

	DIN EN 61238-1 (VDE 0220 Teil 100)	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
ICS 29.120.20 Pressverbinder und Schraubverbinder für Starkstromkabel für Nennspannungen bis einschließlich 36 kV ($U_m = 42$ kV) — Teil 1: Prüfverfahren und Anforderungen (IEC 61238-1:2003); Deutsche Fassung EN 61238-1:2003 Compression and mechanical connectors for power cables for rated voltages up to 36 kV ($U_m = 42$ kV) — Part 1: Test methods and requirements (IEC 61238-1:2003); German version EN 61238-1:2003 Raccords sertis et à serrage mécanique pour câbles d'énergie de tensions assignées inférieures ou égales à 36 kV ($U_m = 42$ kV) — Partie 1: Méthodes et prescriptions d'essais (CEI 61238-1:2003); Version allemande EN 61238-1:2003 Gesamtumfang 56 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE		

Nationales Vorwort

Beginn der Gültigkeit

Die EN 61238-1 wurde am 2003-06-01 angenommen.

Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN EN 61238-1 (VDE 0220 Teil 100):2001-06

Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium UK 411.1 „Starkstromkabel“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE zuständig.

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

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zum Jahr 2012 unverändert bleiben soll. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

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

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist nachstehend wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC 60050(461):1984 (mod.)	Normen der Reihe DIN VDE 0289 (VDE 0289)	Normen der Reihe VDE 0289
HD 383 S2:1986	IEC 60228:1978 IEC 60228A:1982	DIN VDE 0295 (VDE 0295):1992-06	VDE 0295
–	IEC 60493-1:1974	–	–
EN 60694:1996 + A1:2000 + A2:2001	IEC 60694:1996 + Corr. 1:2001 + A1:2000 + A2:2001 + Corr. 1:2001	DIN EN 60694 (VDE 0670 Teil 1000):2002-09	VDE 0670 Teil 1000

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60694 (VDE 0670 Teil 1000):2002-09, *Gemeinsame Bestimmungen für Hochspannungs-Schaltgeräte-Normen (IEC 60694:1996 + Corrigendum 1:2001 + A1:2000 + A2:2001 + Corrigendum 1:2001); Deutsche Fassung EN 60694:1996 + A1:2000 + A2:2001.*

DIN VDE 0295 (VDE 0295):1992-06, *Leiter für Kabel und isolierte Leitungen für Starkstromanlagen.*

Normen der Reihe DIN VDE 0289 (VDE 0289), *Begriffe für Starkstromkabel und isolierte Starkstromleitungen.*

– Leerseite –

**Pressverbinder und Schraubverbinder für Starkstromkabel für
Nennspannungen bis einschließlich 36 kV ($U_m = 42$ kV)
Teil 1: Prüfverfahren und Anforderungen
(IEC 61238-1:2003, modifiziert)**

Compression and mechanical connectors for
power cables for rated voltages up to 36 kV
($U_m = 42$ kV)
Part 1: Test methods and requirements
(IEC 61238-1:2003, modified)

Raccords sertis et à serrage mécanique pour
câbles d'énergie de tensions assignées
inférieures ou égales à 36 kV ($U_m = 42$ kV)
Partie 1: Méthodes et prescriptions d'essais
(CEI 61238-1:2003, modifiée)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2003-06-01 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, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn und dem Vereinigten Königreich.

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 20/599/FDIS, zukünftige 2. Ausgabe von IEC 61238-1, ausgearbeitet von dem IEC TC 20 „Electric cables“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2003-06-01 als EN 61238-1 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 2003-06-01 zur Aufnahme in EN 61238-1 angenommen.

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): 2004-03-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2006-06-01

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norminhalt.

Anhänge, die als „informativ“ bezeichnet sind, enthalten nur Informationen.

In dieser Norm sind die Anhänge A, B, E und ZA normativ und sind die Anhänge C, D, F, G und H informativ.

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61238-1:2003 wurde von CENELEC als Europäische Norm mit vereinbarten, gemeinsamen Abänderungen angenommen, die nachstehend angegeben sind.

GEMEINSAME ABÄNDERUNGEN

Titel

Ändere den Titel, um die obere Spannungsgrenze zu zeigen:

„..... für Nennspannungen bis 36 kV ($U_m = 42$ kV)“

Einleitung

Ändere das Ende des ersten Satzes im ersten Absatz wie folgt:

„..... für Nennspannungen bis 36 kV ($U_m = 42$ kV)“

Anwendungsbereich und Zweck

Ändere den Spannungsbezug im ersten Absatz wie folgt:

„..... für Nennspannungen bis 36 kV ($U_m = 42$ kV), ...“

Unter **Literaturhinweise** ist zu der aufgelisteten Norm die nachstehende Anmerkung **einzutragen**:

IEC 60694 ANMERKUNG Harmonisiert als **EN 60694:1996** (nicht modifiziert).

INHALT

	Seite
1 Anwendungsbereich und Zweck.....	5
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Symbole.....	7
5 Allgemeines	8
5.1 Leiter	8
5.2 Verbinder und Montagewerkzeuge.....	8
5.3 Geltungsbereich von Prüfergebnissen	9
6 Elektrische Prüfungen	9
6.1 Prüfaufbau	9
6.2 Messungen	11
6.3 Erwärmungslastwechselprüfungen.....	11
6.4 Auswertung der Ergebnisse	14
6.5 Anforderungen	15
7 Mechanische Prüfungen.....	15
7.1 Prüfverfahren	15
7.2 Anforderungen	15
8 Prüfbericht	16
Anhang A (normativ) Ausgleicher und deren Herstellung	22
Anhang B (normativ) Messungen	24
Anhang C (informativ) Empfehlungen zur Verbesserung der Messgenauigkeit.....	25
Anhang D (informativ) Bestimmung des thermischen Kurzschluss-Stromes	26
Anhang E (normativ) Berechnungsverfahren	27
Anhang F (informativ) Erläuterung des Berechnungsverfahrens	32
Anhang G (informativ) Erläuterung des Temperaturprofils.....	47
Anhang H (informativ) Erläuterung des statistischen Verfahrens zur Auswertung von Prüfergebnissen an elektrisch beanspruchten Verbindern	49
Literaturhinweise.....	51
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	52
 Bild 1a – Verbindungshülsen	 17
Bild 1b – Kabelschuhe	17
Bild 1 – Typische Auslegung eines Prüfstromkreises für Verbindungshülsen und Kabelschuhe	17
Bild 2 – Typischer Prüfstromkreis für Abzweigverbinder	18
Bild 3a – Bezugsleiter	19
Bild 3b – Verbindungshülsen	19
Bild 3c – Al-Cu-Verbindungshülse (bimetallisch).....	19
Bild 3d – Abzweigleiter.....	19

	Seite
Bild 3e – Klemmkanal (eines Kabelschuhs).....	20
Bild 3f – Lasche eines Kabelschuhs	20
Bild 3 – Typische Fälle von Widerstandsmessungen	20
Bild 4 – Zweiter Erwärmungslastwechsel	21
Bild A.1 – Ausgleicher	23
Bild E.1 – Beispiel der Auswertung eines einzelnen Verbinders der Klasse A.....	29
Bild F.1 – Aufzeichnung der Verbinderwiderstandsfaktoren und des Parameters δ vor dem 1. Erwärmungslastwechsel	36
Bild F.2 – Aufzeichnung von Widerstandsfaktoren k^{ij} , Mittelwerten k_i und Gesamtmittelwert $\bar{k}$	38
Bild F.3 – Aufzeichnung der Mittelwerte der Widerstandsfaktoren $\bar{k}_i$, des Gesamtmittelwertes $\bar{k}$ und des Parameters β	39
Bild F.4 – Typisches Alterungsverhalten eines elektrisch beanspruchten Verbinders (k_{lim} limitierender Widerstandsfaktor; t_L Lebensdauer).....	40
Bild F.5 – Aufzeichnung der Widerstandsfaktoren, angepassten Werte, geschätztem Achsenabschnitt und geschätzter Steigung (der Regressionsgeraden)	41
Bild F.6 – Aufzeichnung der angepassten Werte, Residuen und des Parameters M^i	42
Bild F.7 – Aufzeichnung des punktwisen 90% Vertrauensbereiches für den Erwartungswert und den Parameter S^i	44
Bild F.8 – Aufzeichnung der Parameter M^i , S^i und D^i mit der Regressionsgeraden	45
Tabelle 1 – Mindesterwärmungszeit bei höherem Strom	13
Tabelle 2 – Anforderungen der elektrischen Prüfung	15
Tabelle 3 – Anforderungen der mechanischen Prüfung	15
Tabelle A.1 – Maße von Ausgleichern	22
Tabelle F.1 – Indizes	32
Tabelle F.2 – Gemessene Variablen	32
Tabelle F.3 – Konstanten	32
Tabelle F.4 – Berechnete Variablen	33
Tabelle F.5 – Wiederholt gemessene Parameter	34
Tabelle F.6 – Anzahl der berechneten Verbinderwiderstandsfaktoren k^{ij} für Verbinders der Klasse A.....	35
Tabelle F.7 – Verbinderwiderstandsfaktoren k^{ij} für Verbinders der Klasse A bezogen auf die statistische Variable x , die Anfangswertstreuung δ und die Mittelwertstreuung β	37
Tabelle F.8 – Anzahl der Widerstandsfaktor-Verhältnisse für Verbinders der Klasse A	45
Tabelle F.9 – Aufgezeichnete höchste Temperaturen während der Erwärmungslastwechsel.....	46
Tabelle H.1 – Zusammenfassung der Anforderungen	50

Einleitung

Dieser Teil von IEC 61238 behandelt Typprüfungen für Press- und Schraubverbinder (nachfolgend auch „Schraubklemmen“ bzw. „Klemmen“ genannt) für Kupfer- und Aluminiumleiter von isolierten Kabeln für Nennspannungen bis 36 kV ($U_m = 42$ kV). Wenn die Verbinderkonstruktion den Anforderungen dieser Norm entspricht, dann kann während des Betriebs erwartet werden, dass:

- a) sich der Widerstand der Verbindung nicht ändert;
- b) die Temperatur des Verbinders in der gleichen Größenordnung wie oder geringer sein wird als die Leitertemperatur;
- c) die mechanische Festigkeit für den Zweck ausreichend ist;
- d) wenn der beabsichtigte Einsatz dies erfordert, das Anlegen von Kurzschluss-Strömen keinen Einfluss auf a) und b) hat.

Es ist hervorzuheben, dass die in dieser Norm spezifizierten elektrischen und mechanischen Prüfungen – obwohl sie die Eignung von Verbindern unter den meisten Betriebsbedingungen beweisen soll – nicht unbedingt für solche Situationen gelten, in denen ein Verbinder eine hohe Temperatur erreichen kann, weil er an eine für hohe Nennströme bemessene Anlage angeschlossen ist, oder wo ein Verbinder übermäßigen mechanischen Schwingungen oder Stößen oder Korrosionsbedingungen ausgesetzt ist. In solchen Fällen sind die Prüfungen dieser Norm durch spezielle, zwischen Hersteller und Anwender vereinbarte Prüfungen zu ergänzen.

1 Anwendungsbereich und Zweck

Dieser Teil von IEC 61238 gilt für Verbinder für Starkstromkabel für Nennspannungen bis 36 kV ($U_m = 42$ kV), d. h. für im Erdboden oder in Gebäuden verwendete Kabel.

- a) Die Leiter dieser Kabel müssen den Anforderungen von **IEC 60228 und IEC 60228A** entsprechen und Leiterquerschnitte mit mindestens 10 mm² für Kupfer und mindestens 16 mm² für Aluminium haben.
- b) Die maximale Dauertemperatur des Leiters beträgt höchstens 90 °C.

Diese Norm gilt weder für Freileitungsverbindungen, für die spezielle mechanische Anforderungen zu berücksichtigen sind, noch für steckbare Verbinder mit einem Gleitkontakt, noch für Mehrfachkabelanschlussverbinder (z. B. Schraubkompaktklemmen).

Obwohl es nicht möglich ist, die Betriebsbedingungen für alle Anwendungsfälle genau zu definieren, wurden zwei Verbinder-Klassen festgelegt.

Klasse A

Hier handelt es sich um Verbinder, die für Energieversorgungs- und Industrienetze vorgesehen sind, wo sie relativ hohen und langen thermischen Kurzschlussbeanspruchungen ausgesetzt sein können. Demzufolge sind Verbinder der Klasse A für die meisten Anwendungsfälle geeignet.

Klasse B

Hier handelt es sich um Verbinder für Netze, in denen Überlast oder Kurzschlüsse durch den Einbau von Schutzorganen, wie z. B. Schmelzsicherungen, begrenzt werden.

Je nach Anwendungsbereich werden diese Verbinder den folgenden Prüfungen unterzogen:

Klasse A Erwärmungslastwechsel und Kurzschlussprüfungen;

Klasse B Erwärmungslastwechsel.

Zweck dieser Norm ist es, die Verfahren und Anforderungen von Typprüfungen für Pressverbinder und Schraubverbinder für Starkstromkabel mit Kupfer- oder Aluminiumleitern festzulegen.

Früher wurden Zulassungen für solche Erzeugnisse auf der Grundlage von nationalen Normen und Spezifikationen und/oder der Demonstration von zufrieden stellender Betriebserfahrung erteilt. Die Veröffentlichung dieser IEC-Norm erklärt bestehende Zulassungen nicht für ungültig. Allerdings dürfen nach solchen früheren Normen oder Spezifikationen zugelassene Erzeugnisse nicht für sich in Anspruch nehmen, diese IEC-Norm zu erfüllen, es sei denn, sie sind ausdrücklich danach geprüft.

Diese Prüfungen brauchen nicht wiederholt zu werden, nachdem sie einmal gemacht worden sind, außer wenn Änderungen im Verbindermaterial, der Konstruktion oder des Fertigungsverfahrens durchgeführt werden, die die Leistungsmerkmale beeinflussen könnten.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60050(461):1984, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 461: Electric cables*
Amendment 1 (1993)

IEC 60228:1978, *Conductors of insulated cables*

IEC 60228A:1982, *Conductors of insulated cables – First supplement: Guide to the dimensional limits of circular conductors*

IEC 60493-1:1974, *Guide for the statistical analysis of ageing test data – Part 1: Methods based on mean values of normally distributed test results*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Teils von IEC 61238 gelten die folgenden Begriffe. Wo möglich, stimmen die benutzten Begriffe mit IEC 60050(461) überein.

3.1

Kabelverbinder

Metallstück zur Verbindung von Kabelleitern untereinander

[IEV 461-17-03, modifiziert]

3.2

Verbindungshülse

Metallstück zur Verbindung der Leiter zweier aufeinander folgender Kabellängen

[IEV 461-17-04]

3.3

Abzweigverbinder, Abzweighülse

Metallstück zur Verbindung eines Abzweigleiters mit einem Hauptleiter an einem Zwischenpunkt des Hauptleiters

[IEV 461-17-05]

3.4

Kabelschuh

Metallstück zum Anschluss eines Kabelleiters an andere elektrische Betriebsmittel

[IEV 461-17-01]

3.5

Anschlusslasche (eines Kabelschuhs)

Teil eines Kabelschuhs, der zur Verbindung mit dem elektrischen Betriebsmittel verwendet wird

[IEV 461-17-07]

3.6**Kontakthülse** (eines Kabelschuhs oder Kabelverbinders)

Teil einer Vorrichtung, in den der zu verbindende Leiter eingeführt wird

[IEV 461-17-06]

3.7**Bezugsleiter**

Blanke oder von der Isolierung befreite Leiterlänge, die keinen Verbinder enthält, die in den Prüfkreis eingeschlossen ist und die es ermöglicht, die Bezugstemperatur und den Bezugswiderstand zu bestimmen

3.8**Ausgleicher**

Vorrichtung, die im Prüfkreis verwendet wird, um in einem mehrdrähtigen Leiter eine Mess-Stelle mit gleichem Potential über den gesamten Leiterquerschnitt sicherzustellen

3.9**Pressverbindung**

Verfahren zur Befestigung eines Verbinders mit einem Leiter durch bleibende Verformung des Verbinders und des Leiters mit Hilfe eines speziellen Werkzeuges

3.10**Schraubverbindung**

Verfahren zur Befestigung eines Verbinders mit einem Leiter z. B. mit Hilfe eines Gewindebolzens oder einer Schraube, die auf den Leiter einwirken, oder alternative Verfahren

3.11**Medianverbinder**

Verbinder, der während des ersten Erwärmungslastwechsels die dritthöchste Temperatur von den sechs im Prüfkreis angeschlossenen Verbindern erreicht

3.12**Isolierungsdurchschneidende Klemme (IPC)**

Klemme, in der der elektrische Kontakt zum Leiter von Vorsprüngen aus Metall erzeugt wird, welche die Isolierung der Ader durchdringen

[IEV 461-11-08]

ANMERKUNG Die Abkürzung IPC wird im Folgenden in dieser Norm verwendet.

4 Symbole

A Nennquerschnitt des Leiters

D Änderung des Verbinderwiderstandsfaktors

I Messgleichstrom, der während der Widerstandsmessung durch eine Verbindung fließt

I_{rms} äquivalenter thermischer Kurzschluss-Strom

I_N Wechselstrom, der erforderlich ist, um die für den Bezugsleiter spezifizierte Temperatur zu halten

I_r Messgleichstrom, der während der Widerstandsmessung durch den/die Bezugsleiter fließt

k Verbinderwiderstandsfaktor: das Verhältnis des Widerstandes eines Verbinders, bezogen auf den Widerstand eines gleichlangen Stücks des Bezugsleiters

l_a, l_b, l_j Längen der Verbinderanordnung in Zusammenhang mit den Mess-Stellen, gemessen nach dem Zusammenbau des Prüfkreises

l_r Länge des Bezugsleiters zwischen den Mess-Stellen

t_1 Erwärmungszeit

t_2 die Zeit, die erforderlich ist, bis Verbinder und Bezugsleiter auf einen Wert von 35 °C oder darunter abgekühlt sind

U	Spannungsabfall zwischen den Mess-Stellen wenn der Strom I fließt
U_r	Spannungsabfall zwischen den Mess-Stellen des Bezugsleiters, wenn der Strom I_r fließt
α	Temperaturkoeffizient des Widerstandes bei 20 °C
β	Mittelwertstreuung der Verbinderwiderstandsfaktoren
δ	Anfangsstreuung der Verbinderwiderstandsfaktoren
λ	Widerstandsfaktorverhältnis; Veränderung der Widerstandsfaktoren eines Verbinders bezogen auf dessen anfänglichen Widerstandsfaktor
θ	Temperatur eines Verbinders
$\theta_{\max}$	an einem Verbinder während des gesamten Prüfzeitraums gemessene höchste Temperatur
θ_R	Temperatur des Bezugsleiters, die während des ersten Erwärmungslastwechsels ermittelt wurde
θ_{ref}	Temperatur des Bezugsleiters zum selben Zeitpunkt, wenn $\theta_{\max}$ gemessen wird

ANMERKUNG Eine zusätzliche Indizierung kann verwendet werden, um Werte von einzelnen Verbindern unterscheidbar zu kennzeichnen, siehe [Anhang F](#).

5 Allgemeines

5.1 Leiter

Im Prüfbericht müssen folgende Angaben aufgeführt sein:

- Leiterwerkstoff;
- Nennquerschnitt, Abmessungen und Form; es wird empfohlen, auch den tatsächlichen Leiterquerschnitt anzugeben;
- Leitertyp, d. h. ein- oder mehrdrähtig; im Falle mehrdrähtiger Leiter sind Angaben über den Leiteraufbau zu machen, falls bekannt, oder durch Überprüfung ermittelbar z. B.:
 - verdichtet;
 - unverdichtet;
 - flexibel (Klassen 5 und 6 nach IEC 60228);
 - Anzahl und Schlagrichtung der Einzeldrähte;
 - Oberflächenbeschichtung, falls vorhanden;
 - Art der Imprägnierung, Quellmittel usw., falls vorhanden;
- ungefähre Härteangabe, d. h. gegläht, halbhart, hart;
- Art und Stärke der Isolierung bei isolierungsdurchschneidenden Klemmen.

5.2 Verbinder und Montagewerkzeuge

Im Prüfbericht müssen folgende Informationen enthalten sein:

- anzuwendende Montagetechnik;
- Werkzeug, Werkzeugeinsätze und erforderliche Einstellungen;
- Schrauben, Muttern, Scheiben, Anziehdrehmomente usw.;
- Vorbehandlung der Kontaktflächen, falls erforderlich;
- Typ, Bestellnummer und jede andere Identifikation des Verbinders;
- bei isolierungsdurchschneidenden Klemmen die Art der Isolierung und die Montagetemperatur.

5.3 Geltungsbereich von Prüfergebnissen

Im Allgemeinen gelten Prüfungen, die an einer Art von Verbinder-Leiter-Kombination vorgenommen wurden, nur für diese Anordnung. Um jedoch die Anzahl der Prüfungen zu begrenzen, ist Folgendes zulässig:

- Ein Verbinder, der für runde Leiter oder für sektorförmige, rundzuformende Leiter geeignet ist, wird für beide Typen abgenommen, wenn an einem verdichteten runden Leiter zufrieden stellende Ergebnisse gemessen werden.
- Ein Verbinder, der für mehrere Nennquerschnitte geeignet ist, wird abgenommen, wenn beim kleinsten und größten Querschnitt zufrieden stellende Ergebnisse gemessen werden (siehe Anmerkung 2 unten).
- Wenn es sich um einen Verbinder für zwei Leiter verschiedener Querschnittsflächen, Leiterbauformen oder aus unterschiedlichem Material handelt und wenn die angewendete Technik und der verwendete Klemmkanal bereits für jeden Querschnitt getrennt geprüft worden sind, ist keine zusätzliche Prüfung mehr erforderlich. Ist dies nicht der Fall und wird der Verbinder für Cu-Al-Verbindungen benötigt, müssen zur Kontrolle zusätzliche Prüfungen an dem Leiter als Bezugsleiter vorgenommen werden, der die höchste Temperatur aufweist.
- Wenn ein Hersteller klar nachweisen kann, dass dieselben allgemein gültigen und relevanten Konstruktionskriterien für eine Familie von Verbindern angewendet wurden, ist die Übereinstimmung mit dieser Norm erreicht, wenn der größte, der kleinste und zwei dazwischenliegende Standard-Leitergrößen geprüft wurden.

Ausnahme Nr. 1: Für eine Familie von aus fünf Leitergrößen bestehenden Verbindern müssen nur der größte Verbinder, der kleinste Verbinder und ein Verbinder einer repräsentativen dazwischenliegenden Leitergröße geprüft werden.

Ausnahme Nr. 2: Für eine Familie von Verbindern, die aus vier Leitergrößen oder weniger besteht, müssen nur der größte Verbinder und der kleinste Verbinder geprüft werden.

- Im Fall von Verbindern, die für mehrere Leiterquerschnitte geeignet sind, müssen der größtmögliche und der kleinste Leiternennquerschnitt für die ausgewählten Verbinder geprüft werden.
- Zufriedenstellende Prüfergebnisse eines isolierungsdurchschneidenden Verbinders, an dem an PVC-Isolierung bei niedrigeren Temperaturen Erwärmungslastwechsel- und Kurzschlussprüfungen durchgeführt wurden, lassen nur eine Verwendung solcher Verbinder an PVC-Isolierungen zu.
- Zufriedenstellende Prüfergebnisse eines Verbinders auf trockenem Leiter lassen eine Verwendung auf Leitern mit ölgetränktem Leiter derselben Bauform zu.
- Im Falle von Verbindern, bei denen eine oder beide Seiten für mehrere Nennquerschnitte geeignet sind und eine gemeinsame Klemm- oder Presseinrichtung für die Verbindung verschiedener Nennquerschnitte dient, ist eine mechanische Prüfung an allen Leitergrößen nach [Abschnitt 7](#) durchzuführen.

ANMERKUNG 1 Beispiele für relevante Konstruktionskriterien:

- Volumenreduzierung durch die Verpressung (oder Verpressungsgrad);
- Anzahl der Kontaktschrauben oder Verpressungen;
- Flächenpressung von Kontaktschrauben oder Verpressungen;
- relative Materialmenge des Verbinders zum Leiter.

ANMERKUNG 2 Unterschiedliche Arten von Quellmitteln können das Betriebsverhalten beeinflussen.

6 Elektrische Prüfungen

6.1 Prüfaufbau

Alle Leiter der gleichen Querschnittsfläche im Prüfkreis müssen von einer gleichen kontinuierlichen Lieferlänge entnommen werden.

Für jede Prüfreihe werden sechs Verbinder nach den Festlegungen des Hersteller auf einem blanken oder einem vor der Montage abisolierten Leiter so montiert, dass sie zusammen mit dem Bezugsleiter eine Prüfschleife bilden.

Bei mehrdrähtigen Leitern können zwischen den Drähten vorhandene Potentialdifferenzen an der Mess-Stelle zu Fehlern bei der Messung des elektrischen Widerstandes führen. Um diese Probleme zu überwinden und um eine gleichmäßige Stromverteilung im Bezugsleiter und zwischen den Verbindern an den Ausgleicherstellen sicherzustellen, sind Ausgleicher zu verwenden; siehe [Anhang A](#).

Bei Isolierungsdurchschneidenden Klemmen darf die Isolierung auf dem Leiter unter der Klemme und über eine Länge von mindestens 100 mm außerhalb der Klemme nicht entfernt werden. In den Prüfkreis ist/sind ebenfalls ein/mehrere Bezugsleiter mit belassener Isolierung einzufügen. Wird die Klemme gemäß Klasse B geprüft, ist ein blanker Bezugsleiter nicht erforderlich.

Der Prüfkreis ist an einem Ort zu installieren, wo die Luft ruhig ist. Die Umgebungstemperatur des Prüfortes muss zwischen 15 °C und 30 °C betragen.

Die Montagetemperatur von Isolierungsdurchschneidenden Klemmen (IPC) muss bei (23 ± 3) °C liegen.

Bei eindrähtigen Leitern müssen die Potentialmesspunkte so nahe wie möglich am Verbinder sein, um I_a und I_b nahezu auf null zu verkleinern.

Der Prüfkreis kann von beliebiger Form sein, vorausgesetzt er ist so angeordnet, dass Boden, Wände und Decke keine Rückwirkung auf ihn haben.

Zur Erleichterung der Kurzschlussprüfungen (nur für Verbinder der Klasse A) kann der Prüfkreis demontierbar hergestellt werden. In diesem Fall müssen die Verbindungsstellen derart sein, dass sie die Messungen, insbesondere im Hinblick auf die Temperatur, nicht beeinflussen.

Ein Nachziehen der Gewindebolzen oder Schrauben an den zu prüfenden Verbindern ist nicht zulässig.

6.1.1 Verbindungshülsen und Kabelschuhe

Der Prüfkreis ist in [Bild 1](#) mit Angaben der zu verwendenden Maße gezeigt.

Wenn Kabelschuhe zu prüfen sind, müssen die Laschen gemäß den Angaben des Herstellers auf Verbindungsschienen geschraubt werden. Diese Verbindungsschienen müssen an der Verbindungsstelle die gleichen Abmessungen sowie die gleiche Dicke aufweisen wie die Lasche und müssen auch aus dem gleichen Material sein.

Es kann erforderlich sein, den Querschnitt der Verbindungsschiene neben der Verbindungsstelle anzupassen, damit die in [6.3](#) genannten Temperaturen erreicht werden. Als Alternative zu Verbindungsschienen können die Prüfungen auch an Kabelschuhen durchgeführt werden, deren Laschen direkt miteinander verbunden sind. Bei Unstimmigkeiten ist das Verfahren mit den Verbindungsschienen anzuwenden.

Wenn jedoch verlangt wird, dass die Kabelschuh-Prüfung eine Auswertung des Verhaltens der verschraubten Laschen einschließt, die an eine Anlage angeschlossen sind, dann sind Material, Größe und Oberflächenüberzug der Enden der Verbindungsschienen oder eines Zwischenstücks zwischen den Vertragsparteien zu vereinbaren.

6.1.2 Abzweigverbinder

Wenn ein Abzweigverbinder für ein Abzweigkabel vorgesehen ist, das den gleichen Querschnitt hat wie das Durchgangskabel bzw. eine Querschnittsstufe größer oder kleiner als dieses ist, so wird der Abzweigverbinder als Verbinder zwischen Durchgangs- und Abzweigkabel behandelt, und die Prüfung für Verbinder findet Anwendung. In anderen Fällen muss der Prüfkreis [Bild 2](#) entsprechen. Wenn die Verbinderart es erforderlich macht, dass ein Hauptleiter geschnitten werden muss, dann muss der Teil des Verbinders, der die Verbindung herstellt, auch wie ein Verbinder geprüft werden.

6.2 Messungen

6.2.1 Messungen des elektrischen Widerstandes

Messungen des elektrischen Widerstandes sind in definierten Abständen während der gesamten in 6.3 beschriebenen Prüfung durchzuführen.

Diese Widerstandsmessungen sind bei gleichbleibenden Temperaturbedingungen sowohl des Prüfkreises als auch der Umgebung durchzuführen. Die Umgebungstemperatur muss zwischen 15 °C und 30 °C betragen.

Das empfohlene Verfahren besteht darin, einen Gleichstrom von bis zu 10 % des Erwärmungslastwechselstromes durch die Verbinder und den Bezugsleiter zu leiten, ohne die Temperatur zu erhöhen, und den Spannungsabfall zwischen festgelegten Potentialmesspunkten zu messen. Das Verhältnis zwischen Spannungsabfall und Gleichstrom ist dann der Widerstand zwischen diesen Punkten.

ANMERKUNG Um die Messgenauigkeit zu verbessern, empfiehlt es sich, für das ganze Prüfprogramm im Wesentlichen immer denselben Gleichstrom zu verwenden.

Bei Abzweigleitern, die nach [Bild 2](#) montiert sind, muss der gesamte Mess-Strom durch den Teil des Verbinders fließen, dessen Spannungsabfall gemessen wird. Schalter oder Unterbrechungsstellen dürfen für diesen Zweck vorgesehen werden.

Thermospannungen können möglicherweise die Genauigkeit von Messungen kleiner Widerstände beeinflussen (in der Größenordnung von $10\ \mu\Omega$). Wenn ein solcher Verdacht vorliegt, müssen zwei Messungen mit vertauschter Polarität des Mess-Stromes vorgenommen werden. Der Mittelwert der beiden Messwerte ist dann der tatsächliche Widerstand des Prüflings.

Die Potentialmesspunkte sind nach den Angaben in [Anhang B](#) und [Bild 3](#) festzulegen, und die verschiedenen aufgeführten Längen sind ebenfalls zu messen, damit die tatsächlichen Verbinderwiderstände ermittelt werden können. Die Temperatur der Verbinder und des Bezugsleiters ist zu messen, wenn die Widerstandsmessungen vorgenommen werden. Für einen direkten Vergleich sind die Widerstandswerte auf 20 °C umzurechnen. [Anhang B](#) enthält nähere Angaben über das empfohlene Verfahren. An diesen Stellen sind während der Erwärmungslastwechsel die Temperaturmessungen vorzunehmen.

Indirekte Widerstandsbestimmung:

- Spannungsmessungen müssen eine Genauigkeit von $\pm 0,5\ %$ oder $\pm 10\ \mu\text{V}$ aufweisen. Die größere Genauigkeitsanforderung ist anzuwenden.
- Die Strommessungen müssen eine Genauigkeit von $\pm 0,5\ %$ oder $\pm 0,1\ \text{A}$ aufweisen. Die größere Genauigkeitsanforderung ist anzuwenden.

Direkte Widerstandsmessungen:

- Widerstandsmessungen müssen eine Genauigkeit von $\pm 1\ %$ oder $\pm 0,5\ \mu\Omega$ aufweisen. Die größere Genauigkeitsanforderung ist anzuwenden, wenn das Instrument gegen ein zertifiziertes Widerstandsnormalkalibriert wird.

6.2.2 Temperaturmessungen

Temperaturmessungen sind in definierten Abständen während der gesamten Prüfung nach den Angaben in 6.3 vorzunehmen.

Die Temperaturen der Verbinder und des Bezugsleiters sind an den in [Bild 3](#) gezeigten Stellen zu messen. Bei der Bezugstemperatur-Methode sind Thermoelemente zu verwenden. Die Messgenauigkeit der Temperaturmessungen muss $\pm 2\ \text{K}$ betragen.

6.3 Erwärmungslastwechselprüfungen

Die Erwärmungslastwechselprüfung ist mit Wechselstrom durchzuführen.

6.3.1 Erster Erwärmungslastwechsel

Zweck des ersten Erwärmungslastwechsels ist es, die für die nachfolgenden Lastwechsel verwendete Bezugsleitertemperatur festzulegen und einen Medianverbinder zu bestimmen.

a) Nicht isolierungsdurchschneidender Verbinder und Kabelschuhe

Der Strom im Prüfkreis wird gesteigert, bis der Bezugsleiter eine Temperatur von 120 °C erreicht.

„Temperaturgleichgewicht“ besteht, wenn die Temperatur des Bezugsleiters und des Verbinders 15 min lang um nicht mehr als ± 2 K schwankt.

Wenn die Temperatur des Medianverbinders (siehe 3.11) dann gleich oder größer als 100 °C ist, so muss die Bezugsleitertemperatur für die nachfolgenden Erwärmungslastwechsel 120 °C sein. Ist dies nicht der Fall, wird der Strom erhöht, bis der Medianverbinder eine Temperatur von 100 °C bei Temperaturgleichgewicht erreicht, vorausgesetzt, die Bezugsleitertemperatur überschreitet nicht 140 °C. Wenn die Temperatur des Medianverbinders 100 °C nicht erreicht, selbst wenn die Bezugsleitertemperatur 140 °C beträgt, ist die Prüfung bei dieser Temperatur fortzusetzen. Die gemessene Bezugsleitertemperatur θ_R ist dann für die nachfolgenden Erwärmungslastwechsel zu verwenden ($120\text{ °C} \leq \theta_R \leq 140\text{ °C}$). Der Gleichgewichtsstrom I_N ist im Prüfbericht anzugeben.

ANMERKUNG 1 Werden für Kabelschuhe Verbindungsschienen verwendet, ist die Temperatur auf der Mitte der die Laschen verbindenden Schiene zu messen. Diese Temperatur sollte annähernd der des Bezugsleiters θ_R entsprechen, mit einer zulässigen Abweichung von ± 5 K.

b) Nicht isolierungsdurchschneidender Abzweigverbinder

Wo es erforderlich ist, den in Bild 2 gezeigten Stromkreis zu verwenden, wird Strom durch den Prüfkreis geleitet, bis der Durchgangsbezugsleiter und die drei Abzweigbezugsleiter eine Temperatur von 120 °C bei Temperaturgleichgewicht erreichen. Hierzu werden die Ströme in den drei Abzweigleitern entweder durch Strominduktion oder Impedanz-Regelung angeglichen. Wenn die Temperatur des Medianverbinders (siehe 3.11) dann gleich oder größer als 100 °C ist, so muss die Bezugsleitertemperatur für die nachfolgenden Erwärmungszyklen 120 °C sein. Ist dies nicht der Fall, wird der Strom im Prüfkreis erhöht, bis der Medianverbinder eine Temperatur von 100 °C bei Temperaturgleichgewicht erreicht, vorausgesetzt, die Temperatur der Bezugsleiter überschreitet nicht 140 °C. Zu diesem Zeitpunkt und auch in definierten Abständen während der ganzen Prüfung kann es erforderlich sein, den Strom in einem einzelnen Abzweig anzugleichen, um sicherzustellen, dass die Bezugstemperatur eines jeden Abzweiges der Bezugstemperatur des Durchgangsleiters entspricht. Die gemessene Bezugsleitertemperatur θ_R am Durchgangsleiter ist dann für die nachfolgenden Erwärmungszyklen zu verwenden ($120\text{ °C} \leq \theta_R \leq 140\text{ °C}$). Der Strom(Die Ströme) I_N bei den Gleichgewichtstemperaturen im Haupt- und Abzweigleiter ist(sind) im Prüfbericht festzuhalten.

c) Isolierungsdurchschneidende Klemmen (IPC)

Für Prüfungen an isolierungsdurchschneidenden Klemmen ist der gleiche Prüfkreis zu verwenden, wie in Bild 1 oder 2 gezeigt, mit dem Unterschied, dass der (die) isolierte(n) Bezugsleiter hinzugefügt werden muss(müssen). Während der Lastwechsel ist die Temperatur an der Medianklemme so zu regeln, dass sie 10 K mehr beträgt als die maximale Nennbetriebstemperatur des Kabels, für das diese Art Klemmen bestimmt sind. Der durch den Prüfkreis geleitete Strom ist jedoch so zu begrenzen, dass die Temperatur des isolierten Bezugsleiters bei Temperaturgleichgewicht nicht mehr als 10 K bis 15 K über der Nennbetriebstemperatur der Leiterisolierung liegt. Bei Abzweigverbindern kann es sich in regelmäßigen Abständen während der Prüfung als notwendig erweisen, den Strom in einem individuellen Abzweig nachzustellen, damit sichergestellt ist, dass die Temperaturen in jedem Bezugsleiter mit dem Abzweigleiterquerschnitt denselben Wert erreichen wie im Bezugsleiter mit dem Hauptleiterquerschnitt. Der Strom(Die Ströme) I_N bei den Gleichgewichtstemperaturen im Haupt- und Abzweigleiter ist(sind) im Prüfbericht festzuhalten.

ANMERKUNG 2 Wird ein Verbinder für einen Verwendungszweck eingesetzt, bei dem Temperaturen erreicht werden, die wesentlich höher sind als die Dauerbetriebstemperatur des Leiters, können nach Absprache zwischen Hersteller und Anwender zusätzliche Prüfungen bei höherer Temperatur des Prüflings durchgeführt werden. Die zusätzliche Erhöhung der Temperatur des Prüflings wird grundsätzlich durch das Anbringen von Wärmedämmungen erreicht.

6.3.2 Zweiter Erwärmungslastwechsel

Der Zweck dieses zweiten Erwärmungslastwechsels ist es, die Erwärmungslastwechseldauer und das Temperaturprofil zu ermitteln, die dann am Prüfkreis für alle nachfolgenden Erwärmungslastwechsel Anwendung finden. Strom wird durch den Prüfkreis geleitet, bis die Temperatur des Durchgangsbezugsleiters den in 6.3.1 bestimmten Wert θ_R mit einer zulässigen Abweichung von ${}^{+6}_0$ K erreicht und die Temperatur des Medianverbinders während 10 min innerhalb eines Temperaturbereiches von 2 K konstant ist.

Ein höherer Strom darf verwendet werden, um die Erwärmungszeit zu verkürzen. Die Dauer dieses höheren Stromes muss den Angaben von Tabelle 1 entsprechen. Danach wird der Strom auf einen Mittelwert nahe von I_N eingestellt, um sicherzustellen, dass während des Zeitraumes der Regelung des Medianverbinders konstante Bedingungen herrschen. Es kann sein, dass mehr als ein Lastwechsel erforderlich ist, um den zweiten Erwärmungslastwechsel zu bestimmen.

Die Temperatur des Bezugsleiters ist der Regelungsparameter zur Aufrechterhaltung des Temperaturprofils während der Lastwechselprüfung. Auf diese Weise kann die Schwankung der Umgebungstemperatur das Temperaturprofil des Bezugsleiters nicht beeinflussen.

Tabelle 1 – Mindesterwärmungszeit bei höherem Strom

Leiternennquerschnittsbereich A	mm ²	Al	$16 \leq A \leq 50$	$50 < A \leq 150$	$150 < A \leq 630$	$A > 630$
		Cu	$10 \leq A \leq 35$	$35 < A \leq 95$	$95 < A \leq 400$	$A > 400$
Zeit	min		5	10	15	20

Das auf diese Weise ermittelte Temperatur-Zeit (t_1)-Erwärmungsprofil, siehe Bild 4, ist festzuhalten und für alle nachfolgenden Lastwechsel zu verwenden.

Der Zeitspanne t_1 folgt eine Zeitspanne t_2 zur Abkühlung, um die Temperatur aller Verbinder und des Bezugsleiters auf einen Wert von ≤ 35 °C zu bringen.

Es ist eventuell erforderlich, t_2 in den nachfolgenden Erwärmungslastwechseln einzustellen, um das Erreichen der Temperaturbedingungen sicherzustellen.

Wenn eine beschleunigte Kühlung angewendet wird, so muss diese auf den gesamten Prüfkreis wirken und die verwendete Luft muss innerhalb der Umgebungstemperaturgrenzen liegen.

Die Gesamtzeitspanne von $t_1 + t_2$ stellt einen Erwärmungslastwechsel dar (siehe Bild 4).

6.3.3 Weitere Erwärmungslastwechsel

Eine Gesamtanzahl von 1 000 Erwärmungslastwechseln (definiert in 6.3.2) ist durchzuführen. Nach der Abkühlphase der unten angegebenen Lastwechsel sind der Widerstand und die Temperatur eines jeden Verbinders sowie des Bezugsleiters/der Bezugsleiter, wie in 6.2 erläutert, festzuhalten. Ebenfalls festzuhalten ist die Höchsttemperatur eines jeden Verbinders während des Lastwechsels unmittelbar vor oder nach der Widerstandsmessung.

Messungen sind in folgenden Lastwechseln durchzuführen:

Klasse A

0 (vor dem ersten Lastwechsel, siehe 6.3.1)
 200, vor den Kurzschlussprüfungen
 200, nach den Kurzschlussprüfungen
 250
 dann alle 75 Lastwechsel
 (insgesamt 14 Messungen)

Klasse B

0 (vor dem ersten Lastwechsel, siehe 6.3.1)
 250
 dann alle 75 Lastwechsel
 (insgesamt 12 Messungen)

Eine Grenzabweichung von ± 10 Lastwechseln bei den letzten 12 Messungen ist zulässig.