

	DIN EN 60228 (VDE 0295)	DIN
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE

Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet.

ICS 29.060.20

Ersatz für
DIN VDE 0295
(VDE 0295):1992-06
Siehe jedoch Beginn der Gültigkeit

**Leiter für Kabel und isolierte Leitungen
(IEC 60228:2004);
Deutsche Fassung EN 60228:2005 + Corrigendum:2005**

Conductors of insulated cables
(IEC 60228:2004);
German version EN 60228:2005 + Corrigendum:2005

Âmes des câbles isolés
(CEI 60228:2004);
Version allemande EN 60228:2005 + Corrigendum:2005

Gesamtumfang 22 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2004-12-07 angenommene EN 60228 gilt als DIN-Norm ab 2005-09-01.

Daneben darf DIN VDE 0295 (VDE 0295):1992-06 noch bis 2007-12-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Vorausgegangene Norm-Entwürfe: E DIN EN 60228 (VDE 0295):2004-02 und E DIN EN 60228/AA (VDE 0295/A1):2004-10.

Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 411 „Starkstromkabel und isolierte Starkstromleitungen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE zuständig.

Die vorliegende Ausgabe 3 der IEC 60228 entstand aus der Übernahme von IEC 60228A und IEC 60228/A1 und wurde in folgenden Punkten weiterentwickelt:

- a) IEC 60228A und IEC 60228/A1 wurden in IEC 60228 eingearbeitet und die Norm neu strukturiert.
- b) Die Definition des Begriffs Nennquerschnitt wurde hinzugefügt.
- c) Der Umfang der Tabellen für Leiter Klasse 1 und Klasse 2 wurde erweitert.
- d) Für verdichtete Kupferleiter werden Grenzwerte für die Maße angegeben.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 20 „Electric cables“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem in der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ mit den Daten zu dieser Publikation angegebenen Pflegeergebnisdatum (maintenance result date) unverändert bleiben soll. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Änderungen

Gegenüber DIN VDE 0295 (VDE 0295):1992-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) EN 60228 wurde unverändert übernommen.
- b) Es wird nicht mehr „weiches Elektrolytkupfer“ verlangt, sondern „weichgeglühtes Kupfer“.
- c) Der zulässige Bereich der Zugfestigkeit für eindrähtige Aluminiumleiter von 10 mm^2 bis einschließlich 50 mm^2 wird aufgeweitet, die Grenzen der Zugfestigkeit für Aluminiumdrähte vor Verarbeitung zu mehrdrähtigen Leitern wird von 130 N/mm^2 bis 200 N/mm^2 auf 125 N/mm^2 bis 205 N/mm^2 erweitert.
- d) Die Grenzwerte der Maße aller Leiter sind nur noch informativ. Deshalb werden die Durchmesser der Leiter in den Produktnormen verbindlich festgelegt.
- e) Folgendes wurde im Detail geändert:
 - Die Liste der Höchstwerte der Leiterwiderstände bei 20°C für runde eindrähtige Kupferleiter wird bis 400 mm^2 erweitert.
 - Die Liste der Höchstwerte der Leiterwiderstände bei 20°C für runde eindrähtige Aluminiumleiter umfasst die Querschnitte von 10 mm^2 bis $1\,200 \text{ mm}^2$.
 - Die Liste der Höchstwerte der Leiterwiderstände bei 20°C für mehrdrähtige Leiter umfasst die Querschnitte bis $2\,500 \text{ mm}^2$, für Aluminiumleiter sind auch die Querschnitte 10 mm^2 und 16 mm^2 enthalten.

- Im Anhang C wird der Höchstwert des Durchmessers für fein- und feinstdrähtige Leiter für 2,5 mm² und 4 mm² um 0,1 mm angehoben.
- Bei mehrdrähtigen verdichteten Leitern wird bei den größeren Querschnitten ab 120 mm² ein kleinerer Mindestwert des Durchmessers angegeben.
- Für runde eindrähtige Aluminiumleiter werden Mindest- und Höchstwert des Durchmessers für den Bereich 10 mm² bis 1 200 mm² angegeben.
- Die Maßfestlegungen für Sektorleiter sind entfallen. Diese Angaben sind in den entsprechenden Produktnormen enthalten.

Frühere Ausgaben

DIN 47750:1958-02, 1962-07, 1970-11
DIN 57273 (VDE 0273):1978-08, 1981-10
DIN 57295 (VDE 0295):1979-07, 1980-09
DIN VDE 0295 (VDE 0295):1986-05, 1992-06

– Leerseite –

Deutsche Fassung

Leiter für Kabel und isolierte Leitungen
(IEC 60228:2004)

Conductors of insulated cables
(IEC 60228:2004)

Âmes des câbles isolés
(CEI 60228:2004)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2004-12-07 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 20/718/FDIS, zukünftige 3. Ausgabe von IEC 60228, ausgearbeitet von dem IEC TC 20 „Electric cables“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2004-12-07 als EN 60228 angenommen.

Ein Entwurf einer Änderung, ausgearbeitet von dem Technischen Komitee CENELEC TC 20 „Kabel und isolierte Leitungen“, wurde der formellen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2004-12-07 zur Aufnahme in EN 60228 angenommen.

Diese Europäische Norm ersetzt HD 383 S2:1986 + A1:1989 + A2:1993.

Die wesentlichen Änderungen gegenüber HD 383 S2 sind:

- das Hinzufügen einer Definition für den Begriff Nennquerschnitt;
- die Erweiterung des Bereichs der Leiternennquerschnitte in Tabelle 1 und Tabelle 2;
- das Hinzufügen einer Anmerkung, dass Leiter aus Aluminiumlegierung bei gleichen Maßen einen höheren Widerstand als Leiter aus Aluminium haben;
- das strengere Festlegen der Empfehlung für die Grenzwerte der Maße für mehrdrähtige verdichtete Leiter.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2005-09-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2007-12-01

Der Anhang ZA, Besondere nationale Bedingung, wurde von CENELEC hinzugefügt.

Der Inhalt des im Mai 2005 veröffentlichten Corrigendums ist in dieser Fassung enthalten.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60228:2004 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Begriffe	5
3 Einteilung	5
4 Werkstoffe.....	5
4.1 Allgemeines	5
4.2 Eindrähtige Aluminiumleiter.....	6
4.3 Rund- und Sektorleiter aus Aluminium.....	6
5 Ein- und mehrdrähtige Leiter	6
5.1 Eindrähtige Leiter (Klasse 1)	6
5.1.1 Aufbau	6
5.1.2 Widerstand	6
5.2 Mehrdrähtige unverdichtete Rundleiter (Klasse 2)	7
5.2.1 Aufbau	7
5.2.2 Widerstand	7
5.3 Mehrdrähtige verdichtete Rundleiter und mehrdrähtige Sektorleiter (Klasse 2)	7
5.3.1 Aufbau	7
5.3.2 Widerstand	7
6 Fein- und feinstdrähtige Leiter (Klasse 5 und Klasse 6)	7
6.1 Aufbau	7
6.2 Widerstand.....	7
7 Prüfung der Übereinstimmung mit den Abschnitten 5 und 6.....	8
Anhang A (normativ) Widerstandsmessung	12
Anhang B (informativ) Gleichungen für genaue Temperatur-Korrekturfaktoren.....	14
Anhang C (informativ) Leitfaden für Grenzwerte der Maße für Rundleiter	15
Anhang ZA (normativ) Besondere nationale Bedingungen	18

Einleitung

IEC 60228 ist als Bezugsnorm vorgesehen für Technische Komitees von IEC und für Nationale Komitees beim Entwerfen von Normen für Kabel und isolierte Leitungen sowie für Nationale Komitees bei der Entwicklung von Spezifikationen in den eigenen Ländern. Diese Komitees sollten aus den Tabellen dieser Norm die geeigneten Leiter für die jeweilige Anwendung auswählen, die sie betreffen, und die Anwendungsdaten entweder in die Kabelnorm übernehmen oder eine Verweisung auf diese Norm vornehmen.

Bei der Vorbereitung dieser Ausgabe war das Hauptanliegen die Integration von IEC 60228A und eine vereinfachte Norm mit hohem Informationsgehalt zu erstellen, die sich so weit wie möglich mit technischen und wirtschaftlichen Überlegungen vereinbaren lässt.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt die Nennquerschnitte im Bereich von $0,5 \text{ mm}^2$ bis $2\,500 \text{ mm}^2$ für Leiter von Kabeln und isolierten Leitungen für Starkstromanlagen für einen weiten Bereich von Bauarten fest. Anforderungen für die Anzahl und Maße von Drähten und die Widerstandswerte sind ebenfalls enthalten. Diese Leiter umfassen ein- und mehrdräftige Leiter aus Kupfer, Aluminium und Aluminiumlegierung für feste Verlegung und flexible Kupferleiter.

Diese Norm gilt nicht für Leiter von Fernmeldekabeln und -leitungen.

Die Anwendbarkeit dieser Norm auf eine bestimmte Kabel- oder Leitungsbauart ist in der jeweiligen Produktnorm festgelegt.

Wenn in einem Abschnitt nichts Gegenteiliges ausgesagt wird, betrifft diese Norm Leiter in einem fertigen Kabel oder einer fertigen Leitung und nicht einen Leiter, wie er für den Einsatz in einem Kabel oder einer Leitung hergestellt oder geliefert wird.

Vorhandene informative Anhänge enthalten ergänzende Angaben zu Temperatur-Korrekturfaktoren für die Widerstandsmessung (Anhang B) und Grenzwerte der Maße von Rundleitern (Anhang C).

2 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

2.1

metallumhüllt

umhüllt mit einer dünnen Schicht geeigneten Metalls wie Zinn oder eine Zinnlegierung

2.2

Nennquerschnitt

Wert zur Bezeichnung des Querschnitts eines Leiters, aber nicht Gegenstand einer direkten Messung

ANMERKUNG Für jeden einzelnen Leiternennquerschnitt in dieser Norm wird ein maximaler Widerstandswert gefordert.

3 Einteilung

Die Leiter sind in vier Klassen, 1, 2, 5 und 6, eingeteilt. Die Leiter entsprechend den Klassen 1 und 2 sind für Kabel und Leitungen für feste Verlegung bestimmt. Die Leiter entsprechend den Klassen 5 und 6 sind für flexible Leitungen vorgesehen, dürfen aber auch für feste Verlegung verwendet werden.

- Klasse 1: eindräftige Leiter;
- Klasse 2: mehrdräftige Leiter;
- Klasse 5: feindräftige Leiter;
- Klasse 6: feinstdräftige Leiter.

4 Werkstoffe

4.1 Allgemeines

Die Leiter müssen aus einem der folgenden Bestandteile bestehen:

- blankes oder metallumhülltes weichgeglühtes Kupfer;
- Aluminium oder Aluminiumlegierung.

4.2 Eindräftige Aluminiumleiter

Eindräftige Rund- und Sektorleiter müssen so aus Aluminium hergestellt werden, dass die Zugfestigkeit innerhalb folgender Grenzen liegt:

Nennquerschnitt mm ²	Zugfestigkeit N/mm ²
10 und 16	110 bis 165
25 und 35	60 bis 130
50	60 bis 110
70 und größer	60 bis 90
ANMERKUNG Die oben angegebenen Werte gelten nicht für Leiter aus Aluminiumlegierung.	

4.3 Rund- und Sektorleiter aus Aluminium

Mehrdräftige Leiter müssen so aus Aluminium hergestellt werden, dass die Zugfestigkeit der Einzeldrähte innerhalb folgender Grenzen liegt:

Nennquerschnitt mm ²	Zugfestigkeit N/mm ²
10	bis 200
16 und größer	125 bis 205
ANMERKUNG 1 Die oben angegebenen Werte gelten nicht für Leiter aus Aluminiumlegierung.	
ANMERKUNG 2 Diese Daten können nur an Drähten vor dem Verseilen geprüft werden und nicht an Drähten, die einem mehrdräftigen Leiter entnommen wurden.	

5 Ein- und mehrdräftige Leiter

5.1 Eindräftige Leiter (Klasse 1)

5.1.1 Aufbau

- Eindräftige Leiter (Klasse 1) müssen aus einem der in Abschnitt 4 festgelegten Werkstoffe bestehen.
- Eindräftige Kupferleiter müssen rund sein.

ANMERKUNG Eindräftige Kupferleiter mit Nennquerschnitten größer oder gleich 25 mm² sind für besondere Bauarten vorgesehen, wie z. B. mineralisierte Leitungen, und nicht für allgemeine Zwecke.

- Eindräftige Leiter aus Aluminium und Aluminiumlegierung mit Querschnitten von 10 mm² bis 35 mm² müssen rund sein. Größere Querschnitte müssen bei einadrigen Kabeln und Leitungen rund sein und dürfen bei mehradrigen Kabeln und Leitungen rund oder sektorförmig sein.

5.1.2 Widerstand

Der Widerstandwert eines jeden Leiters, der nach Abschnitt 7 bestimmt wurde, darf bei 20 °C den entsprechenden Höchstwert in Tabelle 1 nicht überschreiten.

ANMERKUNG Für eindräftige Leiter aus Aluminiumlegierung mit demselben Nennquerschnitt wie ein Aluminiumleiter ist der Widerstandswert in Tabelle 1 mit dem Faktor 1,162 zu multiplizieren, außer es wird zwischen Hersteller und Käufer anders vereinbart.

5.2 Mehrdräftige unverdichtete Rundleiter (Klasse 2)

5.2.1 Aufbau

- a) Mehrdräftige unverdichtete Rundleiter (Klasse 2) müssen aus einem der in Abschnitt 4 festgelegten Werkstoffe bestehen.
- b) Mehrdräftige Leiter aus Aluminium oder Aluminiumlegierung müssen einen Nennquerschnitt von mindestens 10 mm^2 haben.
- c) Die Einzeldrähte eines jeden Leiters müssen alle denselben Nenndurchmesser haben.
- d) Die Anzahl der Einzeldrähte in jedem Leiter darf nicht geringer sein als die entsprechende Mindestanzahl in Tabelle 2.

5.2.2 Widerstand

Der Widerstandwert eines jeden Leiters, der nach Abschnitt 7 bestimmt wurde, darf bei 20°C den entsprechenden Höchstwert in Tabelle 2 nicht überschreiten.

5.3 Mehrdräftige verdichtete Rundleiter und mehrdräftige Sektorleiter (Klasse 2)

5.3.1 Aufbau

- a) Mehrdräftige verdichtete Rundleiter und mehrdräftige Sektorleiter (Klasse 2) müssen aus einem der in Abschnitt 4 festgelegten Werkstoffe bestehen. Mehrdräftige verdichtete Rundleiter aus Aluminium oder Aluminiumlegierung müssen einen Nennquerschnitt von mindestens 10 mm^2 haben. Mehrdräftige Sektorleiter aus Kupfer, Aluminium oder Aluminiumlegierung müssen einen Nennquerschnitt von mindestens 25 mm^2 haben.
- b) Das Verhältnis der Durchmesser von zwei verschiedenen Drähten desselben Leiters darf nicht größer als 2 sein.
- c) Die Anzahl der Einzeldrähte in jedem Leiter darf nicht geringer sein als die entsprechende Mindestanzahl in Tabelle 2.

ANMERKUNG Diese Anforderung gilt für Leiter, die aus vor dem Verdichten runden Drähten hergestellt wurden, und nicht für Leiter aus vorgeformten Drähten.

5.3.2 Widerstand

Der Widerstandwert eines jeden Leiters, der nach Abschnitt 7 bestimmt wurde, darf bei 20°C den entsprechenden Höchstwert in Tabelle 2 nicht überschreiten.

6 Fein- und feinstdräftige Leiter (Klassen 5 und 6)

6.1 Aufbau

- a) Fein- und feinstdräftige Leiter (Klassen 5 und 6) müssen aus blankem oder metallumhülltem weichgeglühten Kupfer bestehen.
- b) Die Einzeldrähte eines jeden Leiters müssen denselben Nenndurchmesser haben.
- c) Die Durchmesser der Einzeldrähte eines jeden Leiters dürfen den entsprechenden Höchstwert in Tabelle 3 oder Tabelle 4 nicht überschreiten.

6.2 Widerstand

Der Widerstandwert eines jeden Leiters, der nach Abschnitt 7 bestimmt wurde, darf bei 20°C den entsprechenden Höchstwert in Tabelle 3 oder Tabelle 4 nicht überschreiten.

7 Prüfung der Übereinstimmung mit den Abschnitten 5 und 6

Übereinstimmung mit den Anforderungen in 5.1.1, 5.2.1, 5.3.1 und 6.1 ist an dem fertigen Kabel oder der fertigen Leitung durch Sichtprüfung und, wenn möglich, durch Messung festzustellen.

Übereinstimmung mit den Anforderungen an den Widerstand in 5.1.2, 5.2.2, 5.3.2 und 6.2 ist durch Messung in Übereinstimmung mit Anhang A und temperaturkorrigiert mit den Faktoren in Tabelle A.1 festzustellen.

Tabelle 1 – Eindrängige Leiter für ein- und mehradrige Kabel und Leitungen (Klasse 1)

1	2	3	4
Nennquerschnitt mm ²	Höchstwert des Leiterwiderstands bei 20 °C		
	Rundleiter aus weichgeglühtem Kupfer		Rund- oder Sektorleiter aus Aluminium und Aluminiumlegierung ^c
	Blank Ω/km	Metallumhüllt Ω/km	
0,5	36,0	36,7	—
0,75	24,5	24,8	—
1,0	18,1	18,2	—
1,5	12,1	12,2	—
2,5	7,41	7,56	—
4	4,61	4,70	—
6	3,08	3,11	—
10	1,83	1,84	3,08 ^a
16	1,15	1,16	1,91 ^a
25	0,727 ^b	—	1,20 ^a
35	0,524 ^b	—	0,868 ^a
50	0,387 ^b	—	0,641
70	0,268 ^b	—	0,443
95	0,193 ^b	—	0,320 ^d
120	0,153 ^b	—	0,253 ^d
150	0,124 ^b	—	0,206 ^d
185	0,101 ^b	—	0,164 ^d
240	0,0775 ^b	—	0,125 ^d
300	0,0620 ^b	—	0,100 ^d
400	0,0465 ^b	—	0,0778
500	—	—	0,0605
630	—	—	0,0469
800	—	—	0,0367
1 000	—	—	0,0291
1 200	—	—	0,0247

a Aluminiumleiter 10 mm² bis 35 mm² nur rund; siehe 5.1.1 c).

b Siehe Anmerkung zu 5.1.1 b).

c Siehe Anmerkung zu 5.1.2.

d Für einadrige Kabel und Leitungen dürfen vier Sektorleiter zu einem Rundleiter zusammengesetzt werden. Der Widerstand des zusammengesetzten Leiters darf höchstens 25 % des individuellen Teil-Leiters betragen.

Tabelle 2 – Mehrdrähtige Leiter für ein- und mehradrige Kabel und Leitungen (Klasse 2)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nenn- querschnitt mm ²	Mindestanzahl der Drähte im Leiter						Höchstwert des Leiterwiderstands bei 20 °C		
	Rund		Rund, verdichtet		Sektorförmig		Leiter aus weichgeglühtem Kupfer		Leiter aus Aluminium oder Aluminium- legierung ^c Ω/km
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Blanke Drähte Ω/km	Metallumhüllte Drähte Ω/km	
0,5	7	—	—	—	—	—	36,0	36,7	—
0,75	7	—	—	—	—	—	24,5	24,8	—
1,0	7	—	—	—	—	—	18,1	18,2	—
1,5	7	—	6	—	—	—	12,1	12,2	—
2,5	7	—	6	—	—	—	7,41	7,56	—
4	7	—	6	—	—	—	4,61	4,70	—
6	7	—	6	—	—	—	3,08	3,11	—
10	7	7	6	6	—	—	1,83	1,84	3,08
16	7	7	6	6	—	—	1,15	1,16	1,91
25	7	7	6	6	6	6	0,727	0,734	1,20
35	7	7	6	6	6	6	0,524	0,529	0,868
50	19	19	6	6	6	6	0,387	0,391	0,641
70	19	19	12	12	12	12	0,268	0,270	0,443
95	19	19	15	15	15	15	0,193	0,195	0,320
120	37	37	18	15	18	15	0,153	0,154	0,253
150	37	37	18	15	18	15	0,124	0,126	0,206
185	37	37	30	30	30	30	0,0991	0,100	0,164
240	37	37	34	30	34	30	0,0754	0,0762	0,125
300	61	61	34	30	34	30	0,0601	0,0607	0,100
400	61	61	53	53	53	53	0,0470	0,0475	0,0778
500	61	61	53	53	53	53	0,0366	0,0369	0,0605
630	91	91	53	53	53	53	0,0283	0,0286	0,0469
800	91	91	53	53	—	—	0,0221	0,0224	0,0367
1 000	91	91	53	53	—	—	0,0176	0,0177	0,0291
1 200	b						0,0151	0,0151	0,0247
1 400 ^a	b						0,0129	0,0129	0,0212
1 600	b						0,0113	0,0113	0,0186
1 800 ^a	b						0,0101	0,0101	0,0165
2 000	b						0,0090	0,0090	0,0149
2 500	b						0,0072	0,0072	0,0127

- a Dieses sind keine Vorzugswerte. Für besondere Anwendungen gibt es weitere Nennquerschnitte, die keine Vorzugswerte sind; diese fallen aber nicht in den Anwendungsbereich dieser Norm.
- b Die Mindestanzahl der Drähte für diese Nennquerschnitte ist nicht festgelegt. Diese Nennquerschnitte dürfen aus 4, 5 oder 6 gleichen Segmenten (Milliken) aufgebaut werden.
- c Für mehrdrähtige Leiter aus Aluminiumlegierung mit demselben Nennquerschnitt wie ein Aluminiumleiter sollte der Widerstandswert zwischen Hersteller und Käufer vereinbart werden.

Tabelle 3 – Feindrähtige Kupferleiter für ein- und mehradrige Kabel und Leitungen (Klasse 5)

1	2	3	4
Nennquerschnitt mm ²	Höchstwert des Drahtdurchmessers im Leiter mm	Höchstwert des Leiterwiderstands bei 20 °C	
		Blanke Drähte Ω/km	Metallumhüllte Drähte Ω/km
0,5	0,21	39,0	40,1
0,75	0,21	26,0	26,7
1,0	0,21	19,5	20,0
1,5	0,26	13,3	13,7
2,5	0,26	7,98	8,21
4	0,31	4,95	5,09
6	0,31	3,30	3,39
10	0,41	1,91	1,95
16	0,41	1,21	1,24
25	0,41	0,780	0,795
35	0,41	0,554	0,565
50	0,41	0,386	0,393
70	0,51	0,272	0,277
95	0,51	0,206	0,210
120	0,51	0,161	0,164
150	0,51	0,129	0,132
185	0,51	0,106	0,108
240	0,51	0,0801	0,0817
300	0,51	0,0641	0,0654
400	0,51	0,0486	0,0495
500	0,61	0,0384	0,0391
630	0,61	0,0287	0,0292

Tabelle 4 – Feinstdrähtige Kupferleiter für ein- und mehradrige Kabel und Leitungen (Klasse 6)

1	2	3	4
Nennquerschnitt mm ²	Höchstwert des Drahtdurchmessers im Leiter mm	Höchstwert des Leiterwiderstands bei 20 °C	
		Blanke Drähte Ω/km	Metallumhüllte Drähte Ω/km
0,5	0,16	39,0	40,1
0,75	0,16	26,0	26,7
1,0	0,16	19,5	20,0
1,5	0,16	13,3	13,7
2,5	0,16	7,98	8,21
4	0,16	4,95	5,09
6	0,21	3,30	3,39
10	0,21	1,91	1,95
16	0,21	1,21	1,24
25	0,21	0,780	0,795
35	0,21	0,554	0,565
50	0,31	0,386	0,393
70	0,31	0,272	0,277
95	0,31	0,206	0,210
120	0,31	0,161	0,164
150	0,31	0,129	0,132
185	0,41	0,106	0,108
240	0,41	0,0801	0,0817
300	0,41	0,0641	0,0654

Anhang A (normativ)

Widerstandsmessung

Das Kabel oder die Leitung muss sich ausreichend lange in der Prüfumgebung befinden, um sicherzustellen, dass die Leitertemperatur einen Wert erreicht hat, der eine genaue Bestimmung des Widerstandes unter Verwendung der angegebenen Korrekturfaktoren erlaubt.

Es ist der Gleichstromwiderstand des Leiters, entweder auf der gesamten Länge des Kabels oder der Leitung oder an einem Probestück des Kabels oder der Leitung von mindestens 1 m Länge, bei Raumtemperatur zu messen und die Temperatur, bei der die Messung vorgenommen wird, aufzuzeichnen. Der gemessene Widerstand ist mit den in Tabelle A.1 angegebenen Korrekturfaktoren umzurechnen.

Es ist der Widerstand je Kilometer Länge des Kabels oder der Leitung aus der gesamten Länge des Kabels oder der Leitung zu berechnen und nicht aus der Länge der einzelnen Adern oder Drähte.

Falls erforderlich ist eine Korrektur auf 20 °C unter Verwendung folgender Gleichung vorzunehmen:

$$R_{20} = R_t \times k_t \times \frac{1000}{L}$$

Dabei ist

- k_t der Korrekturfaktor aus Tabelle A.1;
- R_{20} der Leiterwiderstand bei 20 °C, Ω/km ;
- R_t der gemessene Leiterwiderstand, Ω ;
- L die Länge des Kabels oder der Leitung, m.

Tabelle A.1 – Temperatur-Korrekturfaktoren k_t für den Leiterwiderstand zur Korrektur des bei t °C gemessenen Widerstands auf 20 °C.

1	2	1	2
Temperatur des Leiters zur Zeit der Messung t °C	Korrekturfaktor k_t Alle Leiter	Temperatur des Leiters zur Zeit der Messung t °C	Korrekturfaktor k_t Alle Leiter
0	1,087	21	0,996
1	1,082	22	0,992
2	1,078	23	0,988
3	1,073	24	0,984
4	1,068	25	0,980
5	1,064	26	0,977
6	1,059	27	0,973
7	1,055	28	0,969
8	1,050	29	0,965
9	1,046	30	0,962
10	1,042	31	0,958
11	1,037	32	0,954
12	1,033	33	0,951
13	1,029	34	0,947
14	1,025	35	0,943
15	1,020	36	0,940
16	1,016	37	0,936
17	1,012	38	0,933
18	1,008	39	0,929
19	1,004	40	0,926
20	1,000		

ANMERKUNG Die Werte der Korrekturfaktoren k_t basieren auf einem Widerstands-Temperatur-Koeffizienten von 0,004 je K bei 20 °C.

Die Werte der Korrekturfaktoren in Spalte 2 sind Näherungswerte, geben aber praktisch gute Werte innerhalb der Genauigkeit, die üblicherweise bei den Messungen der Leitertemperatur und der Länge des Kabels oder der Leitung erreicht werden.

Um eine größere Genauigkeit der Korrekturwerte für Kupfer und Aluminium zu erhalten, sollte auf Anhang B Bezug genommen werden. Allerdings sollten diese Werte nicht als Anforderung für Prüfungen in Übereinstimmung mit dieser Norm bei Feststellung des Widerstands verwendet werden.

Anhang B

(informativ)

Gleichungen für genaue Temperatur-Korrekturfaktoren

a) Leiter aus weichgeglühtem Kupfer: blank oder metallumhüllt

$$k_{t,Cu} = \frac{254,5}{234,5 + t} = \frac{1}{1 + 0,00393(t - 20)}$$

b) Aluminiumleiter

$$k_{t,Al} = \frac{248}{228 + t} = \frac{1}{1 + 0,00403(t - 20)}$$

ANMERKUNG Bei Aluminiumlegierungen sollte auf Angaben des Herstellers zurückgegriffen werden.

In allen oben genannten Fällen bedeutet t die Temperatur des Leiters zur Zeit der Messung in Grad Celsius.

Anhang C (informativ)

Leitfaden für Grenzwerte der Maße für Rundleiter

C.1 Zweck

Dieser Anhang dient als Leitfaden für Hersteller von Kabeln und Leitungen und deren Verbinder als Hilfe bei der Sicherstellung der maßlichen Kompatibilität von Leitern und Verbindern. Er gibt eine Anleitung für Grenzwerte der Maße für die folgenden in dieser Norm enthaltenen Leiter.

- a) Eindräftige Rundleiter (Klasse 1) aus Kupfer, Aluminium und Aluminiumlegierung.
- b) Mehrdräftige und mehrdräftige verdichtete Rundleiter (Klasse 2) aus Kupfer, Aluminium und Aluminiumlegierung.
- c) Fein- und feinstdräftige Kupferleiter (Klasse 5 und Klasse 6).

C.2 Grenzwerte der Maße für Kupfer-Rundleiter

Die Durchmesser runder Kupferleiter sollten die in Tabelle C.1 angegebenen Werte nicht überschreiten.

Wenn Mindestwerte für runde Kupferleiter entsprechend Klasse 1 benötigt werden, kann Bezug auf die in Tabelle C.3 angegebenen Mindestwerte der Durchmesser für eindräftige Leiter aus Aluminium und Aluminiumlegierung genommen werden.

C.3 Grenzwerte der Maße für mehrdräftige verdichtete Rundleiter aus Kupfer, Aluminium und Aluminiumlegierung

Die Durchmesser mehrdräftiger verdichteter Rundleiter aus Kupfer, Aluminium und Aluminiumlegierung sollten die in Tabelle C.2 angegebenen Höchstwerte nicht überschreiten und die Mindestwerte nicht unterschreiten.

In Ausnahmefällen von mehrdräftigen unverdichteten Rundleitern aus Aluminium oder Aluminiumlegierung sollten die Höchstwerte der Durchmesser die entsprechenden Werte für Kupferleiter in Spalte 3 von Tabelle C.1 nicht überschreiten.

C.4 Grenzwerte der Maße für eindräftige Aluminium-Rundleiter

Die Durchmesser von Rundleitern aus Aluminium und Aluminiumlegierung sollten die in Tabelle C.3 angegebenen Höchstwerte nicht überschreiten und die Mindestwerte nicht unterschreiten.

**Tabelle C.1 – Höchstwerte der Durchmesser von Kupfer-Rundleitern –
eindrätig, mehrdrätig unverdichtet, fein- und feinstdrätig**

1	2	3	4
Nennquerschnitt mm ²	Leiter in Kabeln und Leitungen für feste Verlegung		Fein- und feinstdrätige Leiter (Klasse 5 und Klasse 6) mm
	Eindrätig (Klasse 1) mm	Mehrdrätig (Klasse 2) mm	
0,5	0,9	1,1	1,1
0,75	1,0	1,2	1,3
1,0	1,2	1,4	1,5
1,5	1,5	1,7	1,8
2,5	1,9	2,2	2,4
4	2,4	2,7	3,0
6	2,9	3,3	3,9
10	3,7	4,2	5,1
16	4,6	5,3	6,3
25 ^a	5,7	6,6	7,8
35 ^a	6,7	7,9	9,2
50 ^a	7,8	9,1	11,0
70 ^a	9,4	11,0	13,1
95 ^a	11,0	12,9	15,1
120 ^a	12,4	14,5	17,0
150 ^a	13,8	16,2	19,0
185	15,4	18,0	21,0
240	17,6	20,6	24,0
300	19,8	23,1	27,0
400	22,2	26,1	31,0
500	–	29,2	35,0
630	–	33,2	39,0
800	–	37,6	–
1 000	–	42,2	–
ANMERKUNG Die für fein- und feinstdrätige Leiter angegebenen Werte gelten sowohl für Klasse 5 als auch für Klasse 6.			
a Siehe 5.1.1 b).			

Tabelle C.2 – Mindest- und Höchstwerte der Durchmesser mehrdrähtiger verdichteter Rundleiter aus Kupfer, Aluminium und Aluminiumlegierung

1	2	3
Nennquerschnitt mm ²	Mehrdrähtige verdichtete Rundleiter (Klasse 2)	
	Mindestwert des Durchmessers mm	Höchstwert des Durchmessers mm
10	3,6	4,0
16	4,6	5,2
25	5,6	6,5
35	6,6	7,5
50	7,7	8,6
70	9,3	10,2
95	11,0	12,0
120	12,3	13,5
150	13,7	15,0
185	15,3	16,8
240	17,6	19,2
300	19,7	21,6
400	22,3	24,6
500	25,3	27,6
630	28,7	32,5

ANMERKUNG 1 Die Grenzwerte der Maße von Aluminiumleitern mit Nennquerschnitten über 630 mm² werden nicht angegeben, da die Verdichtungstechnologie nicht grundsätzlich eingeführt ist.

ANMERKUNG 2 Werte für verdichtete Kupferleiter im Bereich von 1,5 mm² bis 6 mm² werden nicht angegeben.

Tabelle C.3 – Mindest- und Höchstwerte der Durchmesser eindrängiger Aluminium-Rundleiter

1	2	3
Nennquerschnitt mm ²	Eindrängige Leiter (Klasse 1)	
	Mindestwert mm	Höchstwert mm
10	3,4	3,7
16	4,1	4,6
25	5,2	5,7
35	6,1	6,7
50	7,2	7,8
70	8,7	9,4
95	10,3	11,0
120	11,6	12,4
150	12,9	13,8
185	14,5	15,4
240	16,7	17,6
300	18,8	19,8
400	21,2	22,2
500	24,0	25,1
630	27,3	28,4
800	30,9	32,1
1 000	34,8	36,0
1 200	37,8	39,0

Anhang ZA (normativ)

Besondere nationale Bedingungen

Besondere nationale Bedingung: Nationale Eigenschaft oder Praxis, die, selbst nach einem längeren Zeitraum, nicht geändert werden kann, z. B. klimatische Bedingungen, elektrische Erdungsbedingungen. Wenn sie die Harmonisierung beeinflusst, ist sie Bestandteil der Europäischen Norm.

Für Länder, für die die betreffenden besonderen nationalen Bedingungen gelten, sind diese normativ; für die anderen Länder hat diese Angabe informativen Charakter.

Abschnitt Besondere nationale Bedingung

Tabelle 3 **Irland, Vereinigtes Königreich, Zypern**

Ergänzung:

1,25	0,21	15,6	16,1
------	------	------	------

ANMERKUNG Dieser Leiter ist für den Einsatz in Leitungen für Anwendungen, die mit einem 13-A-Stecker nach BS 1363-1 oder I.S. 401 ausgerüstet sind.

Tabelle C.1 **Irland, Vereinigtes Königreich, Zypern**

Ergänzung:

1,25	–	–	1,7
------	---	---	-----

