Universität
Münster

Physik
für Mediziner, Zahnmediziner und Pharmazeuten

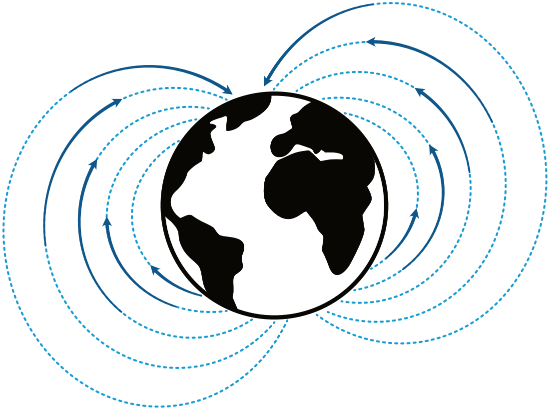
Iris Niehues
Physikalisches Institut, Universität Münster

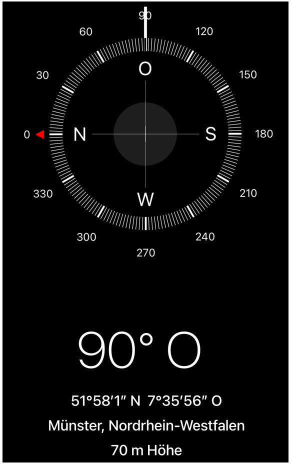
12.12.2025

living.knowledge

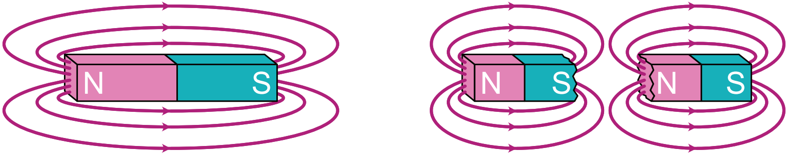
Universität Münster

11. Magnetismus



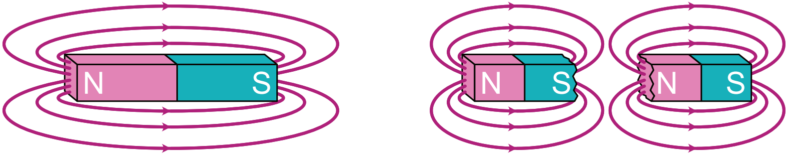


Stabmagnet



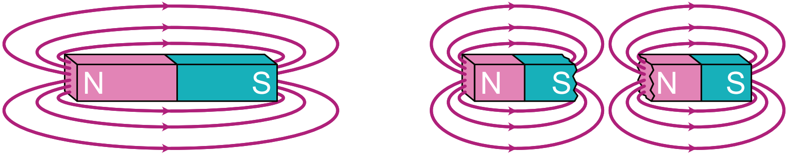
- Eisenspäne macht Verlauf der Magnetfeldlinien sichtbar

Stabmagnet



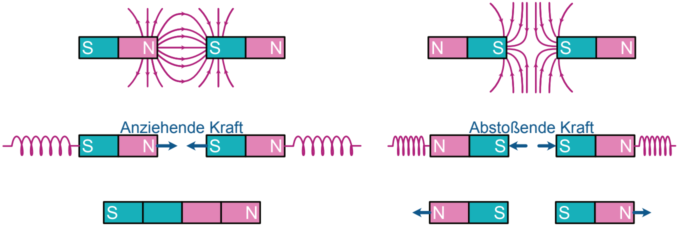
- Eisenspäne macht Verlauf der Magnetfeldlinien sichtbar
- Beispiel: Stabmagnet
- Norm: Feldlinien zeigen immer vom Nord- zum Südpol

Stabmagnet



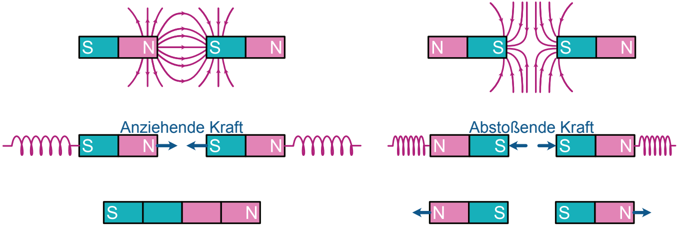
- Eisenspäne macht Verlauf der Magnetfeldlinien sichtbar
- Beispiel: Stabmagnet
- Norm: Feldlinien zeigen immer vom Nord- zum Südpol
- Halbieren: zwei neue Stabmagneten mit Nord- und Südpol
  $\rightarrow$ es nicht möglich den Nord- oder Südpol zu isolieren

Stabmagneten annähern



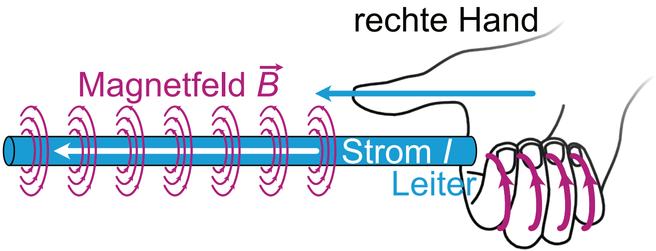
- Nord- an Südpol: Feldlinien verbinden sich auf den kürzesten Wegen
- anziehenden Kraft zwischen den beiden Magneten

Stabmagneten annähern



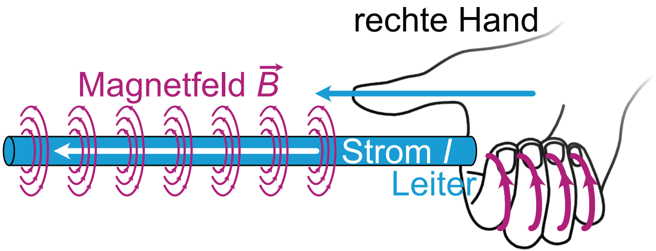
- Nord- an Südpol: Feldlinien verbinden sich auf den kürzesten Wegen
- anziehenden Kraft zwischen den beiden Magneten
- gleiche Pole: Feldlinien stoßen sich ab
- abstoßende Kraft zwischen den beiden Magneten

Stromdurchflossene Leiter



- gerader stromdurchflossener Leiter erzeugt magnetischen Feldlinien als konzentrische Kreise

Stromdurchflossene Leiter



- gerader stromdurchflossener Leiter erzeugt magnetischen Feldlinien als konzentrische Kreise
- **rechte Hand** Merkregel: Wenn der Daumen in Stromrichtung zeigt, symbolisieren die eingerollten Finger die Richtung der Magnetfeldlinien

Magnetische Flussdichte

Stärke des Magnetfeldes: **magnetische Flussdichte** B

Magnetische Flussdichte

Stärke des Magnetfeldes: **magnetische Flussdichte** B

gerader Stromleiter: B

- fällt mit Abstand r vom Leiter ab: $B \sim \frac{1}{r}$
- steigt mit der Stromstärke I: $B \sim I$

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

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \, \frac{\mathrm{V\,s}}{\mathrm{A\,m}}$ **magnetische Feldkonstante** (Induktionskonstante)

Magnetische Flussdichte

Stärke des Magnetfeldes: **magnetische Flussdichte** B

gerader Stromleiter: B

- fällt mit Abstand r vom Leiter ab: $B \sim \frac{1}{r}$
- steigt mit der Stromstärke I: $B \sim I$

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

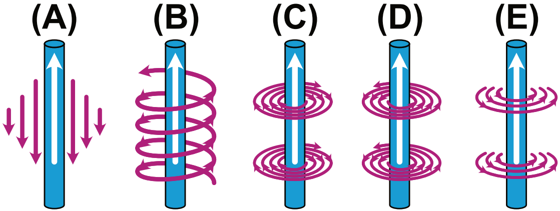
$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\mathrm{V\,s}}{\mathrm{A\,m}}$ **magnetische Feldkonstante** (Induktionskonstante)

Einheit: $[B] = \frac{\mathrm{V\,s}}{\mathrm{m}^2} = \mathrm{T}$ (Tesla) (Einheit Gauß (G) mit 1 $\mathrm{T} = 10^4\ \mathrm{G}$)

TED 20-5.83-F99

Durch einen geraden Draht fließt ein konstanter elektrischer Gleichstrom I. Der Draht ist daher von einem Magnerfeld $\vec{B}$ umgeben.
Welche der folgenden Abbildungen gibt die Feldlinien des Magnetfeldes korrekt wieder?

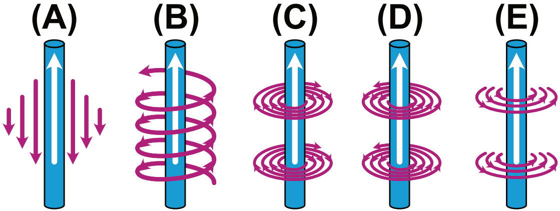
A (A)
B (B)
C (C)
D (D)
E (E)



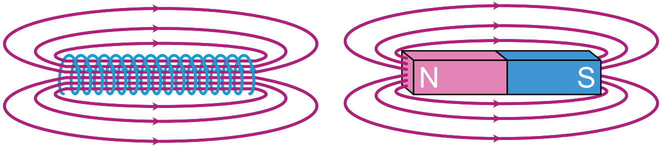
TED 20-5.83-F99

Durch einen geraden Draht fließt ein konstanter elektrischer Gleichstrom I. Der Draht ist daher von einem Magnerfeld $\vec{B}$ umgeben.
Welche der folgenden Abbildungen gibt die Feldlinien des Magnetfeldes korrekt wieder?

A (A)
B (B)
C (C)
D (D)
E **(E)**

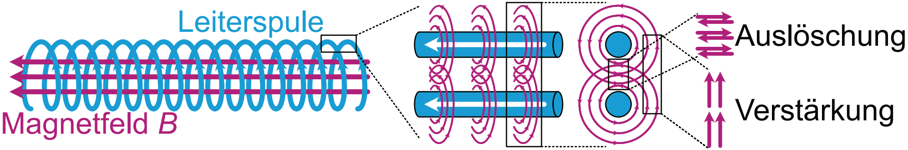


Lange Spule



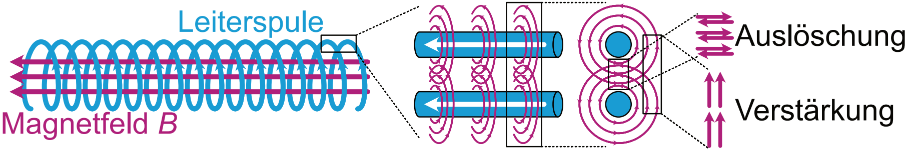
- lange Spule zeigt gleiches Magnetfeld wie Stabmagnet
- im Inneren: starkes Feld mit parallelen Feldlinien

Lange Spule



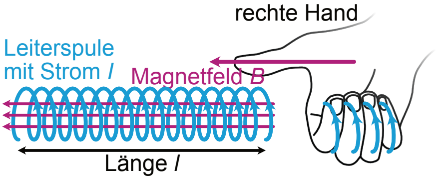
- zwei benachbarte Windungen: Stromleiter laufen parallel und sehr eng zusammen
  $\rightarrow$ jeder Leiter erzeugt konzentrische, kreisförmige Feldlinien
- Feldlinien der benachbarten Leiter überlagern sich

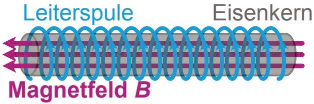
Lange Spule



- zwei benachbarte Windungen: Stromleiter laufen parallel und sehr eng zusammen
  $\rightarrow$ jeder Leiter erzeugt konzentrische, kreisförmige Feldlinien
- Feldlinien der benachbarten Leiter überlagern sich
- zwischen den Leitern: paarweise entgegengesetzt $\rightarrow$ Auslöschung
- innerhalb der Spule: gleiche Richtung $\rightarrow$ Verstärkung

Lange Spule -Magnetfeld Richtung





Rechte-Hand-Regel: Die aufgerollten Finger folgen dem Stromfluss in den Windungen der Spule. Daumen zeigt die Richtung des Magnetfeldes im Innern der Spule an.

Lange Spule - magnetische Flussdichte

magnetische Flussdichte B

- steigt mit der Zahl der Windungen N
- steigt mit dem Strom I
- fällt mit der Gesamtlänge der Spule ℓ
- unabhängig vom Durchmesser d (Achtung: nur für $\ell \gg d$)

$$B_{\mathrm{Spule}} = \mu_0 \cdot \frac{N}{\ell} \cdot I$$

Lange Spule - Eisenkern

Magnetfeld verstärkt sich wenn wir einen Eisenkern in die Spule schieben
$\rightarrow$ Permeabilitätszahl μ_r
vollständig gefüllte Spule:

$$B_\mathrm{Spule} = \mu_0 \cdot \mu_\mathrm{r} \cdot \frac{N}{\ell} \cdot I$$

Die Permeabilitätszahl ist eine Materialeigenschaft

TED 18-5.82-F91

Welche Aussage trifft nicht zu? Die magnetische Flussdichte B in einer langen, stromdurchflossenen Spule ist abhängig von

A der Länge ℓ der Spule

B dem Durchmesser d der Spule

C der Windungszahl n der Spule

D der Stromstärke I im Spulendraht

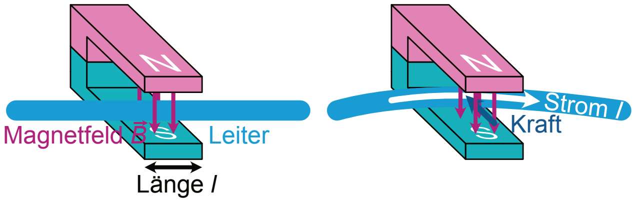
E der Permeabilität μ des Stoffes in der Spule

TED 18-5.82-F91

Welche Aussage trifft nicht zu? Die magnetische Flussdichte B in einer langen, stromdurchflossenen Spule ist abhängig von

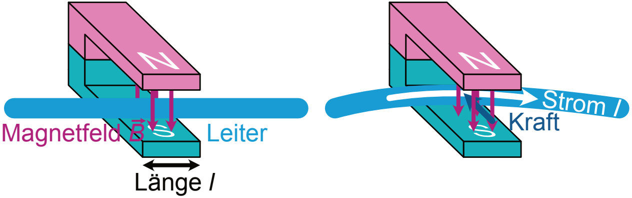
- A der Länge ℓ der Spule
- B **dem Durchmesser *d* der Spule**
- C der Windungszahl n der Spule
- D der Stromstärke I im Spulendraht
- E der Permeabilität μ des Stoffes in der Spule

Bewegte Ladungen in Magnetfeldern



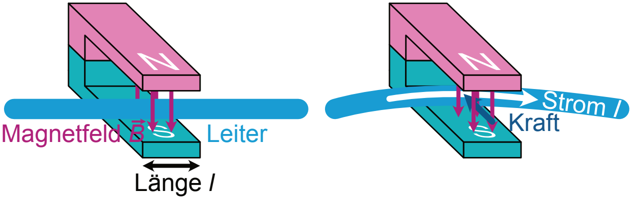
- Strom fließt durch das vorhandene Feld eines Permanentmagneten
- Leiter wird durch eine Kraft bewegt

Bewegte Ladungen in Magnetfeldern



- Strom fließt durch das vorhandene Feld eines Permanentmagneten
- Leiter wird durch eine Kraft bewegt
- Kraft ist senkrecht zur Richtung des Stromflusses
- Kraft ist senkrecht zur Richtung des Magnetfeldes

Kraft auf Leiter

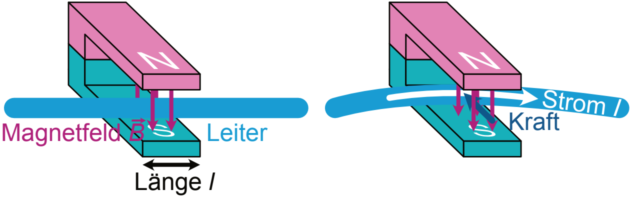


Es gilt für die Kraft

$$\vec{F} = \ell \cdot \left(\vec{I} \times \vec{B}\right)$$

$\times$ beschreibt das sogenannte Kreuzprodukt von zwei Vektoren

Kraft auf Leiter



Es gilt für die Kraft

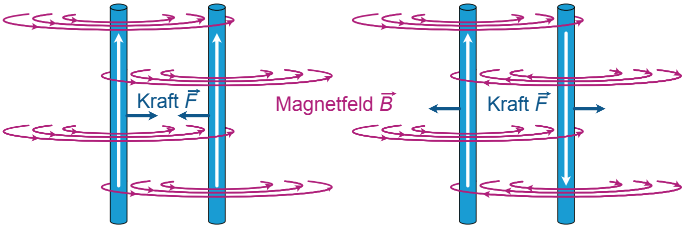
$$\vec{F} = \ell \cdot \left(\vec{I} \times \vec{B}\right)$$

$\times$ beschreibt das sogenannte Kreuzprodukt von zwei Vektoren

Kreuzprodukt

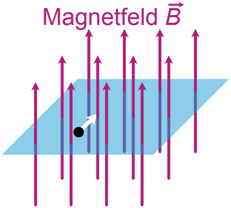
$$\vec{a} \times \vec{b} = \begin{pmatrix} a_x \\ a_y \\ a_z \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} b_x \\ b_y \\ b_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_y b_z - a_z b_y \\ a_z b_x - a_x b_z \\ a_x b_y - a_y b_x \end{pmatrix}$$

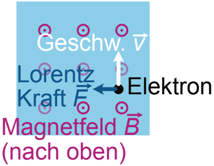
Parallele Leiter

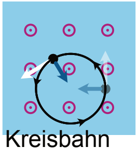


- Strom in gleiche Richtung: Leiter ziehen sich an (2. Newton Axiom)
- Stromfluss entgegengesetzt: Leiter stoßen sich ab
- Grund: Magnetfeld des anderen Leiters

Freie Ladungsträger im Magnetfeld



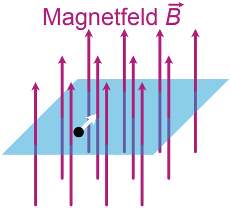


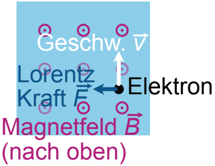


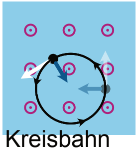
- Elektron mit Ladung q und Geschwindigkeit $\vec{v}$ im Magnetfeld erfährt eine **Lorentz-Kraft**

$$\vec{F}_{\mathrm{L}} = q \cdot \left(\vec{v} \times \vec{B}\right)$$

Freie Ladungsträger im Magnetfeld







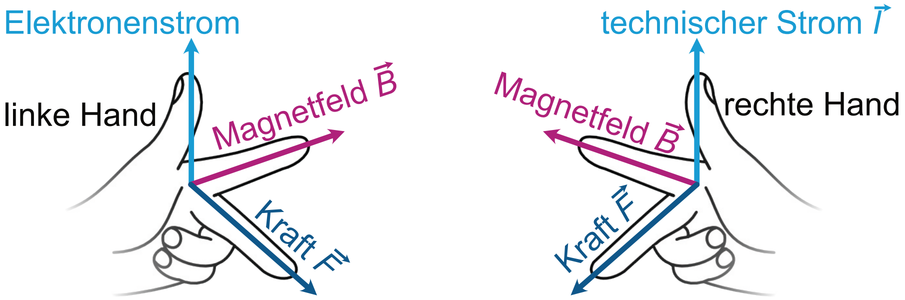
- Elektron mit Ladung q und Geschwindigkeit $\vec{v}$ im Magnetfeld erfährt eine **Lorentz-Kraft**

$$\vec{F}_\mathrm{L} = q \cdot \left(\vec{v} \times \vec{B}\right)$$

- senkrechte Orientierung der Kraft zur Bewegung und zum Magnetfeld
- Kreisbahn: $\vec{v}$ und $\vec{B}$ senkrecht zu einander sind
- sonst Schraubenbahn

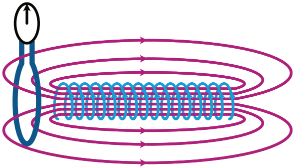
Übungsaufgabe 11.1: Lorentz-Kraft
Übungsaufgabe 11.2: Bildröhre

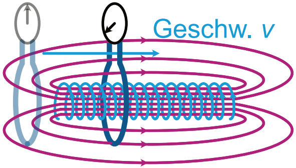
Handregeln



Elektronenstrom
linke Hand
Magnetfeld $\vec{B}$
Kraft $\vec{F}$
technischer Strom $\vec{I}$
rechte Hand
Magnetfeld $\vec{B}$
Kraft $\vec{F}$

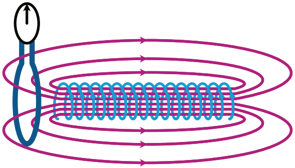
Induktion

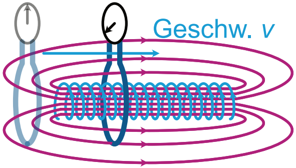




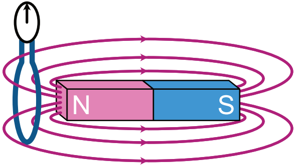
wir messen eine Spannung

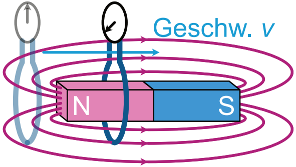
Induktion





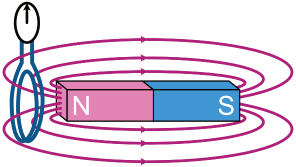
wir messen eine Spannung

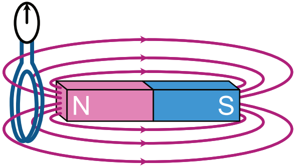




wir messen eine Spannung

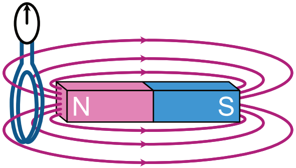
Induktion

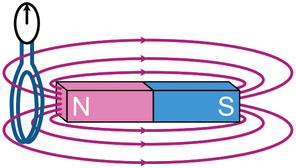




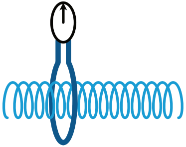
wir messen die doppelte Spannung

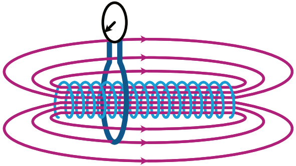
Induktion





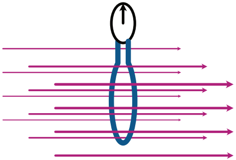
wir messen die doppelte Spannung

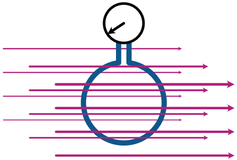




wir messen eine Spannung

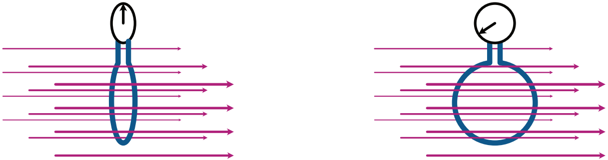
Induktion



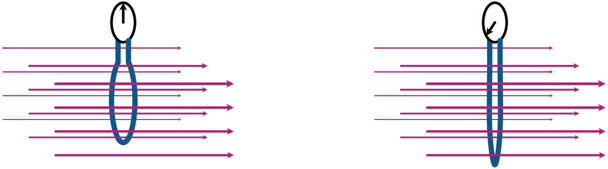


wir messen eine Spannung

Induktion

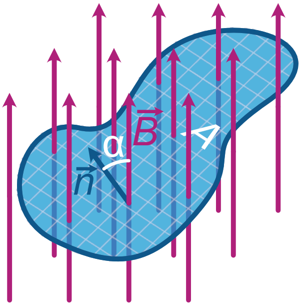


wir messen eine Spannung



wir messen eine Spannung

Induktion - magnetischer Fluss



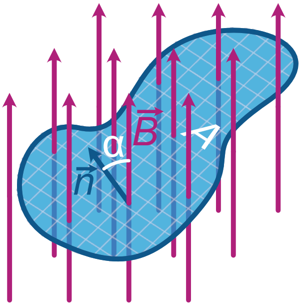
magnetische Fluss Φ

Zusammenhang zwischen magnetischer Flussdichte $\vec{B}$ und magnetischem Fluss Φ

$$\Phi = A \cdot \left(\vec{n} \cdot \vec{B}\right) = A \cdot B \cdot \cos(\alpha)$$

$\vec{n}$ Vektor der senkrecht zur eingezeichneten Fläche A, (Normalenvektor) mit einer Länge von $\left|\vec{n}\right| = 1$

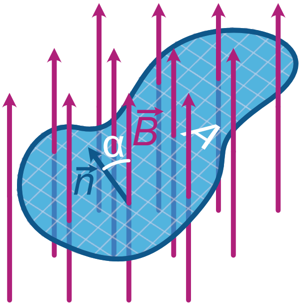
Induktion - magnetischer Fluss



$$\Phi = A \cdot \left(\vec{n} \cdot \vec{B}\right) = A \cdot B \cdot \cos(\alpha)$$

- Φ wächst, wenn die Fläche A größer wird

Induktion - magnetischer Fluss



$$\Phi = A \cdot \left(\vec{n} \cdot \vec{B}\right) = A \cdot B \cdot \cos(\alpha)$$

- Φ wächst, wenn die Fläche A größer wird
- stehen $\vec{n}$ und $\vec{B}$ parallel, dann ist $\cos(0) = 1$, also $\Phi = A \cdot B$
- stehen sie senkrecht, dann ist $\cos(\pi/2) = \cos(90^\circ) = 0$, also $\Phi = 0$

Induktionspannung

Induktionsgesetz: Regel für die gemessene Spannung

$$U_{\mathrm{Ind}} = -\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t} = -\dot{\Phi}$$

zeitliche Änderung des Flusses durch eine Leiterschlaufe $\rightarrow$ **Induktionsspannung** U_{Ind}

Induktionsspannung

Induktionsgesetz: Regel für die gemessene Spannung

$$U_{\mathrm{Ind}} = -\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t} = -\dot{\Phi}$$

zeitliche Änderung des Flusses durch eine Leiterschlaufe $\rightarrow$ **Induktionsspannung** U_{Ind}

- Änderung der Fläche $\dot{A}$
- Änderung der Orientierung der Fläche $\dot{\vec{n}}$
- Änderung Magnetfelds $\dot{\vec{B}}$

Induktionsspannung

Induktionsgesetz: Regel für die gemessene Spannung

$$U_{\mathrm{Ind}} = -\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t} = -\dot{\Phi}$$

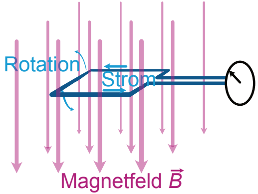
zeitliche Änderung des Flusses durch eine Leiterschlaufe $\rightarrow$ **Induktionsspannung** U_{Ind}

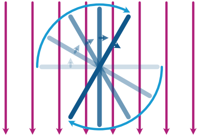
- Änderung der Fläche $\dot{A}$
- Änderung der Orientierung der Fläche $\dot{\vec{n}}$
- Änderung Magnetfelds $\dot{\vec{B}}$

Induktion in einer langen Spule mit N Windungen bezogen auf Querschnittfläche

$$U_{\mathrm{Ind}} = -N \cdot \frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t} = -N \cdot \dot{\Phi}$$

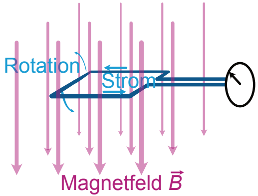
Wechselspannung und Wechselstrom

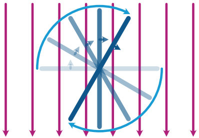




rotieren einer Schlaufe der konstanten Fläche A in einem Feld mit der magnetischen Flussdichte $\vec{B}$ mit der konstanten Winkelgeschwindigkeit ω

Wechselspannung und Wechselstrom





rotieren einer Schlaufe der konstanten Fläche A in einem Feld mit der magnetischen Flussdichte $\vec{B}$ mit der konstanten Winkelgeschwindigkeit ω

Induktionsgesetz

$$\Phi = A \cdot B \cdot \cos[\alpha(t)] \qquad \text{mit} \quad \alpha(t) = \omega \cdot t + \varphi$$

$\varphi = \alpha_0$ ist der Winkel zum Zeitpunkt $t = 0$ **Phasenverschiebung**

Wechselspannung und Wechselstrom

$$U(t) = -\dot{\Phi} = -A \cdot B \cdot \underbrace{\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\cos[\alpha(t)]}_{=-\sin[\alpha(t)]\cdot\frac{\mathrm{d}\alpha(t)}{\mathrm{d}t}}$$

$$= A \cdot B \cdot \sin[\omega \cdot t + \varphi] \cdot \underbrace{\frac{\mathrm{d}\alpha(t)}{\mathrm{d}t}}_{=\omega}$$

$$= A \cdot B \cdot \omega \cdot \sin[\omega \cdot t + \alpha_0] = U_0 \cdot \sin[\omega \cdot t + \varphi]$$

Wechselspannung und Wechselstrom

$$U(t) = -\dot{\Phi} = -A \cdot B \cdot \underbrace{\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\cos[\alpha(t)]}_{=-\sin[\alpha(t)]\cdot\frac{\mathrm{d}\alpha(t)}{\mathrm{d}t}}$$

$$= A \cdot B \cdot \sin[\omega \cdot t + \varphi] \cdot \underbrace{\frac{\mathrm{d}\alpha(t)}{\mathrm{d}t}}_{=\omega}$$

$$= A \cdot B \cdot \omega \cdot \sin[\omega \cdot t + \alpha_0] = U_0 \cdot \sin[\omega \cdot t + \varphi]$$

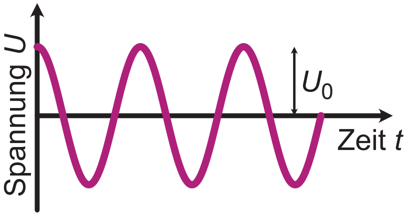
Stromkreis mit einem ohmschen Widerstand

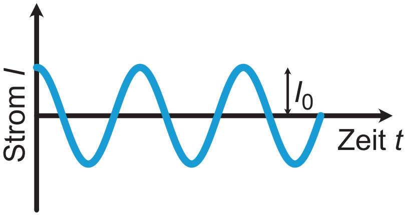
$$I(t) = \frac{1}{R} \cdot U(t) = \frac{U_0}{R} \cdot \sin[\omega \cdot t + \varphi] = I_0 \cdot \sin[\omega \cdot t + \varphi].$$

Spezialfall

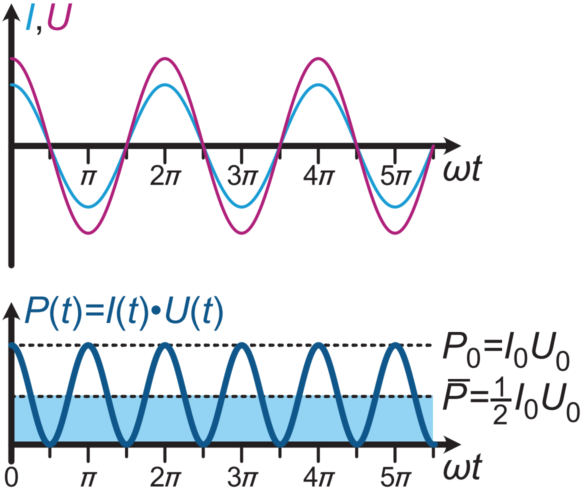
$$\varphi = \frac{\pi}{2}$$

$$\sin[\omega \cdot t + \pi/2] = \cos[\omega \cdot t]$$





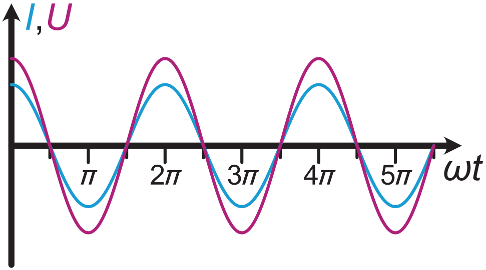
elektrische Leistung P

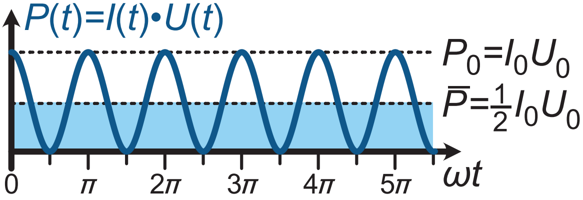


$$P(t) = U(t) \cdot I(t)$$

oszilliert doppelt so schnell wie U und I zwischen $P = 0$ und dem Maximum $P_0 = U_0 \cdot I_0$

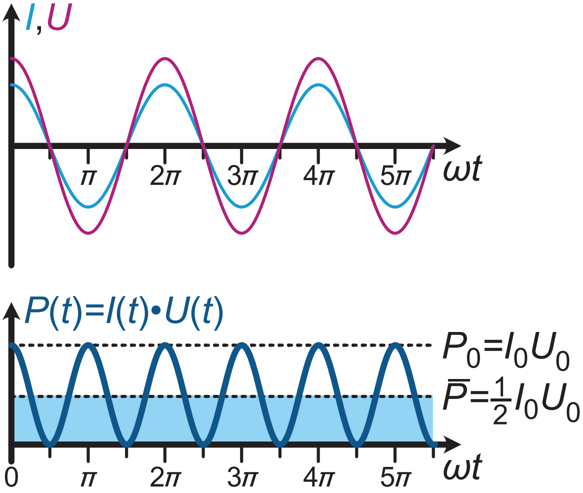
mittlere Leistung $\bar{P}$





$$\begin{aligned}
\bar{P} &= \int_0^T P(t)\,\mathrm{d}t \\
&= \int_0^T P_0 \cdot \cos^2(\omega \cdot t)\,\mathrm{d}t \\
&= P_0 \cdot \underbrace{\int_0^T \cos^2(\omega \cdot t)\,\mathrm{d}t}_{=1/2} \\
&= \frac{P_0}{2}
\end{aligned}$$

mittlere Leistung $\bar{P}$



effektive Stromstärke I_{eff} und **effektive Spannung** U_{eff}

$$\begin{aligned}\bar{P} &= \frac{P_0}{2} \\ &= I_{\text{eff}} \cdot U_{\text{eff}} \\ &= \frac{I_0}{\sqrt{2}} \cdot \frac{U_0}{\sqrt{2}}\end{aligned}$$

TED 20-5.86-F88

Der Effektivwert einer sinusförmigen Spannung U_{eff}

A nimmt linear mit der Frequenz zu ($\sim f$)

B nimmt quadratisch mit der Frequenz zu ($\sim f^2$)

C nimmt linear mit der Frequenz ab ($\sim -f$)

D nimmt quadratisch mit der Frequenz ab ($\sim -f^2$)

E hängt nicht von der Frequenz ab

TED 20-5.86-F88

Der Effektivwert einer sinusförmigen Spannung U_{eff}

A nimmt linear mit der Frequenz zu ($\sim f$)

B nimmt quadratisch mit der Frequenz zu ($\sim f^2$)

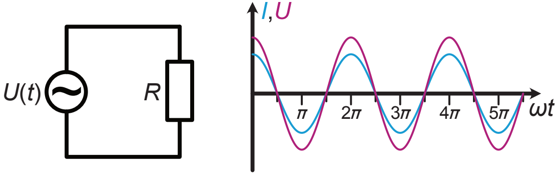
C nimmt linear mit der Frequenz ab ($\sim -f$)

D nimmt quadratisch mit der Frequenz ab ($\sim -f^2$)

E **hängt nicht von der Frequenz ab**

Wechselstromkreise

Spannung $U(t) = U_0 \cdot \cos(\omega \cdot t)$



1. Ohmscher Widerstand

$$U = R \cdot I$$

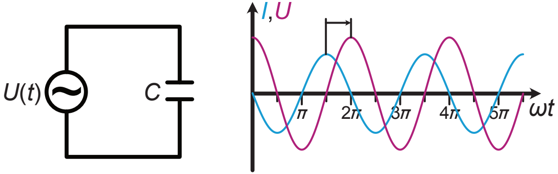
$$\Rightarrow I(t) = \frac{U(t)}{R} = \frac{U_0}{R} \cdot \cos(\omega \cdot t) = I_0 \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

U und I sind in Phase

Wechselstromkreise

Spannung $U(t) = U_0 \cdot \cos(\omega \cdot t)$

2. Kondensator (Kapazität C)



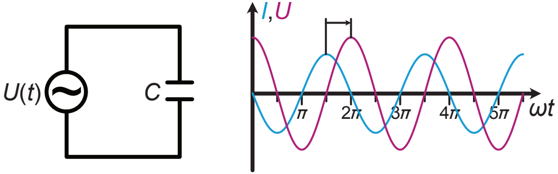
$$Q = C \cdot U(t)$$

$$\Rightarrow I(t) = \dot{Q} = C \cdot \dot{U}(t) = -C \cdot U_0 \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot t) = -I_0 \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

Wechselstromkreise

Spannung $U(t) = U_0 \cdot \cos(\omega \cdot t)$

2. Kondensator (Kapazität C)



$$Q = C \cdot U(t)$$

$$\Rightarrow I(t) = \dot{Q} = C \cdot \dot{U}(t) = -C \cdot U_0 \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot t) = -I_0 \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

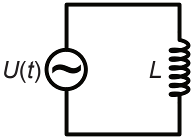
kapazitiver Widerstand

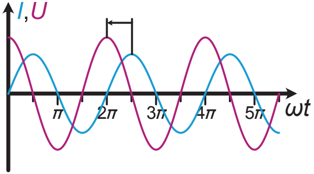
$$R_C = \frac{U_0}{I_0} = \frac{U_0}{C \cdot U_0 \cdot \omega} = \frac{1}{C \cdot \omega}$$

verschwindet für hohe und wird groß für kleine ω, Strom eilt der Spannung um $\frac{\pi}{2}$ voraus

Wechselstromkreise

Spannung $U(t) = U_0 \cdot \cos(\omega \cdot t)$





3. Spule (Induktivität L)

$$U_{\text{Ind}} = -\dot{\Phi} = -L \cdot \dot{I}$$

mit der Induktivität L

3. Spule (Induktivität L)

In der Kreisschaltung muss die Gesamtspannung Null sein:

$$U(t) + U_{\mathrm{Ind}} = 0$$

$$\Rightarrow U(t) = -U_{\mathrm{Ind}} = L \cdot \dot{I}(t) = U_0 \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

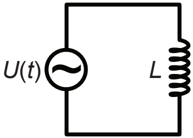
$$\Rightarrow \dot{I}(t) = \frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t} = \frac{U_0}{L} \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

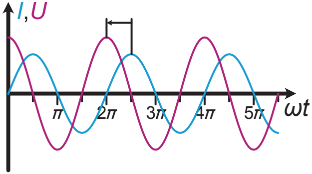
$$\Rightarrow \int \mathrm{d}I = \int \frac{U_0}{L} \cdot \cos(\omega \cdot t)\,\mathrm{d}t$$

$$\Rightarrow I(t) = \frac{U_0}{L} \cdot \frac{1}{\omega} \cdot \sin(\omega \cdot t) = I_0 \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

Wechselstromkreise

induktiver Widerstand





$$R_L = \frac{U_0}{I_0} = L \cdot \omega$$

Widerstand verschwindet für kleine Kreisfrequenzen und wird sehr groß für große ω

Der Strom hinkt der Spannung um $\frac{\pi}{2}$ hinterher

TED 20-5.87-H98

Welche Aussage trifft nicht zu? Für die an unseren Haushaltssteckdosen liegende Wechselspannung gilt:

- A Die Frequenz der Wechselspannung beträgt 50 Hz.
- B Die Kreisfrequenz der Wechselspannung beträgt ca. 31 s^{-1}.
- C Die Periodendauer der Wechselspannung beträgt 20 ms.
- D Die Amplitude der Wechselspannung beträgt ca. 325 V.
- E Der Effektivwert der Wechselspannung beträgt ca. 230 V (früher 220 V).

TED 20-5.87-H98

Welche Aussage trifft nicht zu? Für die an unseren Haushaltssteckdosen liegende Wechselspannung gilt:

A Die Frequenz der Wechselspannung beträgt 50 Hz.

B **Die Kreisfrequenz der Wechselspannung beträgt ca. 31 s^{-1}.**

C Die Periodendauer der Wechselspannung beträgt 20 ms.

D Die Amplitude der Wechselspannung beträgt ca. 325 V.

E Der Effektivwert der Wechselspannung beträgt ca. 230 V (früher 220 V).

TED 20-5.10-H05

Fließt elektrischer Wechselstrom der Frequenz 50 Hz seit etwa 0,5 s mit einer Stromstärke von 25 mA durch den Körper zwischen einem mit einer Hand umfassten Stromkabel und den Schuhsohlen eines Erwachsenen, so ist meist schon die Loslassschwelle überschritten. Als elektrischer Widerstand des Körpers (bei trockener Haut) werden 2 kΩ (als rein Ohm'scher Widerstand) angenommen.
Wie groß ist die hierbei über dem Körper abfallende Spannungs(differenz)?

A 5 V

B 12,5 V

C 50 V

D 80 V

E 1250 V

TED 20-5.10-H05

Fließt elektrischer Wechselstrom der Frequenz 50 Hz seit etwa 0,5 s mit einer Stromstärke von 25 mA durch den Körper zwischen einem mit einer Hand umfassten Stromkabel und den Schuhsohlen eines Erwachsenen, so ist meist schon die Loslassschwelle überschritten. Als elektrischer Widerstand des Körpers (bei trockener Haut) werden 2 kΩ (als rein Ohm'scher Widerstand) angenommen.
Wie groß ist die hierbei über dem Körper abfallende Spannungs(differenz)?

A 5 V

B 12,5 V

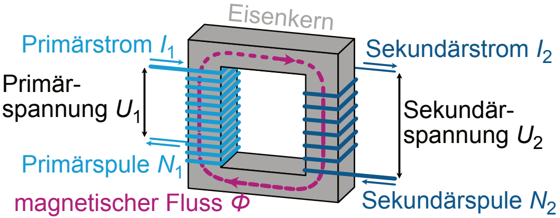
C **50 V**

D 80 V

E 1250 V

Transformator

- Zwei Spulen mit unterschiedliche vielen Windungen N_1 und N_2
- gemeinsamer Eisenkern $\rightarrow$ gleicher magnetischer Fluss Φ



Transformator

Spule 1: Wechselspannung U_1 (Primärspannung)
$\rightarrow$ magnetischen Fluss Φ

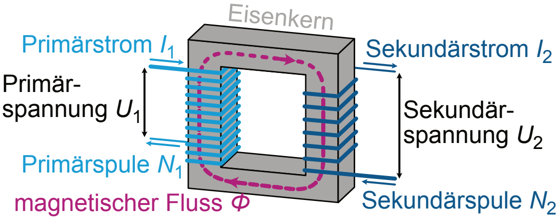
$$U_1 = -N_1 \cdot \dot{\Phi} \Leftrightarrow \dot{\Phi} = -\frac{U_1}{N_1}$$

Spule 2 (Sekundärspule)

$$U_2 = -N_2 \cdot \dot{\Phi} \Leftrightarrow \dot{\Phi} = -\frac{U_2}{N_2}$$

Damit

$$\frac{U_1}{N_1} = \frac{U_2}{N_2} \Rightarrow U_2 = \frac{N_2}{N_1} \cdot U_1$$



Transformator - Beispiel

Netzspannung $U_1 = 230$ V, Windungszahlen: $N_1 = 500$, $N_2 = 23\,000$

$$U_2 = \frac{23\,000}{500} \cdot 230\ \mathrm{V} = 10\,580\ \mathrm{V} \approx 11\,\mathrm{kV}$$

Energieerhaltung $\rightarrow$ Leistung (Energie pro Zeit) muss gleich sein $P_1 = P_2$

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 = P_2 = U_2 \cdot I_2$$
$$\Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Der Strom skaliert also umgekehrt zur Spannung

20-5.84-F03H00

Ein (idealer, verlustfreier) Labortransformator mit primärseitig 920 Windungen wird an 230 V Wechselspannung angeschlossen und soll (unbelastet) sekundärseitig 10 V liefern. Wie viele Windungen sind sekundärseitig erforderlich?

A 23

B 40

C 65

D 80

E 92

20-5.84-F03H00

Ein (idealer, verlustfreier) Labortransformator mit primärseitig 920 Windungen wird an 230 V Wechselspannung angeschlossen und soll (unbelastet) sekundärseitig 10 V liefern. Wie viele Windungen sind sekundärseitig erforderlich?

A 23

B **40**

C 65

D 80

E 92