

# 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
Horst Gebert	Dipl.-Ing. (FH), Oberstudienrat
Gregor Häberle	Dr.-Ing.
Hanswalter Jöckel	Dipl.-Ing. (FH), Oberstudienrat
Thomas Käppel	Fachlehrer
Anton Kopf	Oberstudienrat
Jürgen Schwarz	Dipl.-Ing., Studiendirektor

Kaufbeuren
Schwäbisch Hall
Tettnang
Friedrichshafen
Münchberg
Ulm
Tettnang

Bildbearbeitung: Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Leitung des Arbeitskreises und Lektorat: Jürgen Schwarz, Tettnang

## 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 **Informati-onsband „Technische Kommunikation Eletrotechnik“**, 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

<b>5</b>	<b>Lernfeld 5: Elektroenergieversorgung und Sicherheit von Betriebsmitteln gewährleisten</b>	
5.1	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	Schutspotenzialausgleich . . . . .	17
5.13	Wechselspannung und Wechselstrom . . . . .	18
5.14	Wechselspannung und Wechselstrom . . . . .	19
5.15	Energieversorgung . . . . .	20
<b>6</b>	<b>Lernfeld 6: Anlagen und Geräte analysieren und prüfen</b>	
6.1	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-Schutzeinrichtung . . . . .	27
6.7	Übergabebericht und Prüfprotokoll . . . . .	28
6.8	Prüfprotokoll für instandgesetzte Geräte . . . . .	29
6.9	Prüftafel für eine Elektrowerkstatt . . . . .	30
6.10	Betriebsmitteliste 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
<b>7</b>	<b>Lernfeld 7: Steuerungen für Anlagen programmieren und realisieren</b>	
7.1	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-Asynchronzähler 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-Wendeschützschaltung . . . . .	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
<b>8</b>	<b>Lernfeld 8: Antriebssysteme auswählen und integrieren</b>	
8.1	Projektbeschreibung . . . . .	66
8.1	Motorschutzschalter . . . . .	67
8.2	Stern-Dreieck-Schalter . . . . .	68
8.3	Stern-Dreieck-Schützschaltung . . . . .	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-Schützschaltung . . . . .	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>	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	Bügemaschine . . . . .	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		
<b>11</b>	<b>Lernfeld 11: Energietechnische Anlagen errichten, in Betrieb nehmen und instand setzen . . . . .</b>	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		
<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-Schützschaltung	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

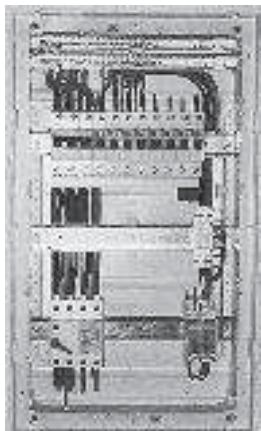
## Projektbeschreibung

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.

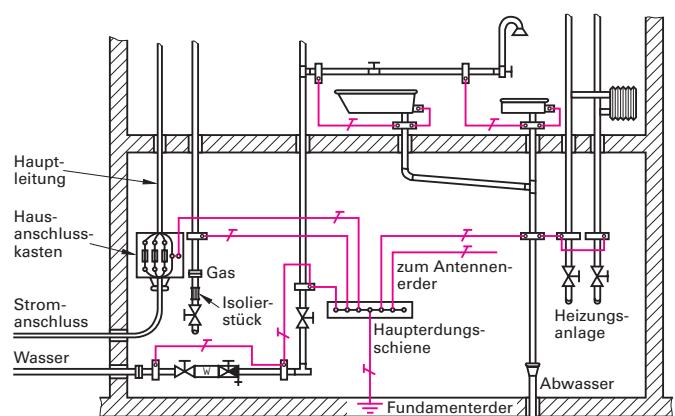
Dazu müssen Sie Anlagen unter Berücksichtigung von Netzsystmen und fachlichen Vorschriften dimensionieren. Bei der Errichtung, Inbetriebnahme und Instandhaltung der Elektroenergieversorgung müssen die einschlägigen Regeln zum Schutz gegen elektrischen Schlag, zum Arbeitsschutz und zur Unfallverhütung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

Für die zu errichtenden Anlagen sind folgende Rahmenbedingungen vorgegeben:

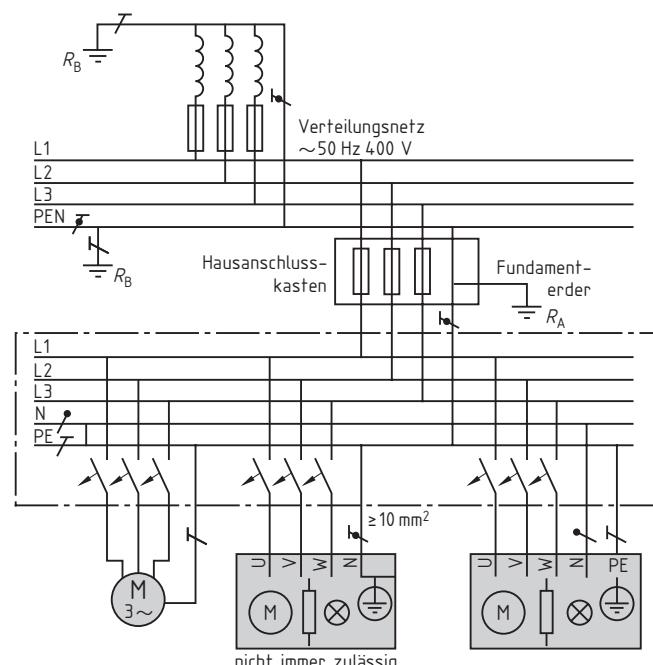
- Schutzzpotenzialausgleich im Hausanschlussraum (**Bild 1**),
- Schutz durch Abschaltung mittels Überstrom-Schutzeinrichtungen (**Bild 2**),
- Schutz durch Abschaltung mittels RCD (**Bild 3**),
- biologische Elektroinstallation und der Einbau von Netzabkoppeln in bestimmten Räumen,
- Einbau von Stromkreisverteilern (**Bild 4**).



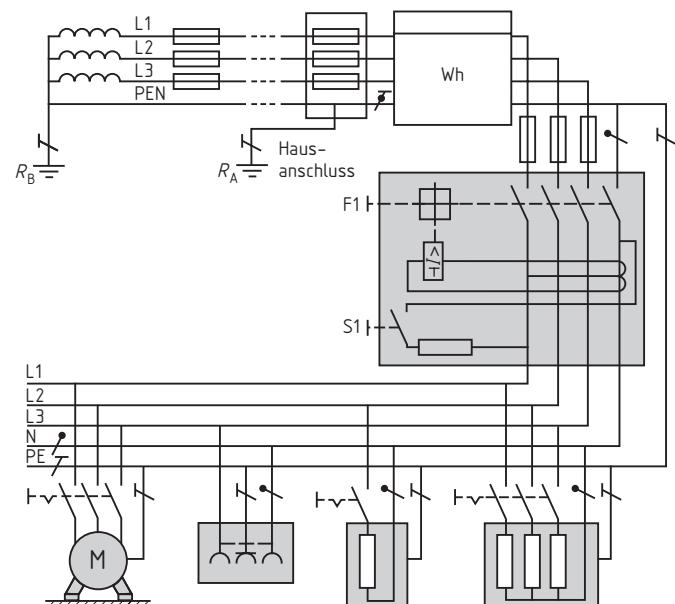
**Bild 4: Stromkreisverteiler**



**Bild 1: Schutzzpotenzialausgleich**



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



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

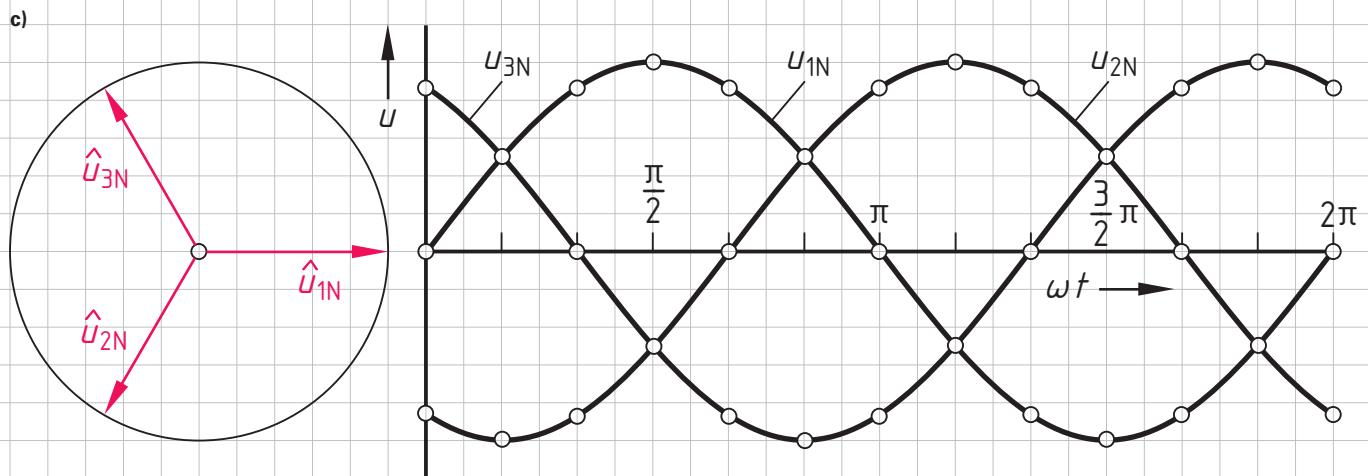
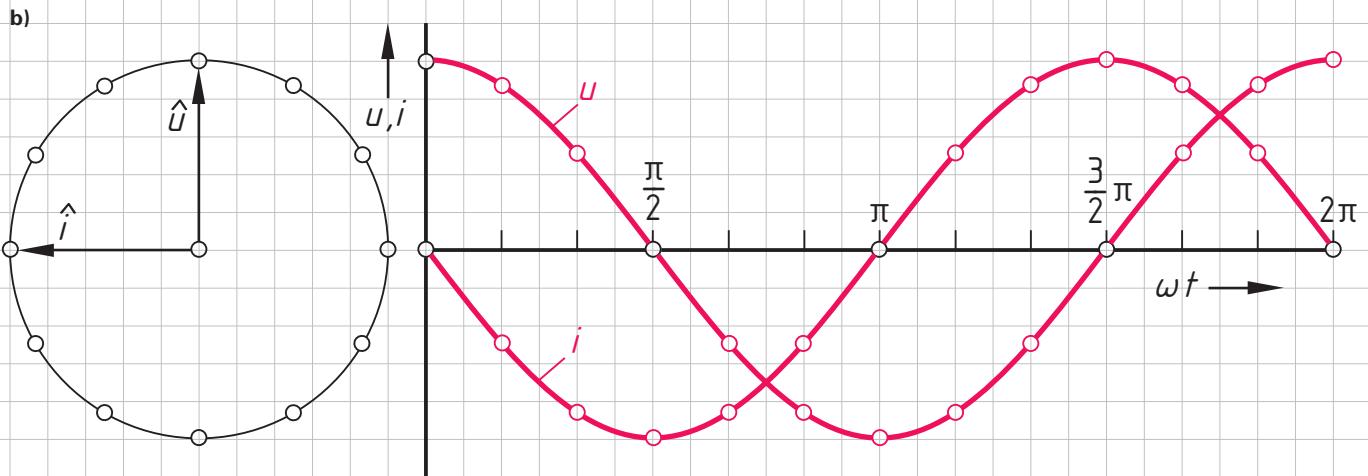
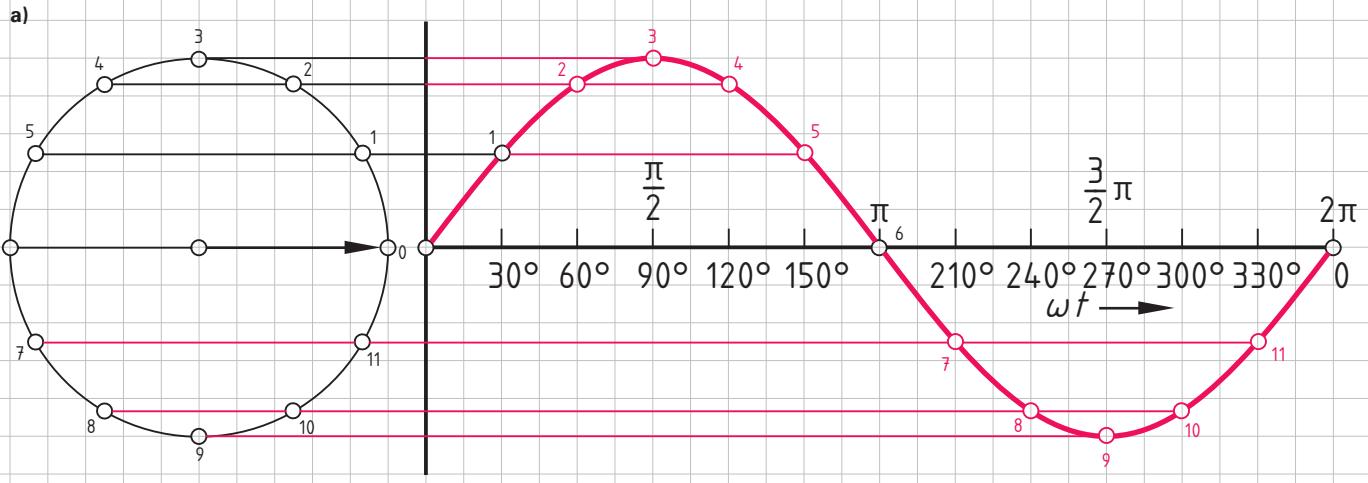
Lernfeld 5

- ➡ 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 Schutzzpotenzialausgleich
- ➡ 5.13 Wechselspannung und Wechselstrom
- ➡ 5.14 Wechselspannung und Wechselstrom
- ➡ 5.15 Energieversorgung

## 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 wahren 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.



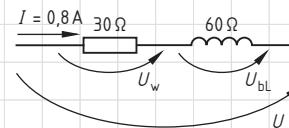
## 5.2 Phasenverschiebung Reihenschaltung RL

(phase shift serial connection of RL)

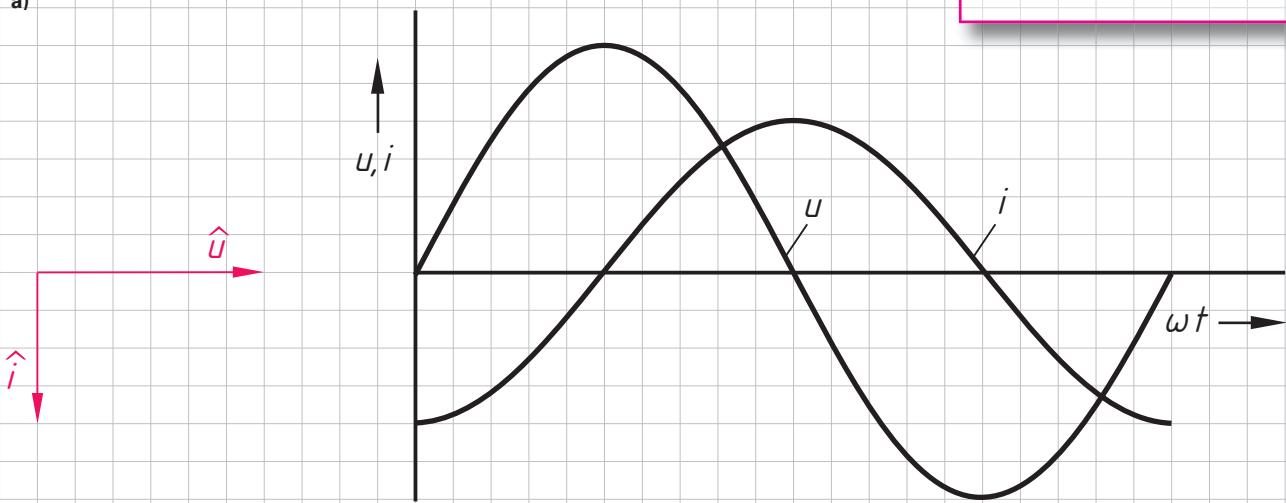
LERNFELD

ARBEITSBLATT

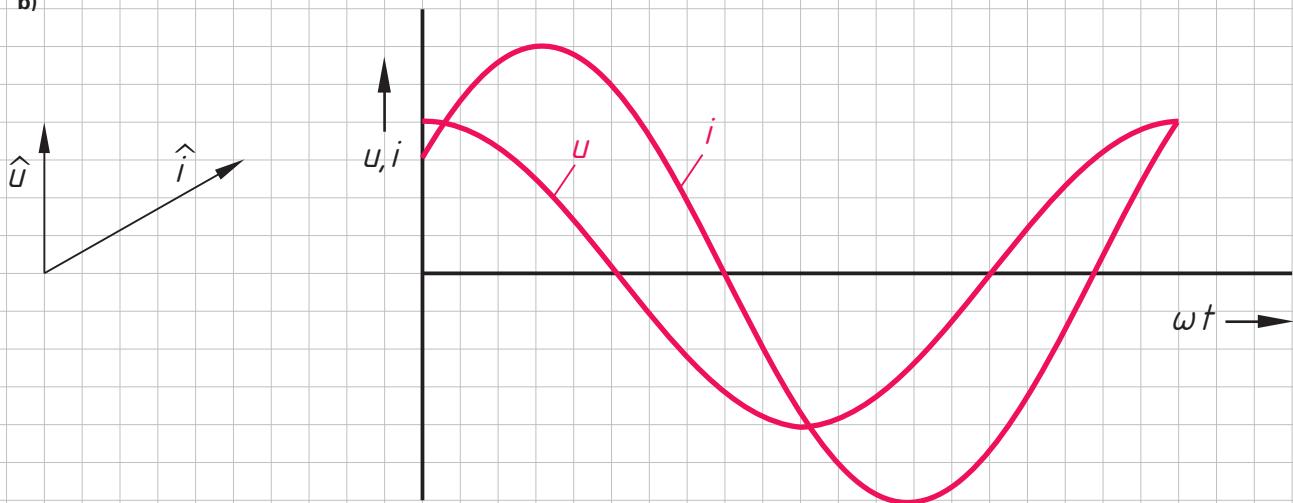
- Konstruieren Sie die Lage der Zeiger aus dem Liniendiagramm.
- Konstruieren Sie den zur Zeigerdarstellung gehörenden Verlauf der Wechselgrößen, tragen Sie im Liniendiagramm  $u$  und  $i$  ein. Die Wechselgrößen haben die gleich große Periodendauer wie bei a).
- Vervollständigen Sie die Zeigerdiagramme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



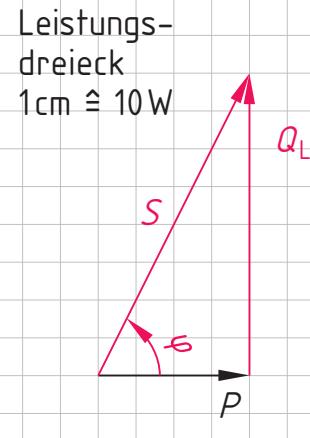
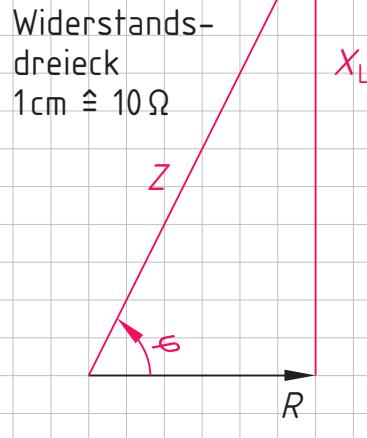
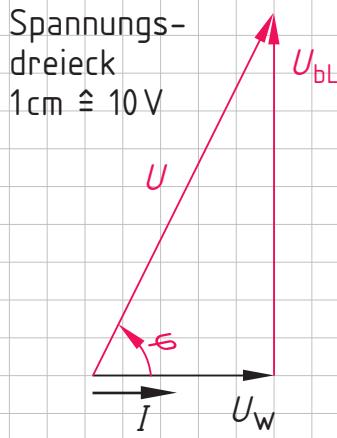
a)



b)



c)



### 5.3 Phasenverschiebung Parallelschaltung RC

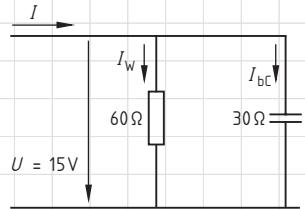
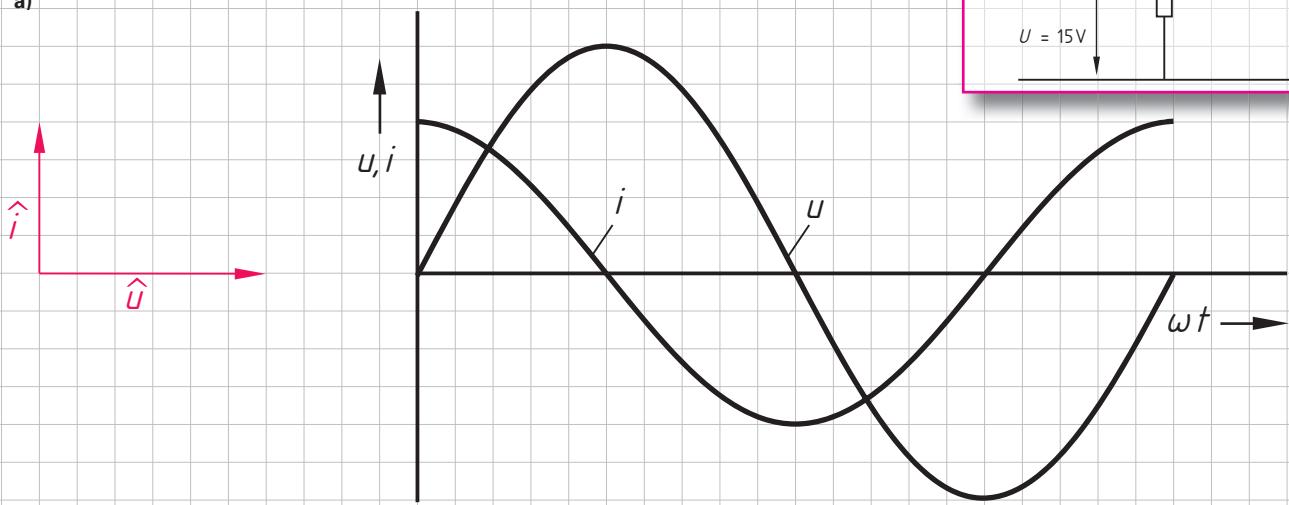
(phase shift parallel connection of RC)

LERNFELD

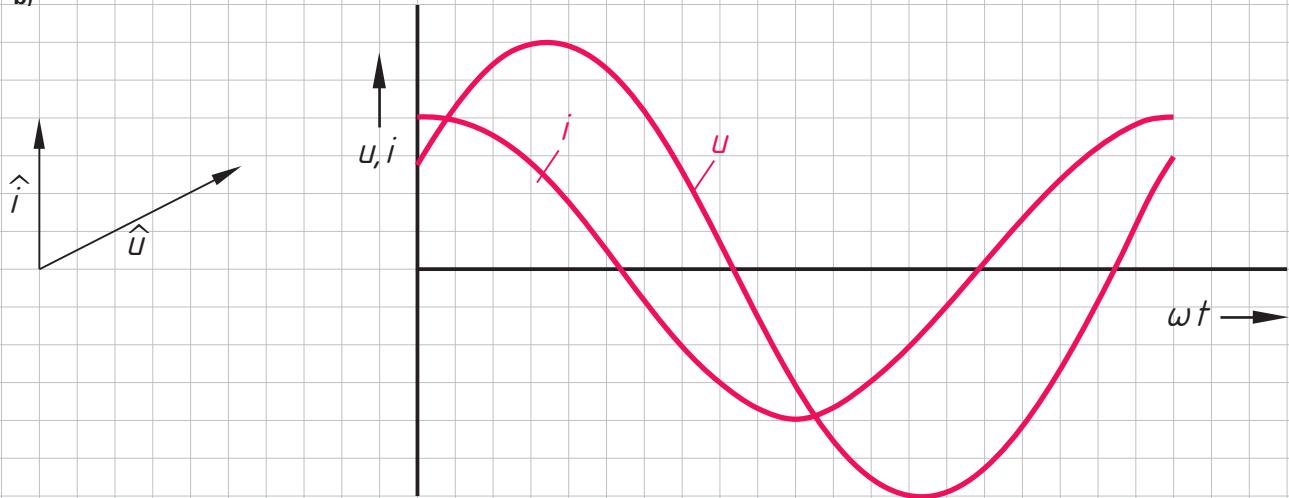
ARBEITSBLATT

- 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)

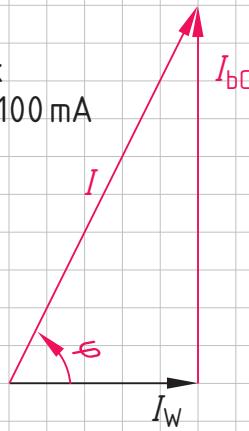


b)

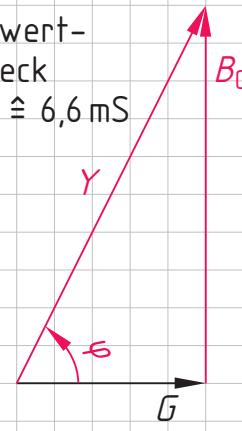


c)

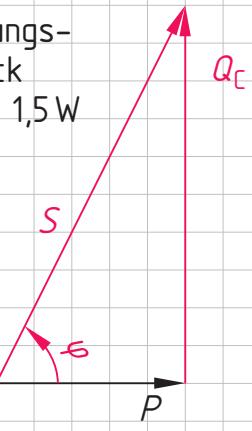
Strom-dreieck  
1cm  $\hat{=}$  100 mA



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



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



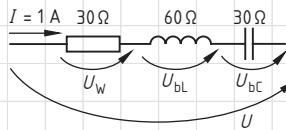
## 5.4 Phasenverschiebung Reihenschaltung RLC

(phase shift serial connection of RLC)

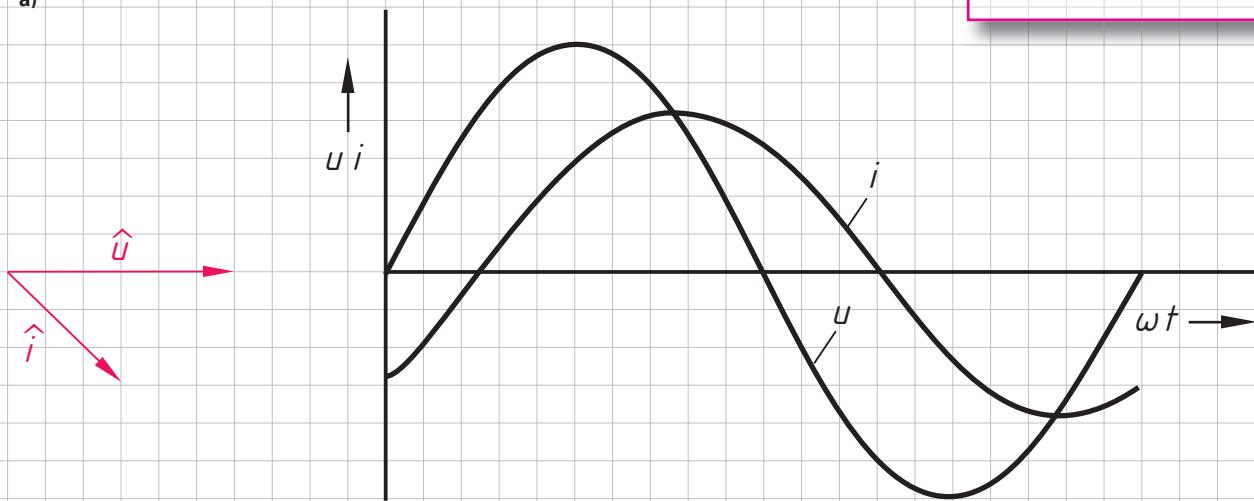
- Konstruieren Sie die Lage der Zeiger aus dem Liniendiagramm.
- Konstruieren Sie den zur Zeigerdarstellung gehörenden Verlauf der Wechselgrößen, tragen Sie im Liniendiagramm  $u$  und  $i$  ein. Die Wechselgrößen haben die gleich große Periodendauer wie bei a).
- Vervollständigen Sie die Zeigerdiagramme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

LERNFELD

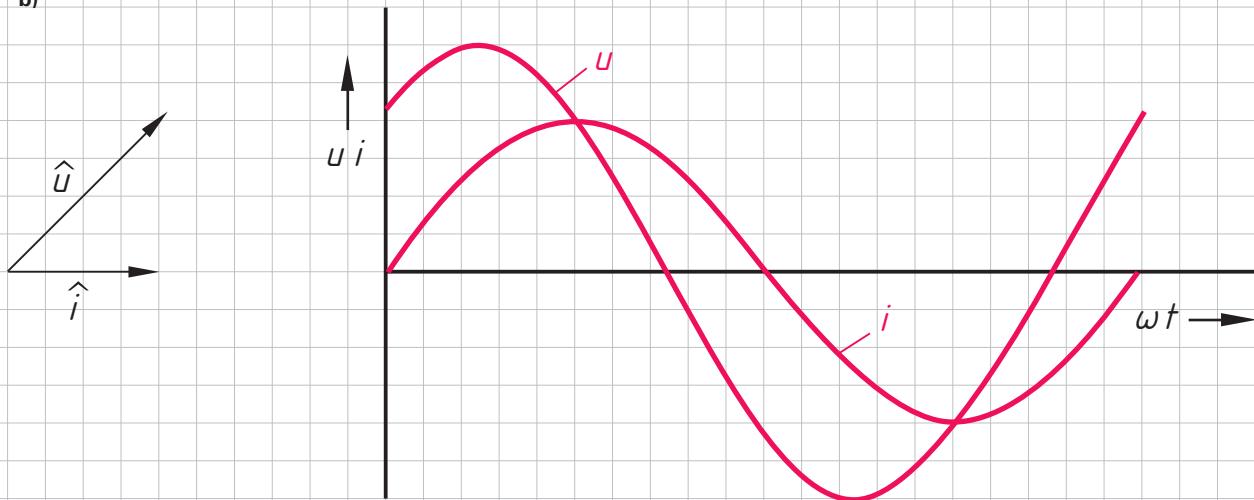
ARBEITSBLATT



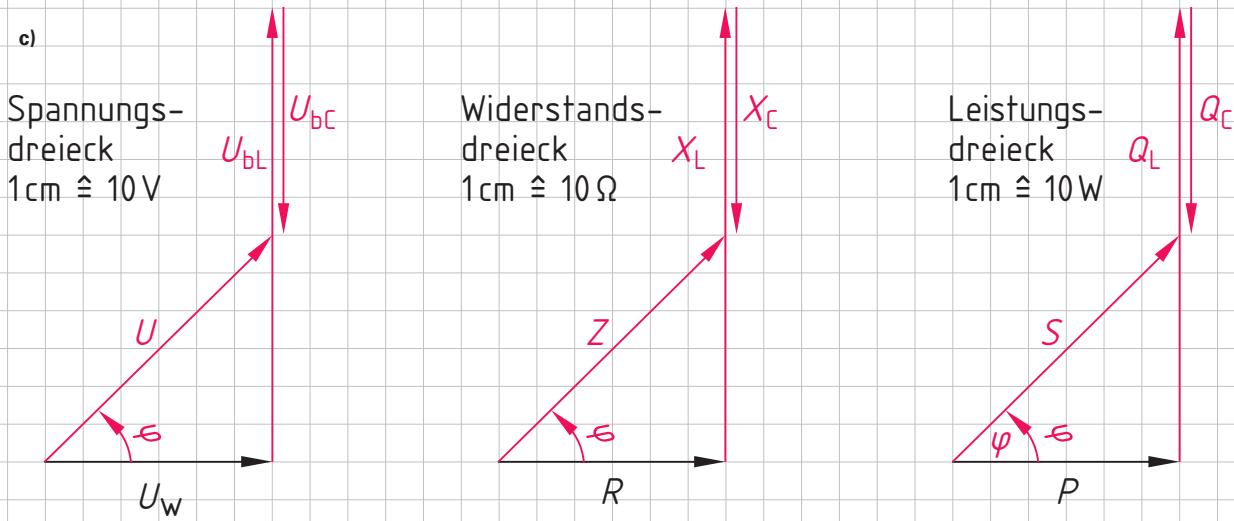
a)



b)



c)



Schule:

Klasse:

Datum:

Gezeichnet:

Geprüft:

## 5.5 Phasenverschiebung Parallelschaltung RLC

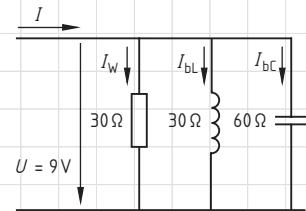
(phase shift parallel connection of RLC)

- 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.

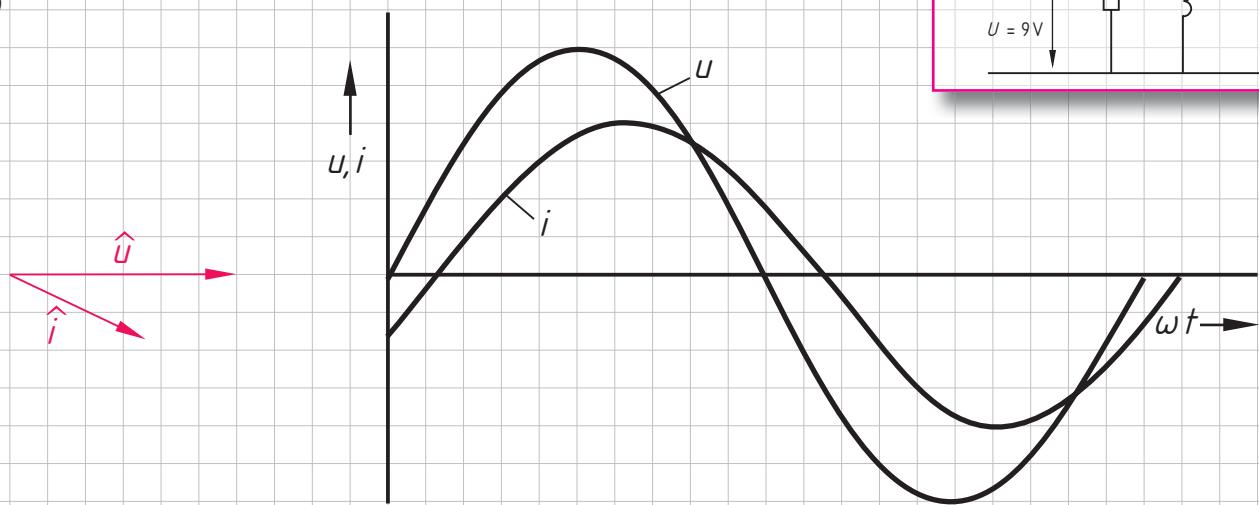
LERNFELD

ARBEITSBLATT

5



a)

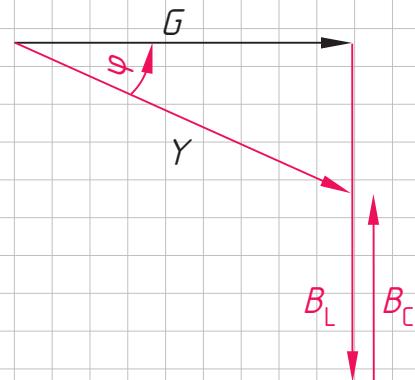


b)

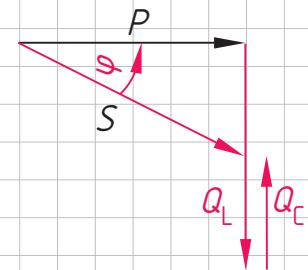
Stromdreieck  
1cm  $\hat{=} 100 \text{ mA}$



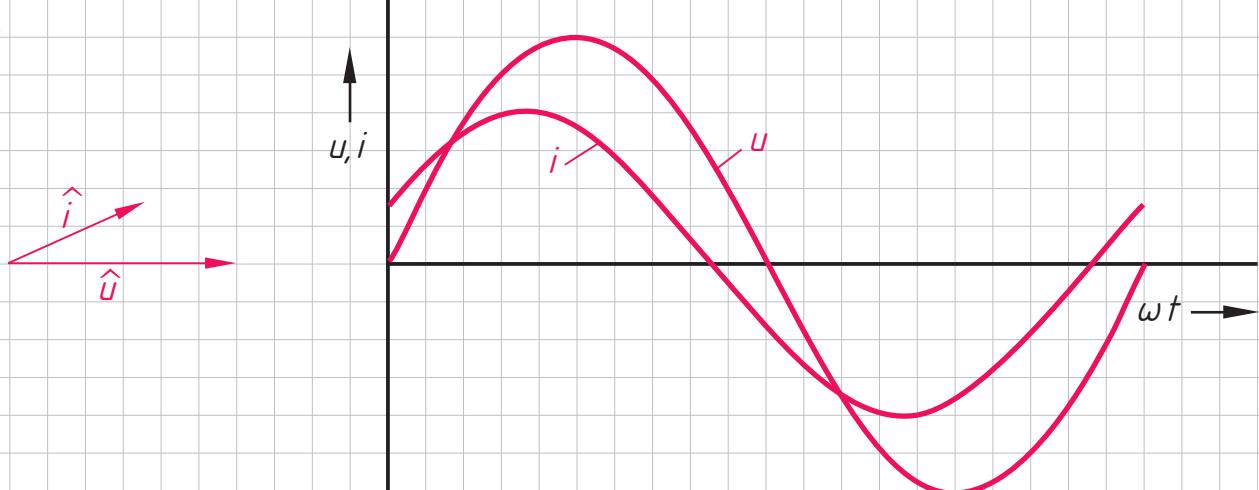
Leitwertdreieck  
1cm  $\hat{=} 6,6 \text{ mS}$



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



c)

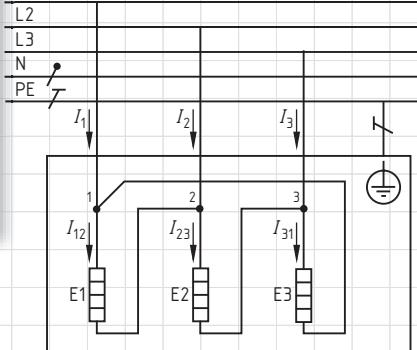


## 5.6 Symmetrisch belastetes Drehstromsystem

(symmetrically loaded three-phase system)

- 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  $26,7 \Omega$ .
  - 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  $I_3$ .
- 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.

L1 ~50 Hz 400 V

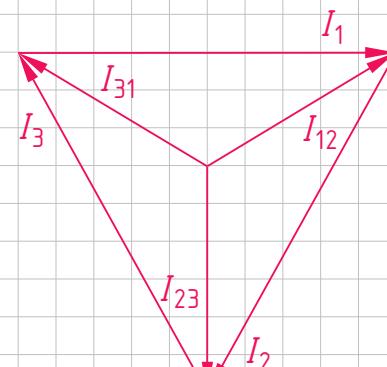
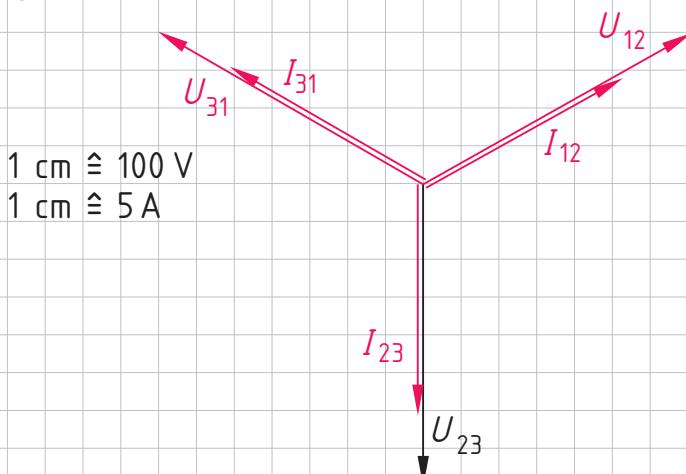


**Bild:** Schaltung der Heizwiderstände im Durchlauferhitzer

### 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

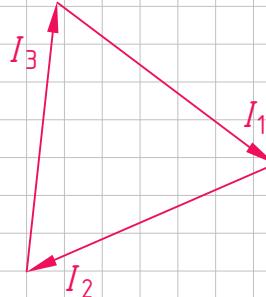
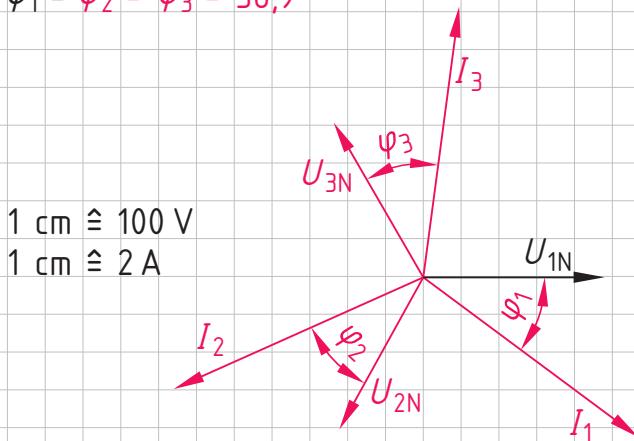


$I_1 = I_2 = I_3 = 5,2 \text{ cm} \approx 26 \text{ A}$

### 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)

- 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 ( $\varnothing 145 \text{ mm}$ ) in Stufe 6.

Kochplatte E2 ( $\varnothing 180 \text{ mm}$ ) in Stufe 4.

Kochplatte E3 ( $\varnothing 180 \text{ mm}$ ) in Stufe 6.

- Ermitteln Sie mithilfe des Tabellenbuches Elektrotechnik die Leistungen der Kochplatten in den jeweiligen Schaltstufen.

- Berechnen Sie die Ströme in den Kochplatten.

- Ermitteln Sie mittels Zeigerbilder den Strom im Neutralleiter.

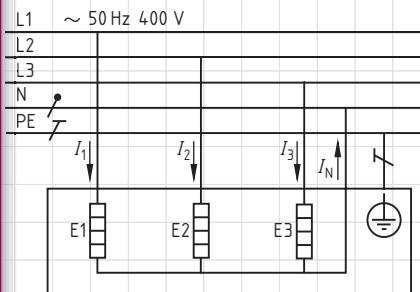
- In der Reparaturabteilung des Elektrofachbetriebes sind folgende Wechselstromverbraucher am Drehstromnetz angeschlossen (**Bild 2**):

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

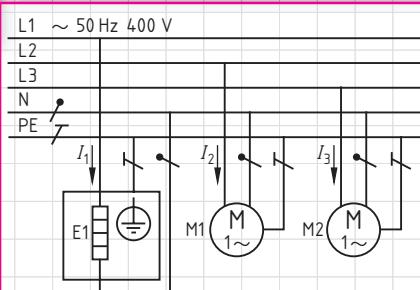
Ein Wechselstrommotor M1, der bei einem  $\cos \varphi = 0,86$  einen Strom von 8 A aufnimmt.

Ein Wechselstrommotor M2, der bei einem  $\cos \varphi = 0,75$  einen Strom von 6,5 A aufnimmt.

Ermitteln Sie mittels Zeigerbilder den Strom im Neutralleiter.



**Bild 1: Eingeschaltete Kochplatten im Elektroherd**



**Bild 2: Wechselstromverbraucher am Drehstromnetz**

### 1. Elektroherd

#### a) Leistungen an den Kochplatten

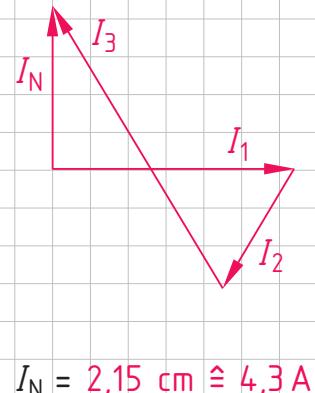
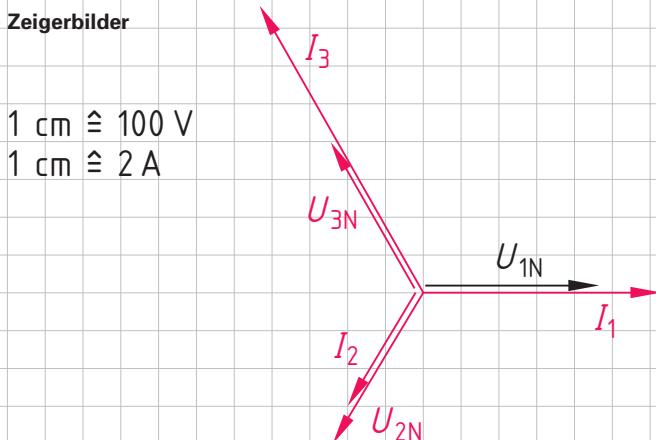
$$P_{E1} = 1500 \text{ W}; P_{E2} = 850 \text{ W}; P_{E3} = 2000 \text{ W}$$

#### 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

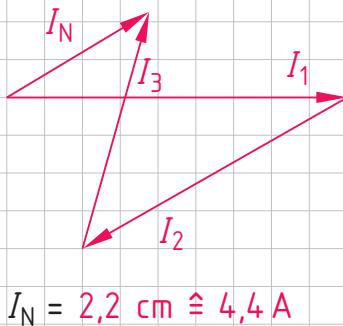
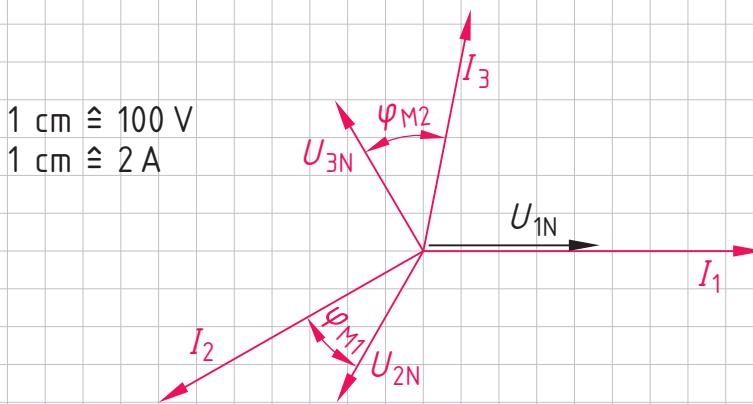


$$I_N = 2,15 \text{ cm} \hat{=} 4,3 \text{ A}$$

### 2. Verbraucher in Sternschaltung

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

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



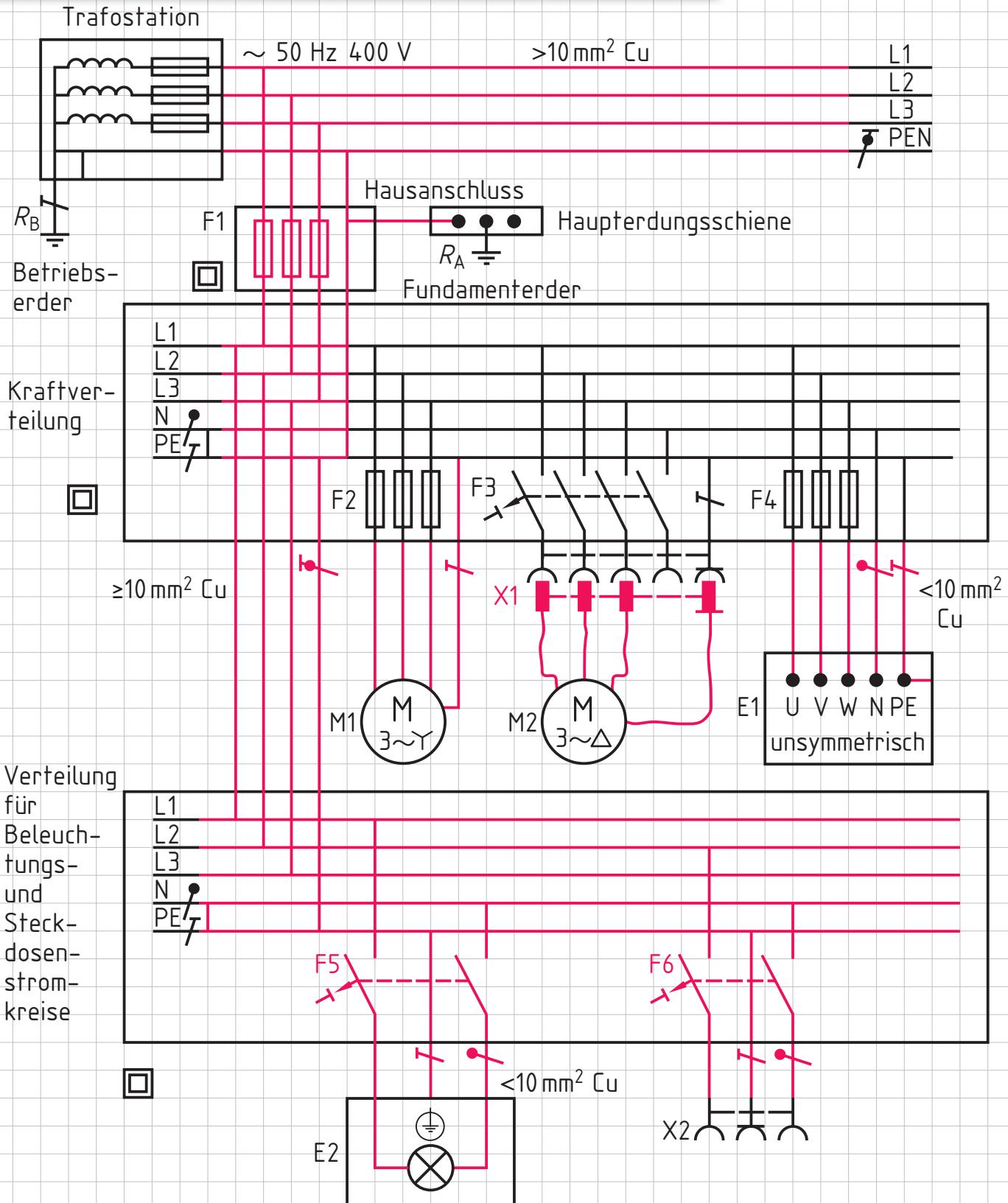
$$I_N = 2,2 \text{ cm} \hat{=} 4,4 \text{ A}$$

## 5.8 Schutzmaßnahmen im TN-System

(protection in TN systems)

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

Vervollständigen Sie den Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung.



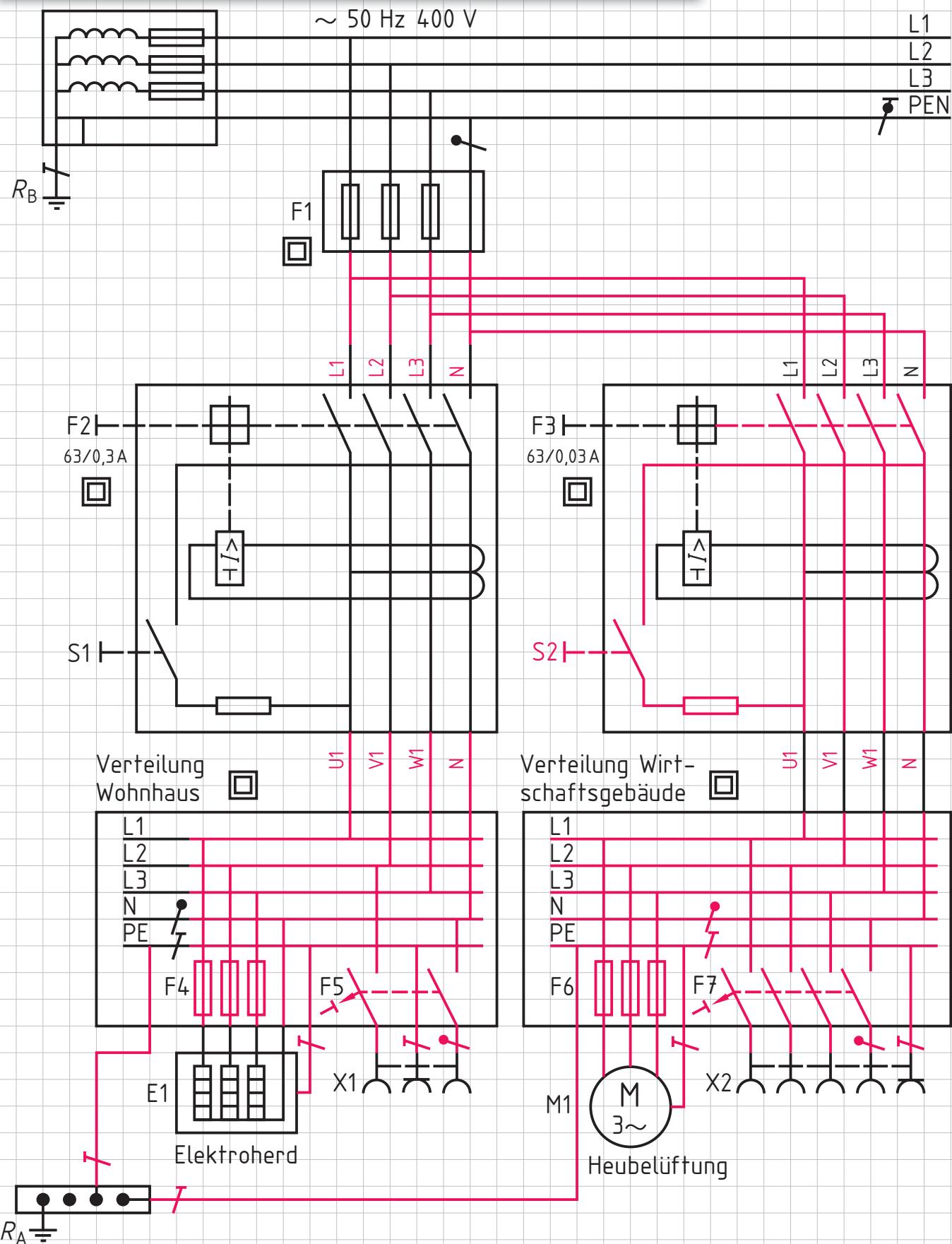
Der Schutz wird hergestellt durch Anschluss leitfähiger Anlagenteile

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.



## 5.10 Elektroinstallation mit Netzabkoppler

(electrical installation with power circuit breaker)

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 4V bis 35V zur Überwachung des Schaltzustandes an den Schaltkontakten der Verbraucher.

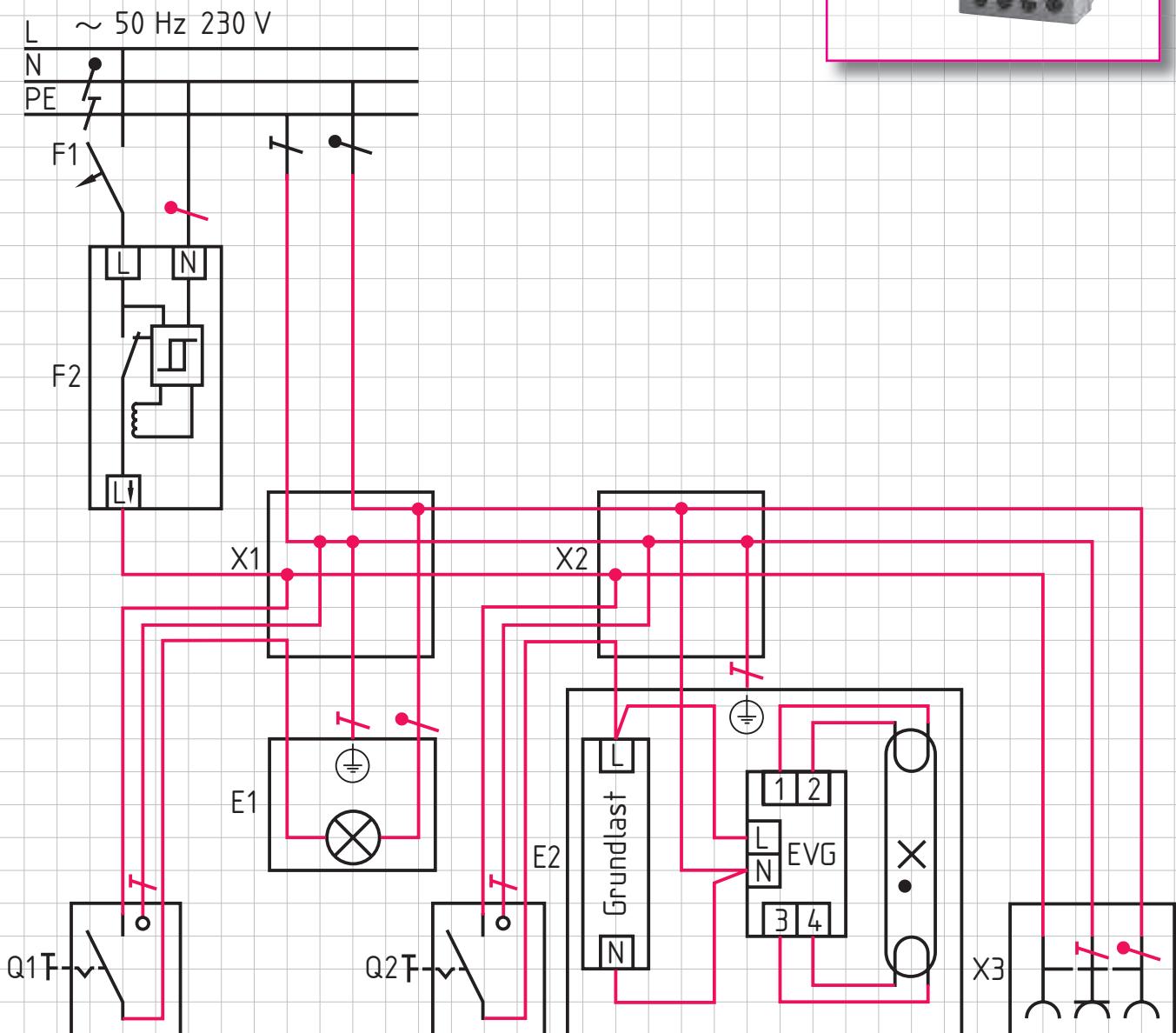
Der Elektrofachbetrieb wird von einem Kunden mit der Installation einer Netzfreeschaltung für den Schlafbereich seiner Wohnung beauftragt.

a) Ergänzen Sie den Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung.

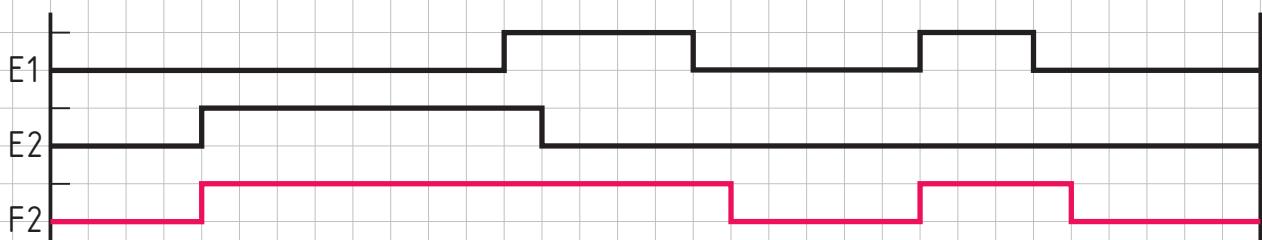
b) Vervollständigen Sie das Zeitablelaufdiagramm.



a) Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung



b) Zeitablelaufdiagramm

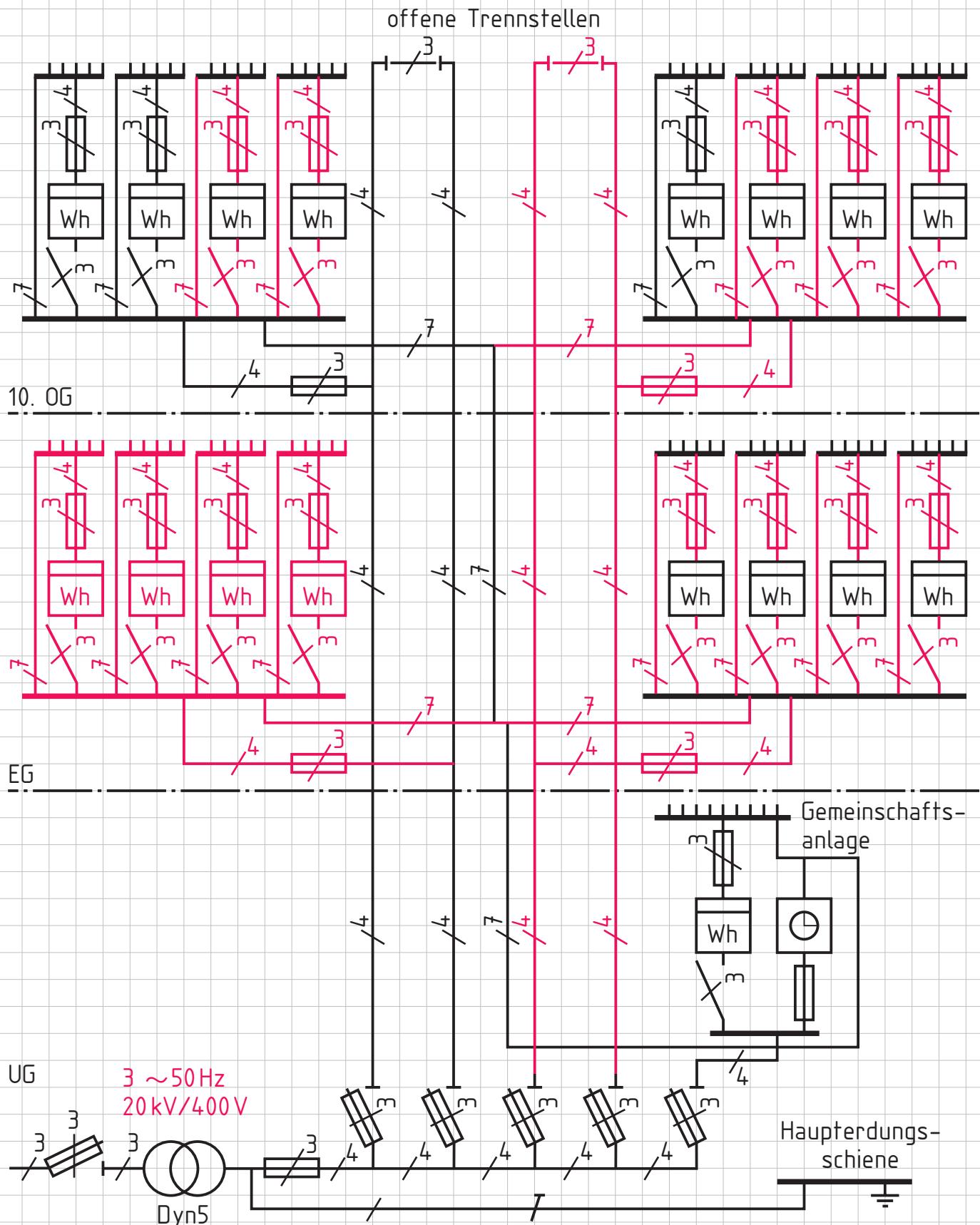


## 5.11 Stromversorgung Hochhaus

(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.

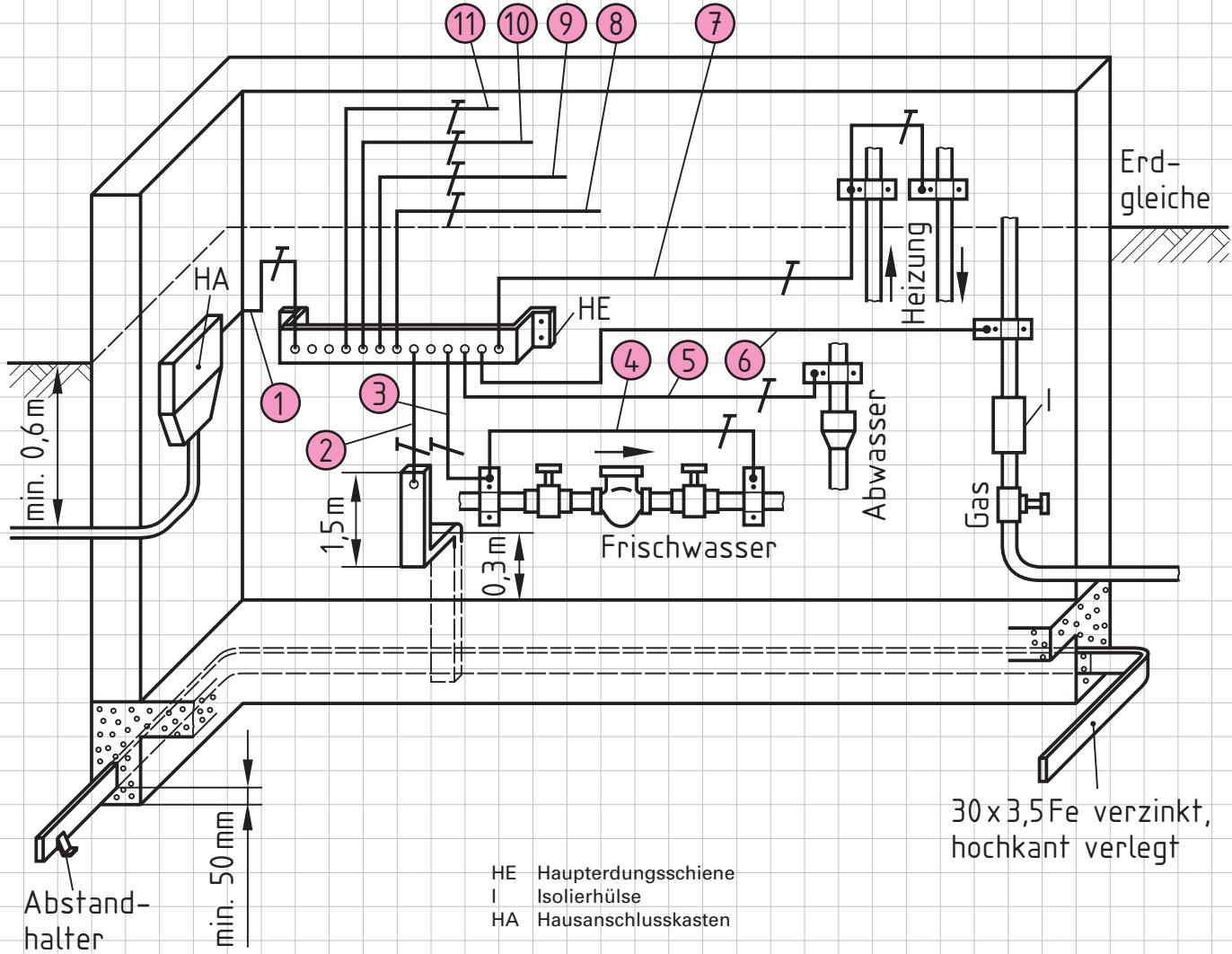


## 5.12 Schutzzpotenzialausgleich

(equipotential bonding)

Vervollständigen Sie die vom Auftraggeber nach erfolgter Elektroinstallation geforderte Dokumentation zum Schutzzpotenzialausgleich.

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



a) Durch den Schutzzpotenzialausgleich 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  $10 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Schutzleiter im TT- bzw. IT-System

⑥ Gasleitungsröhre  $6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

⑦ Heizungsrohre  $6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

② Fundamenterder  $25 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

⑧ Antennenanlage  $16 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

③ Frischwasserleitung  $6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

⑨ Fernmeldeanlage  $10 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

④ Wasseruhrüberbrückung  $16 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

⑩ Blitzschutzanlage  $10 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

⑤ Abwasserleitung  $6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

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  $64 \text{ V}$ , 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:  $60^\circ \cong 1 \text{ cm}$ ;  $60 \text{ V} \cong 1 \text{ cm}$ ;  $0,2 \text{ A} \cong 1 \text{ cm}$ ;  $100 \Omega \cong 1 \text{ cm}$ ;  $10 \text{ W} = 10 \text{ VA} = 10 \text{ var} \cong 1 \text{ cm}$ )

- Zeichnen Sie das Zeigerdiagramm für die Effektivwerte der Spannungen.  
Messen Sie aus dem Zeigerdiagramm den Phasenverschiebungswinkel  $\varphi$  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 Widerstandsdiagramm 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 Widerstandsdiagramm. 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 Duo-schaltung. Ermitteln Sie daraus zeichnerisch  $I$  und  $\varphi_{\text{ges}}$ .

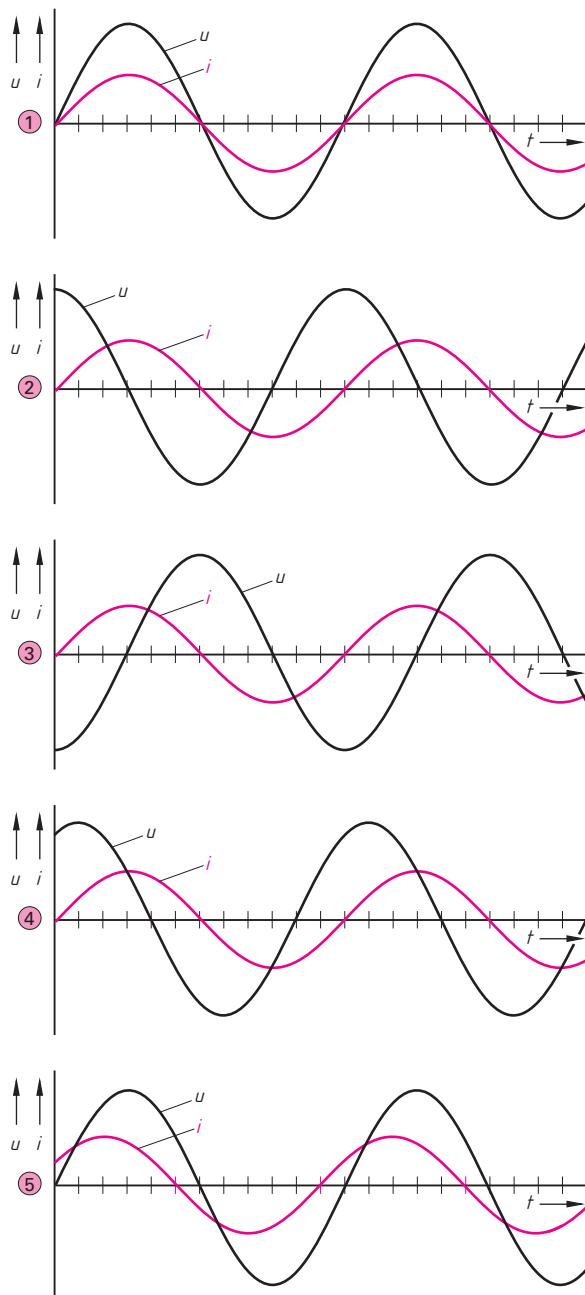


Bild 1: Liniendiagramme

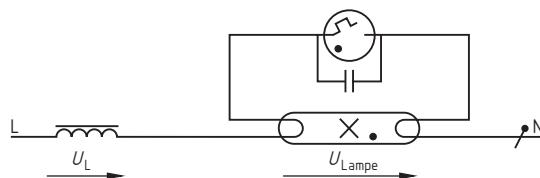


Bild 2: Leuchtstofflampenschaltung