

	DIN EN 50399 (VDE 0482-399)	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 „etx Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE

ICS 13.220.40; 29.060.20

Einsprüche bis 2021-07-21

Entwurf

Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 50399
(VDE 0482-399):2017-02

**Allgemeine Prüfverfahren für das Verhalten von Kabeln und isolierten Leitungen im Brandfall –
Messung der Wärmefreisetzung und Raucherzeugung während der Prüfung der Flammenausbreitung –
Prüfeinrichtung, Prüfverfahren und Prüfergebnis;
Deutsche und Englische Fassung prEN 50399:2020**

Common test methods for cables under fire conditions –
Heat release and smoke production measurement on cables during flame spread test –
Test apparatus, procedures, results;
German and English version prEN 50399:2020

Méthodes d'essai communes aux câbles soumis au feu –
Mesure de la chaleur et de la fumée dégagées par les câbles au cours de l'essai de propagation de la flamme –
Appareillage d'essai, procédure et résultats;
Version allemande et anglaise prEN 50399:2020

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-05-21 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 164 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments prEN 50399:2020-03 „Allgemeine Prüfverfahren für das Verhalten von Kabeln und isolierten Leitungen im Brandfall – Messung der Wärmefreisetzung und Raucherzeugung während der Prüfung der Flammenausbreitung – Prüfeinrichtung, Prüfverfahren und Prüfergebnis“ (Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und der Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung der prEN 50399:2020-03 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Das europäische Dokument prEN 50399:2020-03 „Common test methods for cables under fire conditions – Heat release and smoke production measurement on cables during flame spread test – Test apparatus, procedures, results“ wurde vom CLC/TC 20 „Electric cables“ des Europäischen Komitees für Elektrotechnische Normung (CENELEC) erarbeitet und von CENELEC den Nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen späteren „Schluss-Entwurf“ FprEN nur 8 Wochen beträgt und zum „Schluss-Entwurf“ FprEN keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der „Entwurf“ prEN als Deutscher Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit noch vor der formellen Abstimmung berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium DKE/UK 411.2 „Isolierte Starkstromleitungen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DKE (www.dke.de) und DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnietsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

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

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Änderungen

Gegenüber **DIN EN 50399 (VDE 0482-399):2017-02** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Aufnahme der Prüfeinrichtung in dieses Dokument, nicht nur durch einen Verweis auf EN 60332-3-10 (siehe 4.1)
- b) Optimierung der Prüfeinrichtungen (siehe 4.2 bis 4.7), einschließlich der verbindlichen Verwendung von Massenflussreglern für die Zufuhr von Gasen zum Brenner
- c) verschiedene Optimierungen bei der Qualifizierung der Prüfeinrichtung, einschließlich einer Überprüfung der Flammenform (5.6) und der Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit der Geräte (5.7)

- d) Ergänzungen zur Prüfung von Flachleitungen, einschließlich der Montage (6.4, 6.5)
- e) Aufnahme des normativen Anhangs K (Prüfung der Flammenform für eine Nennwärmebelastung von 20,5 kW) und des Anhangs L (Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit der Prüfergebnisse)

– Leerseite –

Deutsche Fassung

Allgemeine Prüfverfahren für das Verhalten von Kabeln und isolierten Leitungen
im Brandfall – Messung der Wärmefreisetzung und Raucherzeugung während der
Prüfung der Flammenausbreitung – Prüfeinrichtung, Prüfverfahren und Prüfergebnis

Common test methods for cables under fire
conditions – Heat release and smoke production
measurement on cables during flame spread test
– Test apparatus, procedures, results

Méthodes d'essai communes aux câbles soumis au
feu – Mesure de la chaleur et de la fumée dégagées
par les câbles au cours de l'essai de propagation
de la flamme – Appareillage d'essai, procédure et
résultats

Dieser Entwurf für eine Europäische Norm wird den CENELEC-Mitgliedern zur CENELEC-Umfrage vorgelegt.
CENELEC Termin: 2020-06-05.

Er wurde von CLC/TC 20 erstellt.

Wenn aus diesem Entwurf eine Europäische Norm wird, sind die CENELEC-Mitglieder 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.

Dieser Entwurf für eine Europäische Norm wurde von CENELEC in drei offiziellen Fassungen (Deutsch,
Englisch, Französisch) erstellt. Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied
in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem CEN-CENELEC
Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

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

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Warnvermerk: Dieses Schriftstück hat noch nicht den Status einer Europäischen Norm. Es wird zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt. Es kann sich noch ohne Ankündigung ändern und darf nicht als Europäische Norm
in Bezug genommen werden.



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

CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	11
Einleitung.....	12
1 Anwendungsbereich.....	14
2 Normative Verweisungen.....	14
3 Begriffe.....	14
4 Prüfeinrichtung.....	15
4.1 Allgemeines.....	15
4.2 Prüfkammer.....	16
4.3 Zündquelle.....	17
4.3.1 Typ.....	17
4.3.2 Positionierung.....	18
4.4 Leiter.....	18
4.5 Luftzufuhr.....	18
4.6 Haube.....	19
4.7 Abgasrohr.....	19
4.7.1 Allgemeines.....	19
4.7.2 Ausstattung im Abgasrohr.....	19
4.8 Absaugventilator; Abgasreinigung.....	21
4.9 Messeinrichtung für Rauchentwicklung.....	21
4.9.1 Allgemeines.....	21
4.9.2 Weißlichtsystem.....	21
4.9.3 Laserlichtsystem.....	21
4.10 Ausrüstung zur Analyse der Brandgase.....	22
4.10.1 Allgemeines.....	22
4.10.2 Sauerstoff.....	22
4.10.3 Kohlendioxid.....	22
5 Qualifizierung der Prüfeinrichtung.....	22
5.1 Allgemeines.....	22
5.2 Messungen der Strömungsverteilung.....	22
5.3 Messung der Probenverzögerungszeit.....	23
5.4 Inbetriebnahmekalibrierungen.....	23
5.5 Routineüberprüfung.....	23
5.5.1 Allgemeines.....	23
5.5.2 Durchführung.....	23
5.5.3 Berechnungen.....	24
5.5.4 Anforderungen.....	24
5.6 Prüfen der Flammenform.....	24
5.7 Prüfen der Wiederholpräzision und Vergleichspräzision der Prüfeinrichtung.....	24

6	Prüfverfahren.....	25
6.1	Anfangsbedingungen der Prüfung.....	25
6.2	Prüfmuster.....	25
6.3	Konditionierung des Musters.....	25
6.4	Bestimmung der Anzahl der Prüfstücke.....	25
6.4.1	Allgemeines.....	25
6.4.2	Runde Kabel und Leitungen mit einem Durchmesser größer oder gleich 20,0 mm.....	25
6.4.3	Runde Kabel und Leitungen mit einem Durchmesser größer als 5,0 mm aber kleiner als 20,0 mm.....	25
6.4.4	Runde Kabel und Leitungen mit einem Durchmesser kleiner oder gleich 5,0 mm.....	26
6.4.5	Nicht runde Kabel und Leitungen mit einem Maß der größeren Achse größer oder gleich 20 mm, einem Maß der kleineren Achse größer als 4 mm und einem Verhältnis der größeren zur kleineren Achse von kleiner oder gleich 5.....	26
6.4.6	Nicht runde Kabel und Leitungen mit einem Maß der größeren Achse größer als 5 mm aber kleiner als 20 mm und einem Maß der kleineren Achse größer als 4 mm und einem Verhältnis der größeren zur kleineren Achse von kleiner oder gleich 5.....	26
6.4.7	Nicht runde Kabel und Leitungen, die aus zwei exakt identischen runden Kabeln oder Leitungen mit einer geringfügigen Verbindung bestehen (siehe Bild 9 „Kabel und Leitungen“)......	27
6.5	Montage der Prüfmuster.....	27
6.5.1	Montage der Prüfmuster für alle Klassen.....	27
6.5.2	Besondere Montageanforderungen für Klasse B1 _{ca}	28
6.6	Abgasvolumenstrom.....	28
6.7	Propan- und Luftvolumenstrom zum Brenner.....	29
6.8	Beflammungsdauer.....	29
6.9	Prüfablauf.....	29
6.10	Beobachtungen und Messungen während der Prüfung.....	30
7	Bestimmung von Parametern, die aus der Prüfung abgeleitet werden.....	30
7.1	Berechnung von <i>HRR</i> - und <i>SPR</i> -Parametern.....	30
7.1.1	Spitzenwert der Wärmefreisetzungsrate (<i>Spitzenwert HRR</i>).....	30
7.1.2	Spitzenwert der Rauchentwicklungsrate (<i>Spitzenwert SPR</i>).....	30
7.1.3	Gesamte Wärmefreisetzungsrate (<i>THR₁₂₀₀</i>).....	30
7.1.4	Gesamte Rauchentwicklung (<i>TSP₁₂₀₀</i>).....	31
7.1.5	Index der Brandentwicklung (<i>FIGRA</i>).....	31
7.1.6	Mindestwert der Wärmefreisetzungsrate (<i>minHRR</i>).....	31
7.1.7	Mindestwert der Rauchentwicklungsrate (<i>minSPR</i>).....	31
7.2	Bestimmung des Ausmaßes der Flammenausbreitung (<i>FS</i>).....	31
8	Prüfbericht.....	32
8.1	Allgemeines.....	32
8.2	Inhalte.....	32
8.2.1	Allgemeine Informationen.....	32
8.2.2	Informationen zum geprüften Kabel oder zur geprüften Leitung.....	32

8.2.3	Informationen zur Prüfung.....	32
8.2.4	Direkte Ergebnisse.....	32
8.2.5	Berechnete Ergebnisse.....	33
Anhang A (normativ) Berechnung der Wärmefreisetzung.....		51
A.1	Volumenstrom.....	51
A.2	Wirkung der erzeugten Wärme.....	51
A.2.1	Wärmefreisetzung der Zündquelle.....	51
A.2.2	Wärmefreisetzung eines Prüflings.....	52
A.3	Berechnung des molaren Anteils von Wasserdampf in Luft.....	53
Anhang B (normativ) Rauchentwicklung.....		54
Anhang C (informativ) Zusatzinformation zur Reynoldszahl in Bild 13.....		55
Anhang D (normativ) Strömungsverteilung im Rohr.....		56
D.1	Allgemeines.....	56
D.2	Geschwindigkeitsprofilfaktor k_c	56
D.2.1	Allgemeines.....	56
D.2.2	Festlegungen für die Messung.....	56
D.2.3	Durchführung.....	57
D.2.4	Berechnung von k_c	57
D.2.5	Messprotokoll.....	57
Anhang E (normativ) Inbetriebnahmekalibrierungen.....		59
E.1	Allgemeine Verfahren für einzelne Teile der Ausrüstung.....	59
E.2	Kalibrierungen der Gasanalysatoren.....	59
E.2.1	Allgemeines.....	59
E.2.2	Justierung des Sauerstoffanalysators.....	59
E.2.3	Anzeigerausichen und Drift des Sauerstoffanalysators.....	59
E.2.4	Justierung des Kohlendioxidanalysators.....	60
E.3	HRR-Kalibrierung.....	60
E.3.1	Allgemeines.....	60
E.3.2	HRR-Kalibrierung durch Einsatz eines Brenners.....	60
E.3.3	HRR-Kalibrierung durch Einsatz einer brennbaren Flüssigkeit.....	61
E.3.4	Inbetriebnahmefaktor k_t zur Berechnung der HRR.....	63
E.4	Kalibrierung des Rauchmesssystems.....	63
E.4.1	Allgemeines.....	63
E.4.2	Überprüfung der Stabilität.....	63
E.4.3	Überprüfung des Weißlichtsystems durch optische Filter.....	64
E.4.4	Kalibrierung des Rauchmesssystems durch Verbrennung einer brennbaren Flüssigkeit.....	64
Anhang F (informativ) Anleitung für Kalibrierverfahren von besonderen Messgeräten.....		67
F.1	Allgemeine Verfahren für einzelne Teile der Ausrüstung.....	67
F.2	Kalibrierungen der Gasanalysatoren.....	67

F.2.1	Justierung des Sauerstoffanalysators.....	67
F.2.2	Justierung des Kohlendioxidanalysators.....	67
F.3	Überprüfung des Propanmassenstromreglers oder Rotameters.....	67
F.3.1	Allgemeines.....	67
F.3.2	Durchführung.....	68
F.3.3	Anforderung.....	68
F.4	Überprüfung des Weißlichtsystems durch optische Filter.....	68
F.4.1	Allgemeines.....	68
F.4.2	Durchführung.....	68
F.4.3	Anforderung.....	68
Anhang G (normativ)	Berechnung von HRR_{av} , SPR_{av} und $FIGRA$	69
G.1	Berechnung von HRR_{av}	69
G.2	Berechnung von SPR_{av}	69
G.3	Berechnung des Index der Brandentwicklung ($FIGRA$).....	70
Anhang H (informativ)	Hinweise zur Auswahl der Prüfeinrichtung.....	71
H.1	Allgemeines.....	71
H.2	Brenner und Venturi-Mixer.....	71
H.3	Massenstromregler.....	71
H.4	Rückwand.....	71
H.5	Kabel und Leitungen.....	71
H.6	Holzbretter zur Messung der Flammenform.....	72
H.7	Software zur Analyse der Holzbretter.....	72
Anhang I (normativ)	Hinweise zum Dateiformat für Daten aus der Prüfung.....	73
Anhang J (normativ)	Runden von Zahlen.....	77
Anhang K (normativ)	Prüfung der Flammenform bei einer Nennwärmeabgabe von 20,5 kW.....	78
K.1	Einleitung.....	78
K.2	Vorbereitung der Holzbretter.....	78
K.3	Verfahren (zweimalige Durchführung).....	79
K.4	Beurteilung.....	79
K.5	Anforderung.....	80
Anhang L (informativ)	Wiederholpräzision und Vergleichspräzision.....	82
L.1	Einleitung.....	82
L.2	Brandprüfkabel.....	82
L.3	Leistung des Brandprüfkabels.....	83
L.4	Verfahren zur Prüfung der Wiederholpräzision der Prüfeinrichtung (laborinterne Prüfung).....	83
L.5	Verfahren zur Prüfung der Vergleichspräzision der Prüfeinrichtung (laborübergreifende Prüfung).....	84
Literaturhinweise		85

Bilder

Bild 1 – Allgemeine Anordnung des Prüfgeräts.....	33
---	----

Bild 2 – Prüfkammer – Maße.....	34
Bild 3 – Prüfkammer – Schematische Seitenansicht und Anordnung der Lufteinlässe.....	35
Bild 4 – Wärmedämmung der Rückseite und Seiten der Prüfkammer.....	36
Bild 5 – Positionierung des Brenners und typische Anordnung des Prüfmusters auf der Leiter.....	37
Bild 6 – Aufbau des Brenners.....	38
Bild 7 – Anordnung der Bohrungen bei Brennern.....	39
Bild 8 – Schematische Darstellung einer Brennersteuerung mit Massenstromreglern.....	40
Bild 9 – Stahlrohrleiter zur Prüfung von Kabeln und Leitungen nach EN 50399.....	41
Bild 10 – Schematische Darstellung einer Haube.....	42
Bild 11 – Typische Leitbleche.....	43
Bild 12 – Bidirektionale Sonde.....	44
Bild 13 – Sondenantwort über Reynoldszahl.....	45
Bild 14 – Probensonde.....	45
Bild 15 – Schematische Darstellung der Probenleitung.....	47
Bild 16 – Schematische Darstellung einer Einrichtung zum Messen der Rauchentwicklung.....	48
Bild 17 – Montage von Bündeln (nicht maßstabsgerecht, nur eins von 15 Bündeln).....	49
Bild 18 – Rückwand-Montageanordnung für Klasse B1 _{ca}	50
Bild D.1 – Schnitt durch das Abgasrohr – Positionen für die Messung der Gasgeschwindigkeit.....	57
Bild E.1 – Überblick über die Inbetriebnahmekalibrierungen.....	66
Bild K.1 – Form und Maße des Holzbrettes.....	78
Bild K.2 – Positionierung des Holzbrettes in der Mitte des Brenners: Holzbrett senkrecht auf dem Brenner und in Kontakt mit der Rückwand der Kammer.....	79
Bild K.3 – Flammenprofil.....	80
Bild L.1 – Darstellung des empfohlenen Brandprüfkabels.....	83
Tabellen	
Tabelle 1 – Montage abhängig vom Kabel- oder Leitungsdurchmesser (oder Maß der größeren Achse bei nicht runden Kabeln und Leitungen).....	28
Tabelle E.1 – Brennerzündzeiten und <i>HRR</i> -Bereich.....	61
Tabelle E.2 – Beispiel für die Bestimmung des Inbetriebnahmefaktors k_t	63
Tabelle I.1 – Beispiel für das erforderliche Rohdatenformat.....	74
Tabelle K.1 – Koordinaten der akzeptablen Flammenform.....	81

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 50399:2020) wurde vom CLC/TC 20, "Electric cables", erarbeitet

Dieses Dokument wird derzeit zur Umfrage vorgelegt.

Nachstehende Daten wurden vorgeschlagen:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene angekündigt werden muss (doa): dor + 6 Monate
- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): dor + 12 Monate
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): dor + 36 Monate
(bei der Abstimmung zu bestätigen oder zu ändern)

Dieses Dokument wird EN 50399:2011 und alle Änderungen und Berichtigungen (falls vorhanden) ersetzen.

EN 50399:2020 enthält die folgenden wesentlichen technischen Änderungen gegenüber EN 50399:2011:

- Aufnahme der Prüfeinrichtung in dieses Dokument, nicht nur durch einen Verweis auf EN 60332-3-10 (siehe 4.1);
- Optimierung der Prüfeinrichtungen (siehe 4.2 bis 4.7), einschließlich der verbindlichen Verwendung von Massenflussreglern für die Zufuhr von Gasen zum Brenner;
- verschiedene Optimierungen bei der Qualifizierung der Prüfeinrichtung, einschließlich einer Überprüfung der Flammenform (5.6) und der Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit der Geräte (5.7);
- Ergänzungen zur Prüfung von Flachleitungen, einschließlich der Montage (6.4, 6.5);
- Aufnahme des normativen Anhangs K (Prüfung der Flammenform für eine Nennwärmebelastung von 20,5 kW) und des Anhangs L (Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit der Prüfergebnisse).

Einleitung

EN 50399 legt das Prüfgerät und die Prüfverfahren für die Beurteilung des Brandverhaltens von Kabeln und Leitungen fest, um eine Klassifikation nach der Bauproduktrichtlinie [1, 2] zu ermöglichen.

Das Prüfverfahren beschreibt eine im Maßstab mittlere Brandprüfung an einer Vielzahl von Kabeln oder Leitungen auf einer vertikalen Kabelleiter und wird mit einer spezifizierten Zündquelle ausgeführt, um das Brandverhalten dieser Kabel oder Leitungen zu bestimmen und eine direkte Eigenschaftsbeschreibung zu ermöglichen. Die Prüfung liefert Daten für frühe Stadien von Kabel- oder Leitungsbränden nach der Entzündung von Kabeln oder Leitungen. Sie bezieht sich auf die Gefahr von Flammenausbreitung längs der Kabel oder Leitungen, durch die Messung der Wärmefreisetzungsrate auf die Möglichkeit des Feuers, Bereiche zu beeinträchtigen, die dem Ursprungsraum benachbart sind, und die Gefahr der verringerten Sicht im Raum der Entstehung und der umgebenden Räume durch die Messung der lichtabsorbierenden Rauchentwicklung.

Die folgenden Parameter können unter definierten Bedingungen während der Prüfung bestimmt werden:

- a) Flammenausbreitung;
- b) Wärmefreisetzungsrate;
- c) Gesamte Wärmefreisetzung;
- d) Rauchentwicklungsrate;
- e) Gesamte Rauchentwicklung;
- f) Brandentwicklungsrate;
- g) Auftreten von flammenden Tröpfchen/Partikeln unter festgelegten Bedingungen.

Das Prüfgerät wurde von dem in EN 60332-3-10 [3] festgelegten Gerät abgeleitet, umfasst jedoch Anpassungen und zusätzliche Instrumente zur Messung der Wärmefreisetzung und Rauchentwicklung während der Prüfung. Es hat sich gezeigt [4], dass die Anwendung zusätzlicher Messtechniken, die für andere Normprüfungen, z. B. für andere Bauprodukte, erprobt sind, für die Überprüfung der Brandeigenschaften von elektrischen Kabeln und Leitungen geeignet sind. Zu diesen Techniken gehören die Wärmefreisetzungs- und Rauchentwicklungsmessungen. Im Vergleich zu den Prüfverfahren nach der Normenreihe EN 60332-3 ermöglichen sie ein umfassenderes Beurteilungssystem, welches sowohl genauer als auch empfindlicher ist und einen weiteren Bereich von Brandeignungsniveaus erfasst.

Die gemessenen Parameter sollten mit Vorsicht verschiedenen Sicherheitsniveaus in konkreten Kabel- oder Leitungsinstallationen zugeordnet werden, da die tatsächlich installierte Anordnung der Kabel oder Leitungen bei einem Brand großen Einfluss auf die Flammenausbreitung, Wärmefreisetzung und Rauchentwicklung haben könnte. Diese Parameter hängen von einer Vielzahl von Merkmalen ab, wie z. B.:

- h) dem Volumen des brennbaren Materials, das dem Brand und jeglicher Beflammung oder Hitze ausgesetzt ist, die durch die Verbrennung der Kabel oder Leitungen entstehen könnte;
- i) der geometrischen Anordnung der Kabel oder Leitungen und deren Anordnung zu einer Umhüllung;
- j) der Temperatur, bei der es möglich ist, die von den Kabeln oder Leitungen freigesetzten Gase zu entzünden;
- k) der Menge des brennbaren Gases, das bei einem gegebenen Temperaturanstieg von den Kabeln oder Leitungen abgegeben wird;
- l) dem Luftvolumen, das die Kabel- oder Leitungsanordnung durchströmt;
- m) der Kabel- oder Leitungsanordnung, z. B. bewehrt oder unbewehrt, mehr- oder einadrig.

Alles bisher Genannte setzt voraus, dass die Kabel entzündet werden können, wenn sie einem externen Brand ausgesetzt sind.

Die Bedingungen für die Montage der Kabel und Leitungen einschließlich des Volumens des exponierten Materials und der geometrischen Anordnung der Kabel oder Leitungen auf der Prüfliter und das Volumen des Luftstroms durch die Kammer wurden so gewählt, dass sie mit denen übereinstimmen, die durch die Entscheidung der Kommission 2006/751/EC [5] gefordert werden. CENELEC war in die Bestimmung dieser

Parameter nicht einbezogen. Diese standardisierten Bedingungen bilden die Grundlage für die Klassifikation nach EN 13501-6 [6] und EN 50575 [2], entsprechen jedoch nicht notwendigerweise den Bedingungen, die man in speziellen Kabelinstallationen vorfindet.

EN 50399 beschreibt detailliert die Prüfgeräte und angewandten Prüfverfahren.

1 Anwendungsbereich

EN 50399 legt das Prüfgerät und die Prüfverfahren fest für die Beurteilung der vertikalen Flammenausbreitung, Wärmefreisetzung, Rauchentwicklung und tropfenden Teilchen/Partikel von vertikal angeordneten elektrischen Kabeln und Leitungen unter festgelegten Bedingungen.

ANMERKUNG In dieser Norm umfasst der Begriff „elektrische Kabel oder Leitung“ alle Strom-, Steuer- und Kommunikationskabel, einschließlich Glasfaserkabel und Hybridkabel, die für die Übertragung von Energie und/oder Signalen verwendet werden.

EN 50399 beschreibt im Einzelnen das Prüfgerät zum Prüfen der Flammenausbreitung sowie die Anordnung und Kalibrierung der Instrumente, die installiert werden, um die Wärmefreisetzung und Rauchentwicklung während der Brandprüfung zu messen. Die Rauchgase werden in einer Haube über der Prüfkammer gesammelt und durch ein Abgassystem geführt, das die Messung der Wärmefreisetzungsrate und der Rauchentwicklung gestattet. Es werden Prüfverfahren angegeben für die Typprüfung zur Klassifizierung von Kabeln und Leitungen in die Klassen [2, 6] B1_{ca}, B2_{ca}, C_{ca} und D_{ca}. Die Kabelinstallation auf der Prüfleiter und das Luftvolumen, das die Kammer durchströmt, entsprechen der Entscheidung der Kommission 2006/751/EC [5], die sich in den Anforderungen dieser Norm niedergeschlagen hat.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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).

EN 60584-1, *Thermoelemente - Teil 1: Thermospannungen und Grenزابweichungen* (IEC 60584-1)

EN 60584-1, *Kabel, isolierte Leitungen und Glasfaserkabel - Prüfverfahren für nichtmetallene Werkstoffe - Teil 203: Allgemeine Prüfungen - Messung der Außenmaße* (IEC 60811-203)

EN ISO 13943, *Brandschutz - Vokabular* (ISO 13943)

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN ISO 13943 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

Wärmefreisetzungsrate

HRR

thermische Energie, freigesetzt in einer Zeiteinheit durch ein Objekt während der Verbrennung unter festgelegten Bedingungen

3.2

gesamte Wärmefreisetzung

THR

integraler Wert der Wärmefreisetzungsrate über eine festgelegte Dauer

3.3

Rauchentwicklungsrate

SPR

Rauchentwicklung je Zeiteinheit

3.4

gesamte Rauchentwicklung

TSP

integraler Wert der Rauchentwicklungsrate über eine festgelegte Dauer

3.5

Flammenausbreitung

FS

Fortschreiten einer Flammenfront

Anmerkung 1 zum Begriff: Anmerkung zum Begriff In dieser Norm wird das Ausmaß der Flammenausbreitung festgelegt durch das Ausmaß einer Beschädigung gemessen am Beginn der Verkohlung.

3.6

Index der Brandentwicklung

FIGRA

Maximum des Quotienten aus *HRR* und Zeit

Anmerkung 1 zum Begriff: Anmerkung 1 zum Begriff In dieser Norm wird *FIGRA* in W/s ausgedrückt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Anmerkung 2 zum Begriff Details zur Berechnung des *FIGRA* befinden sich im [Anhang G](#).

3.7

flammende Tröpfchen/Partikel

Material, das sich während der Prüfung vom Prüfling absondert und während einer Mindestzeit weiterbrennt, wie in diesem Prüfverfahren beschrieben

3.8

E-Faktor

Wärmefreisetzung je Volumeneinheit verbrauchten Sauerstoffs

3.9

elektrische Kabel und Leitungen

alle Strom-, Steuer- und Kommunikationskabel, einschließlich Glasfaserkabel und Hybridkabel

ANMERKUNG ZUM BEGRIFF Hybridkabel sind eine Kombination aus zwei oder mehreren dieser Kabeltypen.

4 Prüfeinrichtung

4.1 Allgemeines

Die in [Bild 1](#) dargestellte Prüfeinrichtung ist von den in [IEC 60332-3-10](#) definierten Einrichtungen abgeleitet. Es muss innerhalb eines Gebäudes installiert werden, das vollständig vor den möglichen Einflüssen der Elemente (wie Wind, Temperatur und Regen) geschützt ist. Die Prüfung darf nicht durchgeführt werden, wenn die Umgebungstemperatur in der Prüfkammer und in dem Gebäude, in dem sich die Prüfkammer befindet, unter 5 °C oder über 40 °C liegt. Die Umgebungstemperatur wird (0,30 ± 0,05) m von einer äußeren Seitenwand der Prüfkammer in einer Höhe von 1,50 m gemessen. Zusätzlich muss vor Beginn der Prüfung die Rückwandtemperatur der Prüfkammer, die an einem Punkt an der Rückwand (1,50 ± 0,05) m vom Boden und (0,50 ± 0,05) m von einer Seitenwand (auf der Rückwand zentriert) gemessen wird, unter 40 °C liegen.

Der Raum, in dem die Prüfeinrichtung aufgestellt wird, muss groß genug sein, um während der gesamten Dauer der Prüfung eine Umgebungstemperatur zwischen 5 °C und 40 °C und eine stabile Luftströmung durch die Prüfeinrichtung aufrechtzuerhalten.

Andere Geräte, die einen Einfluss auf die Sauerstoff- und Kohlendioxidkonzentration und/oder den Luftstrom im Prüfraum haben, dürfen nicht gleichzeitig mit den Geräten nach EN 50399 betrieben werden, da dies die Prüfung beeinträchtigen könnte.

Die Prüfeinrichtung besteht aus der Prüfkammer, der Leiter, der Zündquelle (Brenner), der Luftzufuhreinrichtung, der Haube, dem Abluftkanal, dem Absaugventilator, der Rauchmessenrichtung und der Verbrennungsgaseinrichtung zur Bestimmung der Wärmefreisetzung; diese Teile werden in den folgenden Abschnitten festgelegt.

WARNHINWEIS: Kabelbrände sollten sorgfältig beobachtet und gelöscht werden, nachdem das Feuer begonnen hat, sich entlang des Prüflings auszubreiten. Einige Prüflinge könnten ein sehr großes Potential besitzen, hohe Wärmefreisetzungs-niveaus zu erreichen, die die Prüfanordnung und Messgeräte beschädigen könnten. Es ist wichtig, dass das Prüfpersonal ausreichend geschult ist, mit solchen Bränden umzugehen und dass ihm während der Prüfung ausreichende Brandbekämpfungsmittel zur Verfügung stehen.

Es wird empfohlen, hinweisende Temperaturmessungen durchzuführen mit Hilfe von Thermoelementen, die entlang des zu prüfenden Kabelbündels 1,5 m und 2,5 m über dem Brenner und an der Spitze der Kammer angebracht sind. Solche Messungen können frühzeitig einen Hinweis auf außergewöhnliche Temperaturen oder Brandbedingung geben, die einen Prüfungsabbruch erforderlich machen könnten, um eine Beschädigung der Prüfgeräte zu verhindern.

4.2 Prüfkammer

Die Prüfkammer (siehe Bild 2) muss $(1\,000 \pm 100)$ mm breit, $(2\,000 \pm 100)$ mm tief und $(4\,000 \pm 100)$ mm hoch sein; der Boden der Kammer muss über dem Bodenniveau erhöht sein. Die Prüfkammer muss entlang ihrer Seiten luftdicht sein, wobei die Luft am Boden der Prüfkammer durch eine Öffnung von (800 ± 20) mm $\times$ (400 ± 10) mm, die sich (150 ± 10) mm von der Vorderwand der Prüfkammer entfernt befindet und relativ zur Breite der Kammer von (1000 ± 100) mm zentriert ist.

Ein Auslass von (300 ± 30) mm $\times$ $(1\,000 \pm 100)$ mm muss an der Hinterkante der Oberseite der Prüfkammer eingebracht werden. Die Rückseite, die Seiten und die Tür der Prüfkammer müssen wärmeisoliert sein, für einen Wärmeübergangskoeffizienten von etwa $0,7\text{ W m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. Zum Beispiel ist eine Stahlplatte mit einer Stärke von 1,5 mm bis 2,0 mm, die mit 65 mm dicker Mineralwolle bedeckt und mit einer geeigneten Außenverkleidung versehen ist ausreichend (siehe auch Bild 4). Der Abstand zwischen der Leiter und der Rückwand der Kammer beträgt (150 ± 10) mm, und der Abstand zwischen der unteren Sprosse der Leiter und dem Boden beträgt (400 ± 5) mm (siehe Bild 5).

Alle anderen durch die Wände der Prüfkammer führenden Öffnungen, z. B. Öffnungen für die Zuführung der Gasversorgungsrohre zum Brenner und für den Anschluss von Thermoelementen, müssen sorgfältig abgedichtet werden. Jede weitere Undichtigkeit, wie z. B. eine unzureichende Abdichtung der Kammertür, muss vermieden werden. Die Tür der Prüfkammer muss während der gesamten Prüfung geschlossen sein.

ANMERKUNG Die Dichtheit der Türdichtung kann während des Betriebs leicht überprüft werden, indem eine Kerzenflamme (an der Außenseite der Kammer) als Sensor für durch die Türdichtung in die Kammer oder aus der Kammer strömende Luft verwendet wird. Eine Flamme, die sich zu dem Türspalt hin oder von dem Türspalt weg neigt, weist auf eine unzureichende Abdichtung hin. Die Kerzenflammenprüfung wird bei einem auf $1 \pm 0,05\text{ m}^3/\text{s}$ Abluftstrom, bei einem Einlassluftstrom in die Kammer von $8000 \pm 400\text{ l/min}$ und bei auf 20,5 kW eingestelltem Brenner durchgeführt.

Zusätzliche Installationen in der Kammer, die nicht in dieser Norm festgelegt sind, sind nicht zulässig, da sie die Verteilung des Luftstroms beeinflussen können. Daher sollten z. B. Abdeckungen über dem Brenners – damit während der Prüfung kein Material auf den Brenner fällt – vermieden werden, und der Luftstrom um die Leiter herum darf nicht wesentlich durch Halterungen, Schienen oder Stangen zur Positionierung von Leitern oder zur Verstärkung der Kammer beeinträchtigt werden. Die Größe der Brenneraufnahme muss ebenfalls klein gehalten werden, um den Einfluss auf die Verteilung des Luftstroms zu minimieren.

4.3 Zündquelle

4.3.1 Typ

Bei der Zündquelle muss es sich um einen Propangas-Stabbrenner mit Venturimischer und Massenstromreglern handeln. Der Abstand zwischen Venturimischer und Brenner muss zwischen 0,15 m und 5,0 m betragen. Zwischen Venturimischer und Brenner müssen so wenige Krümmungen wie möglich vorhanden sein. Wenn das Venturirohr innerhalb der Kammer montiert ist, muss der Innendurchmesser der Verrohrung (Rohrleitung oder Stahlflexschlauch) zwischen Venturimischer und Brenner mindestens 20 mm betragen. Wenn das Venturirohr außerhalb der Kammer montiert ist, muss der Innendurchmesser aller Verrohrungen (Rohrleitungen oder Stahlflexschlauch), die dem Brenner innerhalb der Kammer Gase zuführen, mindestens 20 mm betragen. Das Propangas muss eine Reinheit von mindestens 95 % aufweisen. Die flammenerzeugende Oberfläche des Brenners muss aus einer flachen Metallplatte bestehen, durch die 242 Rundlöcher mit einem Durchmesser von 1,32 mm und einem Mittenabstand von 3,2 mm versetzt in drei Reihen mit 81, 80 und 81 Bohrungen gebohrt werden, um eine Anordnung mit den Nennmaßen 257 mm × 4,5 mm zu bilden. Da die Brennerplatte möglicherweise ohne die Verwendung einer Bohrschablone gebohrt wurde, kann der Abstand der Löcher leicht variieren. Zusätzlich dienen Reihen von kleinen Löchern auf jeder Seite der Brennerplatte als Pilotlöcher, die die Flamme am Brennen halten. Um ein Verstopfen der Pilotlöcher so weit wie möglich zu verhindern, muss der Brenner nach einer Prüfung oder unabhängig von einer [Prüfung 5](#) Minuten mit geringem Luftstrom betrieben werden.

Der Durchmesser der Hauptbrennerbohrungen beeinflusst die Brennerflamme. Daher müssen die Hauptbrennerlöcher regelmäßig gemessen und inspiziert und frei von jeglichen Blockierungen gehalten werden. Eine Reinigung mit einer Messingbürste oder einem in einem Feilkolben arretierten 1,2-mm-Bohrer wird empfohlen; es ist darauf zu achten, dass sich die Löcher weder in ihrer Form noch in ihrer Größe verändern. Der Durchmesser der Brennerlöcher muss zwischen 1,30 und 1,40 mm liegen. Falls beim Messen der Löcher im Brenner mehr als 1,40 mm ermittelt werden, muss der Brenner ausgetauscht werden.

Der Brenner ist in [Bild 6](#) und die Anordnung der Löcher in [Bild 7](#) dargestellt.

Um die Vergleichspräzision zwischen den Ergebnissen verschiedener Prüfgeräte sicherzustellen, muss ein problemlos verfügbarer Brenner verwendet werden; weitere Einzelheiten können [Anhang H](#) entnommen werden. Wird ein anderer als der in dieser Norm festgelegte Brenner verwendet, muss das Laboratorium die volle Gleichwertigkeit nachweisen. Die Korrektheit des Brenners kann durch Anwendung der in den Anhängen K und L beschriebenen Verfahren überprüft werden.

Der Brenner muss mit geeigneten genauen Massenstromreglern sowohl für Propan als auch für Luft ausgestattet sein. Es wird empfohlen, digitale Massenstromregler mit einer Genauigkeit (einschließlich Linearität) von $\pm 0,5$ % des Ablesewertes sowie $\pm 0,1$ % des Vollausschlags zu verwenden. Zudem wird empfohlen, dass die Massenstromregler mit einer Anzeige oder einem Datenausgang ausgestattet sind, um den Gasverbrauch in Echtzeit anzuzeigen.

Die Massenstromregler müssen für die Verwendung bei den Betriebsdrücken ausgelegt sein; ihre Kalibrierung muss bei Betriebsdruck erfolgen.

[Bild 8](#) zeigt ein Beispiel für eine Brennersteuerung.

Die Kalibrierung der Massenstromregler für den Propan- und Luftstrom kann durch Wägen des Gasverbrauchs bei den Betriebsströmen über eine Dauer von mindestens 5 min. hinweg überprüft werden. Propan muss über eine Dauer von 20 min auf einer Waage mit einer Skalenauflösung von 1 g gewogen werden. Für die Kontrolle des Luftstroms wird eine 10-l-Luftflasche und eine Zeit von nicht mehr als 5 min empfohlen, da so Probleme durch Kondensation und/oder Eisbildung vermieden werden.

Die Genauigkeit der Massenstromregler muss bei der ersten Inbetriebnahme, nach dem Austausch und mindestens einmal jährlich durch Wägen des Gasverbrauchs bestimmt werden. Die Daten sollten aufgezeichnet werden.

Durchflussmesser nach dem Rotameterprinzip können zusätzlich installiert werden, sind jedoch optional und dienen nur zur Visualisierung des Gasstroms während einer Prüfung.

Die Verrohrung zwischen den Massenstromreglern und dem Brenner müssen regelmäßig auf Undichtigkeiten geprüft werden. Besondere Vorsicht ist bei der Prüfung auf Undichtigkeiten in der Propanzuleitung geboten, da ein Teil dieser Leitung aufgrund des Venturimischers unter negativem Überdruck stehen kann.

Zum Zweck dieser Prüfung muss die Luft einen Taupunkt haben, der nicht höher als 0 °C ist.

Die Durchflussmengen für die Prüfung müssen den Angaben in [Abschnitt 6.7](#) dieses Dokuments entsprechen.

WARNHINWEIS: Die folgenden Sicherheitsmaßnahmen werden empfohlen, um einen sicheren Betrieb der Zündquelle sicherzustellen:

- das Gasversorgungssystem sollte mit Flammenrückschlagsicherungen ausgestattet sein;
- es sollte ein Flammenwächter verwendet werden;
- während des Zündens und Löschens sollte eine sichere Sequenzierung der Propan- und Luftzufuhr verwendet werden.

4.3.2 Positionierung

Für die Prüfung muss der Brenner horizontal in einem Abstand von (75 ± 5) mm von der Vorderfläche der Kabelprobe, (600 ± 5) mm über dem Boden der Prüfkammer und symmetrisch zur vertikalen Achse der Leiter angeordnet werden. Der Angriffspunkt der Brennerflamme muss zudem zwischen zwei Sprossen der Leiter liegen (siehe [Bild 4](#) und [Bild 5](#)).

Für die korrekte Positionierung des Brenners relativ zur Vorderfläche der Kabelprobe kann eine Hilfsschablone verwendet werden.

Die Einstellung der Luft- und Gasströme vor der Prüfung darf außerhalb der Prüfposition vorgenommen werden.

4.4 Leiter

Es muss eine Stahlleiter mit einer Breite von (500 ± 5) mm verwendet werden; Einzelheiten zur Leiter sind in [Bild 9](#) angegeben.

4.5 Luftzufuhr

Es muss eine Einrichtung zur Zufuhr eines kontrollierten Luftstroms durch die Kammer verwendet werden. Luft muss in die Prüfkammer durch einen Luftverteilkasten eingeleitet werden, der direkt unter der Lufteinlassöffnung befestigt ist und ungefähr die gleichen Maße hat. Die Tiefe des Luftverteilkasten muss (150 ± 10) mm betragen. Die Luft muss mit einem geeigneten Ventilator in den Luftverteilerkasten geblasen werden durch einen geraden, rechtwinkligen Kanalabschnitt mit einem konstanten Querschnitt von (300 ± 10) mm Breite und (80 ± 5) mm Höhe sowie mit einer Mindestlänge von 800 mm, der parallel zum Boden und längs der Mittellinie des Brenners verlaufen muss, siehe [Bild 2](#) und [Bild 3](#). Der Kanal zwischen dem Ventilator und dem rechteckigen geraden Kanalabschnitt muss von der Rückseite in die Kammer geführt werden. Der Kanal muss so angeordnet werden, dass er Luft durch eine Öffnung an der längsten Seite, die der Rückseite der Kammer am nächsten liegt, in den Luftverteilerkasten führt. In die Lufteinlassöffnung muss ein Gitter eingebaut werden, um eine gleichförmige Luftströmung zu erzielen. Das Gitter muss aus Stahlblech von ungefähr 2 mm Dicke mit Löchern von ungefähr 5 mm Durchmesser und einem Mittenabstand von ungefähr 8 mm hergestellt werden.

Ein Gitter darf über der Lufteinlassöffnung unterhalb oder oberhalb des Stahlplattengitters angebracht werden, um den Zugang zur Prüfkammer zu erleichtern, muss aber vor Beginn einer Prüfung entfernt werden.

Der Luftstrom muss vor einer Prüfung auf $(8\,000 \pm 400)$ l/min bei einer Temperatur zwischen 5 °C und 40 °C eingestellt werden. Der Luftstrom muss in einem kreisförmigen Kanal vor dem Kanal mit rechteckigem Querschnitt gemessen werden. Er muss mit einem Gasströmungsmessgerät, das sich in einem geraden Abschnitt des Rohres befindet, gemessen werden. Die Mindestlänge des geraden, kreisförmigen Abschnitts muss nach der technischen Spezifikation des Messgeräts gewählt werden. Es wird empfohlen, einen Durchflussmesser für Fluide entweder nach EN ISO 5167-2 (Drosselblende) oder nach EN ISO 5167-4 (Venturirohr) zu verwenden. Es kann aber auch ein anderes Messgerät mit ähnlicher oder besserer Genauigkeit

verwendet werden (z. B. ein Gasmassendurchflussmesser oder ein Ultraschallsystem). Ein Staurohr kann verwendet werden, wenn die Messwerte durch Entnahme mehrerer Proben über den Einlasskanal nach [Anhang D](#) kalibriert werden.

Der Luftstrom muss während der gesamten Prüfung durchgängig kontrolliert werden und darf nicht mehr als 10 % vom Einstellwert abweichen. Eine geeignete automatische Luftzufuhrsteuerung zur Sicherstellung eines konstanten Luftstroms darf verwendet werden.

Die Luftstromverteilung in der Prüfkammer darf nicht gestört werden (z. B. durch Gegenstände, die in dieser Norm nicht festgelegt sind), da eine gestörte Luftstromverteilung die Flammenausbreitung erheblich beeinflussen kann. Eine gestörter Luftstrom kann z. B. zu einem asymmetrischen Verbrennungsmuster auf dem Prüfling führen; das Verbrennungsmuster kann in Verbindung mit dem „Prüfen der Flammenform“ überwacht werden (siehe [5.6](#) und [Anhang K](#)).

Um schädliche Gase abzuführen, wird empfohlen, den Luftstrom nach dem Ende der Prüfung einige Minuten aufrechtzuerhalten, bevor die Prüfkammer betreten wird.

4.6 Haube

Eine Haube (siehe [Bild 10](#)) in abgestumpfter Form, mit einer Unterseite von mindestens 1,50 m Länge und mindestens 1,00 m Breite, ist über dem Abzug der Prüfkammer zu zentrieren. Die Haube darf maximal 2,5 m x 2,5 m groß sein. Die Unterseite der Haube mit der größten Seite der Haube (sofern zutreffend) parallel zur größten Seite des Kammerabzugs über der Prüfkammer angebracht werden. Zwischen der Oberkante der Prüfkammer und der Unterseite der Haube muss ein Freiraum von Eine Lücke von 200 mm bis 400 mm vorhanden sein. Empfohlen wird ein Freiraum von 300 mm. Es ist ein Raum oberhalb der Haube vorzusehen, um eine Verbindung mit dem Abgasrohr zu ermöglichen. Das Abgasrohr muss horizontal aus der Kammer herausgeführt werden (siehe [Bild 1](#) und [Bild 9](#)). Es müssen Leitbleche in der Haube angebracht werden, um die Vermischung von Luft und Abgasen zu verbessern. Das System ist so auszulegen, dass alle Verbrennungsprodukte, die die Prüfkammer während der Prüfung durch den Rauchabzug verlassen, gesammelt werden. Flammen oder Rauch dürfen nicht austreten.

Objekte, die in dieser Norm nicht festgelegt sind (z. B. Leiterhebevorrichtungen), dürfen in der Haube nicht vorhanden sein. Die Abgaskapazität muss mindestens 1 m³/s bei Normaldruck und einer Temperatur von 25 °C betragen. Die Auslegung des Abgassystems darf nicht auf natürlicher Konvektion beruhen. Um alle Gase und Dämpfe abzusaugen, wird besonders bei stark brennenden Kabeln und Leitungen, oder Kabeln und Leitungen, die ein besonderes Löschen erfordern und ein hohes Volumen an Gasen und Dämpfen verursachen, ein Abgassystem mit einer Kapazität von 1,5 m³/s empfohlen.

4.7 Abgasrohr

4.7.1 Allgemeines

Ein Abgasrohr ist wie in [4.6](#) beschrieben mit der Haube zu verbinden. Der innere Durchmesser D des Rohrs muss zwischen 250 mm und 400 mm liegen. Der gerade Teil des Rohrs muss mindestens eine Länge von $12 \times D$ haben, damit sich ein gleichmäßiges Strömungsprofil am Messpunkt einstellt. Ein gleichförmiges Strömungsverhalten kann durch die Einführung von Leitblechen (siehe [Bild 11](#)) vor und hinter dem Messbereich erreicht werden, wie in EN 14390 [7] beschrieben ist. Dies wird dringend empfohlen, um möglichst genaue Messungen zu erhalten.

4.7.2 Ausstattung im Abgasrohr

4.7.2.1 Allgemeines

Das Prüfgerät muss in der Lage sein, folgende Parameter zu messen:

- a) Sauerstoffverbrauch;
- b) CO₂-Erzeugung;

- c) Volumenstrom im Abgasrohr;
- d) Rauchentwicklung.

Alle Daten sind alle 3 Sekunden zu messen und aufzuzeichnen. Um die geforderten Daten zur Verfügung zu stellen, müssen die punktuellen Messungen der Wärmefreisetzungparameter über eine Zeit von 30 s und die der Rauchentwicklungsparameter über eine Zeit von 60 s gemittelt werden. Die Daten müssen entsprechend den Anforderungen dieser Norm verarbeitet werden.

ANMERKUNG Es ist notwendig, die Messwerte zu mitteln, um das Schwanken von zahlreichen punktuellen Messungen zu dämpfen.

4.7.2.2 Volumenstrom

Der Strom ist mit einer bidirektionalen Sonde auf der Mittellinie des Rohrs und mindestens $8 \times D$ von der letzten Verengung am Anfang des geraden Abschnitts des Abgasrohrs entfernt zu messen. Die Länge des geraden Abschnitts über die Sonde hinaus muss vor jeglichen Verengungen (wie z. B. Leitbleche) mindestens $4 \times D$ betragen. Die in [Bild 12](#) dargestellte Sonde besteht aus einem Edelstahlzylinder mit einer Länge von 32 mm und einem Außendurchmesser von 16 mm. Der Zylinder ist in zwei gleiche Kammern geteilt. Der Druckunterschied zwischen den beiden Kammern muss mit einem Druckumformer gemessen werden. [Bild 13](#) zeigt die Kurve der Sondenanzeige über der Reynoldszahl (siehe auch [Anhang C](#)).

Der Druckumformer muss eine Messgenauigkeit besser als ± 5 Pa haben. Ein geeigneter Messbereich ist 0 Pa bis 200 Pa (bei Benutzung von Rohrdurchmessern zwischen 250 mm und 400 mm).

Die beiden Verbindungsrohre zwischen der bidirektionalen Sonde und dem Druckumformer müssen die gleiche Länge haben.

Die Gastemperatur in der unmittelbaren Umgebung der Sonde muss mit einem ummantelten Thermoelement vom Typ K mit einem Durchmesser von höchstens 1,5 mm nach EN 605841 gemessen werden. Das Thermoelement muss so angeordnet werden, dass es die Strömungsverhältnisse um die bidirektionale Sonde nicht stört.

Wenn mehr als ein Thermoelement verwendet wird, dann müssen alle Thermoelemente das gleiche Maß haben und vom gleichen Typ sein.

4.7.2.3 Probensonde

Die Gasentnahmesonde muss dort angebracht werden, wo die Strömung im Abgasrohr gut gemischt ist. Die Sonde muss zylinderförmig sein, damit die Störung der Strömung möglichst klein ist. Die Gasproben müssen über den ganzen Durchmesser des Abgasrohrs entnommen werden. [Bild 14](#) zeigt Beispiele geeigneter Probensonden. Die Einströmöffnung der Gasentnahmesonde muss an der Seite liegen, die der Strömung abgewandt ist, um eine Verstopfung der Sonde durch Ruß zu vermeiden. Die Gasentnahmesonde muss mit einer Gasaufbereitungseinheit und mit Gasanalysatoren für Sauerstoff (O_2) und Kohlendioxid (CO_2) mit einer geeigneten Probenleitung verbunden werden.

4.7.2.4 Probenleitung

Die Probenleitung muss aus korrosionsbeständigem Material hergestellt werden, z. B. PTFE. Die Verbrennungsgase müssen mit Inertfiltern bis zu einer Partikelkonzentration gefiltert werden, die von den Geräten zur Gasanalyse gefordert wird. Der Filterprozess muss mehrstufig ausgeführt werden. Das System muss Wasserdampf abscheiden können.

Das Verbrennungsgas muss mit Hilfe einer Pumpe transportiert werden, die kein Öl, Schmiermittel oder ähnliche Stoffe abgibt, weil diese die Gasmischung kontaminieren könnten. Geeignet ist eine Membranpumpe.

Empfohlen wird eine Pumpleistung zwischen 10 l/min und 50 l/min. Die Pumpe muss mindestens eine Druckdifferenz von 10 kPa erzeugen, um das Risiko einer Verstopfung der Filter durch Rauch zu vermindern.

Die Probenleitung (siehe Bild 15) muss am Ende mit Analysatoren für O₂ und CO₂ verbunden werden.

4.8 Absaugventilator; Abgasreinigung

Am Ende des Abgasrohrs muss ein Absaugventilator installiert werden. Er muss mindestens eine Absaugkapazität von 1,5 m³/s bei Normaldruck und einer Temperatur von 25 °C haben.

Gesetzliche Anforderungen und/oder Umweltbelange könnten es erforderlich machen, dass Geräte zum Sammeln und zum Waschen der Abscheidungen mit dem Prüfraum verbunden werden. Diese Geräte müssen so gestaltet sein, dass alle Abscheidungen gesammelt werden, ohne dass eine Änderung des Luftdurchsatzes im Prüfraum verursacht wird.

4.9 Messeinrichtung für Rauchentwicklung

4.9.1 Allgemeines

Die optische Dichte des Rauches darf mit zwei unterschiedlichen Messverfahren, wie in 4.9.2 und 4.9.3 beschrieben, gemessen werden. Auch wenn sich die Messprinzipien beider Systeme unterscheiden, konnte gezeigt werden, dass die beiden unterschiedlichen Systeme kein grundsätzlich unterschiedliches Ergebnis erbringen [5].

Bild 16 zeigt eine generelle Anordnung eines optischen Systems.

Die Messeinrichtung für die Rauchentwicklung muss dort angeordnet werden, wo die Abgasströmung gut gemischt ist.

4.9.2 Weißlichtsystem

Ein Lichtdämpfungssystem, als Weißlichtausführung, angeordnet mit beweglichen Verbindungen zum Abgasrohr muss aus Folgendem bestehen:

- a) Einer Glühlampe mit einer Farbtemperatur von $(2\,900 \pm 100)$ K. Die Lampe muss mit stabilisiertem Gleichstrom gespeist werden, stabilisiert auf 0,5 % (einschließlich Temperatureinfluss, Kurz- und Langzeitstabilität).
- b) Einem Linsensystem, um das Licht zu einem parallelen Strahl mit einem Durchmesser von mindestens 20 mm zu bündeln. Die Blende der Photozelle muss im Brennpunkt der Linse vor ihr platziert werden und einen Durchmesser d haben, der abhängig von der Brennweite f so zu wählen ist, dass d/f kleiner 0,04 ist.
- c) Einem Detektor mit einem über das Spektrum verteilten Ansprechverhalten, das die CIE $V(\lambda)$ Funktion (CIE photopische Kurve) mit einer Genauigkeit von mindestens ± 5 % erfüllt. Der Detektorausgang muss über einen Ausgangsbereich von mindestens zwei Dekaden auf 3 % des gemessenen Transmissionswerts oder 1 % der absoluten Transmission linear sein.

Die Kalibrierung des Lichtdämpfungssystems muss nach E.4 durchgeführt werden. Die 90 % Antwortzeit des Systems darf 3 s nicht überschreiten.

Luft darf eingeleitet werden, um die Optiken innerhalb der angegebenen Dämpfungsdriftnanforderungen (siehe E.4.2) sauber zu halten. Anstelle eines selbst ansaugenden Systems darf Druckluft verwendet werden.

4.9.3 Laserlichtsystem

Ein Laser-Photometer-System muss einen Helium-Neon-Laser mit einer Ausgangsleistung von 0,5 mW bis 2,0 mW verwenden.

Luft darf eingeleitet werden, um die Optiken innerhalb der angegebenen Dämpfungsdriftanforderungen (siehe E.4.2) sauber zu halten. Anstelle eines selbst ansaugenden Systems darf Druckluft verwendet werden. Die Optiken müssen regelmäßig inspiziert und wann immer erforderlich, von Rauchrückständen gereinigt werden.

4.10 Ausrüstung zur Analyse der Brandgase

4.10.1 Allgemeines

Die Analyse von Sauerstoff und Kohlendioxid erfordert, dass jeglicher Wasserdampf in den Brandgasen mit einem geeigneten Trockenmittel gebunden wird.

4.10.2 Sauerstoff

Der Analysator muss auf paramagnetischer Basis arbeiten und einen Bereich von 16 % bis 21 % Sauerstoff (V_{O_2} / V_{Luft}) messen können. Das Rauschen und die Drift des Analysators dürfen nicht größer sein als 0,01 % (100 ppm) über eine Zeit von 30 Minuten, gemessen nach E.2.3. Die vom Hersteller angegebene Reaktionszeit des Analysators darf nicht mehr als 12 s betragen. Das Ausgangssignal vom Analysator zum Datenerfassungssystem muss mindestens eine Auflösung von 0,01 % (100 ppm) haben.

4.10.3 Kohlendioxid

Eine kontinuierliche Analyse von Kohlendioxid muss mit einem Infrarot-Spektrometer erreicht werden. Der Analysator muss mindestens in der Lage sein, einen Bereich von 0 % bis zu einem Maximum zwischen 4 % und 10 % Kohlendioxid zu messen. Die Linearität des Analysators muss 1 % des Gesamtausschlags oder besser sein und die vom Hersteller angegebene Reaktionszeit darf nicht mehr als 12 s betragen.

5 Qualifizierung der Prüfeinrichtung

5.1 Allgemeines

Die Überprüfungen nach 5.2 bis 5.7 müssen durchgeführt werden, um die Prüfeinrichtung zu qualifizieren.

ANMERKUNG In diesem Dokument spiegelt die Verwendung des Begriffs „Kalibrierung“ die des Begriffs in EN 13823 (SBI-Prüfung) [10]. Er wird im allgemeinen Sinn verwendet, in einigen Fällen bezogen auf tatsächliche Kalibrierverfahren, andererseits aber auch in Bezug auf eine Reihe von Überprüfungen, die in anderen Dokumenten auch als Überprüfungen bezeichnet sein könnten.

5.2 Messungen der Strömungsverteilung

Die Bestimmung des Strömungsprofils im Abgasrohr in der Nähe der Sonden wird hauptsächlich aus zwei Gründen gefordert:

- um zu überprüfen, dass die Auslegung des Abgasrohrs ein akzeptables Profil ergibt;
- um einen Faktor k_c zu bestimmen, der mit k_t zu vergleichen ist, der durch die folgenden Kalibrierungen gewonnen wurde.

Weitere Informationen wie die Messungen durchzuführen sind werden im [Anhang D](#) gegeben.

Der Faktor k_c sollte bei einem 400-mm-Rohr ungefähr 0,86 betragen.

Die Messungen müssen mit einem kalibrierten Hitzdrahtanemometer (oder einem anderen geeigneten Instrument) durchgeführt werden, das entlang einer vertikalen Achse (OY) und dann entlang einer horizontalen Achse (OX) geführt wird, um die vertikale und horizontale Verteilung der Luftgeschwindigkeit im Rohr zu messen.

Das Geschwindigkeitsprofil muss bei der gleichen Luftstromrate gemessen werden, die bei der eigentlichen Messung verwendet wird (siehe 6.6). Messungen bei zusätzlichen Strömungseinstellungen sollten durchgeführt und dazu benutzt werden, um die Stetigkeit der Geschwindigkeitsprofilbestimmung im Arbeitsbereich zu zeigen.

5.3 Messung der Probenverzögerungszeit

Gasanalysatoren benötigen eine bestimmte Zeit, um auf Änderungen der Gaskonzentration zu antworten. Dies wird als Probenverzögerungszeit bezeichnet. Die Verzögerungszeiten müssen bestimmt werden, um die Temperatur-, die Sauerstoff- und die Kohlendioxidmessungen zu synchronisieren. Alle Daten müssen bezüglich jeder Verzögerungszeit vor der Berechnung der Wärmefreisetzung berichtigt werden. Die Verzögerungszeit des Sauerstoffanalysators muss als Zeitdifferenz bei einer Änderung der Rohrtemperatur um 3 K und der Änderung der Sauerstoffkonzentration um 0,05 % bestimmt werden. Die Verzögerungszeit des Kohlendioxidanalysators muss als Zeitdifferenz bei einer Änderung der Rohrtemperatur um 3 K und der Änderung der Kohlendioxidkonzentration um 0,02 % bestimmt werden.

Die Probenverzögerungszeiten müssen vor der Inbetriebnahme des Prüfgeräts und nach jeder größeren Veränderung im Gasanalysesystem sowie mindestens einmal jährlich bestimmt werden.

5.4 Inbetriebnahmekalibrierungen

Vor der ersten Inbetriebnahme des Gerätes oder nach jeder größeren Änderung im Gasanalysesystem, der Abgasstrommessung, der Gas- und Luftstrommessung zum Brenner oder der Rauchmessung muss eine Reihe von Kalibrierungen ausgeführt werden, um:

- das Prüfgerät zu überprüfen, einschließlich der erzielten Verbesserungen während der Aufbau- oder Umbauphase;
- einen Inbetriebnahmefaktor k_i für die täglichen Messungen zu bestimmen;
- die Stabilität des Rauchmesssystems zu überprüfen;
- die korrekte Messung des Weißlicht-Messsystems zu überprüfen.

Die Kalibrierungen müssen in unterschiedlichen Bereichen der *HRR* durchgeführt werden und den Bereich der Wärmefreisetzung abdecken, der bei der Brandprüfung von Kabeln und Leitungen erwartet wird, d. h. in etwa ein Bereich von 20 kW bis 200 kW. Das wird gefordert, um die Linearität des *HRR*-Messsystems nachzuweisen. Weitere Informationen zur *HRR*-Kalibrierung und Bestimmung des Inbetriebnahmefaktors k_i werden in [Anhang E](#) angegeben.

Um das Prüfgerät zu kalibrieren und in Betrieb zu nehmen sowie um das Rauchmesssystem zu prüfen, muss das Verfahren nach [Anhang E](#) durchgeführt werden, wobei die Anforderungen eingehalten werden müssen. Die Inbetriebnahmekalibrierungen müssen abhängig von der Gebrauchshäufigkeit mindestens jedoch einmal jährlich ausgeführt werden.

5.5 Routineüberprüfung

5.5.1 Allgemeines

An jedem Prüftag muss ein Überprüfungsbrand mit einer Wärmeabgabe des Brenners ausgeführt werden, die dem Prüfablauf an dem entsprechenden Tag entspricht (d. h. entweder 20,5 kW oder 30,0 kW). Die Überprüfung muss ohne Leiter in der Prüfkammer durchgeführt werden. Über das Ergebnis der Überprüfung muss für jeden Prüftag ein Bericht erstellt werden. Eine Prüfung darf nicht durchgeführt werden, wenn nicht die Kriterien in 5.5.4 eingehalten werden.

ANMERKUNG Siehe [E.2.2](#) und [E.2.4](#) für die tägliche Justierung des Sauerstoff- und Kohlenstoffanalysators.

5.5.2 Durchführung

Die Überprüfung muss wie folgt durchgeführt werden:

- a) 5 min Grundlinie ohne Brenner;
- b) weitere 10 min mit Brenner bei zutreffender Wärmeabgabe;
- c) weitere 5 min ohne Brenner.

Um die korrekte Verschiebung der Daten zu ermöglichen, sollten nach dem oben genannten Vorgang weitere 30 s Daten aufgezeichnet werden.

5.5.3 Berechnungen

Nach der Überprüfung muss unter Benutzung des Inbetriebnahmefaktors k_t und dem E-Faktor für Propan (16,8 MJ/m³) Folgendes berechnet werden:

- a) die Drift von *HRR*, Sauerstoff-% und Lichtintensität während der ersten 5 min;
- b) die mittlere berechnete *HRR* während der letzten 5 min der Brennzeit;
- c) die Anfangswerte von Sauerstoff-%, Kohlendioxid-%, Lichtintensität und *HRR* als Mittelwert während der ersten Minute der 5 min Grundlinienperiode;
- d) die Endwerte von Sauerstoff-%, Lichtintensität und *HRR* jeweils als Mittelwert während der letzten Minute der Überprüfung (1 140 bis 1 200 s);
- e) die Differenz zwischen Start- und Endwerten von Sauerstoff-%, *HRR* und Lichtintensität.

5.5.4 Anforderungen

- a) Die gemittelte *HRR* während der letzten 5 min der Brennperiode muss innerhalb von ± 5 % der Einstellwerte von 20,5 kW oder 30,0 kW sein;
- b) die Differenz zwischen Start- und Endwert von Sauerstoff-% muss kleiner als 0,01 % sein (Absolutwert);
- c) die Differenz zwischen Start- und Endwert der Lichtintensität muss kleiner oder gleich 1 % der Durchlässigkeit sein;
- d) die Differenz zwischen Start- und Endwert der *HRR* muss kleiner oder gleich 2 kW sein;
- e) die Drift der Lichtintensität während der 5 min vor Zündung des Brenners muss kleiner als 1 % sein;
- f) die Drift des Sauerstoff-%-werts während der 5 min vor Zündung des Brenners muss kleiner als 0,01 % (absoluter Wert) sein;
- g) die Drift der *HRR*-Messung während der 5 min vor Zündung des Brenners muss kleiner 2,0 kW sein.

Die Drift von Sauerstoff-%, *HRR* und Lichtintensität während der 5 min vor Zündung des Brenners wird mit Hilfe einer linearen Trendlinie ermittelt.

5.6 Prüfen der Flammenform

Das Flammenprofil muss regelmäßig, bei der ersten Inbetriebnahme und mindestens einmal jährlich oder häufiger (z. B. alle 3 Monate) und insbesondere bei relevanten Änderungen an Geräten unter Anwendung der in [Anhang K](#) beschriebenen Vorgehensweise und Anforderungen überprüft werden.

5.7 Prüfen der Wiederholpräzision und Vergleichspräzision der Prüfeinrichtung

Die Wiederholpräzision und Vergleichspräzision der Prüfergebnisse muss regelmäßig, bei der ersten Inbetriebnahme und mindestens einmal jährlich oder häufiger (z. B. alle 3 Monate) und insbesondere bei relevanten Änderungen an Geräten überprüft werden. Die Daten sollten aufgezeichnet, nachverfolgt und den relevanten Interessengruppen auf Anfrage zur Verfügung gestellt werden.

Das Verfahren und die Anforderungen für diese Prüfungen sind in [Anhang L](#) beschrieben; es wird dringend empfohlen, für diesen Zweck das genormte Brandprüfungskabel zu verwenden.

Die Wiederholpräzision und Vergleichspräzision werden gemessen, indem mindestens 3 Prüfungen an der jeweiligen Einrichtung unter Verwendung desselben Prüfkabels durchgeführt werden. Die Vergleichspräzision

wird durch Vergleich der an den Prüfkabeln erhaltenen Prüfergebnisse mit den in [Anhang L](#) angegebenen Werten bestimmt. Wenn die Ergebnisse außerhalb der Toleranzen liegen, sollten sie mit denen anderer Laboratorien verglichen werden. Wird für diesen Nachweis ein anderes Kabel als das genormte Prüfkabel verwendet, sollten die Prüfergebnisse mit denen anderer Laboratorien verglichen werden, die dasselbe Prüfkabel verwenden.

6 Prüfverfahren

6.1 Anfangsbedingungen der Prüfung

Die Temperatur der Prüfkammer und der Luftversorgung muss im Bereich 5 °C bis 40 °C liegen (siehe [Abschnitt 4.1](#)). Andere Geräte, die einen Einfluss auf die O₂/CO₂-Konzentration oder den Luftstrom im Prüfraum haben, dürfen nicht gleichzeitig mit den Geräten nach [EN 50399](#) betrieben werden, da dies die Prüfung beeinträchtigen könnte, insbesondere die Messung der O₂- und CO₂-Konzentrationen.

6.2 Prüfmuster

Das Prüfmuster muss eine Anzahl von Kabelprüfstücken aus der gleichen Produktionslänge umfassen, die jeweils mindestens $(3,5^{+0,1}_0)$ m lang sind. Die Anzahl der Prüfstücke des Prüfmusters ergibt sich nach [6.4](#).

6.3 Konditionierung des Musters

Die Prüfstücke müssen für mindestens 16 h bei einer Temperatur von (20 ± 10) °C konditioniert werden. Jegliche Verpackung muss vor der Konditionierung entfernt werden. Die Prüfstücke müssen trocken sein.

6.4 Bestimmung der Anzahl der Prüfstücke

6.4.1 Allgemeines

Die folgenden Gleichungen müssen bei der Bestimmung der Anzahl der Prüfstücke (N) für die Prüfung benutzt werden. Der Durchmesser des Kabels oder der Leitung muss nach [EN 60811-203](#) gemessen werden.

6.4.2 Runde Kabel und Leitungen mit einem Durchmesser größer oder gleich 20,0 mm

Die Anzahl der Prüfstücke, N , ergibt sich aus

$$N = \text{int} \left(\frac{300 + 20}{d_c + 20} \right)$$

Dabei ist

d_c der gemessene Durchmesser des Kabels oder der Leitung (in Millimeter, gemessen auf eine Dezimalstelle und gerundet auf ganze Millimeter nach [Anhang J](#));

int-Funktion der ganzzahlige Teil des Ergebnisses (d. h. abgerundeter Wert).

6.4.3 Runde Kabel und Leitungen mit einem Durchmesser größer als 5,0 mm aber kleiner als 20,0 mm

Die Anzahl der Prüfstücke, N , ergibt sich aus

$$N = \text{int} \left(\frac{300 + d_c}{2d_c} \right)$$

Dabei ist

d_c der gemessene Durchmesser des Kabels oder der Leitung (in Millimeter, gemessen auf eine Dezimalstelle und gerundet auf ganze Millimeter nach [Anhang J](#));

int-Funktion der ganzzahlige Teil des Ergebnisses (d. h. abgerundeter Wert).

6.4.4 Runde Kabel und Leitungen mit einem Durchmesser kleiner oder gleich 5,0 mm

Eine Anzahl (N_{bu}) von Bündeln mit einem Durchmesser von ungefähr 10 mm muss montiert werden mit:

$$N_{bu} = \text{int} \left(\frac{300+10}{20} \right) = 15$$

Also müssen 15 Bündel montiert werden.

Die Anzahl der Prüfstücke (n) in jedem Bündel ist:

$$n = \text{int} \left(\frac{100}{d_c^2} \right)$$

Dabei ist

d_c der gemessene Durchmesser des Kabels oder der Leitung (in Millimeter, gemessen auf zwei Dezimalstellen und gerundet auf eine Dezimalstelle nach [Anhang J](#));

int-Funktion der ganzzahlige Teil des Ergebnisses (d. h. abgerundeter Wert).

Die Gesamtzahl der Prüfstücke (N) beträgt also:

$$N = n \times 15$$

6.4.5 Nicht runde Kabel und Leitungen mit einem Maß der größeren Achse größer oder gleich 20 mm, einem Maß der kleineren Achse größer als 4 mm und einem Verhältnis der größeren zur kleineren Achse von kleiner oder gleich 5

Die Anzahl der Prüfstücke, N , ergibt sich aus

$$N = \text{int} \left(\frac{300+20}{mc+20} \right)$$

Dabei ist

m_c die gemessene größere Achse des Kabels oder der Leitung (in Millimeter, gemessen auf eine Dezimalstelle und gerundet auf ganze Millimeter nach [Anhang J](#));

int-Funktion der ganzzahlige Teil des Ergebnisses (d. h. abgerundeter Wert).

6.4.6 Nicht runde Kabel und Leitungen mit einem Maß der größeren Achse größer als 5 mm aber kleiner als 20 mm und einem Maß der kleineren Achse größer als 4 mm und einem Verhältnis der größeren zur kleineren Achse von kleiner oder gleich 5

Die Anzahl der Prüfstücke, N , ergibt sich aus

$$N = \text{int} \left(\frac{300+m_c}{2m_c} \right)$$

Dabei ist