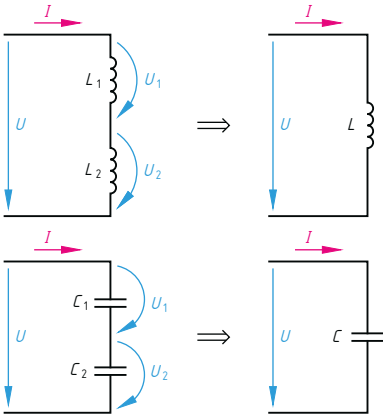


**Reihenschaltung**



**Reihenschaltungen**

$I = \text{konstant}$  1

$U = U_1 + U_2 + \dots$  2

Bei Wechselspannung:

$\frac{U_1}{U_2} = \frac{L_1}{L_2}$  3

Bei Spulen ohne magnetische Kopplung:

$L = L_1 + L_2 + \dots$  4

$Q = Q_1 = Q_2$

$\frac{Q}{C} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2}$

$\frac{U_1}{U_2} = \frac{C_2}{C_1}$  5

$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$  6

Bei  $n$  gleichen Kondensatoren:

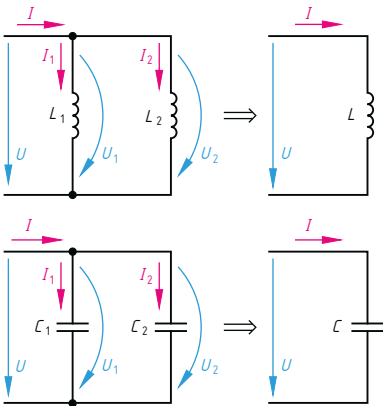
$C = \frac{C_1}{n}$  7

Bei zwei Kondensatoren:

$C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$  8

$C_1 = C_2 \cdot C / (C_2 - C)$   
 $C_2 = C_1 \cdot C / (C_1 - C)$

**Parallelschaltung**



**Parallelschaltungen**

$U = \text{konstant}$  9

$I = I_1 + I_2 + \dots$  10

Bei Wechselstrom:

$\frac{I_1}{I_2} = \frac{L_2}{L_1}$  11

Bei Spulen ohne magnetische Kopplung:

$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots$  12

Bei  $n$  gleichen Spulen:

$L = \frac{L_1}{n}$  13

Bei zwei Spulen:

$L = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$  14

$Q = Q_1 + Q_2$

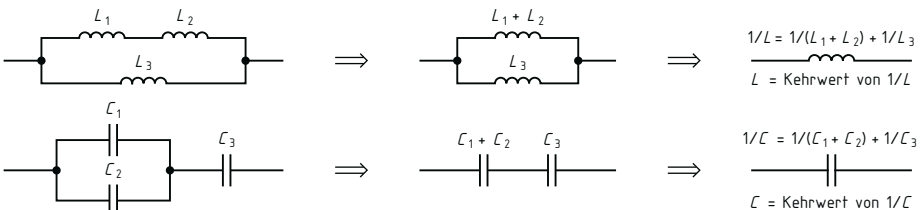
$U \cdot C = U \cdot C_1 + U \cdot C_2$

$\frac{I_1}{I_2} = \frac{C_1}{C_2}$  15

$C = C_1 + C_2 + \dots$  16

$I_1 = C_1 \cdot I_2 / C_2$     $I_2 = C_2 \cdot I_1 / C_1$     $C_1 = I_1 \cdot C_2 / I_2$     $C_2 = I_2 \cdot C_1 / I_1$

**Gemischte Schaltungen**



$C$  Ersatzkapazität

$L$  Ersatzinduktivität

$Q_1, Q_2$  Einzelladungen

$C_1, C_2$  Einzelkapazitäten

$L_1, L_2$  Einzelinduktivitäten

$U$  Gesamtspannung

$I$  Gesamtstromstärke

$n$  ganze Zahl

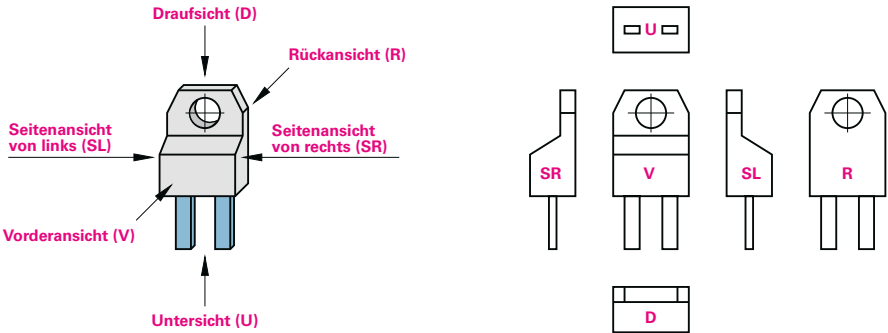
$U_1, U_2$  Teilspannungen

$I_1, I_2$  Einzelstromstärken

$Q$  Gesamtladung

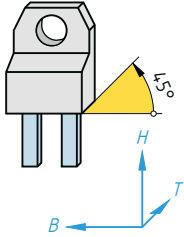


**Anordnung der Ansichten**



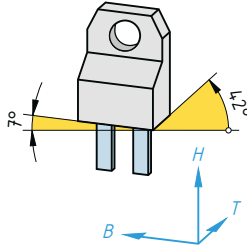
**Axonometrische Projektionen**

Rechtwinklige Parallelprojektion



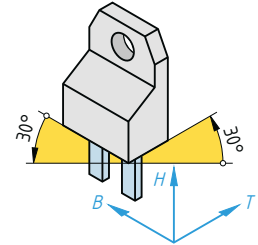
$B : H : T = 1 : 1 : 0,5$   
Anwendung für Skizzen

Dimetrische Projektion



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

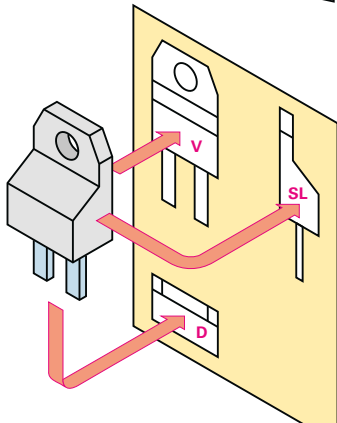
Isometrische Projektion



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

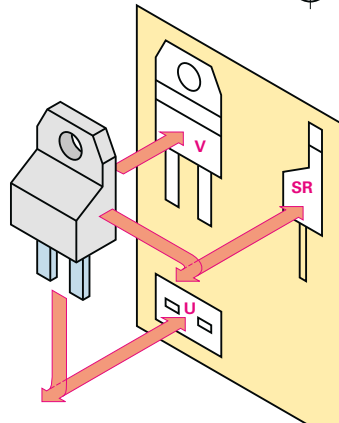
**Normalprojektionen**

Projektionsmethode 1: Kennzeichen:



Anwendung in europäischen Ländern

Projektionsmethode 3: Kennzeichen:



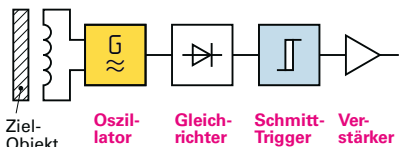
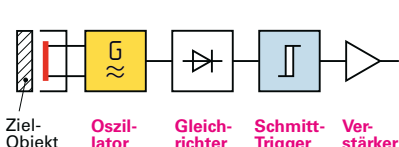
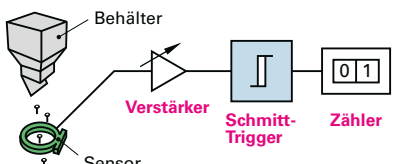
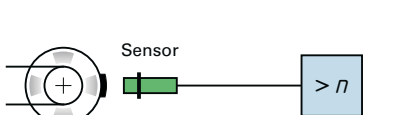
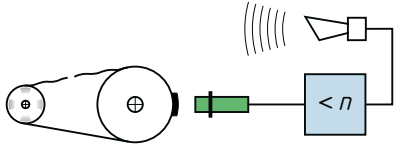
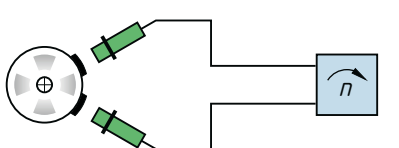
Anwendung in amerikanischen Ländern und in Datenbüchern



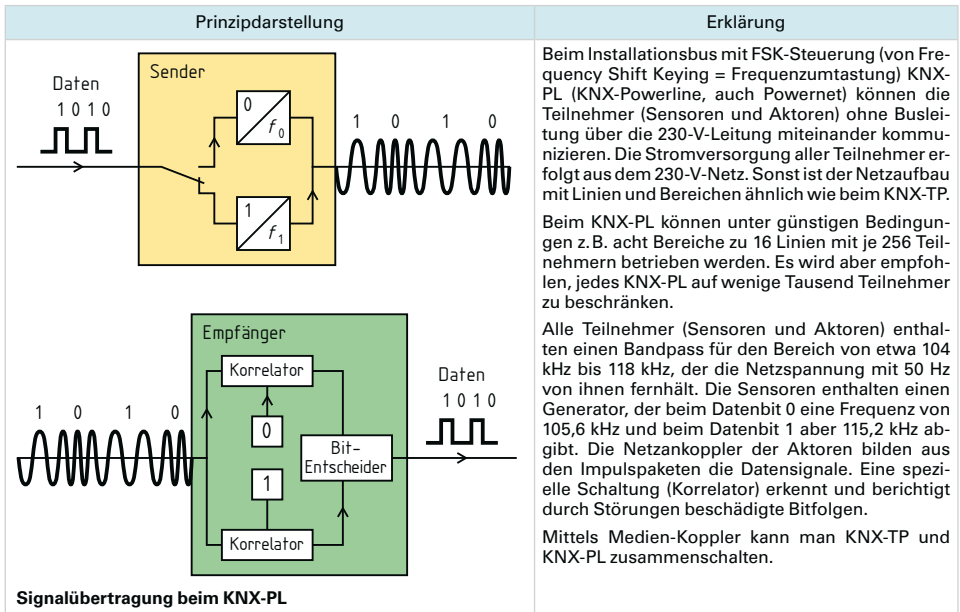
USA, z.B. ANSI, NEMA	Europa, praxis- üblich, z.B. DIN EN	Benennung	USA, z.B. ANSI, NEMA	Europa, praxis- üblich, z.B. DIN EN	Benennung
<b>Relais, Schütze, Schalter, Beispiel</b>			<b>Analoge und binäre Elemente</b>		
		anzugsverzöger- tes Relais 1 Öffner, 1 Schließer		a)  b)	Verstärker, allgemein
		Schütz mit 3 Schließern			Operations- verstärker
		dreipoliges Schütz mit Motor- schutzrelais	a)  b)		UND-Element
		dreipoliges Schütz mit 2 Hilfskontakten und Motor- schutzrelais	a)  b)	a)  b)	ODER-Element
		Motorschutz- schalter mit Kurzschluss- und Überlast- Auslöser	a)  b)		XOR-Element, Antivalenz
		dreipoliger Trennschalter	a)  b)		NAND-Element
		dreipoliger Leis- tungsschalter		a)  b)	NICHT-Element, Inverter
		dreipoliger Trennschalter		a)  b)	XNOR-Element, Äquivalenz
		dreipoliger Leis- tungsschalter			Inverter mit Tristate-Ausgang (H, L und hoch- ohmig)
					Digital-Analog- Umsetzer, DAC
					Analog-Digital- Umsetzer, ADC
					Demultiplexer
					Multiplexer
			<b>Schaltplanbeispiel: Motorstarter (nach Eaton)</b>		

ANSI American National Standard Institute, NEMA National Electrical Manufacturer Association, DIN Deutsches Institut für Normung, EN Europa-Norm, CB Circuit Breaker, DISC Disconnecter, MTR von Motor.

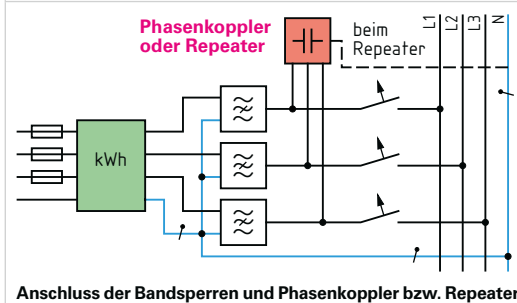


Prinzip, Name, Aufbau	Wirkungsweise	Daten bei 20 °C, Anwendung
<b>Arten von Näherungsschaltern (Sensoren)</b>		
 <p><b>Induktiver Näherungsschalter</b></p>	<p>Der Oszillator mit LC-Schwingkreis erzeugt ein hochfrequentes elektromagnetisches Feld, das an der aktiven Fläche des Sensors austritt. Bei Eintritt von leitfähigem Material in den aktiven Bereich wird der Oszillator bedämpft. Der Schmitt-Trigger schaltet.</p>	<p>Betriebsspannungen: DC 10 V... 40 V, AC 20 V...264 V, Strombelastbarkeit bis 500 mA, Reststrom bis 7 mA.</p> <p>Schaltabstand einstellbar, abhängig vom Material, Abmessungen des Objekts: maximal 30 mm bis 60 mm, Schaltfrequenz bis 1 kHz.</p> <p>Schutzart IP 54 erlaubt Einsatz in Explosionsschutz-Zone 2.</p>
 <p><b>Kapazitiver Näherungsschalter</b></p>	<p>Die Kapazität des Schwingkreises vom Oszillator wird durch Einbringen anderer Medien in den aktiven Bereich verändert. Dies wird zur Steuerung von Schaltvorgängen ausgenutzt. Der Bemessungsschaltabstand (z.B. 5 mm) wird meist auf eine Wasseroberfläche bezogen.</p>	<p>Ausgangsfunktion als Schließer oder als Öffner wählbar.</p> <p>Die Sensoren arbeiten berührungslos, d.h. verschleißfrei.</p> <p>Bei metallenen Teilen werden induktive oder kapazitive Sensoren, bei nichtmetallischen Teilen kapazitive Sensoren eingesetzt.</p>
 <p><b>Ringsensor zur Erkennung durchfallender Teile</b></p>	<p>Der Ringsensor ist ein induktiver Näherungsschalter, der schnell fallende Metallteile registriert. Er erfasst Objekte ab 0,3 mm Durchmesser und 1 mm Länge.</p>	<p>Betriebsspannung: AC 230 V. Leistungsaufnahme max. 3 VA, Empfindlichkeit einstellbar.</p> <p>Ausgang: Transistor DC 40 V, 100 mA Relais AC 250 V, 2 A Schutzart IP 67 <a href="http://www.pepperl-fuchs.com">www.pepperl-fuchs.com</a></p>
<b>Anwendungen bei Überwachungseinrichtungen</b>		
 <p><b>Drehzahlwächter</b></p>	<p>Der Sensor (Drehzahlgeber) arbeitet je nach Einsatzfall mit induktivem oder kapazitivem Abtastprinzip. Bei Durchfahren der aktiven Zone des Sensors wird ein Impuls abgegeben. Die Impulsfolge wird mit der Soll-Drehzahl verglichen.</p>	<p>Einstellbereich: 5 bis 5 000 Impulse/min.</p> <p>Betriebsspannung: AC 230 V, DC 24 V,</p> <p>Stromaufnahme: 70 mA, Schaltleistung: 1250 VA, Einsatz bei</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rührwerken und</li> <li>• Förderanlagen.</li> </ul>
 <p><b>Stillstandswächter (einstellbare Anlaufüberbrückung)</b></p>	<p>Beim Durchfahren der aktiven Zone des Sensors wird ein Impuls abgegeben. Die Impulsfolge wird im Stillstandswächter mit der eingegebenen Impulszahl verglichen. Bei Unterschreitung der Impulszahl spricht über die Endstufe ein Relais an.</p>	<p>Anlaufüberbrückungszeit einstellbar 0 s bis 15 s.</p> <p>Einstellbereich von 5 bis 100 Impulse/min.</p> <p>Betriebsspannung: AC 230 V, DC 24 V,</p> <p>Stromaufnahme: 70 mA, Schaltleistung: 1250 VA, Einsatz bei Förderschnecken.</p>
 <p><b>Drehrichtungsmelder</b></p>	<p>Zwei Sensoren geben bei Durchfahren ihrer aktiven Zonen nacheinander einen Impuls ab. Die Impulsfolge wird dem Drehrichtungsmelder zugeführt, der aus der zeitlichen Folge die Drehrichtung bestimmt. Eine nachgeschaltete Endstufe steuert die Relais für die Drehrichtung an.</p>	<p>Betriebsspannung AC 230 V, Schaltleistung 625 VA, Rückstellzeit einstellbar von 1 s bis 15 s.</p> <p>Einsatz bei</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Förderbändern,</li> <li>• Hubeinrichtungen,</li> <li>• Aufzügen.</li> </ul>



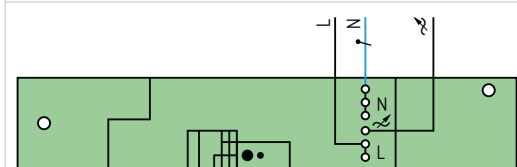


Signalübertragung beim KNX-PL



Anschluss der Bandsperrfilter und Phasenkoppler bzw. Repeater

Wegen der kleinen Leistung der Sensorgeneratoren müssen zum öffentlichen Netz hin Bandsperrfilter für die Signalfrequenzen (105,6 kHz und 115,2 kHz) eingebaut werden. Die Außenleiter der Abnehmeranlage müssen durch Phasenkoppler (Bandpässe) oder durch Repeater (siehe Seite „Komponenten für Datennetze“) verbunden sein, weil Außenleiter auf verschiedene Stromkreise verteilt sind. Bei Repeatern können mehr Geräte oder längere Leitungen zwischen den am weitesten entfernten Teilnehmern verwendet werden als bei Phasenkopplern. Bandsperrfilter, Phasenkoppler und Repeater sind Reiheneinbaugeräte REG zum Aufschnappen auf die Schienen der Verteilungen.

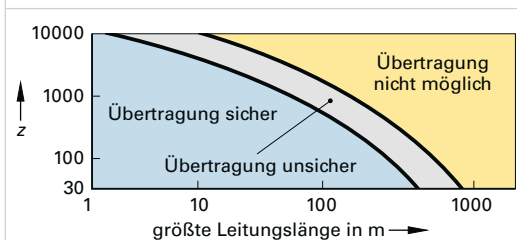


Anschluss eines Dimm-Aktors

Aktoren bei KNX-PL sind Reiheneinbaugeräte REG, Einbaugeräte EG oder AP-Geräte (Aufputzgeräte). Die Parametrierung der Teilnehmer kann erfolgen

- über einen PC oder
- über ein spezielles Steuergerät (Controller).

Die Ankopplung an das Netz erfolgt dabei über eine Datenschnittstelle. Für die Parametrierung ist eine spezielle Software erforderlich.



Maximale Belastungszahl z bei Anlage mit Phasenkoppler

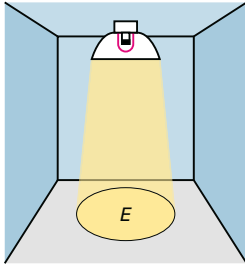
#### Belastungszahlen z je Verbrauchsmittel

KNX-Geräte	1
Halogen-Glühlampen	1
Elektrokleingeräte	10
HiFi-Geräte	10
Elektronische Trafos, EVG	50
Fernsehgerät	50
PC, Monitor	50

Die Belastungszahl z einer Anlage ist gleich der Summe der einzelnen Belastungszahlen der Verbrauchsmittel der Anlage.



## Wirkungsgradmethode für die Innenbeleuchtung



Für die Berechnung sind die Abmessungen des Raums zu berücksichtigen. Leuchten-Daten [Seite 230](#).

Der **Beleuchtungswirkungsgrad**  $\eta_B$  ist das Produkt aus dem Raumwirkungsgrad  $\eta_R$  und dem Leuchtenbetriebswirkungsgrad  $\eta_{LB}$ .

Der Leuchtenbetriebswirkungsgrad wird vom Hersteller angegeben.

Mit dem **Wartungsfaktor** **WF** (vorhergehende Seite) berücksichtigt man Verschmutzung und Alterung von Lampen, Leuchten und Räumen.

Anzahl der Lampen wird aus Beleuchtungsstärke, Raum-Bodenfläche, Lampenlichtstrom und Beleuchtungswirkungsgrad berechnet.

Heutige LED-Leuchten ermöglichen gruppenweises drahtloses Ansteuern nach Bedarf.

$$k = \frac{l \cdot b}{h \cdot (l + b)} \quad 1$$

$$k_i = \frac{3 \cdot l \cdot b}{2 h' \cdot (l + b)} \quad 2$$

$$\eta_B = \eta_{LB} \cdot \eta_R \quad 3$$

$$E_{\text{neu}} = \frac{E_m}{WF} \quad 4$$

$$n = \frac{E_{\text{neu}} \cdot A}{\Phi_{La} \cdot \eta_B} \quad 5$$

## Rückstrahlvermögen (Reflexion) und Durchlassvermögen (Transmission)

Farbanstriche	Reflexionsgrad $\rho$ in %	Werkstoffe	Reflexionsgrad $\rho$ in %	Lichtdurchlässige Stoffe	Reflexionsgrad $\rho$ in %	Transmissionsgrad $\tau$ in %
weiß	70...80	Spiegel, versilbert	90...94	Klarglas	6...10	85...92
gelb	65...75	Zeichenpapier, weiß	70...75	Mattglas		
hellgrün, rosa	45...50	Rein-Alu, eloxiert	85...90	(Licht auf matte Seite)	8...12	70...90
hellblau	40...45	Rein-Alu, poliert	65...75	Mattglas		
beige, hellbraun	25...35	Chrom, blank	60...70	(Licht auf glatte Seite)	12...18	60...80
ockergelb, olivgrün	25...35	Kacheln, weiß	60...75	Trübglass	30...75	15...60
orange	20...25	Mörtel, hell	40...50	Acrylglass	15...65	25...80
mittelgrau	20...25	Holzplatte, hell	40...50	Lampenschirmpapier	20...50	20...60
dunkelgrün	10...15	Holz, dunkel	10...25	Pergament	35...50	35...55
dunkelblau, dunkelrot	10...15	Beton	15...25	Opalglass	40...55	15...30
schwarz	4	Samt, schwarz	2... 4	Webstoffe	35...40	15...30

Reflexionsgrad  $\rho$ : Verhältnis zurückgestrahlter Lichtstrom  $\Phi_r$  zu aufgestrahltem Lichtstrom  $\Phi$ :  $\rho = \Phi_r / \Phi$

Transmissionsgrad  $\tau$ : Verhältnis durchgelassener Lichtstrom  $\Phi_t$  zu aufgestrahltem Lichtstrom  $\Phi$ :  $\tau = \Phi_t / \Phi$

Absorptionsgrad  $\alpha$ : Verhältnis absorbiertes Lichtstrom  $\Phi_a$  zu aufgestrahltem Lichtstrom  $\Phi$ :  $\alpha = \Phi_a / \Phi$

$\rho + \alpha + \tau = 1$ ;  $\Phi = \Phi_r + \Phi_a + \Phi_t$

**Beispiel:** Ein sehr sauberer Montageaum mit  $l = 5 \text{ m}$ ,  $b = 6 \text{ m}$  und  $h = 2,35 \text{ m}$  (Höhe der Leuchte über der Arbeitsebene, **Bild**) soll durch freistrahrende Leuchtstofflampen OSRAM FH35W/865HE ([Seite 221](#)) beleuchtet werden. Leuchtenbetriebswirkungsgrad  $\eta_{LB}$  der Leuchte ist 90 %. Lichtfarbe: Tageslicht. Wartungswert mittlere Beleuchtungsstärke 500 lx, Reflexionsgrad der Decke  $\rho_1 = 0,8$  (weiß), der Wände  $\rho_2 = 0,3$  (beige) und des Bodens  $\rho_3 = 0,3$  (hellbraun). Anzahl der notwendigen Lampen?

**Lösung:**  $k = \frac{l \cdot b}{h \cdot (l + b)} = \frac{5 \text{ m} \cdot 6 \text{ m}}{2,35 \text{ m} \cdot (5 \text{ m} + 6 \text{ m})} = 1,16$

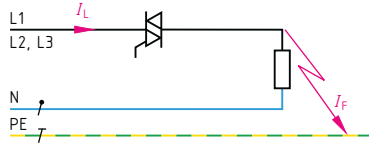
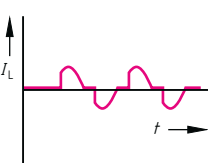
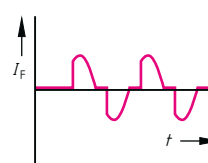
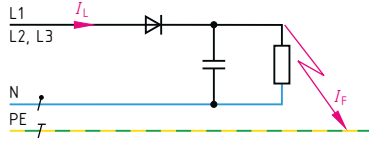
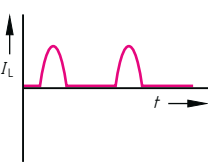
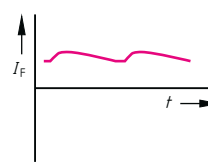
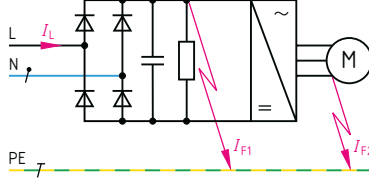
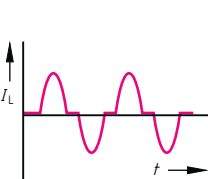
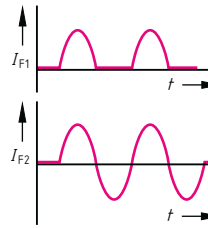
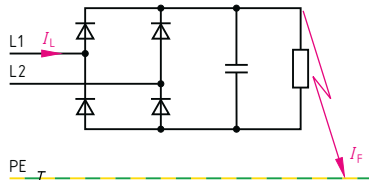
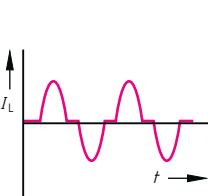
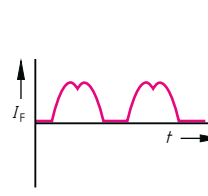
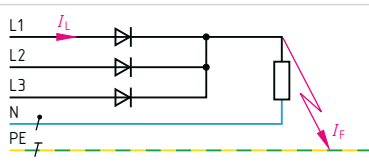
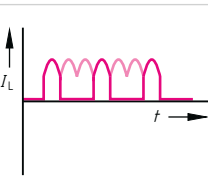
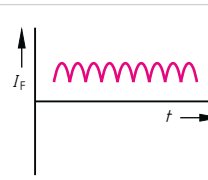
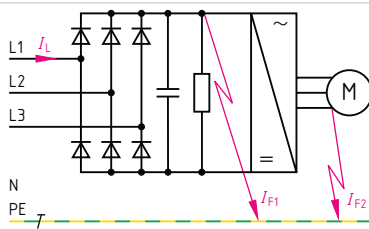
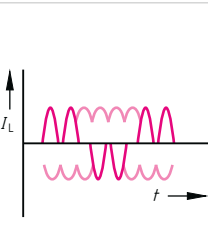
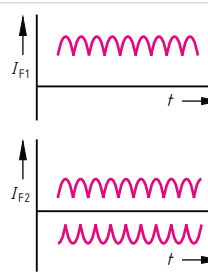
Raumwirkungsgrad  $\eta_R$  aus den Werten für  $\rho_1, \rho_2, \rho_3$  und  $k = 1,0$  (gerundet) aus Tabelle „Lichttechnische Daten von Leuchten“ ([Seite 230](#)) für freistrahrende Leuchtstofflampe:  $\eta_R = 0,43$

$$\eta_B = \eta_{LB} \cdot \eta_R = 0,90 \cdot 0,43 = 0,387 \approx 0,39 \quad E_{\text{neu}} = \frac{E_m}{WF} = \frac{500 \text{ lx}}{0,8} = 625 \text{ lx}$$

$$n = \frac{E_{\text{neu}} \cdot A}{\Phi_{La} \cdot \eta_B} = \frac{625 \text{ lx} \cdot 30 \text{ m}^2}{3300 \text{ lm} \cdot 0,39} = 14,57; \text{ Gewählt: } 15 \text{ Lampen}$$

A	Bodenfläche des Raums	k	Raumindex für direkte Beleuchtung	$\eta_{LB}$	Leuchtenbetriebswirkungsgrad
b	Breite des Raums	$k_i$	Raumindex für indirekte Beleuchtung	$\eta_R$	Raumwirkungsgrad
$E_m$	Wartungswert der mittleren Beleuchtungsstärke	l	Länge des Raums	$\alpha$	Absorptionsgrad
$E_{\text{neu}}$	Neuwert der Beleuchtungsstärke	n	Anzahl der Lampen	$\rho$	Reflexionsgrad
h	Höhe der Leuchte ab Arbeitsebene	WF	Wartungsfaktor	$\tau$	Transmissionsgrad
h'	Deckenhöhe ab Arbeitsebene	$\eta_B$	Beleuchtungswirkungsgrad	$\Phi_{La}$	Bemessungslichtstrom je Lampe
		$\Phi$	aufgestrahlter Lichtstrom		

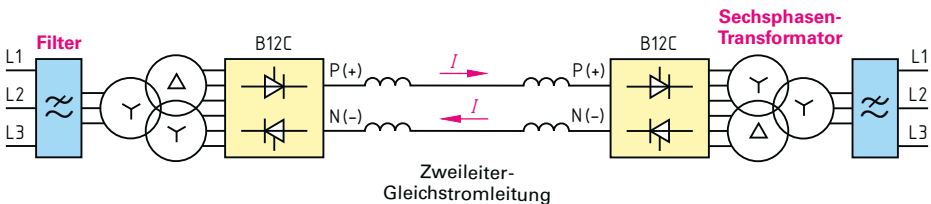


Schaltung	Laststrom $I_L$	Fehlerstrom $I_F$	Schutz
 <p><b>Phasenanschnittsteuerung</b></p>			RCDs: A F B B+
 <p><b>Eimpuls-Einwegschaltung mit Glättung</b></p>			RCDs: B B+
 <p><b>Frequenzinverter mit Zweipuls-Brückenschaltung</b></p>			RCDs: F B B+
 <p><b>Zweipuls-Brückenschaltung zwischen Außenleitern</b></p>			RCDs: B B+
 <p><b>Drehstrom-Sternschaltung</b></p>			RCDs: B B+
 <p><b>Frequenzinverter mit Sechspuls-Brückenschaltung</b></p>			RCDs: B B+



SE

Merkmal	Erklärung	Bemerkungen
<b>Hintergrund</b>	Die Energieübertragung durch Gleichstrom besitzt über große Entfernungen geringere Übertragungsverluste als die Übertragung mit Dreiphasenwechselstrom. Bei Gleichspannung wird nur Wirkleistung übertragen. Dadurch treten weniger Leitungsverluste auf, da kein Skineneffekt (Stromverdrängung an Leiteraußenrand, nur bei AC) und keine Leitungskapazitäten und Leitungsinduktivitäten vorhanden sind.	Bei der herkömmlichen Energieerzeugung befinden sich die Kraftwerke in Nähe zu den Endverbrauchern. Bei Freileitungen ist HGÜ ab 600 km Übertragungslänge wirtschaftlicher als die Dreiphasenwechselstromtechnik. Bei Erdkabeln oder Seekabeln ist HGÜ bereits ab 80 km erforderlich infolge der großen Verluste beim Dreiphasenwechselstrom. Anwendung z.B. bei Offshore-Windparks.
große Übertragungsstrecken	Die Energieübertragung erfordert insbesondere bei Offshore-Windkraftanlagen oder PV-Parks Übertragungsstrecken von z.B. 1 000 km bis zum Endverbraucher.	Zur Energieübertragung sind hohe Spannungen notwendig, um die Leitungsverluste gering zu halten. Je höher die Übertragungsspannung, umso kleiner kann die Stromstärke für die gleiche zu übertragende Leistung $P = U \cdot I$ gewählt werden, wodurch die Leitungsverluste $P_v = R \cdot I^2$ geringer bleiben.
<b>Prinzip</b>	Die von einem Wechselspannungsgenerator erzeugte Wechselspannung wird transformiert und mittels Umrichter (Umrichterstation) in Gleichspannung gewandelt (Gleichrichter) und am anderen Ende der Transportleitung mit einem weiteren Umrichter wieder in Wechselspannung (Wechselrichter). Diese wird dann letztendlich nach verschiedenlichem Transformieren zu den Endverbrauchern geführt.	Bei HGÜ sind ein oder zwei Leiter erforderlich, bei Dreiphasenwechselstrom drei. Vorteil HGÜ: weniger Materialkosten. Bei einem Leiter dient die Erde bzw. das Meerwasser als zweiter Pol (Rückleiter), Nachteil: Korrosion an der Strom-Eintrittselektrode. Zwischen den Polen kann die Gleichspannung zwischen $\pm 100$ kV bis über $\pm 800$ kV betragen. Übertragungsleistung bis 2 GW über Kabel, bis 7 GW über Freileitung.
Gleichrichter Wechselrichter		
Stromrichterstation	(Umrichterstation) enthält den Stromrichter, Stromrichtertransformator, Glättungsspulen, Oberschwingungsfiler sowie eine Einrichtung zum Regeln und Schalten.	Wegen der großen Übertragungsleistungen, z.B. 1,5 GW, sind die Stromrichterstationen sehr große Anlagen. Mittels z.B. 12-pulsiger Gleichrichtung kann wenig welliger Gleichstrom erzeugt werden.
Kabel	Als Erdkabel oder Seekabel haben HGÜ-Kabel einen Durchmesser zwischen 5 cm und 20 cm. Infolge des Kabelgewichts können bei Erdkabeln die Kabelstränge nur bis zu 1 000 m lang sein, begrenzt durch Lkw-Ladefähigkeit beim Anliefern. Verbindung der Kabelstränge erfolgt über Kabelmuffen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erwärmung der Erdkabel auf ca. 90°C,</li> <li>• Verlegungstiefe ca. 1,7 m im Erdboden,</li> <li>• Isolation der Kabel mittels thermoplastischen Material, vernetztem Polyethylen (VPE, XLPE), Öl-Isolierung.</li> </ul> de.prysmiangroup.com, www.abb.com
Herausforderungen	Das Trennen der Last vom Netz im Störfall oder Auftrennen des Netzes bzgl. der Energie-Verteilung (vermaschte Netze, Routing) ist bei HVDC gegenüber AC aufwendiger.	Für das Trennen in vermaschten HGÜ-Netzen (HVDC-Netzen) sind HVDC-Leistungsschalter notwendig, die den Strom künstlich zu Null bringen. Dies erfolgt durch Zusatzbeschaltungen im HVDC-Leistungsschalter. Der Strom wird in ihm von seinem Hauptstrompfad (Nominalstrompfad) in einen parallelen Strompfad mit Überspannungsableiter kommutiert (geleitet). In ihm wird die Energie abgebaut und somit der Strom unterbrochen.
Problem Stromnulldurchgang	Bei AC erfolgt das Trennen bei Stromnulldurchgang der Sinuskurve. Bei DC gibt es keinen natürlichen Stromnulldurchgang, sodass beim Trennen unter Strom ein nichtverlöschender Schaltlichtbogen entstehen würde.	



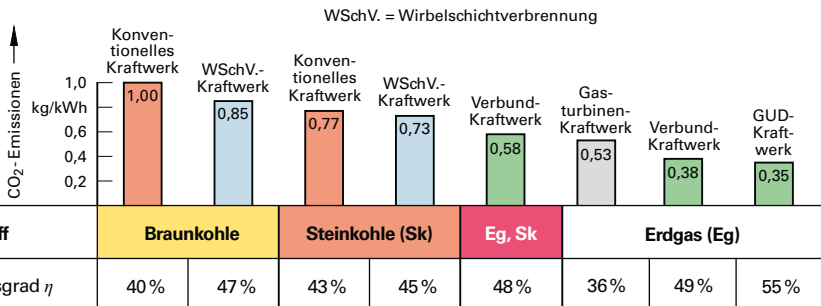
Schaltung einer HGÜ-Anlage mit Zweileiter-Gleichstromleitung, Distanz z. B. 2 500 km



Vorgang	Erklärung	Bemerkungen, Ansicht																		
Herrichten des Kabelgrabens	<ul style="list-style-type: none"> <li>Breite mindestens 40 cm,</li> <li>Frostfreie Tiefe bei Niederspannung normal mindestens 70 cm,</li> <li>Tiefe bei zusätzlichem Mittelspannungskabel normal mindestens 80 cm,</li> <li>Tiefe bei Kreuzung mit Hauptverkehrsstraßen mindestens 100 cm,</li> <li>Sandbett auf steinfreier Grabensohle mindestens 10 cm,</li> <li>bei Richtungsänderung den Kabelgrabenbogen entsprechend dem Krümmungshalbmesser <math>r</math> des Kabels (<math>r = 12 \times</math> Kabeldurchmesser) ausführen.</li> </ul>	<p>Maße in cm</p> <p><b>Kabelgraben bei zwei Niederspannungskabeln</b></p>																		
Abdecken und Auffüllen des Kabelgrabens	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nach dem Auslegen des Kabels weitere Sandschicht von 10 cm einbringen,</li> <li>bei steinfreiem Erdboden kann auf diese Sandschicht verzichtet werden,</li> <li>Kabel mit Kunststoffplatten abdecken,</li> <li>ist mit einer Beschädigung des Kabels nicht zu rechnen, kann auf die Kunststoffplatten verzichtet werden,</li> <li>Kabelgraben lagenweise mit Erdboden aufüllen und die Lagen verdichten,</li> <li>im oberen Drittel des Kabelgrabens Trassenwarnband einlegen.</li> </ul>	<p>Maße in cm</p> <p><b>Kabelgraben mit 400-V-Kabel und 20-kV-Kabel</b></p>																		
Auslegen des Kabels	<ul style="list-style-type: none"> <li>Temperatur soll über <math>-5^\circ\text{C}</math> liegen,</li> <li>Kabel über Kabellegerollen von der Liefertrommel abziehen,</li> <li>Krümmungshalbmesser <math>r</math> von Bögen mindestens <math>r = 12 \times</math> Kabeldurchmesser,</li> <li>vor Muffen und Kabelhochführungen (z. B. zu Umspannstationen) Kabel geschlängelt auslegen,</li> <li>Zugbeanspruchung höchstens <math>30\text{ N/mm}^2</math> (Summe der Leiterquerschnitte).</li> </ul>	<p><b>Kabellegerolle</b></p>																		
Verwendung von Schutzrohren	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schutzrohre, z. B. geteilte Schutzrohre aus Kunststoff, sind bei zu erwartender mechanischer Belastung, z. B. Kreuzung von Hauptverkehrsstraßen, erforderlich,</li> <li>am Schutzrohrende ein Polster aus Erde unter dem Kabel zum Schutz gegen Kabelbeschädigung durch die Rohrkante anbringen,</li> <li>jedes Kabel ist in ein eigenes Schutzrohr zu legen.</li> </ul>	<p><b>Schutz des Kabels am Rohrende</b></p>																		
Kreuzungen und Näherungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bei Kreuzungen und bei Näherungen mit allen Arten von Leitungen sind Mindestabstände einzuhalten.</li> <li>Parallelführung mit Fernmeldekabeln ist wegen der Induktion zu vermeiden. Das gilt nicht für Lichtwellenleiterkabel. Notfalls müssen die Mindestabstände erheblich größer gewählt werden.</li> <li>Bei Kreuzungen mit anderen Energiekabeln soll das Kabel mit der höheren Spannung unten liegen.</li> </ul>	<p><b>Mindestabstände bei Kreuzung oder Näherung</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Art</th> <th>Kreuzung</th> <th>Näherung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fernmeldeanlage</td> <td>10 cm</td> <td>10 cm</td> </tr> <tr> <td>Wasserleitung</td> <td>20 cm</td> <td>40 cm</td> </tr> <tr> <td>Gasleitung <math>\leq 16</math> bar</td> <td>20 cm</td> <td>40 cm</td> </tr> <tr> <td>Fernwärmenetz</td> <td>30 cm</td> <td>30 cm</td> </tr> <tr> <td>Tanks und zugehörige Rohrleitungen</td> <td>100 cm</td> <td>100 cm</td> </tr> </tbody> </table>	Art	Kreuzung	Näherung	Fernmeldeanlage	10 cm	10 cm	Wasserleitung	20 cm	40 cm	Gasleitung $\leq 16$ bar	20 cm	40 cm	Fernwärmenetz	30 cm	30 cm	Tanks und zugehörige Rohrleitungen	100 cm	100 cm
Art	Kreuzung	Näherung																		
Fernmeldeanlage	10 cm	10 cm																		
Wasserleitung	20 cm	40 cm																		
Gasleitung $\leq 16$ bar	20 cm	40 cm																		
Fernwärmenetz	30 cm	30 cm																		
Tanks und zugehörige Rohrleitungen	100 cm	100 cm																		
Pflugkabellegung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Auslegung mit Pflug möglich, wenn</li> <li>Trasse außerhalb bebauter Gebiete liegt,</li> <li>Kabelstrecke genügend lang ist,</li> <li>keine befestigten Wege vorhanden sind,</li> <li>im Boden keine Hindernisse liegen,</li> <li>der Boden die Belastung durch den Pflug aushält.</li> </ul>	<p>Das Kabel ist gleichzeitig mit dem Einpflügen auszufahren. Das Trassenwarnband wird zusammen mit dem Kabel eingepflügt. Wegkreuzungen sind vor dem Einpflügen zu öffnen. Das Kabel ist an diesen Stellen in geteilte Schutzrohre einzulegen. Sofort nach der Verlegung ist die Pfluginne durch Walzen zu schließen.</p>																		



Kraftwerksart	Einsatzmöglichkeit	$\eta$	Bemerkungen
Wasserkraftwerke	Laufwasser-Kraftwerk	Errichtung an Flüssen oder Kanälen. Durch Wehranlagen werden Höhenunterschiede von 4 m bis 25 m erreicht. Niederdruckanlagen arbeiten mit Kaplan-turbinen.	0,85 Für konstante Energieversorgung. Deckung der Grundlast.
	Speicher-kraftwerk	Bei großen Stauhöhen. Mitteldruck-Kraftwerke 20 m bis 50 m. Hochdruck-Kraftwerke 50 m bis 2 000 m. Kaplan-, Francis- oder Pelton-turbinen. Wasser wird bei Regenfällen oder Schneeschmelze in einer Talsperre gestaut und bei Bedarf abgefah- ren.	0,8 Abhängig von Zufluss und Speichervermögen unter-scheidet man: Tages-, Wochen-, Monats- und Jahreskraftwerke.
	Pump-speicher-kraftwerk	Mit elektrischer Überschussenergie aus Wärme-, Wind- und Solarkraftwerken wird das Pendelwas- ser in das Oberbecken gepumpt. Bei Spitzenstrom- bedarf wird wie beim Speicherkraftwerk elektrische Energie erzeugt.	0,75 Zur Deckung von Spitzenlast. Dient als Energiespeicher.
	Gezeiten-kraftwerk	Nur an Küsten mit hohen Gezeitenunterschieden wirtschaftlich einsetzbar.	0,8 Zum Beispiel in Saint Malo, Frankreich (10 MW).
Wärmekraftwerke	Dampf-kraftwerk	Mit Atomkraft, Kohle, Gas oder Öl wird Wasser-dampf mit Temperaturen bis 550 °C und Drücken bis 25 MPa erzeugt und Dampfturbinen zugeführt. Diese wandeln über sogenannte Turbogeneratoren die mechanische in elektrische Energie um.	0,35 bis 0,45 Kraftwerke mit hohen Leis-tungen. Hohe Kosten für Entsorgung der Abfälle, Luftreinhal-tung.
	Gasturbinen-Kraftwerk	Verdichtete Frischluft wird durch Verbrennung von Erdgas oder leichtem Heizöl auf eine Temperatur von 1 300 °C gebracht. Diese heiße Luft treibt über die Turbine den Generator an.	0,36 Volle Leistungsabgabe inner-halb von 2 min bis 3 min. Spitzenstromerzeuger.
	GuD-Kraftwerk (Gas- und Dampf-kraftwerk)	Die 600 °C heißen Rauchgase einer Gasturbine wer-den direkt in einem unbefeuerten Abhitzekessel zur Dampferzeugung für den Antrieb einer Dampftur-bine genutzt.	0,55 bis 0,6 Sehr effiziente Brennstoff-ausnutzung und kleine Schad-stoffemissionen. Leistungen bis 250 MW.
	Verbund-kraftwerk	Der im Abhitzekessel mit den Gasturbinenabgasen erzeugte Dampf wird in ein externes Dampfkraftwerk eingespeist. Dampfturbine und Gasturbine können gemeinsam oder einzeln gefahren werden.	0,48 Zur Leistungs- und Wirkungs-graderhöhung vorhandener Kraftwerke.
Alternative Anlagen	Windkraft-anlagen	Windkraftanlagen werden in Windparks oder als Offshore-Anlage betrieben. In Deutschland werden ca. 27 % des Stroms mit Windrotoren erzeugt.	0,45 Rotorblätter bis 60 m lang, Rotordrehzahl bis 150/min, Turmhöhe bis 180 m, Spitzenleistung bis 8 MWp.
	Photovoltaik-Anlagen	PV-Anlagen wandeln Sonnenlicht in elektrische Energie um. Sie benötigen große freie Flächen und Dachanlagen, um das Sonnenlicht optimal zu nutzen. Mindestanlagengröße 1 kWp. Stromerzeugung in Deutschland ca. 11 %.	0,2 Der Jahresertrag je instal-liertem Kilowattpeak kWp liegt zwischen 750 kWh und 850 kWh. Ein kWp benötigt rund 10 m <sup>2</sup> Dachfläche.


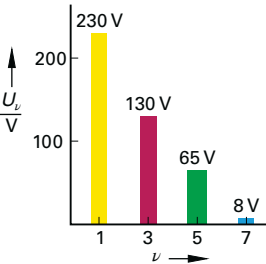


CO<sub>2</sub>-Emission und Wirkungsgrad  $\eta$  verschiedener fossiler Wärmekraftwerke



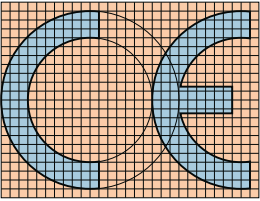
Schutzart	Schaltung	Ergänzung, Daten														
Netz-Überspannungsschutz		<p>Der dreipolige oder vierpolige Ableiter enthält Gleitbleiter und Zinkoxid-Varistoren sowie eine Überwachungs-Trennvorrichtung. Er wird in der Nähe der Haupterdungsschiene installiert. Bei Ferneinschlägen arbeiten die Varistoren, bei direktem Einschlag zusätzlich die Gleitbleiter. Bei Beschädigung trennt die Trennvorrichtung die Varistoren ab und öffnet zur Signalgabe einen Öffner.</p> <p><b>Schutzpegel:</b> 2 kV, Ansprechzeit 25 ns  <b>Bemessungsspannung:</b> 280 V 50 Hz  <b>Prüfstrom:</b> 100 kA</p>														
Steckbare Schutzkaskade		<p><b>Bauelemente:</b> Gasableiter, Varistoren, Suppressordioden, Induktivitäten.  <b>Module:</b> Adapter mit Schutzleiterfuß und eigentliches, steckbares Modul.  <b>Erdung</b> über die Tragschiene des Basiselements.          Je nach Anforderung sind die steckbaren Teile verschieden. Sie können auch weniger Bauelemente enthalten.</p> <p><b>Bemessungsspannungen:</b> 5 V, 12 V, 24 V... 220 V DC  <b>Spannungsbegrenzung:</b> etwa <math>1,8 U_C</math>          Auch in Form von Leiterplatten mit bis 8 Kanälen.</p>														
Typen von Überspannungsableitern SPD (Surge Protective Device)	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="245 712 334 760">SPD-Typ</th> <th data-bbox="334 712 617 760">Installationsort, Anschluss beim TN-System</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="245 760 334 807">1</td> <td data-bbox="334 760 617 807">vor dem Zähler, zwischen L, N und PE bzw. PEN (LPZ1)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="245 807 334 922">2</td> <td data-bbox="334 807 617 922">in den Unterverteilungen, wie bei Anforderungsklasse B (LPZ2)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="245 922 334 987">3</td> <td data-bbox="334 922 617 987">in den Steckdosen oder vor den Geräten, zwischen L und N, zwischen N und PE (LPZ3).</td> </tr> <tr> <td data-bbox="245 987 334 987">1, 2, 3</td> <td data-bbox="334 987 617 987">zusätzlich Anschluss zwischen aktiven Leitern zulässig</td> </tr> </tbody> </table>	SPD-Typ	Installationsort, Anschluss beim TN-System	1	vor dem Zähler, zwischen L, N und PE bzw. PEN (LPZ1)	2	in den Unterverteilungen, wie bei Anforderungsklasse B (LPZ2)	3	in den Steckdosen oder vor den Geräten, zwischen L und N, zwischen N und PE (LPZ3).	1, 2, 3	zusätzlich Anschluss zwischen aktiven Leitern zulässig	<p>Ableiterbemessungsspannung</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td data-bbox="617 760 850 807">beim TN-System und TT-System</td> <td data-bbox="850 760 1057 807"><math>U_C = 1,1 \cdot U_0</math></td> </tr> <tr> <td data-bbox="617 807 850 854">beim IT-System</td> <td data-bbox="850 807 1057 854"><math>U_C = 1,1 \cdot U</math></td> </tr> </tbody> </table> <p><math>U_C</math> Ableiterbemessungsspannung  <math>U</math> Bemessungsspannung zwischen den Leitern L1, L2, L3.  <math>U_0</math> Bemessungsspannung zwischen L und PE          LPZ Lightning Protection Zone, Blitzschutzzone</p>	beim TN-System und TT-System	$U_C = 1,1 \cdot U_0$	beim IT-System	$U_C = 1,1 \cdot U$
SPD-Typ	Installationsort, Anschluss beim TN-System															
1	vor dem Zähler, zwischen L, N und PE bzw. PEN (LPZ1)															
2	in den Unterverteilungen, wie bei Anforderungsklasse B (LPZ2)															
3	in den Steckdosen oder vor den Geräten, zwischen L und N, zwischen N und PE (LPZ3).															
1, 2, 3	zusätzlich Anschluss zwischen aktiven Leitern zulässig															
beim TN-System und TT-System	$U_C = 1,1 \cdot U_0$															
beim IT-System	$U_C = 1,1 \cdot U$															
<p><b>Überspannungs-Schutzeinrichtungen der Typen 1, 2, 3 bei TN-Systemen (vgl. VDE 0100-534, VDE-AR-N 4100)</b></p>																
<p>Verwendete Schaltzeichen (meist nicht genormt):</p>																
<p>Ableiter, allgemein Gasableiter, Gleitbleiter</p>	<p>Überwachungs-Trennvorrichtung</p>	<p>Ableiter Funkenstrecke</p>	<p>Suppressordiode, ungepolt</p>	<p>Varistor</p>												
<p>In Anschluss des Netzes                      Out Anschluss des zu schützenden Anlagenteils</p>																



Vorgang, Aufgabe	Erklärung, Lösung	Bild, Formeln, Werte													
<p>Zum Messen der Oberschwingungen OS verwendet man Netzanalysegeräte, z.B. beim Einphasennetz einen speziellen Zangenstromwandler (<b>Bild</b>). Dieser hat wie ein ScopeMeter (<b>Seite 122</b>) ein Display zur Darstellung von Strom- und Spannungsverlauf. Außerdem können die Oberschwingungen grafisch angezeigt werden.</p>	<p>Aus Oszillogramm von <math>U</math> und <math>I</math> kann der Anwender erkennen, ob Oberschwingungen vorliegen. Diese sind getrennt nach ihren Ordnungszahlen messbar, z.B. Grundschwingung und 3. Teil-schwingung. Angezeigt werden Effektivwerte. Gesamter Effektivwert ist messbar, zusammen mit den einzelnen Effektivwerten als Histogramm anzeigbar (<b>Bild unten</b>).</p>	 <p><b>Netzqualitätsmesszange (Fluke)</b> www.fluke.com</p>													
<p><b>Beispiel 1:</b> In einer Einphasenanlage wurden gemessen: <math>U_1 = 230\text{ V}</math>, <math>U_3 = 120\text{ V}</math>, <math>U_5 = 50\text{ V}</math>, <math>U_7 = 8\text{ V}</math>. Wie groß ist der THD-Wert? Die Angabe erfolgt meist in %. Hier also nach Lösung: <math>0,3207 = \mathbf{32,07\%}</math></p>	<p><b>Lösung:</b> <math display="block">THD = \frac{U_3^2 + U_5^2 + U_7^2}{U_1^2}</math> <math display="block">= \frac{(120\text{ V})^2 + (50\text{ V})^2 + (8\text{ V})^2}{(230\text{ V})^2}</math> <math display="block">= \frac{14400 + 2500 + 64}{52900}</math> <math display="block">= \mathbf{0,3207 \hat{=} 32,07\%}</math></p>	<p><b>THD-Wert der Spannung</b></p> $THD = \frac{U_3^2 + U_5^2 + U_7^2 + \dots + U_n^2}{U_1^2}$ <p><math>U_x</math> mit <math>x = 1, 3, 5, 7, \dots, n</math> ist Spannung der Ordnungszahl <math>x</math> In entsprechender Weise mit <math>I</math> ist der THD-Wert des Stroms zu ermitteln.</p>													
<p>Für die Energietechnik ist der THD-Wert der Spannung als <math>THD_V</math>-Wert festgelegt, für den Strom als <math>THD_I</math>-Wert entsprechend.</p> <p><b>Beispiel 2:</b> Der Effektivwert einer Spannung beträgt <math>232\text{ V}</math>, der Effektivwert der Grundschwingung ist <math>230\text{ V}</math>. Wie groß ist der <math>THD_V</math>-Wert?</p>	<p><b>Lösung:</b> <math display="block">THD_V = \frac{\sqrt{V^2 - V_1^2}}{V_1}</math> <math display="block">= \frac{\sqrt{(232\text{ V})^2 - (230\text{ V})^2}}{230\text{ V}}</math> <math display="block">= \frac{\sqrt{53824 - 52900}}{230}</math> <math display="block">= \mathbf{0,132 \hat{=} 13,2\%}</math></p>	<p><b>THD<sub>V</sub>-Wert der Spannung in der Energietechnik nach IEEE-Standard 1459</b></p> $THD_V = \frac{\sqrt{V^2 - V_1^2}}{V_1}$ <p><math>THD_V</math> THD-Wert der Spannung <math>V</math> Spannung mit Oberschwingungen <math>V_1</math> Grundschwingung (V von Voltage)</p>													
 <p><b>Histogramm zu Beispiel 1</b></p>	<p>Bei Erzeugungsanlagen, z.B. PV-Anlagen, Biogasanlagen oder Windrädern, dürfen die Oberschwingungsströme Grenzen nach Tabelle 1 nicht überschreiten, da sonst die Oberschwingungsspannungen im Netz zu groß würden.</p> <p>Wenn durch Messungen festgestellt wird, dass zulässige Grenzen überschritten werden, muss der Anteil an Oberschwingungen reduziert werden, z.B. durch Kompensation (<b>Seite 319</b>).</p>	<p><b>Tabelle 1: Zulässige Oberschwingungsströme bei Erzeugungsanlagen</b> vgl. VDE-AR-N 4105</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><math>\nu</math></th> <th>3</th> <th>5</th> <th>7</th> <th>9</th> <th>11</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>I_\nu</math></td> <td>3</td> <td>1,5</td> <td>1</td> <td>0,7</td> <td>0,5</td> </tr> </tbody> </table> <p><math>\nu</math> Ordnungszahl (griech. Nü) <math>I_\nu</math> in mA je kVA der Anlage Beachte auch <b>Seite 198</b> Leitungsberechnung bei Oberschwingungen.</p>	$\nu$	3	5	7	9	11	$I_\nu$	3	1,5	1	0,7	0,5	
$\nu$	3	5	7	9	11										
$I_\nu$	3	1,5	1	0,7	0,5										
<p>Die Verzerrung von Spannung oder Strom wird oft als <math>THD_U</math> oder als <math>THD_I</math> angegeben. Der gesamte Oberschwingungsstrom <math>THC</math> (Total Harmonic Current) ist ein Effektivwert (Formel 3). TDD Total Demand Distortion.</p>	<p><math display="block">THC = \sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + \dots + I_n^2}</math></p> <p><math>TDD = THC/I_L</math> <math>I_x</math> mit <math>x = 2, 3, 4, \dots, n</math> ist Strom der Ordnungszahl <math>x</math></p>	<p><math display="block">THD_I = \frac{THC}{I_1}</math></p> <p><math>THD_U</math> mit <math>U_1, U_2, \dots</math> entsprechend Formel 3, 4 <math>I_1</math> Grundschwingungsstrom <math>I_L</math> Volllaststrom</p>													
<p><b>Tabelle 2: Belastbarkeit <math>I_z</math> von Kabeln, Leitungen mit Oberschwingungsanteil für Verlegearten A, B, C; Betriebstemperatur <math>\vartheta_B = 70^\circ\text{C}</math>, Umgebungstemperatur <math>\vartheta_U = 25^\circ\text{C}</math> (vgl. DIN VDE 0100-520, Beiblatt 3)</b></p>															
Verlegeart	A1			A2			B1			B2			C		
Anteil OS %	< 33	< 45	> 45	< 33	< 45	> 45	< 33	< 45	> 45	< 33	< 45	> 45	< 33	< 45	> 45
Querschnitt	Belastbarkeit $I_z$ in A														
4 mm <sup>2</sup>	21	15	13	21	15	13	25	18	16	25	18	16	29	22	19
6 mm <sup>2</sup>	27	20	17	27	20	17	31	23	20	31	23	20	37	27	24
10 mm <sup>2</sup>	39	29	25	35	26	23	46	34	29	42	31	27	52	38	33
16 mm <sup>2</sup>	51	38	33	47	35	31	62	46	40	57	42	37	70	52	45



## Schritte zur CE-Kennzeichnung

Schritt	Erklärung	Bemerkungen
Untersuchung	Die für ein Produkt zuständigen EU-Richtlinien sind abzuklären. Es ist zu untersuchen, welche Anforderungen zu beachten und welche Nachweise zu erbringen sind. www.ce-zeichen.de	Die etwa 200 Richtlinien der EU sind rechtsverbindliche Vorschriften der Europäischen Union (EU). Für Erzeugnisse, die in den Anwendungsbereich einer Richtlinie fallen, besteht CE-Kennzeichnungspflicht (von franz. Communauté Européenne = Europäische Union).
Erfüllung grundlegender Forderungen	Richtlinien und Normen sind einzuhalten. Mögliche Gefahren müssen analysiert werden, Abhilfemaßnahmen sind zu definieren und umzusetzen.	Harmonisierungsrichtlinien legen die Anforderungen für Produkte fest, um diese in Verkehr bringen zu können.
Technische Dokumentation	Betriebsanleitungen müssen erstellt werden, ebenso die Konformitätserklärung (engl. conformable = übereinstimmend). Für Zulieferteile sind Unterlagen beizulegen.	In der Konformitätserklärung wird vom Produktanbieter (Hersteller, Lieferant) bestätigt, dass die Produkte mit den angegebenen Normen übereinstimmen.
CE-Kennzeichnung	Durch Anbringen des CE-Kennzeichens wird die Beachtung der entsprechenden EU-Richtlinien bestätigt.  Das CE-Kennzeichen wird vom Hersteller angebracht. Die Hersteller weisen nach, teilweise unter Hinzuziehung von Zertifizierungsstellen, dass ihre Produkte die EU-Richtlinien erfüllen. Softwareunterstützte Bewertung z. B. durch Safexpert. www.tuv.com, www.ibf.at	 <p><b>CE-Symbol</b></p>
Softwareunterstützung		
Produktüberwachung	Wirksame Änderungen von Normen müssen mit dem Produkt abgeglichen werden.	Muss während der Produktlebenszeit bei Bedarf ausgeführt werden.

## Erzeugnisse mit CE-Kennzeichnungspflicht (Auswahl)

Bezeichnung, Richtlinie Jahr/Nr.	Beispiele	Bezeichnung, Richtlinie Jahr/Nr.	Beispiele
Bauprodukte 2011/305/EU	Zement, Gips, Dämmmaterial	Maschinenrichtlinie 2006/42/EG	Werkzeugmaschinen, Holzbearbeitungsmaschinen, Textilmaschinen
einfache Druckbehälter 2014/29/EU	Druckbehälter in Kompressoranlagen	Medizinprodukte (Verordnung MDR) 2017/745/EU	Bestrahlungsgeräte, Röntgengeräte MDR Medical Device Directive
Elektrische Betriebsmittel Niederspannung 2014/35/EU	Schaltgeräte	nicht selbsttätige Waagen 2014/31/EU	gewerbliche Waagen
EMV (Elektromagnetische Verträglichkeit) 2014/30/EU	Haushaltsgeräte, Funkgeräte, Computer, Elektromotoren, Telefone, Industriemaschinen	persönliche Schutzausrüstungen 2016/425/EU	Schutzhelme, Schutzbrillen, Schutzkleidung
explosionsgefährdete Bereiche 2014/34/EU	elektrische Betriebsmittel für Ex-Bereiche	Spielzeug-Sicherheit 2009/48/EG	Kinderfahrräder, Spielzeugautos, Puppen
Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden 2018/844/EU	Gebäudearten, Heizkessel, Klimaanlage	Elektronische Kommunikation 2018/1972/EU; 2014/53/EU*	Kommunikationsnetze, -dienste * Funkanlagen
Kfz (EMV-Einzelrichtlinie) 2014/30/EU	elektrische Ausrüstung von Kraftfahrzeugen	Messgeräte 2014/32/EU	Bereitstellung von Messgeräten



Dez	Hex	Zch	Dez	Hex	Zch	Dez	Hex	Zch	Dez	Hex	Zch	Dez	Hex	Zch	Dez	Hex	Zch
<b>Genormter ASCII-Code (7-Bit-Code)</b>																	
0	0	NUL	22	16	SYN	44	2C	,	65	41	A	86	56	V	107	6B	k
1	1	SOH	23	17	ETB	45	2D	-	66	42	B	87	57	W	108	6C	l
2	2	STX	24	18	CAN	46	2E	.	67	43	C	88	58	X	109	6D	m
3	3	ETX	25	19	EM	47	2F	/	68	44	D	89	59	Y	110	6E	n
4	4	EOT	26	1A	SUB	48	30	0	69	45	E	90	5A	Z	111	6F	o
5	5	ENQ	27	1B	ESC	49	31	1	70	46	F	91	5B	[	112	70	p
6	6	ACK	28	1C	FS	50	32	2	71	47	G	92	5C	\	113	71	q
7	7	BEL	29	1D	GS	51	33	3	72	48	H	93	5D	]	114	72	r
8	8	BS	30	1E	RS	52	34	4	73	49	I	94	5E	^	115	73	s
9	9	TAB	31	1F	US	53	35	5	74	4A	J	95	5F	_	116	74	t
10	A	LF	32	20		54	36	6	75	4B	K	96	60	`	117	75	u
11	B	VT	33	21	!	55	37	7	76	4C	L	97	61	a	118	76	v
12	C	FF	34	22	"	56	38	8	77	4D	M	98	62	b	119	77	w
13	D	CR	35	23	#	57	39	9	78	4E	N	99	63	c	120	78	x
14	E	SO	36	24	%	58	3A	:	79	4F	O	100	64	d	121	79	y
15	F	SI	37	25	\$	59	3B	;	80	50	P	101	65	e	122	7A	z
16	10	DLE	38	26	&	60	3C	<	81	51	Q	102	66	f	123	7B	{
17	11	DC1	39	27	,	61	3D	=	82	52	R	103	67	g	124	7C	
18	12	DC2	40	28	(	62	3E	>	83	53	S	104	68	h	125	7D	}
19	13	DC3	41	29	)	63	3F	?	84	54	T	105	69	i	126	7E	~
20	14	DC4	42	2A	*	64	40	@	85	55	U	106	6A	j	127	7F	Δ
21	15	NAK	43	2B	+												

**Erweiterungen im Unicode**

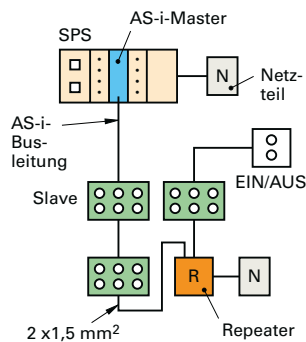
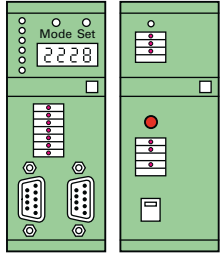
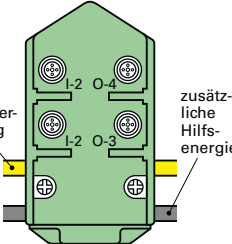
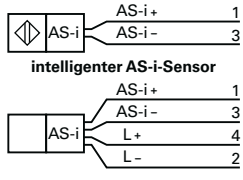
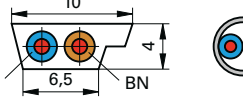
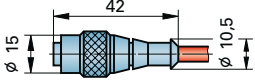
128	80	€	150	96	—	172	AC	¬	193	C1	Á	214	D6	Ö	235	EB	ë
129	81		151	97	—	173	AD		194	C2	Â	215	D7	x	236	EC	ì
130	82	,	152	98	-	174	AE	®	195	C3	Ã	216	D8	Ø	237	ED	í
131	83	f	153	99	™	175	AF	—	196	C4	Ä	217	D9	Ù	238	EE	î
132	84	„	154	9A	°	176	B0	°	197	C5	Å	218	DA	Û	239	EF	ï
133	85	…	155	9B	›	177	B1	±	198	C6	Æ	219	DB	Ü	240	F0	ð
134	86	†	156	9C	œ	178	B2	²	199	C7	Ç	220	DC	Û	241	F1	ñ
135	87	‡	157	9D		179	B3	³	200	C8	È	221	DD	Y	242	F2	ò
136	88	^	158	9E	ž	180	B4	´	201	C9	É	222	DE	þ	243	F3	ó
137	89	‰	159	9F	ÿ	181	B5	µ	202	CA	Ê	223	DF	ß	244	F4	ô
138	8A	Š	160	A0		182	B6	¶	203	CB	Ë	224	EO	à	245	F5	õ
139	8B	‹	161	A1	i	183	B7	·	204	CC	Ì	225	E1	á	246	F6	ö
140	8C	Œ	162	A2	¢	184	B8	¸	205	CD	Í	226	E2	â	247	F7	÷
141	8D		163	A3	£	185	B9	¹	206	CE	Î	227	E3	ã	248	F8	ø
142	8E	Ž	164	A4	¤	186	BA	º	207	CF	Ï	228	E4	ä	249	F9	ù
143	8F		165	A5	¥	187	BB	»	208	DO	Ð	229	E5	å	250	FA	ú
144	90		166	A6	¦	188	BC	¼	209	D1	Ñ	230	E6	æ	251	FB	û
145	91	·	167	A7	§	189	BD	½	210	D2	Ò	231	E7	ç	252	FC	ü
146	92		168	A8	¨	190	BE	¾	211	D3	Ó	232	E8	è	253	FD	ý
147	93	¨	169	A9	©	191	BF	¿	212	D4	Ô	233	E9	é	254	FE	þ
148	94		170	AA	a	192	CO	À	213	D5	Õ	234	EA	ê	255	FF	ÿ
149	95	•	171	AB	«												

**ASCII-Steuerzeichen (Beispiele)**

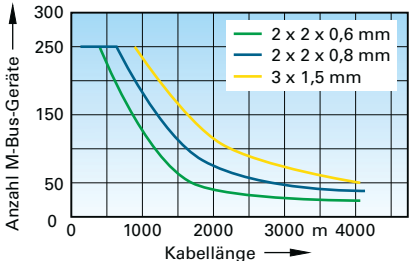
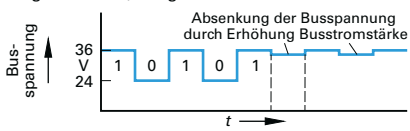
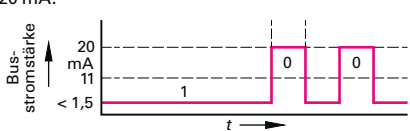
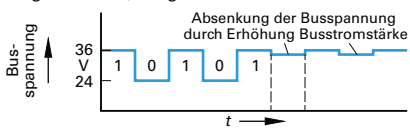
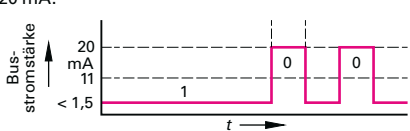


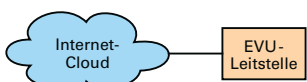
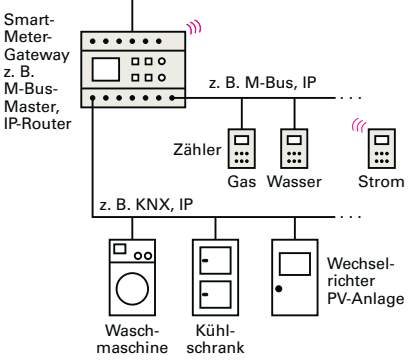
Dez	Befehl	Bedeutung	Dez	Befehl	Bedeutung
2	STX	Start of Text = Textanfang	13	CR	Carriage Return = Wagenrücklauf
3	ETX	End of Text = Textende	17	DC1	Device Control = Gerätesteuerzeichen (weitere 18, 19, 20 = DC2, DC3, DC4)
7	BEL	Bell = Klingel			
10	LF	Line Feed = Zeilenvorschub	26	SUB	Substitution = Zeichen ersetzen
12	FF	Form Feed = Formularvorschub	27	ESC	Escape = Herausspringen (Taste)

Der Unicode mit 17 Ebenen zu je 16-Bit wurde als internationaler Standard definiert, um die Zeichen aller europäischen Sprachen sowie insbesondere die Zeichen im Arabischen, Chinesischen, Japanischen oder Koreanischen abzubilden. Abbildbar sind 1.114.112 Zeichen. Derzeit werden meist nur 4 Ebenen benutzt. In den ersten 128 Plätzen ist der ASCII-Code (American Standard Code for Information Interchange) untergebracht. Die ersten 32 Zeichen sind meist Steuerzeichen, die anderen Zeichen sind auch Bestandteil des ANSI-Codes (American National Standards Institut).



Komponenten	Beschreibung	Bemerkungen														
 <p><b>Systemstruktur</b></p>	<p>Mit dem AS-i-Bussystem (Aktor-Sensor-Interface) wird der Verdrahtungsaufwand zum Ansteuern von Sensoren und Aktoren gegenüber einer Parallelverdrahtung zwischen Sensoren und Aktoren sowie dem Steuerungscomputer kleiner. Auch Klemmleisten, EA-Karten und Verteilungen können eingespart werden.</p> <p>Ein Master (M) kann als Modul für eine Anbindung an einen Computer oder als Einschubkarte, z.B. für eine SPS, realisiert sein. Er steuert und überwacht die Slaves (S, Teilnehmer). Die Slaves sind Module, an denen die Sensoren oder Aktoren angeschlossen sind. Die Aktoren werden von manchen Herstellern auch als <i>Aktuatoren</i> bezeichnet.</p>	<p>Anzahl Teilnehmer: bis 62 je Master, AS-i-5 96, Eingänge E und Ausgänge A gesamt bis 992 (Doppelmaster), AS-i-5 3072, Leitungslänge: bis 100 m, Bus: ungeschirmte Zweidrahtleitung (DC 24 V), Busmanagement: zyklische Abfrage Teilnehmer, z.B. alle 5 ms. Mittels Repeater (R) kann die Leitungslänge erweitert werden. Verfügbar sind auch AS-i-Safety-Komponenten, z.B. NOT-HALT, Sicherheitsschalter, Türverriegelungen. Überwachung der Slaves durch Sicherheitsmonitor.</p> <p><a href="http://www.bihl-wiedemann.de">www.bihl-wiedemann.de</a></p>														
 <p><b>AS-i-Controller mit AS-i-Netzteil</b></p>	<p>Soll das AS-i-Bussystem mit einem Computer ohne Einschubkarte gekoppelt werden, so ist als Master ein AS-i-Controller einzusetzen. Die Verbindung zum Computer erfolgt über eine serielle Schnittstelle, z.B. RS232, USB, LAN (RJ45).</p> <p>Im AS-i-Controller befindet sich eine Mini-SPS, auch eine andere Feldbus-Anschaltung, z.B. PROFIBUS, ist möglich (Gateway, folgende Seite).</p> <p>Die Versorgungsspannung für die Module erzeugt ein Netzteil, auch die zusätzlichen 24 V oder 48 V DC, die insbesondere für die Aktoren notwendig sind.</p>	<p>Die Inbetriebnahme des AS-i-Bussystems mit AS-i-Controller, also Adressierung, Funktionstest, EA-Check, erfolgt z.B. an einem PC. Das Programmieren des AS-i-Controllers durch den Anwender erfolgt mit den SPS-Programmiermethoden KOP, FUP, AWL, Strukturierter Text ST (Structured Control Language SCL) in der mitgelieferten Software.</p> <p>AS-i-Master-Einschubkarten besitzen einen Projektierungsmodus zur Inbetriebnahme.</p>														
 <p><b>EA-Modul</b></p>	<p>Die Sensoren und Aktoren werden über Module (Anwendermodule, Feldmodule) an den AS-i-Bus angeschlossen. Das EA-Modul (I, O; Eingang, Ausgang) besitzt zwei Flachkabelschnittstellen für das gelbe AS-i-Kabel, welches die Daten und die Grundversorgungsspannung überträgt, sowie für das schwarze AS-i-Kabel für die Betriebsspannung von 24 V, 48 V.</p> <p>Weiter besitzt ein EA-Modul z.B. 4 Eingänge und 4 Ausgänge zur Prozessperipherie über M-12-Buchsen.</p> <p>Verfügbarkeit EA-Module z. B. IP20, IP67.</p>	<p>Manche Module brauchen für die Betriebsspannung ein Rundkabel mit entsprechendem Anschluss. Es gibt Module mit 230-V-Anschluss für AC zum Schalten einphasiger Verbraucher, mit 400-V-Anschluss für Drehstrommotoren, Frequenzumrichter.</p> <p>Kabelanschlüsse enthalten Dorne, die beim Anklemmen durch die Isolierung hindurch Kontakt mit der Kabeelseite bilden.</p>														
 <p><b>AS-i-Aktor mit externer Stromversorgung</b></p>	<p>Je nach verwendetem Sensor oder Aktor sind die Anschlüsse in den M-12-Buchsen unterschiedlich vorzunehmen.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Pinbelegung</th> </tr> <tr> <th>Anschluss</th> <th>Pin</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AS-i+</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>AS-i-</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Externe Spannung +</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Externe Spannung -</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Schutzleiter (PE)</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>	Pinbelegung		Anschluss	Pin	AS-i+	1	AS-i-	3	Externe Spannung +	4	Externe Spannung -	2	Schutzleiter (PE)	5
Pinbelegung																
Anschluss	Pin															
AS-i+	1															
AS-i-	3															
Externe Spannung +	4															
Externe Spannung -	2															
Schutzleiter (PE)	5															
 <p><b>AS-i-Flachkabel, Rundkabel</b></p>	<p>Schutzart IP 67, Aderquerschnitt 2 x 1,5 mm<sup>2</sup>/2,5 mm<sup>2</sup> Aderfarben braun (AS-i+ oder L+), hellblau (AS-i- oder L-), Material: Ethylen-Propylen-Gummimischung oder thermoplastisches Elastomer. Kabelmantel gelb, schwarz.</p>	 <p>M-12-Anschluss der Sensoren, Aktoren an AS-i-Modul</p>														

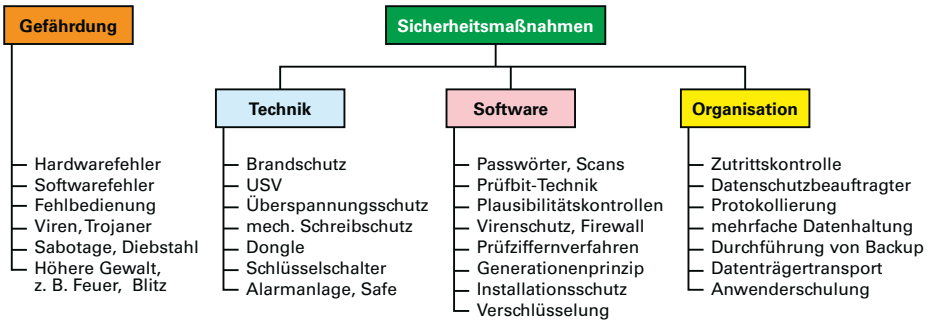


Begriff	Erklärung	Bemerkungen
Aufgabe	Über den M-Bus, von Meter-Bus (engl. meter = Messgerät) werden Zählerstände von Wasserzählern, Gaszählern, Wärmehzählern oder Stromzählern (Verbrauchszähler) gelesen und an einen übergeordneten Computer übertragen.	Die serielle, bidirektionale Datenübertragung über den M-Bus setzt voraus, dass die angebotenen Zähler eine M-Bus-Schnittstelle besitzen. Die Datenübertragung kann über eine Zweidrahtleitung oder über Funk (wireless) erfolgen.
Arbeitsweise	Master-Slave-Verfahren. Die Zähler sind die Slaves. Der Master, auch Pegelwandler oder Gateway genannt, ist die Verbindung zwischen dem M-Bus-Netzwerk und z. B. einem PC, einer SPS, ggf. auch zu einem anderen Netzwerk gehörend, oder einem anderen Netzwerk.	 <p><b>Abhängigkeit von Leitungslänge und Zahl der möglichen M-Bus-Geräte</b></p> <p>Die Datenübertragung Master zu Slave erfolgt über Ändern der Busspannung:  0-Signal → 24 V, 1-Signal → 38 V.</p>  <p>Der Slave antwortet durch Ändern des Stromverbrauchs. 1-Signal → 1,5 mA, 0-Signal → 11 mA bis 20 mA.</p> 
Leitungslänge	Die Datenübertragungsrate beträgt meist 2400 Bit/s. Ein Master kann bis zu 250 Zähler adressieren bei einer Leitungslänge bis 300 m, mit Repeatern bis 4000 m. Ggf. sind mehrere M-Bus-Stränge zu installieren.	
Verbindung	Verbindungs-Topologien sind Stern, Baum oder Linie (Bus) mittels Anschluss-/Abzweigedosen.	
Technologie	Zweidrahtige, möglichst abgeschirmte Leitung, z. B. J-Y(ST) Y 2 x 2 x 0,8 mm, verwenden. Die M-Bus-Leitungen sind wegen der EMV entfernt von den Leitungen der sonstigen elektrischen Energieversorgung anderer Geräte zu verlegen.	<p>Die Datenübertragung Master zu Slave erfolgt über Ändern der Busspannung:  0-Signal → 24 V, 1-Signal → 38 V.</p>  <p>Der Slave antwortet durch Ändern des Stromverbrauchs. 1-Signal → 1,5 mA, 0-Signal → 11 mA bis 20 mA.</p> 
Stromversorgung	Die Stromversorgung der Verbrauchszähler kann über die M-Bus-Leitungen erfolgen oder mittels Batterien.	
Verpolungssicherheit	<p>M-Bus-Master  End-Gerät</p> <p>M-Bus-Master  End-Gerät</p> <p><b>Verpolungssichere M-Bus-Leitung mit Tauschbarkeit der Adern</b></p>	
Schnittstellen M-Bus-Master	Je nach Hersteller: RS232, RS485, USB, IrDA, Modbus, KNX, Ethernet (IP), PLC (Powerline Communication), WLAN. Kommunikation zu anderen Netzwerken möglich, auch Internet-Anbindung über Internet-Router oder internetfähiges Kommunikationsmodul.	
Smart Meter	Sind für Fern-Datenübertragung geeignete Zähler (insbesondere Strom, Wasser, Gas, Wärme). Schnittstellen z. B. M-Bus, KNX, RS485, auch Ethernet (IP). Kommunizieren mit Smart-Meter-Gateway, z. B. M-Bus-Master.	
Smart-Meter-Gateway	Bedient die Bus-Schnittstellen Home Area Network HAN, d. h. Netzwerk im Haus, Local Metropolitan Network LMN, z. B. M-Bus, und WAN (Wide Area Network), z. B. gesicherte Verbindung über Provider zum elektrischen Versorgungsunternehmen EVU. Befindet sich meist im Zählerschrank. Voraussetzung für Smart-Grid-Systeme, Energiemanagement-Systeme (siehe <a href="#">Seiten 121, 182, 286</a> ).	



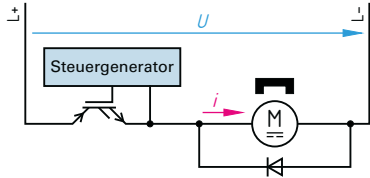
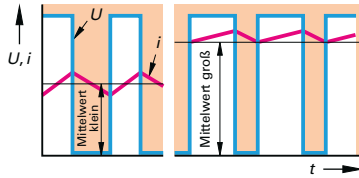
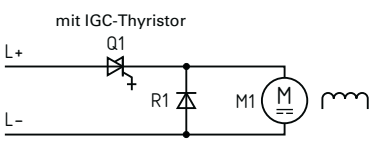
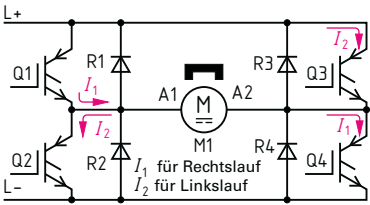
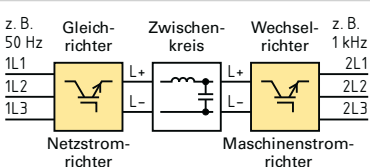
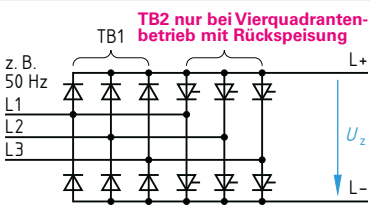
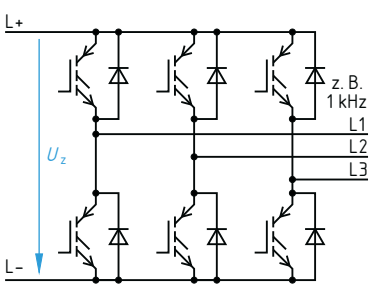


Methode	Erklärung	Bemerkungen
<b>Datensicherheit und Zugriffsschutz</b>		
Versioniertes Speichern	Das versionierte Speichern von Daten verhindert Überschreiben von Daten oder Dateien.	Bei jedem Speichern wird eine neue Version der zu speichernden Datei abgelegt.
Backup	Speichern von Daten auf z. B. externen Festplatten, DVDs, in der Cloud (backup = sichern).	Beim Zwischenbackup werden unveränderte Daten nicht erneut gespeichert.
Virenschutz	Antivirenprogramme erkennen/entfernen Computer-Viren (Schadsoftware, Malware).	Antivirenprogramme müssen regelmäßig aktualisiert werden. <a href="http://www.pandasecurity.com">www.pandasecurity.com</a>
Firewall	Eine Firewall (firewall = Brandschutzwand) verhindert den unerlaubten Zugriff aus dem Internet auf einen Computer.	Bei Einzelcomputern wird die Firewall über eine zu installierende Software realisiert, in Computernetzen durch einen Firewall-Computer.
Passwörter	Benutzung einer Computeranlage erfordert ein Passwort, Multi-Faktor-Authentisierung mit zusätzlich automatisch erzeugtem Einmalpasswort.	Passwörter sind aus Sicherheitsgründen von Zeit zu Zeit zu ändern → keine Worte, Namen → Ableitung aus Sprüchen empfohlen.
Biometrische Zugriffskontrolle	Fingerabdruck, Scans von Augeniris, Netzhaut, Gesicht ermöglichen Zugang zum Computer.	Prüfung über Lesegerät (Scanner) am Computer oder über an Computer angestecktem USB-Stick (Fingerabdruck).
Kopierschutz durch Dongle	Stecken eines Dongles (Hardwarebox) auf z. B. die USB-Schnittstelle des Computers.	Verschlüsselungstabelle im Dongle wird von Anwendersoftware geprüft.
Installationschutz	Mehrere Möglichkeiten: Prüfen der Seriennummer (Host-ID) des Computers, Prüfen einer Freischaltnummer (Key) des Herstellers, Einbringen nicht kopierbarer Markierung in CD.	Beim Programmlauf werden diese Nummern bzw. Codes geprüft. Bei fehlerhaftem Prüfergebnis erfolgt ein Abbruch des Programmlaufs.
Lizenzschutz	In Computernetzen verwalten Lizenzserver die erlaubten Zugriffe auf eine Anwendersoftware und vergeben hierzu zum Freischalten Keys (Freischaltnummern).	Nur eine begrenzte Anzahl von Keys wird vergeben. Nach Beenden der Arbeit werden die Keys wieder an den Lizenzserver zurückgegeben. Danach Nutzung durch andere Anwender möglich.
Verschlüsselung	Daten werden mittels Algorithmen verschlüsselt und vom Empfänger entschlüsselt.	Bei Funksystemen (Wireless) ist WPA2/WPA3 (Wi-Fi Protected Access 2) üblich.
<b>Datenschutz</b>		
Gesetzliche Grundlagen	Grundgesetz GG, EU-Datenschutz-Grundverordnung DSGVO, Bundesdatenschutzgesetz BDSG, Telekommunikationsgesetz TKG, Telekommunikations-Kundenschutzverordnung TKV, Urheberrecht.	Überwachung der gesetzlichen Bestimmungen erfolgt durch Datenschutzbeauftragte. Ab 20 Mitarbeitern, die sich mit Daten beschäftigen, ist ein Datenschutzbeauftragter erforderlich.
DSGVO BDSG	DSGVO, BDSG dienen dem Schutz des Bürgers vor missbräuchlicher Verwendung der über ihn gespeicherten persönlichen Daten → Verarbeiten, Weitergabe personenbezogener Daten. BDSG, DSGVO gelten für Behörden des Bundes bzw. der Länder nur in sehr begrenztem Umfang.	Anlage zu § 9 „10 Gebote des Datenschutzes“: Zugangskontrolle, Speicherkontrolle, Zugriffskontrolle, Eingabekontrolle, Transportkontrolle, Datenträgerkontrolle, Benutzerkontrolle, Übermittlungskontrolle, Auftragskontrolle, Organisationskontrolle. <a href="http://www.bfdi.bund.de">www.bfdi.bund.de</a>

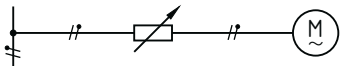
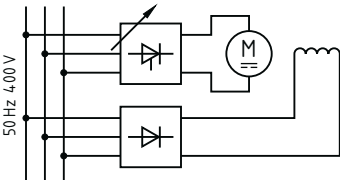
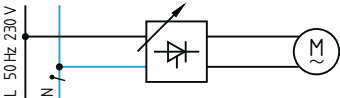
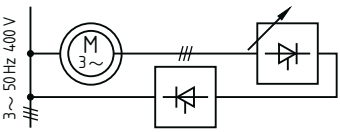


Gefährdungsbereiche und Maßnahmen zur Sicherheit von Daten (Auswahl)



Art, Eignung	Schaltung des Leistungsteils	Bemerkungen, Anwendungen
<b>Gleichstromsteller</b>		
Prinzip (Gleichstromsteller mit IGBT für Einquadrantenbetrieb)		
Gleichstromsteller für Einquadrantenbetrieb	mit IGC-Thyristor 	Der Gleichstromsteller für einen Gleichstrommotor besteht aus einem elektronischen <i>Schalter</i> und einer <i>Freilaufdiode</i> . Die Speisung der gesamten Schaltung erfolgt z. B. aus einem Akkumulator oder aus einem vorgeschalteten Gleichrichter. Meist arbeitet der Gleichstromsteller mit gleichbleibender Frequenz des Steuergenerators.
Gleichstromsteller mit IGBT-Brücke für Vierquadrantenbetrieb ohne Totzeit		Thyristor-Gleichstromsteller arbeiten nicht verzögerungsfrei, weil <i>innerhalb</i> des Taktes die Zündung erfolgt. Fast verzögerungsfrei arbeiten dagegen Gleichstromsteller mit Transistoren oder IGBTs. Diese werden in einer Brückenschaltung (H-Brücke) für DC-Motoren betrieben. Freilaufdioden sind wegen der Induktivität des Motors erforderlich.
<b>Umrichter mit Gleichspannungs-Zwischenkreis (U-Umrichter)</b>		
Prinzip eines Umrichters mit Gleichstrom-Zwischenkreis		<p><b>Gleichrichter</b> einphasige (0,25 kW bis 2 kW) oder dreiphasige (0,37 kW bis 5,5 kW) Brückenschaltung aus Dioden oder/und Thyristoren bzw. IGBTs.</p> <p><b>Zwischenkreis</b> mit Energiespeicherung durch Induktivität und/oder Kapazität.</p> <p><b>Wechselrichter</b> Brückenschaltung z. B. aus IGBTs oder Thyristoren und Dioden.</p>
Gleichrichter TB1 bei Bedarf mit Rückspewe-Wechselrichter TB2, bezeichnet als Netzstromrichter (B6U) I (B6C) gegenparallel	 <p>TB2 nur bei Vierquadrantenbetrieb mit Rückspeisung</p>	<p><b>Netzstromrichter ohne Rückspeisung</b> TB1 für konstante <math>U_2</math> mit sechs (für Dreiphasenbrücke) bzw. vier (für Einphasenbrücke) Dioden, für steuerbare <math>U_2</math> zur Hälfte ersetzt durch Thyristoren bzw. IGBTs (<i>Zweiquadrantenbetrieb</i>).</p> <p><b>Netzstromrichter mit Rückspeisung</b> Zusätzlich TB2 aus Thyristoren bzw. IGBTs gegenparallel (I) zur Stromrückspeisung beim Bremsen (<i>Vierquadrantenbetrieb</i>).</p>
Wechselrichter mit Rückstromdioden, bezeichnet als Maschinenstromrichter (B6C) I (B6U) gegenparallel		<p><b>Maschinenstromrichter</b> Wechselrichter für <i>Vierquadrantenbetrieb</i> als voll gesteuerte Brückenschaltung aus sechs (für Dreiphasenbrücke) bzw. vier (für Einphasenbrücke) gesteuerten Elementen, z. B. IGBTs oder Thyristoren GTO, IGC. Wegen der induktiven Last sind sechs bzw. vier <i>Rückstromdioden</i> (Blindleistungsdioden) gegenparallel zu den gesteuerten Elementen integriert. Diese bewirken beim Bremsbetrieb die Rückspeisung des Stroms in den Zwischenkreis durch Gleichrichtung. Die Ansteuerung der gesteuerten Elemente erfolgt durch einen Steuergenerator, z. B. durch Pulsweitenmodulation PWM.</p>



Wichtige Motorarten für Antriebe		
Motorart	Vorteile	Nachteile
Drehstrom-Kurzschlussläufer	Wartungsarm, robust, billig, funktionsfähig.	Großer Einschaltstrom führt bei häufigem Schalten zu Erwärmung. Drehzahl beim polumschaltbaren Motor in 2 (selten 3) Stufen steuerbar. Sonst nur über Umrichter steuerbar, z.B. Zwischenkreisumrichter.
Drehstrom-Synchronmotor	Konstante Drehzahl. Drehmoment von Spannungsschwankung wenig abhängig.	Drehzahl nur über Umrichter steuerbar, z.B. Zwischenkreisumrichter mit Pulsweitenmodulation. Erfordert oft Gleichstrom für Erregung.
Drehstrom-Schleifringläufer	Sehr großes Anzugsmoment. Drehzahl beschränkt steuerbar.	Anlasser erforderlich, Kohlebürsten brauchen Wartung. Im Betrieb Funkenbildung. Gesteuerte Drehzahl ist lastabhängig.
Fremderregter Motor für Gleichstrom	Drehzahl sehr gut steuerbar. Nutzbremmung unter Energierücklieferung möglich. Häufiges Einschalten möglich.	Gleichstrom nötig. Erfordert sorgfältige Wartung. Anlasseinrichtung, z.B. steuerbarer Gleichrichter, notwendig. Teuer in der Anschaffung. Im Betrieb Funkenbildung.
Reihenschlussmotor für DC und AC	Sehr großes Anzugsmoment. Drehzahl kann größer sein als bei vorgenannten Motoren.	Wie bei den anderen Gleichstrommotoren. <b>Achtung:</b> Geht im Leerlauf durch, daher kein Riementrieb möglich.
<b>Drehzahlsteuerung</b>		PE nicht dargestellt.
Motorart	Art der Drehzahlsteuerung	Erklärung, Bemerkungen, Schaltung
Kleiner Kurzschlussläufermotor, vor allem beim Einphasenmotor	Spannungssteuerung zur Schlupfänderung mittels Vorwiderstand oder Wechselstromsteller, z.B. in Wechselwegschaltung.	 <b>Drehzahlsteuerung eines Spaltpolmotors</b>
Drehstrom-Kurzschlussläufermotor (Drehstrom-Asynchronmotor), Drehstrom-Reluktanzmotor,	Polumschaltung (Dahlanderschaltung)	Polzahlverhältnis und damit Drehzahlverhältnis meist 1 : 2, häufig Anwendung bei Kurzschlussläufermotoren.
Drehstrom-Synchronmotor	Frequenzsteuerung mittels <i>Zwischenkreisumrichter</i> , meist U-Umrichter (Seite 420). Wichtigstes Verfahren zur Drehzahlsteuerung von Drehstrommotoren.	Frequenzverhältnis bis 1:1000 bei Regelung bis 1:∞. Der Umrichter kann an den Motor angebaut sein (Umrichtermotor). Häufige Anwendung bei Synchronmotoren, Reluktanzmotoren und Asynchronmotoren.
fremderregter Gleichstrommotor (oft eigentlich falsch als Nebenschlussmotor bezeichnet)	Stromsteuerung im Ankerkreis. Bei AC-Anschluss mittels gesteuertem Gleichrichter. Bei DC-Anschluss mittels Gleichstromsteller. Auch zum Anlassen geeignet.	 <b>Drehzahlsteuerung eines Gleichstrommotors</b>
Reihenschlussmotor für DC oder AC (bei AC-Eignung als Universalmotor bezeichnet)	Stromsteuerung in der Zuleitung. Bei DC mittels Vorwiderstand oder Gleichstromsteller, bei AC mittels Vorwiderstand oder Wechselstromsteller. Auch zum Anlassen geeignet.	 <b>Drehzahlsteuerung eines Universalmotors</b>
Drehstrom-Schleifringläufermotor (noch bei Altanlagen anzutreffen)	Stromsteuerung zur Schlupfänderung im Läuferkreis mittels Wirkwiderständen. An Stelle der Wirkwiderstände kann Gleichrichtung und Rückspeisung an das Netz über Wechselrichter erfolgen.	 <b>Untersynchrone Wechselrichter-kaskade</b>

