

Leitungsquerschnitte in Schaltanlagen und Verteilern – Zusatzanfrage

DIN VDE 0298-4 (VDE 0298 Teil 4), DIN EN 60439-1 (VDE 0660 Teil 500) und DIN VDE 0660-507 (VDE 0660 Teil 507)

FRAGESTELLUNG

(Zusatzanfrage zum Beitrag »Leiterquerschnitte in Schaltanlagen und Verteilern« in »de« 14/2002, S. 15)

Gerade dieses Thema wirft in unserer Firma immer wieder Fragen auf. Die DIN VDE 0298-4 (VDE 0298, Teil 4)1998-11 bietet für den Schaltanlagenbauer nur spärliche Hilfe. DIN EN 60204-1 (VDE 0113, Teil 1) liefert zur Verdrabtung innerhalb von Gehäusen ebenfalls keine Aussagen und verweist – wie Sie auch schon schrieben – auf DIN VDE 0660, Teil 500, die wiederum zur Selbstverantwortung aufruft.

Wir gingen konsequent die Schritte anhand der DIN VDE 0298-4 plane-

risch durch, um die Absicherung einer PVC-Aderleitung H07V-K 10 mm² zu ermitteln. Hierbei müssen Einflussfaktoren wie z.B. Verlegeart, Häufung und Umgebungstemperatur (wir erwarten 40 °C) berücksichtigt werden. Bei unseren Planungsschritten verwendeten wir die – z.T. durch Querverweise verknüpfen – Tabellen 8, 9, 9/2, 15 und 17. Dabei ermittelten wir eine Strombelastbarkeit von 29,78 A.

Die am Ende abzuleitende Überstrom-Schutzeinrichtung nach der Vorgabe $I_b < I_n < I_z$ wäre eine 25-A-Sicherung. Mit diesem Ergebnis kommen wir zur Schlussfolgerung:

• Größerer Platzbedarf im Schalt-schrank.

• Anslchlusstechnische Schwierigkeiten an den für den Betriebsstrom geeigneten Schaltgeräten.

• Erhöhte Kosten.

Unsere Firma arbeitet derzeit mit einer internen Strombelastbarkeitstabelle für die Verdrabtung innerhalb von Gehäusen (Tabelle 1).

Wir hoffen nun in der von Ihnen zitierten Norm DIN VDE 0660-507 (VDE 0660, Teil 507)1997-11 die genannte »entsprechende Tabelle mit zulässigen Strombelastbarkeitswerten« zu finden.

Die dort enthaltenen Tabellen sind jedoch nur Zuordnungen von Betriebsströmen zu Verlustleistungen (Tabelle B.1).

Firmenvorschrift

Leiterquerschnitt S [mm ²]	Strombelastbarkeit I_z [A]	Überlastschutz mit Leitungsschutzschalter bzw. Leistungsschalter $I_{r, Therm.}$ [A]
0,5	6,6	6
0,75	8,3	6
1,0	10,5	6
1,5	13,3	10
2,5	17,7	16
4,0	23,2	20
6,0	29,9	25
10,0	40,4	35
16,0	54,2	50 (63) ^{*1}
25,0	71,3	63
35,0	87,4	80
50,0	109,5	100
70,0	135,5	125
95,0	161,5	160

*1) Einstellung des thermischen Überlastauslösers auf 50 A

Tabelle 1: Strombelastbarkeit von PVC-isolierten, einadrigen Kupferleitungen (H05 V-K/H07 V-K) und Zuordnung der max. zulässigen Überstrom-Schutzeinrichtung innerhalb von Gehäusen – Leitertemperatur + 70 °C, Innen-Umgebungstemperatur max. + 40 °C; I_z : Auslösestrom des thermischen Überlastauslösers (entspricht I_N)

Könnten Sie einige klärende Worte zu dem derzeit doch unbefriedigenden Zustand schreiben?

W. M., Bayern

ANTWORT

In der Anfrage wurde ein Problem aufgezeigt, das eigentlich täglich zu Problemen führen müsste. Es ist richtig, dass mit der Grundnorm für die Belastbarkeit von Kabeln, Mantelleitungen und isolierten Leitern der DIN VDE 0298-4 (VDE 0298 Teil 4) eine Auswahl von isolierten Leitern in Schaltanlagen und Verteilern (in Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen) in Abhängigkeit von den Betriebsströmen fast nicht möglich ist. Dies gilt insbesondere unter den in Verteilern relevanten Verlegebedingungen.

Bei europäischer Normenentstehung nicht alle nationalen Interessen berücksichtigt

Diese Schwierigkeit ist aber nicht neu, sondern schon seit vielen Jahren bekannt. Daher hatte ich schon vor mehr als 20 Jahren versucht, entsprechende Werte in die Norm für Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen einzufügen. Der Fachöffentlichkeit wurden diese Entwürfe vorgestellt, z.B. 1985/1986, außerdem wurden sie beim IEC eingereicht.

Internationale Fachkreise waren jedoch gegen solche Werte, da man hier die Meinung vertrat – wie auch in der gültigen Norm DIN EN 60439-1 (VDE 0660 Teil 500) zitiert –, dass die Bemessung der Querschnitte in der Verantwortung der Hersteller liegt.

Nur durch einen kleinen Trick von deutscher Seite gelang es, diese Werte doch noch – wenn auch auf Umwegen – in eine Norm einzubringen. Mit dem Hinweis, dass der Hersteller einer partiell typgeprüften Schaltgerätekombination (PTSK) für den Erwärmungsnachweis die Verlustleistung der Strom führenden Leiter benötigt – solche Werte aber in Katalogen der Kabel-/Leitungshersteller nicht enthalten sind –, war es möglich, die Strombelastbarkeit in einer Norm zu hinterlegen.

Da die zutreffende Publikation beim IEC nur als »Technischer Report« veröffentlicht wurde, war man in Europa nicht bereit, daraus eine europäische Norm zu machen. Dieser Technische Report IEC 60890 wurde in Deutschland dennoch als Norm DIN VDE 0660-507 (VDE 0660 Teil 507) veröffentlicht. Bei der zur Zeit stattfindenden Überarbeitung der Normen der Reihe IEC/EN 60439 wurde von deutscher Seite erneut der Versuch unternommen, entsprechende Belastungstabellen mit aufzunehmen (Tabellen 2 und 3). Ob dieses Vorgehen erfolgreich sein wird, bleibt abzuwarten.

Entstehung der Tabellen in DIN VDE 0660-507 (VDE 0660 Teil 507)

Die den Verlustleistungen zugeordneten Stromwerte sind die maximal zulässigen Belastungen bei entsprechender Verlegung und – was sehr wichtig ist – bei der entsprechenden Umgebungstemperatur um den Leiter.

Berücksichtigung der Temperatur

Bei der Verlegung wurden die typischen Verlegungen in Schaltgerätekombinationen zugrunde gelegt:

- einzeln, frei in Luft innerhalb des Verteilers
- im Dreierbündel mit Abstand zum nächsten Dreierbündel
- mit Häufung, d.h. im Bündel oder gehäuft im Verdrahtungskanal einschließlich loser Verdrahtung und X-Verdrahtung.

Für die Umgebungstemperaturen gibt es folgende Festlegungen:

- 35 °C: gültig für offene Gerüste oder geschlossene Verteiler, bei denen z.B. durch Kühlung die Umgebungstemperatur von 35 °C innerhalb der Schaltgerätekombination nicht überschritten wird
- 55 °C: gültig für geschlossene Verteiler, ohne zusätzliche Kühlung.

Die 55 °C resultieren aus der max. zulässigen Temperatur an der Oberkante des Verteilers. Dieser Wert soll beim rechnerischen Erwärmungsnachweis nicht überschritten werden.

Die Werte für die Strombelastung im Teil 507 von DIN VDE 0660 (VDE 0660) basierten auf der damals gültigen DIN VDE 0298-4 (VDE 0298 Teil 4):1988-02. Die Werte wurden der Tabelle 6 »Belastbarkeit, flexibler Leitungen« aus Spalte 2 entnommen und unter Berücksichtigung der entsprechenden Reduktionsfaktoren auf die jeweilige Umgebungstemperatur umgerechnet. Beim »Dreierbündel« wurde der Häufungsfaktor »drei belastete Adern« berücksichtigt und für die Bündelverlegung wurden sechs gleichzeitig mit 100 % belastete Adern angenommen, wobei davon ausgegangen wurde, dass die übrigen Leiter nur gering belastet sind. Hiermit sollte eine Ermittlung praxisfremder zulässiger Belastbarkeitswerte vermieden werden.

Auch wenn die Tabelle 6 sich auf flexible Leiter bezog, darf davon ausgegangen werden, dass Sie diese auch für massive Leiter anwenden konnten, da es diesbezüglich keine unterschiedlichen Belastungswerte gibt.

IEC-Entwurf des Autors (1)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
cross' sectional area (Cu)												
	operating current	power-losses	maximum protection against short circuit in case of fuses	maximum protection against short circuit in case of circuit breaker	operating current	power-losses	maximum protection against short circuit in case of fuses	maximum protection against short circuit in case of circuit breaker	operating current	power-losses	maximum protection against short circuit in case of fuses	maximum protection against short circuit in case of circuit breaker
mm ²	A	W/m	A	A	A	W/m	A	A	A	W/m	A	A
0,12/0,14	1,8	*	4	27								
0,2/0,22	2,2	*	6	33								
0,3/0,34	3	*	10	45								
0,5/0,56	6	*	20	75	6	*	20	90				
0,75	8	*	20	120	8	*	20	120				
1	9	*	20	135	10	*	20	120				
1,5	12	2,09*	25	180	12	2,09*	25	180	17	4,2	32	180
2,5	16	2,34	32	240	16	2,24	32	240	23	4,63	35	300
4	20	2,18	35	300	21	2,41	35	300	30	4,91	40	375
6	26	2,45	40	490	27	2,64	40	390	38	5,23	50	480
10	35	2,57	63	525	36	2,71	63	525	52	5,66	100	750
16	47	3,02	80	705	49	3,28	80	705	70	6,69	125	975
25	61	3,22	125	915	64	3,51	125	915	92	7,33	160	1275
35	75	3,89	125	1125	79	4,32	125	1125	112	8,68	200	1680
50	94	4,11	160	1410	99	4,56	160	1410	141	9,25	250	2115
70	117	4,44	200	1755	122	4,83	200	1755	174	9,82	315	2610
95	139	4,55	250	2085	145	4,96	250	2085	207	10,09	400	3105
120	164	5,05	250	2460	171	5,49	315	2460	248	11,55	500	3720
150	186	5,34	315	2790	194	5,81	315	2790	278	11,92	500	4125
185	213	5,7	400	3195	223	6,25	400	3195	318	12,8	630	4770
240	251	6,3	500	3765	262	6,82	500	3765	375	13,96	630	5625
2x70					244	9,66	400	3510	348	19,64	630	5220
2x95					290	9,92	500	4170	414	20,2	800	6210
2x120					342	10,98	630	4920	496	23,2	1000	7440
2x150					388	11,62	630	5580	556	23,8	1000	8250
2x185					446	12,5	800	6390	636	25,6	1250	9540
2x240					524	13,64	1000	7530	750	28	1250	11250

These values may be converted correspondingly for short-time operation or intermittent operation.

not relevant

not to recommend

$$P = P_n \left(\frac{I}{I_n} \right)^2$$

Tabelle 2: Strombelastbarkeiten für eine Leitergrenztemperatur von 70 °C, Leiterumgebungstemperatur 50 °C

Betriebsmittelhersteller beeinflussten Strombelastbarkeitswerte

Gegen dieses Vorgehen (Belastbarkeitswerte auf Basis von DIN VDE 0298-4 [VDE 0298 Teil 4] zu ermitteln) legten die Betriebsmittelhersteller Einspruch ein. Sie forderten, dass für die Strombelastbarkeit bei 35 °C mindestens der so genannte »Prüfquerschnitt« gewählt werden muss. So wurde für 55 °C ein um

mindestens eine Stufe höherer Querschnitt als der Prüfquerschnitt gefordert.

Dies führte bei der Erstellung der Tabellen dazu, dass der jeweils größere Querschnitt aus Belastbarkeit und Prüfquerschnitt festgelegt werden musste. Aufgrund dieser Konfiguration gibt es daher ebenso keine Möglichkeit, mit einem entsprechenden Faktor auf andere Umgebungstemperaturen umzurechnen.

Entsprechend war das Vorgehen auch bei blanken Leitern, wobei hierzu in dieser Antwort nicht näher eingegangen werden soll.

Umrechnung auf andere Temperaturen

Wegen der Problematik – Umrechnung auf andere Temperaturen – wurden seinerzeit von mir entsprechende Tabellen für 30 °C, 35 °C, 40 °C, 45 °C, 50 °C

IEC-Entwurf des Autors (2)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
cross-sectional area (Cu)												
	operating current	power-losses	maximum protection against short circuit in case of fuses	maximum protection against short circuit in case of circuit breaker	operating current	power-losses	maximum protection against short circuit in case of fuses	maximum protection against short circuit in case of circuit breaker	operating current	power-losses	maximum protection against short circuit in case of fuses	maximum protection against short circuit in case of circuit breaker
mm ²	A	W/m	A	A	A	W/m	A	A	A	W/m	A	A
0,75	8	*	20	120	10,5	*	25	155				
1	10,2	*	25	150	13,3	*	25	200				
1,5	12,9	2,58*	25	195	16,8	4,38*	32	252	24	8,95	40	360
2,5	17,2	2,76	32	260	22,4	4,69	35	336	32	9,57	50	480
4	22,5	2,96	35	340	29,4	6,06	40	441	42	10,33	80	630
6	28,9	3,25	40	435	37,8	5,56	63	567	54	11,34	100	810
10	39	3,5	63	585	51,1	6	100	766	73	12,25	125	1095
16	52	3,9	100	780	68,6	6,8	125	1029	98	12,3	200	1470
25	69	4,52	125	1035	90,3	7,74	125	1355	129	13,88	250	1935
35	85	4,83	160	1275	110,6	8,23	200	1665	158	16,67	315	2370
50	106	5,21	200	1590	138,6	8,97	250	2085	198	18,1	400	2970
70	131	6,03	250	1965	171,5	10,4	315	2580	245	21,12	500	3675
95	157	6,13	315	2355	204	10,4	400	3060	292	21,19	500	4380
120	184	6,69	315	2760	241	11,5	500	3615	344	23,38	630	5160
150	210	7,3	400	3150	274	12,5	500	4110	391	25,33	800	5865
185	240	7,76	400	3600	314	13,3	630	4710	448	27,05	800	6720
240	283	8,58	500	4245	370	14,7	630	5550	528	29,85	1000	7920
2x70					344	20,8	630	5160	490	42,2	800	7350
2x95					408	20,8	800	6120	584	42,4	1000	8760
2x120					482	23	1000	7230	688	46,8	1250	10320
2x150					548	25	1000	8220	782	50,6	1250	11730
2x185					628	26,6	1250	9420	896	54,2	2 x 800	13440
2x240					740	29,4	2 x 630	11100	1056	59,8	2 x 1000	15840

These values may be converted correspondingly for short-time operation or intermittent operation.

- not relevant
- not to recommend

$$P = P_n \left(\frac{I}{I_n} \right)^2$$

This table is only applicable for connections without electrical equipments. This table also be used for connections to equipment if at least the test conductors required by the equipment manufacturer area

Tabelle 3: Strombelastbarkeiten für eine Leitertemperatur von 90 °C, , Leiterumgebungstemperatur 50 °C

und 55 °C erstellt. Wegen der doch sehr niedrigen Belastungswerte in der Tabelle für 55 °C – z. B. für 1,5 mm² im Bündel 8 A – favorisierte und publizierte ich eine Tabelle für 50 °C. Diese wird inzwischen allgemein anerkannt. Sie kann für 50 °C angewendet werden, da ja die 55 °C nur an der Schrankoberkante auftreten und die Verdrahtung nicht direkt an der Oberkante stattfindet.

In einem zweiten Schritt wurde diese Tabelle für 50 °C inzwischen auch von

deutscher Seite für die Überarbeitung der IEC-Normen eingebracht.

Tabelle 3 gilt für Leiter mit einem höherem Temperaturbereich (90 °C). Da die Tabelle 6 aus DIN VDE 0298-4 (VDE 0298 Teil 4):1988-02 so nicht in die neuere DIN VDE 0298-4 (VDE 0298 Teil 4):1988-11 übernommen wurde, ergibt sich wirklich ein Problem, eine analoge Tabelle für Ihre Fragestellung zu finden. Dennoch möchte ich Ihnen hier eine Lösungsmöglichkeit zeigen.

Anwendung auf Planungsbeispiel

Nach meiner Meinung wäre die Tabelle 3 anwendbar, auch wenn sie sich auf »Gebäude« bezieht – aber nur die Verlegeart B1. Die Verlegeart G bezieht sich auf eindrigge Kabel – die höher belastbar sind als basisisolierte Leiter und darüber hinaus Werte erst ab 25 mm² enthalten.

Formal kann Tabelle 9 angewendet werden, da sowohl in Tabelle 1 als auch in Tabelle 8 auf Tabelle 9 verwiesen

wird. Die entsprechende Verlegeart ist nach Tabelle 17 zu berücksichtigen, wobei zusätzlich der Faktor 0,67 für einen Drehstromkreis anzuwenden ist. Allerdings sollten in Anlehnung an DIN VDE 0660-507 (VDE 0660 Teil 507) nur zwei Drehstromkreise zugrunde gelegt werden. Dafür müsste ggf. bei der Umgebungstemperatur von einem anderen Faktor, z. B. der für 50 °C, ausgegangen werden.

Die von Ihnen gewählten 40 °C sind sicher aus DIN EN 60204-1 (VDE 0113 Teil 1) entnommen, die sich allerdings auf den Schaltschrank beziehen und nicht auf das Innere des Schaltschranks. Innen wird es meist wärmer sein, es sei denn die Schränke werden gekühlt.

Bleibt man bei dem Beispiel mit 10 mm² aus der Anfrage, ergibt sich folgende Belastbarkeit:

- Tabelle 9, Spalte 2: 73 A bei 30 °C
- Tabelle 8, Fußnote: Faktor 0,67
- Tabelle 17, Zeile 1: Faktor 0,8 für zwei Drehstromkreise
- Tabelle 15, Spalte 4: Faktor 0,71 für 50 °C.

Damit ergibt sich: $73 \text{ A} \cdot 0,67 \cdot 0,8 \cdot 0,71 = 27,8 \text{ A}$. Dieser Wert liegt sogar noch etwas unter dem in der Anfrage ermittelten Wert, entspricht aber aufgerundet in etwa dem Wert von 28 A, der in der bei der IEC eingereichten Tabelle enthalten ist. Auch bei anderen Querschnitten ergibt sich in etwa Übereinstimmung.

40 °C Umgebungstemperatur

Unter Berücksichtigung der Umgebungstemperatur von 40 °C, welche in Ihrer beigefügten Tabelle 1 angegeben ist, würde sich folgende zulässige Belastbarkeit ergeben:

- Tabelle 9, Spalte 2: 73 A bei 30 °C
- Tabelle 8, Fußnote: Faktor 0,67
- Tabelle 17, Zeile 1: Faktor 0,8 für zwei Drehstromkreise
- Tabelle 15, Spalte 4: Faktor 0,87 für 40 °C

Damit ergibt sich: $73 \text{ A} \cdot 0,67 \cdot 0,8 \cdot 0,87 = 34,04 \text{ A}$ bei einem Schutz durch eine gG-Sicherung gG (mit $I_2 \geq 1,6$), also eine 32-A-Sicherung.

Geht man von einem »erforderlichen« Strom von 73 A aus – d. h. einem angeschlossenen Verbraucher mit 73 A Bemessungsstrom – würde sich folgender erforderliche Querschnitt ergeben:

- 73 A dividiert durch 0,466 (ergibt sich aus $0,67 \cdot 0,8 \cdot 0,87$) = 156,6 A
- zu wählender Querschnitt: 35 mm².

Dieser Querschnitt kann auch unter dem Gesichtspunkt der Anschließbarkeit an

elektrische Betriebsmittel akzeptiert werden.

Betrachtet man die Herstellerangaben, welcher Querschnittsbereich an die Geräte angeschlossen werden kann, ergibt sich z. B. für ein Schütz der Fa. Siemens:

- Baugröße S3, maximaler Betriebsstrom bei 60 °C: $I_c = 65 \text{ A}$ für AC-2 und AC-3
- Schalten ohmscher Last (AC-1), max. 90 A
- max. anschließbarer Querschnitt 50 mm² (feindrätig mit Aderendhülse)
- Der vom Betriebsmittelhersteller geforderter Mindestquerschnitt, damit das Schütz den Strom I_c von 90 A führen kann, beträgt 16 mm².

Bezogen auf ein Schütz, das die für 10 mm² ermittelten 32 A führen kann, ergibt sich, dass die Baugröße S0 erforderlich wäre. Dieses kann einen maximalen Betriebsstrom $I_c = 12 \text{ A}$ für AC-2 und AC-3 führen, bzw. beim Schalten ohmscher Last (AC-1) sind 40 A zulässig. An dieses Schütz ist ein Querschnitt von 10 mm² (feindrätig mit Aderendhülse) anschließbar. Dies entspricht auch dem vom Betriebsmittelhersteller geforderten Mindestquerschnitt, damit das Schütz den Strom I_c von 40 A führen kann.

Berücksichtigen Sie bitte Folgendes: In den wenigsten Fällen schaltet ein Schütz rein ohmsche Last. Demzufolge müssen Sie in der Regel immer ein größeres Schütz einsetzen, sodass der ermittelte Querschnitt auch immer anschließbar sein wird.

Zu Ihrer Werkstabelle

Leider sagt Tabelle 1 nichts über die Verlegeart und die berücksichtigte Häufung aus, sodass ich die Werte der Strombelastbarkeit nicht beurteilen kann.

Die Zuordnung der Schutzeinrichtungen für den Schutz bei Überlast könnte positiv korrigiert werden, da bei Leitungsschutzschaltern und Leistungsschaltern der große Prüfstrom $I_2 > 1,45$ nicht überschreitet. Somit wäre eine direkte Zuordnung zur Strombelastbarkeit möglich. D. h. für 10,5 A darf ein Leitungsschutzschalter 10 A verwendet werden. Bei Leistungsschaltern dürfte der Überlastauslöser auf 10,5 A eingestellt werden. Entsprechendes gilt auch für die anderen Werte.

Fazit

Der von Ihnen angeführte, anschließbare Querschnitte dürfte nur in wenigen

Fällen zu Problemen führen. Erhöhte Kosten und Platzanforderung sind kein Argument, eine weniger sichere elektrische Anlage zu akzeptieren.

Wenn die vorgegebenen Konfigurationen alle zutreffen, wie:

- der »Strom fließt über längere Zeit«, sodass Kurzzeit-/Aussetzbetrieb nicht angewendet werden kann,
- die Umgebungstemperatur um den Leiter ist relativ hoch und
- eine Bündelung ist notwendig, dann geht kein Weg an der Physik vorbei: Sie müssen die Querschnitte vergrößern. Dies gilt zusätzlich noch unter dem Gesichtspunkt, dass sich viele Schaltanlagenbauer darüber wenig Gedanken machen.

W. Hörmann

PRAXISHILFEN 4

Fragen und Antworten aus der Rubrik »Praxisprobleme« gehen nicht »verloren«, denn wir treffen für Sie in regelmäßigen Abständen eine Auswahl der interessantesten und am häufigsten gefragten Praxisproblemfälle – zusammengefasst als de-Special. Das aktuelle de-Special »Praxishilfen 4« berücksichtigt die Jahrgänge 1999 und 2000.

Eine praxisnahe Gliederung der »Praxishilfen 4« in die zwölf Themenbereiche

- Beleuchtung,
- Betriebsmittel,
- Elektrische Maschinen,
- Elektroinstallation allgemein,
- Elektroinstallation in Sonderbereichen,
- Energieverteilung,
- Erdung/Potentialausgleich,
- Messen und Prüfen,
- Personen- und Sachschutz,
- Qualifikation, Verantwortung,
- Sanierung von Elektroanlagen,
- Schaltanlagen und Verteiler sowie das detaillierte Stichwortverzeichnis helfen beim schnellen Auffinden ähnlich gelagerter Problemfälle.

ISBN 3-8101-0154-0; 14,80 €

