

# Wichtige Formelzeichen, Größen und Einheiten

Nach DIN 1304

Formelzeichen <sup>1</sup>	Größe	Einheit, Einheitenname	Einheitenzeichen, Bemerkungen	Formelzeichen <sup>1</sup>	Größe	Einheit, Einheitenname	Einheitenzeichen, Bemerkungen
<b>Elektrizität und Magnetismus</b>				<b>Länge und ihre Potenzen</b>			
$Q$ $e$	elektrische Ladung, Elektrizitätsmenge Elementarladung	Coulomb	1 C = 1 As	$l$ $d, \delta$ $r, R$ $d, D$ $s$	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	$A, S$ $S, q$ $\alpha, \beta, \gamma$ $\varphi, \alpha$	Flächeninhalt, Fläche Querschnittsfläche ebener Winkel Drehwinkel	Meter hoch zwei Grad Radiant, Grad	m <sup>2</sup>  ° rad, °(Grad)
$J$	elektrische Stromdichte	Ampere je m <sup>2</sup>	$\frac{A}{m^2}$	<b>Raum und Zeit</b>			
$U$ $U_w$ $U_{BL}$ $U_{BC}$ $u$ $\hat{u}$ $\hat{u}$	elektrische Spannung Wirkspannung indukt. Blindspannung kapazit. Blindspannung Augenblickswert Amplitude, Scheitelwert Spitze-Tal-Wert	Volt	V	$t$ $\Delta t$ $T$ $\tau, T$ $f$ $\omega$	Zeit, Dauer Zeitspanne Periodendauer Zeitkonstante Frequenz Kreisfrequenz, Winkelgeschwindigkeit	Sekunde    Hertz je Sekunde Radiant je Sek.	s    Hz = 1/s 1/s rad/s
$R$	elektr. Widerstand, Wirkwiderstand	Ohm	$\Omega$	$n, f_r$	Drehzahl, Umdrehungsfrequenz	je Sekunde	$\frac{1}{s}$
$G$ $B$ $Y$	elektrischer Leitwert Blindleitwert Scheinleitwert	Siemens	1 S = $1 \frac{1}{\Omega}$	$\lambda$ $v, u, w, c$ $a$	Wellenlänge Geschwindigkeit Beschleunigung, Verzögerung	Meter Meter je Sekunde Meter je Sek. hoch zwei	m $\frac{m}{s}$ $\frac{m}{s^2}$
$\rho$ $\gamma, \sigma, \kappa$	spezifischer Widerstand elektrische Leitfähigkeit	Ohm · m Siemens je m	$\Omega \cdot m$ $\frac{S}{m} = \frac{1}{\Omega \cdot m}$	<b>Mechanik</b>			
$X$ $X_L$ $X_C$	Blindwiderstand indukt. Blindwiderstand kapazit. Blindwiderstand	Ohm	$\Omega$	$m$ $F$ $M$ $W, A, E$ $P$ $\eta$ $\zeta$	Masse, Gewicht Kraft Kraftmoment, Drehmoment Arbeit, Energie Leistung Wirkungsgrad Arbeitsgrad, Nutzungsgrad	Kilogramm Newton Newtonmeter Joule Watt –	kg N Nm J W 1
$Z$	Scheinwiderstand, Impedanz	Ohm	$\Omega$	<b>Wärme und Wärmeübertragung</b>			
$W$	Arbeit, Energie	Joule	1 J = 1Ws	$T, \theta$ $\Delta T, \Delta t, \Delta \vartheta$ $t, \vartheta$ $Q$ $C_{th}$ $c$	thermodynamische Temperatur Temperaturdifferenz Celsius-Temperatur Wärmemenge Wärmekapazität spezifische Wärmekapazität	Kelvin  Grad Celsius Joule Joule je Kelvin Joule je kg und Kelvin	K  °C J $\frac{J}{K}$ $\frac{J}{kg \cdot K}$
$P$	Leistung, Wirkleistung	Watt	W	<b>Licht und elektromagnetische Strahlung</b>			
$S$	Scheinleistung	Volt · Ampere	VA	$I_v$ $\Phi_v$ $E_v$ $L_v$ $\eta$	Lichtstärke Lichtstrom Beleuchtungsstärke Leuchtdichte Lichtausbeute	Candela Lumen Lux Candela je m <sup>2</sup> Lumen je Watt	cd 1 lm = 1 cd · sr 1 lx = 1 lm/m <sup>2</sup> cd/m <sup>2</sup> lm/W
$Q_L$ $Q_C$	induktive Blindleistung kapazitive Blindleistung	Volt Ampere reaktiv, Watt	var, W				
$E$	elektrische Feldstärke	Volt je m	V/m				
$C$	elektrische Kapazität	Farad	1 F = 1 As/V				
$\epsilon$ $\epsilon_0$	Permittivität elektr. Feldkonstante	Farad je m	F/m				
$\epsilon_r$	Permittivitätszahl,	–	1				
$\varphi$	Phasenverschiebungswinkel	Grad, Radiant	° rad				
$N$	Windungszahl	–	1				
$\Theta$	elektr. Durchflutung	Ampere	A				
$H$	magnetische Feldstärke	Ampere je m	A/m				
$\Phi$	magnetischer Fluss	Weber	1 Wb = 1 Vs				
$B$	magnet. Flussdichte	Tesla	1 T = 1 Vs/m <sup>2</sup>				
$L$	Induktivität	Henry	1 H = 1 Vs/A				
$\mu$ $\mu_0$	Permeabilität magnet. Feldkonstante	Henry je m	$1 \frac{H}{m} = 1 \frac{Vs}{Am}$				
$\mu_r$	Permeabilitätszahl relative Permeabilität	–	1				

<sup>1</sup> 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

**13. 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
Tkocz, Klaus	Kronach
Winter, Ulrich	Kaiserslautern

### **Lektorat und Leitung des Arbeitskreises:**

Klaus Tkocz

### **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](mailto:info@europa-lehrmittel.de) davon in Kenntnis zu setzen, damit wir beim Nachdruck dieses Buches den entsprechenden Link entfernen können.**

13. Auflage 2024

Druck 5 4 3 2 1

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

ISBN 978-3-8085-3181-5

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

© 2024 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
[www.europa-lehrmittel.de](http://www.europa-lehrmittel.de)

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

Illustrationen: Autoren; Steckdose: © emmi – Adobe Stock; Weltkugel: © erdquadrat – Adobe Stock  
Druck: LD Medienhaus GmbH & Co. KG, 48683 Ahaus

## ● 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 .....
- Elektrotechnische Symbole, Prüfzeichen .....
- Widerstände und Kondensatoren (Kennzeichnung) .....
- Überstrom-Schutzeinrichtungen (Auslösekennlinien) ..
- Leitungen u. Kabel (Verlegearten, Mindestquerschnitte) ..
- Leitungen, Umrechnungsfaktoren, Strombelastbarkeit ..
- Normspannungen, Normfrequenzen .....
- Kennlinien Dioden, Transistoren .....
- Wichtige Abkürzungen .....
- Fachbegriffe Englisch – Deutsch .....

## ● Praxistipps (Auswahl)

- Gefährdungsbeurteilung .....
- Installation einer Wechselschaltung .....
- Messen mit dem Oszilloskop .....
- Farbkennzeichnung von Leitern .....
- Verlegen von Leitungen .....
- Beispiel einer Leitungsberechnung .....
- Verbinden von zwei PCs über ein Netzwerk .....
- Herstellen einer WLAN-Verbindung .....

### Kapitelnummer und Symbole

- 1** 
- 2** 
- 3** 
- 4** 
- 5** 
- 6** 
- 7** 
- 8** 
- 9** 
- 10** 
- 11** 
- 12** 
- 13** 
- 

# Liebe Leserin, lieber Leser,

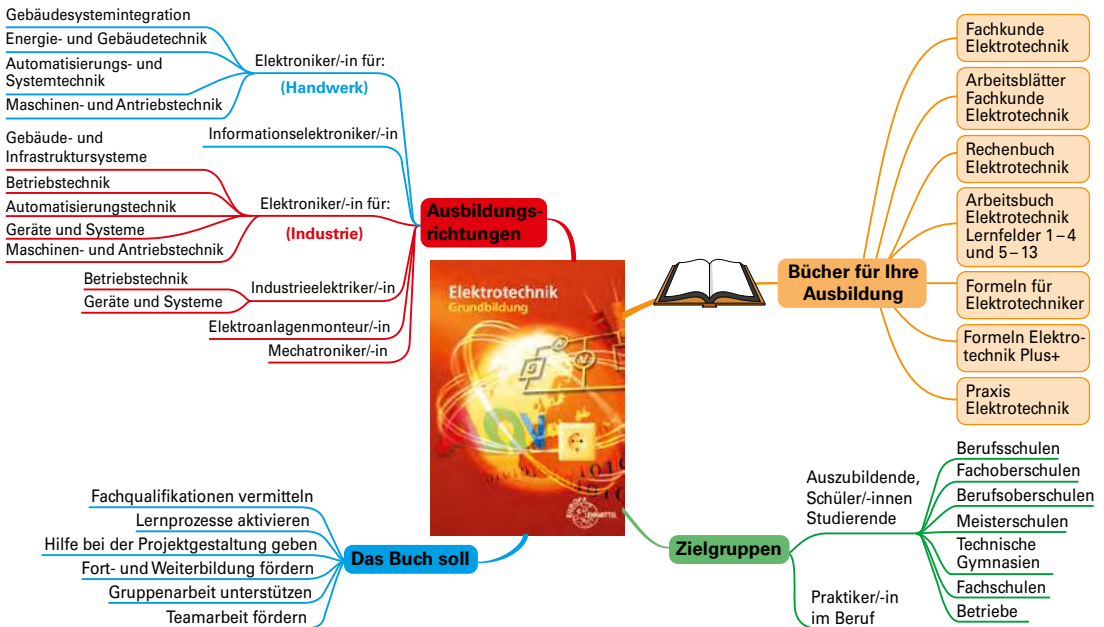
die **Grundbildung Elektrotechnik** dient der Aus- und Weiterbildung im Berufsfeld Elektrotechnik und Elektronik. Sie wendet sich an alle, die in diesem Berufsfeld tätig sind.

## 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.



## Hinweise zum Buch

- ▶ Einige Kapitel, z. B. Batterien und Informationstechnik, wurden überarbeitet und der Entwicklung angepasst. Alle Normen entsprechen dem neuesten Stand.
- ▶ 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](http://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**.



Grundstufe  
**S1**



Können wir für Sie noch etwas besser machen? Schreiben Sie uns unter: [lektorat@europa-lehrmittel.de](mailto:lektorat@europa-lehrmittel.de)  
Ihr Autorenteam und der Verlag Europa-Lehrmittel wünschen Ihnen viel Erfolg für Ihre berufliche Tätigkeit.  
Sommer 2024

## **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. 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?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Komplexe Arbeitsaufgabe mit begleitenden situativen Gesprächsphasen</li> <li>• Schriftliche Aufgabenstellung zu der komplexen Arbeitsaufgabe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systementwurf</li> <li>• Funktion- und Systemanalyse</li> <li>• Wirtschafts- und Sozialkunde</li> <li>• Arbeitsaufgabe und Fachgespräch</li> </ul>
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

<b>1</b>	 <b>Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz 12</b>
1.1	<b>Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz</b> ..... 12
1.2	<b>Produktsicherheitsgesetz</b> ..... 12
1.3	<b>Gefahrstoffverordnung</b> ..... 13
1.4	<b>Sicherheitszeichen</b> ..... 14
1.5	<b>Erste Hilfe</b> ..... 15
	Praxistipp: Gefährdungsbeurteilung ..... 16
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Arbeitsschutz ..... 17
<b>2</b>	 <b>Grundbegriffe der Elektrotechnik</b> ..... 18
2.1	<b>Umgang mit physikalischen Größen</b> ..... 18
	Masse und Kraft ..... 18
	Mechanische Arbeit ..... 19
	Energie ..... 19
	Mechanische Leistung ..... 19
2.2	<b>Arten von Stromkreisen</b> ..... 20
	Elektrischer Gleichstromkreis ..... 21
2.3	<b>Elektrische Ladung (Elektrizitätsmenge)</b> ..... 23
	Aufbau der Atome (bohrsches Atommodell) ..... 24
2.4	<b>Elektrische Spannung</b> ..... 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	<b>Elektrischer Strom</b> ..... 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	<b>Elektrischer Widerstand und Leitwert</b> ..... 33
2.7	<b>Ohmsches Gesetz</b> ..... 34
2.8	<b>Leiterwiderstand</b> ..... 35
2.9	<b>Temperaturabhängigkeit des Widerstandes</b> ..... 36
2.10	<b>Bauarten von Widerständen</b> ..... 37
2.11	<b>Elektrische Energie und Arbeit</b> ..... 39
2.11.1	Gewinnung elektrischer Energie ..... 39
2.11.2	Elektrische Arbeit ..... 40
2.12	<b>Elektrische Leistung</b> ..... 41
2.13	<b>Wirkungsgrad</b> ..... 43
2.14	<b>Elektrowärme</b> ..... 44
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Grundbegriffe der Elektrotechnik ..... 45
<b>3</b>	 <b>Grundsaltungen der Elektrotechnik</b> ..... 46
3.1	<b>Reihenschaltung</b> ..... 46
3.1.1	Gesetze der Reihenschaltung ..... 46
3.1.2	Vorwiderstände ..... 48
3.1.3	Spannungsfall an Leitungen ..... 49
3.2	<b>Parallelschaltung</b> ..... 50
3.3	<b>Gemischte Schaltungen</b> ..... 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	<b>Spannungsquelle</b> ..... 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	<b>Galvanische Elemente</b> ..... 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
3.5.5.1	Arten von Akkumulatoren ..... 64
3.5.5.2	Laden von Akkumulatoren ..... 66
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Grundsaltungen ..... 67

<b>4</b>	 <b>Elektrisches Feld</b> ..... 68
4.1	<b>Eigenschaften des elektrischen Feldes</b> ..... 68
4.2	<b>Grundbegriffe</b> ..... 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	<b>Kondensator im Gleichstromkreis</b> ..... 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	<b>Schaltungen von Kondensatoren</b> ..... 75
4.4.1	Parallelschaltung von Kondensatoren ..... 75
4.4.2	Reihenschaltung von Kondensatoren ..... 75
4.5	<b>Kenngrößen und Bauarten von Kondensatoren</b> ..... 76
4.5.1	Kenngrößen ..... 76
4.5.2	Bauarten ..... 76
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Elektrisches Feld ..... 78
<b>5</b>	 <b>Magnetisches Feld</b> ..... 79
5.1	<b>Eigenschaften der Magnete und Darstellungshilfen</b> ..... 79
5.2	<b>Elektromagnetismus</b> ..... 81
5.2.1	Stromdurchflossener Leiter und Magnetfeld ..... 81
5.2.2	Stromdurchflossene Spule und Magnetfeld ..... 82
5.3	<b>Magnetische Größen</b> ..... 83
5.3.1	Magnetischer Fluss $\Phi$ ..... 83
5.3.2	Elektrische Durchflutung $\Theta$ ..... 83
5.3.3	Magnetische Feldstärke $H$ ..... 83
5.3.4	Magnetische Flussdichte $B$ ..... 84
5.4	<b>Eisen im Magnetfeld einer Spule</b> ..... 84
5.5	<b>Strom und Magnetfeld</b> ..... 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	<b>Spannungserzeugung durch Induktion</b> ..... 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
<b>6</b>	 <b>Schaltungstechnik</b> ..... 97
6.1	<b>Schaltungsunterlagen</b> ..... 97
	Schaltplanarten ..... 97
	Praxistipp: Installation einer Wechsel- schaltung mit Steckdose ..... 99
6.2	<b>Installationsschaltungen</b> ..... 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	<b>Elektromagnetische Schalter</b> ..... 107
6.3.1	Relais ..... 108
6.3.2	Schütze ..... 110
	Grundschaltungen mit Schützen ..... 111
	Wendeschützenschaltung ..... 112
	Auswahlschaltung zwei aus drei ..... 113
	Folgeschaltung ..... 113
	Strompfadbezeichnung ..... 113
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Schaltungstechnik ..... 114
<b>7</b>	 <b>Wechselstromtechnik</b> ..... 115
7.1	<b>Kenngrößen der Wechselstromtechnik</b> ..... 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  
 7.2.3 Erzeugung von Sinusspannungen ..... 118  
 7.2.4 Scheitelwert und Effektivwert bei sinusförmigen Wechselgrößen ..... 119  
 7.2.5 Zeitlicher Verlauf von Wechselgrößen ..... 120  
 7.2.6 Nichtsinusförmige Spannungen und Ströme ..... 121  
 7.2.7 Frequenz und Polpaarzahl ..... 122  
 7.2.8 Phasenverschiebung ..... 123  
 7.2.9 Wirkwiderstand ..... 123  
 7.2.10 Scheinwiderstand ..... 123  
**7.3 Spule im Wechselstromkreis** ..... 124  
 Induktiver Blindwiderstand ..... 124  
**7.4 Kondensator im Wechselstromkreis** ..... 125  
 Kapazitiver Blindwiderstand ..... 125  
 Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:  
 Wechselstromtechnik ..... 126

**8 Messtechnik** ..... 127

**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  
 8.1.3.1 Messfehler von analogen Messgeräten ..... 129  
 8.1.4 Digitale Messgeräte ..... 130  
 8.1.4.1 Aufbau, Anzeigen und Kennwerte ..... 130  
 8.1.4.2 Messfehler von digitalen Messgeräten ..... 132  
 8.1.4.3 Fachbegriffe zum Digitalmultimeter ..... 133  
 8.1.5 Elektrische Messwerke ..... 134  
 8.1.6 Elektrizitätszähler ..... 135  
 8.1.6.1 Induktionszähler ..... 135  
 8.1.6.2 Elektronische Elektrizitätszähler ..... 136  
**8.2 Praktisches Messen** ..... 137  
 8.2.1 Messen von Leistungen ..... 137  
 8.2.2 Messen von Widerständen ..... 137  
 8.2.3 Messen mit Strommesszangen ..... 138  
 8.2.4 Messkategorien ..... 138  
 Praxistipp: Praktisches Messen mit dem Digitalmultimeter ..... 139  
**8.3 Oszilloskop** ..... 140  
 8.3.1 Analoges Oszilloskop ..... 140  
 8.3.1.1 Aufbau eines Analog-Oszilloskops ..... 140  
 8.3.1.2 Zweikanal-Oszilloskop ..... 142  
 8.3.1.3 Messen mit dem Oszilloskop ..... 142  
 8.3.2 Digitalspeicher-Oszilloskop (DSO) ..... 143  
 Praxistipp: Messen mit dem Oszilloskop ..... 144  
 Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:  
 Messtechnik ..... 145

**9 Elektronik** ..... 146

**9.1 Halbleiterwerkstoffe** ..... 146  
**9.2 Halbleiterwiderstände** ..... 149  
 9.2.1 Spannungsabhängige Widerstände (Varistoren) ..... 149  
 9.2.2 Heißleiter (NTC-Widerstände) ..... 150  
 9.2.3 Kaltleiter (PTC-Widerstände) ..... 151  
**9.3 Magnetfeldabhängige Sensorelemente** ..... 153  
**9.4 Halbleiterdioden** ..... 154  
 9.4.1 Wirkungsweise ..... 154  
 9.4.2 Leistungsdioden ..... 154  
 9.4.3 Z-Dioden (Begrenzerdioden) ..... 155  
 9.4.4 Halbleiterkennzeichnung ..... 156  
 9.4.5 Gleichrichterschaltungen ..... 157  
 9.4.5.1 Einpuls-Einwegschaltung E1U ..... 157  
 9.4.5.2 Zweipuls-Brückenschaltung B2U ..... 158  
 9.4.5.3 Zweipuls-Mittelpunktschaltung M2U ..... 158  
 9.4.5.4 Glätten pulsierender Gleichspannungen ..... 158  
**9.5 Transistoren** ..... 160  
 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  
 9.6.1 Optoelektronische Sender ..... 167  
 Leuchtdioden ..... 167  
 Laserdioden ..... 168

9.6.2 Optoelektronische Empfänger (Detektoren) .. 169  
 Fotodioden ..... 169  
 Fotowiderstände ..... 169  
 Fotoelemente ..... 169  
 Solarzellen ..... 169  
 Fototransistoren ..... 170  
 Schaltungsbeispiele optoelektronischer Empfänger mit Fototransistoren ..... 170  
 9.6.3 Flüssigkristallanzeigen (LCD) ..... 171  
 9.6.4 Optokoppler ..... 171  
**9.7 Kühlung von Halbleiterbauelementen** ..... 172  
**9.8 Integrierte Schaltungen** ..... 173  
**9.9 Digitaltechnik** ..... 175  
 9.9.1 Zahlensysteme ..... 175  
 9.9.1.1 Umwandlung von Zahlensystemen ..... 176  
 9.9.1.2 BCD-Code ..... 176  
 9.9.2 Signalarten der Digital- und Steuerungstechnik ..... 177  
 Grundverknüpfungen ..... 177  
 9.9.3.1 UND-Verknüpfung ..... 177  
 9.9.3.2 ODER-Verknüpfung ..... 178  
 9.9.3.3 NICHT-Verknüpfung ..... 178  
 9.9.4 Grundverknüpfungen mit Ausgangs- oder Eingangsnegation ..... 179  
 9.9.4.1 Verknüpfungen mit Ausgangsnegation ..... 179  
 9.9.4.2 Verknüpfungen mit Eingangsnegation ..... 179  
 9.9.4.3 Eingangsbeschaltung logischer Verknüpfungen ..... 180  
 9.9.4.4 Anwendung der Grundverknüpfungen ..... 180  
 9.9.5 Schaltkreisfamilien ..... 181  
 9.9.5.1 TTL-Schaltkreisfamilie ..... 181  
 9.9.5.2 CMOS-Schaltkreisfamilie ..... 181  
 9.9.6 Schaltungen in NAND- und in NOR-Technik .. 182  
 9.9.7 Kippschaltungen ..... 183  
 Bistabile Kippschaltung ..... 183  
 Timer-IC NE 555 ..... 183  
 Kippschaltungen mit dem Timer-IC NE 555 .. 184  
 Monostabile Kippschaltung ..... 184  
 Astabile Kippschaltung ..... 184  
 Schwellwertschalter (Schmitt-Trigger) ..... 184  
 Kippglieder ..... 185  
 9.9.8 Zustandsgesteuerte und taktgesteuerte Kippglieder ..... 185  
 9.9.8.1 Zweiflankengesteuertes JK-Kippglied ..... 186  
 Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:  
 Elektronik ..... 187

**10 Elektrische Anlagen** ..... 188

**10.1 Energieerzeugung und Energieübertragung** .. 188  
**10.2 Isolierte Leitungen, Kabel und Freileitungen** .. 190  
 10.2.1 Isolierte Leitungen ..... 190  
 Praxistipp: Farbkennzeichnung von Leitern .. 193  
 10.2.2 Kabel für Mittelspannungs- und Niederspannungsanlagen ..... 194  
 10.2.3 Freileitungen für Hoch- und Mittelspannungsanlagen ..... 194  
 10.2.4 Datenleitungen ..... 195  
 Praxistipp: Verlegen von Leitungen ..... 196  
**10.3 Schutz elektrischer Leitungen und Verbraucher** ..... 198  
**10.4 Schutzschalter** ..... 201  
 10.4.1 Thermischer Auslöser ..... 201  
 10.4.2 Elektromagnetischer Auslöser ..... 201  
 10.4.3 Leitungsschutzschalter ..... 202  
**10.5 Bemessung von fest verlegten Kabeln und Leitungen** ..... 203  
 10.5.1 Spannungsfall an Leitungen ..... 204  
 Praxistipp: Beispiel einer Leitungsbe-  
 rechnung ..... 205  
 Wiederholen – Anwenden – Vertiefen:  
 Elektrische Anlagen ..... 206

**11 Schutzmaßnahmen** ..... 207

**11.1 Gefahren im Umgang mit dem elektrischen Strom** ..... 207  
 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
<b>11.2</b>	<b>Sicherheitsbestimmungen für Niederspannungsanlagen</b> .....	<b>210</b>
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
<b>11.3</b>	<b>Netzsysteme</b> .....	<b>214</b>
<b>11.4</b>	<b>Schutz gegen elektrischen Schlag</b> .....	<b>215</b>
<b>11.5</b>	<b>Automatische Abschaltung der Stromversorgung</b> .....	<b>216</b>
11.5.1	Anforderungen an den Basisschutz (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
<b>11.6</b>	<b>Doppelte oder verstärkte Isolierung</b> .....	<b>221</b>
<b>11.7</b>	<b>Schutztrennung</b> .....	<b>221</b>
<b>11.8</b>	<b>Schutz durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV</b> .....	<b>222</b>
<b>11.9</b>	<b>Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen</b> .....	<b>223</b>
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
<b>11.10</b>	<b>Differenzstrom-Überwachungseinrichtung</b> .....	<b>227</b>
<b>11.11</b>	<b>Schutzvorkehrungen für Anlagen, die nur durch Elektrofachkräfte betrieben und überwacht werden</b> .....	<b>228</b>
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Schutzmaßnahmen.....	229
<b>12</b>	<b>Informationstechnik</b> .....	<b>230</b>
<b>12.1</b>	<b>Bereiche der Informationstechnik</b> .....	<b>230</b>
<b>12.2</b>	<b>Computer, Programme und Peripherie</b> .....	<b>231</b>
12.2.1	Bestandteile und Funktionsweise eines Computers.....	231
12.2.2	Hardware, Software und Firmware.....	232
12.2.3	Computersystem.....	232
<b>12.3</b>	<b>Mikrocomputer</b> .....	<b>233</b>
<b>12.4</b>	<b>Personal Computer (PC)</b> .....	<b>234</b>
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
<b>12.5</b>	<b>Geräte für Eingabe, Ausgabe und Speicherung</b> .....	<b>239</b>
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	Periphere Geräte zur Datenspeicherung.....	241
	Praxistipp: Servicearbeiten am PC.....	242
<b>12.6</b>	<b>Software</b> .....	<b>243</b>
12.6.1	Systemprogramme.....	243
12.6.2	Anwendungsprogramme.....	244
12.6.3	Softwareentwicklung.....	245
	Umsetzen des Entwurfs in ein Programm (Implementierung).....	245
<b>12.7</b>	<b>Vernetzung von Computern</b> .....	<b>246</b>
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.....	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
<b>12.8</b>	<b>Datensicherheit, Datenschutz und Urheberrechte</b> .....	<b>252</b>
<b>12.9</b>	<b>Schädliche Programme (Malware)</b> .....	<b>252</b>
	Wiederholen – Anwenden – Vertiefen: Informationstechnik.....	253

**13 Werkstoffe, Fertigungsverfahren, Umweltschutz und Energieeinsparung. 254**

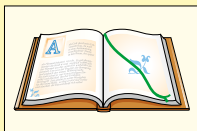
<b>13.1</b>	<b>Werkstoffe der Elektrotechnik</b> .....	<b>254</b>
13.1.1	Stahl und Eisen-Gusswerkstoffe (Normung).....	255
13.1.2	Leiterwerkstoffe.....	256
13.1.3	Kontaktwerkstoffe.....	257
13.1.4	Widerstandswerkstoffe.....	258
13.1.5	Magnetwerkstoffe.....	259
13.1.5.1	Magnetisch harte Werkstoffe.....	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
<b>13.2</b>	<b>Verbindungen (Fügen)</b> .....	<b>267</b>
13.2.1	Lösbare Verbindungen in der Elektrotechnik.....	267
13.2.2	Unlösbare Verbindungen in der Elektrotechnik.....	267
<b>13.3</b>	<b>Gedruckte Schaltungen</b> .....	<b>270</b>
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
<b>13.4</b>	<b>Umweltschutz</b> .....	<b>275</b>
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
<b>13.5</b>	<b>Energieeinsparung</b> .....	<b>279</b>
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, Fertigg., Umwelt.....	283

**I Infoteil 284**

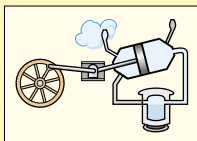
•	<b>Wichtige Formeln</b> .....	<b>284</b>
•	<b>Schaltzeichen</b> .....	<b>287</b>
•	<b>Wichtige elektrotechnische Symbole</b> .....	<b>291</b>
•	<b>Wichtige Prüfzeichen, Symbole und Logos</b> .....	<b>292</b>
•	<b>Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren</b> .....	<b>293</b>
•	<b>Auslösekennlinien von Überstrom-Schutzeinrichtungen</b> .....	<b>294</b>
•	<b>Verlegarten von Kabeln und isolierten Leitungen, Mindestquerschnitte elektrischer Leiter</b> .....	<b>295</b>
•	<b>Strombelastbarkeit, Umrechnungsfaktoren von Kabeln und isolierten Leitungen</b> .....	<b>296</b>
•	<b>Normspannungen, Normfrequenzen und deren Kennzeichnungen</b> .....	<b>297</b>
•	<b>Dioden</b> .....	<b>298</b>
•	<b>NPN-Transistor</b> .....	<b>299</b>
•	<b>Wichtige Abkürzungen – Deutsch</b> .....	<b>300</b>
•	<b>Fachbegriffe Englisch – Deutsch</b> .....	<b>302</b>
•	<b>Ergebnisse der Rechenaufgaben</b> .....	<b>305</b>
•	<b>Bildquellenverzeichnis</b> .....	<b>306</b>
•	<b>Sachworte</b> .....	<b>307</b>

# Entwicklung Technik – Elektrotechnik

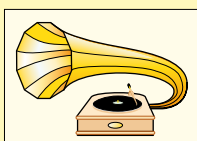
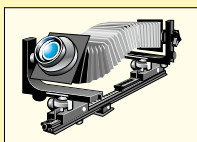
**1450**  
**Buchdruck**



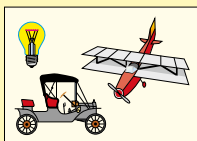
**1800**  
**Dampfmaschine**



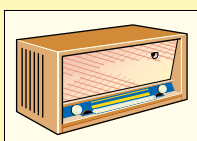
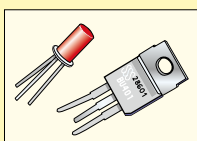
**1850**  
**Fotografie**  
**Eisenbahn**  
**Telegrafie**  
**Grammofon**



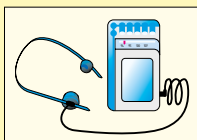
**1900**  
**Kraftfahrzeug**  
**Elektrizitätsversorgung**  
**Flugzeug**



**1950**  
**Transistor**  
**Radio, Fernsehen,**  
**Taschenrechner**



**Walkman**



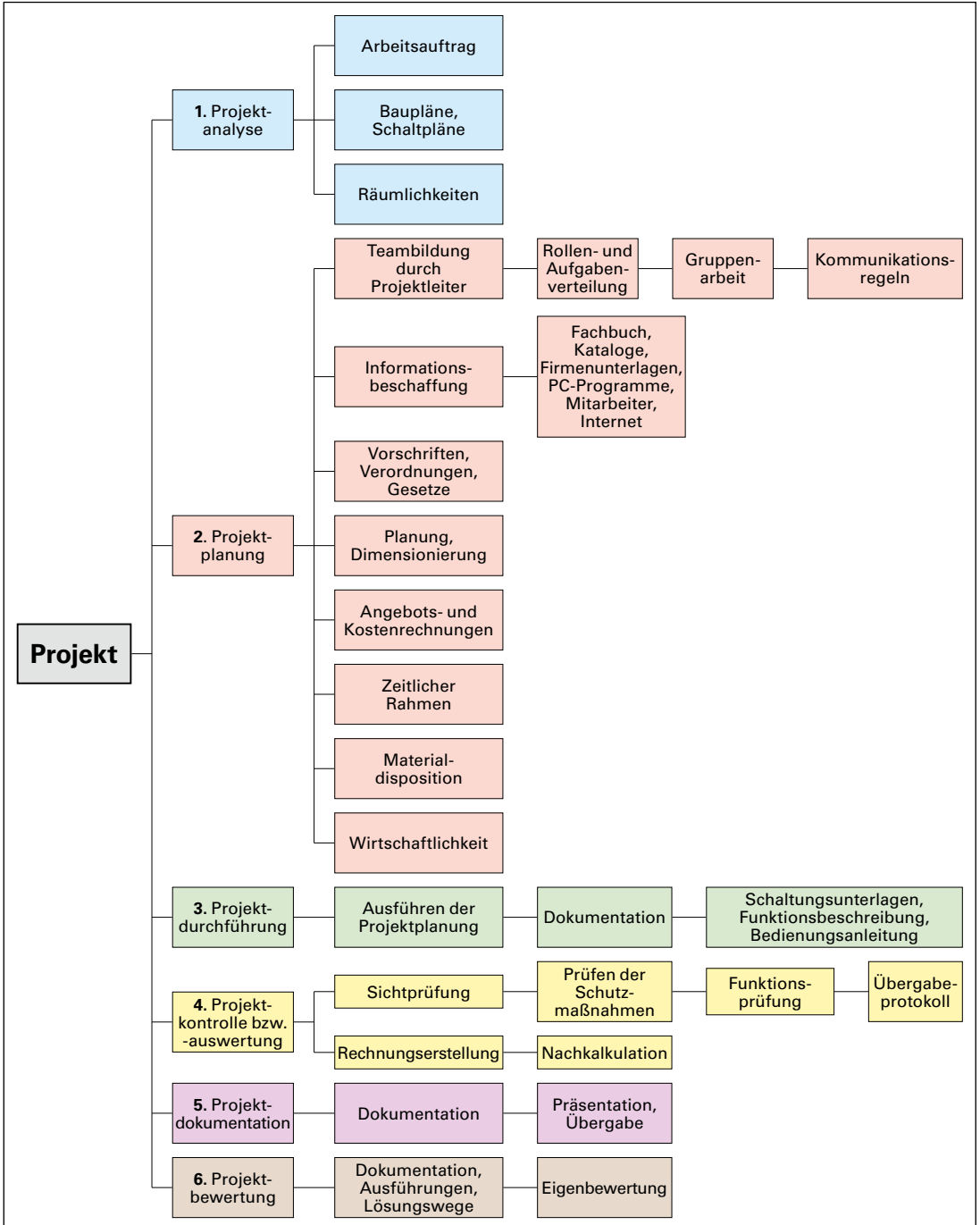
**2000**  
**Mikroelektronik**  
**Computer**  
**Internet**  
**Handy**



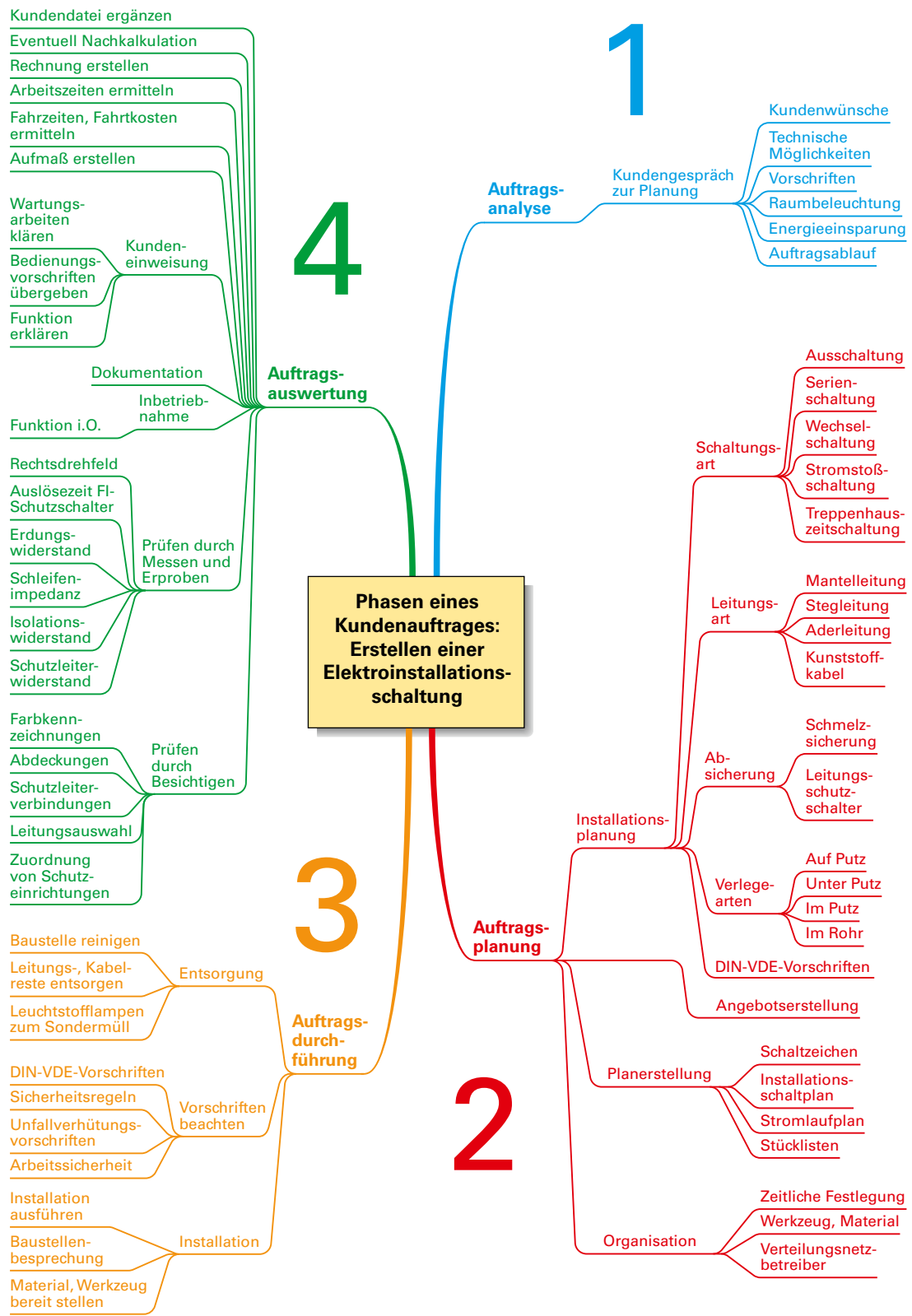
1672	Otto von Guericke untersucht die Reibungselektrizität.
1729	Stephen Gray unterteilt die Stoffe in Leiter und Nichtleiter.
1752	Benjamin Franklin erfindet den Blitzableiter.
1791	Luigi Galvani entdeckt „Kräfte der Elektrizität“ bei seinen Versuchen mit Froschschenkeln.
1800	Alessandro Volta bildet 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 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	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-Hovitt 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 Koblenz-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.

# 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.



**Phasen eines Kundenauftrages:  
Erstellen einer Elektroinstallations-  
schaltung**





# 1 Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz

## 1.1 Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz

Elektronenfälle 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**

### **i** 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.

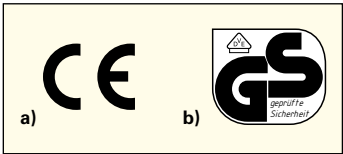
**i** **Produkte** umfassen z. B. Maschinen, Heimwerker- und Haushaltsgeräte, Werkzeuge, Sport- und Freizeitgeräte, sämtliche Textilien, Möbel sowie Spielzeug und persönliche Schutzausrüstungen.

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 **CE<sup>1</sup>-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. TÜV<sup>2</sup> und VDE<sup>3</sup>, 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**

### 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 (GHS<sup>4</sup>) werden chemische Stoffe weltweit nach identischen Kriterien eingestuft und gekennzeichnet. Das GHS-System wurde mit der CLP<sup>5</sup>-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.

**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.

**Tabelle: Gefahrenkennzeichnung (Alt und Neu im Vergleich)**

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

<sup>1</sup> CE, Abk. für: Communauté Européenne (franz.) = Europäische Gemeinschaft  
<sup>2</sup> TÜV, Abk. für: Technischer Überwachungsverein  
<sup>3</sup> VDE, Abk. für: Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.  
<sup>4</sup> GHS, Abk. für: Globally Harmonised System (engl.) = Global Harmonisiertes System  
<sup>5</sup> 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		<b>Methanol</b> (Index Nr. 603-001-00-X) 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.	Gefahrenhinweise H-Sätze  Sicherheitshinweise P-Sätze
Gefahrenpiktogramme (Tabelle, Seite 13)			
Nennmenge		5 L	
Signalwort		<b>Gefahr</b>	
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 ASRA1.3 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 Verbot-, Gebots-, Warn-, Rettungs- oder Brandschutzzeichen handelt (**Tabelle**). Zusätzlich haben Sicherheitszeichen noch ein entsprechendes **Bildsymbol**.

- **Verbotsschilder** 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	<b>ROT</b>	Verbot	 Rauchen verboten
 Kreis	<b>BLAU</b>	Gebot	 Kopfschutz benutzen
 gleichseitiges Dreieck mit gerundeten Ecken	<b>GELB</b>	Warnung	 Warnung vor feuergefährlichen Stoffen
 Quadrat	<b>GRÜN</b>	Gefahrlosigkeit	 Notruftelefon
 Quadrat	<b>ROT</b>	Brandschutz	 Feuerlöscher

	Verbotsschilder	<b>Es wird gearbeitet!</b> Ort: Datum: Entfernen des Schildes nur durch:
	Zusatzzeichen	

**Bild 2:** Verbotsschilder 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 DGVV 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.

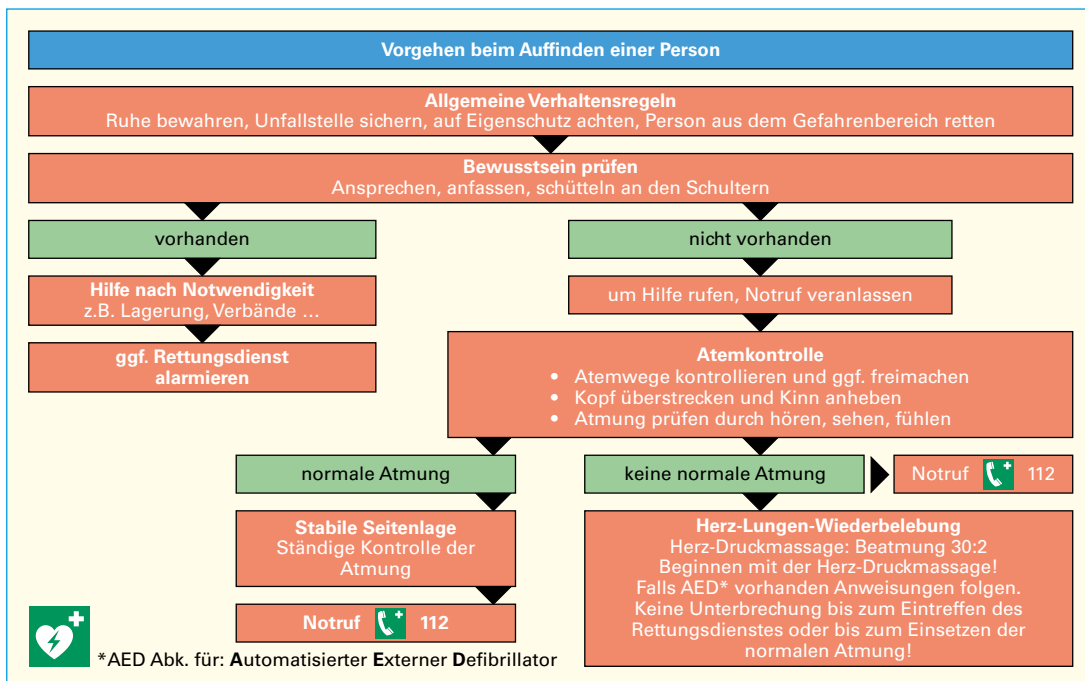
Bei **unbekannter Spannung** ist ebenso wie bei Hochspannung ein Sicherheitsabstand von mindestens 5 m einzuhalten. Es sind die gleichen Maßnahmen zu ergreifen wie bei Hochspannung.

**Notruf 112**

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



**Bild 1: Warnung vor gefährlicher elektrischer Spannung**

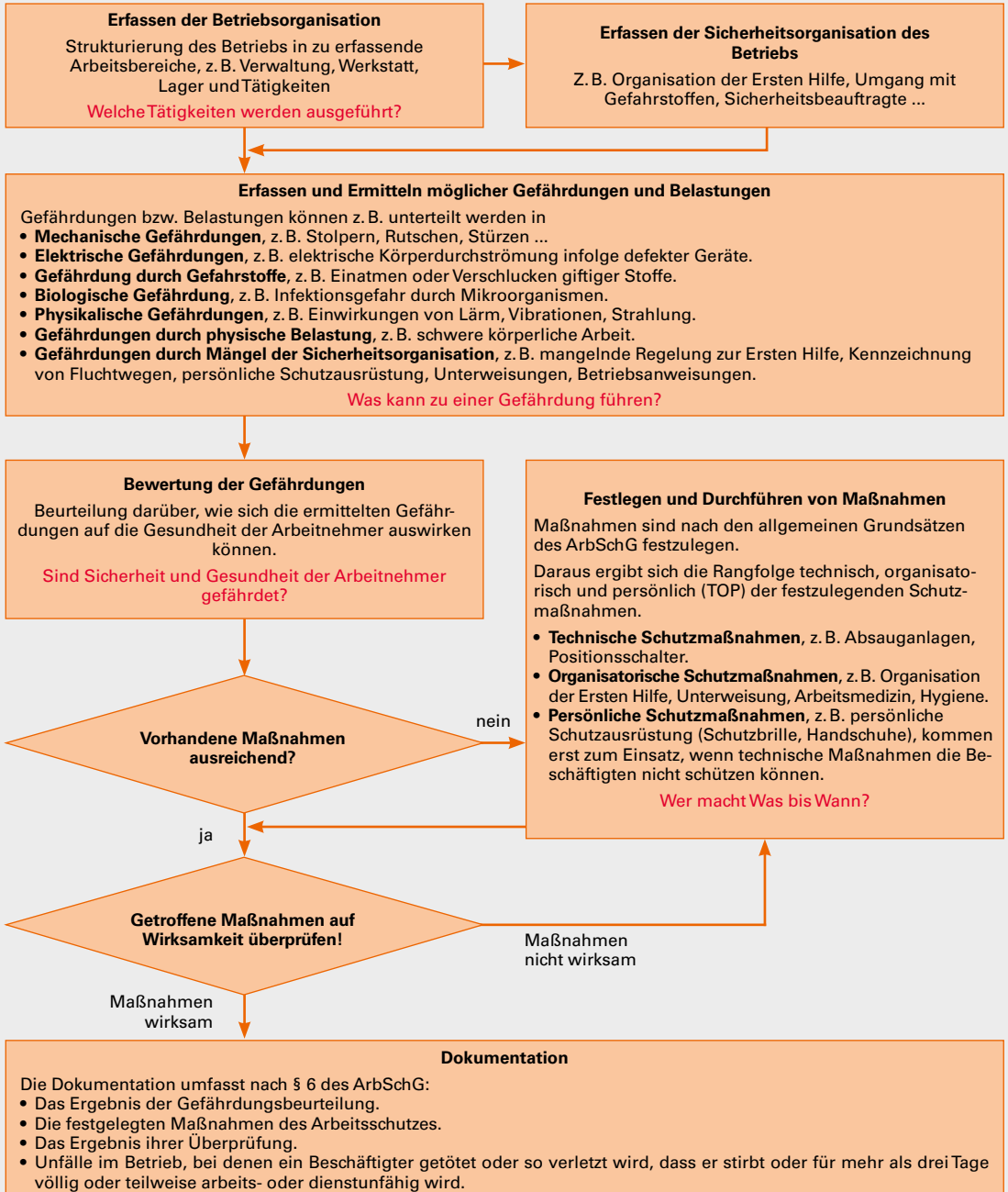


**Bild 2: Maßnahmen zur Ersten Hilfe**



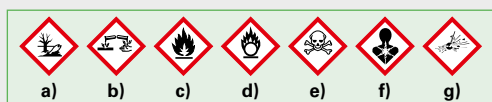
## Handlungsanleitung zur Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung

Jede Tätigkeit ist mit Unfall- und Gesundheitsrisiken verbunden. Damit die Risiken möglichst gering gehalten werden, ist jeder Arbeitgeber 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)** 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.



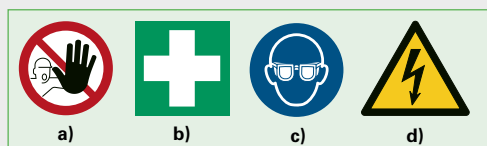
**Bild 1: Gefahrenpiktogramme**

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**

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?
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

### Rechtsverordnungen und Normen

Die Einheitenverordnung 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-Einheiten<sup>1</sup> 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		

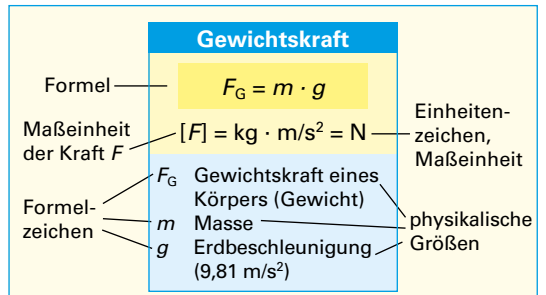
**Tabelle 2: SI-Basisgrößen und SI-Basiseinheiten**

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

<sup>1</sup> 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

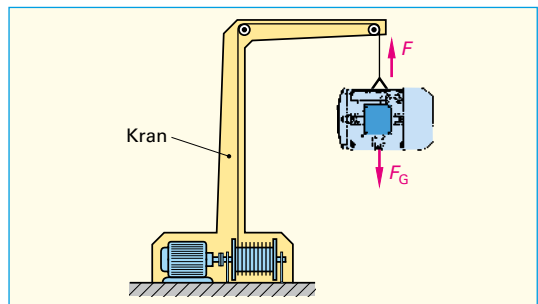


### Beispiel:

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

### Lösung:

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



**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. Zur Berechnung der Arbeit müssen Krafrichtung und Bewegungsrichtung des Körpers gleich sein. Die Arbeit  $W^1$  wird in der Maßeinheit **Newtonmeter** (Einheitenzeichen Nm) oder mit dem besonderen Einheitennamen **Joule**<sup>2</sup> (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**  $W_{\text{pot}}$  (Lageenergie). Beim Absenken wird sie in Bewegungsenergie (**kinetische Energie**  $W_{\text{kin}}$ ), 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 Watt<sup>4</sup> (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:

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

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

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

## Arbeit und Energie

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

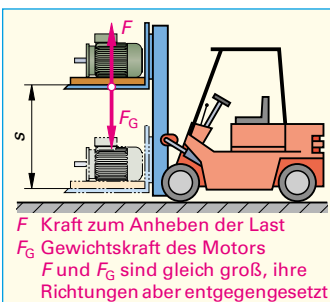
$$W_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$$

$W$	Arbeit, Energie
$W_{\text{pot}}$	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):  
 $1 \text{ mW} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ W} = 0,001 \text{ W}$   
 $1 \text{ kW} = 1 \cdot 10^3 \text{ W} = 1000 \text{ W}$   
 $1 \text{ MW} = 1 \cdot 10^6 \text{ W} = 1\,000\,000 \text{ W}$