

**EUROPA-FACHBUCHREIHE**  
für elektrotechnische Berufe

# **Aufgaben und Lösungen zur Fachkunde Elektrotechnik**

die Seiten „Wiederholen – Anwenden – Vertiefen“

## **8. überarbeitete und erweiterte Auflage**

Bearbeitet von Lehrern an beruflichen Schulen und von Ingenieuren  
(siehe Rückseite)

Lektorat: Klaus Tkotz, Kronach

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL  
Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG  
Düsseldorfer Straße 23  
42781 Haan-Gruiten

**Europa-Nr.: 33951**



*Autoren des vorliegenden Buches:*

Bumiller, Horst	Freudenstadt
Burgmaier, Monika	Durbach
Eichler, Walter	Kaiserslautern
Feustel, Bernd	Kirchheim-Teck
Käppel, Thomas	Münchberg
Klee, Werner	Mehlingen
Reichmann, Olaf	Altlandsberg
Schwarz, Jürgen	Tettngang
Tkotz, Klaus	Kronach
Winter, Ulrich	Kaiserslautern

*Lektorat und Leitung des Arbeitskreises:*

Klaus Tkotz

*Bildbearbeitung:*

Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel GmbH & Co. KG, Ostfildern

8. Auflage 2022

Druck 5 4 3 2

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch sind.

ISBN 978-3-8085-3087-0

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2022 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
[www.europa-lehrmittel.de](http://www.europa-lehrmittel.de)

Satz: Punkt für Punkt GmbH · Mediendesign, 40549 Düsseldorf

Umschlag:

Idee: Klaus Tkotz

Ausführung: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagfotos: Weltkugel: © erdquadrat – Fotolia.com; Icons: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald  
und Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt

Druck: Plump Druck & Medien GmbH, 53619 Rheinbreitbach

Sehr geehrte Leserin,  
sehr geehrter Leser,

die **Fachkunde Elektrotechnik** ist ein Fachbuch mit einem fachlich konsequenten und systematischen Aufbau von Lerninhalten. Es erfreut sich großer Beliebtheit. Zur Selbstkontrolle ist auf Wunsch vieler unserer Leser dieses Lösungsbuch zur Fachkunde Elektrotechnik entstanden. Es soll eine Hilfe für alle sein, die sich z. B. in der beruflichen Ausbildung befinden und sich auf Prüfungen in der Schule, beim Studium und im Berufsleben vorbereiten.

**i** Das vorliegende Buch ist abgestimmt auf die Inhalte und Wiederholungsseiten „Wiederholen – Anwenden – Vertiefen“ des Buches **Fachkunde Elektrotechnik, 33. Auflage**.

Zur weiteren Vertiefung und zum Lösen der Aufgaben können u. a. nebenstehende Bücher verwendet werden.

### Ausbildungsrichtungen

Das Lösungsbuch sowie die Fachkunde Elektrotechnik sind besonders für die Aus- und Weiterbildung in allen Berufen der Elektroenergietechnik, insbesondere für die Berufe des Elektronikers, geeignet. Näheres dazu finden Sie im Vorwort der Fachkunde Elektrotechnik.

### Aufbau des Buches

Das Lösungsbuch beinhaltet die Aufgabenstellung. Diese sind den Wiederholungsseiten „Wiederholen – Anwenden – Vertiefen“ der Fachkunde Elektrotechnik entnommen. Danach folgen die Lösungsvorschläge.

### Vorgehensweise

Die Autoren empfehlen bei der Lösung der Aufgaben folgende Vorgehensweise:

1. Lesen Sie die Aufgabe aufmerksam durch und machen Sie sich Notizen, z. B. auf den Seiten 61 bis 64.
2. Sollten Sie auf der gegenüberliegenden Seite die Lösung sehen, so decken Sie diese mit einem DIN-A4-Blatt ab.
3. Lösen Sie die Aufgabe. Erstellen Sie hierzu ein Lösungsblatt. Bei Schwierigkeiten und Problemen arbeiten Sie das entsprechende Kapitel im Fachkundebuch Elektrotechnik durch.
4. Schwierige Aufgaben können auch in Gruppenarbeit gelöst werden.
5. Vergleichen Sie erst dann Ihre Lösung mit den Ergebnissen auf der entsprechenden Seite im Lösungsbuch.

**i** Haben Sie Fragen? Gerne können Sie uns kontaktieren unter:  
[lektorat@europa-lehrmittel.de](mailto:lektorat@europa-lehrmittel.de)

Für Verbesserungsvorschläge sind die Autoren und der Verlag dankbar.

Die Autoren und der Verlag Europa-Lehrmittel  
wünschen Ihnen viel Erfolg

Frühjahr 2022



# Inhaltsverzeichnis

Kapitelnummer und Symbole	Kapitel und Seitenzahlen	
<b>1</b>		Arbeitsicherheit und Gesundheitsschutz ..... 5 Lösungen ..... 6
<b>2</b>		Grundbegriffe der Elektrotechnik ..... 8 Lösungen ..... 9
<b>3</b>		Grundsaltungen der Elektrotechnik ..... 11 Lösungen ..... 12
<b>4</b>		Elektrisches Feld ..... 14 Lösungen ..... 15
<b>5</b>		Magnetisches Feld ..... 17 Lösungen ..... 18
<b>6</b>		Schaltungstechnik ..... 20 Lösungen ..... 21
<b>7</b>		Wechsel- und Drehstromtechnik ..... 23 Lösungen ..... 24
<b>8</b>		Messtechnik ..... 26 Lösungen ..... 27
<b>9</b>		Elektronik ..... 29 Lösungen ..... 30
<b>10</b>		Elektrische Anlagen ..... 33 Lösungen ..... 34
<b>11</b>		Schutzmaßnahmen ..... 37 Lösungen ..... 38
<b>12</b>		Gebäudetechnische Anlagen ..... 40 Lösungen ..... 41
<b>13</b>		Elektrische Maschinen ..... 43 Lösungen ..... 44
<b>14</b>		Informationstechnik ..... 46 Lösungen ..... 47
<b>15</b>		Automatisierungstechnik ..... 49 Lösungen ..... 50
<b>16</b>		Werkstoffe, Fertigung, Umwelt, Energieeinsparung ..... 55 Lösungen ..... 56
<b>17</b>		Beruf und Betrieb ..... 58 Lösungen ..... 59



Die Aufgabenseiten „Wiederholen – Anwenden – Vertiefen“ dieses Lösungsbuches finden Sie jeweils auch am entsprechenden Kapitelende des Lehrbuches [Fachkunde Elektrotechnik](#).



1. a) Auf welche Mängel bzw. Fehler lassen sich Elektrounfälle meist zurückführen? Nennen Sie Beispiele. b) Welche Forderungen lassen sich daraus für technische Anlagen ableiten?
2. a) Was versteht man unter persönlicher Schutzausrüstung? b) Welche Aufgabe erfüllt die persönliche Schutzausrüstung? c) Geben Sie Beispiele für die persönliche Schutzausrüstung an.
3. a) Zu welchem Zweck wird eine Gefährdungsbeurteilung durchgeführt? b) Nennen Sie die Schritte zur praktischen Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung.
4. Welche Pflichten ergeben sich aus den Unfallverhütungsvorschriften für die Arbeitgeber?
5. Welche Gesetze bzw. Verordnungen werden durch die folgenden Abkürzungen beschrieben: a) DGUV, b) GefStoffV, c) ProdSG und d) UVV?
6. Welche Bedeutung hat auf Produkten das a) CE-Zeichen und b) GS-Zeichen?
7. Welche Verordnung dient dem Schutz von Beschäftigten vor einer Gefährdung ihrer Gesundheit durch Gefahrstoffe?
8. Geben Sie die Bezeichnungen für die in **Bild 1** dargestellten Gefahrenpiktogramme von a) bis g) an.

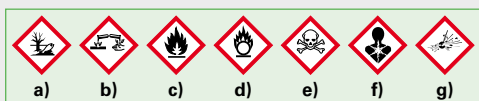


Bild 1: Gefahrenpiktogramme

9. Welche Angaben müssen auf der Verpackung von gefährlichen Stoffen vorhanden sein?
10. a) Durch welche Beurteilung werden die Unfall- und Gesundheitsrisiken in Betrieben möglichst gering gehalten? b) Nach welchen Gesetzen bzw. Vorschriften wird eine Gefährdungsbeurteilung durchgeführt?
11. Welche Pflichten ergeben sich u. a. für die Unternehmen aus der Unfallverhütungsvorschrift „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz“?
12. a) Was versteht man nach dem ProdSG unter Produkten? b) Unter welchen Voraussetzungen dürfen Produkte auf den Markt gebracht werden und durch welches Zeichen wird dies angegeben?

13. Durch welche zwei Merkmale lassen sich Sicherheitszeichen unterscheiden?
14. Nennen Sie die Sicherheitsfarben a) bis d) für die in der **Tabelle** angegebenen Sicherheitszeichen.

Tabelle: Form und Sicherheitsfarben von Sicherheitszeichen				
Sicherheitsfarbe \ Form	a)	b)	c)	d)
○	Verbot	—	Gebot	—
△	—	—	—	Warnung
□	Brand-schutz	Gefahrlosigkeit	—	—

15. a) Welche Sicherheitszeichen können unterschieden und b) welche Aussagen können durch die jeweiligen Zeichen gemacht werden?
16. Benennen Sie die im **Bild 2** dargestellten Sicherheitszeichen und geben Sie ihre Bedeutung an.

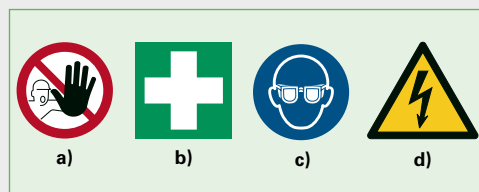


Bild 2: Sicherheitszeichen

17. Warum werden häufig bei Sicherheitszeichen Zusatzzeichen verwendet?
18. Welche Angaben müssen bei einem Notruf unbedingt gemacht werden?
19. Was versteht man unter Erster Hilfe?
20. Welche Sofortmaßnahmen sind bei Unfällen durch den elektrischen Strom zu treffen?
21. Wie kann man einem durch elektrischen Strom Verunglückten helfen, wenn der Stromkreis nicht unterbrochen werden kann?
22. Beschreiben Sie die Maßnahmen der Ersten Hilfe, wenn Sie einen Verletzten auffinden, der a) ansprechbar ist oder b) nicht ansprechbar ist.



1. a) Elektrounfälle lassen sich meist auf persönliche Fehler, technische Mängel und organisatorische Mängel zurückführen. Beispiele für:
  - persönliche Fehler sind Fehlhandlungen,
  - technische Mängel sind fehlende Schutzabdeckungen oder fehlerhafte Isolation,
  - organisatorische Mängel sind ungenügende oder fehlende Arbeitsanweisungen.
 b) Technische Anlagen müssen sicherheitsgerecht und in technisch einwandfreiem Zustand sein.
2. a) Persönliche Schutzausrüstung ist alles, was den Körper gegen schädigende Einflüsse schützt.
 b) Die persönliche Schutzausrüstung dient als Schutz vor Verletzung und Erkrankung.
 c) Zur persönlichen Schutzausrüstung gehören z.B. Schutzkleidung, Schutzhelm, Gehörschutz, Augenschutz, Gesichtsschutz, Handschutz, Atemschutz, Fußschutz und Sicherheitsgurte.
3. a) Die Unfall- und Gesundheitsrisiken sollen bei Tätigkeiten durch eine Gefährdungsbeurteilung möglichst gering gehalten werden.
 b) Erfassen der Betriebs- und Sicherheitsorganisation, Erfassen und Ermitteln möglicher Gefährdungen, Beurteilung der Gefährdungen, Maßnahmen auf Wirksamkeit prüfen, Erstellen einer Dokumentation.
4. Unfallverhütungsvorschriften verpflichten die Arbeitgeber Maßnahmen zur Verhütung von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren sowie für eine wirksame Erste Hilfe zu treffen.
5. a) DGUV: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung.
 b) GefStoffV: Gefahrstoffverordnung.
 c) ProdSG: Produktsicherheitsgesetz.
 d) UVV: Unfallverhütungsvorschrift.
6. a) Mit dem CE-Zeichen erklärt der Hersteller die Übereinstimmung (Konformität) des Produktes mit EU-Richtlinien.
 b) Das GS-Zeichen garantiert die sicherheitsgerechte Ausführung des Gerätes.
7. Durch die Gefahrstoffverordnung (GefStoffV).
8. Lösung siehe **Tabelle 1**.
9. Auf der Verpackung gefährlicher Stoffe müssen folgende Angaben vorhanden sein:
  - Stoffname und Indexnummer,
  - Gefahrenpiktogramme,
  - Signalwort,
  - Gefahrenhinweise (H-Sätze),
  - Sicherheitshinweise (P-Sätze),
  - Nennmenge des Gefahrstoffes,

- Vollständige Anschrift des Herstellers, Erzeugers oder Vertreibers,
- eventuell ergänzende Informationen.

**Tabelle 1: Gefahrenpiktogramme**

Gefahrenpiktogramm	Bezeichnung
	Umweltschädlich
	Ätzend, Reizend
	Entzündlich
	Brandfördernd
	Giftig
	Gesundheitsschädlich
	Explosiv

10. a) Um die Unfall- und Gesundheitsrisiken möglichst gering zu halten, muss in Betrieben eine Gefährdungsbeurteilung durchgeführt werden.
 b) Eine Gefährdungsbeurteilung wird nach dem Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG), der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) und den Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) durchgeführt.
11. In der Unfallverhütungsvorschrift „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz“ werden die Unternehmen verpflichtet, an allen Arbeitsplätzen durch Sicherheitszeichen auf Gefahren und vorhandene Sicherheitseinrichtungen hinzuweisen. Dazu gehört ebenso das Aufzeigen von Verboten.
12. a) Produkte sind nach dem Produktsicherheitsgesetz (ProdSG) Waren, Stoffe und Zubereitungen, die durch einen Fertigungsprozess hergestellt wurden.
 b) Das ProdSG verbietet das Inverkehrbringen unsicherer Produkte. Produkte dürfen nur in den Verkehr gebracht werden, wenn sie den Sicherheitsanforderungen der EU-Richtlinien genügen. Als Zeichen der Übereinstimmung tragen diese Produkte das CE-Zeichen.
13. Sicherheitszeichen lassen sich durch Form und Sicherheitsfarbe unterscheiden (**Tabelle 2**).
14. Lösung siehe **Tabelle 2**: Form und Sicherheitsfarben von Sicherheitszeichen.

**Tabelle 2: Form und Farben von Sicherheitszeichen**

Farbe Form	ROT	GRÜN	BLAU	GELB
		Verbot	—	Gebot
	—	—	—	Warnung
	Brandschutz	Gefahrlosigkeit	—	—



15. a) Sicherheitszeichen lassen sich unterscheiden in Verbots-, Gebots-, Warn-, Rettungs- oder Brandschutzzeichen.
- b) • Verbotszeichen (rot) untersagen ein Verhalten, durch das eine Gefahr entstehen kann, z. B. Rauchen verboten.  
 • Gebotszeichen (blau) schreiben ein bestimmtes Verhalten vor, z. B. Schutzhelm benutzen.  
 • Warnzeichen (gelb) warnen vor Risiken und Gefahren, z. B. Warnung vor Laserstrahl.  
 • Rettungszeichen (grün) kennzeichnen Rettungswege oder Notausgänge oder den Weg zu einer Erste-Hilfe-Einrichtung.  
 • Brandschutzzeichen (rot) kennzeichnen die Standorte von Feuermelde- oder Feuerlöscheinrichtungen.

16.

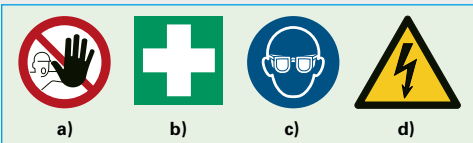


Bild 1: Sicherheitszeichen

- a) Zutritt für Unbefugte verboten.  
 b) Erste Hilfe.  
 c) Augenschutz benutzen.  
 d) Warnung vor gefährlicher elektrischer Spannung.
17. Zusatzzeichen erläutern das Sicherheitszeichen durch Worte oder Texte, die bei Bedarf mehrsprachig auszuführen sind.
18. Die Qualität des Notrufs hängt stark vom Inhalt der Meldung ab. Deshalb müssen bei einem Notruf folgende Angaben gemacht werden:

- **Wo** geschah der Unfall?
- **Was** geschah?
- **Wie** viele Verletzte?
- **Welche** Verletzungen?
- **Warten** auf Rückfragen.

Den Notruf erst beenden, wenn die Rettungsleitstelle dazu auffordert.

19. Unter Erster Hilfe versteht man Hilfeleistungen vor Ort, bevor der Verletzte oder Kranke ärztlich versorgt wird.
20. Bei einem Elektrounfall hat der Eigenschutz der Retter absoluten Vorrang. Zuerst muss der über den Menschen fließende Strom unterbrochen werden. In Niederspannungsanlagen erfolgt eine Unterbrechung des Stromkreises, z. B. durch Ausschalten, Ziehen des Steckers oder Herausnehmen der Sicherung. In Hochspannungsanlagen dürfen wegen der Eigengefährdung keine Rettungsversuche unternommen werden. Bei Hochspannungsunfällen ist grundsätzlich sofort der Notruf zu veranlassen und Fachpersonal zu verständigen. Hilfeleistungen können erst dann erfolgen, wenn durch das Fachpersonal das Anlagenteil freigeschaltet und eine Freigabe erfolgt ist.
21. Kann in Niederspannungsanlagen der Stromkreis nicht unterbrochen werden, so ist der Verunglückte durch einen nichtleitenden Gegenstand, z. B. eine Isolierstange, von den unter Spannung stehenden Teilen zu trennen.
22. Maßnahmen der Ersten Hilfe in den Fällen a) und b) zeigt Bild 2.

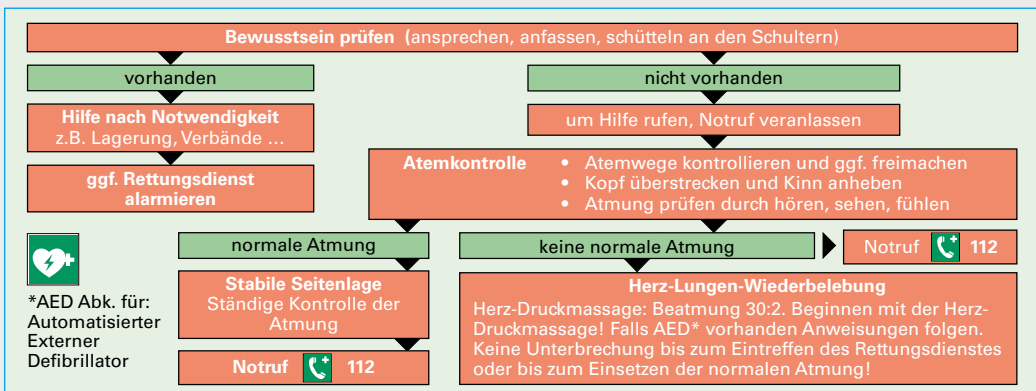
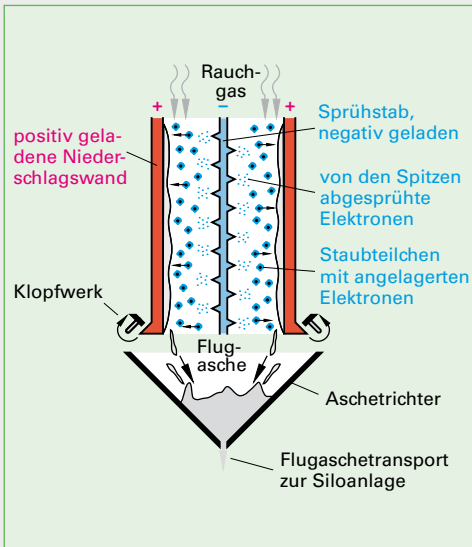


Bild 2: Maßnahmen zur Ersten Hilfe

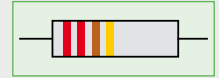
1. Was versteht man **a)** allgemein unter Energie und **b)** warum kann Energie nicht erzeugt werden? **c)** Nennen Sie verschiedene Energiearten.
2. Von einem Siliciumatom wird durch Energiezufuhr ein Elektron aus der Atomhülle entfernt. **a)** Wie nennt man den entstandenen Ladungsträger? **b)** Welche elektrische Ladung  $Q$  hat ein Elementladungsträger?
3. Elektrofilter (**Bild 1**), z. B. in Kraftwerken, nutzen eine Eigenschaft der elektrischen Ladungen für die Flugascheabscheidung aus. Erklären Sie das Wirkungsprinzip des Elektrofilters.



**Bild 1: Funktionsschema eines Elektrofilters**

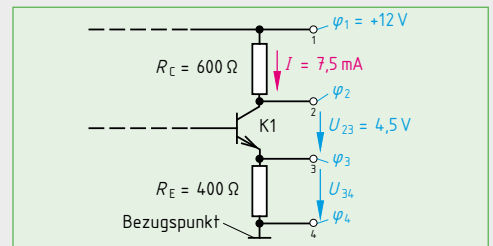
4. Welche elektrischen Teilchen ermöglichen einen elektrischen Stromfluss **a)** in Metallen und **b)** in leitenden Flüssigkeiten?
5. **a)** Nennen Sie die 5 Wirkungen des elektrischen Stromes und **b)** geben Sie je ein zugehöriges Anwendungsbeispiel an.
6. Warum muss ein Strommesser einen sehr kleinen Widerstand, z. B.  $0,1 \Omega$ , haben?
7. Als Leitungs- und Geräteschutz müssen z. B. Schmelzsicherungen in den Leitungsweg eingebaut werden. Erläutern Sie den Zusammenhang zwischen der Stromdichte  $J$  und der Temperatur  $\vartheta$  in den Leitungsadern und in der Schmelzsicherung, wenn der Strom unzulässig hoch wird.

8. **a)** Bestimmen Sie mittels Farbkennzeichnung den Widerstandswert in **Bild 2**.



**Bild 2: Festwiderstand**

- b)** Welche Farbkennzeichnung hat ein Widerstand mit dem Widerstandswert  $47 \text{ k}\Omega \pm 5\%$ ?
9. In elektronischen Schaltplänen werden häufig zur Fehlersuche Messpunkte mit Potenzialwerten angegeben. **a)** Bestimmen Sie in der Schaltung (**Bild 3**) an den Messpunkten 2, 3 und 4 die Potenzialwerte  $\varphi_2$ ,  $\varphi_3$  und  $\varphi_4$  gegen Masse (Bezugspunkt) und **b)** ermitteln Sie die Spannung  $U_{34}$ .



**Bild 3: Schaltungsausschnitt**

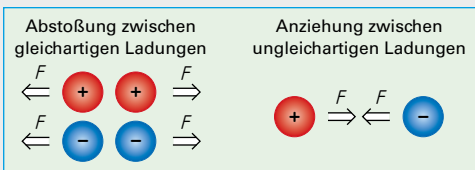
10. Zeichnen Sie in einem Diagramm  $I = f(U)$  für eine Spannung von  $0 \text{ V}$  bis  $24 \text{ V}$  die Kennlinien für **a)**  $R_1 = 220 \Omega$  und für **b)**  $R_2 = 330 \Omega$  ein. **c)** Tragen Sie die Leistungshyperbel für  $1 \text{ W}$  ein und kennzeichnen Sie im Diagramm den Überlastbereich für beide Widerstände.
11. Wie ändert sich die Stromstärke, wenn der Widerstand bei gleichbleibender Spannung den dreifachen Widerstandswert annimmt?
12. Berechnen Sie bei Raumtemperatur den Widerstandswert einer zweiadrigen Kupferleitung mit einer Leitungslänge von  $30 \text{ m}$  und einem Leiterquerschnitt von  $1,5 \text{ mm}^2$ .
13. Erklären Sie, warum Glühlampen gegen Ende ihrer Lebensdauer meist beim Einschalten durchbrennen.
14. Was versteht man unter der Belastbarkeit eines elektrischen Widerstandes?
15. An einem Heizwiderstand  $230 \text{ V}/800 \text{ W}$  wird die Spannung auf  $115 \text{ V}$  verringert. Welche Leistung nimmt der Widerstand (Heizwiderstand bleibt gleich) nun auf?
16. Eine Cu-Spule ( $\alpha = 0,0039 \text{ 1/K}$ ) nimmt bei  $20^\circ \text{ C}$  an DC  $12 \text{ V}$  eine Stromstärke von  $0,5 \text{ A}$  auf. Berechnen Sie die Stromaufnahme, wenn sich die Spule im Betrieb auf  $80^\circ \text{ C}$  erwärmt.



1. a) Energie ist die Fähigkeit Arbeit zu verrichten.  
 b) Energie lässt sich nicht erzeugen. Sie kann auch nicht vernichtet werden oder verloren gehen. Man kann Energie nur umwandeln (Energieerhaltungssatz).  
 c) Energiearten sind:
  - Elektrische Energie
  - Mechanische Energie
  - Wärmeenergie
  - Lichtenergie
  - Chemische Energie
  - Kernenergie

2. a) Den entstandenen Ladungsträger nennt man Ion.  
 b) Da ein Elektron fehlt, ist die Ladung des Ions positiv. Der Wert der Elementarladung beträgt  $Q = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As}$ .

3. Zwischen elektrischen Ladungen bestehen Kraftwirkungen (**Bild 1**).

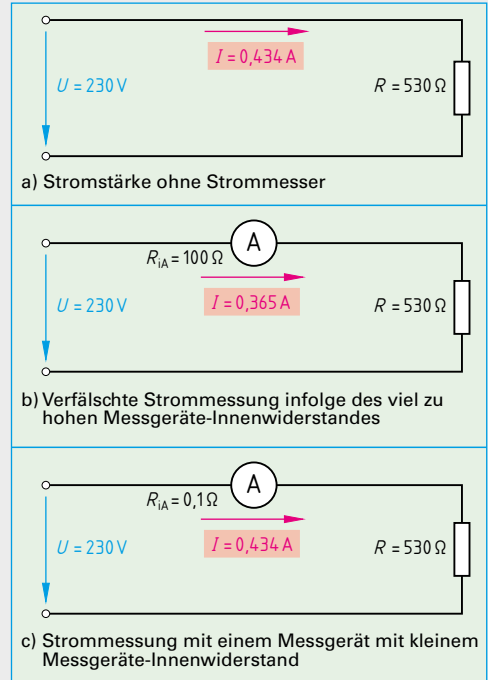


**Bild 1: Kräfteinwirkungen zwischen elektrischen Ladungen**

Die durch Elektronen negativ aufgeladenen Staubteilchen werden von der positiv geladenen Wand angezogen, dann entladen (neutralisiert) und als Asche im Trichter gesammelt.

4. a) In Metallen ermöglichen die freien Elektronen den elektrischen Stromfluss.  
 b) In leitenden Flüssigkeiten (Elektrolyte) ermöglichen positive und negative Ionen den elektrischen Stromfluss.
5. a) Wirkungen des elektrischen Stromes sind:
  - Wärmewirkung
  - Magnetische Wirkung
  - Lichtwirkung
  - Chemische Wirkung
  - Physiologische Wirkung
 b) Beispiele zu den Stromwirkungen sind:
  - Kochplatte, Durchlauferhitzer
  - Elektromotor, Elektromagnet
  - Glühlampe, Leuchtstofflampe
  - Akkumulator, Elektrolyse
  - Elektromedizinische Geräte, Stromschlag
6. Damit die zu messende Stromstärke durch das Messgerät möglichst nicht verfälscht wird

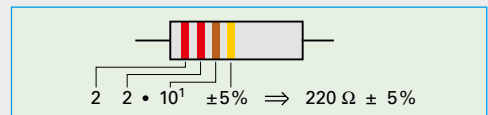
und der zusätzliche Energieverbrauch gering ist, muss der Messgeräte-Innenwiderstand  $R_{iA}$  eines Strommessers möglichst klein sein. Beispiel zum Vergleich siehe **Bild 2a bis 2c**:



**Bild 2: Stromstärkenvergleich**

7. Stromdichte  $J$  und Temperatur  $\vartheta$  sind direkt proportional. Der Strom bewirkt in dem sehr kleinen Drahtquerschnitt des Schmelzleiters (**Fachkunde Elektrotechnik, Kapitel: Schutz elektrischer Leitungen und Verbraucher**) eine sehr hohe Stromdichte. Deshalb ist die Temperatur im Schmelzleiter bedeutend höher als in der Leitungssader mit einem wesentlich größeren Querschnitt. Damit entsteht bei einem großen Strom, z.B. Kurzschlussstrom, im Schmelzleiter eine Temperatur, die zum sofortigen Durchschmelzen des Schmelzleiters führt.

8. a)



- b) **47 kΩ ± 5%**:
  1. Farbring (Nähe Anschlussdraht) gelb ⇒ 4
  2. Farbring violett ⇒ 7
  3. Farbring orange ⇒  $\cdot 10^3$
  4. Farbring gold ⇒  $\pm 5\%$

9. a)  $U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 \Rightarrow \varphi_2 = \varphi_1 - U_{12} = \varphi_1 - (I \cdot R_C)$   
 $\varphi_2 = +12\text{ V} - (7,5\text{ mA} \cdot 600\ \Omega)$   
 $\varphi_2 = +12\text{ V} - 4,5\text{ V} = +7,5\text{ V}$   
 $U_{23} = \varphi_2 - \varphi_3 \Rightarrow \varphi_3 = \varphi_2 - U_{23}$   
 $\varphi_3 = +7,5\text{ V} - 4,5\text{ V} = 3\text{ V}$   
 $\varphi_4 = \text{Potenzial des Bezugspunktes Masse}$   
 $\varphi_4 = 0\text{ V (Bild 1)}$
- b)  $U_{34} = \varphi_3 - \varphi_4$   
 $U_{34} = 3\text{ V} - 0\text{ V}$   
 $U_{34} = 3\text{ V (Bild 1)}$

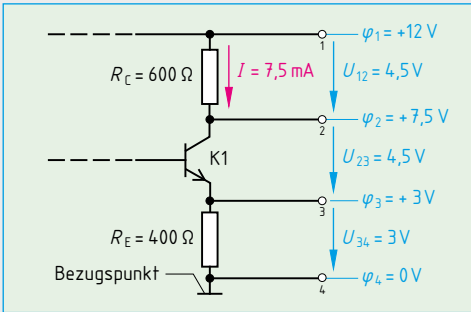


Bild 1: Potenziale und Spannungen

10. a)  $R_1 = 220\ \Omega$ : Für  $U = 24\text{ V} \Rightarrow I = 109\text{ mA}$   
 b)  $R_2 = 330\ \Omega$ : Für  $U = 24\text{ V} \Rightarrow I = 73\text{ mA}$   
 c)  $P = U \cdot I \Rightarrow I = \frac{P}{U}$  Für  $P = 1\text{-W-Grenzbelastung}$  Spannungswerte vorgeben und dazugehörige Stromwerte errechnen, Bild 2.

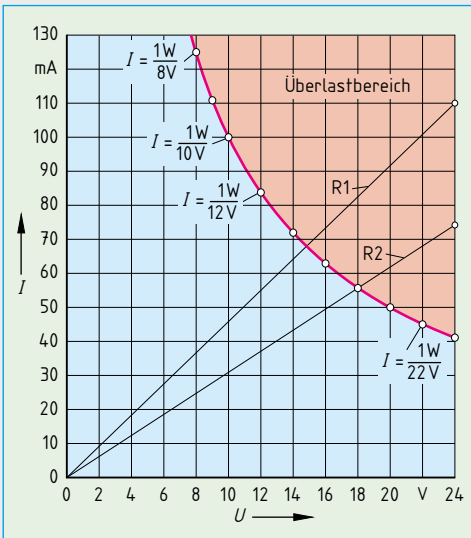


Bild 2: Widerstandskennlinien mit Leistungshyperbel für 1-Watt-Grenzbelastung

11. Nach dem ohmschen Gesetz verhalten sich Stromstärke und Widerstandswert bei gleich-

bleibender Spannung umgekehrt proportional. Ist der Widerstandswert 3 mal größer, so sinkt der Strom auf ein Drittel.

12.  $R_{20} = \frac{2 \cdot l}{\gamma \cdot A} = \frac{2 \cdot 30\text{ m}}{56 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 1,5\text{ mm}} = 0,71\ \Omega$

13. Nach längerer Betriebsdauer der Glühlampe wird durch Materialverdampfung der Drahtquerschnitt des Glühfadens geringer. Deshalb steigt die Stromdichte und somit die Temperatur im Betrieb an. Da der Metallfaden ein Kaltleiter ist, ist im Einschalt Augenblick der Metallfadenwiderstand wesentlich kleiner als im Betrieb bei sehr hoher Temperatur. Der Einschaltstrom (Bild 3) ist deshalb etwa 10 bis 15 mal größer als der Betriebsstrom und erhöht die Stromdichte zusätzlich, sodass der Glühfaden meist im Einschalt Augenblick durchbrennt.

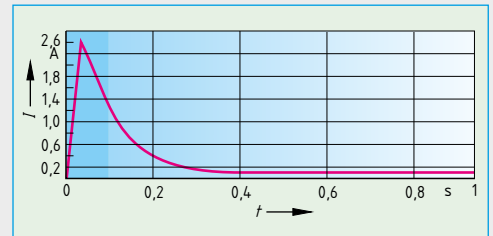


Bild 3: Stromverlauf beim Einschalten einer 40-W-Glühlampe an 230-V-Netzspannung

14. Unter Belastbarkeit eines elektrischen Widerstandes versteht man die maximal zulässige Leistung  $P_{\text{max}}$  (z. B. 0,5 W), die im Bauelement im Dauerbetrieb entstehen darf, ohne dass es Schaden nimmt.
15. Wird die Spannung halbiert, halbiert sich nach dem ohmschen Gesetz auch die Stromstärke. Entsprechend der Leistungsformel  $P = U \cdot I$  sinkt die Leistung  $P_2$  des Heizwiderstandes auf ein Viertel der Bemessungsleistung  $P_1$ .

$$P_2 = \frac{U}{2} \cdot \frac{I}{2} = \frac{P_1}{4} = \frac{800\text{ W}}{4} = 200\text{ W}$$

16.  $R_{20} = \frac{U}{I_{20}} = \frac{12\text{ V}}{0,5\text{ A}} = 24\ \Omega$

$$R_{80} = R_{20} (1 + \alpha \cdot \Delta\vartheta)$$

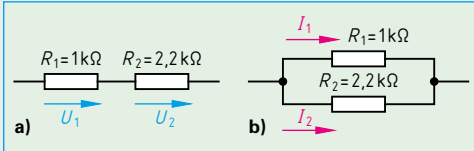
$$R_{80} = 24\ \Omega \left( 1 + 0,0039 \frac{1}{\text{K}} \cdot 60\text{ K} \right)$$

$$R_{80} = 29,62\ \Omega$$

$$I_{80} = \frac{U}{R_{80}} = \frac{12\text{ V}}{29,62\ \Omega} = 0,405\text{ A}$$

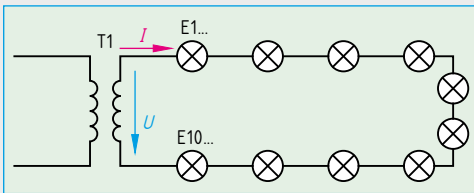


- In der Reihenschaltung **Bild 1a** und in der Parallelschaltung **Bild 1b** betragen die Widerstände  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$  und  $R_2 = 2,2 \text{ k}\Omega$ . **a)** An welchem Widerstand wird in **Bild 1a** die größere Spannung gemessen? **b)** Durch welchen Widerstand fließt in **Bild 1b** der größere Strom?



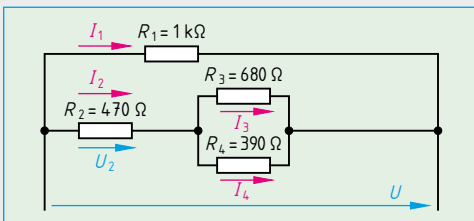
**Bild 1: Reihenschaltung und Parallelschaltung**

- In einer Lichterkette (**Bild 2**) werden die 10 Lampen E1 bis E10 mit den Bemessungsdaten 2,4 V/2 W betrieben. **a)** Berechnen Sie die Gesamtspannung  $U$ , den Strom  $I$  und die Gesamtleistung  $P$ . **b)** Welche Aussage ist über den Einschaltstrom zu treffen? **c)** Wie wirkt sich ein Leiterschluss in der Lampenfassung von E1 auf die Lichterkette aus? **d)** Welche Folgen auf die Lichterkette hat eine Unterbrechung durch E4? **e)** Wie verändert sich der Gesamtstrom der Schaltung, wenn eine weitere Lampe E11 mit 2,4 V/2 W in den Stromkreis geschaltet wird und  $U$  konstant bleibt? **f)** Die Lampe E4 wird versehentlich durch eine Lampe 6 V/100 mA ausgetauscht. Welche Auswirkungen hat das auf die Lichterkette?



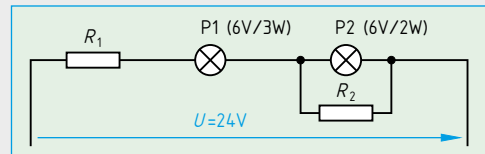
**Bild 2: Lichterkette**

- Die Widerstände  $R_1$  bis  $R_4$  bilden eine gemischte Schaltung (**Bild 3**). **a)** Durch welchen Widerstand fließt der größte Strom? **b)** An welchen Widerständen wird die kleinste Spannung gemessen? **c)** Welcher Widerstand nimmt die höchste Leistung auf?



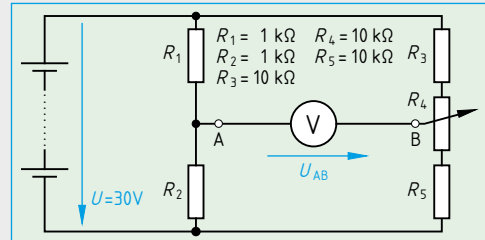
**Bild 3: Gemischte Schaltung**

- Der Innenwiderstand einer Spannungsquelle ist messtechnisch zu ermitteln. **a)** Zeichnen Sie eine mögliche Messschaltung. **b)** Beschreiben Sie das Messverfahren.
- Eine superhelle weiße Leuchtdiode mit den Kenndaten  $I_f = 0,25 \text{ A}$  und  $U_f = 3,25 \text{ V}$  soll über einen Vorwiderstand an einer 12-V-Batterie betrieben werden. **a)** Skizzieren Sie die Schaltung. **b)** Berechnen Sie den erforderlichen Vorwiderstand. **c)** Für welche Verlustleistung muss der Vorwiderstand ausgelegt sein? **d)** Der Vorwiderstand soll nur aus 10- $\Omega$ -Widerständen zusammengesetzt werden. Skizzieren Sie einen Schaltungsvorschlag.
- Die beiden Meldeleuchten P1 und P2 (**Bild 4**) sollen durch die richtige Auswahl von  $R_1$  und  $R_2$  mit ihren Bemessungsdaten betrieben werden. Berechnen Sie die Werte der Widerstände  $R_1$  und  $R_2$ .



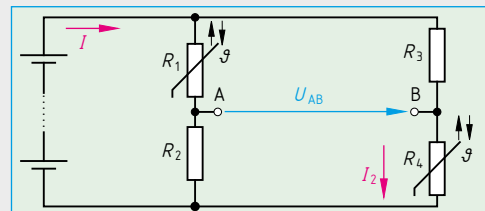
**Bild 4: Lampenschaltung**

- In welchem Bereich ist die Spannung  $U_{AB}$  der Brückenschaltung (**Bild 5**) einstellbar?



**Bild 5: Brückenschaltung**

- Die Brückenschaltung (**Bild 6**) ist bei einer Umgebungstemperatur von 25 °C abgeglichen. Wie verändern sich die Ströme  $I, I_2$  und die Spannung  $U_{AB}$ , wenn die Umgebungstemperatur ansteigt?



**Bild 6: Brückenschaltung**



1. a) Da in einer Reihenschaltung durch jeden Widerstand der gleichgroße Strom fließt, fällt am größten Widerstand ( $R_2 = 2,2 \text{ k}\Omega$ ) die größte Spannung ab ( $U_2 \sim R_2$ ).
- b) Da in der Parallelschaltung jeder Widerstand an der gleichen Spannung liegt, fließt durch den kleinsten Widerstand ( $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ ) der größere Strom ( $I \sim \frac{1}{R}$ ).

2. a)  $U = n \cdot U_L = 10 \cdot 2,4 \text{ V} = 24 \text{ V}$

$$I = \frac{P}{U} = \frac{2 \text{ W}}{2,4 \text{ V}} = 833 \text{ mA}$$

$$P = n \cdot P_L = 10 \cdot 2 \text{ W} = 20 \text{ W}$$

- b) Der Einschaltstrom ist etwa zehnmal größer als der Betriebsstrom, da die Lampenwendel Kaltleiter-Verhalten zeigt (**Fachkunde Elektrotechnik, Seite 39**).



Kaltleiter nennt man Stoffe, die im kalten Zustand besser leiten. Diese Stoffe besitzen bei niedrigen Temperaturen einen kleinen Widerstand.

- c) Die restlichen 9 Lampen leuchten heller, da die Spannung an jeder Lampe auf  $\frac{24 \text{ V}}{9} = 2,7 \text{ V}$  steigt. Eine größere Spannung an der Lampe führt ebenfalls zu einer größeren Leistung.
- d) Keine Lampe leuchtet, da der Stromkreis unterbrochen ist.
- e) Der Strom  $I$  wird kleiner, da der Gesamtwiderstand der Schaltung durch das Hinzuschalten einer weiteren Lampe größer wird.
- f) Die neue Lampe wird überlastet, da ihr Lampenwiderstand viel größer ist.

$$R_{E4} = \frac{6 \text{ V}}{100 \text{ mA}} = 60 \Omega \text{ gegenüber}$$

$$R_{E1} = \frac{U^2}{P} = \frac{(2,4 \text{ V})^2}{2 \text{ W}} = 2,88 \Omega.$$

$$U_{E4} = U \cdot \frac{R_{E4}}{R_{\text{Ges}}} = \frac{24 \text{ V} \cdot 60 \Omega}{(60 \Omega + 9 \cdot 2,88 \Omega)} = 16,8 \text{ V} \gg 6 \text{ V}$$

Die restlichen 9 Lampen werden dunkler.

3. a) Durch  $R_2$  fließt der größte Strom, da der Ersatzwiderstand der gemischten Schaltung von  $R_2$  bis  $R_4$  kleiner ist als der Widerstand  $R_1$ .

Es gilt:

$$R_2 + (R_3 \parallel R_4) < R_1$$

$$R_{2,3,4} = R_2 + \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4} = 718 \Omega < 1 \text{ k}\Omega$$

- b) An der Parallelschaltung von  $R_3$  und  $R_4$  wird die kleinste Spannung gemessen, da

der Ersatzwiderstand der Parallelschaltung aus  $R_3$  und  $R_4$  ( $247,8 \Omega$ ) kleiner ist als der Widerstand  $R_2$  ( $470 \Omega$ ).

c) Da die Leistung das Produkt aus Stromstärke und Spannung ist, kommen nur die beiden Widerstände  $R_1$  (größte Spannung) oder  $R_2$  (größter Strom) in Frage. Bei  $R_3$  und  $R_4$  sind sowohl Strom als auch Spannung kleiner.

Annahme:  $U = 10 \text{ V}$ :

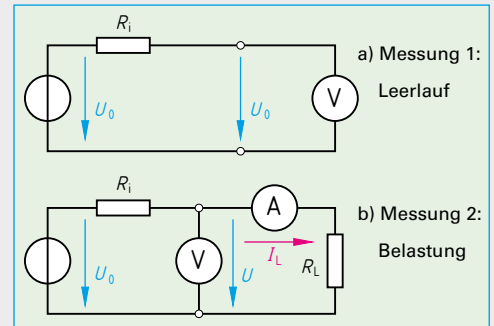
$$P_1 = \frac{U^2}{R_1} = \frac{(10 \text{ V})^2}{1 \text{ k}\Omega} = 100 \text{ mW}.$$

$$U_{R2} = \frac{U \cdot R_2}{(R_2 + R_3 \parallel R_4)} = \frac{10 \text{ V} \cdot 470 \Omega}{(470 \Omega + 247,8 \Omega)} = 6,55 \text{ V}$$

$$P_2 = \frac{U_{R2}^2}{R_2} = \frac{(6,55 \text{ V})^2}{470 \text{ k}\Omega} = 91,2 \text{ mW}$$

$R_1$  nimmt die größte Leistung auf.

4.

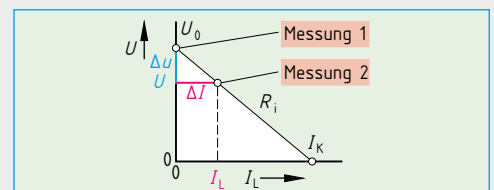


**Bild 1: Messschaltungen zur Bestimmung des Innenwiderstands einer Spannungsquelle**

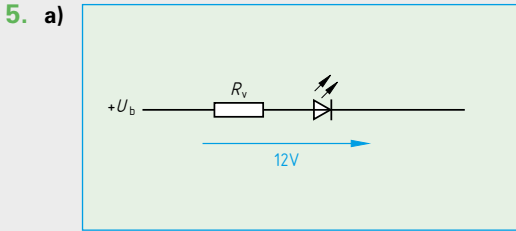
a) Die Leerlaufspannung  $U_0$  der Spannungsquelle wird ermittelt (**Bild 1 a**). Die Spannungsquelle wird mit  $R_L$  belastet und für diesen Lastfall wird der Laststrom  $I_L$  und die Klemmenspannung  $U$  gemessen (**Bild 1 b**). Somit kann man  $R_i$  mit der Delta-Methode ermitteln (**Bild 2**).

$$R_i = \frac{\Delta U}{\Delta I}$$

$$R_i = \frac{U_0 - U}{I_L}$$



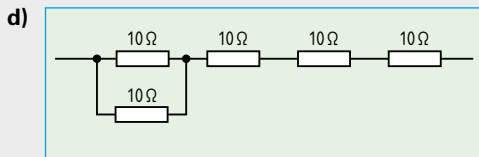
**Bild 2: Lastkennlinie einer Spannungsquelle**



**Bild 1a: Leuchtdiode mit Vorwiderstand**

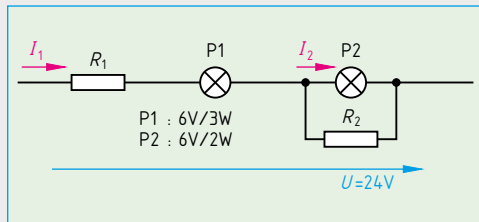
b)  $R_v = \frac{U_b - U_F}{I_F} = \frac{12\text{ V} - 3,25\text{ V}}{0,25\text{ A}} = 35\ \Omega$

c)  $P_{R_v} = I_F \cdot (U_b - U_F) = 0,25\text{ A} \cdot (12\text{ V} - 3,25\text{ V}) = 2,19\text{ W}$



**Bild 1b: Schaltungsvorschlag**

6. Die Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  (**Bild 2**) sorgen dafür, dass die beiden Meldeleuchten mit ihren Bemessungsdaten betrieben werden.



**Bild 2: Lampenschaltung**

$$I_1 = \frac{P_1}{U_{P1}} = \frac{3\text{ W}}{6\text{ V}} = 0,5\text{ A}$$

$$I_2 = \frac{P_2}{U_{P2}} = \frac{2\text{ W}}{6\text{ V}} = 333\text{ mA}$$

$$R_2 = \frac{U_{P2}}{(I_1 - I_2)} = \frac{6\text{ V}}{(500\text{ mA} - 333\text{ mA})} = 36\ \Omega$$

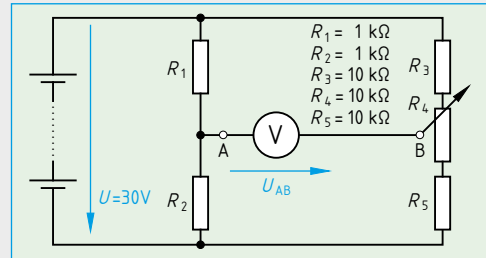
$$R_1 = \frac{(U - U_{P1} - U_{P2})}{I_1} = \frac{(24\text{ V} - 6\text{ V} - 6\text{ V})}{500\text{ mA}} = 24\ \Omega$$

7. Die Spannung  $U_{R2}$  (**Bild 3, 4**) ist immer gleich groß.

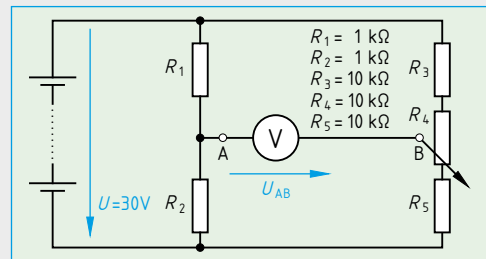
$$U_{R2} = \frac{U \cdot R_2}{(R_1 + R_2)} = \frac{30\text{ V} \cdot 1\text{ k}\Omega}{2\text{ k}\Omega} = 15\text{ V}$$

$$U_{B_{\max}} = \frac{U \cdot (R_4 + R_5)}{(R_3 + R_4 + R_5)} = \frac{30\text{ V} \cdot 20\text{ k}\Omega}{30\text{ k}\Omega} = 20\text{ V}$$

$$U_{A_{\min}} = U_A - U_{B_{\max}} = 15\text{ V} - 20\text{ V} = -5\text{ V} \text{ (Bild 4)}$$



**Bild 3: Brückenschaltung für  $U_{A_{\min}}$**



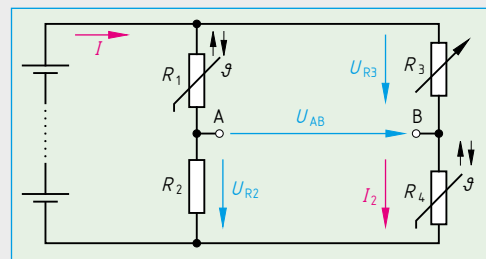
**Bild 4: Brückenschaltung für  $U_{A_{\max}}$**

$$U_{B_{\min}} = \frac{U \cdot R_5}{(R_3 + R_4 + R_5)} = \frac{30\text{ V} \cdot 10\text{ k}\Omega}{30\text{ k}\Omega} = +10\text{ V}$$

$$U_{A_{\max}} = U_A - U_{B_{\min}} = 15\text{ V} - 10\text{ V} = +5\text{ V} \text{ (Bild 4)}$$

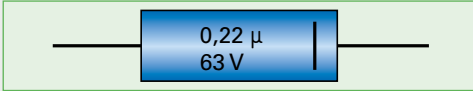
Die Spannung  $U_{AB}$  ist zwischen  $-5\text{ V}$  und  $10\text{ V}$  einstellbar.

8. Bei Erhöhung der Umgebungstemperatur werden  $R_1$  und  $R_4$  (**Bild 5**) kleiner. Dadurch sinkt der Gesamtwiderstand der Schaltung. Dies hat zur Folge, dass sowohl der Gesamtstrom und die Ströme in den beiden Zweigen ansteigen. Dadurch erhöhen sich die Spannungsabfälle an den Widerständen  $R_2$  und  $R_3$ . Damit wird das Potenzial am Punkt A größer und am Punkt B niedriger. Somit wird die Brückenspannung  $U_{AB}$  größer.



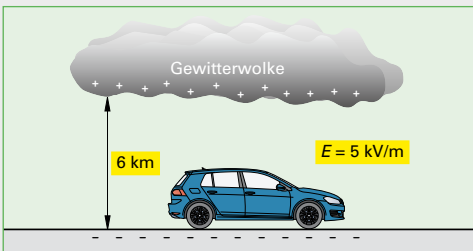
**Bild 5: Brückenschaltung**

1. Erklären Sie den Begriff elektrisches Feld.
2. Nennen Sie die Eigenschaften der Feldlinien bei einem **a)** homogenen und **b)** inhomogenen Feld.
3. Geben Sie die Kapazität des Kondensators in **Bild 1** in nF und in pF an.



**Bild 1: Folienkondensator**

4. Ein Funkenstörkondensator mit einer Isolierstoffdicke von 0,1 mm hat als Dielektrikum Polycarbonat. Die Durchschlagsfestigkeit von Polycarbonat beträgt 30 kV/mm. Aus Sicherheitsgründen darf der Kondensator nur mit 1/10 der Spannung betrieben werden, damit es zu keinem Durchschlag kommt. Berechnen Sie die zulässige Spannung, an die der Kondensator angeschlossen werden darf.
5. Welche Aufgabe hat das Metallgeflecht (Cu-Geflecht) eines Koaxialkabels (**Seite 429, Fachkunde Elektrotechnik**)?
6. Bei einem Plattenkondensator wird **a)** die Plattenfläche verdoppelt, **b)** der Plattenabstand um die Hälfte verkleinert. Wie ändert sich jeweils die Kapazität?
7. Personen in einem Kraftfahrzeug (**Bild 2**) sind bei einem Gewitter vor Blitzschlag geschützt. **a)** Erklären Sie, warum Personen vor Blitzschlag im Inneren des Kfz geschützt sind. **b)** Wie nennt man den Fachbegriff zur Teilaufgabe a)? **c)** Beschreiben Sie den Feldlinienverlauf. **d)** Berechnen Sie (Annahme: homogenes Feld) die Spannung, die bei diesem Gewitter entstehen kann.

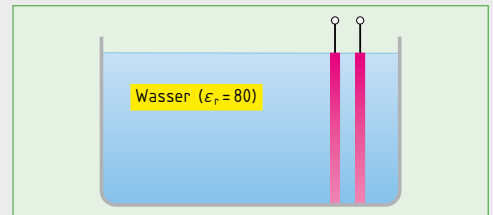


**Bild 2: Gewitter**

8. Welche Kapazität müsste ein Kondensator haben, um eine KFZ-Batterie 12 V/32 Ah zu ersetzen?
9. Der Kondensator mit einem Dielektrikum aus Polyester  $\epsilon_r = 3,3$  wird mit der Bemessungsspannung betrieben. **a)** Berechnen Sie die gespeicherte elektrische Ladung. **b)** Wie groß

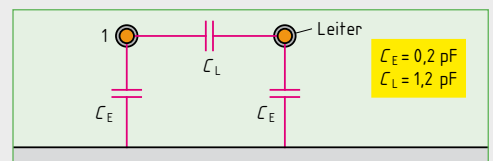
muss die Fläche eines Plattenkondensators (Dielektrikum Luft) bei gleicher Kapazität und einem Plattenabstand von 0,01 mm sein?

10. Es werden die Kondensatoren  $C_1 = 0,47 \mu\text{F}$  und  $C_2 = 2200 \text{ nF}$  **a)** parallel und **b)** in Reihe geschaltet. Berechnen Sie für beide Fälle die Gesamtkapazität.
11. Zur Füllstandsmessung in einem Wasserbehälter wird das Prinzip eines Plattenkondensators verwendet (**Bild 3**). Die Länge der Kondensatorplatte beträgt 2,2 m, die Breite 5 cm. Der Plattenabstand ist 4 mm. **a)** Erklären Sie das Messprinzip der Füllstandsmessung. **b)** Berechnen Sie die Kapazität des Plattenkondensators bei leerem Behälter. **c)** Wie groß ist die Kapazität bei vollem Behälter?



**Bild 3: Wasserbehälter**

12. Ein Kondensator  $C = 4,7 \mu\text{F}$  wird über einen Vorwiderstand  $R = 82 \text{ k}\Omega$  an  $U_0 = 50 \text{ V DC}$  angeschlossen. **a)** Nach welcher Zeit  $t$  ist der Kondensator aufgeladen? **b)** Berechnen Sie die Spannung  $u_c$  am Kondensator nach einer Ladezeit von 0,2 s. **c)** Zeichnen Sie den Spannungsverlauf beim Laden (ähnlich **Seite 76, Fachkunde Elektrotechnik**) bis  $t = 5 \cdot \tau$ . Maßstab: 5 V  $\triangleq$  1 cm; 0,2 s  $\triangleq$  1 cm.
13. Wie groß ist der Ladestrom  $i_c$  nach einer Zeit von 0,2 s bei der Aufgabe 12?
14. In Freileitungen und in Kabeln sind zwischen den Leitern und zwischen Leitern und Erde Kapazitäten vorhanden (**Bild 4**). **a)** Welche Gesamtkapazität ergibt sich nach **Bild 4** bezogen auf den Anschluss 1? **b)** Welche möglichen Auswirkungen haben die Kapazitäten bei Abschalten der Leitung und anschließendem Prüfen auf Spannungsfreiheit?



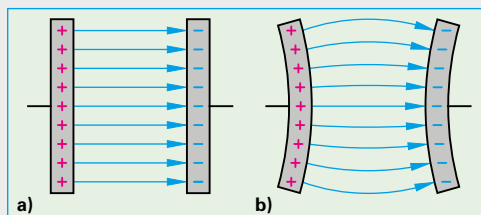
**Bild 4: Leitungskapazitäten**



- Das elektrische Feld beschreibt den Zustand eines Raumes in dem Kräfte auf elektrische Ladungen wirken. Ein elektrisches Feld lässt sich durch Feldlinien darstellen.

**i** Für elektrische Felder gibt es in der Praxis, z.B. an Arbeitsplätzen, Grenzwerte die nicht überschritten werden dürfen. Näheres dazu findet man in den Berufsgenossenschaftlichen Vorschriften (BGV) 11B.

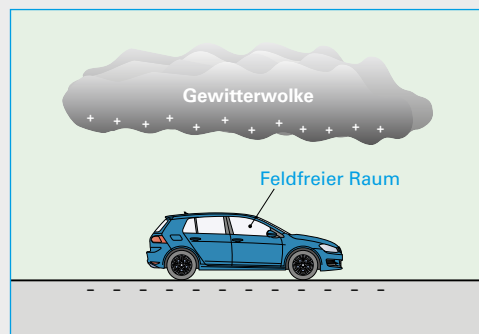
- In einem homogenen elektrischen Feld (**Bild 1a**) verlaufen die Feldlinien parallel und in gleicher Richtung. Dabei haben die Feldlinien den gleichen Abstand.
  - Verlaufen die Feldlinien nicht parallel und ist der Abstand unterschiedlich, so ist das elektrische Feld inhomogen (**Bild 1b**). Feldlinien sind gedankliche Vorstellungen und dienen der Darstellung elektrischer Felder. Sie sind nicht real.



**Bild 1:** a) Homogenes Feld, b) inhomogenes Feld

- $C = 0,22 \mu\text{F} = 220 \text{ nF} = 220\,000 \text{ pF}$
- $E = \frac{U}{l} \Rightarrow U = E \cdot l = 3000 \frac{\text{V}}{\text{mm}} \cdot 0,1 \text{ mm} = 300 \text{ V}$
- Das Metallgeflecht dient als Schirmwirkung um Abstrahlungen oder Einstrahlungen elektrischer und/oder magnetischer Felder zu verhindern. Dadurch wird das Nutzsignal, z. B. ein Fernsehsignal, nicht gestört. Die Qualität der Schirmwirkung wird durch die Schirmdämpfung, z. B. 90 dB, beschrieben.
- Die Formel  $C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{l}$  zeigt:
  - Wird die Plattenfläche  $A$  eines Kondensators verdoppelt, so verdoppelt sich auch die Kapazität  $C$  ( $C \sim A$ ).
  - Verringert sich der Plattenabstand  $l$  eines Kondensators um die Hälfte, so wird die Kapazität  $C$  doppelt so groß.
- Das Innere eines Kraftfahrzeuges (**Bild 2**) ist ein feldfreier Raum, da die Hülle aus Metall besteht. Die Insassen sind deshalb vor Blitzschlag geschützt.

- Der Fachbegriff zu a) lautet: Faradayscher Käfig.
- Die Feldlinien verlaufen von der Gewitterwolke (positiv) zum Erdreich (negativ).
- $U = E \cdot l = 5 \frac{\text{kV}}{\text{m}} \cdot 6000 \text{ m} = 30\,000 \text{ kV} = 30 \text{ MV}$



**Bild 2:** Feldfreier Raum im Kraftfahrzeug

- $C = \frac{Q}{U} = \frac{32 \text{ Ah}}{12 \text{ V}} = \frac{32 \cdot 3600 \text{ As}}{12 \text{ V}} = 9600 \frac{\text{As}}{\text{V}} = 9600 \text{ F}$
- $Q = C \cdot U = 0,22 \mu\text{F} \cdot 63 \text{ V} = 13,86 \cdot 10^{-6} \text{ C}; Q \approx 14 \mu\text{C}$
  - $C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{l} \Rightarrow A = \frac{C \cdot l}{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r} = \frac{0,22 \mu\text{F} \cdot 0,01 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}} = 0,248 \text{ m}^2 = 248\,000 \text{ mm}^2 = 2480 \text{ cm}^2$
- $C = C_1 + C_2 = 0,47 \mu\text{F} + 2,2 \mu\text{F} = 2,67 \mu\text{F}$
  - $C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{0,47 \mu\text{F} \cdot 2,2 \mu\text{F}}{0,47 \mu\text{F} + 2,2 \mu\text{F}} = 0,39 \mu\text{F}$
- Der Behälter mit den beiden Elektroden verhält sich wie ein Plattenkondensator. Als Dielektrikum wirkt Wasser (voller Behälter) oder Luft (leerer Behälter).
  - $A = b \cdot l_k = 2,2 \text{ m} \cdot 0,05 \text{ m} = 0,11 \text{ m}^2$   
 $C_{\text{Luft}} = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{l} = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}} \cdot 1 \cdot \frac{0,11 \text{ m}^2}{0,004 \text{ m}} = 2,43 \cdot 10^{-10} \frac{\text{As}}{\text{V}} = 243 \text{ pF}$

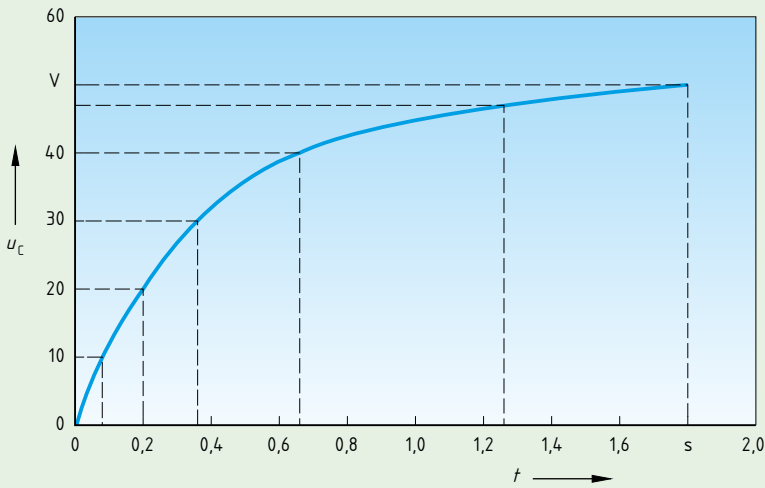


Bild 1: Spannungsverlauf beim Laden

$$\begin{aligned} \text{c) } C_{\text{Wasser}} &= \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{A}{l} \\ &= 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}} \cdot 80 \cdot \frac{0,11 \text{ m}^2}{0,004 \text{ m}} \\ &= 1,95 \cdot 10^{-8} \frac{\text{As}}{\text{Vm}} = \mathbf{19,5 \text{ nF}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{12. a) } t_c &\approx 5 \cdot \tau = 5 \cdot R \cdot C = 5 \cdot 82 \text{ k}\Omega \cdot 4,7 \mu\text{F} \\ &= 1927 \text{ ms} \approx \mathbf{1,93 \text{ s}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) } \tau &= R \cdot C = 82 \text{ k}\Omega \cdot 4,7 \mu\text{F} = 0,385 \text{ s} \\ u_c &= U_0 \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = 50 \text{ V} \cdot (1 - e^{-\frac{0,2 \text{ s}}{0,385 \text{ s}}}) \\ &= 50 \text{ V} \cdot (1 - e^{-0,519}) = 50 \text{ V} \cdot 0,405 = \mathbf{20 \text{ V}} \end{aligned}$$

c) Siehe Bild 1

$$\begin{aligned} \text{13. } I_0 &= \frac{U_0}{R} = \frac{50 \text{ V}}{82 \text{ k}\Omega} = 0,61 \text{ mA} \\ i_c &= I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = 0,61 \text{ mA} \cdot e^{-\frac{0,2 \text{ s}}{0,385 \text{ s}}} \\ &= 0,61 \text{ mA} \cdot 0,595 = \mathbf{0,36 \text{ mA}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{14. a) } C_1 &= \frac{C_L \cdot C_E}{C_L + C_E} = \frac{1,2 \text{ pF} \cdot 0,2 \text{ pF}}{1,2 \text{ pF} + 0,2 \text{ pF}} = 0,17 \text{ pF} \\ C &= C_E + C_1 = 0,2 \text{ pF} + 0,17 \text{ pF} = \mathbf{0,37 \text{ pF}} \end{aligned}$$

b) Müssen Messungen in Starkstromanlagen durchgeführt werden, können durch Induktivitäten und Kapazitäten (**Bild 2**), wie sie in Leitungen und Kabeln auftreten, fehlerhafte Anzeigen auch nach dem Abschalten der Spannung erfolgen. Wegen der vorhandenen Leitungskapazität kann durch Entladung ein Strom über das Messgerät fließen und zu einer Anzeige führen. Deshalb müssen Freileitungen und Kabel, z. B. vor Reparaturarbeiten freigeschaltet und je nach Spannungshöhe geerdet werden.

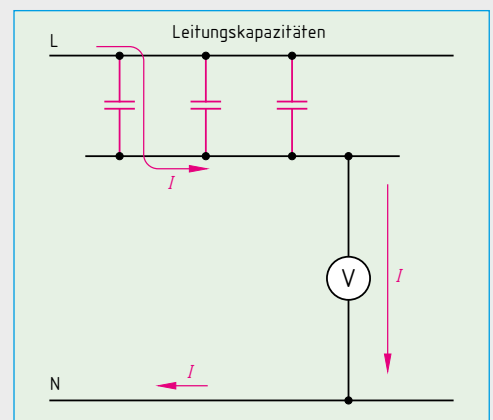
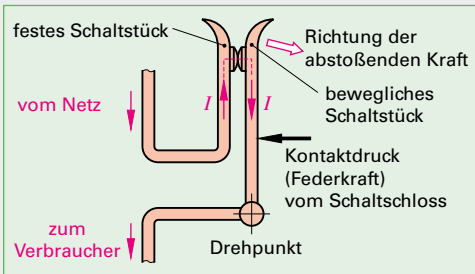


Bild 2: Fehlerhafte Spannungsmessung



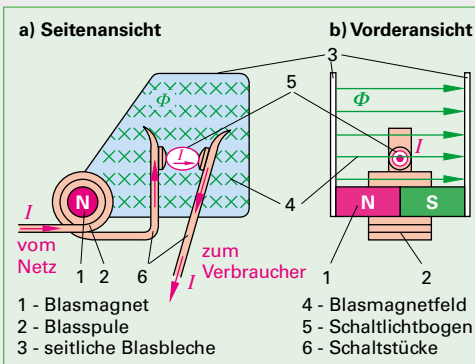


1. Einer von zwei äußerlich gleich aussehenden Eisenstäben ist magnetisch. Wie können Sie den magnetischen Eisenstab ohne weitere Hilfsmittel bestimmen?
2. Was geschieht im Innern eines ferromagnetischen Stoffes, wenn dieser magnetisiert wird?
3. Erklären Sie die Begriffe a) Remanenz und b) Koerzitivfeldstärke.
4. Warum verwendet man für Wechselstrommaschinen ferromagnetische Stoffe mit schmaler Hysteresekurve?
5. Warum macht man, z.B. im Elektromotor, den benötigten Luftspalt möglichst klein?
6. Erklären Sie, warum bei einem sehr großen Kurzschlussstrom der Kontaktdruck überwinden wird und die Schaltstücke selbsttätig abheben können (**Bild 1**).



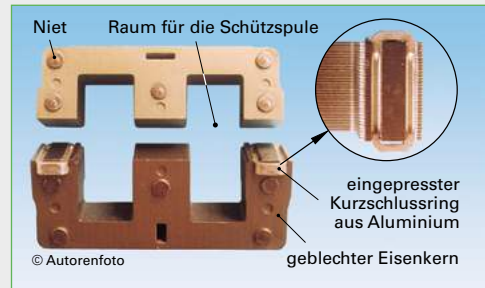
**Bild 1: Parallele Kontaktanordnung bei einem Niederspannungs-Leistungsschalter**

7. Das Prinzip einer Lichtbogenlöscheinrichtung mit einem Blasmagneten zeigt **Bild 2**. In welche Richtung wird der Schaltlichtbogen durch das Magnetfeld ausgelenkt?



**Bild 2: Lichtbogenlöscheinrichtung**

8. Eine hochohmige Messwerkspule mit 4000 Windungen (langer, dünner Draht) wird von einem Strom  $I = 10 \text{ mA}$  durchflossen. Wie viele Windungen muss eine niederohmige Spule (kurzer, dicker Draht) haben, wenn die gleiche elektrische Durchflutung  $\Theta$  mit einem Strom von  $I = 1 \text{ A}$  erreicht werden soll?
9. Wie kann man, z. B. bei einem Generator, die induzierte Spannung erhöhen?
10. Von welchen Größen hängt bei der Bewegung eines Leiters im Magnetfeld die Höhe der induzierten Spannung ab?
11. Erklären Sie an einem Beispiel die lenzsche Regel.
12. Warum entsteht bei Anschluss einer Spule an Gleichspannung nur während des Ein- und Ausschaltens eine Selbstinduktionsspannung in der Spule?
13. Um das Brummen durch die Netzfrequenz bei Wechselstromschützen zu verhindern, werden Kurzschlussringe in den Eisenkern eingebaut (**Bild 3**). Erklären Sie die Wirkungsweise.

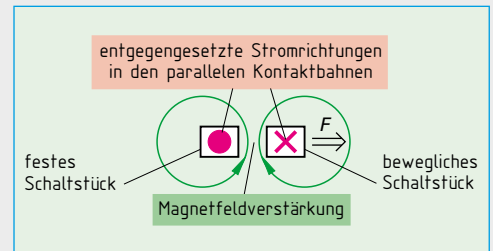


**Bild 3: Eisenkern eines Wechselstromschützes**

14. Warum werden Eisenkerne für Spulen, z.B. Schützspulen, die vom Wechselstrom durchflossen werden, aus einzelnen gegeneinander isolierten Blechen hergestellt?
15. Wodurch wird die Induktivität einer Spule bestimmt?
16. Eine Induktivität im Stromkreis beträgt  $1,5 \text{ mH}$ . Berechnen Sie die induzierte Spannung, wenn ein Kurzschlussstrom von  $4 \text{ kA}$  innerhalb von  $5 \text{ ms}$  unterbrochen wird.
17. Beschreiben Sie grundsätzlich a) den Aufbau und b) die Wirkungsweise eines Transformators.

- Man hält das Ende eines der Stäbe an die Mitte des anderen Stabes. Wird der Stab angezogen, so hat man den Magneten in der Hand. Wird er nicht angezogen, so hält man den nichtmagnetischen Stab in der Hand, da ein Stabmagnet in der Mitte (neutrale Zone) keine Anziehung ausübt.
- Ferromagnetische Stoffe, z. B. Eisen oder Nickel, bestehen aus kleinen magnetischen Bereichen. Diese Bereiche nennt man auch Weissche Bezirke oder Elementarmagnete. Sie sind im Werkstoff ungeordnet. Wirkt ein stärkeres magnetisches Feld auf solche Werkstoffe, so richten sich diese Bereiche nach dem äußeren magnetischen Feld aus und der Werkstoff wird selbst magnetisch.
- Remanenz bedeutet Restmagnetismus (Remanenzflussdichte  $B_r$ ). Er bleibt im ferromagnetischen Werkstoff zurück, wenn die Ursache für die Magnetisierung nicht mehr wirkt (magnetische Feldstärke  $H$  ist Null).
  - Koerzitivfeldstärke  $H_c$  ist die magnetische Feldstärke, die benötigt wird, um die Remanenzflussdichte  $B_r$  zu beseitigen (Entmagnetisierung).
- Da Wechselstrom seine Richtung ständig ändert, ändert sich ebenso die Richtung des magnetischen Flusses  $\Phi$  im Eisen der Wechselstrommaschinen. Dadurch ändert sich die Ausrichtung und somit die Lage der Elementarmagnete ständig. Das Eisen wird laufend ummagnetisiert. Es entstehen Hystereseverluste (Wärmeverluste). Die Fläche der Hystereseschleife ist ein Maß für die Größe dieser Ummagnetisierungsverluste. Um diese Verluste gering zu halten, verwendet man für Wechselstrommaschinen magnetisch weiche Werkstoffe mit schmaler Hystereseschleife, d. h. mit geringen Verlusten.
- Da sich Luft sehr viel schlechter magnetisieren lässt als Eisen, wird die notwendige Energie zum Magnetisieren wesentlich durch die Größe des Luftspaltes bestimmt. Um den Energieaufwand zum Magnetisieren so gering wie möglich zu halten, muss ein Luftspalt so klein wie möglich sein.
- In der parallelen Kontaktanordnung fließt der Strom in den Kontaktbahnen in entgegengesetzter Richtung. Die Überlagerung der beiden Magnetfelder ergibt eine Verstärkung des Magnetfeldes zwischen den Kon-

taktbahnen, die bei einem sehr großen Strom, z. B. Kurzschlussstrom, eine große abstoßende Kraft zwischen den Kontaktbahnen bewirkt (**Bild**). Dadurch öffnen sich die Kontaktstücke selbsttätig und sehr schnell, bevor der Kurzschlussstrom seinen Höchstwert erreicht hat. Der entstehende Lichtbogen mit seinem Widerstand begrenzt den Kurzschlussstrom. Dadurch wird die dynamische und die thermische Beanspruchung der elektrischen Anlage wesentlich verringert.



**Bild:** Prinzip der magnetischen Kontakttrennung

- Da es sich um eine magnetische Kraftwirkung handelt, kann die Richtung dieser Kraft mit der Motor-Regel (linke Hand) bestimmt werden. Der Schaltlichtbogen wird nach oben ausgelenkt, er wird länger und erlischt sehr schnell.
- $$\Theta_1 = \Theta_2$$

$$\Theta_1 = N_1 \cdot I_1 = 4000 \cdot 0,01 \text{ A} = 40 \text{ A} = \Theta_2$$

$$\Theta_2 = N_2 \cdot I_2 \Rightarrow N_2 = \frac{\Theta_2}{I_2} = \frac{40 \text{ A}}{1 \text{ A}} = 40 \text{ Wdg.}$$
- Die erzeugte Spannung eines Generators kann praktisch erhöht werden, indem man die Drehzahl (Drehgeschwindigkeit) oder die magnetische Flussdichte  $B$  vergrößert.
- Die Höhe der Induktionsspannung  $u_i$  hängt von der magnetischen Flussdichte  $B$ , von der Geschwindigkeit  $v$  des bewegten Leiters und von der wirksamen Leiterlänge  $l$  im Magnetfeld ab. Die Leiteranzahl, bzw. Windungszahl  $N$  einer Spule vervielfacht die Induktionsspannung  $u_i$ .  
Formel:  $u_i = B \cdot l \cdot v \cdot N$
- Die lenzsche Regel sagt aus, dass der durch eine Induktionsspannung hervorgerufene Strom so gerichtet ist, dass er der Entstehungsursache entgegenwirkt. Diese Regel ist aus dem Energieerhaltungssatz abgeleitet.



12. Eine Selbstinduktionsspannung in einer Spule entsteht nur, wenn sich der Strom und damit das Magnetfeld in dieser Spule ändert. Im Gleichstromkreis ist dies aber nur während des Ein- und Ausschaltens der Spule der Fall.

$$\text{Formel: } u_i = -L \cdot \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

Das Minuszeichen in der Formel weist auf die Lenzsche Regel hin.

13. Bei Wechselstrom ist in jedem Augenblick des Richtungswechsels der Strom Null. Somit ist auch der Magnetfluss und damit die magnetische Anziehungskraft des Eisenkerns Null. Der Anker müsste eigentlich andauernd abfallen und wieder anziehen. Dieser Vorgang würde zum Brummen der Schütze führen. Um das Brummgeräusch zu beseitigen, hat man Kurzschlussringe aus Aluminium oder Kupfer im Eisenkern eingebaut. Im Nulldurchgang des Spulenstromes ist aber die Stromänderungsgeschwindigkeit  $\Delta i / \Delta t$  am größten und damit auch die Magnetflussänderungsgeschwindigkeit  $\Delta \Phi / \Delta t$ . Es wird im Kurzschlussring des Eisenkerns eine Induktionsspannung erzeugt. Diese führt zu einem zeitversetzten Kurzschlussstrom und damit zu einem kräftigen magnetischen Fluss. Somit ist zu jeder Zeit ein magnetischer Fluss vorhanden und ein Brummen kann nicht mehr entstehen.

14. Das magnetische Wechselfeld würde im massiven, elektrisch leitenden Eisenkern, eine Spannung induzieren, die dann Wirbelströme entstehen lässt. Diese Wirbelströme erwärmen das Eisen (Wirbelstromverluste) zusätzlich zu den Hystereseverlusten und erhöhen die Verluste im Eisen (Eisenverluste = Hystereseverluste + Wirbelstromverluste). Damit die Wirbelstromverluste möglichst gering gehalten werden, wird u. a. der Eisenkern aus dünnen isolierten Blechen aufgebaut, um so den elektrischen Widerstand für die Wirbelströme zu vergrößern.
15. Mit der Induktivität  $L$  wird die wesentliche Eigenschaft von Spulen gekennzeichnet.

Formel:

$$L = N^2 \cdot \frac{\mu \cdot A_{\text{Fe}}}{l_m} = N^2 \cdot A_L$$

Die Induktivität wächst mit dem Quadrat der Windungszahl  $N$ . Sie ist außerdem abhängig von den Abmessungen der Spule (Spulenkonstante). Dies sind der meist mit Eisen

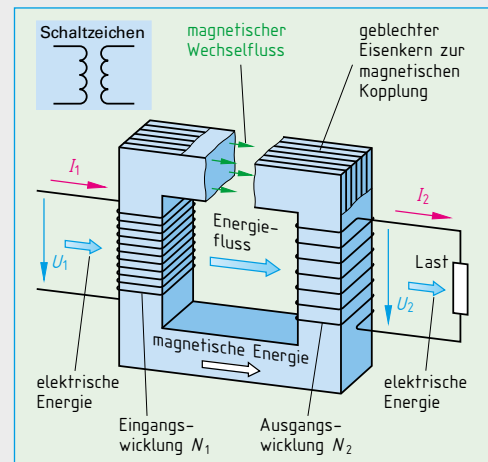
ausgefüllte Spulenquerschnitt  $A_{\text{Fe}}$  und die sich einstellende mittlere Feldlinienlänge  $l_m$  des magnetischen Flusses, wenn die Spule vom Strom durchflossen wird. Auch die Permeabilität  $\mu$  des Magnetwerkstoffes bestimmt die Größe der Induktivität.

Von der Größe der Induktivität ist die Höhe der induzierten Spannung einer Spule direkt abhängig. Bei Wechselstrom entsteht dadurch ein zusätzlicher Widerstand, der zusammen mit dem Drahtwiderstand den Gesamtwiderstand einer Spule bestimmt (**Fachkunde Elektrotechnik, Kapitel: Spule im Wechselstromkreis**).

16. 
$$u_i = -L \cdot \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

$$u_i = -1,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Vs}}{\text{A}} \cdot \frac{4 \cdot 10^3 \text{ A}}{5 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = -1200 \text{ V}$$

17. a) Ein Transformator besteht aus zwei elektrisch voneinander getrennten Spulen. Diese Spulen sind mithilfe eines Eisenkerns magnetisch miteinander gekoppelt (**Bild**).



**Bild: Aufbau eines Transformators**

b) Wird eine Spule an eine Wechselspannung  $U_1$  angeschlossen, entsteht ein magnetischer Wechselfluss, der durch den Eisenkern auch die andere Spule durchsetzt. Nach dem Induktionsgesetz wird dadurch in dieser Spule eine Wechselspannung  $U_2$  erzeugt, die als Spannungsquelle für einen neuen Stromkreis wirkt. Die Höhe dieser Wechselspannung  $U_2$  wird von der angelegten Wechselspannung  $U_1$  und vom Verhältnis der Windungszahlen  $N_1$  und  $N_2$  der beiden Spulen festgelegt (**Fachkunde Elektrotechnik, Kapitel: Transformatorprinzip und Transformator**).

1. Geben Sie fünf Beispiele für die alphanumerische Kennzeichnung elektrischer Betriebsmittel in Schaltplänen an.
2. Erklären Sie das Funktionszeichen T der Betriebsmittelkennzeichnung K1T.
3. Ein Relais hat den Spulenwiderstand  $550 \Omega$ . Berechnen Sie den Spulenstrom an DC 12 V.
4. Welche Schaltpläne zeigen **a)** die Funktion und **b)** die Anordnung der Betriebsmittel?
5. **a)** Welche Angaben für die Elektroinstallation entnimmt man dem Übersichtsschaltplan **Bild 1**? **b)** Ermitteln Sie die Aderzahlen für die Leitungsabschnitte A und B.

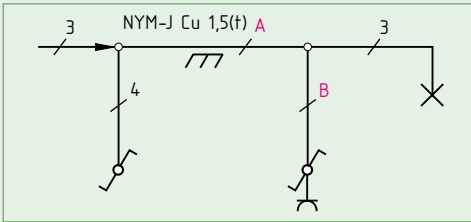


Bild 1: Übersichtsschaltplan

6. Beschreiben Sie die Funktionen der Schaltungen in **Bild 2a** und **Bild 2b**.

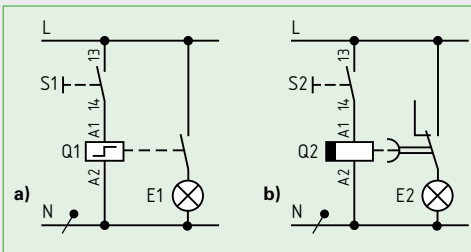


Bild 2: Stromlaufpläne

7. Welche Aufgabe haben die Meldeleuchten P1, P2 und P3 in **Bild 3**?

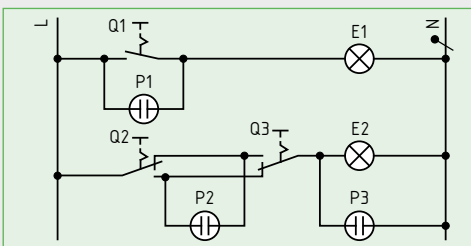


Bild 3: Meldeleuchten in Stromlaufplänen

8. Welche Aufgabe haben in der Schaltung **Bild 4** die Kontakte S1: 21–22, Q2: 21–22?

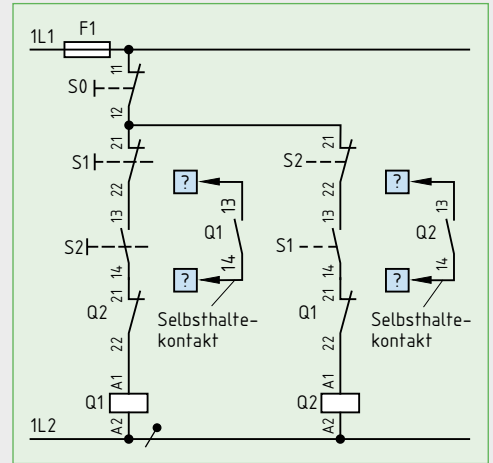


Bild 4: Wendeschützschtaltung

9. An welche Anschlussklemmen in **Bild 4** schalten Sie die Selbsthaltekontakte bei **a)** Umschaltung über AUS und **b)** direkter Umschaltung?
10. Ein Drehstrommotor  $P = 7,5 \text{ kW}$ ,  $\eta = 0,86$ ,  $\cos \varphi = 0,83$  wird am Netz  $3 \sim 50 \text{ Hz } 230/400 \text{ V}$  in Stern-Dreieck-Anlauf betrieben (**Bild 5**). **a)** Welche Spannung muss auf dem Leistungsschild des Motors angegeben sein? **b)** Welche Funktionen haben die Schütze Q1, Q2 und Q3 in **Bild 5**? **c)** Nennen Sie die Schaltfolge der Schütze bei automatischem Stern-Dreieck-Anlauf. **d)** Auf welche Stromstärke ist das Überlastrelais F3 am Einbauort **A** bzw. **B** einzustellen?

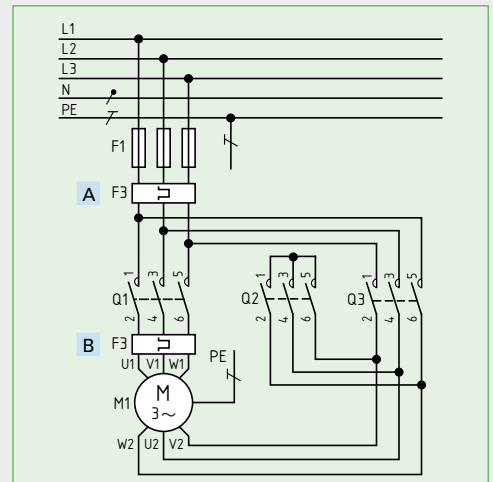


Bild 5: Stern-Dreieck-Schaltung