



Um Fachtexte, z. B. in Fachbüchern, Arbeitsblättern, Texte im Internet oder auch Prüfungsaufgaben, zu verstehen, zu nutzen und die Informationen in der Praxis anzuwenden, muss man sie sorgfältig lesen. Bevor Sie den Text lesen, verschaffen Sie sich einen Überblick über den Text. So stellen Sie fest, was besonders wichtig ist.

1. Lesen Sie den Fachtext und beantworten Sie dann die Fragen a) bis f).

Die Leiterwerkstoffe Kupfer und Aluminium dienen dem verlustarmen Transport von elektrischer Energie zwischen Energieerzeugern und -verbrauchern (**Bild 1**), zur Stromleitung zwischen Bauelementen einer elektronischen Schaltung (**Bild 2**) und zur Informationsübertragung. Wegen des geringen spezifischen Gewichts gegenüber Kupfer wird Aluminium vorrangig für Freileitungsseile und Kabel verwendet, nicht aber für Installationsleitungen, wie z. B. Mantelleitungen (NYM).



Bild 1: Kupferkabel zur Elektroenergieübertragung

Leiterwerkstoffe müssen als wichtige Eigenschaft eine große elektrische Leitfähigkeit haben. Die elektrische Leitfähigkeit hängt von der Anzahl der freien Elektronen (Leitungselektronen) und ihrer Beweglichkeit ab. Diese werden von der Werkstoffreinheit, vom Herstellungsverfahren und von der Leitertemperatur beeinflusst.

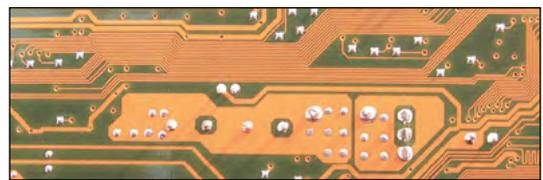


Bild 2: Untersicht einer Leiterplatte

**Kupfer (Cu).** Für die große elektrische Leitfähigkeit von Kupfer ist ein Reinheitsgrad von etwa 99,98% notwendig. Mithilfe elektrolytischer Verfahren wird Katodenkupfer hergestellt. Durch nachfolgendes Umschmelzen entsteht dann das in der Elektrotechnik vorrangig eingesetzte Elektrolytkupfer. Elektrolytkupfer wird z. B. für Leitungen, Kabel, Stromschienen, Wickeldrähte und für Leiterbahnen in gedruckten Schaltungen verwendet. Im Elektromaschinenbau wird Kupfer z. B. für Wicklungen und Stromwender eingesetzt.

**Aluminium (Al).** Bei einem Reinheitsgrad zwischen 99,5% und 99,99% beträgt die elektrische Leitfähigkeit nur etwa 60% der Leitfähigkeit von Kupfer. Trotzdem werden z. B. Stromschienen aus Aluminium hergestellt. Da Aluminium unter Druck „fließt“, das bedeutet, es weicht dem Druck aus, können sich Klemmverbindungen lockern, sodass Schweiß- oder spezielle Pressverbindungen notwendig sind. Wegen der elektrochemischen Korrosion ist eine direkte Verbindung von Aluminium und Kupfer zu vermeiden.

- a) Welche Aufgaben erfüllen die Leiterwerkstoffe Kupfer und Aluminium in der Elektrotechnik?

Sie dienen zum Transport elektrischer Energie, zur Stromleitung zwischen Bauelementen und zur Informationsübertragung.

- b) Welche wichtige Eigenschaft muss ein Leiterwerkstoff haben?

Er muss eine große elektrische Leitfähigkeit haben.

- c) Wie wird die große elektrische Leitfähigkeit von Kupfer erreicht?

Durch das Herstellungsverfahren wird sehr reines Kupfer hergestellt. Reines Kupfer enthält sehr viele Leitungselektronen.

- d) Warum wird meist Aluminium bevorzugt und nicht Kupfer für Freileitungsseile verwendet?

Aluminium hat ein geringeres spezifisches Gewicht als Kupfer.

- e) Warum lockern sich allmählich die Klemmverbindungen von Aluminiumleitern?

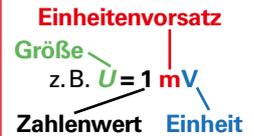
Aluminium wird unter mechanischem Druck weich.

- f) Warum darf man Aluminium nicht direkt mit Kupfer mechanisch verbinden?

Es kommt zu einer elektrochemischen Korrosion.



Um elektrotechnische Formeln verstehen und Rechenaufgaben lösen zu können, muss man den physikalischen Größen, z. B. der Spannung, das festgelegte Formelzeichen mit der zugehörigen Einheit zuordnen können. Wichtig ist auch, dass man beim Rechnen mit physikalischen Größen die Einheitenvorsätze beachtet.



1. Ergänzen Sie die **Tabelle 1** nach dem vorgegebenen Beispiel bei Kraft.

Tabelle 1: Zusammenhang zwischen physikalischer Größe, Formelzeichen und Einheit			
physikalische Größe	Formelzeichen*	Einheitenname	Einheit (Einheitenzeichen)
Kraft	<i>F</i>	Newton	N
Masse	<i>m</i>	Gramm, Kilogramm	g oder kg
Temperatur	$\vartheta, t$	Grad Celsius	°C
Zeit	<i>t</i>	Sekunde	s
Länge	<i>l</i>	Meter	m
Durchmesser	<i>d</i>	Millimeter	mm
Querschnittsfläche	<i>A, q</i>	Quadratmillimeter	mm <sup>2</sup>
Stromstärke	<i>I</i>	Ampere	A
Spannung	<i>U</i>	Volt	V
ohmscher Widerstand	<i>R</i>	Ohm	Ω
elektrische Leitfähigkeit	$\gamma, \kappa$	—	$\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$
elektrische Arbeit	<i>W</i>	Wattsekunde	Ws
elektrische (Wirk-)Leistung	<i>P</i>	Watt	W
elektrische Kapazität	<i>C</i>	Farad	F

\* **Hinweis:** Formelzeichen werden nach DIN 1313 *kursiv*, z. B. *U*, geschrieben.

2. Ergänzen Sie die **Tabelle 2** nach dem vorgegebenen Beispiel.

Tabelle 2: Vergrößernde und verkleinernde Einheitenvorsätze				
Vorsatzzeichen	Vorsatzname	Faktor als		Beispiele
		Zehnerpotenz	Dezimalzahl oder -bruch	
k	Kilo	10 <sup>3</sup>	1 000	380 kV = 380 · 10 <sup>3</sup> V = 380 000 V
M	Mega	10 <sup>6</sup>	1 000 000	50 MW = 50 · 10 <sup>6</sup> W = 50 000 000 W
G	Giga	10 <sup>9</sup>	1 000 000 000	4 GWh = 4 · 10 <sup>9</sup> Wh = 4 000 000 000 Wh
d	Dezi	10 <sup>-1</sup>	0,1	20 dm = 20 · 10 <sup>-1</sup> m = 2,0 m
c	Zenti	10 <sup>-2</sup>	0,01	0,63 cm = 0,63 · 10 <sup>-2</sup> m = 0,0063 m
m	Milli	10 <sup>-3</sup>	0,001	44 mΩ = 44 · 10 <sup>-3</sup> Ω = 0,044 Ω
μ	Mikro	10 <sup>-6</sup>	0,000 001	60 μF = 60 · 10 <sup>-6</sup> F = 0,000 06 F
n	Nano	10 <sup>-9</sup>	0,000 000 001	2000 nF = 2 000 · 10 <sup>-9</sup> F = 0,000 002 F



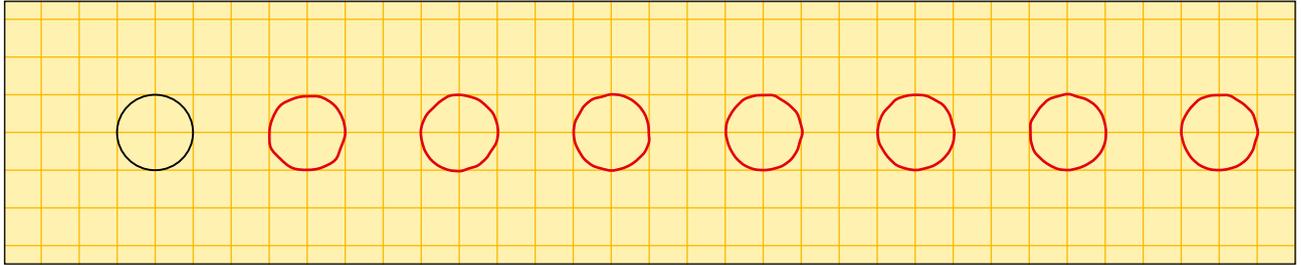
- Formeln beschreiben den mathematischen Zusammenhang zwischen physikalischen Größen, z. B. Spannung, Strom und Widerstand.
- Formeln bestehen aus einem Formelzeichen, z. B.  $U$ ,  $I$ , und Rechenzeichen, z. B.  $+$ ,  $-$ .
- Formeln haben eine linke und rechte Seite, dazwischen verbunden mit einem Gleichheitszeichen.
- Die gesuchte Größe muss beim Umstellen von Formeln links neben dem Gleichheitszeichen alleine stehen.
- Beim Auflösen von Formeln müssen alle Rechenoperationen, z.B. Multiplizieren, an beiden Seiten der Gleichung ausgeführt werden (**Beispiel 1**).
- Formeln können auch mithilfe von Umkehrfunktionen umgestellt werden (**Beispiel 4**).  
Bei einem Seitentausch wird aus: Multiplikation  $\Rightarrow$  Division; Addition  $\Rightarrow$  Subtraktion;  
Potenzieren  $\Rightarrow$  Wurzelziehen und umgekehrt.

### Beispiele zum Umstellen und Auflösen von Formeln

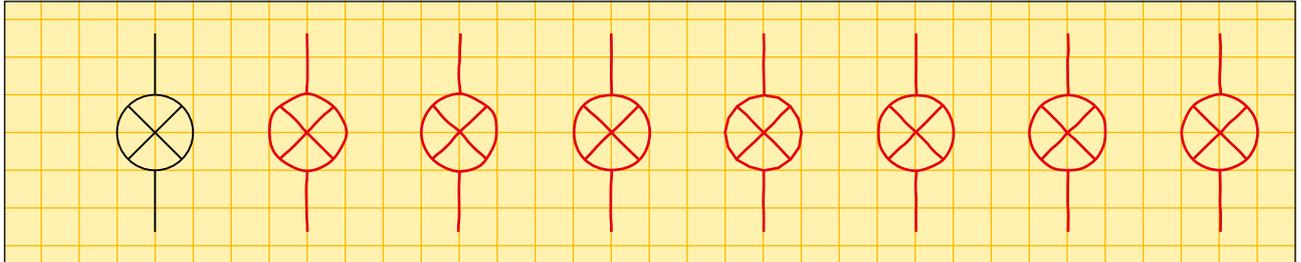
Beispiel 1: Auflösen nach $U_1$	Beispiel 2: Auflösen nach $I$
Ausgangsformel: $U = U_1 + U_2$  $U_2$ subtrahieren: $U - U_2 = U_1 + U_2 - U_2$ $U - U_2 = U_1$  Seiten vertauschen, <b>Lösung:</b> $U_1 = U - U_2$	Ausgangsformel: $U = R \cdot I$  durch $R$ dividieren und kürzen: $\frac{U}{R} = \frac{R}{R} \cdot I = I$  Seiten vertauschen, <b>Lösung:</b> $I = \frac{U}{R}$
Beispiel 3: Auflösen nach $U$	Beispiel 4: Auflösen nach $R_1$
Ausgangsformel: $P = \frac{U^2}{R}$  mit $R$ multiplizieren und kürzen: $P \cdot R = \frac{U^2}{R} \cdot R = U^2$  radizieren: (Hinweis: $\sqrt{U^2} = U$ ) $\sqrt{P \cdot R} = \sqrt{U^2}$  Seiten vertauschen, <b>Lösung:</b> $U = \sqrt{P \cdot R}$	Ausgangsformel: $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$  subtrahieren von $\frac{1}{R_2}$ : $\frac{1}{R} - \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_1}$  Hauptnenner $R \cdot R_2$ bilden: $\frac{1}{R} - \frac{1}{R_2} = \frac{1 \cdot R_2 - 1 \cdot R}{R \cdot R_2} = \frac{R_2 - R}{R \cdot R_2}$  Hauptnenner einsetzen: $\frac{R_2 - R}{R \cdot R_2} = \frac{1}{R_1}$  Seiten vertauschen und Kehrwert bilden: $\frac{1}{R_1} = \frac{R_2 - R}{R \cdot R_2}$  <b>Lösung:</b> $R_1 = \frac{R \cdot R_2}{R_2 - R}$
Beispiel 5: Auflösen nach $I$	Beispiel 6: Auflösen nach $C$
Ausgangsformel: $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$  durch $U$ dividieren und kürzen: $\frac{P}{U} = \frac{I \cdot \cancel{U} \cdot \cos \varphi}{\cancel{U}}$  $\frac{P}{U} = I \cdot \cos \varphi$  durch $\cos \varphi$ dividieren und kürzen: $\frac{P}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{I \cdot \cancel{\cos \varphi}}{\cancel{\cos \varphi}}$  Seiten vertauschen, <b>Lösung:</b> $I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$	Ausgangsformel: $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$  durch $2 \cdot \pi$ dividieren und kürzen: $\frac{T}{2 \cdot \pi} = \frac{\cancel{2} \cdot \cancel{\pi} \cdot \sqrt{L \cdot C}}{\cancel{2} \cdot \cancel{\pi}}$  quadrieren: $(\frac{T}{2 \cdot \pi})^2 = (\sqrt{L \cdot C})^2$  $\frac{T^2}{4 \cdot \pi^2} = L \cdot C$  durch $L$ dividieren und kürzen: $\frac{T^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot L} = \frac{\cancel{L} \cdot C}{\cancel{L}}$  Seiten vertauschen, <b>Lösung:</b> $C = \frac{T^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot L}$



5. Erstellen Sie mit dem Bleistift nach dem Muster freihändig Kreise. Kreise kennzeichnen z.B. Teile von Leuchten.



6. Erstellen Sie mit dem Bleistift nach dem Muster jetzt das Schaltzeichen von Leuchten mit den beiden Anschlüssen.



7. In der Elektrotechnik gibt es genormte Betriebsmittelkennzeichnungen. Schreiben Sie je eine Zeile senkrecht die Kennzeichnungen E1, R2, X3, S4 und Q5 in 5 mm-Schriftgröße.

E1  
 R2  
 X3  
 S4  
 Q5 Q5

8. Bei technischen Zeichnungen verwendet man Normschrift. In Ihrer Ausbildung ist es von Vorteil manche Begriffe, z. B. Name und Firma, in Normschrift schreiben zu können. Schreiben Sie diese in Normschrift in das unten stehende Linienfeld. Die Muster, z. B. Messgerät, zeigen Ihnen die Linienführung.

*abcdefghijklmnopqrstu vwxyz-ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ*  
 1234567890  $\emptyset$   $\square$  - [(! ? ; : " ' - = +  $\pm$  x  $\cdot$   $\sqrt{\%$  & /)] < >

*Wir üben*      *Wir üben*      *Wir üben*      *Wir üben*  
*230 V*            *230 V*            *230 V*            *230 V*  
*Messgerät*      *Messgerät*      *Messgerät*      *Messgerät*  
 Name des Ausbildungsbetriebes, Postanschrift,  
 Telefonnummer + evtl. Web-Adresse: *Menzel Elektro-*  
*motoren GmbH, Neues Ufer 19-25, 10553 Berlin,*  
*Tel. +4930349922-0, www.menzel-motors.com*



Der elektrische Strom transportiert elektrische Energie und überträgt Informationen. Die elektrische Stromstärke ist eine Grundgröße der Elektrotechnik.

- Warum leiten Metalle, z.B. Kupfer, den elektrischen Strom besonders gut?  
Weil in Metallen sehr viele frei bewegliche Elektronen vorhanden sind.
- Was geschieht im Inneren eines metallischen Leiters, wenn in ihm ein elektrischer Strom fließt?  
Die freien Elektronen bewegen sich gleichzeitig in eine bestimmte Richtung.
- Unter welchen Voraussetzungen kann ein elektrischer Strom fließen?  
Es müssen eine Energiequelle (Spannungsquelle) und ein geschlossener Stromkreis vorhanden sein.
- Das **Bild 1** zeigt den vereinfachten Ausschnitt eines metallischen Leiters mit der Flussrichtung der Elektronen. Tragen Sie die Bezugspfeile und das Formelzeichen für die technische Stromrichtung ein.

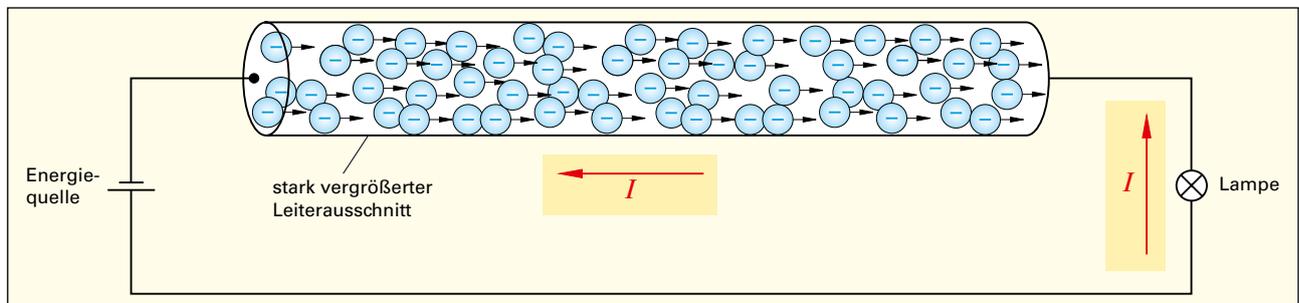


Bild 1: Stromfluss im Leiter

- Wie ist die elektrische Stromstärke  $I$  in einem metallischen Leiter festgelegt?  
In einem metallischen Leiter wird die Stromstärke  $I$  durch die Menge der fließenden freien Elektronen pro Zeiteinheit bestimmt.
- Vergleichen Sie in **Tabelle 1** die Stromstärken  $I$  mit dem Beispiel 1. Verwenden Sie die Begriffe: *größer* und *kleiner*.
- Ergänzen Sie die **Tabelle 2**.

Tabelle 1: Stromstärkevergleich			
Beispiel-Nr.	Ladung $Q$	Zeitdauer $t$	Stromstärke $I$
1	5 As	2 s	klein
2	5 As	0,5 s	größer als bei Nr. 1
3	20 As	10 s	kleiner als bei Nr. 1

Tabelle 2: Stromstärke	
Formelzeichen	$I$
Einheitenname	Ampere
Einheitenzeichen	A

- Vergleichen Sie die Stromstärke  $I_1$  vor und die Stromstärke  $I_2$  nach dem Verbraucher (**Bild 2**). Begründen Sie Ihre Antwort.  
Die Stromstärke  $I$  ist vor und nach dem Verbraucher gleich groß. Die Zahl der freien Elektronen, die in den Verbraucher hinein-fließen, müssen auch wieder herausfließen. Die freien Elektronen geben aber Energie ab.

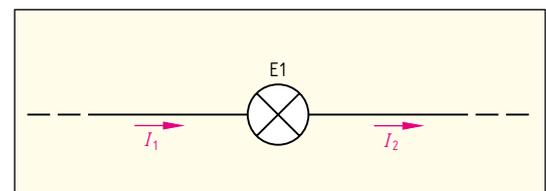


Bild 2: Stromstärke vor und hinter einem Verbraucher

- Rechnen Sie die Stromwerte mit großen und kleinen Einheitenvorsätzen in die geforderte Einheit um.

1 kA = <u>1 000</u> A	1 mA = <u>0,001</u> A	0,005 kA = <u>5</u> A	0,5 A = <u>500</u> mA
1 mA = <u>1 000</u> $\mu$ A	600 A = <u>0,6</u> kA	0,36 A = <u>360</u> mA	2 mA = <u>0,002</u> A
250 mA = <u>0,250</u> A	3 A = <u>3 000</u> mA	20 mA = <u>0,02</u> A	100 kA = <u>100 000</u> A



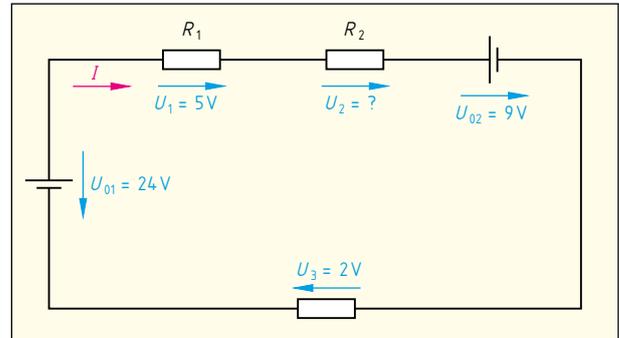
6. Nennen Sie die Maschenregel (2. kirchhoffsche Regel).

**In einer Masche ist die Summe aller Erzeugerspannungen und aller Teilspannungen in einer festgelegten Zählrichtung gleich null.**



Die Zählrichtung innerhalb einer Masche kann frei gewählt werden, entweder im Uhrzeigersinn oder gegen den Uhrzeigersinn. Beachten Sie, dass alle Spannungen in der Zählrichtung ein positives Vorzeichen, alle Spannungen gegen die Zählrichtung ein negatives Vorzeichen erhalten.

7. a) Stellen Sie die Maschenregel für die Reihenschaltung nach **Bild 1** auf und berechnen Sie daraus die Spannung  $U_2$  für die Zählrichtung im Uhrzeigersinn und  
 b) für die Zählrichtung gegen den Uhrzeigersinn.  
 c) Welche Schlussfolgerung ziehen Sie aus dem Vergleich beider Ergebnisse?



**Bild 1: Reihenschaltung von drei Widerständen**

Geg.:  $U_1 = 5 \text{ V}, U_3 = 2 \text{ V}, U_{01} = 24 \text{ V},$   
 $U_{02} = 9 \text{ V}$

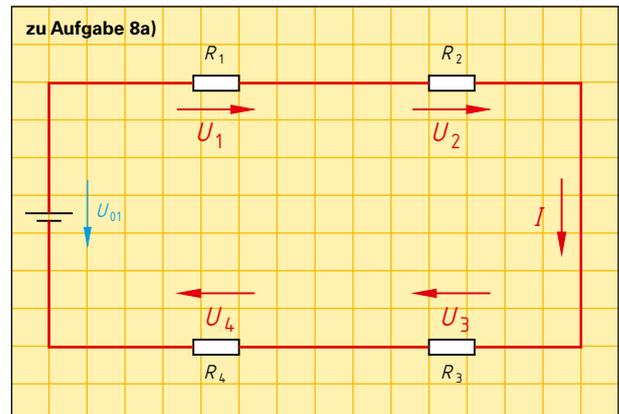
Ges.:  $U_2$

Lösung:

a)  $U_1 + U_2 + U_{02} + U_3 - U_{01} = 0$   
 $U_2 = U_{01} - U_1 - U_{02} - U_3$   
 $= 24 \text{ V} - 5 \text{ V} - 9 \text{ V} - 2 \text{ V} = 8 \text{ V}$

b)  $-U_1 - U_2 - U_{02} - U_3 + U_{01} = 0$   
 $U_2 = U_{01} - U_1 - U_{02} - U_3$   
 $= 24 \text{ V} - 5 \text{ V} - 9 \text{ V} - 2 \text{ V} = 8 \text{ V}$

c) Die Lösung ist unabhängig von der gewählten Zählrichtung immer gleich.



**Bild 2: Reihenschaltung von vier Widerständen**

8. Vier Teilwiderstände  $R_1 = 22 \Omega$ ,  $R_2 = 47 \Omega$ ,  $R_3 = 15 \Omega$  und  $R_4 = 33 \Omega$  sind in Reihe an eine Spannungsquelle mit  $U_0 = 24 \text{ V}$  geschaltet.
- a) Verbinden Sie die Bauelemente im **Bild 2** und tragen Sie für den Strom  $I$  und alle Teilspannungen  $U_1$  bis  $U_4$  die Bezugspfeile ein.
- b) Berechnen Sie den Ersatzwiderstand  $R$ .
- c) Berechnen Sie die Stromstärke  $I$ .
- d) Berechnen Sie die Teilspannungen  $U_1$  bis  $U_4$ .
- e) Berechnen Sie die Summe  $U_1$  bis  $U_4$ .

Geg.:  $R_1 = 22 \Omega, R_2 = 47 \Omega, R_3 = 15 \Omega, R_4 = 33 \Omega, U_0 = 24 \text{ V}$

Ges.:  $R, I, U_1, U_2, U_3, U_4, U$

Lösung:

b)  $R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 22 \Omega + 47 \Omega + 15 \Omega + 33 \Omega = 117 \Omega$

c)  $I = \frac{U_0}{R} = \frac{24 \text{ V}}{117 \Omega} = 0,205 \text{ A}$

d)  $U_1 = I \cdot R_1 = 0,205 \text{ A} \cdot 22 \Omega = 4,51 \text{ V}$

$U_2 = I \cdot R_2 = 0,205 \text{ A} \cdot 47 \Omega = 9,64 \text{ V}$

$U_3 = I \cdot R_3 = 0,205 \text{ A} \cdot 15 \Omega = 3,08 \text{ V}$

$U_4 = I \cdot R_4 = 0,205 \text{ A} \cdot 33 \Omega = 6,77 \text{ V}$

e)  $U = U_0 = U_1 + U_2 + U_3 + U_4 = 4,51 \text{ V} + 9,64 \text{ V} + 3,08 \text{ V} + 6,77 \text{ V} = 24 \text{ V}$



1. Zeichnen Sie in die Mess-Schaltung (**Bild**) die Bezugspfeile für die Kondensatorspannung und die Pfeile für die Richtung des Kondensatorstroms beim Auf- und Entladen ein. Tragen Sie am Umschalter den Vorgang „Aufladen“ und „Entladen“ ein.

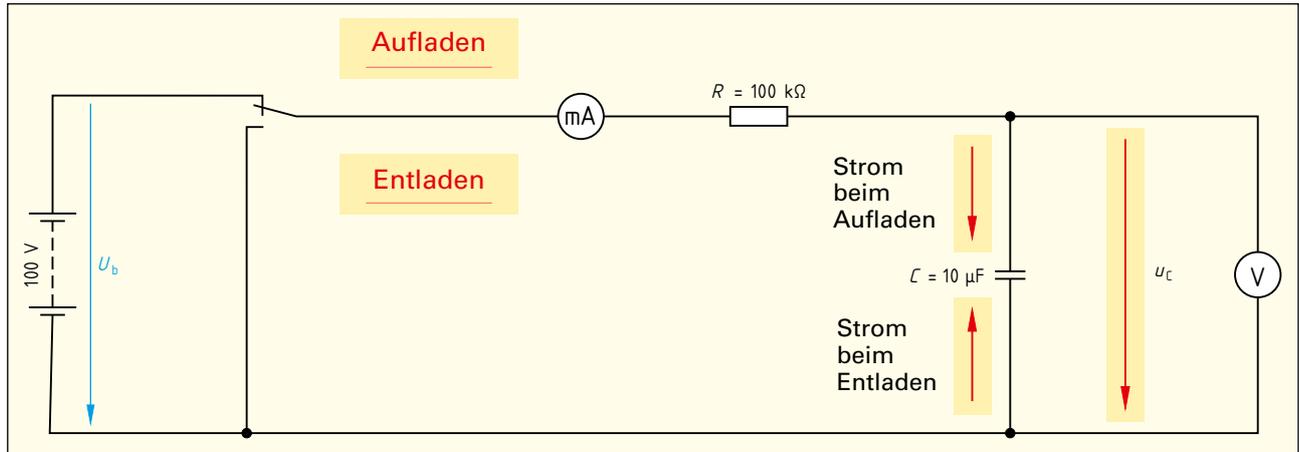


Bild: Laden und Entladen eines Kondensators

2. Ein Kondensator ist über einen Schalter und einen Widerstand an Gleichspannung angeschlossen (Bild).

- a) Wann fließt der größte Strom?

Sofort nach dem Einschalten.

- b) Wie berechnet man die maximale Stromstärke  $I_{\max}$  des Ladestromes direkt nach dem Einschalten? Geben Sie die Formel für  $I_{\max}$  an.

Gleichspannung (Betriebsspannung  $U_b$ )  
dividiert durch den Widerstand  $R$ .

$$I_{\max} = U_b / R$$

- c) Nach dem Einschalten steigt die Kondensatorspannung allmählich an. Wie verhält sich dabei die Ladestromstärke?

Die Ladestromstärke wird immer kleiner.

3. Ergänzen Sie die Tabelle.

Tabelle: Zeitkonstante einer RC-Schaltung			
Zeitkonstante/Formel		$\tau = R \cdot C$	
$\tau$	<u>Zeitkonstante</u>	Einheit:	$\Omega \cdot \frac{s}{\Omega} = s$
$R$	Widerstand	Einheit:	$\Omega$
$C$	Kapazität	Einheit:	$F = \frac{s}{\Omega}$

4. Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Ladezeit und der Kapazität des Kondensators sowie der Größe des Vorwiderstands?

Die Ladezeit ist umso länger, je größer die Kapazität  $C$  und je größer der Vorwiderstand  $R$  sind.

5. Wie berechnet man die Zeitkonstante?

Die Zeitkonstante  $\tau$  ist das Produkt aus Widerstand  $R$  und Kondensator  $C$ .

6. Wie lange dauert es, bis ein Kondensator theoretisch vollständig aufgeladen ist?

Ein Kondensator ist erst nach unendlich langer Zeit aufgeladen.

7. Nach welcher Zeit ist ein Kondensator praktisch vollständig aufgeladen?

Ein Kondensator ist nach Ablauf von 5 Zeitkonstanten ( $5 \tau$ ) praktisch aufgeladen.



**Allgemeines Induktionsgesetz:**

Immer wenn sich der magnetische Fluss  $\Phi$  innerhalb einer Leiterschleife oder Spule ändert, wird eine Spannung in dieser Leiterschleife oder Spule induziert (erzeugt).

Der Induktionsvorgang wird besonders bei elektrischen Maschinen, z. B. Motoren und Generatoren genutzt. Die Besonderheiten des elektrischen Verhaltens von Bauelementen im Wechselstromkreis gegenüber dem Gleichstromkreis lassen sich mit dem Induktionsvorgang begründen.

1. Geben Sie fünf Möglichkeiten an, um den magnetischen Fluss  $\Phi$  innerhalb einer Spule zu ändern. Der magnetische Fluss  $\Phi$  ändert sich in einer Spule, wenn ...

1. die Stromstärke und/oder die Richtung des Gleichstroms sich ändert,
2. ein Wechselstrom fließt,
3. wenn der Strom ein- oder ausgeschaltet wird,
4. eine Spule in einem gleichbleibenden Magnetfeld gedreht wird,
5. ein gleichbleibendes Magnetfeld sich an einer feststehenden Spule vorbei bewegt.

2. Man kann die einzelnen Entstehungsursachen für eine Induktionsspannung in zwei Induktionsarten zusammenfassen. Ordnen Sie Ihre Möglichkeiten 1 bis 5 aus Aufgabe 1 in die Tabelle ein.

Tabelle: Induktionsarten	
Induktionsart	Nr. der Möglichkeit (nach Aufgabe 1) $\Phi$ zu ändern
Bewegungsinduktion	4., 5.
Ruheinduktion	1., 2., 3.

3. Wie lautet die allgemeine Formel des Induktionsgesetzes?

Induktionsspannung: 
$$U_i = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$



Das Minuszeichen im Induktionsgesetz berücksichtigt die lenzsche Regel.

4. Berechnen Sie die Induktionsspannung  $U_i$  in einer Spule mit 1000 Windungen, wenn sich der magnetische Fluss  $\Phi$  im Zeitabschnitt  $\Delta t_2$  zwischen 3 ms und 5 ms (Bild) ändert.

Geg.:  $\Delta\Phi_2 = 0,2 \text{ mVs}$ ,  $\Delta t_2 = 2 \text{ ms}$ ,  $N = 1000$   
 Ges.:  $U_i$   
 Lösung:  

$$U_i = N \cdot \frac{\Delta\Phi_2}{\Delta t_2} = 1000 \cdot \frac{0,2 \text{ mVs}}{2 \text{ ms}}$$

$$= 100 \text{ V}$$

Antwortsatz: In der Spule wird eine Spannung von 100 V induziert.

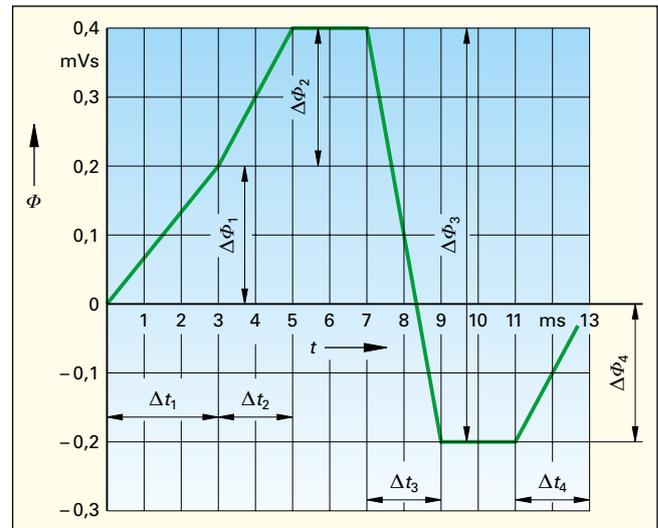


Bild: Magnetflussänderung  $\Phi = f(t)$

5. Erklären Sie, was die lenzsche Regel aussagt.

Die lenzsche Regel sagt aus, dass der durch eine Induktionsspannung hervorgerufene Strom stets so gerichtet ist, dass er der Entstehungsursache der Induktionsspannung entgegenwirkt.



Klingel- und Türöffneranlagen sind in fast allen Wohngebäuden anzutreffen. Meistens können sowohl die Klingel als auch der Türöffner von mehreren Orten aus bedient werden.

1. Der Übersichtsschaltplan im **Bild 1** (Kennbuchstaben der Betriebsmittel fehlen) zeigt eine Klingel- und Türöffneranlage für ein Gebäude mit zwei Wohnungen. Ergänzen Sie die **Tabelle** mit allen notwendigen Bestandteilen einer Klingel- und Türöffneranlage. Tragen Sie anschließend die entsprechenden Kennbuchstaben in **Bild 1** ein.

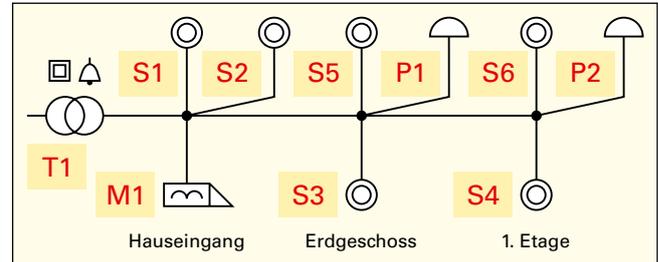


Bild 1: Übersichtsschaltplan

2. Wie werden mehrere Taster, die die gleiche Klingel bzw. den gleichen Türöffner ansteuern, geschaltet?

jeweils parallel

3. Eine Klingel- und Türöffneranlage soll folgende Aufgaben erfüllen:

- S1 (Hauseingang) und S3 (Wohnungstür) betätigen die Klingel P1 (Erdgeschoss),
- S2 (Hauseingang) und S4 (Wohnungstür) betätigen die Klingel P2 (1. Etage),
- S5 (Wohnung Erdgeschoss) und S6 (Wohnung 1. Etage) betätigen den Türöffner M.

Ergänzen Sie

- die Kennbuchstaben im Übersichtsschaltplan (**Bild 1**) und
- den Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung (**Bild 2**).

Tabelle: Bestandteile einer Klingel- und Türöffneranlage		
Schaltzeichen	Betriebsmittel	Kennbuchstabe
	Klingeltransformator	T
	Klingel	P
	Türöffner	M
	Taster	S

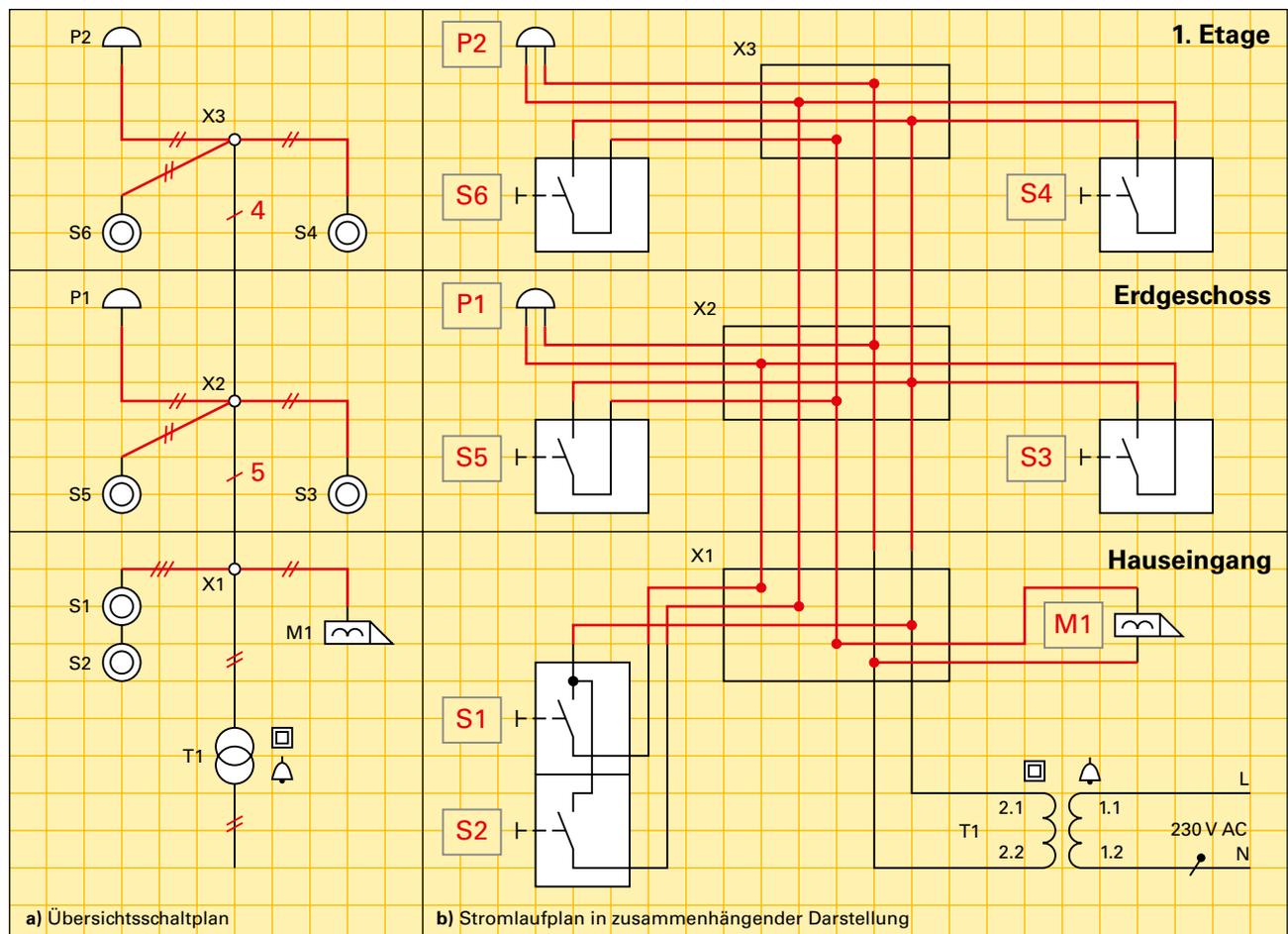


Bild 2: Klingel- und Türöffneranlage für zwei Wohnungen



6. Eine Phasenanschnittsteuerung (Bild) wird einmal mit einem Triac und einmal mit einem Thyristor aufgebaut. Als Last wird jeweils eine Glühlampe verwendet. Die Ansteuerung von Triac und Thyristor erfolgt mit Zündimpulsen. An beiden Schaltungen wird Netzspannung (Bild a) angelegt.

a) Ergänzen Sie in Abhängigkeit der Zündspannung (Bild b) den Verlauf der Lastspannung für die Schaltung mit dem Thyristor (Bild c) und dem Triac (Bild d).

b) Beschriften Sie in Bild d den Zündwinkel  $\alpha$  und den Stromflusswinkel  $\Theta$ .

c) Welcher Zündwinkel  $\alpha$  und Stromflusswinkel  $\Theta$  ergibt sich aus Bild d?

$\alpha = 45^\circ$

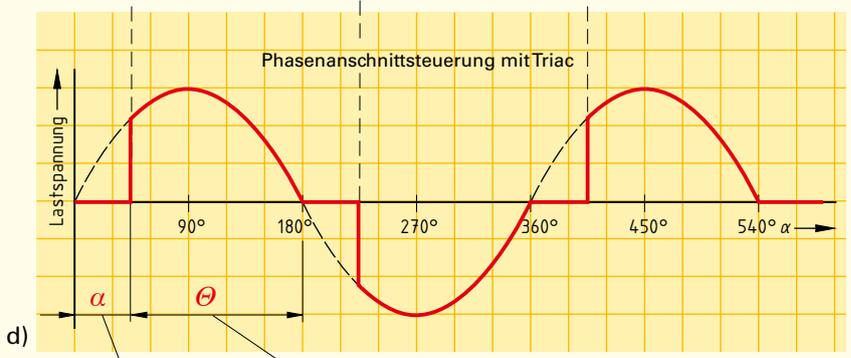
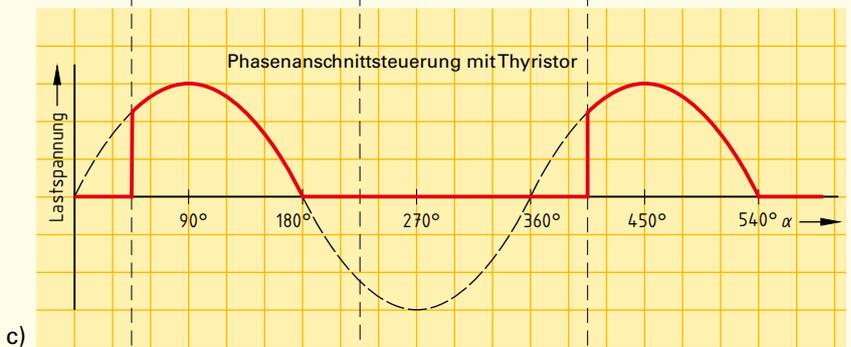
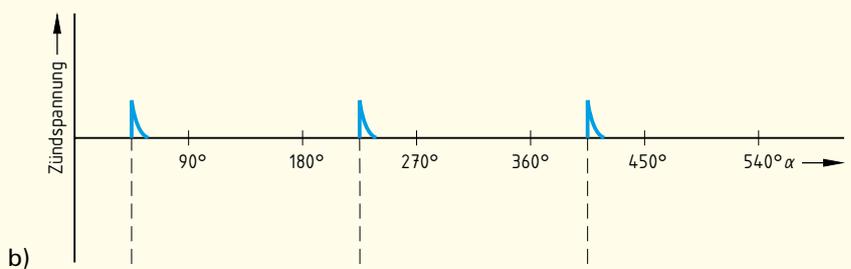
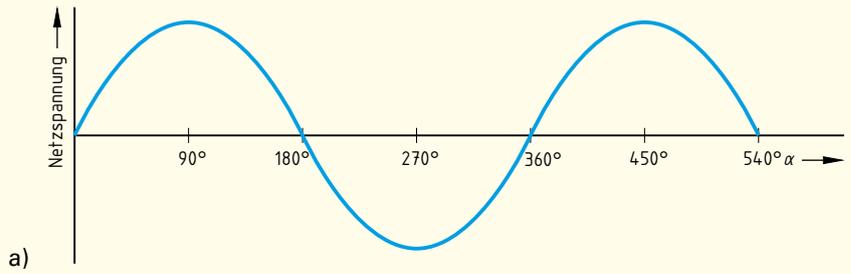
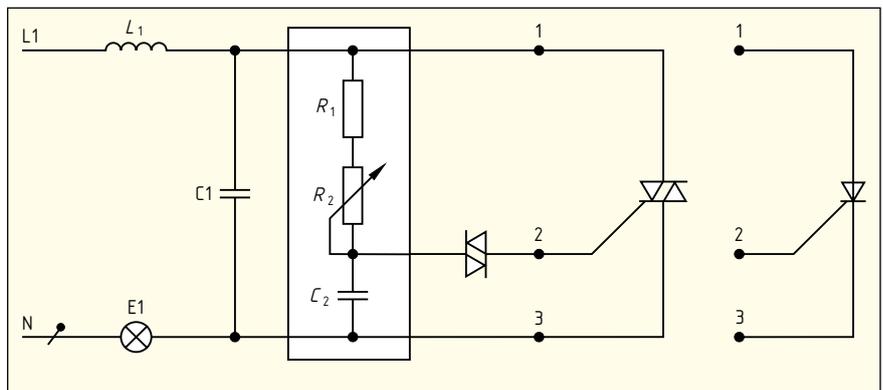
$\Theta = 135^\circ$

d) Berechnen Sie den minimalen Zündwinkel  $\alpha$  bei einer Diac-Schaltspannung  $U_s = 30\text{ V}$  und einer Netzspannung  $U = 230\text{ V}$ .

Geg.:	$U_s = 30\text{ V},$ $U = 230\text{ V}$
Ges.:	$\alpha$
Lösung:	
	$\sin \alpha = \frac{U_s}{\sqrt{2} \cdot U}$
	$= \frac{30\text{ V}}{\sqrt{2} \cdot 230\text{ V}} = 0,092$
	$\alpha = 5,3^\circ$

e) Welchen Verlauf und welche Phasenbeziehung hat der Laststrom zur Netzspannung? Begründen Sie Ihre Antwort.

Strom und Spannung  
sind form- und phasen-  
gleich, weil bei einer  
Glühlampe eine reine  
Wirklast vorliegt.



Zündwinkel      Stromflusswinkel

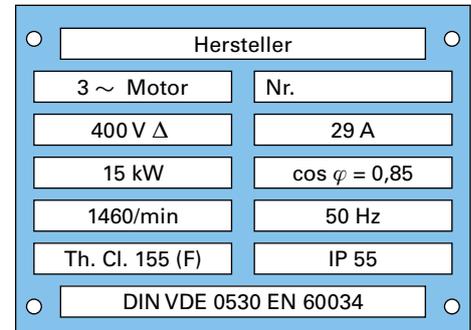
Bild: Ströme und Spannungen bei der Phasenanschnittsteuerung



In einer Gießerei soll ein neuer Motor installiert werden. Anhand der Daten auf dem Leistungsschild des Motors (**Bild**) soll der Querschnitt für die Leitung von der Verteilung zum Motor berechnet werden. Zusätzlich sind folgende Bedingungen zu berücksichtigen: Die Leitung soll in einem Installationskanal auf der Wand verlegt werden, in dem sich bereits drei mehradrige Leitungen befinden. Die Raumtemperatur kann bis zu 40 °C betragen. Es soll eine Mantelleitung NYM verwendet werden. Die notwendige Leitungslänge zwischen Unterverteilung und Motor beträgt 16 m.

1. Ermitteln Sie mithilfe des Leistungsschildes (**Bild**)

- a) den Motortyp und
  - b) legen Sie daraus die Anzahl der belasteten Adern der zu verlegenden Leitung fest.
- a) **Drehstrommotor**      b) **drei belastete Adern**



**Bild: Motorleistungsschild**

2. Bestimmen Sie mithilfe des Leistungsschildes

- a) die Stromaufnahme  $I_b$  des Motors bei Betrieb mit Bemessungsleistung und
  - b) legen Sie die Verlegeart fest.
- a)  **$I_b = 29 A$**       b) **Verlegeart B2**

3. Bestimmen Sie

- a) den Bemessungsstrom  $I_N$  der Überstromschutzeinrichtung, wenn dreipolige Leitungsschutzschalter Typ C verwendet werden sollen und
  - b) legen Sie daraus die Höhe der Strombelastbarkeit  $I_z$  der Leitung fest.
- a)  **$I_N = 35 A$**   
 b)  **$I_z \geq I_N \geq 35 A$**

4. Welche Umrechnungsfaktoren müssen Sie für die Dimensionierung der Leitung berücksichtigen?

- **$f_1$  für abweichende Umgebungstemperatur**
- **$f_2$  für Leitungshäufung**

5. Bestimmen Sie die Umrechnungsfaktoren

- a)  $f_1$  für abweichende Umgebungstemperatur und
  - b)  $f_2$  für Leitungshäufung.
- a) Umgebungstemperatur: 40 °C , Isolierung: PVC →  **$f_1 = 0,87$**   
 b) Anzahl der mehradrigen Leitungen: 4 , Verlegung: im Kanal →  **$f_2 = 0,65$**

6. Berechnen Sie mithilfe der Strombelastbarkeit  $I_z$  und den Umrechnungsfaktoren  $f_1$  und  $f_2$

- a) den Bemessungswert der Strombelastbarkeit  $I_r$  der Leitung.
- b) Legen Sie daraus den erforderlichen Leiterquerschnitt  $A$  fest.

Lösung: a) $I_r = \frac{I_z}{f_1 \cdot f_2} = \frac{35 A}{0,87 \cdot 0,65} = 61,9 A$	b) Nach DIN VDE 0298-4 beträgt der erforderliche Leiterquerschnitt <b><math>A = 16 \text{ mm}^2</math></b>
--	--

7. Berechnen Sie a) den Spannungsfall  $\Delta U$  der Leitung und b) bewerten Sie das Ergebnis.

a) Geg.: $I = 29 A, l = 16 \text{ m}, \cos \varphi = 0,85, \gamma_{Cu} = 56 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2), A = 16 \text{ mm}^2$ Ges.: $\Delta U$
Lösung: $\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot A} = \frac{\sqrt{3} \cdot 16 \text{ m} \cdot 29 A \cdot 0,85}{56 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2) \cdot 16 \text{ mm}^2} = 0,76 V$
b) <b>Im 400-V-Netz darf der zulässige Spannungsfall 12 V betragen.</b> <b><math>0,76 V &lt; 12 V \rightarrow</math> der gewählte Leiterquerschnitt von <math>16 \text{ mm}^2</math> ist ausreichend.</b>

8. Geben Sie die genormte Bezeichnung der zu verwendenden Leitung an: **NYM – J 5 x 16 mm<sup>2</sup>**



5. Ein Einphasentransformator mit einer Bemessungsleistung von 500 VA soll eine Eingangsspannung von 230 V auf eine Ausgangsspannung von 24 V herabtransformieren. Die Eingangswindungszahl beträgt 470. Berechnen Sie **a)** das Übersetzungsverhältnis des Transformators, **b)** seinen Eingangsstrom, **c)** seinen Ausgangsstrom und **d)** die Ausgangswindungszahl. **Hinweis:** Die Verluste des Transformators sind zu vernachlässigen.

Geg.: $S = 500 \text{ VA}$ , $U_1 = 230 \text{ V}$ , $U_2 = 24 \text{ V}$ , $N_1 = 470$	Ges.: a) $\ddot{u}$ b) $I_{1N}$ c) $I_{2N}$ d) $N_2$
Lösung:	
a) $\ddot{u} = \frac{U_{1N}}{U_{2N}} = \frac{230 \text{ V}}{24 \text{ V}} = 9,58:1$	c) $I_{2N} = \ddot{u} \cdot I_1 = 9,58 \cdot 2,17 \text{ A} = 20,8 \text{ A}$
b) $I_{1N} = \frac{S_N}{U_{1N}} = \frac{500 \text{ VA}}{230 \text{ V}} = 2,17 \text{ A}$	d) $N_2 = \frac{N_1}{\ddot{u}} = \frac{470}{9,58} = 49$

6. Einphasentransformatoren werden auch als Spartransformatoren (**Bild**) hergestellt. Nennen Sie je einen Vorteil und Nachteil von Spartransformatoren.

Vorteil: Beim Spartransformator werden Leiterwerkstoff und Kerneisen gespart.

Nachteil: Spartransformatoren haben keine galvanische Trennung zwischen Eingangs- und Ausgangswicklung.

7. Nennen Sie je ein Beispiel, wo **a)** Spartransformatoren eingesetzt werden und **b)** keine Spartransformatoren verwendet werden dürfen.

a) Vorschaltgerät für Natrium-Dampflampen

b) Spielzeugtransformatoren, Sicherheitstransformatoren

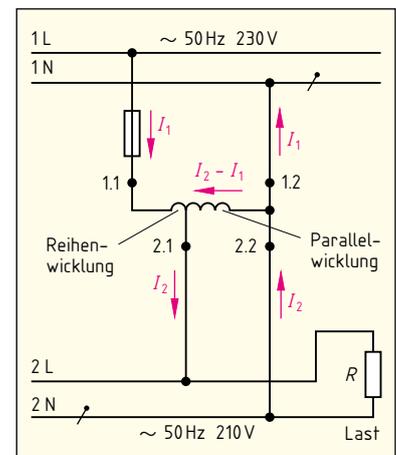


Bild: Spartransformator

8. Bei Spartransformatoren unterscheidet man **a)** die Durchgangsleistung  $S_D$  und **b)** die Bauleistung  $S_B$ . Was versteht man unter diesen beiden Leistungen?

a) Die gesamte mögliche Leistungsabgabe des Spartransformators.

b) Die durch Induktion übertragene Leistung.

9. Ein Spartransformator 400/230 V hat eine Durchgangsleistung von 480 VA bei einem Wirkungsgrad von 0,9. Berechnen Sie **a)** die Bauleistung, **b)** den Eingangsstrom und **c)** den Ausgangsstrom.

Geg.: $S_D = 480 \text{ VA}$ , $U_1 = 400 \text{ V}$ , $U_2 = 230 \text{ V}$ , $\eta = 0,9$	Ges.: a) $S_B$ , b) $I_1$ , c) $I_2$
Lösung:	
a) $S_B = S_D \cdot \frac{U_1 - U_2}{U_1} = 480 \text{ VA} \cdot \frac{400 \text{ V} - 230 \text{ V}}{400 \text{ V}} = 204 \text{ VA}$	
b) $S_1 = \frac{S_D}{\eta} = \frac{480 \text{ VA}}{0,9} = 533 \text{ VA}$	c) $I_2 = \frac{S_D}{U_2} = \frac{480 \text{ VA}}{230 \text{ V}} = 2,09 \text{ A}$
$I_1 = \frac{S_1}{U_1} = \frac{533 \text{ VA}}{400 \text{ V}} = 1,33 \text{ A}$	



Rotierende elektrische Maschinen werden in allen Bereichen von Industrie, Handwerk und Haushalt eingesetzt. Unabhängig von ihrer Bauart arbeiten alle rotierenden elektrischen Maschinen nach dem gleichen Prinzip.

1. In welche beiden Gruppen werden rotierende elektrische Maschinen hinsichtlich ihrer Arbeitsweise eingeteilt?

Motoren und Generatoren

2. Eine rotierende elektrische Maschine (**Bild 1**) kann als Motor oder Generator verwendet werden. Motoren und Generatoren haben deshalb den gleichen Aufbau. Die Arbeitsweise Motor- oder Generatorbetrieb wird nur durch die Richtung der Energieumwandlung festgelegt. Ergänzen Sie das folgende Blockschaltbild eines Motors mit den Angaben „mechanische Energie“ bzw. „elektrische Energie“.

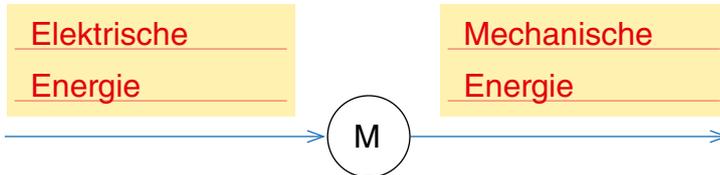


Bild 1: Elektrische Maschine (Beispiel)

3. Welche Wirkung des elektrischen Stromes wird bei den rotierenden elektrischen Maschinen ausgenutzt?

Die magnetische Wirkung des elektrischen Stromes.

4. Unter welchen Bedingungen wird durch den Magnetismus eine Kraftwirkung hervorgerufen?

Es müssen zwei Magnetfelder vorhanden sein, die sich gegenseitig beeinflussen.

5. Wo befinden sich die beiden Magnetfelder in einer rotierenden elektrischen Maschine?

Ein Magnetfeld befindet sich im feststehenden Teil (Ständer) der Maschine.

Das zweite Magnetfeld befindet sich im drehbaren Teil (Läufer) der Maschine.

6. Bestimmen Sie mithilfe der Motorregel (**Bild 2**) die Bewegungsrichtungen des Läufers im Motorbetrieb und ergänzen Sie den Drehsinn in der Tabelle.

Tabelle: Drehrichtung von Motoren		
<u>Rechtslauf</u>	<u>Rechtslauf</u>	<u>Linkslauf</u>

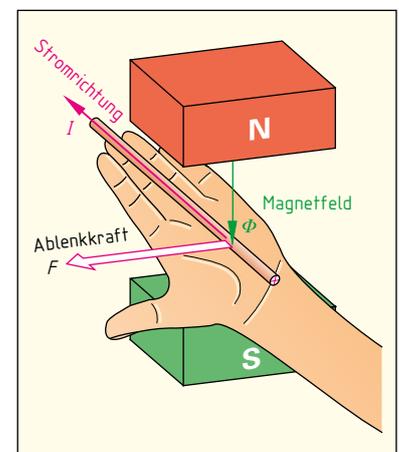


Bild 2: Motorregel (linke Hand)

7. Welche Arten von elektrischen Motoren unterscheidet man?

Asynchronmotoren, Synchronmotoren, Gleichstrommotoren, Universalmotoren und Sondermotoren