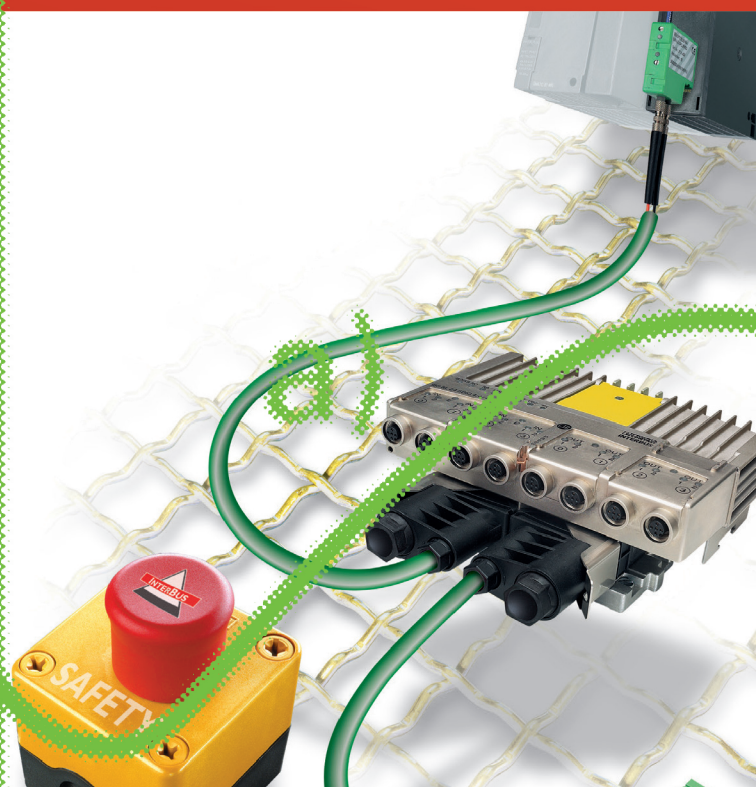


# Technische Kommunikation Elektrotechnik

Schaltungs- und  
Funktionsanalyse



Arbeitsblätter  
und Aufgaben  
Fachbildung

Lernfelder 5-12

Lösungen





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.	Tettang
Hanswalter Jöckel	Dipl.-Ing. (FH), Oberstudienrat	Friedrichshafen
Thomas Käppel	Fachlehrer	Münchberg
Anton Kopf	Oberstudienrat	Ulm
Jürgen Schwarz	Dipl.-Ing., Studiendirektor	Tettang

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

## 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 Elektrikers. Die Erarbeitung des Lehrstoffes durch den Lernenden selbst oder im Team kann durch verschiedene Medien, insbesondere den **Informati- onsband** „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
5.2 Phasenverschiebung Reihenschaltung RL	7
5.3 Phasenverschiebung Parallelschaltung RC	8
5.4 Phasenverschiebung Reihenschaltung RLC	9
5.5 Phasenverschiebung Parallelschaltung RLC	10
5.6 Symmetrisch belastetes Drehstromsystem	11
5.7 Unsymmetrisch belastetes Drehstromsystem	12
5.8 Schutzmaßnahmen im TN-System	13
5.9 Schutzmaßnahmen im TT-System	14
5.10 Elektroinstallation mit Netzabkoppler	15
5.11 Stromversorgung Hochhaus	16
5.12 Schutzpotenzialausgleich	17
5.13 Wechselspannung und Wechselstrom	18
5.14 Wechselspannung und Wechselstrom	19
5.15 Energieversorgung	20

## 6 Lernfeld 6: Anlagen und Geräte analysieren und prüfen

Projektbeschreibung	21
6.1 Strom- und Spannungsmessung bei Sternschaltung	22
6.2 Strom- und Spannungsmessung bei Dreiecksschaltung	23
6.3 Leistungsmessung im Drehstromsystem	24
6.4 Zählerschaltung mit Stromwandler	25
6.5 Prüfung der Schutzmaßnahmen	26
6.6 Prüfung der RCD-Schutteinrichtung	27
6.7 Übergabebericht und Prüfprotokoll	28
6.8 Prüfprotokoll für instandgesetzte Geräte	29
6.9 Prüftafel für eine Elektrowerkstatt	30
6.10 Betriebsmittelliste der Prüftafel für eine Elektrowerkstatt	31
6.11 Wiederholungsprüfungen nach DGUV Vorschrift 3	32
6.12 Wiederholungsprüfungen nach DGUV Vorschrift 3 und E-Check	33
6.13 Gleichrichterschaltungen für Einphasenwechselspannung	34
6.14 Einwegschaltung mit verschiedenen Lasten	35
6.15 Gleichrichterschaltungen für Dreiphasenwechselspannung	36
6.16 Netzgerät mit geregelter Ausgangsspannung	37
6.17 Systemunabhängige Schutzmaßnahmen	38
6.18 Messungen nach DIN VDE 0701-0702	39

## 7 Lernfeld 7: Steuerungen für Anlagen programmieren und realisieren

Projektbeschreibung	40
7.1 Übersichtsschaltpläne von digitalen Messgeräten	41
7.2 Transistor als Schalter	42
7.3 Emitterschaltung	43
7.4 Dämmerungsschalter	44
7.5 Helligkeits- und Bewegungsmessung	45
7.6 Operationsverstärker als Invertierer	46
7.7 Operationsverstärker als Nichtinvertierer	47
7.8 4-Bit-Asynchrone Zähler mit JK-MS-Flipflops	48
7.9 4-Bit-Schieberegister und Umlaufspeicher	49
7.10 Optokoppler	50
7.11 Induktiver Näherungssensor	51
7.12 Anschluss von Näherungsschaltern	52

7.13 SPS-Wendeschüttschaltung	53
7.14 Steuerung eines Industrietors mit Kompaktsteuerung	54
7.15 AS-i-Feldbus	55
7.16 SPS-Zeitfunktion, Zähler	56
7.17 Gebäudesystemtechnik KNX, Dimmen	57
7.18 Gebäudesystemtechnik KNX, Stromlaufplan	58
7.19 Gebäudesystemtechnik KNX, Jalousiesteuerung	59
7.20 Gebäudesystemtechnik KNX, Lichtsteuerung	60
7.21 Pneumatik, Hydraulik	61
7.22 Pneumatik, SPS-gesteuert	62
7.23 Sensorik	63
7.24 Steuern und Regeln	64
7.25 Steuern und Regeln	65

## 8 Lernfeld 8: Antriebssysteme auswählen und integrieren

Projektbeschreibung	66
8.1 Motorschutzschalter	67
8.2 Stern-Dreieck-Schalter	68
8.3 Stern-Dreieck-Schüttschaltung	69
8.4 Läufer-Selbstanlasser	70
8.5 Ständer-Selbstanlasser	71
8.6 Motor mit Dahlanderwicklung 1	72
8.7 Motor mit Dahlanderwicklung 2	73
8.8 Einphasenmotoren	74
8.9 Kondensatormotor	75
8.10 Spaltpolmotor	76
8.11 DC-Reihenschlussmotor mit Anlasser	77
8.12 Vierpolige, ungekreuzte Schleifenwicklung	78
8.13 DC-Nebenschlussmotoren	79
8.14 DC-Motor, fremderregt, mit Wendepolen	80
8.15 DC-Reihenschlussmotor mit Wendepol- und Kompensationswicklung	81
8.16 DC-Doppelschlussmotor mit Stromrichter und Wendepolen	82
8.17 Thyristorschaltungen	83
8.18 Vollgesteuerte Sternschaltung M3C (Dreipuls-Mittelpunktschaltung)	84
8.19 Vollgesteuerte Brückenschaltungen	85
8.20 Halbgesteuerte Sechspuls-Brückenschaltung B6H	86
8.21 Halbgesteuerte Zweipuls-Brückenschaltung B2H	87
8.22 Heizungssteuerung mit elektronischen Lastrelais (ELR)	88
8.23 Frequenzumrichter	89
8.24 EMV-gerechter Anschluss eines Frequenzumrichters	90
8.25 Wendeschaltung ohne Hilfskontakte	91
8.26 Kontaktlose Steuerung mit RS-Flipflop	92
8.27 Bremsschaltung	93
8.28 Funktionsplan, GRAFCET	94
8.29 Bremsmotor	95
8.30 Drehzahlsteuerung beim Universalmotor	96
8.31 Drehzahlsteuerung bei DC-Kleinmotoren	97
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-Schüttschaltung	103
8.38 Motoren	104
8.39 Motoren	105

8.40	Schaltungen mit elektronischen Bauelementen . . .	106
8.41	Schaltungen mit elektronischen Bauelementen . . .	107
<b>9</b>	<b>Lernfeld 9: Kommunikationssysteme in Wohn- und Zweckbauten planen und realisieren</b>	
	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
<b>10</b>	<b>Lernfeld 10: Elektrische Anlagen der Haustechnik in Betrieb nehmen und instand halten . . .</b>	<b>123</b>
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	Blitzschutzzone . . . . .	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

<b>11</b>	<b>Lernfeld 11: Energietechnische Anlagen errichten, in Betrieb nehmen und instand setzen . .</b>	<b>156</b>
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
<b>12</b>	<b>Lernfeld 12: Energie- und gebäudetechnische Anlagen planen und realisieren</b>	
	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 Netzabkoppeln in bestimmten Räumen,
- Einbau von Stromkreisverteilern (**Bild 4**).

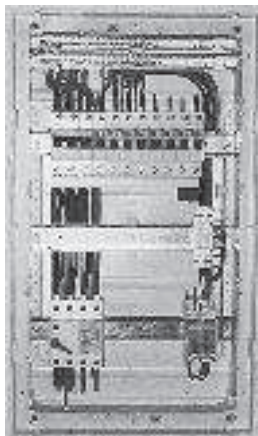


Bild 4: Stromkreisverteiler

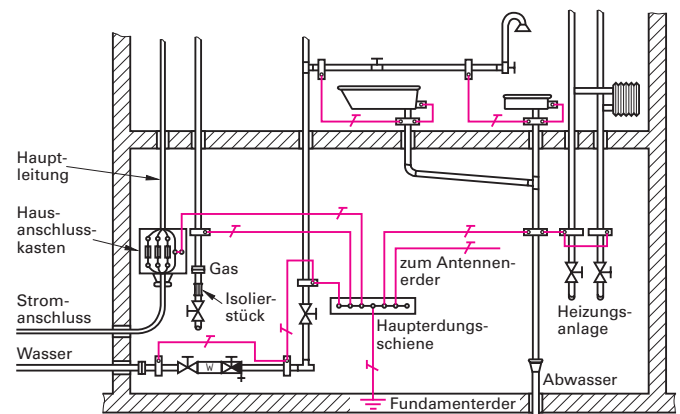


Bild 1: Schutzpotenzialausgleich

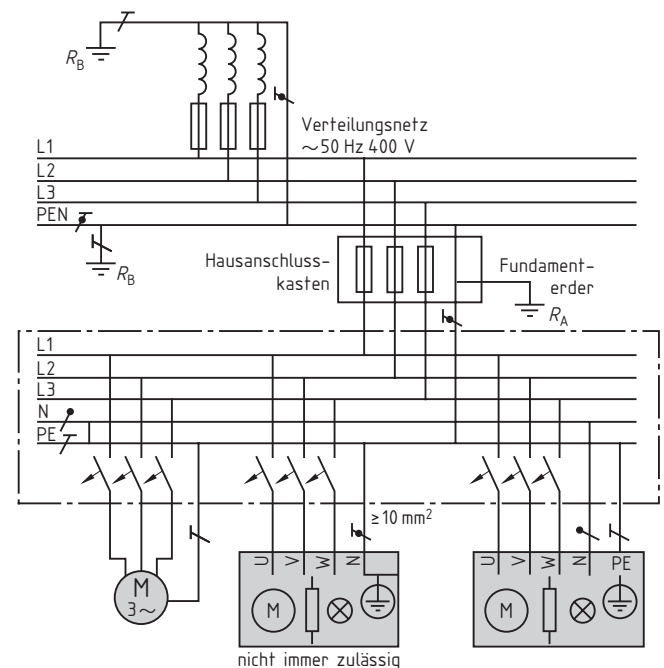


Bild 2: Schutz durch Abschaltung mittels Überstrom-Schutzeinrichtungen im TN-System

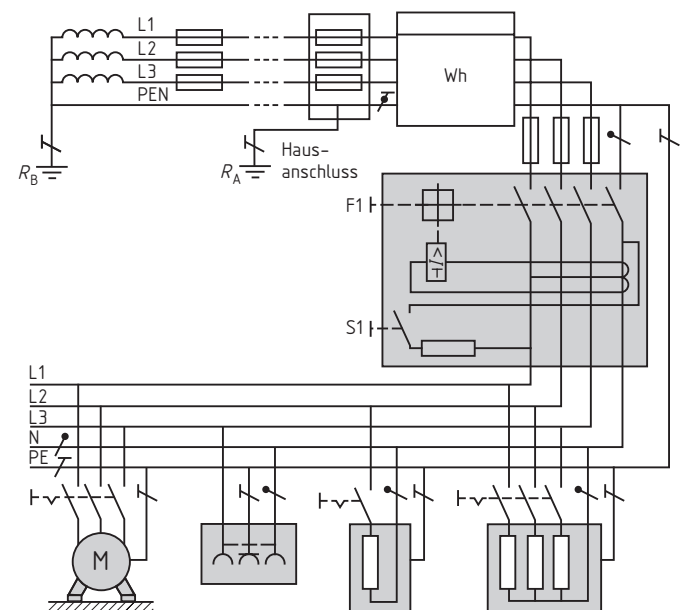


Bild 3: Schutz durch Abschaltung mittels RCD im TN-System

### Lernfeld 5

- ➔ 5.1 Sinuslinien und Zeiger
- ➔ 5.2 Phasenverschiebung Reihenschaltung RL
- ➔ 5.3 Phasenverschiebung Parallelschaltung RC
- ➔ 5.4 Phasenverschiebung Reihenschaltung RLC
- ➔ 5.5 Phasenverschiebung Parallelschaltung RLC
- ➔ 5.6 Symmetrisch belastetes Drehstromsystem
- ➔ 5.7 Unsymmetrisch belastetes Drehstromsystem
- ➔ 5.8 Schutzmaßnahmen im TN-System
- ➔ 5.9 Schutzmaßnahmen im TT-System
- ➔ 5.10 Elektroinstallation mit Netzabkoppler
- ➔ 5.11 Stromversorgung Hochhaus
- ➔ 5.12 Schutzpotenzialausgleich
- ➔ 5.13 Wechselspannung und Wechselstrom
- ➔ 5.14 Wechselspannung und Wechselstrom
- ➔ 5.15 Energieversorgung

## 5.1 Sinuslinien und Zeiger

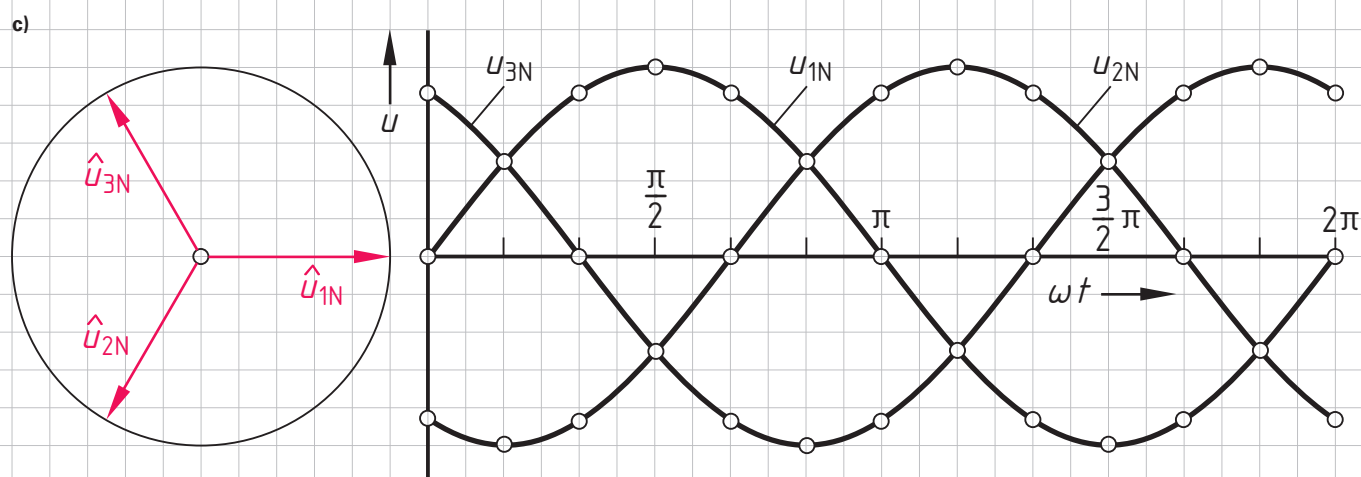
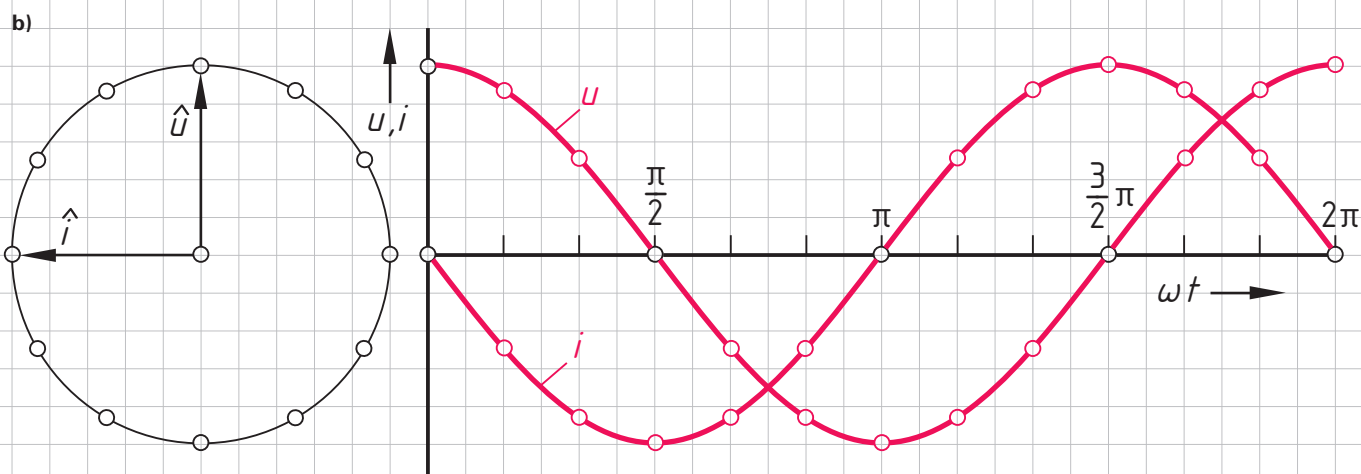
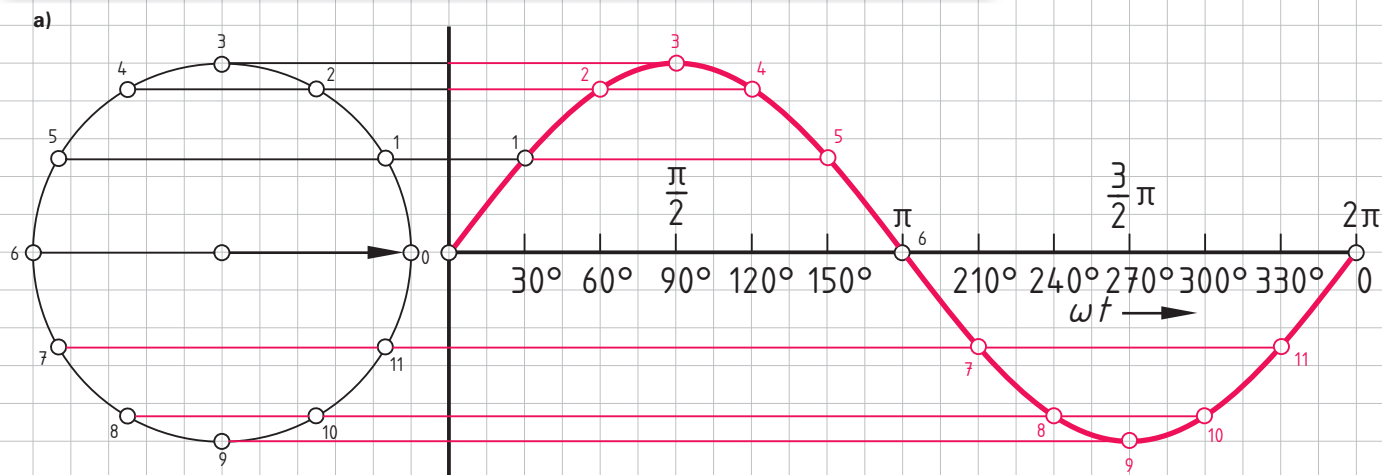
(sine waves and phasors)

LERNFELD

ARBEITSBLATT

5

- 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.
- 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.
- Die drei Sinuslinien stellen die Spannungen eines Drehstromsystems dar. Konstruieren Sie die zugehörigen Zeiger und schreiben Sie die Spannungsangabe zu jedem Zeiger.





## 5.2 Phasenverschiebung Reihenschaltung RL

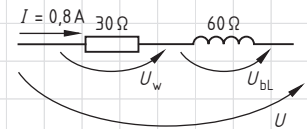
(phase shift serial connection of RL)

5

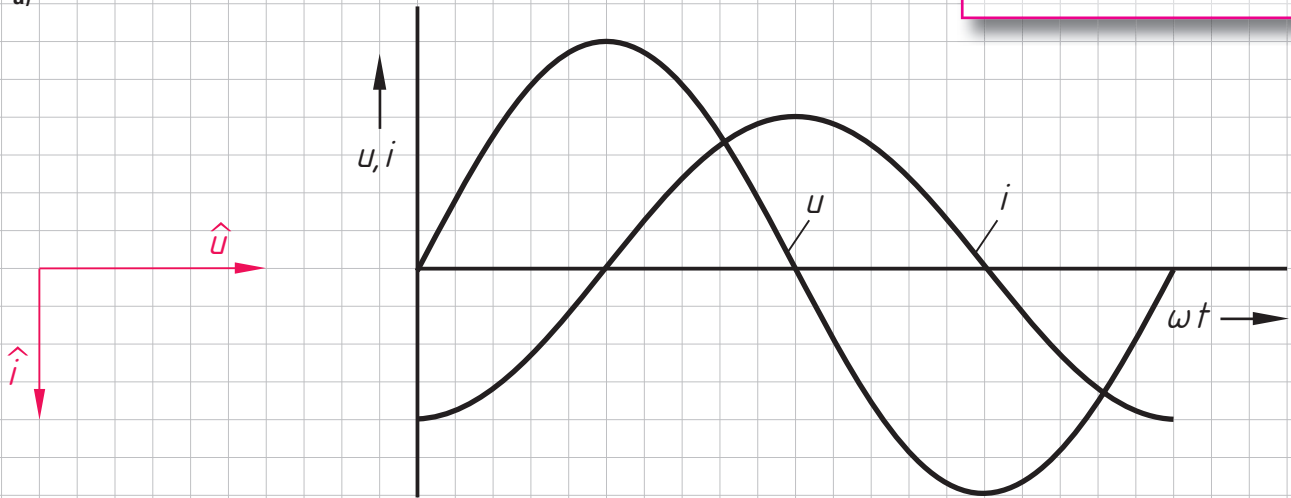
LERNFELD

ARBEITSBLATT

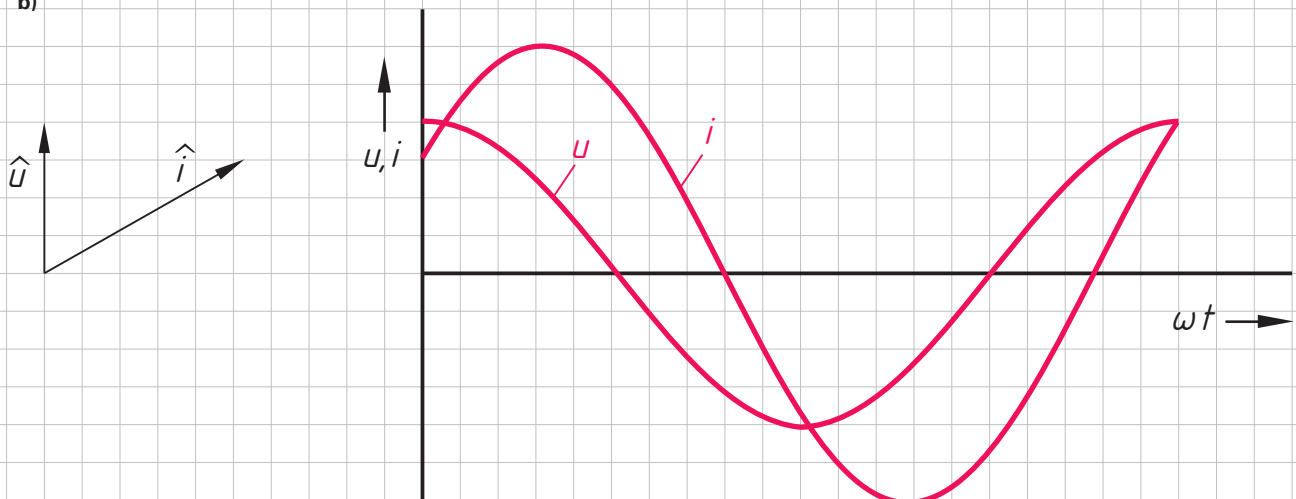
- Konstruieren Sie die Lage der Zeiger aus dem Liniendiagramm.
- Konstruieren Sie den zur Zeigerdarstellung gehörenden Verlauf der Wechselgrößen, tragen Sie im Liniendiagramm  $u$  und  $i$  ein. Die Wechselgrößen haben die gleich große Periodendauer wie bei a).
- Vervollständigen Sie die Zeigerdiagramme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



a)

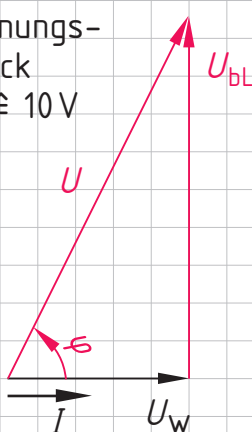


b)

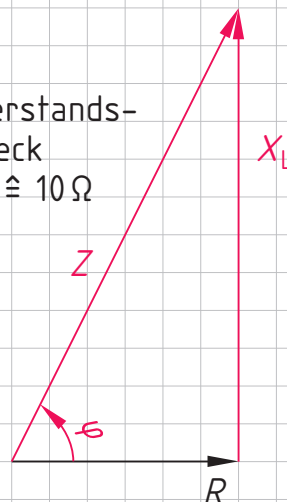


c)

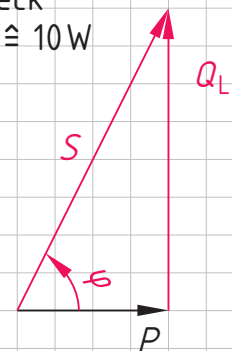
Spannungs-  
dreieck  
1 cm  $\hat{=}$  10 V



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



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



## 5.3 Phasenverschiebung Parallelschaltung RC

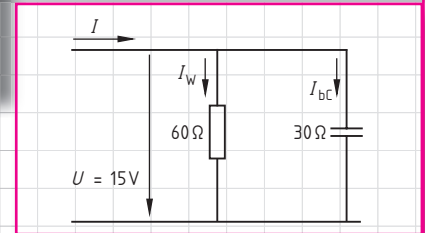
(phase shift parallel connection of RC)

5

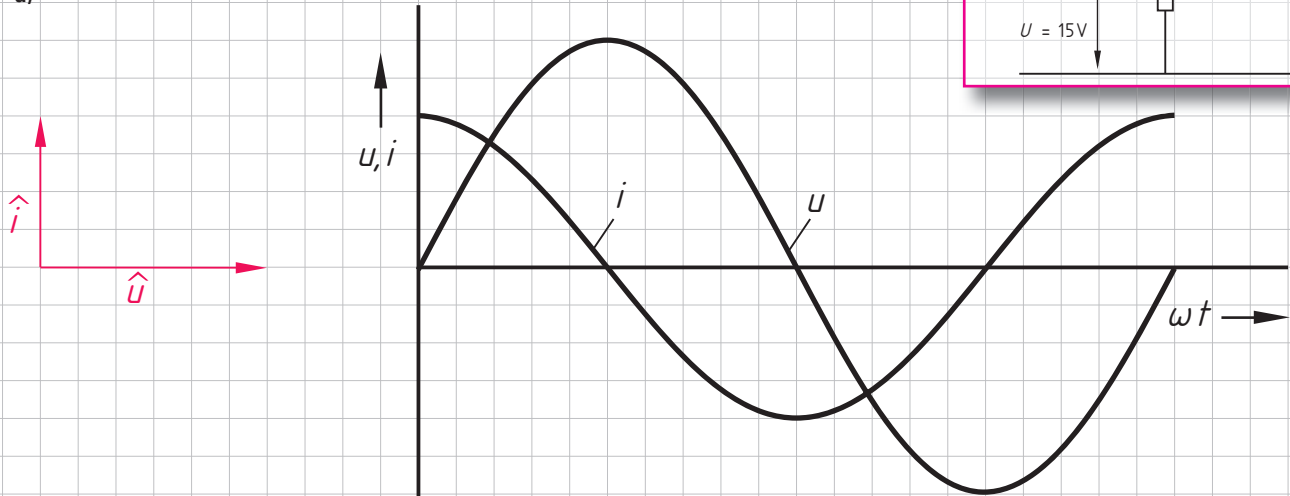
LERNFELD

ARBEITSBLATT

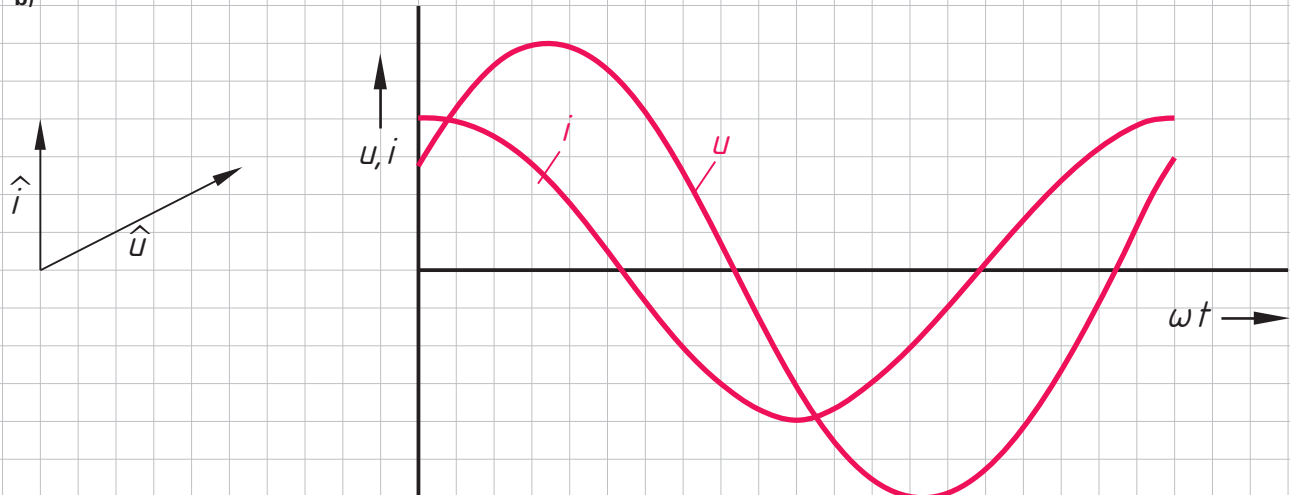
- Konstruieren Sie die Lage der Zeiger aus dem Liniendiagramm.
- Konstruieren Sie den zur Zeigerdarstellung gehörenden Verlauf der Wechselgrößen, tragen Sie im Liniendiagramm  $u$  und  $i$  ein. Die Wechselgrößen haben die gleich große Periodendauer wie bei a).
- Vervollständigen Sie die Zeigerdiagramme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



a)

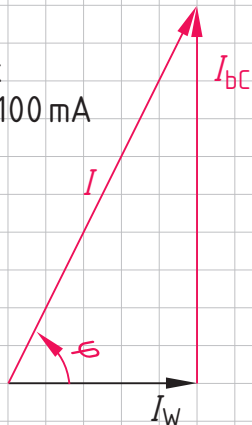


b)

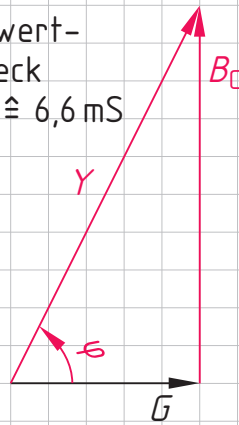


c)

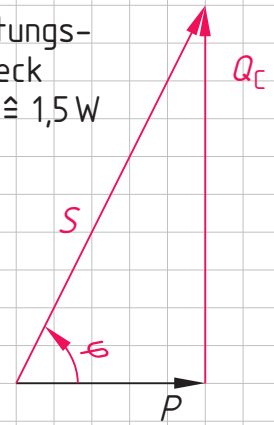
Strom-  
dreieck  
1cm  $\hat{=}$  100 mA



Leitwert-  
dreieck  
1cm  $\hat{=}$  6,6 mS



Leistungs-  
dreieck  
1cm  $\hat{=}$  1,5 W



## 5.4 Phasenverschiebung Reihenschaltung RLC

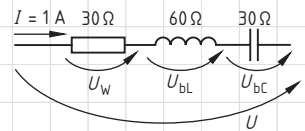
(phase shift serial connection of RLC)

5

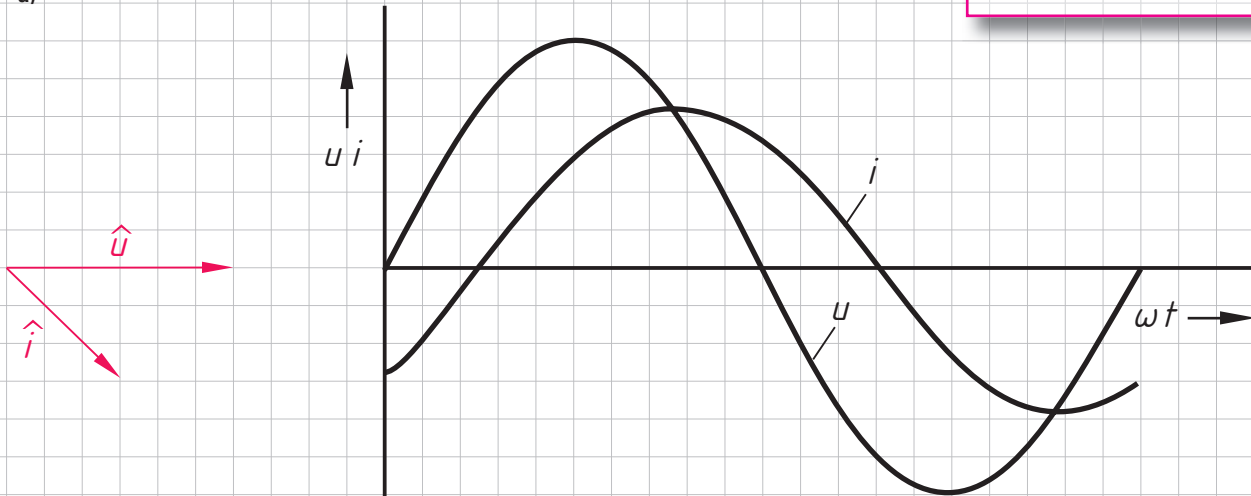
LEARNFELD

ARBEITSBLATT

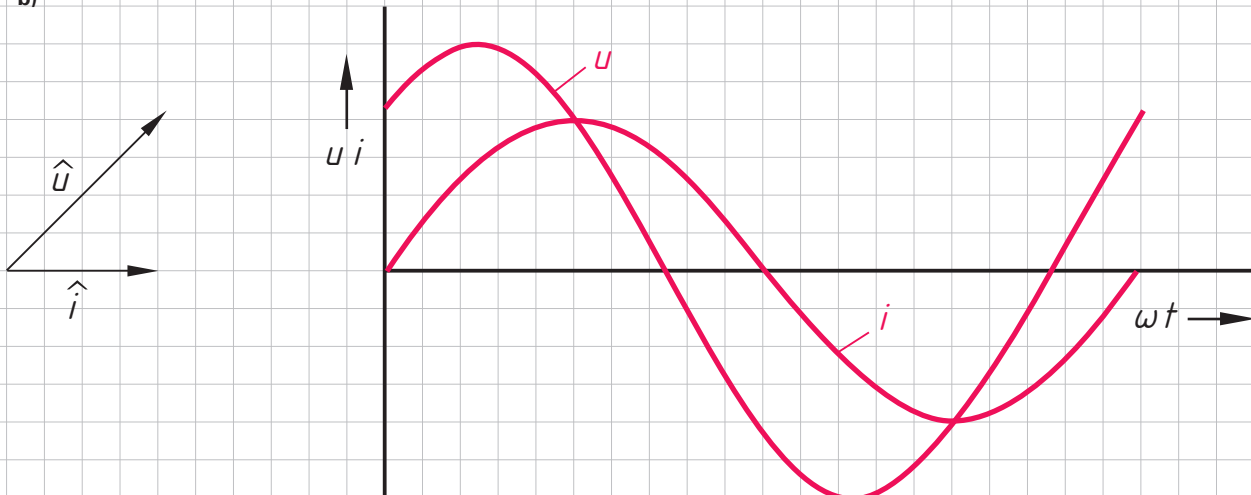
- Konstruieren Sie die Lage der Zeiger aus dem Liniendiagramm.
- Konstruieren Sie den zur Zeigerdarstellung gehörenden Verlauf der Wechselgrößen, tragen Sie im Liniendiagramm  $u$  und  $i$  ein. Die Wechselgrößen haben die gleich große Periodendauer wie bei a).
- Vervollständigen Sie die Zeigerdiagramme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



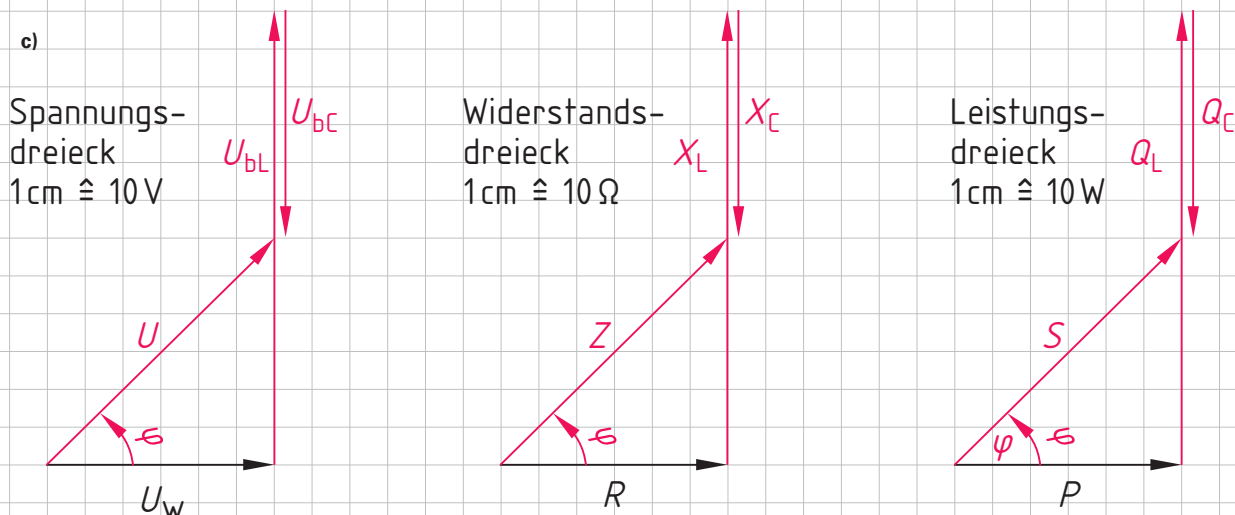
a)



b)



c)



## 5.5 Phasenverschiebung Parallelschaltung RLC

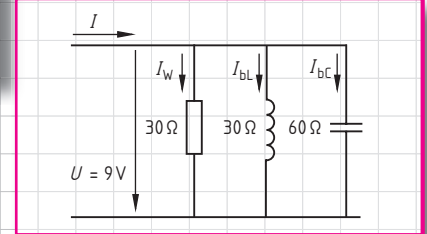
(phase shift parallel connection of RLC)

5

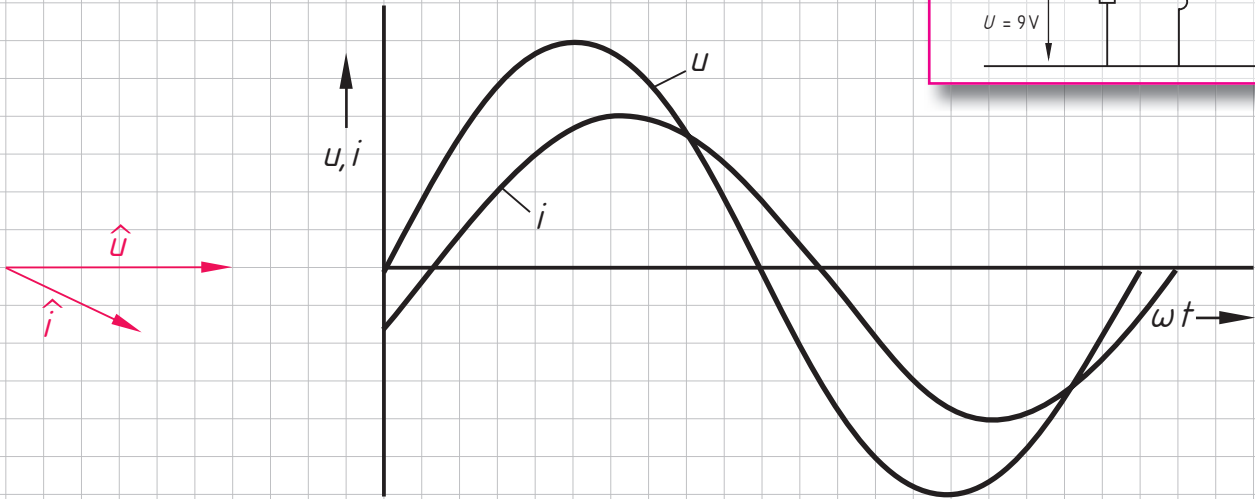
LERNFELD

ARBEITSBLATT

- Konstruieren Sie die Lage der Zeiger aus dem Liniendiagramm für nebenstehende Schaltung.
- Vervollständigen Sie die Zeigerdiagramme für die nebenstehende Schaltung.
- 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.

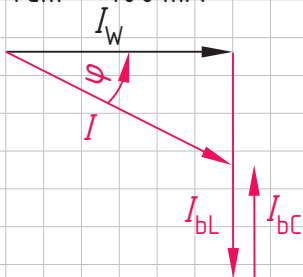


a)

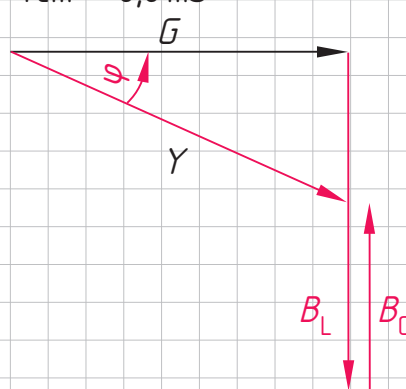


b)

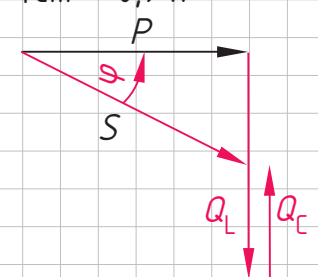
Stromdreieck  
1cm  $\hat{=}$  100 mA



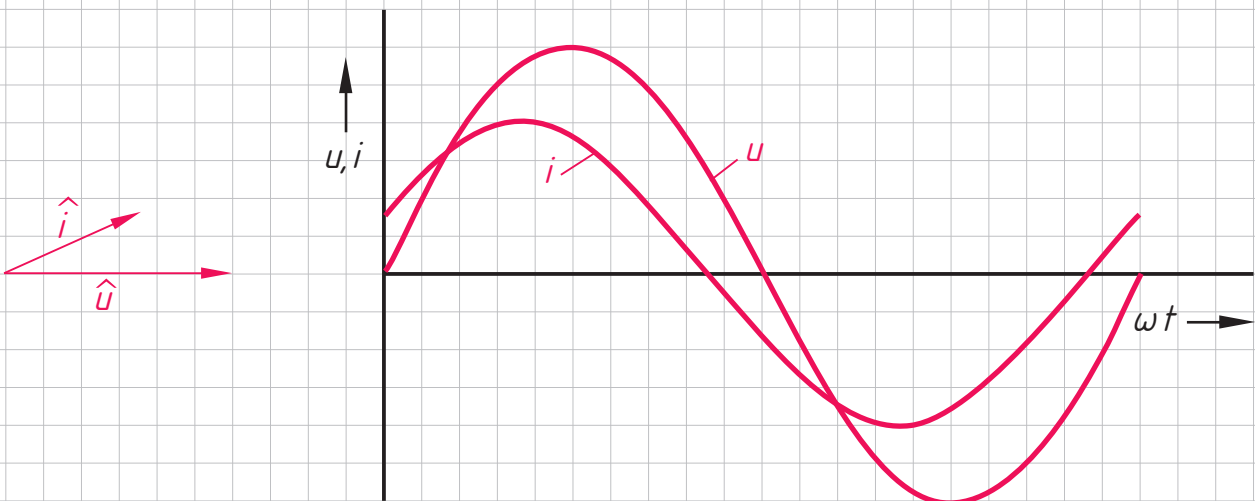
Leitwertdreieck  
1cm  $\hat{=}$  6,6 mS



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



c)



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

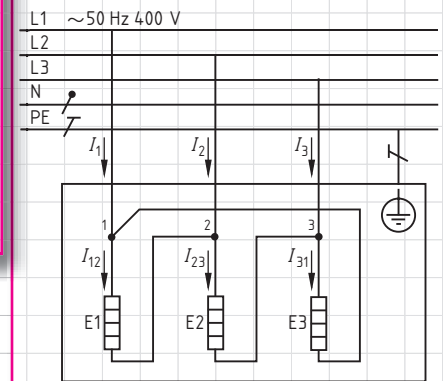
# 5

LERNFELD

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.



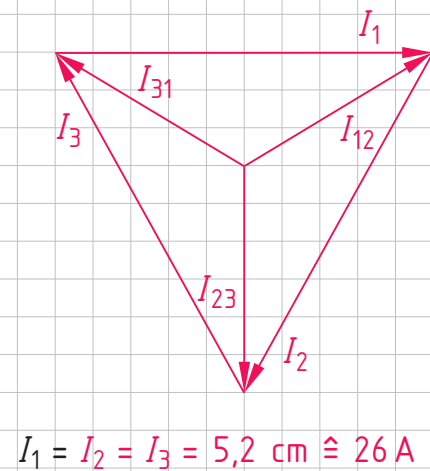
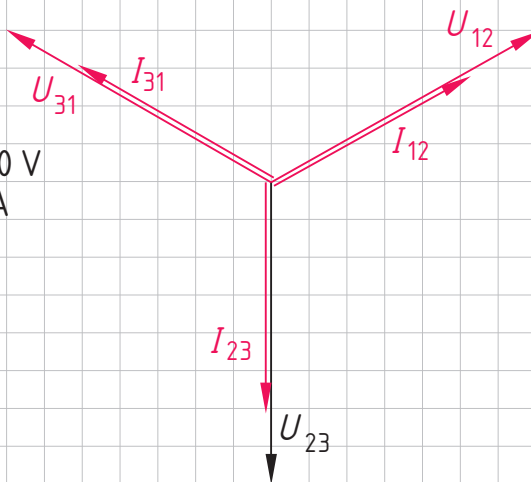
**Bild:** Schaltung der Heizwiderstände im Durchlauferhitzer

### 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

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

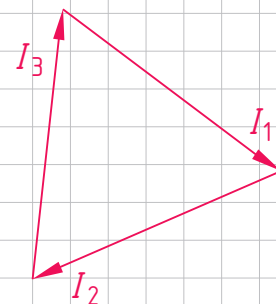
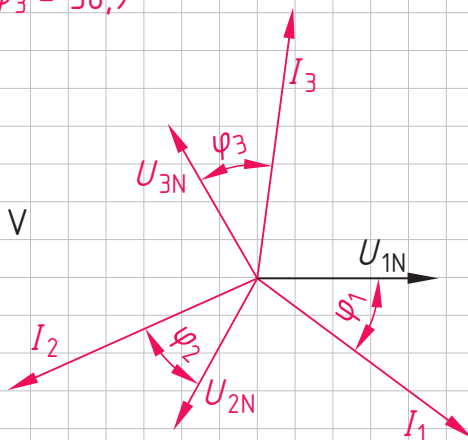


### 2. Drehstrommotor

$\cos \varphi = 0,8$

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

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



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

# 5

LERNFELD

ARBEITSBLATT

1. 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 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.

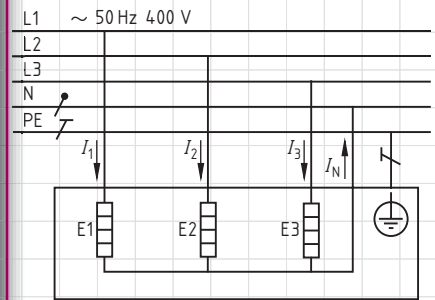
2. In der Reparaturabteilung des Elektrofachbetriebes sind folgende Wechselstromverbraucher am Drehstromnetz angeschlossen (**Bild 2**):

Ein Heizofen E1 mit einer Stromaufnahme von 9,1 A.

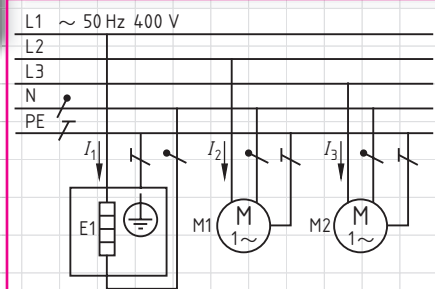
Ein Wechselstrommotor M1, der bei einem  $\cos \varphi = 0,86$  einen Strom von 8 A aufnimmt.

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

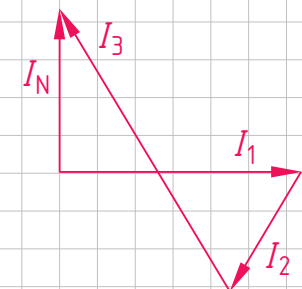
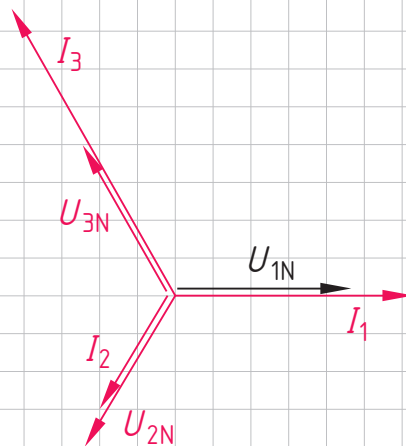
$$I_1 = \frac{P_{E1}}{U_{1N}} = \frac{1500 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 6,52 \text{ A}; I_2 = \frac{P_{E2}}{U_{2N}} = \frac{850 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 3,70 \text{ A};$$

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

#### c) Zeigerbilder

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

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



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

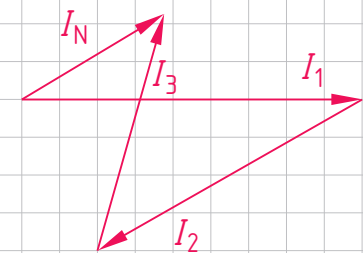
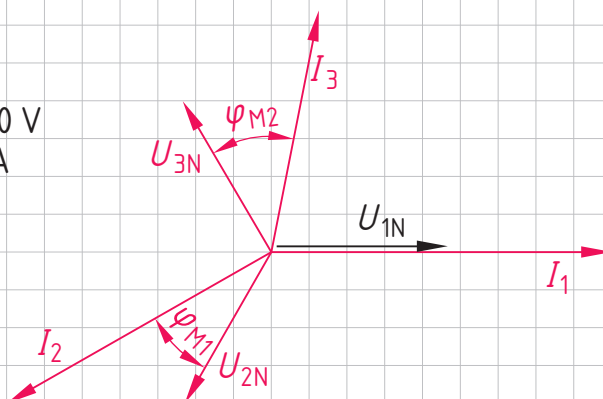
### 2. Verbraucher in Sternschaltung

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

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

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

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



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



## 5.8 Schutzmaßnahmen im TN-System

(protection in TN systems)

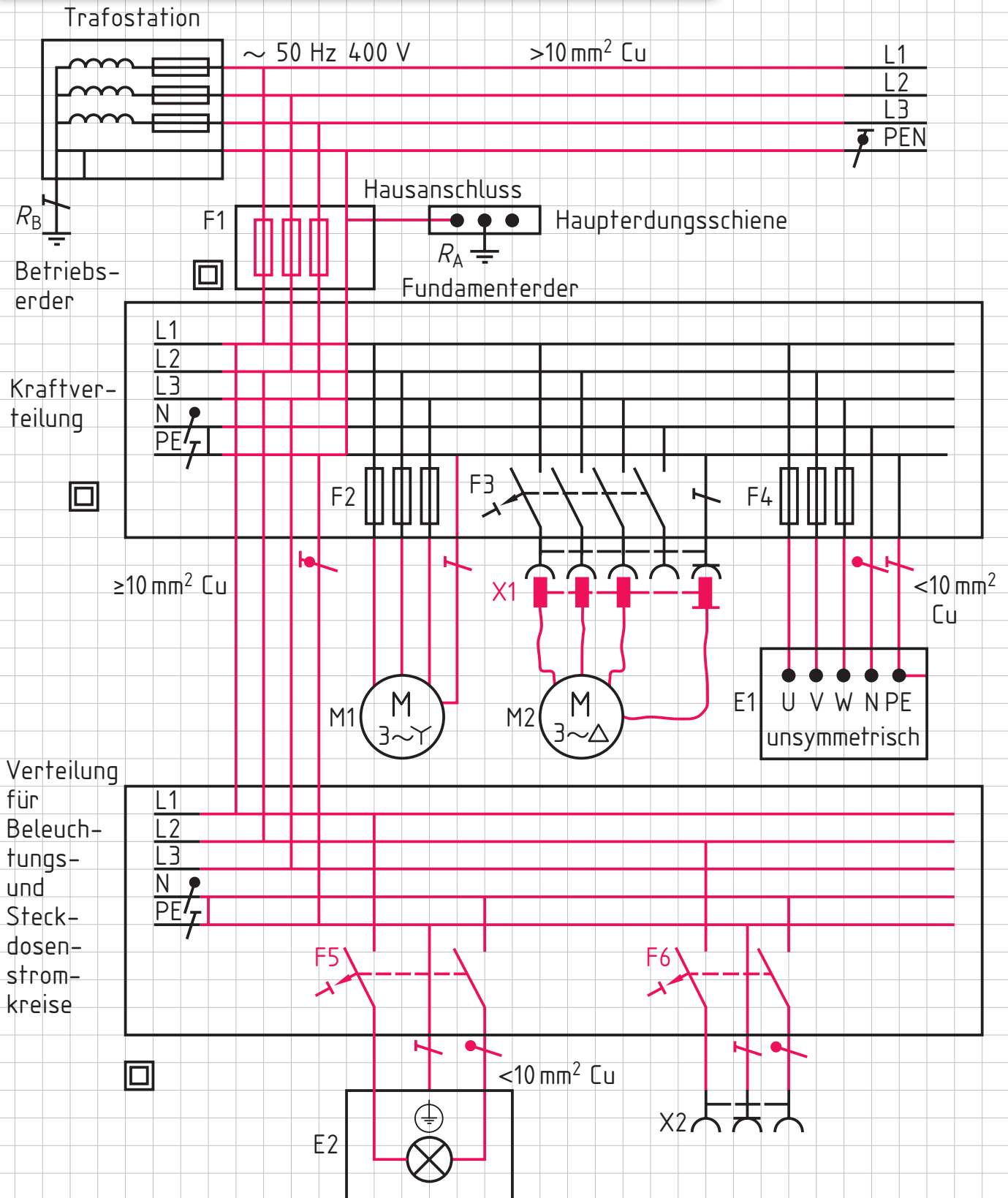
LERNFELD

ARBEITSBLATT

5

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  $A \geq 10 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ .

## 5.9 Schutzmaßnahmen im TT-System

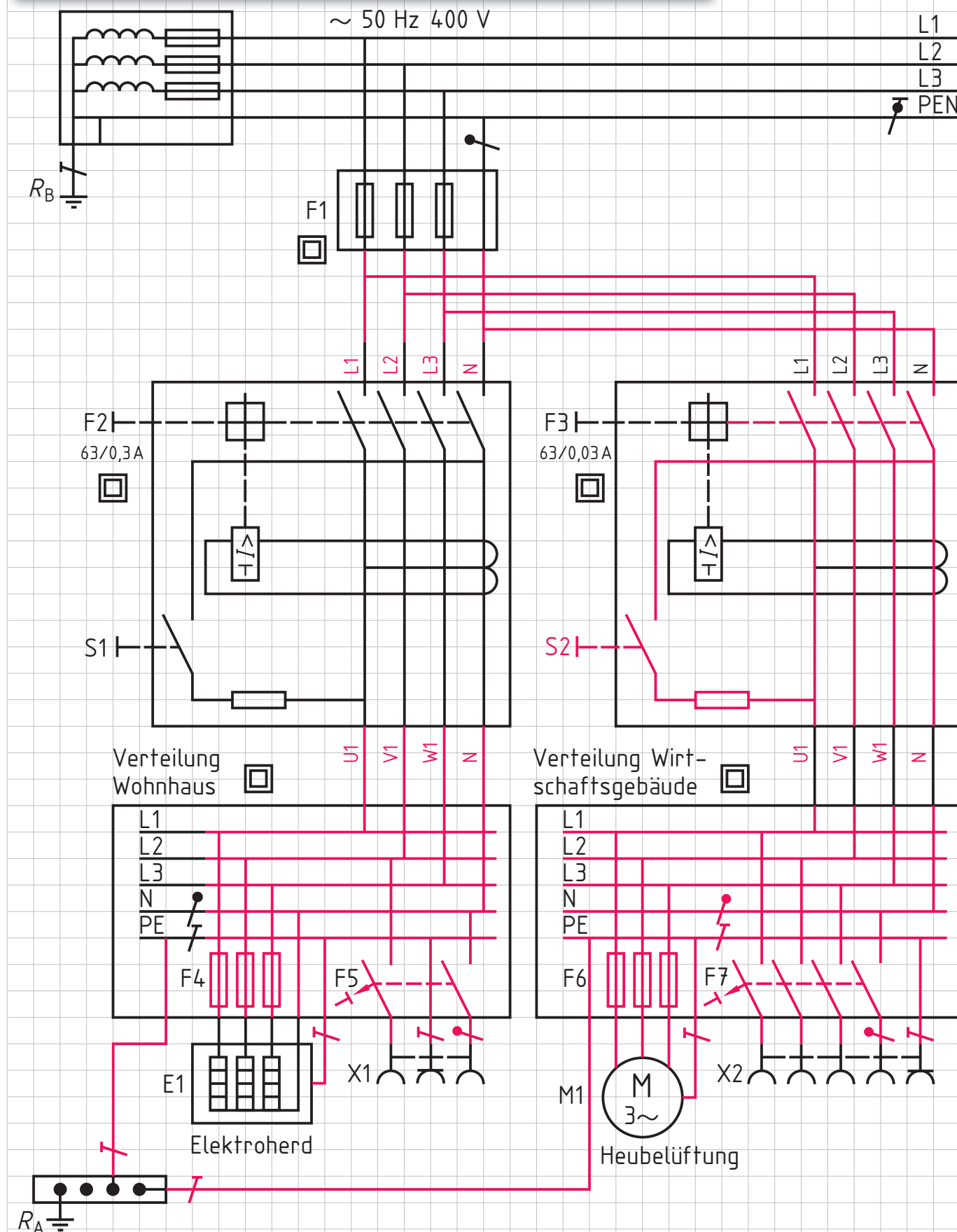
(protection in TT systems)

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.

LERNFELD

ARBEITSBLATT

5



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

# 5

LERNFELD

ARBEITSBLATT



Elektromagnetische Felder, z.B. im Schlafzimmer, lassen sich durch Netzfreeschaltung 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.

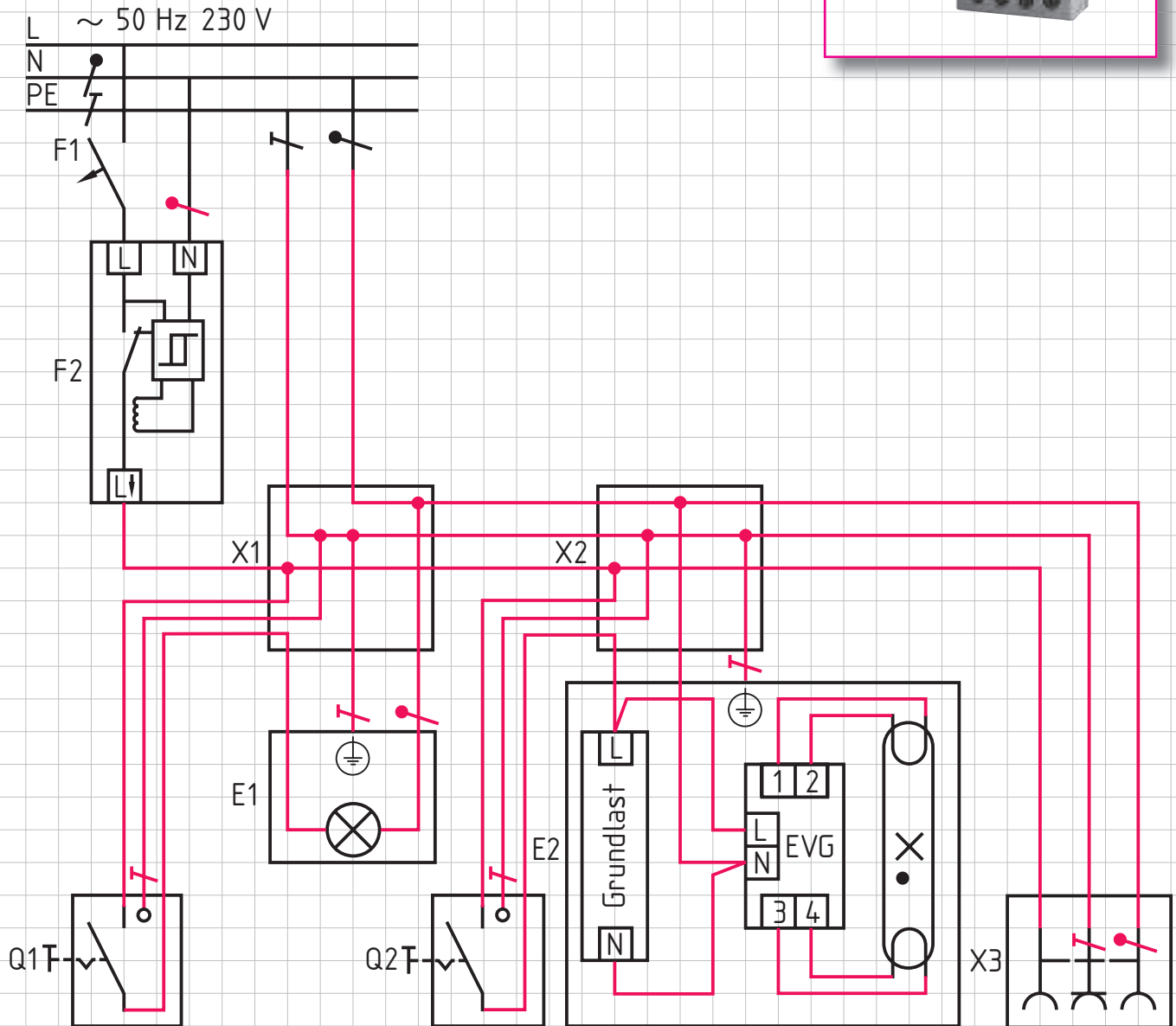
Beim Wiedereinschalten eines Verbrauchers erfolgt nach 0,3s die Einschaltung des Netzes. Im freigeschalteten Zustand liegt eine Gleichspannung von 4 V bis 35 V zur Überwachung des Schaltzustandes an den Schaltkontakten der Verbraucher.

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

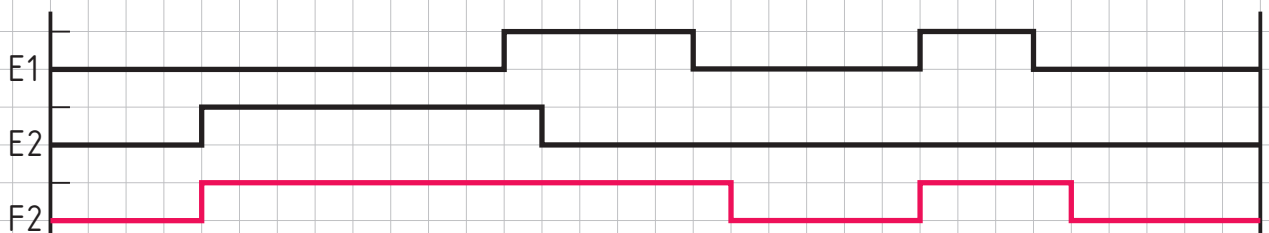
a) Ergänzen Sie den Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung.

b) Vervollständigen Sie das Zeitablaufdiagramm.

a) Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung



b) Zeitablaufdiagramm



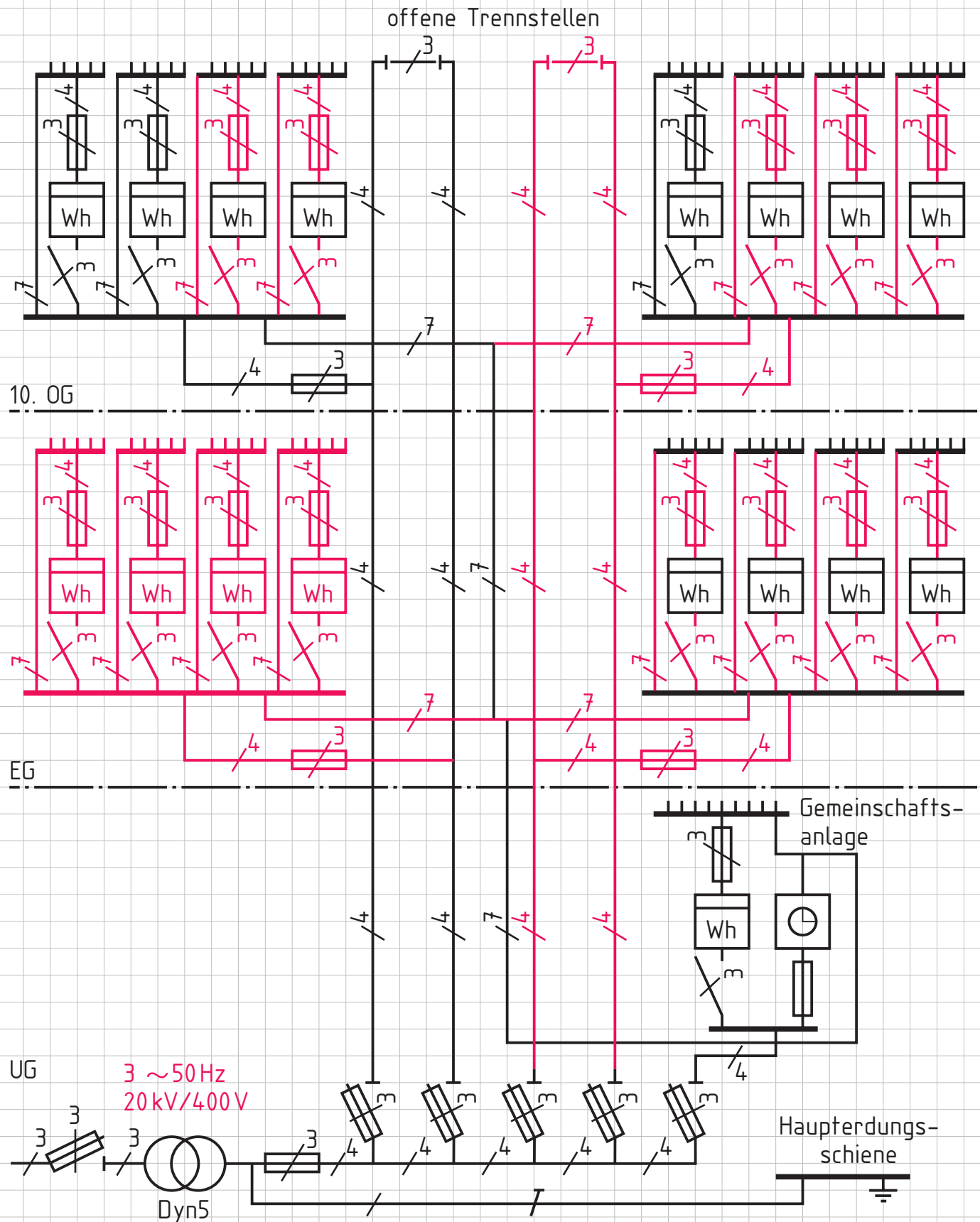
## 5.11 Stromversorgung Hochhaus (power supply to a multi-storey building)

LERNFELD

ARBEITSBLATT

5

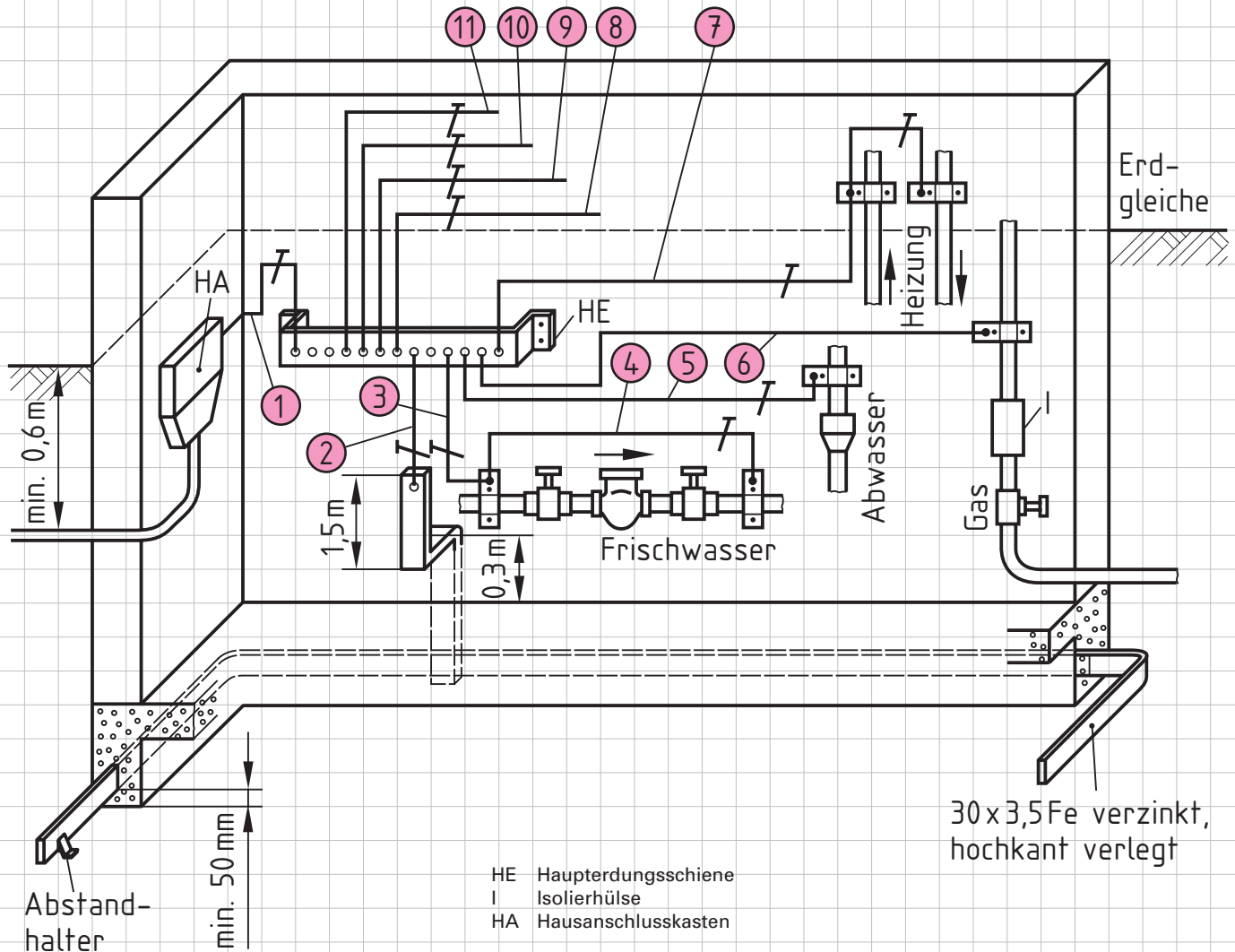
Ein Hochhaus wird aus dem Mittelspannungsnetz des Netzbetreibers mit elektrischer Energie versorgt. Der Transformator Dyn5, 20 kV/400 V ist im Keller untergebracht. Es ist eine dezentrale Zählerplatzanordnung vorgesehen. Vervollständigen Sie den Übersichtsschaltplan für UG, EG und 10. OG.



## 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 Haupterdungschiene 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 mm<sup>2</sup> Cu

Schutzleiter im TT- bzw. IT-System

- ② Fundamenterder 25 mm<sup>2</sup> Cu

- ③ Frischwasserleitung 6 mm<sup>2</sup> Cu

- ④ Wasseruhrüberbrückung 16 mm<sup>2</sup> Cu

- ⑤ Abwasserleitung 6 mm<sup>2</sup> Cu

- ⑥ Gasleitungsrohre 6 mm<sup>2</sup> Cu

- ⑦ Heizungsrohre 6 mm<sup>2</sup> Cu

- ⑧ Antennenanlage 16 mm<sup>2</sup> Cu

- ⑨ Fernmeldeanlage 10 mm<sup>2</sup> Cu

- ⑩ Blitzschutzanlage 10 mm<sup>2</sup> Cu

- ⑪ Reserve

## 5.13 Wechselspannung und Wechselstrom (alternating voltage and alternating current)

(Lösungen s. S. 166–167)

LERNFELD

5

AUFGABEN

### 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  $64 \text{ V}$ , an der Drossel fällt eine Spannung von  $221 \text{ V}$  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:  $60^\circ \triangleq 1 \text{ cm}$ ;  $60 \text{ V} \triangleq 1 \text{ cm}$ ;  $0,2 \text{ A} \triangleq 1 \text{ cm}$ ;  $100 \Omega \triangleq 1 \text{ cm}$ ;  $10 \text{ W} = 10 \text{ VA} = 10 \text{ var} \triangleq 1 \text{ cm}$ )

- Zeichnen Sie das Zeigerdiagramm für die Effektivwerte der Spannungen. Messen Sie aus dem Zeigerdiagramm den Phasenverschiebungswinkel  $\varphi$  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  $\varphi$  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  $\varphi_2$  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 Reihenkondensator von  $3,6 \mu\text{F}$  geschaltet. Zeichnen Sie das Widerstands-dreieck. Ermitteln Sie für den kapazitiven Zweig zeichnerisch die Größe des Gesamtwiderstandes  $Z_{\text{kap}}$  und des Phasenverschiebungswinkels  $\varphi_{\text{kap}}$ .
- Zeichnen Sie das Spannungsdreieck für den kapazitiven Zweig.
- Zeichnen Sie das Zeigerbild der Ströme für die gesamte Duoschaltung. Ermitteln Sie daraus zeichnerisch  $I$  und  $\varphi_{\text{ges}}$ .

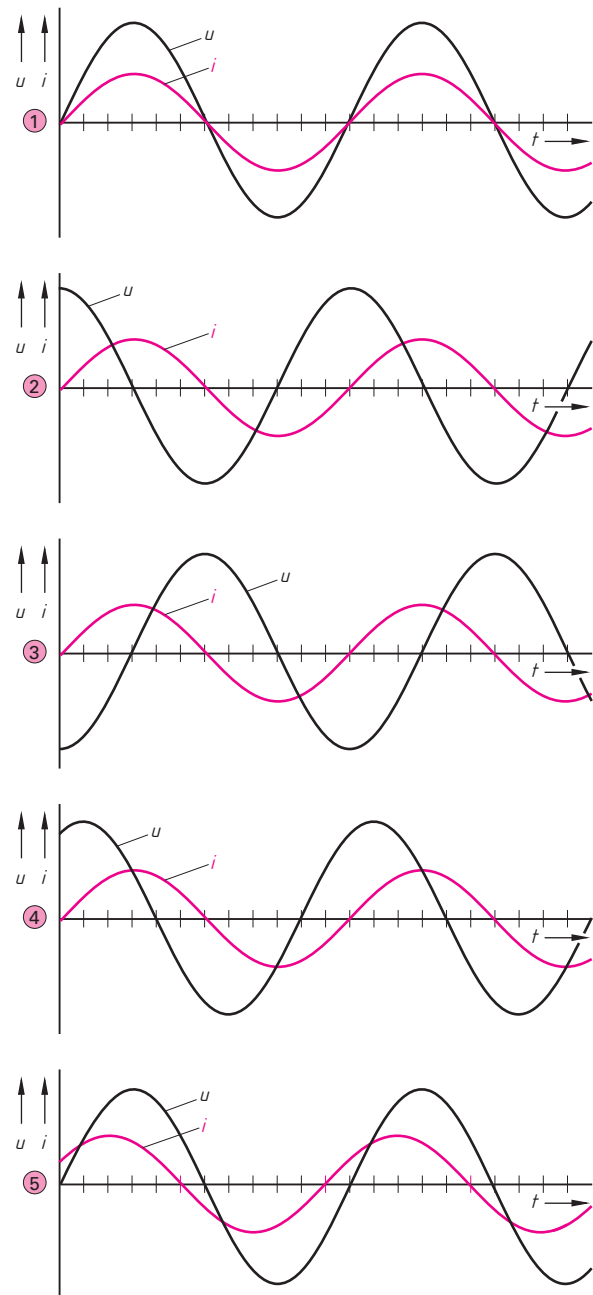


Bild 1: Liniendiagramme

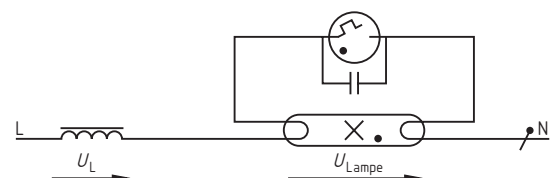


Bild 2: Leuchtstofflampenschaltung