

3 Parallelschaltung und Absicherung von Einzeladern – früher verwendete Tabellen



Praxisfrage von K. S. (Bayern) | 21.09.2018

Wir möchten eine neue Anlage mit einem Anschlusswert von 800 A mit parallel geschalteten Leitungen versorgen. Da wir bereits so eine im Jahr 1999 errichtete Anlage betreiben, wollten wir diese genauso anschließen. Das heißt $2 \times 3 \times 240 \text{ mm}^2$ als NYY-Einzeladern. Diese sind in einem Kabelschacht bzw. im Leerrohr in der Erde verlegt. Beide Stränge sind mit je 400-A-NH-Sicherungen geschützt. Hierzu meine Fragen:

1. Laut VDE 0298-4:2103-06 ist dies nicht realisierbar.
Kann ich die Absicherung der alten Anlage so belassen?
2. Dürfen die parallelgeschalteten Leitungen (je $3 \times 240 \text{ mm}^2$) einzeln abgesichert werden, ebenso wie in der alten Anlage?
3. Wenn ich Einzeladern verlege, so wie in diesem Fall, muss ich dann in den Tabellen der VDE 0298-4 bei Anzahl der belasteten Adern von zwei oder drei ausgehen?



Expertenantwort von Werner Hörmann | 19.10.2018

Einschätzung der Bestandsanlage

Ich kann nicht nachvollziehen, wie 1999 die Kabel in Ihrer Anlage bemessen wurden. In der damals für die Strombelastbarkeit von in Luft und Erde verlegten Kabel/Leitungen relevanten DIN VDE 0298-4:1998-11 gab es noch keine Werte für die Verlegung in Erde – und somit auch nicht die Verlegeart D, die nun nach DIN VDE 0298-4:2013-06 für die von Ihnen beschriebene Verlegung anwendbar ist. Hierauf komme ich weiter unten noch einmal zurück. Auch DIN VDE 0276-603 zusammen mit DIN VDE 0276-1000 kann damals nicht zur Anwendung gekommen sein, da es auch in diesen Normen die von Ihnen angegebene Verlegeart „im Kabelschacht in Erde bzw. im Leerrohr in der Erde“ nicht

gab. Auch derzeit ist sie nicht Bestandteil dieser Normen.

Das schließt nicht aus, dass damals wegen Fehlen anderer Unterlagen die DIN VDE 0276-603:1995-11 angewendet wurde, da sich dort Strombelastbarkeitswerte für die direkte Verlegung von Kabeln in Erde entnehmen ließen. Bei Zugrundelegung von Tabelle 14 der ungültigen DIN VDE 0276-603:1995-11 (siehe **Bild 3.1**)

wären 240 mm² Cu im Dreierbündel in Erde mit 479 A belastbar. Für eine Sicherung von 400 A scheint das den damaligen „Fachleuten“ ausreichend gewesen zu sein. Dazu sei aber angemerkt, dass es sich bei diesen Strombelastungswerten um den Belastungsgrad 0,7 (EVU-Last) handelt – siehe **Bild 3.2**, welches das Bild 1 aus der Tabelle 16 von DIN VDE 0276-603:1995-11 darstellt.

1	2	3	4
Isolierwerkstoff	PVC		
Zulässige Betriebstemperatur	70°C		
Bauartkürzzeichen	NYY		
Anordnung	1)		
Anzahl der belasteten Adern	1	3	3
Querschnitt in mm ²	Kupferleiter Bemessungsstrom in A		
1,5	41	27	30
2,5	55	36	39
	746	473	479
	0,69	0,73	0,81

Bild 3.1 Belastbarkeit von Kabeln in Erde (Tabellenausschnitt)

Quelle: DIN VDE 0276-603:1995-11

Den Bemessungsströmen I_n liegt eine in EVU-Netzen übliche Betriebsart zugrunde (EVU-Last). Diese wird durch ein Tageslastspiel mit ausgeprägter Größtlast und Belastungsgrad gekennzeichnet (24-h-Zyklus, siehe Bild).

Größtlast und Belastungsgrad der Belastung sind aus dem Tageslastspiel oder Referenzlastspiel zu bestimmen. Das Tageslastspiel (24-h-Last) ist der Verlauf der Last während 24 Stunden bei ungestörtem Betrieb. Die Durchschnittslast ist der Mittelwert der Last des Tageslastspiels; der Belastungsgrad der Quotient aus Durchschnittslast durch Größtlast.

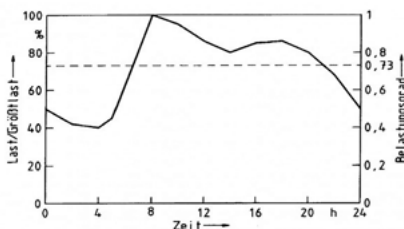


Bild 1: Tageslastspiel und Bestimmung des Belastungsgrades (Beispiel)

— Verhältnis der Last zur Größtlast in %
 - - - - - Verhältnis der Durchschnittslast zur Größtlast

Quelle: DIN VDE 0276-603:1995-11

Bild 3.2 Definition des früher in EVU-Netzen verwendeten Belastungsgrades (Tabellenausschnitt)

Formal müsste auch hierbei noch die Häufung nach DIN VDE 0276-1000:1995-06 für zwei Dreierbündel berücksichtigt werden, was ich aber bei meiner Betrachtung nicht berücksichtigen kann. Hierfür sind verschiedene Faktoren wie Erdbodentemperatur, Wärmewiderstand, Bündelabstand usw. leider nicht bekannt. Außerdem ergäbe sich nach heutigen Vorgaben auch noch eine Reduzierung der Strombelastbarkeit durch die Verlegung im Kabelschacht in Erde bzw. im Elektro-Installationsrohr in Erde.

Zum Belastungsgrad

Dass sich die Kabel in Ihrer Anlage bisher noch nicht „aufgelöst“ haben, liegt vermutlich daran, dass der Belastungsgrad weit niedriger als der in der Norm angegebene Belastungsgrad von 0,7 liegt. Aus Bild 3.2 würde man übrigens einen Belastungsgrad von 0,73 ablesen, jedoch spricht man allgemein in der Praxis von 0,7.

Verlegung neuer Kabel

Kommen wir nun zur angefragten Errichtung eines neuen Stromkreises und der Verlegung neuer Kabel mit Bemessung der Kabel nach Verlegeart D. Seit 2003 ist die Verlegeart D in DIN VDE 0298-4 angeführt (**Bild 3.3**). Allerdings bezog sich damals die Verlegeart D nur auf mehradrige Kabel.

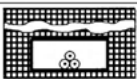
In der heute gültigen DIN VDE 0298-4:2013-06, die nun für Ihren neuen Stromkreis zugrunde gelegt werden muss, gibt es analoge Aussagen. Allerdings wurde auch die Verlegung von einadrigen Kabeln mit aufgenommen (**Bild 3.4**). Somit kann, darf und muss für die von Ihnen vorgesehene Errichtung der Kabel die Verlegeart D aus DIN VDE 0298-4:2013-06 zur Anwendung kommen.

Quelle: DIN VDE 0298-4:2013-06

70 (61)		Mehradriges Kabel oder mehradrige ummantelte Installationsleitung im Elektro-Installationsrohr oder in einem Kabelschacht im Erdreich	D
------------	---	---	---

Bild
3.3

Verlegeart mit der Kennziffer 70 – Kabel und Leitungen für feste Verlegung in und an Gebäuden (Tabellenausschnitt)

71		Einadrige Kabel oder ummantelte Installationsleitungen im Elektro-Installationsrohr oder in einem Kabelschacht im Erdreich	D	NYM, NYY, NYCWY, NYCY, NHMH, NHXMH, NHXH, NHXHX, NHXCH, NHXCHX
----	---	--	---	--

Quelle: DIN VDE 0298-4:2013-06

Bild 3.4 Verlegeart mit der Kennziffer 71 – Kabel und Leitungen für feste Verlegung in und an Gebäuden (Tabellenausschnitt)

Einleiterkabel in Kabelschacht oder Elektro-Installationsrohr

Die Verlegeart 71 aus Tabelle 9 von DIN VDE 0298-4:2013-06 (Bild 3.4) bezieht sich auf Einleiterkabel, die sich entweder in einem in Erde liegenden Kabelschacht oder in einem in Erde liegenden Elektro-Installationsrohr befinden. Tabelle 4, Spalte 3 von DIN VDE 0298-4:2013-06, in welcher die Strombelastbarkeitswerte aufgeführt sind, bezieht sich zunächst nur auf mehradrige Kabel und nicht auf Einleiterkabel. Allerdings ist durch die Verlegeart 71 der Bezug zu Verlegeart D gegeben. Physikalisch wären aber Einleiterkabel geringfügig höher als Mehrleiterkabel belastbar.

Erforderlicher Querschnitt für Verlegeart D

Ungeachtet dessen haben Sie Recht, dass für einen Bemessungsstrom von 800 A die vorgesehenen parallel geschalteten Einzeladern von 240 mm² Cu unter heutigen Gesichtspunkten auf keinen Fall ausreichend sind.

Um den erforderlichen Querschnitt für die Verlegeart D zu ermitteln, wäre wie folgt vorzugehen: Da für Sicherungen größer 25 A ein großer Prüfstrom von 1,6 zugrunde zu legen ist, muss die zulässige Strombelastbarkeit der Kabel ca. 1,1-fach größer sein als der Bemessungsstrom der Sicherungen von 2 × 400 A. Der Wert 1,1 ergibt sich aus Abschnitt 433.1 von DIN VDE 0100-430:2010-10 unter Berücksichtigung der beiden nachfolgenden Bedingungen:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \text{ und } I_2 \leq 1,45 \times I_Z$$

I_B Betriebsstrom für diesen Stromkreis

I_Z zulässige Dauerstrombelastbarkeit des Kabels bzw. der Leitung (siehe Abschnitt 523)

I_n Bemessungsstrom der Schutzeinrichtung

Beide Bedingungen umgestellt nach zulässiger Dauerstrombelastbarkeit der Kabel ergeben den Faktor 1,1:

$$I_Z = I_2 / 1,45 = 1,6 / 1,45 \approx 1,1.$$

Für die Häufung gilt die Tabelle 24 von DIN VDE 0298-4:2013-06 (Bild 3.5). Da nicht bekannt ist, ob zwischen den beiden parallel geschalteten Dreierbündeln ein Abstand zueinander gegeben ist, habe ich einmal mit 0,75 (ohne Abstand) und einmal mit 0,8 (üblicher Abstand: Kabeldurchmesser) gerechnet.

1	2	3	4	
Anzahl der Stromkreise	Abstand von Kabel zu Kabel (a)*			
	Null (mit Berührung)	Ein Kabel- durchmesser	0,125 m	
2	0,75	0,80	0,85	
3	0,65	0,70	0,75	
4	0,60	0,60	0,70	
5	0,55	0,55	0,65	
6	0,50	0,55	0,60	

* mehradrige Kabel



* einadrige Kabel







**Bild
3.5**

Umrechnungsfaktoren für Häufung von direkt im Erdboden verlegten Kabeln (Tabellenausschnitt)

Somit ergibt sich eine notwendige Dauerstrombelastbarkeit für beide parallel geschalteten Kabeln von $2 \times 400 \text{ A} \times 1,1 / 0,75 \approx 1.174 \text{ A}$ bzw. pro Dreierbündel wären das 587 A.

Rechnen wir mit 0,8 bei Abstand des Kabeldurchmessers, so ergeben sich: $2 \times 400 \text{ A} \times 1,1 / 0,8 = 1.100 \text{ A}$ bzw. pro Dreierbündel wären das 550 A.

Aus Tabelle 4, Spalte 3 von DIN VDE 0298-4:2013-06 ergibt sich aber, dass zwei Kabel mit 240 mm^2 für diese Strombelastung nicht ausreichend sind (Bild 3.6). Das gilt unter Beachtung der oben angeführten Bedingungen, wonach ein Kabel mit 240 mm^2 statt mit 280 A max. mit 191 A (bzw. 204 A) bzw. beide Kabel zu-

sammen mit 382 A (bzw. 408 A) belastbar wären. Auch der Querschnitt von zwei Kabelbündeln mit 300 mm^2 würde mit $2 \times 316 \text{ A}$ – insbesondere unter Beachtung der notwendigen, oben ausgeführten „Reduktion“ – nicht ausreichen. Da Strombelastbarkeitswerte für größere Querschnitte nicht mehr angegeben sind, können keine noch größeren Querschnitte gewählt werden. Somit müssten mehr als zwei Parallelkabel ausgewählt werden. Hierfür könnten bzw. müssten fünf Kabel von 300 mm^2 parallel geschaltet werden. Ein Dreierbündel mit 300 mm^2 kann mit 316 A belastet werden, siehe Bild 3.6, Spalte 3 (schwarz gekennzeichnet).

Da nun fünf Stromkreise in Form von parallelen Dreierbündeln verlegt werden müssen, ergibt sich auch ein neuer Faktor für Häufung. Hierfür beträgt der Faktor 0,55 ohne Abstand bzw. bei Verlegung mit Abstand ergibt sich der gleiche Faktor von 0,55. Somit ist keine getrennte Betrachtung notwendig. Demzufolge ergibt sich auch eine neue notwendige Dauerstrombelastbarkeit für die Kabel bei einem notwendigen Strom von 800 A (entsprechend des Bemessungsstroms der beiden Sicherungen von je 400 A): $800 \text{ A} \times 1,1/0,55 \approx 1.600 \text{ A}$ bzw. pro Dreierbündel wäre eine Strombelastbarkeit von ca. 320 A notwendig. Die fünf Kabelbündel mit 300 mm^2 könnten aber akzeptiert werden, auch wenn die Strombelastbarkeit nach Spalte 3 von Tabelle 5 nur bei 316 A liegt. Hier wird sicher nicht genau der Strom von 800 A zum Fließen kommen.

1	2	3
Verlegeart (Referenzverlegeart ^b nach Tabelle 2)	D ^c	
	Verlegung in Erde	
	Mehradriges Kabel im Elektro-Installationsrohr oder Kabelschacht im Erdboden	
		
Anz. belastete Adern	2	3
Nennquerschnitt mm ²		
Kupfer	1,5 2,5	22 29
	240 316	336 379
		280 316

Bild 3.6 Belastbarkeit von Kabeln und Leitungen für feste Verlegung in und an Gebäuden (Tabellenausschnitt)

Quelle: DIN VDE 0298-4:2013-06

Wenige Alternativen

Bei der vorgegebenen bzw. gewünschten Verlegeart gibt es kaum eine andere Abhilfe. Eine Möglichkeit wäre z.B. statt der Sicherungen unter gewissen Voraussetzungen (siehe weiter unten) einen Leistungsschalter am Leitungsanfang für alle parallel geschalteten Dreierbündel vorzusehen. Hierbei würde der Faktor 1,1 wegfallen und der Leistungsschalter könnte auf einen geringeren Wert eingestellt werden, so dass statt $5 \times 300 \text{ mm}^2$ auch $5 \times 240 \text{ mm}^2$ ausreichend sein könnten.

Schutz der Dreierbündel

Getrennte Schutzeinrichtungen pro Dreierbündel nur am Stromkreis- anfang sind wegen des Schutzes bei Kurzschluss bei zwei parallel geschalteten Bündeln bedingt zulässig, siehe Fall b) im nächsten Abschnitt. Bei mehr als zwei Bündeln ist das nur im Fall a), nächster Abschnitt, zulässig. Bei Leistungsschaltern ergibt sich durch Wegfall von Faktor 1,1 folgende notwendige Dauerstrombelastbarkeit: $800 \text{ A}/0,55 = 1.454 \text{ A}$ für fünf parallel geschaltete Dreierbündel bzw. pro Dreierbündel 291 A. Um den zulässigen Dauerstrombelastungswert aus Tabelle 4, Spalte 3 von DIN VDE 0298-4:2013-06 von 280 A (siehe graue Kennzeichnung in Bild 3.6) pro Dreierbündel mit 240 mm^2 nicht zu überschreiten, dürfte der Leistungsschalter nur auf 770 A eingestellt werden. Dies wäre sicher möglich.

Schutz parallel geschalteter Kabel

Klare Festlegungen zum Schutz von parallel geschalteten Kabeln gab es seit der Herausgabe von DIN VDE 0100-430:2010-10. Davor war die Parallelschaltung zwar nicht verboten, jedoch gab es nur ungenaue Vorgaben. Im Abschnitt 434.4 von DIN VDE 0100-430:2010-10 ist nun dazu Folgendes festgelegt:

„Eine einzelne Schutzeinrichtung darf parallel geschaltete Leiter vor den Auswirkungen bei Kurzschluss schützen, vorausgesetzt, dass das Auslöseverhalten dieser Einrichtung ein wirksames Ansprechen sicherstellt, wenn ein Fehler an der kritischsten Stelle in einem der parallel geschalteten Leiter auftritt. Die Aufteilung

der Kurzschlussströme zwischen den parallel geschalteten Leitern muss betrachtet werden. Ein Fehler kann von beiden Enden der parallel geschalteten Leiter gespeist werden. Falls die Auslösung einer einzelnen Schutzeinrichtung nicht wirksam ist, muss eine oder müssen mehrere der folgenden Maßnahmen angewendet werden:

a) Kabel/Leitungen müssen derart ausgewählt und verlegt werden, dass das Risiko eines Kurzschlusses in jedem der parallel geschalteten Leiter auf ein Minimum reduziert ist, z. B. durch einen Schutz gegen mechanische Beschädigung, und die Leiter müssen so verlegt sein, dass das Risiko eines Feuers oder eines Schadens von Personen auf ein Minimum reduziert ist.

b) Für zwei parallel geschaltete Leiter muss an der Versorgungsseite eines jeden parallel geschalteten Leiters eine Schutzeinrichtung zum Schutz bei Kurzschluss vorgesehen werden.

c) Für mehr als zwei parallel geschaltete Leiter muss an der Versorgungsseite und an der Lastseite eines jeden parallel geschalteten Leiters eine Schutzeinrichtung zum Schutz bei Kurzschluss vorgesehen werden.“

Der Fall b) dürfte sich, aufgrund der Anzahl der parallel geschalteten Kabel, ausschließen. Bei a) könnte der von mir weiter oben vorgeschlagene Leistungsschalter eingesetzt werden. Der Fall c) ist nur dann zu empfehlen, wenn die einzelnen Schutzeinrichtungen gegenseitig verriegelt sind. Siehe hierzu Abschnitt A.3 vom informativen Anhang A von DIN VDE 0100-430:2010-10.

Fazit

Eine sinnvolle Lösung wäre es, die Kabel direkt in das Erdreich zu verlegen und dafür die DIN VDE 0276-603 zusammen mit DIN VDE 0276-1000 zugrunde zu legen – auch mit dem Wissen, dass der Belastungsgrad nur 0,7 beträgt. In diesem Falle könnten zwei parallele Dreierbündel mit einem Querschnitt von 300 mm^2 genügen. Ggf. wäre es sinnvoll, einen gemeinsamen Leistungsschalter am Stromkreisanzug vorzusehen. Bei zwei parallelen Kabeln könnte man somit die Ausführung von Fall b) gemäß Abschnitt 434.4 von DIN VDE 0100-430:2010-10 zugrunde legen.

Schlussbetrachtung

Ob Sie die alte Anlage so belassen können, kann nur vor Ort geklärt werden – z. B. durch Messung/Aufzeichnung des tatsächlich fließenden und damit benötigten Stroms. Ich persönlich hätte da allerdings – wenn Ihre Vorgaben so stimmen – größte Zweifel anzumelden. Die Frage sowohl nach Beibehaltung der bisherigen Ausführung als auch für die Neuerrichtung muss ich deshalb aus meiner Sicht mit einem klaren Nein beantworten. Die Frage nach der Einzelabsicherung lässt sich anhand der Festlegungen von Abschnitt 434.4 aus DIN VDE 0100-430:2010-10 beantworten. Zur Anzahl der belasteten Adern gilt Folgendes: Da hier ja immer die drei Adern eines Stromkreises (Drehstromkreis) vorliegen, sind also drei belastete Adern zugrunde zu legen – z. B. gemäß Spalte 3 von Tabelle 4 aus DIN VDE 0298-4:2013-06 (siehe Bild 3.4). Außerdem müssen Sie den Faktor für die Häufung, d. h. für die Anzahl der parallelen Systeme mitberücksichtigen. Was mich an Ihrer Schilderung verwundert ist, dass Sie nur von $3 \times 240 \text{ mm}^2$ sprechen. Das lässt bei mir die Frage offen, wo bleibt der Schutzleiter bzw. ggf. der PEN-Leiter?

Quellen:

DIN VDE 0298-4:2013-06, DIN VDE 0298-4:1998-11, DIN VDE 0298-4:2003-08, DIN VDE 0276-603:1995-11, DIN VDE 0276-603:2010-03, DIN VDE 0276-1000:1995-06, DIN VDE 0100-430:2010-10

Lust auf Austausch zu diesem Thema? Über diesen QR-Code kommen Sie direkt in den elektro.net-Kommentarbereich dieses Praxisproblems. Dort finden Sie zusätzliche Informationen und können sich mit anderen austauschen.

