

Suchen im Internet

Was ist Strom?



Strom (Elektrizität)

Suche Strom
Suche: ☒ Das Web ☐ Seiten aus Deutschland
Ergebnisse 1 - 10 von **ca. 6.580.000** für Strom (0,38 Sekunden)



Strom (Gewässer)

①

Suchergebnis

Suche Strom-Gewässer
Suche: ☒ Das Web ☐ Seiten aus Deutschland
Ergebnisse 1 - 10 von **ca. 3.530.000** für Strom-Gewässer (0,33 Sekunden)

Suche eingrenzen
durch Ausschließen

Suchbegriff:
Strom -Gewässer

②

Suchergebnis

Suche Stromstärke
Suche: ☒ Das Web ☐ Seiten aus Deutschland
Ergebnisse 1 - 10 von **ca. 86.100** für Stromstärke (0,09 Sekunden)

Suchbegriff
präzisieren

Suchbegriff:
Stromstärke

③

Suchergebnis

Suche Stromstärke +Versuch +Versuchsaufbau
Suche: ☒ Das Web ☐ Seiten aus Deutschland
Ergebnisse 1 - 10 von **ca. 533** für Stromstärke +Versuch +Versuchsaufbau (0,25 Sekunden)

Thema eingrenzen mit
logischen Operatoren:
UND + ODER /

Suchbegriff:
**Stromstärke +Versuch
+Versuchsaufbau**

④

Suchergebnis

Suche Ohmsches Gesetz
Suche: ☒ Das Web ☐ Seiten aus Deutschland
Ergebnisse 1 - 10 von **ca. 16.200** für Ohmsches Gesetz (0,30 Sekunden)

Suchbegriffe
vorgeben

Suchbegriff:
„Ohmsches Gesetz“

⑤

Suchergebnis

Suche Stromstärke +Versuch +Versuchsaufbau +Ohmsches Gesetz
Suche: ☒ Das Web ☐ Seiten aus Deutschland
Ergebnisse 1 - 10 von **ca. 23** für Stromstärke +Versuch +Versuchsaufbau +Ohmsches Gesetz (0,29 Sekunden)

Suchmöglichkeiten
kombinieren

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

⑥

Suchergebnis

Suche Stromstärke +Versuch +Versuchsaufbau +Ohmsches Gesetz
Suche: ☒ Das Web ☐ Seiten aus Deutschland
Ergebnisse 1 - 10 von **ca. 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

Intel®
Lehren für die Zukunft

online trainieren und gemeinsam lernen

Nähere Informationen unter www.intel.de/education





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
Düsseldorfer 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
Tkocz, 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 Glottertal 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

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

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

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



Steuerungen und Regelungen für Systeme programmieren und realisieren

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



Energiewandlungssysteme auswählen und integrieren

● Eignung eines Antriebsmotors feststellen	103
▶ Fehlerursache erkunden	103
▶ Angaben auf dem Leistungsschild auswerten	105
▶ Betriebssicherheit nach Motoraustausch erhöhen	106
Testen Sie Ihre Fachkompetenz	107
● Antriebsmotor einer Kreissäge austauschen	108
▶ 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
Testen Sie Ihre Fachkompetenz	116
● Hubantrieb mit Drehstrom-Asynchronmotor und Frequenzumrichter ausrüsten	118
▶ Motor auswählen	118
▶ Frequenzumrichter analysieren	119
▶ Frequenzumrichter auswählen	120
▶ Frequenzumrichter an den Motor anpassen	120
▶ Frequenzumrichter parametrieren	121
Testen Sie Ihre Fachkompetenz	122



Kommunikation von Systemen in Wohn- und Zweckbauten planen und realisieren

● Hausrufanlage ändern	123
▶ Vorhandene Hausrufanlage analysieren	123
▶ Änderungsvorschlag erarbeiten	123
▶ Ausbau der Haussprechanlage erarbeiten	124
Testen Sie Ihre Fachkompetenz	126
● Installation einer Antennenanlage	127
▶ 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
● Fernsehanschluss zum Multimediaanschluss erweitern	137
▶ 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

● Innenraum-Beleuchtungsanlage einer Schule beurteilen und planen	141
▶ Bestand der bestehenden Beleuchtungsanlage aufnehmen	141
▶ Die Beleuchtungsanlage im Klassenzimmer analysieren	144
▶ Beleuchtung des neuen Bauabschnittes analysieren	147
Testen Sie Ihre Fachkompetenz	150
● Installation eines Durchlauferhitzers am Dreiphasenwechselstrom-Netz (Drehstrom-Netz)	152
▶ 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

● Fotovoltaikanlage errichten und in Betrieb nehmen	164
▶ 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
● Elektrische Anlage zum Anschluss einer Hobelmaschine planen	191
▶ Kompensationsart auswählen	191
▶ Leiterquerschnitt für die Hobelmaschine bestimmen	192
▶ Kompensationseinrichtung auswählen	192
Testen Sie Ihre Fachkompetenz	194

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 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 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 Grundsaltung 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 α 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 α

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

α	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													

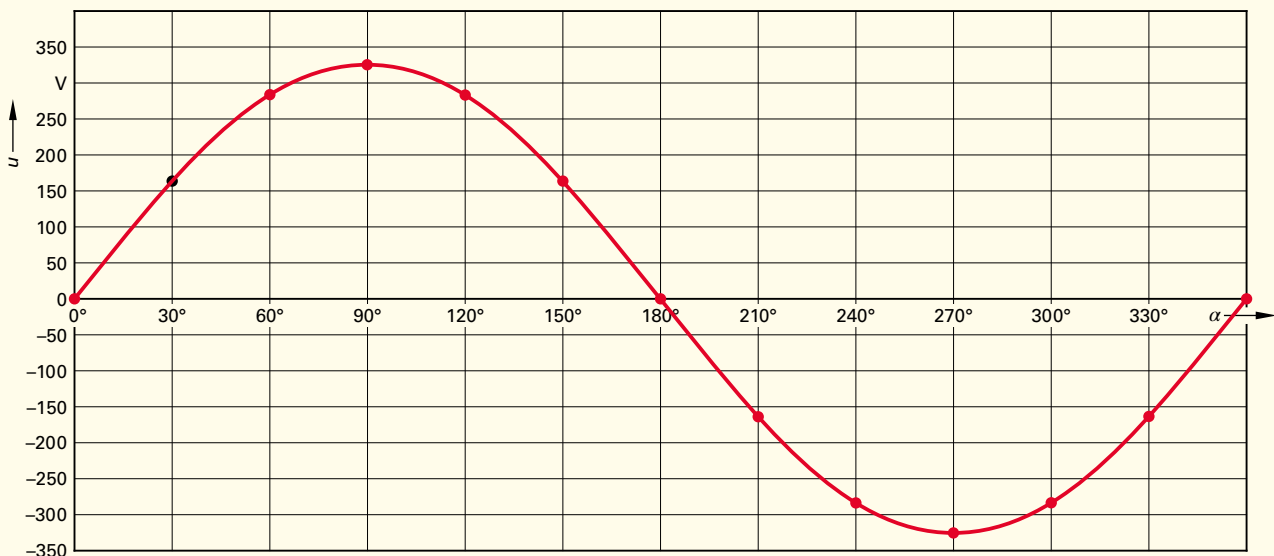


Bild 2: Liniendiagramm



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.

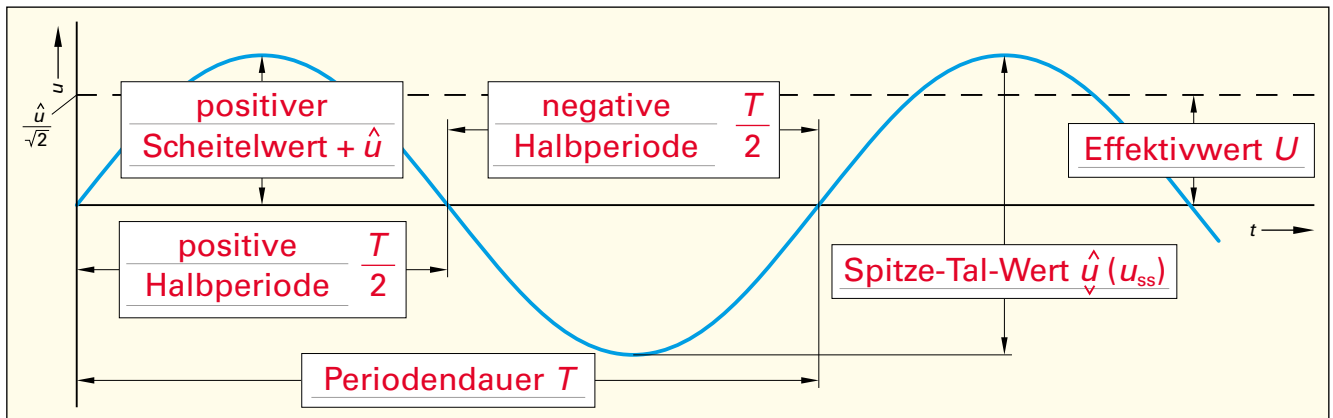


Bild 1: Sinusspannung

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

Der Effektivwert eines sinusförmigen Wechselstromes ist so groß wie ein ebenso großer Gleichstrom derselben 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 Oszillogramm einer sinusförmigen Wechselspannung. Berechnen Sie **a)** den Effektivwert und **b)** die Frequenz.

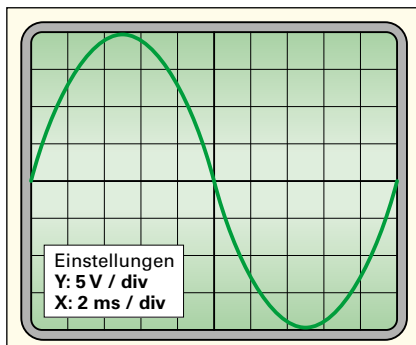


Bild 2: Oszillogramm einer sinusförmigen Wechselspannung

a) $\hat{u} = \frac{5 \text{ V}}{\text{div}} \cdot 4 \text{ div} = 20 \text{ V}$

$$U = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}} = \frac{20 \text{ V}}{\sqrt{2}} = 14,14 \text{ V}$$


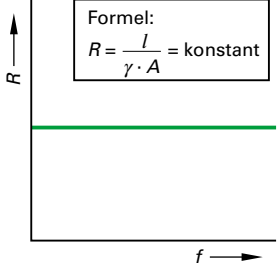
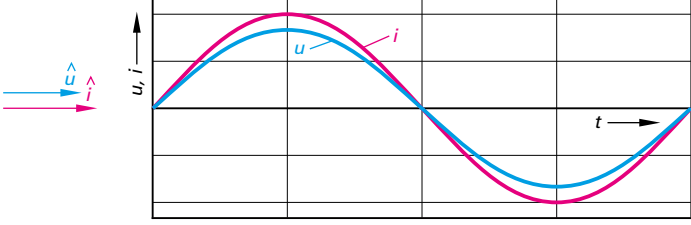

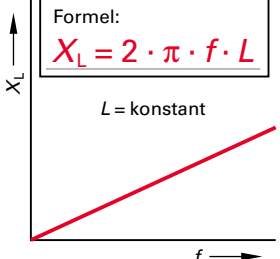
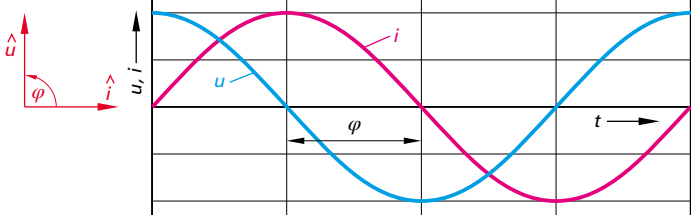

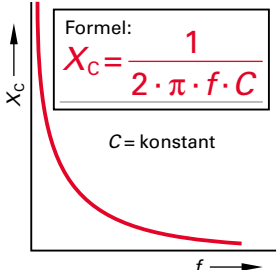
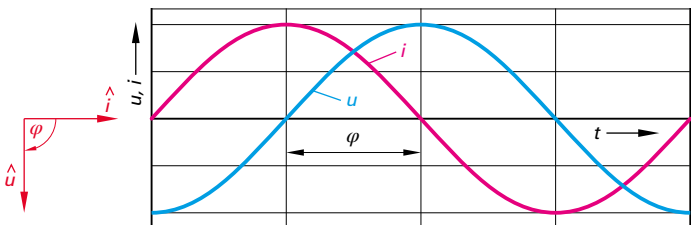
b) $T = \frac{2 \text{ ms}}{\text{div}} \cdot 10 \text{ div} = 20 \text{ ms}$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{20 \text{ ms}} = 50 \text{ Hz}$$



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 .

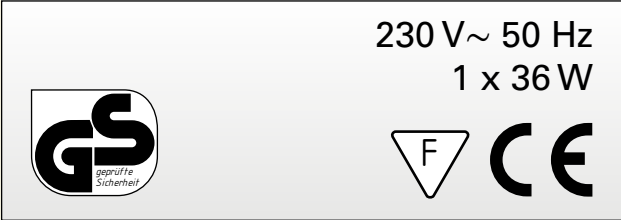






Tabelle 1: Ideale Bauelemente an Wechselspannung		
Widerstandsart	Frequenzabhängigkeit	\hat{u} - \hat{i} -Zeigerbild und Liniendiagramm von Spannung u und Strom i
<p>Wirkwiderstand R (ohmscher Widerstand R)</p> <p>Schaltzeichen:</p> 	<p>Formel:</p> $R = \frac{l}{\gamma \cdot A} = \text{konstant}$ 	 <p>u und i sind in Phase; $\varphi = 0^\circ$</p>
<p>induktiver Blindwiderstand X_L</p> <p>Schaltzeichen:</p> 	<p>Formel:</p> $X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$ <p>$L = \text{konstant}$</p> 	 <p>i eilt gegenüber u um $\varphi = 90^\circ$ nach.</p>
<p>kapazitiver Blindwiderstand X_C</p> <p>Schaltzeichen:</p> 	<p>Formel:</p> $X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$ <p>$C = \text{konstant}$</p> 	 <p>i eilt gegenüber u um $\varphi = 90^\circ$ 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: $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$</p> <p>Wirkleistung ist die elektrische Leistung, die verfügbar ist. Sie wird z.B. als mechanische Leistung, als Licht- oder Wärmeleistung vom Stromkreis abgegeben.</p>	<p>Formel: $Q_L = U \cdot I \cdot \sin \varphi$</p> <p>Induktive Blindleistung wird benötigt, um Magnetfelder aufzubauen. Sie wird nicht aus dem Stromkreis abgegeben. Beim Abbau des Magnetfeldes Rückgabe ins Netz.</p>	<p>Formel: $Q_C = U \cdot I \cdot \sin \varphi$</p> <p>Kapazitive Blindleistung wird benötigt, um Kapazitäten elektrisch aufladen zu können. Sie wird nicht aus dem Stromkreis abgegeben. Beim Entladen wird sie wieder ins Netz zurückgegeben.</p>
Scheinleistung S		
<p>Formeln: $S = U \cdot I$ oder $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$</p> <p>Die Scheinleistung 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
 <p>Typenschild im Leuchtengehäuse</p>	<p>230V~: Bemessungsspannung 230 V AC 50 Hz: Frequenz 50 Hz 1 x 36 W: Gehäuse für eine 36-W-Leuchte F: Montage nur an Materialien, die erst über 200 °C entflammbar sind GS: Zeichen für geprüfte Sicherheit CE: Produkt entspricht den EU-Richtlinien.</p>
 <p>Leuchtstofflampe</p>	<p>L 36/840: Leistung 36 W; 8: Farbwiedergabeindex 85, 40: Lichtfarbe Cool white (neu Daywhite). In der Lampe erfolgt die Umwandlung elektrischer Energie in Lichtenergie.</p>
 <p>Anschlussklemme</p>	<p>Netzanschluss für L-, N- und PE-Leiter. Die mittlere Klemmstelle (PE-Anschluss) ist mit dem Blechgehäuse verbunden. ⊕: Symbol für Schutzklasse I.</p>
 <p>Fassung für Lampe und Starter</p>	<p>Mechanische Halterung für die Lampe und den Starter.</p>
 <p>Starter</p>	<p>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.</p>
 <p>Vorschaltgerät (Drosselspule)</p>	<p>Erzeugt zum Zünden der Lampe kurzzeitig eine Selbstinduktionsspannung von etwa 1000 V und begrenzt (drosselt) im Betrieb den Lampenstrom.</p>
 <p>Kondensator</p>	<p>4 μF ± 5%: Kapazität 4 μF mit Toleranzangabe ± 5%. Der Kondensator kann elektrische Energie speichern und auch wieder abgeben. Er dient zur Kompensation der induktiven Blindleistung des Vorschaltgerätes.</p>



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**).

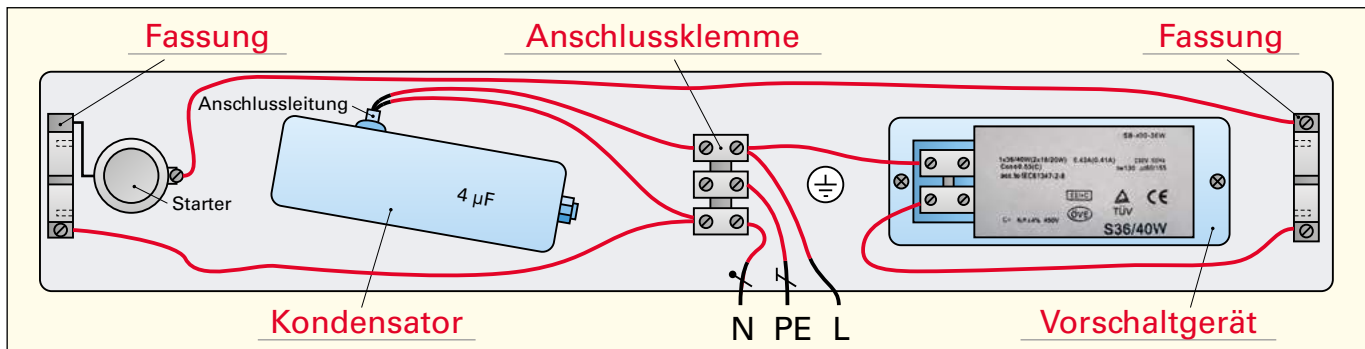


Bild 1: Verdrahtungsplan einer Leuchtstofflampe

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 Vorschaltsgerät (R1), U_2 an der Leuchtstofflampe (E1), sowie U_3 über beide Bauelemente (R1 und E1) 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**.

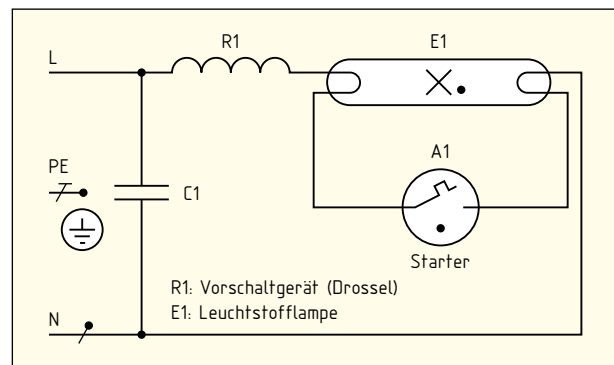


Bild 2: Stromlaufplan einer Leuchtstofflampe



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

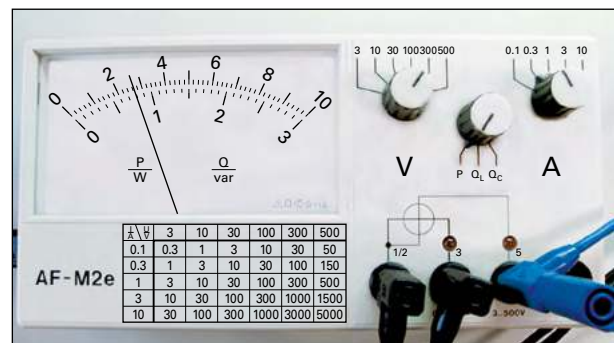


Bild 3: Messung der gesamten Wirkleistung P an der Leuchte

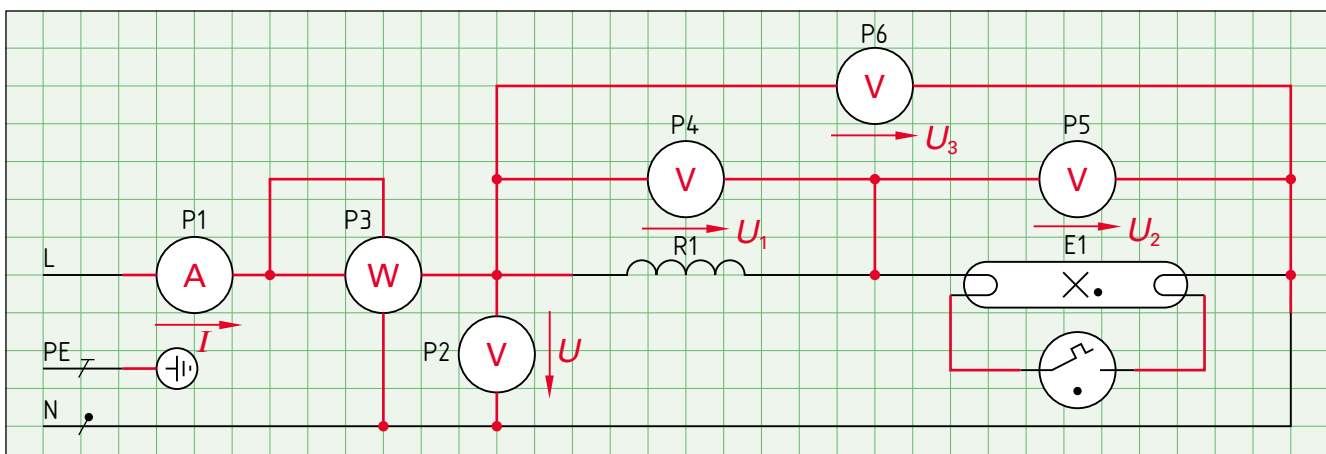


Bild 4: Schaltplan mit Messinstrumenten



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 Widerstandes und tragen Sie den Messwert in die **Tabelle** ein.



Bild 1: Direkte Widerstandsmessung



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	Betriebsspannung U	Wirkleistung P	Spannung U_1 am Vorschaltgerät R1	Spannung U_2 an der Lampe E1	Spannung U_3 über R1 und E1	Widerstand am Vorschaltgerät R1(direkt gemessen)
Vergleichswerte						
0,36 A	233 V	26,5 W	213 V	64,5 V	233 V	62 Ω

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.

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 φ im **Bild 2** ab.
d) 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 Bild 2: 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**.

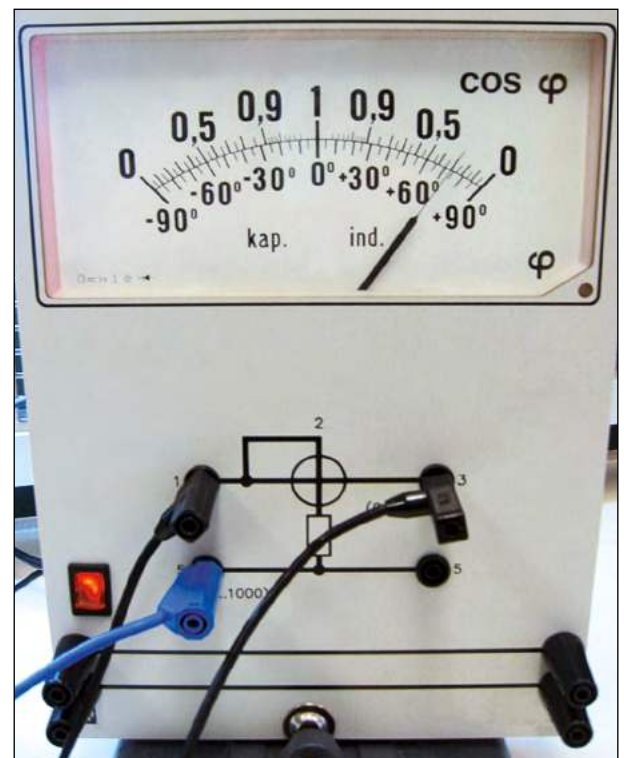


Bild 2: Leistungsfaktormesser



2. a) Berechnen Sie die Blindleistung Q_L .
 b) Zeichnen Sie mit dem angegebenen Maßstab das 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 φ 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: $10 \text{ W} \cong 10 \text{ VA} \cong 10 \text{ var} \cong 5 \text{ mm}$

$P = 25,16 \text{ W} \cong 12 \text{ mm}$

$Q_L = 80,6 \text{ var} \cong 40 \text{ mm}$

$S = 83,88 \text{ VA} \cong 42 \text{ mm}$

- c) **Phasenverschiebungswinkel φ der Leuchtstofflampen-Schaltung**

vom Messgerät angezeigter Wert: 74°

aus Leistungs-dreieck ermittelt: 73°

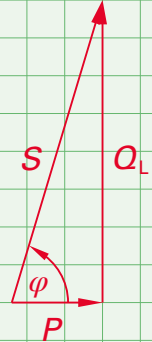


Bild 1: Leistungs-dreieck

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.

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.

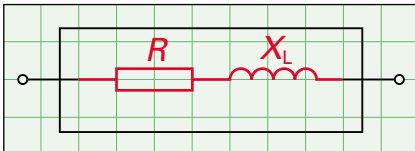


Bild 2: Ersatzschaltung einer realen Spule

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

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

$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \Rightarrow$

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

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

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

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

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

$R = 62 \Omega \cong 12 \text{ mm}$

$X_L = 588,7 \Omega \cong 117 \text{ mm}$

$Z_{VG} = 592 \Omega \cong 118 \text{ mm}$

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

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

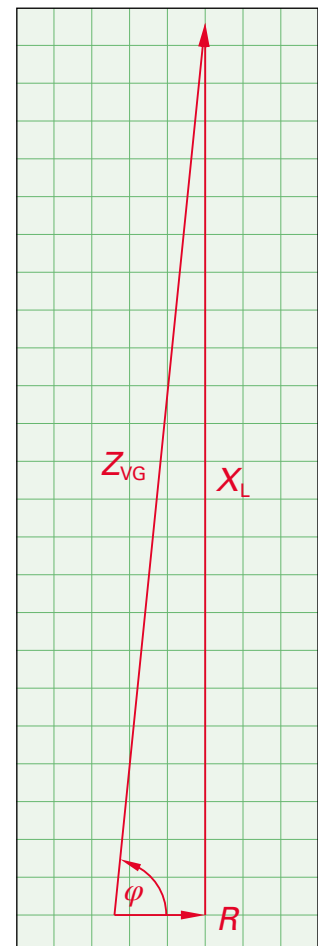


Bild 3: Widerstands-dreieck



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

- Ergänzen Sie im **Bild 1b** die Ersatzschaltungen für das Vorschaltgerät und für die Leuchtstofflampe (ohmscher Widerstand).
- 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**.

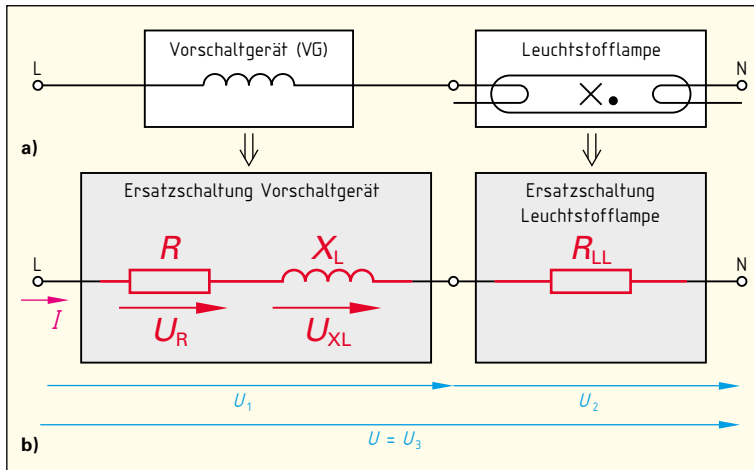


Bild 1: Grundsaltung und Ersatzschaltungen einer Leuchtstofflampen-Schaltung

- 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.

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

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

$$U_1 = \sqrt{U_R^2 + U_{XL}^2} = \sqrt{(22,32 \text{ V})^2 + (211,93 \text{ V})^2} = 213,1 \text{ V}$$

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

Weil die Teilspannungen phasenverschoben sind.

- Zeichnen Sie das maßstabsgerechte Zeigerdiagramm (**Bild 2**) aller Teilspannungen, um die Gesamtspannung (Betriebsspannung) für die Leuchtstofflampen-Schaltung zu ermitteln.
- 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 .

$$U^2 = (U_R + U_2)^2 + U_{XL}^2$$

$$U = \sqrt{(U_R + U_2)^2 + U_{XL}^2}$$

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

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

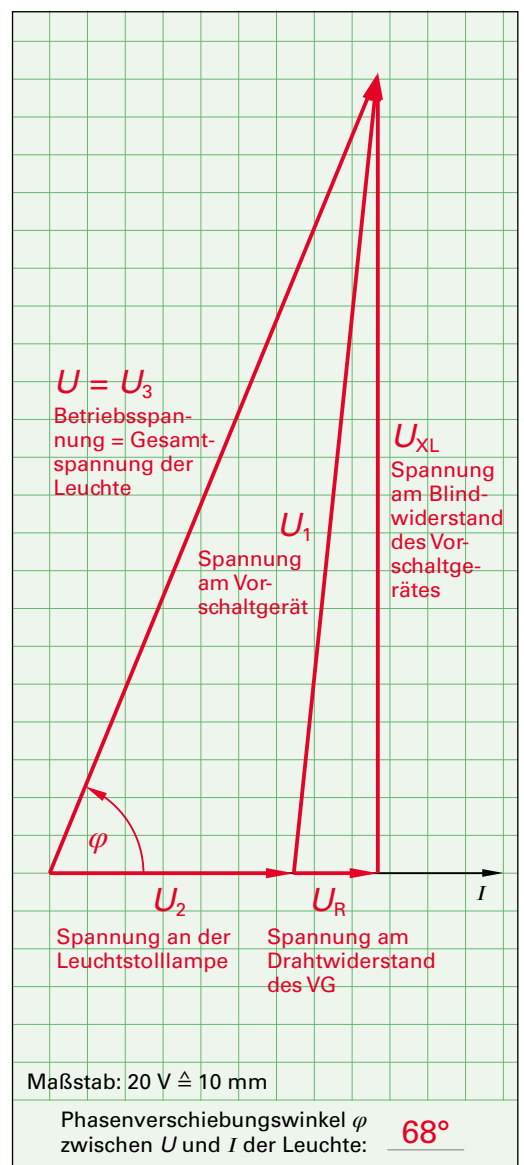


Bild 2: Zeigerbild aller Spannungen der Leuchte



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.**

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**

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

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

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)	$R = Z \cdot \cos \varphi \quad \cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{8 \text{ W}}{11,2 \text{ VA}} = 0,71$ $R = \frac{U}{I} \cdot \cos \varphi = \frac{230 \text{ V}}{0,049 \text{ A}} \cdot 0,71 = \mathbf{3332,6 \Omega}$
----	--

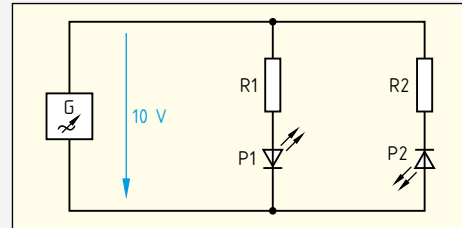


Bild 1: Versuchsschaltung

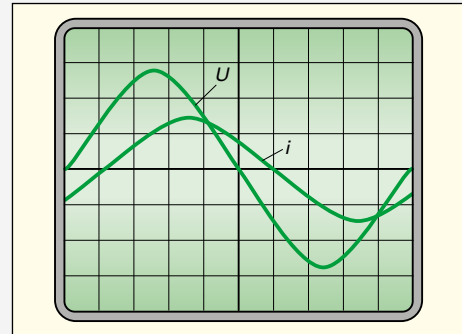


Bild 2: Phasenverschiebung von Spannung und Strom

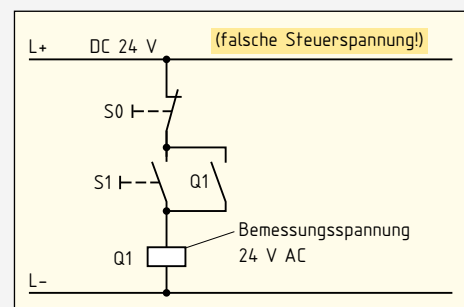


Bild 3: Schützsteuerung

Hersteller	
Typ M 4354	
AC Mot	Nr. 66542
230 V	9,3 A
1,5 kW S1	$\cos \varphi$ 0,82
1400/min	50 Hz
Th. Cl. 155 (F)	IP 54
VDE 0530 / 05.06	

Bild 4: Leistungsschild eines Motors

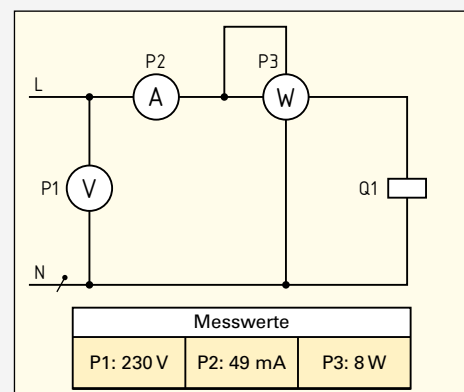


Bild 5: Messungen an einer Schützspule



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.

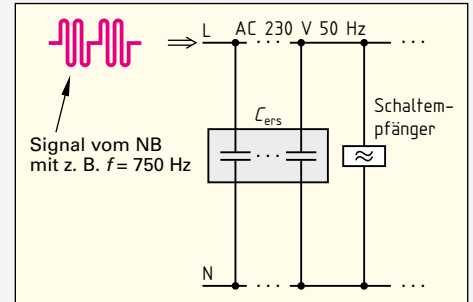


Bild 1: Kondensatoren in Anlagen mit Rundsteuersignalen

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 η der Schaltung, wenn der Heizwiderstand 50 W abgibt.

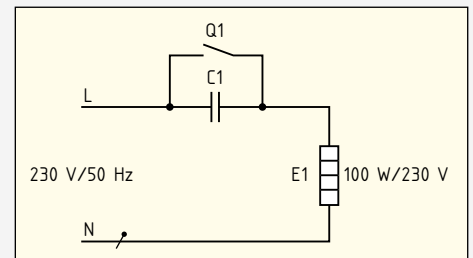


Bild 2: Heizwiderstand mit Kondensator



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

a)	$R_{E1} = \frac{U^2}{P_{100}} = \frac{(230 \text{ V})^2}{100 \text{ W}} = 529 \Omega$
	$I_{50} = \sqrt{\frac{P_{50}}{R_{E1}}} = \sqrt{\frac{50 \text{ W}}{529 \Omega}} = 0,307 \text{ A}$
	$U_{50} = I_{50} \cdot R_{E1} = 0,307 \text{ A} \cdot 529 \Omega = 162,40 \text{ V}$
	$X_C = \frac{U_C}{I_{50}} = \frac{\sqrt{U^2 - U_{50}^2}}{I_{50}} = \frac{\sqrt{(230 \text{ V})^2 - (162,40 \text{ V})^2}}{0,307 \text{ A}} = 530,51 \Omega$
	$C_1 = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot X_C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 530,51 \Omega} = 6 \mu\text{F}$
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)	$\eta = \frac{P_{\text{ab}}}{P_{\text{zu}}} = \frac{P_{\text{ab}}}{U \cdot I \cdot \cos \varphi} = \frac{50 \text{ W}}{230 \text{ V} \cdot 0,307 \text{ A} \cdot 0,706} = 1$

8. Wie ändern sich die Betriebswerte (**Tabelle**), wenn an den Anschlussklemmen L und N, z.B. einer 36-W-Leuchtstofflampe, ein 4- μF -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 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:	$Z_{\text{S gemessen}} \leq Z_{\text{S zulässig}}$
	$Z_{\text{S zulässig}} \leq \frac{2}{3} \cdot \frac{U_0}{I_a}$
Berechnungen:	$I_a = 5 \cdot I_N = 5 \cdot 16 \text{ A} = 80 \text{ A}$
	$\text{zulässige } Z_S = \frac{2}{3} \cdot \frac{230 \text{ V}}{80 \text{ A}} = 1,9 \Omega$
Entscheidung:	$1,2 \Omega < 1,9 \Omega \Rightarrow$
Die Abschaltbedingung ist erfüllt.	

- 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 Steckdo-
sen einen Zusatzschutz vorschreiben, möchten wir
Ihnen auch unter Hinweis auf das Arbeitsschutzge-
setz § 3, Absatz 1 empfehlen, eine entsprechende
Verbesserung der Anlage durchführen zu lassen
und uns den Auftrag zur Nachinstallation zu erteilen.

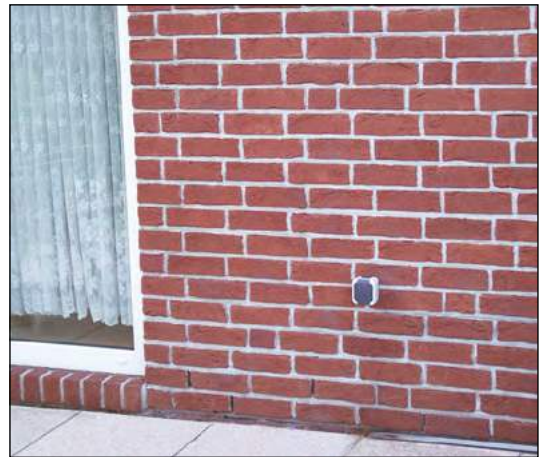


Bild 1: Außensteckdose an der Außenwand



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.

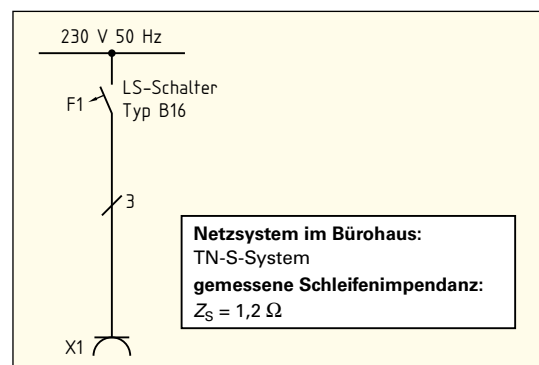


Bild 2: Übersichtsschaltplan und Prüfergebnisse



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**.

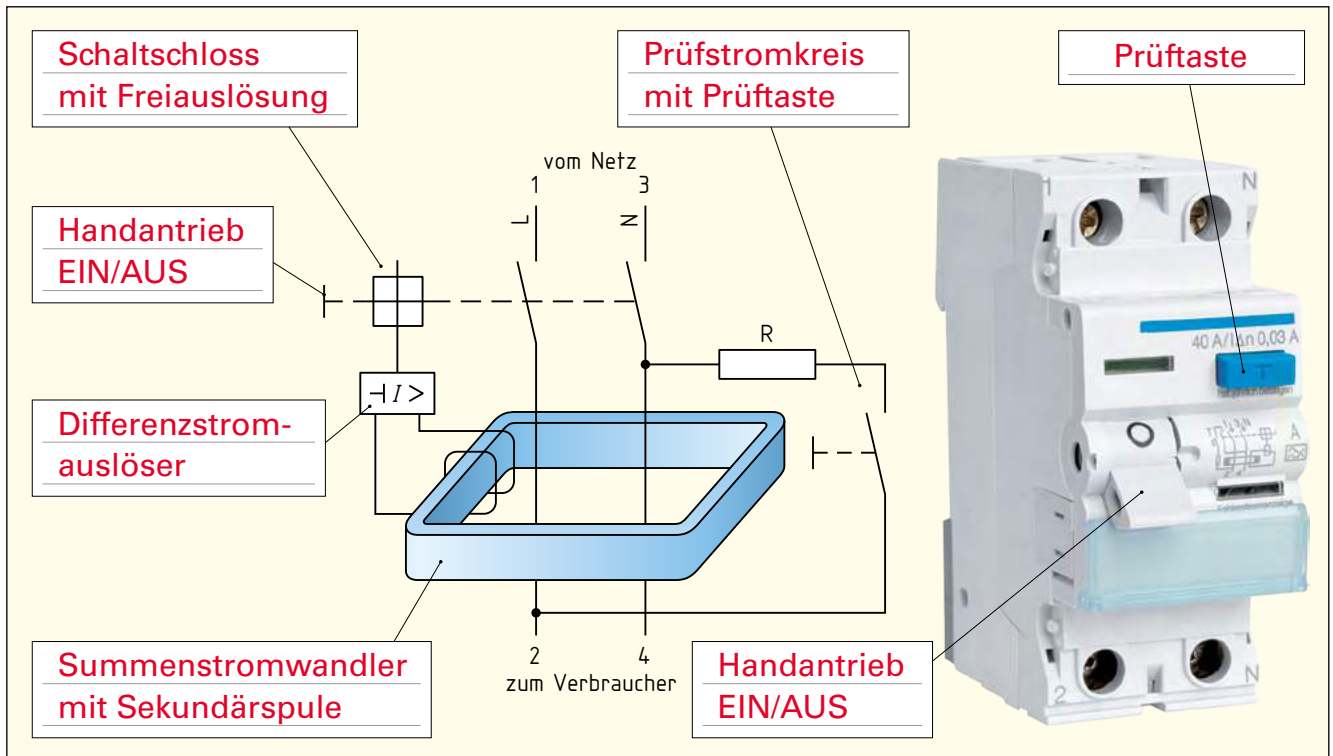


Bild 1: Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD), 2-polig

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

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

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_Δ , 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

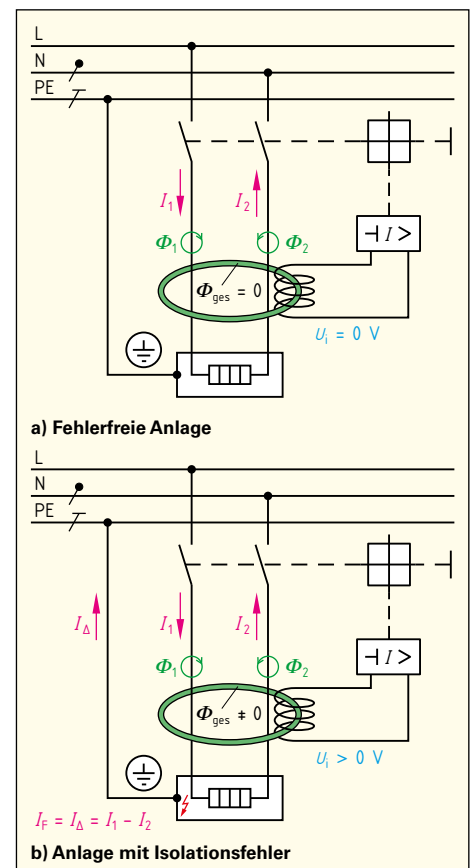


Bild 2: Funktionsprinzip einer RCD