

Dr. Michael Dzieia, Heinrich Hübscher, Dieter Jagla, Jürgen Klaue, Hans-Joachim Petersen, Harald Wickert

# **Elektronik Tabellen**

Betriebs- und  
Automatisierungstechnik

3. Auflage

Bestellnummer 235015

***westermann***

Diesem Buch wurden die bei Manuskriptabschluss vorliegenden neuesten Ausgaben der DIN-Normen, VDI-Richtlinien und sonstigen Bestimmungen zu Grunde gelegt. Verbindlich sind jedoch nur die neuesten Ausgaben der DIN-Normen und VDI-Richtlinien und sonstigen Bestimmungen selbst.

Die DIN-Normen wurden wiedergegeben mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e.V. Maßgebend für das Anwenden der Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth-Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

Die in diesem Werk aufgeführten Internetadressen sind auf dem Stand zum Zeitpunkt der Drucklegung. Die ständige Aktualität der Adressen kann vonseiten des Verlages nicht gewährleistet werden. Darüber hinaus übernimmt der Verlag keine Verantwortung für die Inhalte dieser Seiten.

Druck: westermann druck GmbH, Braunschweig

**service@westermann-berufsbildung.de**  
**www.westermann-berufsbildung.de**

Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winklers GmbH, Postfach 33 20, 38023 Braunschweig

ISBN 978-3-14-**235015-8**

**westermann** GRUPPE

© Copyright 2018: Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winklers GmbH, Braunschweig

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages.

Hinweis zu § 52a UrhG: Weder das Werk noch seine Teile dürfen ohne eine solche Einwilligung eingescannt und in ein Netzwerk eingestellt werden. Dies gilt auch für Intranets von Schulen und sonstigen Bildungseinrichtungen.

<b>1</b>	<b>Grundlagen</b>	5 ... 76
<b>2</b>	<b>Elektrische Installationen</b>	77 ... 110
<b>3</b>	<b>Steuerungstechnik</b>	111 ... 154
<b>4</b>	<b>Informationstechnik</b>	155 ... 182
<b>5</b>	<b>Energieversorgung</b>	183 ... 228
<b>6</b>	<b>Messen, Prüfen, Montieren</b>	229 ... 272
<b>7</b>	<b>Automatisierungstechnik</b>	273 ... 310
<b>8</b>	<b>Antriebssysteme</b>	311 ... 352
<b>9</b>	<b>Kommunikationstechnik</b>	353 ... 378
<b>10</b>	<b>Gebäudetechnik</b>	379 ... 420
<b>11</b>	<b>Betrieb und Umfeld</b>	421 ... 466
<b>12</b>	<b>Technische Dokumentation und Formeln</b>	467 ... 510

In diesem Tabellenbuch ist technisches Wissen für das Berufsfeld **Betriebs- und Automatisierungstechnik** in anschaulicher und verständlicher Form für unterschiedliche Leserkreise dargestellt. Das Tabellenbuch ist deshalb besonders geeignet für

- den **Fachunterricht**,
- die **Prüfungsvorbereitung**,
- die **Weiterbildung**,
- die **Berufspraxis** und
- das **Selbststudium**.

Das Buch enthält umfassende Informationen zum theoretischen und praktischen Wissen für die Betriebs- und Automatisierungstechnik.

Das Basiswissen und die aktuellen Technologien sind dazu in kompakter Form abgehandelt und die Darstellungen durch verschiedenartige Grafiken ergänzt.

Diagramme und Tabellen mit wichtigen Daten und Fotos stellen den Bezug zur technischen Realität her.

Die Inhalte sind nach sachlogischen Gesichtspunkten in 12 Kapitel gegliedert.

Die Kapitel „Grundlagen“ und „Technische Dokumentation und Formeln“ enthalten auch Inhalte, die für mehrere Berufsbereiche von Bedeutung sind. Hier zeigt sich der Nachschlagecharakter besonders deutlich.

Die Seitenüberschriften und das Sachwortverzeichnis sind in deutscher und englischer Sprache ausgeführt. Dadurch wird das Verständnis der Terminologie von englischsprachigen Dokumenten gefördert.

Die Seiten jedes Kapitels besitzen am rechten oberen Rand eine bestimmte Farbmarkierung. Ein rascher Zugriff auf das jeweilige Kapitel wird dadurch erleichtert.

Damit sich die Leser vertiefend mit den in diesem Buch verwendeten Normen, Regeln und Vorschriften vertraut machen können, sind diese am Ende des Buches seitenbezogen aufgeführt.

Aufgrund technologischer Entwicklungen ist die vorliegende Auflage um folgende Themen erweitert worden:

- Bauproduktenverordnung
- Geräteschutzschalter
- Elektrische Energieeffizienz
- Beschleunigungssensoren
- Energieautarke Funksensoren
- DIN EN 81346 und ISO 1219 für pneumatische Systeme
- USB-Typ-C
- Energiespeicher im Niederspannungsnetz und in PV-Anlagen
- Neufassung des Datenschutzgesetzes
- Datenschutzgrundverordnung
- Praxisinformationen für Kommunikationskabelanlagen
- EMV-gerechte Kommunikationsverkabelung
- Funksysteme für die Gebäudeautomatisierung
- DIN EN 62424 zur Prozessleittechnik
- Robotertechnik und Industrieroboter
- Ausgangsfilter für Frequenzumrichter
- Wärmemelder
- Elektrische Begleitheizungen
- DIN EN ISO 9001
- Industrie 4.0
- 3D-Druck

Neben diesen neuen Inhalten sind in der 3. Auflage Korrekturen vorgenommen sowie die Inhalte der aktuellen Normen eingearbeitet worden.

Für Hinweise und Verbesserungsvorschläge sind Autoren und Verlag jederzeit aufgeschlossen und dankbar.

Autoren und Verlag  
Braunschweig 2018

	Bipolartransistor	Unipolartransistor (Feldeffekttransistor)	
Aufbau	<p><b>Beispiel: NPN-Transistor</b></p> <p>Emitter P-dotiert Kollektor N-dotiert Basis N-dotiert</p>	<p><b>Sperrschicht FET</b></p> <p><b>Beispiel: N-Kanal FET</b></p> <p>Gate Source Drain P-dotiert N-dotiert</p>	<p><b>Isolierschicht FET</b></p> <p><b>Beispiel: MOS-FET</b></p> <p>Source Gate Source P-dotiert Drain N-dotiert</p>
Symbole	<p>NPN PNP</p>	<p>N-Kanal P-Kanal</p>	<p>MOS-FET IGBT</p>
Kennlinien (Beispiele)	<p>NPN</p> <p>Ausgangskennlinie mit <math>I_B</math> als Parameter</p>	<p>N-Kanal</p> <p>P-Kanal</p>	<p>MOS-FET</p>
Eigenschaften	<ul style="list-style-type: none"> <li>hohe Stromverstärkung <math>\beta = 20 \dots 1000</math></li> <li>geringer Eingangswiderstand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>mit geringer Leistung ansteuerbar</li> <li>empfindlich gegen elektrostatische Aufladung</li> <li>Verhalten wie steuerbarer Widerstand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>U_{DS} &lt; 1 \text{ kV}</math> <math>U_{CE} &lt; 6,5 \text{ kV}</math></li> <li><math>I_D &lt; 1 \text{ kA}</math> <math>I_D &lt; 2,5 \text{ kA}</math></li> <li>geringe Schaltverluste (gegenüber Bipolartransistor)</li> <li>empfindlich gegen elektrostatische Aufladung</li> </ul>
Anwendungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>NF-Verstärker</li> <li>Impedanzwandler</li> <li>Oszillatorschaltungen</li> <li>Schalten kleiner Leistungen (z. B. Relais, Lampe, Leistungsverstärker bei digitalen Schaltungen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>HF-Verstärker</li> <li>Grundelement für Operationsverstärker</li> <li>digitale Verknüpfungen</li> <li>Hochvoltinverter</li> <li>Konstantspannungsquellen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schalter in leistungselektronischen Anwendungen</li> <li>Stellglied für lineare Leistungsstellung (z. B. linearer Spannungsregler)</li> </ul>

- Kabel und Leitungen (Strom-, Steuer- und Kommunikationskabel), die **dauerhaft** in Bauwerken verbaut werden, fallen ab 01.07.2017 unter die **Bauproduktenverordnung** EU-BauPVO (EU 305/2011).
- Ausgenommen sind
  - Liftkabel, Kabel innerhalb von Maschinen,
  - Kabel zur Verwendung in industriellen Anlagen.
- Die BauPVO
  - definiert die Bedingungen für die CE-Kennzeichnung
  - verlangt eine Leistungserklärung (**DoP**) des Herstellers über die wesentlichen Produktmerkmale
  - legt ein System fest, wie die Konformität zur EU-Richtlinie sichergestellt wird.
- Kabel und Leitungen werden nach BauPVO in **Brandklassen (Euroklassen A<sub>ca</sub> bis F<sub>ca</sub> (ca: cable))** eingeteilt.
- Diese definieren die Eigenschaften hinsichtlich der **Brand-sicherheit** (Flammausbreitung, Wärmeentwicklung).
- Kennzeichnung:
  - Klasse A<sub>ca</sub>: Nichtbrennbarkeit
  - Klasse B1<sub>ca</sub> bis F<sub>ca</sub>: weisen zunehmende Brennbarkeit aus (siehe Tabelle).
- Zusätzlich können folgende Merkmale angegeben werden (niedrigere Zahl: bessere Eigenschaft):
  - Rauchentwicklung und Rauchdichte:  
s1 bis s3 (smoke)
  - Brennende Tropfen: d0 bis d2 (droplets)
  - Säurebildung und Korrosivität:  
a1 bis a3 (azidität: Säuregehalt)

## CE-Kennzeichnung

- Das **CE-Kennzeichen** muss gut sichtbar, leserlich und dauerhaft auf dem Produktetikett angebracht sein. Das Produktetikett muss auf Ringen, Spulen oder Trommeln befestigt sein.

**Beispiel:**  
**Herkunft, Beschreibung und Brandverhaltensklasse** müssen auf dem Kabel oder der Verpackung oder dem Etikett aufgebracht sein.



- Die **Leistungserklärung (DoP: Declaration of Performance)** muss Angaben enthalten:
  - Leistungen der wichtigsten Produkteigenschaften
  - Verwendung des Produkts,
  - Hersteller des Produkts,
  - Angaben einer externen Prüfstelle, die in der Fertigung eingebunden ist.

## Beispiele für Kabel und Leitungen

Kabel-/Leitungsart	Euroklasse
Erdkabel NYCY	E <sub>ca</sub>
Industriekabel N2XSY	E <sub>ca</sub>
Halogenfreies Kabel N2XH	B2 <sub>ca</sub> /C <sub>ca</sub>
Halogenfreie Mantelleitung NHXMH	B2 <sub>ca</sub> /C <sub>ca</sub> /D <sub>ca</sub>
Mantelleitung NYM	E <sub>ca</sub>
Flexible Steuerleitung JZ-500 HMH	D <sub>ca</sub>

## Euroklassen für Kabel und Leitungen

Klasse	Klassifizierungskriterien
A <sub>ca</sub>	PCS ≤ 2,0 MJ/kg
B1 <sub>ca</sub>	FS ≤ 1,75 m; brennendes Abtropfen/Abfallen; Peak HRR ≤ 20 kW; H ≤ 425 mm
B2 <sub>ca</sub>	FS ≤ 1,5 m; brennendes Abtropfen/Abfallen; Peak HRR ≤ 30 kW; H ≤ 425 mm
C <sub>ca</sub>	FS ≤ 2,0 m; brennendes Abtropfen/Abfallen; Peak HRR ≤ 60 kW; H ≤ 425 mm
D <sub>ca</sub>	THR <sub>1200 s</sub> ≤ 70 MJ; brennendes Abtropfen/Abfallen; FIGRA ≤ 1300 Ws <sup>-1</sup> ; H ≤ 425 mm
E <sub>ca</sub>	H ≤ 425 mm
F <sub>ca</sub>	H ≤ 425 mm
FIGRA:	<b>Fire Growth Rate</b> (Index der Wärmefreisetzungsrate in W/s)
FS:	<b>Flame Spread</b> (vertikale Flammausbreitung in m)
H:	Flame Spread (vertikale Flammausbreitung in mm)
HRR:	<b>Heat Release Rate</b> (maximale Wärmefreisetzungsrate in kW)
PCS:	<b>Pouvoir Calorique Supérieur</b> (Brutto-Verbrennungswärme in MJ/kg)
THR:	<b>Total Heat Release</b> (Gesamt-Wärmefreisetzung in MJ)

## Zuordnung Gebäudeklassen – Euroklassen<sup>1)</sup>

Klasse	Gebäudeart	Euroklassen	
		Gebäude	Fluchtwege im Gebäude
1	Freistehende Gebäude, Höhe ≤ 7 m, Fläche ≤ 400 m <sup>2</sup>	E <sub>ca</sub>	–
4	Sonstige Gebäude, Höhe ≤ 13 m, Fläche ≤ 400 m <sup>2</sup>	E <sub>ca</sub>	B2 <sub>ca</sub> s1 d1 a1
S <sup>2)</sup> 1	Hochhäuser, Höhe > 22 m	C <sub>ca</sub> s1 d2 a1	C <sub>ca</sub> s1 d2 a1
S4	Verkaufsstätten, Fläche > 800 m <sup>2</sup>	C <sub>ca</sub> s1 d2 a1	B2 <sub>ca</sub> s1 d2 a1
S5	Büroräume, Fläche > 400 m <sup>2</sup>	C <sub>ca</sub> s1 d2 a1	B2 <sub>ca</sub> s1 d2 a1
S10	Krankenhäuser	B2 <sub>ca</sub> s1 d1 a1	B2 <sub>ca</sub> s1 d1 a1
3)	Industriegebäude	C <sub>ca</sub> s1 d2 a1	B2 <sub>ca</sub> s1 d2 a1

<sup>1)</sup> Vorschlag der deutschen Kabelindustrie

<sup>2)</sup> Buchstabe **S**: Sonderbauten

<sup>3)</sup> Zuordnung durch Kabelindustrie

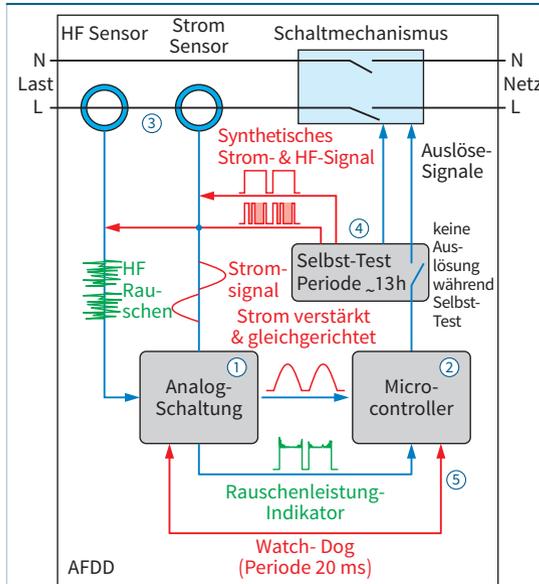
### Aufgabe

- Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen (AFDD) erkennen serielle und parallele **Fehlerlichtbögen (Störlichtbögen)** in Wechselstromkreisen.
- Der Einsatz von Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen reduziert das Risiko elektrisch gezündeter Brände.
- Sie ergänzen vorhandene Geräte wie Überstromschutzeinrichtungen und Fehlerstrom-Schutzschalter mit Schutzfunktionen, die von diesen nicht abgedeckt werden.

### Funktion

- Der Brandschutzschalter besteht aus analogen ① und digitalen Schaltungseinheiten ②.
- Diese erfassen und werten das Frequenz-Störspektrum aus, das durch serielle und parallele Fehlerlichtbögen auf dem Außenleiter ③ messbar ist.
- Serielle Fehlerlichtbögen** entstehen z. B. durch
  - lose Klemmenverbindungen und
  - korrodierte Kontakte.
- Parallele Lichtbögen** entstehen durch Leiterschluss (z. B. Leiterquetschung).
- Die **Funktionsfähigkeit** wird überprüft durch
  - zyklische Selbstprüfung mit synthetischen Signalen für den Analogteil und die Erkennungsalgorithmen ④ und
  - Watchdog-Funktion ⑤ für den Programmablauf und die Firmware-Integrität.
- Die Auswertesoftware erkennt und unterscheidet zwischen Fehlerlichtbögen und
  - betriebsmäßigen Störungen (z. B. Einschaltstrom von Leuchtstofflampen, Kondensatoren),
  - normalen Lichtbögen (z. B. Elektromotor, Lichtschalter),
  - nichtsinusförmigen Schwingungen (z. B. Schaltnetzteile, elektronische Lampendimmer).
- Die Auslösung erfolgt nur bei Störlichtbögen.

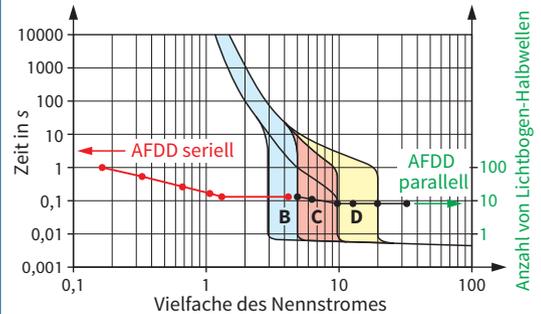
### Blockschaltbild



### Auslösekennlinie

Kennlinien von

- Leitungsschutz-Schaltern mit den Charakteristiken B, C und D und
- Brandschutzschalter.



### Anwendungen

Der Einsatz wird u. a. empfohlen für

- Bereiche mit erhöhtem Sach- und Personenrisiko (z. B. Museen, Archive, Seniorenheime) und
- feuergefährdete Betriebsstätten, landwirtschaftliche Betriebsstätten, Silos, Shoppingcenter.

### Beispiele:

AFDD für Anbau an Leitungsschutz-Schalter



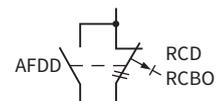
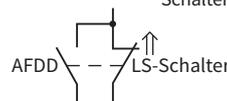
Auslösestrom bei Störlichtbögen in A	
Parallel zur Last	50 ... 500
Seriell zur Last	1 ... 20

Verlustwirkleistung bei Bemessungswert 16 A/AC je Pol in W	0,6
--	-----

AFDD mit LS-Schalter

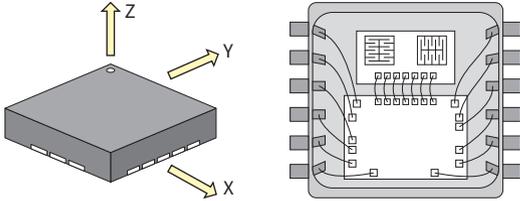


AFDD mit RCBO



**Merkmale**

- Beschleunigungssensoren zählen zu den **MEMS-Sensoren** (Micro Electro Mechanical System)
- Sie gehören zu der Gruppe der Trägheitssensoren und messen, je nach Ausführung, die Beschleunigung in allen drei Bewegungsachsen (X, Y, Z) gleichzeitig.
- Es handelt sich um ein miniaturisiertes System, das sowohl elektrische/elektronische und mechanische Komponenten enthält.
- Auf einem Mikrochip sind neben dem eigentlichen Sensor zusätzliche Signal- und Auswerteeinheiten enthalten.



- Die Abmessungen der einzelnen Sensor-Komponenten betragen zwischen 1 µm und 100 µm.

**Physikalische Grundlagen**

- Die **Beschleunigung a** beschreibt die zeitliche Änderungsrate seiner Geschwindigkeit v.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad [a] = \frac{m}{s^2}$$

- Der Wert der Beschleunigung ist für die Beschreibung von Bewegungsvorgängen eines Körpers bzw. die auf ihn einwirkenden Kräfte von großer Bedeutung.
- Der Beschleunigungssensor bestimmt die Kraft F, die auf eine Testmasse m einwirkt und errechnet daraus die Beschleunigung a.

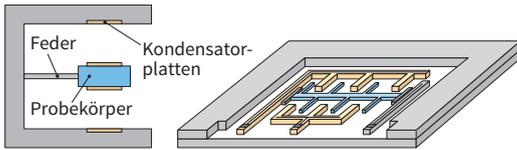
$$a = \frac{F}{m}$$

- In der Praxis wird die Beschleunigung häufig als Vielfaches der Erdbeschleunigung  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  angegeben.  
Beispiele:
  - < 0,5 g: Anfangsbeschleunigung eines Sprinters
  - 1 g: Vollbremsung beim Auto
  - 1,5 g: Maximalwert bei einer Kinderschaukel
  - 6 g: Formel-1 Wagen in schnellen Kurven
  - 300 g: Waschmaschine im Schleudergang

**Messverfahren**

**Kapazitives Verfahren**

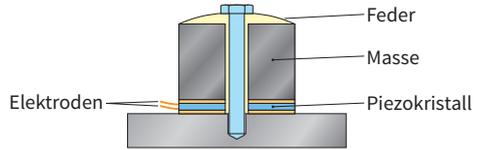
- Prinzip: – Feder-Masse-System  
– Kapazitätsänderung zweier Kondensatoren  
– Auswertung mit einer Wheatstone-Messbrücke



- Eigenschaften: – hohe Empfindlichkeit und Stabilität  
– geringer Leistungsbedarf

**Piezelektrisches Verfahren**

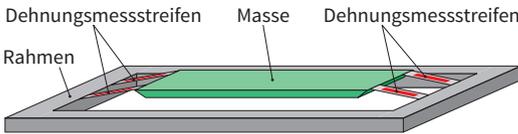
- Prinzip: – Dehnung/Stauchung des Piezokristalls  
– Druck/Zug führt zu einer Ladungsänderung  
– Auswertung über einen Ladungsverstärker



- Eigenschaften: – hohe Linearität und Langzeitstabilität  
– sehr robust, da keine beweglichen Teile

**Piezo-resistives Verfahren**

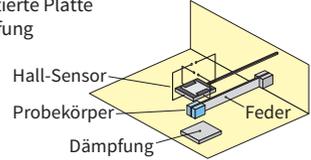
- Prinzip: – Dehnung der piezo-resistiven Widerstandsmessstreifen  
– Auswertung mit einer Wheatstone-Messbrücke



- Eigenschaften: – hohe Empfindlichkeit  
– einfache Auswertung (Messbrücke)

**Hall-Effekt Verfahren**

- Prinzip: – Magnetische Masse an einer Feder  
– Bewegung wird durch Hall-Sensor erfasst  
– unterhalb montierte Platte dient zur Dämpfung



- Eigenschaften: – hohe Zuverlässigkeit  
– geringer Energieverbrauch

**Einsatzbereiche**

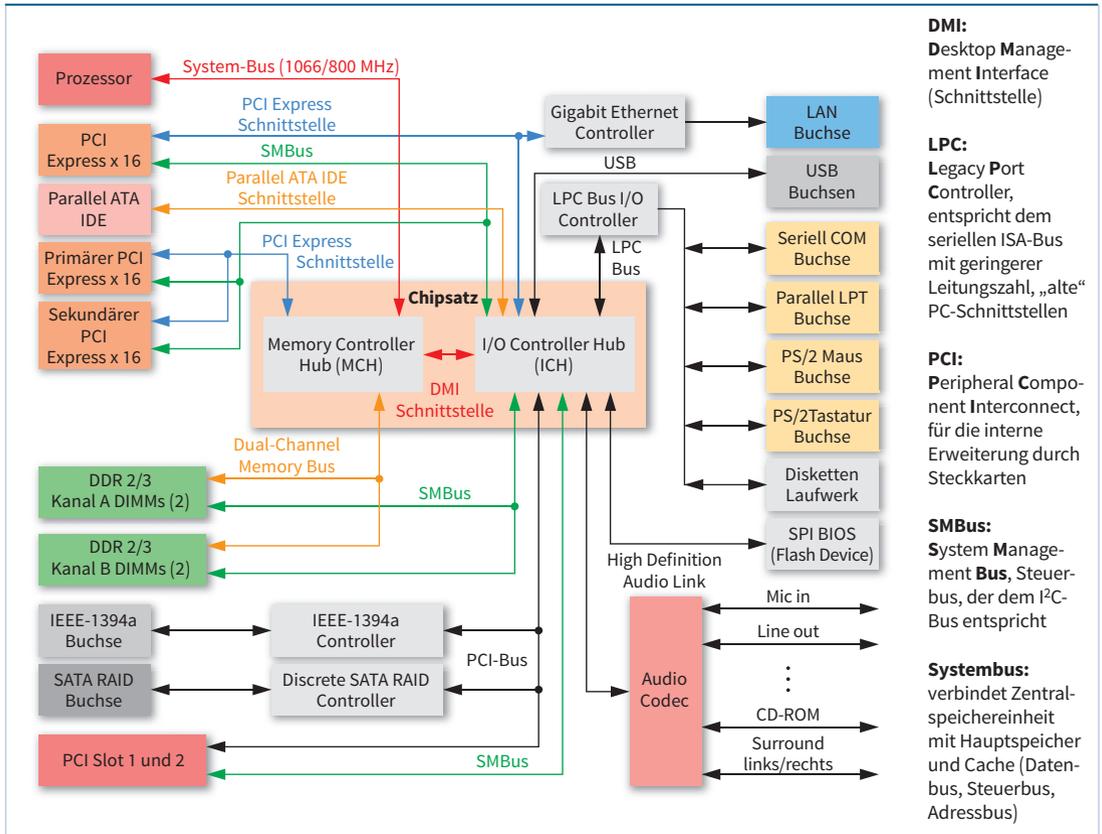
- Sicherheitssysteme (z. B. ABS im Auto)
- Vibrationen bei Maschinen oder Gebäuden messen
- Erdbebenüberwachung
- Luftfahrt
- Alarmsysteme
- Computerfestplatten zur Head-Crash Vermeidung
- Smartphone und Digitalkamera
- Steuerung von Videospiele

**Beispiel**

- Programmierbare Messbereiche:  $\pm 2 \text{ g}; \pm 4 \text{ g}; \pm 8 \text{ g}; \pm 16 \text{ g}$
- Auflösung im  $\pm 2 \text{ g}$ -Bereich: 0,24 mg
- Versorgungsspannung:  $U_{DD} = 1,62 \dots 3,6 \text{ V}$
- Temperaturbereich:  $T = -40 \text{ }^\circ\text{C} \dots +85 \text{ }^\circ\text{C}$



**Chipsatz Intel 975x**

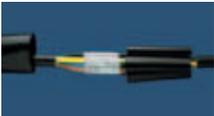
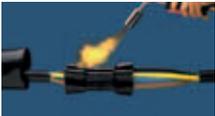


**Erläuterungen**

- **AT:** Advanced Technology; fortschrittliche Technologie, Bezeichnung für PCs mit 80286 Prozessor oder höher
- **ATA:** AT-Attachment; Synonym für IDE
- **BIOS:** Basic Input Output System; Basis-Eingangs-Ausgangs-System, im BIOS werden wichtige Einstellungen für den PC in einem wieder beschreibbaren Speicher (EEPROM, meist als Flash-Speicher, 64 oder 128 Byte) auf der Hauptplatine abgelegt.
- **Chipsatz:** Er dient der Unterstützung der CPU bei der Steuerung und dem Datentransfer der einzelnen Komponenten des Mainboards und der peripheren Geräte. Er besteht hauptsächlich aus den Komponenten MCH und ICH.
- **Codec:** Coder und Decoder; Einrichtung, Verfahren oder Programm, mit denen Daten oder Signale digital codiert und decodiert werden können
- **COM:** Communication; serielle Schnittstelle zum Anschluss von Peripheriegeräten mit geringem Datentransfer (z. B. Maus, Tastatur, Modem)
- **DDR-RAM:** Double Data Rate RAM; Arbeitsspeicher, dessen Daten bei der ansteigenden und abfallenden Flanke gelesen werden (doppelte Datenrate)
- **DIMM:** Dual Inline Memory Modul; Speichermodul mit 64 Bit breitem Datenbus
- **EIDE:** Enhanced IDE-Schnittstelle; erweiterte IDE-Schnittstelle, andere Bezeichnungen Fast-ATA, ATA-2
- **IEEE-1394a:** Institute of Electrical and Electronics Engineers; serielle Schnittstelle zur Kopplung peripherer Geräte (z. B. externe Festplatten, Videogeräte) an einen Rechner oder zur Kopplung von Geräten untereinander
- **ICH:** I/O Controller Hub; früher als Southbridge bezeichnet
- **IDE:** Integrated Device Electronics; Schnittstelle für Geräte mit integriertem Controller, andere Bezeichnungen ATA, AT-Bus
- **LPT:** Line Printer; parallele Schnittstelle zum Anschluss von Peripheriegeräten, z. B. Scanner, Drucker
- **MCH:** Memory Controller Hubs; früher als Northbridge bezeichnet
- **PCI Express (PCIe):** Schnittstelle für Peripheriegeräte an die CPU, höhere Datenrate als PCI
- **PS/2:** Personal System/2; serielle Schnittstelle für Tastatur und Maus
- **RAID:** Redundant Array Independent Disc; redundante Anordnung von unabhängigen Festplatten (virtueller Massenspeicher)
- **USB:** Universal Serial Bus; serieller Bus-Anschluss zum vereinfachten Anschalten von Peripheriegeräten (Geräte während des Betriebs einsteckbar), bis zu 127 Geräte

Eigenschaften				
Spannung	Verbindungsart	Isolierung	Einsatzart	Sonstige
<ul style="list-style-type: none"> <li>— Niederspannung</li> <li>— Mittelspannung</li> <li>— Hochspannung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Schraubverbindung</li> <li>— Crimpverbindung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Gießharz</li> <li>— Schrumpfschlauch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Endverschluss</li> <li>— Verbindungs- muffe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Schirmung (ja/nein) innen/außen</li> </ul>
Verwendung	Beispiel	Beschreibung		
Kabel-Endverschluss		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Schutz des abgeschnittenen Kabels vor eindringender Feuchtigkeit</li> <li>■ Anschluss der Schirmung mit gleichmäßiger Feldsteuerung zwischen Schirm und Anschlusspunkt</li> </ul>		
Verbindungs- muffe		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Verbindung zwischen gleichartigen Kabeln</li> <li>■ Leiterverbindung gecrimpt oder geschraubt</li> <li>■ Isolierung durch Schrumpfschlauch oder Vergussmasse</li> </ul>		
Übergangs- muffe		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Verbindung von papier- mit kunststoffisolierten Kabeln</li> <li>■ Papierisoliertes Kabel wird mit Aufteilkappe abgedichtet.</li> <li>■ Potenzialausgleich zwischen Bleimantel und Stahlbandbewehrung</li> </ul>		
Abzweigmuffe		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Abzweig von durchgehendem Kabel</li> <li>■ Anbindung gleichartiger oder unterschiedlicher Kabeltypen (je nach Muffentyp)</li> </ul>		
Endmuffe		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Spannungsfester Abschluss an kunststoff- oder papierisolierten Kabeln</li> <li>■ Schutz des Kabelendes vor eindringender Feuchtigkeit</li> </ul>		

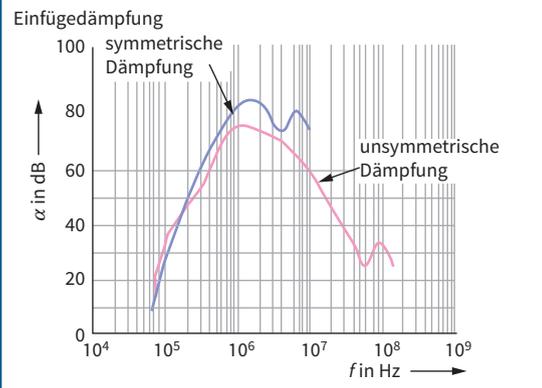
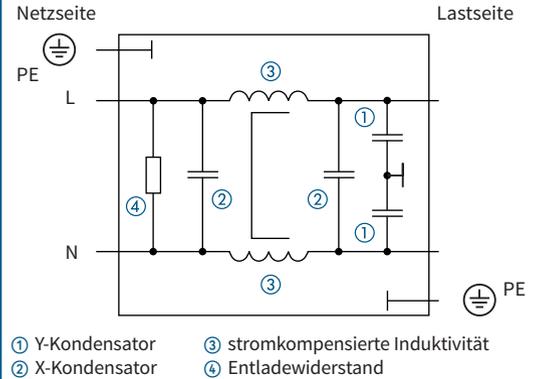
**Schrumpfmuffenmontage**

	→		→		→	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kabelenden absetzen.</li> <li>2. Innenmuffe über Adern und Außenmuffe über Kabel ziehen.</li> <li>3. Crimpverbindung herstellen.</li> </ol>		<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Innenmuffe über Verbindungsstelle schieben.</li> <li>5. Durch Wärmeeinwirkung Muffe aufschumpfen.</li> </ol>		<ol style="list-style-type: none"> <li>6. Außenmuffe positionieren.</li> <li>7. Durch Wärmeeinwirkung Muffe aufschumpfen.</li> </ol>		<ol style="list-style-type: none"> <li>8. Überprüfung der Spannungsfestigkeit.</li> <li>9. Muffe ist einsatzbereit.</li> </ol>

**Merkmale**

- Netzfilter sind passive elektrische Komponenten, die leitungsgeführte hochfrequente Störstrahlungen auf Netz-Anschlussleitungen unterdrücken.
- Die **Störstrahlungen** entstehen u. a.
  - beim Betrieb elektronischer Schaltungen durch steile Schaltflanken und
  - durch Schaltvorgänge in elektrischen Versorgungsnetzen.
- Die Störgrößen werden unterschieden in
  - **Common Mode** (Gleichtakt) und
  - **Differential Mode** (Gegentakt).
- Common Mode Störungen (oberhalb 1 MHz) entstehen zwischen allen Leitern und dem Bezugspotenzial (z. B. L1 und N gegen PE).
- Differential Mode Störungen (bis einige 100 kHz) entstehen zwischen zwei Leitern (z. B. L und N).
- Die in den Netzfiltern verwendeten Kondensatoren werden unterschieden in
  - **X-Kondensatoren** ② und
  - **Y-Kondensatoren** ①.
- X-Kondensatoren sind zwischen die Außenleiteranschlüsse geschaltet (keine Gefährdung durch elektrischen Schlag im Fehlerfall).
- Y-Kondensatoren sind zwischen L bzw. N und Gehäuse geschaltet und verfügen über verstärkte Isolierung.
- Die Festlegung (Auswahl) eines geeigneten Netzfilters erfolgt u. a. nach den Kriterien
  - Einfügedämpfung,
  - Spannungs-/Strombelastbarkeit sowie
  - mechanische und klimatische Anforderungen.
- Bei **Einbau** von Netzfiltern ist auf eine großflächige und leitende Verbindung der Gehäuseoberfläche zum Bezugspotenzial zu achten.

**2-Leiter Filter**



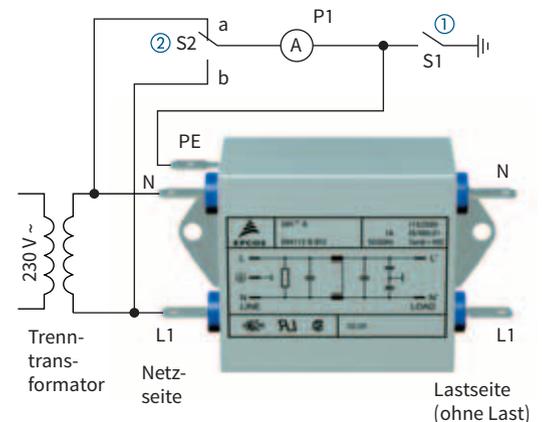
**Filter-Leckstromstärke**

- Die Filterleckstromstärke (leakage current) ist die im Datenblatt spezifizierte typische Stromstärke, die über den Erdungsanschluss (PE) fließt.
- Die Höhe ist abhängig vom Filtertyp.
- Sie entspricht **nicht** der **Maximalstromstärke**, die über den Erdungsanschluss fließen kann.
- Messverfahren:
  - Die Stromstärke wird bei geöffnetem Schalter S1 ① gemessen.
  - Die Messung erfolgt in den Schalterstellungen a und b von S2 ②.
- Der dabei gemessene höchste Wert entspricht der spezifizierten Leckstromstärke.
- Zu hohe Leckstromstärke kann zu RCD-Auslösung führen.

**Beispiel:** Schaltnetzteilfilter

Bemessungswchselspannung: 250 V  
 Bemessungswchselstrom: 10 A  
 Leckstrom: < 0,5 mA

**Messschaltung** zur Typprüfung oder Fehlersuche bei zu hohen Ableitstromstärken im PE-Leiter in der Anlage.



**Sicherheitshinweise:**

- In der Regel werden die Kondensatoren nach Spannungsabschaltung durch die integrierten Ableitwiderstände innerhalb von 5 s auf eine Spannung von 60 V (Ladungsmenge < 50 µC) entladen.

- Bei freiliegenden Leitern ist die **Entladezeit** auf 1 s festgelegt.
- Falls durch betriebliche Anforderungen diese Entladezeiten nicht eingehalten werden können, sind die **Gefahrenstellen** (Anschlüsse) dauerhaft zu kennzeichnen.

### Anwendung und Funktion

- Energiespeicher werden eingesetzt als
  - Erzeugungsanlage,
  - Netzersatzanlage,
  - variable Last oder
  - in kombinierter Form.
- Sie dienen zur
  - Lastoptimierung in Kundenanlagen (Optimierung des Eigenverbrauchs)
  - Vergleichmäßigung von Lastflüssen im Niederspannungsnetz (Lastmanagement)
  - Netzstützung (z. B. Einspeisung von Blindleistung)

### Betriebsarten

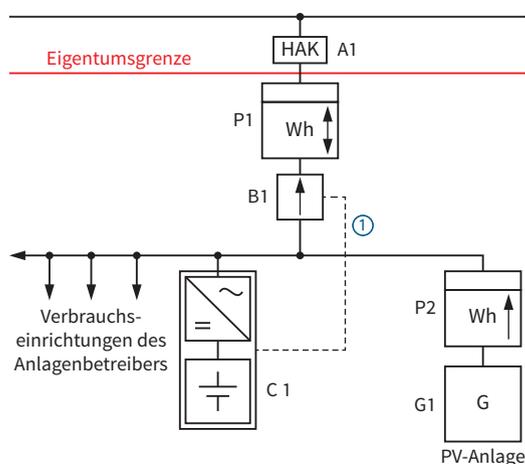
- Betriebsarten des Speichers können sein
  - **Energiebezug:**  
Speicher wird aus dem öffentlichen oder kundeneigenen Netz geladen.
  - **Energielieferung:**  
Speicher wird in das öffentliche Netz oder die kundeneigene Anlage entladen.
  - **Inselbetrieb:**  
Speicher ist vom öffentlichen Netz getrennt; Speicher wird aus dem kundeneigenen Netz geladen oder in das kundeneigene Netz entladen.

### Energiespeicherarten

Elektrisch	Chemisch/elektrochemisch	Mechanisch	Thermisch
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Superkondensatoren (elektrische Energie im elektrischen Feld)</li> <li>■ Supraleitende magnetische Speicher (elektrische Energie im magnetischen Feld)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Power-to-Gas-Anlagen (Umwandlung in Gas)</li> <li>■ Power-to-Liquid-Anlagen (Umwandlung in Kraftstoff)</li> <li>■ Batteriespeicher (elektro-chemische Energie in der Elektrode; Blei-Säure-Batterien, nickelbasierte Batterien)</li> <li>■ Lithium-Ionen-Batterien</li> <li>■ Redox-, Hybrid-Flow- Batteriespeicher (elektrochemische Energie im Elektrolyt)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Pumpspeicher (potenzielle Energie des Wassers)</li> <li>■ Druckluftspeicher (kinetische Energie des Gasdrucks)</li> <li>■ Schwungradspeicher (kinetische Energie der rotierenden Masse)</li> <li>■ Federn</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Sensible Wärmespeicher (thermische Energie in Teilchenbewegung)</li> <li>■ Latentspeicher (Enthalpie thermodynamischer Zustandsänderungen)</li> <li>■ Thermochemische Speicher (Wärmespeicherung durch endotherme Reaktion)</li> </ul>

### Speichersystem im Verbraucherpfad

**Beispiel:** Batteriespeicher mit Photovoltaik-Anlage



■ Das Speichersystem ist **nicht fest** mit der **EZA (Erzeugungsanlage)** gekoppelt

■ Speicher **ohne Lieferung** in das öffentliche Netz  
Der Speicher darf nicht entladen werden, wenn die Wirkleistung der PV-Anlage in das öffentliche Netz fließt.

A1: Netzzugangspunkt: Hausanschlusskasten (HAK)

P1: Zähler mit zwei Zählrichtungen (Leistungsbezug- und Leistungsabgabe)

B1: Sensor zur Ermittlung der **Energieflussrichtung (EnFluRi)**; technische Einrichtung zur Ermittlung der Energieflussrichtung, kommunikative Kopplung ① mit dem Speichersystem

P2: Zähler für Leistungsabgabe der Erzeugungsanlage

G1: Erzeugungsanlage (z. B. Photovoltaikanlage)

C1: Speichersystem mit Batteriespeicher und Wechselschalter

Pfeilrichtung in B1 zeigt an:  
Entladen in das Netz ist nicht zulässig.

**Hinweis:** Weitere Anschlussbeispiele siehe Druckschrift *Anschluss und Betrieb von Speichern am Niederspannungsnetz* / 2016 / Forum Netztechnik / Netzbetrieb im VDE (FNN)

### Schutz gegen Überspannungen

- PV-Anlagen werden als Aufdach-, Freiflächen- und Inselanlagen errichtet.
- Sie müssen durch Blitzschutz-Potenzialausgleich zwischen den verschiedenen Systemen geschützt werden (DIN EN).
- Der Potenzialausgleich wird hergestellt durch die Verbindung aller
  - Metallteile der Gebäude,
  - Metallrohre und
  - Leitungen (Energie und Daten).
- Verschleppung von Überspannungen muss durch einen **Trennungsabstand** zwischen PV- und Blitzschutzanlage verhindert werden.
- Einen weiteren Schutz gegen Überspannungen bieten **Überspannungsschutzgeräte**, die je nach Anlage unterschiedlich eingesetzt werden (siehe Darstellungen).

### Anlage ohne Blitzschutz

- Liegen Gebäude bzw. deren PV-Anlagen nicht in erhöhten Lagen und ist **kein äußerer Blitzschutz** vorhanden, wird der **Potenzialausgleich** wie folgt erreicht:
- Alle metallenen Teile der PV-Anlage wie
    - Metallgestelle und
    - Modulrahmen
 mit der Potenzialausgleichsschiene verbinden.
  - **Schutzring** vom Überspannungsschutzgerät des Generatoranschlusskastens (GAK) über die Potenzialausgleichsschienen und zur Haupterdungsschiene (HES) durchführen.
  - Leiterquerschnitt aller Potenzialausgleichsleitungen  $q \geq 6 \text{ mm}^2$  (Cu).
  - HES über **Potenzialausgleichsleitung** mit Fundamenterder verbinden.

### Überspannungsschutzgeräte

Einsatz der Geräte an verschiedenen Stellen in folgenden Anlagen:

- **ohne Blitzschutz** bei PV-Anlagen auf niedrigen Gebäuden
- **mit getrenntem Potenzialausgleich** bei großen Dachflächen und großem Trennungsabstand
- **mit gemeinsamen Potenzialausgleich** bei kleinen Dachflächen und kleinem Trennungsabstand

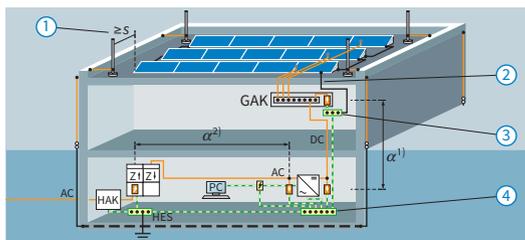
### Begriffe

- Schutzerdung:** Verbindung aller berührbaren Metallteile außerhalb des Betriebsstromkreises mit der HES und Erde. **Sicherheit der Anlage** damit hergestellt.
- Funktionserdung:** Verhinderung von Störströmen zwischen den Anlagenteilen. **Störungsfreier Betrieb** der Anlage damit gewährleistet.

### Anlagen mit Blitzschutz

#### Getrennter Blitzschutz-Potenzialausgleich

Beispiel: Gebäude mit **großer Dachfläche**:



Großer Abstand zwischen PV-Anlage und den Fangspitzen der Blitzschutzanlage

- Einhaltung des Trennungsabstands  $s$  ①
- Verhinderung der Funkenbildung bei Blitzschlag auf die PV-Anlage

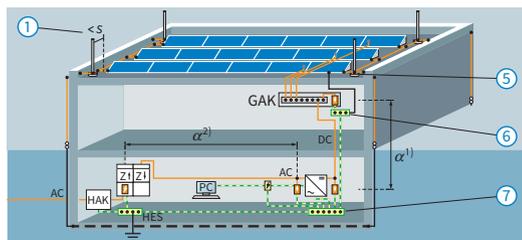
Herstellung des **Potenzialausgleichs**:

- Alle metallenen Teile der PV-Anlage ② über die Potenzialausgleichsschienen ③ und ④ mit HES verbinden, damit wird die **Funktionserdung** hergestellt.
  - Leiterquerschnitt:  $q \geq 6 \text{ mm}^2$  (Cu).
- Fangeinrichtung der Blitzschutzanlage über Ableitungen mit dem Fundamenterder (HES) verbinden,
  - Querschnitt der Ableitungen:  $q \geq 16 \text{ mm}^2$  (Cu).
- HES über **Potenzialausgleichsleitung** mit Fundamenterder verbinden.

1) Abstand  $\alpha > 10 \text{ m}$ , als Schutz zum PV-Generator

#### Gemeinsamer Blitzschutz-Potenzialausgleich

Beispiel: Gebäude mit **kleiner Dachfläche**:



Kleiner Abstand zwischen PV-Anlage und den Fangspitzen der Blitzschutzanlage

- Keine Einhaltung des Trennungsabstands  $s$  ①
- Keine Verhinderung der Funkenbildung bei Blitzschlag auf die PV-Anlage

Herstellung des **Potenzialausgleichs**:

- Alle metallenen Teile der PV-Anlage auf dem Dach mit der Blitzschutzanlage verbinden.
- Über Ableitungen ⑤ Verbindung mit dem Fundamenterder herstellen.
- Metallrahmen der PV-Module über Potenzialausgleichsleitungen und -ausgleichsschienen ⑥ und ⑦ mit HES verbinden.
  - Leiterquerschnitt:  $q \geq 16 \text{ mm}^2$  (Cu) oder  $q \geq 25 \text{ mm}^2$  (Al)
- HES über **Potenzialausgleichsleitung** mit Fundamenterder verbinden.

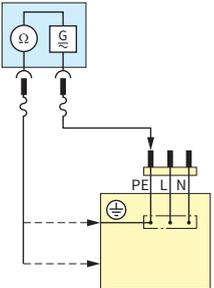
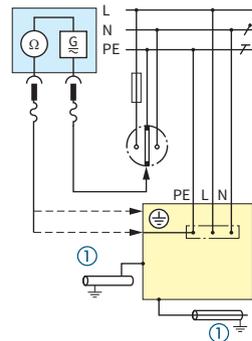
2) Abstand  $\alpha > 10 \text{ m}$ , als Schutz zum PV-Wechselrichter

### Prüfungen

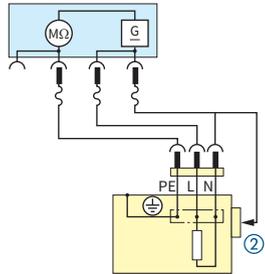
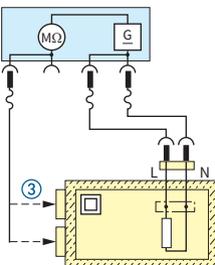
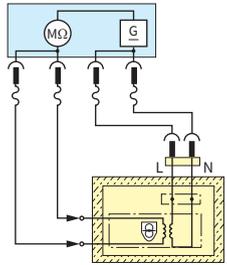
Folgende **Prüfberichte** sind laut DIN EN 62446 für PV-Anlagen erforderlich:

- Zur netzgekoppelten PV-Anlage
- Besichtigung der PV-Anlage, Teil a) und b)
- Elektrische Prüfung des PV-Generators
- Elektrische Prüfung der AC-Seite der PV-Anlage

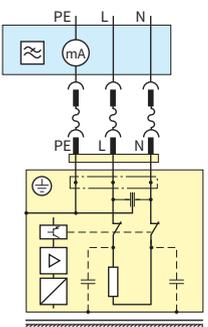
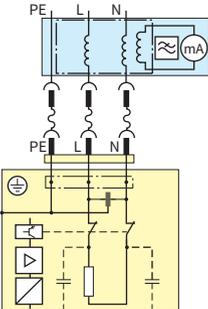
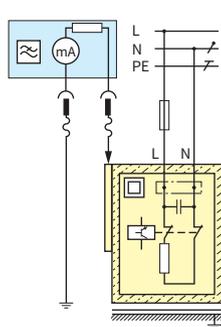
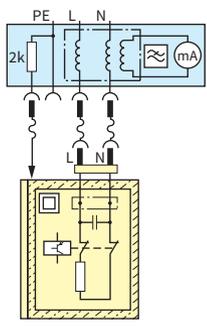
**Schutzleiterwiderstand**

Direkte Messung	Externer Messpunkt	
 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Prüfling muss außer Betrieb genommen und vom Netzanschluss getrennt werden.</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Prüfling ist fest angeschlossen oder kann nicht außer Betrieb genommen werden.</li> <li>■ Als Zugang zum Schutzleiter ist ein Messpunkt zu suchen, z. B. benachbarte Steckdose.</li> <li>■ Achtung!                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- Parallele Erdverbindungen können das Messergebnis beeinflussen (z. B. Schirm von Datenleitungen, Wasserrohre) (1)</li> </ul> </li> <li>■ Im Extremfall können parallele Erdverbindungen einen Schutzleiter vortäuschen, obwohl dieser fehlt bzw. defekt ist.</li> </ul>	
<p>Messspannung: AC oder DC, <math>U_0 = 4 \text{ V} \dots 24 \text{ V}</math>; Messstromstärke: min. 0,2 A</p>		

**Isolationswiderstand**

Mit Schutzleiter	Ohne Schutzleiter	Nachweis sicherer Trennung
 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Messung zwischen PE und aktiven Leitern.</li> <li>■ Zusätzlich leitfähige Teile abtasten, die nicht mit dem Schutzleiter verbunden sind (2).</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Berührbare, leitfähige Teile werden mit Prüfsonde abgetastet (3).</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Isolationswiderstand zwischen Primär-/Sekundärseite gewährleistet die sichere Trennung (Sicherheitskleinspannung)</li> </ul>

**Schutzleiter-/Berührungsstrom**

Schutzleiterstrom		Berührungsstrom	
Direktes Messverfahren	Differenzstromverfahren	Direktes Messverfahren	Differenzstromverfahren
 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Gerät muss isoliert zum Erdpotential stehen.</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Bei Festanschluss kann die Messung auch mit Strommesszange erfolgen.</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Gerät muss isoliert zum Erdpotential stehen.</li> </ul>	

**Unterscheidungsmerkmale**

- Steckverbinder werden nach folgenden Merkmalen unterschieden:
  - Bemessungsspannung
  - Bemessungsstromstärke
  - Frequenz
  - Schutzart
  - Kontaktanzahl
  - Lage des Schutzkontaktes
  - Klemm- bzw. Schraubanschlüsse



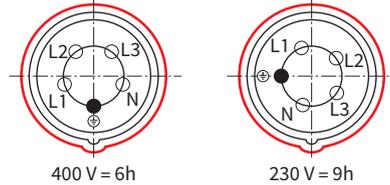
**Gehäusekennfarben**

Kennfarbe	Bemessungsspannung
lila	20 V ... 25 V
weiß	40 V ... 50 V
gelb	100 V ... 130 V
blau	200 V ... 250 V
rot	380 V ... 480 V
schwarz	500 V ... 690 V
grün	für Stecker und Buchsen mit einer Frequenz größer 60 Hz bis maximal 500 Hz
grau	für Sonderfälle, bei denen eine passende Farbuordnung fehlt

**Position des Schutzleiterkontaktes**

- Durch die Lage des Schutzleiterkontaktes wird sichergestellt, dass nur der Stecker eines bestimmten Typs in die Steckdose desselben Typs passt.
- Die Angabe erfolgt in Form einer Uhrzeit (z. B. 6h), d. h. der Schutzleiterkontakt befindet sich an der 6-Uhr-Position auf einem Ziffernblatt.
- Diese Festlegung in Verbindung mit der Farbe und den elektrischen Betriebswerten verhindern eine Verwechslung der Stecksysteme.

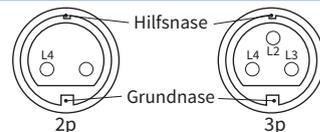
**Beispiel:** Ansicht Vorderseite der Steckdose



Lage des Schutzleiterkontaktes	Anzahl der Kontakte		
	2P + PE	3P + PE	3P + N + PE
1 h	1)	1)	1)
2 h	> 50 V; 16/32 A 300 ... 500 Hz	> 50 V; 16/32 A 300 ... 500 Hz	> 50 V; 16/32 A 300 ... 500 Hz
3 h	> 50 ... 250 V	380 V, 16 A/32 A, 50 Hz 440 V, 16 A/32 A, 60 Hz	220/380 V, 16 A/32 A, 50 Hz 250/440 V, 16 A/32 A, 60 Hz
4 h	100 ... 130 V, 50/60 Hz	100 ... 130 V, 50/60 Hz	57/100 ... 75 V / 130 V, 50/60 Hz
5 h	1)	600 ... 690 V, 50/60 Hz	347/600 ... 400 V/690 V, 50/60 Hz
6 h	200 ... 250 V, 50 ... 60 Hz	380 ... 415 V, 50/60 Hz	200/346 ... 240V/415V, 50/60 Hz
7 h	480 ... 500 V, 50 ... 60 Hz	480 ... 500 V, 50/60 Hz	277/480 ... 288 V/500 V, 50/60 Hz
8 h	> 250 V	1)	1)
9 h	380 ... 415 V, 50 ... 60 Hz	200 ... 250 V, 50/60 Hz	120/208 ... 144 V/250 V, 50/60 Hz
10 h	1)	> 50 V, 16/32 A; 100 ... 300 Hz	1)
11 h	1)	440 ... 460 V, 60 Hz	250/400 ... 265 V/460 V, 60 Hz
12 h	Ausgang eines Trenntransformators U > 50 V	1)	1)

1) Lage des Schutzleiterkontaktes ist nicht genormt (frei für Sonderanwendungen).

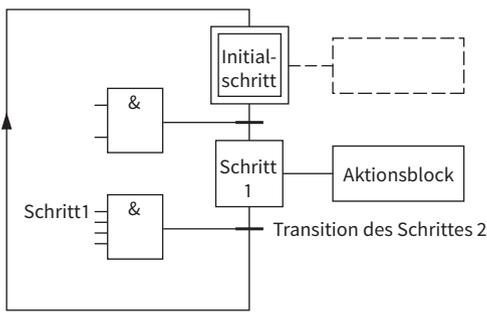
- Steckverbinder für Bemessungsspannungen ≤ 50 V besitzen keinen Schutzleiterkontakt. Zur Unterscheidung hat der Steckverbinder eine Hilfsnase. Hier entspricht die Hilfsnase der Uhrzeitstellung (z. B. 12 h).



### Prinzipien

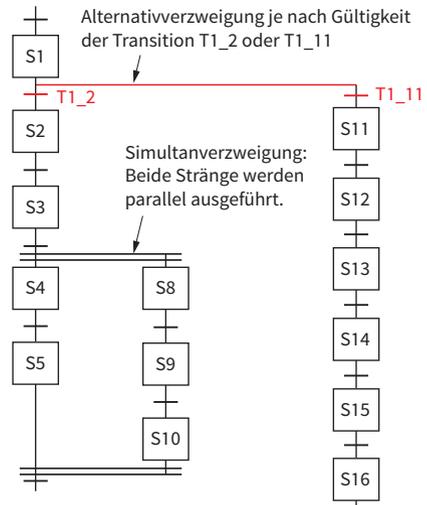
- Ein Prozess kann mit Hilfe einer Ablaufsteuerung beschrieben werden, wenn dessen Ablauf als eine Abfolge eindeutiger Zustände beschrieben werden kann.
- In der Ablaufsteuerung ist definiert, wann ein bestimmter Zustand auftritt, welche Folgezustände es gibt und wodurch sie ausgelöst werden.
- Die Ablaufsteuerung kann durch **GRAF CET** (**GRA**phe **F**onctionnel de **C**ommande **E**tape **T**ransition) unabhängig von der verwendeten SPS und der Programmiersoftware dargestellt werden.
- Die Programmierung einer **Ablaufsteuerung** erfolgt nach DIN EN 61131-3 in der Ablaufsprache (AS) oder in S7-Graph (Step 7).
- Die Abfolge der Prozessschritte wird in einer **Schritt**kette beschrieben. Der Initialschritt kennzeichnet den Startpunkt.
- Die Wechseltbedingungen zwischen den Schritten werden als **Transitionen** bezeichnet.
- Die Eigenschaften der Aktionen eines Schrittes werden im **Aktionsblock** beschrieben.

#### Beispiel:



### Ablaufsteuerungsarten

- Es wird zwischen zwei Arten der Ablaufsteuerung unterschieden:
  - Zeitgeführte Ablaufsteuerung**  
Die abzuarbeitenden Schritte werden nur von der Zeit gesteuert.
  - Prozessgeführte Ablaufsteuerung**  
Die Wechseltung zwischen den Schritten wird von den Zuständen der SPS beeinflusst.
- Die Programmstruktur der Abläufe kann linear, verzweigt oder als Schleife programmiert werden.
- Bei der **linearen Struktur** ist immer nur ein Schritt aktiv.
- Die **verzweigte Ablaufsteuerung** kann als Simultanverzweigung (mehrere parallele Schritte sind aktiv) oder als Alternativverzweigung (nur ein Schritt von mehreren Alternativen ist aktiv) vorkommen.



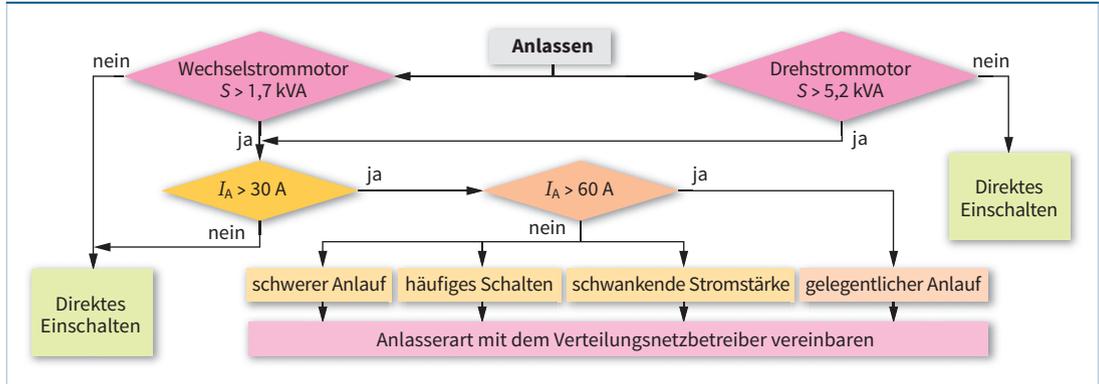
### Betriebsarten einer Steuerung

- Betriebsarten definieren die Art und den Umfang, in der das Bedienpersonal in ein Steuerungssystem eingreift bzw. Rückmeldung aus der Anlage erhält.
- Die gewünschte Betriebsart wird über Bedienpanels, Wahlschalter oder Taster eingestellt.
- Die für die Realisierung der Betriebsarten erforderlichen Bedingungen und Verriegelungen werden in einem eigenen Betriebsartenteil programmiert.

#### Betriebsarten

Bezeichnung	Merkmal	Bezeichnung	Merkmal
Automatik	Der Steuerungsablauf arbeitet programmgemäß ohne Eingriff des Bedienpersonals. Der Startbefehl erfolgt z. B. über einen Taster.	Einrichtung	Die Stellglieder werden einzeln durch das Einrichtungspersonal unter Umgehung vorhandener Verriegelungen gesteuert.
Teilautomatik	Nur Teile des Steuerungsablaufes arbeiten selbsttätig ohne Eingriff des Bedienpersonals. Nachfolgende Schritte müssen von Hand gestartet werden.	Schritt setzen	Die Schrittfolge innerhalb einer Ablaufsteuerung kann durch das Bedienpersonal auf einen beliebigen Schritt gesetzt werden.
Hand	Der Steuerungsablauf arbeitet nur durch den Eingriff des Bedienpersonals unter Berücksichtigung etwaiger Verriegelungen.	Tippen	Die Wechseltung der Ablaufsteuerung in den folgenden Schritt wird durch das Bedienpersonal ausgelöst, z. B. über einen Taster.

**Bedingungen zum Anlassen**



**Anlassverfahren für Drehstrommotoren**

Motorarten	Anwendungen	Anlassarten	Schaltungen	Eigenschaften
Kurzschlussläufermotor	Normaler Anlauf	Stern-Dreieck-Schaltung		$I_{AY} = \frac{1}{3} \cdot I_{A\Delta}$ $M_{AY} = \frac{1}{3} \cdot M_{A\Delta}$ <p>Einstellstromstärke = <math>0,58 \cdot I_n</math></p>
	Überlanger Anlauf			
	Schwerer Anlauf			$I_{AY} = \frac{1}{3} \cdot I_{A\Delta}$ $M_{AY} = \frac{1}{3} \cdot M_{A\Delta}$ <p>Einstellstromstärke = <math>I_n</math></p>
	Hochspannungsmotoren	Anlasstransformator		$I_A \sim U$ $M_A \sim U^2$ <p>relativ teuer</p>
	Füllanlagen, Textilindustrie, Verpackungsanlagen, Automatisierung	Sanftanlauf		$I_A$ bzw. $M_A$ werden elektronisch durch Umrichter eingestellt.
	Maschinen mit hohem Anlaufdrehmoment, z. B. Aufzug	Frequenzumformer		$U$ und $f$ werden elektronisch gesteuert
Schleifringläufermotor	Große Werkzeugmaschinen, Pumpen, Hebezeuge	Läuferanlasser		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Niedrige Anlaufstromstärke,</li> <li>- hohes Anlaufdrehmoment,</li> <li>- Drehzahlsteuerung mit den Widerständen möglich</li> </ul>

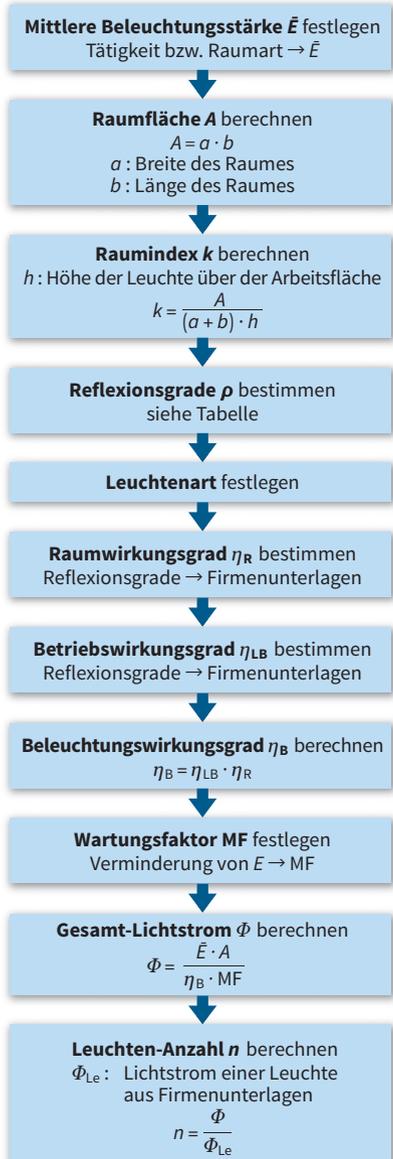
### Anforderungen

- **Bemessungs-Beleuchtungsstärke  $E_n$**  für Räume bzw. Tätigkeiten festgelegt in DIN EN 12464-1
- **Mittlere Beleuchtungsstärke  $\bar{E}$**   $\bar{E} > 0,8 \cdot E_n$
- **Tatsächliche Beleuchtungsstärke  $E$**   $E > 0,6 \cdot E_n$  an allen Punkten im Raum
- **Wartungsfaktor MF** (Maintenance Factor) ist das Verhältnis der Beleuchtungsstärke nach dem Wartungsintervall zur Beleuchtungsstärke am Anfang. Dadurch wird die Alterung und die Verschmutzung berücksichtigt.
- **Reflexionsgrad  $\rho$**  so wählen, dass  $L_{\text{Arbeitsfeld}} \leq L_{\text{Umgebung}}$

Minderung von $E$	Wartungsfaktor MF
kaum	0,80
normal	0,67
erhöht	0,57
stark	0,50

### Berechnung der Leuchten-Anzahl

Wirkungsgrad-Methode



### Reflexionsgrade

Farbe bzw. Material	$\rho$ in %	Material	$\rho$ in %
weiß	70...80	Stahl, poliert	55...65
hellgelb	55...65	Schallschluckdecke, weiß	50...65
hellgrün rosa	45...50	Aluminium, matt	55...60
himmelblau hellgrau	40...45	Ahorn Birke	50...60
beige olivgrün	25...35	Messing, poliert	60
orange mittelgau	20...25	Beton, hell	30...50
dunkelgrün dunkelgrau dunkelrot	10...15	Mörtel, hell	35...55
dunkelgrau	10...15	Sandstein, hell	30...40
schwarz	4	Ziegel, hell	30...40
Silberspiegel	80...90	Eiche, hell	30...40
Lack, weiß, Aluminium, eloxiert	80...85	Mörtel, dunkel	20...30
Emaille, weiß	75...85	Ziegel, dunkel Sandstein, dunkel Granit Beton, dunkel	15...25
Aluminium, poliert	65...75	Nussbaum	15...20
Zeichenkarton	70...75	Teerdecke	8...15
Marmor, weiß Chrom, poliert	60...70	Klarglas	6...10
		Samt, schwarz	2...4

#### Hinweis:

Leuchtenhersteller bieten Programme zur Berechnung der Leuchtenanzahl an. Nach Eingabe der Daten, z. B. Beleuchtungsstärke und Raumgeometrie wird neben der Anzahl der Leuchten auch die Lichtstärkeverteilung ermittelt.

|ABB Automation GmbH, Friedberg: 310. |ABB STOTZ-KONTAKT GmbH, Heidelberg: 94, 207. |AMSYS GmbH & Co. KG, Mainz: 132.2. |Apollo Fire Detectors Limited, Havant/Hampshire: 404. |Bachofen AG, Uster: 144, 145.2, 145.3, 145.4, 150, 308, 348. |boje5 Grafik & Werbung, Braunschweig: Titel. |Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (ETEM), Köln: 428. |BSD GmbH, Großröhrsdorf: 192. |Dätwyler Cables GmbH, Hattersheim: 403, 406. |Deca s.p.a., Rovereta/Repubblica di San Marino: 200. |DEHN + SÖHNE GmbH + Co. KG., Neumarkt i.d.OPf.: 108, 109, 191.2, 191.3, 397.1, 397.2, 409. |Deutronic Electronic GmbH, Adlkofen: 212.3. |Druwe & Polastri, Cremlingen/Weddel: 54.1. |Dzieia, Michael Dr., Darmstadt-Arheilgen: 95. |E-T-A Elektrotechnische Apparate GmbH, Altdorf: 100. |Eaton Industries GmbH, Bonn: 126, 330.1. |ebm-papst Landshut GmbH, Landshut: 351. |EKF Elektronik GmbH, Hamm: 169. |Electrolux Hausgeräte Vertriebs GmbH, Nürnberg: 240.1. |Emile Egger & Cie SA, Cressier NE: 352.1. |EnOcean GmbH, Oberhaching: 137.4, 137.5, 137.6. |EPA GmbH, Bruchköbel: 346.3, 346.4. |EPCOS AG, München: A TDK Group Company 2017 346.1, 346.2. |EXFO inc., Québec: 414. |Festo AG & Co. KG, Esslingen: 145.1. |fotolia.com, New York: cengeratila 3; chones 389.1; kevma20 162; photo 5000 93.1. |GAMMA-SCOUT GmbH & Co. KG, Schriesheim: 460.2. |GMC-I Service GmbH, Nürnberg: 106. |Gustav Hensel GmbH & Co. KG, Lennestadt: 92.1, 191.1. |Gustav Klauke GmbH, Remscheid: 262. |Hager Vertriebsgesellschaft mbH und Co. KG, Blieskastel: 92.4, 97. |Helukabel GmbH, Hemmingen: 82, 84, 85. |Hilti Deutschland GmbH, Kaufering: 259. |Hübscher, Heinrich, Lüneburg: 160, 271, 294. |Hymer-Leichtmetallbau GmbH & Co. KG, Wangen im Allgäu: 456. |iGuzzini illuminazione Deutschland GmbH, Planegg: 388.1. |INELTA Sensorsysteme GmbH & Co., Ottobrunn: Michael Fiala 133. |Infineon Technologies AG, Neubiberg: 58.1, 58.2. |iStockphoto.com, Calgary: Asian 365. |KAISER GmbH & Co. KG, Schalksmühle: 92.2, 92.3. |Keller AG für Druckmesstechnik, Jestetten: 132.1. |Kistler Instrumente GmbH, Sindelfingen: 244. |Klaus Faber AG, Saarbrücken: 86. |L-com Global Connectivity, North Andover: 301. |lanz oensingen ag, Oensingen: 364. |Lithos, Wolfenbüttel: Grafiken. |Luxerna LED Lighting GmbH, Kleve: 388.2. |Marley Werke GmbH, Wunstorf: 93.3. |Medtronic GmbH, Meerbusch: 539. |Michalke, Norbert, Berlin: 54.2. |Mirion Technologies (Rados) GmbH, Hamburg: 460.1. |NETZSCH Pumpen & Systeme GmbH, Waldkraiburg: 352.2. |OBO BETTERMANN GmbH & Co. KG, Menden: 92.7, 92.8, 93.2. |Osram AG, München: 374. |PeakTech Prüf- und Messtechnik GmbH, Ahrensburg: 212.1. |Petersen, Sebastian, Helmstedt: 388.3, 388.4. |PHOENIX CONTACT GmbH & Co. KG, Blomberg: 397.3. |Plattform Industrie 4.0, Berlin: Anna Salari 448. |PULS GmbH, München: 212.2. |Rittal GmbH & Co. KG, Herborn: 92.8, 92.9. |Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG, München: 235. |Schneider-Albert, Gabriela, Troisdorf: 48. |Sick AG, Waldkirch: 135. |Siemens AG, München 2017, Alle Rechte vorbehalten: 99, 113, 137.1, 137.2, 137.3. 189, 199, 296, 330.2, 330.3, 330.4; |Sony Deutschland, Berlin: 375. |Stemmer Imaging GmbH, Puchheim: 140. |stock.adobe.com, Dublin: Wandruschka, Olaf 452. |Telekom Deutschland GmbH, Bonn: 355. |Thermo Fisher Scientific Messtechnik GmbH, Erlangen: 460.3, 460.4. |TR-Electronic GmbH, Trossingen: 138. |TRILUX GmbH & Co. KG, Arnsberg: 92.5. |WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG, Minden: 264. |Wenglor Sensoric GmbH, Tettngang: 136. |wikimedia.commons: EVB Energie AG 240.2. |Gira Giersiepen GmbH & Co. KG, Radevormwald: 389.2.