

22.12 Brandschutz durch vorbeugende Installationstechnik

Nach DIN VDE 0100-100 Abschnitt 131.3 gilt für den Schutz gegen thermische Auswirkungen folgender Grundsatz:

Die elektrische Anlage muss so angeordnet sein, dass von ihr keine Gefahr der Entzündung brennbaren Materials infolge zu hoher Temperatur oder eines Lichtbogens ausgeht. Zusätzlich dürfen während des normalen Betriebs von elektrischen Betriebsmitteln Personen und Nutztiere keiner Gefahr von Verbrennungen ausgesetzt sein.

Für die Verminderung der Brandgefahr ist die schnelle Abschaltung eines Fehlers in der elektrischen Anlage wichtig. Richtig bemessene und einwandfrei ausgeführte Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag (DIN VDE 0100-410) und der Überstromschutz von Kabeln und Leitungen gegen zu hohe Erwärmung (DIN VDE 0100-430) sorgen unter Beachtung aller Umgebungs- und Verlegebedingungen für einen ausreichenden Brandschutz. Je empfindlicher eine Schutzeinrichtung arbeitet, d. h. je schneller sie im Fehlerfall anspricht, desto wirksamer übernimmt sie auch den Brandschutz. Ebenso logisch ist allerdings auch, dass eine Schutzeinrichtung bei mangelhafter Ausführung der Anlage den Schutz nur bedingt oder überhaupt nicht übernehmen kann. Werden Leitungshäufungen oder höhere Umgebungstemperaturen nicht berücksichtigt, oder liegen mangelhafte Übergangswiderstände an Kontakten vor, so kommen Ströme zum Fließen, die einen Brand auslösen können, ohne dass die vorgeschaltete Schutzeinrichtung anspricht. RCDs mit Bemessungsfehlerströmen $I_{\Delta n} \leq 300$ mA bieten einen ausgezeichneten Brandschutz, da Fehler gegen Erde oder gegen geerdete Bauteile sehr schnell erkannt und abgeschaltet werden.

Werden zum Brandschutz Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) verwendet, müssen solche vom Typ A oder Typ B (wenn glatte Gleichfehlerströme zu erwarten sind) mit einem Bemessungsdifferenzstrom $I_{\Delta n} \leq 300$ mA eingesetzt werden. Einen sehr hohen Schutzwert bieten Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit einem Bemessungsfehlerstrom $I_{\Delta n} \leq 300$ mA, da Fehler gegen Erde oder geerdete Bauteile sehr schnell erkannt und abgeschaltet werden. Bei Anwendung von Differenzstrom-Schutzeinrichtungen (RCM) ist ein Gerät mit einem Ansprechstrom $I_{\Delta n} \leq 300$ mA zu verwenden. Die Differenzstrom-Schutzeinrichtung muss bei einem Spannungsausfall eine Abschaltung in die Wege leiten.

Auch der neue Brandschutzschalter (AFDD) trägt zu einem verbesserten Brandschutz bei. Wo solche Schalter einzusetzen sind, wird in Abschnitt 16.10 in diesem Buch näher erläutert (siehe auch Abschnitt 22.14 in diesem Buch).

Elektrische Leitungen bzw. Kabel, die zur Versorgung besonderer Anlagen dienen, sollten auch einen besonderen Schutz über ihre gesamte Länge (Längsschutz) erhalten. Dieser Längsschutz kann für folgende Anlagen erforderlich sein:

- Rettungswege (Flure, Treppenhäuser)
- Räume für Menschenansammlungen
- Räume mit einer Konzentration hoher Sachwerte
- Netzersatz- und Notstromanlagen
- Feuerwehraufzüge
- Sprinkleranlagen
- Sicherheitsbeleuchtung

Der Längsschutz in diesen Anlagen soll im Zusammenhang mit elektrischen Kabeln und Leitungen eine Brandschutzmaßnahme darstellen, die den Übergriff eines äußeren Brands auf Kabel- bzw. Leitungsanlagen erschwert oder verhindert. Gleichzeitig sollen die von einem Kabel- bzw. Leitungsbrand ausgehenden Folgewirkungen abgeschwächt oder verhindert werden. Dieser Schutz kann durch bauliche Maßnahmen, durch die Auswahl entsprechender Kabel bzw. Leitungen oder durch eine entsprechende Verlegeart erreicht werden. Den Längsschutz könnten alternativ sicherstellen:

- die Verlegung mineralisolierter Leitungen bzw. Kabel
- die Verlegung halogenfreier Leitungen bzw. Kabel
- PVC-Kabel und PVC-Leitungen mit verbessertem Brandverhalten
- das Auftragen von Dämmschichtbildnern
- die Ummantelung von Leitungen und Kabeln mit Streckmetall, das mit Dämmschichtbildnern gestrichen ist
- Herstellen von Schächten und Kanälen aus nicht brennbaren Baustoffen
- besondere Wahl der Kabel- bzw. Leitungstrasse mit räumlich getrennter Verlegung, z. B. in Zwischenböden und anderen Hohlräumen aus nicht brennbaren Baustoffen
- die Verlegung im Erdreich
- die Verlegung in Beton, in Putz oder unter Putz

Mineralisierte Kabel und Leitungen sind bis etwa 1 000 °C (Kupfermantel) und bis etwa 2 000 °C (Magnesiumoxid als Leiterisolierung) temperaturbeständig. Sie verursachen im Brandfall weder Rauch- noch gefährliche Brandgase.

Kunststoffisolierten Kabeln und Leitungen ist als Füllstoff häufig Aluminiumhydroxid beigemischt, das bis zu 30 % Wasser in chemisch gebundener Form enthält. Das Wasser wird bei Erhitzung freigesetzt, wobei Wärme gebunden wird. Diese Kabel und Leitungen sind mit „schwer entflammenden Baustoffen“ vergleichbar, d. h., sie brennen unter Prüfbedingungen nicht selbsttätig weiter, zersetzen sich aber unter Flammeneinwirkung. Im Brandfall verbrennt die Isolierung, die Füllstoffe veraschen, und das Aluminiumhydroxid bleibt als weiße pulvrige Masse

zwischen den Leitern erhalten. Der mit trockenem Pulver gefüllte Abstand zwischen den Leitern gewährleistet den Funktionserhalt. Durch Erschütterungen kann das Pulver herausfallen und so das Betriebsverhalten im Brandfall beeinträchtigen. Die von den Herstellern gebrauchte Aussage eines „Funktionserhalts im Brandfall“ ist also mit Vorsicht zu betrachten. Halogenfreie Kabel und Leitungen haben im Brandfall gegenüber PVC-isolierten Kabeln und Leitungen folgende Vorteile:

- keine Abspaltung von korrosiven Gasen
- geringe Rauchentwicklung

Kabel und Leitungen aus PVC oder VPE haben die Eigenschaft, im Brandfall auch nach Entzug der Zündquelle aus sich heraus weiterzubrennen.

Kabel und Leitungen, die im Brandfall „Verbrennungswärme“ entwickeln, erhöhen die Brandbelastung eines Gebäudes. Die Verbrennungswärmen in kWh/m gängiger Kabel und Leitungen (Typ und Querschnitt) sind in **Tabelle 22.7** dargestellt. Ein Vergleich zeigt, dass die Verbrennungswärmen von halogenhaltigen und halogenfreien Kabeln und Leitungen nahezu gleich sind.

Die Verbrennungswärme für Elektro-Installationsrohre kann aus **Tabelle 22.8** näherungsweise entnommen werden. Die von den Herstellern angegebenen Werte sind nicht einheitlich.

Die zulässige Brandbelastung eines Gebäudes wird entweder in kWh/m² oder in MJ/m² angegeben. Unter **Brandbelastung** (Brandlast) wird die Verbrennungswärme der dort vorhandenen brennbaren Stoffe verstanden. Sie wird festgelegt durch eine entsprechende brandschutztechnische Forderung an die Begrenzung der Menge brennbarer Stoffe. Diese Forderung gilt nicht nur für die Elektrotechnik, sondern auch für andere Gewerke. Die Verbrennungswärme verschiedener Stoffe zeigt **Tabelle 22.9**.

Für Betriebsmittel von elektrischen Starkstromanlagen, die baulichen brandschutztechnischen Forderungen unterliegen, regelt der Gesetzgeber die wesentlichen Grundanforderungen im Bauordnungsrecht. Hierzu wurde ein „Muster für Richtlinien über brandschutztechnische Anforderungen an Leitungsanlagen“ (Wortlaut siehe Anhang G; Abschnitt 25.7) ausgearbeitet. Diese Muster-Richtlinien behandeln u. a. die Installation von Starkstromanlagen in bestimmten Rettungswegen, die Durchführung von Kabeln und Leitungen durch bestimmte Decken und Wände mit notwendiger Feuerwiderstandsklasse sowie den Funktionserhalt für Sicherheitseinrichtungen.

Technische Daten der Kabel und Leitungen		Bauart der Kabel und Leitungen									
		halogenhaltig					halogenfrei				
		NYM	NY	NYCY/ NYCWY	NHXXH	NHXXCHX	NHMH	NHXXMH	NSHXAÖ NSHXAFO	NSHXAÖ NSHXAFO	1,8/3
U_0/U in V bzw. kV		300/500	0,6/1	0,6/1	0,6/1	0,6/1	450/750	300/500			
$n \times \text{mm}^2$		kWh/m									
$n \times \text{mm}^2/\text{mm}^2$											
1 × 1,5		0,17					0,16	0,33	0,13	0,20	
1 × 2,5		0,22	0,22		0,22		0,19	0,36	0,16	0,22	
1 × 4		0,25	0,33		0,28		0,23	0,42	0,20	0,25	
1 × 6		0,28	0,33		0,28		0,26	0,44	0,22	0,28	
1 × 10		0,36	0,33		0,28		0,34	0,53	0,30	0,37	
1 × 16		0,42	0,42		0,39		0,41	0,64	0,35	0,43	
1 × 25		0,58	0,58		0,53				0,47	0,59	
1 × 35			0,67		0,58				0,54	0,73	
1 × 50			0,81		0,69				0,75	0,83	
1 × 70			0,92		0,81				0,85	0,94	
1 × 95			1,17		1,03				1,06	1,26	
1 × 120			1,31		1,14				1,17	1,38	
1 × 150			1,58		1,39				1,39	1,51	
1 × 185									1,75	1,88	
1 × 240									2,10	2,24	
1 × 300									2,46	2,62	
1 × 400											

Tabelle 22.7 Verbrennungswärme von Kabeln und Leitungen mit Nennspannungen bis 3 kV

2 × 1,5		0,42	0,69		0,69		0,41	0,36	
2 × 2,5		0,53	0,78		0,78		0,47	0,42	
2 × 4		0,67	1,00		0,89		0,62	0,56	
2 × 6		0,75	1,11		1,00		0,71	0,64	
2 × 10		1,17	1,31		1,19		1,09	0,97	
2 × 16							1,37	1,30	
2 × 25							1,98	1,80	
2 × 35							2,52	2,30	
3 × 1,5		0,44	0,75		0,78		0,46	0,42	
3 × 2,5		0,58	0,83		0,86		0,53	0,47	
3 × 4		0,72	1,08		1,00		0,70	0,61	
3 × 6		0,92	1,22		1,08		0,89	0,78	
3 × 10		1,28	1,42		1,28		1,23	1,10	
3 × 16		1,53	1,69		1,53		1,59	1,50	
3 × 25		2,39	2,47		2,25		2,37	2,10	
3 × 35		2,78	2,14		2,56		2,82	2,50	
3 × 50			2,60		3,19				
3 × 70			3,08		3,94				
3 × 95			4,06		5,14				
3 × 120			4,47		5,89				
3 × 150			5,42		7,25				

Tabelle 22.7 (Fortsetzung) Verbrennungswärme von Kabeln und Leitungen mit Nennspannungen bis 3 kV

Technische Daten der Kabel und Leitungen	Bauart der Kabel und Leitungen									
	halogenhaltig				halogenfrei					
	NYM	NYY	NYCY/ NYCWY	NHXXHX	NHXXCHX	NHMH	NHXXMH	NSHXAÖ NSHXAFO	NSHXAÖ NSHXAFO	1.8/3
Aderzahl und Nennquerschnitt	NYM	NYY	NYCY/ NYCWY	NHXXHX	NHXXCHX	NHMH	NHXXMH	NSHXAÖ NSHXAFO	NSHXAÖ NSHXAFO	1.8/3
U_0/U in V bzw. kV	300/500	0,6/1	0,6/1	0,6/1	0,6/1	450/750	300/500	0,6/1	0,6/1	1.8/3
$n \times \text{mm}^2$	$n \times \text{mm}^2/\text{mm}^2$	kWh/m								
$3 \times 1,5$	0,44	0,75		0,78		0,46	0,42			
$3 \times 2,5$	0,58	0,83		0,86		0,53	0,47			
3×4	0,72	1,08		1,00		0,70	0,61			
3×6	0,92	1,22		1,08		0,89	0,78			
3×10	1,28	1,42		1,28		1,23	1,10			
3×16	1,53	1,69		1,53		1,59	1,50			
3×25	2,39	2,47		2,25		2,37	2,10			
3×35	2,78	2,14		2,56		2,82	2,50			
3×50		2,60		3,19						
3×70		3,08		3,94						
3×95		4,06		5,14						
3×120		4,47		5,89						
3×150		5,42		7,25						
$4 \times 1,5$	0,53	0,83	0,78	0,89		0,53	0,47			
$4 \times 2,5$	0,67	0,94	0,86	1,00		0,62	0,56			
4×4	0,92	1,25	1,11	1,14		0,90	0,78			
4×6	1,08	1,42	1,25	1,28		1,07	0,94			
4×10	1,50	1,67	1,47	1,50		1,44	1,30			

Tabelle 22.7 (Fortsetzung) Verbrennungswärme von Kabeln und Leitungen mit Nennspannungen bis 3 kV

4 × 16	3 × 16/10	1,86	2,03	1,75	1,86	1,87	1,80		
	3 × 16/16			1,75					
4 × 25		2,89	2,89		2,64	2,88	2,60		
	3 × 25/16		2,67	2,53	2,42	3,33			
	3 × 25/25	3,28		2,53			3,10		
4 × 35			2,61		3,00				
	3 × 35/16		2,67	2,22	2,69				
	3 × 35/35			2,22					
4 × 50			3,31		3,92				
	3 × 50/25		3,31	2,78	3,53				
	3 × 50/50			2,75					
4 × 70			4,08		4,81				
	3 × 70/35		4,06	3,28	4,31				
	3 × 70/70								
4 × 95			5,11		6,25				
	3 × 95/50		5,19	4,28	5,58				
	3 × 95/95			4,28					
4 × 120			5,69		7,14				
	3 × 120/70		5,81	4,72	6,58				
	3 × 120/120			4,72					
4 × 150			6,97		7,14				
	3 × 150/70		7,03	5,72	7,64				
	3 × 150/150			5,72					

Tabelle 22.7 (Fortsetzung) Verbrennungswärme von Kabeln und Leitungen mit Nennspannungen bis 3 kV

Technische Daten der Kabel und Leitungen		Bauart der Kabel und Leitungen									
		halogenhaltig					halogenfrei				
		NYM	NYJ	NYC/ NYCWJ	NHXHX	NHXCHX	NHMH	NHXMH	NSHXÄÖ NSHXAFÖ	NSHXÄÖ NSHXAFÖ	NSHXÄÖ NSHXAFÖ
U_0/U in V bzw. kV		300/500	0,6/1	0,6/1	0,6/1	0,6/1	0,6/1	450/750	300/500	0,6/1	1,8/3
U_0/U in V bzw. kV		kWh/m									
$n \times \text{mm}^2$	$n \times \text{mm}^2/\text{mm}^2$	0,58	0,94	0,86	1,03	0,89	0,61	0,56			
5 × 1,5	4 × 1,5/1,5										
5 × 2,5	4 × 2,5/2,5	0,75	1,08	0,97	1,14	1,03	0,72	0,64			
5 × 4	4 × 4/4	1,11	1,44	1,28	1,31	1,17	1,08	0,98			
5 × 6	4 × 6/6	1,28	1,64	1,44	1,47	1,31	1,25	1,10			
5 × 10	4 × 10/10	1,83	2,00	1,69	1,83	1,53	1,69	1,50			
5 × 16	4 × 16/16	2,31	2,39	2,08	2,17	1,89	2,33	2,20			
5 × 25	4 × 25/16	3,42	3,42	2,92	3,14	2,69	2,39	3,10			
5 × 35	4 × 35/16			2,67		3,06	4,01	3,70			
	4 × 50/25			3,44		4,00					
	4 × 70/35			4,17		4,89					
	4 × 95/50			5,33		6,44					
	4 × 120/70			5,94		7,36					
	4 × 150/70			7,22		8,97					

Tabelle 22.7 (Fortsetzung) Verbrennungswärme von Kabeln und Leitungen mit Nennspannungen bis 3 kV

6 × 1,5		0,67										
7 × 1,5		0,67	1,08			1,17		0,69		0,64		
7 × 2,5			1,22			1,31		0,89		0,81		
7 × 4			1,67			1,50						
12 × 1,5			1,56			1,69						
12 × 2,5			1,78			2,00						
12 × 4			2,53			2,31						
19 × 1,5			2,06			2,36						
19 × 2,5			2,44			2,69						
19 × 4			3,42			3,14						
24 × 1,5			2,56			2,86						
24 × 2,5			2,94			3,28						
24 × 4			4,33			3,97						
37 × 1,5			3,39			3,92						
37 × 2,5			4,00			4,69						
37 × 4			6,03			5,53						

Tabelle 22.7 (Fortsetzung) Verbrennungswärme von Kabeln und Leitungen mit Nennspannungen bis 3 kV

Rohr- material	Durchmesser mm	Wandstärke mm	Verbrennungs- wärme kWh/m	Wandstärke mm	Verbrennungs- wärme kWh/m
Rohre aus PVC-hart	16	1,2	0,45	1,8	0,62
	20	1,5	0,69	2,3	0,98
	25	1,9	1,06	2,8	1,47
	32	2,4	1,71	3,6	2,41
	40	3,0	2,63	4,5	3,75
	50	3,7	4,05	5,6	5,80
	63	4,7	6,45	7,0	9,10
Rohre aus PE-hart	16	–	–	2,0	1,11
	20	–	–	2,0	1,43
	25	2,0	1,83	2,3	2,09
	32	2,0	2,39	3,0	3,40
	40	2,3	3,48	3,7	5,25
	50	2,9	5,37	4,6	8,13
	63	3,6	8,39	5,8	12,80
Rohre aus PP	16	–	–	2,0	1,14
	20	1,8	1,34	2,5	1,78
	25	1,8	1,72	2,7	2,34
	32	2,0	2,46	3,0	3,49
	40	2,3	3,57	3,7	5,39
	50	2,9	5,32	4,6	8,35
	63	3,6	8,61	5,8	13,20

Tabelle 22.8 Verbrennungswärme von Elektro-Installationsrohren in kWh/m in Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser und der Wandstärke

Stoff	Verbrennungswärme	
	kcal/kg	kWh/kg
Holz	3 600 bis 4 000	4,2 bis 4,7
PVC	4 000 bis 4 300	4,7 bis 5,0
PE	11 000	12,8
PP	11 000	12,8
Benzin	11 000	12,8
Propan	12 000	14,0
Acetylen	12 000	14,0
Wasserstoff	30 000	35,0

Umrechnungsfaktoren für verschiedene Einheiten:

1 kWh = 860,11 kcal

1 MJ = 0,278 kWh

1 kWh = 3,6 MJ

1 kcal = $1,1626 \cdot 10^{-3}$ kWh

Tabelle 22.9 Verbrennungswärme (Heizwert) wichtiger Stoffe