



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für elektrotechnische und elektronische Berufe

Technische Kommunikation Elektrotechnik

Schaltungs- und Systemanalyse

Arbeitsblätter und Aufgaben
Fachbildung – Lernfelder 5 – 12

7. neu bearbeitete und erweiterte Auflage

**Bearbeitet von Lehrern und Ingenieuren an beruflichen Schulen
und in der Industrie**

Lösungen

Autoren:		
Ulrich Beer	Dipl.-Ing. (FH), Fachlehrer	Kaufbeuren
Horst Gebert	Dipl.-Ing. (FH)	Schwäbisch Hall
Gregor Häberle	Dr.-Ing.	Tett nang
Hanswalter Jöckel	Dipl.-Ing. (FH), Oberstudienrat	Friedrichshafen
Thomas Käppel	Fachoberlehrer	Münchberg
Jürgen Schwarz	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Tett nang
Javier Stillig	Dipl.-Ing. (FH), M.Sc.	Stuttgart

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises:

Jürgen Schwarz, Tett nang

Bildbearbeitung: Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern

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

Albrecht Jung GmbH & Co. KG, Schalksmühle
beta SENSORIK GmbH, Kronach
Effekta Regeltechnik GmbH, Rottweil
Fluke Deutschland GmbH, Kassel
GMC-I Gossen-Metrawatt GmbH, Nürnberg
Hager Vertriebsgesellschaft mbH & Co. KG, Blieskastel
HÖR GmbH, Berlin
SenerTec Kraft-Wärme-Energiesysteme GmbH, Schweinfurt
S. Siedle & Söhne, Furtwangen
Siemens AG, München
STIEBEL ELTRON GmbH & Co. KG, Holzminden
LEONHARD WEISS GmbH & Co. KG, Satteldorf
Gigahertz-Solutions, Langenzenn

Pixabay <https://pixabay.com>

Wikipedia: <https://commons.wikimedia.org>

7. Auflage 2020

Europa-Nr.: 36012

ISBN 978-3-8085-3847-0

Druck 5 4 3 2 1

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

Diesem Buch wurden die neuesten Ausgaben der DIN-Blätter und der VDE-Bestimmungen zugrunde gelegt.

Verbindlich sind jedoch nur die DIN-Blätter und VDE-Bestimmungen selbst.

Die DIN-Blätter können von der Beuth-Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, und Kamekestraße 2–8, 50672 Köln, bezogen werden. Die VDE-Bestimmungen sind bei der VDE-Verlag GmbH, Bismarckstraße 33, 10625 Berlin, erhältlich.

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

© 2020 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten

<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: Grafische Produktionen Neumann, 97222 Rimpar

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagfotos – Zeichnungen: Autoren; Installations-/Gerätetester: Fluke Deutschland GmbH

Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

Liebe Leserin, lieber Leser,

die Trilogie „**Technische Kommunikation Elektrotechnik**“ besteht aus dem **Informationsband**, den **Arbeitsblättern und Aufgaben zu den Lernfeldern 1–4** und den **Arbeitsblättern und Aufgaben zu den Lernfeldern 5–12**. Die Trilogie befähigt Sie als Lernenden eines elektrotechnischen oder mechatronischen Berufes, insbesondere den Prüfungsteil „**Schaltungs- und Systemanalyse**“ als einen Teil der Abschlussprüfung problemlos zu bewältigen. Sie lernen durch selbstständiges Handeln, Schaltungsunterlagen und Dokumentationen fachgerecht anzufertigen, auszuwerten und funktionell zu analysieren. Sie werden in die Lage versetzt, geeignete Mess- und Prüfverfahren sowie Diagnosesysteme auszuwählen und Fehlerursachen zu bestimmen. Sie lernen außerdem, elektrische Schutzmaßnahmen den Anforderungen entsprechend zu bewerten.

Für welche Berufe sinnvoll?

Elektroniker/in für die Fachrichtung (Handwerk)

- Energie- und Gebäudetechnik
- Automatisierungstechnik
- Maschinen- und Antriebstechnik

Elektroniker/in für die Fachrichtung (Industrie)

- Gebäude- und Infrastruktursysteme
- Betriebstechnik
- Automatisierungstechnik
- Geräte und Systeme
- Maschinen- und Antriebstechnik

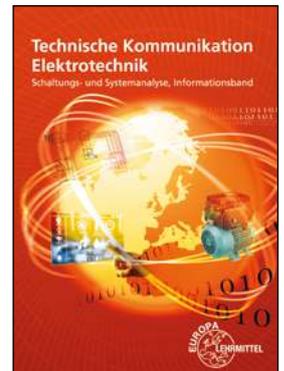
Industrieelektriker/in für die Fachrichtung

- Betriebstechnik
- Geräte und Systeme

Elektroanlagenmonteur/in Mechatroniker/in

Außerdem geeignet für

- Schüler an Berufsfachschulen und technischen Gymnasien
- Meisterschüler
- Technikerschüler



Arbeitsblätter und Aufgaben, Lernfelder 1–4

Die Arbeitsblätter und Aufgaben zur **Grundbildung** beinhalten zu jedem Lernfeld eine übergeordnete, berufstypische Projektbeschreibung. Daraus ergeben sich Arbeitsaufträge, die Sie selbst oder im Team bearbeiten können.

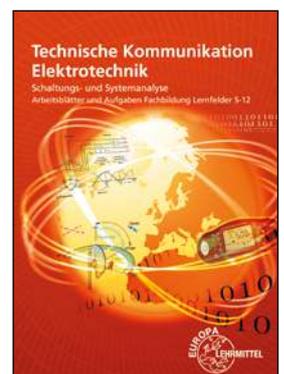
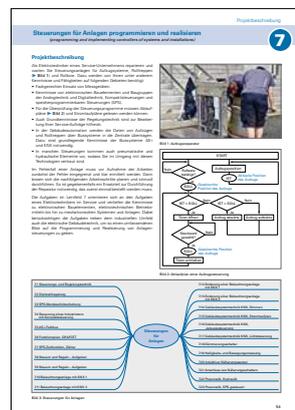
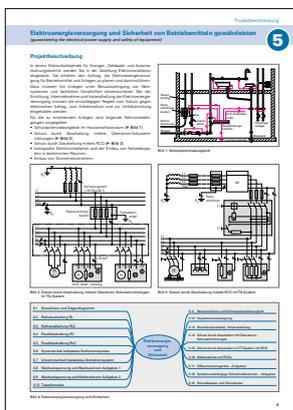
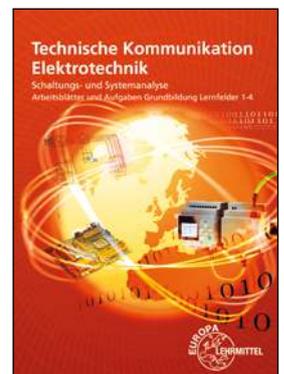
Arbeitsblätter und Aufgaben, Lernfelder 5–12

Die Arbeitsblätter und Aufgaben zur **Fachbildung** bauen auf den bereits erworbenen grundlegenden Kenntnissen der Schaltungs- und Systemanalyse auf und helfen bei der weitergehenden Qualifizierung. Wie bei der Grundbildung ist in jedem Lernfeld eine übergeordnete, berufstypische Projektbeschreibung vorangestellt.

Was ist neu?

Die **Arbeitsblätter und Aufgaben, Lernfeld 5–12**, wurden vollständig überarbeitet und mit neuen Inhalten ergänzt.

- LF5:** Transformator, Stromkreisverteiler und Unterverteilung, Schutz durch Abschalten mit RCD, Schutzklassen und Schutzarten
- LF6:** Messen mit dem Oszilloskop, Sensoren und Aktoren
- LF7:** Steuerungs- und Regelungstechnik, KNX-Projekte, Dämmerungsschalter
- LF8:** Sicherheitsfunktionen
- LF9:** Digitales Fernsehen (DVB-T2 HD), ISDN-TK-Anlage am All-IP-Anschluss
- LF10:** Beleuchtungssteuerung mit DALI, Elektro-Warmwasserbereiter, Trockner, EMV-gerechte Schaltschränke
- LF11:** Energieverteilung, Blockheizkraftwerk, Brennstoffzellen



Informationsband

Der Informationsband stellt alle notwendigen Kenntnisse zur Verfügung, die für die erfolgreiche Bearbeitung der Arbeitsblätter und Aufgaben erforderlich sind. Jedem Lernfeld ist eine Übersicht vorangestellt, auf der die Inhalte des Informationsbandes den Inhalten der Arbeitsblätter zugeordnet sind. Somit lässt sich sehr einfach der Bezug zwischen Arbeitsblättern und Informationsband herstellen.

Gerne freuen wir uns auf einen Dialog mit Ihnen. Schreiben Sie uns unter:

lektorat@europa-lehrmittel.de

Die Autoren und der Verlag Europa-Lehrmittel
Frühjahr 2020

Inhalte Lernfeld 5	7	Inhalte Lernfeld 7	52
Elektroenergieversorgung und Sicherheit von Betriebsmitteln gewährleisten	7	Steuerungen für Anlagen programmieren und realisieren	52
Projektbeschreibung zu Lernfeld 5	8	Projektbeschreibung zu Lernfeld 7	53
5.1 Sinuslinien und Zeigerdiagramm	9	7.1 Steuerungs- und Regelungstechnik	54
5.2 Reihenschaltung RL	10	7.2 Drehzahlregelung	55
5.3 Reihenschaltung RLC	11	7.3 SPS-Wendeschutzschaltung	56
5.4 Parallelschaltung RC	12	7.4 Steuerung eines Industrietors mit Kompaktsteuerung	57
5.5 Parallelschaltung RLC	13	7.5 AS-i-Feldbus	58
5.6 Symmetrisch belastetes Drehstromsystem	14	7.6 Funktionsplan, GRAFCET	59
5.7 Unsymmetrisch belastetes Drehstromsystem	15	7.7 SPS-Zeitfunktion, Zähler	60
5.8 Wechselspannung und Wechselstrom	16	7.8 Steuern und Regeln	61
5.9 Wechselspannung und Wechselstrom	17	7.9 Steuern und Regeln	62
5.10 Transformator	18	7.10 Beleuchtungsanlage mit KNX 1	63
5.11 Hausanschluss und Schutzpotenzialausgleich	19	7.11 Beleuchtungsanlage mit KNX 2	64
5.12 Hauptstromversorgung	20	7.12 Änderung einer Beleuchtungsanlage mit KNX 1	65
5.13 Stromkreisverteiler, Unterverteilung	21	7.13 Änderung einer Beleuchtungsanlage mit KNX 2	66
5.14 Schutz durch Abschalten mit Überstrom-Schutzeinrichtungen	22	7.14 Gebäudesystemtechnik KNX, Dimmen	67
5.15 Schutz durch Abschalten im TT-System mit RCD	23	7.15 Gebäudesystemtechnik KNX, Stromlaufplan	68
5.16 Netzsysteme und RCDs	24	7.16 Gebäudesystemtechnik KNX, Jalousiesteuerung	69
5.17 Differenzstromgeräte	25	7.17 Gebäudesystemtechnik KNX, Lichtsteuerung	70
5.18 Systemunabhängige Schutzmaßnahmen	26	7.18 Dämmerungsschalter	71
5.19 Schutzklassen und Schutzarten	27	7.19 Helligkeits- und Bewegungsmessung	72
		7.20 Induktiver Näherungssensor	73
		7.21 Anschluss von Näherungsschaltern	74
		7.22 Pneumatik, Hydraulik	75
		7.23 Pneumatik, SPS-gesteuert	76
Inhalte Lernfeld 6	28	Inhalte Lernfeld 8	77
Anlagen und Geräte analysieren und prüfen	28	Antriebssysteme auswählen und integrieren	77
Projektbeschreibung zu Lernfeld 6	29	Projektbeschreibung zu Lernfeld 8	78
6.1 Strom- und Spannungsmessung im Drehstromsystem	30	8.1 DC-Reihenschlussmotor mit Anlasser	79
6.2 Leistungsmessung im Drehstromsystem	31	8.2 DC-Reihenschlussmotor mit Wendepol- und Kompensationswicklung	80
6.3 Zählerschaltung mit Stromwandler	32	8.3 DC-Nebenschlussmotoren	81
6.4 Messen mit dem Oszilloskop	33	8.4 DC-Motor, fremderregt, mit Wendepolen	82
6.5 Fehlersuche bei Geräten	34	8.5 Motorschutzschalter	83
6.6 Wiederkehrende Prüfungen nach DGUV Vorschrift 3 – DIN VDE 0105	35	8.6 Motor mit Dahlanderwicklung – Hauptstromkreis	84
6.7 Messungen nach DIN VDE 0701-0702	36	8.7 Motor mit Dahlanderwicklung – Steuerstromkreis	85
6.8 Prüfprotokoll für instandgesetzte Geräte nach DIN VDE 0701-0702	37	8.8 Einphasenmotoren	86
6.9 Prüfprotokoll für wiederkehrende Prüfungen	38	8.9 Kondensatormotor	87
6.10 Prüfung von Schutzmaßnahmen im TN-System	39	8.10 Bremsmotor	88
6.11 Prüfung einer RCD-Schutzeinrichtung im TT-System	40	8.11 Bremsschaltung	89
6.12 Übergabebericht und Prüfprotokoll	41	8.12 Servoantrieb	90
6.13 Gleichrichterschaltungen für Einphasenwechselspannung	42	8.13 Schrittmotor	91
6.14 Einwegschaltung mit verschiedenen Lasten	43	8.14 Stern-Dreieck-Schalter	92
6.15 Gleichrichterschaltungen für Dreiphasenwechselspannung	44	8.15 Stern-Dreieck-Schützschtaltung	93
6.16 Netzgerät mit geregelter Ausgangsspannung	45	8.16 Stern-Dreieck-Schützschtaltung	94
6.17 Sensoren und Aktoren	46	8.17 Läufer-Selbstanlasser	95
6.18 Sensorik	47	8.18 Ständer-Selbstanlasser	96
6.19 Überwachung einer Rolltreppe – Transistor als Schalter	48	8.19 Wendeschaltung ohne Hilfskontakte	97
6.20 Überwachung eines Aufzuges – Emitterschaltung	49	8.20 Kontaktlose Steuerung mit RS-Flipflop	98
6.21 Operationsverstärker als Invertierer	50	8.21 Motoren	99
6.22 Operationsverstärker als Nichtinvertierer	51	8.22 Motoren	100
		8.23 Thyristorschaltungen	101
		8.24 Schaltungen mit elektronischen Bauelementen	102
		8.25 Schaltungen mit elektronischen Bauelementen	103
		8.26 Vollgesteuerte Sternschaltung M3C (Dreipuls-Mittelpunktschaltung)	104

Inhaltsverzeichnis

8.27	Vollgesteuerte Brückenschaltungen	105
8.28	Heizungssteuerung mit elektronischem Lastrelais (ELR)	106
8.29	Frequenzumrichter	107
8.30	Drehzahlsteuerung beim Universalmotor	108
8.31	Drehzahlsteuerung bei DC-Kleinmotoren	109
8.32	NOT-AUS-Einrichtung	110
8.33	Sicherheitsfunktionen	111
8.34	EMV-gerechte Schaltschränke	112
8.35	EMV-gerechter Anschluss eines Frequenzumrichters	113

Inhalte Lernfeld 9 114

Kommunikationssysteme in Wohn- und Zweckbauten planen und realisieren 114

Projektbeschreibung zu Lernfeld 9 115		
9.1	Türsprechanlage	116
9.2	Türsprechanlage für Einfamilienhaus	117
9.3	Türsprechanlage für mehrere Wohnungen	118
9.4	Hauskommunikation mit Bussystem	119
9.5	Signalschaltungen	120
9.6	Raumschutzanlage 1	121
9.7	Raumschutzanlage 2	122
9.8	Digitales Fernsehen mit terrestrischen Antennen (DVB-T2 HD)	123
9.9	Satelliten-Empfangsanlagen	124
9.10	Breitbandkommunikationsanlage	125
9.11	ISDN-TK-Anlage am All-IP-Anschluss	126
9.12	Analog- und ISDN-Telefonanschlussstechnik	127
9.13	Kommunikationsanlagen	128
9.14	Kommunikationsanlagen	129

Inhalte Lernfeld 10 130

Elektrische Anlagen der Haustechnik in Betrieb nehmen und instand halten 130

Projektbeschreibung zu Lernfeld 10 131		
10.1	Beleuchtungsanlage über Schütz geschaltet	132
10.2	Leuchtstofflampenschaltungen mit VVGs	133
10.3	Leuchtstofflampenschaltungen mit EVGs	134
10.4	Dimmergesteuerte Leuchtstofflampen mit EVGs	135
10.5	Beleuchtungssteuerung mit DALI	136
10.6	Wechselstromsteller mit Triac	137
10.7	Dimmer und Leistungszusatz	138
10.8	Schaltungen mit Dimmern	139
10.9	Tastdimmer	140
10.10	Funk-Dimmer	141
10.11	Temperaturregelung	142
10.12	Elektro-Wärmespeicher, Geräteschaltung	143
10.13	Elektro-Wärmespeicher, Installation	144
10.14	Elektro-Warmwasserbereiter	145
10.15	Raumklimagerät	146
10.16	Kühllastberechnung	147
10.17	Elektro-Wärmespeicher	148
10.18	Kochplatte mit Siebentaktschalter	149
10.19	Elektroherd	150
10.20	Glaskeramik-Kochfeld	151
10.21	Induktions-Kochfeld	152
10.22	Kühlschrank	153
10.23	Gefrierschrank mit Schnellgefriereinrichtung	154
10.24	Mikrowellenherd	155
10.25	Gewerbe-Spülmaschine	156
10.26	Waschmaschine	157
10.27	Trockner	158

10.28	Bügelmaschine	159
10.29	Wärmepumpe und Durchlauferhitzer	160
10.30	Überspannungsschutz	161
10.31	Blitzschutzanlage	162
10.32	Blitzschutzzonen	163
10.33	Elektroinstallation mit Netzfreischalter	164
10.34	Markisensteuerung für einen Wintergarten	165
10.35	Entsorgung von Elektroschrott	166

Inhalte Lernfeld 11 167

Energetische Anlagen errichten, in Betrieb nehmen und instand halten 167

Projektbeschreibung zu Lernfeld 11 168		
11.1	Energieverteilung	169
11.2	Drehstromtransformatoren	170
11.3	Kompensation	171
11.4	Fotovoltaik 1	172
11.5	Fotovoltaik 2	173
11.6	Sicherheitsstromversorgung	174
11.7	Ersatzstromversorgungsanlage	175
11.8	Unterbrechungsfreie Stromversorgung – USV	176
11.9	Blockheizkraftwerk	177
11.10	Brennstoffzellen	178
11.11	Stromversorgung einer Operationsleuchte	179

Inhalte Lernfeld 12 180

Energie und gebäudetechnische Anlagen planen und realisieren 180

Projekt Schreinerei 180		
12.1	Projektbeschreibung und Aufgaben	180
12.2	Aufgaben zum Projekt Schreinerei	180

Lösungen 182

5.8	Wechselspannung und Wechselstrom	182
5.9	Wechselspannung und Wechselstrom	184
5.16	Netzsysteme und RCDs	186
5.17	Differenzstromgeräte	188
5.18	Systemunabhängige Schutzmaßnahmen	189
6.7	Messungen nach DIN VDE 0701-0702	190
6.18	Sensorik	191
7.8	Steuern und Regeln	192
7.9	Steuern und Regeln	194
8.16	Stern-Dreieck-Schützschtaltung	196
8.21	Motoren	197
8.22	Motoren	198
8.24	Schaltungen mit elektronischen Bauelementen	199
8.25	Schaltungen mit elektronischen Bauelementen	200
8.32	NOT-AUS-Einrichtung	201
9.5	Signalschaltungen	202
9.13	Kommunikationsanlagen	203
9.14	Kommunikationsanlagen	204
10.15	Raumklimagerät	205
10.16	Kühllastberechnung	206
10.17	Elektro-Wärmespeicher	207
10.21	Induktions-Kochfeld	208
10.24	Mikrowellenherd	209
10.25	Gewerbe-Spülmaschine	210
10.34	Markisensteuerung für einen Wintergarten	211
11.11	Stromversorgung einer Operationsleuchte	212
12.1	Projekt Schreinerei	213

Arbeitsblätter und Aufgaben

Informationsband

Wechsel- und Drehstromsystem

Erzeugung beschreiben, Grundgrößen erläutern und damit rechnen, Zeiger- und Linienbilder zeichnen.

- Sinuslinien und Zeigerdiagramme
- Reihenschaltung RL
- Reihenschaltung RLC
- Parallelschaltung RC
- Parallelschaltung RLC
- Symmetrisch belastetes Drehstromsystem
- Unsymmetrisch belastetes Drehstromsystem
- Wechselspannung und Wechselstrom

- Sinuslinien und Zeigerdiagramme
- Phasenverschiebung
- Zeigerdiagramme der Reihenschaltung
- Zeigerdiagramme der Parallelschaltung
- Drehstromsystem – Sternschaltung
- Drehstromsystem – Dreieckschaltung

Vertieft in Lernfeld 6

Netzsysteme und Schutzmaßnahmen

Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag nach DIN VDE 0100 Teil 410 erläutern und Anwendungen zuordnen.

Überstrom- und Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) fachgerecht auswählen.

Bestimmungen für die Erstprüfung nach DIN VDE 0100 Teil 600 nennen. Mess- und Prüfgeräte für Messungen nach DIN VDE 0100 Teil 600 (Erstprüfungen), DIN VDE 0105 (Wiederholungsprüfungen, E-Check) und DIN VDE 0701-0702 (Geräteprüfung) anwenden und interpretieren. Prüfprotokolle erstellen.

- Schutz durch Abschalten mit Überstrom-Schutzeinrichtungen
- Schutz durch Abschalten im TT-System
- Netzsysteme und RCDs
- Schutz durch Abschalten mit RCD
- Differenzstromgeräte
- Systemunabhängige Schutzmaßnahmen
- Schutzklassen und Schutzarten

- Netzsysteme und Schutzmaßnahmen
- Intelligente Stromnetze
- Doppelte oder verstärkte Isolierung und Schutztrennung
- Kleinspannungen
- Schutz durch Abschaltung mit Überstrom-Schutzeinrichtung
- Schutz durch Abschaltung mit RCD
- Schutzklassen und Schutzarten

Vertieft in Lernfeld 6

Schalt- und Verteilungsanlagen

Betriebsmittel in Hauptverteilungen und Unterverteilungen beschreiben und dimensionieren.

- Hausanschluss und Schutzpotenzialausgleich
- Hauptstromversorgung
- Stromkreisverteiler, Unterverteilung

- Hausanschluss und Potenzialausgleich
- Hauptstromversorgungssystem und Zählerplätze
- Stromkreisverteiler (Unterverteilung)

Transformator

Aufbau beschreiben, Transformatorprinzip erläutern.

- Transformator

- Transformator – Aufbau und Funktion
- Kleintransformatoren und Drehstromtransformatoren
- Messwandler

Vertieft in Lernfeld 11

Elektroenergieversorgung und Sicherheit von Betriebsmitteln gewährleisten

(guaranteeing the electrical power supply and safety of equipment)



Projektbeschreibung

In einem Elektrofachbetrieb für Energie-, Gebäude- und Automatisierungstechnik werden Sie in der Abteilung Elektroinstallation eingesetzt. Sie erhalten den Auftrag, die Elektroenergieversorgung für Betriebsmittel und Anlagen zu planen und durchzuführen.

Dazu müssen Sie Anlagen unter Berücksichtigung von Netzsystemen und fachlichen Vorschriften dimensionieren. Bei der Errichtung, Inbetriebnahme und Instandhaltung der Elektroenergieversorgung müssen die einschlägigen Regeln zum Schutz gegen elektrischen Schlag, zum Arbeitsschutz und zur Unfallverhütung eingehalten werden.

Für die zu errichtenden Anlagen sind folgende Rahmenbedingungen vorgegeben:

- Schutzpotenzialausgleich im Hausanschlussraum (► Bild 1),
- Schutz durch Abschaltung mittels Überstrom-Schutzeinrichtungen (► Bild 2),
- Schutz durch Abschaltung mittels RCD (► Bild 3),
- biologische Elektroinstallation und der Einbau von Netzabkoppeln in bestimmten Räumen,
- Einbau von Stromkreisverteilern.

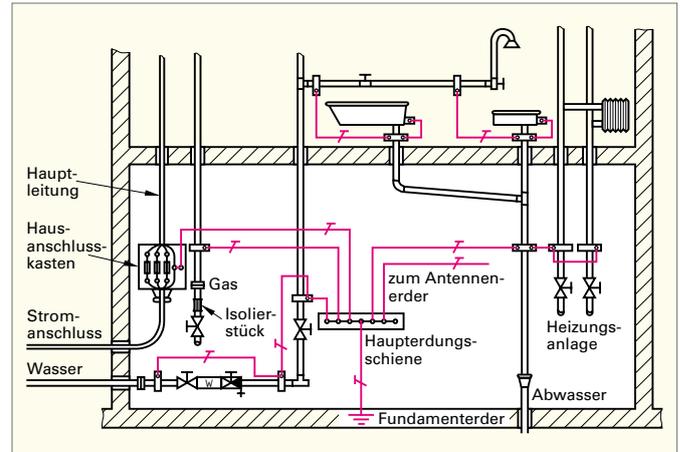


Bild 1: Schutzpotenzialausgleich

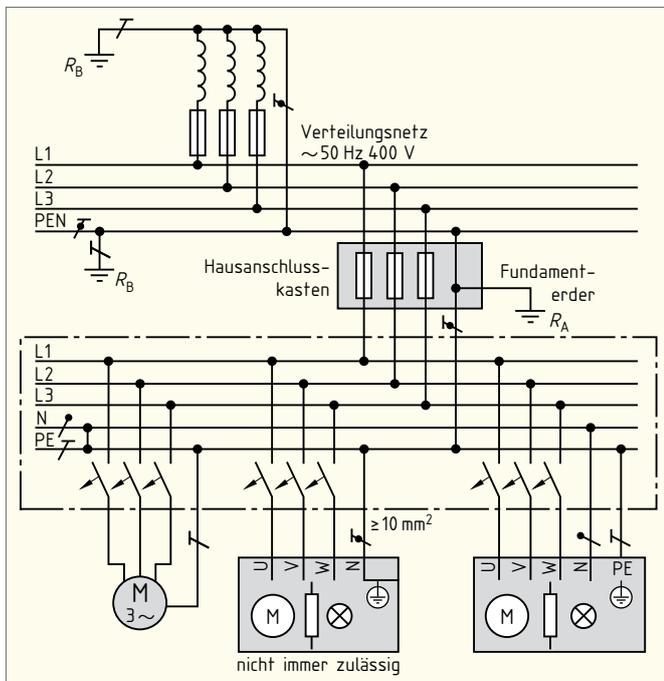


Bild 2: Schutz durch Abschaltung mittels Überstrom-Schutzeinrichtungen im TN-System

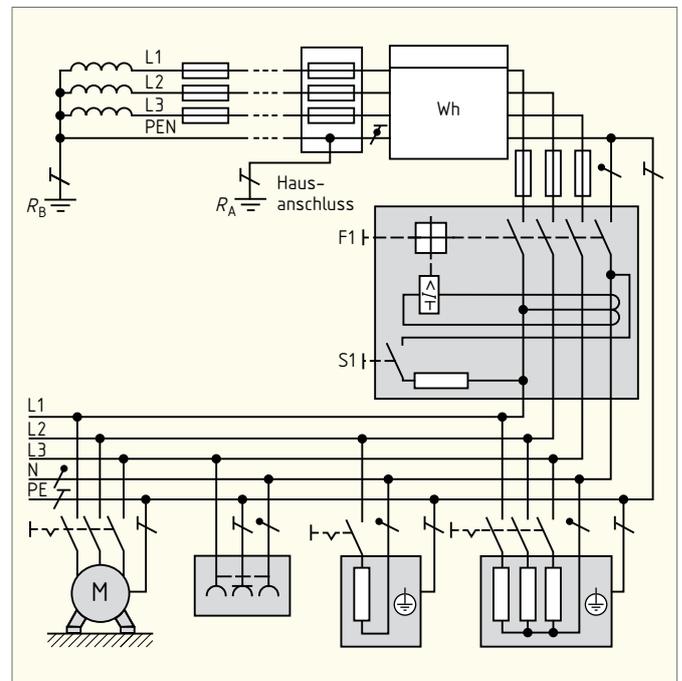


Bild 3: Schutz durch Abschaltung mittels RCD im TN-System

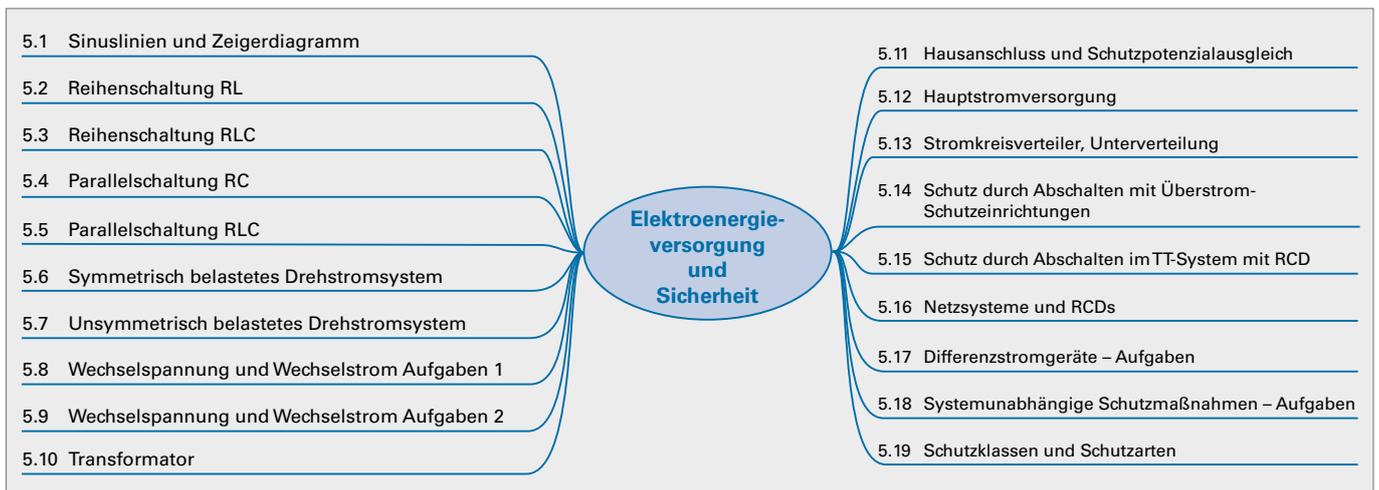
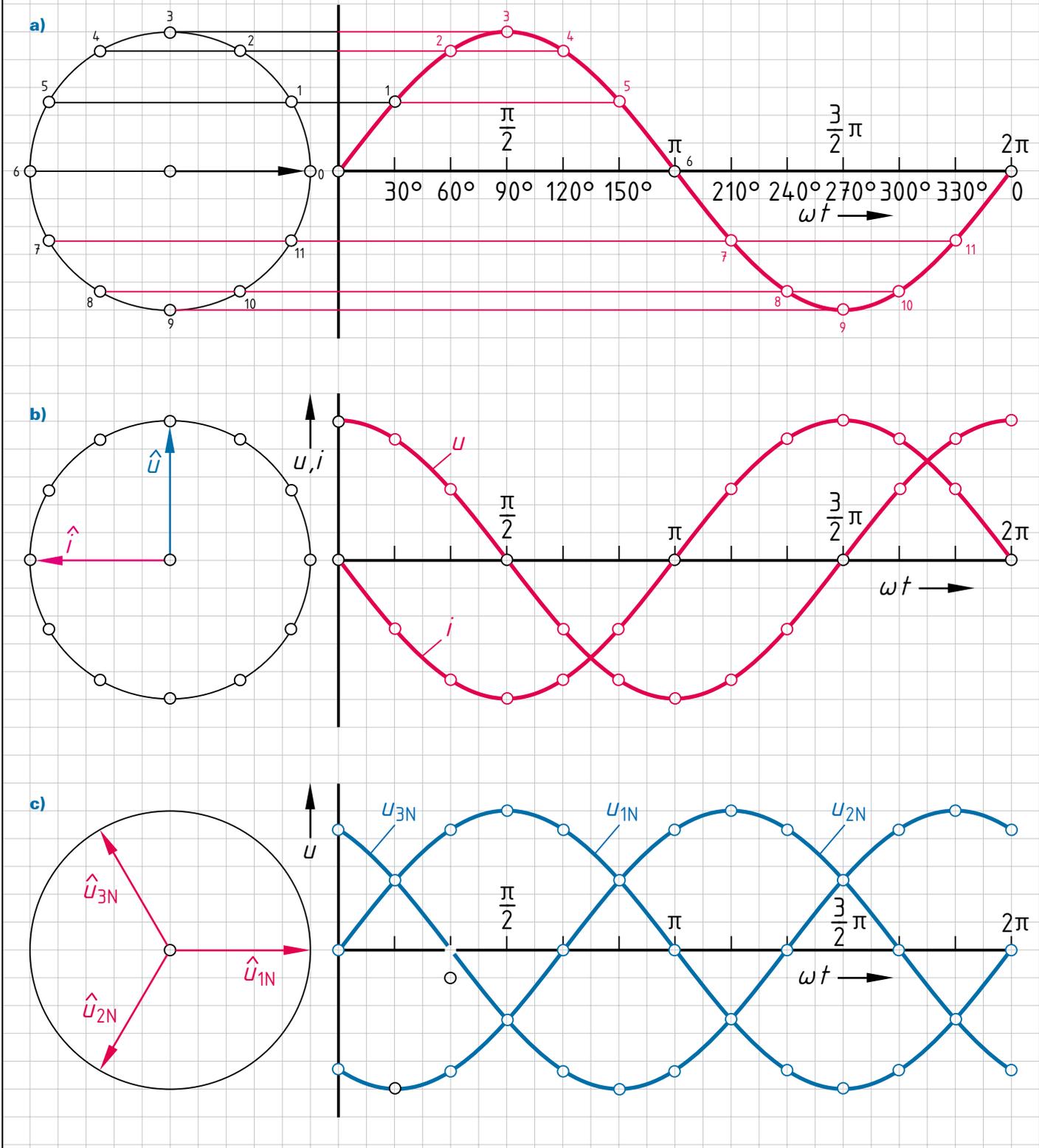


Bild 4: Elektroenergieversorgung und Sicherheit

5.1 Sinuslinien und Zeigerdiagramm

(sine curves and phasors)

- a) Vervollständigen Sie die Sinuslinie mithilfe des rotierenden Zeigers unter Verwendung des zwölfgeteilten Kreises. Nummerieren Sie im Linienbild die Punkte und tragen Sie alle waagrechten Projektionslinien ein.
- b) Konstruieren Sie zum Zeiger i die Sinuslinie wie bei a), jedoch ohne Nummerierung der Punkte und ohne Projektionslinien. Konstruieren Sie dann zum Zeiger u die zugehörige Sinuslinie.
- c) Die drei Sinuslinien stellen die Spannungen eines Drehstromsystems dar. Konstruieren Sie die zugehörigen Zeiger und schreiben Sie die Spannungsangabe zu jedem Zeiger.



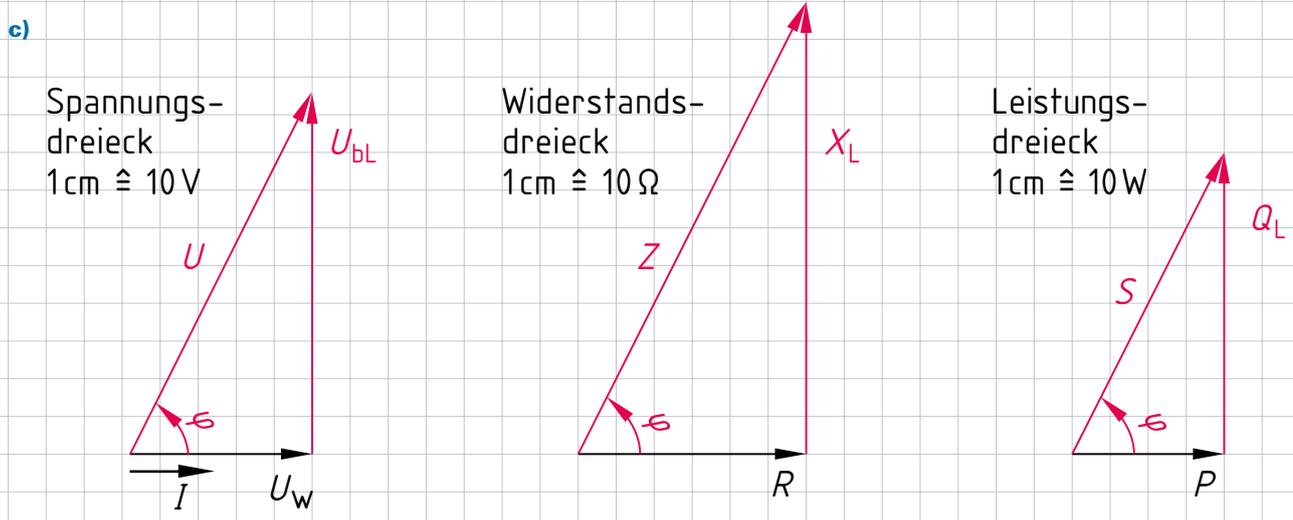
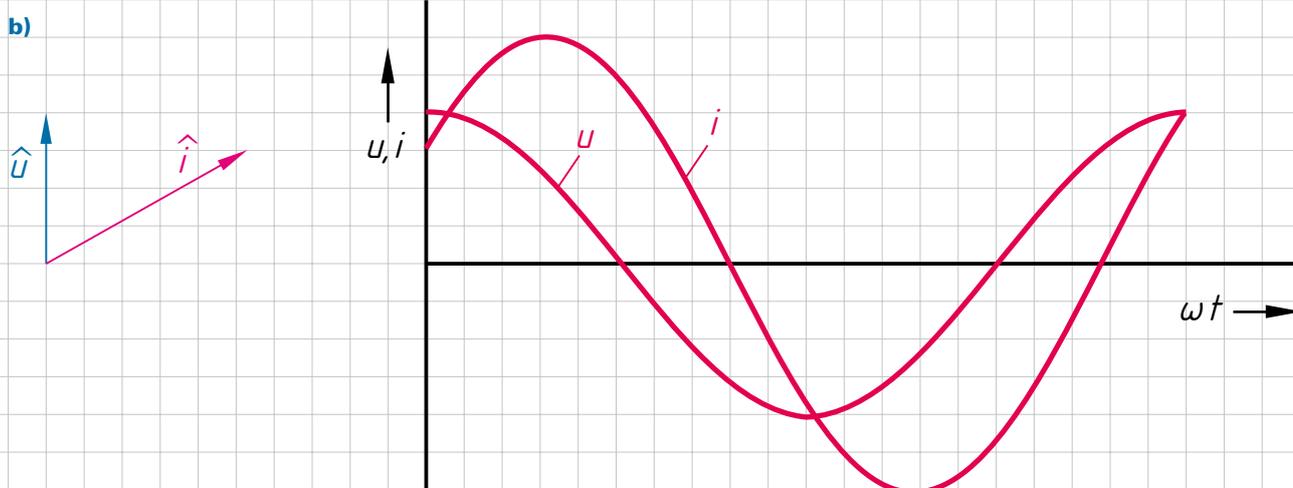
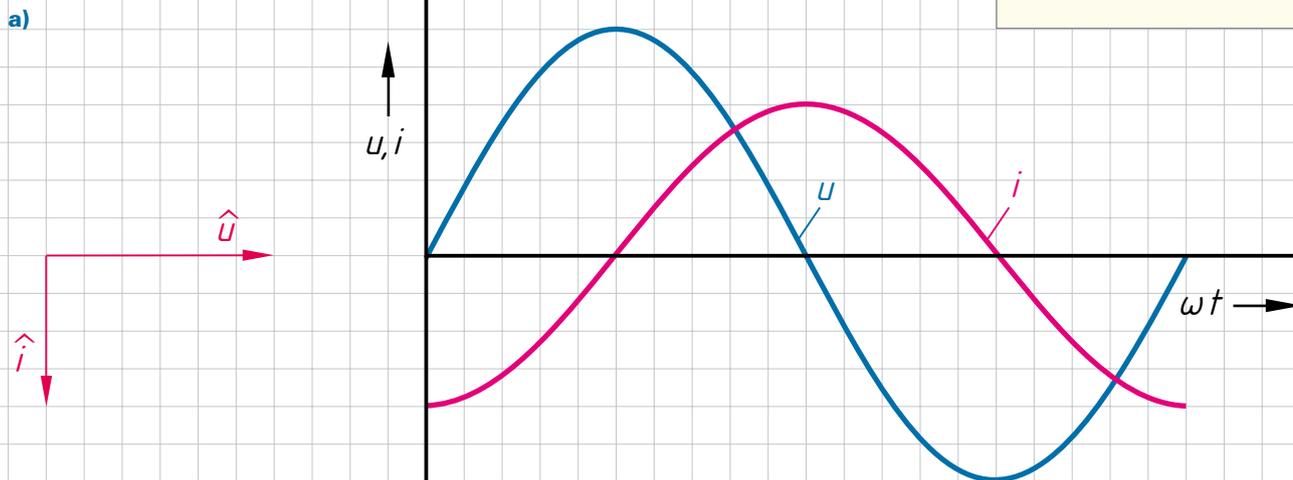
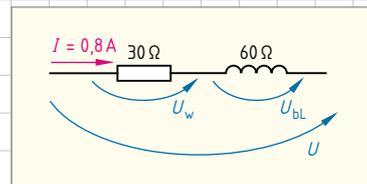
	Schule:	Klasse:	Datum:	Gezeichnet:	Geprüft:
	_____	_____	_____	_____	_____

5.2 Reihenschaltung RL

(series connection of RL)



- a) Konstruieren Sie die Lage der Zeiger aus dem Liniendiagramm.
- b) Konstruieren Sie den zur Zeigerdarstellung gehörenden Verlauf der Wechselgrößen, tragen Sie im Liniendiagramm u und i ein. Die Wechselgrößen haben die gleich große Periodendauer wie bei a).
- c) Vervollständigen Sie die Zeigerdiagramme für die nebenstehende Schaltung.

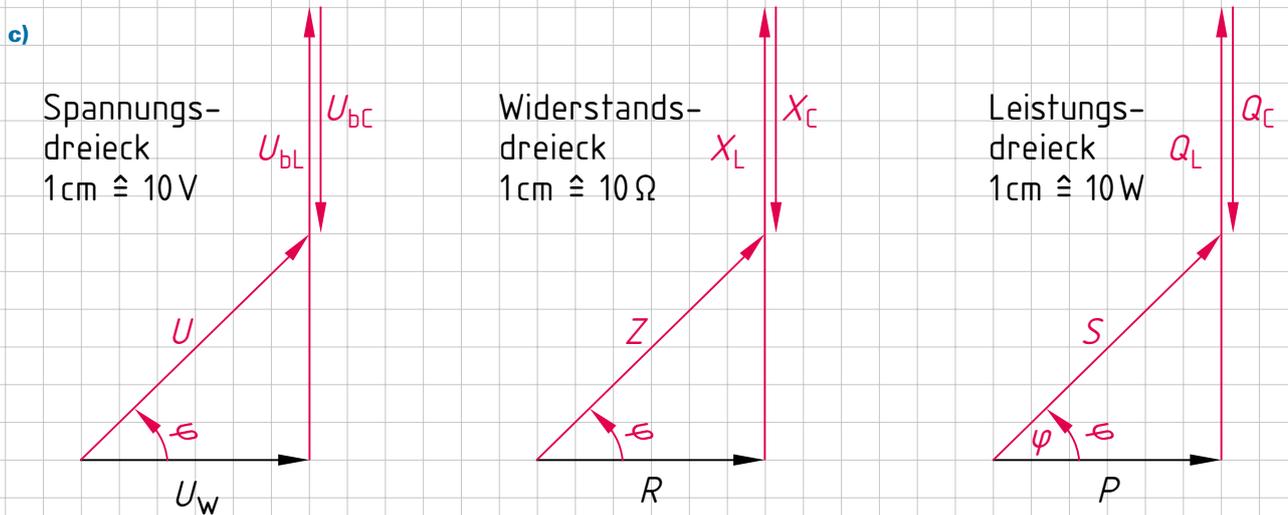
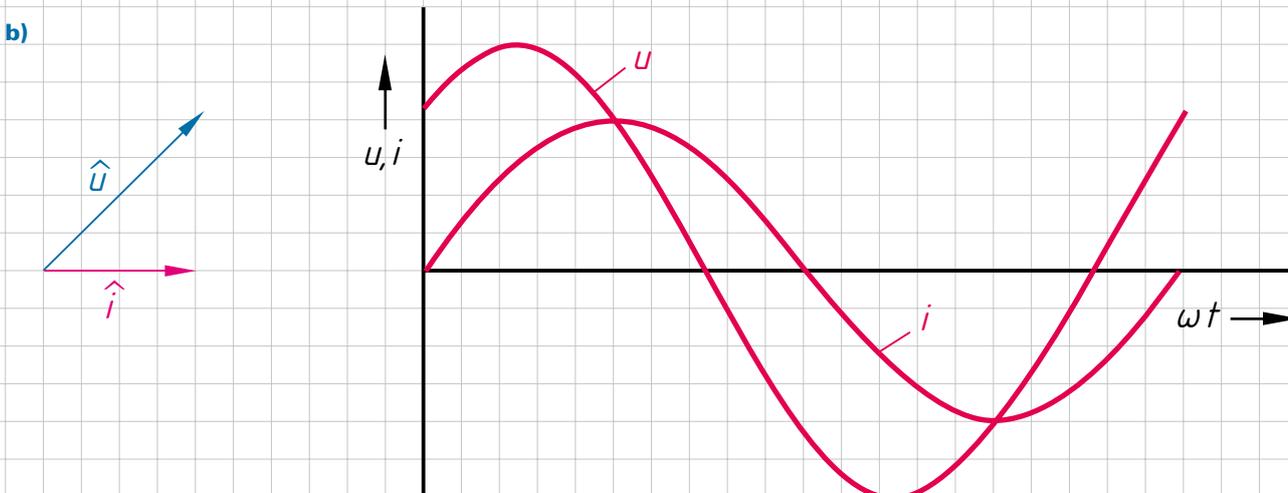
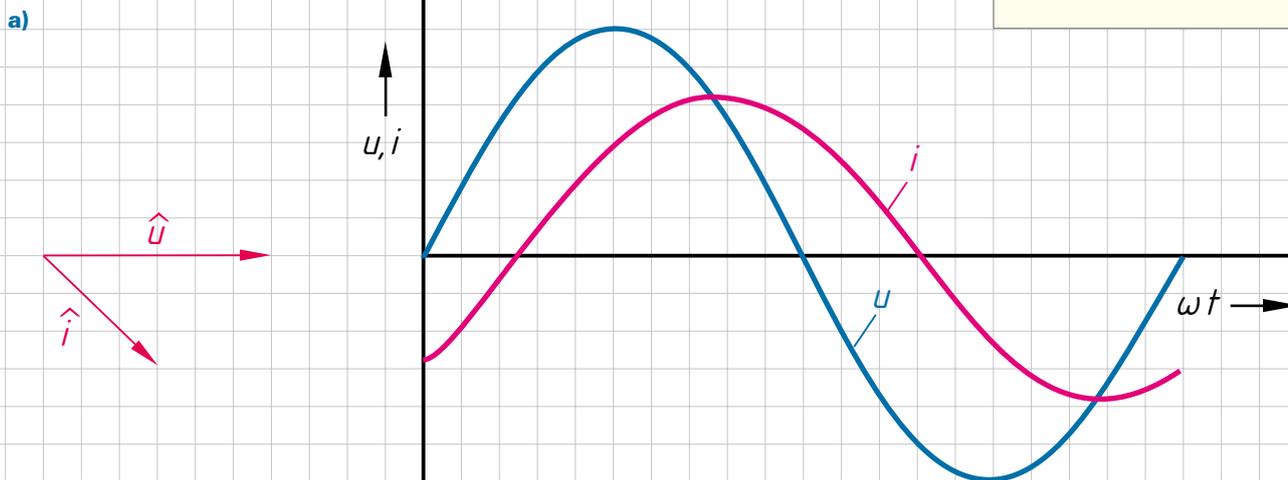
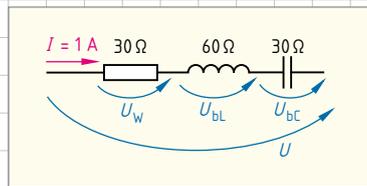


	Schule: _____	Klasse: _____	Datum: _____	Gezeichnet: _____	Geprüft: _____
--	---------------	---------------	--------------	-------------------	----------------

5.3 Reihenschaltung RLC

(series connection of RLC)

- a) Konstruieren Sie die Lage der Zeiger aus dem Liniendiagramm.
- b) Konstruieren Sie den zur Zeigerdarstellung gehörenden Verlauf der Wechselgrößen, tragen Sie im Liniendiagramm u und i ein. Die Wechselgrößen haben die gleich große Periodendauer wie bei a).
- c) Vervollständigen Sie die Zeigerdiagramme für die nebenstehende Schaltung.



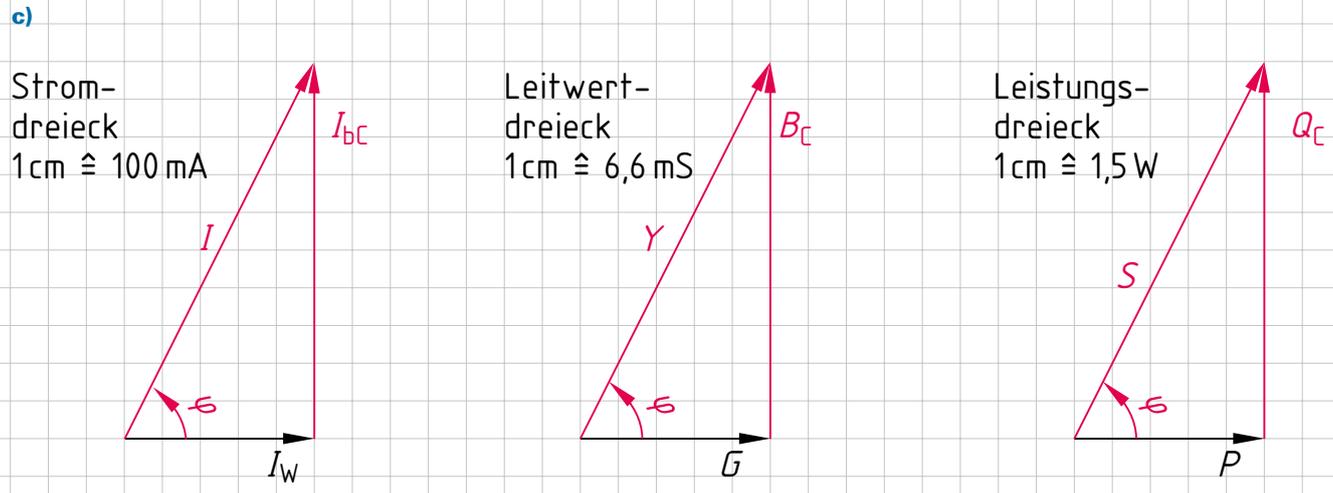
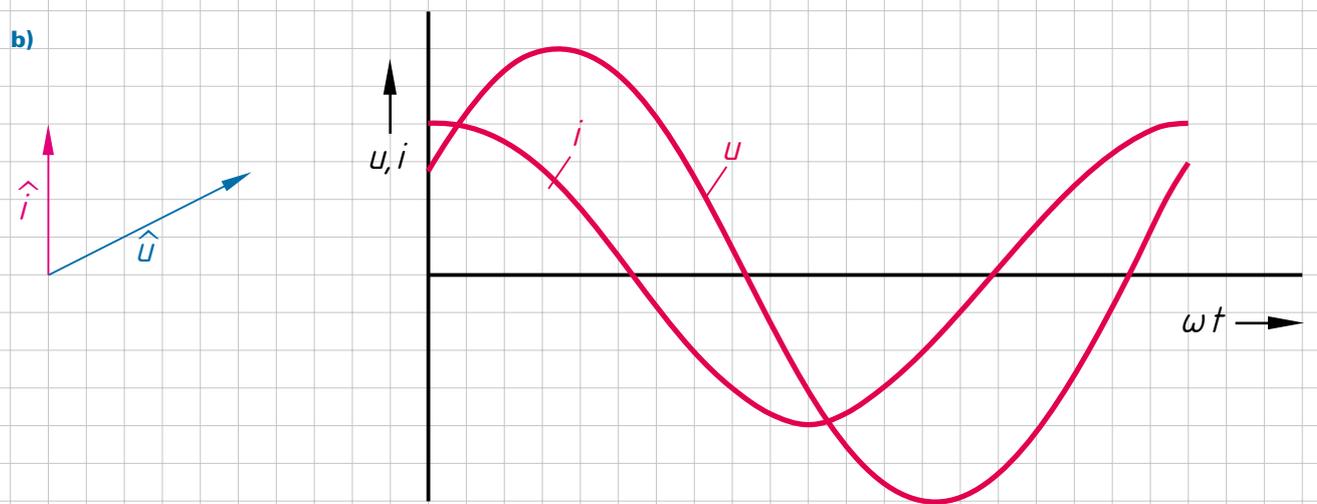
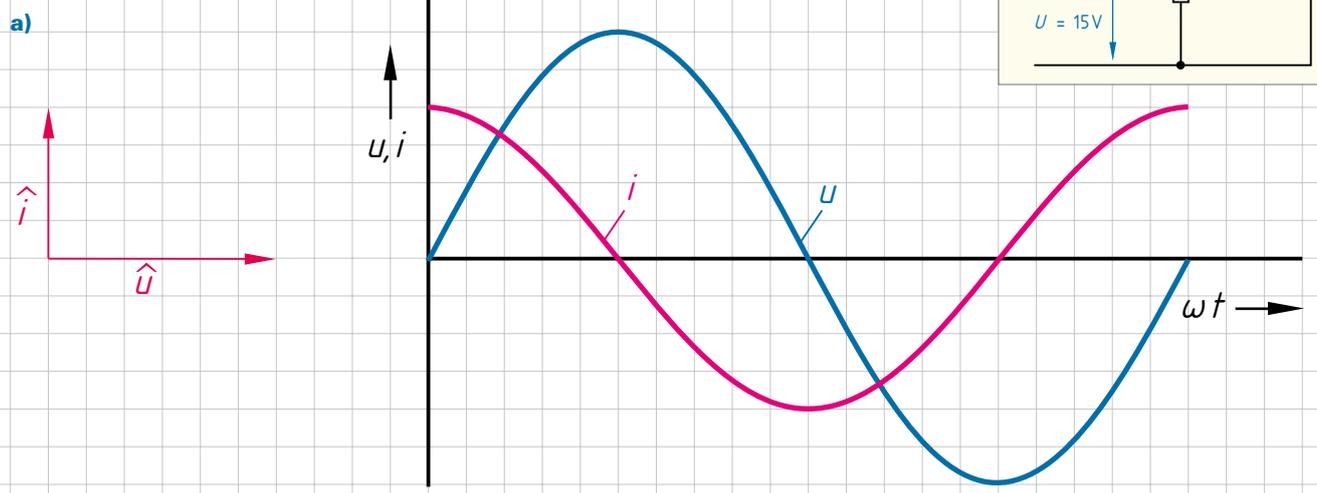
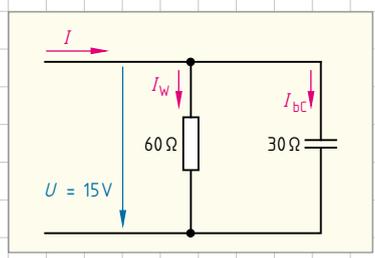
	Schule: _____	Klasse: _____	Datum: _____	Gezeichnet: _____	Geprüft: _____
--	---------------	---------------	--------------	-------------------	----------------

5.4 Parallelschaltung RC

(parallel connection of RC)



- a) Konstruieren Sie die Lage der Zeiger aus dem Liniendiagramm.
- b) Konstruieren Sie den zur Zeigerdarstellung gehörenden Verlauf der Wechselgrößen, tragen Sie im Liniendiagramm u und i ein. Die Wechselgrößen haben die gleich große Periodendauer wie bei a).
- c) Vervollständigen Sie die Zeigerdiagramme für die nebenstehende Schaltung.

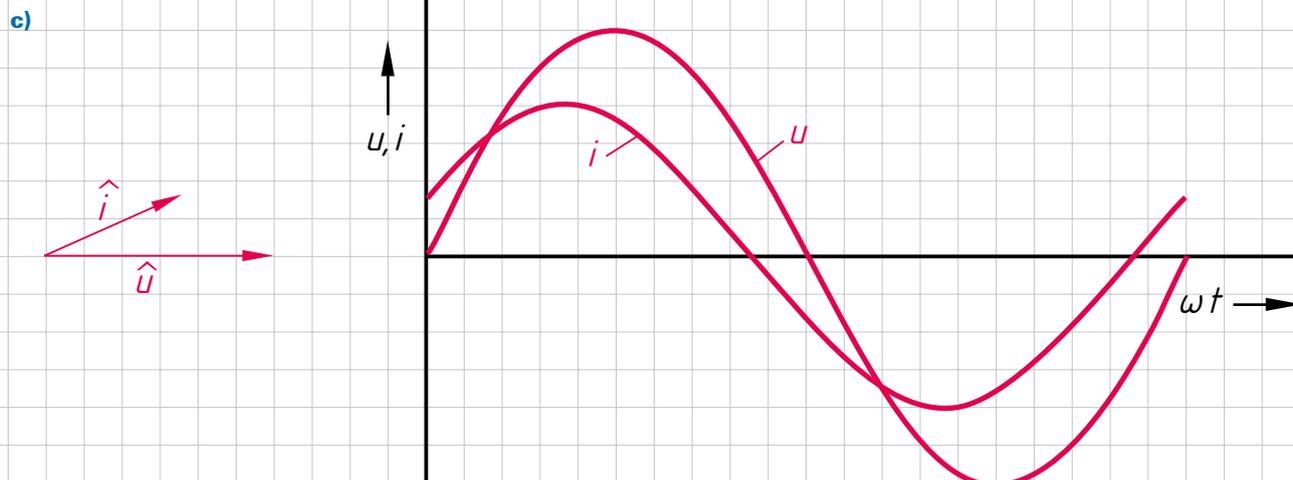
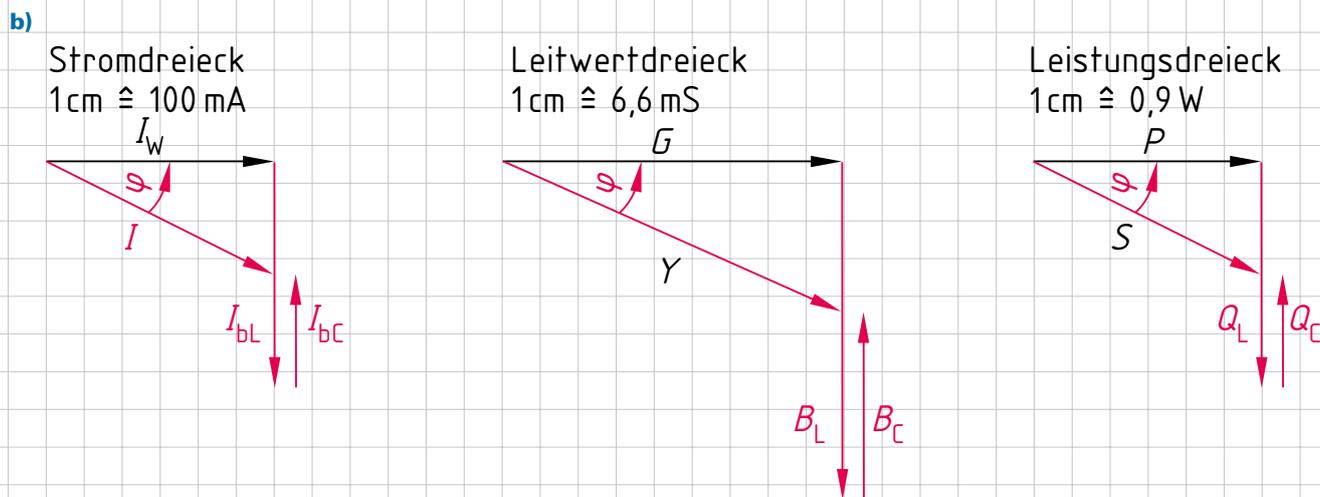
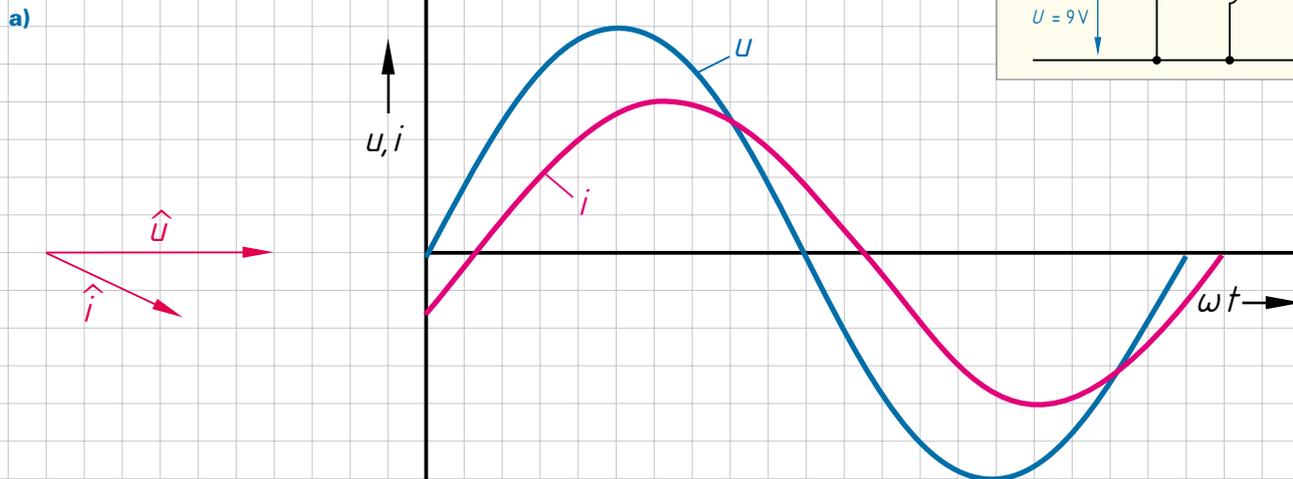
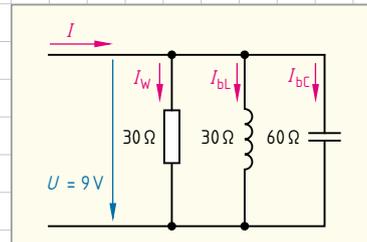


	Schule: _____	Klasse: _____	Datum: _____	Gezeichnet: _____	Geprüft: _____
--	---------------	---------------	--------------	-------------------	----------------

5.5 Parallelschaltung RLC

(parallel connection of RLC)

- a) Konstruieren Sie die Lage der Zeiger aus dem Liniendiagramm für nebenstehende Schaltung.
- b) Vervollständigen Sie die Zeigerdiagramme für die nebenstehende Schaltung.
- c) Konstruieren Sie für eine Parallelschaltung mit $R = 30 \Omega$, $X_L = 60 \Omega$, $X_C = 30 \Omega$ das Liniendiagramm für u und i sowie die Lage der Zeiger.



	Schule: _____	Klasse: _____	Datum: _____	Gezeichnet: _____	Geprüft: _____
--	---------------	---------------	--------------	-------------------	----------------

5.6 Symmetrisch belastetes Drehstromsystem

(symmetrically loaded three-phase system)

- In der Reparaturwerkstatt ist ein Drehstrommotor in Sternschaltung an das 400/230-V-Netz angeschlossen (► Bild 1). In jedem Außenleiter fließt ein Strom von 7,25 A bei einem Leistungsfaktor von $\cos \varphi = 0,8$. Zeichnen Sie das Zeigerbild der Ströme und das Stromdreieck.
- In dem Elektrofachbetrieb wird das warme Wasser im Waschraum mit einem Durchlauferhitzer erwärmt. Die Heizwiderstände des Durchlauferhitzers sind in Dreieckschaltung an das Drehstromnetz 400/230 V angeschlossen (► Bild 2). Jeder Heizwiderstand hat einen Wert von $26,7 \Omega$.
 - Berechnen Sie die Strangströme I_{12} , I_{23} und I_{31} .
 - Zeichnen Sie die Zeigerbilder der Strangströme und ermitteln Sie daraus die Außenleiterströme I_1 , I_2 und I_3 .

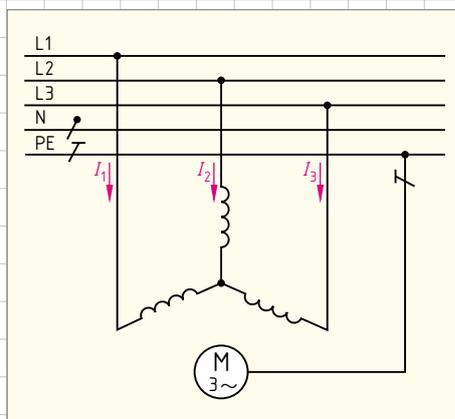


Bild 1: Drehstrommotor in Sternschaltung

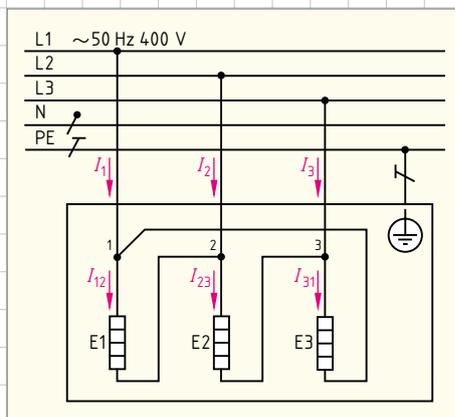
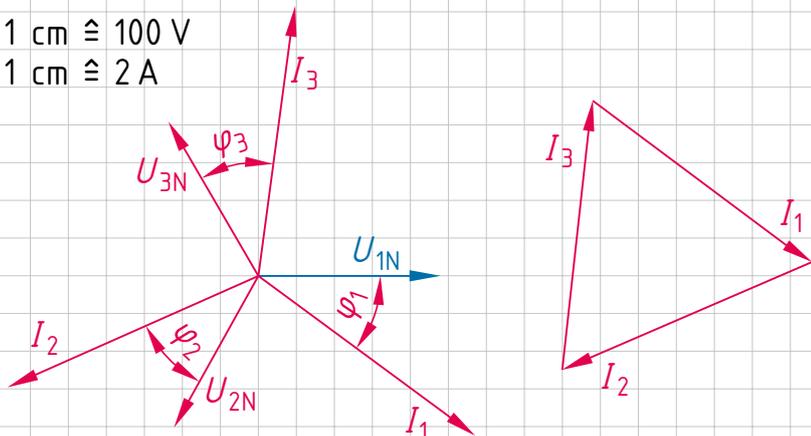


Bild 2: Schaltung der Heizwiderstände im Durchlauferhitzer

1. Drehstrommotor

$\cos \varphi = 0,8$
 $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = 36,9^\circ$

1 cm $\hat{=}$ 100 V
 1 cm $\hat{=}$ 2 A



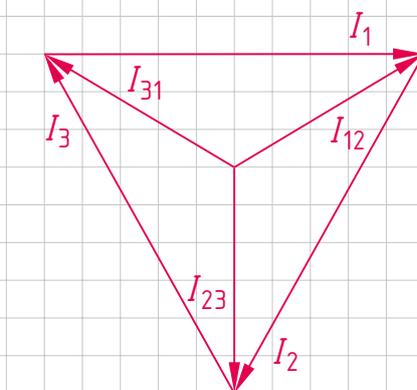
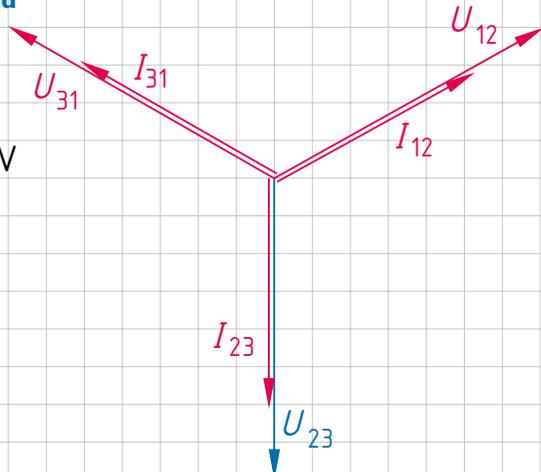
2. Durchlauferhitzer

a)

$I_{12} = \frac{U_{12}}{R_{E1}} = \frac{400 \text{ V}}{26,7 \Omega} = 15 \text{ A}; \quad I_{12} = I_{23} = I_{31}$

b) Zeigerbild

1 cm $\hat{=}$ 100 V
 1 cm $\hat{=}$ 5 A



$I_1 = I_2 = I_3 = 5,2 \text{ cm} \hat{=}$ 26 A

5.7 Unsymmetrisch belastetes Drehstromsystem

(asymmetrically loaded three-phase system)

- In der Küche eines Elektrofachbetriebes befindet sich ein Elektroherd mit vier Blitz-Kochplatten. Über Siebentaktschalter sind davon drei Kochplatten in unterschiedlichen Schaltstufen eingeschaltet (► Bild 1):
 Kochplatte E1 (Ø 145 mm) in Stufe 6.
 Kochplatte E2 (Ø 180 mm) in Stufe 4.
 Kochplatte E3 (Ø 180 mm) in Stufe 6.
 a) Ermitteln Sie mithilfe des Tabellenbuches Elektrotechnik bzw. des Internets die Leistungen der Kochplatten in den jeweiligen Schaltstufen.
 b) Berechnen Sie die Ströme in den Kochplatten.
 c) Ermitteln Sie mittels Zeigerbilder den Strom im Neutralleiter.
- In der Reparaturabteilung des Elektrofachbetriebes sind folgende Wechselstromverbraucher am Drehstromnetz angeschlossen (► Bild 2):
 Ein Heizofen E1 mit einer Stromaufnahme von 9,1 A. Ein Wechselstrommotor M1, der bei einem $\cos \varphi = 0,86$ einen Strom von 8 A aufnimmt. Ein Wechselstrommotor M2, der bei einem $\cos \varphi = 0,75$ einen Strom von 6,5 A aufnimmt. Ermitteln Sie mittels Zeigerbilder den Strom im Neutralleiter.

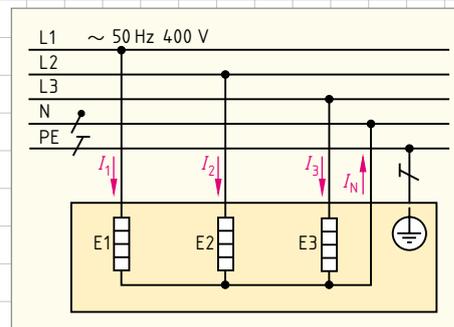


Bild 1: Eingeschaltete Kochplatten im Elektroherd

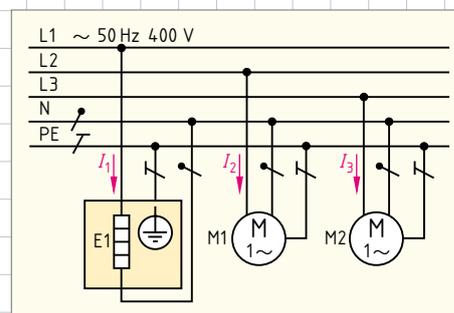


Bild 2: Wechselstromverbraucher am Drehstromnetz

1. Elektroherd

a) Leistungen an den Kochplatten

$$P_{E1} = 1500 \text{ W}; \quad P_{E2} = 850 \text{ W}; \quad P_{E3} = 2000 \text{ W}$$

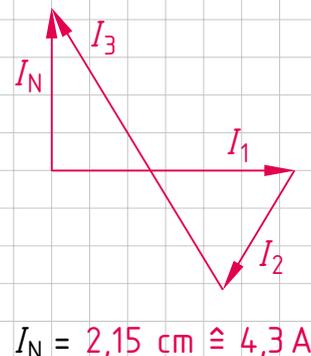
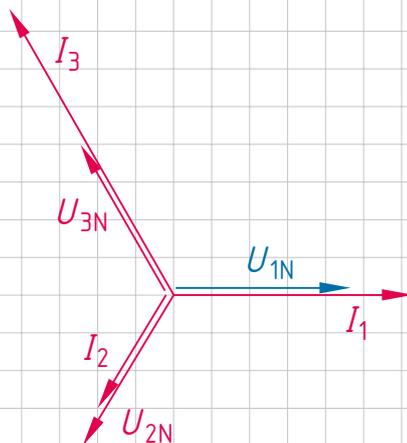
b) Berechnung der Ströme

$$I_1 = \frac{P_{E1}}{U_{1N}} = \frac{1500 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 6,52 \text{ A}; \quad I_2 = \frac{P_{E2}}{U_{2N}} = \frac{850 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 3,70 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{P_{E3}}{U_{3N}} = \frac{2000 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 8,70 \text{ A}$$

c) Zeigerbilder

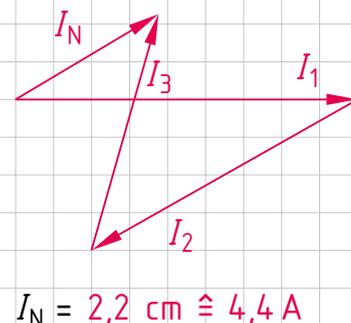
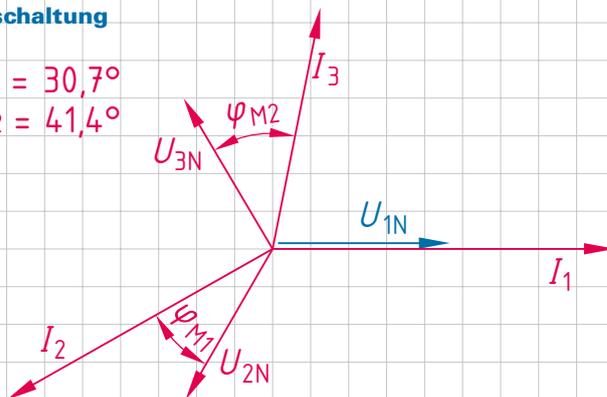
1 cm $\hat{=}$ 100 V
 1 cm $\hat{=}$ 2 A



2. Verbraucher in Sternschaltung

$\cos \varphi_{M1} = 0,86; \quad \varphi_{M1} = 30,7^\circ$
 $\cos \varphi_{M2} = 0,75; \quad \varphi_{M2} = 41,4^\circ$

1 cm $\hat{=}$ 100 V
 1 cm $\hat{=}$ 2 A



5.8 Wechselspannung und Wechselstrom

(alternating voltage and alternating current)

► Lösungen s. S. 182 – 183

1. Liniendiagramme

(line charts)

In einem Messlabor wurden von einfachen Wechselstromkreisen mit einem XY-Schreiber Ströme und Spannungen als Liniendiagramme aufgezeichnet (► Bild 1).

- Zeichnen Sie zu den Liniendiagrammen ① bis ⑤ die Zeigerdiagramme mit $\hat{i} = 2 \text{ mA}$ und $\hat{u} = 42 \text{ V}$ (Maßstab: $1 \text{ mA} \triangleq 1 \text{ cm}$; $10 \text{ V} \triangleq 1 \text{ cm}$).
- Welche einfachen passiven Bauelemente befinden sich möglicherweise in den fünf Wechselstromkreisen mit den Liniendiagrammen ① bis ⑤?
- Zeichnen Sie die Schaltungen dieser möglichen Wechselstromkreise.

2. Leuchtstofflampenschaltungen

(fluorescent lamp circuits)

Leuchtstofflampen benötigen zur Strombegrenzung und Zündspannungserzeugung eine Drossel als Vorschaltgerät.

In der Leuchtstofflampenschaltung (► Bild 2) beträgt die Spannung an der Lampe nach dem Zünden 64 V , an der Drossel fällt eine Spannung von 221 V ab. Dabei fließt ein Strom von $0,4 \text{ A}$. Die Drossel wird in dieser Schaltung als verlustlose Spule betrachtet. Die Spannungs- und Stromangaben sind Effektivwerte.

(Maßstab: $60^\circ \triangleq 1 \text{ cm}$; $60 \text{ V} \triangleq 1 \text{ cm}$; $0,2 \text{ A} \triangleq 1 \text{ cm}$; $100 \Omega \triangleq 1 \text{ cm}$; $10 \text{ W} = 10 \text{ VA} \triangleq 10 \text{ var} \triangleq 1 \text{ cm}$)

- Zeichnen Sie das Zeigerdiagramm für die Effektivwerte der Spannungen. Messen Sie aus dem Zeigerdiagramm den Phasenverschiebungswinkel φ und ermitteln Sie den Leistungsfaktor $\cos \varphi$.
- Erstellen Sie das Liniendiagramm für den Strom, die beiden Teilspannungen sowie für die Gesamtspannung und zeichnen Sie den Phasenverschiebungswinkel φ ein.
- Berechnen Sie den Wirkwiderstand R und den Blindwiderstand X_L . Zeichnen Sie mit diesen Angaben das Widerstandsdreieck und ermitteln Sie zeichnerisch daraus die Größe des Scheinwiderstandes Z .
- Errechnen Sie die Blindleistung Q_L und die Wirkleistung P . Zeichnen Sie damit ein Leistungsdreieck und ermitteln Sie hieraus zeichnerisch die Scheinleistung S .
- Induktive Blindleistungen können durch kapazitive Blindleistungen kompensiert werden. Damit keine Resonanzerscheinungen auftreten, wird nicht bis zum Wert $\cos \varphi = 1$ kompensiert. In diesem Beispiel soll die Anlage auf $\cos \varphi_2 = 0,95$ kompensiert werden. Zeichnen Sie in das Leistungsdreieck den Phasenverschiebungswinkel φ_2 ein und ermitteln Sie daraus zeichnerisch die notwendige Blindleistung eines Kompensationskondensators.
- Errechnen Sie aus der kapazitiven Blindleistung die Kapazität des Kompensationskondensators bei Parallelkompensation. Der Kondensator wird als verlustlos betrachtet.
- Zur Verminderung des Stroboskopeffektes verwendet man häufig die Duoschaltung. Bei zwei Leuchtstofflampen mit gleicher Leistung wird in einen Lampenzweig ein Reihen-kondensator von $3,6 \mu\text{F}$ geschaltet. Zeichnen Sie das Widerstandsdreieck. Ermitteln Sie für den kapazitiven Zweig zeichnerisch die Größe des Gesamtwiderstandes Z_{kap} und des Phasenverschiebungswinkels φ_{kap} .
- Zeichnen Sie das Spannungsdreieck für den kapazitiven Zweig.
- Zeichnen Sie das Zeigerbild der Ströme für die gesamte Duoschaltung. Ermitteln Sie daraus zeichnerisch I und φ_{ges} .

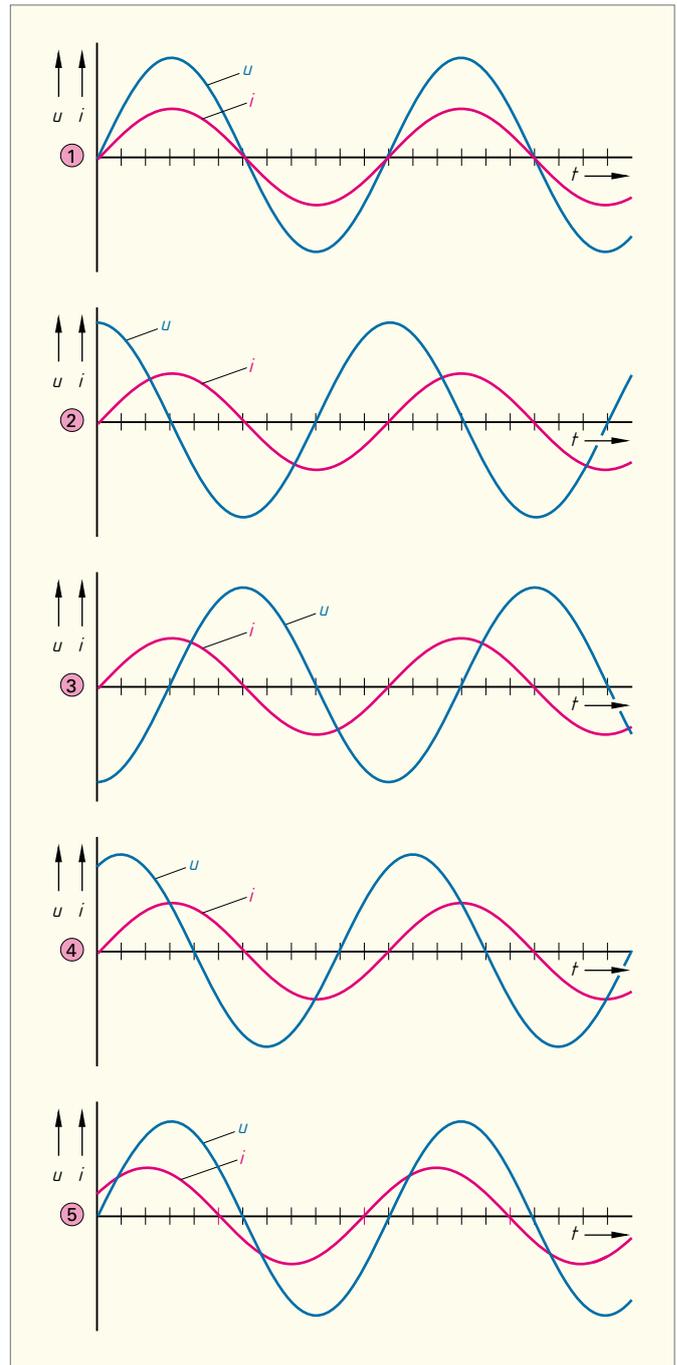


Bild 1: Liniendiagramme

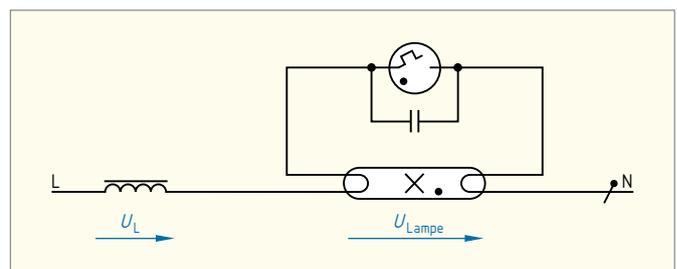


Bild 2: Leuchtstofflampenschaltung

5.9 Wechselspannung und Wechselstrom

(alternating voltage and alternating current)

► Lösungen s. S. 184 – 185

1. Versuchsschaltung

(experimental circuit)

Zur Ermittlung des Wirkwiderstandes R_V und der Induktivität L einer Spule wird diese mit einem Widerstand $R_1 = 60 \Omega$ in Reihe geschaltet und an eine Wechselspannung $U = 50 \text{ V}$, $f = 50 \text{ Hz}$ angeschlossen (► Bild 1). Folgende Spannungen werden in der Schaltung gemessen: $U_1 = 15 \text{ V}$; $U_2 = 40 \text{ V}$.

- a) Ermitteln Sie mit einem Spannungsdreieck U_W und U_{bL} . (Maßstab: $10 \text{ V} \triangleq 1 \text{ cm}$)
- b) Berechnen Sie den Widerstand R_V und die Induktivität L .

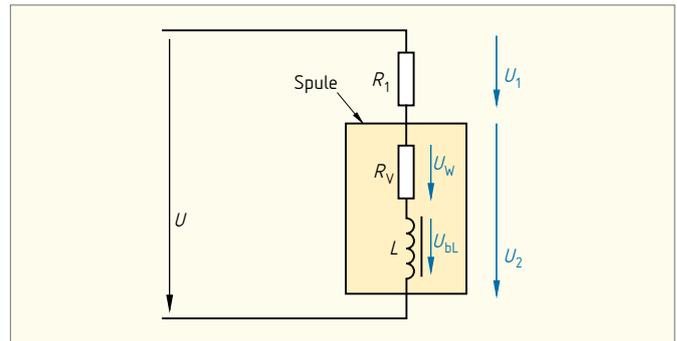


Bild 1: Versuchsschaltung

2. Durchlauferhitzer

(instantaneous water heater)

Um die Leitungen und das Netz gleichmäßig zu belasten, werden die drei Heizwiderstände eines Durchlauferhitzers, wie in ► Bild 2 dargestellt, an das Drehstromnetz 230/400 V angeschlossen.

- a) Wie nennt man diese Art von Schaltung?
- b) Berechnen Sie die Strangströme I_{Str} .
- c) Zeichnen Sie das Zeigerbild für diese Ströme. (Maßstab: $5 \text{ A} \triangleq 1 \text{ cm}$)
- d) Ermitteln Sie zeichnerisch den Leiterstrom.
- e) Wie groß ist der Verkettungsfaktor zwischen Strangstrom und Leiterstrom?

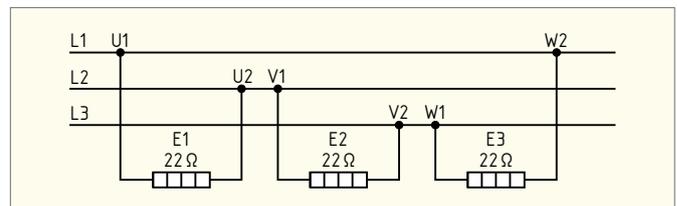


Bild 2: Durchlauferhitzer

3. Lichterketten

(fairy lights)

Drei Lichterketten mit jeweils fünfzig Glühlampen zu je 25 W sind wegen der gleichmäßigen Netzbelastung an das Drehstromnetz 230/400 V angeschlossen (► Bild 3).

- a) Wie nennt man diese Art von Schaltung?
- b) Errechnen Sie die Ströme in den Außenleitern und zeichnen Sie mit diesen Angaben das Liniendiagramm. (Maßstab: $60^\circ \triangleq 1 \text{ cm}$; $2 \text{ A} \triangleq 1 \text{ cm}$)
- c) Ermitteln Sie aus dem Liniendiagramm die Augenblickswerte der Ströme bei $\alpha = 90^\circ$ und bei $\alpha = 180^\circ$.
- d) Welche Erkenntnis ergibt sich bei Addition dieser Stromwerte?
- e) Zeichnen Sie das Zeigerbild der Ströme und das Stromdreieck.
- f) Wie nennt man diese Art der Belastung?

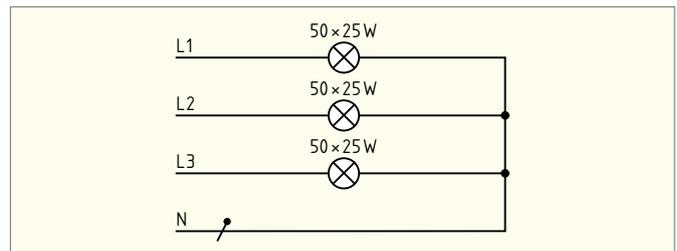


Bild 3: Lichterketten

4. Elektroherd

(electric cooker)

Ein Elektroherd wird bei Neuanlagen an das Drehstromnetz 230/400 V angeschlossen (► Bild 4). (Maßstab: $2 \text{ A} \triangleq 1 \text{ cm}$)

- a) Ermitteln Sie die Ströme in den Außenleitern, wenn sämtliche Kochplatten und der Backofen eingeschaltet sind.
- b) Zeichnen Sie das Zeigerbild der Ströme in den Außenleitern.
- c) Ermitteln Sie zeichnerisch den Strom im Neutralleiter.
- d) Wie nennt man diese Art von Belastung?

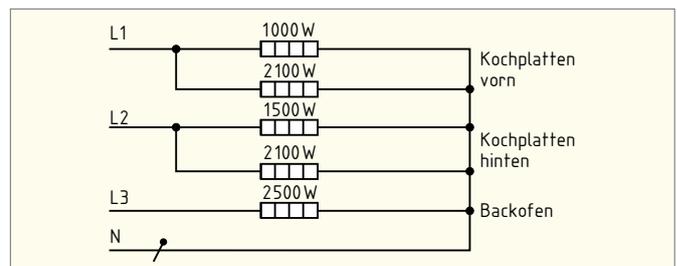


Bild 4: Elektroherd

5. Zeigerdreiecke

(phasor triangles)

Nach Messungen an verschiedenen Schaltungen mit unterschiedlichen Spulen, Kondensatoren und Widerständen wurden die Zeigerdreiecke in ► Bild 5 erstellt.

- a) Zeichnen Sie die Schaltungen, die den Zeigerdreiecken ① bis ③ und ④ bis ⑥ zugrunde liegen.
- b) Beschreiben Sie das Verhalten von Spannung und Strom in den einzelnen Zeigerdreiecken.

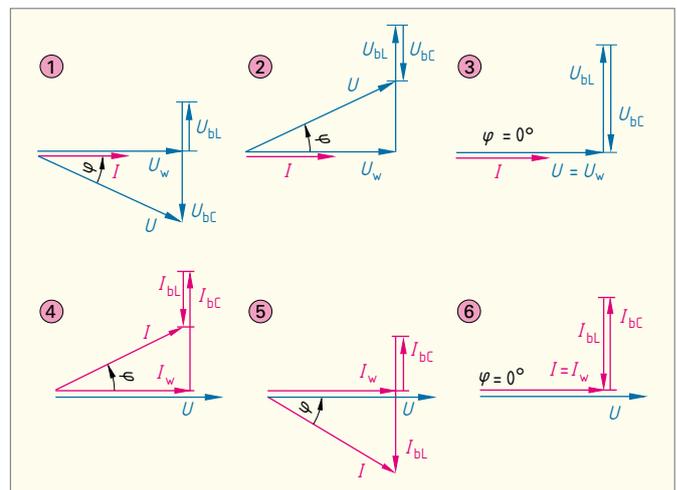


Bild 5: Zeigerdreiecke

5.10 Transformator

(transformer)

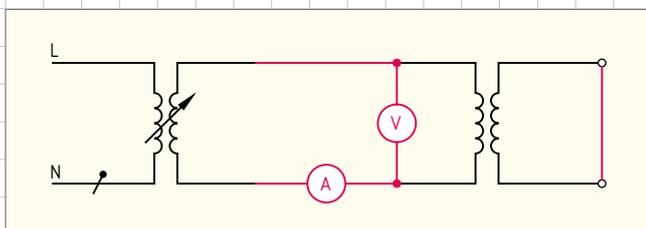
Transformatoren werden benötigt, um bei Wechselspannung höhere und niedrigere Spannungen zu erzeugen. Es gibt je nach Verwendungszweck verschiedenartige Bauformen von Einphasen- und Dreiphasentransformatoren.

- a) Ergänzen Sie Schaltung des Transformators für die Messung der Kurzschlussspannung und beschreiben Sie, wie die Messung durchgeführt wird.
- b) Berechnen Sie die relative Kurzschlussspannung in Prozent, wenn die Bemessungs-Eingangsspannung 230 V beträgt und eine Kurzschlussspannung von 12 V gemessen wird.
- c) Erklären Sie, warum beim Spartransformator auch auf der Niederspannungsseite Gefahr bei Berührung besteht, wenn auf der Eingangsseite der N-Leiter unterbrochen ist.
- d) Ergänzen Sie die Verbindungen der Wicklungen auf der Eingangsseite und auf der Ausgangsseite des Drehstrom-Transformators mit der Schaltgruppe Yzn5.



Foto: www.siemens.com/presse

a) Messung der Kurzschlussspannung

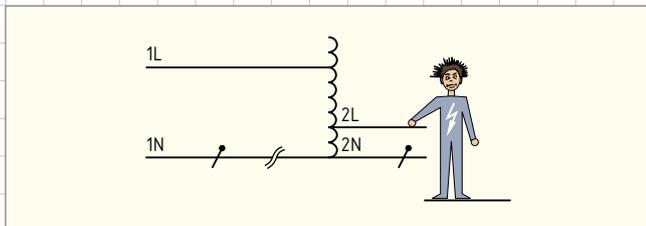


Mit dem Stelltransformator wird die Eingangsspannung des zu messenden Transformators bei kurzgeschlossener Ausgangswicklung langsam erhöht, bis der Bemessungsstrom in der Eingangswicklung fließt.

b) Berechnung der relativen Kurzschlussspannung

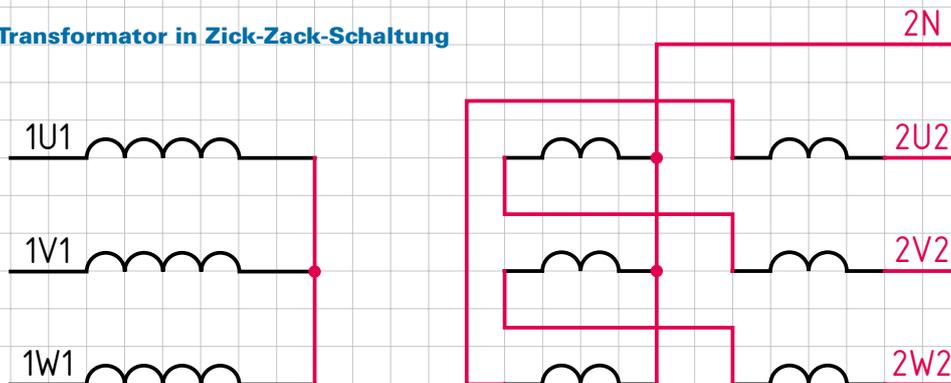
$$u_K = \frac{U_k}{U_{1N}} \cdot 100 \% = \frac{12 \text{ V}}{230 \text{ V}} \cdot 100 \% = 5,2 \%$$

c) Spartransformator



Bei Unterbrechung des N-Leiters auf der Eingangsseite des Spartransformators fließt kein Strom durch die Wicklung, sodass kein Spannungsfall in der Wicklung entsteht und die volle Eingangsspannung an jeder Stelle der Ausgangsseite anliegt.

d) Drehstrom-Transformator in Zick-Zack-Schaltung



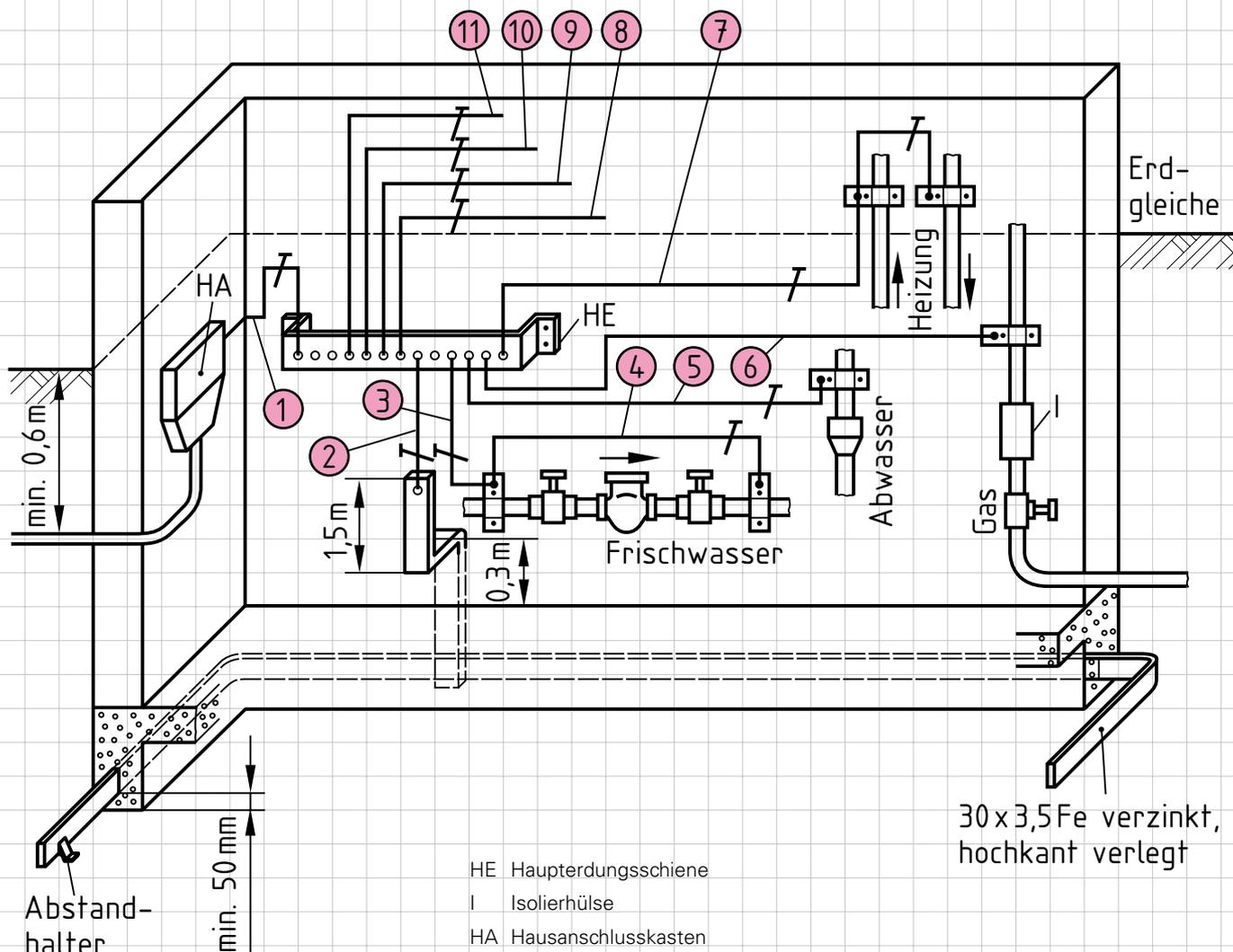
5.11 Hausanschluss und Schutzpotenzialausgleich

(house connection and equipotential bonding)

5

Vervollständigen Sie die vom Auftraggeber nach erfolgter Elektroinstallation geforderte Dokumentation zum Hausanschluss und Schutzpotenzialausgleich.

- Erklären Sie, welchem Zweck der nach DIN VDE 0100 Teil 540 und DIN VDE 0100 Teil 410 geforderte Schutzpotenzialausgleich dient.
- Geben Sie für alle mit Ziffern versehenen leitenden Verbindungen an der Haupterdungsschiene die möglichen Anschlüsse mit den dazugehörigen Mindestquerschnitten an.



a) Durch den Schutzpotenzialausgleich wird das Entstehen einer gefährlichen Berührungsspannung zwischen leitfähigen Teilen untereinander und gegenüber dem Schutzleiter verhindert. Es kann bei Berührung zu keiner Überbrückung durch den menschlichen Körper kommen.

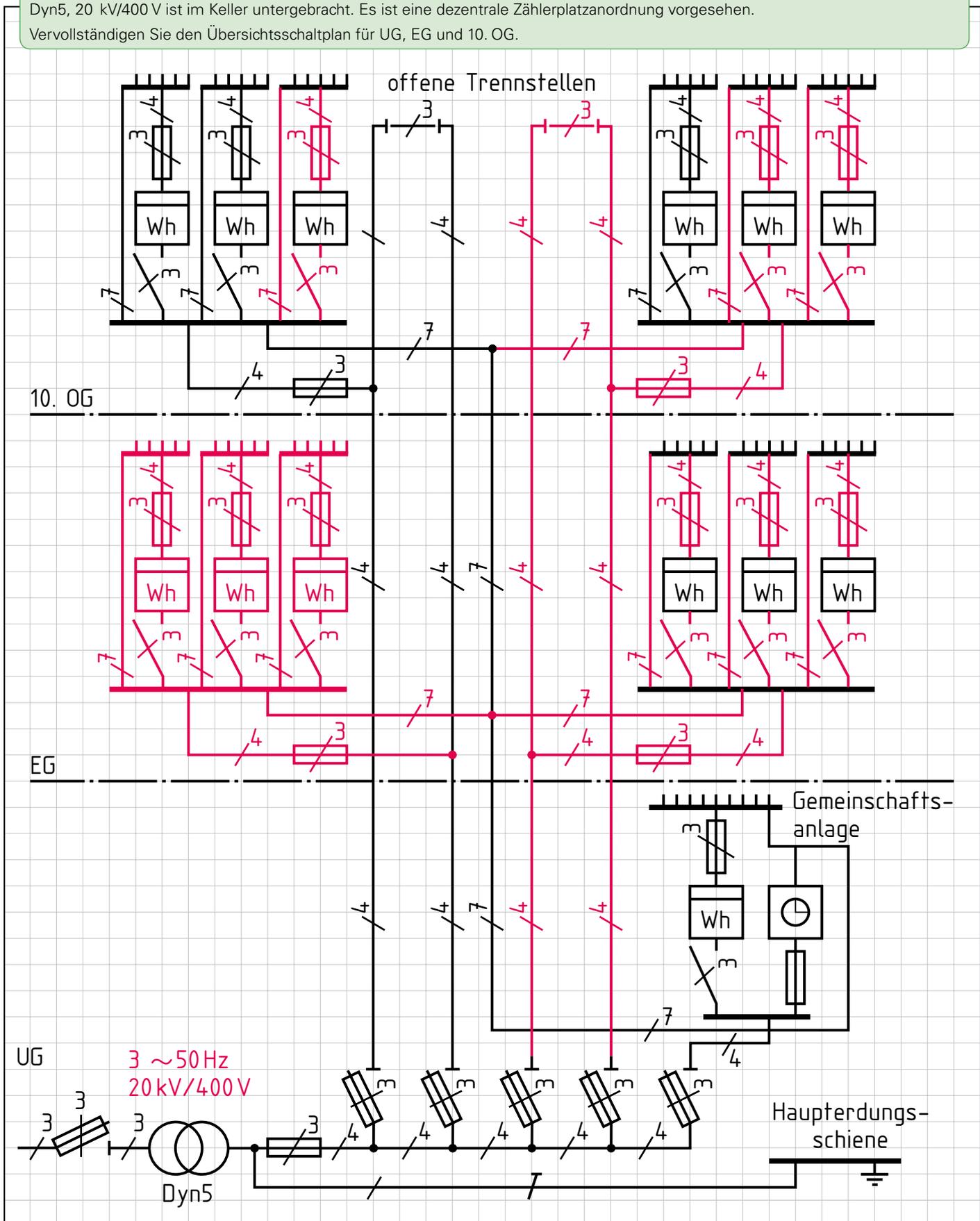
- b)
- | | |
|---|---|
| ① <u>PEN-Leiter im TN-System 10 mm² Cu</u> | ⑥ <u>Gasleitungsrohre 6 mm² Cu</u> |
| <u>Schutzleiter im TT- bzw. IT-System</u> | ⑦ <u>Heizungsrohre 6 mm² Cu</u> |
| ② <u>Fundamenterder 25 mm² Cu</u> | ⑧ <u>Antennenanlage 16 mm² Cu</u> |
| ③ <u>Frischwasserleitung 6 mm² Cu</u> | ⑨ <u>Fernmeldeanlage 10 mm² Cu</u> |
| ④ <u>Wasseruhrüberbrückung 16 mm² Cu</u> | ⑩ <u>Blitzschutzanlage 10 mm² Cu</u> |
| ⑤ <u>Abwasserleitung 6 mm² Cu</u> | ⑪ <u>Reserve</u> |

5.12 Hauptstromversorgung

(main power supply)



Ein Hochhaus wird aus dem Mittelspannungsnetz des Netzbetreibers mit elektrischer Energie versorgt. Der Transformator Dyn5, 20 kV/400 V ist im Keller untergebracht. Es ist eine dezentrale Zählerplatzanordnung vorgesehen. Vervollständigen Sie den Übersichtsschaltplan für UG, EG und 10. OG.



Schule:	Klasse:	Datum:	Gezeichnet:	Geprüft:
_____	_____	_____	_____	_____