

Suchen im Internet

Was ist Strom?



Strom (Elektrizität)



Strom (Gewässer)



①

Suchergebnis



Suche eingrenzen durch Ausschließen

Suchbegriff: **Strom -Gewässer**

②

Suchergebnis



Suchbegriff präzisieren

Suchbegriff: **Stromstärke**

③

Suchergebnis



Thema eingrenzen mit logischen Operatoren: UND + ODER /

Suchbegriff: **Stromstärke +Versuch +Versuchsaufbau**

④

Suchergebnis



Suchbegriffe vorgeben

Suchbegriff: **„Ohmsches Gesetz“**

⑤

Suchergebnis



Suchmöglichkeiten kombinieren

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

⑥

Suchergebnis



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

Arbeitsbuch Elektrotechnik

Lernfelder 5 bis 13

5. 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.: 37566

Autoren des Arbeitsbuches Elektrotechnik:

Braukhoff, Peter	Reken
Bumiller, Horst	Freudenstadt
Burgmaier, Monika	Durbach
Duhr, Christian	Rednitzhembach
Feustel, Bernd	Kirchheim
Manderla, Jürgen	Berlin
Schwarz, Jürgen	Tett nang
Tkotch, Klaus	Kronach

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises:

Werner Klee

Firmenverzeichnis:

Die Autoren und der Verlag bedanken sich bei den nachfolgenden Firmen für die Unterstützung

- AMOS Sensoren & Messtechnik, 68159 Mannheim
- balcom electronic GmbH, 57399 Kirchhunden
- Beha-Amprobe GmbH, 79286 Glottertal
- Electro Beck GmbH, 35794 Mengerskirchen
- ep Elektropraktiker, Huss Medien GmbH, 10400 Berlin
- Gebrüder Engelfried OHG, 73432 Aalen-Unterkochen
- Grünhain GmbH & Co. KG, 08344 Grünhain-Beierfeld
- GMC-I Gossen-Metrawatt GmbH, 90471 Nürnberg
- Hager Tehalit Vertriebs GmbH & Co. KG, 66440 Blieskastel
- Homeway GmbH, 96465 Neustadt
- Huber + Suhner GmbH, 82024 Taufkirchen
- Jung, Albrecht, GmbH & Co. KG, 58579 Schalksmühle
- KATHREIN-Werke KG, 83004 Rosenheim
- KOBOLD Messing GmbH, 65719 Hofheim
- Leuze Electronic GmbH + Co. KG, 73277 Owen
- Licht.de, 60528 Frankfurt
- Merten, Gebr., GmbH & Co. KG, 51674 Wiehl
- Osram GmbH, 81543 München
- pVE-Engineering GmbH, 58644 Iserlohn
- Q-Cells SE, 06766 Bitterfeld-Wolfen
- SAFEPART Wolfgang Oehlert, 31789 Hameln
- Schletter GmbH, 83527 Kirchdorf/Haag
- SMA Solar Technology AG, 34266 Niestetal
- Solar-Fabrik AG, 79111 Freiburg
- Siemens AG, 80333 München, 90327 Nürnberg
- Trilux GmbH & Co. KG, 59759 Arnsberg
- Vaillant Deutschland GmbH & Co. KG, 42859 Remscheid
- Werma Signaltechnik, 78604 Rietheim-Weilheim

Bildbearbeitung:

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

5. Auflage 2018

Druck 5 4 3 2

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da bis auf die Behebung von Druckfehlern untereinander unverändert.

ISBN 978-3-8085-3794-7

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

© 2018 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt

Umschlag: MediaCreativ, G. Kuhl, 40724 Hilden

Umschlagfoto: Michael M. Kappenstein, 60594 Frankfurt am Main

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 Lernfeld 1–4.

Die vorliegende 5. Auflage wurde weiter verbessert und an gültige Normen angepasst.

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

Herbst 2018

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 der optional erhältlichen **Interaktiven CD**, die einblendbare Musterlösungen enthält.

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

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



Elektroenergieversorgung und Sicherheit von Betriebsmitteln gewährleisten

● 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
● Induktiver 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 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



Anlagen und Geräte 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 NE555 dimensionieren 67
 - Testen Sie Ihre Fachkompetenz 69

 **Steuerungen für Anlagen 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

 **Antriebssysteme 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 Arbeitsicherheit 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


Kommunikationssysteme 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
▶ Netzstrukturen von Antennenanlagen kennenlernen	133
▶ Dämpfungen von Koaxialkabeln bestimmen	133
▶ Regel 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 Anlagen der Haustechnik in Betrieb nehmen und instand halten

● Innenraum-Beleuchtungsanlage einer Schule beurteilen und planen	141
▶ Bestand der bestehenden Beleuchtungsanlage aufnehmen	141
▶ Bestehende Anlage analysieren	142
▶ Betriebskosten der bestehenden Beleuchtungsanlage ermitteln	144
▶ Neue Beleuchtungsanlage und deren Kosten planen	146
Testen Sie Ihre Fachkompetenz	150
● Installation eines Durchlauferhitzers am Drehstromnetz	152
▶ Herstellerunterlagen eines Durchlauferhitzers sichten	152
▶ Begriffe des Dreiphasenwechselstromes (Drehstrom) erarbeiten	153
▶ Zuleitung des Durchlauferhitzers dimensionieren	156
▶ Schutzeinrichtungen auswählen	157
▶ Schaltplanunterlagen erstellen	157
▶ Anlage installieren	158
▶ Anlagenerweiterung überprüfen	158
▶ Anlage an den Kunden übergeben	159
Testen Sie Ihre Fachkompetenz	161


Energietechnische Anlagen errichten, in Betrieb nehmen und instand setzen

● Fotovoltaik-Anlage errichten und in Betrieb nehmen	165
▶ Kundenberatung und Kundengespräch vorbereiten	165
▶ 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 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-Käfigläufermotoren 229
- Datenblatt Antriebssysteme 230
- NPN-Transistor 231
- Zeitgeberschaltung NE 555 232
- Datenblatt und Installationshinweise Haussprechanlage 233
- Datenblatt Multimedia 234
- Datenblatt Antennentechnik 235
- Elektronischer Strömungssensor für Luft 236
- Datenblatt Frequenzumrichter Micromaster 440 237
- Analyse einer Beleuchtungsanlage nach DIN EN 12464 238
- Beleuchtungsplanung 239
- Datenaufnahme zur Installation einer Fotovoltaikanlage (1) und (2) 240
- Datenblatt Solarmodule 242
- Datenblatt Stringwechselrichter (1) und (2) 243
- Datenblatt Solarkabel 245
- Anmeldung Netzanschluss 246
- Anschluss von Eigenerzeugungsanlagen 247
- Simulationsprogramm Fotovoltaik 248
- Installation von Fotovoltaikanlagen 249
- Stetigregler, Funktionsbeschreibung (Auszug aus einem Handbuch) 250
- Datenblatt Helligkeitssensor, 3-fach mit Lichtfänger 251
- Informationen zur Abschlussprüfung in den Elektroberufen in Handwerk und Industrie 252
- Abschlussprüfung: Fachgespräch hintere Innenumschlagseite
- Suchen im Internet vordere Innenumschlagseite

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Verlages.
Copyright 2018 by Europa-Lehrmittel



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 Grundschaltung 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.

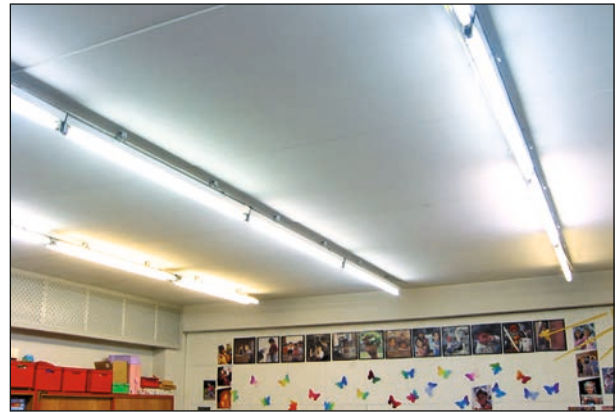


Bild: Deckenbeleuchtung mit Leuchtstofflampen

Arbeitsauftrag 1: Errechnen von Spannungswerten und Zeichnen einer Sinuslinie

Eine sinusförmige Wechselspannung entsteht in einer Leiter-schleife 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		162,5											
Lage der Spule													

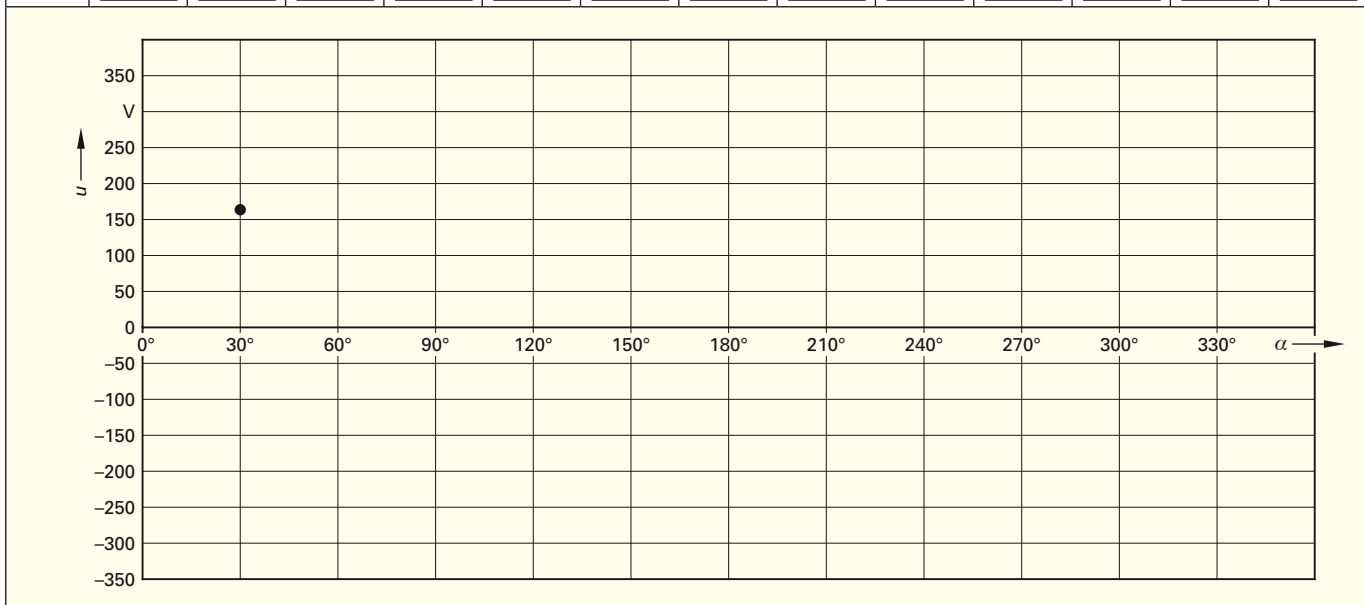



Bild 2: Liniendiagramm



Arbeitsauftrag 2: Kenngrößen zur sinusförmigen Wechselspannung bzw. Wechselstrom erarbeiten

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

 Fachkunde Elektrotechnik, Kapitel: Wechselstromtechnik

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

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

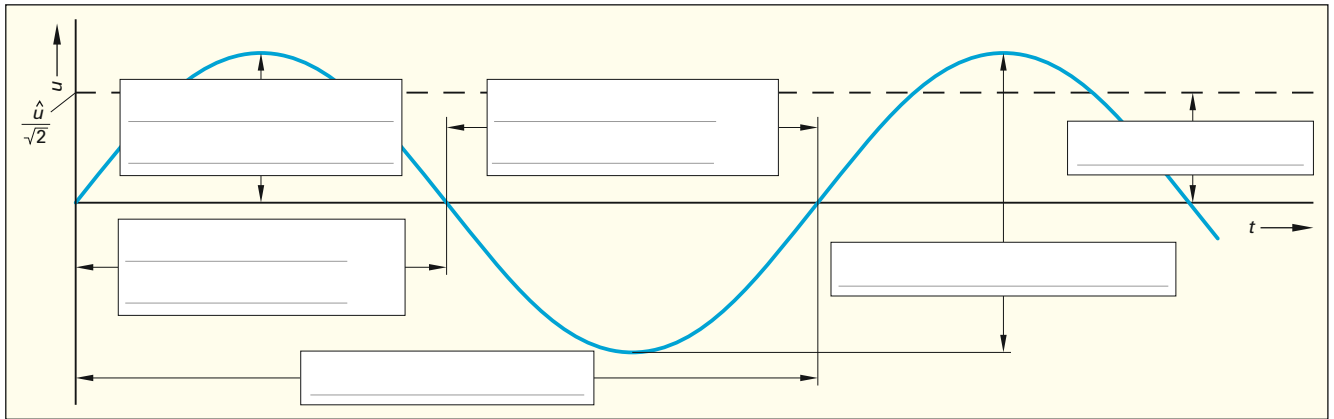


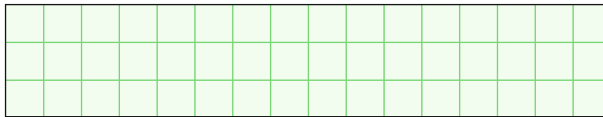
Bild 1: Sinusspannung

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

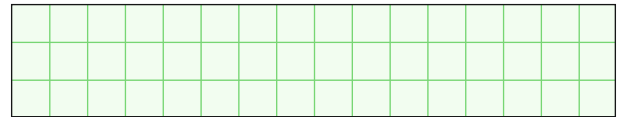


Achtung! In Netzen mit z.B. drehzahlgesteuerten Motoren, Stromversorgungen für Bürogeräte, elektronischen Transformatoren und Dimmern kann der Effektivwert fehlerhaft gemessen werden, da die Wechselspannungen und -ströme nicht mehr sinusförmig sind. Nur Echt-Effektivwert-Multimeter (Geräte mit True RMS)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

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



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



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

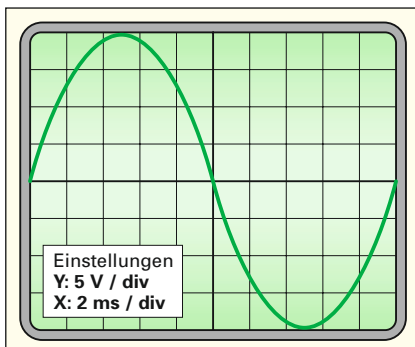


Bild 2: Oszillogramm einer sinusförmigen Wechselspannung

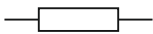
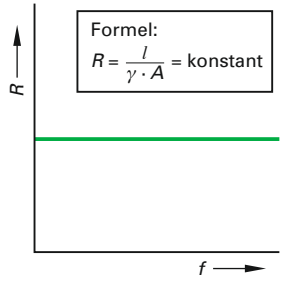
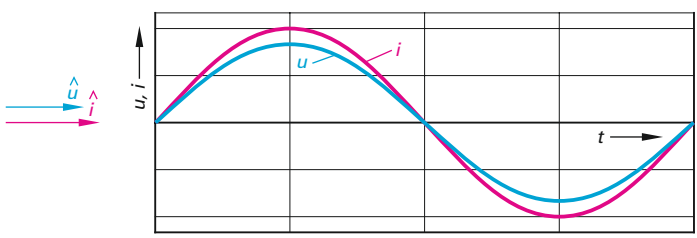
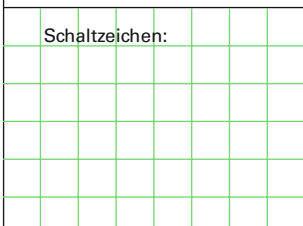
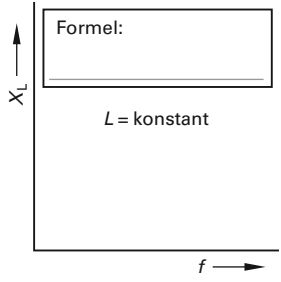
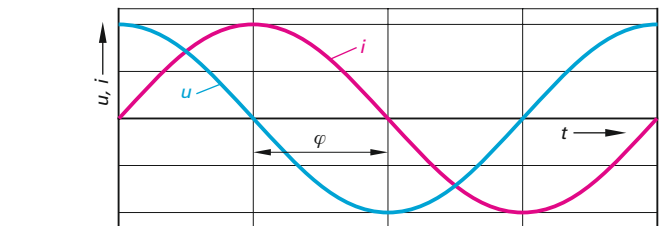
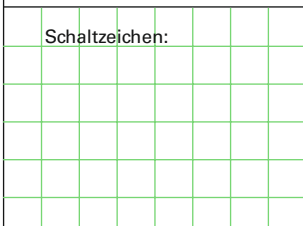
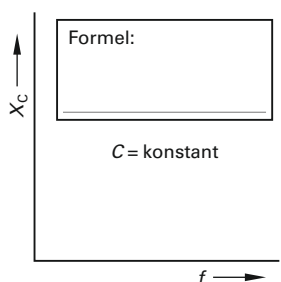
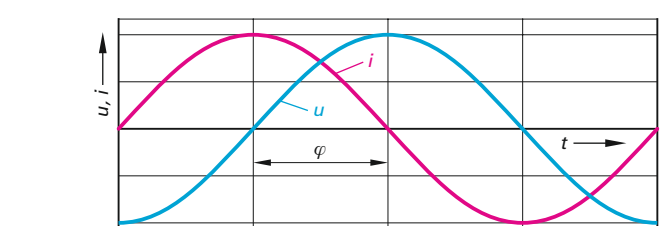
a)

b)



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

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

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

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Verlages. Copyright 2018 by Europa-Lehrmittel

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

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



Arbeitsauftrag 3: Bauteile einer Leuchtstofflampen-Schaltung kennenlernen

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

Tabelle: Bauteile einer Leuchtstofflampe	
Bauteil	Bedeutung der Daten; Aufgaben der Bauteile
 <p>230V ~ 50Hz 1x36 W</p> <p>GS geprüfte Sicherheit</p> <p>F CE</p> <p>Typenschild im Leuchtgehäuse</p>	<p>230V ~: _____</p> <p>50 Hz: _____</p> <p>1x36 W: _____</p> <p>△F: _____</p> <p>GS: _____</p> <p>CE: _____</p>
 <p>L36/840</p>	<p>L 36/840: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
	<p>⊕: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
	<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
 <p>S10 SINGLE 220-240V ~ 4-65 W</p>	<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
 <p>S36/40W</p>	<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
 <p>MLR25L 40 403063 4 μF ± 5% P2 AC 400 V A B C AC 450 V AC 500 V 40085/21 50*60 HL</p>	<p>4 μF ± 5%: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Verlages. Copyright 2018 by Europa-Lehrmittel



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**).

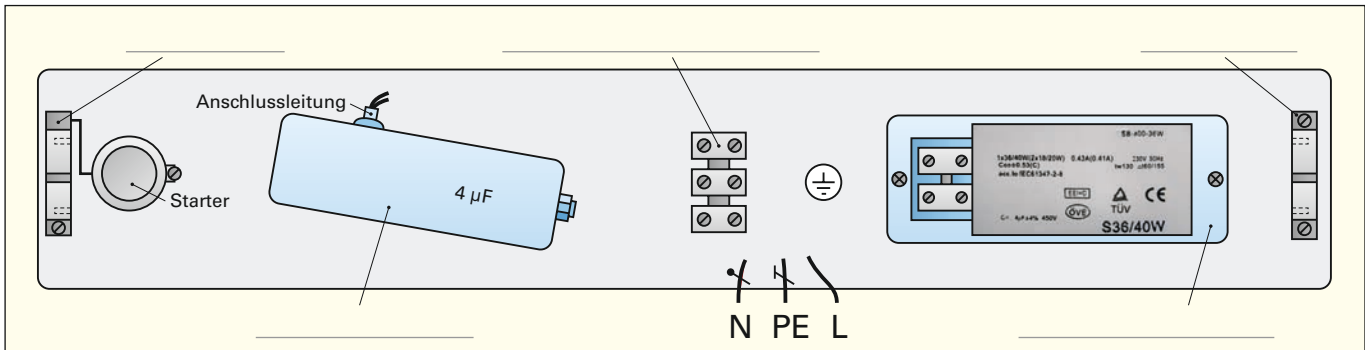


Bild 1: Verdrahtungsplan einer Leuchtstofflampe

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.

i 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 ($R1$), 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**.

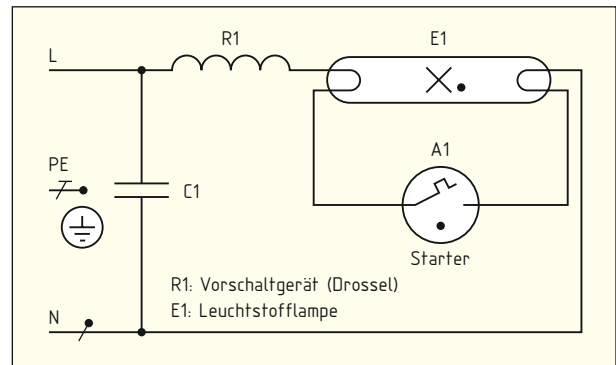


Bild 2: Stromlaufplan einer Leuchtstofflampe

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

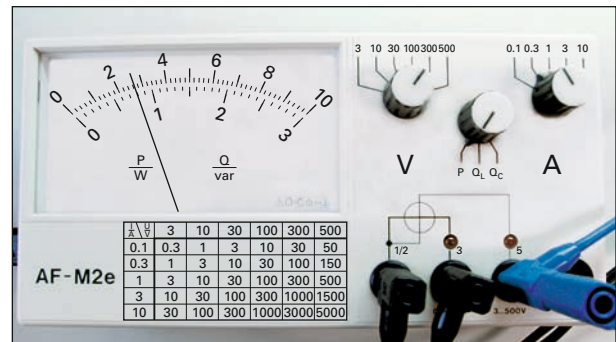


Bild 3: Messung der gesamten Wirkleistung P an der Leuchte

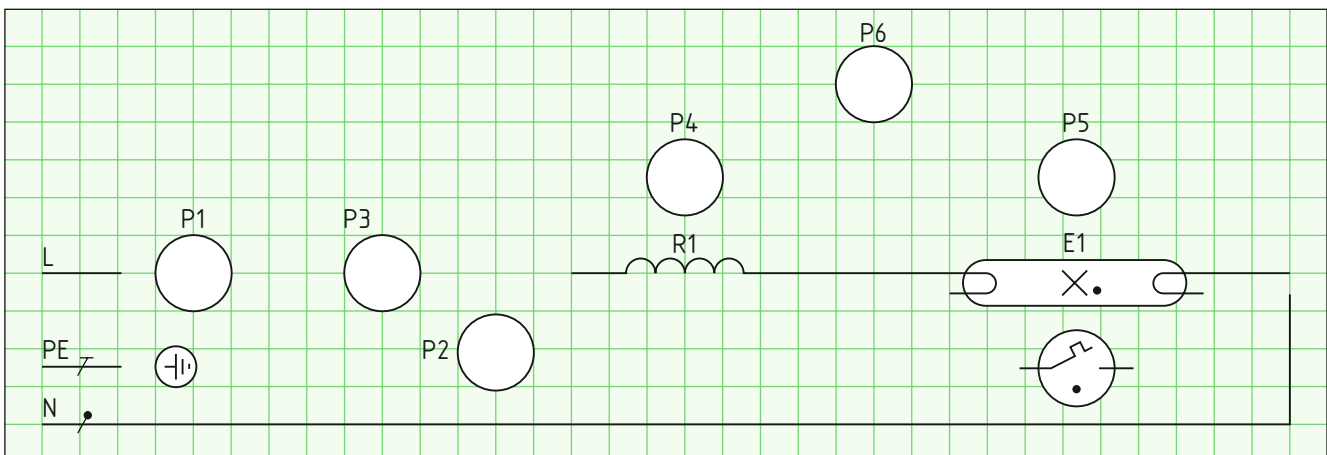


Bild 4: Schaltplan mit Messinstrumenten



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		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)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

b)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

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

d)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



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

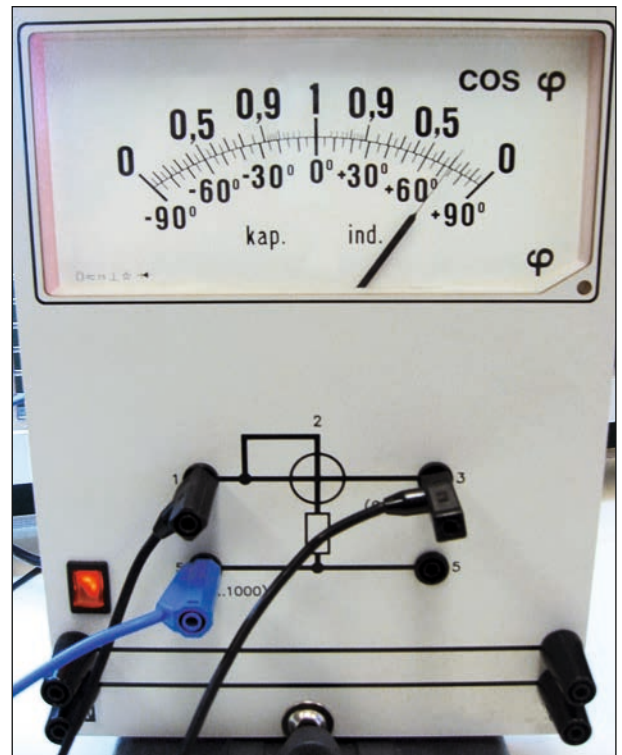


Bild 2: Leistungsfaktormesser



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 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.

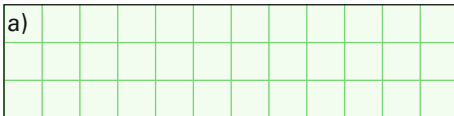
a)

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

c)

Phasenverschiebungswinkel φ der Leuchtstofflampen-Schaltung
vom Messgerät angezeigter Wert: _____
aus Leistungsdreieck ermittelt: _____

Bild 1: Leistungsdreieck



b) _____

c) _____

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

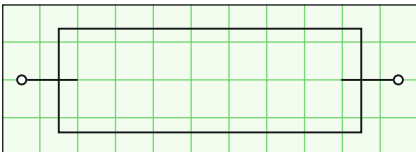
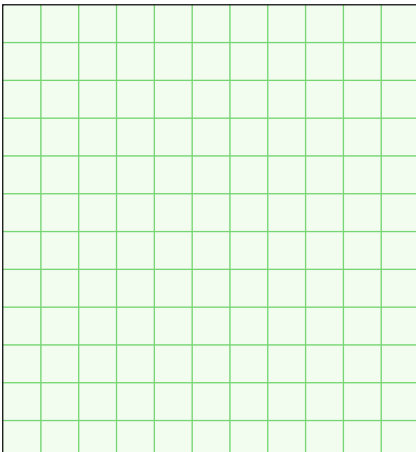
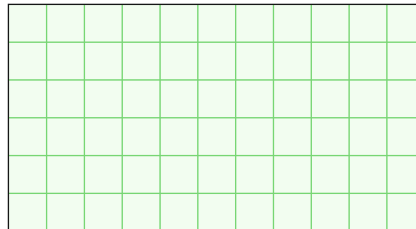


Bild 2: Ersatzschaltung einer realen Spule

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

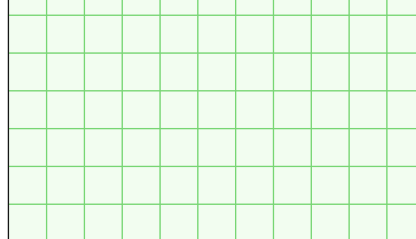


- c) Berechnen Sie den Wirkfaktor $\cos\varphi$ und den Phasenverschiebungswinkel φ .



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

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



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

Phasenverschiebungswinkel des Vorschaltgerätes: $\varphi =$ _____

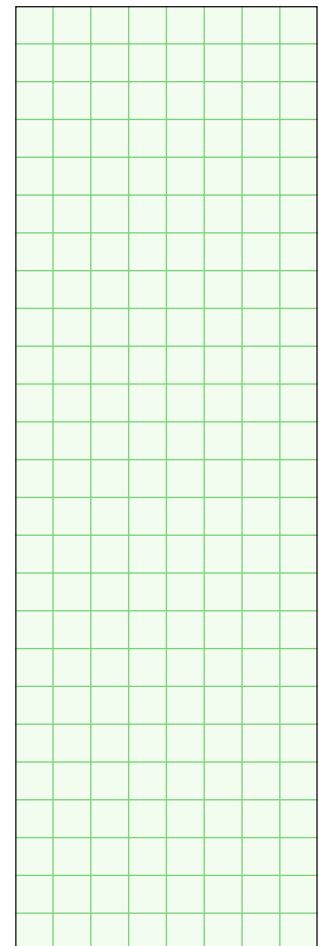


Bild 3: Widerstandsdreieck



5. **Bild 1a** zeigt die Grundschtung 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**.

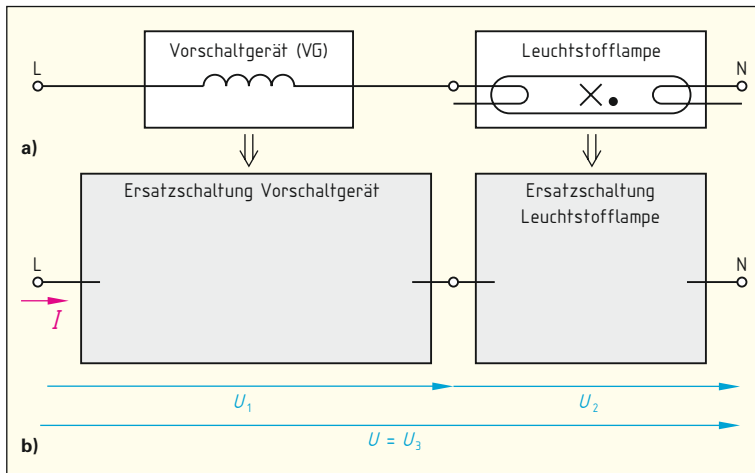
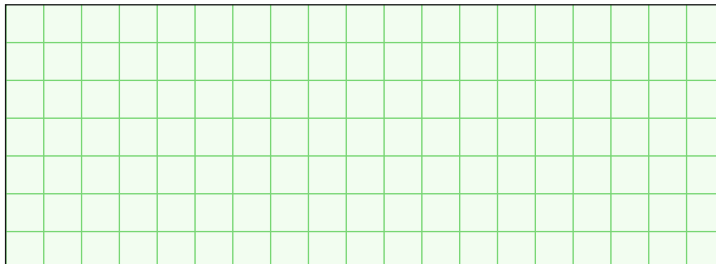


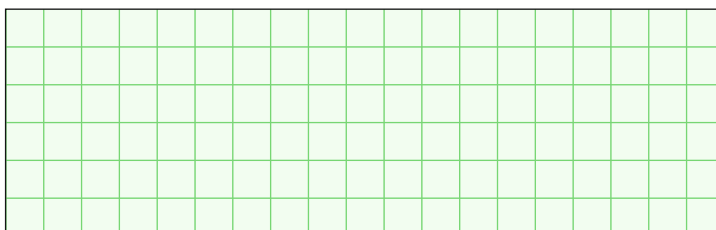
Bild 1: Grundschtung und Ersatzschaltungen einer Leuchtstofflampen-Schtung

- 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.



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

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



- 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	_____
Spannung U_1 am VG	213 V	_____
Spannung U_2 an der Leuchtstofflampe	64,5 V	_____
Spannung U_R am Drahtwiderstand des VG	_____	_____
Spannung U_{XL} am Blindwiderstand des VG	_____	_____

Maßstab: 20 V $\hat{=}$ 10 mm

Phasenverschiebungswinkel φ zwischen U und I der Leuchte: _____

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) _____
- b) _____

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) _____
- b) _____

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.

- _____
- _____
- _____

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)	
b)	
c)	
d)	

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) _____
- b) _____

c)

--	--	--

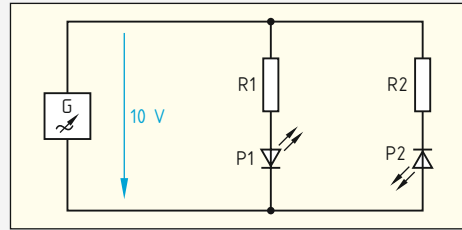


Bild 1: Versuchsschaltung

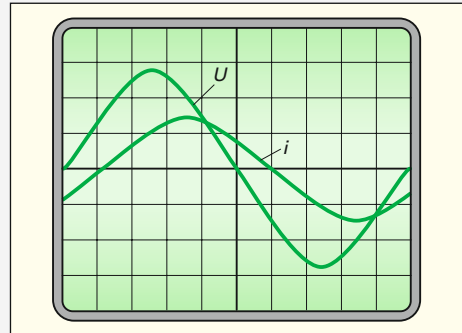


Bild 2: Phasenverschiebung von Spannung und Strom

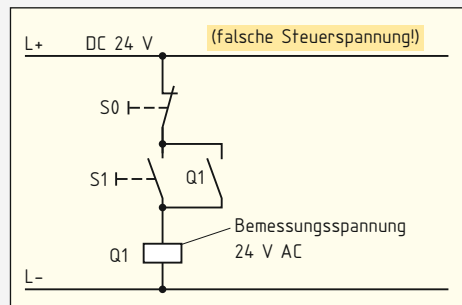


Bild 3: Schützsteuerung

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

Bild 4: Leistungsschild eines Motors

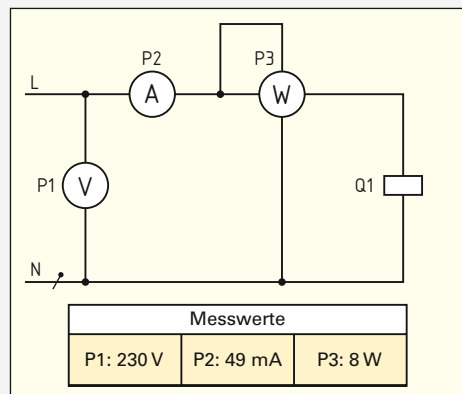


Bild 5: Messungen an einer Schützspule



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

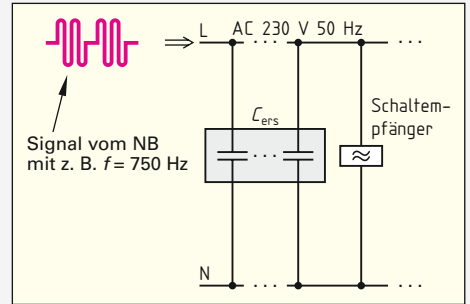


Bild 1: Kondensatoren in Anlagen mit Rundsteuersignalen

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

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

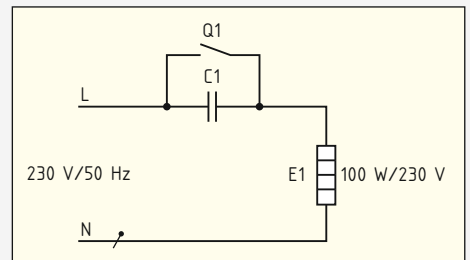


Bild 2: Heizwiderstand mit Kondensator

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

a)

b)

c)

8. Wie ändern sich die Betriebswerte (**Tabelle**), wenn an den Anschlussklemmen L und N, z.B. einer 36-W-Leuchtstofflampe, ein 4- μ 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
_____	_____	_____	_____	_____	_____



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

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

Abschaltbedingung:	
Berechnungen:	
Entscheidung:	

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



Bild 1: Außensteckdose an der Außenwand



Nach DIN VDE 0100-410 müssen Steckdosenstromkreise bis 20 A, die zur Verwendung durch Laien, sowie Endstromkreise im Außenbereich, die für verwendbare tragbare Betriebsmittel bis 32 A bestimmt sind, durch eine RCD mit einem Bemessungs-Differenzstrom $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ zusätzlich geschützt werden.

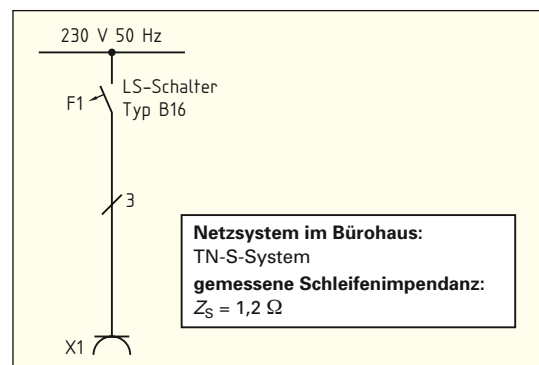


Bild 2: Übersichtsschaltplan und Prüfergebnisse



Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) § 3 Grundpflichten des Arbeitgebers

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



Arbeitsauftrag 2: Die Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) kennenlernen

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

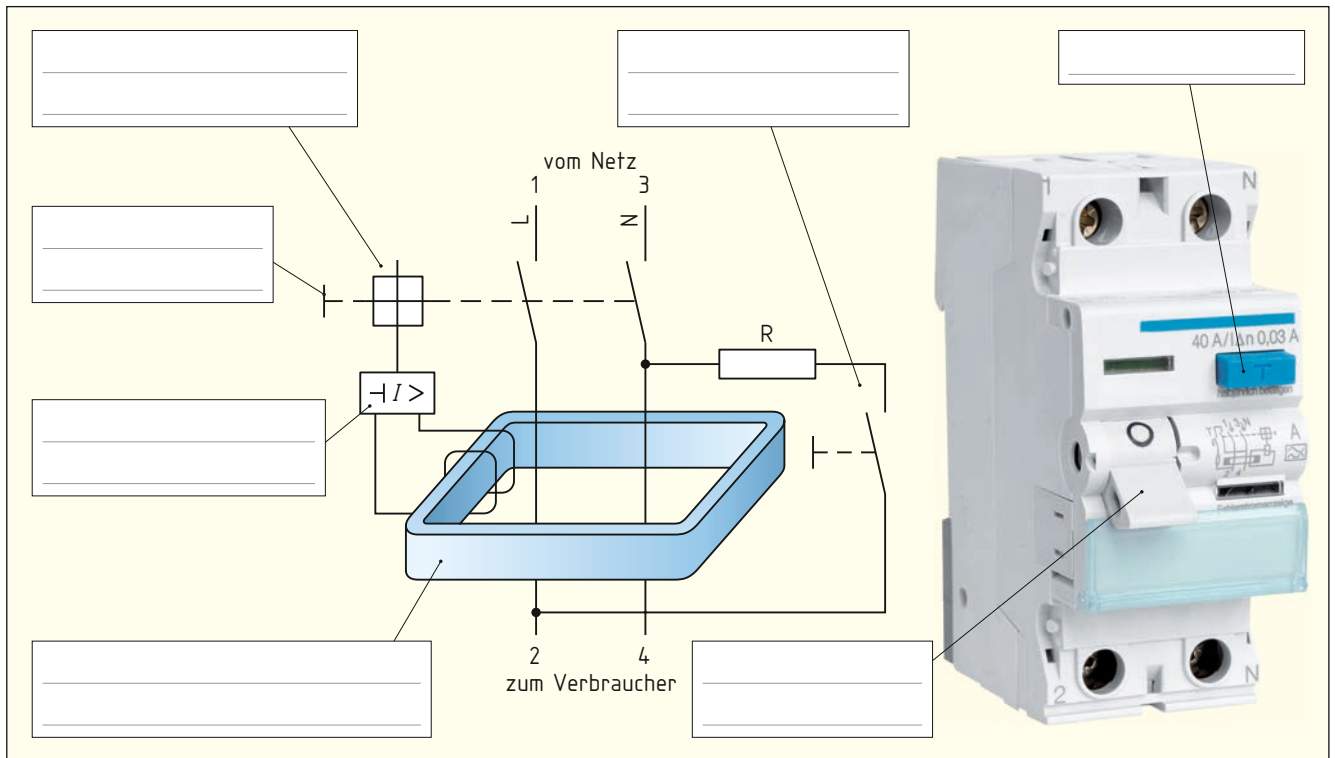



Bild 1: Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD), 2-polig

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

Fehlerfreie Anlage (Bild 2a):

Anlage mit Isolationsfehler (Bild 2b):

 Fachkunde Elektrotechnik, Kapitel: Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen

 www.hager.de

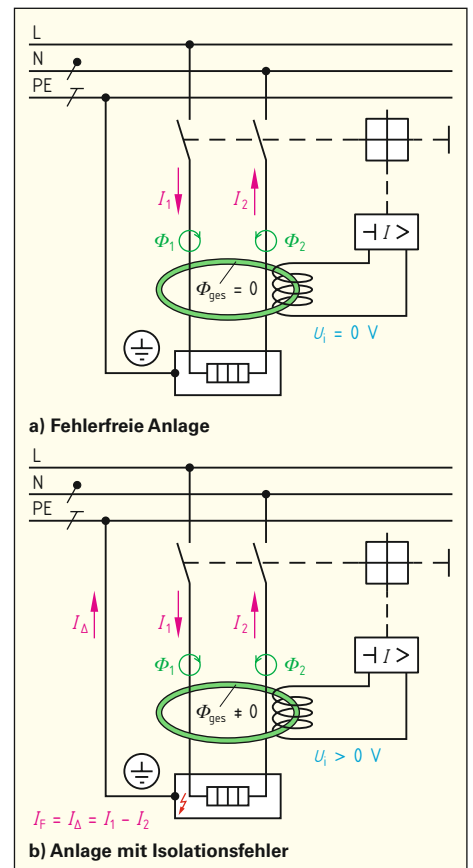


Bild 2: Funktionsprinzip einer RCD