

# Suchen im Internet

## Was ist Strom?



Strom (Elektrizität)

Suche:  Das Web  Seiten  Deutsch  Seiten aus Deutschland

Ergebnisse 1 - 10 von ungefähr 6.580.000 für **Strom** (0,38 Sekunden)



Strom (Gewässer)

1

Suchergebnis  
Strom -Gewässer  
Suche:  Das Web  Seiten  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  
Stromstärke  
Suche:  Das Web  Seiten  Deutsch  Seiten aus Deutschland  
Ergebnisse 1 - 10 von ungefähr 86.100 für **Stromstärke** (0,09 Sekunden)

**Suchbegriff präzisieren**

Suchbegriff:  
**Stromstärke**

3

Suchergebnis  
Stromstärke +Versuch +Versuchsaufbau  
Suche:  Das Web  Seiten  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  
"Ohmsches Gesetz"  
Suche:  Das Web  Seiten  Deutsch  Seiten aus Deutschland  
Ergebnisse 1 - 10 von ungefähr 16.200 für **"Ohmsches Gesetz"** (0,30 Sekunden)

**Suchbegriffe vorgeben**

Suchbegriff:  
**„Ohmsches Gesetz“**

5

Suchergebnis  
Stromstärke +Versuch +Versuchsaufbau +Ohr  
Suche:  Das Web  Seiten  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  
Stromstärke +Versuch +Versuchsaufbau +Ohr  
Suche:  Das Web  Seiten  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



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für elektrotechnische Berufe

**Lösungen zum**  
**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  
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

**Europa-Nr.: 37572**

**Autoren des Arbeitsbuches Elektrotechnik:**

Braukhoff, Peter	Reken
Bumiller, Horst	Freudenstadt
Burgmaier, Monika	Durbach
Duhr, Christian	Rednitzhembach
Feustel, Bernd	Kirchheim
Schwarz, Jürgen	Tettnang
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 Glottental 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 978-3-8085-3953-8

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, Lernfelder 5–13

Dieses Arbeitsbuch ist die Fortsetzung des bewährten Arbeitsbuches Elektrotechnik Lernfeld 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> .....	64
● <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> .....	69



## 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> .....	72
● <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> .....	87
● <b>Hebebühne mit einer SPS steuern</b> .....	<b>89</b>
<b>Testen Sie Ihre Fachkompetenz</b> .....	90
● <b>Ölbrenner mit einer SPS steuern</b> .....	<b>91</b>
<b>Testen Sie Ihre Fachkompetenz</b> .....	94
● <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> .....	102



## Energiewandlungssysteme auswählen und integrieren

● <b>Eignung eines Antriebsmotors feststellen</b> .....	<b>103</b>
► Fehlerursache erkunden .....	103
► Angaben auf dem Leistungsschild auswerten .....	105
► Betriebssicherheit nach Motorraustausch erhöhen .....	106
<b>Testen Sie Ihre Fachkompetenz</b> .....	107
● <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> .....	116
● <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> .....	122



## 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
<b>Testen Sie Ihre Fachkompetenz</b> .....	<b>126</b>
● <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
<b>Testen Sie Ihre Fachkompetenz</b> .....	<b>135</b>
● <b>Fernsehanschluss zum Multimediaanschluss erweitern</b> .....	<b>137</b>
► Kundengespräch .....	137
► Das benötigte Material für die Umrüstung ermitteln .....	138
► Vorhandenen Breitbandkabelverstärker überprüfen .....	139
<b>Testen Sie Ihre Fachkompetenz</b> .....	<b>140</b>



## 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
<b>Testen Sie Ihre Fachkompetenz</b> .....	<b>150</b>
● <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
<b>Testen Sie Ihre Fachkompetenz</b> .....	<b>161</b>



## 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
<b>Testen Sie Ihre Fachkompetenz</b> .....	<b>189</b>
● <b>Elektrische Anlage zum Anschluss einer Hobelmaschine planen</b> .....	<b>191</b>
► Kompensationsart auswählen .....	191
► Leiterquerschnitt für die Hobelmaschine bestimmen .....	192
► Kompensationseinrichtung auswählen .....	192
<b>Testen Sie Ihre Fachkompetenz</b> .....	<b>194</b>

## KNX Energie- und gebäudetechnische Anlagen planen und realisieren

● Umbau eines Büros von konventioneller Installationstechnik auf ein Installationsbus-System (KNX) . . . . .	195
▶ 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
Testen Sie Ihre Fachkompetenz . . . . .	215

● Regelung der Raumtemperatur mit einem Bussystem (KNX) . . . . .	217
▶ 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
Testen Sie Ihre Fachkompetenz . . . . .	225



## 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 Photovoltaikanlage (1) . . . . .	240
● Datenaufnahme zur Installation einer Photovoltaikanlage (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 Photovoltaikanlagen . . . . .	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
● AbschlussprüfungFachgespräch . . . . .	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 Grundschatzung 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.

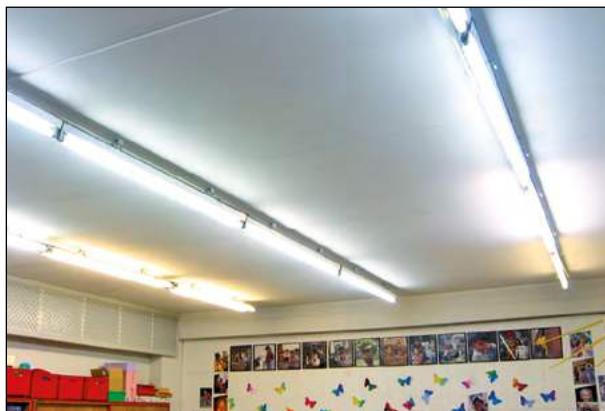


Bild: Deckenbeleuchtung mit Leuchtstofflampen

### 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

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

$u$

$\hat{u}$

Augenblickswert

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 sin30 = 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	0	162,5	281,5	325	281,5	162,5	0	-162,5	-282	-325	-281,5	-162,5	0
Lage der Spule	N S												



Bild 2: Liniendiagramm



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

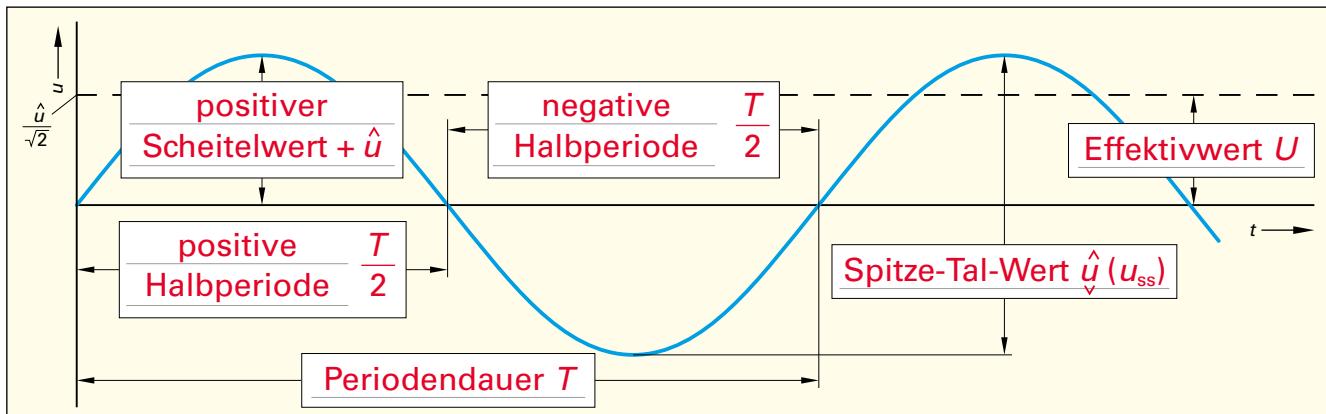
Bevor Sie die Bauteile und die Funktion der Leuchtstofflampe untersuchen, überprüfen und festigen Sie Ihre Kenntnisse über Wechselspannung und Wechselstrom.

Fachkunde Elektrotechnik, Kapitel: Wechselstromtechnik

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

Eine Wechselspannung oder ein Wechselstrom mit zeitlich sinusförmigem Verlauf nennt man Sinusspannung bzw. Sinusstrom.

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?

Der Effektivwert eines sinusförmigen Wechselstromes ist so groß wie ein ebenso großer Gleichstrom der selben Wärmewirkung an einem ohmschen Widerstand.



**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.

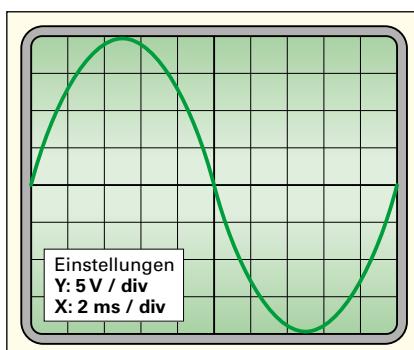
4. Berechnen Sie den Effektivwert  $U$  für die Wechselspannung aus Arbeitsauftrag 1, Aufgabe 1 (**Seite 8**).

$$U = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}} = \frac{325 \text{ V}}{\sqrt{2}} = 230 \text{ V}$$

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

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50 \text{ s}^{-1}} = 0,02 \text{ s} = 20 \text{ ms}$$

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



**Bild 2: Oszilloskopogramm einer sinusförmigen Wechselspannung**

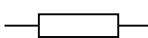
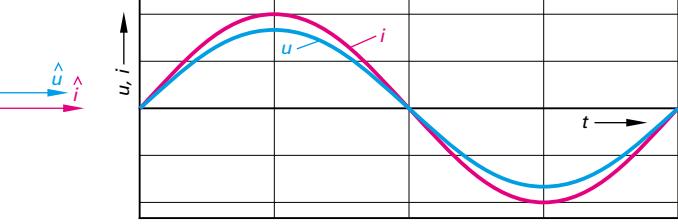
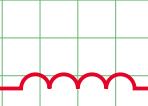
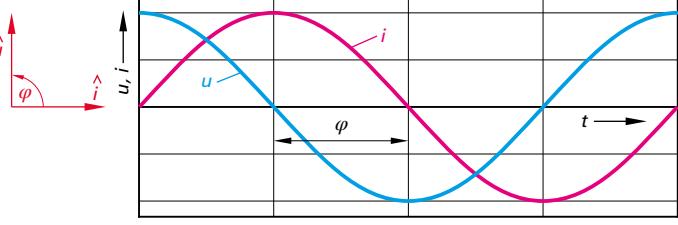
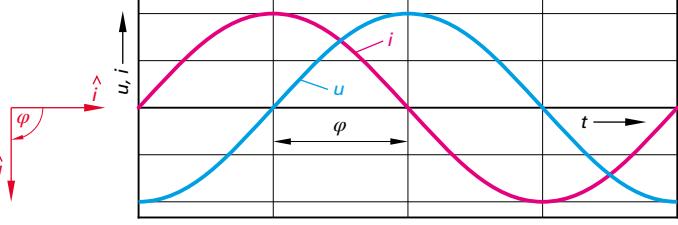
$$\begin{aligned} \text{a)} \quad \hat{u} &= \frac{5 \text{ V}}{\text{div}} \cdot 4 \text{ div} = 20 \text{ V} & U &= \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}} = \frac{20 \text{ V}}{\sqrt{2}} = 14,14 \text{ V} \\ \text{b)} \quad T &= \frac{2 \text{ ms}}{\text{div}} \cdot 10 \text{ div} = 20 \text{ ms} & f &= \frac{1}{T} = \frac{1}{20 \text{ ms}} = 50 \text{ Hz} \end{aligned}$$



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 $i$
Wirkwiderstand $R$ (ohmscher Widerstand $R$ )	<p>Formel:  <math display="block">R = \frac{L}{\gamma \cdot A} = \text{konstant}</math></p> 	 <p><math>u</math> und <math>i</math> sind in Phase; <math>\varphi = 0^\circ</math></p>
induktiver Blindwiderstand $X_L$	<p>Formel:  <math display="block">X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L</math>  <math>L = \text{konstant}</math></p> 	 <p><math>i</math> eilt gegenüber <math>u</math> um <math>\varphi = 90^\circ</math> nach.</p>
kapazitiver Blindwiderstand $X_C$	<p>Formel:  <math display="block">X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}</math>  <math>C = \text{konstant}</math></p> 	 <p><math>i</math> eilt gegenüber <math>u</math> um <math>\varphi = 90^\circ</math> vor.</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.

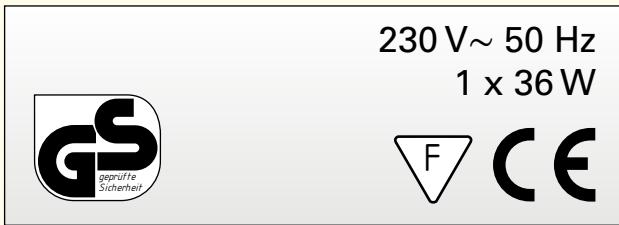
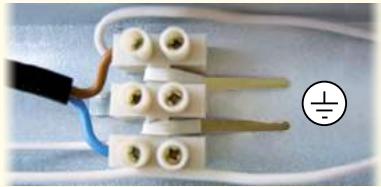
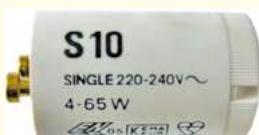
**Tabelle 2: Wechselstromleistungen**

Wirkleistung $P$	Induktive Blindleistung $Q_L$	Kapazitive Blindleistung $Q_C$
<p>Formel: <math>P = U \cdot I \cdot \cos \varphi</math>  <b>Wirkleistung</b> ist die elektrische Leistung, die verfügbar ist. Sie wird z.B. als mechanische Leistung, als Licht- oder Wärmeleistung vom Stromkreis abgegeben.</p>	<p>Formel: <math>Q_L = U \cdot I \cdot \sin \varphi</math>  <b>Induktive Blindleistung</b> wird benötigt, um Magnetfelder aufzubauen. Sie wird nicht aus dem Stromkreis abgegeben. Beim Abbau des Magnetfeldes Rückgabe ins Netz.</p>	<p>Formel: <math>Q_C = U \cdot I \cdot \sin \varphi</math>  <b>Kapazitive Blindleistung</b> wird benötigt, um Kapazitäten elektrisch aufladen zu können. Sie wird nicht aus dem Stromkreis abgegeben. Beim Entladen wird sie wieder ins Netz zurückgegeben.</p>
<b>Scheinleistung <math>S</math></b>		
<p>Formeln: <math>S = U \cdot I</math> oder <math>S = \sqrt{P^2 + Q^2}</math>  <b>Die Scheinleistung</b> setzt sich aus der Wirkleistung und aus der Blindleistung (induktiv oder kapazitiv) zusammen.</p>		



### 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
 Typenschild im Leuchtengehäuse	230V~: <b>Bemessungsspannung 230 V AC</b> 50 Hz: <b>Frequenz 50 Hz</b> 1×36W: <b>Gehäuse für eine 36-W-Leuchte</b> <b>F</b> : Montage nur an Materialien, die erst über 200 °C entflammbar sind GS: Zeichen für geprüfte Sicherheit CE: Produkt entspricht den EU-Richtlinien.
 Leuchtstofflampe	L 36/840: <b>Leistung 36 W;</b> <b>8</b> : Farbwiedergabeindex 85, <b>40</b> : Lichtfarbe Cool white (neu Daywhite). In der Lampe erfolgt die Umwandlung elektrischer Energie in Lichtenergie.
 Anschlussklemme	Netzanschluss für L-, N- und PE-Leiter. Die mittlere Klemmstelle (PE-Anschluss) ist mit dem Blechgehäuse verbunden. <b>(⊕)</b> : Symbol für Schutzklasse I.
 Fassung für Lampe und Starter	Mechanische Halterung für die Lampe und den Starter.
 Starter	Zum Starten bzw. zum Zünden der Lampe. Einsetzbar für eine Wechselspannung von 220 V bis 240 V. Der Starter ist nur für Einzel-Leuchtstofflampen von 4 bis 65 W verwendbar.
 Vorschaltgerät (Drosselspule)	Erzeugt zum Zünden der Lampe kurzzeitig eine Selbstinduktionsspannung von etwa 1000 V und begrenzt (drosselt) im Betrieb den Lampenstrom.
 Kondensator	4 $\mu$ F $\pm$ 5%: Kapazität 4 $\mu$ F mit Toleranzangabe $\pm$ 5%. Der Kondensator kann elektrische Energie speichern und auch wieder abgeben. Er dient zur Kompensation der induktiven Blindleistung des Vorschaltgerätes.



## 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**).

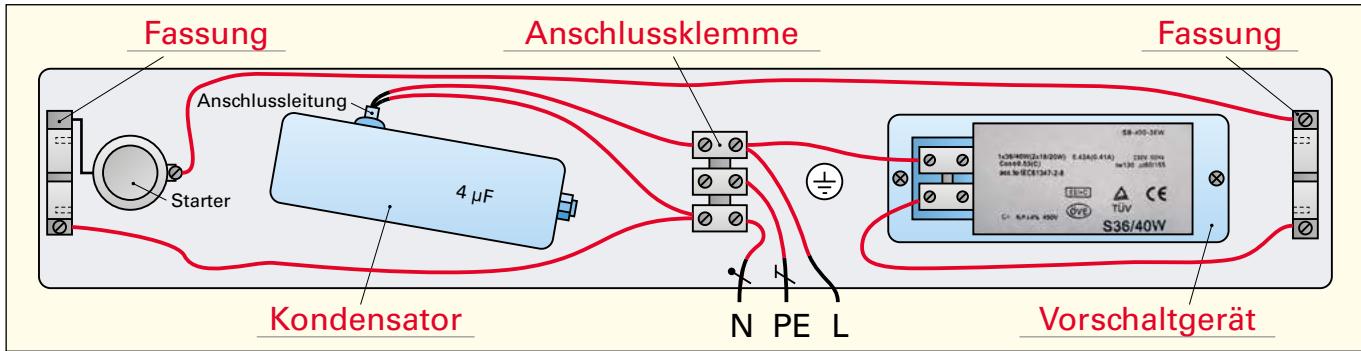


Bild 1: Verdrahtungsplan einer Leuchtstofflampe

## 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**.

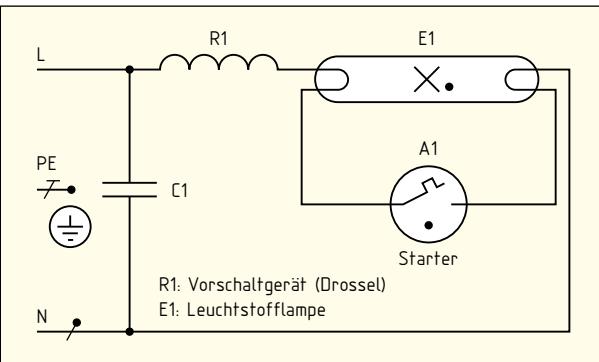


Bild 2: Stromlaufplan einer Leuchtstofflampe



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

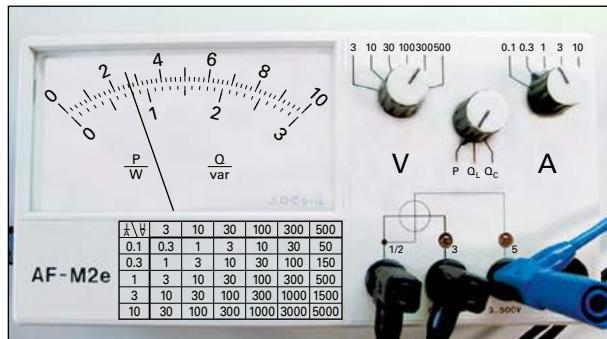


Bild 3: Messung der gesamten Wirkleistung  $P$  an der Leuchte

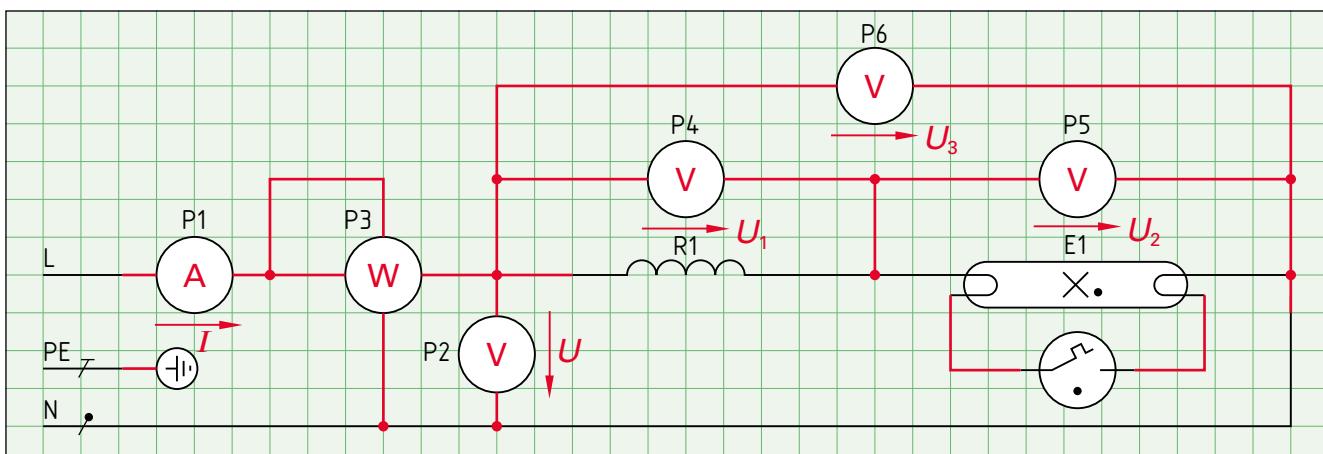


Bild 4: Schaltplan mit Messinstrumenten



3. a) Ergänzen Sie die Messschaltung (**Bild 1**), um mit einem Widerstandsmesser den Widerstand des Vorschaltgerätes R1 direkt messen zu können.  
 b) Messen Sie vom Vorschaltgerät die Größe des Widerandes und tragen Sie den Messwert in die **Tabelle** ein.

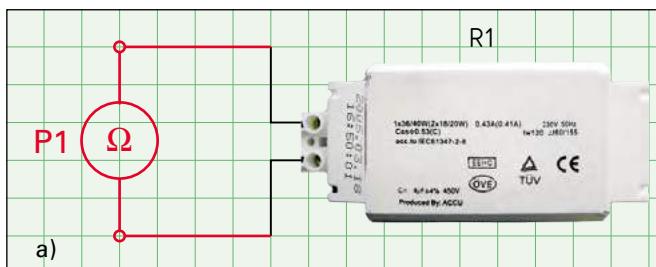


Bild 1: Direkte Widerstandsmesung



Direkte Widerstandsbestimmung mit einem Widerstandsmesser wird nur im spannungslosen Zustand der Schaltung durchgeführt.



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 $I$	Betriebs- spannung $U$	Wirkleistung $P$	Spannung $U_1$ am Vorschalt- gerät R1	Spannung $U_2$ an der Lampe E1	Spannung $U_3$ über R1 und E1	Widerstand am Vorschalt- gerät R1(direkt gemessen)
Vergleichswerte						
0,36 A	233 V	26,5 W	213 V	64,5 V	233 V	62 $\Omega$

### Arbeitsauftrag 6: Messwerte der Leuchtstofflampen-Schaltung auswerten

Sie sollen nun die Messwerte oder die Vergleichswerte der **Tabelle** auswerten und dabei auch auf die Unterschiede zwischen den Gesetzmäßigkeiten bei Wechselspannung und Gleichspannung achten.

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

a) $S = U \cdot I = 233 \text{ V} \cdot 0,36 \text{ A} = 83,88 \text{ VA}$
b) $P = 26,5 \text{ W}$ $S > P$

Die Scheinleistung  $S$  ist größer als die gemessene gesamte Wirkleistung  $P$ . In der Scheinleistung  $S$  ist die Wirkleistung  $P$  und die induktive Blindleistung  $Q_L$  für das Vorschaltgerät enthalten.

c) aus <b>Bild 2</b> : Wirkfaktor $\cos \varphi \approx 0,3$ ind.
Phasenverschiebungswinkel $\varphi \approx 74^\circ$
d) $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = 233 \text{ V} \cdot 0,36 \text{ A} \cdot 0,3 = 25,16 \text{ W}$



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



Bild 2: Leistungsfaktormesser



2. a) Berechnen Sie die Blindleistung  $Q_L$ .  
 b) Zeichnen Sie mit dem angegebenen Maßstab das Leistungsdreieck (**Bild 1**) der Leuchte. Bestimmen Sie dazu für die Leistungen  $P$ ,  $Q_L$  und  $S$  die Zeigerlängen im angegebenen Maßstab und zeichnen dann das Leistungsdreieck.  
 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) $Q_L = U \cdot I \cdot \sin \varphi = 233 \text{ V} \cdot 0,36 \text{ A} \cdot 0,961 = 80,6 \text{ var}$
b) Bestimmung der Zeigerlängen bei einem Maßstab: $10 \text{ W} \hat{=} 10 \text{ VA} \hat{=} 10 \text{ var} \hat{=} 5 \text{ mm}$ $P = 25,16 \text{ W} \hat{=} 12 \text{ mm}$ $Q_L = 80,6 \text{ var} \hat{=} 40 \text{ mm}$ $S = 83,88 \text{ VA} \hat{=} 42 \text{ mm}$
c) <b>Phasenverschiebungswinkel <math>\varphi</math> der Leuchtstofflampen-Schaltung</b> vom Messgerät angezeigter Wert: $74^\circ$ aus Leistungsdreieck ermittelt: $73^\circ$

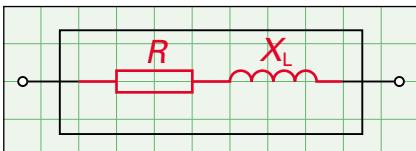
**Bild 1: Leistungsdreieck**

a)  $Z_{VG} = \frac{U_1}{I} = \frac{213 \text{ V}}{0,36 \text{ A}} \approx 592 \Omega$

b)  $Z_{VG}$  ist wesentlich größer als der direkt gemessene Widerstandswert.

c) Mit dem Widerstandsmesser wurde nur der ohmsche Drahtwiderstand gemessen. Bei Wechselstrom verursacht der Induktionsvorgang im Vorschaltgerät den induktiven Blindwiderstand  $X_L$ , sodass der Scheinwiderstand  $Z_{VG}$  größer ist als der ohmsche Widerstand des Vorschaltgerätes.

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**

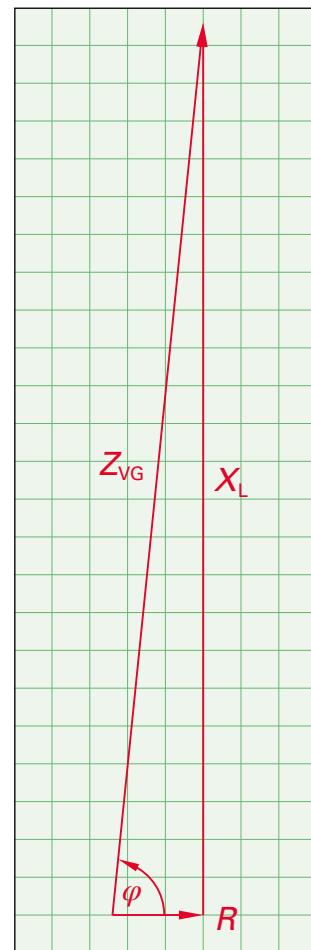
- b) Berechnen Sie vom Vorschaltgerät den induktiven Blindwiderstand  $X_L$  und die Induktivität  $L$ .

$$\begin{aligned} X_L &= \sqrt{Z_{VG}^2 - R^2} \\ &= \sqrt{(592 \Omega)^2 - (62 \Omega)^2} \\ &= 588,7 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_L &= 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \Rightarrow \\ L &= \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f} \\ &= \frac{588,7 \Omega}{2 \cdot \pi \cdot 50 \text{ Hz}} = 1,87 \text{ H} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \cos \varphi &= \frac{R}{Z_{VG}} \\ &= \frac{62 \Omega}{592 \Omega} \approx 0,105 \\ \varphi &\approx 84^\circ \end{aligned}$$



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

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

$$\begin{aligned} R &= 62 \Omega \hat{=} 12 \text{ mm} \\ X_L &= 588,7 \Omega \hat{=} 117 \text{ mm} \\ Z_{VG} &= 592 \Omega \hat{=} 118 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

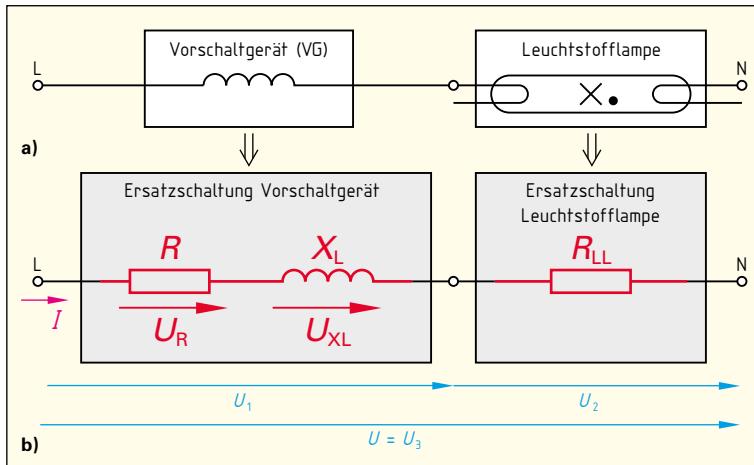
Phasenverschiebungswinkel des Vorschaltgerätes:  $\varphi = 84^\circ$

**Bild 3: Widerstandsdreieck**



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 Leuchtstoff-lampen-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.

$$U_R = I \cdot R = 0,36 \text{ A} \cdot 62 \Omega = 22,32 \text{ V}$$

$$U_{XL} = I \cdot X_L = 0,36 \text{ A} \cdot 588,7 \Omega = 211,93 \text{ V}$$

$$\mathbf{U}_1 = \sqrt{U_R^2 + U_{XL}^2} = \sqrt{(22,32 \text{ V})^2 + (211,93 \text{ V})^2} \\ = \mathbf{213,1 \text{ V}}$$

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

Weil die Teilspannungen phasenverschoben sind.

- 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  $U$ .

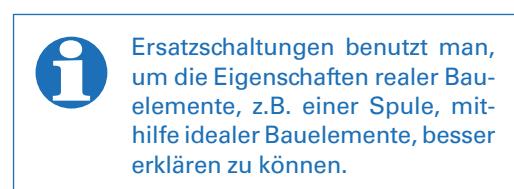
$$U^2 = (U_B + U_2)^2 + U_{X1}$$

$$U = \sqrt{(U_B + U_2)^2 + U_{X1}^2}$$

$$U = \sqrt{(22,32 \text{ V} + 64,5 \text{ V})^2 + (211,93 \text{ V})^2} = 229,02 \text{ V}$$

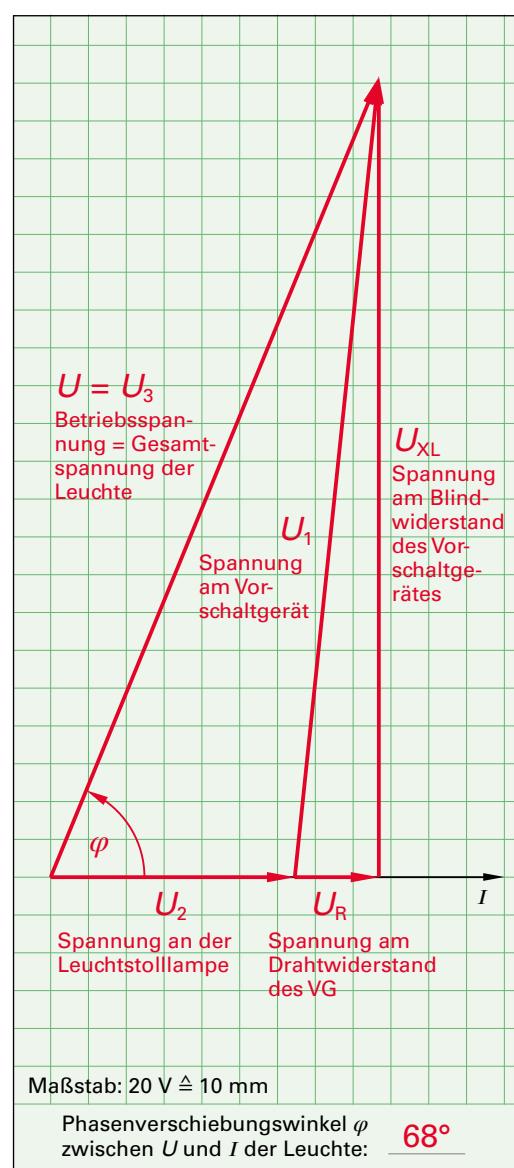
- g)** Ermitteln Sie im Zeigerdiagramm (**Bild 2**) den Phasenverschiebungswinkel  $\varphi$  zwischen  $U$  und  $I$  und tragen Sie den Wert im **Bild 2** ein.

**h)** Diskutieren Sie mit Ihrer Lerngruppe die Ursachen für mögliche Unterschiede zwischen den errechneten und den gemessenen Werten.



**Tabelle:** Betriebswerte der Leuchte

	gemessen	berechnet
Stromstärke $I$	0,36 A	—
Betriebsspannung $U = U_3$	233 V	229 V
Spannung $U_1$ am VG	213 V	213,1 V
Spannung $U_2$ an der Leuchtstofflampe	64,5 V	—
Spannung $U_R$ am Drahtwiderstand des VG	—	22,3 V
Spannung $U_{XL}$ am Blindwiderstand des VG	—	211,9 V



## Bild 2: Zeigerbild aller Spannungen der Leuchte



### Testen Sie Ihre Fachkompetenz

1. Sie sollen für einen Laborversuch die Schaltung (Bild 1) analysieren. Wie verhalten sich die LEDs P1 und P2, wenn die Frequenz der Wechselspannung a) 1 Hz und b) 50 Hz beträgt?

- a) Bei 1 Hz werden die LEDs abwechselnd blinken.  
b) Bei 50 Hz leuchten beide LEDs dauernd.

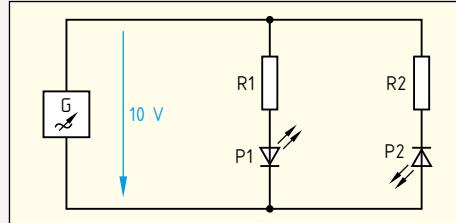


Bild 1: Versuchsschaltung

2. a) Was meint ein Elektronik-Fachmann, wenn er sagt, dass Spannung und Strom phasenverschoben sind? b) Mit einem Oszilloskop wurden Spannung und Strom an einem Verbraucher gemessen (Bild 2). Um welche Belastungsart, z.B. ohmsche-induktive oder ohmsche-kapazitive Last, handelt es sich? Begründen Sie.

- a) Die sinusförmigen Wechselgrößen Spannung und Strom haben zu unterschiedlichen Zeitpunkten ihre Maximalwerte bzw. ihre Nulldurchgänge.  
b)  $i$  eilt gegenüber  $u$  nach  $\Rightarrow$  ohmsche-induktive Last

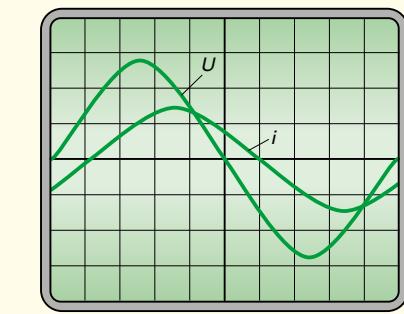


Bild 2: Phasenverschiebung von Spannung und Strom

3. An eine Schützspule Q1 mit der Steuerspannung AC 24 V wurde versehentlich DC 24 V angeschlossen (Bild 3). Nach Inbetriebnahme der Steuerschaltung brannte die Schützspule durch. Erklären Sie, warum die Schützspule durchbrannte.

Da der induktive Blindwiderstand  $X_L$  bei Gleichstrom nicht entsteht, ist der Strom wesentlich größer als bei Wechselspannung gleicher Höhe ( $R \ll Z$ ).

4. Berechnen Sie aus den Angaben des Leistungsschildes (Bild 4) des Wechselstrommotors a) die Scheinleistung, b) die aufgenommene Wirkleistung, c) die Blindleistung und d) den Wirkungsgrad.

a)	$S = U \cdot I = 230 \text{ V} \cdot 9,3 \text{ A} = 2139 \text{ VA}$
b)	$P = S \cdot \cos \varphi = 2139 \text{ VA} \cdot 0,82 = 1754 \text{ W}$
c)	$\cos \varphi = 0,82 \Rightarrow \varphi = 34,91^\circ \Rightarrow \sin \varphi = 0,57$ $Q_L = S \cdot \sin \varphi = 2139 \text{ VA} \cdot 0,57 = 1219,23 \text{ var}$
d)	$\eta = \frac{P_N}{P} = \frac{1500 \text{ W}}{1754 \text{ W}} = 0,85$

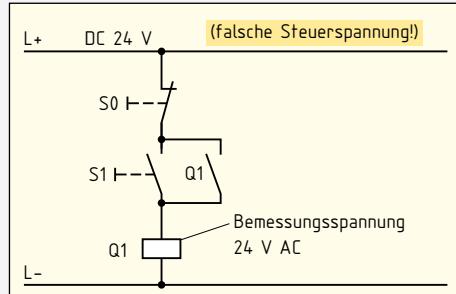


Bild 3: Schützsteuerung

5. Mit der Messschaltung (Bild 5) wurde das Verhalten der Schützspule Q1 im Betrieb untersucht. a) Berechnen Sie mithilfe der Messwerte von P1 und P2 die Scheinleistung der Schützspule. b) Vergleichen Sie das Ergebnis mit dem gemessenen Wert von P3 und begründen Sie Ihre Feststellung. c) Wie groß ist der Wirkwiderstand der Spule?

- a)  $S = U \cdot I = 230 \text{ V} \cdot 0,049 \text{ A} = 11,27 \text{ VA}$   
b)  $11,27 \text{ VA} > 8 \text{ W}$

Das Produkt aus Spannung und Stromstärke ist die Scheinleistung  $S$ . In der Scheinleistung ist neben der Wirkleistung  $P$  auch die induktive Blindleistung  $Q_L$  enthalten.

c)	$R = Z \cdot \cos \varphi$	$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{8 \text{ W}}{11,27 \text{ VA}} = 0,71$
	$R = \frac{U}{I} \cdot \cos \varphi = \frac{230 \text{ V}}{0,049 \text{ A}} \cdot 0,71 = 3332,6 \Omega$	

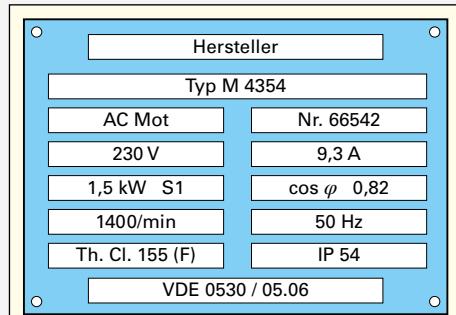


Bild 4: Leistungsschild eines Motors

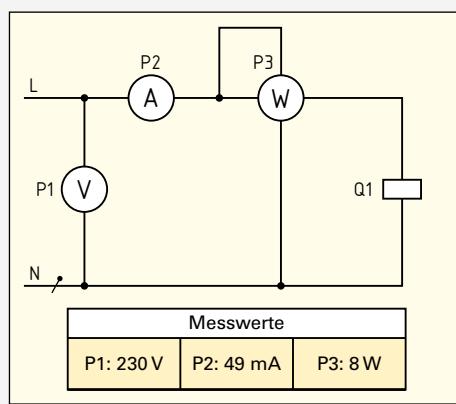


Bild 5: Messungen an einer Schützspule



## 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 Schaltempfänger nicht erreichen, wenn im selben Netz viele Kondensatoren ( $C_{ers}$ ) parallel geschaltet sind (Bild 1)? Begründen Sie Ihre Aussage.

Der frequenzabhängige kapazitive Blindwiderstand  $X_C$  des Kondensators ist bei hohen Frequenzen sehr klein.

Diese Schaltung der Kondensatoren wirkt dann fast wie ein Kurzschluss für das Rundsteuersignal und das Rundsteuersignal würde den Empfänger nicht bzw. nur gedämpft erreichen.

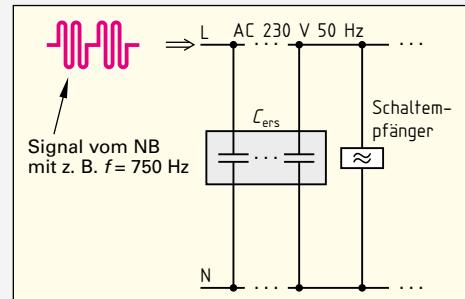


Bild 1: Kondensatoren in Anlagen mit Rundsteuersignalen

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.

$$a) R_{E1} = \frac{U^2}{P_{100}} = \frac{(230 \text{ V})^2}{100 \text{ W}} = 529 \Omega$$

$$I_{50} = \sqrt{\frac{P_{50}}{R_{E1}}} = \sqrt{\frac{50 \text{ W}}{529 \Omega}} = 0,307 \text{ A}$$

$$U_{50} = I_{50} \cdot R_{E1} = 0,307 \text{ A} \cdot 529 \Omega = 162,40 \text{ V}$$

$$X_C = \frac{U_C}{I_{50}} = \frac{\sqrt{U^2 - U_{50}^2}}{I_{50}} = \frac{\sqrt{(230 \text{ V})^2 - (162,40)^2} \text{ V}}{0,307 \text{ A}} = 530,51 \Omega$$

$$C_1 = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot X_C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 530,51 \Omega} = 6 \mu\text{F}$$

$$b) \cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} = \frac{529 \Omega}{\sqrt{(529 \Omega)^2 + (530,51 \Omega)^2}} = 0,706$$

$$c) \eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{P_{ab}}{U \cdot I \cdot \cos\varphi} = \frac{50 \text{ W}}{230 \text{ V} \cdot 0,307 \text{ A} \cdot 0,706} = 1$$

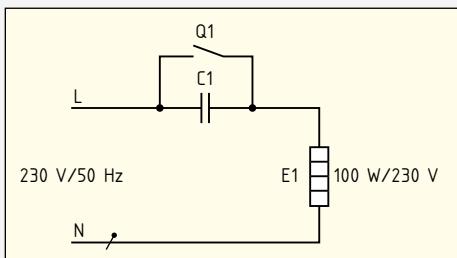


Bild 2: Heizwiderstand mit Kondensator



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

8. Wie ändern sich die Betriebswerte (Tabelle), wenn an den Anschlussklemmen L und N, z.B. einer 36-W-Leuchtstofflampe, ein 4- $\mu\text{F}$ -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 $U$	Frequenz $f$	Gesamtstromstärke $I$	Scheinleistung $S$	Wirkleistung $P$	Blindleistung $Q$
unverändert	unverändert	wird kleiner	wird kleiner	unverändert	wird kleiner



## 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 einzubauen 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.

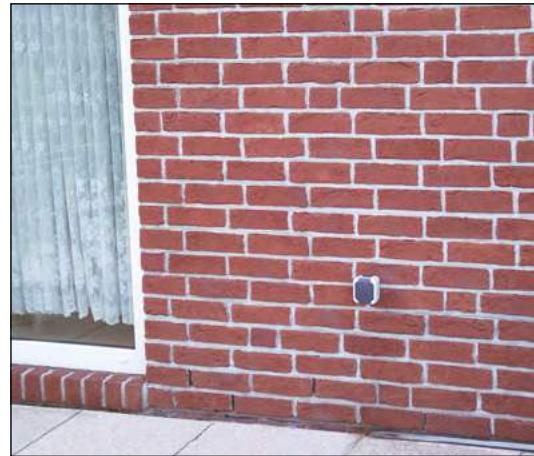


Bild 1: Außensteckdose an der Außenwand

### 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.

<b>Abschaltbedingung:</b>	$Z_{\text{Sgemessen}} \leq Z_{\text{Szulässig}}$
	$Z_{\text{Szulässig}} \leq \frac{2}{3} \cdot \frac{U_0}{I_a}$
<b>Berechnungen:</b>	$I_a = 5 \cdot I_N = 5 \cdot 16 \text{ A} = 80 \text{ A}$
	$\text{zulässige } Z_S = \frac{2}{3} \cdot \frac{230 \text{ V}}{80 \text{ A}} = 1,9 \Omega$
<b>Entscheidung:</b>	$1,2 \Omega < 1,9 \Omega \Rightarrow$
	<b>Die Abschaltbedingung ist erfüllt.</b>

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

**Sehr geehrter Herr Lehmann,**  
**die Überprüfung der Außensteckdose hat ergeben,**  
**dass die Elektrosicherheit gegeben ist. Da aber die Gefährdung an Außensteckdosen besonders groß ist und die neuen Vorschriften für solche Steckdosen einen Zusatzschutz vorschreiben, möchten wir Ihnen auch unter Hinweis auf das Arbeitsschutzgesetz § 3, Absatz 1 empfehlen, eine entsprechende Verbesserung der Anlage durchführen zu lassen und uns den Auftrag zur Nachinstallation zu erteilen.**

- i** 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.

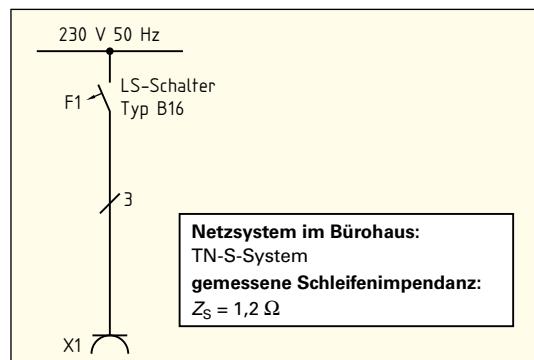


Bild 2: Übersichtsschaltplan und Prüfergebnisse

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

- 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.

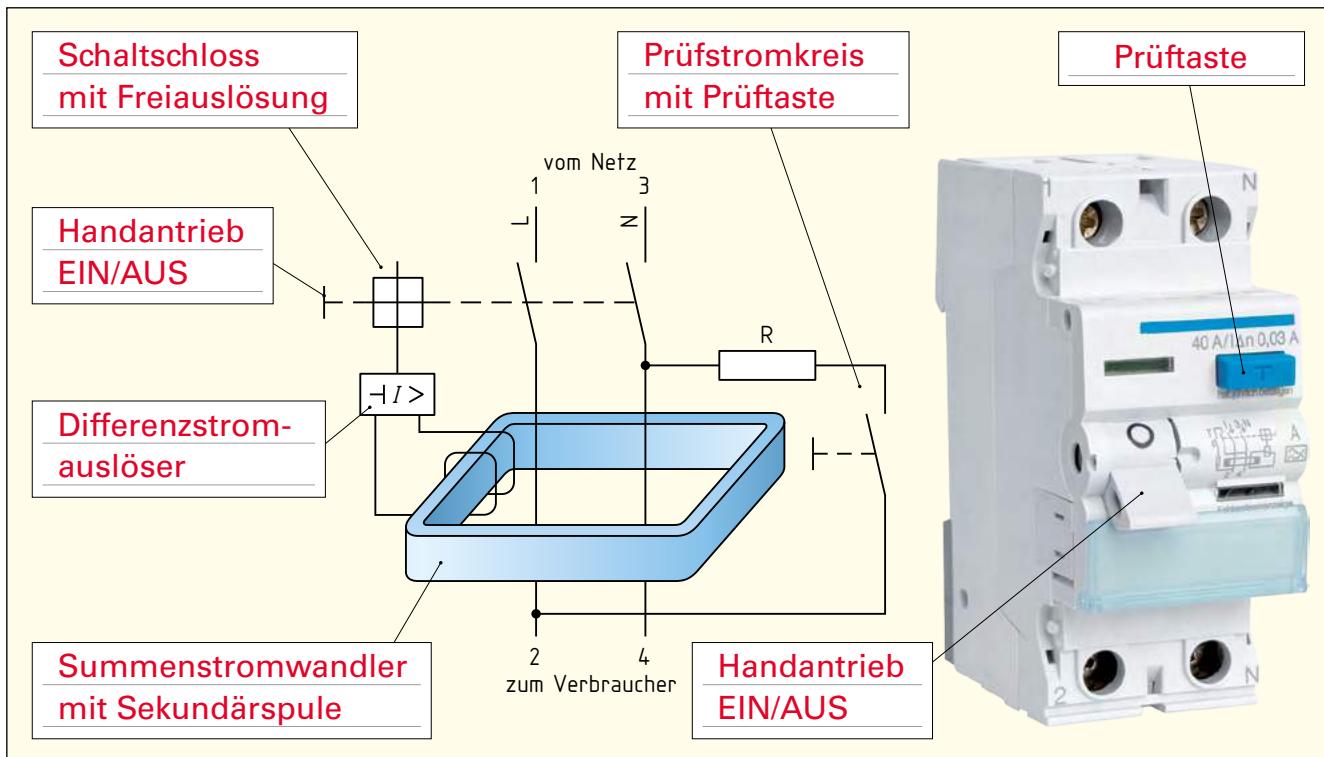


Bild 1: Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD), 2-polig

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

### Fehlerfreie Anlage (Bild 2a):

Im Summenstromwandler heben sich die magnetischen Wirkungen der Ströme  $I_1$  und  $I_2$  auf, da sie gleich groß, aber entgegengesetzt gerichtet sind. Dadurch entsteht kein Magnetfeld und in der Sekundärspule wird keine Spannung  $U_i$  induziert. Der Differenzstromauslöser löst nicht aus.

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

Fließt über den PE-Leiter infolge eines Isolationsfehlers ein Fehlerstrom  $I_\Delta$ , entsteht im Summenstromwandler ein magnetisches Wechselfeld, das in der Sekundärspule eine Spannung  $U_i$  induziert. Überschreitet der induzierte Strom einen bestimmten Wert, schaltet die RCD mithilfe des Differenzstromauslösers den Verbraucher ab, so dass keine zu hohe Berührungsspannung bestehen bleibt.



Fachkunde Elektrotechnik, Kapitel:  
Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen



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

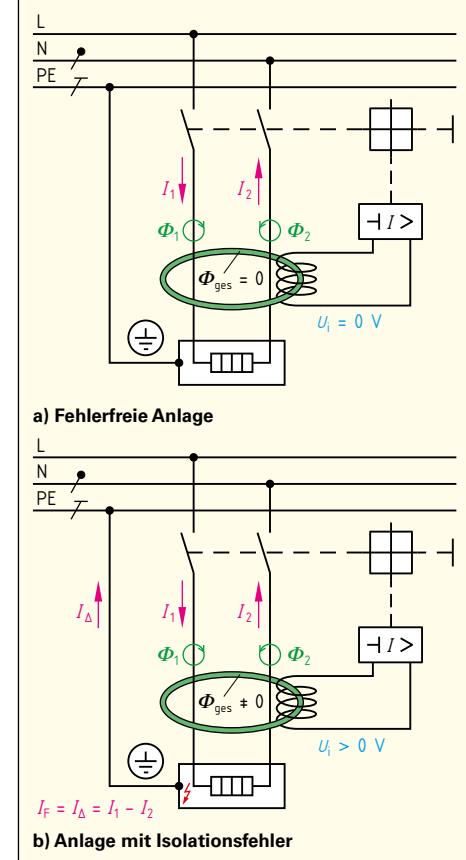


Bild 2: Funktionsprinzip einer RCD