

Arbeitsschutzgesetz, Betriebsicherheitsverordnung

Labour protection act, regulation on operational safety

Merkmale	Erklärung	Bemerkungen
Arbeitsschutzgesetz ArbSchG		
Anwendungsbereich	Das ArbSchG regelt für alle Tätigkeitsbereiche die grundlegenden Arbeitsschutzpflichten des Arbeitgebers, die Pflichten und die Rechte der Beschäftigten sowie die Überwachung des Arbeitsschutzes.	In § 1 und § 2 sind Zielsetzung, Anwendungsbereich und Begriffsbestimmungen beschrieben. Die Maßnahmen des Arbeitsschutzes sollen Unfälle bei der Arbeit verhindern und die Arbeit menschengerecht gestalten.
Arbeitgeber § 3 bis § 14	Hat für die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten Sorge zu tragen. Verantwortlich sind auch Personen in Leitungsfunktionen.	Gefährdungen sind zu ermitteln und Maßnahmen zur Minimierung einzuleiten, z.B. durch Arbeitsplatzgestaltung, Schulungen, Bereitstellung von geeigneten Arbeitsmitteln nach dem Stand der Technik. Dokumentationen hierüber sind zu erstellen.
Beschäftigte § 15 bis § 17	Müssen nach ihren Möglichkeiten für ihre Sicherheit und Gesundheit Sorge tragen.	Zur Verfügung gestellte Betriebsmittel und Schutzausrüstungen sind zu verwenden. Beschäftigte dürfen dem Arbeitgeber Vorschläge bzgl. Sicherheit, Gesundheit machen, sich ggf. an zuständige Behörden wenden.
<ul style="list-style-type: none"> § 3 Grundpflichten des Arbeitgebers § 5 Beurteilung der Arbeitsbedingungen § 7 Übertragung von Aufgaben § 8 Zusammenarbeit mehrerer Arbeitgeber § 9 Besondere Gefahren § 10 Erste Hilfe und sonstige Notfallmaßnahmen § 11 Arbeitsmedizinische Vorsorge § 12 Unterweisung § 13 Verantwortliche Personen § 15 Pflichten der Beschäftigten 		<ul style="list-style-type: none"> § 16 Besondere Unterstützungspflichten § 17 Rechte der Beschäftigten § 20 Regelungen für den öffentlichen Dienst § 21 Behörden und Träger der gesetzlichen Unfallversicherung § 22 Befugnisse der zuständigen Behörden § 23 Betriebliche Daten § 24 Erlass allgemeiner Verwaltungsvorschriften § 25 Bußgeldvorschriften § 26 Strafvorschriften
Auszug aus Inhalt des ArbSchG		
Betriebsicherheitsverordnung BetrSichV		
Anwendungsbereich	Die BetrSichV gilt für das Verwenden von Arbeitsmitteln. Sie gilt auch für überwachungsbedürftige Anlagen, Aufzugsanlagen und Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen.	Überwachungsbedürftige Anlagen sind z.B. Dampfkesselanlagen, Füllanlagen, Rohrleitungen mit innerem Überdruck entzündlicher, giftiger, ätzender Gase, Dämpfe, Flüssigkeiten.
Arbeitgeber § 4, §3	Muss vor Verwendung der Arbeitsmittel eine Gefährdungsbeurteilung durchführen. Vorgeschriebene Prüfungen sind vorzunehmen.	Schutzmaßnahmen, die der Arbeitgeber zu überprüfen hat, müssen dem Stand der Technik entsprechen. Instandhaltungsmaßnahmen sind zu treffen.
Arbeitsmittel §5, § 6, § 8	Müssen für die am Arbeitsplatz gegebenen Bedingungen geeignet sein. Bei bestimmungsgemäßer Benutzung müssen Sicherheit und Gesundheitsschutz gewährleistet sein. Arbeitsmittel zum Heben von Lasten erfordern Standsicherheit, Festigkeit, auch die Lastaufnahmemittel. Mobile Arbeitsmittel erfordern für mitfahrende Beschäftigte die geringstmögliche Gefährdung.	Arbeitsmittel sind Werkzeuge, Geräte, Maschinen, Anlagen. Sie dürfen nur absichtlich in Gang gesetzt werden. Befehleinrichtungen an Arbeitsmitteln müssen sichtbar und gefahrlos angebracht sein. Sicheres Stillsetzen muss im Fehlerfall möglich sein. Schutzeinrichtungen von Arbeitsmitteln dürfen nicht umgehbar sein.
<ul style="list-style-type: none"> § 3 Gefährdungsbeurteilung § 4 Grundpflichten des Arbeitgebers § 5 Anforderungen an die zur Verfügung gestellten Arbeitsmittel § 6 Grundlegende Schutzmaßnahmen bei der Verwendung von Arbeitsmitteln § 8 Schutzmaßnahmen bei Gefährdungen durch Energien, Ingangsetzen und Stillsetzen § 9 Weitere Schutzmaßnahmen bei der Verwendung von Arbeitsmitteln § 10 Instandhaltung und Änderung von Betriebsmitteln § 11 Besondere Betriebszustände, -störungen, Unfälle 		<ul style="list-style-type: none"> § 12 Unterweisung und besondere Beauftragung von Beschäftigten § 14 Prüfung von Arbeitsmitteln § 15 Prüfung vor Inbetriebnahme und vor Wiederinbetriebnahme nach prüfpflichtigen Änderungen § 16 Wiederkehrende Prüfungen § 17 Prüfaufzeichnungen und -bescheinigungen § 19 Mitteilungspflichten § 20 Sonderbestimmungen für überwachungsbedürftige Anlagen des Bundes § 22 Ordnungswidrigkeiten § 23 Straftaten
Auszug aus Inhalt der BetrSichV		



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für elektrotechnische, elektronische,
mechatronische und informations-
technische Berufe

Tabellenbuch

Automatisierungstechnik

Kompendium der Automatisierung

Tabellen

Formeln

Normenanwendung

2. Auflage

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

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

Europa-Nr.: 50823

Autoren des Tabellenbuchs Automatisierungstechnik

Dahlhoff, Heinrich	Dipl-Physiker	Meppen
Grimm, Bernhard	Oberstudienrat	Leonberg
Häberle, Gregor	Dr.-Ing.	Tettngang
Schiemann, Bernd	Dipl.-Ing.	Durbach
Schmid, Dietmar	Dr.-Ing., Professor	Essingen
Schmitt, Siegfried	staatl. geprüfter Techniker, Techn. Oberlehrer	Bad Bergzabern

Leitung des Arbeitskreises:

Dr.-Ing. Gregor Häberle, Tettngang

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Diesem Buch wurden die neuesten Ausgaben der DIN-Normen sowie anderer Bestimmungen und Richtlinien zugrunde gelegt (Redaktionsschluss 31.05.2022). Verbindlich sind jedoch nur die DIN-Normen und jene Bestimmungen selbst.

Maßgebend für das Anwenden der Normen sind deren Fassungen mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der VDE-VERLAG GmbH, Bismarkstr. 33, 10625 Berlin und der Beuth-Verlag GmbH, Burggrafensstraße 6, 10787 Berlin erhältlich sind.

2. Auflage 2022

Druck 5 4 3 2 1

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

ISBN 978-3-8085-5114-1

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

© 2022 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Satz: Dipl. Des. Susanne Beckmann, 59514 Welver

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagfotos: Siemens AG, München

Druck: Plump Druck & Medien GmbH, 53619 Rheinbreitbach

Betrieb und Beruf

9 ... 50

B

**Mathematik, Physik,
Dokumentation, Digitaltechnik**

51 ... 120

MD

**Elektrotechnik,
Computer-Hardware**

121 ... 184

C

**Messen, Automatisieren,
Antriebstechnik**

185 ... 300

A

Anlagen und Sicherheit

301 ... 372

AS

**Programmierung,
Programmiersprachen**

373 ... 398

P

**Betriebssysteme,
Anwendersoftware**

399 ... 424

BA

Datenübertragung, Anhang

425 ... 520

Ü

8 Lernfelder

Lernfelder, Hauptabschnitte des Buchs, Bestandteil der Prüfungsteile

Lernfeld	Lernfeld (Aufgabe)	enthalten im Hauptabschnitt HA des Tabellenbuchs Automatisierungstechnik		Prüfung Teil	
		HA	Seiten (Beispiele)	1	2
1	Elektrotechnische Systeme analysieren, Funktionen prüfen und Fehler beheben	B	Durchführung von Projekten, Arbeitssicherheit, Unfallverhütung	X	X
		MD	Schaltzeichen, Stromlaufpläne, elektrische Größen, Darstellung von Funktionen		
		C	Dioden, Transistoren, Stromversorgung der IT-Geräte, RLC-Schaltungen, Bediengeräte		
2	Elektrische Systeme planen und installieren	B	Unfallverhütung, Installationspläne, Erstellen eines Angebots, Planung eines Auftrags	X	X
		C	Leitungen in Niederspannungsanlagen		
3	Steuerungen und Regelungen analysieren und realisieren	MD	Schaltzeichen, Schaltalgebra, KV-Diagramm, digitale Zähler, Kippglieder, Komparatoren	X	X
		A	Sensoren, Aktoren, SPS		
		C	Operationsverstärker, Leitungen, Dreiphasenwechselstrom, Steckverbinder, Industrie-PC		
4	Informationstechnische Systeme bereitstellen	MD	DA-Umsetzer, AD-Umsetzer, Schnittstellen, Informationsverarbeitung, Codeumsetzer	X	X
		BA	Anwendersoftware, Virtuelle Umgebung		
		C	Computer, Twisted-Pair-Leitungen, LWL, Filter		
5	Elektroenergieversorgung und Sicherheit von Anlagen und Geräten konzipieren	C	Batterien, Bezugspfeile, Wechselgrößen, aktive Bauelemente der Energietechnik, Transformatoren, Stromrichterschaltungen	X	X
		AS	Schutzmaßnahmen, Lichtschranken		
6	Elektrische Systeme analysieren und prüfen	C	Halbleiterspeicher, optische Speicher, Schnittstellen, Bildschirmarbeitsplätze	X	X
7	Steuerungen und Regelungen für Systeme programmieren und realisieren	A	Sensoren, Messwerterfassung, Aktoren, Ablauf-Funktionspläne, Kleinsteuerungen, SPS, Regelungstechnik, Drehzahlregelung, Roboter, CNC, Betriebsarten		X
					X
8	Energiewandlungssysteme auswählen und integrieren	A	Antriebstechnik, Sicherheit von Maschinen, Motoren, sicherheitsbezogene Steuerungen		
		MD	Symbole Pneumatik, Hydraulik		X
9	Steuerungs- und Kommunikationssysteme planen und einbinden	AS	Fertigungsverfahren, Sicherheit		X
		P	Phasen der Softwareentwicklung		
		Ü	Modulation, Demodulation, (W)LAN, Bussysteme		
		C	Leitungen, Steckverbinder, Computer		
10	Systeme der Automatisierungstechnik installieren, in Betrieb nehmen und übergeben	AS	EU-Maschinenrichtlinie, Maschinensicherheit, USV-Systeme, Überspannungsschutz		X
		Ü	Funksteuerung, PROFINET, AS-i, Gateways		
11	Systeme der Automatisierungstechnik instandhalten, dokumentieren und optimieren	B	Umwelttechnik, Umgang mit Elektroschrott		X
		AS	Überwachung der Stromkreise, Anlagen-diagnose, Materialflusssysteme, Wartungspläne		
		Ü	Betriebsdatenerfassung, EDI-Datenaustausch		
12	Systeme der Automatisierungstechnik planen und realisieren	B	Prozessanalyse, Projektdurchführung		X
		MD	Lastenheft, Pflichtenheft, Schaltpläne		
		A	Antriebe von Schützen, Messen, Steuern, Regeln, Dezentrale EA-Systeme, Hilfsstromkreise,		
13	Systeme der Automatisierungstechnik anpassen und dokumentieren	P, A	Sensoren, Aktoren		X
			Softwareentwicklung, Softwaretests, CNC-Maschinen, PAL-Programmierung, PHP		

Zur Arbeitssicherheit gehören:

1. Gefahrenvermeidung,
2. Gefahreinerwirkung vom Menschen trennen oder zeitlich begrenzen,
3. Persönliche Schutzausrüstung PSA,
4. Unterweisung.

www.bgfe.de

Persönliche Schutzausrüstung PSA

Die PSA richtet sich nach der *Arbeitsaufgabe* und muss bei allen Arbeiten und Tätigkeiten verwendet werden, die aufgrund ihrer Art Verletzungen oder Gesundheitsbeeinträchtigungen hervorrufen und nicht durch *TOP-Prinzipmaßnahmen* 1,2 und 4 (siehe oben) verhindert werden können.

Sie gliedert sich in drei Klassen:

- *Kategorie I:* Handschuhe, Sonnenbrille.
- *Kategorie II:* Siehe Tabelle.
- *Kategorie III:* Atemschutzgerät, Tauchgerät, Absturzsicherung, Atemschutzmaske der Stufe FFP3 (Filtering Facepiece).

Kategorie II

Beschreibung

Bemerkungen



Gehörschutz

Auswahl zwischen Kapselgehörschützern, Bügelgehörschützern und Gehörschutzstöpseln erfolgt nach Messung der Schallpegel und Schallfrequenzen mit der Schalleistungspegelmessmethode nach DIN EN ISO 9614.

Tragepflicht in gekennzeichneten Bereichen. Wirksamer Schutz gegen Hörschäden ist eine 100-%ige Tragezeit bei Schallpegeln ab 85 dB(A).

Kombination mit Kommunikationssystemen (Headsets) möglich. Hörschäden sind irreversibel!



Schutzbrille

Merkmale einer Schutzbrille sind kratzefeste, beschlagfreie und auswechselbare Sichtscheiben aus Sicherheitsglas oder Kunststoff. Die Brille ist leicht, höhen- und längenverstellbar und bietet ein Rundumsichtfeld mit ergonomischem Stirn-, Wangen- und Seitenschutz.

Tragepflicht zum Schutz vor gefährlicher Strahlung (z. B. Lasern), Splitterflug, Staub, Chemikalien, spritzenden Flüssigkeiten.

Sorgfältige Reinigung und Pflege sind unumgänglich.



Schutzhandschuhe

Grundanforderungen für alle Schutzhandschuhe siehe DIN EN 420. Ihre Gebrauchstauglichkeit muss durch regelmäßige Kontrolle geprüft werden. Herstellerinformationen (Gebrauchsanleitungen) sind zu beachten. Schutzhandschuhe sind regelmäßig zu reinigen und zu pflegen.

Schutzhandschuhe schützen Hände vor Schädigung durch äußere Einwirkungen mechanischer, thermischer und chemischer Art sowie vor Mikroorganismen und ionisierender Strahlung. Vor der Auswahl der Schutzhandschuhe ist eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen.



Sicherheitsschuhe

Sicherheitsschuhe besitzen öl-, säure- und benzinresistente Sohlen sowie Schutzkappen.

Höhere Kategorien haben zusätzlich Durchtrittssicherheit, sind antistatisch, isolierend, flammfest, rutschhemmend, kälte- und wärmeisoliert und haben verringerten Wasserdurchtritt.

Durch die Berufsgenossenschaft vorgeschrieben für Industrie, Bauwesen, Garten- und Landschaftsbau, bei Feuerwehr, Technischem Hilfswerk, im Rettungsdienst.

Die Schutzkappe schützt gegen mechanische Einwirkungen bis 200 Joule (DIN EN 12568).



Schutzkleidung

Schutzkleidung, auch Funktionskleidung genannt, gibt es in vielen Arten:

- Warnschutz,
- Wetterschutz,
- Hitze- und Flammenschutz,
- Chemikalienschutz,
- Elektrostatikschutz,
- Hygieneschutz,
- Druckschutz.

Bietet Sicherheit gegen Strahlungshitze, konvektiver Hitze, Kontakthitze, Funkenflug, Schweißperlen, kurzzeitigen Kontakt mit Flammen. Wirksam gegen Verätzungen, Verbrühungen, Stich- oder Schnittverletzungen, Unterkühlung und elektrische Durchströmungen.

Warnschutz für Rettungsdienste, Straßenbauarbeiten, Forstwirtschaft.



Schutzhelm

Genormt nach DIN EN 397, besteht der Schutzhelm aus harten Plastikwerkstoffen. Einsatzdauer bei Thermoplasten 4 Jahre (Versprödung).

Die Innenausstattung ist korbähnlich geformt, durch sie wird die einwirkende Kraft verteilt. Helme für Spezialanwendungen werden besonders geprüft.

Der Schutzhelm schützt vor herabfallenden Teilen, pendelnden Lasten und auch bei beengten Situationen. An vielen Helmen können Zubehörteile wie Gesichtsschutz und Gehörschutz montiert werden. Spezialhelme schützen vor Kontakt mit Wechselspannungen bis 440 V, vor Temperaturen von - 30 °C bis 150 °C.

Begriff	Erklärung	Bemerkungen, Beispiele
Abfall nach KrWG (Kreislaufwirtschaftsgesetz)	Alle beweglichen Sachen, deren sich der Abfallbesitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss und die im Anhang vom KrWG stehen.	Hausmüll, Gewerbemüll, Sperrmüll, Elektronikschrott, Sonderabfälle.
Abfall zur Verwertung	Abfall, der für stoffliche Verwertung oder energetische Verwertung vorgesehen ist.	Schrott, Altpapier. Stoffliche Verwertung ist immer zulässig, energetische Verwertung setzt Nutzung der anfallenden Wärme voraus.
Abfall zur Beseitigung	Abfall, der nicht für die Verwertung in Frage kommt.	Restmüll, der nicht verwertet werden kann. Beseitigung erfolgt durch Deponierung oder Verbrennung. Vor der Deponierung muss eine thermische Behandlung stattfinden.
Abfalltransport	Abfälle zur Beseitigung und überwachungsbedürftige Abfälle dürfen nur mit behördlicher Zulassung transportiert werden.	Das gilt nicht für kleine Mengen, für Transport innerhalb eines Betriebs. Der Fachkundenachweis kann durch eine entsprechende Ausbildung oder durch eine längere Praxis erbracht werden.
Betriebsbeauftragter	Für bestimmte Aufgaben des Umweltschutzes beauftragte Personen in einem Betrieb.	Je nach Betriebsgröße müssen Betriebsbeauftragte z. B. für Abfall vorhanden sein.
Dioxine	Sammelbezeichnung für etwa 200 verschiedene, chlorierte Kohlenwasserstoffe aus der Gruppe der Dibenzodioxine (PCDD) und Dibenzofurane (PCDF).	Dioxine entstehen bei der Verbrennung in Anwesenheit von Chlorverbindungen. Ein spezielles Dioxin ist sehr giftig.
Downcyclen	Ein scheinbares Recyclen, bei dem aber ein Werkstoff minderer Qualität entsteht.	Beim Verwerten von Altpapier verkürzen sich die Zellulosefasern, sodass für die Papierherstellung immer ein Zusatz frischer Zellulose erforderlich ist.
Duales System Deutschland DSD	Privates Entsorgungssystem für Verpackungsmüll.	Sammlung erfolgt in „gelbem Sack“ oder „gelber Tonne“. Finanzierung durch Beiträge, die vom Handel eingezogen werden.
Elektroschrott	Abfall beim Entsorgen von Elektro- oder Elektronikgeräten oder elektronischen Baugruppen.	Wegen der komplexen Zusammensetzung schwer zu beherrschender Abfall, z. B. aus Fernsehgeräten oder Computern.
Emission, schädliche	Aussendung schädlicher Stoffe, z. B. von Gasen, oder physikalischer Vorgänge, z. B. von Schall, in die umgebende Luft (BImSchG, Bundes-Immissions-Schutz-Gesetz).	Für Emissionen sind behördliche Grenzwerte festgelegt, die nicht überschritten werden dürfen. Emissionen verursacht eine Quelle (Sender). Bei der Senke (Empfänger) wird von Immissionen gesprochen.
Energetische Verwertung	Verwertung von Abfall durch Energieerzeugung mittels Verbrennung.	Zulässig ist diese Verwertung nur, wenn der Heizwert mindestens 11 MJ/kg beträgt und der Feuerungswirkungsgrad mindestens 0,75 ist. Außerdem dürfen keine unzulässigen Emissionen entstehen.
Entsorgung	Einsammeln, Sortieren, Transport, Behandlung, Verwerten oder Beseitigen von Abfällen.	Träger der Entsorgung sind öffentlich-rechtliche Träger, z. B. Landkreise, und unter bestimmten Voraussetzungen private Unternehmen.
Furane	Eine bestimmte Verbindungsgruppe der Dioxine.	Furane entstehen wie Dioxine.
Immission	An einer Senke (Empfänger) aus der Luft einfallende Emissionen einer Quelle.	Für Immissionen sind behördliche Grenzwerte festgelegt (BImSchG).
Recyclen	Rückführung eines Abfallbestandteils zur Wiederverwertung, z. B. von Glasflaschen zur Wiedereinschmelzung.	Man unterscheidet werkstoffliches Recyclen, z. B. bei Glas, und rohstoffliches Recyclen, z. B. bei der Verwertung von Kunststoffen als Reduktionsmittel im Stahlwerk. Oft liegt eigentlich ein Downcyclen vor, z. B. bei Papier.
Restmüll	Abfall, der nach Aussortieren verwertbarer Bestandteile übrigbleibt und kein Sondermüll ist, z. B. ölhaltige Abfälle.	Abfall aus Haushaltungen, wenn Glas, Metall, Speisereste, Altpapier und Kunststoffe vorher aussortiert wurden.

Reduktionsformeln

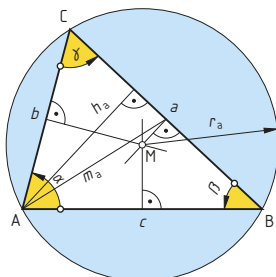
Funktion	$\beta = 90^\circ \pm \alpha$	$\beta = 180^\circ \pm \alpha$	$\beta = 270^\circ \pm \alpha$	$\beta = 360^\circ - \alpha$
$\sin \beta$	$+\cos \alpha$	$\mp \sin \alpha$	$-\cos \alpha$	$-\sin \alpha$
$\cos \beta$	$\mp \sin \alpha$	$-\cos \alpha$	$\pm \sin \alpha$	$+\cos \alpha$
$\tan \beta$	$\mp \cot \alpha$	$\mp \tan \alpha$	$\mp \cot \alpha$	$-\tan \alpha$
$\cot \beta$	$\mp \tan \alpha$	$\pm \cot \alpha$	$\mp \tan \alpha$	$-\cot \alpha$

Allgemeine trigonometrische Beziehungen

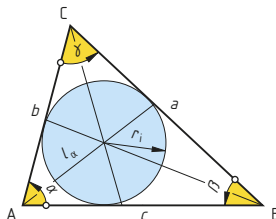
$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$ 1	$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha$ 2	$\frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \cot \alpha$ 3	$\cot \alpha = \frac{1}{\tan \alpha}$ 4
$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \cot^2 \alpha}}$		$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} = \frac{\cot \alpha}{\sqrt{1 + \cot^2 \alpha}}$	
$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}}{\cos \alpha} = \frac{1}{\cot \alpha}$		$\cot \alpha = \frac{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}{\sin \alpha} = \frac{\cos \alpha}{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}} = \frac{1}{\tan \alpha}$	
$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cdot \cos \beta \pm \cos \alpha \cdot \sin \beta$		$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cdot \cos \beta \mp \sin \alpha \cdot \sin \beta$	
$\tan(\alpha \pm \beta) = \frac{\tan \alpha \pm \tan \beta}{1 \mp \tan \alpha \cdot \tan \beta}$		$\cot(\alpha \pm \beta) = \frac{\cot \alpha \cdot \cot \beta \mp 1}{\cot \beta \pm \cot \alpha}$	
$\sin \alpha \cdot \sin \beta = \frac{1}{2}(\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta))$		$\cos \alpha \cdot \cos \beta = \frac{1}{2}(\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta))$	
$\sin(2\alpha) = 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha$ $\cos(2\alpha) = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha$ $x = \sin \alpha \Rightarrow \alpha = \arcsin x$ $-\pi/2 \leq \arcsin x \leq \pi/2$	$\sin(3\alpha) = 3 \sin \alpha - 4 \sin^3 \alpha$ $\cos(3\alpha) = 4 \cos^3 \alpha - 3 \cos \alpha$ $x = \cos \alpha \Rightarrow \alpha = \arccos x$ $0 \leq \arccos x \leq \pi$	$\sin(4\alpha) = 8 \cos^3 \alpha \cdot \sin \alpha - 4 \cos \alpha \cdot \sin \alpha$ $\cos(4\alpha) = 8 \cos^4 \alpha - 8 \cos^2 \alpha + 1$ $x = \tan \alpha \Rightarrow \alpha = \arctan x$ $-\pi/2 \leq \arctan x \leq \pi/2$	

Berechnungen im allgemeinen Dreieck

Sinussatz	$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma} = 2 r_a$	Fläche	$A = \frac{1}{2} \cdot ab \cdot \sin \gamma = 2 r_a^2 \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot \sin \gamma$
Kosinussatz	$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cdot \cos \alpha$ $b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \cdot \cos \beta$ $c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos \gamma$	Höhe auf a	$h_a = b \cdot \sin \gamma = c \cdot \sin \beta$
Seitenhalbierende auf a	$m_a = \frac{1}{2} \sqrt{b^2 + c^2 + 2bc^2 \cdot \cos \alpha}$	Winkelhalbierende von α	$l_\alpha = \frac{2bc \cdot \cos(\alpha/2)}{b+c}$
		Radius Umkreis	$r_a = \frac{a}{2 \cdot \sin \alpha} = \frac{b}{2 \cdot \sin \beta} = \frac{c}{2 \cdot \sin \gamma}$
		Radius Inkreis	$r_i = \sqrt{\frac{(s-a)(s-b)(s-c)}{s}}$ $s = (a+b+c)/2$
		Winkelgleichung	$\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$



Umkreis und Größen des Dreiecks



Inkreis und Größen des Dreiecks

Fortsetzung Unterklassen für Aufgaben von Objekten			vgl. DIN EN IEC 81346-1 und 2
Hauptklasse Hkl	Hkl, Ukl	Aufgabe der Unterklasse Ukl	Beispiele für Objekte
M Ausübung mechanischer Bewegung oder Kraft	MA	elektromagnetisch, rotierend	Elektromotor
	MB	elektromagnetisch, linear	Elektromagnet, Magnetventil, Linearmotor
	MC	magnetisch	Permanentmagnet
	ML	mechanisch	Federantrieb, Turbine
	MM	pneumatisch, fluidtechnisch	Hydraulikmotor, Pneumatikmotor
	MT	Wärmemaschine	Dampfmotor
N Abdecken eines Objekts	NA	Füllen von Öffnungen	Dichtung, Buchse
	NB	Schließen von Öffnungen	Gehäuseklappe, Schranktür, Tankdeckel
P Bereitstellung wahrnehmbarer Funktionen	PF	Sichtbare Zustandsanzeige	Signallampe, Stellungsanzeiger
	PG	Skalaranzeige	Messinstrument, Manometer, Positionsanzeige, Energiezähler
	PH	grafische Anzeige	Bildschirm, Drucker, Display
Q Steuerung von Zugang oder Durchfluss	QA	Schalten und Variieren elektrischer Energiekreise	Leistungsschalter, Thyristor, Motoranlasser, Schütz
	QB	Trennen elektrischer Energiekreise	Trennschalter
	QC	Erden elektrischer Energiekreise	Erdungsschalter
	QM	Schalten eingeschlossener Flüssigkeiten	Ablaufhahn, Wasserhahn
	QN	Variieren eingeschl. Flüssigkeiten	Flüssigkeitsregelventil
R Begrenzen oder Stabilisieren	RA	Begrenzen des Flusses elektrischer Energie	Widerstand, Drossel, Diode, Konstanthalter
	RB	Begrenzen durch Stabilisieren	USV, Spannungskomparator
	RF	Stabilisieren von Signalen	Tiefpass, Entzerrer, Filter
S Handlung erkennen, Reaktion bereitstellen	SF	Gesichtsinteraktion	Augenfokus-Lesegerät
	SG	Handinteraktion	Aktivierungsgerät mit 2 oder 3 Stellen, Notfallknopf
	SJ	Fingerinteraktion	Schalter, Tastatur, Drehrad
	SK	Bewegungsinteraktion	Maus, Joystick, Lichtsift
T Transformieren, Umwandeln	TA	Umwandeln elektrischer Energie unter Beibehalten der Stromart	Transformator, DC/DC-Umsetzer, Frequenzumrichter
	TB	Umwandeln der Stromart wie bei TA, aber Verändern der Stromart	Gleichrichter, Wechselrichter, AC/DC-Umsetzer
	TF	Umwandeln von Signalen (Beibehalten des Informationsinhalts)	Verstärker, Impulsverstärker, Antenne, U/I-Umsetzer, ADC, DAC
	TM	Massereduktion	Bohrmaschine, Ätzmaschine
	TP	Materie-Umformung	Biegemaschine, Rändelmaschine
U Objektverortung	UB	Trageeinrichtungen	Kabelkanal, Mast, Tisch
	UG	Umschließungsobjekt	Schrank, Gehäuse
X Schnittstelle bereitstellen	XD	Verbindungen bei Niederspannung	Anschlusskasten, Steckdose
	XE	Potenzialverbindung	PE-Anschlusspunkt
	XF	Nicht fest angeschlossener Koppler	Fliehkraftkupplung, Magnethub

Die Zweitbuchstaben der Unterklassen sind *bei Bedarf* anzuwenden, wenn die Kennbuchstaben der Hauptklasse für sehr verschiedenartige Objekte angewendet werden. Bei Bedarf *kann* ein Drittbuchstabe angewendet werden.

Kennzeichnung von Leitern und Leiteranschlüssen

vgl. DIN EN 60617-2

Leiter		Kennzeichnung		Leiter		Kennzeichnung	
		alphanum.	Schaltzeichen			alphanum.	Symbol
Wechselstromnetz	Außenleiter	L		Schutzpotenzialausgleichsleiter		PB	
	Außenleiter 1, 2, 3 Neutralleiter	L1, L2, L3 N				PBE PBU	
Gleichstromnetz	Positiv	L+		Erder		E	
	Negativ	L-					
	Mittelleiter	M					
Schutzleiter (Protective Earth)		PE		Masse		GND, GD MM	
PEN-Leiter (Funktion PE + N)		PEN		E (earthed) geerdet, U (unearthed) ungeerdet PB Protective Bonding, GND Ground			

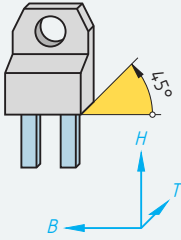
Zusätzlich können angegeben werden Frequenz, Spannung, Stromart, Querschnitt, Leitungsart.

M
D

Symbol	Benennung	Symbol	Benennung	Symbol	Benennung
Leitungen		Wegeventile (siehe Seite 290)		Stromventile	
	Arbeitsleitung		Anzahl der Rechtecke = Anzahl der Schaltungen; 2 Schaltstellungen		Drosselventil, verstellbar
	Steuerleitung		Anschlüsse werden mit Strichen markiert		2-Wege-Stromregelventil
	Leckleitung, Entlüftungsleitung		1 Durchflussweg	Wegeventilbetätigung	
	Leitungsverbindung		2 gesperrte Anschlüsse		mit Feder
	Leitungskreuzung		2 Durchflüsse		durch Muskelkraft, allgemein
	Elektrische Leitung		2 gesperrte Anschlüsse		mit Druckknopf
Funktionszeichen			2 Durchflüsse		mit Hebel
	hydraulisch, pneumatisch		2 Durchflüsse		mit Pedal
	Strömungsrichtungen		2 Durchflüsse		mit Taster
	Drehrichtungen		2 Durchflüsse		mit Tastrolle
	Verstellbarkeit		2 Durchflüsse		durch Elektromagnet mit 1 Wicklung
Pumpen, Verdichter, Motoren			2 Durchflüsse		2 gegensinnige Wicklungen
	Konstantpumpe mit 1 Stromrichtung		2 Durchflüsse		durch Elektromotor
	Verstellpumpe mit 2 Stromrichtungen	Kurzbezeichnungen			Hydraulische Vorsteuerung unter Druck
	Verdichter (Kompressor)		Beispiel: 3/2-Wegeventil 2 Schaltstellungen (a und b) 3 Anschlüsse (1 ... 3)		Pneumatische Vorsteuerung unter Druck
	Hydraulikmotor mit 1 Stromrichtung	Sperrventile (siehe Seite 290)		Energieübertragung	
	Pneumatikmotor mit 1 Stromrichtung		Rückschlagventile		Druckquelle hydraulisch oder pneumatisch
Zylinder (siehe Seite 290)			2/2-Wegeventil mit Sperr-Ruhestellung		Elektromotor
	einfach wirkend	Druckventil			Behälter
	mit Rückholfeder		Druckbegrenzungsventil		Speicher
	doppelt wirkend		Druckschalter, gibt bei voreingestelltem Druck ein elektrisches Signal ab.		Filter
	beidseitig Endlagendämpfung, einstellbar				Wasserabscheider
					Öler
					Aufbereitungseinheit

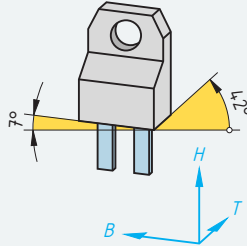
Axonometrische Projektionen

Rechtwinklige Parallelprojektion



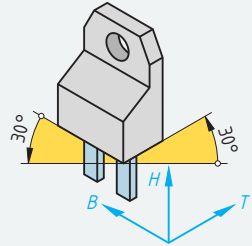
$B : H : T = 1 : 1 : 0,5$
Anwendung für Skizzen

Dimetrische Projektion



$B : H : T = 1 : 1 : 0,5$
Zeigt in der Vorderansicht
Wesentliches

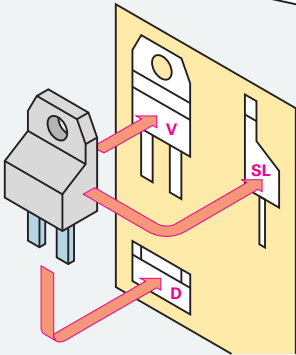
Isometrische Projektion



$B : H : T = 1 : 1 : 1$
Zeigt drei Ansichten gleichmäßig

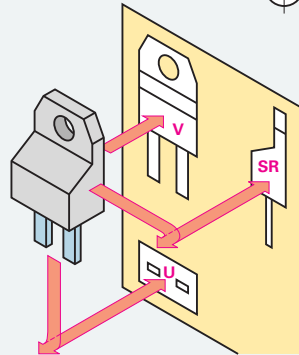
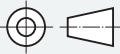
Normalprojektionen

Projektionsmethode 1: Kennzeichen:



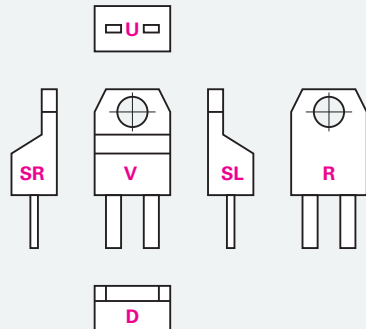
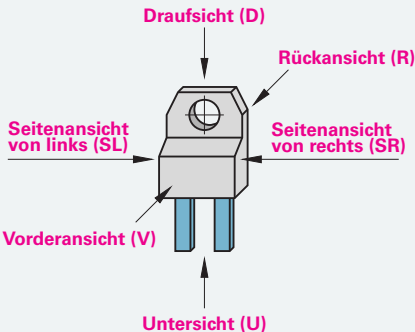
Anwendung in europäischen Ländern

Projektionsmethode 3: Kennzeichen:



Anwendung in amerikanischen Ländern
und Datenbüchern

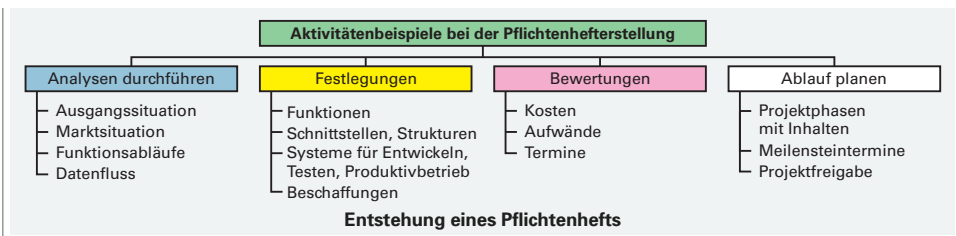
Europäische Anordnung der Ansichten



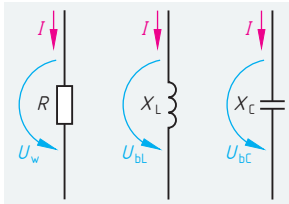
M
D

Merkmale	Erklärung	Bemerkungen, Beispiele
Bestandteile eines Lastenhefts		
Inhaltsverzeichnis	Das Inhaltsverzeichnis enthält die Kapitelüberschriften des Lastenhefts.	Jedes Kapitel besitzt eine Kapitelnummer.
Auftraggeber	Der Auftraggeber des Projekts ist zu nennen.	Name, Abteilung, Telefon, E-Mail-Adr.
Zweck des Projekts	Beschreibung von Projektanlass und Projektziel.	Verbesserte Performance (Betriebeigenschaften), geringere Wartungskosten.
Ausgangssituation	Beschreibung bestehender Systeme, Datenstrukturen, organisatorischer Abläufe.	Beschreibung der Nachteile der gegenwärtigen Situation.
Aufgabenstellung	Beschreibung aus Sicht des Auftraggebers (Lastenheftersteller).	Neue Funktionen, Benutzerdialoge, Ausgabedaten am Bildschirm.
Randbedingungen	Berücksichtigung von Richtlinien und Normen, Einbindung existierender Lösungen.	Schnittstellen zu existierenden Geräten, Datenbanken, Programmen.
Terminrahmen	Nennung des Endtermins, ggf. Zwischentermine.	Begründung wegen der Wichtigkeit des Projekts, z. B. Kundenwunsch.
Kostenrahmen	Angabe der zur Verfügung stehenden Mittel.	Investitionen, Kosten.

Bestandteile eines Pflichtenhefts		
Inhaltsverzeichnis	Auflistung der Kapitelüberschriften.	Kapitel mit Kapitelnummern.
Auftraggeber	Wie im Lastenheft beschrieben.	Siehe Lastenheft.
Zweck des Projekts	Wie im Lastenheft beschrieben.	Siehe Lastenheft.
Analyse Istsituation	Beschreibung der Istsituation bzgl. z. B. Anzahl Benutzer, Funktionen, Performance, Schnittstellen, Datenfluss, tangierte Systeme.	Beschreibung Wartungsaufwände. Grenzen in der Lösung aufzeigen.
Funktions-spezifikation	Beschreibung aus Sicht des Auftragnehmers. Gliederung in Unterfunktionen. Aufzeigen funktionaler Zusammenhänge durch Grafiken.	Beschreibung der Realisierungsmöglichkeiten der geforderten Funktionen und deren Abhängigkeiten.
Daten-spezifikation	Analyse der Daten, Datenmengen und der Datenflüsse, zugeordnet zu Funktionen.	Festlegung der Datentypen oder der Datenbankstrukturen.
Schnittstellen-spezifikation	Definition der Schnittstellen hardwareseitig und softwareseitig zu tangierenden Systemen. Definition der Benutzeroberflächen.	Festlegung von Übertragungsverfahren, Bildschirmmasken, Druckerausgaben.
Rahmenbedingungen	Beschreibung von Voraussetzungen zum Entwickeln, Testen, Schulen und Produktivgehen.	Nennung von Beschaffungskosten und notwendigen Projektpartnern.
Qualitätsbetrachtungen	Beschreibung von Maßnahmen während der Entwicklungsphase und von Kennzahlen in der Einführungsphase und im Betrieb.	Richtlinien zur Dokumentation, Softwareerstellung. Führen von Checklisten, Durchführung von Messungen bzgl. Zeiten, Speicherplatz.
Realisierungsvorschlag	Unter Berücksichtigung von Marktrecherchen, der Ausgangssituation und den vorgenommenen Spezifikationen ist eine Empfehlung für die Realisierung niederzuschreiben.	Der Realisierungsvorschlag muss unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten erfolgen.
Projektplanung	Arbeitspakete, Schritte der Projektumsetzung, Terminplanung sind festzulegen. Eine Kostenabschätzung ist vorzunehmen.	Die Verantwortlichkeiten von Auftraggeber und Auftragnehmer (Pflichtenheftersteller) sind festzulegen.
Kosten-Nutzen-Analyse	Den anfallenden Kosten sind die Nutzenpotenziale gegenüber zu stellen, z. B. kürzere Durchlaufzeiten.	Muss nicht unbedingt Bestandteil eines Pflichtenhefts sein.



Wechselstromwiderstände



Widerstände bei Wechselstrom

$$[X_L] = \Omega = \frac{H}{s}$$

$$[X_C] = \Omega = \frac{s}{F}$$

Induktive Blindleistung

$$X_L = \omega \cdot L \quad 1$$

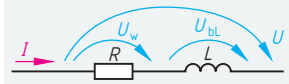
Blindgrößen

$$X = R \cdot \tan \varphi \quad 2$$

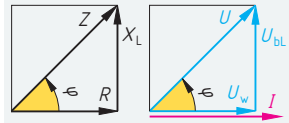
$$U_b = U_w \cdot \tan \varphi \quad 3$$

Kapazitive Blindleistung

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} \quad 4$$



RL-Reihenschaltung



Zeigerbilder für RL-Schaltung

Wirkgrößen

$$R = Z \cdot \cos \varphi \quad 5$$

$$U_w = U \cdot \cos \varphi \quad 6$$

Impedanz (Scheinwiderstand)

X ist X_L oder X_C , U_b ist U_{bl} oder U_{bc}

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \quad 7$$

Blindgrößen

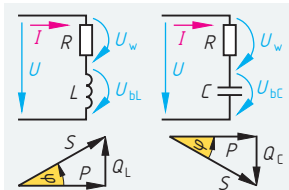
$$X = Z \cdot \sin \varphi \quad 8$$

$$U_b = U \cdot \sin \varphi \quad 9$$

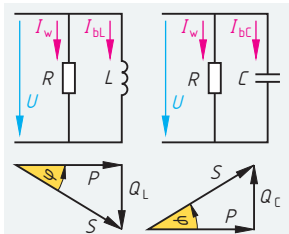
Stromstärke

$$I = \frac{U}{Z} \quad 10$$

Wechselstromleistungen



Reihenschaltung von Wirkwiderstand und Blindwiderstand



Parallelschaltung von Wirkwiderstand und Blindwiderstand

Der Spannungserzeuger gibt eine Scheinleistung an eine beliebige Schaltung ab.

$$[S] = V \cdot A = VA$$

Im Wirkwiderstand tritt Wirkleistung auf.

$$[P] = V \cdot A = W$$

Im Blindwiderstand tritt Blindleistung auf.

$$[Q] = V \cdot A = var$$

var = Volt-Ampere-reaktiv
(reaktiv = rückwirkend)

Scheinleistung

$$S = U \cdot I \quad 11$$

Wirkleistung

$$P = U_w \cdot I_w \quad 12$$

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad 13$$

Blindleistung

Q ist Q_C oder Q_L , U_b ist U_{bc} oder U_{bl} und I_b ist I_{bc} oder I_{bl} .

$$Q = U_b \cdot I_b \quad 15$$

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi \quad 17$$

Blindfaktor bei Sinusform

$$\sin \varphi = \frac{Q}{S} \quad 14$$

Leistungsfaktor bei Sinusform

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \quad 16$$

Leistungsfaktor bei Nichtsinusform

$$\lambda = \frac{|P|}{S} \quad 18$$

Scheinleistung

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad 19$$

- C Kapazität
- f Frequenz
- I Effektivwert des Stroms
- L Induktivität
- P Leistung, Wirkleistung
- Q Blindleistung
- R Widerstand, Wirkwiderstand

- S Scheinleistung
- U Effektivwert der Spannung
- X Blindwiderstand
- Z Impedanz, Scheinwiderstand
- λ Leistungsfaktor
- φ Phasenverschiebungswinkel
- ω Kreisfrequenz

- $\cos \varphi$ Wirkfaktor, Leistungsfaktor
- $\sin \varphi$ Blindfaktor

Indizes

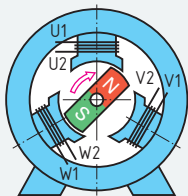
- b Blind- C kapazitiv
- L induktiv w Wirk-

Zeichen

- ^ Scheitelwert, Maximalwert
- ∩ Spitze-Talwert

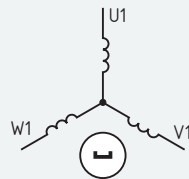
Die Bedeutung der Formelzeichen ist auch aus Formelüberschriften und Bildern erkennbar.

Erzeugung, Begriffe

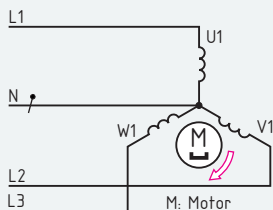


Synchrongenerator

Der Generator enthält drei Wicklungsträger und ein Polrad, z.B. mit einem zweipoligen Permanentmagneten. In jedem Strang wird bei Drehung des Polrades eine Wechselspannung induziert (Seite 72). Die Frequenz der Spannung ist bei einer zweipoligen Maschine so groß wie deren Drehzahl. Die Stränge und damit deren Spannungen sind verkettet.



Verkettung der Stränge

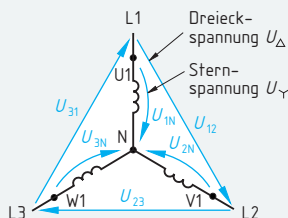


Drehstromnetz

Vom Generator gehen beim *Vierleiternetz* 4 Leiter ab. L1, L2, L3 Außenleiter und N Mittelleiter, Neutralleiter. Bei einem *Dreileiternetz* ist kein N vorhanden. Beim Vierleiternetz können entnommen werden

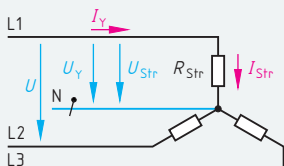
- 3 Sternspannungen, z.B. 230 V,
- 3 Dreiecksspannungen, z.B. 400 V.

Beim Dreileiternetz entfallen die Sternspannungen.

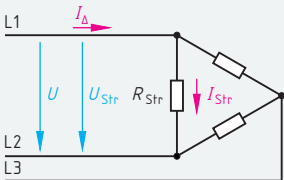


Spannung bei 3AC

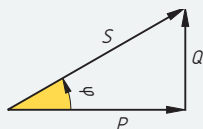
Ströme, Spannungen, Leistungen



Sternschaltung (Y-Schaltung)



Dreieckschaltung (Δ-Schaltung)



Leistungsdreieck

Bei Sternschaltung

$$I_Y = I_{Str} \quad 1$$

$$U = \sqrt{3} \cdot U_{Str} \quad 3$$

Strangspannung

$$U_{Str} = U_Y \quad 5$$

Dreiecksspannung

$$U = \sqrt{3} \cdot U_Y \quad 7$$

$$[S] = \text{VA}$$

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

$$[Q] = \text{var}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Bei Dreieckschaltung

$$U = U_{Str} \quad 2$$

$$I_{\Delta} = \sqrt{3} \cdot I_{Str} \quad 4$$

Bei symmetrischer Last für Δ, Y

Scheinleistung

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \quad 6$$

Wirkleistung

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad 8$$

Blindleistung

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi \quad 9$$

Bei gleicher Netzspannung

$$P_{\Delta} = 3 \cdot P_Y \quad 10$$

$$S_{\Delta} = 3 \cdot S_Y \quad 12$$

$$Q_{\Delta} = 3 \cdot Q_Y \quad 14$$

Für Δ und Y:

$$P = 3 \cdot P_{Str} \quad 11$$

$$S = 3 \cdot S_{Str} \quad 13$$

$$Q = 3 \cdot Q_{Str} \quad 15$$

I Stromstärke, Strom (Leiterstrom)

P Wirkleistung

Q Blindleistung

S Scheinleistung

U Spannung, Dreiecksspannung

φ Phasenverschiebung

$\cos \varphi$ Wirkfaktor,

Leistungsfaktor

$\sin \varphi$ Blindfaktor

Indizes

N Bemessungs-, Nennstrg

Strang-

Δ Dreieck-

Y Stern-

Die Bedeutung der Formelzeichen ist auch aus den Bildern und den Formelüberschriften erkennbar.

Schlüssel der Leitungen und Kabel für Melde- und Signalanlagen

Beispiel:

A- 2Y (L) 2Y 6x2x0,8 StIII Bd



Es werden meist nicht alle Positionen angegeben.

Kurzzeichen	Bedeutung	Kurzzeichen	Bedeutung	Kurzzeichen	Bedeutung
Typ		3Y	Polystyrol PS	Mantel, Schutzhülle	
A-	Außenkabel	4Y	Polyamid PA	Y 2Y ...	siehe Isoliermaterial
FL-	Flachleitung	5Y	Polytetrafluor- ethylen PTFE	G, 26 bis 86	Gummi
J- (spricht i)	Installationsleitung	8Y	Polyimid PJ	H	halogenfrei
Li-	Litzenleiter	9Y	Polypropylen PP	L	Aluminium
RG-	Koaxialleitung	11Y	Polyurethan PU	M	Bleimantel
S-	Schaltkabel	Schirm		Verseilart, -anordnung	
Isoliermaterial		C oder Cb (K)	Kupfergeflecht	DM	Dieselhorst-Martin (DM, folgende Seite)
Y	PVC	(L)	Cu-Band über PE-Mantel	P	Paarverseilung
Yu	PVC, flammwidrig	(mS) (St)	Aluminiumband magn. Schirm	St, StI bis StVI	Sternvierer (nach Frequenz ansteigend)
Yw	PVC, wärmebeständig	Bewehrung		Bd	Bündelverseilung
2Y	PE (Polyethylen)	A	Al-Drähte	Lg	Lagenverseilung
02Y oder 2X	VPE (vernetztes PE)	B	Stahlband	rd	rund
2HX	YPE, flammwidrig			se	sektorförmig

C

Leitungen und Kabel für Melde- und Signalanlagen zur festen Verlegung

Kurzzeichen	Bezeichnung	Aufbau	Verwendung
Y	Kunststoff-Aderleitung (Installationsdraht)	Ader: CU-Draht 0,6 mm oder 0,8 mm, PVC-Isolierung oder PE-Isolierung. 1 Ader oder verseilt 2 bis 4 Adern.	In trockenen Räumen zur festen Verlegung in Isolationsrohren aP und uP.
YR	Kunststoff-Mantelleitung	Ader: Cu-Draht 0,8 mm \varnothing , Isolierung wie bei Y, Mantel aus PVC oder PE, 2 bis 24 Adern.	In trockenen und feuchten Räumen zur festen Verlegung aP und uP.
YRE	Schwachstrom-Erdkabel	Aufbau wie YR, aber verstärkter Mantel. Aderzahl 4 bis 16.	Wie YR und zusätzlich zur Verlegung im Erdboden.
IFY	Klingel-Stegleitung	Ader: Wie bei Y 2 oder 3 Adern.	In trockenen Räumen zur festen Verlegung iP und uP.
A 2Y (St) 2Y	Außen-Kunststoffkabel	Aufbau wie bei YRE. Aderzahl 2 \times 2 bis 100 \times 2.	Zur festen Verlegung oberirdisch und unterirdisch.
J-Y (St)Y	Installations-Kunststoffkabel	Adern wie bei Y, Aufbau wie YR, aber verstärkter Mantel mit Schirm. Aderzahl 2 \times 2 bis 80 \times 2.	Wie YR. Qualitätsleitung, z. B. für KNX, Brandmeldeleitung.
JE-Y (St)Y	Installationsleitung	Aufbau wie YR, aber verstärkter Mantel mit Schirm.	Wie J-Y (St)Y bei erhöhten Anforderungen.
YCYM	Installations-Kunststoffkabel mit Cu-Schirm	Aufbau wie J-Y (St)Y, aber mit Cu-Schirm.	Wie JE-Y (St)Y, z. B. für KNX mit 2 \times 2 \times 0,8.

aP auf Putz, iP im Putz, uP unter Putz, PVC Polyvinylchlorid.

Arten (vereinfachte Darstellung)	Wirkungsweisen Formeln, Kennlinien	Kenngößen	Anwendungen (Beispiele)
-------------------------------------	---------------------------------------	-----------	----------------------------

Bauformen:

Metalloxid mit Bindemittel

**Heißeleiter
(NTC-Widerstand)**

$$R_2 = R_1 \cdot e^{b \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

1

R_2 Widerstand bei Temperatur T_2
 R_1 Widerstand bei Temperatur T_0
 T_2 Temperatur in K
 T_0 Bezugstemperatur in K
 b Kenngröße (z.B. 4.000 K)

Messbereich:
-40 °C bis 400 °C

Messunsicherheit:
etwa ± 2 %

Ansprechzeit:
10 s bis 1 min

Temperaturregelung bei Tiefkühltruhen, bei Waschmaschinen.

Temperaturüberwachung bei elektrischen Anlagen z.B. Computern.

Bauformen:

Kunststoffgehäuse

Titanatkeramik

Glasgehäuse

**Kaltleiter auf Bariumtitanat
(PTC-Widerstände)**

Der Widerstand von Barium-Titanatkeramik ändert sich bei Überschreiten der Bemessungstemperatur ϑ_N sehr stark.

R in Ω

ϑ

Bemessungstemperatur:
60 °C bis 200 °C

Messunsicherheit:
etwa ± 5 %

Ansprechzeit:
10 s bis 1 min

Sensor für Über-temperatur bei Motoren und in elektrischen Anlagen, z. B. Computern.

A

KTY-Wicklungsfühler

weiß (-)

braun (+)

KTY-Wicklungsfühler

M3 oder M4

KTY-Aufschraubfühler

**Kaltleiter auf Siliziumbasis
(PTC-Widerstände)**

Kaltleiter auf Basis von dotiertem Silizium mit kleiner Baugröße und kurzer Einstellzeit.

Widerstand

Temperatur

Sensor KTY 84-130

Typ: KTY 84-130

Temperaturbereich:
-40 °C bis 300 °C

Nennwiderstand:
1000 Ω ($R_{1000} = 970 \Omega$ bis 1030 Ω)

Messstrom: 2 mA

Therm. Zeitkonstante:

- τ in Luft 20 s
- τ in ruhender Flüssigkeit 1 s
- τ in fließender Flüssigkeit 0,5 s

Temperaturmessung von festen, flüssigen und gasförmigen Medien, z.B. in der

- Antriebstechnik,
- Kfz-Technik,
- Elektronik.

Achtung: KTY-Sensoren sind gegen ESD (Electrostatic Discharge, elektrostatische Entladungen) sehr empfindlich.

Mess-stelle

Vergleichsstelle

Ausgleichsleitung

Thermoelement

Anzeigergerät

U_{th}

Thermoelemente

Die Thermospannung U_{th} entsteht beim Erwärmen unterschiedlicher Metalle.

Platin-Platinrhodium:
ca. 0,0065 mV/K

Nickelchrom-Konstantan:
ca. 0,056 mV/K

Eisen-Konstantan:
ca. 0,05 mV/K

Kupfer-Konstantan:
ca. 0,04 mV/K

Messbereich:
meist von -200 °C bis 1600 °C bei Platin, 800 °C bei Nickelchrom, 600 °C bei Eisen, 500 °C bei Kupfer

Messunsicherheit:
etwa ±1%

Ansprechzeit:
10 ms bis 1 min

Temperaturmessung bei schnellveränderlichen Temperaturen, z.B. in Gießformen und bei Glühöfen. Genaue Werte sind in Grundwerttabellen bzw. Normen dokumentiert.

4V_bis 30V

I_T

temperaturerempfindlicher Dünnschichtwiderstand

IC

Temperatur-Strom-Umsetzer

Der Temperatur-Strom-Umsetzer liefert als integrierter Schaltkreis einen, zur absoluten Temperatur proportionalen, eingepprägten Strom I_T , z.B. mit 1 $\mu A/K$. Eine Kalibrierung ist nicht erforderlich.

Messbereich:
-60 °C bis 150 °C

Messunsicherheit:
± 1 %

Ansprechzeit:
10 s bis 1 min

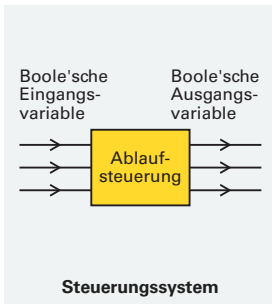
Temperaturmessung vor allem in Verbindung mit Auswertung durch Computer, z.B. Erfassen von einem Temperaturfeld.

Symbole

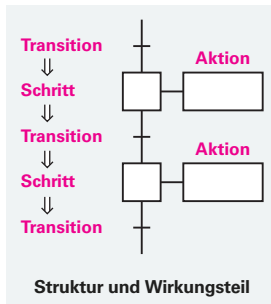
Erklärung

Bemerkungen

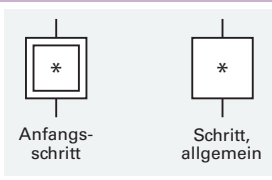
Spezifikationssprache GRAFCET



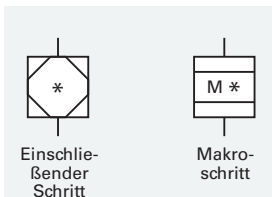
GRAFSET (von franz. graphe fonctionnel de commande par étapes et transitions = funktionelle grafische Darstellung gesteuerter Schritt-Übergänge) ist eine Spezifikationssprache für schrittweise ablaufende Steuerungen mit Eingangsvariablen und Ausgangsvariablen. Der Ablauf ist in Schritte mit Symbolelementen für Schritte, Aktionen sowie Wirkungslinien und Transitions (Übergangsbedingungen) gegliedert. Mit GRAFCET dargestellte Ablaufpläne (GRAFSET-Plan, oft nur GRAFCET genannt) werden bei Realisierung mittels SPS in ein SPS-Programm umgesetzt.



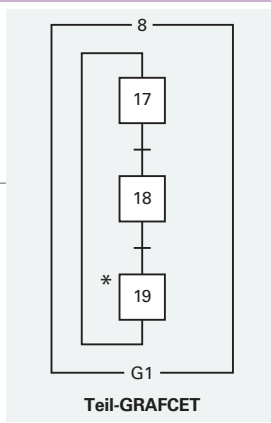
Schritte



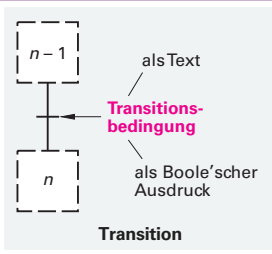
Der * ist durch eine Schrittnummer zu ersetzen. Der Anfangsschritt besitzt einen doppelten Rahmen. Ein Schritt ist entweder aktiv oder inaktiv. Die Schrittvariable heißt X mit angehängter Schrittnummer. Schritte, die zu einem besonderen Zeitpunkt aktiv sind, kann man mittels Punkt markieren.



Ein einschließender Schritt (Teil-GRAFSET) enthält andere (eingeschlossene) Schritte. Der * ist durch eine Schrittnummer zu ersetzen. Zum einschließenden Schritt 8 gehören in der Einschließung G1 die Schritte 17, 18, 19 (**Bild rechts**). Der Stern bei Schritt 19 bedeutet, dass Schritt 19 aktiviert wird, wenn Schritt 8 aktiviert wird. Ein Makroschritt enthält mehrere abhängige Schritte. Erst nach deren Abarbeiten kann die dem Makroschritt folgende Transition freigegeben werden.

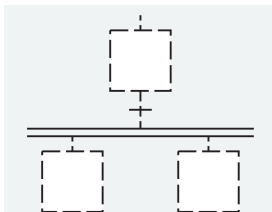


Transitionen



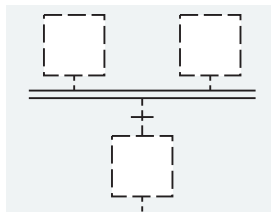
Eine Transition wird dargestellt durch eine Verbindungslinie mit Querstrich. Die Wirkungsrichtung ist von oben nach unten. Ist die Transitionsbedingung erfüllt und ist der Schritt $n - 1$ aktiv, so wird die Transition freigegeben (ausgelöst). Dadurch wird der Folgeschritt n aktiv und der Schritt $n - 1$ deaktiviert. Im Boole'schen Ausdruck bedeuten die Zeichen + ein ODER und * (mal) ein UND.

Eine zeitabhängige Transitionsbedingung ermöglicht die Zeitsteuerung des Folgeschritts. Die Angabe $3s/a/7s$ bedeutet, dass 3 s nach dem Wechsel des Signals a von 0 nach 1 die Transitionsbedingung erfüllt ist und 7 s nach dem Wechsel des Signals a von 1 nach 0 die Transitionsbedingung nicht mehr erfüllt ist.

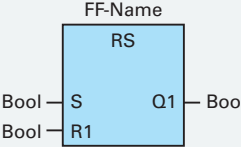
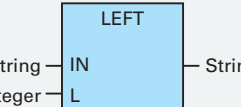
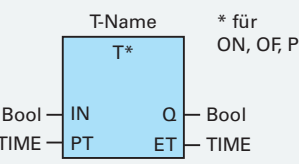
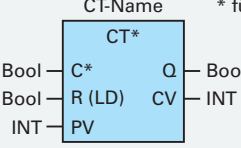
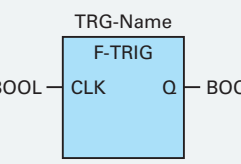
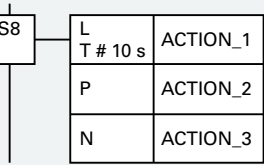


Synchronisation nach Transition

Sind mehrere Schritte mit derselben Transition verbunden, sind die Wirkverbindungen von oder zu dieser Transition über zwei parallele horizontale Linien als Synchronisierungssymbol zusammengefasst. Das bedeutet, dass nach einer Transition mehrere Schritte parallel ausgeführt werden können (**Bild links**), oder dass ein Folgeschritt erst nach dem parallelen Abarbeiten mehrerer Schritte ausgeführt wird (**Bild rechts**).

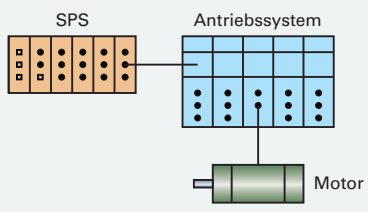
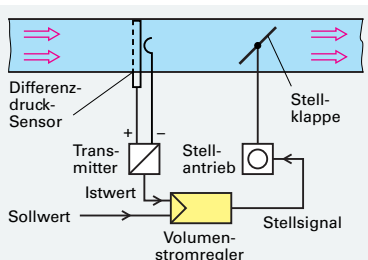
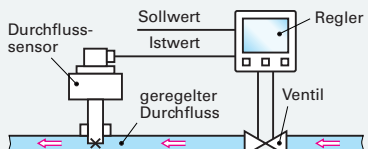


Synchronisation vor Transition

Funktion	Grafische Darstellung	Bemerkungen, Darstellung SCL (ST)
Speicher (Flipflop) RS-Flipflop, SR-Flipflop		Zu unterscheiden sind vorrangiges Setzen (SR; S1/R) oder Rücksetzen (RS; R1/S). Für nachfolgendes Beispiel sind %IX1, %IX2, %QX1 als Datentyp Bool zu vereinbaren, der FB (Funktionsbaustein) RS_FF als RS-Funktion. <pre>VAR RS_FF ; RS; END_VAR RS_FF (S := %IX1, R1 := %IX2); %QX1 := RS_FF.Q1</pre>
Teilstring LEFT, RIGHT, MID		Aus einem String kann ein Teil ausgeschnitten werden, entweder von links, rechts oder der Mitte her beginnend. <pre>A := LEFT (IN := abcde, L := 2); Ergebnis: A := ab;</pre>
Zeitgeber TON, TOF, TP		Unterschieden werden Einschaltverzögerung TON, Ausschaltverzögerung TOF, Zeitimpuls TP. Der FB mit T-Name, z.B. TEIN, ist zu vereinbaren und als FB aufzurufen. <pre>VAR a, out :BOOL; b: TIME := 5ms; TEIN : TON; END_VAR TEIN (IN := a, PT := b); out := TEIN.Q</pre>
Zähler CTU, CTD, CTUD	 <p>bei CTUD: CU- und CD-Eingang, QU- und QD-Ausgang, R- und LD-Eingang</p>	Unterschieden werden Vorwärtszähler CTU (counter up), Rückwärtszähler CTD (counter down), Vorwärts-Rückwärtszähler CTUD. Ein FB für einen Vorwärtszähler enthält z. B. die folgenden Programmzeilen: <pre>IF R THEN CV := 0 ; ELSEIF CU AND (CV < PVmax) THEN CV := CV + 1; END_IF; Q := (CV >= PV);</pre>
Flankenerkennung F-Trig, R-Trig		Unterschieden werden Erkennen der fallenden Flanke (F, falling edge) und der steigenden Flanke (R, rising edge). Folgende Programmzeilen definieren den FB für fallende Flankenerkennung: <pre>FUNCTION_BLOCK F_TRIG VAR_INPUT CLK: BOOL; END_VAR VAR_OUTPUT Q: BOOL; END_VAR VAR M: BOOL; END_VAR Q := NOT CLK AND NOT M; M := NOT CLK; END_FUNCTION_BLOCK</pre>
Schritt Aktion Transition	 <p>L zeitbegrenzt (time limited), P Puls, N nicht gesichert</p>	Schritte/Aktionen/Transitionen, können grafisch oder textuell dargestellt werden: <pre>STEP S8 ACTION.1 (L; t#10s); ACTION.2 (P); ACTION.3 (N); END_STEP</pre> Aktionen werden mit ACTION ... END_ACTION und Transitionen mit TRANSITION ... END_TRANSITION dargestellt.

C, CT counter CV counter value, ET elapsed time, IN Eingang (input), LD Load, PT preset time, PV preset value, Q Ausgang, R Rücksetzen, S Setzen

A

Art	Erklärung	Bemerkungen, Darstellungen
Drehzahlregler	<p>Drehzahlen von Motoren sind regelbar über eigenständige Reglergeräte oder über Reglerbaugruppen (Technologie-Controller) von SPS unter Verwendung entsprechender Funktionsbausteine FB.</p> <p>Die Reglergeräte besitzen Bedienungsflächen oder Terminalanschlüsse zum Auswählen und Einstellen der Regler, z.B. Zweipunktregler, sowie Anschlüsse für Geber und Motorschütze. Bei Verwenden von SPS-FB werden die Reglerparameter beim Bausteinaufruf im SPS-Programm mit Werten versehen. Das Ansteuern des Motors bzw. der Motorschütze erfolgt über SPS-Ausgänge oder spezielle Baugruppen (Motion Control). Die Regler werden schrittweise so eingestellt, dass es kein Überspringen der Regelgröße gibt.</p>	<p>Die Eingabe der Parameterwerte erfolgt bei Antriebssystemen z.B. über PC-Kopplung, durch Einlesen aus gelieferten Dateien der Hersteller, meist noch manuell anzupassen.</p> <p>Antriebssysteme werden in Automatisierungsanlagen meist z.B. über PROFINET von einer SPS angesteuert.</p> <p>Schnittstellen von Drehzahlreglern: Feldbus (PROFIBUS, CAN-Bus), PROFINET, RS485/RS422. Die Geräte sind geeignet für Schaltschrankbau, Hutschienenbefestigung.</p>
Antriebsysteme	<p>Drehzahlen bzw. Drehmomente von Drehstromantrieben werden durch Antriebssysteme/Frequenzumrichter (Servoantrieb) geregelt, z.B. SINAMICS, SIMODRIVE. Hierbei sind viele Parameter bzgl. Geber, Messsystem, Motor, Regelung mit Werten zu versehen. Das System SIMOTION vereint Funktionen von SPS und Antriebssystem.</p> <p>www.greisinger.de; www.siemens.com</p>	 <p>Ansteuerung von Drehstrommotoren</p>
Lageregler	<p>Lageregler sind Bestandteil von Antriebssystemen (siehe oben) oder wirken mit solchen Systemen zusammen. Beim Positionieren von Maschinenachsen verwendet man kaskadierte Reglerstrukturen, bestehend aus Lageregler, Drehzahlregler, Stromregler. www.beckhoff.com</p>	<p>Als Lageregler kommen meist P-Regler zur Anwendung. Bei einem kaskadierten Regler werden die Regelkreise von innen nach außen eingestellt (siehe Seite 256). www.siemens.com</p>
Regler für Haustechnik	<p>Regler für Haustechnik sind Regler für Heizungsanlagen, Lüftungsanlagen, Beleuchtungsanlagen. Meist wird Zweipunktregelung oder Dreipunktregelung angewendet. Das Reglerprogramm ist vom Hersteller vorgegeben, anpassbar über Änderung von Parameterwerten manuell am Bedienungsfeld des Reglergerätes oder PC-unterstützt.</p> <p>www.honeywell.com; www.buderus.de</p>	<p>Wandmontage, Schaltschrankmontage. Digitale und analoge Eingänge und Ausgänge für Sensoren, Aktoren. Parameter für Reglereinstellungen sind z.B. Hochlaufbedingungen, Absenkbefehlingen, Schaltuhr, Begrenzungen, Sollwerte, Regelkreis-Auswahl (Mehrkreisprozessregler). Datenaustausch über Schnittstellen KNX, USB, Powerline, Infrarot, RS232, RS485.</p>
Volumenstromregler	<p>Volumenstromregler dienen der bedarfsgerechten Regelung von Luftvolumenströmen mittels Ventilatoren oder Klappen. Druckschwankungen in den Luftleitungen werden kompensiert. Raumtemperatur und Luftqualität bestimmen den benötigten Luftvolumenstrom. Regleranpassungen werden über ein Handverstellgerät oder über einen angeschlossenen PC vorgenommen.</p>	 <p>Volumenstromregelung</p>
Anschlüsse	<p>Anschlüsse für Sensoren bzgl. Temperatur, Feuchte, Anwesenheit. Schnittstellen KNX, LON, MP-Bus (Multi-Point-Bus, mehrere Slaves, z.B. Antriebe, an einen Master anschließbar).</p> <p>www.pichlerluft.at; www.belimo.eu</p>	 <p>Durchflussregelung</p>
Durchflussregler	<p>Durchflussregler regeln mittels Ventil und Sensor den Flüssigkeitsdurchfluss z.B. über eine PI-Regelung. Auch das Mischen von Flüssigkeiten kann geregelt werden (Verhältnisregelung). Hierbei besitzt jede Zuflussleitung einen Durchflusssensor.</p> <p>Die Reglereinstellungen erfolgen über das Bedienungsfeld schrittweise und z.B. nach den Einstellregeln von Ziegler und Nichols ($K_p = 0,45 \cdot K_{krit}$, $T_i = 0,85 \cdot T_{krit}$ für PI-Regler). www.buerkert.de</p>	

A

Begriff, Name	Erklärung, Daten
Piezo-Effekt	Bei manchen Kristallen, z.B. Quarz SiO_2 , und an speziellen Keramiken entsteht eine Ladungsverschiebung, wenn sie durch eine Kraft F verformt werden.
Piezokeramik	Dadurch entsteht zwischen leitenden Begrenzungen des Kristalls eine Spannung. Dieser Piezo-Effekt (von griech. <i>pièzein</i> = drücken) ist umkehrbar. Wenn an derartige Piezo-Stoffe eine Spannung angelegt wird, entsteht eine Längenänderung und damit eine Kraft.
Piezo-Aktoren	Die Längenänderung ist klein, wirkt aber sehr schnell (Piezo-Aktoren Seite 259, Piezo-Sensor Seite 203).

Ansichten, Daten

Ladungsverschiebung durch Kraftwirkung beim Quarz SiO_2

Linearer Piezo-Ultraschallantrieb	Beim linearen Piezoantrieb wirken zwei Piezo-Aktoren von beiden Seiten auf einen Stab (Bild). Mittels einer Feder ist jeder Aktor über Polster (engl. Pads) gegen den Stab gespannt und bewirkt so die Selbsthaftung. Die Aktoren wirken wie zwei Kondensatoren und werden elektrisch mit zwei Spannungen hoher Frequenz erregt.																
Phasenlage	Dabei besteht zwischen den beiden Spannungen eine Phasenverschiebung von 90° . Dadurch schwingen sie mechanisch (Bild). Jeder Aktor wirkt aber abwechselnd nur während einer halben Periode auf den Stab.																
Bewegungsrichtung	Je nach Phasenverschiebung der elektrischen Ansteuerung bewegt sich der Stab deshalb in die gewünschte Richtung.																
Daten	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Daten eines Piezoantriebs</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Geschwindigkeit</td> <td>bis 0,15 m/s</td> </tr> <tr> <td>Auflösung</td> <td>$0,5 \mu\text{m}$ bis $1 \mu\text{m}$</td> </tr> <tr> <td>Stellweg</td> <td>unbegrenzt</td> </tr> <tr> <td>Ansteuerung</td> <td>Generator für zwei gleiche Frequenzen mit Phasenverschiebung 90°</td> </tr> <tr> <td>Grenzfrequenz</td> <td>100 kHz</td> </tr> <tr> <td>Motormaße, typisch</td> <td>$14 \times 7,2 \times 4,4 \text{ mm}$</td> </tr> <tr> <td>Antriebsmaße, typisch</td> <td>$8 \times 1,4 \times 0,6 \text{ mm}$</td> </tr> </tbody> </table>	Daten eines Piezoantriebs		Geschwindigkeit	bis 0,15 m/s	Auflösung	$0,5 \mu\text{m}$ bis $1 \mu\text{m}$	Stellweg	unbegrenzt	Ansteuerung	Generator für zwei gleiche Frequenzen mit Phasenverschiebung 90°	Grenzfrequenz	100 kHz	Motormaße, typisch	$14 \times 7,2 \times 4,4 \text{ mm}$	Antriebsmaße, typisch	$8 \times 1,4 \times 0,6 \text{ mm}$
Daten eines Piezoantriebs																	
Geschwindigkeit	bis 0,15 m/s																
Auflösung	$0,5 \mu\text{m}$ bis $1 \mu\text{m}$																
Stellweg	unbegrenzt																
Ansteuerung	Generator für zwei gleiche Frequenzen mit Phasenverschiebung 90°																
Grenzfrequenz	100 kHz																
Motormaße, typisch	$14 \times 7,2 \times 4,4 \text{ mm}$																
Antriebsmaße, typisch	$8 \times 1,4 \times 0,6 \text{ mm}$																

Aufbau eines Piezoantriebs
www.faulhaber.com

Schwingung der Aktoren
ca. $1/10 \text{ mm}$

Linearer Piezomotor
www.physikinstrumente.de

Drehender Piezomotor	Wenn eine Drehbewegung erforderlich ist, kann ein Piezoantrieb auch direkt den Läufer eines drehenden Motors antreiben. Die Läufer können aus beliebigem Material hergestellt sein, z. B. aus einem Kunststoff.
Kleiner Piezomotor	Bei einem kleinen Piezomotor wirkt dann der Antrieb von außen auf einen Läufer, der mit seiner Welle am Stator (Piezoantrieb) gelagert ist.
Großer Piezomotor	Bei einem großen Piezomotor wirkt der Antrieb von innen her auf den ringförmigen Läufer.
Anwendung	Antrieb für genaue und schnelle Positionierung, z. B. Werkzeugzustellung bei Maschinen, Bildstabilisierung, Tintendrucker, Einspritzdüsen.

Daten von drehenden Piezomotoren	
Drehmoment, typisch kleiner Motor großer Motor	0,007 Nm 0,2 Nm
Haltemoment	0,15 bis 0,25 Nm
Drehzahl kleiner Motor großer Motor	1000/min 100/min bis 200/min
Motormaße, typisch kleiner Motor großer Motor	$\varnothing = 20 \text{ mm}$ $\varnothing = 70 \text{ mm}$, $h = 30 \text{ mm}$