

## 4 Errichtung von Steuerstromkreisen

### 4.1 Leiterquerschnitte

Bei Steuerstromkreisen entsprechend DIN VDE 0100-557 muss jeder Leiter einen Mindestquerschnitt von  $0,5 \text{ mm}^2$  haben. Dabei ist es gleichgültig, ob es sich um ein- oder zweidrähtige Leitungen handelt. Auch bei ein- bzw. zweiadrigen geschirmten Leitungen ist dieser Mindestquerschnitt gefordert. Ausgenommen davon sind geschirmte Mehraderleitungen, diese Leitungen dürfen einen Mindestquerschnitt von  $0,1 \text{ mm}^2$  haben, siehe **Tabelle 4.1**.

Anwendung	Mindestquerschnitte in $\text{mm}^2$ (Cu)					
	einadrig		zweiadrig		mehradrig	
	ein-drähtig	mehr-drähtig	nicht abgeschirmt	abgeschirmt	nicht abgeschirmt	abgeschirmt
Steuerstromkreise	0,5	0,5	0,5	0,5	0,1	0,1
Datenübertragung	–	–	–	–	–	0,1

**Tabelle 4.1** Mindestquerschnitte nach DIN VDE 0100-557

Bei Leitungen für Steuerstromkreise von Maschinen, müssen abhängig vom Einbauort andere Querschnitte gewählt werden, siehe **Tabelle 4.2**.

Anwendung	Einbauort	Mindestquerschnitte in $\text{mm}^2$ (Cu)				
		einadrig		mehradrig		
		massiv (Klasse 1 oder 2)	flexibel (Klasse 5 oder 6)	zweiadrig		drei- und mehrdrähtig
				nicht abgeschirmt	abgeschirmt	nicht abgeschirmt oder abgeschirmt
Steuerstromkreise	<b>außerhalb</b> geschützter Gehäuse	1,0	1,0	0,5	0,2	0,2
Datenübertragung		–	–	–	–	0,08
Steuerstromkreise	<b>innerhalb</b> geschützter Gehäuse	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Datenübertragung		–	–	–	–	0,08

**Tabelle 4.2** Mindestquerschnitte nach DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1)

Leiter der Klasse 1 und 2 dürfen nur für feste (fixierte) Installationen verwendet werden. Verbindungen, die während des Betriebs einer Bewegung ausgesetzt sind, müssen Klasse 5 oder 6 entsprechen. Die Anforderungen für (Leiter-)Klassen sind in der DIN EN 60228 (VDE 0295) [19] festgelegt, siehe **Tabelle 4.3**.

(Leiter-)Klasse	Aufbau	Eigenschaften	Beispiele
1	eindrätig, massiv	Leiterquerschnitt ist auf 25 mm <sup>2</sup> begrenzt	eindrätiger Kupferleiter müssen rund sein
2	mehrdrätig	<b>Anzahl</b> der Einzeldrähte ist abhängig vom Gesamtquerschnitt eines Leiters	bei 1,5 mm <sup>2</sup> muss der Leiter aus mindestens sieben Drähten bestehen
3	nicht besetzt	–	–
4	nicht besetzt	–	–
5	feindrätig	<b>Querschnitt</b> der Einzeldrähte ist abhängig vom Gesamtquerschnitt	bei 25 mm <sup>2</sup> muss der Durchmesser des Einzeldrahts ≤ 0,41 mm sein
6	feinstdrätig	<b>Querschnitt</b> der Einzeldrähte ist abhängig vom Gesamtquerschnitt und kleiner als bei Klasse-5-Leitungen	bei 25 mm <sup>2</sup> muss der Durchmesser des Einzeldrahts ≤ 0,21 mm sein

**Tabelle 4.3** Eigenschaften von Leitern nach (Leiter-)Klasse

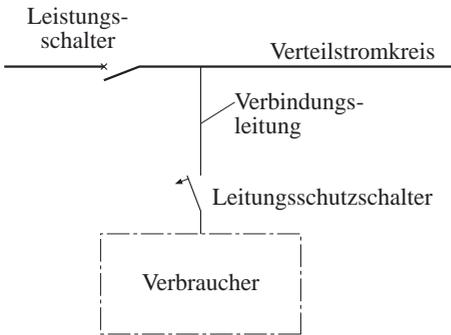
Werden Leitungen von Steuerstromkreisen einer mechanischen Beanspruchung wie Schlag, Eindringen oder Druck ausgesetzt, müssen ggf. größere Querschnitte und/oder zusätzliche mechanische Schutzmaßnahmen vorgesehen werden.

Bei der Schaltschrankverdrahtung von Schaltgerätekombinationen werden in der Regel flexible Leiter mit einem Querschnitt von 0,75 mm<sup>2</sup> gemäß dem Maximalwert für Steuerstromkreise entsprechend DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1):2019-06, Tabelle 6 verwendet. Bei diesem Querschnitt braucht der Strombelag nicht bewertet werden, da Steuerstromkreise niedrige Ströme aufweisen. Auch die Leiterhäufung innerhalb von Kabelkanälen führt deshalb auch nicht zu einer Querschnittserhöhung. Für Steuerleitungen, die aus einem Gehäuse herausgeführt werden, müssen Anschlussklemmen oder Stecker-/Steckdosenkombinationen vorgesehen werden. Ausgenommen davon sind Leitungen von Messstromkreisen.

Die Zuleitung zu einer Hängesteuertafel darf nicht das Gewicht der Hängesteuertafel tragen, es sei denn, die Leitung ist speziell für diesen Zweck hergestellt.

## 4.2 Kurzschlussfeste Verdrahtung

Die Verbindungsleitung zwischen in Reihe geschalteten Überstromschutzeinrichtungen mit unterschiedlichen Auslösekennlinien ist eine empfindliche Stelle, siehe **Bild 4.1**. Da die nachgeschaltete Überstromschutzeinrichtung entsprechend dem Strombedarf auf der Verbraucherseite dimensioniert ist, sind die Auslösewerte in der Regel kleiner als die Auslösewerte der vorschalteten Überstromschutzeinrichtung (Verteilerstromkreis). Auch die Größe der Anschlussklemmen nachgeschalteter Überstromschutzeinrichtungen sind meistens nur für kleinere Leiterquerschnitte geeignet als bei den vorgeschalteten Schutzeinrichtungen. Damit kann der Querschnitt der Verbindungsleitung zwischen den Überstromschutzeinrichtungen nur annähernd so groß gewählt werden, wie der Querschnitt der Leitung auf der Verbraucherseite.



**Bild 4.1** Verbindungsleitung zwischen zwei Überstromschutzeinrichtungen

Als Extrembeispiel ist der Anschluss der Verbindungsleitung an einen Schienenverteiler. Eine Kupferschiene kann nicht an einen 10-A-Leitungsschutzschalter angeschlossen werden. Dies bedeutet, dass eine übergeordnete Überstromschutzeinrichtung (Netzseite) bei einem Kurzschluss für die Verbindungsleitung keinen Schutz darstellt.

Normalerweise muss ein Kurzschlusschutz an der Stelle vorgesehen werden, an der der Leiterquerschnitt reduziert wird [20]. Doch für die Verbindung zwischen dem Verteilerstromkreis und der nachgeschalteten Überstromschutzeinrichtung gibt es eine Ausnahme, bei der bestimmte Bedingungen beachtet werden müssen. Diese sind im Einzelnen:

- keine Abzweige oder Steckdosen,
- nicht länger als 3 m,
- erdschluss- und kurzschluss sichere Verlegung,
- nicht in der Nähe von brennbarem Material.

Eine erdschluss- und kurzschluss sichere Verlegung bedeutet, dass die betreffende Leitung so verlegt wird (auch innerhalb eines Schaltschranks), dass keine mechanische Belastung auftreten kann. Dies kann erreicht werden, wenn solche Leitungen separat in einem eigenen Kabelkanal über seine gesamte Länge verlegt werden. Beim Anschluss an einen Außenleiter eines Schienensystems muss darauf geachtet werden, dass die Isolierung dieser Verbindungsleitung nicht in Kontakt mit anderen Außenleitern des Stromschienensystems kommt.

Alternativ zur geschützten Verlegung bietet der Markt kurzschluss- und erdschluss-sichere Hochspannungsleitungen an (NSGAFöu), die über eine flammwidrige Isolierung verfügen, siehe **Bild 4.2**. Diese Leitungen sind für solche Verbindungsleitungen (bis 1 kV) bestens geeignet, bedürfen keiner besonderen geschützten Verlegung und können z. B. bei einer Schaltgerätekombination in einem Schaltschrank mit anderen Leitungen sogar gemeinsam in einem Kabelkanal verlegt werden.



**Bild 4.2** Kurzschlussfeste Leitung (Fa. Lapp)

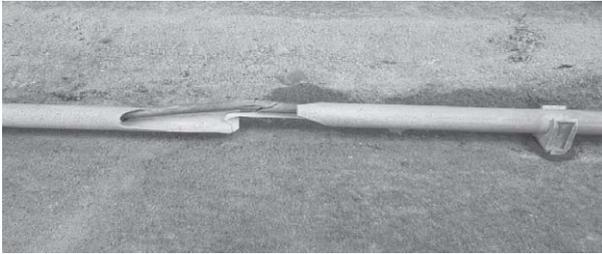
Ein moderner Anschluss einer Überstromschutzeinrichtung für Endstromkreise an einen Stromschienenverteiler, ist die direkte Montage der Überstromschutzeinrichtung an solch einen Stromschienenverteiler. Bei dieser Lösung gibt es keine ungeschützte Verbindungsleitung und die Lösung ist in der Regel typgeprüft, d. h. eine Kurzschlussprüfung ist nachgewiesen, siehe **Bild 4.3**.



**Bild 4.3** Sammelschienen mit direkt angebauten Überstromschutzeinrichtungen (Fa. Rittal)

### 4.3 Schutz gegen ultraviolette Strahlungen (UV)

PVC- Mantelleitungen sind auch für die Verlegung im Freien geeignet, sofern sie vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt sind. Der UV-Lichtanteil des Sonnenlichts lässt den Weichmacher im PVC-Mantel verdampfen (Alterung der Isolierung), wodurch die Mantelisolierung spröde und zerbrechlich wird.



**Bild 4.4** Schäden bei mechanischer Beanspruchung einer UV-Licht-geschädigten Leitung und Installationsrohrs

### 4.4 Gemeinsame Verlegung von Haupt- und Steuerstromkreisen

Entsprechend DIN VDE 0100-520:2013-06, Abschnitt 521.7 dürfen mehrere Leiter (von unterschiedlichen) Stromkreisen gemeinsam in einer Leitung verlegt werden, wenn die Isolierung alle Leiter für die höchste vorkommende Bemessungsspannung isoliert ist.

Dies bedeutet auch, dass Leiter von Steuerstromkreisen gemeinsam mit Leitern von Hauptstromkreisen verlegt werden dürfen, z. B. in einem Kabelkanal, wenn die Isolation aller Leiter für die höchstvorkommende Bemessungsspannung isoliert sind. In der Regel ist die Bemessungsspannung des Hauptstromkreises die höhere.

### 4.5 Errichten von Bus-Leitungen

Bei Systemleitungen von Bus-Systemen ist die Spannungsfestigkeit häufig nicht ausreichend. Solche Leitungen dürfen dann z. B. nicht gemeinsam mit Leitern mit einer höheren Bemessungsspannung gemeinsam in einem Kabelkanal verlegt werden.

## 4.5.1 KNX-Stromkreise

Das KNX-System ist ein von europäischen Herstellern entwickelter Standard eines Bus-Systems für die Gebäudeautomatisierung.

Beim KNX-Bus-System ist die Versorgungsspannung grundsätzlich eine Gleichspannung und ist auf  $SELV \leq 30 \text{ V}$  (ungeerdet) begrenzt (KNX Association [21]).

Die Stromversorgung für ein KNX-System muss als Schutzmaßnahme zum Schutz gegen elektrischen Schlag mit einer Schutzkleinspannung SELV (ungeerdet) vorgesehen werden. Bei der Errichtung von SELV-Stromkreisen muss entsprechend DIN VDE 0100-410:2018-10, Abschnitt 414.1.1 zwischen SELV-Stromkreisen und allen anderen Stromkreisen, die nicht SELV-Stromkreise sind, eine **sichere Trennung** vorgesehen werden.

Eine sichere Trennung kann durch eine doppelte oder verstärkte Isolierung oder durch räumliche Trennung erreicht werden (DIN VDE 0100-410:2018-10, Abschnitt 414.4.1).

### Leitungstypen

Für die Errichtung von KNX-Bus-Systemen werden folgende Leitungstypen von der KNX Association empfohlen, siehe **Tabelle 4.4** und **Tabelle 4.5**. Wobei die YCYM-Leitung eine KNX-spezifizierte Leitung ist und die J-Y(St)Y-Leitung der DIN VDE 0815 entspricht.

KNX-Bus-Leitungen vom Typ YCYM oder J-Y(St)Y werden in der Regel in Gebäuden zusammen mit Leitungen für Leistungsteile verlegt. In den meisten Fällen wird hierbei eine NYM-J-Leitung verwendet. Wobei die Abkürzungen folgende Bedeutung haben, siehe **Tabelle 4.6**.

Eine Mantelleitung vom Typ NYM (Starkstromleitung) ist entsprechend DIN VDE 0100-520:2013-06, Abschnitt 521.10.4 für die Verlegung auf, unter und im Putz, sowie in trockenen, feuchten und nassen Räumen, im Mauerwerk und im Beton (außer Schütt-, Rüttel- oder Stampfbeton) zulässig.

### YCYM-Leitungen (Norm: KNX-Spezifikation [22])

Abkürzung	Bedeutung
Y	Leiterisolierung aus PVC
C	Schirm: aluminiumkaschierte Kunststoffolie
Y	Mantelisolierung aus PVC
M	Mantelleitung

**Tabelle 4.4** Bedeutung der Abkürzungen einer KNX-Leitung YCYM

## J-Y(St)Y-Leitungen (Norm: DIN VDE 0815:1985-09 [23])

Abkürzung	Bedeutung
J	Installationsleitung für Fernmelde- und Informationsanlagen
Y	Leiterisolierung aus PVC
St	statischer Schirm (Folienschirm)
Y	Mantelisolierung aus PVC

**Tabelle 4.5** Bedeutung der Abkürzungen einer J-Y(St)Y-Leitung

## NYM-Leitungen (Norm: DIN VDE 0250-204:2000-12 [24])

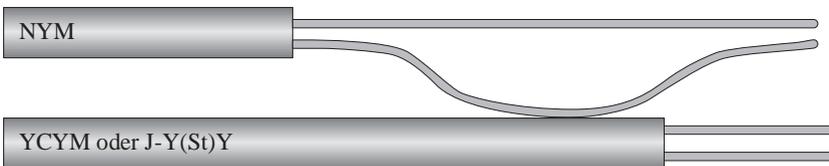
Abkürzung	Bedeutung
N	genormte Leitung
Y	Isolierung aus PVC
M	Mantelleitung
J	mit Schutzleiter

**Tabelle 4.6** Bedeutung der Abkürzungen einer Mantelleitung NYM

## Leitungsverlegung und Abstand

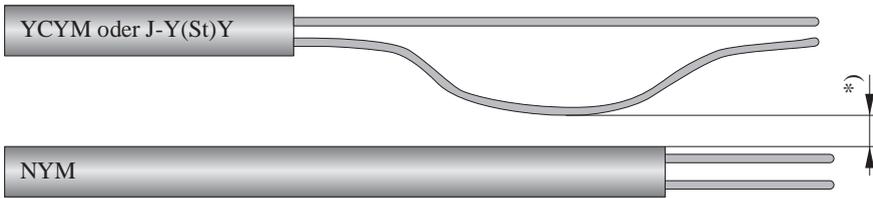
Unter den vorgegebenen Aspekten (siehe oben) wurden von der KNX Association folgende Verlegebedingungen festgelegt:

Die Basisisolation eines Leiters einer NYM-Starkstromleitung darf den Mantel einer KNX-Leitung berühren, siehe **Bild 4.5**.

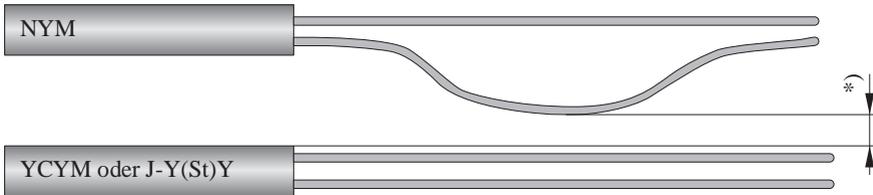


**Bild 4.5** Berührung eines basisisolierten NYM-Leiters mit dem Mantel einer KNX-Leitung

Die Basisisolation des Leiters eines KNX-Bus-Systems darf den Mantel einer NYM-Starkstromleitung berühren, wenn die Spannungsfestigkeit der Basisisolation des Leiters des KNX-Bus-Systems der Bemessungsspannung der Starkstromleitung entspricht. Ist die Bemessungsspannung der Basisisolation des Leiters des KNX-Bus-Systems niedriger als die Bemessungsspannung der NYM-Leitung, muss ein Mindestabstand von  $\geq 4$  mm sichergestellt werden, siehe <sup>\*)</sup> in **Bild 4.6**.



**Bild 4.6** Berührung eines basisisolierten KNX-Leiters mit dem Mantel einer NYM-Leitung



**Bild 4.7** Berührung eines basisisolierten NYM-Leiters mit der Basisisolation eines KNX-Leiters

Der Leiter eines KNX-Bus-Systems darf den Leiter einer NYM-Starkstromleitung berühren, wenn die Spannungsfestigkeit der Basisisolation beider Leiter der Bemessungsspannung der Starkstromleitung entspricht. Ist die Bemessungsspannung der Basisisolation des Leiters des KNX-Bus-Systems niedriger als die Bemessungsspannung der NYM-Leitung, muss ein Mindestabstand von  $\geq 4$  mm sichergestellt werden, siehe <sup>\*)</sup> in **Bild 4.7**.

Ist ein Verlegeabstand erforderlich, kann durch eine fixierte Verlegung der Starkstromleitung als auch der KNX-Leitung sichergestellt werden, dass eine Reduzierung des Mindestabstands verhindert wird. Alternativ hierzu ist die Verlegung in getrennten Kabelkanälen. Grundsätzlich sind aber die zusätzlichen Anforderungen für SELV-Stromkreise entsprechend DIN VDE 0100-410:2018-10, Abschnitt 414.1.1 zu beachten (sichere Trennung).

## Bus-Stromversorgung

Je nach Teilnehmerzahl kann zwischen drei Stromversorgungseinheiten mit einem Ausgangsstrom von 160 mA, 320 mA und 640 mA gewählt werden. Die Stromversorgungseinheiten müssen an das Schutzleitersystem zur Ableitung von statischen Aufladungen angeschlossen werden. Die Auswahl der Stromversorgungseinheit muss anhand der gesamten Teilnehmer an dem KNX-Bus-System bei der Planung ermittelt werden.

Werden mehrere Stromversorgungseinheiten in einem KNX-Bus-System errichtet, müssen die max. Leitungslängen und minimal zulässigen Abstände zwischen den

Stromversorgungseinheiten entsprechend den Herstellerangaben beachtet werden. Es können bis zu acht dezentrale Stromversorgungseinheiten in einem KNX-Bus errichtet werden. Dabei darf der max. Strom bei einem Kurzschluss 3 A nicht überschreiten.

#### **4.5.2 Errichten von Ethernet-Stromkreisen**

Ethernet ist ein Industriestandard, der für die Kommunikation/Datenaustausch zwischen intelligenten Baugruppen entwickelt worden. Ethernet-Verbindungen werden meistens in Bereichen eingesetzt, bei denen eine hohe Anforderung an die Zuverlässigkeit der Kommunikation gestellt wird.

Bei Stromkreisversorgungen der Informations- und Kommunikationstechnologie (ICT) ist grundsätzlich eine SELV-Stromversorgung (ungeerdet) vorgegeben. Die Spannungshöhe ist für trockene Umgebung auf  $DC \leq 60 \text{ V}$  und in allen anderen Räumen (z. B. mit feuchter und nasser Umgebung auf  $DC \leq 15 \text{ V}$  begrenzt, siehe E DIN VDE 0100-716 (Entwurf) [25]. Diese Anforderungen gelten auch für Power-over-Ethernet-Systeme IEEE 802.3 [26].

Anforderungen für die Errichtung von Ethernet-Bus-Leitungen enthält die System-Normenreihe DIN EN IEC 61784-5 (**VDE 0800-500**) [27]. Zusätzlich enthält E DIN VDE 0100-716 (Entwurf) [25] weitere Anforderungen für Leitungsanlagen der Informations- und Kommunikationstechnologie (ICT).

#### **TP-Leitung**

Da über eine TP-Bus-Leitung (TP = twisted pair (verdrilltes Leiterpaar)) neben den Signalen auch die Stromversorgung übertragen wird, wurden von der Industrie Endgeräte entwickelt und auf dem Markt gebracht, die nicht nur das Kommunikationsmodul mit Energie versorgen, sondern auch die dazugehörigen Endgeräte, wie z. B. LED-Beleuchtungen, Displays oder Lautsprecher. Dies führt dazu, dass Bus-Leitungen, die in der Regel mit einem kleinen Querschnitt (z. B.  $0,5 \text{ mm}^2$ ) ausgeführt sind, bei einer solchen Anwendung schnell überlastet werden können.

#### **Strombegrenzt**

Diese Methode der Stromversorgung von elektrischen Betriebsmitteln über eine Datenleitung wird deshalb „Power over Ethernet“ abgekürzt PoE genannt. Damit die Ethernet-Verbindungsleitungen nicht überlastet werden, müssen bei der Planung konkret alle Bemessungsströme der vorgesehenen elektrischen Betriebsmittel, die von einer Ethernet-Leitung versorgt werden sollen, berechnet werden. Der max. Strom der Ethernet-Leitungen ist deshalb entsprechend E DIN VDE 0100-716 (Entwurf) auf  $I_{\text{max}} = 750 \text{ mA}$  begrenzt. Hierfür werden zukünftig wohl auch Mindestquerschnitte festgelegt.

## Mindestquerschnitt

In jedem Fall ist der Mindestquerschnitt für festverlegte Mantelleitungen für Melde- und Steuerstromkreise entsprechend DIN VDE 0100-520:2013-06, Tabelle 52.2 von  $0,1 \text{ mm}^2$  für solche Leitungen nicht zulässig, siehe E DIN VDE 0100-716:2020-02 (Entwurf), Abschnitt 716.524.1.101. Ebenso gelten für PoE-Leitungen nicht die Mindestquerschnitte für Leitungen der Datenübertragung für elektrische Ausrüstungen von Maschinen entsprechend DIN EN 60204-1 (**VDE 0113-1**) und für elektrische Anlagen nach DIN VDE 0100-557. Die in Tabelle 4.1 und Tabelle 4.2 dieses Buchs angegebenen Mindestquerschnitte sind für PoE-Verbindungen also nicht zulässig.

Bei drahtlosen Verbindungen, wie bei Funk oder Glasfaser, ist natürlich eine PoE-Verbindung nicht möglich.

## Geeignete Betriebsmittel

Bei Bus-Leitungen, die auch für eine Stromversorgung als PoE verwendet werden, müssen sowohl die Leiterquerschnitte als auch die Verbindungselemente und Steckverbinder für den max. Strom bei einer Betriebstemperatur von  $60 \text{ °C}$  ausgelegt sein. Werden Trenneinrichtungen für eine Abschaltung von Ethernet-Verbindungen vorgesehen, müssen die Kontakte für den hohen Strom ausgelegt sein. Auch die geplante Schalthäufigkeit muss dabei berücksichtigt werden.

## Schutz bei Überstrom

Bei PoE-Leitungen muss eine Schutzmaßnahme zum Schutz bei Überstrom vorgesehen werden. Entsprechend E DIN VDE 0100-716 (Entwurf) sind folgende Methoden zulässig:

- Überstromschutzeinrichtung, oder
- ausreichender Querschnitt, bei dem keine Überlastung zu erwarten ist, oder
- Überstrombegrenzung durch die Stromquelle.