

WICHTIGE FORMELZEICHEN, GRÖSSEN UND EINHEITEN

NACH DIN 1304

Formel- zeichen ¹	Größe	Einheit, Einheiten- name	Einheiten- zeichen, Be- merkungen	Formel- zeichen ¹	Größe	Einheit, Einheiten- name	Einheiten- zeichen, Be- merkungen
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} $\hat{i}$ $\hat{i}$ $\hat{i}$	elektrische Stromstärke Wirkstrom induktiver Blindstrom kapazitiver Blindstrom Augenblickswert Amplitude, Scheitelwert Spitze-Tal-Wert	Ampere	A	A, S S, q α, β, γ φ, α	Flächeninhalt, Fläche Querschnittsfläche ebener Winkel Drehwinkel	Meter hoch zwei Grad Radian, Grad	m ² ° rad, °(Grad)
J	elektrische Stromdichte	Ampere je m ²	$\frac{\text{A}}{\text{m}^2}$	Raum und Zeit			
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	t Δt T τ, T	Zeit, Dauer Zeitspanne Periodendauer Zeitkonstante	Sekunde	s
R	elektr. Widerstand, Wirkwiderstand	Ohm	Ω	f	Frequenz	Hertz	Hz = 1/s
G B Y	elektrischer Leitwert Blindleitwert Scheinleitwert	Siemens	1 S = 1 $\frac{1}{\Omega}$	ω	Kreisfrequenz, Winkelgeschwindigkeit	je Sekunde Radian je Sek.	1/s rad/s
ϱ	spezifischer Widerstand	Ohm · m	$\Omega \cdot \text{m}$	n, f_r	Drehzahl, Umdrehungsfrequenz	je Sekunde	$\frac{1}{\text{s}}$
γ, σ, κ	elektrische Leitfähigkeit	Siemens je m	$\frac{\text{S}}{\text{m}} = \frac{1}{\Omega \cdot \text{m}}$	λ	Wellenlänge	Meter	m
X X_L X_C	Blindwiderstand indukt. Blindwiderstand kapazit. Blindwider- stand	Ohm	Ω	v, u, w, c	Geschwindigkeit	Meter je Sekunde	$\frac{\text{m}}{\text{s}}$
Z	Scheinwiderstand, Impedanz	Ohm	Ω	a	Beschleunigung, Verzögerung	Meter je Sek. hoch zwei	$\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
W	Arbeit, Energie	Joule	1 J = 1 Ws	Mechanik			
P	Leistung, Wirkleistung	Watt	W	m	Masse, Gewicht	Kilogramm	kg
S	Scheinleistung	Volt · Ampere	VA	F	Kraft	Newton	N
Q_L Q_C	induktive Blindleistung kapazitive Blindleistung	Volt Ampere reaktiv, Watt	var, W	M	Kraftmoment, Drehmoment	Newtonmeter	Nm
E	elektrische Feldstärke	Volt je m	V/m	W, A, E	Arbeit, Energie	Joule	J
C	elektrische Kapazität	Farad	1 F = 1 As/V	P	Leistung	Watt	W
ε ε_0	Permittivität elektr. Feldkonstante	Farad je m	F/m	η ζ	Wirkungsgrad Arbeitsgrad, Nutzungsgrad	–	1
ε_r	Permittivitätszahl	–	1	Wärme und Wärmeübertragung			
φ	Phasenverschiebungs- winkel	Grad, Radian	° rad	T, θ	thermodynamische Temperatur Temperaturdifferenz	Kelvin	K
N	Windungszahl	–	1	$\Delta T, \Delta t,$ $\Delta \theta$			
Θ	elektr. Durchflutung	Ampere	A	t, θ	Celsius-Temperatur	Grad Celsius	°C
H	magnetische Feldstärke	Ampere je m	A/m	Q	Wärmemenge	Joule	J
Φ	magnetischer Fluss	Weber	1 Wb = 1 Vs	C_{th}	Wärmekapazität	Joule je Kelvin	$\frac{\text{J}}{\text{K}}$
B	magnet. Flussdichte	Tesla	1 T = 1 Vs/m ²	c	spezifische Wärmekapazität	Joule je kg und Kelvin	$\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$
L	Induktivität	Henry	1 H = 1 Vs/A	Licht und elektromagnetische Strahlung			
μ	Permeabilität	Henry je m	1 $\frac{\text{H}}{\text{m}} = 1 \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$	I_v	Lichtstärke	Candela	cd
μ_0	magnet. Feldkonstante	–	1	Φ_v	Lichtstrom	Lumen	1 lm = 1 cd · sr
μ_r	Permeabilitätszahl relative Permeabilität	–	1	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

14. überarbeitete und erweiterte Auflage

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

Lektorat: Klaus Tkotz, Kronach

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
Gmeiner, Christian	Oppenau
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., 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 jeweiligen 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.

14. Auflage 2026

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch sind.

ISBN 978-3-8085-3304-8

Bei Fragen zur Produktsicherheit wenden Sie sich bitte an produktsicherheit@europa-lehrmittel.de.

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

© 2026 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagidee: Klaus Tkotz

Illustrationen: Autoren; Steckdose: © emmi – Adobe Stock; Weltkugel: © erdquadrat – Adobe Stock

Druck: UAB BALTO print, 08217 Vilnius (LT)

Allgemeines

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



Wichtige Formeln der Elektrotechnik: **Seite 286**

Elektrotechnik

Inhaltsverzeichnis (Kurzform)

1 Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz	12
2 Grundbegriffe der Elektrotechnik	18
3 Grundsaltungen der Elektrotechnik	46
4 Elektrisches Feld	68
5 Magnetisches Feld	79
6 Schaltungstechnik	97
7 Wechselstromtechnik	116
8 Messtechnik	127
9 Elektronik	145
10 Elektrische Anlagentechnik	184
11 Schutzmaßnahmen	206
12 Informationstechnik	231
13 Werkstoffe, Fertigung, Umwelt, Energieeinsparung	258

Infoseiten

• Schaltzeichen	289
• Elektrotechnische Symbole, Prüfzeichen	293
• Widerstände und Kondensatoren (Kennzeichnung)	295
• Überstrom-Schutzeinrichtungen (Auslösekennlinien)	296
• Leitungen u. Kabel (Verlegearten, Mindestquerschnitte)	297
• Leitungen, Umrechnungsfaktoren, Strombelastbarkeit	298
• Normspannungen, Normfrequenzen	299
• Kennlinien Dioden, Transistoren	300
• Fachbegriffe Englisch – Deutsch	302

Praxistipps

• Gefährdungsbeurteilung	16
• Installation einer Wechselschaltung	99
• Aufbau einer Video-Haussprechanlage in Bustechnik	107
• Praktisches Messen mit dem Digitalmultimeter	138
• Messen mit dem Digital-Oszilloskop	142
• Messen mit dem Oszilloskop	143
• Farbkennzeichnung von Leitern	189
• Verlegen von Leitungen	193
• Beispiel einer Leitungsberechnung	204
• Auswahl eines PC-Mainboards	239
• Servicearbeiten am PC	243
• Installation eines Computernetzwerkes	251
• Herstellen einer WLAN-Verbindung	255

Kapitelnummer und Symbole

1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



11



12



13



Liebe Leserin, lieber Leser,

willkommen zur 14. Auflage der Grundbildung Elektrotechnik. Wir haben ein neues Erscheinungsbild! In dieser aktualisierten Auflage stellen wir Ihnen unsere überarbeiteten und neuen fachlichen Inhalte vor. Aktualität, prüfungsrelevante Inhalte, Praxistipps, neueste technische Vorschriften in verständlicher Sprache sind uns sehr wichtig.

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.

Hinweise zum Buch

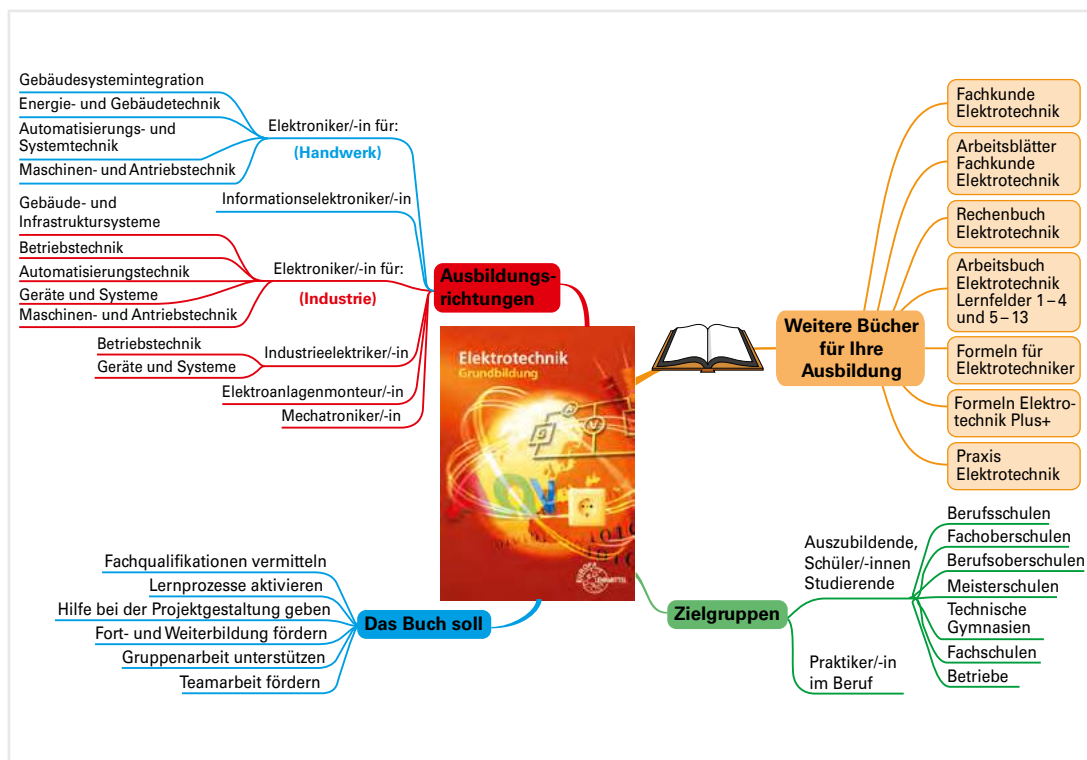
- Zu wichtigen Themen, z. B. Spannungsteiler (**Seite 52**), kann man mithilfe von Animationen Wissen verständlicher machen. Diese Animationen können käuflich erworben werden.



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.

Mit freundlichen Grüßen, Ihre Autoren

Sommer 2026

Information zur Abschlussprüfung in den Elektroberufen in Handwerk und Industrie

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

TABELLE 1: Prüfungsteile und deren Gewichtung		
	Prüfung Teil 1	Prüfung Teil 2
Wann?	Im 4. Ausbildungshalbjahr (nach 1 ½ bis 2 Jahren)	Ende 7. Ausbildungshalbjahr (nach 3 ½ 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 • Arbeitsauftrag (Arbeitsaufgabe mit Fachgespräch)
Welche Gewichtung?	40 % ¹	60 % ¹
1 bei neuen Handwerksberufen 30 % und 70 %		

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, 97, 289
• Elektrotechnische Grundgrößen.	18, 286
• Gefahren des elektrischen Stromes.	206
• Arbeitsschutz und Unfallschutz, Sicherheitsregeln.	12, 206, 211
• Messverfahren, Oszilloskop.	127, 140
• Wechselstromtechnik.	116
• Elektronische Bauelemente.	145
Lernfeld: Elektrische Installationen planen und ausführen	
• Installationsschaltungen.	100
• Auswahl von Kabeln, Leitungen und Überstrom-Schutzorganen.	186, 195
• Leitungsdimensionierung.	204
• Sicherheitsbestimmungen, Sicherheitszeichen.	14, 209
• Umweltschutz, Energieeinsparung.	278, 282
Lernfeld: Steuerungen analysieren und anpassen	
• Digitaltechnik, Logische Grundverknüpfungen.	171, 173
• Zahlensysteme, Schaltalgebra, Kippschaltungen.	171, 179
• Hausrufanlagen, Haussprechanlagen, Relais und Schütze.	104, 108
• Englische Fachbegriffe.	302
Lernfeld: Informationstechnische Systeme bereitstellen	
• Hardware.	232, 233
• Betriebssysteme.	244
• Softwarekomponenten, Anwendungen, Internet.	244, 249
• Datensicherung, Datenschutz.	256

Kapitel 1 Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz

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

Kapitel 2 Grundbegriffe der Elektrotechnik

2.1	Umgang mit physikalischen Größen	18
2.2	Arten von Stromkreisen	20
2.3	Elektrische Ladung (Elektrizitätsmenge)	23
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 Leiterwiderstandes	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

Kapitel 3 Grundschaltungen der Elektrotechnik

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
3.3.3	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	Brennstoffzellen	61
3.5.3	Grundbegriffe zu Primär- und Sekundärbatterien	62
3.5.4	Batterien (Primärbatterien)	63
3.5.5	Akkumulatoren (Sekundärbatterien)	64
	Wiederholen · Anwenden · Vertiefen: Grundschaltungen	67

Kapitel 4 Elektrisches Feld

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
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 von Kondensatoren	75
4.4.2	Reihenschaltung von Kondensatoren	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

Kapitel 5 Magnetisches Feld

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 parallele Leiter	89
5.5.3	Stromdurchflossene Spule im Magnetfeld	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

Kapitel 6 Schaltungstechnik

6.1	Schaltungsunterlagen	97
	Praxistipp: Installation einer Wechselschaltung 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

	Praxistipp: Aufbau einer Video-Haussprechanlage in Bustechnik	107
6.3	Elektromagnetische Schalter	108
6.3.1	Relais	109
6.3.2	Schütze	111
	Wiederholen · Anwenden · Vertiefen: Schaltungstechnik	115

Kapitel 7 Wechselstromtechnik

7.1	Kenngößen der Wechselstromtechnik ..	116
7.1.1	Periode und Scheitelwert	116
7.1.2	Frequenz und Periodendauer	116
7.1.3	Frequenz und Wellenlänge	117
7.2	Sinusförmige Wechselgrößen	118
7.2.1	Zeiger- und Liniendiagramm	118
7.2.2	Gradmaß, Bogenmaß und Kreisfrequenz ..	119
7.2.3	Scheitelwert und Effektivwert bei sinusförmigen Wechselgrößen	120
7.2.4	Zeitlicher Verlauf von Wechselgrößen	121
7.2.5	Nichtsinusförmige Spannungen und Ströme	122
7.2.6	Phasenverschiebung	123
7.2.7	Wirkwiderstand	123
7.2.8	Scheinwiderstand	123
7.3	Spule im Wechselstromkreis	124
7.4	Kondensator im Wechselstromkreis	125
	Wiederholen · Anwenden · Vertiefen: Wechselstromtechnik	126

Kapitel 8 Messtechnik

8.1	Elektrische Messgeräte	127
8.1.1	Grundbegriffe der Messtechnik	127
8.1.2	Anzeigearten von Messgeräten	128
8.1.3	Analoge Messgeräte	128
8.1.4	Digitale Messgeräte	130
8.1.5	Elektrizitätszähler	134
8.2	Praktisches Messen	136
8.2.1	Messen von Leistungen	136
8.2.2	Messen von Widerständen	136
8.2.3	Messen mit Strommesszangen	137
8.2.4	Messkategorien	137
	Praxistipp: Praktisches Messen mit dem Digitalmultimeter	138
8.3	Oszilloskop	140
8.3.1	Analog-Oszilloskop	140
8.3.2	Digital-Oszilloskop (DSO)	140
	Praxistipp: Messen mit einem Digital-Oszilloskop	142
	Praxistipp: Messen mit dem Oszilloskop ..	143
	Wiederholen · Anwenden · Vertiefen: Messtechnik	144

Kapitel 9 Elektronik

9.1	Halbleiterwerkstoffe	145
9.2	Halbleiterwiderstände	147
9.2.1	Spannungsabhängige Widerstände (Varistoren)	147
9.2.2	Heißeleiter (NTC-Widerstände)	148
9.2.3	Kaltleiter (PTC-Widerstände)	149
9.3	Halbleiterdioden	151
9.3.1	Wirkungsweise	151
9.3.2	Leistungsdioden	151
9.3.3	Z-Dioden (Begrenzerdioden)	152
9.3.4	Halbleiterkennzeichnung	153
9.3.5	Gleichrichterschaltungen	154

9.4	Transistoren	157
9.4.1	Bipolare Transistoren	157
9.5	Optoelektronik	163
9.5.1	Optoelektronische Sender	163
9.5.2	Optoelektronische Empfänger (Detektoren) .	165
9.5.3	Flüssigkristallanzeigen (LCD)	167
9.5.4	Optokoppler	167
9.6	Kühlung von Halbleiterbauelementen	168
9.7	Integrierte Schaltungen	169
9.8	Digitaltechnik	171
9.8.1	Zahlensysteme	171
9.8.2	Signalarten der Digital- und Steuerungstechnik	173
9.8.3	Grundverknüpfungen	173
9.8.4	Grundverknüpfungen mit Ausgangs- oder Eingangsnegation	175
9.8.5	Schaltkreisfamilien	177
9.8.6	Schaltungen in NAND- und in NOR-Technik ..	178
9.8.7	Kippschaltungen	179
9.8.8	Kippglieder	181
	Wiederholen · Anwenden · Vertiefen: Elektrotechnik	183

Kapitel 10 Elektrische Anlagen

10.1	Energieerzeugung und Energieübertragung	184
10.2	Isolierte Leitungen, Kabel und Freileitungen	186
10.2.1	Isolierte Leitungen	186
	Praxistipp: Farbkennzeichnung von Leitern (Prinzip)	189
10.2.2	Kabel für Niederspannungs- und Mittelspannungsanlagen	190
10.2.3	Freileitungen für Mittel- und Hochspannungsanlagen	190
10.2.4	Datenleitungen	191
10.2.5	Twisted-Pair-Leitung	191
10.2.6	Lichtwellenleiter (LWL)	191
	Praxistipp: Verlegen von Leitungen	193
10.3	Schutz elektrischer Leitungen und Verbraucher	195
10.4	Schutzschalter	198
10.4.1	Thermischer Auslöser	198
10.4.2	Elektromagnetischer Auslöser	198
10.4.3	Leitungsschutzschalter	199
10.4.4	Selektiver Hauptleitungsschutzschalter	200
10.5	Bemessung von fest verlegten Kabeln und Leitungen	201
10.5.1	Spannungsfall an Leitungen	202
10.5.2	Anordnung von Überstrom-Schutzeinrichtungen	203
	Praxistipp: Beispiel einer einfachen Leitungsberechnung	204
	Wiederholen · Anwenden · Vertiefen: Elektrische Anlagen	205

Kapitel 11 Schutzmaßnahmen

11.1	Gefahren im Umgang mit dem elektrischen Strom	206
11.1.1	Wirkungen des elektrischen Stroms im menschlichen Körper	206
11.1.2	Direktes und indirektes Berühren	208
11.1.3	Fachbegriffe Schutzmaßnahmen (nach DIN VDE)	208
11.2	Sicherheitsbestimmungen für Niederspannungsanlagen	209
11.2.1	Schutzklassen	209

11.2.2	IP-Schutzarten	210
11.2.3	Maßnahmen bei Arbeiten an elektrischen Anlagen	211
11.2.4	Qualifikationen für Arbeiten in der Elektrotechnik	212
11.2.5	Fehlerarten in elektrischen Anlagen	213
11.2.6	Spannungen im Fehlerfall	213
11.3	Netzsysteme	214
11.4	Schutz gegen elektrischen Schlag	216
11.5	Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung	217
11.5.1	Anforderungen an den Basisschutz	217
11.5.2	Anforderungen an den Fehlerschutz	218
11.5.3	Schutz im TN-System	219
11.5.4	Schutz im TT-System	220
11.5.5	Schutz im IT-System	221
11.6	Doppelte oder verstärkte Isolierung	222
11.7	Schutztrennung	222
11.8	Schutz durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV	223
11.9	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen	224
11.9.1	Aufbau und Funktion	224
11.9.2	Anwendungen von RCDs	225
11.9.3	Kennwerte von RCDs	226
11.9.4	Auswahl und Einsatz von RCDs	226
11.9.5	RCD als Brandschutz	228
11.10	Differenzstrom-Überwachungseinrichtung	228
11.11	Schutzvorkehrungen für Anlagen, die nur durch Elektrofachkräfte betrieben und überwacht werden	229
	Wiederholen · Anwenden · Vertiefen: Schutzmaßnahmen	230

Kapitel 12 Informationstechnik

12.1	Bereiche der Informationstechnik	231
12.2	Computer, Programme und Peripherie	232
12.2.1	Bestandteile und Funktionsweise eines Computers	232
12.2.2	Hardware, Software und Firmware	233
12.2.3	Computersystem	233
12.3	Mikrocomputer	234
12.4	Personal Computer (PC)	235
12.4.1	Komponenten eines PC	235
12.4.2	Mikroprozessor (CPU)	236
12.4.3	Halbleiterspeicher	237
12.4.4	Buskommunikation	238
12.4.5	Eingabe- und Ausgabe-Einheit	238
	Praxistipp: Auswahl eines PC-Mainboards	239
12.5	Geräte für Eingabe, Ausgabe und Speicherung	240
12.5.1	Geräte zur Eingabe	240
12.5.2	Geräte zur Ausgabe	240
12.5.3	Periphere Geräte zur Datenspeicherung	242
	Praxistipp: Servicearbeiten am PC	243
12.6	Software	244
12.6.1	Systemprogramme	244
12.6.2	Anwendungsprogramme	245
12.7	Vernetzung von Computern	246
12.7.1	Netzwerktopologien	246
12.7.2	Netzwerkdienste	246
12.7.3	Bestandteile eines lokalen Netzwerkes (LAN) in Sterntopologie	247
12.7.4	Netzwerkprotokoll	249
12.7.5	Drahtlose Netzwerke	250
12.7.6	Globales Netzwerk Internet	250

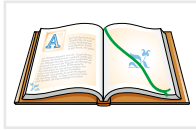
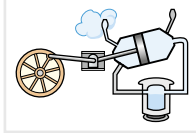
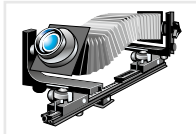
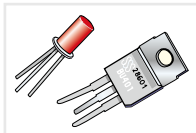
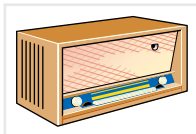
	Praxistipp: Installation eines lokalen Computernetzwerkes	251
12.7.7	Prüfung der Netzwerkverkabelung	254
	Praxistipp: Herstellen einer WLAN-Verbindung zu einem Netzwerk	255
12.8	Datensicherheit, Datenschutz und Urheberrechte	256
12.9	Schädliche Programme (Malware)	256
	Wiederholen · Anwenden · Vertiefen: Informationstechnik	257

Kapitel 13 Werkstoffe, Fertigungsverfahren, Umweltschutz und Energieeinsparung

13.1	Werkstoffe der Elektrotechnik	258
13.1.1	Leiterwerkstoffe	259
13.1.2	Kontaktwerkstoffe	260
13.1.3	Widerstandswerkstoffe	261
13.1.4	Magnetwerkstoffe	262
13.1.5	Isolierstoffe	264
13.2	Verbindungen (Fügen)	270
13.2.1	Lösbare Verbindungen in der Elektrotechnik	270
13.2.2	Unlösbare Verbindungen in der Elektrotechnik	270
13.3	Gedruckte Schaltungen	273
13.3.1	Subtraktiv-Technik	273
13.3.2	Additiv-Technik	273
13.3.3	Mehrlagen-Leiterplatten (Multilayer)	274
13.3.4	Drucktechniken	274
13.3.5	Prüfen von gedruckten Schaltungen	275
13.3.6	SMD-Technik	276
13.4	Umweltschutz	278
13.4.1	Umweltschutzverordnungen im Bereich der Elektrotechnik	278
13.4.2	Umweltschutz im Betrieb	279
13.4.3	Wiederverwertung und Entsorgung von Abfallstoffen	280
13.5	Energieeinsparung	282
13.5.1	Rationeller Umgang mit Energie	282
13.5.2	Stand-by-Betrieb	284
13.5.3	Tipps zum Energiesparen	284
	Wiederholen · Anwenden · Vertiefen: Werkstoffe, Fertigung, Umwelt	285

Infoteil

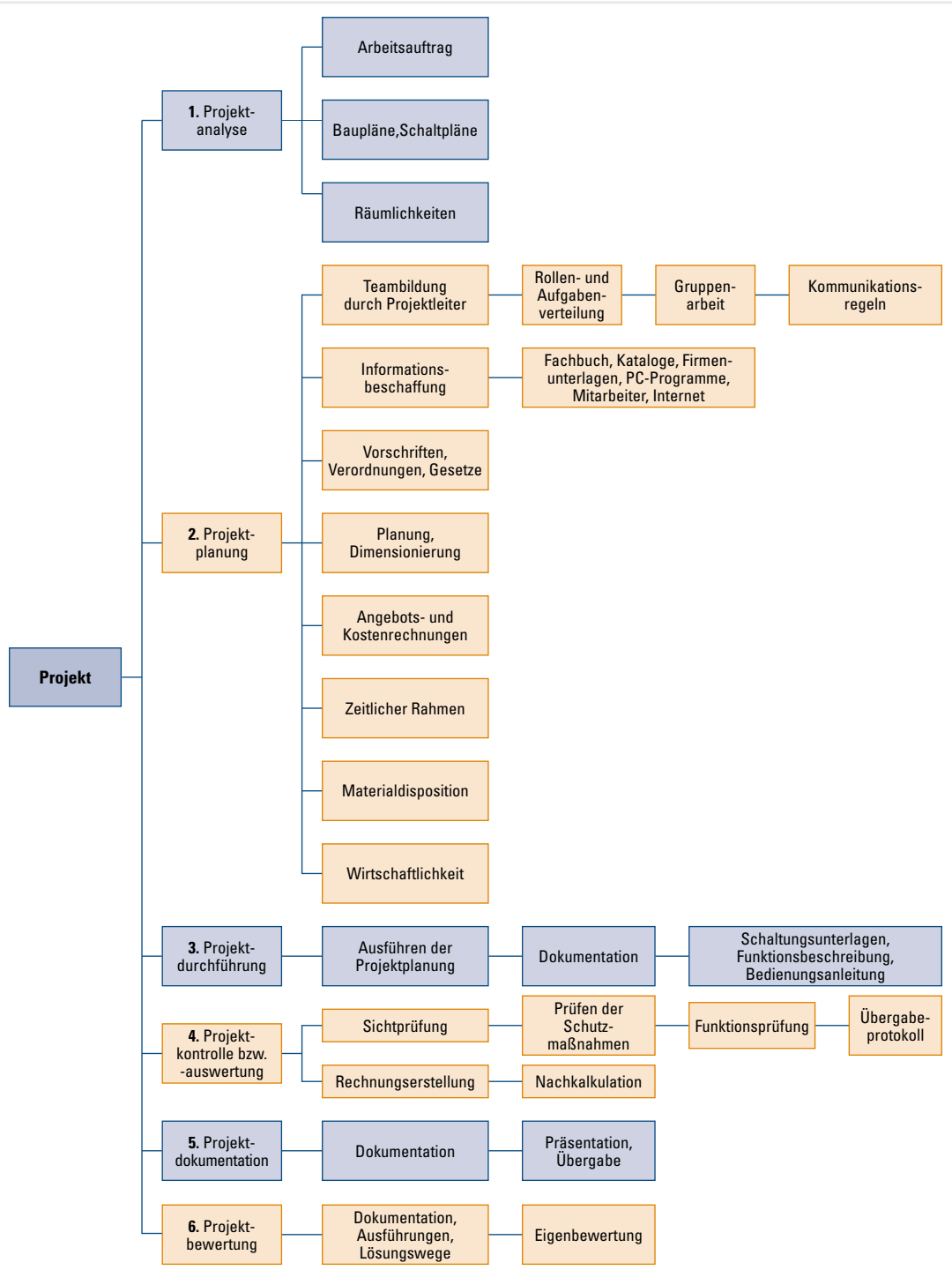
•	Wichtige Formeln	286
•	Schaltzeichen	289
•	Wichtige elektrotechnische Symbole	293
•	Wichtige Prüfzeichen, Symbole und Logos	294
•	Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren	295
•	Auslösekennlinien von Überstrom-Schutzeinrichtungen	296
•	Verlegearten von Kabeln und isolierten Leitungen, Mindestquerschnitte elektrischer Leiter	297
•	Strombelastbarkeit, Umrechnungsfaktoren von Kabeln und isolierten Leitungen	298
•	Normspannungen, Normfrequenzen und deren Kennzeichnungen	299
•	Dioden	300
•	NPN-Transistor	301
•	Fachbegriffe Englisch – Deutsch	302
•	Wiederholen · Anwenden · Vertiefen: Ergebnisse der Rechenaufgaben	305
•	Bildquellenverzeichnis	306
•	Sachwortverzeichnis	307

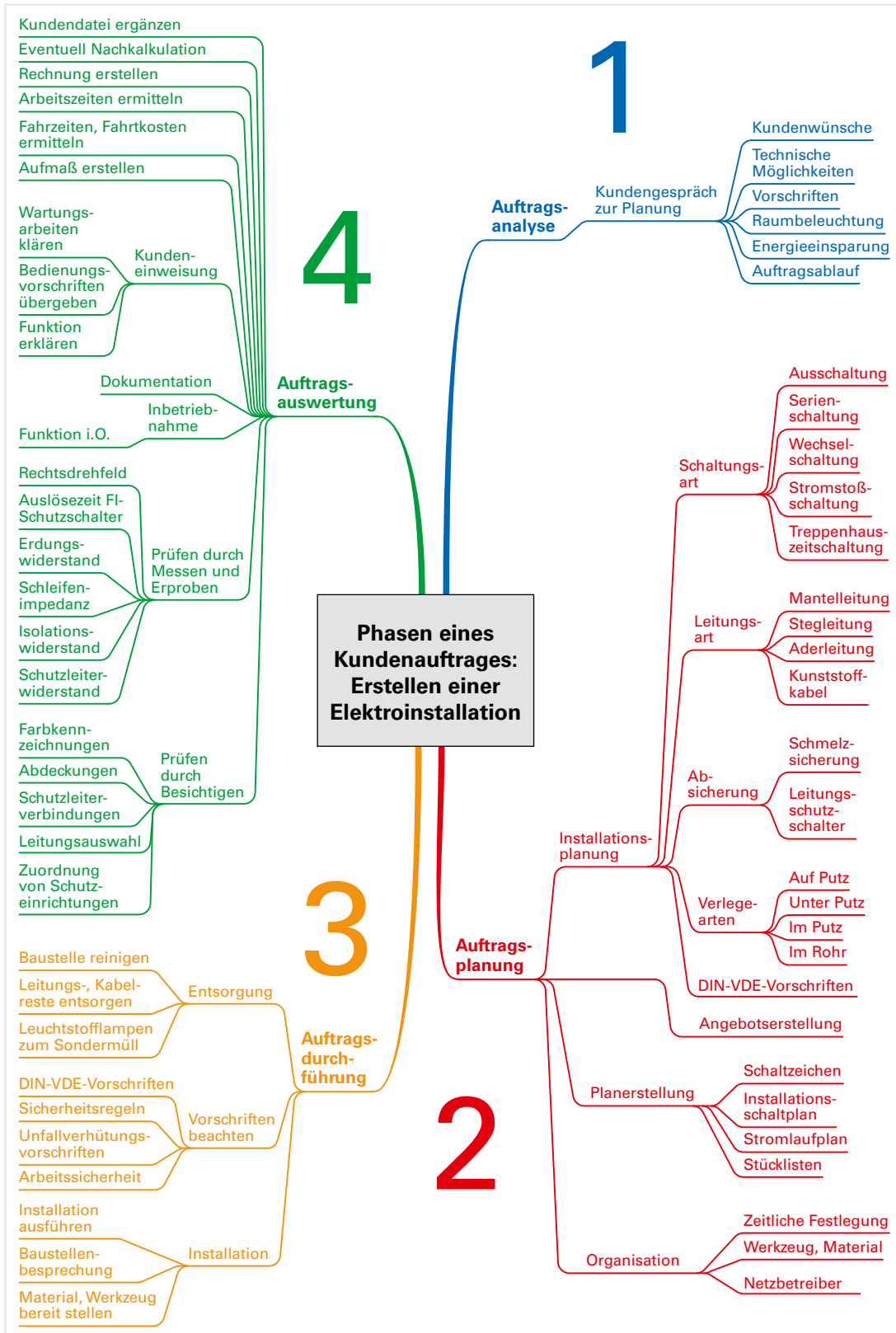
1450**Buchdruck****1800****Dampfmaschine****1850****Fotografie
Eisenbahn
Telegrafie****Grammofon****1900****Kraftfahrzeug
Elektrizitätsversorgung
Flugzeug****1950****Transistor
Radio,
Fernsehen,
Taschenrechner****Walkman****2000****Mikroelektronik
Computer
Internet
Handy**

- 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 Alpha 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 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
2022 ChatGPT durch OpenAI in einem KI-Chaotbot veröffentlicht.
2025 Quantencomputer, Erneuerbare Energien

Ein neues Projekt entsteht!

Um Projekte oder Aufträge professionell durchzuführen, z.B. Erstellen einer Installation (**Seite 11**), 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.







KAPITEL 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 1**), 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) stellen verbindliche Pflichten für jeden Unternehmer und jeden Versicherten der gesetzlichen Unfallversicherung bezüglich Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz dar. 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. Sie haben zur Vermeidung von Arbeitsunfällen in gefährlichen Bereichen Schutz-ausrüstungen, z.B. Kopfschutz, Fußschutz, Augen- oder Gesichtsschutz, Atemschutz und Körperschutz, zu tragen. Das Vorschriften- und Regelwerk (**Übersicht 1**) 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 1: Gesetze und Vorschriften (Beispiele)

- DIN-VDE-Vorschriften
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Unfallverhütungsvorschriften (UVVen)
- Vorschriften und Regelwerk 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
- Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS), z.B. TRBS 1201 Prüfungen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen 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

Verbotszeichen

Retten

Brandschutz

- 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 1: Hinweisschild zur Sicherheit am Arbeitsplatz

i Arbeiten in der Elektrotechnik (Seite 212)

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

i 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 1a)**. 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 1b)** 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.

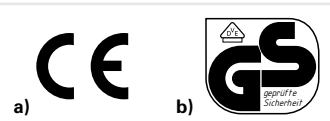


Bild 1: CE-Kennzeichen und GS-Zeichen

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 1**), verwendet. Zur weiteren Kennzeichnung wurden die Signalwörter „Achtung“ und „Gefahr“ eingeführt.

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

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.
- **Signalwörter** „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.

TABELLE 1: Gefahrenkennzeichnung (Alt und Neu im Vergleich)

	Physikalisch chemische Gefahren			Gesundheitsverfahren				Umweltverfahren
Alt	 E	 F F+	 O	 C	 T T+	 Xi	 Xn	 N
Neu	 Explosiv	 Entzündlich  Komprimierte Gase	 Brandfördernd  Korrosiv wirkende Stoffe	 Ätzend, Reizend	 Giftig	 Reizend	 Gesundheits-schädlich 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 Informations-technik 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.

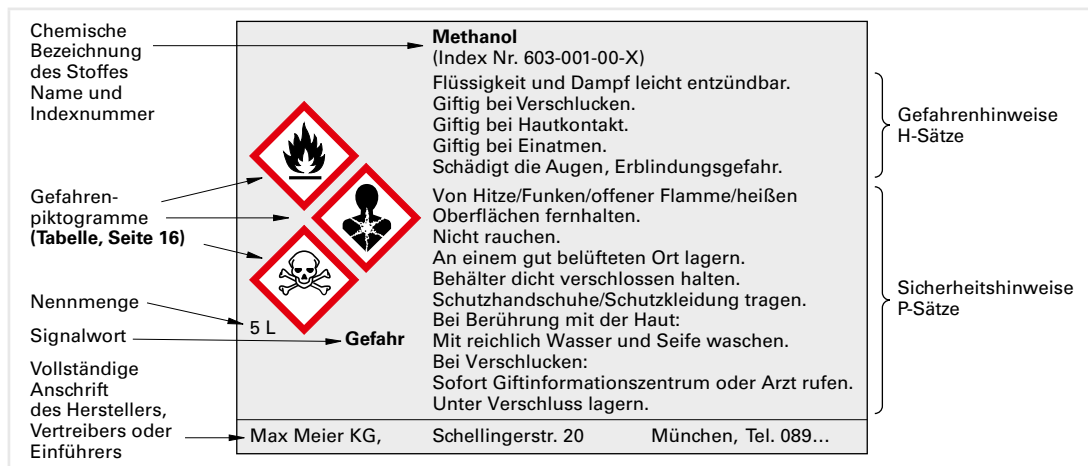


Bild 1: Beispiel für die Kennzeichnung eines gefährlichen Stoffes

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 1)** 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 Verbots-, Gebots-, Warn-, Rettungs- oder Brandschutzzeichen handelt (**Tabelle 1**). Zusätzlich haben Sicherheitszeichen noch ein entsprechendes **Bildsymbol**.

- **Verbotszeichen** 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 1: 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

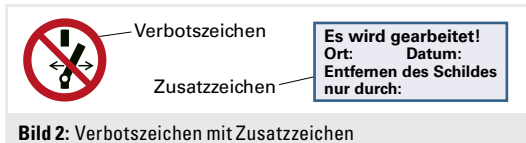


Bild 2: Verbotsschilden mit Zusatzzeichen

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 § 26 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**) oder unbekannter Spannung 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. Ein Sicherheitsabstand von mindestens 5 m ist einzuhalten.



Notruf 112



- **Wo** ist der Notfall?
- **Warten** auf Fragen, zum Beispiel:
- **Was** ist geschehen?
- **Wie viele** Verletzte/Erkrankte?
- **Welche** Verletzungen/Erkrankungen?

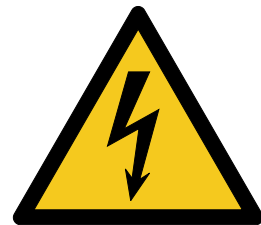


Bild 1: Warnung vor gefährlicher elektrischer Spannung

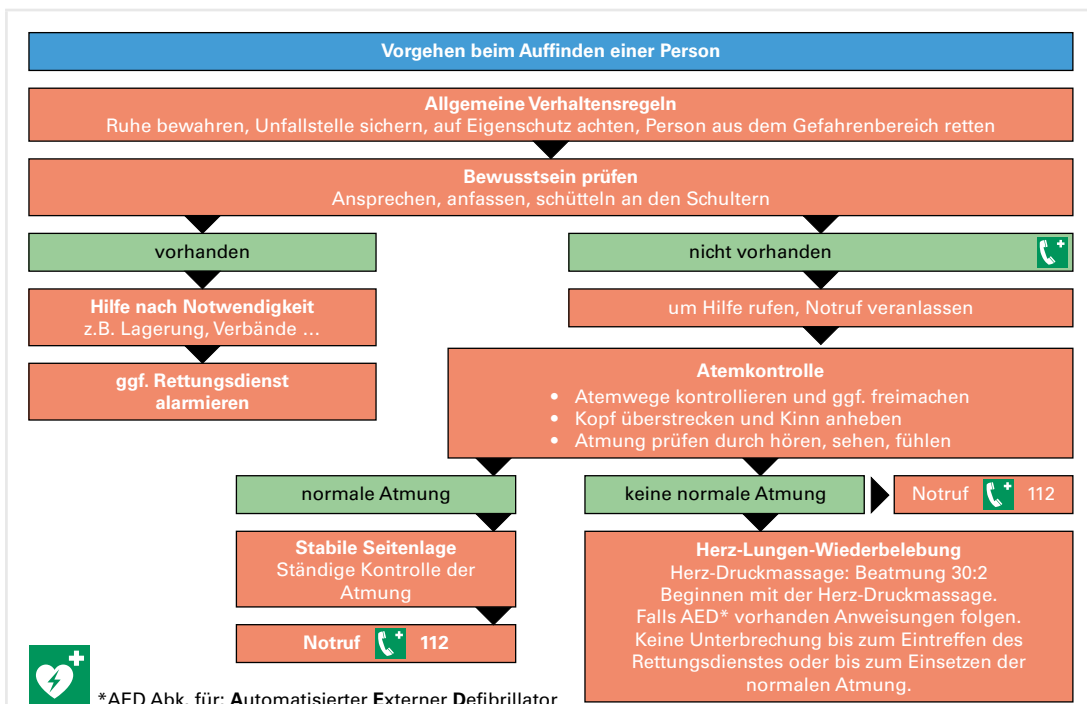


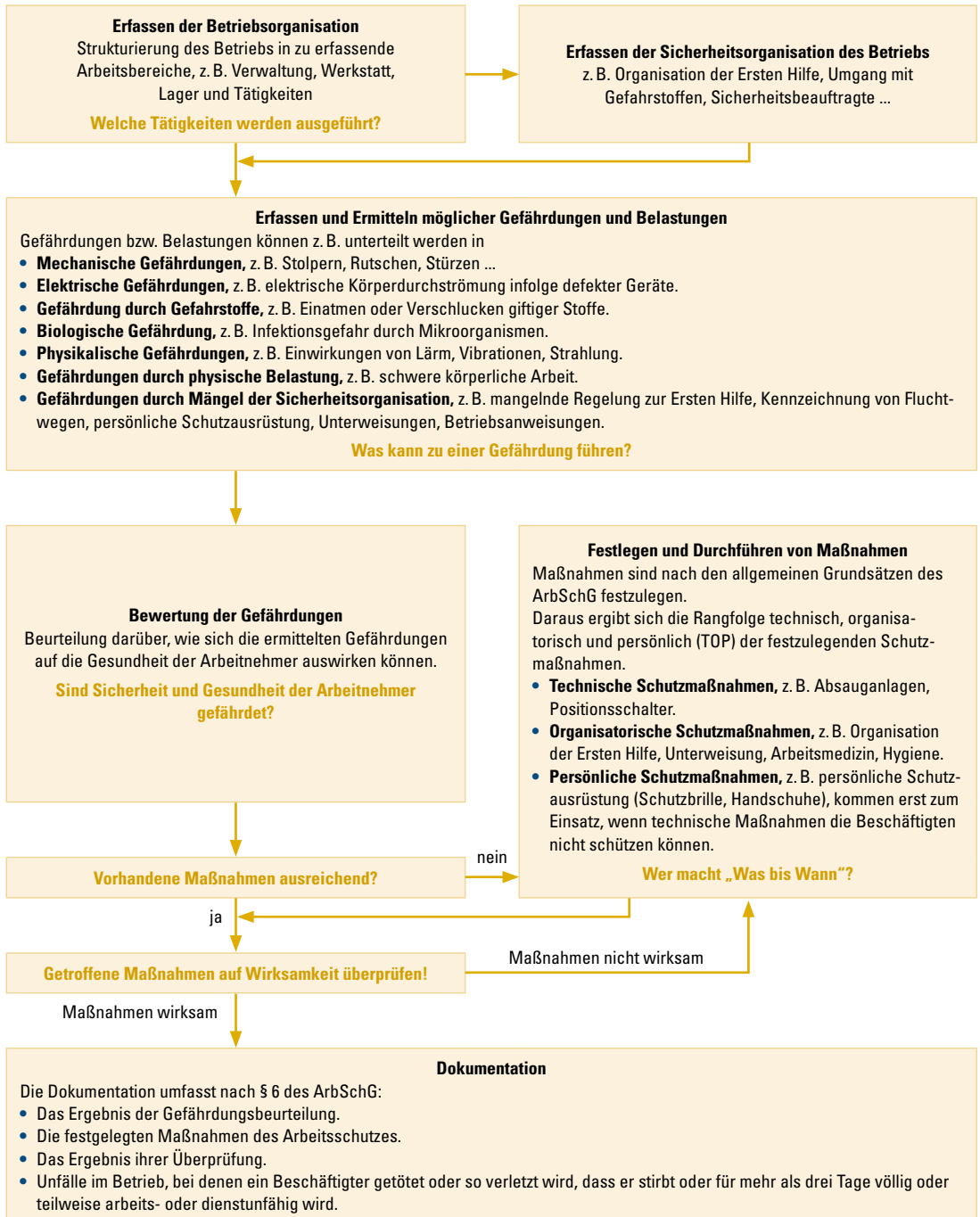
Bild 2: Maßnahmen zur Ersten Hilfe



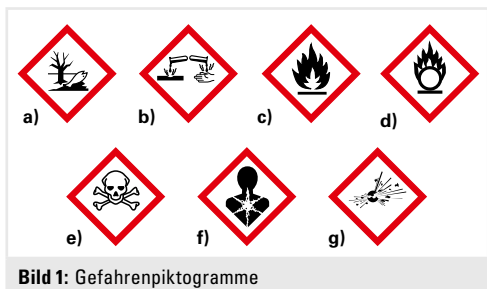
HANDLUNGSANLEITUNG ZUR DURCHFÜHRUNG EINER GEFÄHRDUNGSBEURTEILUNG

Jede Tätigkeit ist mit Unfall- und Gesundheitsrisiken verbunden. Um die Risiken möglichst gering zu halten, ist jeder Arbeitgeber verpflichtet, nach § 5 und § 6 des Arbeitsschutzgesetzes eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen und zu dokumentieren. Weitere rechtliche Grundlagen zur Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung sind z. B. die Betriebssicherheitsverordnung, die Technische Regel für Betriebssicherheit (TRBS 1111), die Arbeitsstättenverordnung, die Gefahrstoffverordnung sowie die Unfallverhütungsvorschrift (DGUV Vorschrift 1).

Prozessschritte zur Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung:



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) DGUV,
 - 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.



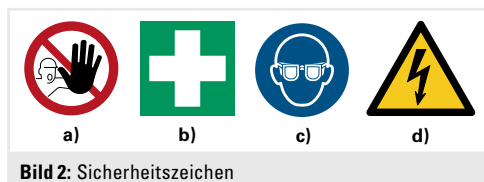
9. Welche Angaben müssen auf der Verpackung von gefährlichen Stoffen vorhanden sein?
10. a) Durch welche Beurteilung werden die Unfall- und Gesundheitsrisiken in Betrieben möglichst gering gehalten?
- b) Nach welchen Gesetzen bzw. Vorschriften wird eine Gefährdungsbeurteilung durchgeführt?
11. Welche 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 1** angegebenen Sicherheitszeichen.

TABELLE 1: Form und Sicherheitsfarben von Sicherheitszeichen

Form	Sicherheitsfarbe			
	a)	b)	c)	d)
	Verbot	–	Gebot	–
	–	–	–	Warnung
	Brand-schutz	Gefahrlo-sigkeit	–	–

15. a) Welche Sicherheitszeichen können unterschieden werden?
- 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.



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.



2.1 Umgang mit physikalischen Größen

Rechtsverordnungen und Normen

Die Einheitenverordnung schreibt Einheiten und Einheitenzeichen vor. Wichtige Normen sind in der **Übersicht 1** 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 mit Zahlen und Variablen (x) gleich z. B. $3x = 8 + x$. 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 oder m . Sie erfassen den mathematischen Zusammenhang physikalischer 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

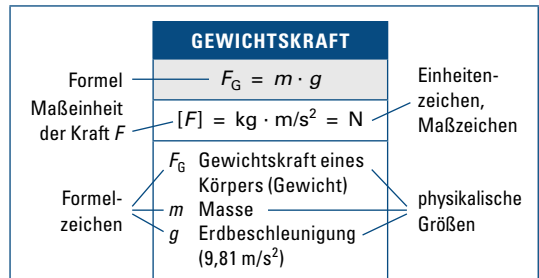
- Formelzeichen, z. B. F (Kraft), • Variablen, z. B. x , y .

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 1**).

Übersicht 1: 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 1

Ein Kran hebt einen Motor mit der Masse $m = 83 \text{ kg}$ (**Bild 1**). Berechnen Sie die Gewichtskraft F_G .

$$F_G = m \cdot g = 83 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 814 \text{ N}$$

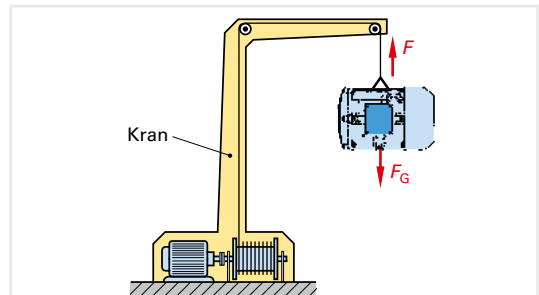


Bild 1: Kräfte auf eine Last am Kran

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 1 000 000	10^3 1000	10^{-1} 0,1	10^{-2} 0,01	10^{-3} 0,001	10^{-6} 0,000 001	10^{-9}	10^{-12}

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

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 1, Seite 18** die Last gegen die Gewichtskraft F_G hochhebt. Zur Berechnung der Arbeit müssen Kraftrichtung und Bewegungsrichtung des Körpers gleich sein. Die Arbeit W^1 wird in der Maßeinheit **Newtonmeter** (Einheitenzeichen Nm) oder mit dem besonderen Einheitenamen **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 (**i-Box, oben**).

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 1**).

BEISPIEL 1

Ein Gabelstapler hebt einen Elektromotor mit der Masse $m = 75 \text{ kg}$ den Weg $s = 1,2 \text{ m}$ hoch (**Bild 1**). Berechnen Sie **a)** die Gewichtskraft des Elektromotors, **b)** die Arbeit, die zum Anheben nötig ist.

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



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

Mechanische Leistung

Die aufgewendete Leistung des Gabelstaplers (**Bild 1**) 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) (**i-Box, unten**).

Leistung ist verrichtete Arbeit geteilt durch die dazu benötigte Zeit.

BEISPIEL 2

Der Gabelstapler aus **Beispiel 1** benötigt zum Anheben der Last 3 s. Berechnen Sie die erforderliche Leistung P .

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

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

$$W = F \cdot s$$

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

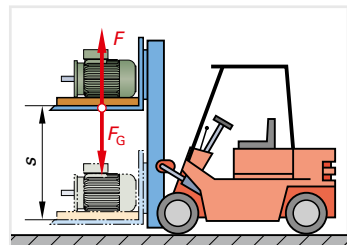
$$[W] = \text{Nm}$$

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

Energiearten

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

i $1 \text{ Nm} = 1 \text{ J} = 1 \text{ Ws}$



F Kraft zum Anheben der Last
 F_G Gewichtskraft des Motors
 F und F_G sind gleich groß, ihre Richtungen aber entgegengesetzt

Bild 1: 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

i Leistung

- Formelzeichen: P
- Einheitenname: Watt
- Einheitenzeichen: W
- Einheitenvorsätze (Beispiele):
 $1 \text{ mW} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ W} = 0,001 \text{ W}$
 $1 \text{ kW} = 1 \cdot 10^3 \text{ W} = 1000 \text{ W}$
 $1 \text{ MW} = 1 \cdot 10^6 \text{ W} = 1000000 \text{ W}$