



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für elektrotechnische und elektronische Berufe

Funktions- und Systemanalyse Systementwurf Technische Kommunikation Elektrotechnik

Arbeitsblätter und Aufgaben – Lernfelder 5 – 12

8. neu bearbeitete und erweiterte Auflage

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

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	Dr.-Ing.	Stuttgart

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises:

Jürgen Schwarz, Tett nang

Bildbearbeitung: Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern

8. Auflage 2025

Europa-Nr.: 35911

ISBN 978-3-8085-3224-9

Druck 5 4 3 2 1

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

© 2025 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten

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 „**Funktions- und Systemanalyse, Systementwurf**“ („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 die Prüfungsteile „**Schaltungs- und Systemanalyse sowie Systementwurf**“ im Rahmen 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 im Handwerk für

- FR¹ Energie- und Gebäudetechnik
- FR¹ Automatisierungs- und Systemtechnik
- Maschinen- und Antriebstechnik
- Gebäudesystemintegration
- Informationstechnik (Informationselektroniker/-in)

Elektroniker/in in der Industrie für

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

¹FR Abk. für Fachrichtung

Industrieelektriker/in für

- FR¹ Betriebstechnik
- FR¹ Geräte und Systeme

Elektroanlagenmonteur/in Mechatroniker/in

Außerdem geeignet für Auszubildende und Schüler/innen an

- Berufsfachschulen
- Technischen Gymnasien
- Technikerschulen
- Meisterschulen
- Ausbildungszentren von Betrieben

Wichtige Internetadressen zur beruflichen Bildung

www.bibb.de

www.bmbf.de

<http://www.gesetze-im-internet.de/hwo/>

<https://Handwerks-power.de>



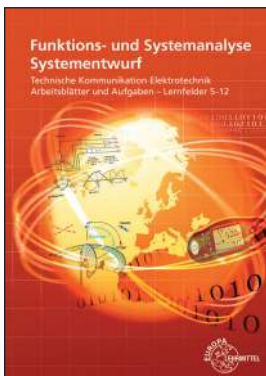
Informationsband

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.



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.

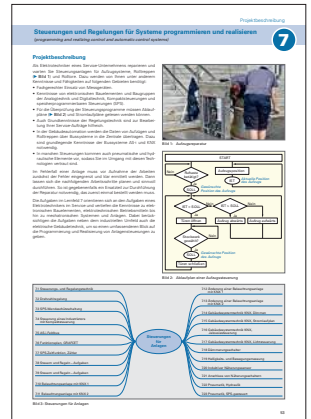
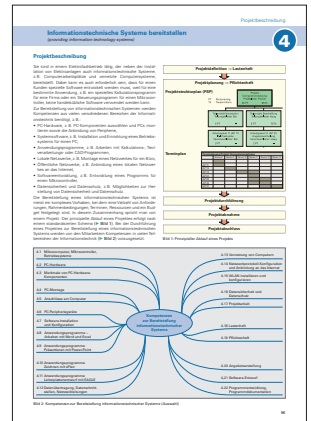
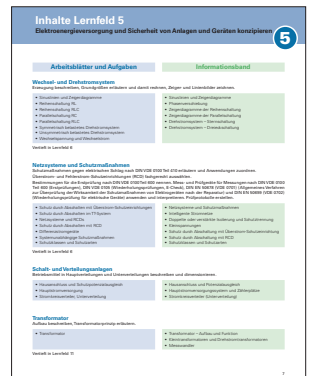


Arbeitsblätter und Aufgaben, Lernfelder 5–12

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

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

Die Autoren und der Verlag Europa-Lehrmittel Sommer 2025



Inhaltsverzeichnis

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

Inhaltsverzeichnis

8.15	Stern-Dreieck-Schützschtaltung	93	10.7	Schaltungen mit Dimmern	136
8.16	Stern-Dreieck-Schützschtaltung	94	10.8	Tastdimmer	137
8.17	Wendeschaltung ohne Hilfskontakte	95	10.9	Funk-Dimmer	138
8.18	Kontaktlose Steuerung mit \overline{RS} -Flipflop	96	10.10	Temperaturregelung	139
8.19	Motoren	97	10.11	Temperaturregelung	140
8.20	Motoren	98	10.12	Elektro-Wärmespeicher, Installation	141
8.21	Thyristorschaltungen	99	10.13	Elektro-Warmwasserbereiter	142
8.22	Schaltungen mit elektronischen Bauelementen	100	10.14	Raumklimagerät	143
8.23	Schaltungen mit elektronischen Bauelementen	101	10.15	Kühllastberechnung	144
8.24	Vollgesteuerte Sternschaltung M3C (Dreipuls-Mittelpunktschaltung)	102	10.16	Elektro-Wärmespeicher	145
8.25	Vollgesteuerte Brückenschaltungen	103	10.17	Kochplatte mit Siebentaktschalter	146
8.26	Heizungssteuerung mit elektronischem Lastrelais (ELR)	104	10.18	Elektroherd	147
8.27	Frequenzumrichter	105	10.19	Glaskeramik-Kochfeld	148
8.28	Drehzahlsteuerung beim Universalmotor	106	10.20	Induktions-Kochfeld	149
8.29	Drehzahlsteuerung bei DC-Kleinmotoren	107	10.21	Kühlschrank	150
8.30	NOT-AUS-Einrichtung	108	10.22	Gefrierschrank mit Schnellgefriereinrichtung	151
8.31	Sicherheitsfunktionen	109	10.23	Mikrowellenherd	152
8.32	EMV-gerechte Schaltschränke	110	10.24	Gewerbe-Spülmaschine	153
8.33	EMV-gerechter Anschluss eines Frequenzumrichters	111	10.25	Waschmaschine	154
			10.26	Wäschetrockner	155
			10.27	Bügelmaschine	156
			10.28	Wärmepumpe und Durchlauferhitzer	157
			10.29	Überspannungsschutz	158
			10.30	Blitzschutzanlage	159
			10.31	Blitzschutzonen	160
			10.32	Elektroinstallation mit Netzfreischalte	161
			10.33	Markisensteuerung für einen Wintergarten	162
			10.34	Entsorgung von Elektroschrott	163
Inhalte Lernfeld 9		112			
Kommunikation von Systemen in Wohn- und Zweckbauten planen und realisieren		112			
Projektbeschreibung zu Lernfeld 9		113			
9.1	Türsprechanlage	114			
9.2	Türsprechanlage für Einfamilienhaus	115			
9.3	Türsprechanlage für mehrere Wohnungen	116			
9.4	Hauskommunikation mit Bussystem	117			
9.5	Signalschaltungen	118			
9.6	Raumschutzanlage 1	119			
9.7	Raumschutzanlage 2	120			
9.8	Digitales Fernsehen mit terrestrischen Antennen (DVB-T2 HD)	121			
9.9	Satelliten-Empfangsanlagen	122			
9.10	Breitbandkommunikationsanlage	123			
9.11	ISDN-TK-Anlage am All-IP-Anschluss	124			
9.12	Analog- und ISDN-Telefonanschlusstechnik	125			
9.13	Kommunikationsanlagen	126			
9.14	Kommunikationsanlagen	127			
Inhalte Lernfeld 10		128			
Elektrische Geräte und Anlagen der Haustechnik planen, in Betrieb nehmen und übergeben		128			
Projektbeschreibung zu Lernfeld 10		129			
10.1	Beleuchtungsanlage über Schütz geschaltet	130			
10.2	Leuchtstofflampenschaltungen mit VVGs	131			
10.3	LED-Retrofit-Röhre und LED mit Dimmer	132			
10.4	Beleuchtungssteuerung mit DALI	133			
10.5	Wechselstromsteller mit Triac	134			
10.6	Dimmer und Leistungszusatz	135			
Inhalte Lernfeld 11		164			
Energietechnische Systeme errichten, in Betrieb nehmen und instand halten		164			
Projektbeschreibung zu Lernfeld 11		165			
11.1	Energieverteilung	166			
11.2	Drehstromtransformatoren	167			
11.3	Kompensation	168			
11.4	Photovoltaik 1	169			
11.5	Photovoltaik 2	170			
11.6	Sicherheitsstromversorgung	171			
11.7	Ersatzstromversorgungsanlage	172			
11.8	Unterbrechungsfreie Stromversorgung – USV	173			
11.9	Blockheizkraftwerk	174			
11.10	Brennstoffzellen	175			
11.11	Stromversorgung einer Operationsleuchte	176			
Inhalte Lernfeld 12		177			
Energie- und gebäudetechnische Anlagen planen und realisieren		177			
12.1	Projektbeschreibung und Aufgaben	177			
12.2	Aufgaben zum Projekt Schreinerei	177			
Bildquellenverzeichnis		179			

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), DIN EN 50678 (VDE 0701) (Allgemeines Verfahren zur Überprüfung der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen von Elektrogeräten nach der Reparatur) und DIN EN 50699 (VDE 0702) (Wiederholungsprüfung für elektrische Geräte) 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 Anlagen und Geräten konzipieren

(designing the electrical power supply and safety of electrical equipment and appliances)



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.

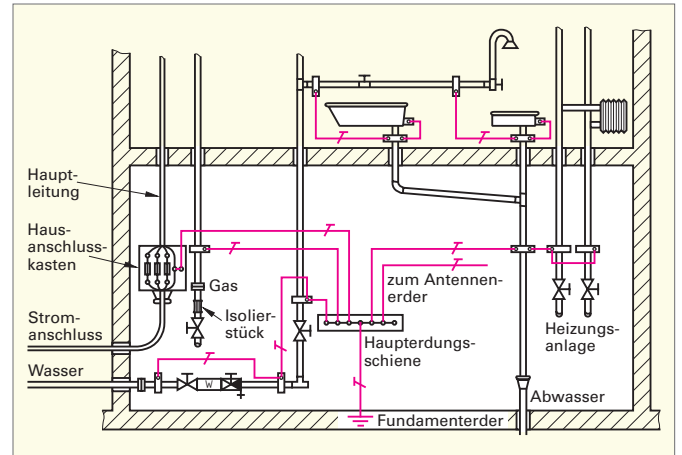


Bild 1: Schutzpotenzialausgleich

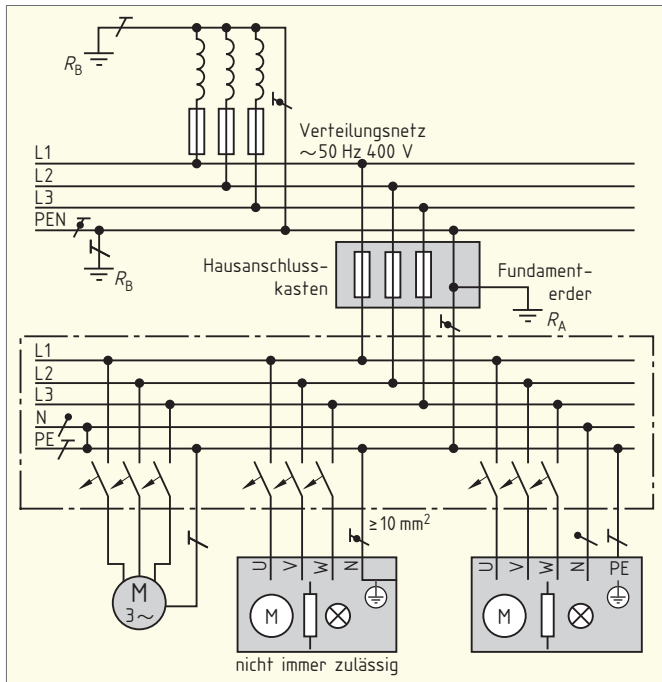


Bild 2: Schutz durch Abschaltung mittels Überstrom-Schutzeinrichtungen im TN-System

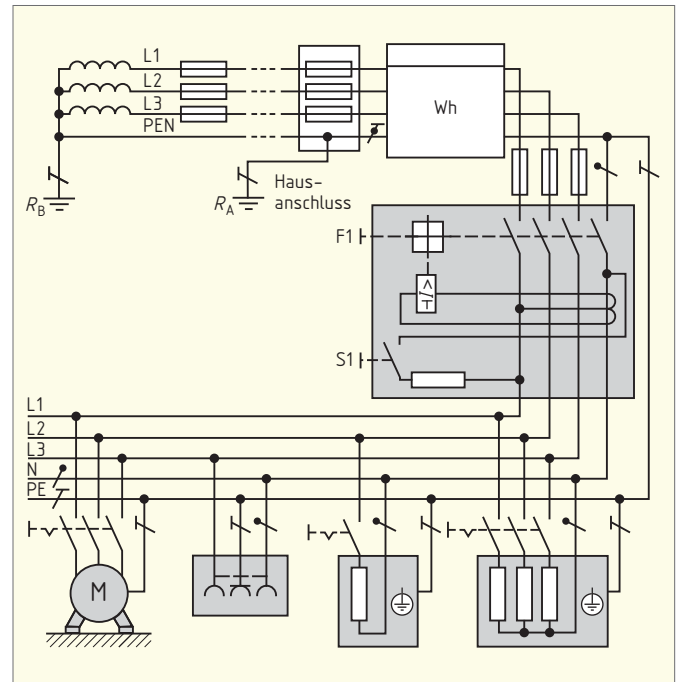


Bild 3: Schutz durch Abschaltung mittels RCD im TN-System

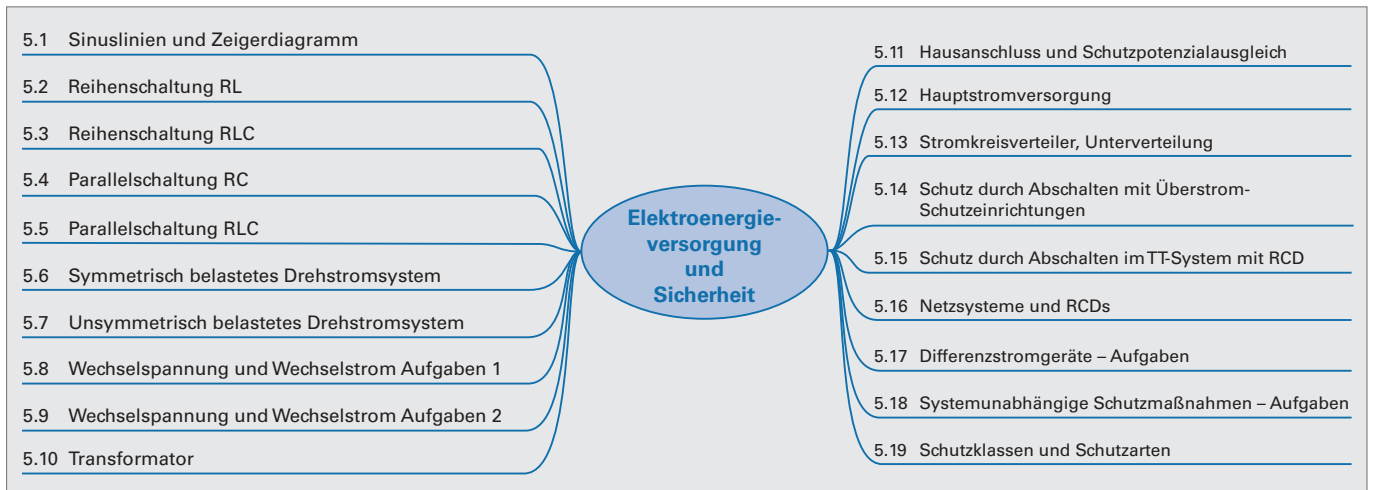
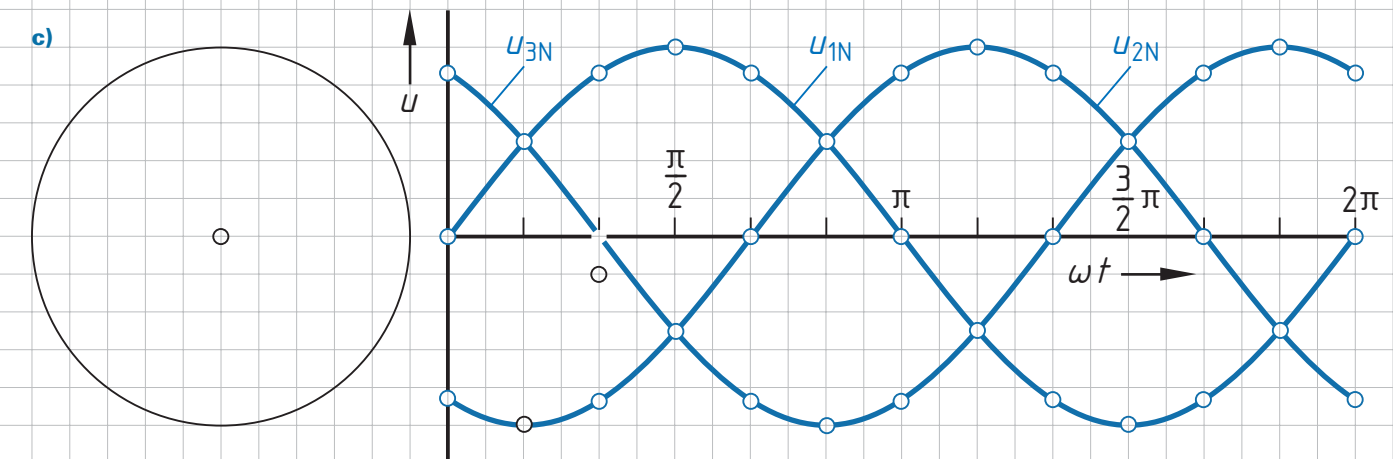
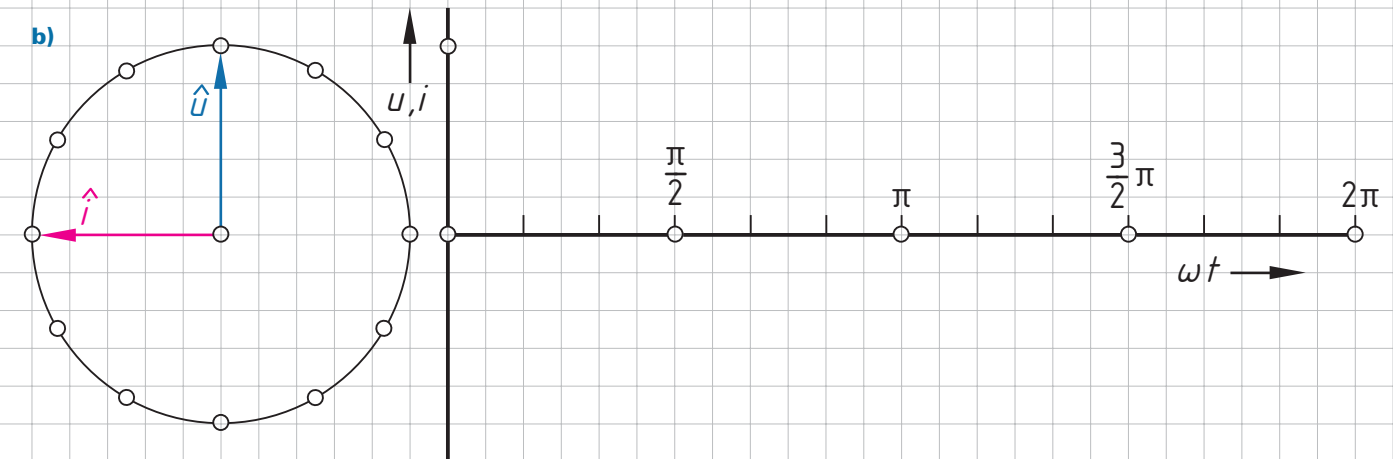
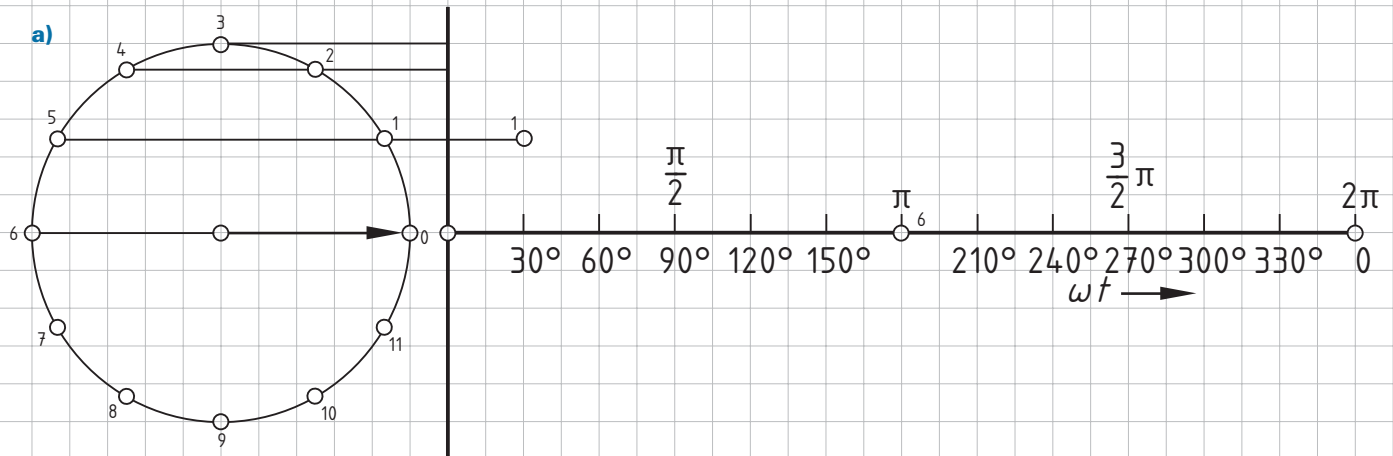


Bild 4: Elektroenergieversorgung und Sicherheit

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 waagerechten 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.



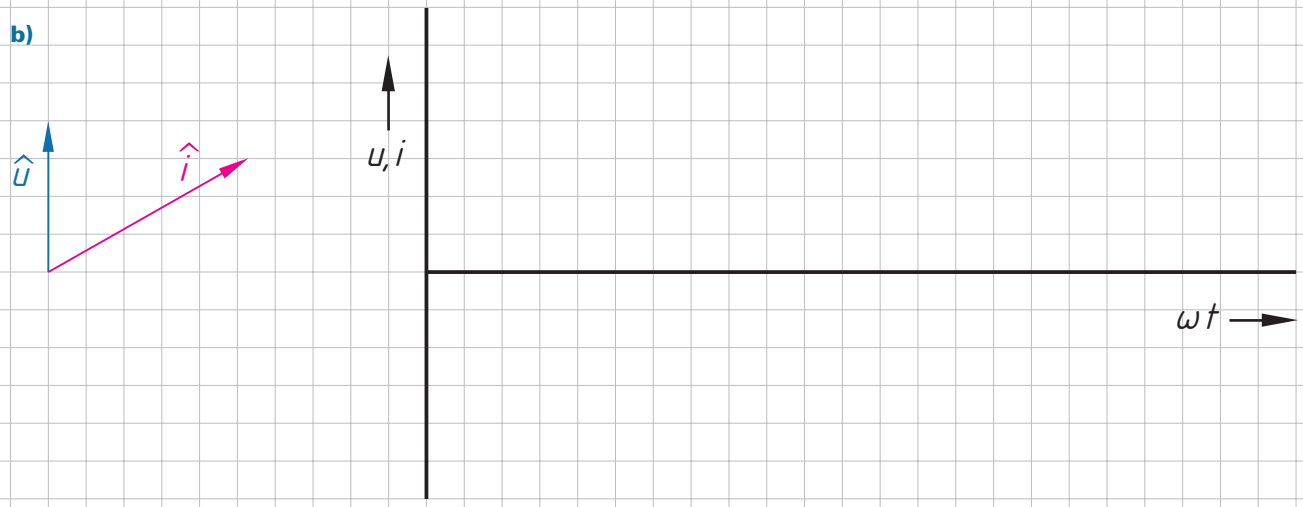
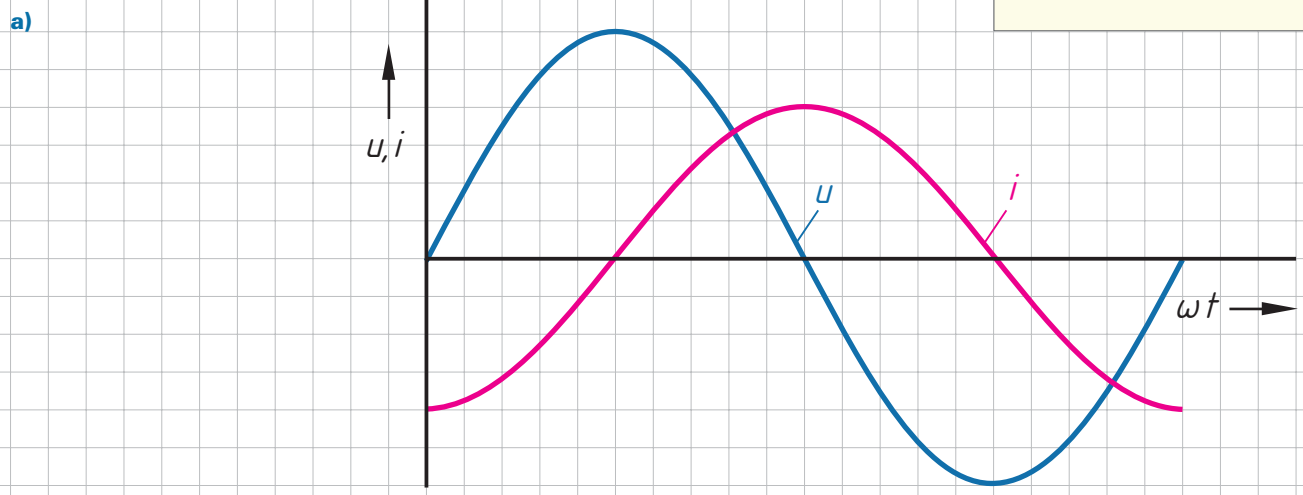
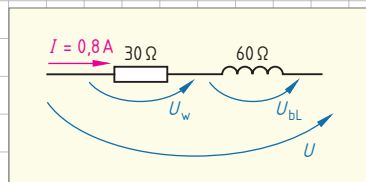
Schule:	Klasse:	Datum:	Gezeichnet:	Geprüft:
_____	_____	_____	_____	_____

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.



c)

Spannungs- dreieck 1cm ≙ 10V	Widerstands- dreieck 1cm ≙ 10Ω	Leistungs- dreieck 1cm ≙ 10W
------------------------------------	--------------------------------------	------------------------------------

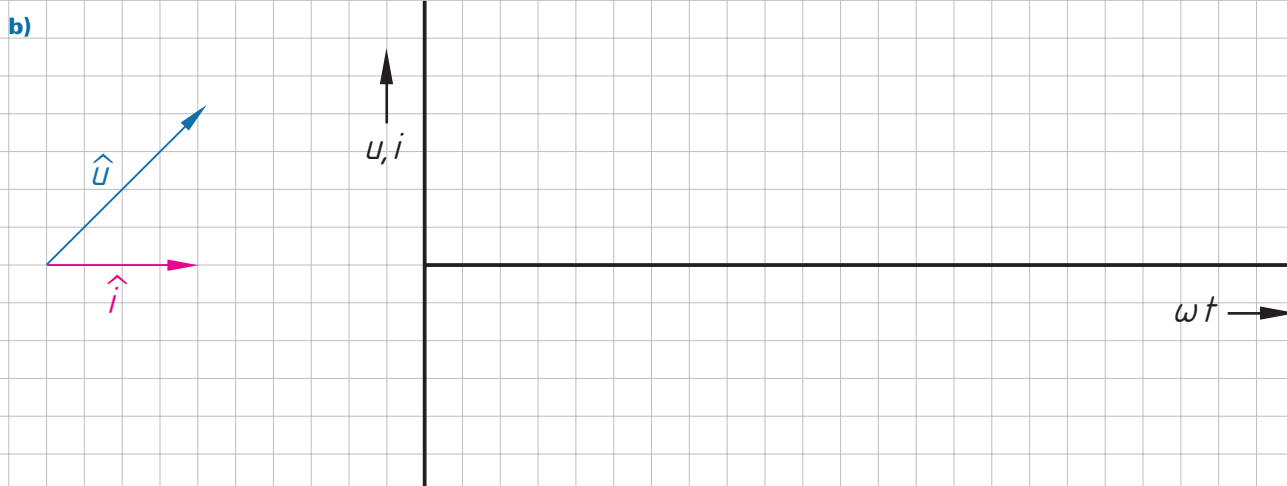
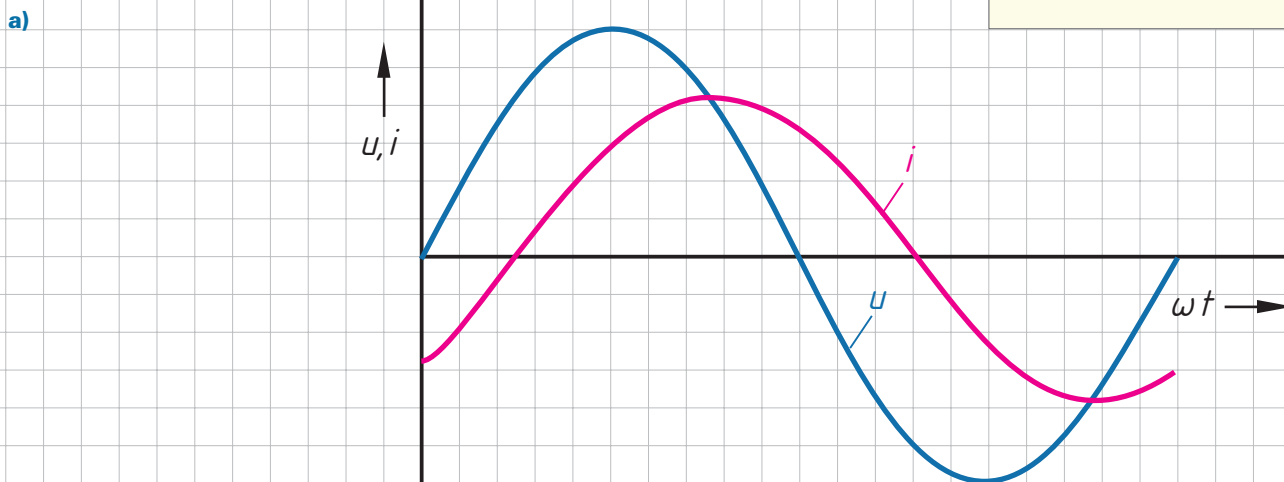
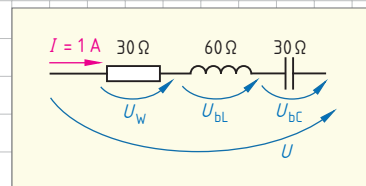


	Schule: _____	Klasse: _____	Datum: _____	Gezeichnet: _____	Geprüft: _____
--	---------------	---------------	--------------	-------------------	----------------

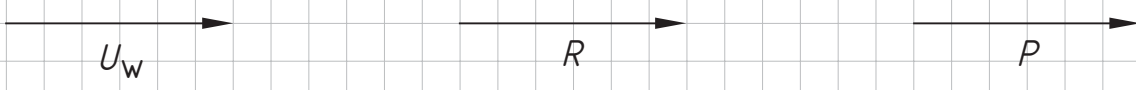
5.3 Reihenschaltung RLC

(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.



- c)
- | | | |
|--|--|--|
| Spannungs-
dreieck
1cm $\hat{=}$ 10V | Widerstands-
dreieck
1cm $\hat{=}$ 10Ω | Leistungs-
dreieck
1cm $\hat{=}$ 10W |
|--|--|--|

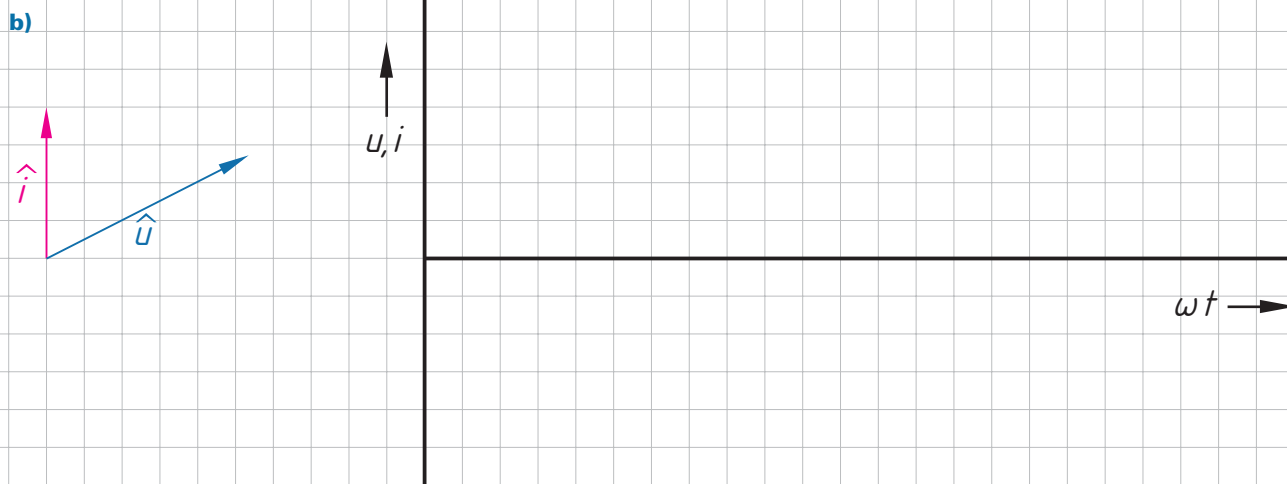
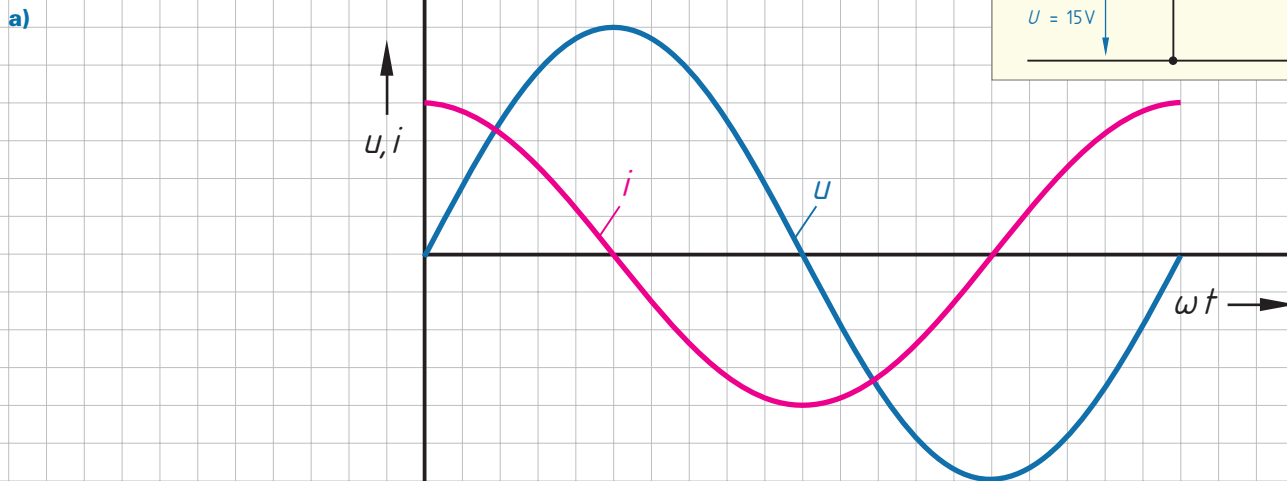
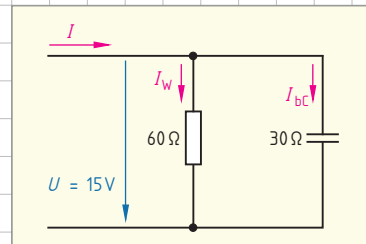


	Schule: _____	Klasse: _____	Datum: _____	Gezeichnet: _____	Geprüft: _____
--	---------------	---------------	--------------	-------------------	----------------

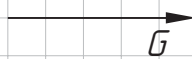
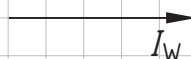
5.4 Parallelschaltung RC

(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.



- c)
- | | | |
|---|--|--|
| Strom-
dreieck
1cm $\hat{=}$ 100 mA | Leitwert-
dreieck
1cm $\hat{=}$ 6,6 mS | Leistungs-
dreieck
1cm $\hat{=}$ 1,5 W |
|---|--|--|



Schule: _____

Klasse: _____

Datum: _____

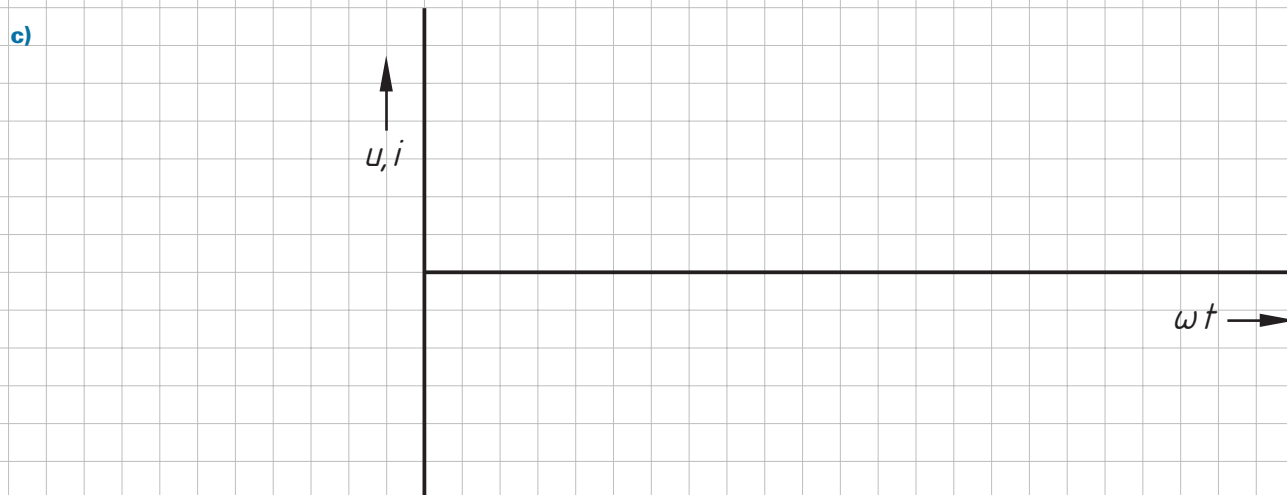
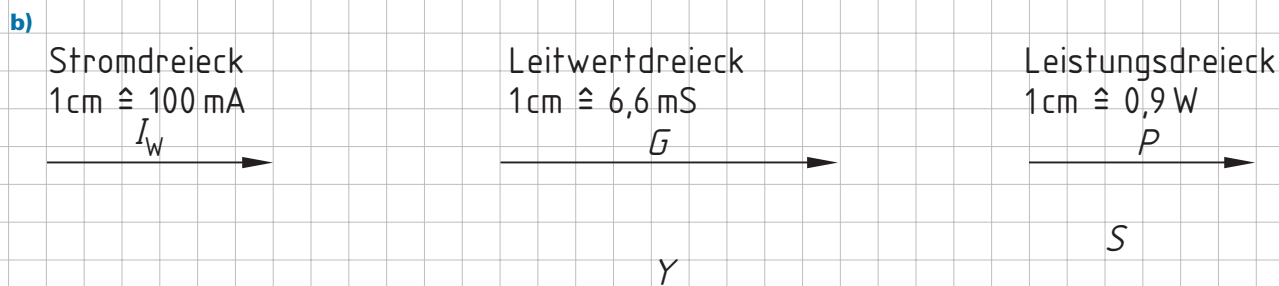
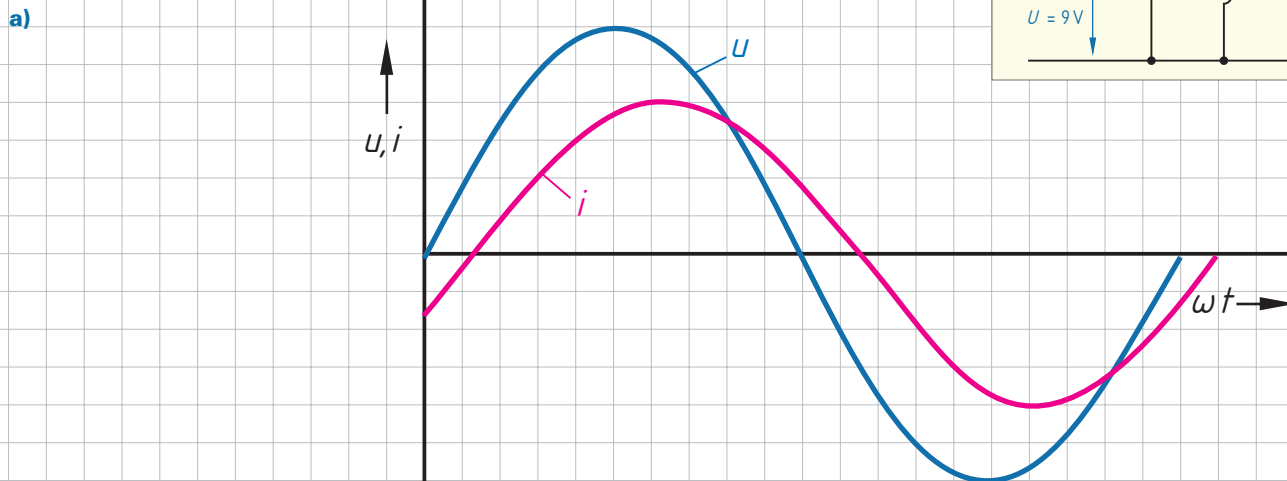
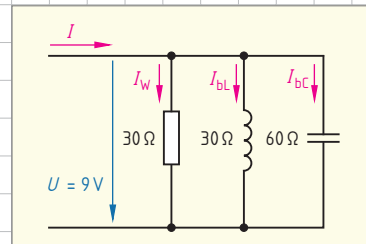
Gezeichnet: _____

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 Wirkfaktor 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 .

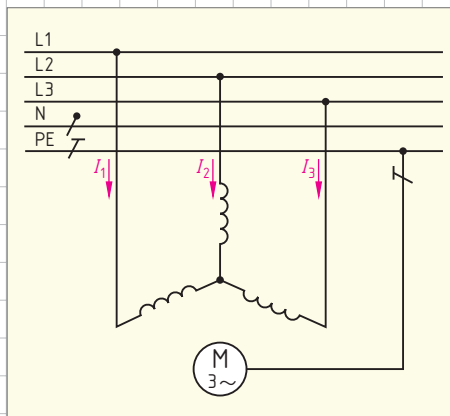


Bild 1: Drehstrommotor in Sternschaltung

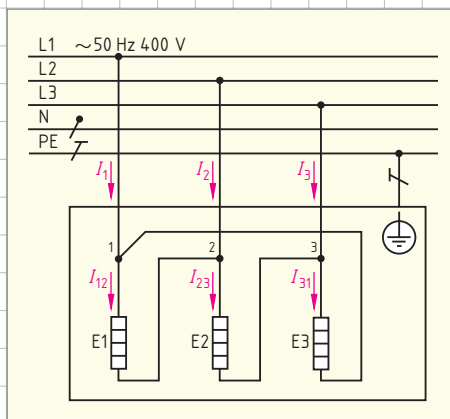


Bild 2: Schaltung der Heizwiderstände im Durchlauferhitzer

1. Drehstrommotor

$\cos \varphi = 0,8$

$\varphi_1 =$

$1 \text{ cm} \hat{=} 100 \text{ V}$

$1 \text{ cm} \hat{=} 2 \text{ A}$



2. Durchlauferhitzer

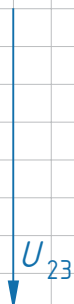
a)

$I_{12} =$

b) Zeigerbild

$1 \text{ cm} \hat{=} 100 \text{ V}$

$1 \text{ cm} \hat{=} 5 \text{ A}$



$I_1 =$



Schule: _____

Klasse: _____

Datum: _____

Gezeichnet: _____

Geprüft: _____

5.7 Unsymmetrisch belastetes Drehstromsystem

(asymmetrically loaded three-phase system)

- In der Küche eines Elektrofachbetriebes befindet sich ein Elektroherd mit vier Schnellkochplatten. 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.

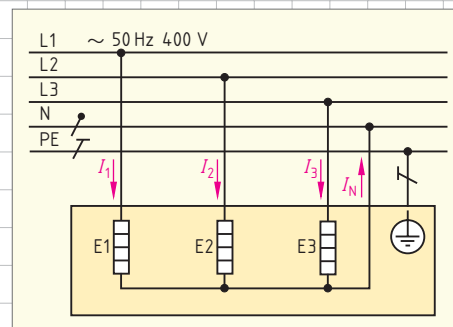


Bild 1: Eingeschaltete Kochplatten im Elektroherd

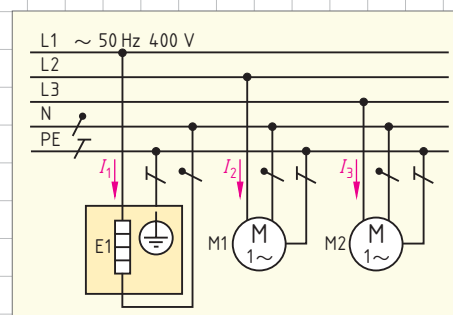


Bild 2: Wechselstromverbraucher am Drehstromnetz

1. Elektroherd

a) Leistungen an den Kochplatten

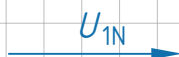
$P_{E1} =$

b) Berechnung der Ströme

$I_1 =$

c) Zeigerbilder

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



$I_N =$

2. Verbraucher in Sternschaltung

$\cos \varphi_{M1} =$
 $\cos \varphi_{M2} =$

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



$I_N =$



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

5.8 Wechselfspannung und Wechselstrom

(alternating voltage and alternating current)

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 U_{Lampe} nach dem Zünden 64 V , an der Drossel fällt eine Spannung von 221 V ab. Dabei fließt ein Strom I 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 Wirkfaktor $\cos \varphi$.
- 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} .
- Welche Änderungen muss man in der Leuchtstofflampenschaltung (► Bild 2) vornehmen, wenn man die Anlage auf LED-Röhren umrüstet?

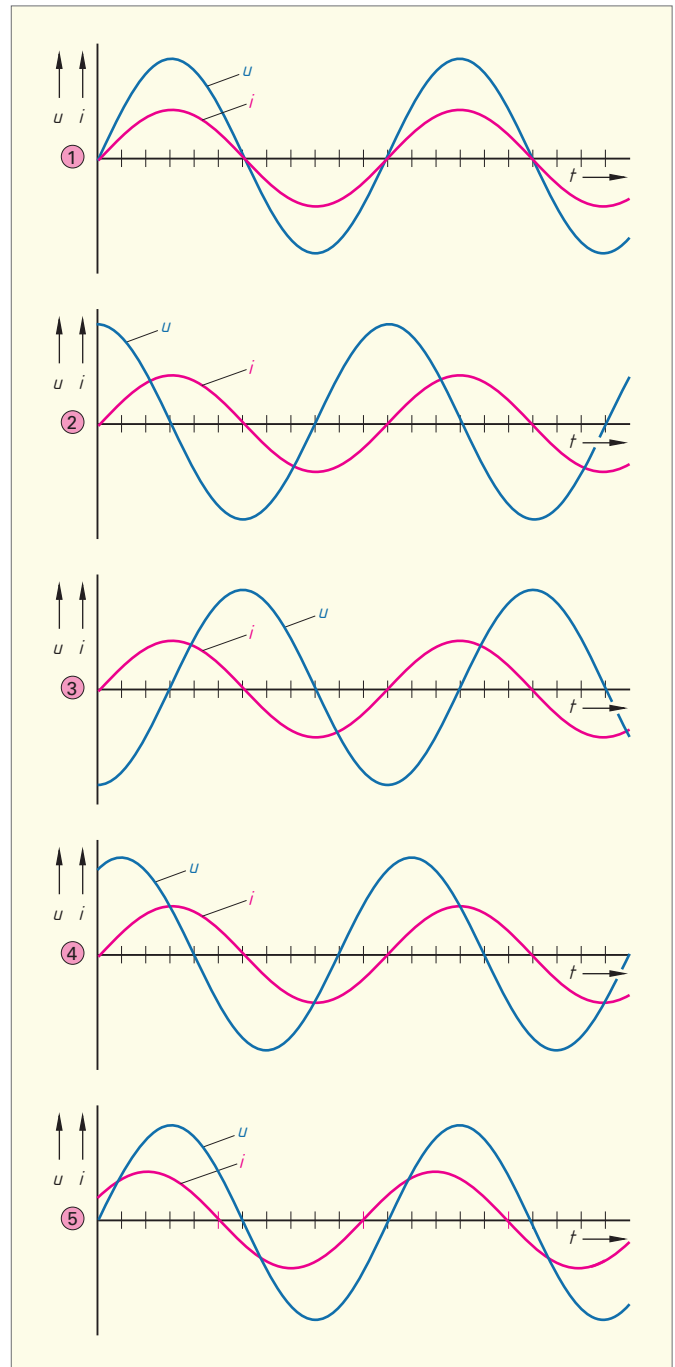


Bild 1: Liniendiagramme

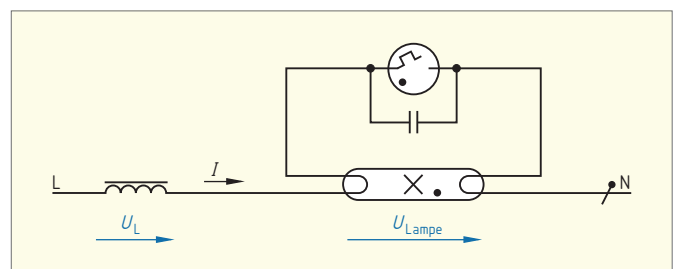


Bild 2: Leuchtstofflampenschaltung

5.9 Wechselfspannung und Wechselstrom

(alternating voltage and alternating current)

1. Versuchsschaltung

(experimental circuit)

Zur Ermittlung des Wirkwiderstandes R und der Induktivität L einer Spule wird diese mit einem Widerstand $R_1 = 60 \Omega$ in Reihe geschaltet und an eine Wechselfspannung $U = 50 \text{ V}$, $f = 50 \text{ Hz}$ 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: $10 \text{ V} \hat{=} 1 \text{ cm}$)
- b) Berechnen Sie den Widerstand R und die Induktivität L .

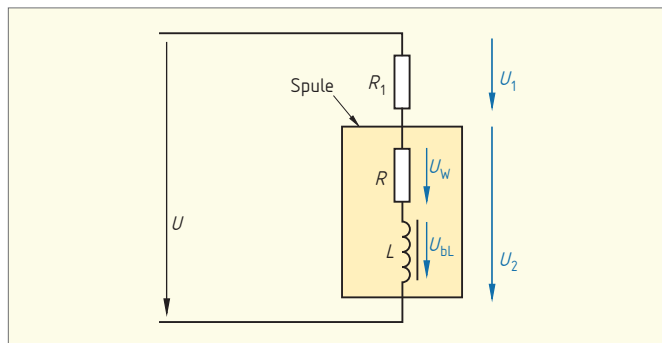


Bild 1: Versuchsschaltung

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: $5 \text{ A} \hat{=} 1 \text{ cm}$)
- d) Ermitteln Sie zeichnerisch den Leiterstrom I_L .
- e) Wie groß ist der Verkettungsfaktor zwischen Strangstrom und Leiterstrom?

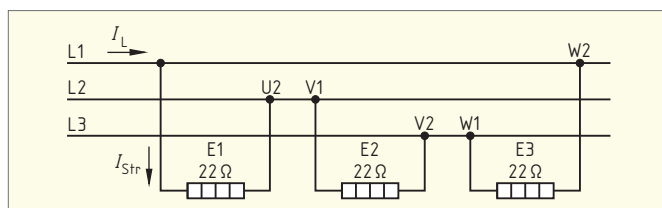


Bild 2: Durchlauferhitzer

3. Lichterketten

(fairy lights)

Drei Lichterketten mit jeweils fünfzig Glühlampen zu je 40 W waren wegen der gleichmäßigen Netzbelastung an das Drehstromnetz 230/400 V angeschlossen (► Bild 3). Die Lichterketten sollen weiterverwendet werden. Allerdings werden sämtliche Glühlampen durch LED-Lampen mit jeweils 5,5 W ersetzt.

- 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: $60^\circ \hat{=} 1 \text{ cm}$; $0,5 \text{ A} \hat{=} 1 \text{ cm}$)
- c) Ermitteln Sie aus dem Liniendiagramm die Augenblickswerte der Ströme bei $\alpha = 90^\circ$ und bei $\alpha = 180^\circ$.
- d) Welches 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?

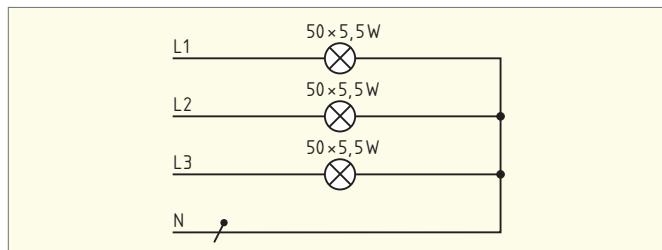


Bild 3: Lichterketten

4. Elektroherd

(electric cooker)

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

- 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?

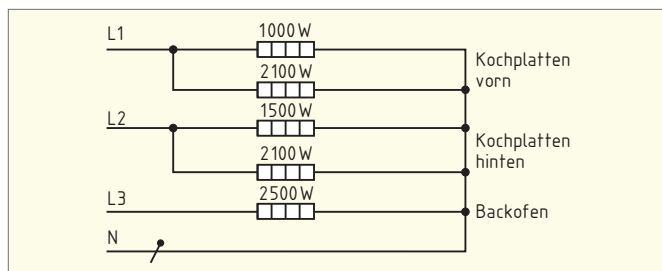


Bild 4: Elektroherd

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.

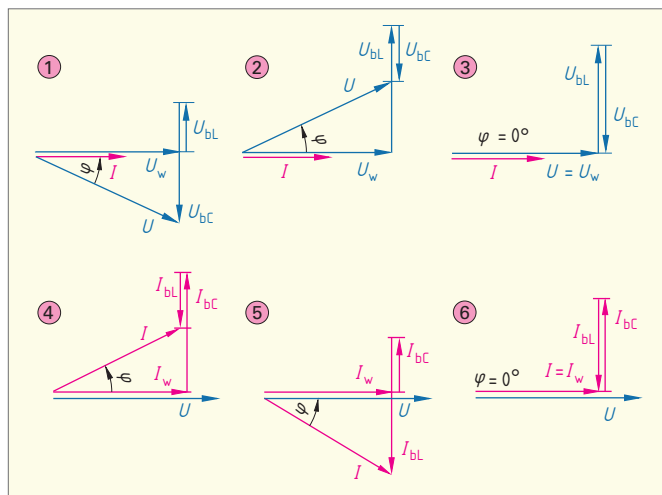


Bild 5: Zeigerdreiecke

5.10 Transformator

(transformer)

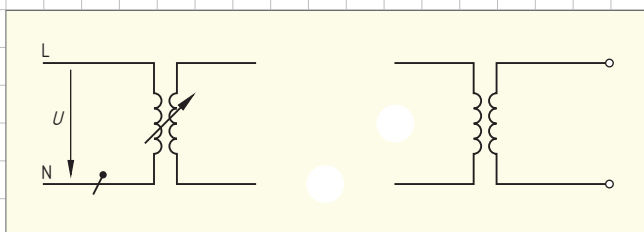
Transformatoren werden benötigt, um bei Wechselspannung höhere und niedrigere Spannungen zu erzeugen. Es gibt je nach Verwendungszweck verschiedenartige Bauformen von Einphasen- und Dreiphasentransformatoren.

- 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 $U = 230\text{ V}$ 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

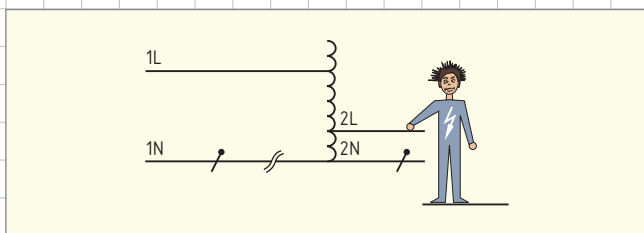
a) Messung der Kurzschlussspannung



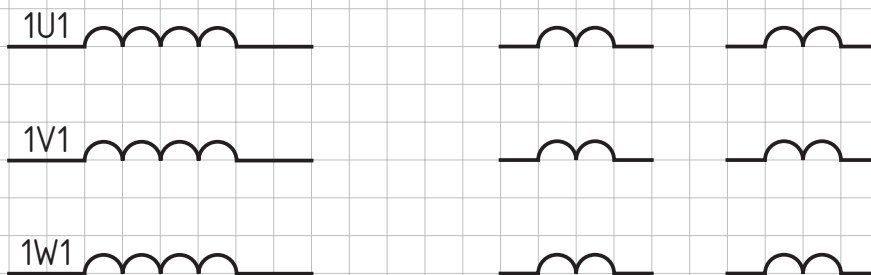
b) Berechnung der relativen Kurzschlussspannung

$U_K =$

c) Spartransformator



d) Drehstrom-Transformator in Zick-Zack-Schaltung



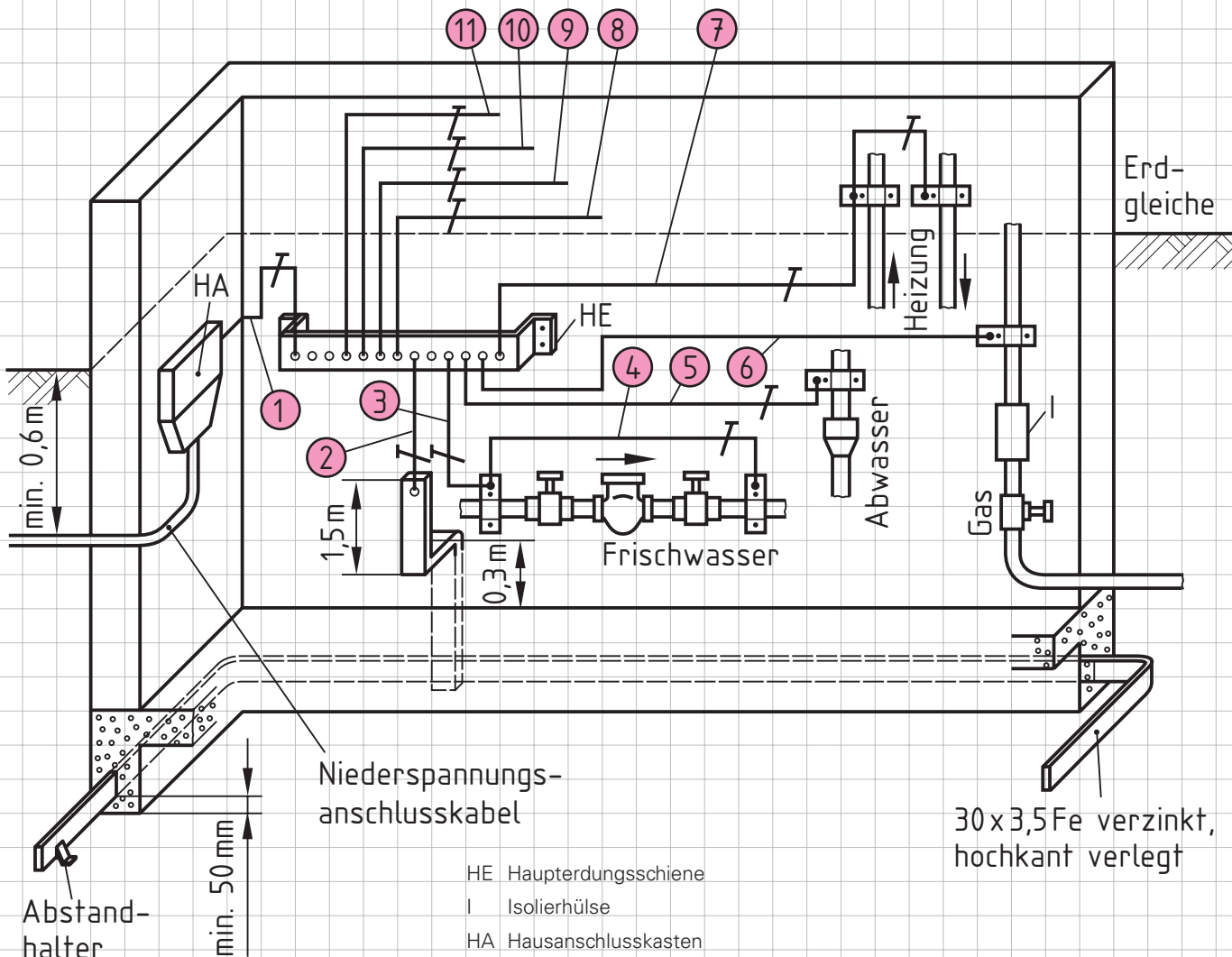
5.11 Hausanschluss und Schutzpotenzialausgleich

(house connection and equipotential bonding)



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

- a) Erklären Sie, welchem Zweck der nach DIN VDE 0100 Teil 540 und DIN VDE 0100 Teil 410 geforderte Schutzpotenzialausgleich dient.
- b) 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 _____ zwischen leitfähigen Teilen untereinander und gegenüber dem Schutzleiter _____. Es kann bei Berührung zu _____ durch den menschlichen Körper kommen.

- b) ① _____ ⑥ _____
 _____ ⑦ _____
 ② _____ ⑧ Antennenanlage
 _____ ⑨ Fernmeldeanlage
 ③ _____ ⑩ Blitzschutzanlage
 _____ ⑪ Reserve
 ④ _____
 ⑤ _____



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

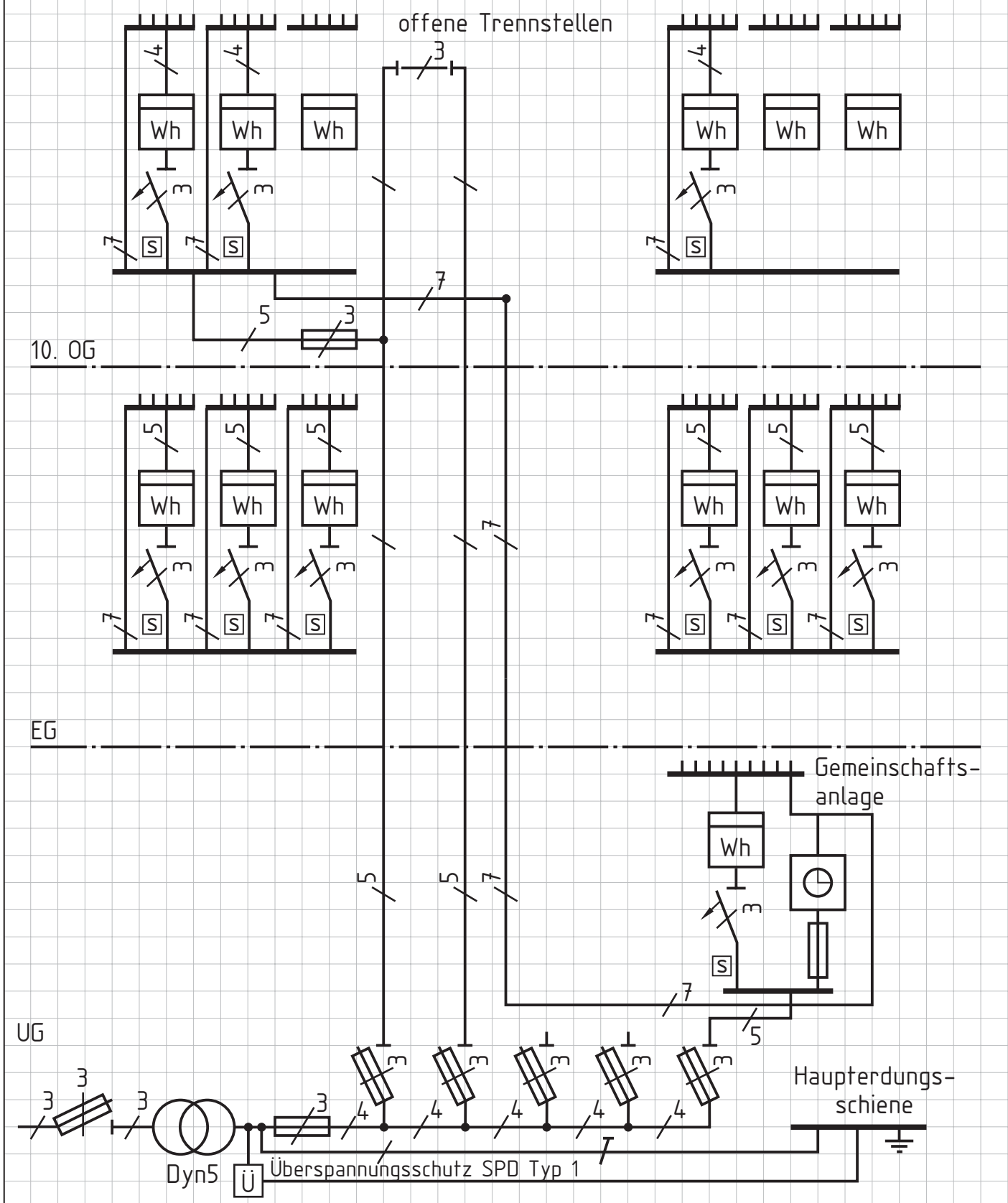
5.12 Hauptstromversorgung

(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 mit 3-poligen SLS-Schaltern und eHz Zählern vorgesehen.

Vervollständigen Sie den Übersichtsschaltplan.



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