

9 Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen DIN VDE 0298-4

Die Strombelastbarkeit ist der unter bestimmten Bedingungen höchstzulässige Strom, bei dem der Leiter an keiner Stelle über die zulässige Betriebstemperatur erwärmt wird.

9.1 Strombelastbarkeit von Leitungen

Die Strombelastbarkeit I_Z von Leitungen errechnet sich wie folgt:

$$I_Z = I_r \cdot \prod f. \quad (9.1)$$

Hierin bedeuten:

I_r Belastbarkeit bei den der Tabelle 9.2 zugrunde gelegten Betriebsbedingungen,
 $\prod f$ Produkt aller erforderlichen Umrechnungsfaktoren.

Nach DIN VDE 0298-4, Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen für feste Verlegung in Gebäuden, gelten unter folgenden Bedingungen die in den **Tabellen 9.1, 9.2 und 9.3** angegebenen Werte:

- Leitungen einzeln verlegt;
- Umgebungstemperatur wird durch die Verlustwärme der Leitung nicht merklich erhöht;
- isolierte Kupferleitungen;
- Grenztemperatur (zulässige Betriebstemperatur) des Isolierwerkstoffes 70 °C (PVC);
- Dauerbelastung;
- Umgebungstemperatur 30 °C⁵;
- Schutz gegen direkte Wärmebestrahlung durch Sonne usw.

Der Leiternennquerschnitt ist für die Beziehung

$$I_Z \geq I_B \quad (9.2)$$

zu dimensionieren, mit I_B , der Belastung der Leitung im ungestörten Betrieb.

⁵ Bei der Planung in Gebäuden wird im Normalfall von einer Umgebungstemperatur von 25 °C aus gegangen.

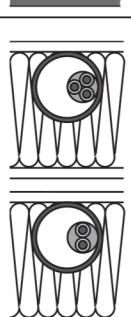
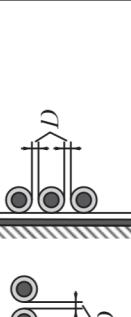
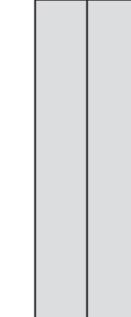
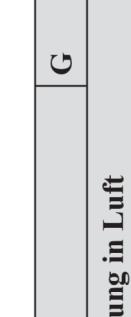
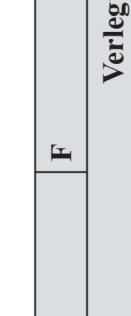
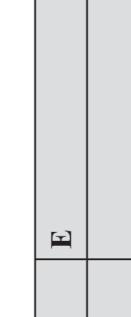
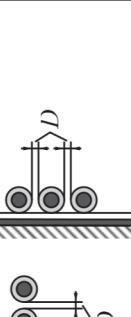
Verlegeart	A1	A2	B1	B2	C
	Verlegung in wärmegämmten Wänden		Verlegung in Elektro-Installationsröhren		Verlegung auf einer Wand
	Aderleitungen im Elektroinstallationsrohr in einer wärmegämmten Wand		Aderleitungen im Elektroinstallationsrohr auf einer Wand	mehradriges Kabel oder mehradrige ummantelte Installationsleitung in einem Elektroinstallationsrohr auf einer Wand	ein- oder mehradriges Kabel oder ein- oder mehradrige ummantelte Installationsleitung
					
Verlegeart	D	E	F	G	
	Verlegung in Erde		Verlegung in Luft		
	mehradriges Kabel im Elektroinstallationsrohr oder Kabelschacht im Erdboden		mehradriges Kabel mit Abstand von mindestens $0,3 \cdot \text{Durchmesser } D$ zur Wand	einadrige Kabel mir Abstand von mindestens $1 \cdot \text{Durchmesser } D$ zur Wand	
					

Tabelle 9.1 Referenzverlegearten A1, A2, B1, B2, C, D, E, F und G, für Kabel und Leitungen für feste Verlegung im Gebäuden, Betriebstemperatur 70 °C, Umgebungstemperatur 30 °C, nach DIN VDE 0298-4:1998-11 (zurückgezogen) [2, 4]

Verlegeart	A1		A2		B1		B2		C	
	Verlegung in wärmegedämmten Wänden				Verlegung in Elektroinstallationsrohren				Verlegung auf einer Wand	
Anzahl belasteter Adern	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
Nennquerschnitt in mm ²	Belastbarkeit in A									
1,5	15,5 ²⁾	13,5	15,5 ²⁾	13,0	17,5	15,5	16,5	15,0	19,5	17,5
2,5	19,5	18,0	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	33,02
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57
10	—	—	—	—	—	—	—	47,17	—	59,43
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259
150	240	216	219	196	300	262	258	225	344	299
185	273	245	248	223	341	296	294	255	392	341
240	321	286	291	261	400	346	344	297	461	403
300	367	328	334	298	458	394	394	339	530	464

Verlegeart	D		E		F		G	
	Verlegung in Erde				Verlegung in Luft			
Anzahl belasteter Adern	2	3	2	3	2	3	3	
Nennquerschnitt in mm ²	Belastbarkeit in A							
1,5	22	18	22	18,5	—	—	—	—
2,5	29	24	30	25	—	—	—	—
4	37	30	40	34	—	—	—	—
6	46	38	51	43	—	—	—	—
10	60	50	70	60	—	—	—	—
16	78	64	94	80	—	—	—	—
25	99	82	119	101	131	114	110	146
35	119	98	148	126	162	143	137	181
50	140	116	180	153	196	174	167	219
70	173	143	232	196	251	225	216	281
95	204	169	282	238	304	275	264	341
120	231	192	328	276	352	321	308	362
150	261	217	379	319	406	372	356	456
185	292	243	434	364	463	427	409	521
240	336	280	514	430	546	507	485	615
300	379	316	593	497	629	587	561	659

Tabelle 9.2 Belastbarkeit von Cu-Kabeln und -Leitungen für feste Verlegung in und an Gebäuden, Verlegeart A1, A2, B1, B2, C, D, E, F und G, Betriebstemperatur 70 °C, Umgebungstemperatur 30 °C, nach DIN VDE 0298-4:2013-06, Tabellen 3 und 4 [2, 4]

Zulässige Betriebs-temperatur	40 °C	60 °C	70 °C	80 °C	85 °C	90 °C
Umgebungs-temperatur in °C	Umrechnungsfaktoren					
10	1,73	1,29	1,22	1,18	1,17	1,15
15	1,58	1,22	1,17	1,14	1,13	1,12
20	1,41	1,15	1,12	1,10	1,09	1,08
25	1,22	1,08	1,06	1,05	1,04	1,04
30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
35	0,71	0,91	0,94	0,95	0,95	0,96
40	–	0,82	0,87	0,89	0,90	0,91
45	–	0,71	0,79	0,84	0,85	0,87
50	–	0,58	0,71	0,77	–	0,82
55	–	0,41	0,61	0,71	–	0,76
60	–	–	0,50	0,63	–	0,71
65	–	–	0,35	0,55	–	0,65
70	–	–	–	0,45	–	0,58
75	–	–	–	0,32	–	0,50
80	–	–	–	–	–	0,41
85	–	–	–	–	–	0,29

Tabelle 9.3 Umrechnungsfaktoren für abweichende Umgebungstemperaturen nach DIN VDE 0298-4:2013-06, Tabelle 17 [2, 4]

9.1.1 Strombelastbarkeit I_Z bei anderen Umgebungstemperaturen ab 30 °C

Die Strombelastbarkeit ist mithilfe der in der Tabelle 9.3 angegebenen Umrechnungsfaktoren zu errechnen. Die Strombelastbarkeit für die geforderte Umgebungstemperatur erhält man durch Multiplizieren des aus der Tabelle 9.2 entnommenen Werts I_r mit dem in der Tabelle 9.3 genannten Umrechnungsfaktor f .

$$I_Z = I_r \cdot f. \quad (9.3)$$

Beispiel 9a:

In einem Heizungsschacht treten Temperaturen bis 40 °C auf. In dem Schacht soll eine NYM-Leitung $5 \times 1,5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ auf Putz verlegt werden.

Wie hoch ist die Strombelastbarkeit I_Z der Leitung?

Lösung:

$I_r = 17,5 \text{ A}$, da NYM-Leitung auf Putz Gruppe C entspricht.

$f = 0,87$, da NYM-Leitung aus PVC besteht.

$$I_Z = I_r \cdot f = 17,5 \text{ A} \cdot 0,87 = 15,2 \text{ A}.$$

9.1.2 Strombelastbarkeit I_Z von gehäuft verlegten Leitungen

Werden mehrere Stromkreise gemeinsam verlegt, so reduziert sich aufgrund der Verlustwärme der benachbarten Stromkreise die Strombelastbarkeit der Leitungen. Die erforderlichen Umrechnungsfaktoren f sind aus der **Tabelle 9.4** zu entnehmen. Ist sichergestellt, dass die gehäuft verlegten Leitungen nicht gleichzeitig mit ihrem vollen Betriebsstrom belastet werden, so kann auf eigene Verantwortung ein höherer Belastungswert gewählt werden.

Für die Strombelastbarkeit von gehäuft verlegten Leitungen gilt:

$$I_Z = I_r \cdot f \quad (9.4)$$

Dabei ist I_r die Strombelastbarkeit nach Tabelle 9.2.

Anordnung	Anzahl der mehradrigen Leitungen									
	1	2	3	4	5	7	9	12	16	20
gebündelt auf Wand, Boden, Rohr oder Kanal	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,54	0,50	0,45	0,41	0,38
einlagig auf Wand oder Fußboden	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,70	0,70	0,70	0,70
einlagig auf Wand, mit Zwischenraum	1,00	0,94	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
einlagig unter der Decke mit Berührung	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,63	0,61	0,61	0,61	0,61
ungelochte Kabelrinne, einlagig, mit Berührung	0,97	0,84	0,78	0,75	—	—	0,68	—	—	—
gelochte Kabelrinne, mit Berührung	1,0	0,88	0,82	0,79	—	—	0,73	—	—	—

Tabelle 9.4 Umrechnungsfaktor f bei Häufung von Leitungen (Auszug) DIN VDE 0298-4:2013-06, Tabelle 22 [4]

Beispiel 9b:

Die Anschlussleitungen (Mantelleitungen, NYM) zu vier Heizgeräten sollen auf einer Wand mit einer Umgebungstemperatur bis 50 °C verlegt werden. Jedes der Heizgeräte nimmt einen Betriebsstrom von 13 A auf.

Welcher Querschnitt ist im Hinblick auf die Strombelastbarkeit für die Anschlussleitungen erforderlich?

Bei den Heizgeräten handelt es sich um Drehstromverbraucher.

Rechengang:

Annahme 1: erforderlicher Querschnitt 2,5 mm² Cu. I_r aus Tabelle 9.2, Gruppe C, Drehstromverbraucher ist 24 A.

Umrechnungsfaktor f aus Tabelle 9.3 für 50 °C ist 0,71;

Umrechnungsfaktor f aus Tabelle 9.4 für vier Leitungen ist 0,65.

$$I_Z = I_r \cdot \prod f = 24 \text{ A} \cdot 0,71 \cdot 0,65 = 11 \text{ A.}$$

Der Wert ist kleiner als der Betriebsstrom der Heizgeräte, somit ist ein größerer Leitungsquerschnitt erforderlich.

Annahme 2: erforderlicher Querschnitt 4 mm² Cu. I_r ist dann 32 A.

$$I_Z = 32 \text{ A} \cdot 0,71 \cdot 0,65 = 14,76 \text{ A.}$$

Der Wert ist größer als der Betriebsstrom der Heizgeräte. Ein Leiterquerschnitt von 4 mm² Cu ist somit für den Anschluss der Heizgeräte ausreichend.

9.1.3 Strombelastbarkeit I_Z von vieladrigen Leitungen

Die Tabelle 9.2 gilt nur für Leitungen mit zwei bzw. drei belasteten Adern. Werden vieladrige Leitungen verwendet, so muss die Strombelastbarkeit der Leitungen mit drei belasteten Adern (Tabelle 9.2) mit dem Umrechnungsfaktor f der **Tabelle 9.5** multipliziert werden.

Anzahl der belasteten Adern	5	7	10	14	19	24	40	61
Umrechnungsfaktor f	0,75	0,65	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30

Tabelle 9.5 Umrechnungsfaktor f für vieladrige Kabel und Leitungen mit Leiterquerschnitt bis 10 mm² nach DIN VDE 0298-4:2013-06, Tabelle 26 [2, 4]

Es gilt wieder:

$$I_Z = I_r \cdot f \quad (9.5)$$

I_r ist dabei die Strombelastbarkeit einer Leitung mit drei belasteten Adern nach Tabelle 9.2.

Beispiel 9c:

Über eine Leitung, NYM $7 \times 1,5 \text{ mm}^2$ Cu, auf Putz verlegt, sollen ein Drehstrom- und ein Wechselstromverbraucher versorgt werden. Wie hoch ist die Strombelastbarkeit der Leitung, wenn fünf Adern betriebsmäßig zur Stromführung verwendet werden.

Rechengang:

I_r nach Tabelle 9.2, Gruppe C, bei drei belasteten Adern ist 17,5 A. Umrechnungsfaktor f bei fünf belasteten Adern nach Tabelle 9.5 ist 0,75.

$$I_Z = I_r \cdot f = 17,5 \text{ A} \cdot 0,75 = 13,1 \text{ A}.$$

9.2 Strombelastbarkeit von Kabeln

Für die Strombelastbarkeit von Kabeln gilt DIN VDE 0276-603.

Tabelle 9.6 zeigt einen Auszug aus dieser Norm für Kabel im Drehstrombetrieb bei Verlegung in Luft. Den Werten liegen Dauerbetrieb und eine Umgebungstemperatur von 30 °C zugrunde.

Nennquerschnitt in mm^2	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
	Belastbarkeit in A														
NYY	19,5	25	34	43	59	79	106	129	157	199	246	285	326	374	445
NYCWY	19,5	26	34	44	60	80	108	132	160	202	249	289	329	377	443
NAYY	—	—	—	—	—	—	82	100	119	152	186	216	246	285	338
NAYCWY	—	—	—	—	—	—	83	101	121	155	189	220	249	287	339

Tabelle 9.6 Strombelastbarkeit I_r von Kabeln bei Verlegung in Luft [10]

Die Strombelastbarkeit von Kabeln bei Verlegung in Erde zeigt **Tabelle 9.7**. Sie gilt für Drehstrom- und Dauerbetrieb.

Die Werte der Tabelle 9.7 gelten für eine Erdbodentemperatur von 20 °C und einen spezifischen Erdbodenwärmewiderstand von $1 \text{ K} \cdot \text{m/W}$, einer Verlegetiefe von 0,7 m und einem Belastungsgrad von 0,7. Mit diesen Bedingungen kann im Normalfall gerechnet werden.

Nennquerschnitt in mm ²	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
	Belastbarkeit in A														
NYY	27	36	47	59	79	102	133	159	188	232	290	318	359	406	473
NYCWY	27	36	47	59	79	102	133	160	190	234	280	319	357	402	463
NAYY	—	—	—	—	—	—	102	123	144	179	215	245	275	313	364
NAYCWY	—	—	—	—	—	—	103	123	145	180	216	246	276	313	362

Tabelle 9.7 Strombelastbarkeit I_r von Kabeln bei Verlegung in Erde [10]

Die Strombelastbarkeit I_Z von Kabeln errechnet sich wie folgt:

$$I_Z = I_r \cdot \prod f \quad (9.6)$$

Hierin bedeuten:

I_r Belastbarkeit bei den der Tabelle 9.6 und 9.7 zugrunde gelegten Betriebsbedingungen,

$\prod f$ Produkt aller erforderlicher Umrechnungsfaktoren.

9.2.1 Strombelastbarkeit I_Z von Kabeln bei Verlegung in Luft und besonderen Umgebungsbedingungen

Bezüglich der Strombelastbarkeit von Kabeln bei Verlegung in Luft gelten die gleichen Umrechnungsfaktoren wie für Leitungen, wenn die Umgebungstemperatur von 30 °C abweicht (siehe 9.1.1), die Kabel gehäuft verlegt sind (siehe 9.1.2) oder vieladrig Kabel verwendet werden (9.1.3).

9.2.2 Strombelastbarkeit I_Z von in Erde verlegten Kabeln, die durch Abdeckhauben oder Rohre geschützt werden

Bei Verlegung in Rohrsystemen ist eine Reduktion der Belastbarkeit um den Faktor $f = 0,85$ anzuraten.

Es gilt:

$$I_Z = I_r \cdot f; \quad (9.7)$$

I_r ist die Strombelastbarkeit aus Tabelle 9.7.

Werden anstatt von Rohren Abdeckhauben verwendet, bei denen Lufteinflüsse nicht auszuschließen sind, so empfiehlt sich ein Faktor 0,9.

9.2.3 Strombelastbarkeit I_Z von gehäuft verlegten Kabeln im Erdreich

Tabelle 9.8 nennt den Umrechnungsfaktor für mehrere in Erde verlegte Kabel bei einem Abstand von 7 cm von Kabel zu Kabel. Die Tabellenwerte gelten für PVC-Kabel, z. B. NYY, NYCWY, eine Erdbodentemperatur von 20 °C und einem Erdboedenwärmewiderstand von 1 K · m/W.

Anzahl der Kabel	2	3	4	5	6	8	10
Umrechnungsfaktor f	0,86	0,76	0,71	0,67	0,64	0,60	0,57

Tabelle 9.8 Umrechnungsfaktor f für Häufung von in Erde verlegten Kabeln
(Auszug: DIN VDE 0276-1000) [11]

Es gilt:

$$I_Z = I_r \cdot f; \quad (9.8)$$

I_r ist die Strombelastbarkeit der Kabel nach Tabelle 9.7.

9.2.4 Strombelastbarkeit I_Z von vieladrigen Kabeln bei Verlegung im Erdreich

Werden in einem vieladrigen Kabel mehr als drei Adern belastet, so reduziert sich deren Strombelastbarkeit um die Faktoren der **Tabelle 9.9**.

Anzahl der belasteten Adern	5	7	10	14	19	24	40	61
Umrechnungsfaktor f	0,70	0,60	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25

Tabelle 9.9 Umrechnungsfaktor f für vieldrige Kabel bei Verlegung in Erde (DIN VDE 0276-1000) [11]

Es gilt:

$$I_Z = I_r \cdot f; \quad (9.9)$$

I_r ist die Strombelastbarkeit der Kabel nach Tabelle 9.7.

9.3 Strombelastbarkeit I_Z für Leitungen und Kabel mit anderen Grenztemperaturen als 70 °C

Für Leitungen, deren Isolierung für eine höhere Grenztemperatur als 70 °C ausgelegt ist, kann die Strombelastbarkeit I_Z wie folgt ermittelt werden:

$$I_Z = I_r \cdot 0,17 \sqrt{\vartheta_L - \vartheta_u}; \quad (9.10)$$

I_r aus Tabelle 9.2,

ϑ_L Grenztemperatur der Leitung in °C,

ϑ_u Umgebungstemperatur in °C.

Die Rechenmethode empfiehlt sich für alle Leitungen mit erhöhter Wärmebeständigkeit. Zu diesen zählen u. a.:

- PVC-Verdrahtungsleitung NYFAW $\vartheta_L = 90$ °C,
- Gummiaderleitung N4GA $\vartheta_L = 120$ °C,
- Silikon-Aderleitung H05SJ $\vartheta_L = 180$ °C,
- Sonder-Gummiaderleitung NSGAÖU $\vartheta_L = 90$ °C,
- Gummi-Schlauchleitung NSSHÖU $\vartheta_L = 90$ °C,
- Silikon-Schlauchleitung N2GMH2G $\vartheta_L = 180$ °C.

Beispiel 9d:

In einem Heizgerät ist mit Umgebungstemperaturen von 160 °C zu rechnen. Für die innere Verdrahtung des Heizgeräts sollen Silikon-Aderleitungen H05SJ verwendet werden, deren Strombelastbarkeit mindestens 16 A betragen muss.

Welcher Mindestquerschnitt ist erforderlich?

Lösungsweg:

Annahme 1: Mindestquerschnitt 1,5 mm² Cu.

Dann ist I_r aus Tabelle 9.2, Gruppe B1, 17,5 A und $\vartheta_L = 180$ °C; $\vartheta_u = 160$ °C.

$$I_Z = I_r \cdot 0,17 \sqrt{\vartheta_L - \vartheta_u} = 17,5 \cdot 0,17 \sqrt{180\text{ °C} - 160\text{ °C}} = 13,3 \text{ A.}$$

Die Strombelastbarkeit I_Z einer 1,5 mm² Cu starken H05SJ-Leitung reicht nicht aus. Deshalb ist ein größerer Querschnitt zu wählen.

Annahme 2: Mindestquerschnitt $2,5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$.

Dann ist I_r aus Tabelle 9.2, Gruppe B1, 24 A und

$$I_Z = I_r \cdot 0,17 \sqrt{\vartheta_L - \vartheta_U} = 24 \cdot 0,17 \sqrt{180^\circ\text{C} - 160^\circ\text{C}} = 18,2 \text{ A},$$

$$I_Z = 18,2 \text{ A} > 16 \text{ A}.$$

Ein Querschnitt von $2,5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ ist ausreichend.

9.4 Strombelastbarkeit als quadratischer Mittelwert

Nehmen elektrische Verbraucher zeitweilig einen höheren Strom auf, z. B. Motoren mit längeren Anlaufzeiten oder besonderer Anlasshäufigkeit, so ist der quadratische Mittelwert des Stroms I_M für die Bemessung des Leiterquerschnitts zu ermitteln.

Dieser Mittelwert ergibt die anzusetzende Strombelastung von Kabeln und Leitungen, wenn die Einschaltdauer des Spitzenstroms abhängig vom Querschnitt der Leitung folgende Zeiten nicht überschreitet:

Nennquerschnitt bis $6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$	4 s
Nennquerschnitt von 10 mm^2 bis $25 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$	8 s
Nennquerschnitt von 35 mm^2 bis $50 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$	15 s
Nennquerschnitt von 70 mm^2 bis $150 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$	30 s

Die Strombelastbarkeit I_Z eines Kabels oder einer Leitung muss dabei mindestens so groß sein wie der quadratische Mittelwert des Betriebsstroms, der über das Kabel oder die Leitung fließt.

Es gilt somit:

$$I_Z \geq I_M. \quad (9.11)$$

Der quadratische Mittelwert des Stroms I_M ergibt sich aus folgender Beziehung:

$$I_M = \sqrt{\frac{I_1^2 \cdot t_1 + I_2^2 \cdot t_2 + \dots + I_n^2 \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}. \quad (9.12)$$