



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).

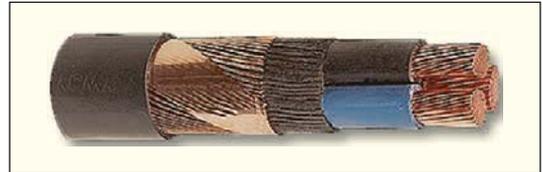


Bild 1: Kupferkabel zur Elektroenergieübertragung

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.

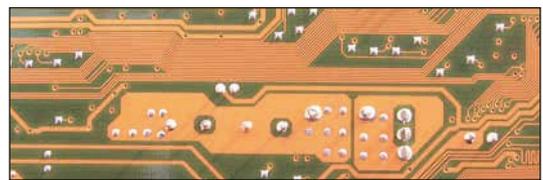


Bild 2: Untersicht einer Leiterplatte

**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?

---



---

- b) Welche wichtige Eigenschaft muss ein Leiterwerkstoff haben?

---

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

---



---

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

---

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

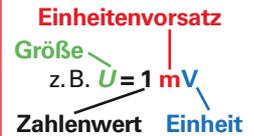
---

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

---



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			g oder kg
Temperatur		Grad Celsius	
Zeit			s
Länge		Meter	
Durchmesser	<i>d</i>		
Querschnittsfläche		Quadratmillimeter	
Stromstärke	<i>I</i>		
Spannung		Volt	
ohmscher Widerstand			$\Omega$
elektrische Leitfähigkeit		—	$\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$
elektrische Arbeit	<i>W</i>		
elektrische Leistung			
elektrische Kapazität	<i>C</i>	Farad	

\* **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	$10^3$	1 000	380 kV = $380 \cdot 10^3 \text{ V} = 380\,000 \text{ V}$
M				50 MW = W
G				4 GWh = Wh
d				20 dm = m
c				0,63 cm = m
m				44 m $\Omega$ = $\Omega$
$\mu$				60 $\mu\text{F}$ = F
n				2000 nF = F



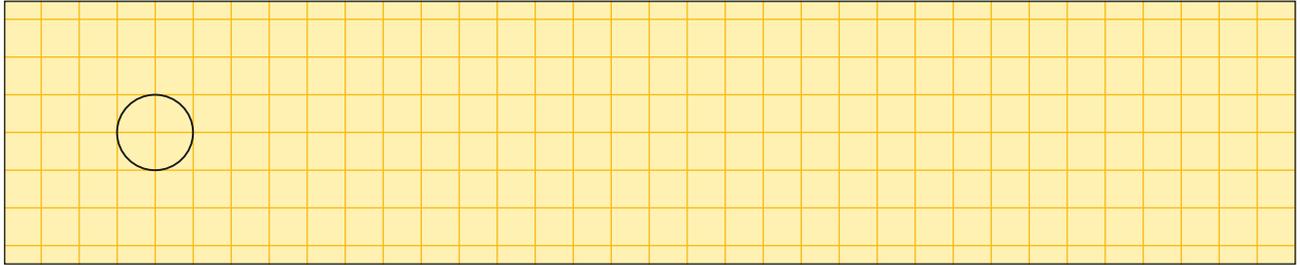
- Formeln beschreiben den mathematischen Zusammenhang zwischen physikalischen Größen, z. B. Spannung, Strom und Widerstand.
- Formeln bestehen aus einem Formelzeichen, z. B.  $U$ ,  $I$ , und Rechenzeichen, z. B.  $+$ ,  $-$ .
- Formeln haben eine linke und rechte Seite, dazwischen verbunden mit einem 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.  
Bei einem Seitentausch wird aus: Multiplikation  $\Rightarrow$  Division; Addition  $\Rightarrow$  Subtraktion;  
Potenzieren  $\Rightarrow$  Wurzelziehen und umgekehrt.

### Beispiele zum Umstellen und Auflösen von Formeln

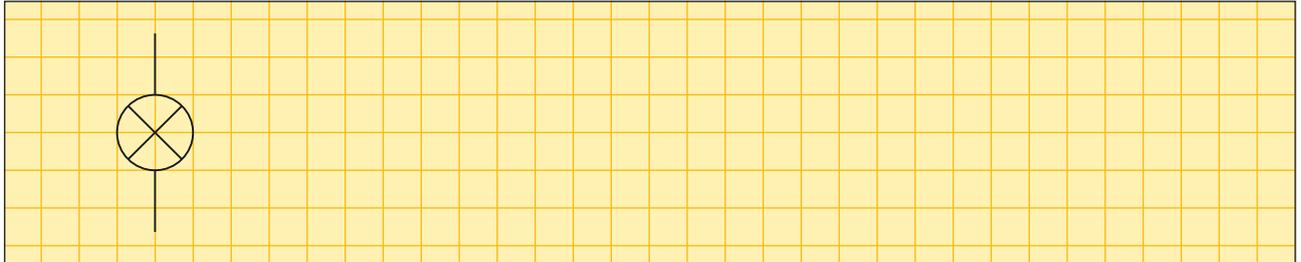
Beispiel 1: Auflösen nach $U_1$	Beispiel 2: Auflösen nach $I$
Ausgangsformel: $U = U_1 + U_2$  $U_2$ subtrahieren: $U - U_2 = U_1 + U_2 - U_2$ $U - U_2 = U_1$  Seiten vertauschen, <b>Lösung:</b> $U_1 = U - U_2$	Ausgangsformel: $U = R \cdot I$  durch $R$ dividieren und kürzen: $\frac{U}{R} = \frac{R}{R} \cdot I = I$  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: $\sqrt{U^2} = U$ )  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

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-ABCDEFGHIJKLMN OPQRSTUVWXYZ*

*1234567890 ∅ □ - [ (! ? ; : " - = + ± × ÷ √ % & / ) ] < >*

*Wir üben*

*230 V*

*Messgerät*

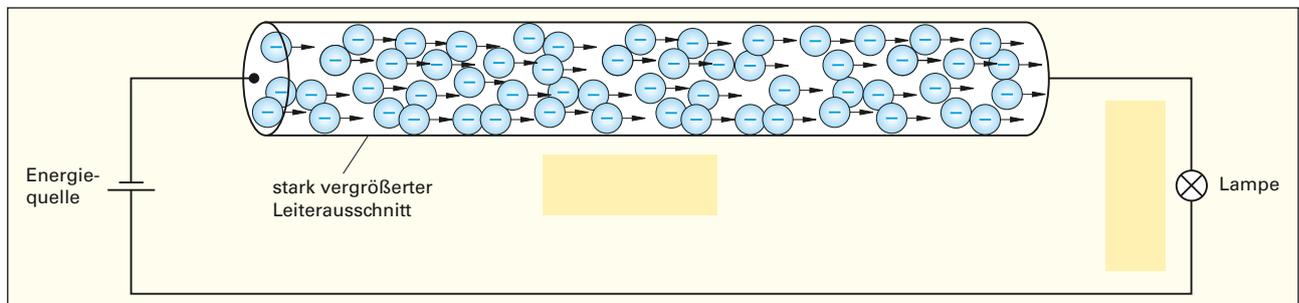
Name des Ausbildungsbetriebes, Postanschrift,

Telefonnummer + evtl. Web-Adresse:



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?  
\_\_\_\_\_
- Was geschieht im Inneren eines metallischen Leiters, wenn in ihm ein elektrischer Strom fließt?  
\_\_\_\_\_
- Unter welchen Voraussetzungen kann ein elektrischer Strom fließen?  
\_\_\_\_\_
- 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?  
\_\_\_\_\_

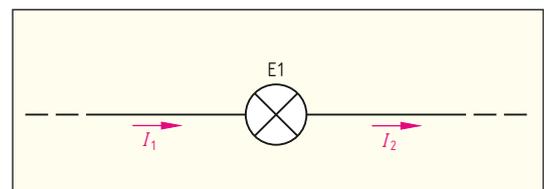
- Vergleichen Sie in **Tabelle 1** die Stromstärken  $I$  mit dem Beispiel 1. Verwenden Sie die Begriffe: *größer* und *kleiner*.

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

- Ergänzen Sie die **Tabelle 2**.

Tabelle 2: Stromstärke	
Formelzeichen	_____
Einheitenname	_____
Einheitenzeichen	_____

- Vergleichen Sie die Stromstärke  $I_1$  vor und die Stromstärke  $I_2$  nach dem Verbraucher (**Bild 2**). Begründen Sie Ihre Antwort.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



**Bild 2: Stromstärke vor und hinter einem Verbraucher**

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

1 kA = _____ A	1 mA = _____ A	0,005 kA = _____ A	0,5 A = _____ mA
1 mA = _____ $\mu$ A	600 A = _____ kA	0,36 A = _____ mA	2 mA = _____ A
250 mA = _____ A	3 A = _____ mA	20 mA = _____ A	100 kA = _____ A



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

---

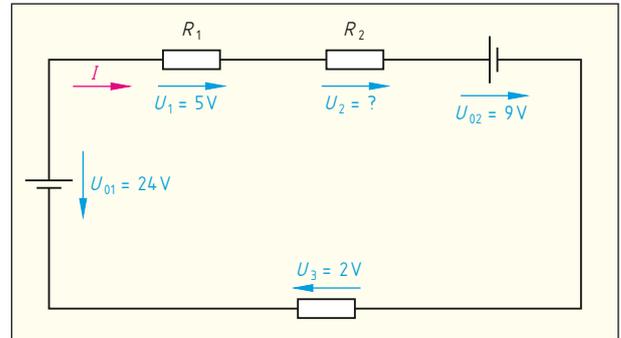


---



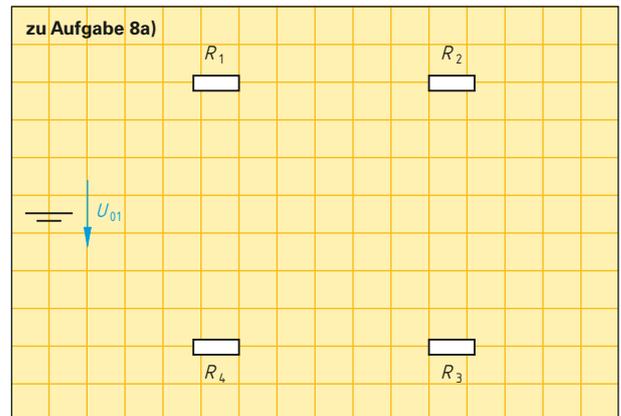
Die Zählrichtung innerhalb einer Masche kann frei gewählt werden, entweder im Uhrzeigersinn oder gegen den Uhrzeigersinn. Beachten Sie, dass alle Spannungen in der Zählrichtung ein positives Vorzeichen, alle Spannungen gegen die Zählrichtung ein negatives Vorzeichen erhalten.

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.:
Ges.:
Lösung:
a)
b)
c)



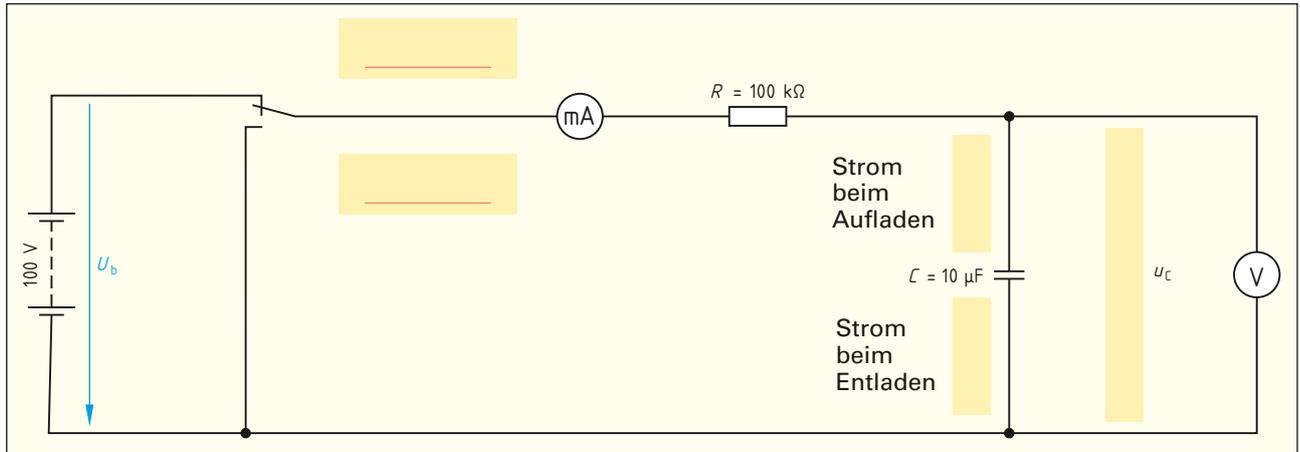
**Bild 2: Reihenschaltung von vier Widerständen**

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.:
Ges.:
Lösung:
b)
c)
d)
e)



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?

\_\_\_\_\_

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

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

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

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. Ergänzen Sie die **Tabelle**.

Tabelle: Zeitkonstante einer RC-Schaltung			
Zeitkonstante/Formel			
$\tau$	_____	Einheit:	
	Widerstand	Einheit:	
	Kapazität	Einheit:	

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

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. Wie berechnet man die Zeitkonstante?

\_\_\_\_\_

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

\_\_\_\_\_

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

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_





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.

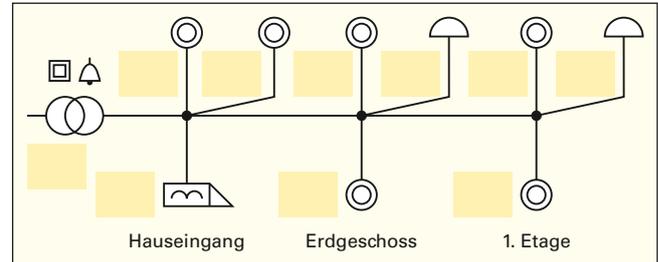


Bild 1: Übersichtsschaltplan

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

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
	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____

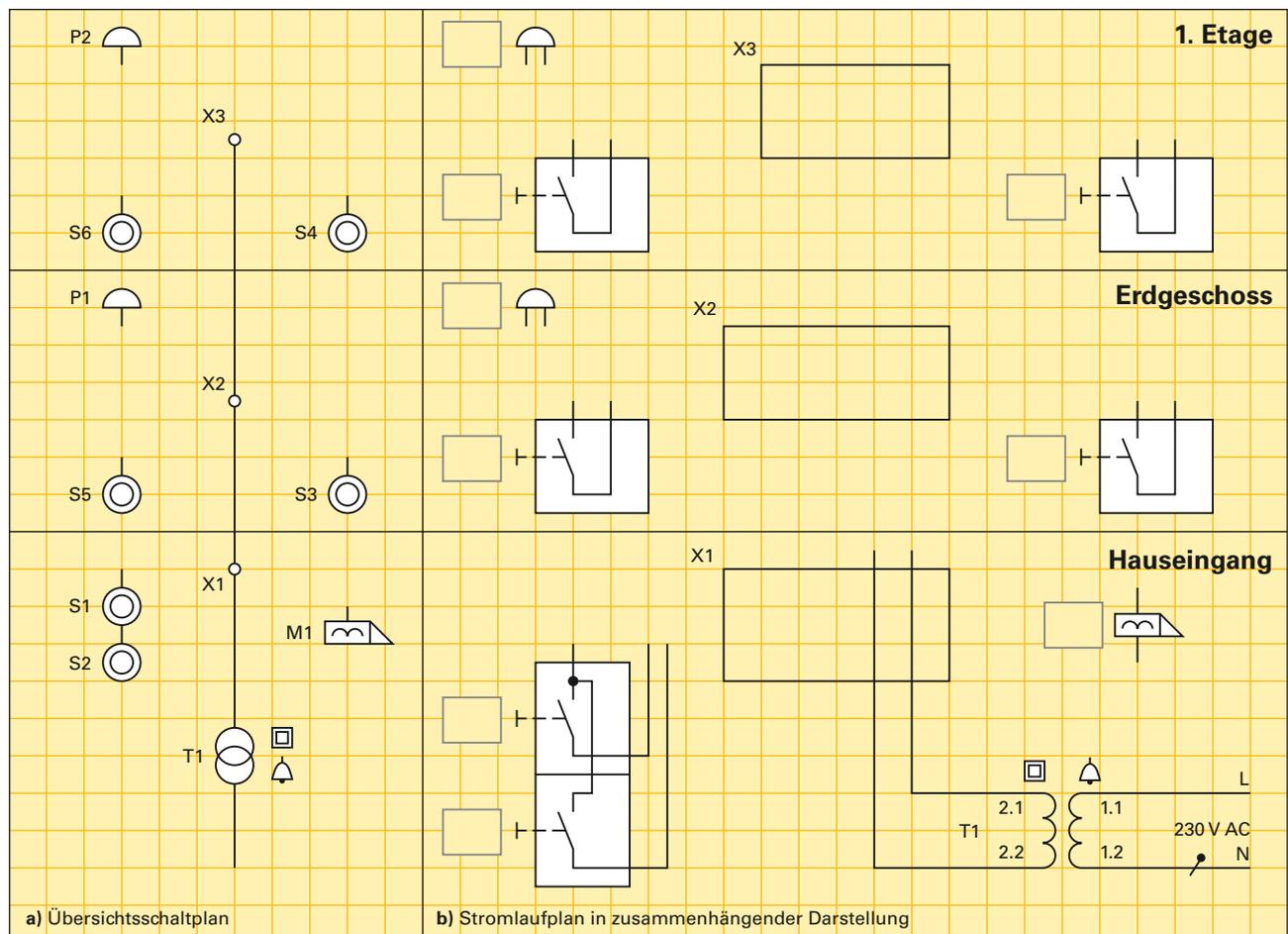


Bild 2: Klingel- und Türöffneranlage für zwei Wohnungen



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**?

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

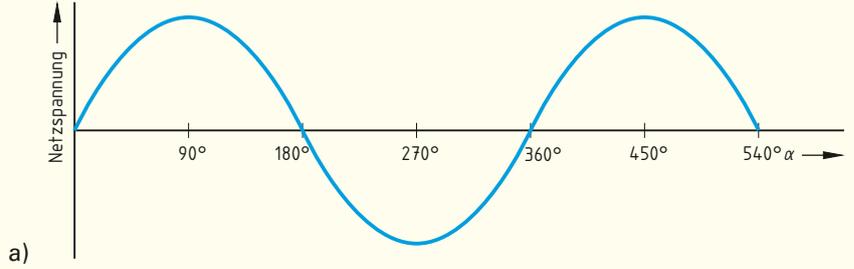
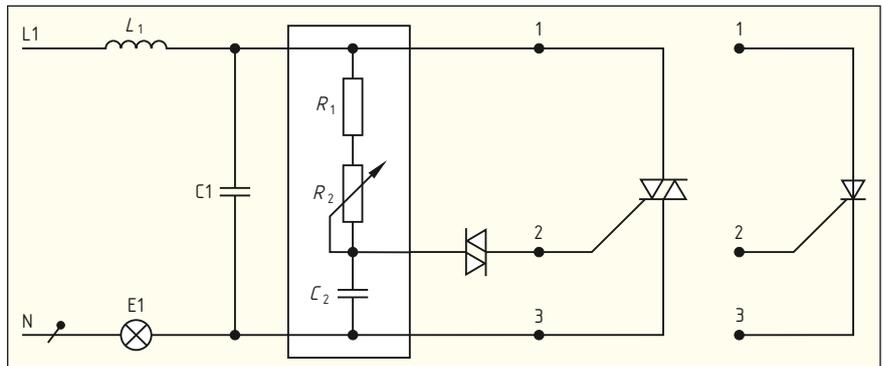
Geg.:

Ges.:

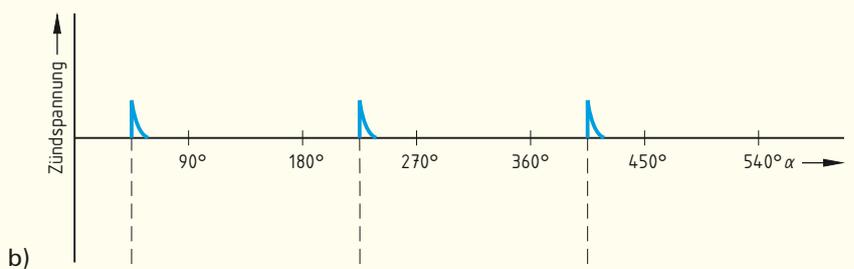
Lösung:

$$\sin \alpha = \frac{U_s}{\sqrt{2} \cdot U}$$

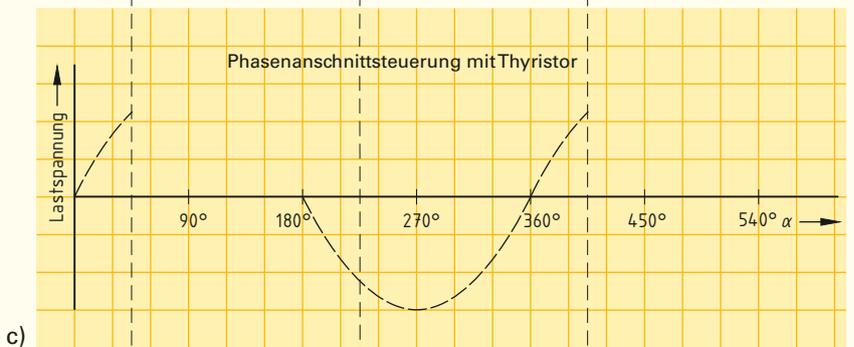
e) Welchen Verlauf und welche Phasenbeziehung hat der Laststrom zur Netzspannung? Begründen Sie Ihre Antwort.



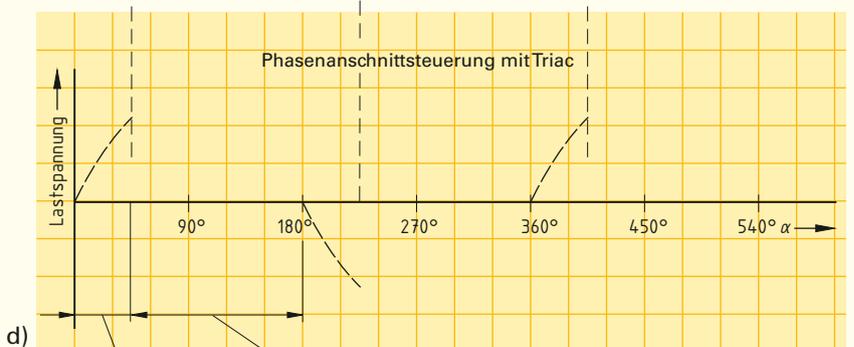
a)



b)



c)



d)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Bild: Ströme und Spannungen bei der Phasenanschnittsteuerung**





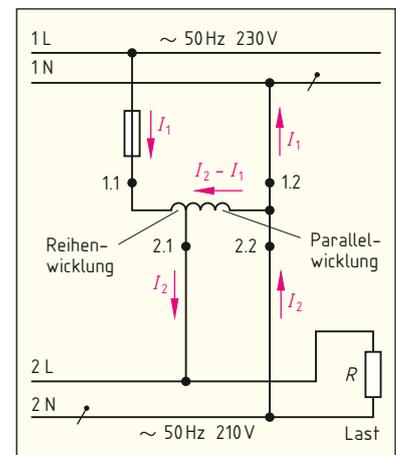
5. Ein Einphasentransformator mit einer Bemessungsleistung von 500 VA soll eine Eingangsspannung von 230 V auf eine Ausgangsspannung von 24 V herabtransformieren. Die Eingangswindungszahl beträgt 470. Berechnen Sie **a)** das Übersetzungsverhältnis des Transformators, **b)** seinen Eingangsstrom, **c)**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

Geg.:					Ges.: a)	b)	c)	d)
Lösung:								
a)					c)			
b)					d)			

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

Vorteil: \_\_\_\_\_

Nachteil: \_\_\_\_\_



**Bild: Spartransformator**

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

a) \_\_\_\_\_

b) \_\_\_\_\_

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

a) \_\_\_\_\_

b) \_\_\_\_\_

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.:				Ges.: a)	b)	c)
Lösung:						
a)						
b)				c)		



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?

\_\_\_\_\_

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“.

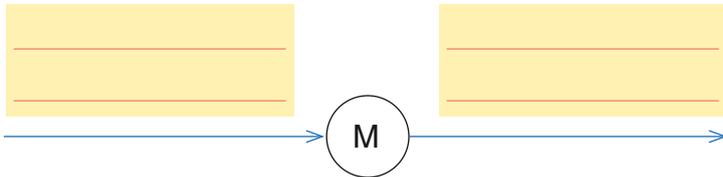


Bild 1: Elektrische Maschine (Beispiel)

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

\_\_\_\_\_

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

\_\_\_\_\_

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

Ein Magnetfeld befindet sich \_\_\_\_\_

Das zweite Magnetfeld befindet sich \_\_\_\_\_

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

_____	_____	_____

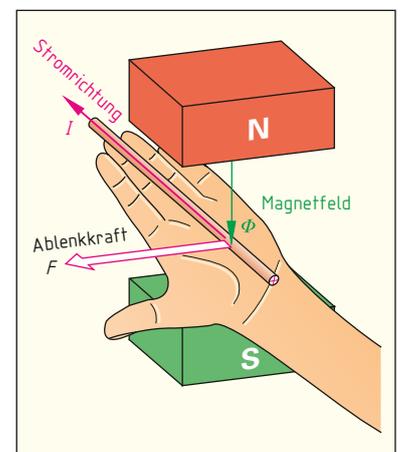


Bild 2: Motorregel (linke Hand)

7. Welche Arten von elektrischen Motoren unterscheidet man?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_