



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für elektrotechnische und elektronische Berufe

Technische Kommunikation Elektrotechnik

Schaltungs- und Funktionsanalyse

Lösungen der
Arbeitsblätter und Aufgaben
Fachbildung – Lernfelder 5–12

6. neu bearbeitete und erweiterte Auflage

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

Autoren:		
Ulrich Beer	Dipl.-Ing. (FH), Gewerbefachlehrer	Kaufbeuren
Horst Gebert	Dipl.-Ing. (FH), Oberstudienrat	Schwäbisch Hall
Gregor Häberle	Dr.-Ing.	Tettngang
Hanswalter Jöckel	Dipl.-Ing. (FH), Oberstudienrat	Friedrichshafen
Thomas Käppel	Fachlehrer	Münchberg
Anton Kopf	Oberstudienrat	Ulm
Jürgen Schwarz	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Tettngang

Bildbearbeitung: Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern
 Leitung des Arbeitskreises und Lektorat: Jürgen Schwarz, Tettngang

Vorwort

Das Lehrsystem „Arbeitsblätter und Aufgaben der technischen Kommunikation Elektrotechnik“ unterstützt Lernende des Ausbildungsberufes **Elektroniker/Elektronikerin** in Industrie und Handwerk bei der Erlangung der gewünschten Fachkompetenz durch die Analyse von Schaltungen und Funktionen anhand berufstypischer Aufgabenstellungen und geeigneter Beispiele. Die Arbeitsblätter im Band „**Fachbildung – Lernfelder 5–12**“ bauen auf den bereits erworbenen grundlegenden Kenntnissen der Schaltungs- und Funktionsanalyse auf und helfen bei der weitergehenden Qualifizierung des Elektronikers. Die Erarbeitung des Lehrstoffes durch den Lernenden selbst oder im Team kann durch verschiedene Medien, insbesondere den **Informationsband** „Technische Kommunikation Elektrotechnik“, ergänzt werden.

Bei Leiterverbindungen wird weitgehend die in der Norm vorhandene Form 1 (ohne Punkt), in Anschlussdosen aber, aus methodischen Gründen, die ebenfalls nach der Norm zulässige Form 2 (mit Punkt) angewendet.

Die Objekte sind produktbezogen gekennzeichnet. Wegen der eindeutigen Identifizierbarkeit der Objekte wird auf die Kennzeichnung durch das Vorzeichen „-“ verzichtet.

Thermische Überlastrelais können mit dem Kennbuchstaben B oder F bezeichnet werden. Um die Schutzfunktion hervorzuheben, wurde für Überlastrelais der Kennbuchstabe F gewählt.

Zur Unterstützung des Lehrers bei der geforderten Vermittlung *englischsprachiger* Elemente sind die Überschriften der Arbeitsblätter und der Aufgaben zweisprachig.

Verlag und Autoren danken für die Verbesserungsvorschläge der Benutzer und bitten auch in Zukunft darum.

Sommer 2017

Die Verfasser

6. Auflage 2017

Europa-Nr.: 36012

ISBN 978-3-8085-3607-0

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.

© 2017 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten

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

Satz: fidus Publikations-Service, Nördlingen

Umschlaggestaltung: Idüll, Ulrich Dietzel, Frankfurt/Main unter Verwendung eines Fotos der

Phoenix Contact GmbH & Co. KG, Überarbeitung: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Druck: Medienhaus Plump GmbH, 53619 Rheinbreitbach

Inhaltsverzeichnis

5	Lernfeld 5: Elektroenergieversorgung und Sicherheit von Betriebsmitteln gewährleisten			
	Projektbeschreibung	5		
5.1	Sinuslinien und Zeiger	6	7.13 SPS-Wendeschutzschaltung 53	
5.2	Phasenverschiebung Reihenschaltung RL	7	7.14 Steuerung eines Industrietors mit Kompaktsteuerung 54	
5.3	Phasenverschiebung Parallelschaltung RC	8	7.15 AS-i-Feldbus 55	
5.4	Phasenverschiebung Reihenschaltung RLC	9	7.16 SPS-Zeitfunktion, Zähler 56	
5.5	Phasenverschiebung Parallelschaltung RLC	10	7.17 Gebäudesystemtechnik KNX, Dimmen 57	
5.6	Symmetrisch belastetes Drehstromsystem	11	7.18 Gebäudesystemtechnik KNX, Stromlaufplan 58	
5.7	Unsymmetrisch belastetes Drehstromsystem	12	7.19 Gebäudesystemtechnik KNX, Jalousiesteuerung 59	
5.8	Schutzmaßnahmen im TN-System	13	7.20 Gebäudesystemtechnik KNX, Lichtsteuerung 60	
5.9	Schutzmaßnahmen im TT-System	14	7.21 Pneumatik, Hydraulik 61	
5.10	Elektroinstallation mit Netzabkoppler	15	7.22 Pneumatik, SPS-gesteuert 62	
5.11	Stromversorgung Hochhaus	16	7.23 Sensorik 63	
5.12	Schutzpotenzialausgleich	17	7.24 Steuern und Regeln 64	
5.13	Wechselspannung und Wechselstrom	18	7.25 Steuern und Regeln 65	
5.14	Wechselspannung und Wechselstrom	19		
5.15	Energieversorgung	20		
6	Lernfeld 6: Anlagen und Geräte analysieren und prüfen		8 Lernfeld 8: Antriebssysteme auswählen und integrieren	
	Projektbeschreibung	21	Projektbeschreibung 66	
6.1	Strom- und Spannungsmessung bei Sternschaltung	22	8.1 Motorschutzschalter 67	
6.2	Strom- und Spannungsmessung bei Dreiecksschaltung	23	8.2 Stern-Dreieck-Schalter 68	
6.3	Leistungsmessung im Drehstromsystem	24	8.3 Stern-Dreieck-Schutzschaltung 69	
6.4	Zählerschaltung mit Stromwandler	25	8.4 Läufer-Selbstanlasser 70	
6.5	Prüfung der Schutzmaßnahmen	26	8.5 Ständer-Selbstanlasser 71	
6.6	Prüfung der RCD-Schutzeinrichtung	27	8.6 Motor mit Dahlanderwicklung 1 72	
6.7	Übergabebericht und Prüfprotokoll	28	8.7 Motor mit Dahlanderwicklung 2 73	
6.8	Prüfprotokoll für instandgesetzte Geräte	29	8.8 Einphasenmotoren 74	
6.9	Prüftafel für eine Elektrowerkstatt	30	8.9 Kondensatormotor 75	
6.10	Betriebsmittelliste der Prüftafel für eine Elektrowerkstatt	31	8.10 Spaltpolmotor 76	
6.11	Wiederholungsprüfungen nach DGUV Vorschrift 3 .	32	8.11 DC-Reihenschlussmotor mit Anlasser 77	
6.12	Wiederholungsprüfungen nach DGUV Vorschrift 3 und E-Check	33	8.12 Vierpolige, ungekreuzte Schleifenwicklung 78	
6.13	Gleichrichterschaltungen für Einphasenwechselspannung	34	8.13 DC-Nebenschlussmotoren 79	
6.14	Einwegschaltung mit verschiedenen Lasten	35	8.14 DC-Motor, fremderregt, mit Wendepolen 80	
6.15	Gleichrichterschaltungen für Dreiphasenwechselspannung	36	8.15 DC-Reihenschlussmotor mit Wendepol- und Kompensationswicklung 81	
6.16	Netzgerät mit geregelter Ausgangsspannung	37	8.16 DC-Doppelschlussmotor mit Stromrichter und Wendepolen 82	
6.17	Systemunabhängige Schutzmaßnahmen	38	8.17 Thyristorschaltungen 83	
6.18	Messungen nach DIN VDE 0701-0702	39	8.18 Vollgesteuerte Sternschaltung M3C (Dreipuls-Mittelpunktschaltung) 84	
7	Lernfeld 7: Steuerungen für Anlagen programmieren und realisieren		8.19 Vollgesteuerte Brückenschaltungen 85	
	Projektbeschreibung	40	8.20 Halbgesteuerte Sechspuls-Brückenschaltung B6H 86	
7.1	Übersichtsschaltpläne von digitalen Messgeräten .	41	8.21 Halbgesteuerte Zweipuls-Brückenschaltung B2H 87	
7.2	Transistor als Schalter	42	8.22 Heizungssteuerung mit elektronischen Lastrelais (ELR) 88	
7.3	Emitterschaltung	43	8.23 Frequenzumrichter 89	
7.4	Dämmerungsschalter	44	8.24 EMV-gerechter Anschluss eines Frequenzumrichters	90
7.5	Helligkeits- und Bewegungsmessung	45	8.25 Wendeschaltung ohne Hilfskontakte 91	
7.6	Operationsverstärker als Invertierer	46	8.26 Kontaktlose Steuerung mit RS-Flipflop 92	
7.7	Operationsverstärker als Nichtinvertierer	47	8.27 Bremsschaltung 93	
7.8	4-Bit-Asynchrönzähler mit JK-MS-Flipflops	48	8.28 Funktionsplan, GRAFCET 94	
7.9	4-Bit-Schieberegister und Umlaufspeicher	49	8.29 Bremsmotor 95	
7.10	Optokoppler	50	8.30 Drehzahlsteuerung beim Universalmotor 96	
7.11	Induktiver Näherungssensor	51	8.31 Drehzahlsteuerung bei DC-Kleinmotoren 97	
7.12	Anschluss von Näherungsschaltern	52	8.32 Drehzahlregelung 98	
			8.33 Servomotor 99	
			8.34 Schrittmotor 100	
			8.35 NOT-AUS-Einrichtung 101	
			8.36 Differenzstromgeräte 102	
			8.37 Stern-Dreieck-Schutzschaltung 103	
			8.38 Motoren 104	
			8.39 Motoren 105	

8.40	Schaltungen mit elektronischen Bauelementen . . .	106			
8.41	Schaltungen mit elektronischen Bauelementen . . .	107			
9	Lernfeld 9: Kommunikationssysteme in Wohn- und Zweckbauten planen und realisieren				
	Projektbeschreibung	108			
9.1	Türsprechanlage	109			
9.2	Türsprechanlage für Einfamilienhaus	110			
9.3	Türsprechanlage für mehrere Wohnungen	111			
9.4	Hauskommunikation mit Bussystem	112			
9.5	Raumschutzanlage 1	113			
9.6	Raumschutzanlage 2	114			
9.7	Digitales Fernsehen mit terrestrischen Antennen, DVB-T	115			
9.8	Satelliten-Empfangsanlagen	116			
9.9	Breitbandkommunikations-Anlage	117			
9.10	Analog- und ISDN-Telefonanschlusstechnik	118			
9.11	T-DSL mit ISDN-Anschluss	119			
9.12	Signalschaltungen	120			
9.13	Kommunikationsanlagen	121			
9.14	Kommunikationsanlagen	122			
10	Lernfeld 10: Elektrische Anlagen der Haustechnik in Betrieb nehmen und instand halten	123			
10.1	Wechselstromsteller mit Triac	124			
10.2	Wechselstromsteller mit P-Gate-Thyristoren	125			
10.3	Dimmer und Leistungszusatz	126			
10.4	Schaltungen mit Dimmern	127			
10.5	Tastdimmer	128			
10.6	Funk-Dimmer	129			
10.7	Beleuchtungsanlage über Schütz geschaltet	130			
10.8	Leuchtstofflampenschaltungen mit VVGs	131			
10.9	Leuchtstofflampenschaltungen mit EVGs	132			
10.10	Dimmergesteuerte Leuchtstofflampe mit VVG	133			
10.11	Dimmergesteuerte Leuchtstofflampen mit EVGs	134			
10.12	Kochplatte mit Siebentaktschalter	135			
10.13	Elektroherd	136			
10.14	Glaskeramik-Kochfeld	137			
10.15	Induktions-Kochfeld	138			
10.16	Mikrowellenherd	139			
10.17	Waschmaschine	140			
10.18	Bügelmaschine	141			
10.19	Kühlschrank	142			
10.20	Gefrierschrank mit Schnellgefriereinrichtung	143			
10.21	Wärmepumpe und Durchlauferhitzer	144			
10.22	Temperaturregelung	145			
10.23	Elektrospeicherheizung, Geräteschaltung	146			
10.24	Elektrospeicherheizung, Installation	147			
10.25	Überspannungsschutz	148			
10.26	Blitzschutzanlage	149			
10.27	Blitzschutzzonen	150			
10.28	Gewerbe-Spülmaschine	151			
10.29	Raumklimagerät	152			
10.30	Kühllastberechnung	153			
10.31	Elektrospeicherheizung	154			
10.32	Markisensteuerung für einen Wintergarten	155			
11	Lernfeld 11: Energietechnische Anlagen errichten, in Betrieb nehmen und instand setzen	156			
11.1	Drehstromtransformatoren	157			
11.2	Kompensation	158			
11.3	Ersatzstromversorgungsanlage	159			
11.4	Fotovoltaik 1	160			
11.5	Fotovoltaik 2	161			
11.6	Sicherheitsstromversorgung	162			
11.7	Stromversorgung einer Operationsleuchte	163			
12	Lernfeld 12: Energie- und gebäudetechnische Anlagen planen und realisieren				
	Projektbeschreibung	164			
12.1	Aufgaben zum Projekt Schreinerei	164			
	Lösungen der Aufgaben				
	Lösungen zu 5.13: Wechselspannung und Wechselstrom	166			
	Lösungen zu 5.14: Wechselspannung und Wechselstrom	168			
	Lösungen zu 5.15: Energieversorgung	170			
	Lösungen zu 6.17: Systemunabhängige Schutzmaßnahmen	172			
	Lösungen zu 6.18: Messungen nach DIN VDE 0701-0702	173			
	Lösungen zu 7.23: Sensorik	174			
	Lösungen zu 7.24: Steuern und Regeln	175			
	Lösungen zu 7.25: Steuern und Regeln	177			
	Lösungen zu 8.35: NOT-AUS-Einrichtung	179			
	Lösungen zu 8.36: Differenzstromgeräte	180			
	Lösungen zu 8.37: Stern-Dreieck-Schützschialtung	181			
	Lösungen zu 8.38: Motoren	182			
	Lösungen zu 8.39: Motoren	183			
	Lösungen zu 8.40: Schaltungen mit elektronischen Bauelementen	184			
	Lösungen zu 8.41: Schaltungen mit elektronischen Bauelementen	185			
	Lösungen zu 9.12: Signalschaltungen	186			
	Lösungen zu 9.13: Kommunikationsanlagen	187			
	Lösungen zu 9.14: Kommunikationsanlagen	189			
	Lösungen zu 10.15: Induktions-Kochfeld	190			
	Lösungen zu 10.16: Mikrowellenherd	191			
	Lösungen zu 10.28: Gewerbe-Spülmaschine	192			
	Lösungen zu 10.29: Raumklimagerät	193			
	Lösungen zu 10.30: Kühllastberechnung	194			
	Lösungen zu 10.31: Elektrospeicherheizung	195			
	Lösungen zu 10.32: Markisensteuerung für einen Wintergarten	196			
	Lösungen zu 11.7: Stromversorgung einer Operationsleuchte	197			
	Lösungen zu 12.1: Projekt Schreinerei	198			

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 Netzabkopplern in bestimmten Räumen,
- Einbau von Stromkreisverteilern (**Bild 4**).

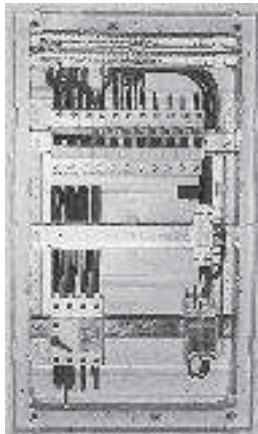


Bild 4: Stromkreisverteiler

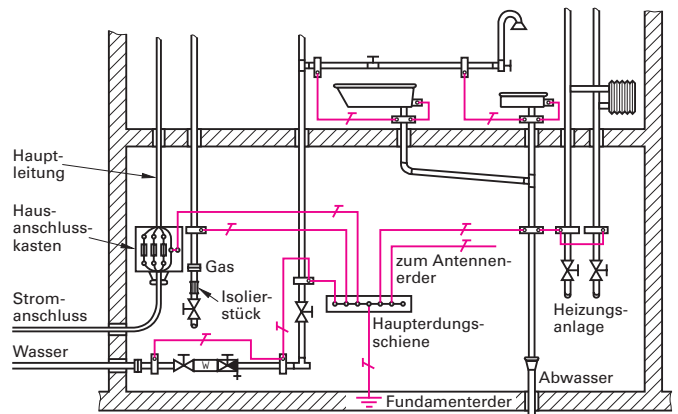


Bild 1: Schutzpotenzialausgleich

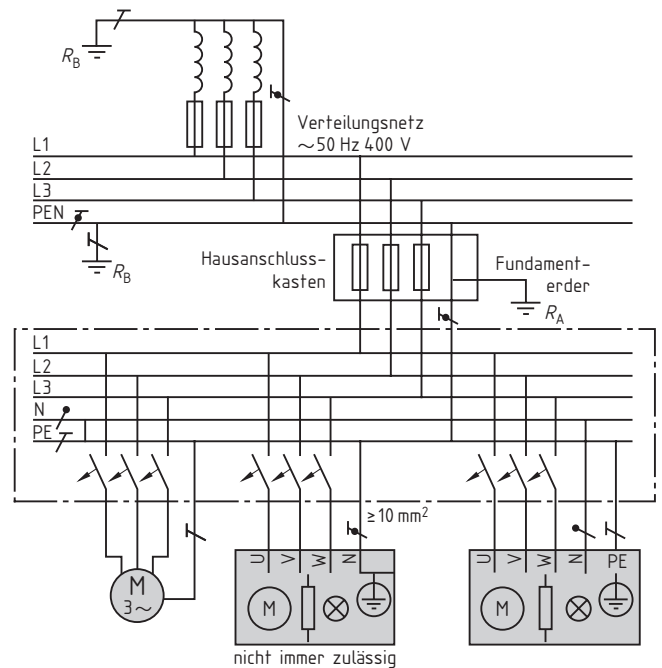


Bild 2: Schutz durch Abschaltung mittels Überstrom-Schutzeinrichtungen im TN-System

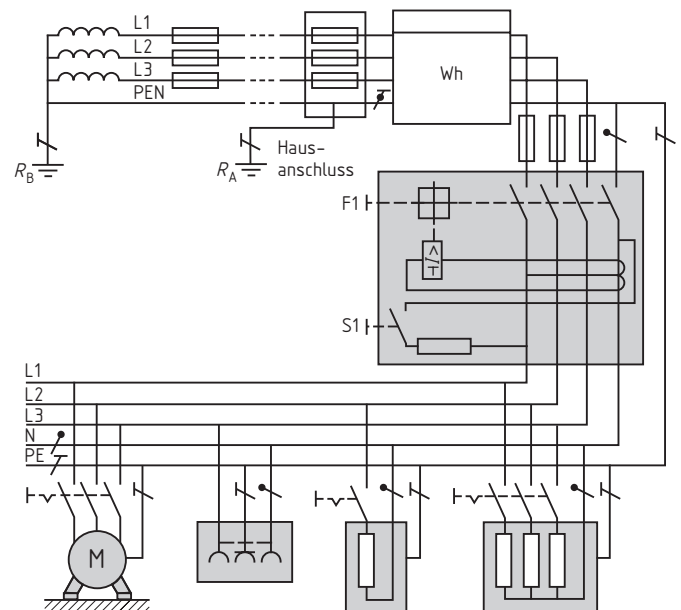
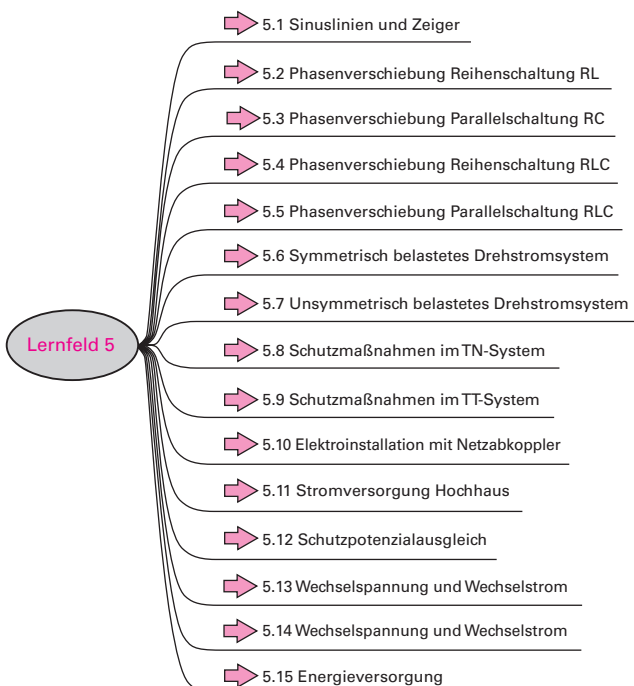


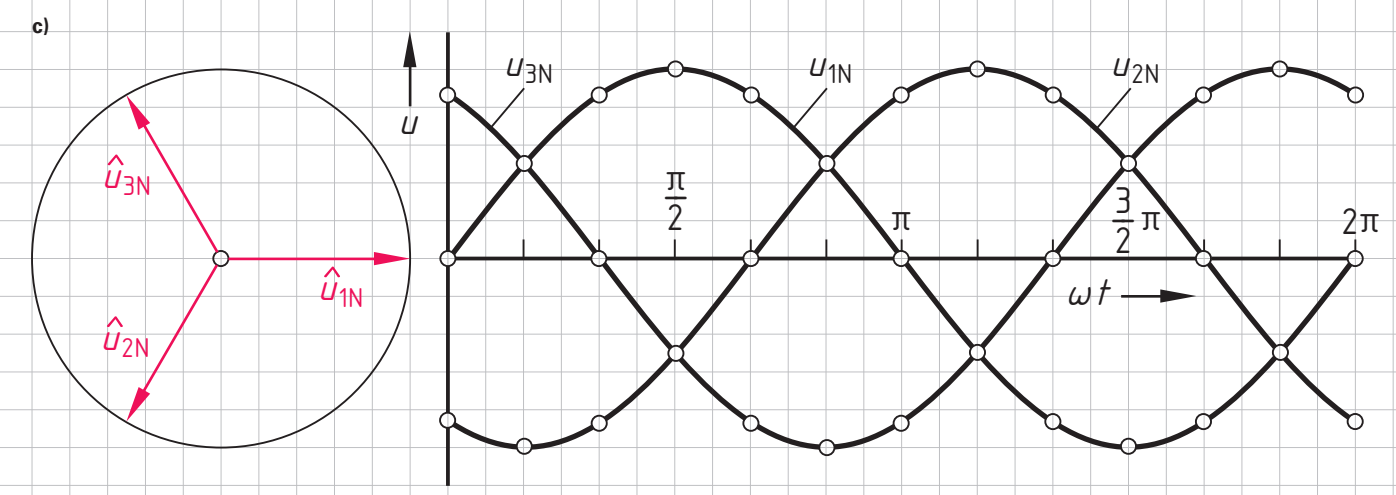
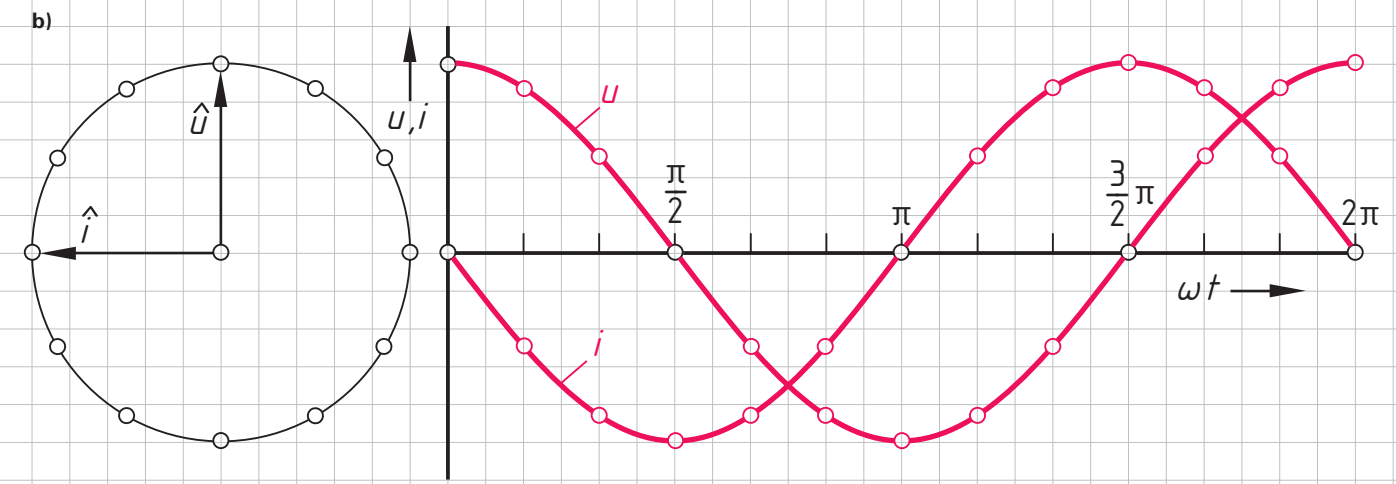
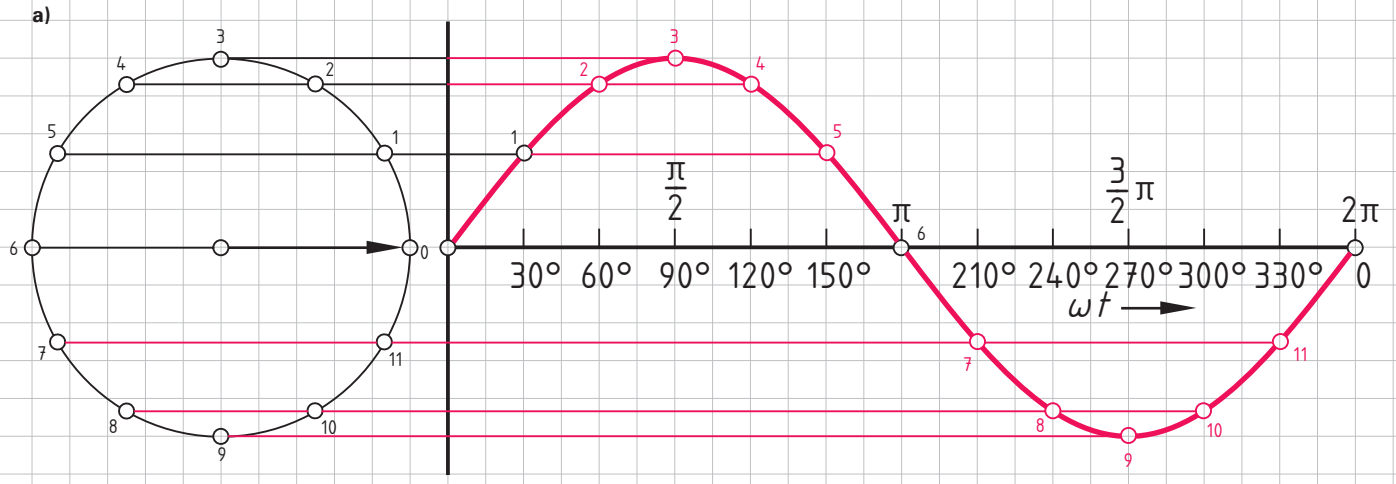
Bild 3: Schutz durch Abschaltung mittels RCD im TN-System



5.1 Sinuslinien und Zeiger

(sine waves 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:
	_____	_____	_____	_____	_____

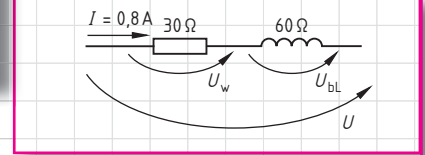
5.2 Phasenverschiebung Reihenschaltung RL (phase shift serial connection of RL)

5

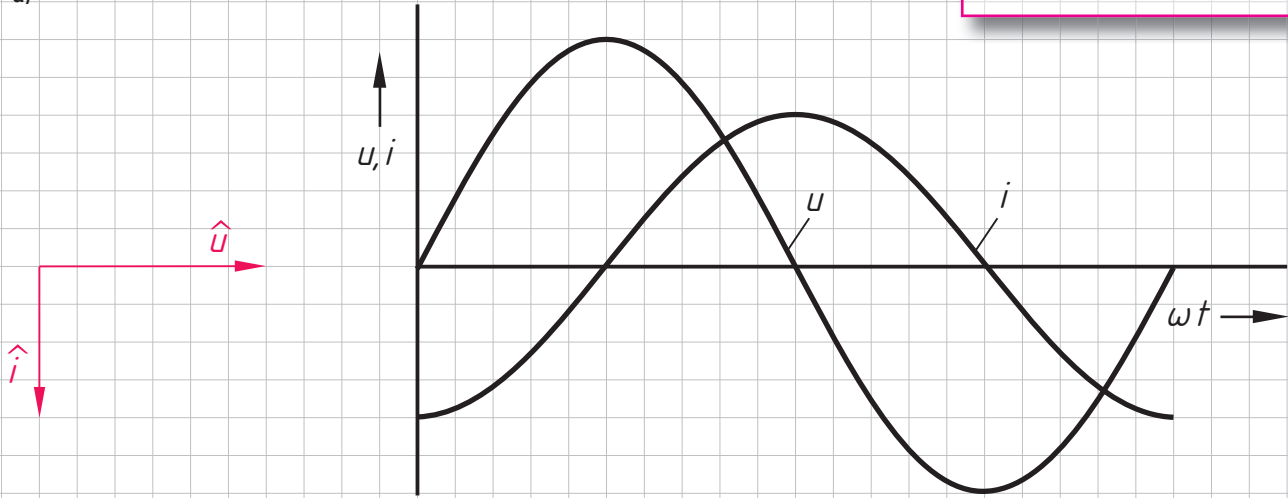
LEHRMATERIAL

ARBEITSBLATT

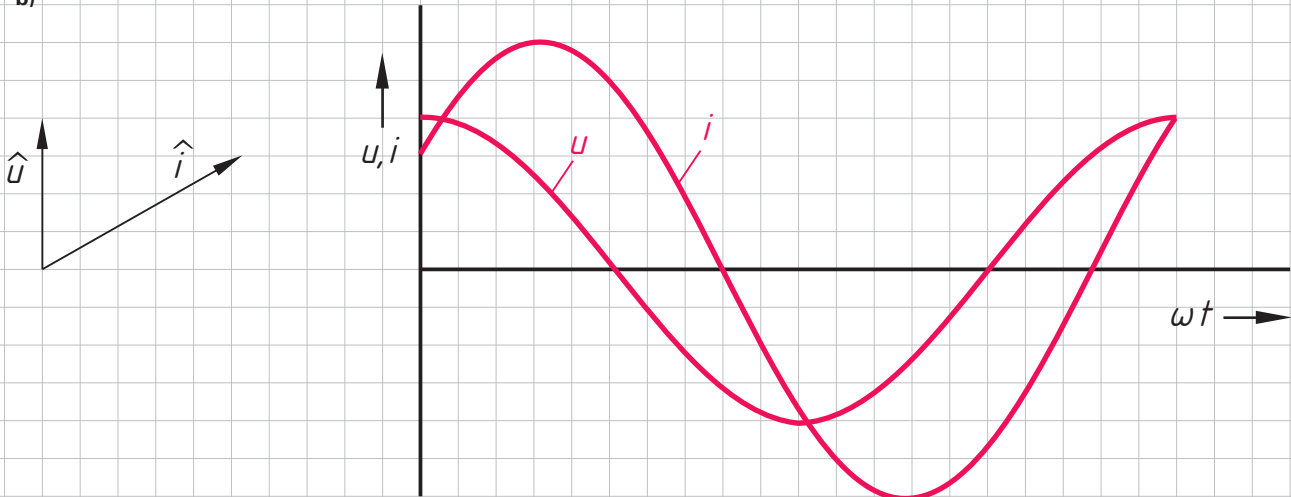
- Konstruieren Sie die Lage der Zeiger aus dem Liniendiagramm.
- Konstruieren Sie den zur Zeigerdarstellung gehörenden Verlauf der Wechselgrößen, tragen Sie im Liniendiagramm u und i ein. Die Wechselgrößen haben die gleich große Periodendauer wie bei a).
- Vervollständigen Sie die Zeigerdiagramme für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



a)

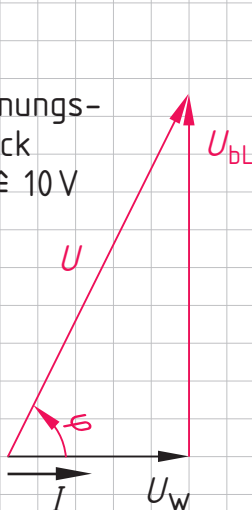


b)

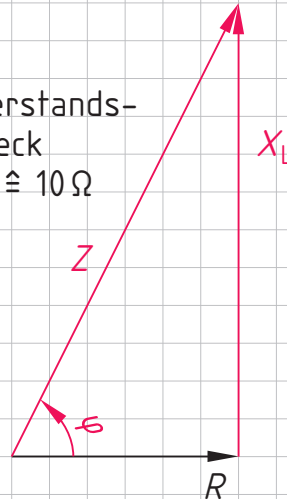


c)

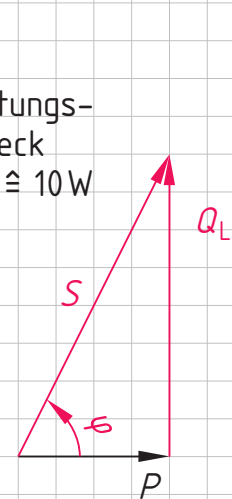
Spannungs-
dreieck
1cm $\hat{=}$ 10V



Widerstands-
dreieck
1cm $\hat{=}$ 10Ω



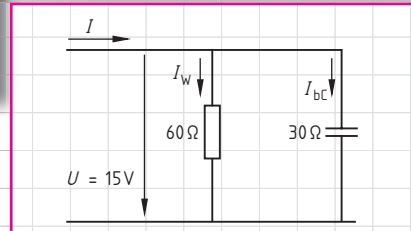
Leistungs-
dreieck
1cm $\hat{=}$ 10W



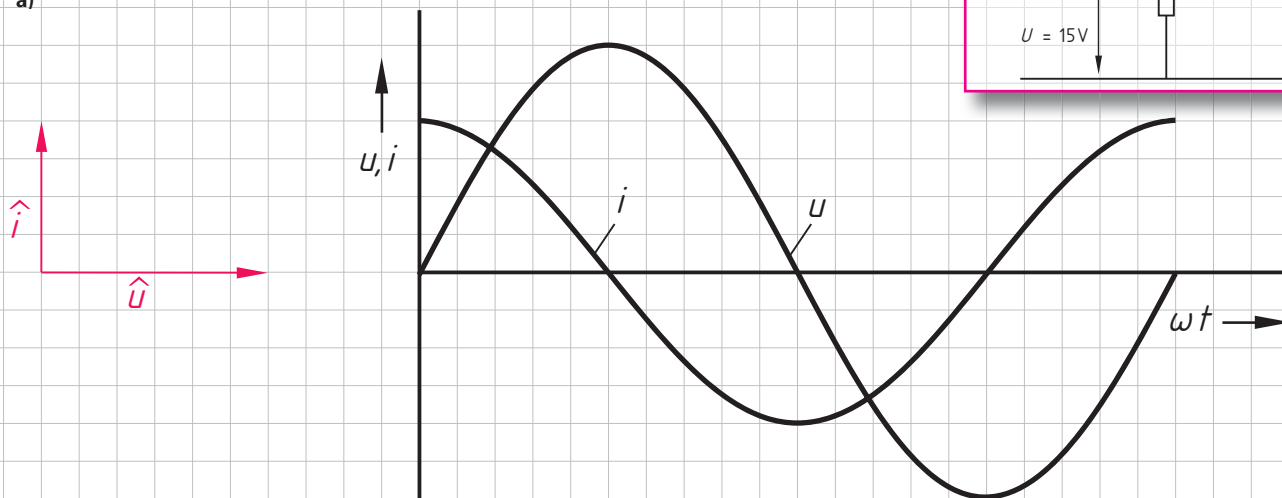
5.3 Phasenverschiebung Parallelschaltung RC

(phase shift parallel connection of RC)

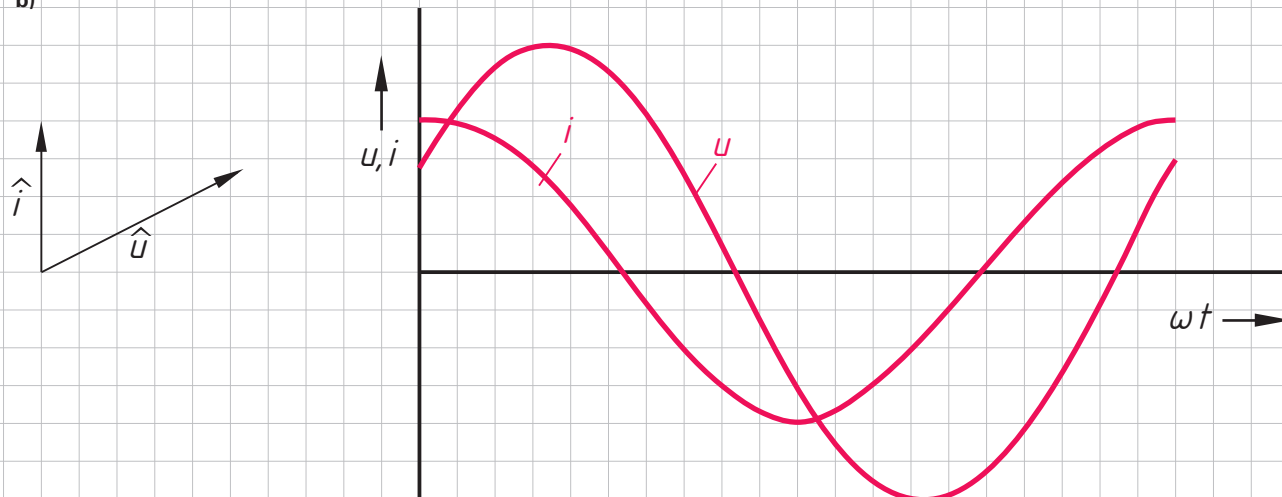
- a) Konstruieren Sie die Lage der Zeiger aus dem Liniendiagramm.
- b) Konstruieren Sie den zur Zeigerdarstellung gehörenden Verlauf der Wechselgrößen, tragen Sie im Liniendiagramm u und i ein. Die Wechselgrößen haben die gleich große Periodendauer wie bei a).
- c) Vervollständigen Sie die Zeigerdiagramme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



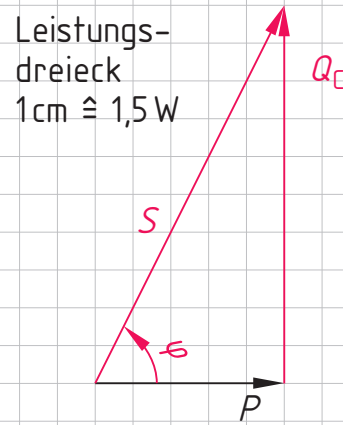
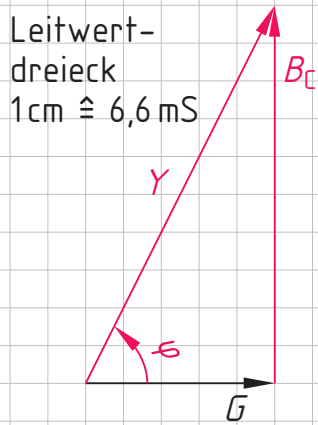
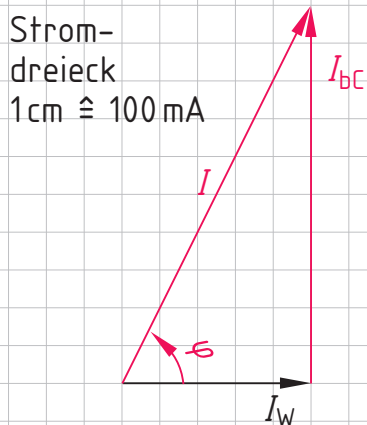
a)



b)



c)



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

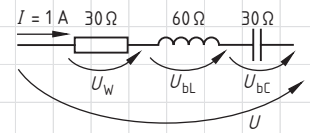
5.4 Phasenverschiebung Reihenschaltung RLC (phase shift serial connection of RLC)

5

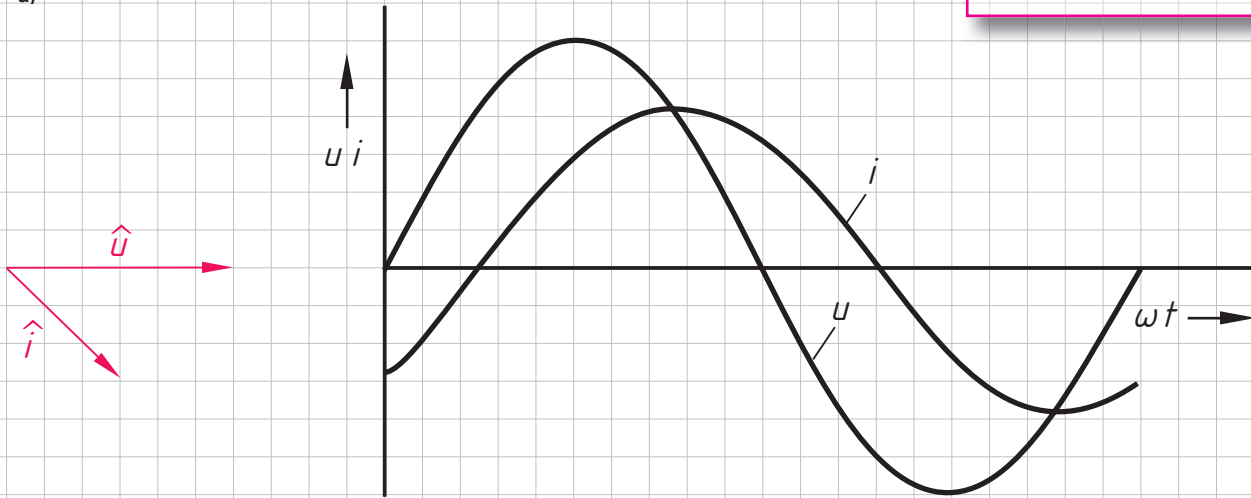
ERNFELD

ARBEITSBLATT

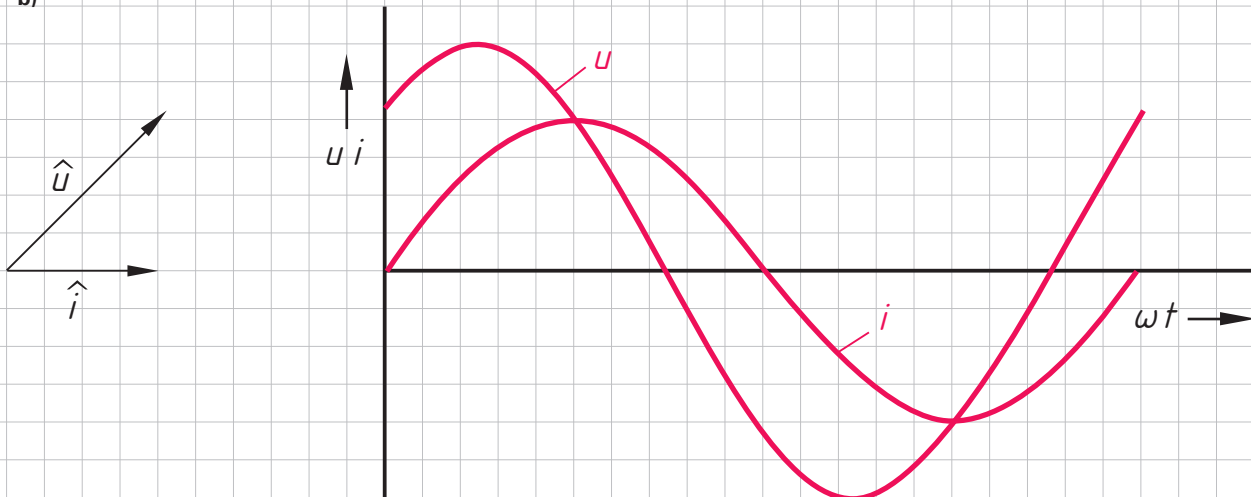
- Konstruieren Sie die Lage der Zeiger aus dem Liniendiagramm.
- Konstruieren Sie den zur Zeigerdarstellung gehörenden Verlauf der Wechselgrößen, tragen Sie im Liniendiagramm u und i ein. Die Wechselgrößen haben die gleich große Periodendauer wie bei a).
- Vervollständigen Sie die Zeigerdiagramme für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



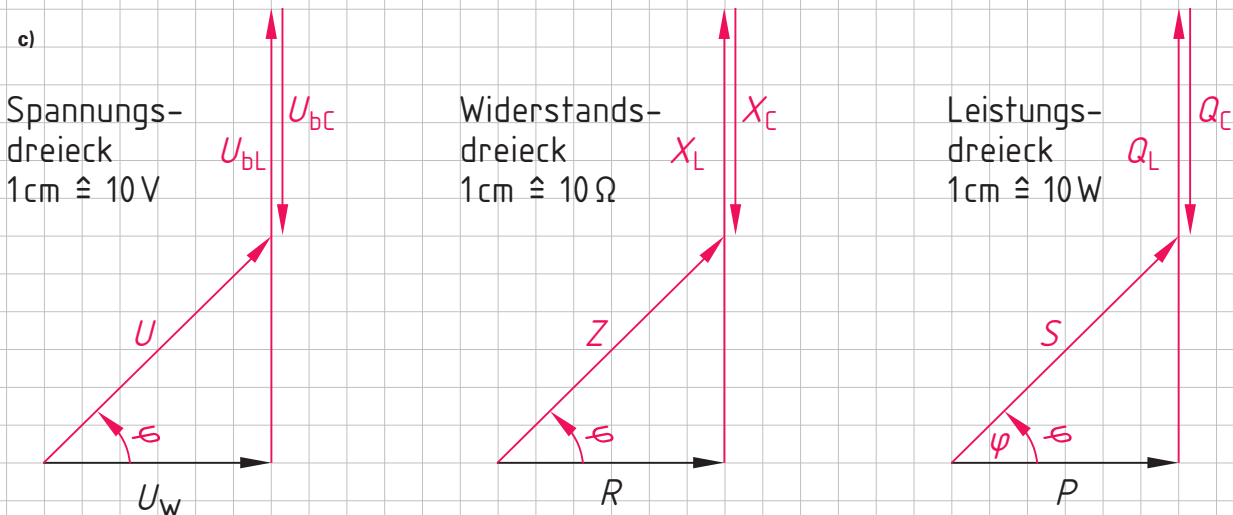
a)



b)

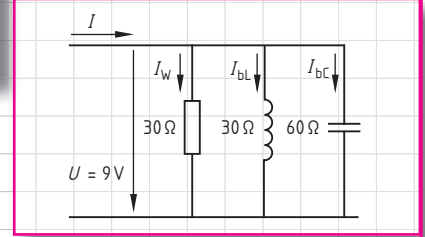


c)

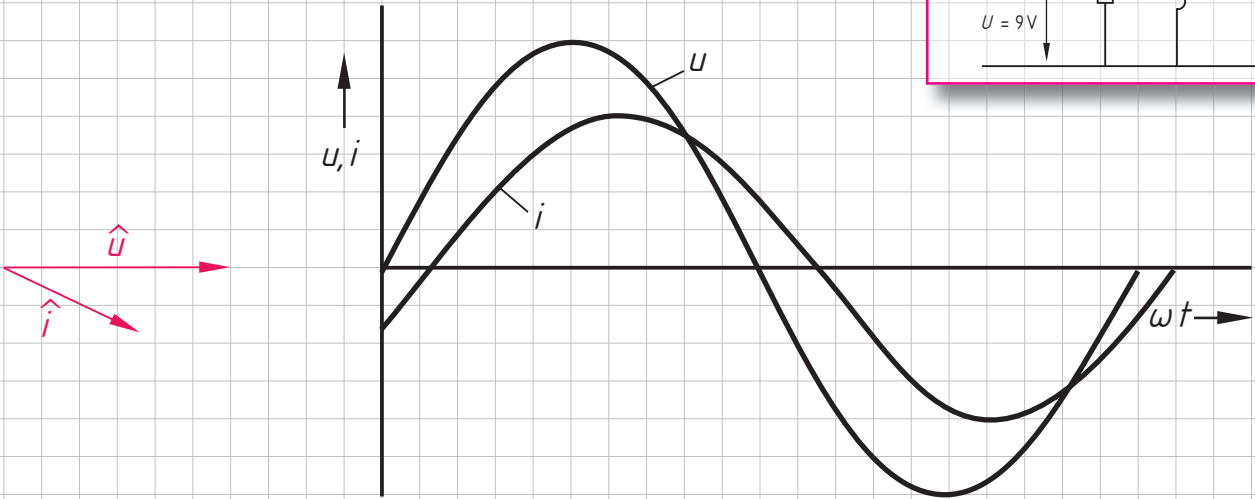


5.5 Phasenverschiebung Parallelschaltung RLC (phase shift parallel connection of RLC)

- 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.

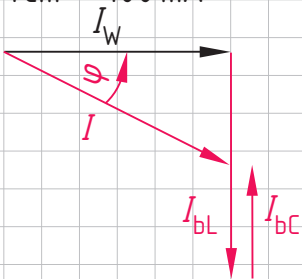


a)

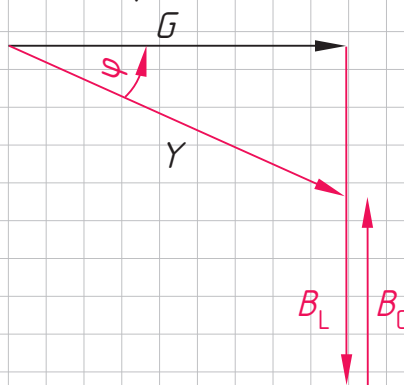


b)

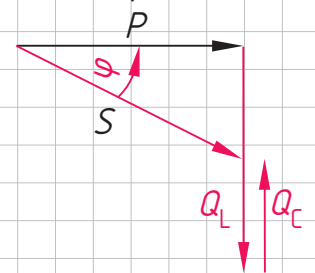
Stromdreieck
1cm $\hat{=}$ 100 mA



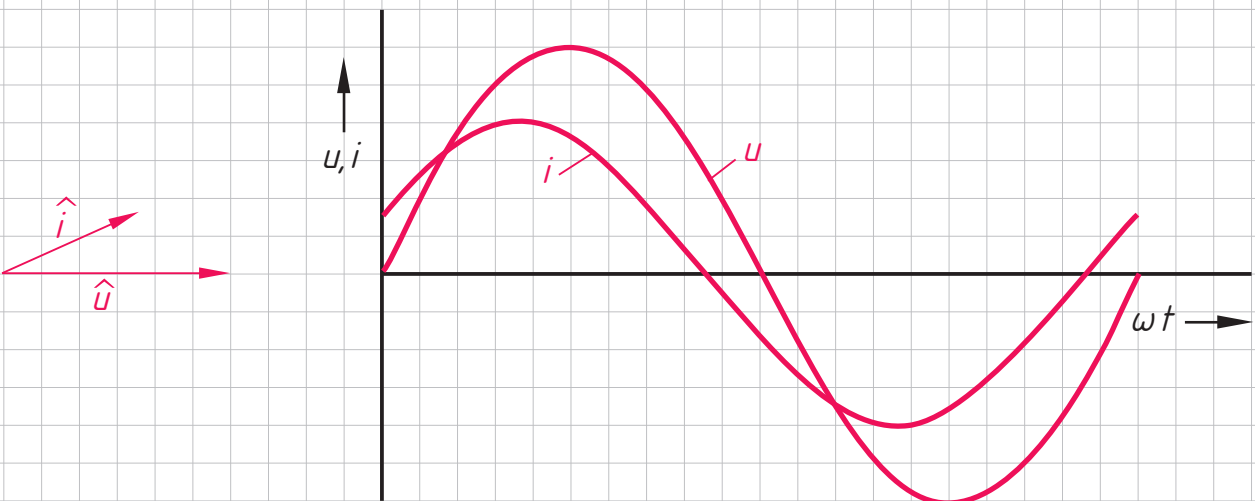
Leitwertdreieck
1cm $\hat{=}$ 6,6 mS



Leistungsdreieck
1cm $\hat{=}$ 0,9 W



c)



5.6 Symmetrisch belastetes Drehstromsystem (symmetrically loaded three-phase system)

5

LEARNFIELD

ARBEITSBLATT

1. 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**). Jeder Heizwiderstand hat einen Wert von $26,7 \Omega$.

a) Berechnen Sie die Strangströme I_{12} , I_{23} und I_{31} .

b) Zeichnen Sie die Zeigerbilder der Strangströme und ermitteln Sie daraus die Außenleiterströme I_1 , I_2 und I_3 .

2. In der Reparaturwerkstatt ist ein Drehstrommotor in Sternschaltung an das 400/230-V-Netz angeschlossen. 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.

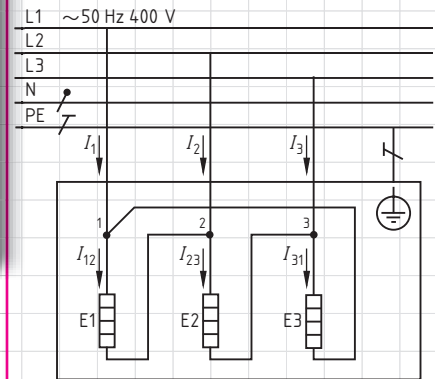
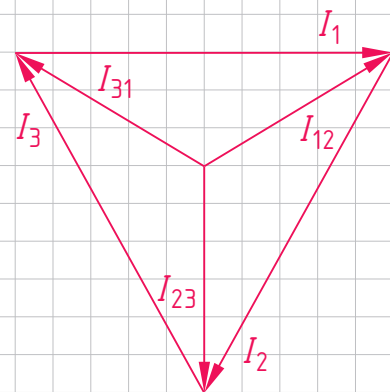
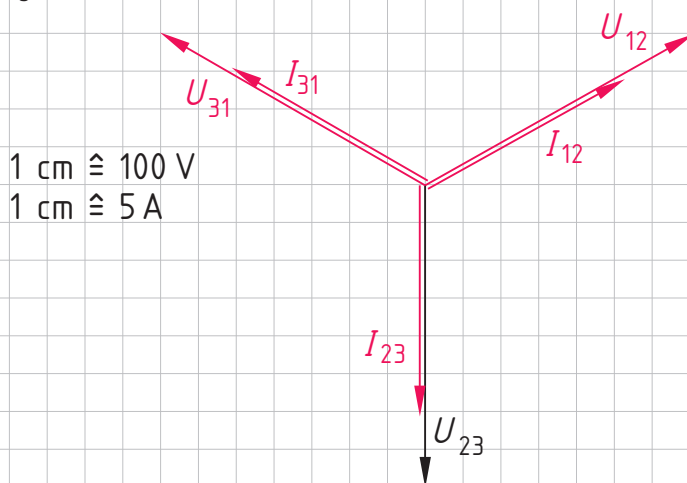


Bild: Schaltung der Heizwiderstände im Durchlauferhitzer

1. Durchlauferhitzer

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

b) Zeigerbilder

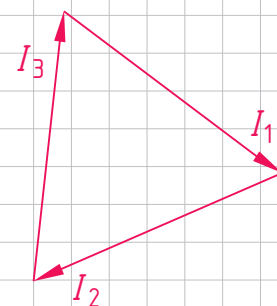
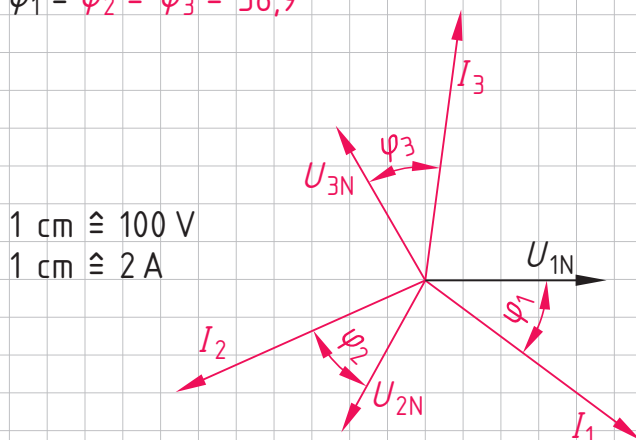


$I_1 = I_2 = I_3 = 5,2 \text{ cm} \hat{=}$ 26 A

2. Drehstrommotor

$\cos \varphi = 0,8$

$\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = 36,9^\circ$



5.7 Unsymmetrisch belastetes Drehstromsystem (asymmetrically loaded three-phase system)

1. In der Küche eines Elektrofachbetriebes befindet sich ein Elektroherd mit vier Blitz-Kochplatten. Über Siebentaktschalter sind davon drei Kochplatten in unterschiedlichen Schaltstufen eingeschalten (**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 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.

2. 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.

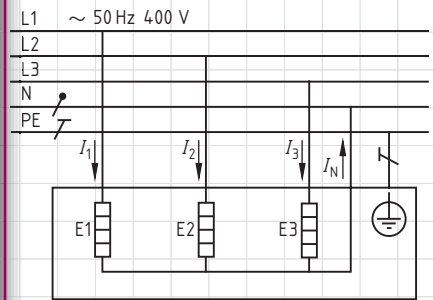


Bild 1: Eingeschaltete Kochplatten im Elektroherd

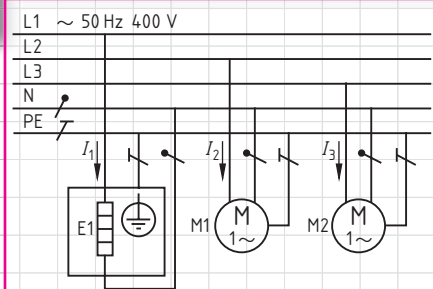


Bild 2: Wechselstromverbraucher am Drehstromnetz

1. Elektroherd

a) Leistungen an den Kochplatten

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

b) Berechnung der Ströme

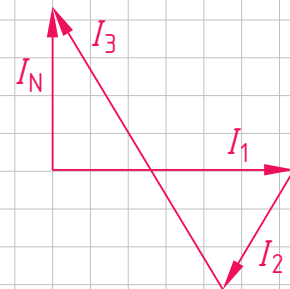
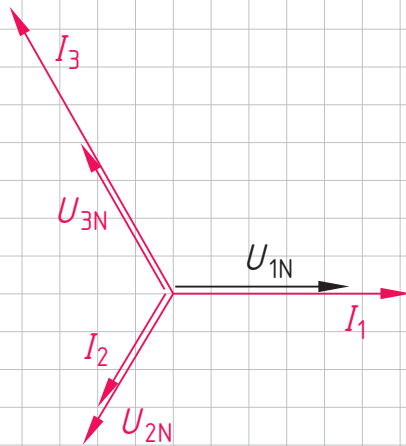
$$I_1 = \frac{P_{E1}}{U_{1N}} = \frac{1500 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 6,52 \text{ A}; I_2 = \frac{P_{E2}}{U_{2N}} = \frac{850 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 3,70 \text{ A};$$

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

c) Zeigerbilder

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

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



$$I_N = 2,15 \text{ cm} \hat{=} 4,3 \text{ A}$$

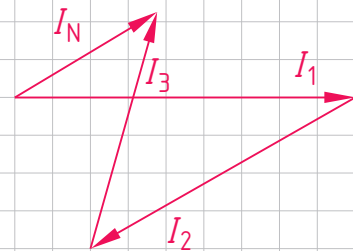
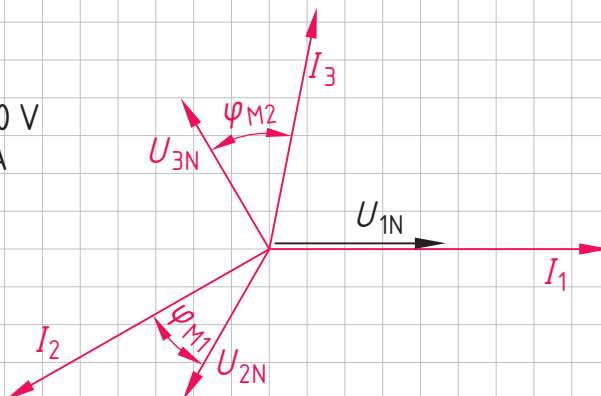
2. Verbraucher in Sternschaltung

$$\cos \varphi_{M1} = 0,86; \varphi_{M1} = 30,7^\circ$$

$$\cos \varphi_{M2} = 0,75; \varphi_{M2} = 41,4^\circ$$

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

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



$$I_N = 2,2 \text{ cm} \hat{=} 4,4 \text{ A}$$

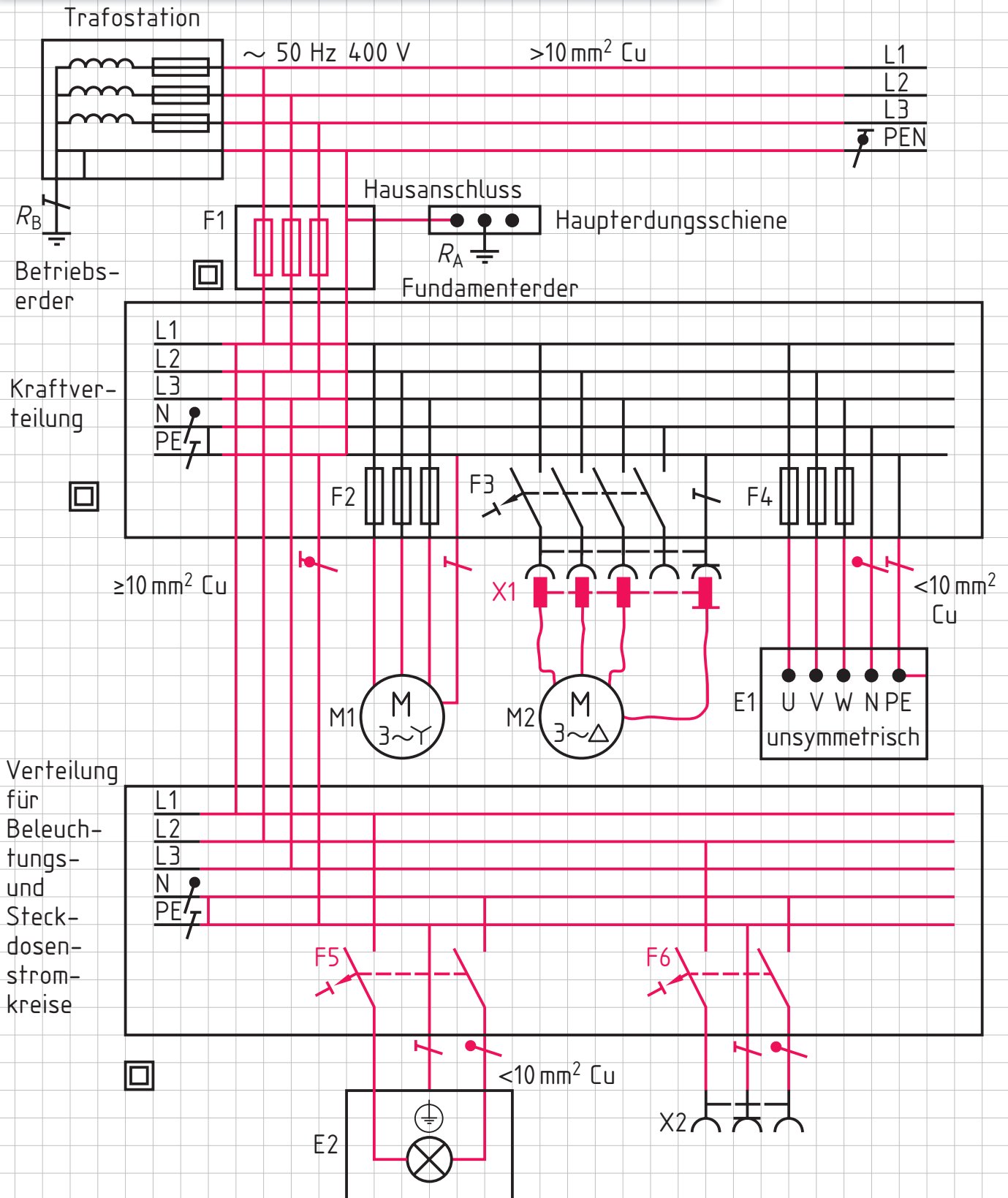
5.8 Schutzmaßnahmen im TN-System (protection in TN systems)

5

ERNFELD

ARBEITSBLATT

In einer Kundenanlage sollen an das Drehstromnetz 230/400 V folgende Elektrogeräte im TN-C-S-System angeschlossen werden: ein Drehstromasynchronmotor ortsfest, ein Drehstromasynchronmotor ortsveränderlich, ein Elektroherd ($A < 10 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$), eine zweipolige Schutzkontaktsteckdose, eine Leuchte.
Vervollständigen Sie den Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung.



Der Schutz wird hergestellt durch Anschluss leitfähiger Anlagenteile
1. über besonderen Schutzleiter (PE) bei $A < 10 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$,
2. direkt an den PEN-Leiter bei $A \geq 10 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$.



Schule: _____

Klasse: _____

Datum: _____

Gezeichnet: _____

Geprüft: _____

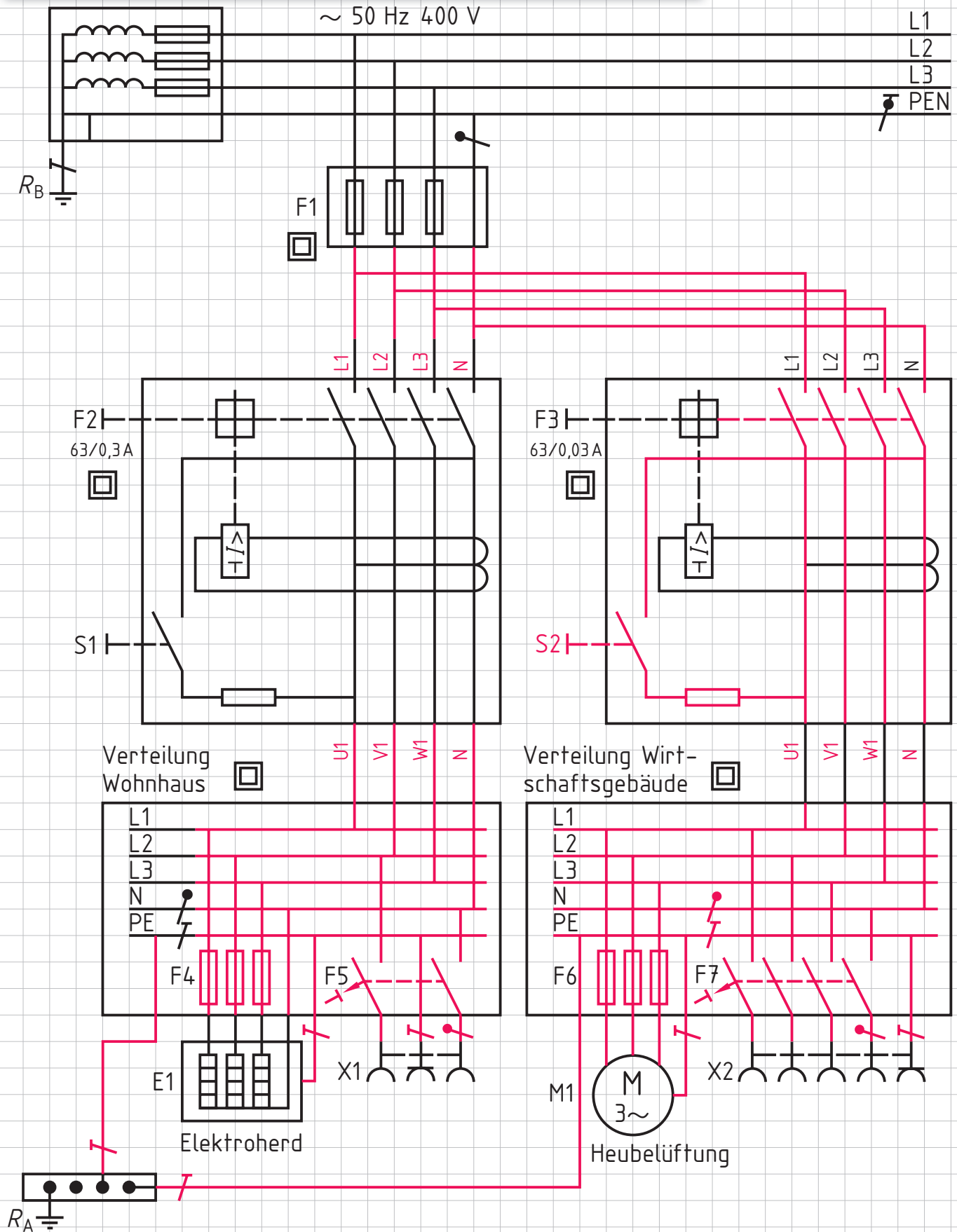
5.9 Schutzmaßnahmen im TT-System (protection in TT systems)

5

LEARNFELD

ARBEITSBLATT

Ein landwirtschaftlicher Betrieb wird an das öffentliche Stromversorgungsnetz angeschlossen. Das Wohnhaus und das Wirtschaftsgebäude sind vorschriftsmäßig mit RCDs im TT-System zu schützen. Vervollständigen Sie den Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung.



Schule:

Klasse:

Datum:

Gezeichnet:

Geprüft:

5.10 Elektroinstallation mit Netzabkoppler (electrical installation with power circuit breaker)

5

ERNFELD

ARBEITSBLATT

Elektromagnetische Felder, z.B. im Schlafzimmer, lassen sich durch Netzfreischaltung vermeiden. Hierbei wird nach dem Abschalten der elektrischen Verbraucher die Versorgungsspannung des Raumes innerhalb von drei bis fünf Sekunden abgeschaltet. Der Netzabkoppler befindet sich im Verteiler.

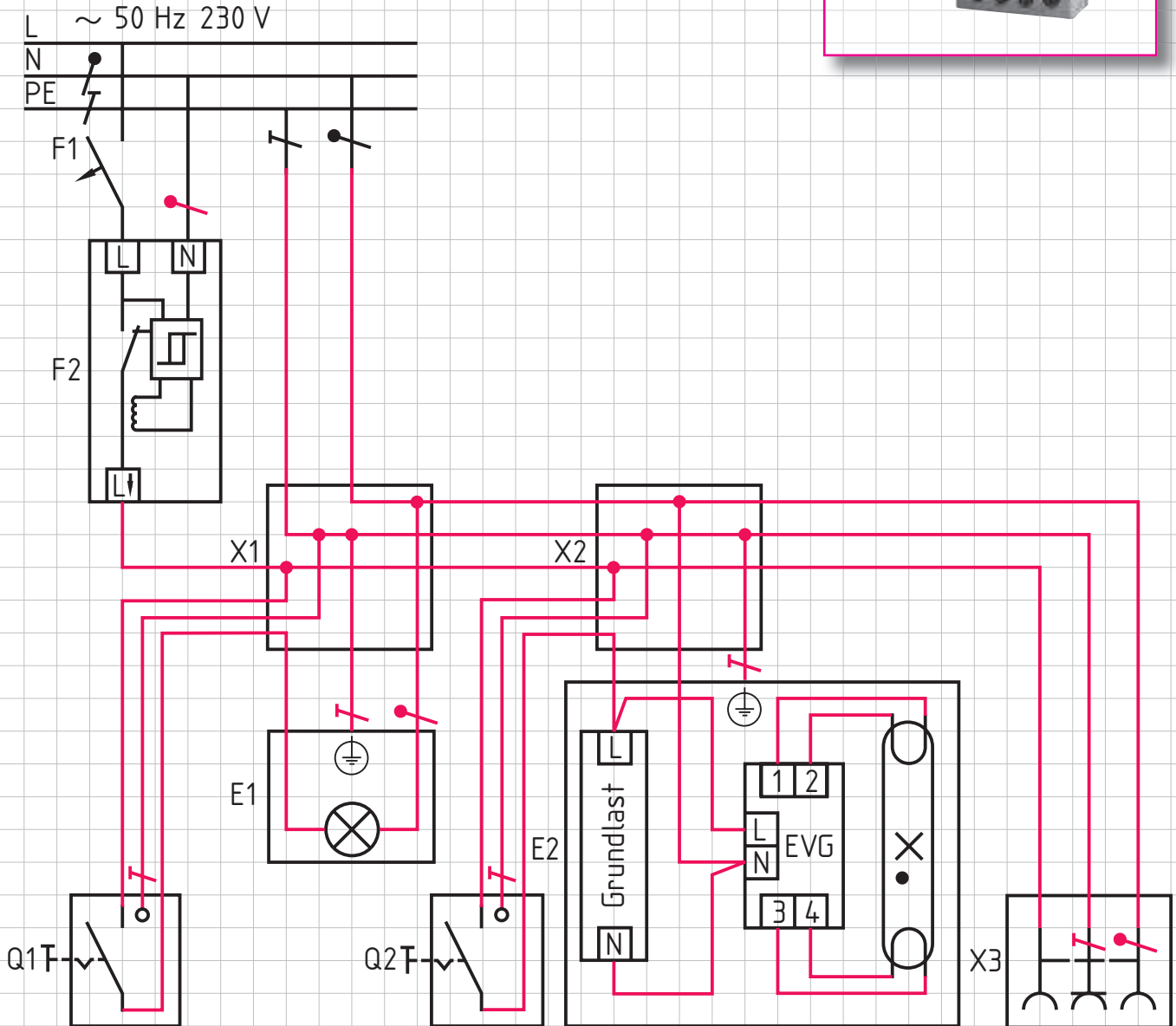
Beim Wiedereinschalten eines Verbrauchers erfolgt nach 0,3s die Einschaltung des Netzes. Im freigeschalteten Zustand liegt eine Gleichspannung von 4 V bis 35 V zur Überwachung des Schaltzustandes an den Schaltkontakten der Verbraucher.

Der Elektrofachbetrieb wird von einem Kunden mit der Installation einer Netzfreischaltung für den Schlafbereich seiner Wohnung beauftragt.

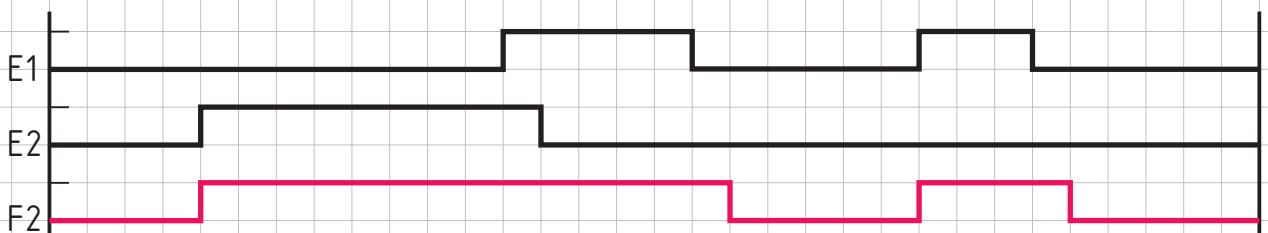
- Ergänzen Sie den Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung.
- Vervollständigen Sie das Zeitablaufdiagramm.



a) Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung

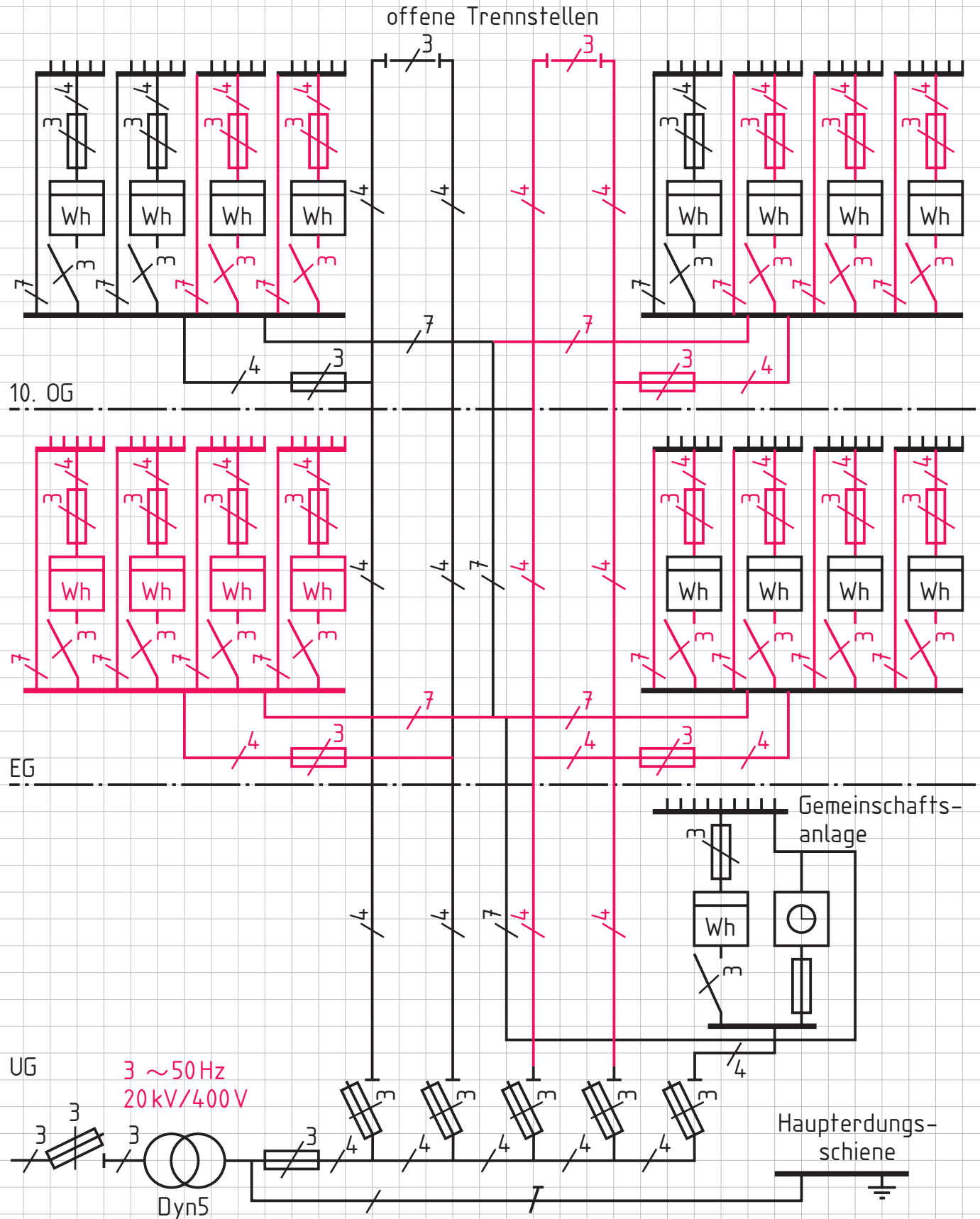


b) Zeitablaufdiagramm



5.11 Stromversorgung Hochhaus (power supply to a multi-storey building)

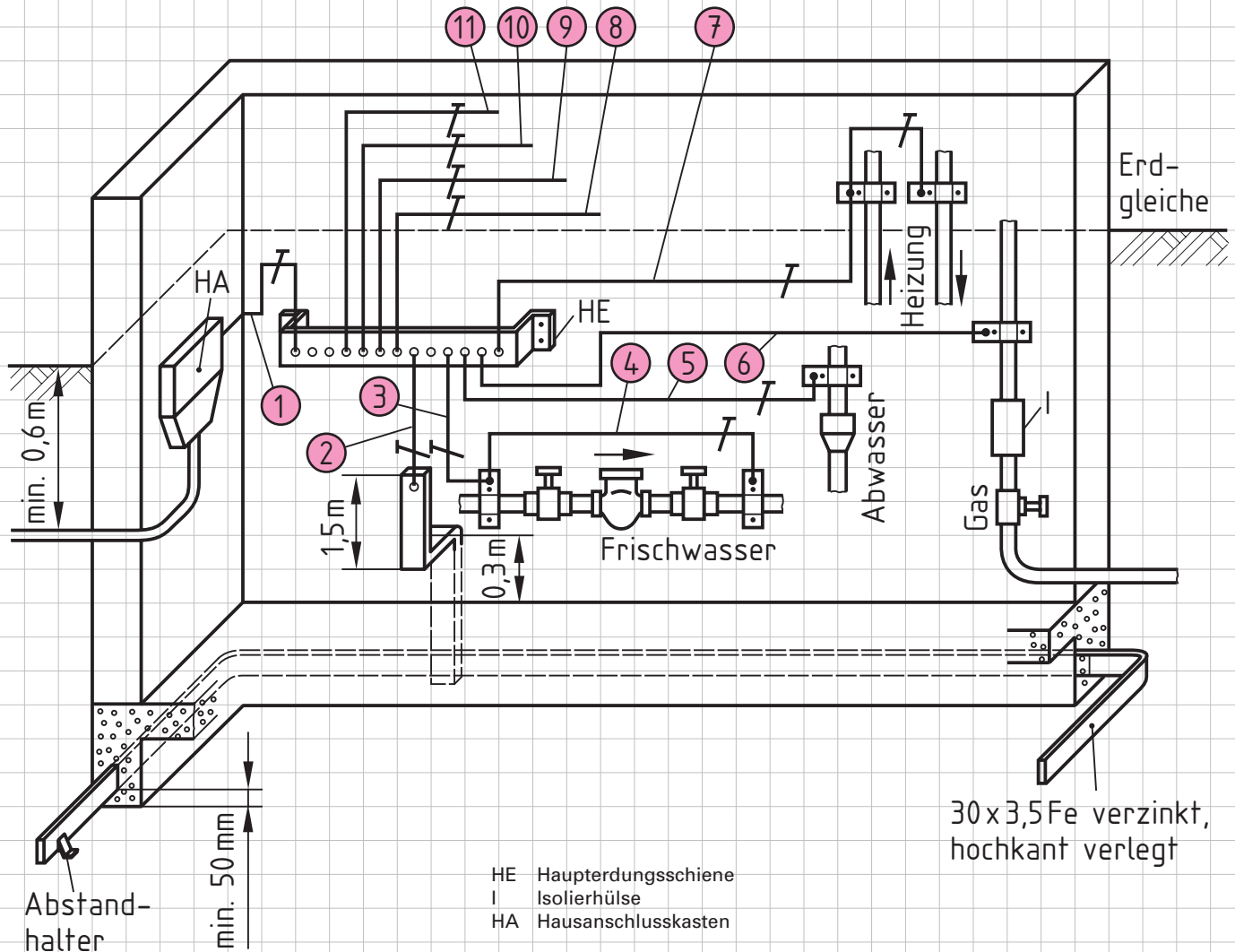
Ein Hochhaus wird aus dem Mittelspannungsnetz des Netzbetreibers mit elektrischer Energie versorgt. Der Transformator Dyn5, 20 kV/400 V ist im Keller untergebracht. Es ist eine dezentrale Zählerplatzanordnung vorgesehen. Vervollständigen Sie den Übersichtsschaltplan für UG, EG und 10. OG.



5.12 Schutzpotenzialausgleich (equipotential bonding)

Vervollständigen Sie die vom Auftraggeber nach erfolgter Elektroinstallation geforderte Dokumentation zum 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 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 PEN-Leiter im TN-System 10 mm² Cu

Schutzleiter im TT- bzw. IT-System

② Fundamenterder 25 mm² Cu

③ Frischwasserleitung 6 mm² Cu

④ Wasseruhrüberbrückung 16 mm² Cu

⑤ Abwasserleitung 6 mm² Cu

⑥ Gasleitungsrohre 6 mm² Cu

⑦ Heizungsrohre 6 mm² Cu

⑧ Antennenanlage 16 mm² Cu

⑨ Fernmeldeanlage 10 mm² Cu

⑩ Blitzschutzanlage 10 mm² Cu

⑪ Reserve

5.13 Wechselspannung und Wechselstrom (alternating voltage and alternating current)

(Lösungen s. S. 166–167)

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: $1 \text{ mA} \cong 1 \text{ cm}$; $10 \text{ V} \cong 1 \text{ cm}$).
- 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: $60^\circ \cong 1 \text{ cm}$; $60 \text{ V} \cong 1 \text{ cm}$; $0,2 \text{ A} \cong 1 \text{ cm}$; $100 \Omega \cong 1 \text{ cm}$; $10 \text{ W} = 10 \text{ VA} = 10 \text{ var} \cong 1 \text{ cm}$)

- 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 Widerstands-dreieck 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 Widerstands-dreieck. 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} .

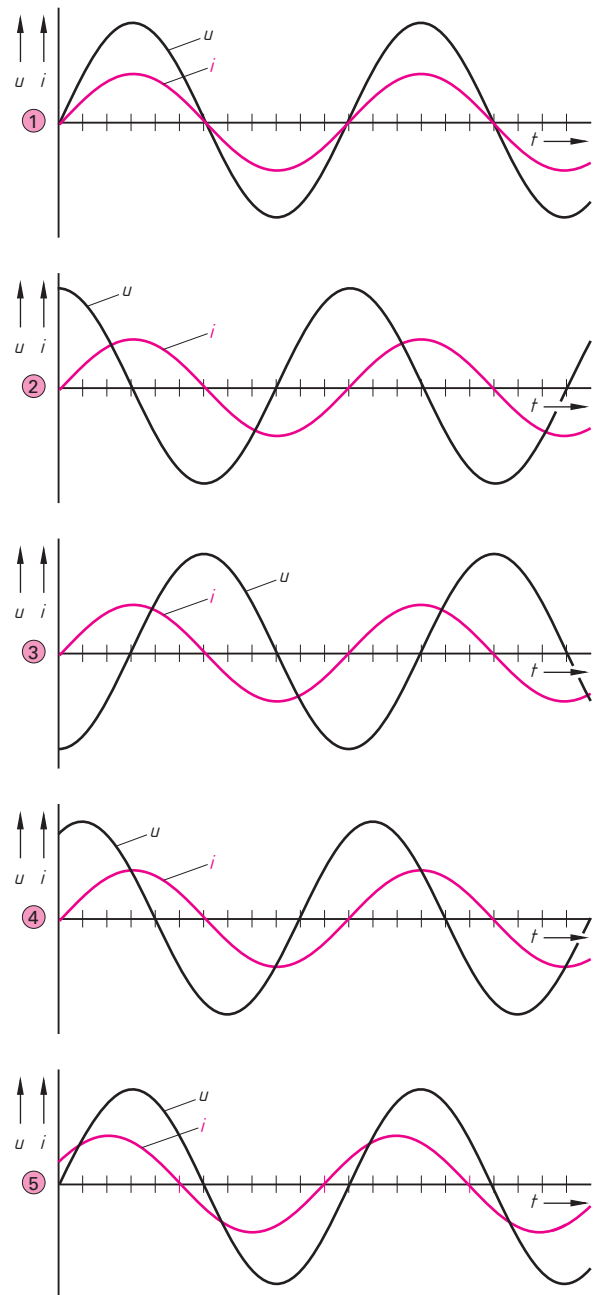


Bild 1: Liniendiagramme

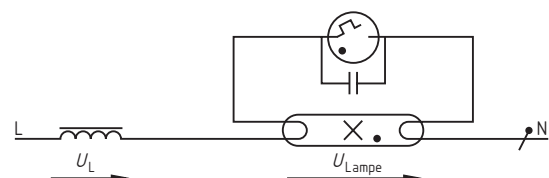


Bild 2: Leuchtstofflampenschaltung

5.14 Wechselspannung und Wechselstrom (alternating voltage and alternating current)

(Lösungen s. S. 168–169)

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: $U_1 = 15\text{ V}$; $U_2 = 40\text{ V}$.

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

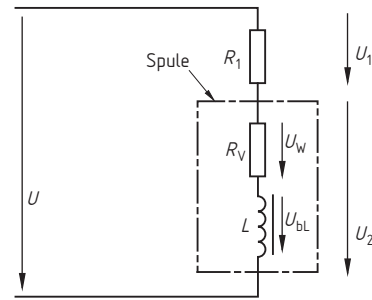


Bild 1: Versuchsschaltung

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.

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

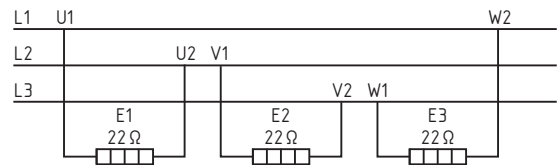


Bild 2: Durchlauferhitzer

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**).

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

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

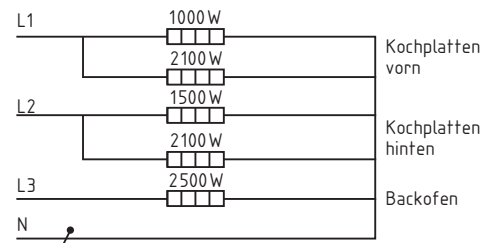


Bild 4: Elektroherd

5. Zeigerdreiecke (phasor triangles)

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

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

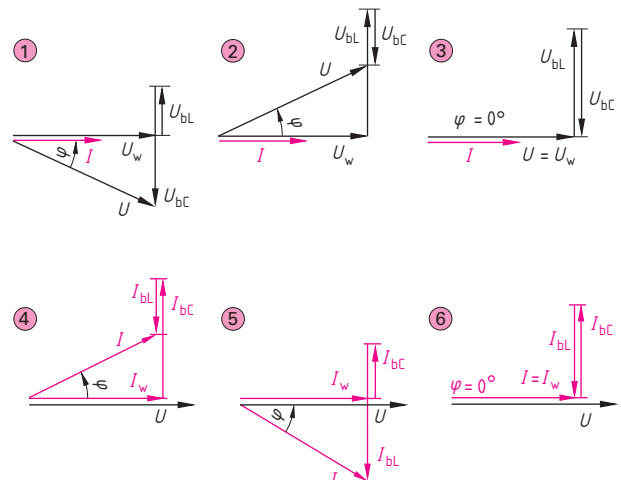


Bild 5: Zeigerdreiecke

5.15 Energieversorgung (power supply)

(Lösungen s. S. 170–171)

ERNFELD

5

AUFGABEN

1. Verteilungssysteme in Drehstromnetzen (distributing systems within three-phase networks)

In Drehstrom-Versorgungsnetzen unterscheidet man drei Verteilungssysteme: TN-Systeme (**Bild 1**, **Bild 2**, **Bild 3**), TT-System (**Bild 4**) und IT-System (**Bild 5**). Dabei bezeichnet der erste Buchstabe das Erdungsverhältnis des Spannungserzeugers und der zweite Buchstabe das Erdungsverhältnis der Verbraucheranlage.

- Welche Bedeutung haben die Kennbuchstaben T, N und I?
- In TN-Systemen werden bei der Bezeichnung noch weitere Buchstaben angehängt. Welche Bedeutung haben dabei die Bezeichnungen TN-C (**Bild 1**), TN-S (**Bild 2**) und TN-C-S (**Bild 3**)?

2. TN-System (TN system)

- Erklären Sie das Prinzip eines TN-Systems.
- Welchen Schutz bieten Schutzmaßnahmen im TN-System bei Auftreten eines Körperschlusses?
- Nennen Sie die in TN-Systemen zulässigen Schutzeinrichtungen.
- Welche höchstzulässigen Abschaltzeiten gelten in TN-Systemen?
- Zeichnen Sie eine Verbraucheranlage im TN-System, bei der ein ortsfester Verbraucher mit einem Bemessungsstrom von 50 A am TN-C-System und drei einphasige Verbraucher mit je 16 A Bemessungsstrom am TN-C-S-System betrieben werden. Als Schutzeinrichtungen dienen Schmelzsicherungen und Leitungsschutzschalter.

3. TT-System (TT system)

- Erklären Sie das Prinzip eines TT-Systems.
- Welche Arten von Schutzeinrichtungen sind im TT-System zulässig?
- Warum sind im TT-System Schmelzsicherungen und Leitungsschutzschalter nur bedingt einsetzbar?
- Zeichnen Sie die Schaltung eines TT-Systems entsprechend **Bild 4**, aber mit zwei Verbrauchern, von denen einer mit Schmelzsicherungen und der andere mit einer RCD (FI-Schutzschalter) geschützt ist.

4. IT-System (IT system)

- Erklären Sie den Aufbau eines IT-Systems.
- Warum ist im IT-System beim Auftreten eines ersten Fehlers keine Abschaltung erforderlich?
- Welche Aufgabe hat die Isolationsüberwachungseinrichtung im IT-System?
- Zeichnen Sie eine Verbraucheranlage in einem IT-System mit drei Drehstromverbrauchern, die mit Schmelzsicherungen geschützt sind.
- Nennen Sie die im IT-System zulässigen Schutzeinrichtungen.

5. Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen, RCDs (residual current protective devices, RCDs)

- Erklären Sie den Aufbau und die Wirkungsweise einer RCD nach **Bild 6**.
- Weshalb bieten RCDs auch einen erhöhten Brandschutz?
- Welche Abschaltzeit gilt für RCDs?
- Zeichnen Sie eine Verbraucheranlage in einem TN-S-System mit einem Drehstromverbraucher und einem einphasigen Verbraucher, die durch RCDs geschützt sind.

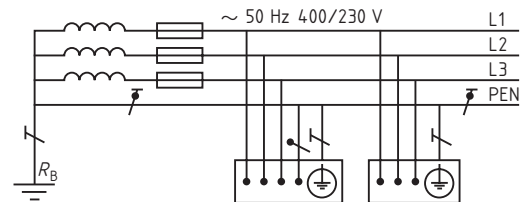


Bild 1: TN-C-System

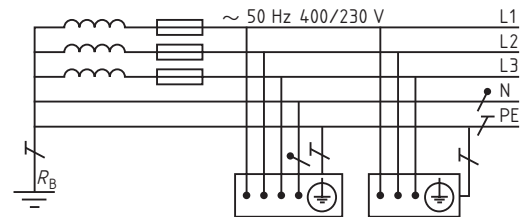


Bild 2: TN-S-System

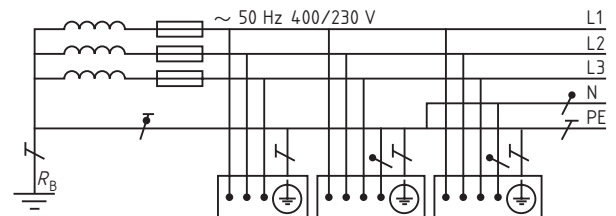


Bild 3: TN-C-S-System

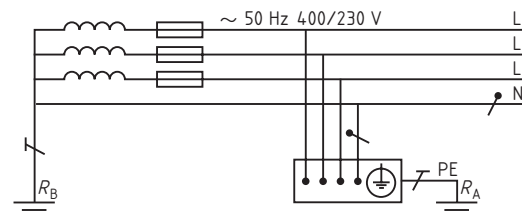


Bild 4: TT-System

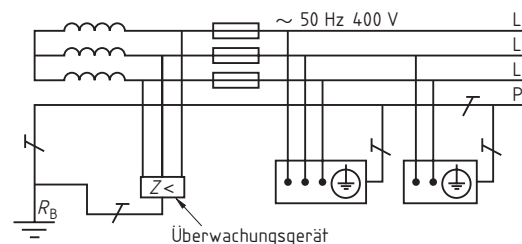


Bild 5: IT-System

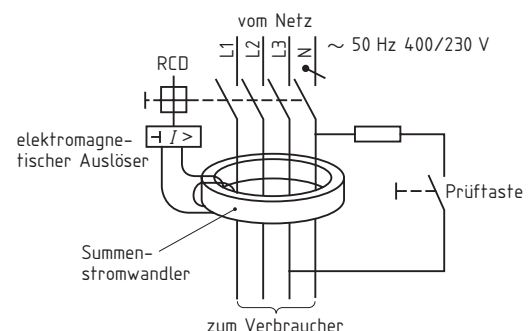


Bild 6: Prinzip der RCD