

PRÜFUNGSVORBEREITUNG PHYSIK: INDUKTION

Theoriefragen: Diese Begriffe musst du auswendig in ein bis zwei Sätzen erklären können.

- a) Vektor/Skalar
- b) Masse: - Welche Eigenschaften hat eine Masse?
 - Was bedeutet jede dieser Eigenschaften?
- c) Wechselwirkungsprinzip
- d) Kräftegleichgewicht
- e) Definition der physikalischen Arbeit
- f) Energie
- g) Periode
- h) Frequenz
- i) Winkelgeschwindigkeit
- j) Magnetfeld
- k) Definition der Richtung des Magnetfeldes
- l) Wie kommt die Induktionsspannung in einem Stab zustande, der durch ein Magnetfeld bewegt wird? Wie muss er bewegt werden? Fertige selber eine Skizze an.
- m) Wie lautet die Regel von Lenz?
- n) Erkläre die Regel von Lenz anhand eines Beispiels (mit Hilfe einer selbst angefertigten Skizze).
- o) Erkläre Aufbau und Funktionsweise eines Wechselstromgenerators (anhand einer gegebenen Skizze)
- p) Wie ist der Effektivwert der Wechselspannung definiert?
- q) Magnetischer Fluss
- r) Unter welchen Bedingungen wird (nach dem Induktionsgesetz) in einer Leiterschleife eine Spannung induziert? Nenne zwei Möglichkeiten.

Fähigkeiten:

- ☞ Formeln umformen, Zahlenwerte mit Einheiten einsetzen und ausrechnen
- ☞ Resultate auf die richtige Anzahl Ziffern runden und mit einer Zehnerpotenz in der wissenschaftlichen Schreibweise schreiben
- ☞ Diagramme zeichnen und interpretieren
- ☞ Elektrische und magnetische Feldlinienbilder interpretieren und zeichnen können
- ☞ Elektrische Schaltpläne interpretieren und zeichnen können
- ☞ Joule in Kilowattstunden umwandeln können und umgekehrt
- ☞ Joule in Elektronvolt umwandeln können und umgekehrt
- ☞ Winkel vom Gradmass ins Bogenmass umrechnen können und umgekehrt
- ☞ Aufgaben mit vektoriellen Grössen zeichnerisch und rechnerisch lösen
- ☞ Fehlerschranken ausrechnen und korrekt angeben für Resultate, die aus Messwerten (mit Fehlerschranken) berechnet wurden
- ☞ Die Linke-Hand Regel richtig anwenden können
- ☞ Die Drei-Finger-Regel richtig anwenden können
- ☞ Diverse Anwendungen von Elektromagneten erklären können
- ☞ Die Funktionsweise eines Elektromotors erklären können
- ☞ Die Funktionsweise eines Generators erklären können

Formeln: An der Prüfung erhältst du ein Formelblatt. Auf dem Formelblatt findest du alle Formeln, die du brauchst, sowie Tabellenwerte und ein paar wichtige Formeln aus der Mathematik. Das Formelblatt kannst du auf massenpunkt.ch anschauen und herunterladen.

Physikalische Grössen: Für diese physikalischen Grössen musst du Symbol und Einheit kennen.

	Symbol	Einheit		Symbol	Einheit
Weg/Strecke			Zeit		
Geschwindigkeit			Beschleunigung		
Kraft			Masse		
Arbeit			Energie		
Leistung			Ladung		
Spannung			Stromstärke		
Elektrische Feldstärke			Elektrischer Widerstand		
Lorentzkraft			Magnetische Feldstärke		
Induktionsspannung			Scheitelspannung		
Effektivspannung			Magnetischer Fluss		
Winkel im Bogenmass			Frequenz		
Periode			Kreisfrequenz / Winkelgeschwindigkeit		

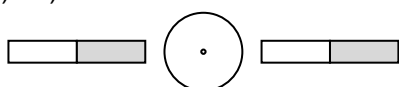
Übungsaufgaben:

Bei allen Aufgaben muss der Lösungsweg klar ersichtlich sein.
 Bei Berechnungen werden für die volle Punktzahl eine algebraische Lösung (das heisst die Formel, umgeformt nach der gesuchten Grösse) und die vollständig eingesetzte Rechnung (das heisst Zahlenwerte mit Einheiten) verlangt.
 Resultate müssen unterstrichen sein (Einheiten nicht vergessen!).

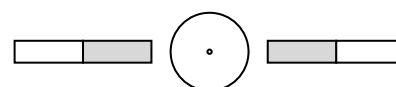
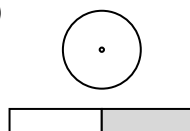
Alle Arbeits- und Theorieblätter sowie Aufgabenblätter A67 bis A69

- In einer Elektronenstrahlröhre werden Elektronen in einem Vakuum zu einem Strahl gebündelt und treffen auf eine fluoreszierende Glasscheibe. Auf der Scheibe ist dadurch ein leuchtender Punkt zu sehen. In den untenstehenden Abbildungen blickst du von vorne auf die Scheibe, das heisst die Elektronen fliegen direkt auf dich zu.
 In welche Richtung wird jeweils der Elektronenstrahl abgelenkt?
 Hinweis: Zeichne zuerst das Magnetfeld der Magneten (N  S).

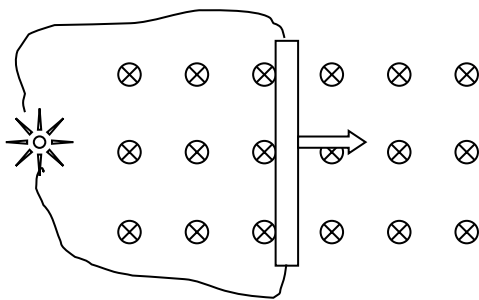
a) b)



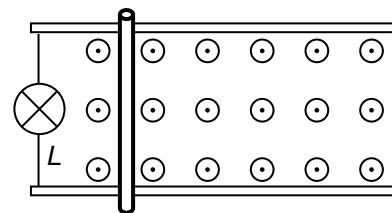
c)



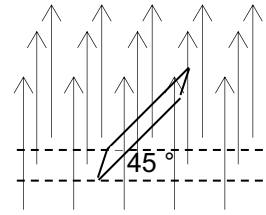
2. Markiere die signifikanten Ziffern mit einem Punkt über der Ziffer. Rechne das Resultat aus, und runde das Resultat auf die richtige Anzahl signifikanter Ziffern.
 - a) $P = U \cdot I = 800.0 \text{ V} \cdot 0.004 \text{ A}$
 - b) $\Phi = B \cdot A = 0.00520 \text{ T} \cdot 249.98000 \text{ m}^2$
3. In einem homogenen Magnetfeld ($B = 0.0150 \text{ T}$) befindet sich senkrecht zu den Feldlinien eine quadratische Leiterschleife. Der magnetische Fluss durch die Leiterschleife beträgt 0.0149940 Wb . Die Seitenlänge der Leiterschleife (in mm) soll berechnet werden.
 - a) Markiere bei den benötigten Zahlenwerten die signifikanten Ziffern mit einem Punkt über der Ziffer. Wie viele signifikante Ziffern besitzen diese? Wie viele Ziffern sollte das Resultat besitzen?
 - b) Berechne die Seitenlänge der Leiterschleife.
 - c) Notiere das Resultat (in mm) mit einer Zehnerpotenz in der wissenschaftlichen Schreibweise und runde auf die richtige Anzahl signifikanter Ziffern.
4. Ein Elektron der Ladung $(1.602 \pm 0.001) \cdot 10^{-19} \text{ C}$ wurde auf eine Geschwindigkeit von $(1.53 \pm 0.04) \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ beschleunigt und bewegt sich senkrecht zu den Feldlinien eines Magnetfeldes der Stärke $(11.76 \pm 0.02) \mu\text{T}$ auf einem Kreis mit Radius $(7.410 \pm 0.005) \text{ cm}$. Gib die Masse des Elektrons korrekt mit (absoluter) Fehlerschranke an.
5. Ein Metallstab der Länge 20.0 cm wird durch ein Magnetfeld ($B = 0.12 \text{ T}$) bewegt. (Die Feldlinien gehen ins Blatt hinein.) Zwischen den Enden des Stabs misst man die Spannung 30.0 mV .



- a) Zeichne das positive und das negative Ende des Stabs ein.
 - b) Wie schnell bewegt sich der Stab?
 - c) Wie gross ist die Stromstärke, wenn man die beiden Enden mit einem Kabel verbindet, und Strom durch ein Lämpchen ($R = 0.40 \Omega$) fliesst?
 - d) Wie gross ist die Kraft, mit der man den Stab nach rechts schieben muss?
 - e) Wie gross ist die Leistung des Lämpchens?
6. In einem homogenen Magnetfeld ($B = 0.22436000 \mu\text{T}$) befindet sich eine Leiterschleife mit den Seitenlängen 13.7400 cm und 0.00972 km . Die magnetischen Feldlinien verlaufen senkrecht zur Fläche der Leiterschleife. Der magnetische Fluss durch die Leiterschleife soll berechnet werden.
 - d) Markiere bei den benötigten Zahlenwerten die signifikanten Ziffern mit einem Punkt über der Ziffer und gib jeweils die Anzahl signifikanter Ziffern an. Gib an, wie viele Ziffern das Resultat besitzen sollte.
 - e) Rechne aus, wie gross der magnetische Fluss durch die Leiterschleife ist.
 - f) Notiere das Resultat mit einer Zehnerpotenz in der wissenschaftlichen Schreibweise und runde auf die richtige Anzahl signifikanter Ziffern.
7. Ein 16.2 cm langer Metallstab befindet sich in einem homogenen Magnetfeld ($B = 217 \text{ mT}$, die magnetischen Feldlinien zeigen aus dem Blatt heraus). Er wird mit der Geschwindigkeit $4.30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ reibungsfrei auf zwei Metallschienen nach rechts geschoben (siehe Abb).



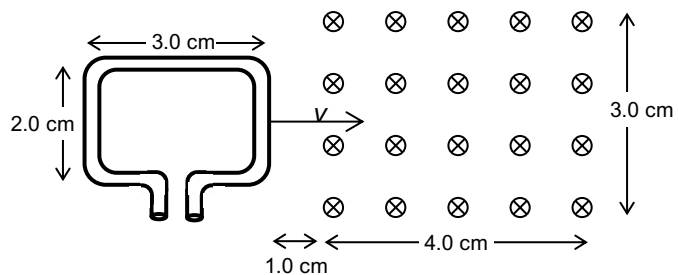
8. Hier siehst du eine quadratische Leiterschleife mit einer Seitenlänge von 37.5 cm. Sie ist um 45° geneigt und befindet sich in einem Magnetfeld der Stärke 25 mT. Berechne den magnetischen Fluss durch die Leiterschleife.



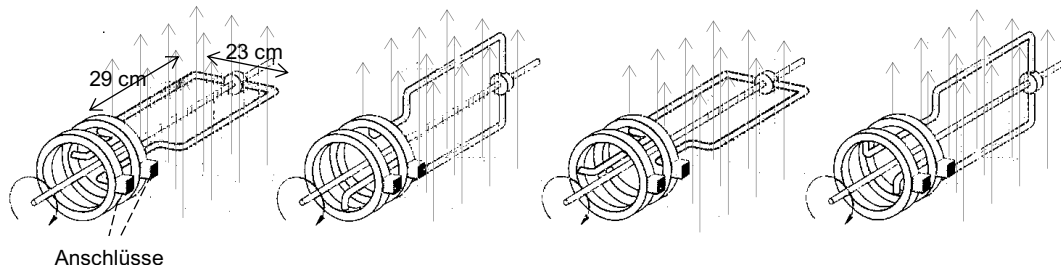
9. Kevin steht auf dem Balkon und hält einen 58.4 cm langen Metallstab waagrecht in West-Ost-Richtung. Dann lässt er ihn aus einer Höhe von 6.8 m frei zu Boden fallen. (Horizontalkomponente des Erdmagnetfeldes an dieser Stelle: $B = 2.06 \cdot 10^{-5} \text{ T}$, Luftwiderstand wird vernachlässigt.)
- Welches Ende des Stabes wird negativ aufgeladen? Fertige eine Skizze an.
 - Wie gross ist die Spannung zwischen den Stabenden beim Erreichen des Erdbodens?

10. Eine rechteckige Leiterschleife wird mit konstanter Geschwindigkeit ($v = 1.0 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$) in ein homogenes Magnetfeld ($B = 2.50 \text{ mT}$) hinein- und wieder hinausbewegt (siehe Abbildung).

- Überlege, zu welchen Zeiten ein magnetischer Fluss durch die Leiterschleife vorhanden ist, und wann sich dieser ändert. Nimmt der Fluss zu, ab oder bleibt er gleich?
- Zu welchen Zeiten wird eine Spannung induziert? Wie gross ist jeweils die induzierte Spannung?



11. Hier siehst du vier Momentaufnahmen einer Leiterschleife, die 20mal pro Sekunde im Uhrzeigersinn in einem homogenen Magnetfeld gedreht wird. (Die Magnetfeldlinien sind als Pfeile dargestellt, $B = 95.3 \text{ mT}$.)



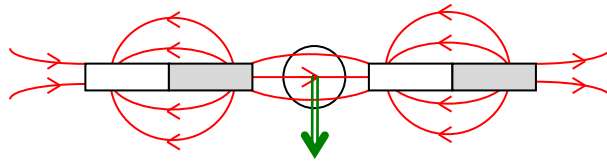
- Zeichne in allen vier Abbildungen ein, ob und in welche Richtung sich die Elektronen in der Leiterschleife bewegen.
- Zeichne dort, wo eine Spannung induziert wird, bei den Anschlüssen Plus- und Minuspol ein.
- Wie gross ist die Scheitelspannung?
- Wie gross ist die Effektivspannung?
- Zu welchen Zeiten ist die Spannung maximal? (Bitte zwei mögliche Zeiten angeben)
- Zu welcher Zeit hat die Spannung den Betrag 418.0 mV?
- Wenn man die Anschlüsse über ein Kabel mit einem Lämpchen verbindet, so dass ein Strom fließen kann, wird es schwerer, die Leiterschleife zu drehen. Warum?

12. Eine rechteckige Leiterschleife (20.0 cm und 10.0 cm Seitenlänge) hat 100 Windungen und rotiert um ihre längere Flächenachse 15.0 mal pro Sekunde. Die Drehachse steht senkrecht zu den Feldlinien eines homogenen Feldes mit $B = 0.20 \text{ T}$.

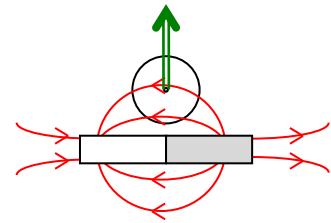
- Wie gross sind die Winkelgeschwindigkeit und die Scheitelspannung?
- Bei welchen Winkeln α (in rad) hat die Spannung den Betrag 18.3 V?
- Zu welchen Zeiten hat die Spannung den Betrag 18.3 V?

Lösungen:

1. a)

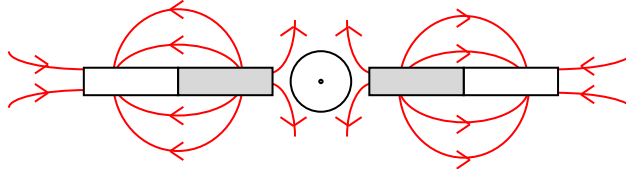


b)



Lorentzkraft:

c)



kein Magnetfeld → keine Lorentzkraft

2. a) $P = U \cdot I = 800.0 \text{ V} \cdot 0.004 \text{ A} = \underline{3 \text{ W}}$

b) $\Phi = B \cdot A = 0.00520 \text{ T} \cdot 249.98000 \text{ m}^2 = \underline{1.30 \text{ Tm}^2}$

3. a) $B = 0.0150 \text{ T}$: 3 signifikante Ziffern, $\Phi = 0.0149940 \text{ Tm}^2$: 6 signifikante Ziffern, Resultat: 3 Ziffern

b) $A = \frac{\Phi}{B} \quad s = \sqrt{\frac{\Phi}{B}} = \sqrt{\frac{0.0149940 \text{ T} \cdot \text{m}^2}{0.0150 \text{ T}}} = 0.99979998 \text{ m} = 1.00 \text{ m}$

c) $\underline{1.00 \cdot 10^3 \text{ mm}}$

4. $m = \frac{B \cdot q \cdot r}{v} = \frac{11.76 \cdot 10^{-6} \text{ T} \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 0.07410 \text{ m}}{1.53 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 9.124238 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

$m_{\text{max}} = \frac{B_{\text{max}} \cdot q_{\text{max}} \cdot r_{\text{max}}}{v_{\text{min}}} = \frac{11.78 \cdot 10^{-6} \text{ T} \cdot 1.603 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 0.07415 \text{ m}}{1.49 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 9.397313 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

$\Delta m = m_{\text{max}} - m = 9.397313 \cdot 10^{-31} \text{ kg} - 9.124238 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 0.2730 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 0.3 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

$m = \underline{(9.1 \pm 0.3) \cdot 10^{-31} \text{ kg}}$

5. a) oben positiv, unten negativ

b) $v = \frac{U_{\text{ind}}}{B \cdot d} = \frac{0.030 \text{ V}}{0.12 \text{ T} \cdot 0.20 \text{ m}} = \underline{1.25 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$

c) $I = \frac{U_{\text{ind}}}{R} = \frac{0.030 \text{ V}}{0.40 \Omega} = \underline{75 \text{ mA}}$

d) $F_L = B \cdot I \cdot s = 0.12 \text{ T} \cdot 0.075 \text{ A} \cdot 0.20 \text{ m} = \underline{1.8 \text{ mN}}$

e) $P = U \cdot I = 0.030 \text{ V} \cdot 0.075 \text{ A} = \underline{2.25 \text{ mW}}$

6. a) $B = 0.22436000 \mu\text{T}$: 8 signifikante Ziffern, $s_1 = 13.7400 \text{ cm}$: 6 signifikante Ziffern, $s_2 = 0.00972 \text{ km}$: 3 signifikante Ziffern, Resultat: 3 Ziffern

b) $\Phi = B \cdot A = B \cdot s_1 \cdot s_2 = 0.22436000 \cdot 10^{-6} \text{ T} \cdot 13.7400 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot 0.00972 \cdot 10^3 \text{ m}$
 $= 0.0000002996390621 \text{ Tm}^2 = \underline{0.000000300 \text{ Tm}^2}$

c) $\underline{3.00 \cdot 10^{-7} \text{ Wb}}$

7. a) $U_{\text{ind}} = B \cdot v \cdot d = 0.217 \text{ T} \cdot 4.30 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0.162 \text{ m} = 0.151 \text{ V} = \underline{151 \text{ mV}}$

b) $I = \frac{U}{R} = \frac{0.151 \text{ V}}{0.87 \Omega} = \underline{0.174 \text{ A}}$

c) Gegenurzeigersinn

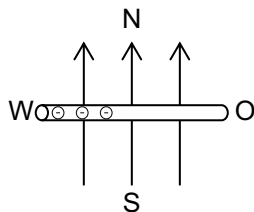
d) $F_L = B \cdot I \cdot s = 0.217 \text{ T} \cdot 0.174 \text{ A} \cdot 0.162 \text{ m} = \underline{6.11 \text{ mN}}$

8. Ankathete = $\cos \alpha \cdot \text{Hypothenuse} = \cos(45^\circ) \cdot 37.5 \text{ cm} = 19.7 \text{ cm}$

$A = 19.7 \text{ cm} \cdot 37.5 \text{ cm} = 739 \text{ cm}^2 = 7.39 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$

$\Phi = B \cdot A = 25 \cdot 10^{-3} \text{ T} \cdot 7.39 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 = \underline{1.85 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}}$

9. a)



Ansicht von oben. Der Stab fällt senkrecht nach unten, ins Blatt hinein. Der geographische Nordpol der Erde ist ein magnetischer Südpol!

$$b) v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 6.8 \text{ m}} = 11.6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$U_{\text{ind}} = B \cdot v \cdot d = 2.06 \cdot 10^{-5} \text{ T} \cdot 11.6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0.584 \text{ m} = \underline{0.139 \text{ mV}}$$

10. a) Zwischen $t = 0$ und $t = 1.0$ s: kein magnetischer Fluss, keine Flussänderung
 zwischen $t = 1.0$ s und $t = 4.0$ s: Fläche nimmt zu $\Rightarrow$ magnetischer Fluss nimmt zu
 zwischen $t = 4.0$ s und $t = 5.0$ s: Fläche bleibt gleich $\Rightarrow$ magnetischer Fluss bleibt gleich
 zwischen $t = 5.0$ s und $t = 8.0$ s: Fläche nimmt ab $\Rightarrow$ magnetischer Fluss nimmt ab
 zwischen $t = 8.0$ s und $t = 10.0$ s: kein magnetischer Fluss $\Rightarrow$ keine Flussänderung

- b) Zwischen $t = 0$ und $t = 1.0$ s: keine Flussänderung, $U_{\text{ind}} = \underline{0}$

zwischen $t = 1.0$ s und $t = 4.0$ s:

Fläche nimmt pro Sekunde um $\Delta A = 0.010 \text{ m} \cdot 0.020 \text{ m} = 2.0 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$ zu:

$$U_{\text{ind}} = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = - \frac{\Delta A \cdot B}{\Delta t} = - \frac{2.0 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 \cdot 2.50 \cdot 10^{-3} \text{ T}}{1.0 \text{ s}} = \underline{-5.0 \cdot 10^{-7} \text{ V}}$$

zwischen $t = 4.0$ s und $t = 5.0$ s: magnetischer Fluss bleibt gleich, $U_{\text{ind}} = \underline{0}$

zwischen $t = 5.0$ s und $t = 8.0$ s:

Fläche nimmt pro Sekunde um $\Delta A = 0.010 \text{ m} \cdot 0.020 \text{ m} = 2.0 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$ ab:

$$U_{\text{ind}} = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = - \frac{\Delta A \cdot B}{\Delta t} = - \frac{-2.0 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 \cdot 2.50 \cdot 10^{-3} \text{ T}}{1.0 \text{ s}} = \underline{5.0 \cdot 10^{-7} \text{ V}}$$

zwischen $t = 8.0$ s und $t = 10.0$ s: keine Flussänderung, $U_{\text{ind}} = \underline{0}$

11. a) Bild 1 und 3: Leiter bewegt sich parallel zu den Magnetfeldlinien, es wirkt keine Lorentzkraft

Bild 2 und 4: Elektronen gehen oben nach hinten, unten nach vorne

- b) Bild 2: vorne -, hinten +, Bild 4: vorne +, hinten -

$$c) \hat{U} = n \cdot A \cdot B \cdot \omega = 1 \cdot 0.0667 \text{ m}^2 \cdot 95.3 \cdot 10^{-3} \text{ T} \cdot 126 \text{ s}^{-1} = \underline{0.80 \text{ V}}$$

$$d) U_{\text{eff}} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} = \frac{0.80 \text{ V}}{\sqrt{2}} = \underline{0.57 \text{ V}}$$

- e) $T = 0.05$ s. Maximale Spannung zu den Zeiten 0.0125 s, 0.0375 s, 0.0625 s, etc.

$$f) U(t) = \hat{U} \cdot \sin(\omega \cdot t) \quad \sin(\omega \cdot t) = \frac{U(t)}{\hat{U}} = 0.52$$

$$t = \frac{\arcsin\left(\frac{U(t)}{\hat{U}}\right)}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{0.55}{2 \cdot \pi \cdot 20 \text{ Hz}} = \underline{4.38 \text{ ms}}$$

- g) Weil der induzierte Strom im Magnetfeld eine Lorentzkraft erfährt. Diese ist entgegengesetzt zur Bewegungsrichtung der Leiterschleife.

12. a) $\omega = 2 \pi f = 2 \pi \cdot 15 \text{ Hz} = \underline{94.2 \text{ s}^{-1}}$

$$\hat{U} = n \cdot A \cdot B \cdot \omega = 100 \cdot 0.020 \text{ m}^2 \cdot 0.20 \text{ T} \cdot 94.2 \text{ s}^{-1} = \underline{37.7 \text{ V}}$$

$$b) U(t) = \hat{U} \cdot \sin(\omega \cdot t) \quad \Rightarrow \quad \sin(\omega \cdot t) = \frac{U(t)}{\hat{U}}$$

$$\alpha_1 = \omega \cdot t = \arcsin\left(\frac{U(t)}{\hat{U}}\right) = \arcsin\left(\frac{18.3 \text{ V}}{37.7 \text{ V}}\right) = \underline{0.51} \quad \alpha_2 = \pi - \alpha_1 = \pi - 0.51 = \underline{2.63}$$

$$\alpha_3 = \alpha_1 + 2\pi = 0.51 + 2\pi = \underline{6.79}$$

$$\alpha_4 = \alpha_2 + 2\pi = 2.63 + 2\pi = \underline{8.91} \quad \text{etc.}$$

$$c) t_1 = \frac{\alpha}{\omega} = \frac{0.51}{94.2 \text{ s}^{-1}} = 0.00538 \text{ s} = \underline{5.38 \text{ ms}} \quad t_2 = \frac{\alpha}{\omega} = \frac{2.63}{94.2 \text{ s}^{-1}} = 0.0280 \text{ s} = \underline{28.0 \text{ ms}}$$

$$t_3 = t_1 + T = 5.38 \text{ ms} + 66.7 \text{ ms} = \underline{72.0 \text{ ms}} \quad t_4 = t_2 + T = 28.0 \text{ ms} + 66.7 \text{ ms} = \underline{94.7 \text{ ms}} \quad \text{etc.}$$