

# Suchen im Internet

## Was ist Strom?



Strom (Elektrizität)

Suche  [Erweiterte Suche](#) [Einstellungen](#)  
Suche: ☒ Das Web ☐ Seiten auf Deutsch ☐ Seiten aus Deutschland  
Ergebnisse 1 - 10 von **ungefähr 6.580.000** für Strom. (0,38 Sekunden)



Strom (Gewässer)

①

Suchergebnis

Suche  [Erweiterte Suche](#) [Einstellungen](#)  
Suche: ☒ Das Web ☐ Seiten auf Deutsch ☐ Seiten aus Deutschland  
Ergebnisse 1 - 10 von **ungefähr 3.530.000** für Strom - Gewässer. (0,33 Sekunden)

Suche eingrenzen  
durch Ausschließen

Suchbegriff:  
**Strom -Gewässer**

②

Suchergebnis

Suche  [Erweiterte Suche](#) [Einstellungen](#)  
Suche: ☒ Das Web ☐ Seiten auf Deutsch ☐ Seiten aus Deutschland  
Ergebnisse 1 - 10 von **ungefähr 86.100** für Stromstärke. (0,09 Sekunden)

Suchbegriff  
präzisieren

Suchbegriff:  
**Stromstärke**

③

Suchergebnis

Suche  [Erweiterte Suche](#) [Einstellungen](#)  
Suche: ☒ Das Web ☐ Seiten auf Deutsch ☐ Seiten aus Deutschland  
Ergebnisse 1 - 10 von **ungefähr 533** für Stromstärke + Versuch + Versuchsaufbau. (0,25 Sekunden)

Thema eingrenzen mit  
logischen Operatoren:  
UND + ODER /

Suchbegriff:  
**Stromstärke + Versuch  
+ Versuchsaufbau**

④

Suchergebnis

Suche  [Erweiterte Suche](#) [Einstellungen](#)  
Suche: ☒ Das Web ☐ Seiten auf Deutsch ☐ Seiten aus Deutschland  
Ergebnisse 1 - 10 von **ungefähr 16.200** für „Ohmsches Gesetz“. (0,30 Sekunden)

Suchbegriffe  
vorgeben

Suchbegriff:  
**„Ohmsches Gesetz“**

⑤

Suchergebnis

Suche  [Erweiterte Suche](#) [Einstellungen](#)  
Suche: ☒ Das Web ☐ Seiten auf Deutsch ☐ Seiten aus Deutschland  
Ergebnisse 1 - 10 von **ungefähr 23** für Stromstärke + Versuch + Versuchsaufbau + „Ohmsches Gesetz“. (0,29 Sekunden)

Suchmöglichkeiten  
kombinieren

Suchbegriff:  
**Stromstärke + Versuch  
+ Versuchsaufbau  
+ „Ohmsches Gesetz“**

⑥

Suchergebnis

Suche  [Erweiterte Suche](#) [Einstellungen](#)  
Suche: ☒ Das Web ☐ Seiten auf Deutsch ☒ Seiten aus Deutschland  
Ergebnisse 1 - 10 von **ungefähr 23** für Stromstärke + Versuch + Versuchsaufbau + „Ohmsches Gesetz“. (0,29 Sekunden)

Filter einsetzen

Suchbegriff:  
**Stromstärke + Versuch  
+ Versuchsaufbau  
+ „Ohmsches Gesetz“**

☒ Seiten aus Deutschland

**co.Tec**

COMPUTERGESTÜTZTES LERNEN

Nähere Informationen unter [www.cotec.de](http://www.cotec.de)

Intel®  
**Lehren für die Zukunft**

online trainieren und gemeinsam lernen

Nähere Informationen unter [www.intel.de/education](http://www.intel.de/education)





EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für elektrotechnische Berufe

# Arbeitsbuch Elektrotechnik

## Lernfelder 5 bis 13

**6. Auflage**

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

Lektorat: Werner Klee

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

**Europa-Nr.: 37566**

### **Autoren des Arbeitsbuches Elektrotechnik:**

|                   |                |
|-------------------|----------------|
| Braukhoff, Peter  | Reken          |
| Bumiller, Horst   | Freudenstadt   |
| Burgmaier, Monika | Durbach        |
| Duhr, Christian   | Rednitzhembach |
| Feustel, Bernd    | Kirchheim      |
| Schwarz, Jürgen   | Tett nang      |
| Tkotz, Klaus      | Kronach        |

**Lektorat und Leitung des Arbeitskreises:** Werner Klee

**Bildentwürfe:** Die Autoren

**Fotos:** Autoren und Firmen

**Bildbearbeitung:** Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel GmbH & Co. KG, 73760 Ostfildern

### **Firmenverzeichnis:**

Die Autoren bedanken sich bei den nachfolgenden Firmen und Institutionen für Ihre Unterstützung.

• **AMOS Sensoren & Messtechnik**, 68159 Mannheim 80-6 • **Autoren**, eigene Fotos 11, 51, 141-1, 144, 8-1, 12-3, 13-1+2, 18-1, 46-1+2, 53-1, 56-1, 58-1, 67-1, 70-1+2, 73-2, 80-5, 108-1, 112, 140-1+2, 148, 164-1, 177-1, 180, 185-1, 186-1, 187-3, 236-4  
• **balcom electronic GmbH**, 57399 Kirchhundem 123-2, 125-1+2 • **BEHA-AMPROBE GmbH**, 79286 Glotttartal 27-1  
• **Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse**, 50968 Köln 28-1 • **beta Sensorik GmbH**, 96328 Küps 96-1 • **Busch-Jaeger Elektro GmbH**, 58513 Lüdenscheid 47-2+3, 50-2 • **Eaton Electric GmbH**, 53115 Bonn 40-1, 90, 109 • **Elektro Beck GmbH**, 35794 Mengerskirchen 82-1 • **Elektromotorenwerk Grünhain GmbH**, 08344 Grünhain-Beierfeld 108-3 • **ep Elektropraktiker, HUSS-MEDIEN GmbH**, 10400 Berlin 164-2, 165 • **ET Instrumente GmbH**, 68766 Hockenheim 170-2 • **EVU-Messtechnik**, 49186 Bad Iburg 194-2 • **Gebrüder Engelfried oHG**, 73432 Unterkochen 191-1 • **Gira Giersiepen GmbH & Co. KG**, 42477 Radevormwald 199-3, 209-3 • **GMC-I Gossen-Metrawatt GmbH**, 90471 Nürnberg 56-1, 141-2, 158 • **Hager Vertriebsgesellschaft mbH & Co. KG**, 66440 Blieskastel 19-1  
• **homeway GmbH**, 96465 Neustadt bei Coburg 137-2+3, 234-3 • **Huber + Suhner GmbH**, 82024 Taufkirchen 177-2  
• **ALBRECHT JUNG GMBH & CO. KG**, 58579 Schalksmühle 219-2, 220, 221-1 bis 3, 223, 224-1 bis 3, 250, 251-1  
• **KATHREIN-Werke KG**, 83004 Rosenheim 130, 132 • **KNX Association**, Brüssel 204, 205-1+2, 206-2+3, 207-1+2, 208-1+2, 209-1+2 • **KOBOLD Messring GmbH**, 65719 Hofheim am Taunus 74-5, 87-2, 236-2 • **Heinrich Kopp GmbH**, 63796 Kahl am Main 163-2 • **Leuze electronic Deutschland GmbH + Co. KG**, 73277 Owen 96-2 • **licht.de**, 60528 Frankfurt am Main 142-3 • **Morschheuser, Frank**, 88356 Ostrach 210 • **OSRAM GmbH**, 80807 München 146-1 bis 3, 151-1b • **Philips Signify GmbH**, 22335 Hamburg 151-1c • **PV-Engineering GmbH**, 58640 Iserlohn 184-3  
• **Q-Cells SE**, 06766 Bitterfeld-Wolfen 166-2 • **SAFEPART Wolfgang Oehlert**, 31789 Hameln 80-3 • **Schletter GmbH**, 83527 Kirchdorf/Haag 184-1+2 • **Schneider Electric GmbH c/o Merten**, 51674 Wiehl 47-1 • **SIEMENS AG**, 80333 München 74-1 bis 4, 74-6, -7, 80-1+2+4+7+8 87-1, 120-1+2, 199-1+2+4, 200-4+5, 225-2 • **SMA Solar Technology AG**, 34266 Niestetal 164-2, 174-1, 176, 181, 243, 244, 248 • **Solar-Fabrik AG**, 79111 Freiburg 164-2, 166-3, 170-1, 242  
• **Trilux GmbH & Co. KG**, 59759 Arnsberg 147-2, 149-2, 151-1a+2 • **Vaillant Deutschland GmbH & Co. KG**, 42859 Remscheid 152, 167-1 • **VDE VERLAG GmbH**, 10625 Berlin 246, 247 • **WERMA Signaltechnik GmbH + Co. KG**, 78604 Rietheim-Weilheim 82-2, 101 • **Zentralverband der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke (ZVEH)**, 60487 Frankfurt 160

6. Auflage 2022

Druck 5 4 3 2 1

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

ISBN 978-3-8085-3952-1

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: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagbilder: Icons: braunwerbeagentur und Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH; Zeichnung: Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel; Produktbild PROFITEST MTECH + : Gossenmetrawatt; Kabel: chappyvector071 – stock.adobe.com

Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

## Liebe Leserin, lieber Leser,

### ... in Sachen Lernfelder ...

wer seine beruflichen Chancen verbessern möchte, braucht hilfreiche und kundige Begleiter. So einen hilfreichen Begleiter dürfen wir Ihnen vorstellen:

#### **Das Arbeitsbuch Elektrotechnik, Lernfeld 5–13**

Dieses Arbeitsbuch ist die Fortsetzung des bewährten Arbeitsbuches Elektrotechnik Lernfelder 1–4.

Die vorliegende 6. Auflage wurde weiter verbessert sowie hinsichtlich gültiger Normen und Rahmenlehrpläne aktualisiert.

#### Aufbau des Buches:

- ✓ Jedes Lernfeld hat mehrere Lernsituationen.
- ✓ Die Lernsituationen sind praxisorientiert und unterstützen somit Ihre berufliche Handlungen.
- ✓ Lernsituationen erleichtern Ihnen den Einstieg in das Thema und zeigen Ihnen die berufliche Bedeutung auf.
- ✓ Jede Lernsituation beinhaltet Arbeitsaufträge und kann in Einzel-, Partner- oder Teamarbeit bearbeitet werden.
- ✓ Arbeitsaufträge haben eine logische Abfolge.
- ✓ In manchen Arbeitsaufträgen findet man Hinweise zum Lösen von Aufgaben.

#### Wie sollen Sie mit diesem Buch arbeiten:

- ✓ Lesen Sie die Aufgabenstellungen sorgfältig durch.
- ✓ Achten Sie auf mögliche Lernhilfen.
- ✓ Machen Sie sich eventuell Notizen auf einem separaten Blatt.
- ✓ Bei schwierigen Aufgaben ist es sinnvoll diese zu zweit oder in Teamarbeit zu lösen.
- ✓ Tragen Sie Ihre Lösung an der entsprechenden Stelle im Arbeitsbuch ein. Achten Sie unbedingt auf den zur Verfügung stehenden Platz.
- ✓ Kontrollieren Sie nochmals Ihre Lösung. Gehen Sie Ihre Lösung Schritt für Schritt gedanklich durch.
- ✓ Haben Sie die Lernsituation bearbeitet, beantworten Sie zum Abschluss die Seiten „Testen Sie Ihre Fachkompetenz“ am jeweiligen Kapitelende.
- ✓ Zur Hilfestellung, zur Stoffaufbereitung und Stoffvertiefung können Sie z.B. das Fachbuch „Fachkunde Elektrotechnik“ verwenden.

Wir wünschen Ihnen viel Freude beim Arbeiten mit diesem Buch. Der Erfolg stellt sich dann sicher ein.

Gerne freuen wir uns auf einen Dialog mit Ihnen. Schreiben Sie uns unter: [lektorat@europa-lehrmittel.de](mailto:lektorat@europa-lehrmittel.de)

Autoren und Verlag Europa-Lehrmittel

Sommer 2022

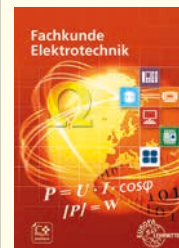
#### Für wen ist das Buch geeignet?

- Für alle Auszubildenden, die einen Elektroberuf in der Industrie und im Handwerk erlernen,
- Schüler und Studierende von Fachschulen, Meisterschulen, Berufskollegs und Berufsfachschulen und
- überbetriebliche Ausbildungsstätten.

Arbeitsbücher  
für die Lernfelder der  
Grundstufe + Fachstufe



#### Wenn Sie Hilfe benötigen:



Informieren Sie sich  
im Buch „**Fachkunde  
Elektrotechnik**“.



Bearbeiten Sie die  
Lernsituationen mit  
den optional erhältlichen  
**interaktiven Arbeitsblättern**,  
die einblendbare  
Musterlösungen enthalten.

#### Weitere Bücher die Ihnen helfen die Lernsituationen zu bearbeiten und zu lösen:

- Rechenbuch Elektrotechnik
- Tabellenbuch Elektrotechnik
- Praxis Elektrotechnik
- Formeln für Elektrotechniker
- Prüfungsvorbereitung Elektrotechnik
- Arbeitsblätter Fachkunde Elektrotechnik



## Elektroenergieversorgung und Sicherheit von Anlagen und Geräten konzipieren

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ● Eine Leuchtstofflampe an Wechselspannung untersuchen . . . . .                         | 8  |
| ▶ Errechnen von Spannungswerten und Zeichnen einer Sinuslinie . . . . .                  | 8  |
| ▶ Kenngrößen zur sinusförmigen Wechselspannung bzw. Wechselstrom erarbeiten . . . . .    | 9  |
| ▶ Bauteile einer Leuchtstofflampen-Schaltung kennenlernen . . . . .                      | 11 |
| ▶ Leuchtstofflampen-Schaltung analysieren . . . . .                                      | 12 |
| ▶ Messungen an der Leuchtstofflampen-Schaltung durchführen . . . . .                     | 12 |
| ▶ Messwerte der Leuchtstofflampen-Schaltung auswerten . . . . .                          | 13 |
| Testen Sie Ihre Fachkompetenz . . . . .                                                  | 16 |
| ● Außensteckdose mit einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) nachrüsten . . . . .      | 18 |
| ▶ Wirksamkeit der vorhandenen Schutzmaßnahme für die Außensteckdose überprüfen . . . . . | 18 |
| ▶ Die Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) kennenlernen . . . . .                         | 19 |
| ▶ Vorteile der RCD als Schutzmaßnahme im TN-S-System benennen . . . . .                  | 22 |
| ▶ Die RCD in der Verteilung anschließen . . . . .                                        | 23 |
| ▶ Den Außensteckdosenstromkreis prüfen . . . . .                                         | 24 |
| Testen Sie Ihre Fachkompetenz . . . . .                                                  | 25 |
| ● Drehstromsysteme erkennen und bewerten . . . . .                                       | 27 |
| ▶ Arten von Drehstromsystemen kennenlernen . . . . .                                     | 27 |
| ▶ Schutz von elektrischen Anlagen gewährleisten . . . . .                                | 28 |
| ▶ Schutz im TN-System gewährleisten . . . . .                                            | 29 |
| ▶ Schutzmaßnahmen im TT-System realisieren . . . . .                                     | 30 |
| ▶ Schutzmaßnahmen im IT-System realisieren . . . . .                                     | 30 |
| Testen Sie Ihre Fachkompetenz . . . . .                                                  | 31 |
| ● Induktive Verbraucher am Drehstromnetz betreiben . . . . .                             | 32 |
| ▶ Technische Größen der LS-Lampe bestimmen . . . . .                                     | 32 |
| ▶ Beleuchtungsanlage am Drehstromnetz analysieren . . . . .                              | 33 |
| ▶ Auswirkungen von Fehlern im Drehstromnetz analysieren . . . . .                        | 34 |
| Testen Sie Ihre Fachkompetenz . . . . .                                                  | 36 |
| ● Drehstrommotor am TN-System betreiben . . . . .                                        | 37 |
| ▶ Leistungsschild (Bild) auswerten . . . . .                                             | 37 |
| ▶ Motor an das vorhandene TN-S-System anschließen . . . . .                              | 38 |
| ▶ Leistungen des Drehstrommotors berechnen . . . . .                                     | 38 |
| ▶ Zuleitung von der Unterverteilung zum Schaltkasten dimensionieren . . . . .            | 39 |
| ▶ Motorschutz auswählen . . . . .                                                        | 40 |
| ▶ Kleinverteilung entwerfen . . . . .                                                    | 41 |
| ▶ Schaltpläne entwerfen . . . . .                                                        | 41 |
| ▶ Anlagenerweiterung installieren . . . . .                                              | 42 |
| ▶ Installation der Anlagenerweiterung überprüfen . . . . .                               | 42 |
| Testen Sie Ihre Fachkompetenz . . . . .                                                  | 44 |



## Elektrotechnische Systeme analysieren und prüfen

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| ● Konferenzraumbeleuchtung anpassen . . . . .                            | 46 |
| ▶ Vorhandene Installation ermitteln . . . . .                            | 46 |
| ▶ Betriebsmittel auswählen . . . . .                                     | 47 |
| ▶ Arbeitsplanung und Unterlagen erstellen . . . . .                      | 48 |
| ▶ Arbeitsreihenfolge festlegen . . . . .                                 | 49 |
| ▶ Kosten der Installationsänderung ermitteln . . . . .                   | 49 |
| Testen Sie Ihre Fachkompetenz . . . . .                                  | 50 |
| ● Transistor als elektronisches Bauteil kennenlernen . . . . .           | 51 |
| ▶ Anwendungen von Transistoren nennen . . . . .                          | 51 |
| ▶ Arten und Typen von Transistoren und deren Anschlüsse nennen . . . . . | 51 |
| ▶ Bipolaren Transistor als Schalter kennenlernen . . . . .               | 52 |
| ▶ Mit Transistorkennlinien arbeiten . . . . .                            | 54 |
| Testen Sie Ihre Fachkompetenz . . . . .                                  | 55 |

|                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| ● <b>Netzgeräte für elektronische Schaltungen untersuchen</b> .....  | <b>56</b> |
| ▶ Grundlagen von Netzgeräten erarbeiten .....                        | 56        |
| ▶ Stabilisierungsschaltungen für Gleichspannungen kennenlernen ..... | 59        |
| ▶ Gesteuerte Gleichrichterschaltungen untersuchen .....              | 62        |
| <b>Testen Sie Ihre Fachkompetenz</b> .....                           | <b>64</b> |
| ● <b>Warnblinklicht für eine Baustelle entwerfen</b> .....           | <b>66</b> |
| ▶ Arten von Kippschaltungen festlegen .....                          | 66        |
| ▶ Astabile Kippschaltung mit dem IC NE 555 dimensionieren .....      | 67        |
| <b>Testen Sie Ihre Fachkompetenz</b> .....                           | <b>69</b> |



## Steuerungen und Regelungen für Systeme programmieren und realisieren

|                                                                                                       |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| ● <b>Projektierung eines Installationsbus-Systems (KNX) für den Verkaufsraum einer Bäckerei</b> ..... | <b>70</b>  |
| ▶ Installationsschaltungen analysieren .....                                                          | 70         |
| ▶ Stromlaufplan vervollständigen .....                                                                | 70         |
| <b>Testen Sie Ihre Fachkompetenz</b> .....                                                            | <b>72</b>  |
| ● <b>Betriebseinrichtungen einer Tiefgarage mit einer SPS steuern</b> .....                           | <b>73</b>  |
| ▶ Belüftungsanlage mit Lüfterüberwachung programmieren .....                                          | 73         |
| ▶ Torsteuerung der Einfahrt programmieren .....                                                       | 79         |
| ▶ Ampel für die Garagenbelegung programmieren .....                                                   | 82         |
| ▶ Programm für die Ampel Garagenbelegung erweitern .....                                              | 85         |
| <b>Testen Sie Ihre Fachkompetenz</b> .....                                                            | <b>87</b>  |
| ● <b>Hebebühne mit einer SPS steuern</b> .....                                                        | <b>89</b>  |
| <b>Testen Sie Ihre Fachkompetenz</b> .....                                                            | <b>90</b>  |
| ● <b>Ölbrenner mit einer SPS steuern</b> .....                                                        | <b>91</b>  |
| <b>Testen Sie Ihre Fachkompetenz</b> .....                                                            | <b>94</b>  |
| ● <b>Eine Bauschutt-Recycling-Anlage soll auf Automatik-Betrieb umgestellt werden</b> .....           | <b>95</b>  |
| ▶ Sensoren und Aktoren auswählen .....                                                                | 95         |
| ▶ Steuerung programmieren .....                                                                       | 98         |
| ▶ Fehlersuche und defekte Baugruppen austauschen .....                                                | 101        |
| <b>Testen Sie Ihre Fachkompetenz</b> .....                                                            | <b>102</b> |



## Energiewandlungssysteme auswählen und integrieren

|                                                                                        |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| ● <b>Eignung eines Antriebsmotors feststellen</b> .....                                | <b>103</b> |
| ▶ Fehlerursache erkunden .....                                                         | 103        |
| ▶ Angaben auf dem Leistungsschild auswerten .....                                      | 105        |
| ▶ Betriebssicherheit nach Motoraustausch erhöhen .....                                 | 106        |
| <b>Testen Sie Ihre Fachkompetenz</b> .....                                             | <b>107</b> |
| ● <b>Antriebsmotor einer Kreissäge austauschen</b> .....                               | <b>108</b> |
| ▶ Merkmale der Kreissägenmotoren ermitteln .....                                       | 108        |
| ▶ Motorschutz und Arbeitssicherheit gewährleisten .....                                | 109        |
| ▶ Einen neuen Motor auswählen .....                                                    | 110        |
| ▶ Geeigneten Motorschutzschalter auswählen .....                                       | 111        |
| ▶ Motorsteuerung planen .....                                                          | 112        |
| ▶ Projektkontrolle durchführen .....                                                   | 113        |
| <b>Testen Sie Ihre Fachkompetenz</b> .....                                             | <b>116</b> |
| ● <b>Hubantrieb mit Drehstrom-Asynchronmotor und Frequenzumrichter ausrüsten</b> ..... | <b>118</b> |
| ▶ Motor auswählen .....                                                                | 118        |
| ▶ Frequenzumrichter analysieren .....                                                  | 119        |
| ▶ Frequenzumrichter auswählen .....                                                    | 120        |
| ▶ Frequenzumrichter an den Motor anpassen .....                                        | 120        |
| ▶ Frequenzumrichter parametrieren .....                                                | 121        |
| <b>Testen Sie Ihre Fachkompetenz</b> .....                                             | <b>122</b> |



## Kommunikation von Systemen in Wohn- und Zweckbauten planen und realisieren

|                                                                   |            |
|-------------------------------------------------------------------|------------|
| ● <b>Hausrufanlage ändern</b> .....                               | <b>123</b> |
| ▶ Vorhandene Hausrufanlage analysieren .....                      | 123        |
| ▶ Änderungsvorschlag erarbeiten .....                             | 123        |
| ▶ Ausbau der Haussprechanlage erarbeiten .....                    | 124        |
| Testen Sie Ihre Fachkompetenz .....                               | 126        |
| ● <b>Installation einer Antennenanlage</b> .....                  | <b>127</b> |
| ▶ Antennenmontage und Leitungsnetz planen .....                   | 127        |
| ▶ Frequenzen, Dämpfungen und Verstärkungen bestimmen .....        | 128        |
| ▶ Antennen montieren und Leitungen verlegen .....                 | 130        |
| ▶ Prüfen der Antennenanlage .....                                 | 130        |
| ▶ Wichtige Bauteile in Antennenanlagen kennenlernen .....         | 132        |
| ▶ Netzstrukturen von Antennenanlagen kennenlernen .....           | 133        |
| ▶ Dämpfungen von Koaxialkabeln bestimmen .....                    | 133        |
| ▶ Pegel in Antennenanlagen berechnen .....                        | 134        |
| Testen Sie Ihre Fachkompetenz .....                               | 135        |
| ● <b>Fernsehanschluss zum Multimediaanschluss erweitern</b> ..... | <b>137</b> |
| ▶ Kundengespräch .....                                            | 137        |
| ▶ Das benötigte Material für die Umrüstung ermitteln .....        | 138        |
| ▶ Vorhandenen Breitbandkabelverstärker überprüfen .....           | 139        |
| Testen Sie Ihre Fachkompetenz .....                               | 140        |



## Elektrische Geräte und Anlagen der Haustechnik planen, in Betrieb nehmen und übergeben

|                                                                                                      |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| ● <b>Innenraum-Beleuchtungsanlage einer Schule beurteilen und planen</b> .....                       | <b>141</b> |
| ▶ Bestand der bestehenden Beleuchtungsanlage aufnehmen .....                                         | 141        |
| ▶ Die Beleuchtungsanlage im Klassenzimmer analysieren .....                                          | 144        |
| ▶ Beleuchtung des neuen Bauabschnittes analysieren .....                                             | 147        |
| Testen Sie Ihre Fachkompetenz .....                                                                  | 150        |
| ● <b>Installation eines Durchlauferhitzers am Dreiphasenwechselstrom-Netz (Drehstrom-Netz)</b> ..... | <b>152</b> |
| ▶ Herstellerunterlagen eines Durchlauferhitzers sichten .....                                        | 152        |
| ▶ Begriffe des Dreiphasenwechselstromes (Drehstrom) erarbeiten .....                                 | 153        |
| ▶ Schutzeinrichtungen auswählen .....                                                                | 156        |
| ▶ Zuleitung des Durchlauferhitzers dimensionieren .....                                              | 157        |
| ▶ Schaltplanunterlagen erstellen .....                                                               | 157        |
| ▶ Anlage installieren .....                                                                          | 158        |
| ▶ Anlagenerweiterung überprüfen .....                                                                | 158        |
| ▶ Anlage an den Kunden übergeben .....                                                               | 159        |
| Testen Sie Ihre Fachkompetenz .....                                                                  | 161        |



## Energietechnische Systeme errichten, in Betrieb nehmen und instand halten

|                                                                            |            |
|----------------------------------------------------------------------------|------------|
| ● <b>Fotovoltaikanlage errichten und in Betrieb nehmen</b> .....           | <b>164</b> |
| ▶ Kundenberatung und Kundengespräch vorbereiten .....                      | 164        |
| ▶ Kundengespräch führen .....                                              | 165        |
| ▶ Fotovoltaikanlage planen .....                                           | 170        |
| ▶ Auftrag ausführen .....                                                  | 184        |
| ▶ Auftrag auswerten .....                                                  | 186        |
| ▶ Auftrag dokumentieren .....                                              | 188        |
| Testen Sie Ihre Fachkompetenz .....                                        | 189        |
| ● <b>Elektrische Anlage zum Anschluss einer Hobelmaschine planen</b> ..... | <b>191</b> |
| ▶ Kompensationsart auswählen .....                                         | 191        |
| ▶ Leiterquerschnitt für die Hobelmaschine bestimmen .....                  | 192        |
| ▶ Kompensationseinrichtung auswählen .....                                 | 192        |
| Testen Sie Ihre Fachkompetenz .....                                        | 194        |

**Energie- und gebäudetechnische Anlagen planen und realisieren**

|                                                                                                                     |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| ● <b>Umbau eines Büros von konventioneller Installationstechnik auf ein Installationsbus-System (KNX) . . . . .</b> | <b>195</b> |
| ▶ Kundenberatung . . . . .                                                                                          | 196        |
| ▶ Bestehende Anlage aufnehmen und analysieren . . . . .                                                             | 198        |
| ▶ Lastenheft lesen . . . . .                                                                                        | 199        |
| ▶ Projekt beschreiben . . . . .                                                                                     | 201        |
| ▶ Geräteliste erstellen . . . . .                                                                                   | 202        |
| ▶ KNX-Symbole benennen . . . . .                                                                                    | 203        |
| ▶ Kundengespräch führen . . . . .                                                                                   | 203        |
| ▶ Projekt mit Engineering-Tool-Software ETS anlegen . . . . .                                                       | 204        |
| ▶ Betriebsmittel auswählen und adressieren . . . . .                                                                | 205        |
| ▶ Anlage projektieren . . . . .                                                                                     | 206        |
| ▶ KNX-Symbole benennen . . . . .                                                                                    | 211        |
| <b>Testen Sie Ihre Fachkompetenz . . . . .</b>                                                                      | <b>215</b> |
| ● <b>Regelung der Raumtemperatur mit einem Bussystem (KNX) . . . . .</b>                                            | <b>217</b> |
| ▶ Informationen über Steuern und Regeln beschaffen . . . . .                                                        | 217        |
| ▶ Temperaturregler auswählen und beschreiben . . . . .                                                              | 219        |
| ▶ Stellantrieb auswählen . . . . .                                                                                  | 220        |
| ▶ Einzelraum-Temperaturregelung planen . . . . .                                                                    | 220        |
| ▶ Mit der Engineering-Tool-Software ETS projektieren . . . . .                                                      | 221        |
| ▶ Raumtemperaturregler montieren . . . . .                                                                          | 222        |
| ▶ Funktionsprüfung der Anlage durchführen und Fehler analysieren . . . . .                                          | 222        |
| ▶ Kunden in die Funktion des Temperaturreglers einweisen . . . . .                                                  | 222        |
| <b>Testen Sie Ihre Fachkompetenz . . . . .</b>                                                                      | <b>225</b> |

**Infoteil**

|                                                                                                |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| ● Strombelastbarkeit von Kabeln und isolierten Leitungen . . . . .                             | 226        |
| ● Umrechnungsfaktoren, Strombelastbarkeit, Mindestquerschnitte elektrischer Leiter . . . . .   | 227        |
| ● Auslösekennlinien von Überstrom-Schutzeinrichtungen . . . . .                                | 228        |
| ● Betriebsdaten von Drehstrom-Kurzschlussläufermotoren . . . . .                               | 229        |
| ● Datenblatt Antriebssysteme . . . . .                                                         | 230        |
| ● NPN-Transistor . . . . .                                                                     | 231        |
| ● Zeitgeber-Schaltung NE 555 (TDB 0555 B) . . . . .                                            | 232        |
| ● Datenblatt und Installationshinweise Haussprechanlage . . . . .                              | 233        |
| ● Datenblatt Multimedia . . . . .                                                              | 234        |
| ● Datenblatt Antennentechnik . . . . .                                                         | 235        |
| ● Elektronischer Strömungssensor für Luft (Auszug aus dem Datenblatt) . . . . .                | 236        |
| ● Datenblatt Frequenzumrichter SINAMICS G120C . . . . .                                        | 237        |
| ● Analyse einer Beleuchtungsanlage nach DIN EN 12464 . . . . .                                 | 238        |
| ● Beleuchtungsplanung . . . . .                                                                | 239        |
| ● Datenaufnahme zur Installation einer Fotovoltaikanlage (1) . . . . .                         | 240        |
| ● Datenaufnahme zur Installation einer Fotovoltaikanlage (2) . . . . .                         | 241        |
| ● Datenblatt Solarmodule . . . . .                                                             | 242        |
| ● Datenblatt Stringwechselrichter (1) . . . . .                                                | 243        |
| ● Datenblatt Stringwechselrichter (2) . . . . .                                                | 244        |
| ● Datenblatt Solarkabel . . . . .                                                              | 245        |
| ● Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz (Anhang E.8 der VDE-AR-N 4105) . . . . .            | 246        |
| ● Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz (Anhang E.2 der VDE-AR-N 4105) . . . . .            | 247        |
| ● Auszug aus einem Simulationsprogramm . . . . .                                               | 248        |
| ● Installation von Fotovoltaikanlagen . . . . .                                                | 249        |
| ● Stetigregler, Funktionsbeschreibung (Auszug) . . . . .                                       | 250        |
| ● Datenblatt Helligkeitsregler (Auszug aus einer Produktdokumentation) . . . . .               | 251        |
| ● Informationen zur Abschlussprüfung in den Elektroberufen in Handwerk und Industrie . . . . . | 252        |
| ● Suchen im Internet . . . . .                                                                 | US-Seite 2 |
| ● Abschlussprüfung Fachgespräch . . . . .                                                      | US-Seite 3 |

In diesem Buch finden sich Verweise/Links aus Internetseiten. Für die Inhalte auf diesen Seiten sind ausschließlich die Betreiber verantwortlich, weshalb eine Haftung ausgeschlossen wird. Für den Fall, dass Sie auf den angegebenen Internetseiten auf illegale oder anstößige Inhalte treffen, bitten wir Sie, uns unter [info@europa-lehrmittel.de](mailto:info@europa-lehrmittel.de) davon in Kenntnis zu setzen, damit wir beim Nachdruck dieses Buches den entsprechenden Link entfernen können.



## Lernsituation: Eine Leuchtstofflampe an Wechselspannung untersuchen

Ihr Betrieb soll in einer Schule die veraltete Deckenbeleuchtung einiger Unterrichtsräume (**Bild**) durch neue Leuchtstofflampen ersetzen.

Da die Leuchtstofflampen mit Wechselspannung betrieben werden, hat Ihnen Ihr Meister den Auftrag erteilt, sich zuvor mit den Besonderheiten von Wechselspannung und Wechselstrom vertraut zu machen.

Ihr Meister übergibt Ihnen auch eine ältere Leuchte, damit Sie die einzelnen Bauteile kennenlernen und sich den Schaltplan für die Grundsicherung einer Leuchtstofflampe erarbeiten können.

Um das elektrische Zusammenwirken der Bauelemente an Wechselspannung zu erkennen, sollten Sie eine Leuchtstofflampenschaltung im Schulunterricht oder im Ausbildungsbetrieb aufbauen, daran elektrische Messungen durchführen und die Messergebnisse auswerten.

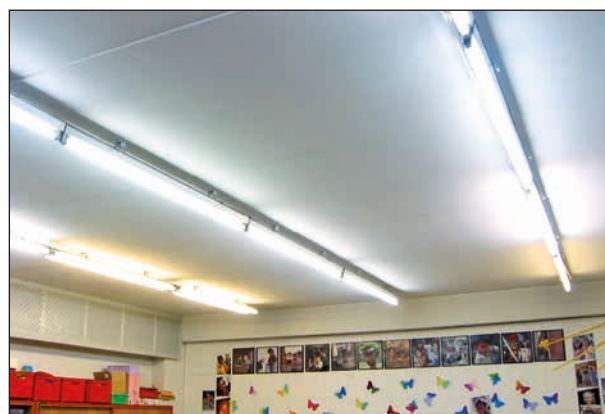


Bild: Deckenbeleuchtung mit Leuchtstofflampen

### Arbeitsauftrag 1: Errechnen von Spannungswerten und Zeichnen einer Sinuslinie

Eine sinusförmige Wechselspannung entsteht in einer Leiterschleife oder Spule, wenn diese in einem homogenen Magnetfeld mit gleichbleibender Geschwindigkeit gedreht wird (**Tabelle**).

1. Berechnen Sie für den jeweiligen Drehwinkel  $\alpha$  der sich drehenden Spule die Augenblickswerte  $u$  der erzeugten Spannung.  
Der Scheitelwert der Spannung beträgt  $\hat{u} = 325 \text{ V}$ .
2. Tragen Sie die Augenblickswerte in die **Tabelle** ein und übernehmen Sie dann diese Augenblickswerte in das Liniendiagramm (**Bild 2**).
3. Zeichnen Sie den Verlauf der Spannung.



#### Augenblickswert einer sinusförmigen Wechselspannung

$$u = \hat{u} \cdot \sin \alpha$$

$u$

Augenblickswert

$\hat{u}$

Scheitelwert

$\sin \alpha$

Sinuswert des Drehwinkels  $\alpha$

#### Beispiel:

Bei  $\hat{u} = 325 \text{ V}$  und  $\alpha = 30^\circ$  beträgt der Augenblickswert  $u = \hat{u} \cdot \sin \alpha = 325 \text{ V} \cdot \sin 30^\circ = 325 \text{ V} \cdot 0,5 = 162,5 \text{ V}$



#### Hinweis zum Taschenrechner (TSR):

Modus DEG einstellen,

Bsp.: 30  $\sin$  0,5 oder  $\sin 30 = 0,5$  (je nach TSR)

Tabelle: Augenblickswerte und Liniendiagramm

| $\alpha$       | 0° | 30°   | 60° | 90° | 120° | 150° | 180° | 210° | 240° | 270° | 300° | 330° | 360° |
|----------------|----|-------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $u$ in V       |    | 162,5 |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Lage der Spule |    |       |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

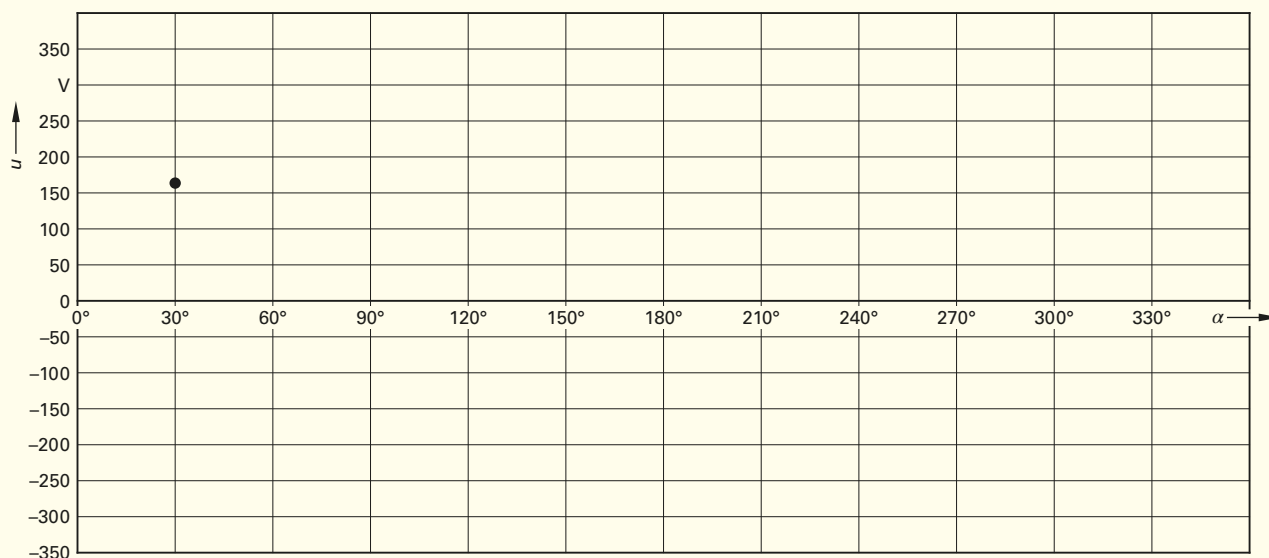


Bild 2: Liniendiagramm



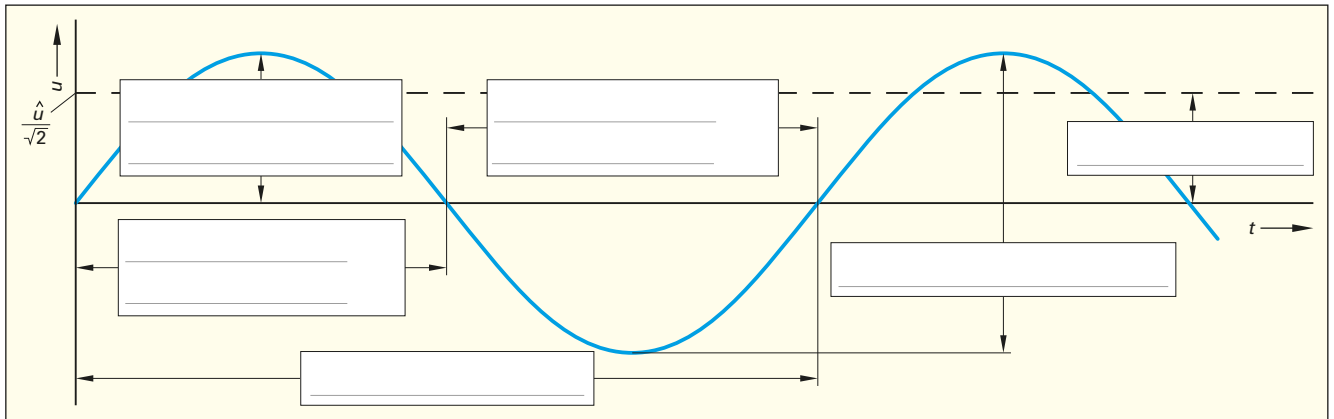
## Arbeitsauftrag 2: Kenngrößen zur sinusförmigen Wechselspannung bzw. Wechselstrom erarbeiten

Bevor Sie die Bauteile und die Funktion der Leuchtstofflampe untersuchen, überprüfen und festigen Sie Ihre Kenntnisse über Wechselspannung und Wechselstrom.

 Fachkunde Elektrotechnik, Kapitel: Wechselstromtechnik

1. Erklären Sie die Begriffe: Sinusförmige Wechselspannung bzw. sinusförmiger Wechselstrom.

2. Tragen Sie die Kenngrößen und Formelzeichen einer Sinus-Wechselspannung im **Bild 1** ein.



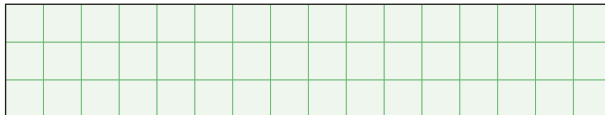
### Bild 1: Sinusspannung

3. Was versteht man bei einem sinusförmigen Wechselstrom unter dem Effektivwert?

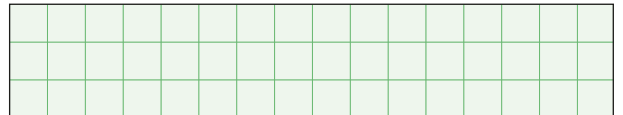


**Achtung!** In Netzen mit z.B. drehzahlgesteuerten Motoren, Stromversorgungen für Bürogeräte, elektronischen Transformatoren und Dimmern kann der Effektivwert fehlerhaft gemessen werden, da die Wechselspannungen und -ströme nicht mehr sinusförmig sind. Nur Echt-Effektivwert-Multimeter (Geräte mit True RMS) messen nicht sinusförmige Größen genau. Der Crestfaktor und die Frequenzbandbreite des Multimeters müssen beachtet werden.

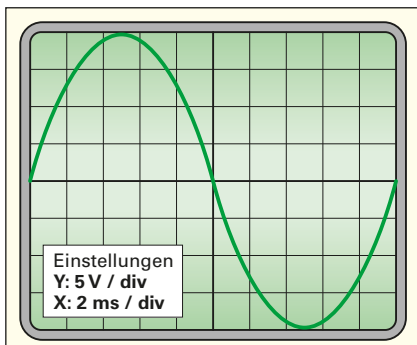
4. Berechnen Sie den Effektivwert  $U$  für die Wechselspannung aus Arbeitsauftrag 1, Aufgabe 1 (**Seite 8**).



- 5. Berechnen Sie die Periodendauer einer 50-Hz-Wechselspannung.**



6. Das **Bild 2** zeigt das Oszillogramm einer sinusförmigen Wechselspannung. Berechnen Sie **a)** den Effektivwert und **b)** die Frequenz.



**Bild 2: Oszillogramm einer sinusförmigen Wechselspannung**

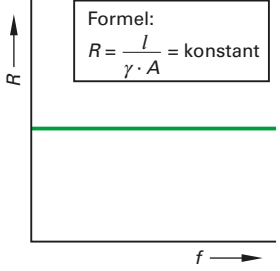
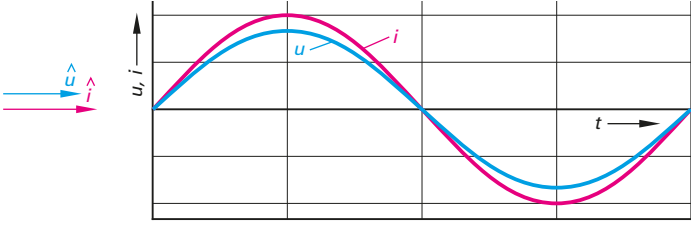
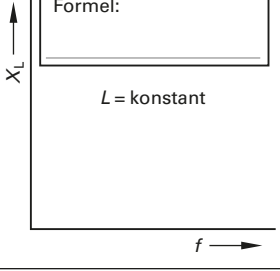
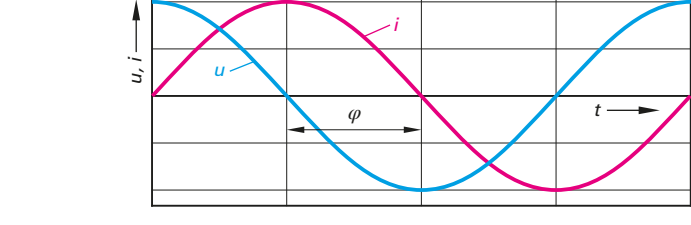
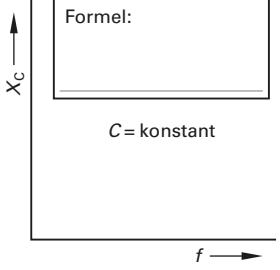
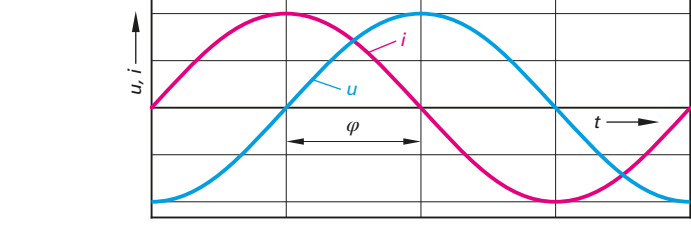
a)

b)



Jedes reale Bauelement, z.B. eine Spule, besitzt immer gleichzeitig 3 Eigenschaften: 1. ohmsches Widerstandsverhalten, 2. induktives Widerstandsverhalten und 3. kapazitives Widerstandsverhalten. Praktisch kann man meist eine oder zwei Eigenschaften vernachlässigen. Wird nur die Haupteigenschaft eines Bauelementes betrachtet, z.B. die Induktivität einer Spule, so nennt man ein solches Bauelement **ideales Bauelement**.

7. Ergänzen Sie in der **Tabelle 1** die fehlenden Angaben für den induktiven und kapazitiven Blindwiderstand. Beachten Sie das Beispiel für den Wirkwiderstand  $R$ .

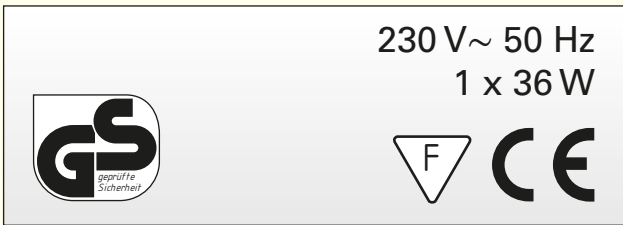
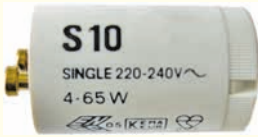
| Tabelle 1: Ideale Bauelemente an Wechselspannung                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Widerstandsart                                                                                                                                                                        | Frequenzabhängigkeit                                                                                                                                                  | $\hat{u}$ - $\hat{i}$ -Zeigerbild und Liniendiagramm von Spannung $u$ und Strom $i$                                                                                       |
| <p>Wirkwiderstand <math>R</math><br/>(ohmscher Widerstand <math>R</math>)</p> <p>Schaltzeichen:</p>  | <p>Formel:</p> $R = \frac{l}{\gamma \cdot A} = \text{konstant}$                      |  <p><math>u</math> und <math>i</math> sind in Phase; <math>\varphi = 0^\circ</math></p> |
| <p>induktiver Blindwiderstand <math>X_L</math></p> <p>Schaltzeichen:</p>                             | <p>Formel:</p> $X_L = 2\pi f L$ <p><math>L = \text{konstant}</math></p>             |                                                                                        |
| <p>kapazitiver Blindwiderstand <math>X_C</math></p> <p>Schaltzeichen:</p>                          | <p>Formel:</p> $X_C = \frac{1}{2\pi f C}$ <p><math>C = \text{konstant}</math></p>  |                                                                                       |

8. In Wechselstromkreisen unterscheidet man verschiedene Leistungsarten (**Tabelle 2**). Beschreiben Sie in der **Tabelle 2**, was man unter diesen Leistungen versteht. Geben Sie die Formeln der Leistungen an.

| Tabelle 2: Wechselstromleistungen |                               |                                |
|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Wirkleistung $P$                  | Induktive Blindleistung $Q_L$ | Kapazitive Blindleistung $Q_C$ |
| Formel: _____                     | Formel: _____                 | Formel: _____                  |
| _____                             | _____                         | _____                          |
| _____                             | _____                         | _____                          |
| _____                             | _____                         | _____                          |
| _____                             | _____                         | _____                          |
| _____                             | _____                         | _____                          |
| Scheinleistung $S$                |                               |                                |
| Formeln: _____                    |                               |                                |
| _____                             |                               |                                |
| _____                             |                               |                                |

**Arbeitsauftrag 3: Bauteile einer Leuchtstofflampen-Schaltung kennenlernen**

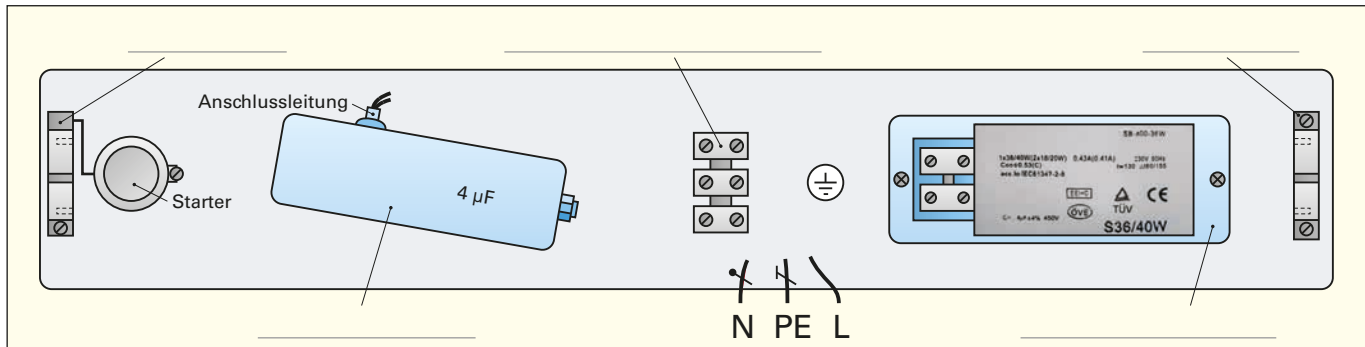
Informieren Sie sich mithilfe der Bilder über die Einzelteile einer Leuchtstofflampe und ergänzen Sie die **Tabelle**. Führen Sie auf der Grundlage der **Tabelle** mit Ihren Mitschülern ein Fachgespräch über die Aufgaben der Bauteile.

| Tabelle: Bauteile einer Leuchtstofflampe                                            |                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Bauteil                                                                             | Bedeutung der Daten; Aufgaben der Bauteile                                             |
|    | 230V ~: _____<br>50 Hz: _____<br>1 x 36 W: _____<br>F: _____<br>GS: _____<br>CE: _____ |
| Typenschild im Leuchtengehäuse                                                      |                                                                                        |
|    | L 36/840: _____<br>_____<br>_____<br>_____                                             |
|  | ⏏: _____<br>_____<br>_____<br>_____                                                    |
|  | _____<br>_____<br>_____<br>_____                                                       |
|  | _____<br>_____<br>_____<br>_____                                                       |
|  | _____<br>_____<br>_____<br>_____                                                       |
|  | 4 μF ± 5%: _____<br>_____<br>_____<br>_____                                            |



## Arbeitsauftrag 4: Leuchtstofflampen-Schaltung analysieren

Das **Bild 1** zeigt das geöffnete Gehäuse einer Leuchte mit der Lage der einzelnen Bauteile. Benennen Sie die Bauteile im **Bild 1**. Verdrahten Sie die Bauteile (**Bild 1**) entsprechend dem Stromlaufplan (**Bild 2**).



**Bild 1:** Verdrahtungsplan einer Leuchtstofflampe

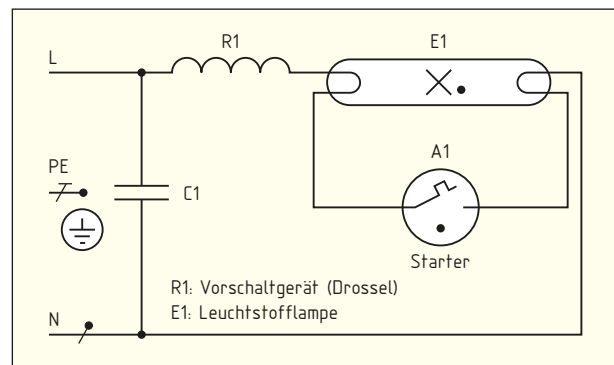
## Arbeitsauftrag 5: Messungen an der Leuchtstofflampen-Schaltung durchführen

Im Ausbildungsbetrieb oder in der Schule können Sie z.B. im Team die Funktion einer 18-W-Leuchtstofflampen-Schaltung messtechnisch untersuchen.



Wenn Sie keine eigenen Messungen ausführen können, nutzen Sie für die Bearbeitung der entsprechenden Arbeitsaufträge die Vergleichswerte in der **Tabelle** auf **Seite 13**.

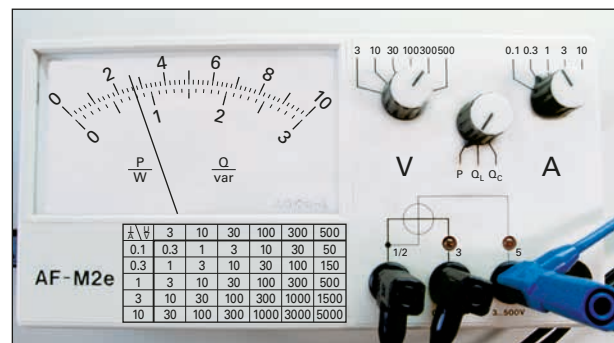
1. a) Zeichnen Sie im Schaltplan der Leuchtstofflampen-Schaltung (ohne Kondensator) (**Bild 4**) einen Leistungsmesser ein, um die Wirkleistung  $P$  der Leuchte direkt messen zu können, sowie einen Spannungs- und einen Strommesser, um die Betriebsspannung  $U$  und den Strom  $I$  zu messen.
- b) Messen Sie die elektrischen Größen  $P$ ,  $U$  und  $I$  und übernehmen Sie die Werte in die **Tabelle** auf **Seite 13**.
- c) Lesen Sie den Messwert  $P$  vom Leistungsmesser (**Bild 3**) ab und tragen Sie diesen Wert in die **Tabelle** auf **Seite 13** unter Vergleichswert ein.
2. a) Ergänzen Sie den Schaltplan (**Bild 4**), um die Teilspannungen  $U_1$  am Vorschaltgerät ( $R_1$ ),  $U_2$  an der Leuchtstofflampe ( $E_1$ ), sowie  $U_3$  über beide Bauelemente ( $R_1$  und  $E_1$ ) messen zu können.
- b) Tragen Sie die Bezugspfeile für den Strom und die Spannungen ein.
- c) Messen Sie die elektrischen Werte und übertragen Sie diese in die **Tabelle** auf **Seite 13**.



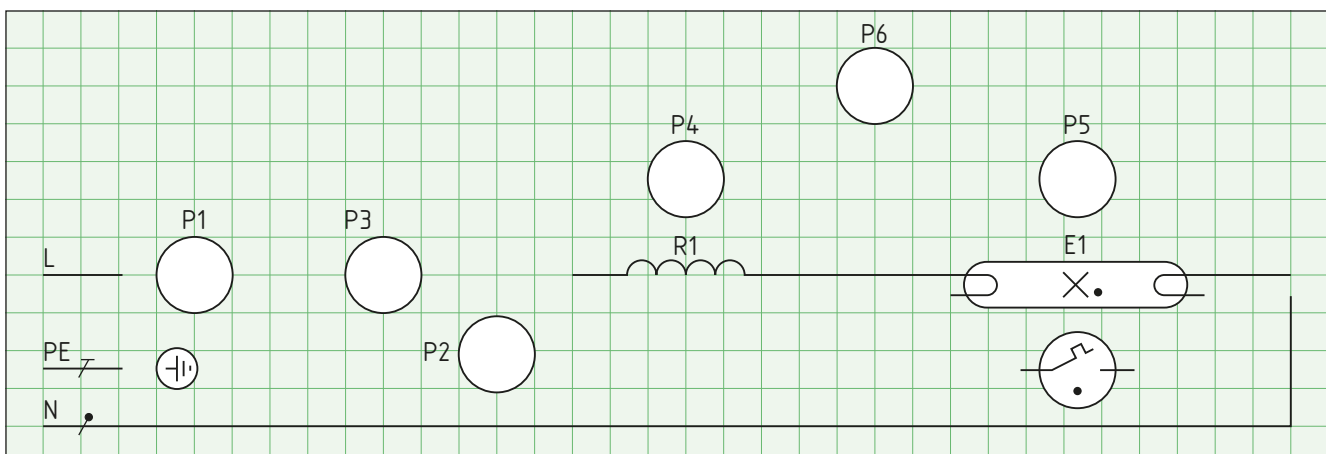
**Bild 2:** Stromlaufplan einer Leuchtstofflampe



Nach DIN EN 61346 Teil 2 werden energiebegrenzende Betriebsmittel, z.B. Drossel, mit dem Kennbuchstaben R bezeichnet.



**Bild 3:** Messung der gesamten Wirkleistung  $P$  an der Leuchte



**Bild 4:** Schaltplan mit Messinstrumenten



- 
- R1
- 1x36V400Hz(±10/20V) 0.43A(0.41A) 220V 50Hz  
Ces40-53CJ  
acc. to IEC61347-2-8  
1w130 J80/155
- C1: 0.1µF±5% 450V  
Produced by ACCU
- ENECE CE TUV QVS
- a)

Fachkunde Elektrotechnik,  
Kapitel: Messen von Widerständen

4. Vergleichen Sie in der **Tabelle** Ihre Messwerte eventuell mit den Messwerten einer anderen Gruppe, sowie mit den bereits vorgegebenen Vergleichswerten. Diskutieren Sie eventuelle Unterschiede bei den Messwerten.

| Tabelle: Messwerte an einer 18-W-Leuchtstofflampe |                      |                  |                                        |                                   |                                  |                                                   |
|---------------------------------------------------|----------------------|------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------|
| Stromstärke $I$                                   | Betriebsspannung $U$ | Wirkleistung $P$ | Spannung $U_1$<br>am Vorschaltgerät R1 | Spannung $U_2$<br>an der Lampe E1 | Spannung $U_3$<br>über R1 und E1 | Widerstand am Vorschaltgerät R1 (direkt gemessen) |
| _____                                             | _____                | _____            | _____                                  | _____                             | _____                            | _____                                             |
| Vergleichswerte                                   |                      |                  |                                        |                                   |                                  |                                                   |
| 0,36 A                                            | 233 V                | _____            | 213 V                                  | 64,5 V                            | 233 V                            | 62 $\Omega$                                       |

Wenn Sie die Messungen nicht durchführen konnten, verwenden Sie für die Auswertung die Vergleichswerte aus der **Tabelle**.

1.
  - a) Berechnen Sie aus den  $U$ - $I$ -Werten die Scheinleistung  $S$  der Leuchte.
  - b) Vergleichen Sie den Wert der Scheinleistung  $S$  mit dem Wert der Wirkleistung  $P$  (**Tabelle**) und erklären Sie den Unterschied.
  - c) Lesen Sie die Messwerte für den Wirkfaktor  $\cos \varphi$  und den Phasenverschiebungswinkel  $\varphi$  im **Bild 2** ab.
  - d) Berechnen Sie die gesamte Wirkleistung  $P$ .

[illegible]

c) aus **Bild 2**: Wirkfaktor  $\cos \varphi \approx$  \_\_\_\_\_  
Phasenverschiebungswinkel  $\varphi \approx$  \_\_\_\_\_

d) \_\_\_\_\_



Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Verlages.  
Copyright 2022 by Europa-Lehrmittel



2. a) Berechnen Sie die Blindleistung  $Q_L$ .
- b) Zeichnen Sie mit dem angegebenen Maßstab das Leistungs-dreieck (**Bild 1**) der Leuchte. Bestimmen Sie dazu für die Leistungen  $P$ ,  $Q_L$  und  $S$  die Zeigerlängen im angegebenen Maßstab und zeichnen dann das Leistungs-dreieck.
- c) Ermitteln Sie daraus den Phasenverschiebungswinkel  $\varphi$  der Leuchtstofflampen-Schaltung und vergleichen Sie den so bestimmten Phasenverschiebungswinkel mit dem vom Messgerät angezeigten Phasenverschiebungswinkel (**Bild 2, Seite 13**).
3. a) Berechnen Sie den Scheinwiderstand  $Z_{VG}$  des Vorschaltgerätes mithilfe der Messwerte  $U_1$  und  $I$  aus Arbeitsauftrag 5 (**Tabelle, Seite 13**).
- b) Vergleichen Sie diesen Wert mit dem direkt gemessenen Widerstandswert des Vorschaltgerätes.
- c) Erklären Sie die beiden Widerstandswerte.

a)

b) Bestimmung der Zeigerlängen bei einem Maßstab:  $10 \text{ W} \cong 10 \text{ VA} \cong 10 \text{ var} \cong 5 \text{ mm}$

c)

|                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Phasenverschiebungswinkel <math>\varphi</math> der Leuchtstofflampen-Schaltung</b> |
| vom Messgerät angezeigter Wert: _____                                                 |
| aus Leistungs-dreieck ermittelt: _____                                                |

**Bild 1: Leistungs-dreieck**

a)

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

c) \_\_\_\_\_

4. a) Zeichnen Sie für eine reale Spule, z.B. für das Vorschaltgerät, die vereinfachte Ersatzschaltung (**Bild 2**), um den ohmschen Drahtwiderstand  $R$  und den induktiven Widerstand der Spule  $X_L$  zu berücksichtigen.



**Bild 2: Ersatzschaltung einer realen Spule**

- b) Berechnen Sie vom Vorschaltgerät den induktiven Blindwiderstand  $X_L$  und die Induktivität  $L$ .

- c) Berechnen Sie den Wirkfaktor  $\cos \varphi$  und den Phasenverschiebungswinkel  $\varphi$ .

- d) Zeichnen Sie das maßstabsgerechte Widerstands-dreieck (**Bild 3**) für das Vorschaltgerät.

**Bestimmung der Zeigerlängen bei einem Maßstab:  $10 \Omega \cong 2 \text{ mm}$**

- e) Lesen Sie aus dem gezeichneten Widerstands-dreieck (**Bild 3**) den Phasenverschiebungswinkel  $\varphi$  des Vorschaltgerätes ab.

**Phasenverschiebungswinkel des Vorschaltgerätes:  $\varphi =$  \_\_\_\_\_**

**Bild 3: Widerstands-dreieck**



5. Bild 1a zeigt die Grundschaltung zum Betrieb der Leuchtstofflampe.

- a) Ergänzen Sie im Bild 1b die Ersatzschaltungen für das Vorschaltgerät und für die Leuchtstofflampe (ohmscher Widerstand).
- b) Tragen Sie in die Ersatzschaltungen (Bild 1b) des Vorschaltgerätes und der Leuchtstofflampe die Bezugspfeile für den Strom und für sämtliche Spannungen ein. Verwenden Sie die Formelzeichen der Tabelle.

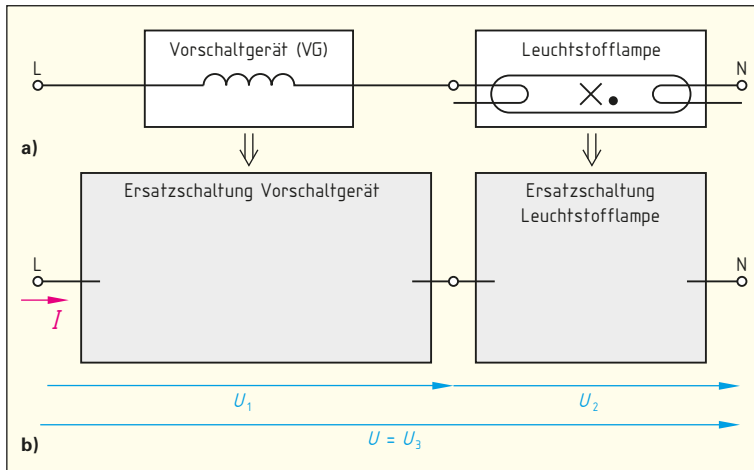
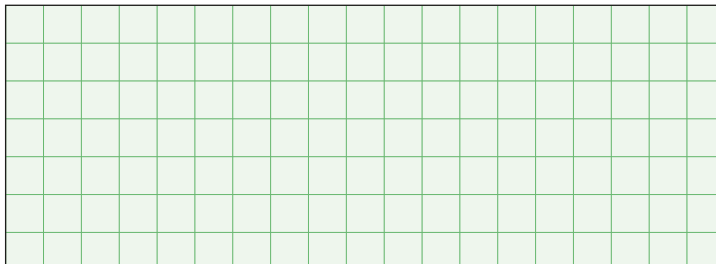


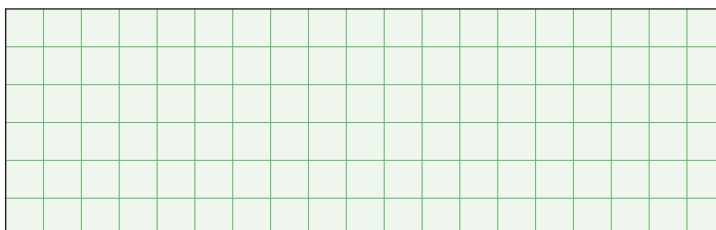
Bild 1: Grundschaltung und Ersatzschaltungen einer Leuchtstofflampen-Schaltung

- c) Berechnen Sie mithilfe der Stromstärke  $I$  die Teilspannungen  $U_R$  und  $U_{XL}$  am Drahtwiderstand und am Blindwiderstand des Vorschaltgerätes. Berechnen Sie mithilfe der Teilspannungen die Spannung  $U_1$  über das Vorschaltgerät. Tragen Sie die Rechenwerte in die Tabelle ein.



- d) Warum darf man die Teilspannungen der Wirkwiderstände und die Teilspannung am induktiven Blindwiderstand nicht einfach addieren?

- e) Zeichnen Sie das maßstabsgerechte Zeigerdiagramm (Bild 2) aller Teilspannungen, um die Gesamtspannung (Betriebsspannung) für die Leuchtstofflampen-Schaltung zu ermitteln.
- f) Entwickeln Sie aus dem Zeigerdiagramm mithilfe des Satzes des Pythagoras eine Formel zur Berechnung der Gesamtspannung  $U$  aus den Teilspannungen und berechnen Sie dann die Gesamtspannung  $U$ .



- g) Ermitteln Sie im Zeigerdiagramm (Bild 2) den Phasenverschiebungswinkel  $\varphi$  zwischen  $U$  und  $I$  und tragen Sie den Wert im Bild 2 ein.
- h) Diskutieren Sie mit Ihrer Lerngruppe die Ursachen für mögliche Unterschiede zwischen den errechneten und den gemessenen Werten.



Ersatzschaltungen benutzt man, um die Eigenschaften realer Bauelemente, z.B. einer Spule, mithilfe idealer Bauelemente, besser erklären zu können.

Tabelle: Betriebswerte der Leuchte

|                                             | gemessen | berechnet |
|---------------------------------------------|----------|-----------|
| Stromstärke $I$                             | 0,36 A   |           |
| Betriebsspannung $U = U_3$                  | 233 V    |           |
| Spannung $U_1$ am VG                        | 213 V    |           |
| Spannung $U_2$ an der Leuchtstofflampe      | 64,5 V   |           |
| Spannung $U_R$ am Drahtwiderstand des VG    |          |           |
| Spannung $U_{XL}$ am Blindwiderstand des VG |          |           |

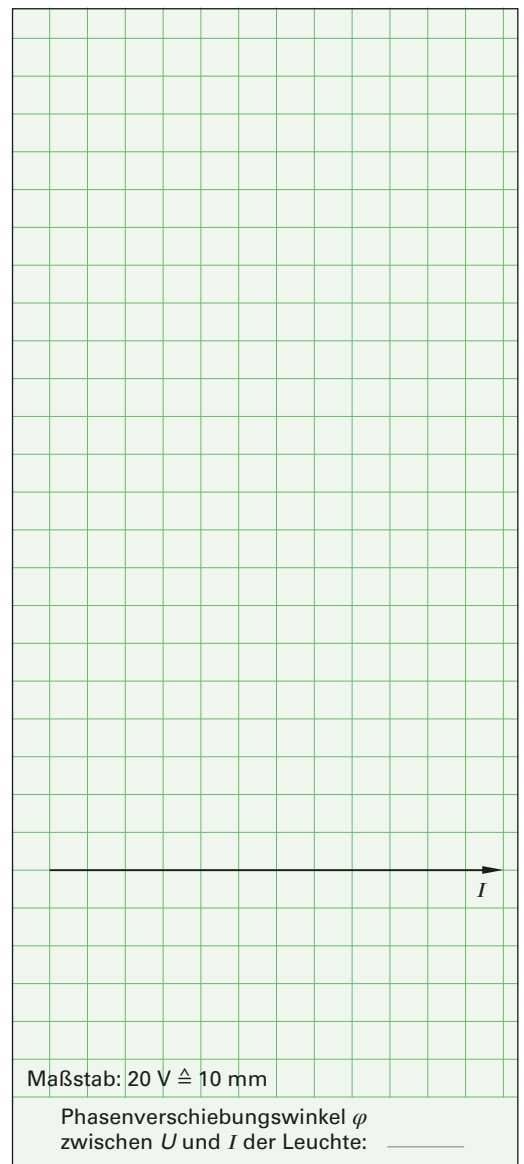


Bild 2: Zeigerbild aller Spannungen der Leuchte





## Testen Sie Ihre Fachkompetenz

6. Mithilfe eines Rundsteuersignals mit einer Frequenz von z.B. 750 Hz kann ein NB z.B. öffentliche Straßenbeleuchtungen zentral ein- und ausschalten oder die Hoch- und Niedertarifumschaltung für verschiedene Verbraucher vornehmen. Warum kann ein solches hochfrequentes Rundsteuersignal einen Schalterpfänger nicht erreichen, wenn im selben Netz viele Kondensatoren ( $C_{\text{ers}}$ ) parallel geschaltet sind (**Bild 1**)? Begründen Sie Ihre Aussage.

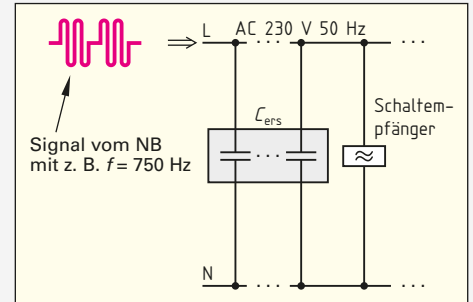


Bild 1: Kondensatoren in Anlagen mit Rundsteuersignalen

7. Ein 100-W-Heizwiderstand  $R_{E1}$  am Wechselspannungsnetz 230 V/50 Hz soll zur Energieeinsparung zeitweise nur mit halber Bemessungsleistung  $P_{50}$  betrieben werden. Anstelle eines ohmschen Vorwiderstandes soll dazu ein Kondensator C1 eingesetzt werden (**Bild 2**).

Berechnen Sie **a)** die Kapazität  $C_1$  des Kondensators, **b)** den Wirkfaktor  $\cos\varphi$  und **c)** den Wirkungsgrad  $\eta$  der Schaltung, wenn der Heizwiderstand 50 W abgibt.

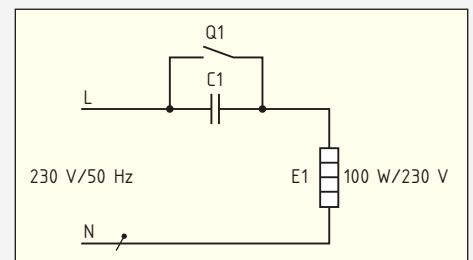


Bild 2: Heizwiderstand mit Kondensator



Für Berechnungen in der Energietechnik mit  $f = 50$  Hz können Kondensatoren als ideale Bauelemente behandelt werden. Der Rechenfehler ist meist vernachlässigbar klein.

a)

b)

c)

8. Wie ändern sich die Betriebswerte (**Tabelle**), wenn an den Anschlussklemmen L und N, z.B. einer 36-W-Leuchtstofflampe, ein 4- $\mu$ F-Kondensator parallel dazugeschaltet wird (**Bild 4, Seite 12**)? Antworten Sie mit: unverändert, wird größer oder wird kleiner.

Tabelle: Verhalten der Betriebswerte einer LS-Lampe beim Zuschalten eines Kondensators

| Betriebsspannung<br>$U$ | Frequenz<br>$f$ | Gesamtstromstärke<br>$I$ | Scheinleistung<br>$S$ | Wirkleistung<br>$P$ | Blindleistung<br>$Q$ |
|-------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|
|                         |                 |                          |                       |                     |                      |



## Lernsituation: Außensteckdose mit einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) nachrüsten

Bei der Bearbeitung eines Installationsauftrages bemerkte der Auszubildende eine Steckdose (**Bild 1**) an der Außenwand eines Bürogebäudes, die nur über einen Leitungsschutzschalter geschützt ist. Da dies gegen aktuelle Vorschriften, z.B. DIN VDE 0100-410, verstößt, empfahl er dem Auftraggeber Herrn Lehmann, zusätzlich eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) für diesen Steckdosenstromkreis einbauen zu lassen. Herr Lehmann lehnte diesen Vorschlag mit den Worten ab: „Das Gebäude ist 1971 errichtet worden und ich habe auch ein Prüfprotokoll über die Sicherheit der Elektroanlage. Es ist auch noch nie etwas passiert!“.

Der Auszubildende kannte die Regel, dass Alt-Anlagen nur dann an neue Normen angepasst werden müssen, wenn diese Normen oder Behörden die Anpassung fordern oder wenn Gefahren für Menschen und Sachwerte bestehen.

Er wusste aber auch, dass Arbeitsschutz vor „Bestandschutz“ geht. Im Gespräch mit dem Meister erteilt dieser dann seinem Auszubildenden den Auftrag den Steckdosenstromkreis zu überprüfen und für den Auftraggeber eine Empfehlung schriftlich zu formulieren und darin auch auf das Arbeitsschutzgesetz zu verweisen.

Damit doch noch eine Umrüstung des Steckdosenstromkreises ausgeführt werden kann, soll der Auszubildende seine Kenntnisse über Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen vertiefen und dann nochmals ein Kundengespräch führen.

### Arbeitsauftrag 1: Wirksamkeit der vorhandenen Schutzmaßnahme für die Außensteckdose überprüfen

- Entscheiden Sie für den vorhandenen Steckdosenstromkreis (**Bild 2**), ob die Abschaltbedingung der Schutzmaßnahme nach DIN VDE 0100-600, Anhang D.6.4.3.7.2 erfüllt ist.

**Abschaltbedingung:**

**Berechnungen:**

**Entscheidung:**

- Schreiben Sie eine E-Mail für den Auftraggeber, damit der Betreiber der Elektroanlage über seine Verantwortung informiert wird und ihre Firma sich „abgesichert“ hat.

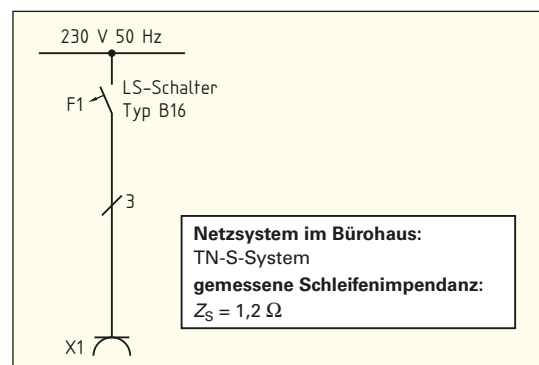


**Bild 1: Außensteckdose an der Außenwand**



Nach DIN VDE 0100-410 müssen folgende Stromkreise durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) mit einem Bemessungs-Differenzstrom  $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$  geschützt werden:

- Steckdosenstromkreise mit einem Bemessungsstrom bis 32 A, die für Laien und zur allgemeinen Verwendung bestimmt sind,
- Endstromkreise für im Außenbereich verwendete fest angeschlossene ortsveränderliche Betriebsmittel mit einem Bemessungsstrom bis 32 A,
- Endstromkreise mit Leuchten in Wohnungen.



**Bild 2: Übersichtsschaltplan und Prüfergebnisse**

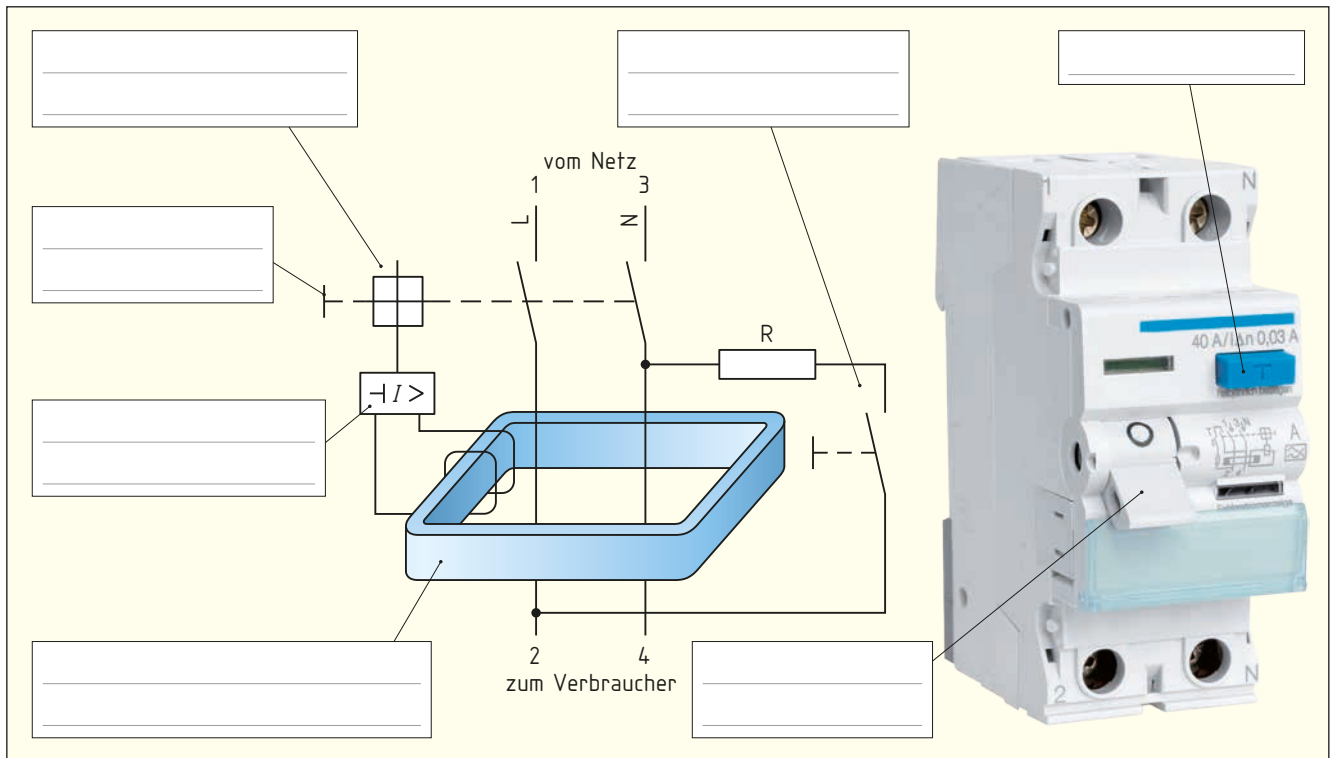


### Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) § 3 Grundpflichten des Arbeitgebers

(1) Der Arbeitgeber ist verpflichtet, die erforderlichen Maßnahmen des Arbeitsschutzes unter Berücksichtigung der Umstände zu treffen, die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten bei der Arbeit beeinflussen. Er hat die Maßnahmen auf ihre Wirksamkeit zu überprüfen und erforderlichenfalls sich ändernden Gegebenheiten anzupassen. Dabei hat er eine Verbesserung von Sicherheit und Gesundheitsschutz der Beschäftigten anzustreben.

**Arbeitsauftrag 2: Die Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) kennenlernen**

1. Benennen Sie die Bestandteile der RCD im **Bild 1**.



**Bild 1: Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD), 2-polig**

2. Erklären Sie mithilfe **Bild 2a** und **Bild 2b** die Wirkungsweise der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD).

Fehlerfreie Anlage (**Bild 2a**):

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Anlage mit Isolationsfehler (**Bild 2b**):

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

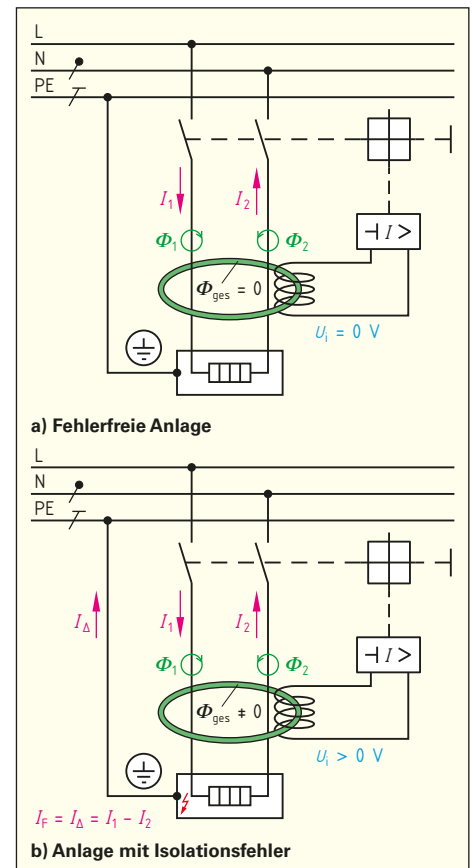
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

 Fachkunde Elektrotechnik, Kapitel:  
Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen



[www.hager.de](http://www.hager.de)



**Bild 2: Funktionsprinzip einer RCD**