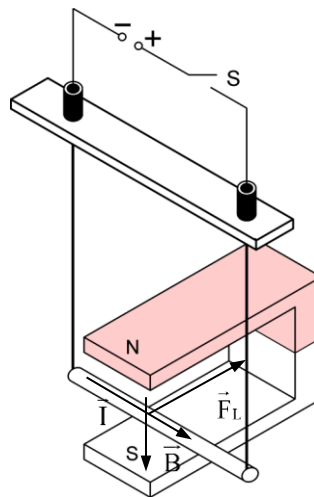


**Aufgabe 7b: Lorentzkraft (2)**

Kennzeichne die technische Stromrichtung im Leiter sowie die Richtungen der magnetischen Feldlinien und der Lorentzkraft in der Abbildung rechts durch drei Pfeile.

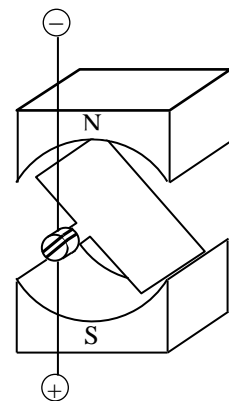


**Lösung:**



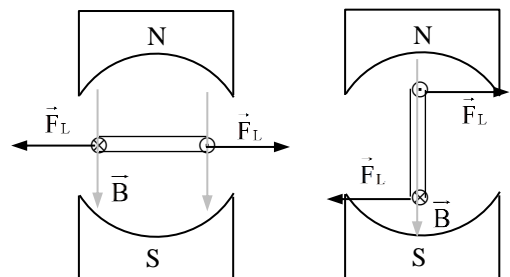
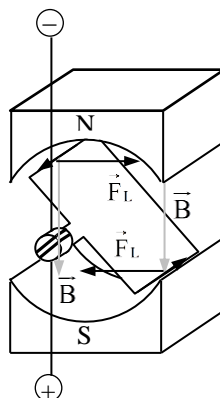
**Aufgabe 8a: Elektromotor**

- Zeichne jeweils die Stromrichtung  $\vec{I}$ , die magnetische Flussdichte  $\vec{B}$  und die Lorentzkraft  $\vec{F}_L$  als Pfeile ein und markiere die Drehrichtung der Leiterschleife. (3)
- In welcher Stellung der Leiterschleife ist das Drehmoment maximal und in welcher Stellung ist es minimal („Totpunkt“)? Begründe. (4)



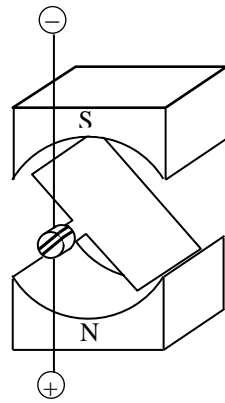
**Aufgabe 8a: Elektromotor**

- siehe rechts: Drehung im Uhrzeigersinn (3)
- Der Totpunkt ist in waagrechter Stellung (Mitte) erreicht, wenn die Lorentzkraft keine Hebelwirkung bzw. kein Drehmoment ausübt und die Leiterschleife bloss aufzubiegen sucht. (2)  
Die maximale Hebelwirkung wird in senkrechter Stellung (Rechts) erreicht, wenn die Lorentzkraft senkrecht zur Leiterschleife wirkt. (2)



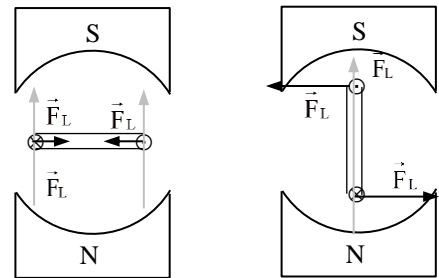
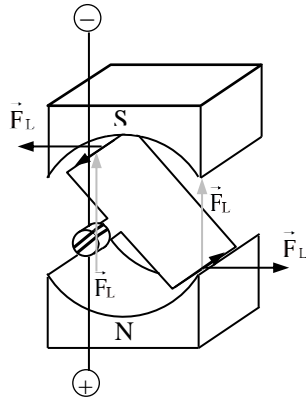
**Aufgabe 8b: Elektromotor**

- a) Zeichne jeweils die Stromrichtung  $\vec{I}$ , die magnetische Flussdichte  $\vec{B}$  und die Lorentzkraft  $\vec{F}_L$  als Pfeile ein und markiere die Drehrichtung der Leiterschleife. (3)
- b) In welcher Stellung der Leiterschleife ist das Drehmoment maximal und in welcher Stellung ist es minimal („Totpunkt“)? Begründe. (4)



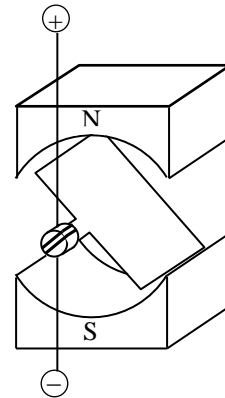
**Aufgabe 8b: Elektromotor**

- a) siehe rechts: Drehung gegen den Uhrzeigersinn (3)
- b) Der Totpunkt ist in waagrechter Stellung (Mitte) erreicht, wenn die Lorentzkraft keine Hebelwirkung bzw. kein Drehmoment ausübt und die Leiterschleife bloss zusammen biegt. (2)  
Die maximale Hebelwirkung wird in senkrechter Stellung (Rechts) erreicht, wenn die Lorentzkraft senkrecht zur Leiterschleife wirkt. (2)



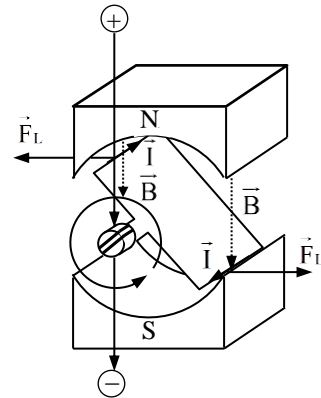
**Aufgabe 8c: Elektromotor (6)**

- a) Zeichne jeweils die Stromrichtung  $\vec{I}$ , die magnetische Flussdichte  $\vec{B}$  und die Lorentzkraft  $\vec{F}_L$  als Pfeile ein und markiere die Drehrichtung der Leiterschleife. (3)
- b) In welche Richtung dreht sich der Motor? (1)
- c) Kennzeichne und erkläre den Kommutator. (2)



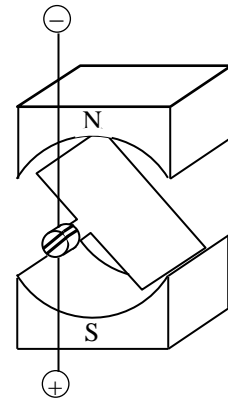
**Lösungen:**

- a) siehe rechts (3)
- b) siehe rechts (1)
- c) Kommutator = Stromwechsler, damit der Strom in der oberen Hälfte immer nach hinten und in der unteren Hälfte immer nach vorne fließt. (2)



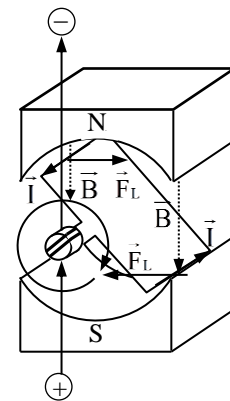
**Aufgabe 8d: Elektromotor (6)**

- Zeichne jeweils die Stromrichtung  $\vec{I}$ , die magnetische Flussdichte  $\vec{B}$  und die Lorentzkraft  $\vec{F}_L$  als Pfeile ein und markiere die Drehrichtung der Leiterschleife. (3)
- In welche Richtung dreht sich der Motor? (1)
- Kennzeichne und erkläre den Kommutator. (2)



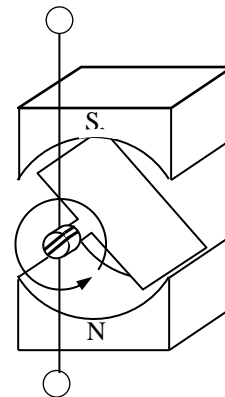
**Lösungen:**

- siehe rechts (3)
- siehe rechts (1)
- Kommutator = Stromwechsler, damit der Strom in der oberen Hälfte immer nach hinten und in der unteren Hälfte immer nach vorne fließt. (2)



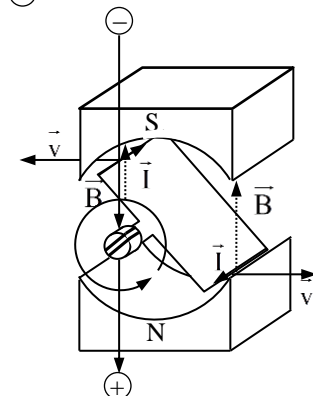
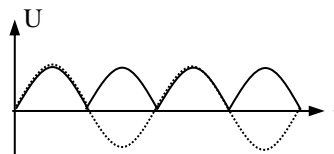
**Aufgabe 9a: Generator und Induktion (6)**

- Trage die magnetischen Flussdichte  $\vec{B}$ , die Bewegungsrichtung  $\vec{v}$  der Leiterschleife und die resultierende Lorentzkraft  $\vec{F}_L$  auf die Ladungen in der Leiterschleife des Generators als Pfeile in die Zeichnung ein. (3)
- Kennzeichne Plus- und Minuspol aus der Sicht des Verbrauchers. (1)
- Skizziere den zeitlichen Verlauf der Stromstärke mit und ohne Kommutator. (2)



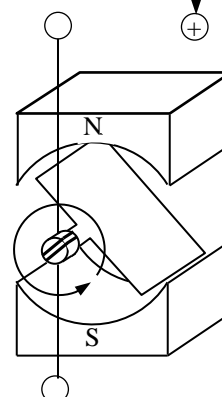
**Aufgabe 9a: Generator und Induktion (6)**

- siehe ganz rechts (3)
- siehe ganz rechts (1)  
(Polung vom Verbraucher aus betrachtet)
- siehe rechts:  
mit Kommutator unregelmäßiger Gleichstrom (1)  
ohne Kommutator Wechselstrom (1)



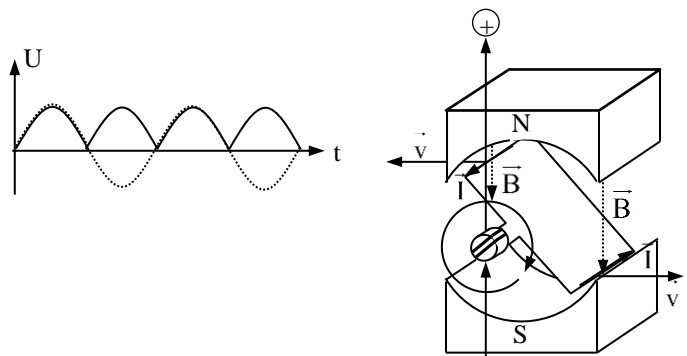
**Aufgabe 9b: Generator und Induktion (6)**

- Trage die magnetischen Flussdichte  $\vec{B}$ , die Bewegungsrichtung  $\vec{v}$  der Leiterschleife und die resultierende Lorentzkraft  $\vec{F}_L$  auf die Ladungen in der Leiterschleife des Generators als Pfeile in die Zeichnung ein. (3)
- Kennzeichne Plus- und Minuspol aus der Sicht des Verbrauchers. (1)
- Skizziere den zeitlichen Verlauf der Stromstärke mit und ohne Kommutator. (2)



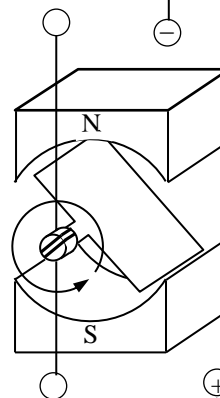
**Aufgabe 9b: Generator und Induktion (6)**

- a) siehe ganz rechts (3)
- b) siehe ganz rechts (1)  
Polung vom Verbraucher aus betrachtet
- c) siehe rechts:  
mit Kommutator unregelmäßiger Gleichstrom (1)  
ohne Kommutator Wechselstrom (1)



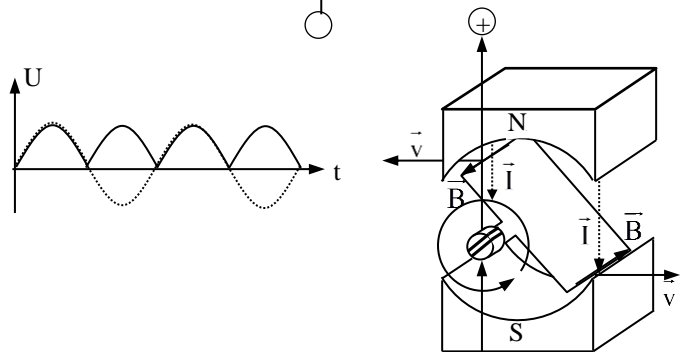
**Aufgabe 9c: Generator und Induktion (6)**

- a) Trage die magnetischen Flussdichte  $\vec{B}$ , die Bewegungsrichtung  $\vec{v}$  der Leiterschleife und die resultierende Lorentzkraft  $\vec{F}_L$  auf die Ladungen in der Leiterschleife des Generators als Pfeile in die Zeichnung ein. (3)
- b) Kennzeichne Plus- und Minuspol aus der Sicht des Verbrauchers. (1)
- c) Skizziere den zeitlichen Verlauf der Stromstärke mit und ohne Kommutator. (2)



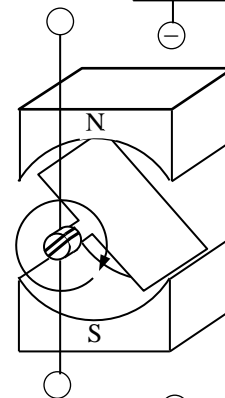
**Lösungen:**

- a) siehe rechts (3)
- b) siehe rechts (aus der Sicht des Verbrauchers!) (1)
- c) mit Kommutator: unregelmäßiger Gleichstrom  
ohne Kommutator: sinusförmiger Wechselstrom (2)



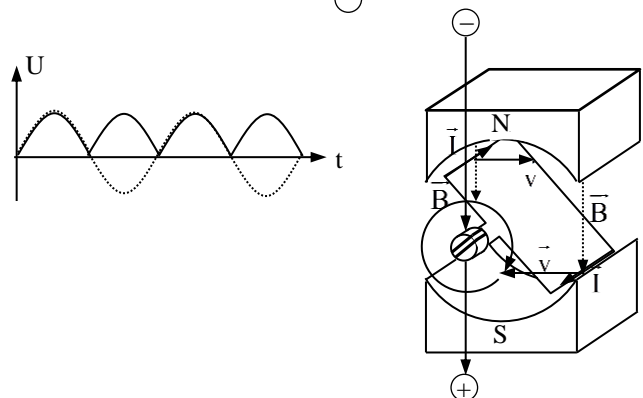
**Aufgabe 9d: Generator und Induktion (6)**

- a) Trage die magnetischen Flussdichte  $\vec{B}$ , die Bewegungsrichtung  $\vec{v}$  der Leiterschleife und die resultierende Lorentzkraft  $\vec{F}_L$  auf die Ladungen in der Leiterschleife des Generators als Pfeile in die Zeichnung ein. (3)
- b) Kennzeichne Plus- und Minuspol aus der Sicht des Verbrauchers. (1)
- c) Skizziere den zeitlichen Verlauf der Stromstärke mit und ohne Kommutator. (2)



**Lösungen:**

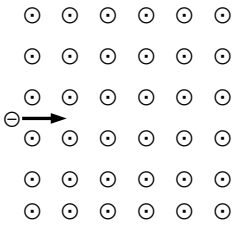
- a) siehe rechts (3)
- b) siehe rechts (aus der Sicht des Verbrauchers!) (1)
- c) mit Kommutator: unregelmäßiger Gleichstrom  
ohne Kommutator: sinusförmiger Wechselstrom (2)



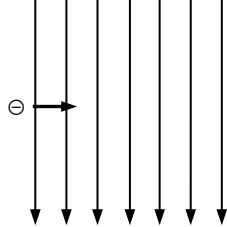
**Aufgabe 10a: Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern (4)**

Setze die Bahnrichtung der geladenen Teilchen in den skizzierten elektrischen ( $\vec{E}$ -) und magnetischen ( $\vec{B}$ -) Feldern fort.  $\odot$  kommt aus der Zeichenebene heraus;  $\otimes$  geht in sie hinein. Die Markierung  $\rightarrow\odot$  bedeutet, dass das Teilchen aus der Zeichenebene heraus gelenkt wird; bei  $\rightarrow\otimes$  geht es in sie hinein.

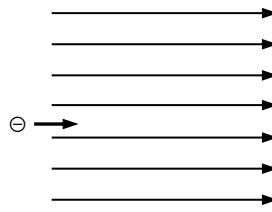
a)  $\vec{E}$ -Feld



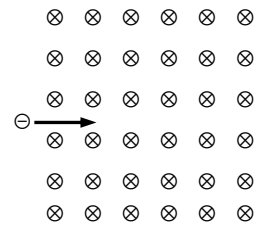
b)  $\vec{E}$ -Feld



c)  $\vec{B}$ -Feld

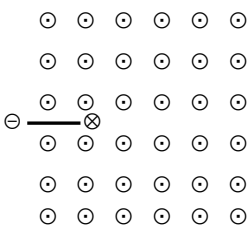


d)  $\vec{B}$ -Feld

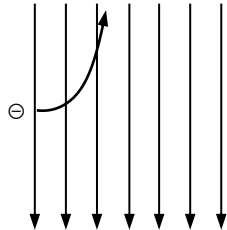


**Aufgabe 10a: Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern (4)**

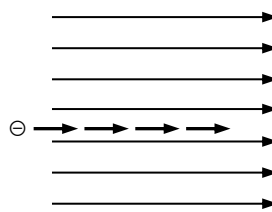
a)  $\vec{E}$ -Feld



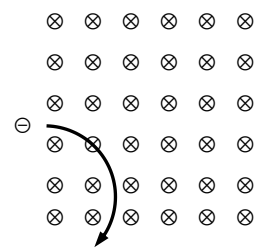
b)  $\vec{E}$ -Feld



c)  $\vec{B}$ -Feld



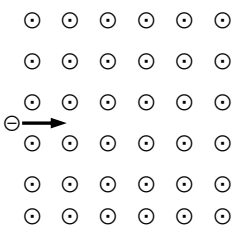
d)  $\vec{B}$ -Feld



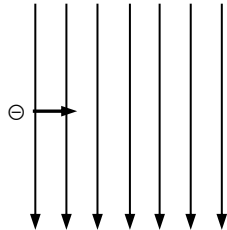
**Aufgabe 10b: Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern (4)**

Setze die Bahnrichtung der geladenen Teilchen in den skizzierten elektrischen ( $\vec{E}$ -) und magnetischen ( $\vec{B}$ -) Feldern fort.  $\odot$  kommt aus der Zeichenebene heraus;  $\otimes$  geht in sie hinein. Die Markierung  $\rightarrow\odot$  bedeutet, dass das Teilchen aus der Zeichenebene heraus gelenkt wird; bei  $\rightarrow\otimes$  geht es in sie hinein.

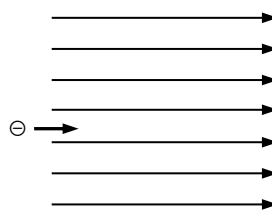
a)  $\vec{B}$ -Feld



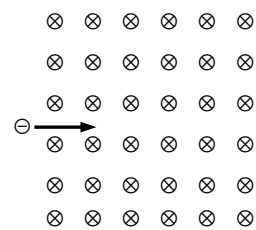
b)  $\vec{B}$ -Feld



c)  $\vec{E}$ -Feld

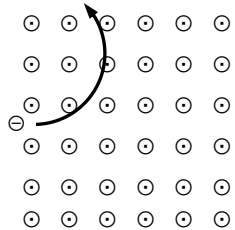


d)  $\vec{E}$ -Feld

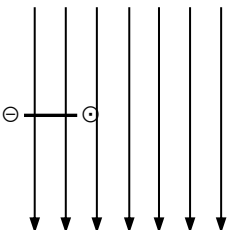


**Aufgabe 10b Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern (4)**

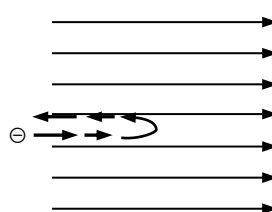
a)  $\vec{B}$ -Feld



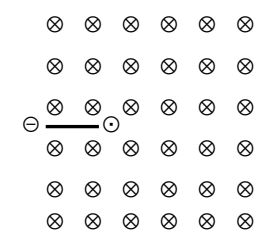
b)  $\vec{B}$ -Feld



c)  $\vec{E}$ -Feld



d)  $\vec{E}$ -Feld





**Aufgabe 11a: Teilchen im Magnetfeld (6)**

- a) Protonen mit der Ladung von  $1,6 \cdot 10^{-19}$  C und der Masse  $m = 1,6 \cdot 10^{-27}$  kg werden durch eine Spannung von  $U = 1$  MV auf die Geschwindigkeit  $v$  beschleunigt. Wie gross ist  $v$ ? (1)
- b) Die Protonen aus a) treten in ein homogenes Magnetfeld mit der Flussdichte  $B = 1$  T ein, dessen Feldlinien senkrecht zur Bewegungsrichtung stehen. Wie gross ist die Lorentzkraft? (1)
- c) Beschreibe und begründe die Bahnkurve des Teilchens im Feld in Worten (2)
- d) Berechne den Radius  $r$  der Kreisbahn, die die Protonen aus b) im homogenen Magnetfeld beschreiben. (2)

**Lösungen:**

$$a) E_{\text{kin}} = E_{\text{pot}} \Leftrightarrow \frac{1}{2} mv^2 = U \cdot Q \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{2U \cdot Q}{m}} = \sqrt{2} \cdot 10^7 \text{ m/s} \quad (1)$$

$$b) F_L = Q \cdot v \cdot B = 2,26 \cdot 10^{-12} \text{ N} \quad (1)$$

c) Die Kraft wirkt immer genau senkrecht zur Bewegungsrichtung. (1)

Das Teilchen wird daher weder beschleunigt noch gebremst sondern immer mit der gleichen Kraft zur Seite abgelenkt.

Es handelt sich um also eine Kreisbahn. (1)

$$d) F_z = F_L \Leftrightarrow \frac{mv^2}{r} = Q \cdot v \cdot B \Leftrightarrow r = \frac{m \cdot v}{Q \cdot B} = \sqrt{\frac{2U \cdot m}{Q \cdot B^2}} \approx 14 \text{ cm} \quad (2)$$

**Aufgabe 11b: Teilchen im Magnetfeld (6)**

- a) Elektronen mit der Ladung von  $1,6 \cdot 10^{-19}$  C und der Masse  $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$  kg werden durch eine Spannung von  $U = 1$  kV auf die Geschwindigkeit  $v$  beschleunigt. Wie gross ist  $v$ ?
- b) Die Elektronen aus a) treten in ein homogenes Magnetfeld mit der Flussdichte  $B = 1$  mT ein, dessen Feldlinien senkrecht zur Bewegungsrichtung stehen. Wie gross ist die Lorentzkraft?
- c) Beschreibe und begründe die Bahnkurve des Teilchens im Feld in Worten (2)
- d) Berechne den Radius  $r$  der Kreisbahn, die die Elektronen aus b) im homogenen Magnetfeld beschreiben.

**Lösungen:**

$$a) E_{\text{kin}} = E_{\text{pot}} \Leftrightarrow \frac{1}{2} mv^2 = U \cdot Q \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{2Uq}{m}} \approx 1,8 \cdot 10^7 \text{ m/s} \quad (1)$$

$$b) F_L = qvB = 2,7 \cdot 10^{-15} \text{ N} \quad (1)$$

c) Die Kraft wirkt immer genau senkrecht zur Bewegungsrichtung. (1)

Das Teilchen wird daher weder beschleunigt noch gebremst sondern immer mit der gleichen Kraft zur Seite abgelenkt.

Es handelt sich um also eine Kreisbahn. (1)

$$d) F_z = F_L \Leftrightarrow \frac{mv^2}{r} = Q \cdot v \cdot B \Leftrightarrow r = \frac{m \cdot v}{Q \cdot B} = \sqrt{\frac{2U \cdot m}{Q \cdot B^2}} \approx 12 \text{ cm} \quad (2)$$

**Aufgabe 11c: Teilchen im Magnetfeld (6)**

Nach Durchlaufen einer Beschleunigungsspannung von 500 V treten Elektronen mit der Geschwindigkeit  $v$  in Richtung  $\begin{pmatrix} 0 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix}$  in

ein magnetisches Feld ein, dessen Flussdichte  $B = 2 \cdot 10^{-4}$  T in Richtung  $\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$  wirkt.

- a) Berechne die Geschwindigkeit der Elektronen. (2)
- b) Bestimme den Betrag und die Richtung der Lorentzkraft. (2)
- c) Zeige, dass die Elektronen eine Spirale beschreiben und berechne ihren Radius. (2)
- d) Berechne die Umlaufzeit  $T$  der Teilchen auf dieser Bahn. (1)
- e) Berechne die Ganghöhe der Spirale. (1)

**Lösungen:**

a)  $E_{\text{Pot}} = E_{\text{Kin}} \Leftrightarrow U \cdot Q = \frac{1}{2} m v^2 \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot U \cdot Q}{m}} \approx 1,33 \cdot 10^7 \text{ m/s.}$  (2)

b) Die Lorentzkraft ist  $\vec{F}_L = Q \cdot \vec{v} \times \vec{B} = Q \cdot v \cdot B \cdot \frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} 0 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \approx 3,79 \cdot 10^{-17} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ N.}$  (2)

c) Die Lorentzkraft ändert nur die Geschwindigkeitskomponente  $v_{xy} = \frac{2 \cdot v}{\sqrt{5}}$  senkrecht zu den Feldlinien. Da sie ausserdem immer senkrecht zur Geschwindigkeit wirkt, entsteht eine Kreisbahn in der x-y-Ebene. Die z-Komponente  $v_z = \frac{v}{\sqrt{5}}$  der Geschwindigkeit bleibt aber unverändert und zieht die Kreisbahn zu einer Spirale auseinander. (1)

Der Radius berechnet sich aus  $F_Z = F_L \Leftrightarrow \frac{m v_{xy}^2}{r} = Q \cdot v_{xy} \cdot B \Leftrightarrow r = \frac{m \cdot v_{xy}}{Q \cdot B} = \frac{2}{\sqrt{5}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot U \cdot m}{Q \cdot B^2}} \approx 3,37 \text{ cm.}$  (1)

d) Die Umlaufzeit ist  $T = \frac{2\pi r}{v_{xy}} = \frac{2\pi \cdot m}{Q \cdot B} \approx 1,79 \cdot 10^{-7} \text{ s.}$  (1)

e) Die Ganghöhe der Spirale ist  $T \cdot v_z \approx 10,6 \text{ m.}$  (1)