



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für elektrotechnische und elektronische Berufe

Technische Kommunikation

Elektrotechnik

Schaltungs- und Systemanalyse

Informationsband

10. neu bearbeitete und erweiterte Auflage

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

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 32416

Autoren der Technischen Kommunikation Elektrotechnik:

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

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises:

Jürgen Schwarz, Tett nang

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel GmbH & Co. KG, Ostfildern

Firmenverzeichnis:

- Albrecht Jung GmbH & Co KG
- Bender GmbH & Co. KG
- Bosch Rexroth AG
- Crouzet GmbH
- Dehn & Söhne GmbH + Co. KG.
- Deutsche Philips GmbH
- Eaton Industries GmbH
- EnBW Energie Baden-Württemberg AG
- IDEC EU
- Lenze SE
- Mitsubishi Electric Europe B.V.
- Schalk Steuerungstechnik GmbH
- Schneider Electric GmbH
- Siemens AG
- S. Siedle & Söhne
- TESTBOY GmbH
- Testo SE & Co. KGaA
- VIPA GmbH
- WIKRA Windkraft

10. Auflage 2019

Europa-Nr.: 32416

ISBN 978-3-8085-3666-7

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 Kamekestr. 2–8, 50672 Köln, bezogen werden. Die VDE-Bestimmungen sind bei der VDE-Verlag GmbH, Bismarkstraße 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.

© 2019 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald
Umschlagbilder: Diagramm: Autoren, Motor: © Siemens AG 2018, Smarthome: © sdecoret – stock.adobe.com
Satz: fidus Publikations-Service GmbH, 86720 Nördlingen
Druck: UAB BALTO print, 08217 Vilnius (LT)

Übersicht über die Lernfelder

Beispiel – Fachrichtung Energie- und Gebäudetechnik

Abschlussprüfung Teil 1 (im 4. Ausbildungsjahr) Schriftliche Aufgabenstellungen und komplexe Arbeitsaufgabe mit situativem Gespräch.	1. Ausbildungsjahr		Arbeitsblätter Grundbildung
	LF 1	Elektrotechnische Systeme analysieren und Funktionen prüfen (analyzing electrical systems and testing functions) Betriebliche Strukturen, Arbeitsorganisation und Kommunikation, Schaltpläne und Schaltzeichen, elektrische Betriebsmittel, Grundsaltungen und elektrische Grundgrößen, Messverfahren.	
	LF 2	Elektrische Installationen planen und ausführen (planning and performing electrical installations) Energiebedarf einer Anlage oder eines Gerätes, Installationstechnik, Sicherheitsbestimmungen, Leitungsdimensionierung, Arbeitsorganisation, Kostenberechnung, Angebotserstellung.	
	LF 3	Steuerungen analysieren und anpassen (analyzing and adjusting controls) Steuern und Regeln, verbindungsprogrammierte Signalverarbeitung mit Schützen, digitale Schaltungen, speicherprogrammierte Signalverarbeitung.	
Abschlussprüfung Teil 2 (am Ende des 7. Ausbildungshalbjahres) Systementwurf, Funktions- und Systemanalyse, Wirtschafts- und Sozialkunde und Arbeitsauftrag und Fachgespräch.	LF 4	Informationstechnische Systeme bereitstellen (providing information technology systems) Hardware, Betriebssysteme, Software, Netzwerke, Datenübertragung, Datensicherung, Datenschutz, Konfiguration von Systemen, Lastenheft, Pflichtenheft, Beschaffung, Dokumentation, Präsentation.	Technische Kommunikation Elektrotechnik – Arbeitsblätter Fachbildung
	2. Ausbildungsjahr		
	LF 5	Elektroenergieversorgung und Sicherheit von Betriebsmitteln gewährleisten (guaranteeing the supply of electrical power and safety of equipment) Wechsel- und Drehstromsystem, Netzsysteme und Schutzmaßnahmen, Schalt- und Verteilungsanlagen, Transformatoren.	
	LF 6	Anlagen und Geräte analysieren und prüfen (analyzing and testing electrical installations and devices) Mess- und Prüfmittel, Messen elektrischer und nichtelektrischer Größen, Fehleranalyse und -suche, Geräte- und Anlagenprüfung, Netzgeräte, Sensoren und Aktoren, Schnittstellen, Reparaturauftrag.	
	LF 7	Steuerungen für Anlagen programmieren und realisieren (programming and implementing control systems and installations) Steuerungs- und Regelungstechnik, Programmieralgorithmen, Gebäudeleittechnik, Sensoren, Aktoren, Feldbus-systeme.	
	LF 8	Antriebssysteme auswählen und integrieren (selecting and integrating drive systems) Elektromechanische Komponenten, Arten von Motoren, Anlass- und Bremsverfahren, Stromrichter.	
	3. Ausbildungsjahr		
	LF 9	Kommunikationssysteme in Wohn- und Zweckbauten planen und realisieren (planning and implementing communication systems in residential and functional buildings) Personrufanlagen, Gefahrenmeldeanlagen, Antennen- und Breitbandkommunikationsanlagen, Telekommunikationsendgeräte und -anlagen.	
LF 10	Elektrische Anlagen der Haustechnik in Betrieb nehmen und in Stand halten (commissioning and maintenance of building service systems) Beleuchtungsanlagen, Elektrowärmegeräte, Klimaanlage, Kältegeräte, Wärmepumpen, Hausgeräte, Blitzschutz, umweltgerechtes Verhalten.		
LF 11	Energietechnische Anlagen errichten, in Betrieb nehmen und in Stand setzen (building, commissioning and maintaining energy systems) Netzformen, Drehstromtransformatoren, Schaltgeräte, Kompensation, Fotovoltaik, Wechselrichter, Windkraft, unterbrechungsfreie Stromversorgung, Kraft-Wärme-Kopplung, Brennstoffzelle.		
4. Ausbildungsjahr			
LF 12	Energie- und gebäudetechnische Anlagen planen und realisieren (planning and implementing energy systems and building services systems) Gestalten von Projekten für energie- und gebäudetechnische Anlagen.		
LF 13	Energie- und gebäudetechnische Anlagen in Stand halten und ändern (maintenance and changing of energy and building services systems) Planen von Instandhaltungs- und Änderungsmaßnahmen in energie- und gebäudetechnischen Anlagen.		

Inhaltsverzeichnis

Elektrotechnische Systeme analysieren und Funktion prüfen		8	Steuerungen analysieren und anpassen		52
1.1	Betriebliche Arbeitsorganisation	9	3.1	Prinzip von Steuerungs- und Regelungsprozessen	53
1.2	Auftragsplanung, Angebotserstellung, Auftragsrealisierung	10	3.2	Kennzeichnung von Schaltern und Schützen	54
1.3	Gefahren des elektrischen Stromes	11	3.3	Einfache Schützschaltungen	55
1.4	Häufige Zeichnungsarten der Elektrotechnik	12	3.4	Funktionsbeschreibung von Schützschaltungen	56
	Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 1.4	13		Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 3.2 bis 3.4	57
1.5	Normung	14	3.5	Nockenschalter und Motorschutzschalter	58
1.6	Zeichenblattgrößen und Maßstab	15	3.6	Wendeschützschaltung mit thermischem Überlastrelais	59
1.7	Normschrift und Linienarten	16	3.7	Schützschaltungen mit Verriegelung	60
1.8	Diagramme und Kennlinien	17		Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 3.5 bis 3.7	61
	Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 1.6 bis 1.8	18	3.8	Digitale Verknüpfungen	62
1.9	Technisches Zeichnen – Projektionsmethoden	19	3.9	Kombinatorische Schaltungen	63
1.10	Technisches Zeichnen – Biegetechnik, Abwicklungen	20		Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 3.8 und 3.9	64
1.11	Technisches Zeichnen – Explosionszeichnungen	21	3.10	Asynchrone Kippschaltungen	65
1.12	Schaltzeichenelemente	22	3.11	Synchrone Kippschaltungen	66
1.13	Beispiele von Schaltzeichen	23		Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 3.10 und 3.11	67
1.14	Schaltzeichen für die einpolige Darstellung	24	3.12	Kompaktsteuerungen	68
	Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 1.12 bis 1.14	25	3.13	Beispiele für Kompaktsteuerungen	69
1.15	Kennzeichnung von Objekten in Schaltplänen nach DIN EN 81346	26		Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 3.12 und 3.13	70
1.16	Reihenschaltung und Parallelschaltung	27	Informationstechnische Systeme bereitstellen		71
1.17	Gemischte Schaltungen	28	4.1	Mikrocomputer	72
1.18	Elektrische Arbeit, elektrische Leistung	29	4.2	Personal Computer (PC)	73
	Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 1.16 bis 1.18	30	4.3	Herstellung eines PC-Systems	74
1.19	Arbeitspunkt bei Reihenschaltungen	31	4.4	PC-Peripheriegeräte	75
1.20	Messen elektrischer Größen	32		Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 4.1 bis 4.4	76
	Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 1.19 und 1.20	33	4.5	Netzwerkleitungen	77
1.21	Kennlinien von Widerständen und Dioden	34	4.6	Vernetzung von Computern	78
1.22	Kennlinien von Transistoren und Thyristoren	35		Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 4.5 und 4.6	79
	Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 1.21 und 1.22	36	4.7	Verbindung von Computern im lokalen Netzwerk (LAN)	80
1.23	Leiterplatten	37	4.8	WLAN-Aufbau und Konfiguration	81
Elektrotechnische Installationen planen und ausführen		38	4.9	Datenschnittstellen	82
2.1	Ausstattungsanforderungen an eine Wohnungsinstallation – Energiebedarf	39	4.10	Arten von Softwaresystemen	83
2.2	Ausschaltung	40	4.11	Projektmanagement, Lastenheft, Pflichtenheft	84
2.3	Serienschaltung und Gruppenschaltung	41		Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 4.7 bis 4.11	85
	Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 2.2 und 2.3	42	4.12	Dokumentation mit Programmablaufplan	86
2.4	Wechselschaltung und Kreuzschaltung	43	4.13	Dokumentation mit Struktogramm	87
2.5	Schaltungen mit Stromstoßschaltern	44		Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 4.12 und 4.13	88
2.6	Treppenlicht-Zeitschalter	45	4.14	Zeichnungserstellung und Konstruktion mit CAD	89
	Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 2.4 bis 2.6	46	4.15	Schaltplanerstellung mit einem E-CAD-Programm	90
2.7	Installationsschaltplan	47	4.16	Datensicherheit und Datenschutz	91
2.8	Klingelanlagen und Türöffneranlagen	48	4.17	Präsentieren eines technischen Themas	92
	Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 2.8	49	Elektroenergieversorgung und Sicherheit von Betriebsmitteln gewährleisten		93
2.9	Prüfungen nach DIN VDE 0100-600	50	5.1	Sinuslinie und Zeigerdiagramm	94
2.10	Leitungsdimensionierung	51	5.2	Phasenverschiebung	95
				Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 5.1 und 5.2	96

Inhaltsverzeichnis

5.3	Zeigerdiagramme der Reihenschaltung	97	6.14	Elektrische Messung nichtelektrischer Größen	140
5.4	Zeigerdiagramme der Parallelschaltung	98	6.15	Optoelektronische Schaltungen als Sender	141
	Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 5.3 und 5.4	99	6.16	Optoelektronische Schaltungen als Empfänger	142
5.5	Drehstromsystem – Sternschaltung	100	6.17	Optoelektronische Schaltungen als Sender und Empfänger	143
5.6	Drehstromsystem – Dreieckschaltung	101		Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 6.14 bis 6.17	144
	Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 5.5 und 5.6	102	6.18	Sensoren und Aktoren	145
5.7	Transformatoren – Aufbau und Funktion	103	6.19	Näherungsschalter	146
5.8	Kleintransformatoren und Drehstromtransformatoren	104	6.20	Schaltungen mit Operationsverstärkern	147
5.9	Messwandler	105		Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 6.20	148
	Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 5.7 bis 5.9	106	Steuerungen für Anlagen programmieren und realisieren 149		
5.10	Hausanschluss und Schutzpotenzialausgleich	107	7.1	Steuerungstechnik	150
5.11	Hauptstromversorgungssysteme und Zählerplätze	108	7.2	Regelkreis	151
	Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 5.10 und 5.11	109		Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 7.1 und 7.2	152
5.12	Stromkreisverteiler, Unterverteilung	110	7.3	Regler	153
5.13	Netzsysteme und Schutzmaßnahmen	111	7.4	Digitale Regelung	154
	Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 5.12 und 5.13	112	7.5	Funktionsplan mit GRAFCET	155
5.14	Intelligente Stromnetze	113		Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 7.3 bis 7.5	156
5.15	Doppelte oder verstärkte Isolierung und Schutztrennung	114	7.6	Prinzip der SPS	157
5.16	Kleinspannungen	115	7.7	Anschluss der SPS	158
	Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 5.14 bis 5.16	116	7.8	Programmieren einer SPS	159
5.17	Schutz durch Abschaltung mit Überstrom-Schutzeinrichtung	117	7.9	Grundsätze der Programmierung	160
5.18	Schutz durch Abschaltung mit RCD	118	7.10	Programmierung von Speicherfunktionen	161
5.19	Schutzklassen und Schutzarten	119	7.11	Programmierung von Zeitfunktionen und Zählern	162
	Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 5.17 bis 5.19	120		Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 7.6 bis 7.11	163
Anlagen und Geräte analysieren und prüfen 121			7.12	Ablaufsteuerung	164
6.1	Mess- und Prüfmittel	122	7.13	Weitere SPS-Programmiersprachen	165
6.2	PC-Messtechnik	123		Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 7.12 und 7.13	166
6.3	Leistungsmessung	124	7.14	Projektierung einer SPS-Anlage (Aufgabenstellung)	167
6.4	Fehlersuche bei Geräten und Anlagen	125	7.15	Projektierung einer SPS-Anlage (Ausführung)	168
	Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 6.4	126	7.16	Feldbussysteme – Strukturen	169
6.5	Prüfungen nach DIN VDE, Mess- und Prüfgeräte	127	7.17	Feldbussysteme – Datenübertragung	170
6.6	Wiederkehrende Prüfung nach DIN VDE 0105, Prüfprotokoll	128		Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 7.16 und 7.17	171
6.7	Geräteprüfung nach DIN VDE 0701-0702	129	7.18	Gebäudeleittechnik	172
	Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 6.5 bis 6.7	130	7.19	Smart Home	173
6.8	Einweg-Gleichrichterschaltungen	131	7.20	Haus- und Gebäudesystemtechnik KNX	174
6.9	Zweiweg-Gleichrichterschaltungen	132	7.21	Haus- und Gebäudesystemtechnik KNX-Symbole	175
	Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 6.8 und 6.9	133	7.22	Haus- und Gebäudesystemtechnik KNX-TP-Bus – Topologie	176
6.10	Steuerbare Gleichrichter	134		Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 7.20 bis 7.22	177
6.11	Wechselstromsteller	135	7.23	Haus- und Gebäudesystemtechnik KNX-TP-Bus-Technologie	178
	Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 6.10 und 6.11	136	7.24	Haus- und Gebäudesystemtechnik KNX-TP-Bus – Telegramm	179
6.12	Spannungsstabilisierung	137	7.25	Haus- und Gebäudesystemtechnik KNX-TP-Bus – Adressierung	180
6.13	Schaltnetzteile	138		Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 7.23 bis 7.25	181
	Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 6.12 und 6.13	139	7.26	Pneumatik, Hydraulik	182

Inhaltsverzeichnis

Antriebssysteme auswählen und integrieren		183	Elektrische Anlagen der Haustechnik in Betrieb nehmen und in Stand halten		223
8.1	Anschlusskennzeichnung von Maschinen	184	10.1	Glühfadenlampen	224
8.2	Stern-Dreieck-Schützschtaltung	185	10.2	Gasentladungslampen	225
8.3	Erweiterte Schützschtaltung	186	10.3	LED-Lampen	226
	Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 8.2 und 8.3	187		Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 10.1 bis 10.3	227
8.4	Polumschaltbare Motoren	188	10.4	Dimmer	228
	Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 8.4	189	10.5	Dimmerschaltungen	229
8.5	Anlassen von Drehstrommotoren 1	190		Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 10.4 und 10.5	230
8.6	Anlassen von Drehstrommotoren 2	191	10.6	Elektrische Raumheizungen	231
	Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 8.5 und 8.6	192	10.7	Elektro-Wärmespeicher	232
8.7	Frequenzumrichter	193	10.8	Elektro-Wärmespeicheranlage	233
8.8	Drehstrommotor am Frequenzumrichter	194	10.9	Elektro-Warmwasserbereiter	234
	Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 8.7 und 8.8	195	10.10	Raumklimageräte	235
8.9	Schrittmotor	196	10.11	Waschmaschine	236
8.10	Servoantriebe	197	10.12	Trockner	237
	Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 8.9 und 8.10	198	10.13	Elektroherd	238
8.11	Einphasenmotoren	199	10.14	Induktionskochfeld- und Mikrowellenherd	239
8.12	Gleichstrommotoren ohne Wendepole	200	10.15	Geschirrspülmaschine	240
8.13	Gleichstrommotoren mit Wendepolen und Kompensationswicklung	201	10.16	Kühl- und Gefriergeräte	241
	Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 8.11 bis 8.13	202		Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 10.6 bis 10.16	242
8.14	Antriebstechnische Systeme	203	10.17	Wärmepumpe	243
			10.18	Blitzschutzsystem (LPS)	244
				Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 10.17 und 10.18	245
Kommunikationssysteme in Wohn- und Zweckbauten planen und realisieren		204	10.19	Elektromagnetische Verträglichkeit	246
9.1	Rufanlagen und Meldeanlagen	205	10.20	EMV-gerechte Schaltschränke	247
9.2	Türsprechanlagen und Haussprechanlagen	206	10.21	Umweltbelastung in der Elektrotechnik	248
9.3	Hauskommunikationsanlagen	207		Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 10.19 bis 10.21	249
	Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 9.1 bis 9.3	208	10.22	Netzfreischalter	250
9.4	Gefahrenmeldeanlagen 1	209	Energietechnische Anlagen errichten, in Betrieb nehmen und in Stand halten		251
9.5	Gefahrenmeldeanlagen 2	210	11.1	Energieverteilung	252
	Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 9.4 und 9.5	211	11.2	Schalterarten und Sicherungen	253
9.6	Terrestrische Empfangsantennenanlagen	212	11.3	Drehstromtransformatoren	254
9.7	Planen von terrestrischen Empfangsantennenanlagen	213		Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 11.1 bis 11.3	255
9.8	Satelliten-Empfangstechnik	214	11.4	Kompensation der Blindleistung	256
9.9	Satelliten-Empfangstechnik – Verteilsysteme	215	11.5	Alternative Energien	257
9.10	Breitbandkommunikationsanlagen (BK)	216	11.6	Fotovoltaik	258
	Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 9.6 bis 9.10	217	11.7	Blockheizkraftwerke	259
9.11	Digitaler Videorundfunk (DVB)	218	11.8	Brennstoffzellen	260
9.12	DSL-Technologie	219	11.9	Sicherheitsstromversorgung (SSV)	261
9.13	All-IP	220		Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 11.5 bis 11.9	262
9.14	Analog-, ISDN- und VoIP-Telefonanschlusstechnik	221	Lösungen		263
	Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 9.11 bis 9.14	222			

Informationsband

Arbeitsblätter und Aufgaben

Betriebliche Strukturen, Arbeitsorganisation und betriebliche Kommunikation

Aufgaben, Arbeitsanforderungen, Tätigkeiten und Arbeitsprozesse des Berufes sowie Produkte und Dienstleistungen nennen.

Arbeitsorganisation und betriebliche Kommunikation

Auftragsplanung, Angebotserstellung, Auftragsrealisierung

Vertieft in Lernfeld 4

Lastenheft

Pflichtenheft

Gefahren des elektrischen Stromes

Gefahren des elektrischen Stromes kennen und einschätzen.

Gefahren des elektrischen Stromes

Vertieft in Lernfeld 2

Isolationsfehler und Schutzeinrichtungen

Schutzmaßnahmen

Schaltpläne, Schaltzeichen

Stromlaufplan eines einfachen Stromkreises normgerecht darstellen.

Häufige Schaltungsarten

Normung

Zeichenblattgrößen und Maßstab

Normschrift und Linienarten

Diagramme und Kennlinien

Technisches Zeichnen

Schaltzeichenelemente

Beispiele von Schaltzeichen

Schaltzeichen für die einpolige Darstellung

Kennzeichnung von Objekten in Schaltplänen nach DIN EN 81346

Schaltzeichen für Installationsgeräte

Allgemeine Schaltzeichen

Normen zur Kennzeichnung von Betriebsmitteln

Kennzeichnung von Betriebsmittel nach DIN EN 81346

Normschrift

Technisches Zeichnen

Elektrische Betriebsmittel, Grundschaltungen, elektrische Grundgrößen

Reihen-, Parallel- und gemischte Schaltungen in berufsbezogenen Anwendungen analysieren.

Reihenschaltung und Parallelschaltung

Gemischte Schaltungen

Elektrische Leistung und Arbeit

Arbeitspunkt bei Reihenschaltungen

Bauelemente und ihre Kennlinien

Leiterplatten

Kennlinien von Wirkwiderstand und NTC-Widerstand

Reihenschaltung von Widerständen

Leuchtdiode (LED) mit Vorwiderstand

Schaltung mit Diode

Parallelschaltung von Widerständen

Spannungsteiler

Schaltungen von Heizleitern in einem Kochfeld

Arbeitsbereich und höchstzulässige Verlustleistung

Reihen- und Parallelschaltung von Spannungsquellen

Leiterplatten

Messverfahren, Fehlersuche

In einfachen Schaltungen elektrische Grundgrößen (U , I , R und P) unter Verwendung geeigneter Messgeräte messen, protokollieren und beurteilen.

Messen elektrischer Größen

Indirekte Widerstandsbestimmung

Messung der elektrischen Leistung

Messung der elektrischen Arbeit

1.1 Betriebliche Arbeitsorganisation

(company work organization)

Unter Arbeitsorganisation versteht man das organisatorische Gestalten der zum Herstellen von Produkten erforderlichen Arbeiten und das Bereitstellen von Dienstleistungen hinsichtlich Art, Umfang und Bedingungen (► Bild 1). Die Arbeitsorganisation hat maßgeblichen Einfluss auf Arbeitsabläufe (Arbeitsfolgen), Unternehmensstrukturen, also Bereichsstrukturen und Führungsstrukturen, maschinelle Ausstattung, Personalstruktur, Kostenstruktur, Preisgestaltung. Die Arbeitsorganisation eines Unternehmens hängt von den erzeugten Produkten, deren Bedarfen, der Produktionstiefe, d. h. eigenproduzierte Teile in Bezug zu zugekauften Teilen, internationalen Standorten sowie der internationalen Marktausrichtung ab.

Die Märkte eines Unternehmens bestimmen seine betriebliche Arbeitsorganisation.

Eine Unternehmensstruktur (Organisationsstruktur, Aufbauorganisation) besteht gemäß grundsätzlicher übergeordneter Tätigkeiten aus den entsprechenden Bereichen (► Bild 2). Abhängig von Marktgegebenheiten, Produkten und Unternehmensgröße werden diese Bereiche in unterschiedlicher Art ausgeprägt. In einer Produktlinienorganisation (Spartenorganisation), sinnvoll wenn ein Unternehmen unterschiedliche Arten von Produkten herstellt, können diese Bereiche z.T. je Produktlinie vorkommen (► Bild 3). Zentrale Funktionen, die als Querschnittsfunktion wirken, werden oft über eine Matrixorganisation abgebildet.

Meist werden in Unternehmen Projekte mittels einer Projektorganisation abgearbeitet. Hierbei stehen dem Projektleiter Mitarbeiter aus mehreren Bereichen für die Zeitdauer des Projektes zur Verfügung.

Die Aufbauorganisation eines Unternehmens ist Teil der Arbeitsorganisation.

Zum Bewältigen der anfallenden Arbeit werden die Unternehmensmitarbeiter von datenbankbasierten IT-Systemen unterstützt. Derartige Systeme bieten automatisierte Arbeitsabläufe (Workflows) insbesondere für Tätigkeiten der Entwicklung, Beschaffung, Buchhaltung, Kapazitätsplanung (Ressourcenplanung) oder Produktionsplanung. Neben der Datenverwaltung dienen diese Systeme auch der Informationsbeschaffung für jeweils nachfolgende Arbeitsabläufe (Arbeitsprozesse). So benötigen z. B. die Arbeitsplaner der Arbeitsvorbereitung Informationen der zeitlich vorgelagerten Produktentwicklung. Selbstverständlich werden viele Informationen zusätzlich auch aus dem Internet bezogen, z. B. Katalogdaten von Teillieferanten oder Betriebsmittellieferanten (► Bild 4).

Das Abarbeiten der zu erledigenden Tätigkeiten muss zeiteffizient erfolgen. Hierzu ist neben der Nutzung IT-systemunterstützter automatisierter Arbeitsabläufe auch eine wirkungsvolle Zeitplanung der Mitarbeiter im Sinne der Selbstorganisation erforderlich. Dies wird durch Arbeitstechniken erreicht, indem sich die Mitarbeiter in ihrer Arbeit immer wieder hinterfragen: Wo liegt Zeit-Verschwendung vor? Dies führt zu ständigen Prozessverbesserungen im Sinne von KVP (kontinuierlicher Verbesserungsprozess). Hilfreich sind z. B. auch Aktivitätenpläne (To-Do-Listen), grafische und tabellarische Darstellungen bei der Aufgabenanalyse, Regelabstimmungen mit Teamkollegen und Vorgesetzten, strukturiertes Ablegen der Unterlagen in (Daten-) Ordnern zum schnellen Finden, Setzen von Prioritäten (ABC-Analyse) sowie Ordnung am Arbeitsplatz.

Ein effizientes Gestalten der betrieblichen Arbeitsorganisation erfordert Arbeitsprozesse unterstützende IT-Systeme sowie Mitarbeiter, welche analytisch strukturiert arbeiten können und an Optimierungen der Prozesse interessiert sind.

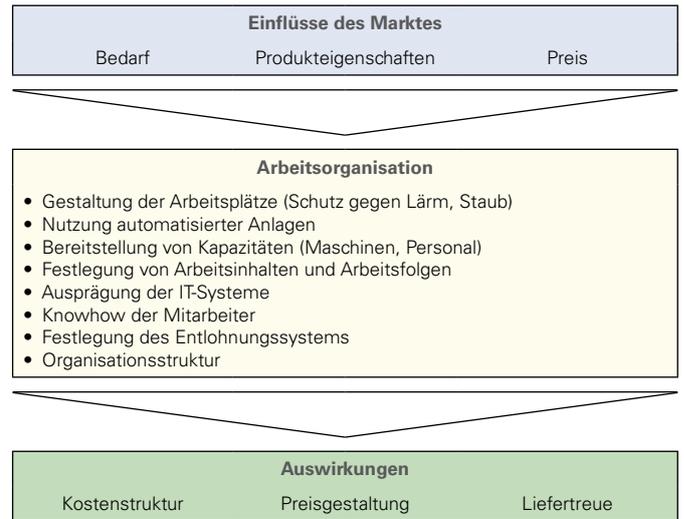


Bild 1: Wesentliche Bestandteile einer Arbeitsorganisation

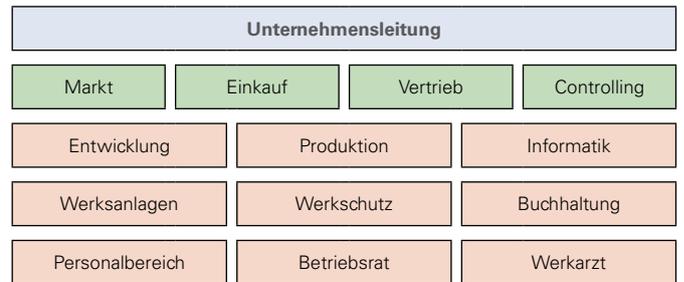


Bild 2: Bereiche eines Unternehmens

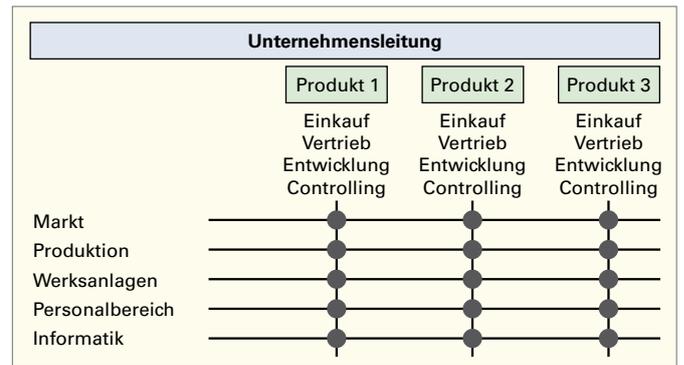


Bild 3: Beispiel einer Organisationsstruktur (Ausschnitt)

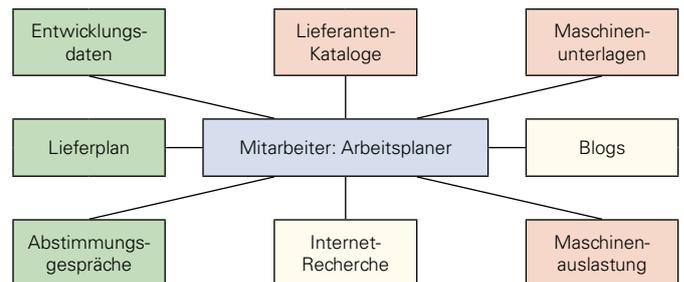


Bild 4: Beispiele zur Informationsbeschaffung

1

1.2 Auftragsplanung, Angebotserstellung, Auftragsrealisierung

(oder *planning, quoting, oder execution*)

Projektierungsphase

Für die Auftragsrealisierung ist eine vorausgehende Auftragsplanung und Angebotserstellung notwendig. Dazu ist der Auftrag mit dem Auftraggeber gemäß ► **Bild 1** zu planen. Die Projektierungsphase zur Herstellung einer Maschine kann dabei bis zu 20 % der gesamten Realisierungszeit in Anspruch nehmen.

Oftmals werden in der Projektierungsphase zusätzlich zum elektrotechnischen Maschinenkonzept erste Entwurfskonstruktionen (Basic Engineering) durchgeführt. Das ist insbesondere im Sondermaschinenbau erforderlich, da es meist keine vergleichbaren Referenzmaschinen gibt, deren Funktionsprinzip übernommen werden kann. So ist eine gründliche Vorplanung in Form einer guten Entwurfskonstruktion notwendig.

Konstruktionsphase

Nach Abschluss der Projektierungsphase und mit Bestellung des Angebots durch den Kunden beginnt die Konstruktionsphase. Dabei wird das zuvor in der Projektierungsphase entworfene Maschinenkonzept detailliert. Die Detailkonstruktion (Detail Engineering) erfordert einen höheren zeitlichen Aufwand als die Entwurfskonstruktion, da der Detaillierungsgrad deutlich zunimmt. In Summe macht die Konstruktionsphase rund 25 % der gesamten Realisierungszeit aus.

Während der Ausführungsplanung gilt es nun, am Beispiel der Elektrokonstruktion, konkrete Betriebsmittel zu benennen und sie im Stromlaufplan hinsichtlich Funktion, Sicherheit und Spezifikation richtig zu verschalten. Zuvor ist eine Leistungsbilanzierung, eine Betrachtung der Schaltschrankklimatisierung, die Spannungsfallberechnung aller relevanten Kabel und Leitungen, eine Selektivitätsbetrachtung der verbauten Sicherungselemente und die Kurzschlussstromberechnung durchzuführen. Auf dieser Anforderungsbasis werden die notwendigen Betriebsmittel ausgewählt und in der Vergabe, meist gemeinsam mit dem Elektrokonstrukteur, beschafft.

Fertigungs- und Inbetriebnahmephase

Mit der Freigabe der Fertigungsunterlagen beginnt die Phase der Fertigung, Montage und Inbetriebnahme (IBN), an der sich die Projektabschlussphase anschließt. Spätestens mit dem Projektabschluss wird die Konformität der Maschine zur EG-Maschinenrichtlinie erklärt und durch das CE-Zeichen dokumentiert.

Die Inbetriebnahmephase beinhaltet gegebenenfalls die Re-Montage der Maschine nach Lieferung beim Kunden und deren Inbetriebsetzung gemäß den vereinbarten Anforderungen aus dem Angebot. Dazu findet neben der elektromechanischen Überprüfung der Maschinenfunktionalität auch die Überprüfung der Prozessstauglichkeit statt. In der sogenannten Ausprobe werden vereinbarte Prozesskenngrößen, wie Ausbringung, Verfügbarkeit, Taktzahlen, Werkstückqualitäten und ähnliches überprüft und die Anlage zur Erfüllung der Kundenanforderungen optimiert. Mit dem erfolgreichen Nachweis der Prozessstauglichkeit kann der Auftrag technisch und kaufmännisch abgeschlossen werden.

Lasten- und Pflichtenheft

Das wichtigste Dokument zur Auftragsplanung ist das **Lastenheft** (► **Tabelle 1**), welches die Anforderungen des Auftraggebers festhält. Das Lastenheft ist allgemein gehalten und beschreibt lediglich, *was* und *wofür* etwas gemacht wird.

Das *wie* und *womit* ist Bestandteil des **Pflichtenhefts** (► **Tabelle 2**), welches vom Auftragnehmer erstellt wird und zumeist als Grundlage des Kundenangebots dient. Hierin sind die wesentlichen technischen Details der herzustellenden Maschine beschrieben.

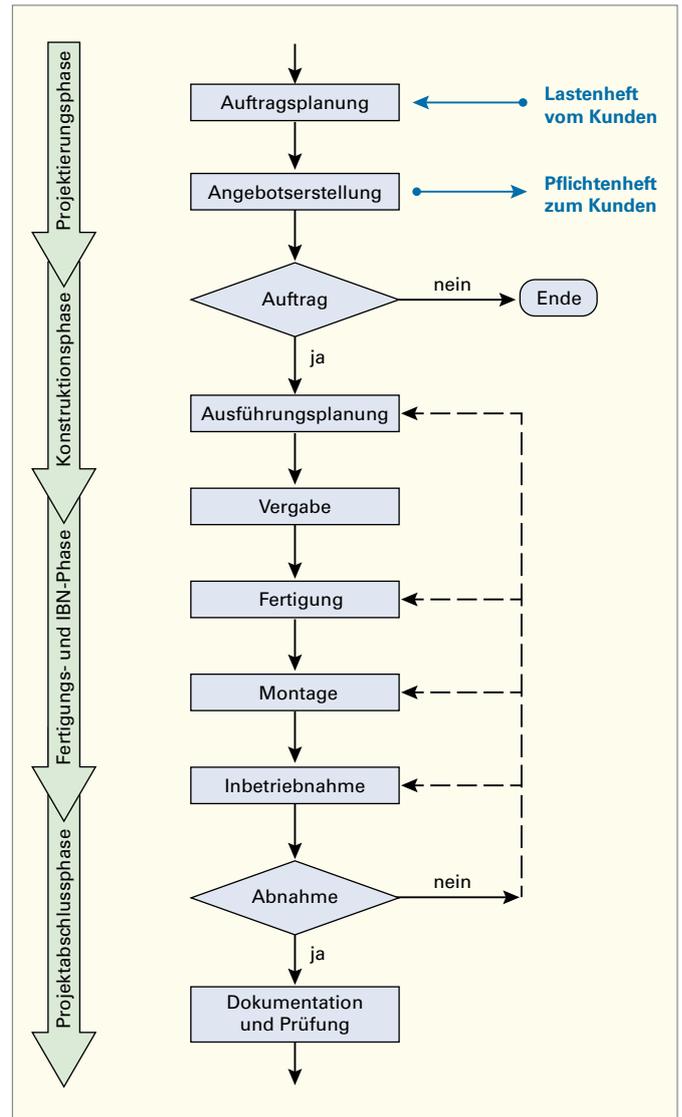


Bild 1: Leistungsphasen im Maschinenbau (Vereinfachte Darstellung)

Tabelle 1: Lastenheft	
Ausführliche Aufgabenbeschreibung	
Funktion der Anlage	
Sicherheitsanforderungen	
Serviceanforderungen	
Berücksichtigung existierender Standards und Vorschriften	
Randbedingungen	
Örtliche Gegebenheiten	
Sonstiges	
Fertigstellungstermin	
Kostenvorstellung	

Tabelle 2: Pflichtenheft	
Ausführliche Aufgabenbeschreibung	
Gliederung in Teilfunktionen	
Zusammenhänge der Teilfunktionen	
Stellungnahme zu Sicherheits-/Serviceanforderungen	
Randbedingungen	
Notwendige Projektunterlagen	
Notwendige Zuarbeit anderer Beteiligter	
Sonstiges	
Terminaussage	
Kostenaussagen (Investitionen, Aufwände)	
Qualifikation der Anwender	

1.3 Gefahren des elektrischen Stromes

(hazard of the electric current)

Stromfluss durch den menschlichen Körper

Die Höhe des Stromes ist abhängig vom jeweiligen Körperinnenwiderstand R_{Ki} , den Haut-Übergangswiderständen $R_{ü1}$ an der Strom Eintrittsstelle und $R_{ü2}$ an der Stromaustrittsstelle sowie den möglichen Übergangswiderständen $R_{ü3}$ (► Bild 1). Die Höhe des Körperwiderstandes ist vom Weg des Stromes durch den Menschen abhängig. Besonders gefährlich ist es, wenn das Herz im Stromweg liegt.

Menschliche Körper leiten den elektrischen Strom.

Wirkung des elektrischen Stromes auf den menschlichen Körper

Die Auswirkung des elektrischen Stromes I_K auf den menschlichen Körper ist von der Stärke des Stromes und der Einwirkdauer abhängig (► Bild 2 und ► Bild 3). Bereits bei sehr geringen Strömen beginnt die Wahrnehmung von Kribbeln, bei höheren Strömen mit ungesteuerten Muskelverkrampfungen bis hin zu schmerzhaften Verkrampfungen, bei denen ein Loslassen nicht mehr möglich ist. Bei noch größeren Stromstärken können z.B. Verbrennungen und Herzkammerflimmern auftreten.

Die Folgen und Auswirkungen eines Stromschlages zeigt Tabelle 1. Eine Übersicht über Erste-Hilfe-Maßnahmen bei Stromunfällen zeigt ► Bild 4.

Tabelle 1: Folgen eines Stromschlages

Zone	Physiologische Wirkung
AC-1	Normalerweise keine Wirkung.
DC-1	Leicht stechende Empfindung bei schneller Stromänderung.
AC-2	Muskelkontraktionen, meist keine schädliche Wirkung.
DC-2	
AC-3	Muskelverkrampfung, meist kein organischer Schaden.
DC-3	
AC-4.1	Herzstillstand, Atemstillstand, Verbrennungen, Wahrscheinlichkeit von Herzkammerflimmern bis etwa 5%.
DC-4.1	
AC-4.2	Wie bei AC-4.1, jedoch Wahrscheinlichkeit von Herzkammerflimmern bis etwa 50%.
DC-4.2	
AC-4.3	Wie bei AC-4.1, jedoch Wahrscheinlichkeit von Herzkammerflimmern bei über 50%.
DC-4.3	

Aus den Grenzwerten (rote Linien) für AC-4 bzw. für DC-4 in den ► Bildern 2 und 3, sowie der ► Tabelle 1 folgt:

Stromstärken größer AC 50 mA bzw. DC 120 mA sind lebensgefährlich.

Bei Annahme eines Körperwiderstandes R_K von 1000 Ω ergibt sich eine gefährliche Berührungsspannung U_B bei:

$$AC^1: U_B = R_K \cdot I_K = 1000 \Omega \cdot 50 \text{ mA} = 50 \text{ V}$$

$$DC^2: U_B = R_K \cdot I_K = 1000 \Omega \cdot 120 \text{ mA} = 120 \text{ V}$$

Spannungen größer AC 50 V bzw. größer DC 120 V sind lebensgefährlich.

Verhaltensregeln zum Schutz vor den Gefahren des elektrischen Stromes (5 Sicherheitsregeln)

Die folgenden 5 Sicherheitsregeln sind einzuhalten:

1. Freischalten,
2. Gegen Wiedereinschalten sichern,
3. Spannungsfreiheit feststellen,
4. Erden und Kurzschließen,
5. Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken.

Die Punkte 4 und 5 sind nicht immer zwingend vorgeschrieben.

Das Arbeiten unter Spannung ist verboten.

¹ AC, Abk. für: Alternating Current (engl.) = Wechselstrom

² DC, Abk. für: Direct Current (engl.) = Gleichstrom

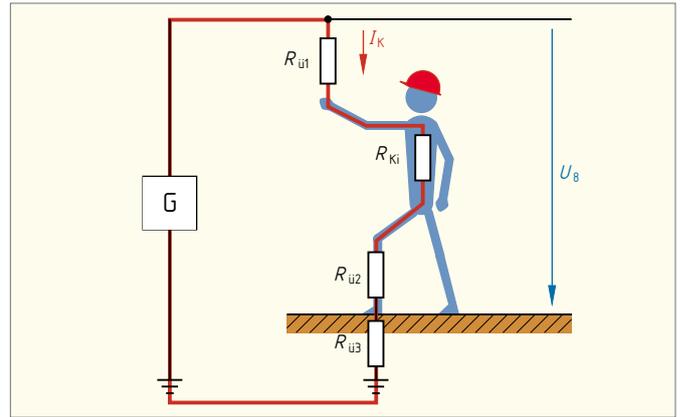


Bild 1: Körperwiderstand

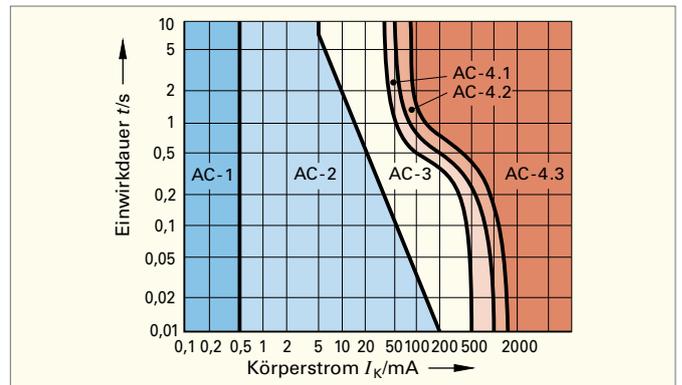


Bild 2: Sicherheitskurven nach VDE V 0140-479-1 für AC 50 Hz von Hand zu Hand oder linker Hand zu einem Fuß

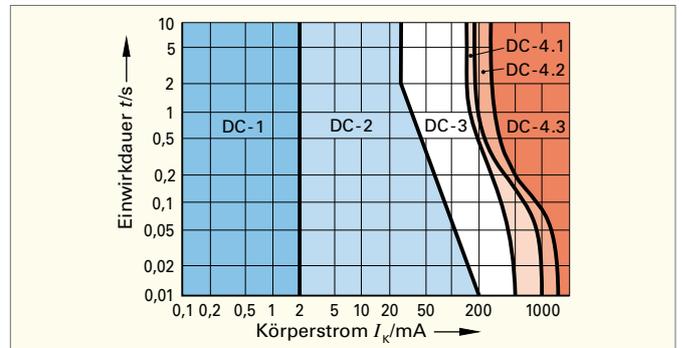


Bild 3: Sicherheitskurven nach VDE V 0140-479-1 für DC von linker Hand zu den Füßen

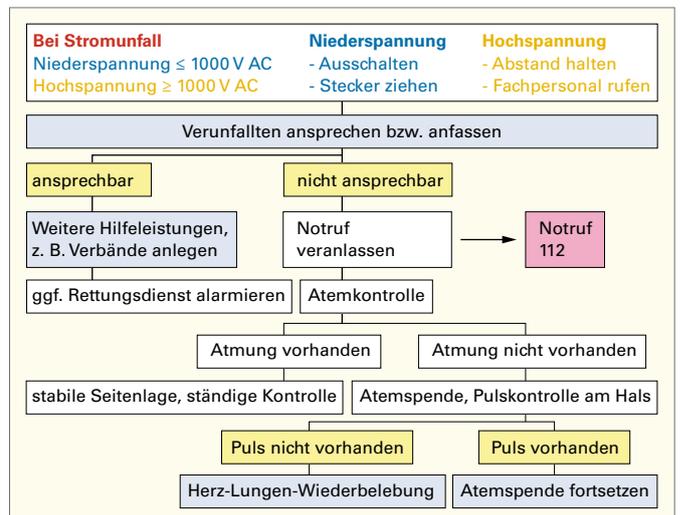


Bild 4: Erste-Hilfe-Maßnahmen bei Stromunfällen

1

1.4 Häufige Zeichnungsarten der Elektrotechnik

(types of drawings commonly used in electrical engineering)

In der Elektrotechnik verwendet man zur Dokumentation hauptsächlich Schaltpläne, Zeichnungen, Tabellen (Listen) und Diagramme.

Die Regeln zur Darstellung von Informationen in Dokumenten in der Elektrotechnik sind in der Norm DIN EN 61082-1 beschrieben.

Der Text in einer Dokumentation muss waagrecht oder senkrecht ausgerichtet sein. Der Text muss in einem Dokument von unten oder von rechts lesbar sein.

Schaltpläne

Übersichtsschaltpläne sind einfache, meist in einpoliger Darstellung gezeichnete Schaltpläne. Sie geben einen Überblick über die wichtigsten Verbindungen und Beziehungen zwischen den einzelnen Komponenten (► Bild 1).

Funktionsschaltpläne zeigen die Funktion von Objekten, z. B. den Signalfluss einer Digitalschaltung (► Bild 2). Sie dienen der Analyse des Verhaltens oder der Eigenschaften eines Objektes, z. B. in Form des Ersatzschaltbildes eines Transformators.

Stromlaufpläne zeigen die Komponenten einer elektrischen Schaltung und deren Verbindungen untereinander. Dafür werden genormte Schaltzeichen verwendet. Die Darstellung der Verbindungen zwischen den Komponenten erfolgt mehrpolig (allpolig). Die räumliche Lage, Formen und Abmessungen werden nicht berücksichtigt.

Stromlaufpläne in zusammenhängender Darstellung zeigen Teile eines grafischen Symbols räumlich zusammenhängend (► Bild 3). Diese Darstellung sollte nur für einfache und wenig umfangreiche Stromkreise gewählt werden.

Stromlaufpläne in verteilter (aufgelöster) Darstellung stellen die Schaltungen in einzelne Stromwege aufgelöst dar (► Bild 4). Sie sollen das Verfolgen von Stromwegen erleichtern. Die Zusammengehörigkeit der grafischen Symbole wird durch die Referenzkennzeichnung zum Ausdruck gebracht.

In Stromlaufplänen werden Komponenten mit beweglichen Kontakten, z. B. Schalter, Schütze, Relais, im nicht betätigten oder stromlosen Zustand dargestellt.

Verbindungsschaltpläne enthalten Informationen über die Verbindungen von Komponenten innerhalb einer Baueinheit oder zwischen verschiedenen Baueinheiten, z. B. Schaltschränke.

Zeichnungen

Anordnungspläne zeigen die räumliche Lage z. B. der Komponenten einer elektrischen Installation (**Installationszeichnung**, ► Bild 5). Die Verbindungslinien zeigen, wie die Komponenten miteinander verbunden sind. Dabei werden die tatsächlichen Verdrahtungswege eingezeichnet. Die Darstellung der Stromkreise erfolgt meist einpolig.

Tabellen

Anschlussstabellen zeigen die Verbindungen zwischen den einzelnen Komponenten oder Baugruppen. In die Tabellen werden z. B. Referenzkennzeichen der Klemmleiste mit den Anschlussbezeichnungen sowie die angeschlossenen Leitungen eingetragen.

Diagramme

Zeitablaufpläne zeigen die zeitlichen Abläufe von Operationen (► Bild 6). Die Zeitachse liegt waagrecht und wird meist nicht bezeichnet. Die Grundlinie des Signalzuges hat den logischen Wert 0 (Pegel L, von engl. Low) oder eine andere Bedeutung, z. B. den Schaltzustand Schaltknebel unten. Der logische Wert 1 (Pegel H, von engl. High) sowie z. B. der Schaltzustand Schaltknebel oben wird von der Grundlinie aus nach oben aufgetragen.

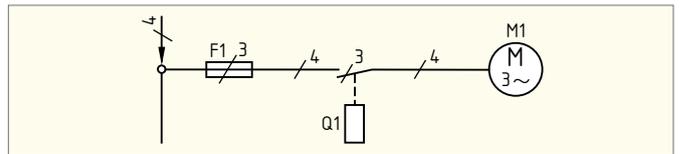


Bild 1: Übersichtsschaltplan

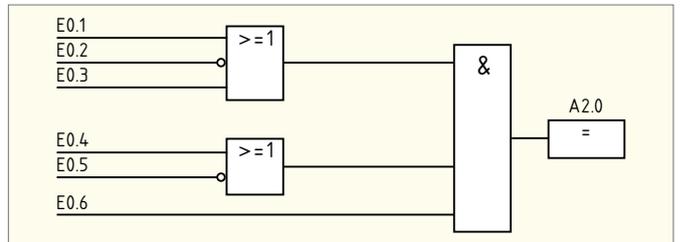


Bild 2: Funktionsschaltplan

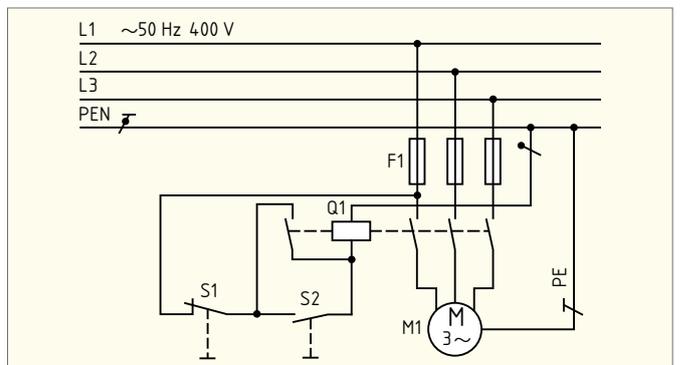


Bild 3: Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung

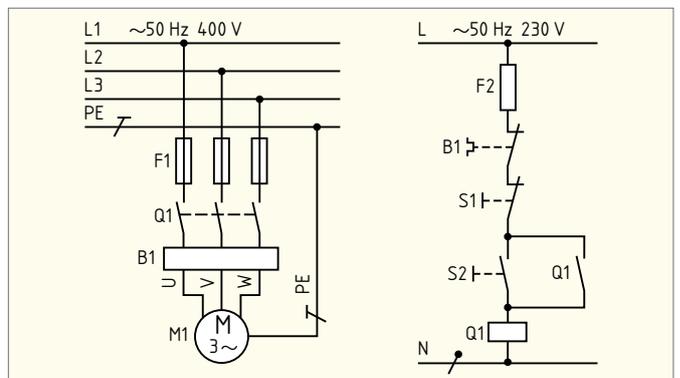


Bild 4: Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung

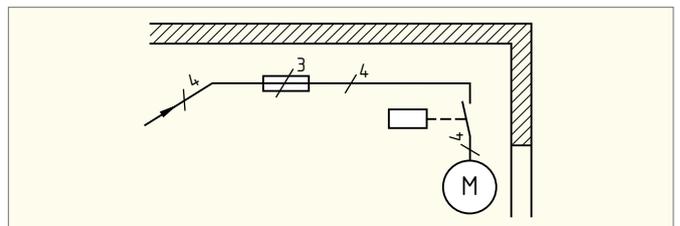


Bild 5: Anordnungsplan, Installationszeichnung

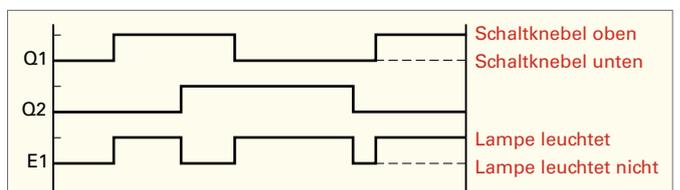


Bild 6: Zeitablaufplan für Wechselschalter Q1 und Q2 sowie Lampe E1

Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 1.4

1. Welche Zeichnungsart liegt in Bild 1 vor?

1. Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung.
2. Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung.
3. Stromlaufplan in halbzusammenhängender Darstellung.
4. Übersichtsschaltplan.
5. Schaltskizze.

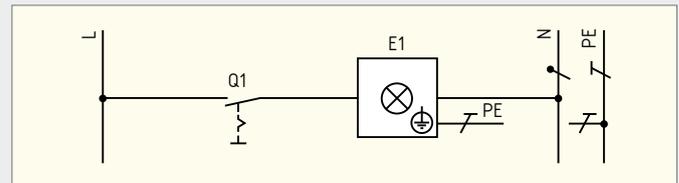


Bild 1: Ausschaltung

2. Welche Aussage trifft auf Stromlaufpläne in aufgelöster Darstellung zu?

1. Sie werden einpolig gezeichnet.
2. Sie berücksichtigen die räumliche Lage der Betriebsmittel.
3. Sie dürfen nur genormte Schaltzeichen enthalten.
4. Sie stellen eine Schaltung dar, die aufgelöst nach Stromwegen gezeichnet wurde.
5. Sie vermeidet man bei Schützsicherungen.

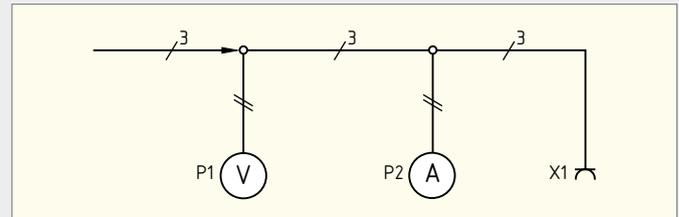


Bild 2: Messplatz mit Spannungsmesser und Strommesser

3. Welche Art eines Schaltplanes liegt bei Bild 2 vor?

1. Installationsschaltplan.
2. Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung.
3. Übersichtsschaltplan.
4. Schaltskizze.
5. Ersatzschaltplan.

4. Geben Sie die Art des Schaltplanes von Bild 3 an.

1. Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung.
2. Stromlaufplan in zusammenhängender Darstellung.
3. Übersichtsschaltplan.
4. Ersatzschaltplan.
5. Installationsschaltplan.

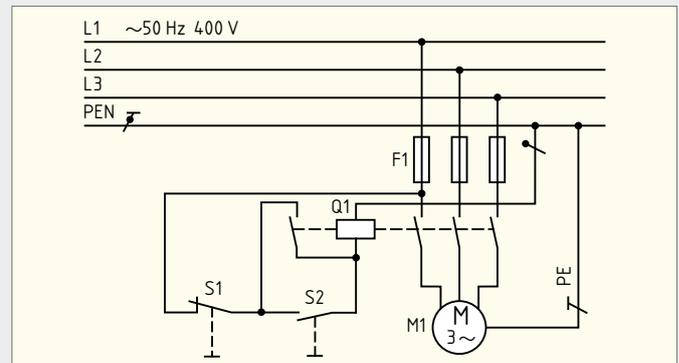


Bild 3: Anschluss eines Motors M1 und einer Steckdose X1

5. Welche Aussage zu Bild 3 ist richtig?

1. Der Schalter Q1 steuert den Motor M1.
2. Der Schalter Q1 steuert Motor M1 und Steckdose X1.
3. Mit Schalter Q1 wird die Steckdose X1 eingeschaltet.
4. Schalter Q1 ist ein dreipoliger Schalter.
5. Motor M1 ist ein Drehstrommotor.

6. In Bild 4 ist ein Fehler enthalten. Welcher Fehler liegt vor?

1. Es sind verschiedene Arten von Schaltplänen vermischt.
2. Die Aderzahlen sind nicht vollständig eingetragen.
3. Der Maßstab fehlt.
4. Es sind mehr Anschlussstellen eingetragen als erforderlich.
5. Ein Messgerät ist falsch beschriftet.

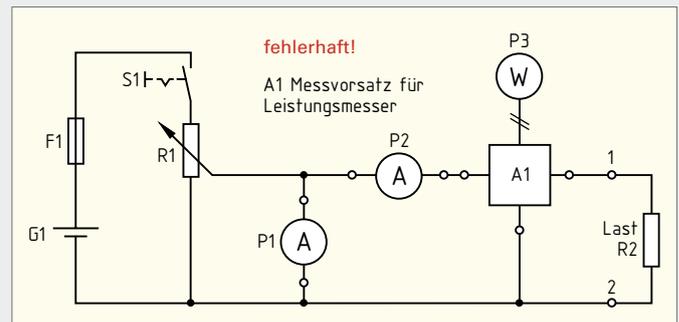


Bild 4: Messplatz für Messung von Stromstärke, Spannung und Leistung

7. Welche Aussage über einen Installationsschaltplan ist richtig?

1. Ein Installationsschaltplan muss keine Leitungen enthalten.
2. Für Installationsschaltpläne verwendet man Schaltzeichen nach DIN 40 700.
3. Im Installationsschaltplan ist bei den Leitungen die Aderzahl anzugeben.
4. Installationsschaltpläne lassen die Wirkungsweise der Installationsschaltungen erkennen.
5. Installationsschaltpläne gelten nur für die Beleuchtungsinstallation

8. Geben Sie den in Bild 5 eingetragenen Zeitpunkt an, in dem nachfolgender Zustand herrscht:

Die Lampe E1 leuchtet nicht, nachdem Q1 und Q2 jeweils zweimal betätigt wurden.

9. Geben Sie den in Bild 5 eingetragenen Zeitpunkt an, in dem nachfolgender Zustand herrscht:

Die Lampe E1 leuchtet nicht, obwohl Q1 und Q2 jeweils einmal betätigt wurden.

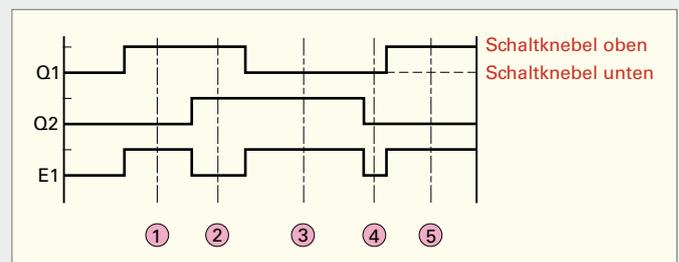


Bild 5: Zeitablaufdiagramm für Lampe E1, die über Wechselschalter Q1 und Q2 gesteuert wird (eingetragene Zeitpunkte 1 bis 5 sind nicht Bestandteil des eigentlichen Zeitablaufdiagramms)

1

1.5 Normung (standardisation)

Wesen und Sinn der Normung

Technische Probleme können verschieden gelöst werden. Von jeher wurden gewisse bewährte Verfahren und Formen bevorzugt, d.h. es wurden Normen berücksichtigt.

Normung entspringt dem Willen nach Vereinheitlichung und erspart kostspielige Parallelentwicklungen.

Normensetzer

Internationale Normensetzer (► Bild 1):

ISO International Organization for Standardization
(Internationale Organisation für Normung)

IEC International Electrotechnical Commission
(Internationale Elektrotechnische Kommission).

Normen dieser Normensetzer sind in Deutschland gekennzeichnet als DIN IEC, DIN VDE bzw. DIN ISO (► Bild 2).

Europäischer Normensetzer:

CENELEC Comité Européen pour la Normalisation Electrotechnique (Europäisches Komitee für elektrische Normung).

Normen dieses Normensetzers nennt man Europäische Normen (EN). Sie sind in Deutschland gekennzeichnet als DIN EN (► Bild 2).

Nationale Normensetzer:

DIN Deutsches Institut für Normung (► Bild 1)

DKE Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (Technisch-Wissenschaftlicher Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik)

ANSI American National Standard Institute
(Amerikanisches nationales Normungsinstitut).

Sofern DIN-Normen Festlegungen über die Abwendung von Gefahren in der Elektrotechnik enthalten, sind diese zusätzlich als VDE-Bestimmungen gekennzeichnet, so z.B. DIN VDE 0570 (► Bild 2).

Daneben gibt es weitere Normengeber, allein in Deutschland über 100. Entsprechende Vereinigungen sind in allen anderen Industrieländern vorhanden. Nationale Normenvereinigungen sind Mitglieder von ISO und IEC und arbeiten als solche in deren technischen Komitees an der weltweiten Vereinheitlichung der Normen. Landesintern setzen sie sich für die Anerkennung der Ergebnisse dieser Mitarbeit ein.

In der Normenhierarchie unterscheidet man internationale Normen, nationale Normen und Betriebsnormen.

Normteile

Genormte (standardisierte) Bauteile (► Bild 3) können kostengünstig in großen Serien hergestellt werden. Ihr Anteil an der Gesamtzahl der Bauteile eines technischen Gerätes ist meist recht hoch.

GS-Zeichen und CE-Zeichen

Das GS-Zeichen (GS von geprüfte Sicherheit) bedeutet, dass das betreffende Erzeugnis eine Bauartprüfung in einer anerkannten und unabhängigen Prüfstelle bestanden hat. Solche Prüfstellen sind z.B. der TÜV und der VDE (► Bild 4). Das CE-Kennzeichen (CE von frz. Contrôle Européen = Europäische Kontrolle) bedeutet, dass bei dem Erzeugnis alle in Frage kommenden EU-Richtlinien beachtet wurden.

Das Prüfzeichen VDE-GS ist ein Zeichen für die Qualität eines elektrotechnischen Erzeugnisses, nicht hingegen das CE-Kennzeichen.

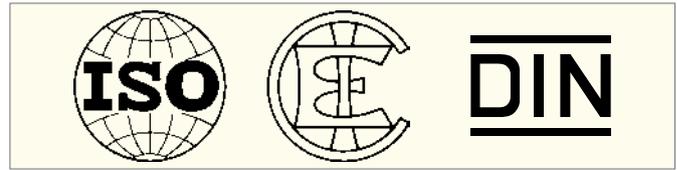


Bild 1: Zeichen ISO, IEC und DIN

DEUTSCHE NORM		September 2014
DIN IEC 60050-351		DIN
ICS 01.040.35; 01.040.29; 35.240.50; 29.020 Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Teil 351: Leittechnik		Ersatz für DIN IEC 60050-351:2009-06 Siehe Anwendungsbeginn
DEUTSCHE NORM		Juni 2009
DIN VDE 0100-100 (VDE 0100-100)		DIN
Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „Leit Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.		VDE
DEUTSCHE NORM		April 1997
Technische Zeichnungen Vereinfachte Darstellung von Verbindungselementen für den Zusammenbau Teil 1: Allgemeine Grundlagen (ISO 5845-1 : 1995)		DIN ISO 5845-1
		Mit DIN ISO 5261 : 1997-04
DEUTSCHE NORM		Oktober 2015
DIN EN 61082-1 (VDE 0040-1)		DIN
Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „Leit Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.		VDE
DEUTSCHE NORM		März 2011
DIN EN 61558-2-8 (VDE 0570-2-8)		DIN
ICS 29.180		Ersatz für DIN EN 61558-2-8

Bild 2: Normblätter

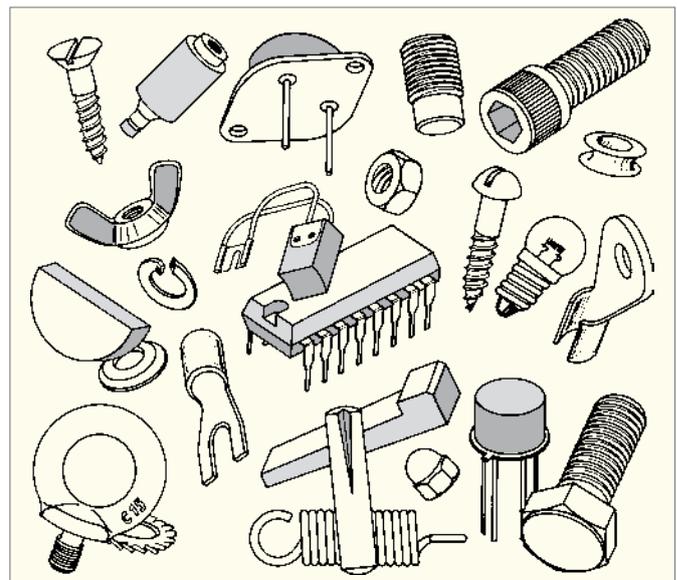


Bild 3: Normteile



Bild 4: Zeichen VDE-GS und CE

1.6 Zeichenblattgrößen und Maßstab

(drawing paper sizes and scale)

Blattgrößen

Nach DIN sind die Blattgrößen genormt. Es gibt die A-, B-, C- und D-Reihe. Für das technische Zeichnen wird die A-Reihe verwendet.

Das Ausgangsformat der A-Reihe ist ein Rechteck mit einem Flächeninhalt von 1m², dessen Seitenverhältnis 1 : √2 beträgt. Dieses Grundformat wird mit A0 bezeichnet.

Wenn man dieses Format fortgesetzt halbiert, entstehen die nächstkleineren A-Formate (► Bild 1, Tabelle 1).

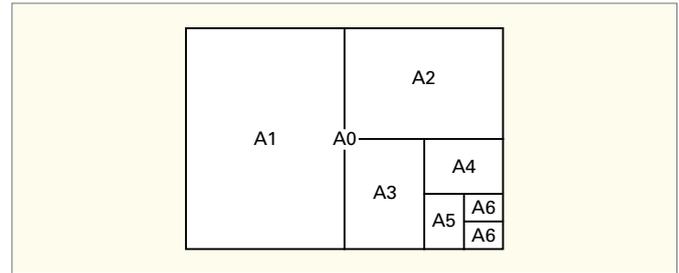


Bild 1: Entstehung der Formate

Tabelle 1: Formate und Blattgrößen		Nach DIN EN ISO 00216	
Kurzzeichen	Unbeschnittenes Blatt Kleinmaße in mm	Beschnittene Zeichnung Maße in mm	Nutzfläche Maße in mm
A0	880 × 1230	841 × 1189	821 × 1159
A1	625 × 880	594 × 841	574 × 811
A2	450 × 625	420 × 594	400 × 564
A3	330 × 450	297 × 420	277 × 380
A4	240 × 330	210 × 297	180 × 277
A5	165 × 240	148 × 210	

Diese Formate können nach oben auf das Doppelte (2A0) und das Vierfache (4A0) vergrößert sowie nach unten bis A10 verkleinert werden. Die Nutzfläche des Zeichenblattes verkleinert sich durch den Heftrand (20 mm bei A3, 15 mm bei A4) und das Schriftfeld (► Bild 2, Bild 3).

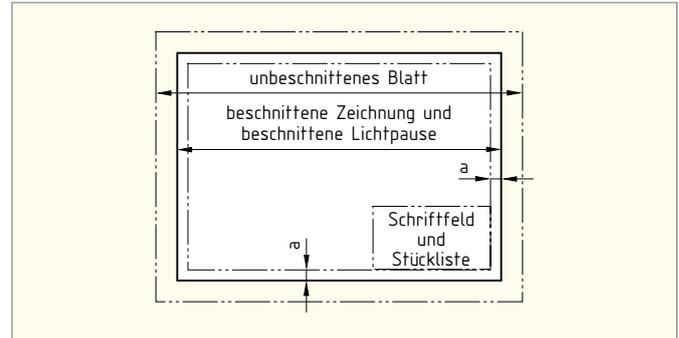


Bild 2: Nutzfläche und Rand (A0–A3)

Faltung auf das Format A4

Falls die A0- bis A3-Formate in einem A4-Ordner untergebracht werden sollen, müssen sie vorher gefaltet werden (► Bild 4).

Schriftfeld

Das Schriftfeld ist Bestandteil jeder technischen und elektrotechnischen Zeichnung. Es ist nach DIN EN ISO 7200 genormt und befindet sich meist in der rechten unteren Ecke des Zeichenblattes (► Bild 2).

In Schulen wird oft ein vereinfachtes Schriftfeld verwendet (► Bild 5).

Maßstab

Nicht alle Teile, von denen man technische Zeichnungen anfertigen muss, lassen sich im Maßstab 1:1, also in natürlicher Größe, darstellen. Um trotzdem eine Zeichnung erstellen zu können, nach der gefertigt werden kann, müssen alle Maße entweder verkleinert oder vergrößert dargestellt werden (► Tabelle 2).

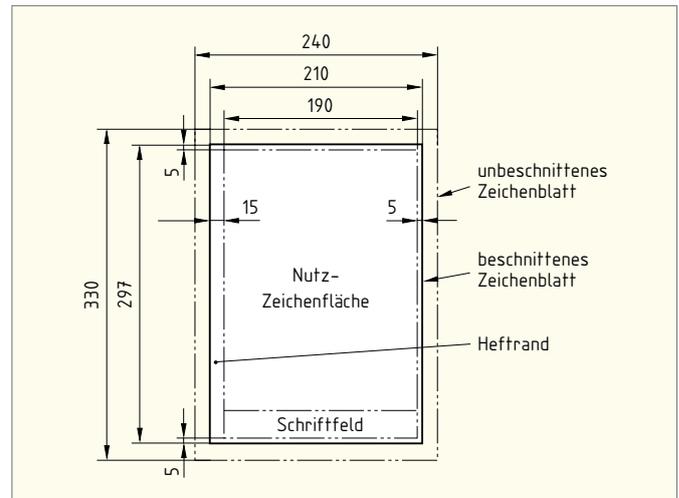


Bild 3: Nutzfläche und Rand A4

Natürliche Größe 1 : 1

Ein Millimeter auf der Zeichnung entspricht einem Millimeter am Werkstück.

Vergrößerungen

Zum Beispiel 2:1. Zwei Millimeter auf der Zeichnung entsprechen einem Millimeter am Werkstück.

Verkleinerungen

Zum Beispiel 1:2. Ein Millimeter auf der Zeichnung entspricht zwei Millimeter am Werkstück.

Unabhängig vom gewählten Maßstab müssen stets die wirklichen Maße des Werkstücks eingetragen werden.

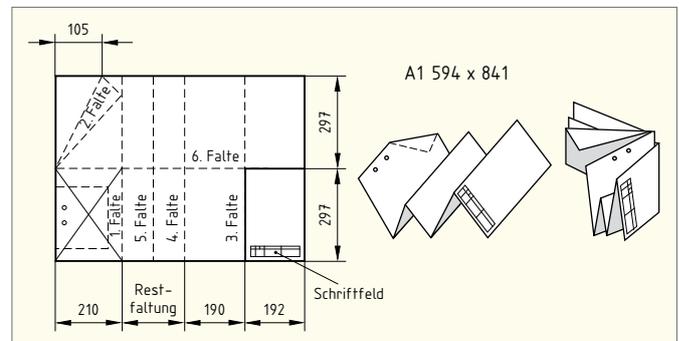


Bild 4: Faltung von Zeichnungen auf Format A4

Tabelle 2: Maßstäbe		Nach DIN ISO 5455	
Vergrößerungen	2 : 1	5 : 1	10 : 1
Natürliche Größe	1 : 1		
Verkleinerungen	1 : 2	1 : 5	1 : 10
	1 : 20	1 : 50	1 : 100
	1 : 200	1 : 500	1 : 1000

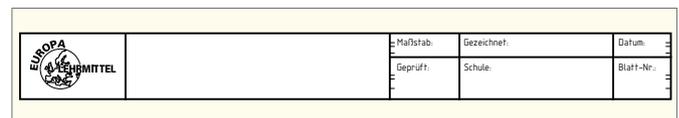


Bild 5: Vereinfachtes Schriftfeld

1

1.7 Normschrift und Linienarten (standard lettering and types of lines)

Normschrift

Bei der Beschriftung einer Zeichnung müssen nach DIN folgende Merkmale erfüllt werden:

Lesbarkeit, Einheitlichkeit, Eignung für Mikroverfilmung.

Beschriftung nach DIN 6776-1 und DIN EN ISO 3098-0

Die Beschriftung von Zeichnungen kann nach Schriftform A (Engschrift, Linienbreite $d = \frac{1}{4}$ mal Schrifthöhe h) oder nach Schriftform B (Linienbreite $\frac{1}{10}$ mal Schrifthöhe h) erfolgen (► Tabelle 1, Bild 1). Beide Formen dürfen senkrecht ($V =$ vertikal) oder um 15° nach rechts geneigt ($S =$ schräg) (► Bild 2) ausgeführt werden. Der Abstand zwischen den Schriftzeichen soll zwei Linienbreiten betragen, um eine gute Lesbarkeit zu gewährleisten. Er darf bei bestimmten Schriftzeichen auf eine Linienbreite verringert werden, wenn bestimmte Schriftzeichen zusammentreffen, z. B. TV, RCD.

Tabelle 1: Schriftform B, Maße in mm		Nach DIN EN ISO 3098-0				
Nenngröße		2,5	3,5	5	7	10
Höhe der Großbuchstaben	h	$\frac{10}{10}h$	2,5	3,5	5	7
Höhe der Kleinbuchstaben	c	$\frac{7}{10}h$	1,8	2,5	3,5	5
Mindestabstand zwischen den Zeichen	a	$\frac{2}{10}h$	0,5	0,7	1	1,4
Mindestabstand zwischen Wörtern	e	$\frac{6}{10}h$	1,5	2,1	3	4,2
Mindestabstand zwischen Grundlinien	b	$\frac{19}{10}h$	3,5	5	7	10
Höhe der Unterlänge	f	$\frac{3}{10}h$	0,8	1,0	1,5	2,1
Linienbreite	d	$\frac{1}{10}h$	0,2	0,35	0,5	0,7

Linien

Die Angaben zum Mindestabstand zwischen Grundlinien beziehen sich nur auf Buchstaben ohne Unterlängen. Werden Buchstaben mit Unterlängen verwendet, beträgt das Verhältnis für $b = \frac{16}{10}h$. Die Mindesthöhe der Buchstaben (h oder c) soll 2,5mm betragen. Bei gleichzeitiger Verwendung von Groß- und Kleinbuchstaben bedeutet dies: $c = 2,5$ mm bei $h = 3,5$ mm.

Linienarten

Man unterscheidet folgende vier Linienarten: Volllinie, Strichlinie, Strichpunktlinie und Freihandlinie.

Linienbreiten und Liniengruppen

Die Linienbreiten werden in *Gruppen* eingeteilt (► Tabelle 2). Welche Gruppe für eine technische Zeichnung zu wählen ist, hängt ab von der Größe des Zeichenblattes und der Größe des Werkstückes. Innerhalb einer Zeichnung darf nur eine Liniengruppe verwendet werden.

Anwendung der Linienarten

Linienarten für das technische und elektrotechnische Zeichnen hängen von der Art der Anwendung ab (► Tabelle 3).

Tabelle 2: Linienarten und Linienbreiten		Nach DIN ISO 128-24				
Linienart	Liniengruppe					
	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	
Breite Volllinie	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	
Schmale Volllinie	0,13	0,18	0,25	0,35	0,5	
Schmale Strichlinie	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	
Breite Strichpunktlinie	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	
Schmale Strichpunktlinie	0,13	0,18	0,25	0,35	0,5	
Freihandlinie	0,13	0,18	0,25	0,35	0,5	

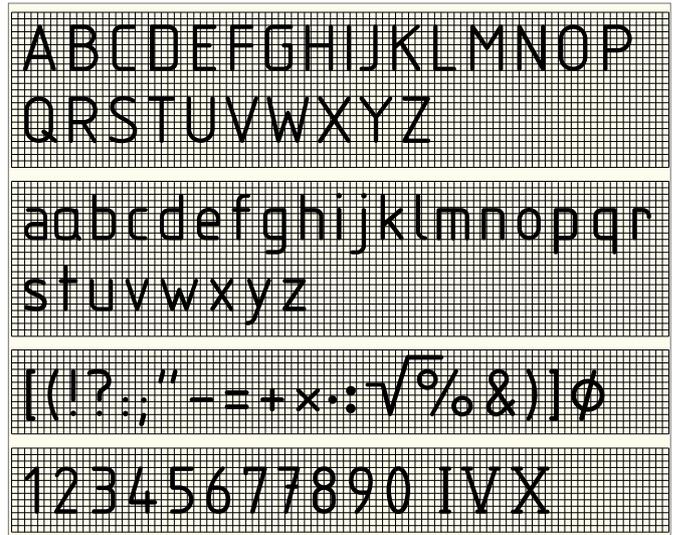


Bild 1: Normschrift nach DIN EN ISO 3098, Schriftform B, V (vertikal)

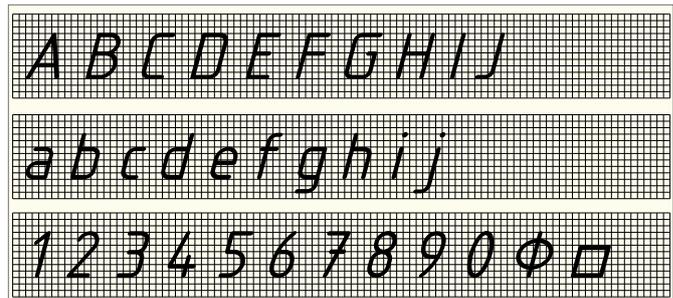


Bild 2: Normschrift nach DIN EN ISO 3098, Schriftform B, S (schräg)

Tabelle 3: Anwendung der Linien		Nach DIN ISO 128-24
Linie	Anwendung in der Metalltechnik	Anwendung in der Elektrotechnik
Volllinie, breit —————	Sichtbare Körperkanten, Umriss, Gewindegrenzung, Sinnbilder, Schweißzeichen	Leitungen, Außenleiter, Leiter, PE-Leiter, N-Leiter
Volllinie, schmal —————	Maß- und Maßhilfslinien, Diagonalkreuz, Schraffur, Gewindegrenzung, Bezugslinien, Biegelinien	Leiter, Leitungen, Gehäuse, Gerät, Betriebsmittel
Strichlinie, schmal - - - - -	Verdeckte (nicht sichtbare) Kanten, verdecktes Gewinde, Fußkreis bei Zahnrädern	mechanische Verbindung zwischen Schaltgliedern, Abschirmung
Strichpunktlinie, breit - · - · -	Schnittverlauf	
Strichpunktlinie, schmal - · - · -	Mittellinien, Teilkreise bei Verzahnungen	Begrenzungslinie, Trennlinie
Freihandlinie ~~~~~	Bruchlinien bei Metallen, Isolierstoffen; bei Holz als Zickzacklinie	bewegbare Leitung

1.8 Diagramme und Kennlinien

(diagrams and characteristics)

Durch Diagramme und Kennlinien können Zusammenhänge besonders deutlich dargestellt werden.

Flächendiagramme

Zur Veranschaulichung von Größen oder Prozentwerten werden meist Flächendiagramme benutzt.

Beim **Säulendiagramm** entspricht die Höhe der einzelnen Säulen dem jeweiligen Prozentwert (► Bild 1).

Kreisflächendiagramme besitzen Sektoren, deren Winkel den entsprechenden Prozentsätzen entsprechen.

Das **Leistungs-Flussdiagramm** (Sankey-Diagramm) ist eine besondere Form des Flächendiagramms, die bei der Leistungsaufteilung von elektrischen Maschinen üblich ist (► Bild 2).

Liniendiagramme

Liniendiagramme sind grafische Darstellungen von zwei Größen in Koordinatensystemen.

Liniendiagramme sind in DIN 461 genormt. Hier wird nur auf das ebene rechtwinklige (kartesische) Koordinatensystem eingegangen, das ein rechtwinkliges Achsenkreuz benutzt.

Die waagrechte Achse wird als *Abszisse* oder *x-Achse* bezeichnet. Auf ihr werden vom Schnittpunkt (Nullpunkt) der beiden Achsen nach rechts zunehmende (positive) Werte und nach links abnehmende (negative) Werte der unabhängigen Größe aufgetragen.

Die senkrechte Achse wird als *Ordinate* oder *y-Achse* bezeichnet. Auf ihr werden vom Schnittpunkt (Nullpunkt) der beiden Achsen nach oben zunehmende (positive) Werte und nach unten abnehmende (negative) Werte der abhängigen Größe aufgetragen.

Achsenbeschriftung und Achseneinteilung

Je ein Pfeil der *x*- und der *y*-Achse zeigt an, in welche Richtung die Koordinate wächst (► Bild 3). Bei der Beschriftung sollen vorzugsweise die schräg (kursiv) zu schreibenden Formelzeichen der Größen verwendet werden. Die Teilung der Achsen wird mit Zahlenwerten beziffert, die ohne Drehen des Diagramms lesbar sein sollen. Sämtliche negativen Zahlenwerte sind mit dem Minuszeichen zu versehen. Die zu den Zahlenwerten gehörenden, senkrecht zu schreibenden Einheitenzeichen stehen am rechten bzw. oberen Ende der Achsen zwischen den beiden letzten Zahlen der Skalen (► Bild 4). Die Schreibweise der Größen und Einheiten in Bruchform, z.B. U/V , I/A ist auch möglich. Ferner darf die Einheit mit dem Wort „in“ an das Formelzeichen oder den Größennamen angeschlossen werden, z.B. U in kV, Temperatur in K. Innerhalb eines Diagramms ist auf die gleiche Achsenbeschriftung zu achten.

Falls die Werte einer Achse einen großen Bereich umfassen, werden sie meist in logarithmischer Teilung aufgetragen (► Bild 5). Dabei ist die Dekadenlänge von 1 bis 10 gleich groß wie die Dekadenlänge von 10 bis 100 oder von 100 bis 1000 usw.

Mehrere abhängige Veränderliche

Werden über derselben unabhängigen Veränderlichen mehrere abhängig Veränderliche aufgetragen, so kann bei allen Kurven die gleiche Linienart, aber auch unterschiedliche Linienarten verwendet werden. Für jede dieser Veränderlichen wird eine besondere Skala vorgesehen (► Bild 6).

Messpunkte

Falls mehrere abhängige Veränderliche in einem Diagramm eingetragen werden sollen, benutzt man für die Messwerte jeder Kurve ein besonderes Zeichen, z.B. +, x, o, ●, ▽, △, □. Der Messwert wird dabei durch den Mittelpunkt des Zeichens festgelegt (► Bild 6).

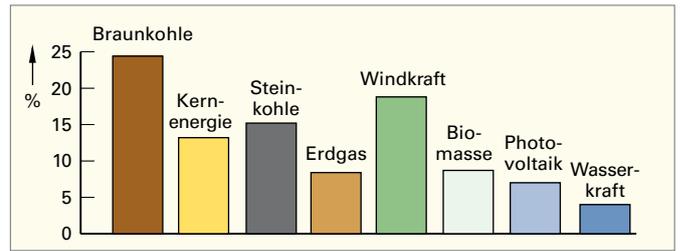


Bild 1: Säulendiagramm. Anteil der Primärenergie in % an der Stromerzeugung in der Bundesrepublik Deutschland 2017

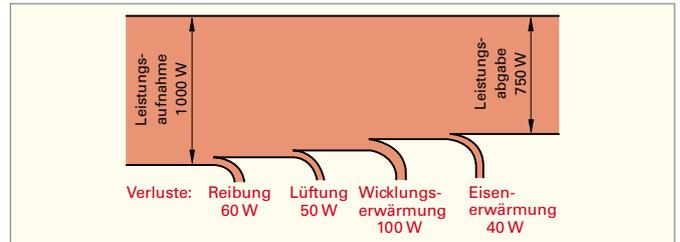


Bild 2: Leistungsfluss-Diagramm

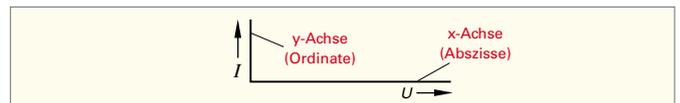


Bild 3: Achsenbeschriftung und Begriffe

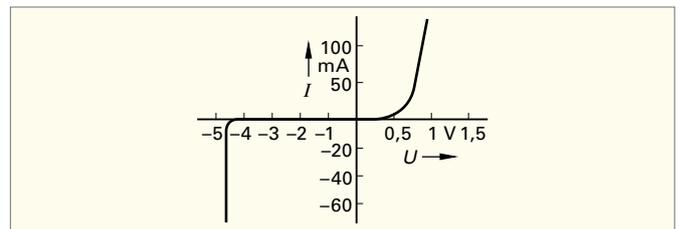


Bild 4: Kennlinie einer Z-Diode

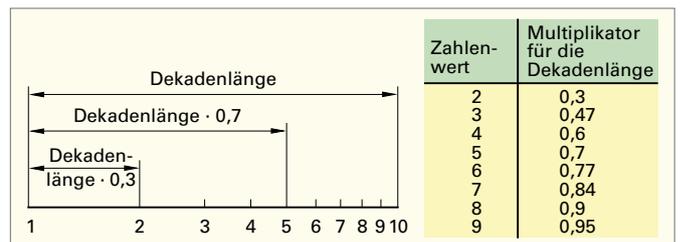


Bild 5: Logarithmische Teilung

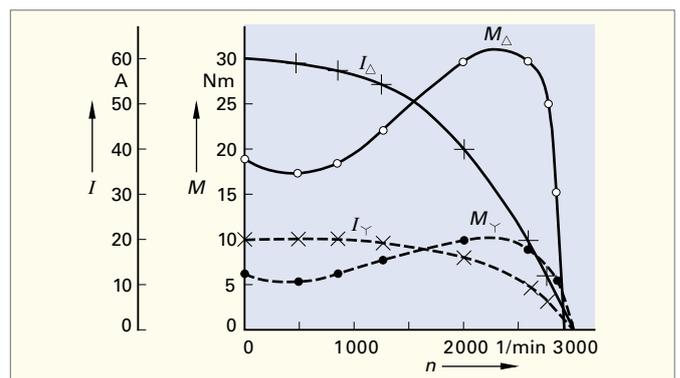


Bild 6: Kennlinien eines Käfigläufermotors

1

Testen Sie Ihre Fachkompetenz zu 1.6 bis 1.8

- Ein Blatt A3 kann so halbiert werden, dass zwei kleinere genormte Blätter entstehen. Wie heißen diese?**

1. A1; 2. A2; 3. A4; 4. A5; 5. A6
- Welches Format hat das mit E gekennzeichnete Zeichenblatt in Bild 1?**

1. A0; 2. A1; 3. A2; 4. A3; 5. A4
- An welcher Stelle des Zeichenblattes von Bild 2 befindet sich meist das Schriftfeld?**

1. A; 2. B; 3. C; 4. D; 5. an keiner dieser Stellen
- Welche Bedeutung hat die Maßstabsangabe M 1 : 2?**

 - Ein Millimeter auf der Zeichnung entspricht einem Millimeter am Werkstück.
 - Ein Millimeter auf der Zeichnung entspricht zwei Millimetern am Werkstück.
 - Zwei Millimeter auf der Zeichnung entsprechen einem Millimeter am Werkstück.
 - Ein Winkelgrad auf der Zeichnung entspricht zwei Winkelgraden am Werkstück.
 - Die Zeichnungsfläche ist die Hälfte der wirklichen Fläche.
- Wie wird die waagrechte Achse des ebenen rechtwinkligen Koordinatensystems genannt?**

1. Ordinate; 2. z-Achse; 3. Abszisse; 4. γ -Achse; 5. xy-Achse
- Welche Aussage zu Bild 3 ist richtig?**

 - Auf der Abszisse sind Stromwerte aufgetragen.
 - An der Ordinate ist das Einheitenzeichen falsch.
 - Auf der Ordinate sind Stromwerte aufgetragen.
 - Die Achsenbeschriftung des Diagramms ist nicht einheitlich.
 - Die Einheiten müssen hinter dem letzten Zahlenwert stehen.
- Welche Aussage über logarithmische Teilung trifft zu?**

 - Die Skalenteilung erfolgt linear.
 - Bei der logarithmischen Teilung sind die Teilungen von 1 bis 2, von 2 bis 5 und von 5 bis 10 gleich groß.
 - Die Skalenteilung von 10 bis 100 ist doppelt so groß wie die Skalenteilung von 1 bis 10.
 - Die logarithmische Teilung besitzt keinen Nullpunkt.
 - Die logarithmische Teilung ist nur für positive Werte möglich.
- Im Bild 4 ist ein Fehler enthalten. Welcher Fehler liegt vor?**

 - Bei der Achsenbeschriftung sind die Formelzeichen und Einheiten verwechselt worden.
 - Die Pfeilspitzen sind falsch angebracht.
 - In einem Diagramm dürfen über einer unabhängigen Veränderlichen nicht mehrere abhängige Veränderliche aufgetragen werden.
 - Werden mehrere abhängige Veränderliche in einem Diagramm aufgetragen, dann muss die gleiche Linienart verwendet werden.
 - Zur Darstellung der Messwerte der Kurve 1 wurden nicht die gleichen Zeichen verwendet.
- Wie heißt das in Bild 5 dargestellte Diagramm?**

 - Kreisdiagramm
 - Kreisflächendiagramm
 - Sankey-Diagramm
 - Liniendiagramm
 - Säulendiagramm

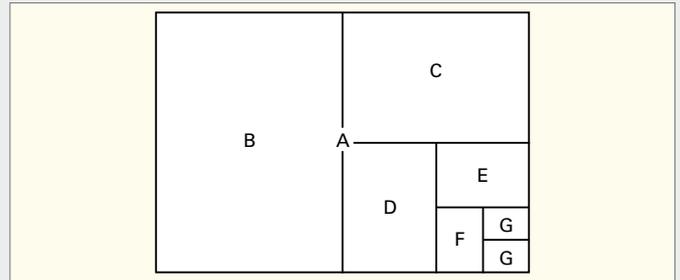


Bild 1: Entstehung der Formate. A \triangle A0

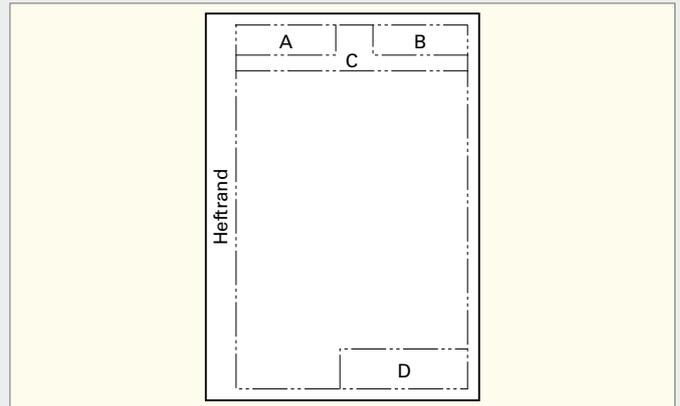


Bild 2: Zeichenblatt

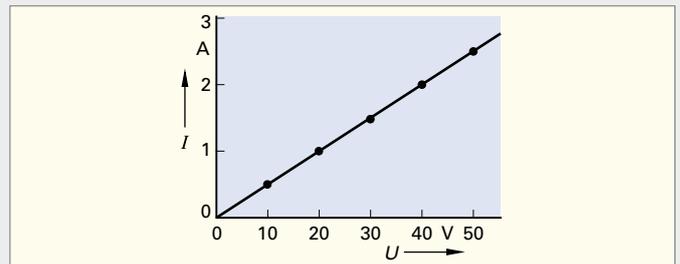


Bild 3: Kennlinie eines ohmschen Widerstandes

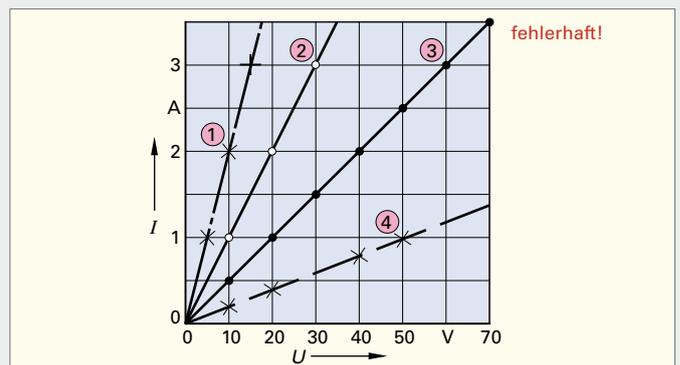


Bild 4: Kennlinien von ohmschen Widerständen

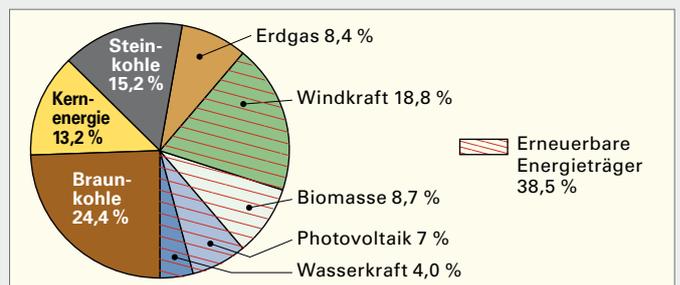


Bild 5: Stromerzeugung nach Energieträgern in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2017

1.9 Technisches Zeichnen – Projektionsmethoden

(technical drawing – methods of projection)

Schrägbilder

Diese Art der Darstellung vermittelt ein besonders anschauliches Bild eines Gegenstandes. Dadurch kann auch einem technischen Nichtfachmann eine gute Vorstellung von Bauteilen und Geräten vermittelt werden.

Kavalier-Projektion

Die in den Richtungen A, B und C verlaufenden Kanten werden in Maßstabsgröße gezeichnet. Deshalb ergibt sich entlang der C-Achse eine starke Verzerrung der Projektion (► Bild 1).

Kabinett-Projektion

Die Abmessungen in Richtung A und B werden in Maßstabsgröße gezeichnet. Die in Richtung C verlaufenden Kanten werden um die Hälfte gekürzt (► Bild 2).

Dimetrische Projektion

Dimetrisch heißt zweimäßig. Die Abmessungen in Richtung A und B werden in Maßstabsgröße gezeichnet. Die in Richtung C verlaufenden Kanten werden um die Hälfte gekürzt (► Bild 3).

Isometrische Projektion

Isometrisch heißt gleichmäßig. Die in den Richtungen A, B und C verlaufenden Kanten werden in Maßstabsgröße gezeichnet (► Bild 4).

Darstellung der Kreise

Bei axonometrischen Projektionen werden Kreise zu Ellipsen. Um diese von Hand einigermaßen richtig zeichnen zu können, zieht man zuerst in Richtung A, B oder C verlaufende Mittellinien und dazu parallele Seitenlinien des umschreibenden Quadrates. Die Ellipse berührt die Quadratseite dort, wo diese von der Achse geschnitten wird (► Bild 5).

Darstellung in Ansichten

Um einen Körper vollständig darstellen zu können, wird er von verschiedenen Seiten betrachtet. Die Abbildungen der einzelnen Ansichten kommen durch Umklappen des Körpers um 90° nach links, nach rechts, nach unten und nach oben (Untersicht) zustande. Die Rückansicht entsteht durch zweimaliges Umklappen zur Seite (► Bild 6).

Eine Bemaßung des Gegenstandes kann in den einzelnen Ansichten besonders gut erfolgen, wobei jedes Maß nur einmal eingetragen werden darf.

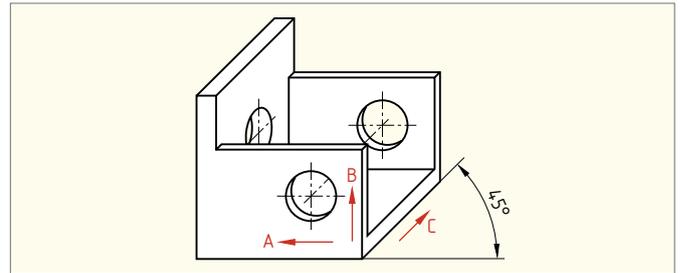


Bild 1: Kavalier-Projektion

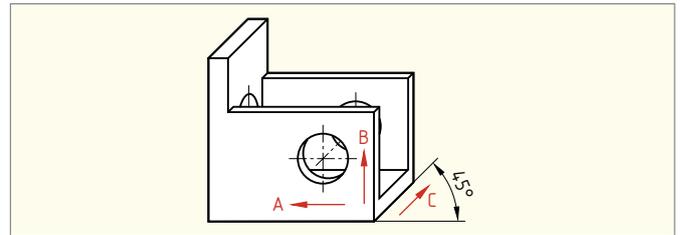


Bild 2: Kabinett-Projektion

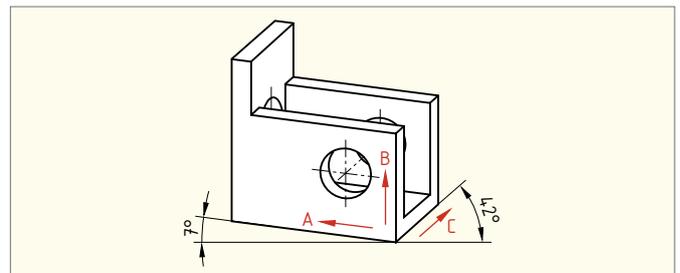


Bild 3: Dimetrische Projektion

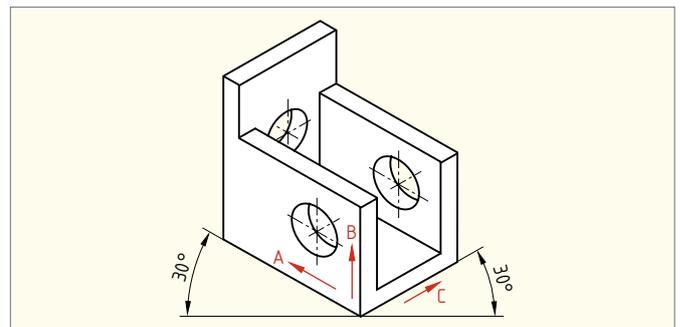


Bild 4: Isometrische Projektion

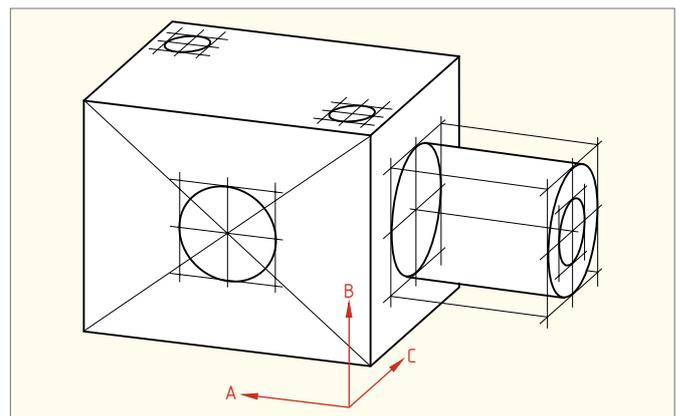


Bild 5: Darstellung von Kreisen

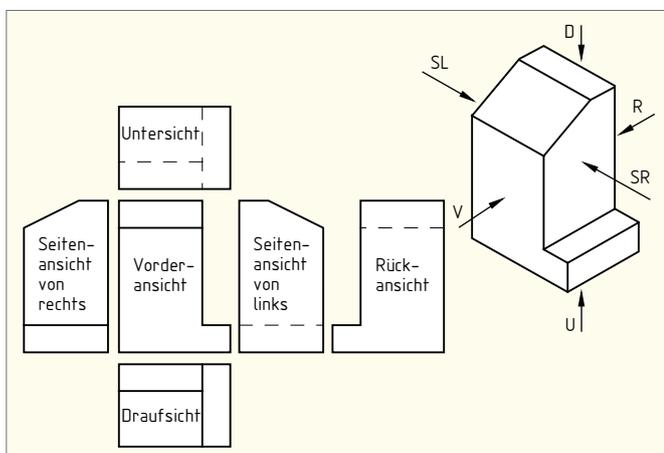


Bild 6: Darstellung in Ansichten

Es sind außer der Vorderansicht nur so viele Ansichten darzustellen, wie zum Erkennen und Bemaßen eines Gegenstandes erforderlich sind.

1

1.10 Technisches Zeichnen – Biegetechnik, Abwicklungen

(technical drawing – bent parts, developed views and surfaces)

Bezugselemente für die Bemaßung

Als Bezugselemente für die Bemaßung dienen bei winkligen Werkstücken stets die Schenkelaußenflächen (► Bild 1). Entsprechend gibt man die Lage von Bohrungen in den Schenkeln von U-förmigen Werkstücken stets von der Rückenfläche aus an (► Bild 2).

Berechnen der Zuschnittlänge

Man berechnet die Zuschnittlänge von Biegeteilen, indem man die Länge der mittleren Faser (► Bild 3) berechnet. Der Radius r_m der mittleren Faser ist die Summe von Abrundungsradius und halber Werkstückdicke. Für die Schelle (► Bild 4) gilt folgende Berechnung:

$$\begin{aligned}
 r_{m1} &= 5 \text{ mm} + 2 \text{ mm} = 7 \text{ mm} \\
 r_{m2} &= 15 \text{ mm} + 2 \text{ mm} = 17 \text{ mm} \\
 a &= 55 \text{ mm} - 15 \text{ mm} - 4 \text{ mm} - 5 \text{ mm} = 31 \text{ mm} \\
 b &= 0,5 \cdot r_{m1} \cdot \pi = 0,5 \cdot 7 \text{ mm} \cdot \pi = 11,0 \text{ mm} \\
 c &= 15 \text{ mm} - 4 \text{ mm} - 5 \text{ mm} = 6 \text{ mm} \\
 d &= r_{m2} \cdot \pi = 17 \text{ mm} \cdot \pi = 53,4 \text{ mm} \\
 l &= a + b + c + d = 31 \text{ mm} + 11 \text{ mm} + 6 \text{ mm} + 53,4 \text{ mm} = \\
 &\quad \mathbf{101,4 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

Wenn der Abrundungsradius viel kleiner ist als die Werkstückdicke, dann kann das Biegeteil in der Biegezone je nach Biegeverfahren dünner werden (► Bild 5). In diesem Fall ist für die Berechnung von r_m zum Abrundungsradius etwas weniger als die halbe Werkstückdicke t zu addieren. Man rechnet dann z.B. $r_m=R+0,4t$.

Beim Biegen ist immer darauf zu achten, dass quer zur Walzrichtung des Bleches gebogen wird.

Abwicklung

Der Zustand des Tragwinkels (► Bild 6) vor dem Abbiegen ist in der Abwicklung (► Bild 7) dargestellt. Darin ist als schmale Volllinie die Lage der Biegelinie (Mitte der Biegezone) eingezeichnet und bemaßt.

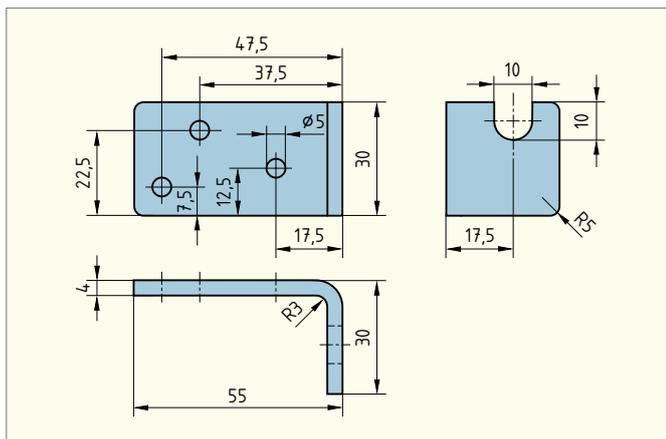


Bild 6: Tragwinkel

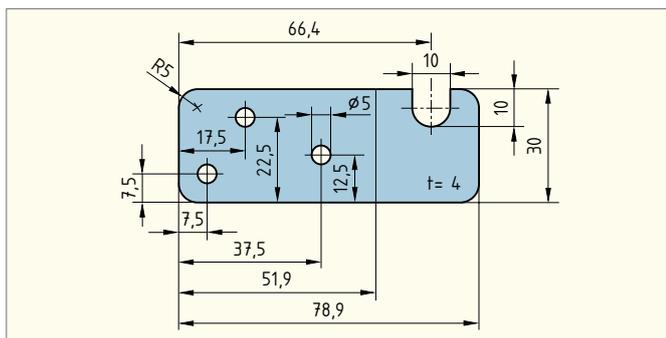


Bild 7: Abwicklung des Tragwinkels

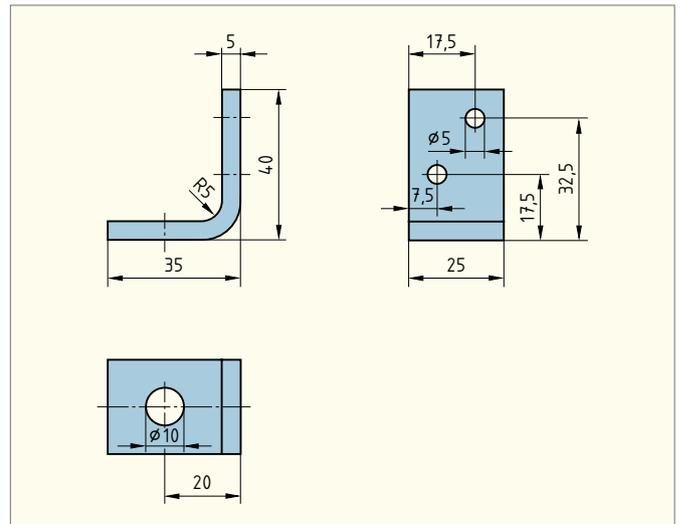


Bild 1: Stützwinkel

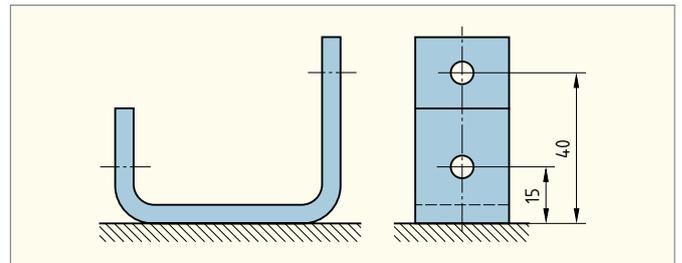


Bild 2: Bezugsebene bei U-förmigen Werkstücken

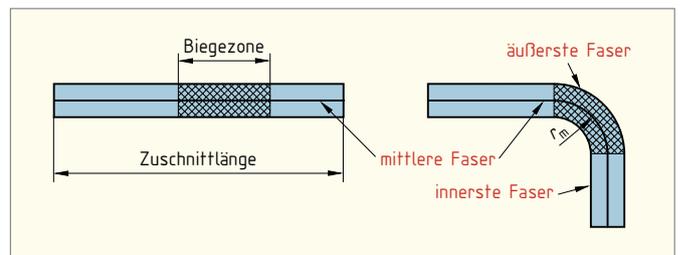


Bild 3: Mittlere Faser und Zuschnittlänge

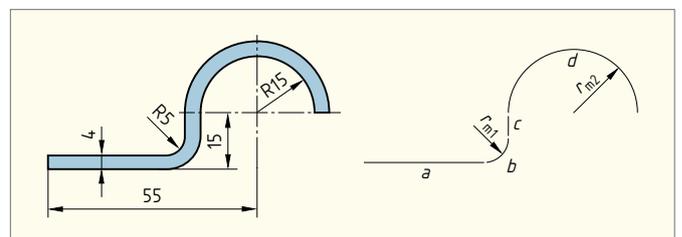


Bild 4: Schelle

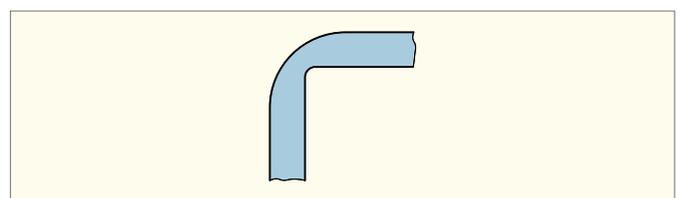


Bild 5: Verminderte Dicke in der Biegezone bei besonders kleinem Biegeradius