

Mehr Informationen zum Titel

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

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

● Allgemeines

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

 **Wichtige Formeln der Elektrotechnik: Seite 284**

● Elektrotechnik

Inhaltsverzeichnis (Kurzform)

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

● Infoseiten

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

● Praxistipps (Auswahl)

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

Kapitelnummer und Symbole

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

i Information zur Abschlussprüfung in den Elektroberufen in Handwerk und Industrie

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

Tabelle: Prüfungsteile und deren Gewichtung

	Prüfung Teil 1	Prüfung Teil 2
Wann?	Im 4. Halbjahr (nach 1 ½ bis 2 Jahren)	Ende 7. Halbjahr (nach 3 ½ Jahren)
Welche Inhalte?	Lernfelder 1 bis 6	Lernfelder 7 bis 13
Welche Prüfungsteile?	<ul style="list-style-type: none"> • Komplexe Arbeitsaufgabe mit begleitenden situativen Gesprächsphasen • Schriftliche Aufgabenstellung zu der komplexen Arbeitsaufgabe 	<ul style="list-style-type: none"> • Systementwurf • Funktion- und Systemanalyse • Wirtschafts- und Sozialkunde • Arbeitsaufgabe und Fachgespräch
Welche Gewichtung?	40%	60%

i Lernfelder zur Grundstufe Elektrotechnik (gekürzte Darstellung)

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

Lernfeld: Elektrotechnische Systeme analysieren und Funktionen prüfen

Seite

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

Lernfeld: Elektrische Installationen planen und ausführen

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

Lernfeld: Steuerungen analysieren und anpassen

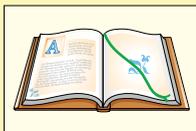
• Digitaltechnik, Logische Grundverknüpfungen	175, 177
• Zahlensysteme, Schaltalgebra, Kippschaltungen	175, 185
• Hausrufanlagen, Haussprechanlagen, Relais und Schütze	104, 108
• Englische Fachbegriffe	302

Lernfeld: Informationstechnische Systeme bereitstellen

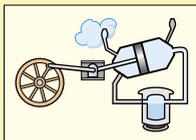
• Hardware	232
• Betriebssysteme	243
• Softwarekomponenten, Anwendungen, Internet	243, 244, 249
• Datensicherung, Datenschutz	252

Entwicklung Technik – Elektrotechnik

1450
Buchdruck



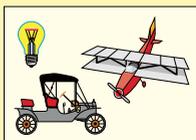
1800
Dampfmaschine



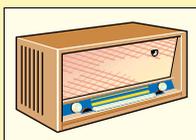
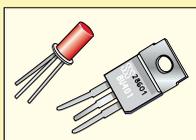
1850
Fotografie
Eisenbahn
Telegrafie
Grammophon



1900
Kraftfahrzeug
Elektrizitätsversorgung
Flugzeug



1950
Transistor
Radio, Fernsehen,
Taschenrechner



Walkman



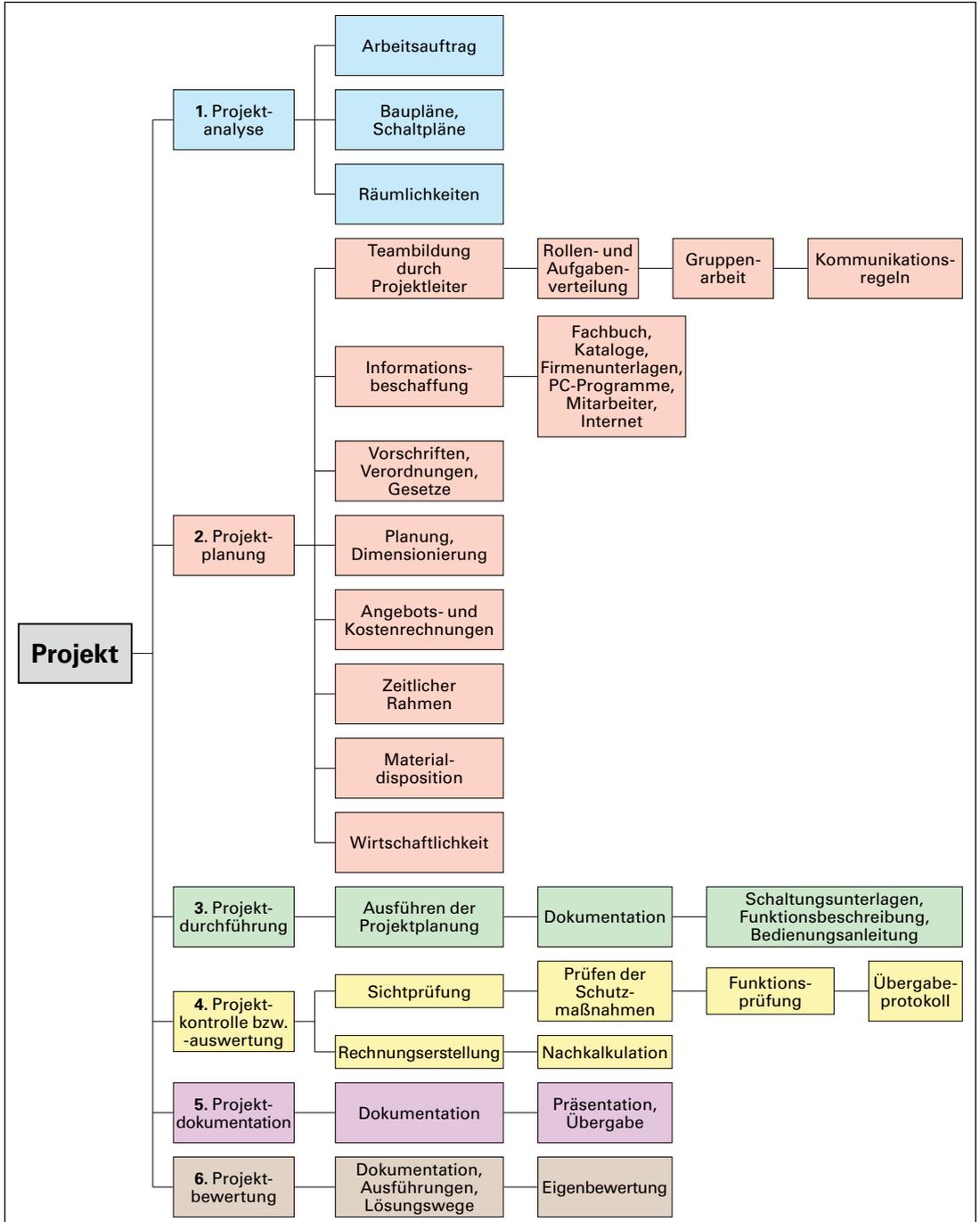
2000
Mikroelektronik
Computer
Internet
Handy



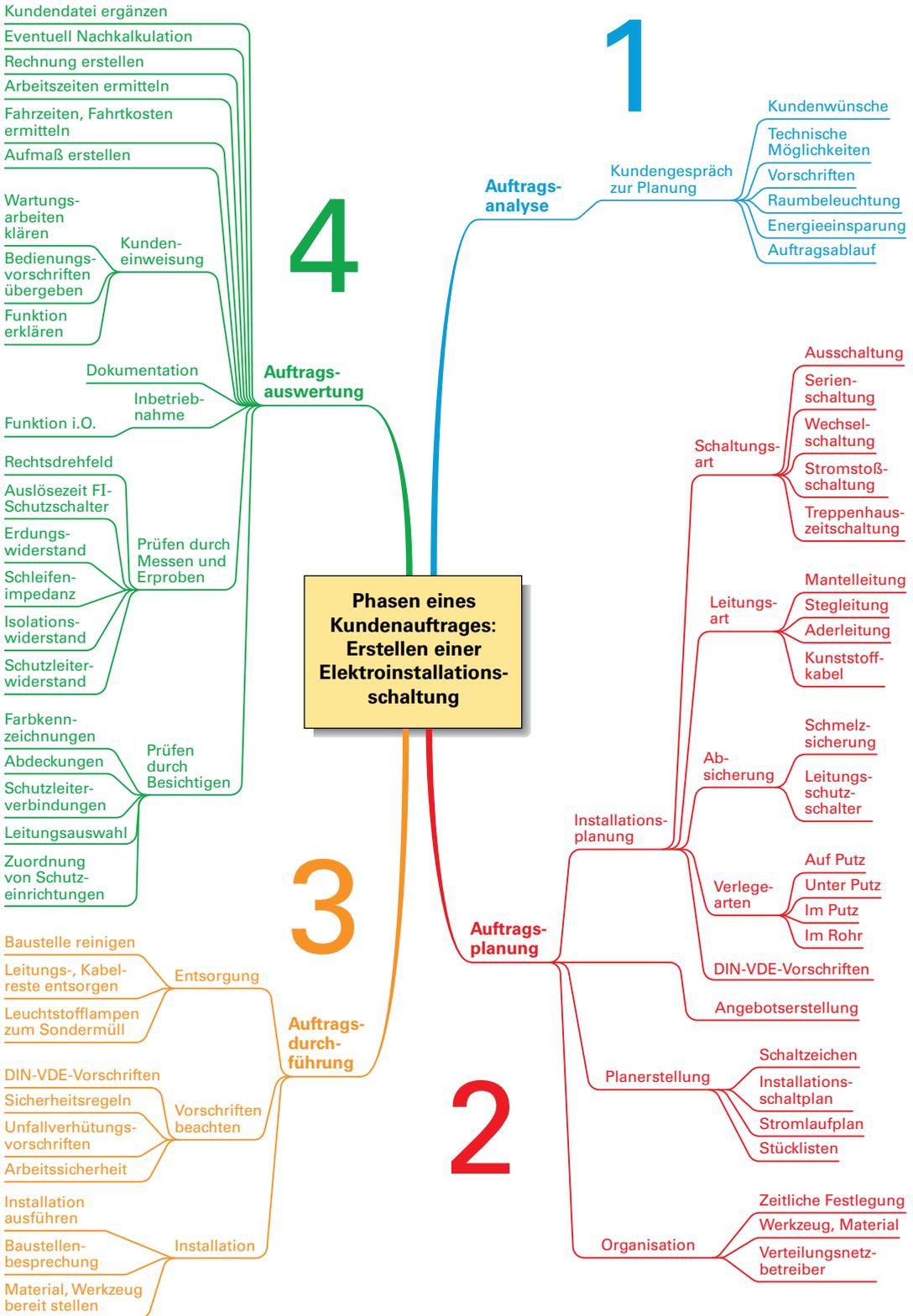
1672	Otto von Guericke untersucht die Reibungselektrizität.
1729	Stephen Gray unterteilt die Stoffe in Leiter und Nichtleiter.
1752	Benjamin Franklin erfindet den Blitzableiter.
1791	Luigi Galvani entdeckt „Kräfte der Elektrizität“ bei seinen Versuchen mit Froschschenkeln.
1800	Alessandro Volta bildet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

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 **CE¹-Kennzeichen (Bild a)**. Der Hersteller erklärt damit die Übereinstimmung (Konformität) des Produktes mit den grundlegenden Sicherheitsanforderungen und bringt in eigener Verantwortung die CE-Kennzeichnung am Produkt an.

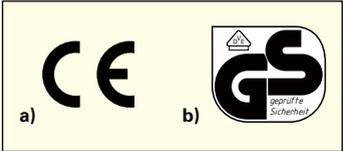


Bild: CE-Kennzeichen und GS-Zeichen

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

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

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

1.3 Gefahrstoffverordnung

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

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

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

¹ CE, Abk. für: Communauté Européenne (franz.) = Europäische Gemeinschaft
² TÜV, Abk. für: Technischer Überwachungsverein
³ VDE, Abk. für: Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.
⁴ GHS, Abk. für: Globally Harmonised System (engl.) = Global Harmonisiertes System
⁵ CLP, Abk. für: Classification, Labelling and Packaging (engl.) = Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung

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

Chemische Bezeichnung des Stoffes Name und Indexnummer		Methanol (Index Nr. 603-001-00-X) 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		Gefahr	
Vollständige Anschrift des Herstellers, Vertreibers oder Einführers		Max Meier KG, Schellingerstr. 20 München, Tel. 089...	

Bild 1: Beispiel für die Kennzeichnung eines gefährlichen Stoffes

1.4 Sicherheitszeichen

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

Sicherheitszeichen ermöglichen allein durch die Kombination von **Form** und **Sicherheitsfarbe** eine Aussage darüber, ob es sich dabei um 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	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

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



Bild 1: Warnung vor gefährlicher elektrischer Spannung

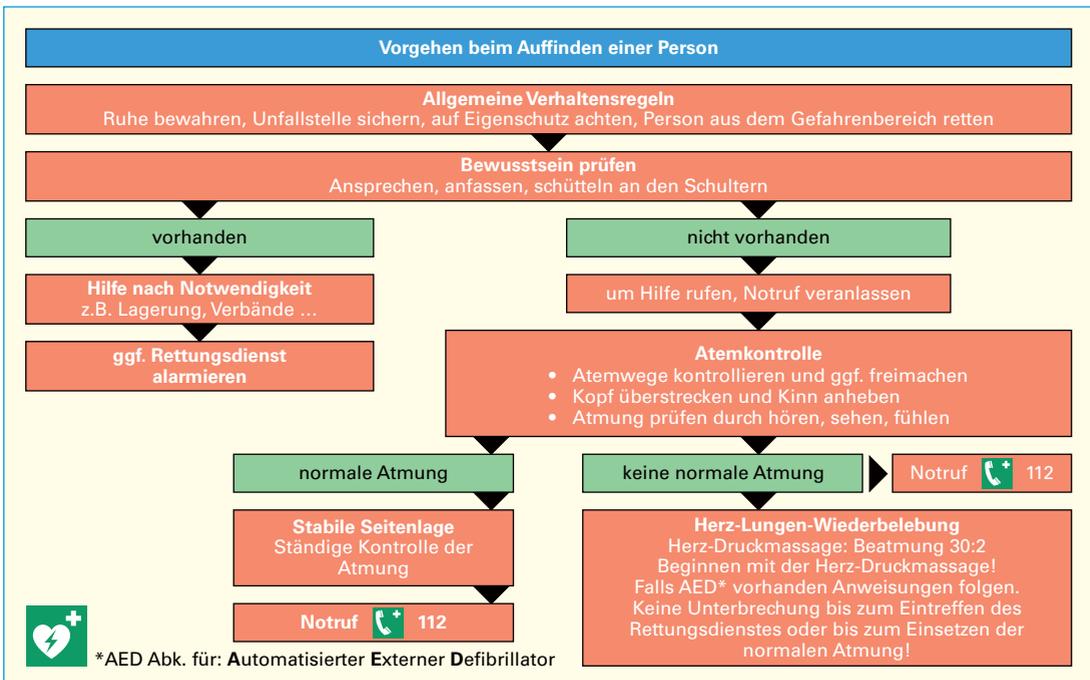
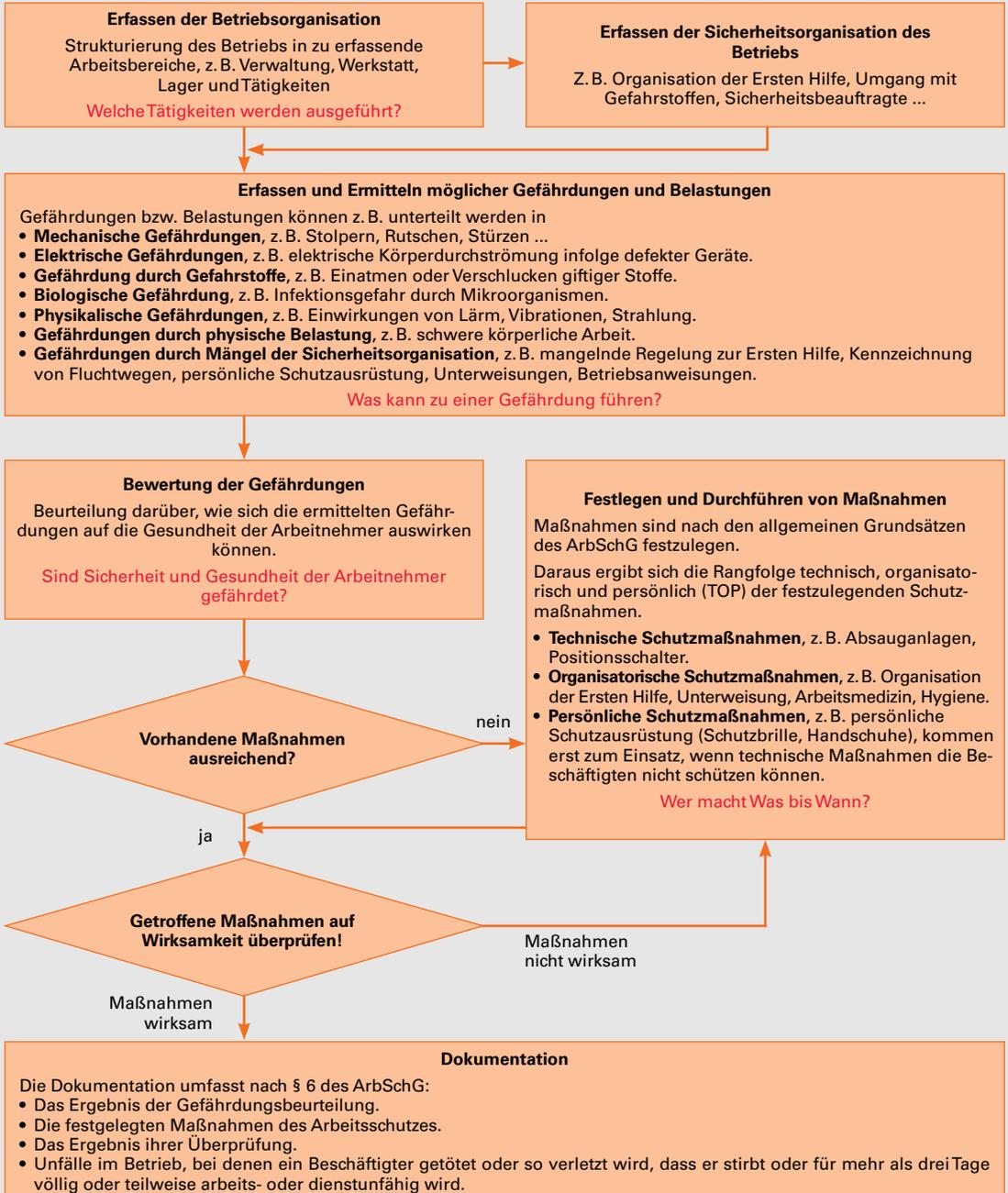


Bild 2: Maßnahmen zur Ersten Hilfe



Handlungsanleitung zur Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung

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





1. a) Auf welche Mängel bzw. Fehler lassen sich Elektrounfälle meist zurückführen? Nennen Sie Beispiele. b) Welche Forderungen lassen sich daraus für technische Anlagen ableiten?
2. a) Was versteht man unter persönlicher Schutzausrüstung? b) Welche Aufgabe erfüllt die persönliche Schutzausrüstung? c) Geben Sie Beispiele für die persönliche Schutzausrüstung an.
3. a) Zu welchem Zweck wird eine Gefährdungsbeurteilung durchgeführt? b) Nennen Sie die Schritte zur praktischen Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung.
4. Welche Pflichten ergeben sich aus den Unfallverhütungsvorschriften für die Arbeitgeber?
5. Welche Gesetze bzw. Verordnungen werden durch die folgenden Abkürzungen beschrieben: a) 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.

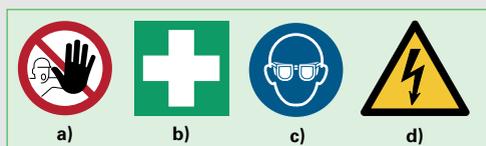


Bild 2: Sicherheitszeichen

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

Gesetze und Normen

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

Gleichungen und Formeln

Man unterscheidet

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

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

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

Einheitenvorsätze

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

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. $3,4 \text{ m}$, 36 °C oder 230 V . Physikalische Größen werden mit Formelzeichen abgekürzt, z.B. l für Länge, T für Temperatur, U für elektrische Spannung.

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

Kursiv schreibt man nach DIN 1313 und DIN 1338

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

Masse und Kraft

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

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

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

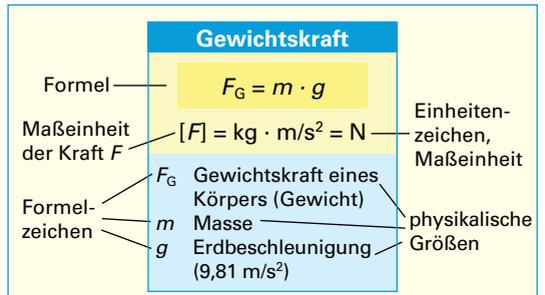
Tabelle 2: SI-Basisgrößen und SI-Basiseinheiten

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

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

Übersicht: Normen über Größen und Einheiten, Formelzeichen und Gleichungen

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



Beispiel:

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

Lösung:

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

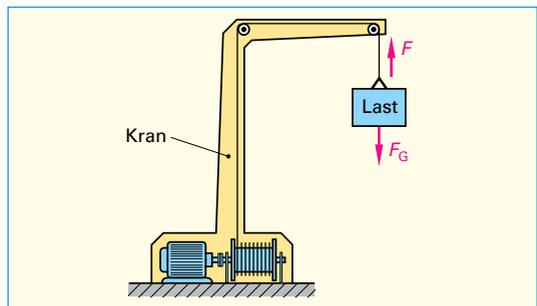


Bild: Kräfte auf eine Last am Kran

Mechanische Arbeit

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

Energie

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

Energie ist das Vermögen, Arbeit zu leisten.

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

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

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

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

Beispiel:

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

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

Lösung:

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

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

Mechanische Leistung

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

Leistung ist verrichtete Arbeit geteilt durch die benötigte Zeit.

Beispiel:

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

Lösung:

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

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

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

Arbeit und Energie

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

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

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

Übersicht: Energiearten

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

1 Nm = 1 J = 1 Ws

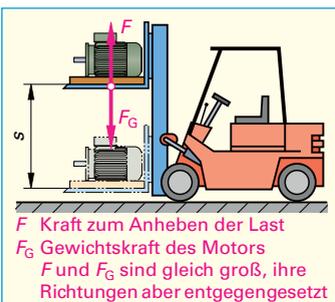


Bild: Verrichten einer Arbeit durch einen Gabelstapler

Leistung

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

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

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

Leistung

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

2.2 Arten von Stromkreisen

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

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

Elektrischer Gleichstromkreis (Seite 21)		
Betriebsmittelanschluss	Kennzeichnung	Schaltplan
Positiver Pol	+	
Negativer Pol	-	
Leiterbenennung	Kennzeichnung	
Positiver Leiter	L+	
Negativer Leiter	L-	

Überstrom-Schutzeinrichtungen (Sicherungen)

Gleichrichtung: Seite 157

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

• Schaltzeichen: Seite 287



Drehstrommotor

Einphasen-Wechselstromkreis (Seite 115)		
Leiterbenennung	Kennzeichnung	Schaltplan
Außenleiter	L*	
Neutralleiter	N	
Schutzleiter	PE	



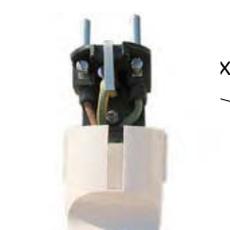
Abzweigdose



Schutzkontaktsteckdose



Leuchte mit Lampe



Schutzkontaktstecker



Ausschalter

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

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

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

Elektrischer Gleichstromkreis

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- sind alle Metalle, Kohle, feuchte Erde und manche Flüssigkeiten.
- **Nichtleiter** (Isolierstoffe) sind z. B. Luft, Gummi, Glas oder Kunststoffe.
- **Halbleiter** sind z. B. Silicium und Germanium.

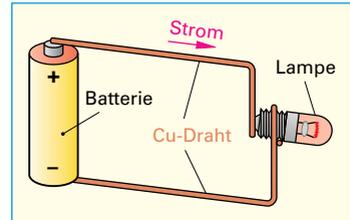


Bild 1: Einfacher Gleichstromkreis

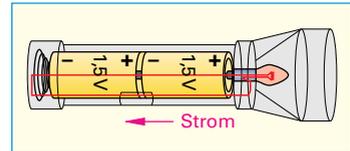


Bild 2: Taschenlampe

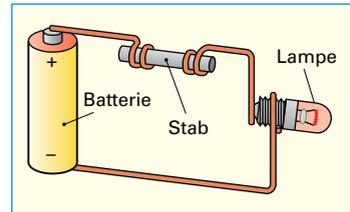


Bild 3: Leiter und Isolierstoffe im Stromkreis

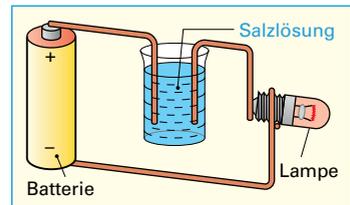


Bild 4: Salzlösung als Leiter

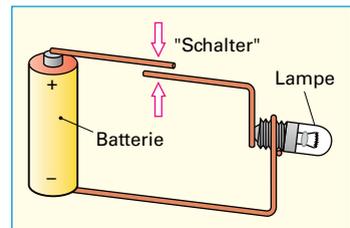


Bild 5: Unterbrechen des Stromkreises

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