

Führung mehrerer Stromkreise in einer Leitung

F. Minar, Dresden

Bei einer festverdrahteten Elektroinstallation müssen die Nutzerforderungen vor bzw. während der Ausführung berücksichtigt werden. Nachträgliche Änderungen oder Erweiterungen sind meistens nicht mehr ohne Weiteres möglich. Aber oft muss die Elektroinstallation nach Fertigstellung der Anlage durch zusätzliche Nutzerwünsche angepasst werden. Vorgestellt wird eine neue 7-adrige Leitung, die diesbezüglich mehr Flexibilität gestattet.

1 Herkömmliche Leitungen

Bisher wurden durch den Fachhandel 5-adrigen Leitungen (sw, sw, br, bl, gn/ge) oder 7-adrige Leitungen (sw, sw, sw, sw, sw, sw, gn/ge) angeboten, welche für das Führen mehrerer Stromkreise in Frage kämen. Bei der Nutzung dieser Leitungen ergeben sich aber folgende Probleme:

1. In einer 5-adrigen Leitung kann der gemeinsam genutzte blaue Neutralleiter bei nichtlinearen Verbrauchern überlastet werden und sich dadurch unzulässig erwärmen.
2. Eine Unterbrechung des gemeinsam genutzten Neutralleiters kann durch das Verschalten von zwei Außenleitern an den Verbrauchern zur Spannungsanhebungen an einem der Verbrauchern und so zu dessen Zerstörung führen.
3. In einer konventionellen 7-adrigen Leitung (z. B. NYM-J) ist die Zuordnung von Ziffern zu den einzelnen Stromkreisen (Außen- und deren Neutralleiter) nicht eindeutig geklärt, so dass es zu gefährlichen Verwechslungen kommen kann.

Die Vorteile des Führens mehrerer Stromkreise in einer Leitung liegen jedoch durchaus auf der Hand:

- Insbesondere in kritischen Bereichen (Flucht- und Rettungswege) könnte durch die Bildung von Wechselstromkreisen aus dem Drehstromnetz und Anordnung mehrerer Stromkreise in einer Leitung der Einsatz von PVC und damit von Brandlast verringert werden, weil weniger Leitungen benötigt werden.
- Durch das Vorhandensein aller drei Außenleiter in einer Leitung könnten „Reservestromkreise“ bereitgestellt werden, welche auch später eine Erweiterung der Installation ermöglichen. Diese Leitung hätte damit vor allem auch beim EIB-Bus zunehmende Bedeutung.

Die durch das Bussystem erreichte Flexibilität würde so auch auf der Energieseite zu mehr Freiräumen führen.

- Der Installationsaufwand sinkt bei gleichzeitiger Erhöhung der Übersichtlichkeit.

2 Neue 7-adrige Leitung

Den genannten Problemen kann mit einer neu entwickelten 7-adrigen Leitung – ähnlich der NYM-J – begegnet werden. Sie besitzt drei schwarze Außenleiter und drei blaue Neutralleiter sowie einen grün-gelben Schutzleiter (Bild 1). Durch das Vorhandensein von drei blauen Leitern kann jedem Außenleiter ein separater Neutralleiter zugeordnet werden.

Die blauen und schwarzen Aderisolationen sind zusätzlich mit Ziffern (1 bis 3) versehen. Dies erleichtert die Zuordnung der Neutralleiter zu den jeweiligen Außenleitern sowie die Unterscheidung der einzelnen Stromkreise. Das lästige „Durchklingeln“ der Leitungsadern kann entfallen. Der Schutzleiter wird gemeinsam verwendet.

Mit dieser Leitung wird es möglich, mehrerer Stromkreise in einer Leitung ohne Nachteile und Gefahren zu führen. Die Elektroinstallation kann dadurch u. a. trans-



1 Leitung mit sieben nummerierten Adern, die gleichzeitig drei Stromkreise führen kann

Autor

Dipl.-Ing. Frank Minar ist Geschäftsführer der Firma TeamPlan, Dresden.

parenter sowie erweiterungsfähig und somit höherwertiger gestaltet werden.

3 Auswahlkriterien

Die 7-adrige Leitung zur Führung mehrerer Wechselstromkreise soll vorzugsweise dort eingesetzt werden, wo Brandlasten zu minimieren sind, Leitungsmaterial eingespart oder später die Installation erweitert werden soll. Geeignet ist sie besonders für die Wohnungs- und Büroinstallation.

Wesentlich für den Leitungseinsatz sind die

- Verlegekriterien
- Brandlast
- Strombelastbarkeit
- maximale Leitungslänge
- Normung.

3.1 Verlegekriterien

Da die 7-adrige Leitung den Aufbau einer genormten NYM-J aufweist, treffen deren Verlegekriterien ebenso zu.

Verlegearten. Die Leitung kann

- für die feste Verlegung über, im, auf und unter Putz, in trockenen, feuchten und nassen Räumen sowie im Mauerwerk und im Beton (wenn dieser keinen Schütt-, Rüttel- oder Stampfprozessen ausgesetzt ist) eingesetzt werden
- im Freien eingesetzt werden, wenn sie vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt wird
- in Elektro-Installationsrohren/-kanälen verlegt werden.

Biegeradius. Die 7-adrige Leitung hat einen Durchmesser von etwa 11,5 mm. Der kleinste Biegeradius nach DIN VDE 0298 Teil 3 [1] beträgt $4d$. Das entspricht einem Biegeradius von etwa 46 mm.

Befestigung. Auch beim Verlegen der 7-adrigen Leitung dürfen die zugesicherten Eigenschaften der Leitung nicht vermindert werden. Leitung und Befestigungsmaterial sind so auszuwählen, dass im Betrieb – einschließlich Überlast- und Kurz-

schlussfall – Personen, die Anlage und die Umgebung nicht gefährdet werden.

Die Leitung kann mit üblichen, aus der Elektroinstallation bekannten Mitteln befestigt werden.

3.2 Brandlast

Da die Leitung den Aufbau einer NYM-J besitzt, kann sie bezüglich Brandverhalten und -last mit einer handelsüblichen NYM-J $7 \times 1,5 \text{ mm}^2$ verglichen werden. Für die konventionelle Führung von drei Wechselstromkreisen in drei Leitungen vom Typ NYM-J $3 \times 1,5 \text{ mm}^2$ ergibt sich eine Brandlast von $3 \times 0,44 \text{ kWh/m} = 1,32 \text{ kWh/m}$ [2][3].

Beim Führen von drei Wechselstromkreisen in der 7-adrigen Leitung ergibt sich eine Brandlast von $0,67 \text{ kWh/m}$. Das ist eine Brandlastreduzierung von knapp 50 %.

3.3 Strombelastbarkeit nach DIN VDE 0298-4

Bei der Leitungsauswahl ist zu beachten, dass die zulässige Betriebstemperatur von 70°C nicht überschritten werden darf.

Da in jedem stromdurchflossenen Leiter Wärme entsteht und diese abgeführt werden muss, wird die zulässige Strombelastbarkeit I_z von der Art der Verlegung (z. B. in wärmegeprägten Wänden, in Elektroinstallationsrohren, in oder auf Wänden, in der Luft) begrenzt. Ein in einer wärmegeprägten Wand liegendes Kabel hat beispielsweise einen geringeren Strombelastbarkeitswert als ein frei in der Luft liegendes.

Es gibt aber auch andere Kriterien, welche sich erweiternd oder vermindernd auf die jeweilige Strombelastbarkeit auswirken. Dies sind z. B. die von 30°C abweichende Umgebungstemperatur, die Anzahl der belasteten Adern in einer Leitung und die Anzahl von parallel verlegten Leitungen (Bündelung). Diese Kriterien werden durch die jeweiligen Umrechnungsfaktoren berücksichtigt, mit denen die jeweilige Strombelastbarkeit I_z zu multiplizieren ist. Die vorgestellte 7-adrige Leitung soll drei 3-adrige Leitungen in gebündelter Verlegung ersetzen. Somit ist die zulässige Strombelastbarkeit einer 7-adrigen Leitung mit drei Stromkreisen mit der zulässigen Strombelastbarkeit von drei gebündelten 3-adrigen Leitungen mit je einem Stromkreis zu vergleichen.

3.3.1 Umrechnungsfaktoren

Der Einfachheit halber wird nachfolgend unterschieden in:

Variante 1: Führen von drei Stromkreisen in einer 7-adrigen Leitung.

Variante 2: Führen von drei Stromkreisen in drei 3-adrigen Leitungen.

Die Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen für feste Verlegung in Gebäuden und von flexiblen Leitungen wird in [4] geregelt:

• Die Belastbarkeit von PVC-Mantelleitungen im Dauerbetrieb bei 30°C Umgebungstemperatur werden in den Tabellen 3 und 4 (Seiten 15 und 16) erfasst.

• Die Tabelle 15 (Seite 34) berücksichtigt die zu 30°C abweichende Temperatur. In Wohn- und Bürogebäuden rechnet man mit Temperaturen bis 25°C . Der Umrechnungsfaktor beträgt für beide Varianten $k_{15} = 1,06$.

• Die Tabelle 20 (Seite 39) gilt nur für Variante 1 und gibt die Reduzierung bei mehreren belasteten Adern an. In der 7-adrigen Leitung werden bis zu sechs Adern belastet. Der Umrechnungsfaktor k_{20} beträgt $0,7$ (durch Interpolation von $0,75$ bei fünf und $0,65$ bei sieben belasteten Adern).

• Die Tabelle 17 (Seite 36) gilt nur für Variante 2 und gibt den Umrechnungsfaktor bei gehäufte Verlegung von Leitungen an. Bei einer gebündelten Verlegung von drei Leitungen mit je einem Stromkreis gilt der Umrechnungsfaktor $k_{17} = 0,7$

Damit ergibt sich als zulässige maximale Strombelastbarkeit $I_{z \text{ max}}$

– für Variante 1:

$$I_{z \text{ max}} = I_z \cdot k_{15} \cdot k_{20} = I_z \cdot 0,742$$

– für die Variante 2:

$$I_{z \text{ max}} = I_z \cdot k_{15} \cdot k_{17} = I_z \cdot 0,742$$

Ergebnis: Das Produkt der Umrechnungsfaktoren für die zulässige Strombelastbarkeit beim Führen von drei Stromkreisen in einer 7-adrigen Leitung entspricht etwa dem Produkt der Umrechnungsfaktoren bei der gebündelten Verlegung von drei 3-adrigen Leitungen.

Somit kann praktisch bei gleicher Belastung der Wärmehaushalt der 7-adrigen Leitung mit dem Wärmehaushalt von drei gebündelt verlegten 3-adrigen Leitungen verglichen werden.

3.3.2 Berücksichtigung der Betriebsart

Die zulässige Strombelastbarkeit von Leitungen und Kabeln ist nicht nur von der Verlegeart, sondern auch von der Betriebsart abhängig. Die in [4] empfohlenen Strombelastbarkeitswerte entsprechen der Betriebsart „Dauerbetrieb“ – Betrieb mit konstantem Strom, dessen Dauer zumindest ausreicht, den thermischen Beharrungszustand des Betriebsmittels zu erreichen (hier 70°C).

Allerdings werden die Leitungen und Kabel in Wohngebäuden nicht im Dauerbetrieb belastet. Deshalb können die Strombelastbarkeitswerte entsprechend der Belastung höher gewählt werden (B.8.5 Aussetzungsbetrieb und Veränderliche Belastungen in [4], Seite 45).

Leider enthält [4] keine Aussagen dazu, welche Strombelastbarkeitsfaktoren die Leitungen in Abhängigkeit der jeweiligen Betriebsart erhalten sollen. Dies muss der jeweilige

Planer oder Errichter selbst eigenverantwortlich (unter Beachtung der zulässigen Leitergrenztemperatur) untersuchen. Allerdings sind in der DIN VDE 0298 [4] und in der DIN 0276 Teil 1000 [5] Beispiele genannt, die den umgekehrt proportionalen Zusammenhang zwischen Einschaltdauer und Strombelastbarkeit aufzeigen.

Tabelle 14 in [4] gibt konkrete Werte für die Belastung von Schweißleitungen. Deren Strombelastbarkeit steigt mit der Abnahme der Einschaltdauer ED, die einzelnen Belastbarkeitswerte sind der Tabelle zu entnehmen.

Die DIN VDE 0276 definiert unter 5.3.1.1 die Betriebsart „EVU-Last“, welche sich aus der Fläche unterhalb der Lastkurve und der Gesamtfläche des Rechtecks (Größtlast x Zeitspiel) ergibt. Wenn auch diese Kurve nur für erdverlegte Zuleitungen gelten soll, können doch auch hier Parallelen zu den Leitungen und Kabeln in Wohngebäuden getroffen werden.

Diese zwei Beispiele zeigen, dass für Leitungen und Kabel in der Regel Belastungsgrade unterhalb von 100 % erzielt werden und somit die Strombelastbarkeit gegenüber der Dauerlast erhöht werden kann.

Weil der zulässige Strombelastbarkeitswert einer Leitung von vielen Faktoren abhängig ist, wurden hier für die einzelnen Verlegearten keine konkreten Werte berechnet. Aber es wurde der Nachweis erbracht, dass der Wärmehaushalt von drei Leitungen mit je einem Wechselstromkreis dem der vieladrigen Leitung mit sechs belasteten Adern entspricht.

Die DIN VDE 0298 bestätigt in den Anmerkungen der Tabelle 17 (Umrechnungsfaktoren für Häufung) diese Aussage.

Fazit. Für Wechselstromkreise gilt sinngemäß für das Führen mehrerer Stromkreise in

- einer vieladrigen Leitung (Variante 1):
Anzahl der Stromkreise = 1/2 Anzahl der belasteten Leitungsadern
- mehreren Leitungen (Variante 2):
Anzahl der Stromkreise = Anzahl der Leitungen.

3.4 Maximale Leitungslänge

Die maximal zulässige Leitungslänge ist abhängig vom Querschnitt S in mm^2 , vom zugelassenen Nennstrom I_n in A und von der Schleifenimpedanz in $\text{m}\Omega$ bis zur Sicherung sowie vom LS-Schaltertyp und der zugelassenen Abschaltzeit. Die Adernzahl einer Leitung geht nicht als Berechnungsgröße ein. Somit können die üblichen Berechnungsmethoden oder Tabellen bei der Bestimmung der zulässigen Leitungslänge herangezogen werden [5].

So ergibt sich beispielsweise für einen Leiter von $1,5 \text{ mm}^2$ Durchmesser bei einer Strombelastung von 16 A und einer Schleifenimpedanz von $10 \text{ m}\Omega$, eine maximale Länge von 94 m und bei einer Schleifenimpedanz von $700 \text{ m}\Omega$, eine maximale Länge

von nur 70 m. Die Leitung darf maximal nur 47 m bzw. nur 35 m lang sein (weitere Randbedingungen LS-Schalter Typ B, Abschaltzeit 0,2 s und 5 s). Diese Werte gelten für alle Leitungen mit einem Querschnitt von $1,5 \text{ mm}^2$, auch für die 7-adrige Leitung.

3.5 Normung

Die 7-adrige Leitung mit drei schwarzen, drei blauen und einer grün/gelb gekennzeichneten Ader entspricht der DIN VDE 0293 [7].

4 Zusammenfassung

Bei der Führung von drei Stromkreisen in einer 7-adrigen Leitung beträgt die Brandlast gegenüber drei 3-adrigen Leitungen nur etwas über 50 %.

Die Auswahlkriterien der 7-adrigen Leitung entsprechen etwa den Kriterien der drei 3-adrigen Leitungen bei gebündelter Verlegung.

Somit können drei 3-adrige Leitungen (gebündelte Verlegung) durch eine 7-adrige Leitung ohne Nachteile, aber mit erheblicher Brandlastreduzierung, ersetzt werden. Weitere Vorteile bietet die 7-adrige Leitung durch das Vorhalten von Reservestromkreisen, die übersichtliche Installation und das Einsparen von Verlegeaufwand gegenüber drei 3-adrigen Leitungen.

Durch die Reduzierung der Anzahl an verlegten Leitungen kann unter Umständen wertvoller Platz in den Verlegesystemen wie Kabelbahn, Brüstungs- und Leitungsführungskanal gespart werden.

Aus den genannten Gründen sollte die neue 7-adrige Leitung eine Bereicherung für die Elektroinstallation darstellen und mithelfen, bestimmte Problemfälle zu lösen sowie Erweiterungen der Elektroinstallation zulassen. Die bei 5-adrigen und konventionellen 7-adrigen Leitungen bekannten Probleme bei der Übertragung von drei Wechselstromkreisen in einer Leitung treten bei Einsatz dieser neu entwickelten Leitung nicht auf.

Literatur

- [1] DIN VDE 0298 Teil 3:1983-08 Verwendung von Kabeln und isolierten Leitungen für Starkstromanlagen; Allgemeines für Leitungen.
- [2] VdS 2134:1999-01 (03) Verbrennungswärme der Isolierstoffe von Kabeln und Leitungen.
- [3] Vogt, D.: Elektroinstallation in Wohngebäuden. 4. Auflage. Heidelberg: Hüthig-Verlag, 1995.
- [4] DIN VDE 0298 Teil 4:1998-11 Verwendung von Kabeln und isolierten Leitungen für Starkstromanlagen; Empfohlene Werte für die Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen für die feste Verlegung in Gebäuden und von flexiblen Leitungen.
- [5] DIN VDE 0276-1000/VDE 0276 Teil 1000: 1995-06 Starkstromkabel; Strombelastbarkeit, Allgemeines; Umrechnungsfaktoren.
- [6] Kiefer, G.: VDE 0100 und die Praxis. 9. Auflage. Berlin-Offenbach: VDE-Verlag, 1999.
- [7] DIN VDE 0293: Aderkennzeichnung von Starkstromkabeln und isolierten Starkstromleitungen mit Nennspannungen bis 1000 V. ■