

Wichtige Formelzeichen, Größen und Einheiten				Nach DIN 1304			
Formelzeichen ¹	Größe	Einheit, Einheitenname	Einheitenzeichen, Bemerkungen	Formelzeichen ¹	Größe	Einheit, Einheitenname	Einheitenzeichen, Bemerkungen
Elektrizität und Magnetismus				Länge und ihre Potenzen			
Q e	elektrische Ladung, Elektrizitätsmenge Elementarladung	Coulomb	1 C = 1 As	l d, δ r, R d, D s	Länge, Abstand Dicke, Schichtdicke Radius, Halbmesser Durchmesser Weglänge, Kurvenlänge	Meter	m
I I_w I_{bL} I_{bC} i $\hat{i}$ $\hat{i}$	elektrische Stromstärke Wirkstrom induktiver Blindstrom kapazitiver Blindstrom Augenblickswert Amplitude, Scheitelwert Spitze-Tal-Wert	Ampere	A	A, S S, q	Flächeninhalt, Fläche Querschnittsfläche	Meter hoch zwei	m ²
J	elektrische Stromdichte	Ampere je m ²	$\frac{A}{m^2}$	α, β, γ	ebener Winkel	Grad	°
U U_w U_{bL} U_{bC} u $\hat{u}$ $\hat{u}$	elektrische Spannung Wirkspannung indukt. Blindspannung kapazit. Blindspannung Augenblickswert Amplitude, Scheitelwert Spitze-Tal-Wert	Volt	V	φ, α	Drehwinkel	Radian, Grad	rad, °(Grad)
R	elektr. Widerstand, Wirkwiderstand	Ohm	Ω	Raum und Zeit			
G B Y	elektrischer Leitwert Blindleitwert Scheinleitwert	Siemens	1 S = 1 $\frac{1}{\Omega}$	t Δt T τ, T	Zeit, Dauer Zeitspanne Periodendauer Zeitkonstante	Sekunde	s
ϱ	spezifischer Widerstand	Ohm · m	$\Omega \cdot m$	f	Frequenz	Hertz	Hz = 1/s
γ, σ, κ	elektrische Leitfähigkeit	Siemens je m	$\frac{S}{m} = \frac{1}{\Omega \cdot m}$	ω	Kreisfrequenz, Winkelgeschwindigkeit	je Sekunde Radian je Sek.	1/s rad/s
X X_L X_C	Blindwiderstand indukt. Blindwiderstand kapazit. Blindwiderstand	Ohm	Ω	n, f_r	Drehzahl, Umdrehungsfrequenz	je Sekunde	$\frac{1}{s}$
Z	Scheinwiderstand, Impedanz	Ohm	Ω	λ	Wellenlänge	Meter	m
W	Arbeit, Energie	Joule	1 J = 1 Ws	v, u, w, c	Geschwindigkeit	Meter je Sekunde	$\frac{m}{s}$
P	Leistung, Wirkleistung	Watt	W	a	Beschleunigung, Verzögerung	Meter je Sek. hoch zwei	$\frac{m}{s^2}$
S	Scheinleistung	Volt · Ampere	VA	Mechanik			
Q_L Q_C	induktive Blindleistung kapazitive Blindleistung	Volt Ampere reaktiv, Watt	var, W	m	Masse, Gewicht	Kilogramm	kg
E	elektrische Feldstärke	Volt je m	V/m	F	Kraft	Newton	N
C	elektrische Kapazität	Farad	1 F = 1 As/V	M	Kraftmoment, Drehmoment	Newtonmeter	Nm
ε ε_0	Permittivität elektr. Feldkonstante	Farad je m	F/m	W, A, E	Arbeit, Energie	Joule	J
ε_r	Permittivitätszahl,	–	1	P	Leistung	Watt	W
φ	Phasenverschiebungswinkel	Grad, Radian	°, rad	η	Wirkungsgrad	–	1
N	Windungszahl	–	1	ζ	Arbeitsgrad, Nutzungsgrad		
Θ	elektr. Durchflutung	Ampere	A	Wärme und Wärmeübertragung			
H	magnetische Feldstärke	Ampere je m	A/m	T, Θ	thermodynamische Temperatur	Kelvin	K
Φ	magnetischer Fluss	Weber	1 Wb = 1 Vs	$\Delta T, \Delta t, \Delta \vartheta$	Temperaturdifferenz		
B	magnet. Flussdichte	Tesla	1 T = 1 Vs/m ²	t, ϑ	Celsius-Temperatur	Grad Celsius	°C
L	Induktivität	Henry	1 H = 1 Vs/A	Q	Wärmemenge	Joule	J
μ	Permeabilität	Henry je m	1 $\frac{H}{m} = 1 \frac{Vs}{Am}$	C_{th}	Wärmekapazität	Joule je Kelvin	$\frac{J}{K}$
μ_0	magnet. Feldkonstante	–	1	c	spezifische Wärmekapazität	Joule je kg und Kelvin	$\frac{J}{kg \cdot K}$
μ_r	Permeabilitätszahl relative Permeabilität	–	1	Licht und elektromagnetische Strahlung			
				I_v	Lichtstärke	Candela	cd
				Φ_v	Lichtstrom	Lumen	1 lm = 1 cd · sr
				E_v	Beleuchtungsstärke	Lux	1 lx = 1 lm/m ²
				L_v	Leuchtdichte	Candela je m ²	cd/m ²
				η	Lichtausbeute	Lumen je Watt	lm/W

¹ Sind für eine Größe mehrere Zeichen angegeben, so ist das an erster Stelle stehende (meist internationale) Zeichen zu bevorzugen.



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für elektrotechnische Berufe

Elektrotechnik

Grundbildung

12. überarbeitete und erweiterte Auflage

Bearbeitet von Lehrern an beruflichen Schulen und von Ingenieuren
(siehe Rückseite)

Lektorat: Klaus Tkotz

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

Europa-Nr.: 3141X

Autoren der Grundbildung Elektrotechnik:

Bumiller, Horst	Freudenstadt
Burgmaier, Monika	Durbach
Eichler, Walter	Kaiserslautern
Feustel, Bernd	Kirchheim-Teck
Käppel, Thomas	Münchberg
Klee, Werner	Mehlingen
Reichmann, Olaf	Altlandsberg
Tkotz, Klaus	Kronach
Winter, Ulrich	Kaiserslautern

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises:

Klaus Tkotz

Bildbearbeitung:

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

- Windows ist ein eingetragenes Warenzeichen der Microsoft Corporation
- INTEL ist ein eingetragenes Warenzeichen der INTEL Corporation
- Linux ist ein eingetragenes Warenzeichen von Linus Torvalds
- Nachdruck der Box-Shots von Microsoft-Produkten mit freundlicher Erlaubnis der Microsoft Corporation
- Alle anderen Produkte, Warenzeichen, Schriftarten, Firmennamen und Logos sind Eigentum oder eingetragene Warenzeichen ihrer Eigentümer

In diesem Buch finden sich Verweise/Links auf Internetseiten. Für die Inhalte auf diesen Seiten sind ausschließlich die Betreiber verantwortlich, weshalb eine Haftung ausgeschlossen wird. Für den Fall, dass Sie auf den angegebenen Internetseiten auf illegale oder anstößige Inhalte treffen, bitten wir Sie, uns unter info@europa-lehrmittel.de davon in Kenntnis zu setzen, damit wir beim Nachdruck dieses Buches den entsprechenden Link entfernen können.

12. Auflage 2020

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da bis auf die Behebung von Druckfehlern untereinander unverändert.

ISBN 978-3-8085-3822-7

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2020 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt
Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald
Umschlagidee: Klaus Tkotz

Illustrationen: Autoren; Steckdose: © emmi – Fotolia.com; Weltkugel: © erdquadrat – Fotolia.com
Druck: Lensing Druck GmbH & Co. KG, 44149 Dortmund

● Allgemeines

Vorwort	4
Inhaltsverzeichnis (ausführlich)	6–8
Ein neues Projekt entsteht	10
Zur Abschlussprüfung, Lernfeldhinweise	5
Sachwortverzeichnis	307–312



Wichtige Formeln der Elektrotechnik: Seite 284

● Elektrotechnik

Inhaltsverzeichnis (Kurzform)	
1 Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz	12
2 Grundbegriffe der Elektrotechnik	18
3 Grundschaltungen der Elektrotechnik	46
4 Elektrisches Feld	68
5 Magnetisches Feld	79
6 Schaltungstechnik	97
7 Wechselstromtechnik	115
8 Messtechnik	127
9 Elektronik	146
10 Elektrische Anlagentechnik	188
11 Schutzmaßnahmen	207
12 Informationstechnik	230
13 Werkstoffe, Fertigung, Umwelt, Energieeinsparung	254

● Infoseiten

• Schaltzeichen	287
• Elektrotechnische Symbole, Prüfzeichen	291
• Widerstände und Kondensatoren (Kennzeichnung)	293
• Überstrom-Schutzeinrichtungen (Auslösekennlinien) ..	294
• Leitungen u. Kabel (Verlegearten, Mindestquerschnitte)	295
• Leitungen, Umrechnungsfaktoren, Strombelastbarkeit ..	296
• Normspannungen, Normfrequenzen	297
• Kennlinien Dioden, Transistoren	298
• Wichtige Abkürzungen	300
• Fachbegriffe Englisch – Deutsch	302

● Praxistipps (Auswahl)

• Gefährdungsbeurteilung	16
• Installation einer Wechselschaltung	99
• Messen mit dem Oszilloskop	144
• Farbkennzeichnung von Leitern	193
• Verlegen von Leitungen	196
• Beispiel einer Leitungsberechnung	205
• Verbinden von zwei PCs über ein Netzwerk	250
• Herstellen einer WLAN-Verbindung	251

Kapitelnummer und Symbole

1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



11



12



13



Liebe Leserin, lieber Leser,

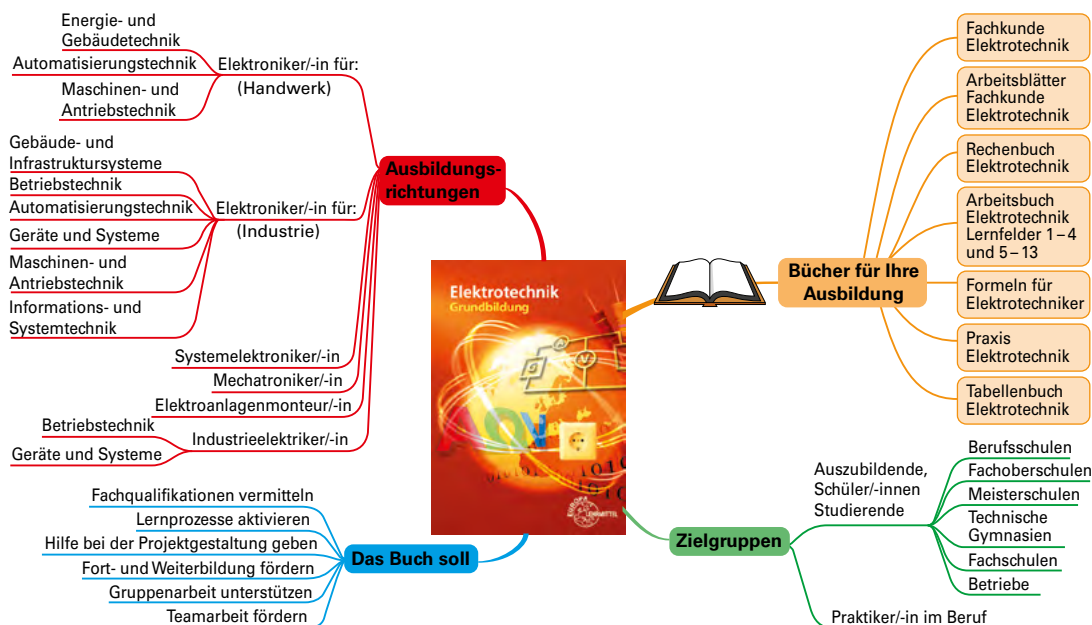
die **Grundbildung Elektrotechnik** dient der Aus- und Weiterbildung im Berufsfeld Elektrotechnik und Elektronik. Sie wendet sich an alle, die in diesem Berufsfeld tätig sind.

Aufbau des Buches

- Das Buch ist fachsystematisch aufgebaut und fördert eigenständiges Lernen.
- Sie finden Erklärungen, Zusammenhänge und Darstellungen wichtiger Gesetze und Formeln der Elektrotechnik.
- Das Buch umfasst die Lernfelder 1 bis 4 der elektrotechnischen Ausbildungsberufe.
- Wiederholungsseiten nach jedem Kapitel festigen und vertiefen Ihre erworbenen Kompetenzen.
- Praxistippseiten unterstützen Ihre berufliche Tätigkeit.
- Ein Infoteil sowie eine Zusammenfassung wichtiger Formeln am Buchende unterstützen Ihre handlungsorientierte und praxisnahe Ausbildung.

Auf einen Blick

- Die folgende Mind-Map zeigt alle wichtigen Informationen auf einen Blick.
- Dürfen es weitere Bücher aus dem Bereich Elektrotechnik/Elektronik sein? Eine Auswahl finden Sie ebenfalls in der Mind-Map.



Neuigkeiten zum Buch

- Einige Kapitel, z.B. Messtechnik und Informationstechnik, wurden überarbeitet und der Entwicklung angepasst. Alle Normen entsprechen dem neuesten Stand.

- Zu wichtigen Themen, z.B. Spannungsleiter (Seite 52), kann man mithilfe von Animationen Wissen verständlicher machen. Diese Animationen können käuflich erworben werden.



Informieren Sie sich unter:

www.europa-lehrmittel.de/simelektro

Die Kennzeichnung der Animationen erfolgt auf der entsprechenden Buchseite mithilfe eines ID-Codes und dem „SimElektro“-Symbol.

- Möchten Sie weiterführende fachliche Informationen erhalten, so finden Sie diese in unserem Gesamtband **Fachkunde Elektrotechnik**.



Können wir für Sie noch etwas besser machen? Schreiben Sie uns unter: lektorat@europa-lehrmittel.de

Ihr Autorenteam und der Verlag Europa-Lehrmittel
wünschen Ihnen viel Erfolg für Ihre berufliche Tätigkeit.

Sommer 2020

i Information zur Abschlussprüfung in den Elektroberufen in Handwerk und Industrie

Die Prüfung wird grundsätzlich in zwei Teilen abgelegt (**Tabelle**).

Tabelle: Prüfungsteile und deren Gewichtung		
	Prüfung Teil 1	Prüfung Teil 2
Wann?	Im 4. Halbjahr (nach 1 1/2 bis 2 Jahren)	Ende 7. Halbjahr (nach 3 1/2 Jahren)
Welche Inhalte?	Lernfelder 1 bis 6	Lernfelder 7 bis 13
Welche Prüfungsteile?	• Komplexe Arbeitsaufgabe mit begleitenden situativen Gesprächsphasen • Schriftliche Aufgabenstellung zu der komplexen Arbeitsaufgabe	• Systementwurf • Funktion- und Systemanalyse • Wirtschafts- und Sozialkunde • Arbeitsaufgabe und Fachgespräch
Welche Gewichtung?	40%	60%

i Lernfelder zur Grundstufe Elektrotechnik (gekürzte Darstellung)

Folgende Beispiele dienen als Anregung. Sie können je nach Bundesland variieren.

Lernfeld: Elektrotechnische Systeme analysieren und Funktionen prüfen	Seite
• Schaltpläne, Schaltzeichen	20, 21, 97, 287
• Elektrotechnische Grundgrößen	18, 284
• Gefahren des elektrischen Stromes	207
• Arbeitsschutz und Unfallschutz, Sicherheitsregeln	12, 207, 212
• Messverfahren, Oszilloskop	127, 140
• Wechselstromtechnik	115
• Elektronische Bauelemente	146

Lernfeld: Elektrische Installationen planen und ausführen	
• Installationsschaltungen	100
• Auswahl von Kabeln, Leitungen und Überstrom-Schutzorganen	190, 198
• Leitungsdimensionierung	205
• Sicherheitsbestimmungen, Sicherheitszeichen	14, 210
• Umweltschutz, Energieeinsparung	275, 279

Lernfeld: Steuerungen analysieren und anpassen	
• Digitaltechnik, Logische Grundverknüpfungen	175, 177
• Zahlensysteme, Schaltalgebra, Kippschaltungen	175, 185
• Hausrufanlagen, Haussprechanlagen, Relais und Schütze	104, 108
• Englische Fachbegriffe	302

Lernfeld: Informationstechnische Systeme bereitstellen	
• Hardware	232
• Betriebssysteme	243
• Softwarekomponenten, Anwendungen, Internet	243, 244, 249
• Datensicherung, Datenschutz	252

1	Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz 12		
1.1	Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz	12	
1.2	Produktsicherheitsgesetz	12	
1.3	Gefahrstoffverordnung	13	
1.4	Sicherheitszeichen	14	
1.5	Erste Hilfe	15	
	Praxistipp: Gefährdungsbeurteilung	16	
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:		
	Arbeitsschutz	17	
2	AVZ Grundbegriffe der Elektrotechnik	18	
2.1	Umgang mit physikalischen Größen	18	
	Masse und Kraft	18	
	Mechanische Arbeit	19	
	Energie	19	
	Mechanische Leistung	19	
2.2	Arten von Stromkreisen	20	
	Elektrischer Gleichstromkreis	21	
2.3	Elektrische Ladung (Elektrizitätsmenge)	23	
	Aufbau der Atome (bohrsches Atommodell)	24	
2.4	Elektrische Spannung	25	
2.4.1	Spannungserzeugung	25	
2.4.2	Spannung am Verbraucher	25	
2.4.3	Potenziale in elektrischen Schaltungen	25	
2.4.4	Arten der Spannungserzeugung	26	
2.4.5	Messen elektrischer Spannung	27	
2.5	Elektrischer Strom	28	
2.5.1	Elektrischer Strom in Metallen	29	
2.5.2	Messen elektrischer Stromstärke	29	
2.5.3	Wirkungen des elektrischen Stromes	30	
2.5.4	Stromarten	31	
2.5.5	Stromdichte	32	
2.6	Elektrischer Widerstand und Leitwert	33	
2.7	Ohmsches Gesetz	34	
2.8	Leiterwiderstand	35	
2.9	Temperaturabhängigkeit des Widerstandes	36	
2.10	Bauarten von Widerständen	37	
2.11	Elektrische Energie und Arbeit	39	
2.11.1	Gewinnung elektrischer Energie	39	
2.11.2	Elektrische Arbeit	40	
2.12	Elektrische Leistung	41	
2.13	Wirkungsgrad	43	
2.14	Elektrowärme	44	
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:		
	Grundbegriffe der Elektrotechnik	45	
3	Grundschaltungen der Elektrotechnik	46	
3.1	Reihenschaltung	46	
3.1.1	Gesetze der Reihenschaltung	46	
3.1.2	Vorwiderstände	48	
3.1.3	Spannungsfall an Leitungen	49	
3.2	Parallelschaltung	50	
3.3	Gemischte Schaltungen	52	
3.3.1	Spannungsteiler	52	
3.3.2	Brückenschaltung	54	
3.3.2.1	Abgeglichene Brückenschaltung	54	
3.3.2.2	Nicht abgeglichene Brückenschaltung	55	
3.3.3	Widerstandsbestimmung durch Strom- und Spannungsmessung	56	
3.4	Spannungsquelle	57	
3.4.1	Belastungsfälle einer Spannungsquelle	57	
3.4.2	Ersatzschaltbild einer Spannungsquelle	58	
3.4.3	Anpassung	58	
3.4.4	Schaltungen von Spannungsquellen	60	
3.5	Galvanische Elemente	61	
3.5.1	Umwandlung chemischer Energie in elektrische Energie	61	
3.5.2	Primärelemente	62	
3.5.3	Sekundärelemente (Akkumulatoren)	64	
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:		
	Grundschaltungen	67	
4	Elektrisches Feld	68	
4.1	Eigenschaften des elektrischen Feldes	68	
4.2	Grundbegriffe	69	
4.2.1	Elektrische Feldstärke	69	
4.2.2	Elektrische Influenz und Polarisation	69	
4.2.3	Elektrische Felder in der Praxis	70	
4.3	Kondensator im Gleichstromkreis	71	
4.3.1	Verhalten eines Kondensators	71	
4.3.2	Kapazität eines Kondensators	71	
	Berechnung der Kapazität von Kondensatoren	72	
4.3.3	Laden und Entladen von Kondensatoren	73	
4.3.4	Energie des geladenen Kondensators	74	
4.4	Schaltungen von Kondensatoren	75	
4.4.1	Parallelschaltung	75	
4.4.2	Reihenschaltung	75	
4.5	Kenngrößen und Bauarten von Kondensatoren	76	
4.5.1	Kenngrößen	76	
4.5.2	Bauarten	76	
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:		
	Elektrisches Feld	78	
5	Magnetisches Feld	79	
5.1	Eigenschaften der Magnete und Darstellungshilfen	79	
5.2	Elektromagnetismus	81	
5.2.1	Stromdurchflossener Leiter und Magnetfeld	81	
5.2.2	Stromdurchflossene Spule und Magnetfeld	82	
5.3	Magnetische Größen	83	
5.3.1	Magnetischer Fluss Φ	83	
5.3.2	Elektrische Durchflutung Θ	83	
5.3.3	Magnetische Feldstärke H	83	
5.3.4	Magnetische Flussdichte B	84	
5.4	Eisen im Magnetfeld einer Spule	84	
5.5	Strom und Magnetfeld	87	
5.5.1	Stromdurchflossener Leiter im Magnetfeld	87	
5.5.2	Stromdurchflossene Spule im Magnetfeld	89	
5.5.3	Stromdurchflossene parallele Leiter	89	
5.6	Spannungserzeugung durch Induktion	90	
5.6.1	Generatorprinzip (Induktion der Bewegung)	90	
5.6.2	Lenzsche Regel	91	
5.6.3	Transformatorprinzip (Induktion der Ruhe)	92	
5.6.4	Selbstinduktion	94	
5.6.5	Wirbelströme	95	
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:		
	Magnetisches Feld	96	
6	Schaltungstechnik	97	
6.1	Schaltungsunterlagen	97	
	Schaltplanarten	97	
	Praxistipp: Installation einer Wechsel-schaltung mit Steckdose	99	
6.2	Installationsschaltungen	100	
6.2.1	Lampenschaltungen	100	
6.2.2	Schaltungen mit Meldeleuchten	102	
6.2.3	Stromstoßschaltung	103	
6.2.4	Infrarot-Bewegungsmelder	103	
6.2.5	Treppenlicht-Zeitschaltung	104	
6.2.6	Hausrufanlagen	104	
6.2.7	Haussprechanlagen	105	
6.3	Elektromagnetische Schalter	107	
6.3.1	Relais	108	
6.3.2	Schütze	110	
	Grundschaltungen mit Schützen	111	
	Wendeschützschaltung	112	
	Auswahlschaltung zwei aus drei	113	
	Folgeschaltung	113	
	Strompfadbezeichnung	113	
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:		
	Schaltungstechnik	114	
7	Wechselstromtechnik	115	
7.1	Kenngrößen der Wechselstromtechnik	115	
7.1.1	Periode und Scheitelwert	115	
7.1.2	Frequenz und Periodendauer	115	
7.1.3	Frequenz und Wellenlänge	116	
7.2	Sinusförmige Wechselgrößen	117	
7.2.1	Zeigerdarstellung von Sinusgrößen	117	

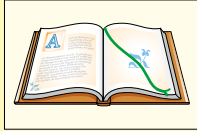
7.2.2	Kreisfrequenz	118	9.6.2	Optoelektronische Empfänger (Detektoren) ..	169
7.2.3	Erzeugung von Sinusspannungen	118		Fotodioden	169
7.2.4	Scheitelwert und Effektivwert bei sinusförmigen Wechselgrößen	119		Fotowiderstände	169
7.2.5	Zeitlicher Verlauf von Wechselgrößen	120		Fotoelemente	169
7.2.6	Nichtsinusförmige Spannungen und Ströme ..	121		Fototransistoren	170
7.2.7	Frequenz und Polpaarzahl	122		Schaltungsbeispiele optoelektronischer Empfänger mit Fototransistoren	170
7.2.8	Phasenverschiebung	123	9.6.3	Flüssigkristallanzeigen (LCD)	171
7.2.9	Wirkwiderstand	123	9.6.4	Optokoppler	171
7.2.10	Scheinwiderstand	123	9.7	Kühlung von Halbleiterbauelementen	172
7.3	Spule im Wechselstromkreis	124	9.8	Integrierte Schaltungen	173
	Induktiver Blindwiderstand	124	9.9	Digitaltechnik	175
7.4	Kondensator im Wechselstromkreis	125		Zahlensysteme	175
	Kapazitiver Blindwiderstand	125	9.9.1	Umwandlung von Zahlensystemen	176
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Wechselstromtechnik	126	9.9.1.2	BCD-Code	176
8	 Messtechnik	127	9.9.2	Signalarten der Digital- und Steuerungs- technik	177
8.1	Elektrische Messgeräte	127	9.9.3	Grundverknüpfungen	177
8.1.1	Grundbegriffe der Messtechnik	127	9.9.3.1	UND-Verknüpfung	177
8.1.2	Anzeigearten von Messgeräten	128	9.9.3.2	ODER-Verknüpfung	178
8.1.3	Analoge Messgeräte	128	9.9.3.3	NICHT-Verknüpfung	178
8.1.3.1	Messfehler von analogen Messgeräten	129	9.9.4	Grundverknüpfungen mit Ausgangs- oder Eingangsnegation	179
8.1.4	Digitale Messgeräte	130	9.9.4.1	Verknüpfungen mit Ausgangsnegation	179
8.1.4.1	Aufbau, Anzeigen und Kennwerte	130	9.9.4.2	Verknüpfungen mit Eingangsnegation	179
8.1.4.2	Messfehler von digitalen Messgeräten	132	9.9.4.3	Eingangsbeschaltung logischer Verknüpfungen	180
8.1.4.3	Fachbegriffe zum Digitalmultimeter	133	9.9.4.4	Anwendung der Grundverknüpfungen	180
8.1.5	Elektrische Messwerke	134	9.9.5	Schaltkreisfamilien	181
8.1.6	Elektrizitätszähler	135	9.9.5.1	TTL-Schaltkreisfamilie	181
8.1.6.1	Induktionszähler	135	9.9.5.2	CMOS-Schaltkreisfamilie	181
8.1.6.2	Elektronische Elektrizitätszähler	136	9.9.6	Schaltungen in NAND- und in NOR-Technik ..	182
8.2	Praktisches Messen	137	9.9.7	Kippschaltungen	183
8.2.1	Messen von Leistungen	137		Bistabile Kippschaltung	183
8.2.2	Messen von Widerständen	137		Timer-IC NE 555	183
8.2.3	Messen mit Strommesszangen	138		Kippschaltungen mit dem Timer-IC NE 555 ..	184
8.2.4	Messkategorien	138		Monostabile Kippschaltung	184
	Praxistipp: Praktisches Messen mit dem Digitalmultimeter	139		Astabile Kippschaltung	184
8.3	Oszilloskop	140	9.9.8	Schwellwertschalter (Schmitt-Trigger)	184
8.3.1	Analoges Oszilloskop	140	9.9.8.1	Kippglieder	185
8.3.1.1	Aufbau eines Analog-Oszilloskops	140		Zustandsgesteuerte und taktgesteuerte Kippglieder	185
8.3.1.2	Zweikanal-Oszilloskop	142	9.9.8.2	Zweiflankengesteuertes JK-Kippglied	186
8.3.1.3	Messen mit dem Oszilloskop	142		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Elektronik	187
8.3.2	Digitalspeicher-Oszilloskop (DSO)	143			
	Praxistipp: Messen mit dem Oszilloskop	144			
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Messtechnik	145			
9	 Elektronik	146	10	 Elektrische Anlagen	188
9.1	Halbleiterwerkstoffe	146	10.1	Energieerzeugung und Energieübertragung ..	188
9.2	Halbleiterwiderstände	149	10.2	Isolierte Leitungen, Kabel und Freileitungen ..	190
9.2.1	Spannungsabhängige Widerstände (Varistoren)	149	10.2.1	Isolierte Leitungen	190
9.2.2	Heißleiter (NTC-Widerstände)	150		Praxistipp: Farbkennzeichnung von Leitern ..	193
9.2.3	Kaltleiter (PTC-Widerstände)	151	10.2.2	Kabel für Mittelspannungs- und Niederspannungsanlagen	194
9.2.4	Feldplatten	153	10.2.3	Freileitungen für Hoch- und Mittelspannungsanlagen	194
9.3	Hallgeneratoren	153	10.2.4	Datenleitungen	195
9.4	Halbleiterdioden	154		Praxistipp: Verlegen von Leitungen	196
9.4.1	Wirkungsweise	154	10.3	Schutz elektrischer Leitungen und Verbraucher	198
9.4.2	Leistungsdioden	154		Schutzschalter	201
9.4.3	Z-Dioden (Begrenzerdioden)	155	10.4.1	Thermischer Auslöser	201
9.4.4	Halbleiterkennzeichnung	156	10.4.2	Elektromagnetischer Auslöser	201
9.4.5	Gleichrichterschaltungen	157	10.4.3	Leitungsschutzschalter	202
9.4.5.1	Einpuls-Einwegschaltung ETU	157		Back-up-Schutz von LS-Schaltern	202
9.4.5.2	Zweipuls-Brückenschaltung B2U	158	10.4.4	Selektiver Hauptleitungsschutzschalter	202
9.4.5.3	Zweipuls-Mittelpunktschaltung M2U	158	10.5	Bemessung von fest verlegten Kabeln und Leitungen	203
9.4.5.4	Glätten pulsierender Gleichspannungen	158		Praxistipp: Beispiel einer Leitungs- berechnung	205
9.5	Transistoren	160		Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Elektrische Anlagen	206
9.5.1	Bipolare Transistoren	160			
9.5.1.1	Transistoren in der Praxis	162			
9.5.1.2	Einstellung des Arbeitspunktes	163			
9.5.1.3	Stabilisierung des Arbeitspunktes	164			
9.5.1.4	Transistor als Schalter	165			
9.6	Optoelektronik	167	11	 Schutzmaßnahmen	207
9.6.1	Optoelektronische Sender	167	11.1	Gefahren im Umgang mit dem elektrischen Strom	207
	Leuchtdioden	167			
	Laserdioden	168			

11.1.1	Wirkungen des elektrischen Stromes im menschlichen Körper	207
11.1.2	Direktes und indirektes Berühren	209
11.1.3	Fachbegriffe Schutzmaßnahmen (nach DIN VDE)	209
11.2	Sicherheitsbestimmungen für Niederspannungsanlagen	210
11.2.1	Schutzklassen	210
11.2.2	IP-Schutzarten	211
11.2.3	Maßnahmen bei Arbeiten an elektrischen Anlagen	212
11.2.4	Fehlerarten in elektrischen Anlagen	213
11.2.5	Spannungen im Fehlerfall	213
11.3	Netzsysteme	214
11.4	Schutz gegen elektrischen Schlag	215
11.5	Automatische Abschaltung der Stromversorgung	216
11.5.1	Anforderungen an den Basischutz (Schutz gegen direktes Berühren)	216
11.5.2	Anforderungen an den Fehlerschutz	217
11.5.3	Schutz im TN-System	218
11.5.4	Schutz im TT-System	219
11.5.5	Schutz im IT-System	220
11.6	Doppelte oder verstärkte Isolierung	221
11.7	Schutztrennung	221
11.8	Schutz durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV	222
11.9	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen	223
11.9.1	Aufbau und Funktion	223
11.9.2	Anwendungen von RCDs	224
11.9.3	Kennwerte von RCDs	225
11.9.4	Auswahl und Einsatz von RCDs	225
11.9.5	RCD als Brandschutz	227
11.10	Differenzstrom-Überwachungseinrichtung	227
11.11	Schutzvorkehrungen für Anlagen, die nur durch Elektrofachkräfte betrieben und überwacht werden	228
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Schutzmaßnahmen	229
12	Informationstechnik	230
12.1	Bereiche der Informationstechnik	230
12.2	Computer, Programme und Peripherie	231
12.2.1	Bestandteile und Funktionsweise eines Computers	231
12.2.2	Hardware, Software und Firmware	232
12.2.3	Computersystem	232
12.3	Mikrocomputer	233
12.4	Personal Computer (PC)	234
12.4.1	Komponenten eines PC	234
12.4.2	Mikroprozessor (CPU)	235
12.4.3	Halbleiterspeicher	236
12.4.4	Buskommunikation	237
12.4.5	Eingabe- und Ausgabe-Einheit	237
	Praxistipp: Auswahl eines PC-Mainboard	238
12.5	Geräte für Eingabe, Ausgabe und Speicherung	239
12.5.1	Geräte zur Eingabe	239
12.5.2	Geräte zur Ausgabe	239
12.5.2.1	Drucker	239
12.5.2.2	Farbmonitore	240
12.5.3	Peripherie Geräte zur Datenspeicherung	241
	Praxistipp: Servicearbeiten am PC	242
12.6	Software	243
12.6.1	Systemprogramme	243
12.6.2	Anwendungsprogramme	244
12.6.3	Softwareentwicklung	245
	Umsetzen des Entwurfs in ein Programm (Implementierung)	245
12.7	Vernetzung von Computern	246
12.7.1	Dienste in Computernetzwerken	246
12.7.2	Netzwerktopologien	246
12.7.3	Bestandteile eines lokalen Netzwerkes (LAN) in Sterntopologie	247
12.7.4	Netzwerkprotokoll	248
	TCP/IP-Protokoll	249
	Drahtlose Netzwerke	249
12.7.5	Globales Netzwerk Internet	249

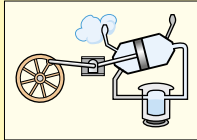
	Praxistipp: Verbinden von zwei PCs über ein Netzwerk	250
	Praxistipp: Herstellen einer WLAN-Verbindung zu einem Netzwerk	251
12.8	Datensicherheit, Datenschutz und Urheberrechte	252
12.9	Schädliche Programme (Malware)	252
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Informationstechnik	253
13	Werkstoffe, Fertigungsverfahren, Umweltschutz und Energieeinsparung	254
13.1	Werkstoffe der Elektrotechnik	254
13.1.1	Stahl und Eisen-Gusswerkstoffe (Normung)	255
13.1.2	Leiterwerkstoffe	256
13.1.3	Kontaktwerkstoffe	257
13.1.4	Widerstandswerkstoffe	258
13.1.5	Magnetwerkstoffe	259
13.1.5.1	Magnetisch harte Werkstoffe	259
13.1.5.2	Magnetisch weiche Werkstoffe	260
13.1.6	Isolierstoffe	261
13.1.6.1	Elektrische Beanspruchung von Isolierstoffen	261
13.1.6.2	Anorganische Isolierstoffe	263
13.1.6.3	Organische Isolierstoffe	264
13.1.6.4	Flüssige und gasförmige Isolierstoffe	266
13.2	Verbindungen (Fügen)	267
13.2.1	Lösbare Verbindungen in der Elektrotechnik	267
13.2.2	Unlösbare Verbindungen in der Elektrotechnik	267
13.3	Gedruckte Schaltungen	270
13.3.1	Subtraktiv-Technik	270
13.3.2	Additiv-Technik	270
13.3.3	Mehrlagen-Leiterplatten (Multilayer)	271
13.3.4	Drucktechniken	271
13.3.5	Prüfen von gedruckten Schaltungen	272
13.3.6	SMD-Technik	273
13.3.6.1	Bestückungsverfahren	273
13.3.6.2	Kleben von SMD-Bauteilen	274
13.3.6.3	Lötverfahren der SMD-Technik	274
13.4	Umweltschutz	275
13.4.1	Umweltschutzverordnungen im Bereich der Elektrotechnik	275
13.4.2	Umweltschutz im Betrieb	276
13.4.3	Wiederverwertung und Entsorgung von Abfallstoffen	277
	Wiederverwertung und Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten	278
13.5	Energieeinsparung	279
13.5.1	Rationeller Umgang mit Energie	279
13.5.2	Stand-by-Betrieb	281
13.5.3	Tipps zum Energiesparen	282
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Werkstoffe, Fertig., Umwelt	283
I	Infoteil	284
•	Wichtige Formeln	284
•	Schaltzeichen	287
•	Wichtige elektrotechnische Symbole	291
•	Wichtige Prüfzeichen, Symbole und Logos	292
•	Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren	293
•	Auslösekennlinien von Überstrom-Schutzeinrichtungen	294
•	Verlegarten von Kabeln und isolierten Leitungen, Mindestquerschnitte elektrischer Leiter	295
•	Strombelastbarkeit, Umrechnungsfaktoren von Kabeln und isolierten Leitungen	296
•	Normspannungen, Normfrequenzen und deren Kennzeichnungen	297
•	Dioden	298
•	NPN-Transistor	299
•	Wichtige Abkürzungen	300
•	Fachbegriffe Englisch – Deutsch	302
•	Ergebnisse der Rechenaufgaben	305
•	Firmenverzeichnis	306
•	Sachworte	307

Entwicklung Technik – Elektrotechnik

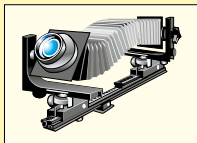
1450
Buchdruck



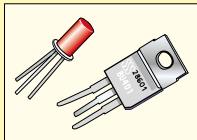
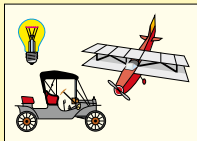
1800
Dampfmaschine



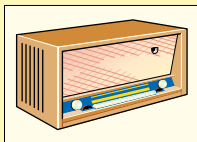
1850
Fotografie
Eisenbahn
Telegrafie
Grammophon



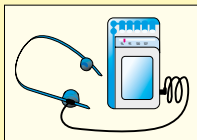
1900
Kraftfahrzeug
Elektrizitätsversorgung
Flugzeug



1950
Transistor
Radio, Fernsehen,
Taschenrechner



Walkman



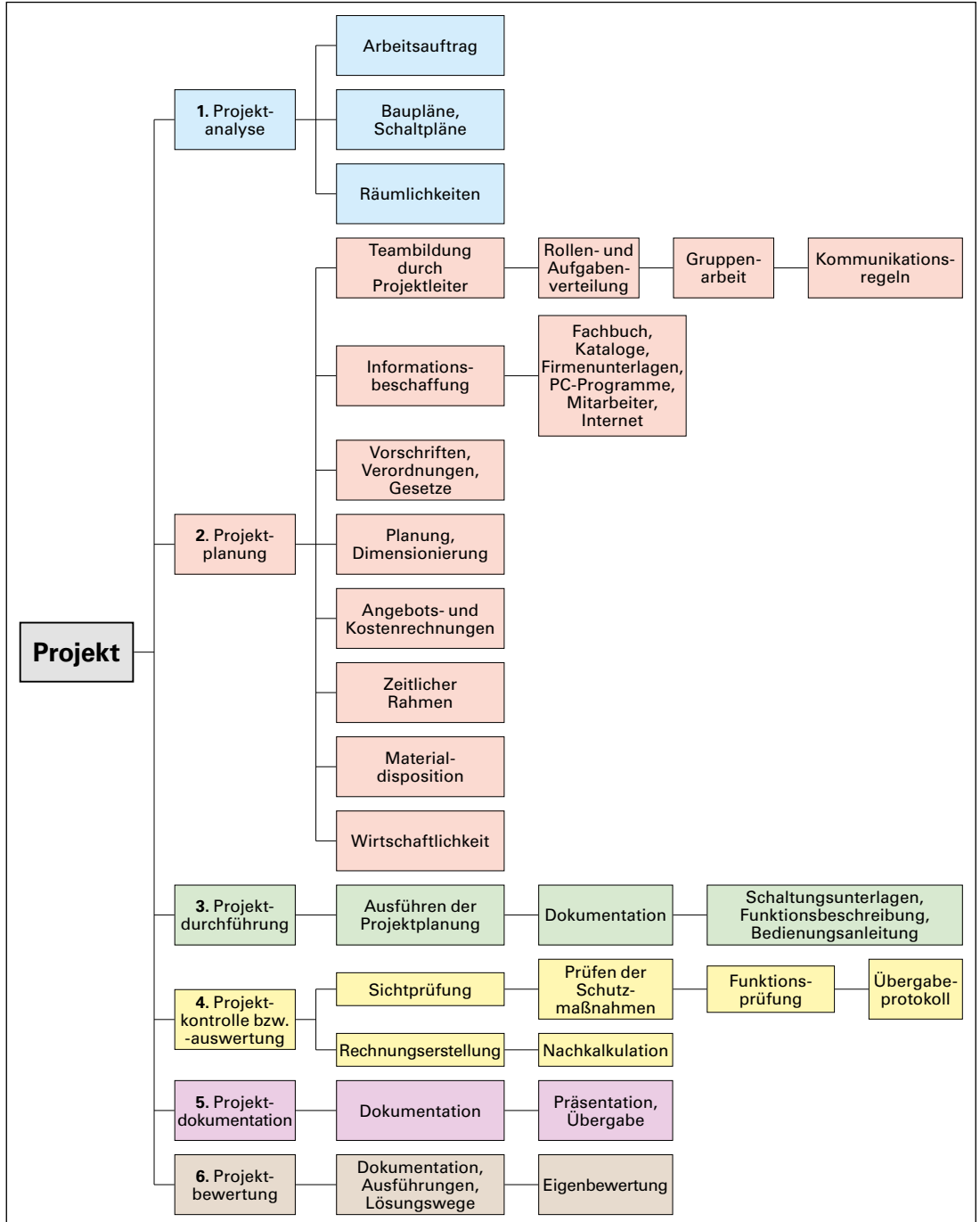
2000
Mikroelektronik
Computer
Internet
Handy

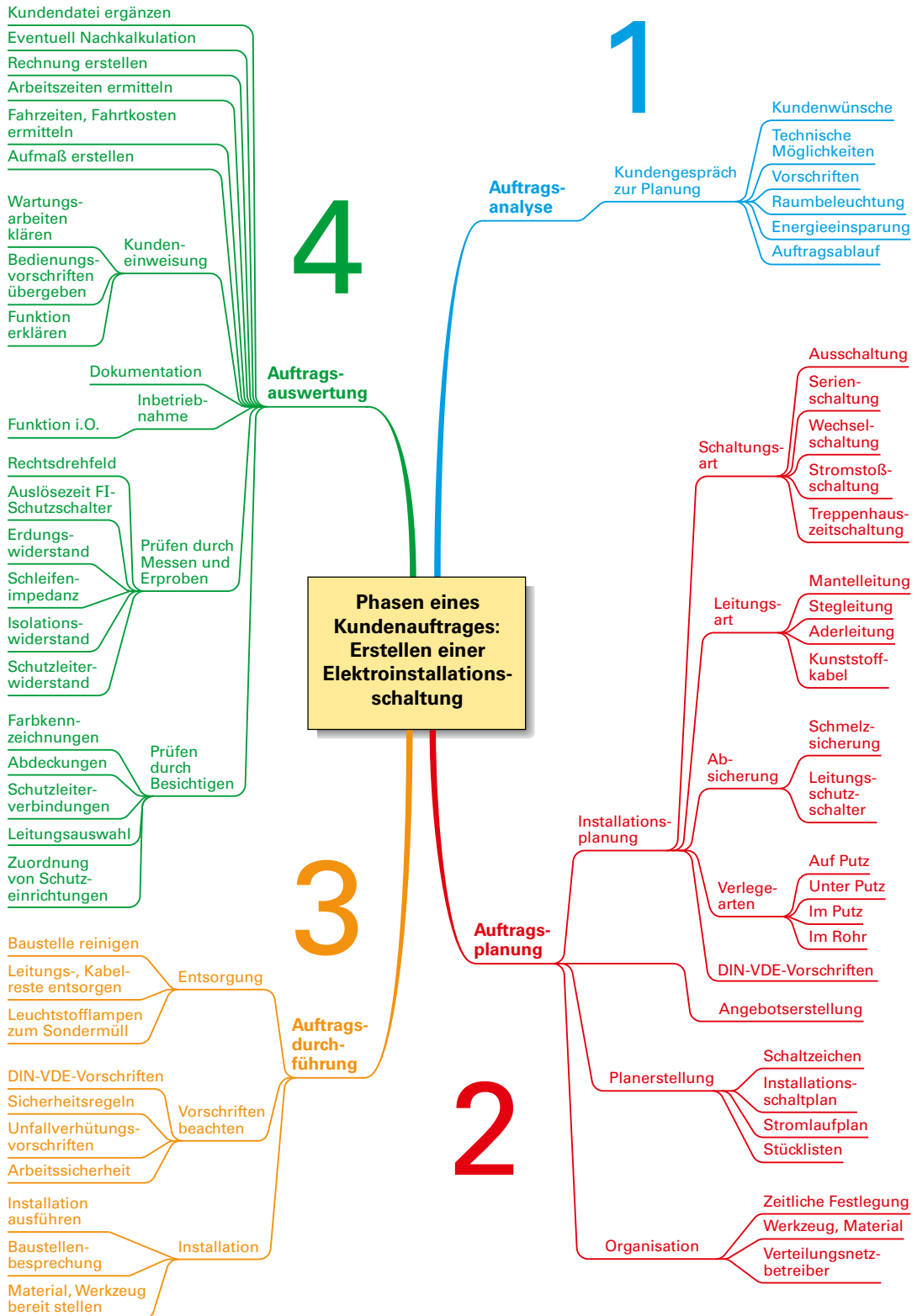


1672	Otto von Guericke untersucht die Reibungselektrizität.
1729	Stephen Gray unterteilt die Stoffe in Leiter und Nichtleiter.
1752	Benjamin Franklin erfindet den Blitzableiter.
1791	Luigi Galvani entdeckt „Kräfte der Elektrizität“ bei seinen Versuchen mit Froschschenkeln.
1800	Alessandro Volta bildet aus Silber- und Zinkscheiben eine „galvanische Säule“.
1820	Hans Christian Oersted entdeckt den Elektromagnetismus.
1820	André Marie Ampère findet das Prinzip des Elektromagneten.
1826	Georg Simon Ohm veröffentlicht das nach ihm benannte Gesetz.
1831	Michael Faraday entdeckt die elektromagnetische Induktion.
1834	Faraday findet die Grundgesetze der Elektrolyse.
1854	Heinrich Göbel konstruiert die erste Glühlampe.
1864	James Clerk Maxwell berechnet das elektromagnetische Feld.
1866	Werner von Siemens entdeckt das elektrodynamische Prinzip.
1880	Thomas Alva Edison führt sein Beleuchtungssystem mit Kohlenfadenlampen ein.
1882	Lucien Gaulard und John Dixon Gibbs bauen den ersten Transformator.
1885	Galileo Ferraris gelingt die Erzeugung des Drehfelds.
1887	Michael von Dolivo-Dobrowolsky entwickelt das Drehstromsystem.
1888	Heinrich Hertz weist die Ausbreitungsgesetze elektromagnetischer Wellen nach.
1898	Carl Auer von Welsbach baut eine Glühlampe mit Osmium als Metallfaden.
1903	Cooper-Howitt konstruiert den gesteuerten Quecksilberdampf-Gleichrichter.
1911	Heike Kamerlingh Onnes entdeckt die Supraleitung.
1938	Robert Pohl und Rudolf Hilsch führen einen Dreielektrodenkristall vor.
1939	Walter Schottky erklärt die Funktion der Halbleiter-Metall-Randschicht.
1942	Die Firma Bell entwickelt Halbleiterdioden für Radardetektoren.
1947	J. Bardeen, W. Brattain und W. Shockley erfinden den Germanium-Punktkontakt-Transistor.
1948	William Shockley entwickelt den Germanium-Flächentransistor.
1951	Heinrich Welker entdeckt die III-V-Halbleiter.
1954	Die Firma Texas Instruments entwickelt den ersten Silicium-Transistor.
1958	Jack Kelby erfindet die integrierte Schaltung.
1959	Die Firma Fairchild baut die Planartechnologie aus.
1970	Ted Hoff entwickelt in der Firma Intel den Mikroprozessor.
1980	IBM baut supraleitende Schaltelemente aus Niob.
1985	Klaus v. Klitzing entdeckt den nach ihm benannten von Klitzing-Effekt (Quanten-Hall-Effekt)
1985	Die Integration von einer Million Schaltungselementen gelingt auf einem einzigen Chip.
1986	Die Energiesparlampe kommt auf den Markt.
1986	Herstellung der ersten 1-Megabyte-Chips.
1988	Inbetriebnahme der größten Fotovoltaikanlage Europas bei Kobern-Gondorf.
1990	Internet wird geschaffen.
1991	Die Lithium-Ionen-Batterie wird durch die Fa. Sony präsentiert.
1992	Fa. Sony bringt die Minidisc auf den Markt.
1993	Erster www-Browser „Mosaic“ wird an der Universität Illinois entwickelt.
1995	Betriebssystem „Windows 95“ der Firma Microsoft erscheint.
2000	Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie wird beschlossen.
2007	Die Firma Apple bringt das erste Smartphone auf den Markt.
2013	3-D-Drucker im Homebereich erscheinen.
2015	Betriebssystem „Windows 10“ der Firma Microsoft erscheint.
2019	Weiterentwicklung und Umsetzung des Projektes Industrie 4.0

Ein neues Projekt entsteht!

Um Projekte oder Aufträge professionell durchzuführen, z. B. Erstellen einer Installationsschaltung (**nächste Seite**), ist ein systematisches Vorgehen notwendig. Die Schritte zur Bearbeitung eines Projektes bzw. eines Auftrages zeigt die **Übersicht**. Sie können auf beliebige Anwendungsfälle übertragen werden. Je nach Auftrag sind nicht alle Projektschritte notwendig.







1 Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz

1.1 Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz

Elektrounfälle lassen sich meist auf **technische Mängel**, z. B. fehlende Schutzabdeckungen oder fehlerhafte Isolation, zurückführen. Auch **organisatorische Mängel**, z. B. fehlende oder ungenügende Arbeitsanweisungen, und **persönliche Fehler**, z. B. Fehlhandlungen, führen zu Unfällen. Die **persönliche Schutzausrüstung** am Arbeitsplatz ist von großer Bedeutung als Schutz vor Verletzung und Erkrankung. Persönliche Schutzausrüstung ist alles, was den Körper gegen schädigende Einflüsse schützt, z. B. Schutzkleidung oder Schutzhelm.

Schutzvorrichtungen und erklärende Hinweisschilder, z. B. das Hinweisschild zur Sicherheit am Arbeitsplatz (**Bild**), darf man nicht entfernen.

Die **Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)** (**Übersicht**) beinhaltet Vorschriften für die Bereitstellung und die Verwendung von Arbeitsmitteln.

Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG). Dieses Gesetz dient dazu, Sicherheit und Gesundheitsschutz der Beschäftigten bei der Arbeit durch Maßnahmen des Arbeitsschutzes zu sichern und zu verbessern.

Der Arbeitgeber ist verantwortlich für Sicherheit und Gesundheitsschutz im Betrieb. Mit der Durchführung einer gesetzlich vorgeschriebenen **Gefährdungsbeurteilung (Seite 16)** muss er die konkreten Gefährdungen der Arbeitsmittel und Anlagen sowie der Arbeitsbedingungen für die Beschäftigten und die Umwelt erfassen und beurteilen.

Unfallverhütungsvorschriften (UVVen) gelten für Unternehmer und Versicherte. Sie verpflichten die Unternehmer, Maßnahmen zur Verhütung von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren sowie für eine wirksame Erste Hilfe zu treffen. Die Versicherten haben diese Maßnahmen zu unterstützen. Das Vorschriften- und Regelwerk der **deutschen gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV)** unterstützt die Unternehmer und Versicherte bei der Wahrnehmung ihrer Pflichten im Bereich Sicherheit und Gesundheitsschutz.

1.2 Produktsicherheitsgesetz

Das **Produktsicherheitsgesetz (ProdSG)** regelt die Anforderungen an die Sicherheit von Produkten und deren Kontrolle und Kennzeichnung (z. B. CE-Kennzeichnung). Es gilt, wenn im Rahmen einer Geschäftstätigkeit Produkte auf dem Markt bereitgestellt, ausgestellt oder erstmals verwendet werden.

Übersicht: Gesetze und Vorschriften (Beispiele)

- DIN-VDE-Vorschriften
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Unfallverhütungsvorschriften (UVVen)
- Vorschriften und Regelwerke der deutschen gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV)
 - z. B. – Vorschrift 1: Grundsätze der Prävention
 - Vorschrift 2: Betriebsärzte und Fachkräfte für Arbeitssicherheit
 - Vorschrift 3: Elektrische Anlagen und Betriebsmittel
 - Vorschrift 7: Arbeitsmedizinische Vorsorge
- Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS), z. B. TRBS 1201 Prüfungen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedingten Anlagen
- Produktsicherheitsgesetz (ProdSG)
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)

Sicherheit am Arbeitsplatz

- Arbeiten Sie sicher und umsichtig.
- Nutzen Sie die passive Sicherheit.
- Tragen Sie persönliche Schutzausrüstung.

Achten Sie auf: Warnzeichen Gebotszeichen Verbotsschilder



Rettungszeichen



Brandschutzzeichen



- Beachten Sie Verbote, z. B. Alkoholverbot, Rauchverbot, Zutrittsverbot.
- Melden bzw. beseitigen Sie Sicherheitsmängel oder Gefahrenzustände sofort.
- Benutzen Sie nicht ohne Befugnis Betriebseinrichtungen, Arbeitsgeräte oder Arbeitsmittel.
- Halten Sie Ordnung am Arbeitsplatz.

Durch aktive Mitarbeit bewahren Sie sich und Ihre Kollegen vor Unfällen und gesundheitlichen Schäden.

Bild: Hinweisschild zur Sicherheit am Arbeitsplatz



Arbeiten in der Elektrotechnik

Arbeiten an elektrotechnischen Anlagen dürfen nur durch Elektrofachkräfte oder unter deren Leitung und Aufsicht ausgeführt werden. Elektrofachkräfte müssen die übertragenen Aufgaben beurteilen, mögliche Gefahren erkennen und erforderliche Sicherheitsmaßnahmen treffen können.



Produkte umfassen z. B. Maschinen, Heimwerker- und Haushaltsgeräte, Werkzeuge, Sport- und Freizeitgeräte, sämtliche Textilien, Möbel sowie Spielzeug und persönliche Schutzausrüstungen.



Produkte, die innerhalb der europäischen Union (EU) auf den Markt gelangen, müssen den Sicherheitsanforderungen der EG-Richtlinien genügen. Als Zeichen der Übereinstimmung tragen diese Produkte das **CE¹-Kennzeichen (Bild a)**. Der Hersteller erklärt damit die Übereinstimmung (Konformität) des Produktes mit den grundlegenden Sicherheitsanforderungen und bringt in eigener Verantwortung die CE-Kennzeichnung am Produkt an.

Mit dem Anbringen der CE-Kennzeichnung bestätigt der Hersteller, dass das Produkt den Anforderungen der EU-Rechtsvorschriften entspricht.

Neben dem CE-Kennzeichen können Produkte das **GS-Zeichen (Bild b)** für **geprüfte Sicherheit** erhalten. Das GS-Zeichen beruht auf dem Produktsicherheitsgesetz. Hersteller können ihre Erzeugnisse freiwillig bei Prüfstellen, die vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) benannt sind, z. B. TÜV² und VDE³, prüfen lassen.

Produkte mit dem GS-Zeichen garantieren, dass die Sicherheit und Gesundheit des Nutzers nicht gefährdet ist. Die Anbringung dieses Zeichens ist nur nach einer Prüfung durch die GS-Prüfstellen erlaubt.

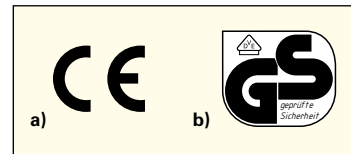


Bild: CE-Kennzeichen und GS-Zeichen

i Kennzeichnungssystem nach der CLP-(GHS-)Verordnung

- **Gefahrenpiktogramm**, z. B.



- **Gesundheitsgefahren** mit Gefahrenkategorien, z. B. Akute Toxizität, Ätz-, Reizwirkung auf der Haut, Gase unter Druck.
- **Signalworte**
„Achtung“ oder „Gefahr“
- **Gefahrenhinweise, H-Sätze** (Hazard Statements) beschreiben die Art und gegebenenfalls den Schweregrad, der von gefährlichen Stoffen oder Gemischen ausgehenden Gefahr (**Bild 1, Seite 14**).
- **Sicherheitshinweise P-Sätze** (Precautionary Statements) beschreiben die empfohlenen Maßnahmen, um schädliche Wirkungen aufgrund der Exposition gegenüber einem gefährlichen Stoff oder Gemisch zu begrenzen oder zu vermeiden (**Bild 1, Seite 14**).

i Gefahrstoffe sind Stoffe oder Gemische von Stoffen, die aufgrund ihrer physikalischen, chemischen und toxikologischen Eigenschaften eine Gefährdung für die Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten darstellen können.

1.3 Gefahrstoffverordnung

Die **Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)** gilt für das Inverkehrbringen von Stoffen, Gemischen und Erzeugnissen, weiterhin zum Schutz der Beschäftigten und anderer Personen vor Gefährdungen ihrer Gesundheit und Sicherheit durch Gefahrstoffe und zum Schutz der Umwelt vor stoffbedingten Schädigungen. Insbesondere sind gefährliche Stoffe und Gemische ordnungsgemäß zu verpacken und zu kennzeichnen. Durch das global harmonisierte System (GHS⁴) werden chemische Stoffe weltweit nach identischen Kriterien eingestuft und gekennzeichnet. Das GHS-System wurde mit der CLP⁵-Verordnung, Verordnung über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen in der EU eingeführt. Am auffälligsten ist die Änderung der Kennzeichnungssymbole. Zur Darstellung der Gefahren werden statt der Gefahrensymbole Gefahrenpiktogramme, rot umrandete Raute mit schwarzem Symbol auf weißem Hintergrund (**Tabelle**), verwendet. Zur weiteren Kennzeichnung wurden die Signalwörter „Achtung“ und „Gefahr“ eingeführt.

- **Achtung:** Signalwort für die weniger schwerwiegenden Gefahrenkategorien.
- **Gefahr:** Signalwort für die schwerwiegenden Gefahrenkategorien.

Tabelle: Gefahrenkennzeichnung (Alt und Neu im Vergleich)

	Physikalisch chemische Gefahren			Gesundheitsgefahren				Umweltgefahren
Alt	 E	 F F+	 O	 C	 T T+	 Xi	 Xn	 N
Neu	 Explosiv	 Entzündlich  Komprimierte Gase	 Brandfördernd  Korrosiv wirkende Stoffe	 Ätzend, Reizend	 Giftig	 Reizend	 Gesundheitsschädlich KMR-Stoffe	 Umweltgefährlich

¹ CE, Abk. für: Communauté Européenne (franz.) = Europäische Gemeinschaft

² TÜV, Abk. für: Technischer Überwachungsverein

³ VDE, Abk. für: Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.

⁴ GHS, Abk. für: Globally Harmonised System (engl.) = Global Harmonisiertes System

⁵ CLP, Abk. für: Classification, Labelling and Packaging (engl.) = Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung

Eine Substanz, die als gefährlich eingestuft und verpackt ist, muss ein Kennzeichnungsetikett (**Bild 1**) mit folgenden Elementen tragen.

Chemische Bezeichnung des Stoffes Name und Indexnummer	Methanol (Index Nr. 603-001-00-X)	Gefahrenhinweise H-Sätze
Gefahrenpiktogramme (Tabelle, Seite 13)	Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar. Giftig bei Verschlucken. Giftig bei Hautkontakt. Giftig bei Einatmen. Schädigt die Augen, Erblindungsgefahr. Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen. An einem gut belüfteten Ort lagern. Behälter dicht verschlossen halten. Schutzhandschuhe/Schutzkleidung tragen. Bei Berührung mit der Haut: Mit reichlich Wasser und Seife waschen. Bei Verschlucken: Sofort Giftinformationszentrum oder Arzt rufen. Unter Verschluss lagern.	
Nennmenge	5 L	Sicherheitshinweise P-Sätze
Signalwort	Gefahr	
Vollständige Anschrift des Herstellers, Vertreibers oder Einführers	Max Meier KG, Schellingerstr. 20 München, Tel. 089...	

Bild 1: Beispiel für die Kennzeichnung eines gefährlichen Stoffes

1.4 Sicherheitszeichen

Im technischen Regelwerk der Arbeitsstättenverordnung (ASR) beschreibt die ASR A1.3 die Anforderungen für die Sicherheits- und Gefahrenschutzkennzeichnung in Arbeitsstätten. **Sicherheitszeichen (Hintere Umschlaginnenseite, Tabelle)** dienen zur Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung. Sie warnen vor Gefahren, leiten in gefährlichen Situationen und geben Handlungsanweisungen. Dazu gehört ebenso das Aufzeigen von Verboten. Jede Kennzeichnung soll schnell und unmissverständlich die Aufmerksamkeit auf Gegenstände und Sachverhalte lenken, die Gefahren verursachen können.

Sicherheitszeichen ermöglichen allein durch die Kombination von **Form** und **Sicherheitsfarbe** eine Aussage darüber, ob es sich dabei um Verbotss-, Gebots-, Warn-, Rettungs- oder Brandschutzzeichen handelt (**Tabelle**). Zusätzlich haben Sicherheitszeichen noch ein entsprechendes **Bildsymbol**.

- **Verbotsszeichen** untersagen ein Verhalten, durch das eine Gefahr entstehen kann, z. B. Schalten verboten (**Bild 2**).
- **Gebotszeichen** schreiben ein bestimmtes Verhalten vor, z. B. Schutzhelm benutzen.
- **Warnzeichen** warnen vor Risiken oder Gefahren, z. B. Warnung vor Laserstrahl.
- **Rettungszeichen** kennzeichnen Rettungswege oder Notausgänge oder den Weg zu einer Erste-Hilfe-Einrichtung.
- **Brandschutzzeichen** kennzeichnen die Standorte von Feuermelde- oder Feuerlöscheinrichtungen.
- **Zusatzzeichen** (**Bild 2**) dürfen nur in Verbindung mit einem Sicherheitszeichen verwendet werden. Sie liefern zusätzliche Hinweise durch Worte oder Texte.

Tabelle: Form, Farbe und Bedeutung von Sicherheitszeichen

Geometrische Form	Sicherheitsfarbe	Bedeutung	Anwendungsbeispiel
Kreis mit Diagonalbalken	ROT	Verbot	Rauchen verboten
Kreis	BLAU	Gebot	Kopfschutz benutzen
gleichseitiges Dreieck mit gerundeten Ecken	GELB	Warnung	Warnung vor feuergefährlichen Stoffen
Quadrat	GRÜN	Gefahrlosigkeit	Notruftelefon
Quadrat	ROT	Brandschutz	Feuerlöscher

	Verbotsszeichen	Es wird gearbeitet! Ort: Datum: Entfernen des Schildes nur durch:
	Zusatzzeichen	

Bild 2: Verbotsszeichen mit Zusatzzeichen



1.5 Erste Hilfe

Unter Erster Hilfe versteht man Hilfeleistungen vor Ort, bevor der Verletzte oder Kranke ärztlich versorgt wird.

Häufig hängt das Leben eines Verletzten davon ab, dass möglichst rasch und noch am Unfallort **Erste Hilfe (Bild 2)** geleistet wird. Der Arbeitgeber (Unternehmer) ist für eine wirksame Erste Hilfe verantwortlich und hat die dafür erforderlichen Maßnahmen zu treffen. Dazu gehören insbesondere auch die Benennung einer ausreichenden Anzahl von **Ersthelfern** (gesetzlich vorgeschrieben in DGUV Vorschrift 1), die Sicherstellung einer entsprechenden Ausbildung und die Zurverfügungstellung einer geeigneten Erste-Hilfe-Ausrüstung.

Bei Unfällen durch elektrischen Strom ist auf Eigenschutz zu achten und der über den Menschen fließende Strom muss unterbrochen werden.

In Niederspannungsanlagen (übliche Spannung im Haushalt und Gewerbe 230/400 V bis maximal 1000 V) erfolgt eine Unterbrechung des Stromkreises z.B. durch Ausschalten, Ziehen des Steckers oder Herausnehmen der Sicherung. Kann der Stromkreis nicht unterbrochen werden, so ist der Verunglückte durch einen nichtleitenden Gegenstand, z.B. eine Isolierstange, von den unter Spannung stehenden Teilen zu trennen.

In **Hochspannungsanlagen** (über 1000 V, durch Warnschild mit Blitzpfeil gekennzeichnete Anlagen, **Bild 1**) ist sofort der Notruf zu veranlassen und Fachpersonal zu verständigen. Die Rettung aus Hochspannungsanlagen erfolgt nur durch Fachpersonal. Der Stromkreis darf deshalb nur von einer Elektrofachkraft mit Schaltberechtigung abgeschaltet werden.

Bei **unbekannter Spannung** ist ebenso wie bei Hochspannung ein Sicherheitsabstand von mindestens 5 m einzuhalten. Es sind die gleichen Maßnahmen zu ergreifen wie bei Hochspannung.

Notruf 112

- **Wo** ist es passiert?
- **Was** ist passiert?
- **Wie** viele Verletzte?
- **Welche** Verletzungen?
- **Warten** auf Rückfragen der Rettungsleitstelle! Niemals das Gespräch selbst beenden.



Bild 1: Warnung vor gefährlicher elektrischer Spannung

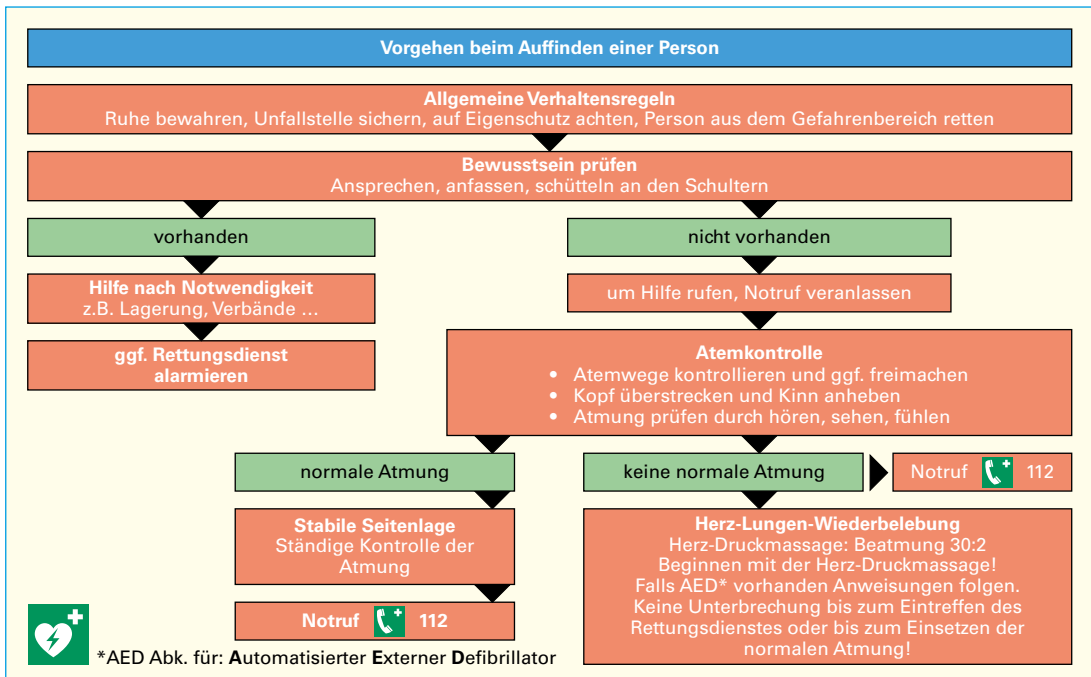
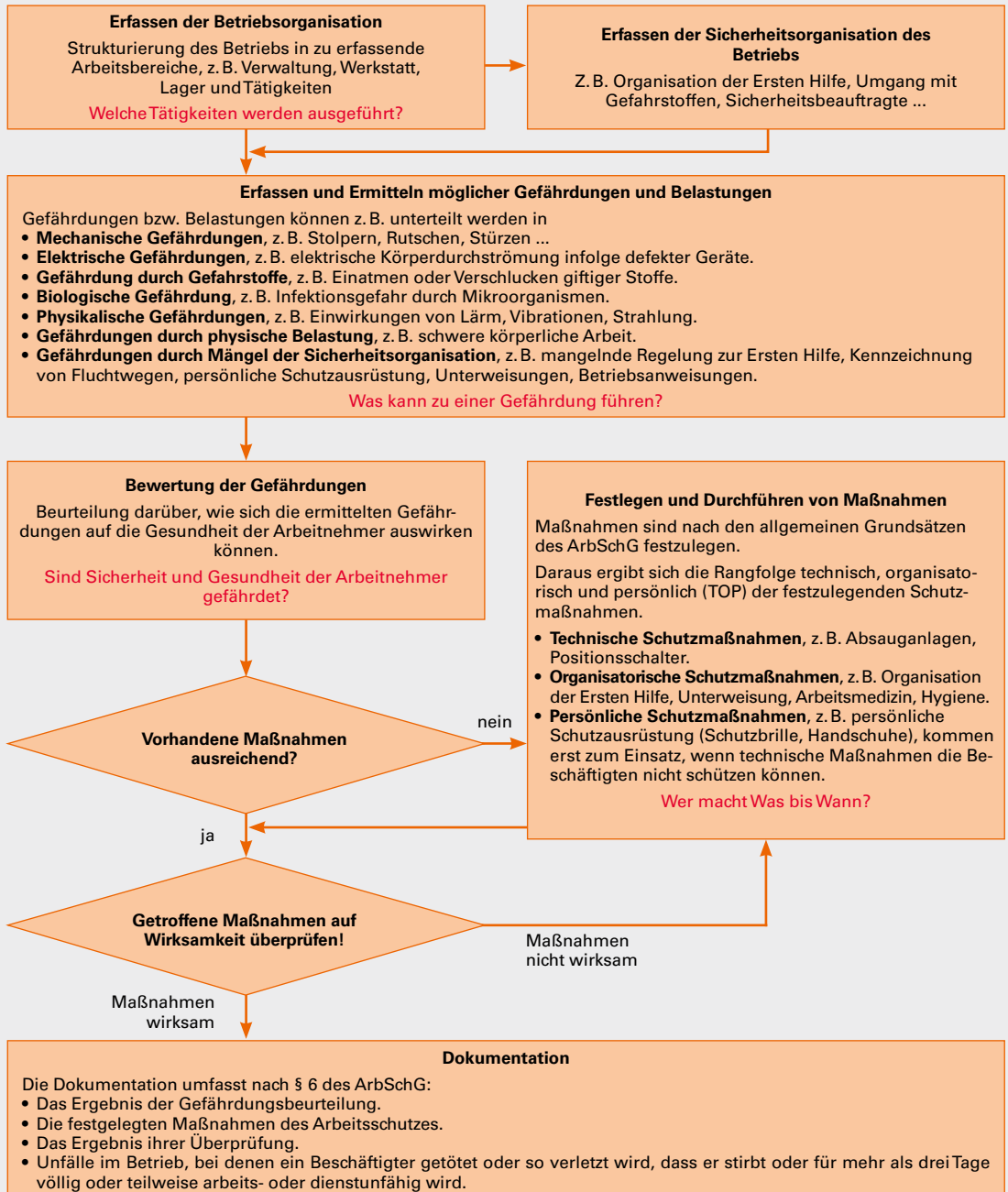


Bild 2: Maßnahmen zur Ersten Hilfe



Handlungsanleitung zur Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung

Jede Tätigkeit ist mit Unfall- und Gesundheitsrisiken verbunden. Damit die Risiken möglichst gering gehalten werden, sind Unternehmer verpflichtet, nach § 5 Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG), § 3 Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) und Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) 1111, eine Gefährdungsbeurteilung zu erstellen. Ein Unternehmen hat durch die Beurteilung der von seinen eingesetzten Arbeitsmitteln ausgehende Gefährdung auf beteiligte und unbeteiligte Personen, Tiere und Sachen zu ermitteln, welche Maßnahmen des Arbeitsschutzes erforderlich sind.





1. **a)** Auf welche Mängel bzw. Fehler lassen sich Elektrounfälle meist zurückführen? Nennen Sie Beispiele. **b)** Welche Forderungen lassen sich daraus für technische Anlagen ableiten?
2. **a)** Was versteht man unter persönlicher Schutzausrüstung? **b)** Welche Aufgabe erfüllt die persönliche Schutzausrüstung? **c)** Geben Sie Beispiele für die persönliche Schutzausrüstung an.
3. **a)** Zu welchem Zweck wird eine Gefährdungsbeurteilung durchgeführt? **b)** Nennen Sie die Schritte zur praktischen Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung.
4. Welche Pflichten ergeben sich aus den Unfallverhütungsvorschriften für die Arbeitgeber?
5. Welche Gesetze bzw. Verordnungen werden durch die folgenden Abkürzungen beschrieben: **a)** DGV, **b)** GefStoffV, **c)** ProdSG und **d)** UVV?
6. Welche Bedeutung hat auf Produkten das **a)** CE-Zeichen und **b)** GS-Zeichen?
7. Welche Verordnung dient dem Schutz von Beschäftigten vor einer Gefährdung ihrer Gesundheit durch Gefahrstoffe?
8. Geben Sie die Bezeichnungen für die in **Bild 1** dargestellten Gefahrenpiktogramme von **a)** bis **g)** an.

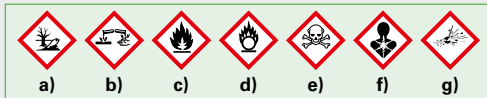


Bild 1: Gefahrenpiktogramme

9. Welche Angaben müssen auf der Verpackung von gefährlichen Stoffen vorhanden sein?
10. **a)** Durch welche Beurteilung werden die Unfall- und Gesundheitsrisiken in Betrieben möglichst gering gehalten? **b)** Nach welchen Gesetzen bzw. Vorschriften wird eine Gefährdungsbeurteilung durchgeführt?
11. Welche Pflichten ergeben sich u. a. für die Unternehmen aus der Unfallverhütungsvorschrift „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz“?
12. **a)** Was versteht man nach dem ProdSG unter Produkten? **b)** Unter welchen Voraussetzungen dürfen Produkte auf den Markt gebracht werden, und durch welches Zeichen wird dies angegeben?

13. Durch welche zwei Merkmale lassen sich Sicherheitszeichen unterscheiden?
14. Nennen Sie die Sicherheitsfarben **a)** bis **d)** für die in der **Tabelle** angegebenen Sicherheitszeichen.

Tabelle: Form und Sicherheitsfarben von Sicherheitszeichen

Sicherheitsfarbe \ Form	a)	b)	c)	d)
Verbot	—	—	Gebot	—
—	—	—	—	Warnung
Brand-schutz	Gefahrlosigkeit	—	—	—

15. **a)** Welche Sicherheitszeichen können unterschieden und **b)** welche Aussagen können durch die jeweiligen Zeichen gemacht werden?
16. Benennen Sie die im **Bild 2** dargestellten Sicherheitszeichen und geben Sie ihre Bedeutung an.

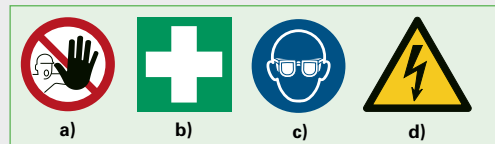


Bild 2: Sicherheitszeichen

17. Warum werden häufig bei Sicherheitszeichen Zusatzzeichen verwendet?
18. Welche Angaben müssen bei einem Notruf unbedingt gemacht werden?
19. Was versteht man unter Erster Hilfe?
20. Welche Sofortmaßnahmen sind bei Unfällen durch den elektrischen Strom zu treffen?
21. Wie kann man einem durch elektrischen Strom Verunglückten helfen, wenn der Stromkreis nicht unterbrochen werden kann?
22. Beschreiben Sie die Maßnahmen der Ersten Hilfe, wenn Sie einen Verletzten auffinden, der **a)** ansprechbar ist oder **b)** nicht ansprechbar ist.

2 Grundbegriffe der Elektrotechnik

2.1 Umgang mit physikalischen Größen

Gesetze und Normen

Das Gesetz über Einheiten im Messwesen schreibt Einheiten und Einheitenzeichen vor. Wichtige Normen sind in der **Übersicht** genannt.

Gleichungen und Formeln

Man unterscheidet

- Zahlenwertgleichungen, z.B. $3x = 8 + x$
- Größengleichungen (Formeln), z.B. $F_G = m \cdot g$

Zahlenwertgleichungen setzen zwei Terme z.B. ($3x$ und $8 + x$) mit Zahlen und Variablen (x) gleich. Die Zahl für die Variable (x), die beide Terme gleichwertig macht, ist die Lösung der Gleichung ($x = 4$).

Größengleichungen (Formeln) bestehen meist aus Variablen, z.B. F_G , m . Sie erfassen den mathematischen Zusammenhang zwischen physikalischen Größen.

Einheitenvorsätze

Sehr große oder sehr kleine Größenwerte drückt man mit einem Einheitenvorsatz aus (**Tabelle 1**). Man schreibt z.B. **5432 km** statt **5 432 000 m**.

Physikalische Größen

Messbare Eigenschaften von Körpern oder physikalischen Zuständen nennt man **physikalische Größen**, z.B. Länge, Temperatur, Spannung. Sie bestehen aus einem Zahlenwert und der Maßeinheit, z.B. 3,4 m, 36 °C oder 230 V. Physikalische Größen werden mit Formelzeichen abgekürzt, z.B. l für Länge, T für Temperatur, U für elektrische Spannung.

In der Technik werden nur SI-Einheiten¹ oder davon abgeleitete Einheiten benutzt (**Tabelle 2**).

Kursiv schreibt man nach DIN 1313 und DIN 1338

- Formelzeichen z.B. F (Kraft),
- Variablen, z.B. x , y .

Masse und Kraft

Den Materiegehalt einer Stoffmenge z.B. von einem Liter Wasser nennt man Masse. Die Masse hat das Formelzeichen m und die Maßeinheit kg. Die Masse ist ortsunabhängig. Auf der Erde wirkt auf jede Masse eine Anziehung. Diese Eigenschaft nennt man Gewichtskraft F_G (**Bild**).

Tabelle 1: Vorsätze für Vielfache und Teile der Einheiten (Auswahl)

Vorsatz	Peta	Tera	Giga	Mega	Kilo	Dezi	Zenti	Milli	Mikro	Nano	Piko
Zeichen	P	T	G	M	k	d	c	m	μ	n	p
Faktor	10^{15}	10^{12}	10^9	10^6	10^3	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}
				1 000 000	1 000	0,1	0,01	0,001	0,000 001		

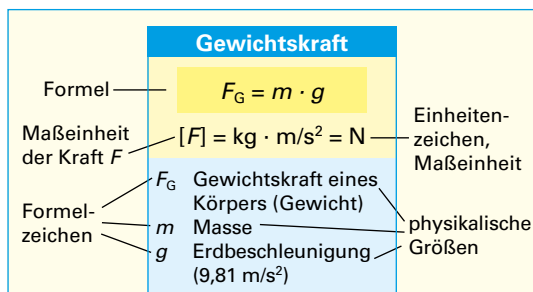
Tabelle 2: SI-Basisgrößen und SI-Basiseinheiten

Basisgröße	Länge	Zeit	Masse	Stromstärke	Temperatur	Stoffmenge	Lichtstärke
Formelzeichen	l	t	m	I	T	n	I_v
Basiseinheit	Meter	Sekunde	Kilogramm	Ampere	Kelvin	Mol	Candela
Einheitenzeichen	m	s	kg	A	K	mol	cd

¹ SI, Abk. für: Système International d'unités (frz.) = Internationales Einheitensystem

Übersicht: Normen über Größen und Einheiten, Formelzeichen und Gleichungen

- DIN 1301 Einheiten
- DIN 1302 Mathematische Zeichen und Begriffe
- DIN 1304 Formelzeichen
- DIN 1313 Physikalische Größen und Gleichungen
- DIN 1338 Formelschreibweise



Beispiel:

Eine Kiste mit Werkzeugen hat die Masse $m = 15$ kg. Berechnen Sie die Gewichtskraft F_G .

Lösung:

$$F_G = m \cdot g = 15 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 147 \text{ N}$$

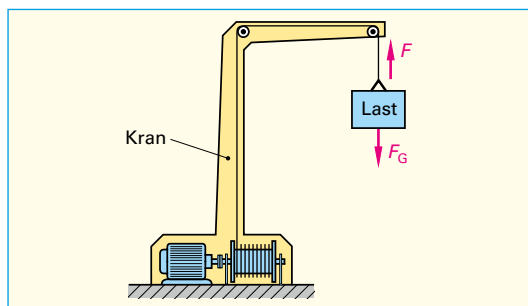


Bild: Kräfte auf eine Last am Kran

Mechanische Arbeit

Eine Arbeit wird immer dann verrichtet, wenn ein Körper durch Einwirkung einer Kraft F entlang eines Weges s bewegt wird, z.B. wenn der Kran in **Bild, Seite 18** die Last gegen die Gewichtskraft F_G hochhebt. Dabei müssen die Richtung der Kraft F und die Bewegungsrichtung des Körpers gleich sein. Die Arbeit W^1 wird in der Maßeinheit **Newtonmeter** (Einheitenzeichen Nm) oder mit dem besonderen Einheitennamen **Joule**² (Einheitenzeichen J) gemessen.

Energie

Die angehobene Last hat sich äußerlich nicht geändert. Sie hat jedoch beim Anheben Energie gespeichert. Beim Absenken der Last ist sie in der Lage, Arbeit zu verrichten, z.B. einen Generator anzutreiben.

Energie ist das Vermögen, Arbeit zu leisten.

Die Last am Kran kann beim Absenken genauso viel Arbeit verrichten, wie zuvor Arbeit aufgewendet wurde, um die Last anzuheben. Diesen Zusammenhang nennt man **Energieerhaltungssatz**.

Energie kann nicht erzeugt oder verbraucht werden. Energie kann man nur in andere Energiearten umwandeln.

Die Maßeinheit der Energie ist Newtonmeter (Nm) oder Joule (J), genau wie bei der Arbeit.

Die Energie, die in der angehobenen Last gespeichert ist, heißt **potenzielle Energie** W_{pot} (Lageenergie). Beim Absenken wird sie in Bewegungsenergie (**kinetische Energie** W_{kin}), beim Bremsen meist in **Wärme** umgewandelt. Man unterscheidet außer der **mechanischen Energie** noch andere Energiearten (**Übersicht**).

Beispiel:

Ein Gabelstapler hebt einen Elektromotor mit der Masse $m = 75 \text{ kg}$ den Weg $s = 1,2 \text{ m}$ hoch (**Bild**). Berechnen Sie

a) die Gewichtskraft des Elektromotors, b) die Arbeit, die zum Anheben nötig ist.

Lösung:

a) $F_G = m \cdot g = 75 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 736 \text{ N}$; b) $W = F \cdot s = 736 \text{ N} \cdot 1,2 \text{ m} = 883 \text{ Nm}$

Elektrische Energie: **Seite 39**, elektrische Leistung: **Seite 41**

Mechanische Leistung

Die aufgewendete Leistung des Gabelstaplers ist umso größer, je schwerer die Last ist, die er anhebt, und je kürzer die Zeit ist, die er dafür benötigt. Allgemein gilt: Je größer eine Arbeit ist und je schneller sie verrichtet wird, desto mehr **Leistung** P^3 muss dazu aufgebracht werden. Die Maßeinheit für die Leistung ist Watt⁴ (W).

Leistung ist verrichtete Arbeit geteilt durch die benötigte Zeit.

Beispiel:

Der Gabelstapler aus obigem **Beispiel** benötigt zum Anheben der Last 3 s. Berechnen Sie die erforderliche Leistung.

Lösung:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{883 \text{ Nm}}{3 \text{ s}} = 294 \frac{\text{Nm}}{\text{s}} = 294 \frac{\text{Ws}}{\text{s}} = 294 \text{ W}$$

¹ W von work (engl.) = Arbeit, ² nach Joule (sprich dschul), engl. Physiker, 1818 bis 1889

³ P von power (engl.) = Leistung ⁴ nach James Watt, engl. Physiker, 1736 bis 1819

Arbeit und Energie

$$W = F \cdot s \quad [W] = \text{Nm}$$

$$W_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$$

W	Arbeit, Energie
W_{pot}	potenzielle Energie
F	Kraft
s	Weg
m	Masse
g	Erdbeschleunigung ($9,81 \text{ m/s}^2$)
h	Höhe

Übersicht: Energiearten

- Mechanische Energie
- Kernenergie
- Wärmeenergie
- Elektrische Energie
- Lichtenergie
- Chemische Energie

1 Nm = 1 J = 1 Ws

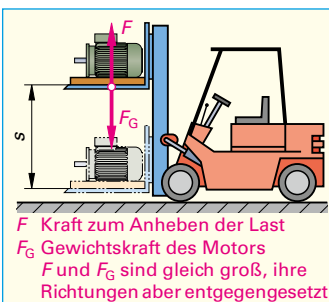


Bild: Verrichten einer Arbeit durch einen Gabelstapler

Leistung

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot s}{t} = F \cdot v$$

$$[P] = \frac{\text{Nm}}{\text{s}} = \frac{\text{Ws}}{\text{s}} = \text{W}$$

P	Leistung	F	Kraft
W	Arbeit	s	Weg
v	Geschwindigkeit	t	Zeit

Leistung

- Formelzeichen: P
- Einheitenname: Watt
- Einheitenzeichen: W
- Einheitenvorsätze (Beispiele):
 $1 \text{ mW} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ W} = 0,001 \text{ W}$
 $1 \text{ kW} = 1 \cdot 10^3 \text{ W} = 1000 \text{ W}$
 $1 \text{ MW} = 1 \cdot 10^6 \text{ W} = 1\,000\,000 \text{ W}$

2.2 Arten von Stromkreisen

In der Elektrotechnik muss die elektrische Energie sicher und wirtschaftlich bis zum Verbraucher geliefert werden. Dazu benötigt man verschiedene Stromkreise. Man unterscheidet in der Praxis:

- **Elektrische Gleichstromkreise,**
- **Einphasen-Wechselstromkreise** (vereinfacht **Wechselstromkreise** genannt),
- **Dreiphasen-Wechselstromkreise** (auch **Drehstromkreise** genannt).

Elektrischer Gleichstromkreis (Seite 21)

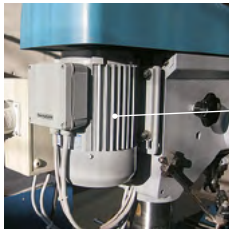
Betriebsmittelanschluss	Kennzeichnung	Schaltplan
Positiver Pol	+	
Negativer Pol	-	
Leiterbenennung	Kennzeichnung	
Positiver Leiter	L+	
Negativer Leiter	L-	

Überstrom-Schutzeinrichtungen (Sicherungen)

Gleichrichtung: Seite 157

Dreiphasen-Wechselstromkreis

Leiterbenennung	Kennzeichnung	Schaltplan
Außenleiter 1	L1	
Außenleiter 2	L2	
Außenleiter 3	L3	
Neutralleiter	N	
Schutzleiter	PE	
Neutralleiter mit Schutzfunktion	PEN	

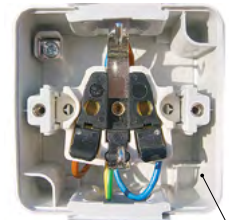


Drehstrommotor

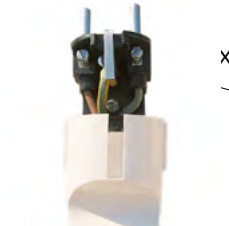
• Schaltzeichen: Seite 287

Einphasen-Wechselstromkreis (Seite 115)

Leiterbenennung	Kennzeichnung	Schaltplan
Außenleiter	L*	
Neutralleiter	N	
Schutzleiter	PE	



Schutzkontaktsteckdose



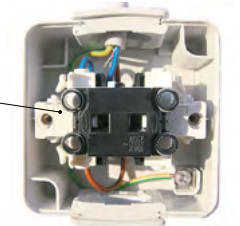
Schutzkontaktstecker



Abzweigdose



Leuchte mit Lampe



Ausschalter

Anstelle der schwarzen Ader bei 5-adrigen Leitungen kann bei dreiadrigen Leitungen die blaue Ader verwendet werden.

- Installationsschaltungen: Seite 100
- Farbkennzeichnung von Leitern: Seite 193
- Leitungsverlegung: Seite 196

* Die Zahl nach „L“, z.B. L1, L2, L3, wird nur in Stromkreisen mit mehr als einem Außenleiter angegeben.

Elektrischer Gleichstromkreis

Versuch 1: Verbinden Sie durch zwei Kupferdrähte eine Lampe für 1,2 V/0,22 A mit den Anschlüssen einer 1,5-V-Batterie, z. B. einer Mignon-(AA-)Batterie (**Bild 1**).

Die Lampe leuchtet nur, wenn sie mit den Drähten verbunden ist und diese mit den Polen der Batterie Kontakt haben.

Die Batterie liefert die elektrische Energie, welche die Lampe zum Leuchten bringt. Die Batterie ist im Versuch der **Erzeuger** (nach DIN VDE 0100-200 auch **Stromquelle** genannt). Die Lampe ist das elektrische Verbrauchsmittel oder kurz der Verbraucher. (Für die Begriffe Erzeuger und Verbraucher siehe auch **Seite 39**.)

Die Lampe leuchtet, wenn sie vom **elektrischen Strom** durchflossen wird. Dieser Strom fließt vom Pluspol der Batterie durch den oberen Draht zum Fußkontakt der Lampe, durch den Glühfaden hindurch zum Lampengebinde und durch den unteren Draht zur Batterie zurück (**Bild 1**). In der Praxis wird diese Schaltung z. B. in einer Taschenlampe verwendet (**Bild 2**).

Der elektrische Strom fließt vom Erzeuger zum Verbraucher und wieder zurück zum Erzeuger. Diesen geschlossenen Weg nennt man elektrischen **Stromkreis**. Fließt der Strom im Stromkreis immer in die selbe Richtung, so spricht man von Gleichstrom.

- Elektrischer Strom fließt nur im geschlossenen Stromkreis.
- Ein Stromkreis besteht mindestens aus Erzeuger, Verbraucher und aus dem Hin- und Rückleiter.
- Im elektrischen Gleichstromkreis hat der Strom immer die gleiche Richtung. Die Stromstärke kann sich verändern.

Versuch 2: Fügen Sie in den Stromkreis des letzten Versuchs nacheinander Stäbe aus Kupfer, Aluminium, Stahl, Kohle, Glas, Porzellan und Kunststoff ein (**Bild 3**).

Nur bei den Metallstäben und beim Kohlestab leuchtet die Lampe (allerdings mit unterschiedlicher Helligkeit).

Metalle leiten den elektrischen Strom gut, Kohle weniger gut; Glas, Porzellan und Kunststoffe leiten den Strom gar nicht.

Versuch 3: Füllen Sie einen Becher aus Glas mit destilliertem Wasser¹ und tauchen Sie zwei blanke Kupferdrähte hinein. Verbinden Sie die Drähte mit der 1,5-V-Batterie und der Lampe. Schließen Sie den Stromkreis mit einem dritten Kupferdraht von der Lampe zur Batterie (**Bild 4**). Geben Sie dann etwas Kochsalz in das Wasser und lösen Sie es durch Umrühren mit einem Glasstab auf.

Bei destilliertem Wasser bleibt die Lampe dunkel. Nach Auflösen des Salzes leuchtet sie.

Reines Wasser leitet den elektrischen Strom fast nicht. Die Lösung eines Salzes oder einer Säure ist stromleitend.

Die einzelnen Stoffe leiten den elektrischen Strom mehr oder weniger gut. Metalle, z. B. Kupfer oder Aluminium, besitzen eine gute Leitfähigkeit. Man verwendet sie als **Leiter**. Stoffe, die den elektrischen Strom nicht leiten, wie Luft, Gummi, Glas, Porzellan oder Kunststoffe bezeichnet man als **Nichtleiter**. Sie werden als **Isolierstoffe** benutzt.

Stoffe, deren elektrische Leitfähigkeit zwischen der Leitfähigkeit von Leitern und von Nichtleitern (Isolierstoffen) liegt, nennt man **Halbleiter** (**Seite 146**). Sie werden für Bauelemente der Elektronik verwendet.

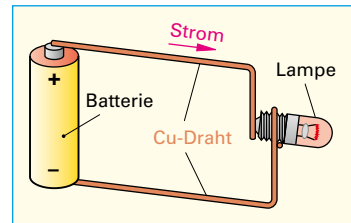


Bild 1: Einfacher Gleichstromkreis

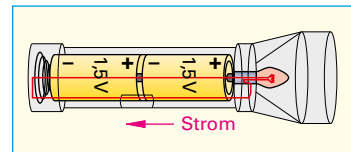


Bild 2: Taschenlampe

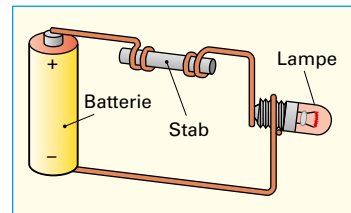


Bild 3: Leiter und Isolierstoffe im Stromkreis

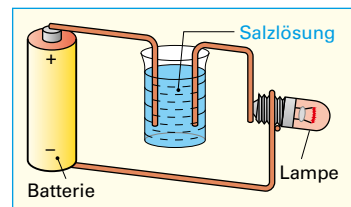


Bild 4: Salzlösung als Leiter

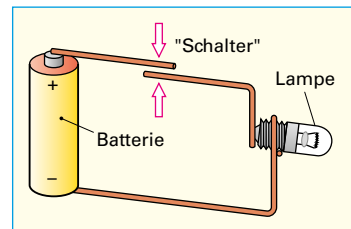


Bild 5: Unterbrechen des Stromkreises

sind alle Metalle, Kohle, feuchte Erde und manche Flüssigkeiten.

Nichtleiter (Isolierstoffe) sind z. B. Luft, Gummi, Glas oder Kunststoffe.

Halbleiter sind z. B. Silicium und Germanium.

¹ Destilliertes Wasser ist Wasser ohne die im normalen Leitungswasser vorkommenden Ionen, Spurenelemente und Verunreinigungen.