

	DIN IEC 60684-2 (VDE 0341-2)	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 29.035.20 Einsprüche bis 2009-04-02 Vorgesehen als Ersatz für DIN EN 60684-2 (VDE 0341-2):2006-08 Entwurf Isolierschläuche – Teil 2: Prüfverfahren (IEC 15/409/CD:2008) Flexible insulating sleeving – Part 2: Methods of test (IEC 15/409/CD:2008) Gaines isolantes souples – Partie 2: Méthodes d'essai (CEI 15/409/CD:2008) Anwendungswarnvermerk Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2009-01-26 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt. Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren. Stellungnahmen werden erbeten – vorzugsweise als Datei per E-Mail an dke@vde.com in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden – oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main. Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevante Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen. Gesamtumfang 173 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE		

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...

Inhalt

	Seite
Einleitung.....	10
1 Allgemeines	10
2 Prüfbedingungen.....	12
3 Messungen von Durchmesser, Wanddicke und Konzentrität des Schlauches	12
4 Dichte.....	14
5 Spleißwiderstand nach dem Erwärmen.....	15
6 Wärmeschockbeständigkeit (Wärmewiderstand)	15
7 Widerstand gegen Lötwärme.....	16
8 Masseverlust beim Erwärmen von unbeschichteten Textilglasgewebeschläuchen.....	16
9 Längenänderung.....	17
10 Verformung unter Last (Druckwiderstand bei erhöhter Temperatur).....	18
11 Thermische Beständigkeit von PVC-Schläuchen	20
12 Flüchtige Bestandteile von Siliconschläuchen.....	21
13 Biegsbarkeit nach Wärmelagerung	21
14 Biegsbarkeit bei niedriger Temperatur	22
15 Versprödungstemperatur	23
16 Maßstabilität bei Lagerung	23
17 Hydrolyse der Beschichtung	23
18 Flexibilität	24
19 Zugfestigkeit, Zugspannung bei 100 % Dehnung, Reißdehnung und Sekantenmodul bei 2 % Dehnung	25
20 Widerstand gegen Ausfransen	29
21 Durchschlagspannung	30
22 Isolationswiderstand	32
23 Spezifischer Durchgangswiderstand	33
24 Permittivität und Verlustfaktor	34
25 Widerstand gegen Kriechwegbildung	36
26 Prüfung der Flammenausbreitung	36
27 Sauerstoff-Index.....	38
28 Transparenz.....	38
29 Prüfung auf ionische Verunreinigungen	38
30 Prüfung auf Schwarzfärbung einer Silberfolie	39
31 Elektrolytischer Korrosionswiderstand.....	39

	Seite
32 Korrosionswiderstand (Zugfestigkeit und Dehnung)	40
33 Kupferkorrosion (Vorhandensein von korrosiven flüchtigen Substanzen)	40
34 Farbbeständigkeit gegenüber Licht	42
35 Ozonbeständigkeit	42
36 Beständigkeit gegenüber ausgewählten Flüssigkeiten	43
37 Thermisches Langzeitverhalten	44
38 Masse je Längeneinheit	44
39 Wärmealterung	45
40 Wasseraufnahme	45
41 Begrenzte Schrumpfung	45
42 Farbbeständigkeit bei Wärme	46
43 Rauch-Index	47
44 Toxizitäts-Index	52
45 Halogengehalt	57
46 Säuregasbildung	59
47 Wärmedehnung und Wärmeschrumpfung	59
48 Streckspannung	60
49 Weiterführen des Reißvorgangs	60
50 Langzeit-Wärmealterung (3 000 h)	61
51 Dynamische Scherkraft bei Raumtemperatur	62
52 Dynamische Scherbeanspruchung bei erhöhter Temperatur	63
53 Dynamische Scherbeanspruchung nach Wärmeschock und Wärmealterung	63
54 Abschälverhalten zu Aluminium mittels Rollwalze	63
55 Dynamische Scherung an einem Aluminiumstab	64
56 Dichtheit	65
57 Abziehfestigkeit T-förmiger Probekörper bei zwei zusammengeklebten, warmschrumpfenden Trägern	66
58 Radiale Aufweitung	67
59 Spannungsprüfung	67
60 Thermischer Schock	68
Literaturhinweise	85
 Bild 1 – Probekörper zur Prüfung des Widerstandes gegen Lötwärme	 69
Bild 2 – Beispiele für das Prüfergebnis am Probekörper bei der Bestimmung des Widerstandes gegen Lötwärme	70
Bild 3 – Anordnung zur Bestimmung des Druckwiderstandes bei erhöhter Temperatur	70
Bild 4 – Prüfgerät zur Prüfung der Flexibilität	71
Bild 5 – Prüfstab für die Prüfung der Zugfestigkeit	72
Bild 5A – Prüfstab für die Prüfung der Zugfestigkeit	72
Bild 6 – Anordnung für die Prüfung des Widerstandes gegen Ausfransen	73

Bild 7 – Schematische Anordnung für die Kugelbadprüfung zur Ermittlung der Durchschlagsspannung	73
Bild 8 – Probekörper zur Prüfung des Isolationswiderstandes	73
Bild 9 – Standard-Propangasbrenner zur Bestimmung der Flammenausbreitung (Teildarstellung)	74
Bild 10 – Prüfung der Flammenausbreitung – Verfahren A	74
Bild 11 – Prüfung der Flammenausbreitung – Verfahren B	75
Bild 12 – Prüfung der Flammenausbreitung – Verfahren C	76
Bild 13 – Dorn für die Prüfung mit begrenzter Schrumpfung	77
Bild 14 – Schematische Darstellung des Brenners für die Rauch-Index-Prüfung	78
Bild 15 – Schematische Frontansicht des Probekörperhalters für die Rauch-Index-Prüfung, Ansicht der senkrecht befestigten Proben	79
Bild 16 – Anordnung und Befestigung für die dynamische Scherbeanspruchung bei Raumtemperatur	80
Bild 17 – Anordnung für Wärmeschock und Wärmealterung	81
Bild 18 – Schematische Anordnung für den Abschälvorgang mit einer Rollwalze	81
Bild 19 – Anfertigung der Anordnung für die dynamische Scherung an einem Aluminiumstab	82
Bild 20 – Probekörper für die dynamische Scherung an einem Aluminiumstab	82
Bild 21 – Anordnung für die Prüfung der Versiegelung	83
Bild 22 – Montageanordnung für den Dorn	83
Bild 23 – Plattenförmiger Probekörper	84
Bild 24 – T-förmiger Probekörper für die Abziehfestigkeit	84

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 15/409/CD:2008 „Flexible insulating sleeving – Part 2: Methods of test“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 15 „Insulating materials“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die IEC und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann 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 CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für diesen Norm-Entwurf ist das nationale Arbeitsgremium AK 181.0.5 „Isolierschläuche“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60684-2 (VDE 0341-2):2006-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) einzelne Angaben und Anweisungen, insbesondere zu den Messungen, wurden präzisiert;
- b) Begriffe wurden hinzugefügt;
- c) ein Deformationsprüfung in Anlehnung an UL 224 wird vorgeschlagen;
- d) die Kugelbadprüfung ist entfallen;
- e) ein neuer Abschnitt "Radiale Aufweitung" wurde aufgenommen;
- f) ein neuer Abschnitt "Spannungsprüfung" wurde aufgenommen;
- g) ein neuer Abschnitt "Thermischer Schock" wurde aufgenommen;
- h) die normativen Verweisungen wurden auf den aktuellen Stand gebracht und Bezüge und Verweisungen im Text aktualisiert.

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 in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
Normen der Reihe EN 60068-2-1	Normen der Reihe IEC 60068-2	Normen der Reihe DIN EN 60068-2 (VDE 0468-2)	VDE 0468-2
EN 60068-2-10:2005	IEC 60068-2-10:1988 ersetzt durch: IEC 60068-2-10:2005	DIN EN 60068-2-10:2006-03	–
–	IEC 60068-2-20:1979 ersetzt durch: IEC 60068-2-20:2008	DIN IEC 60068-2-20:1991-04	–
–		–	–
HD 429 S1:1983	IEC 60093:1980	DIN IEC 60093 (VDE 0303-30):1993-12	VDE 0303-30
HD 437 S1:1984	IEC 60212:1971	DIN IEC 60212 (VDE 0308-1):1995-09	VDE 0308-1
EN 60216	IEC 60216	DIN EN 60216 (VDE 0304)	VDE 0304
EN 60216-2:2005	IEC 60216-2:1990 ersetzt durch: IEC 60216-2:2005	DIN EN 60216-2 (VDE 0304-22):2006-04	VDE 0304-22
–		–	–
EN 60216-4-1:2006	IEC 60216-4-1:1990 ersetzt durch: IEC 60216-4-1:2006	DIN EN 60216-4-1 (VDE 0304-4-1)2006-12	VDE 0304-4-1
EN 60216-4-2:2000	IEC 60216-4-2:2000	DIN EN 60216-4-2 (VDE 0304-24-2):2001-04	VDE 0304-24-2
EN 60216-5	IEC 60216-5	–	–
EN 60243-1:1998	IEC 60243-1:1988 ersetzt durch: IEC 60243-1:1998	DIN EN 60243-1 (VDE 0303-21):1999-03	VDE 0303-21
–	IEC 60250:1969	–	–

Tabelle NA.1 (fortgesetzt)

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC 60304:1982	DIN IEC 60304:1987-01	–
EN 60426:2007	IEC 60426:1973 ersetzt durch: IEC 60426:2007	DIN EN 60426 (VDE 0303-6):2007-11	VDE 0303-6
EN 60587:2007	IEC 60587:1984 ersetzt durch: IEC 60587:2007	DIN EN 60587 (VDE 0303-10):2008-03	VDE 0303-10
–	IEC 60589:1977	DIN VDE 0303-33 (VDE 0303-33):1991-04	VDE 0303-33
EN 60684-1	IEC 60684-1	DIN EN 60684-1 (VDE 0341-1)	VDE 0341-1
Normen der Reihe EN 60684-3	Normen der Reihe IEC 60684-3	Normen der Reihe DIN EN 60684-3 (VDE 0341-3)	VDE 0341-3
–	IEC 60695-11-3	–	–
–	IEC 60695-11-21	–	–
–	IEC/TR 60695-6-30:1996	–	–
–	IEC 60754-1:1994	–	–
HD 602 S1	IEC 60754-2	DIN VDE 0472-813 (VDE 0472-813) zurückgezogen	VDE 0472-813
–	ISO 5-1:1984	DIN 4512-7:1993-01	–
–	ISO 5-2:1991	DIN 4512-8:1993-01	–
–	ISO 5-3:1995	DIN 4512-8:1993-01 DIN 4512-9:1993-01	–
–	ISO 5-4:1995	DIN 4512-10:1993-01	–
–	ISO 37:1994 ersetzt durch: ISO 37:2005	–	–
EN ISO 62:2008	ISO 62:1980 ersetzt durch: ISO 62:2008	DIN EN ISO 62:2008-05	–
Normen der Reihe EN ISO 105	Normen der Reihe ISO 105	Normen der Reihe DIN EN ISO 105	–
EN ISO 105-B01:1999	ISO 105-B01:1994 + A1:1998	DIN EN ISO 105-B01:1999-10	–
–	ISO 182-1:1990	DIN 53381-1:1983-05	–
EN ISO 182-2:1999	ISO 182-2:1990	DIN EN ISO 182-2:2000-02	–

Tabelle NA.1 (fortgesetzt)

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	ISO 974:1980 ersetzt durch: ISO 974:2000	–	–
–	ISO 1431-1:1989 ersetzt durch: ISO 1431-1:2004	–	–
–	ISO 2921:1982 ersetzt durch: ISO 2921:2005	–	–
–	ISO 3261:1975	–	–
–	ISO 4589-2-2:1994	–	–
EN ISO 4589-3:1996	ISO 4589-3:1996	DIN EN ISO 4589-3:1996-10	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN 4512-7:1993-01, *Photographische Sensitometrie – Bestimmung der optischen Dichte – Begriffe, Symbole und Kennzeichnungen (ISO 5-1:1984).*

DIN 4512-8:1993-01, *Photographische Sensitometrie – Bestimmung der optischen Dichte – Geometrische Bedingungen für Messungen bei Transmission (ISO 5-2:1991).*

DIN 4512-8:1993-01, *Photographische Sensitometrie – Bestimmung der optischen Dichte – Geometrische Bedingungen für Messungen bei Transmission (ISO 5-3:1995).*

DIN 4512-9:1993-01, *Photographische Sensitometrie – Bestimmung der optischen Dichte – Spektrale Bedingungen (ISO 5-3:1995).*

DIN 4512-10:1993-01, *Photographische Sensitometrie – Bestimmung der optischen Dichte – Geometrische Bedingungen für Messungen bei Reflexion (ISO 5-4:1995).*

DIN 53381-1:1983-05, *Prüfung von Kunststoffen – Bestimmung der Thermostabilität von Polyvinylchlorid (PVC) – Dehydrochlorierungsverfahren (ISO 182-1:1990).*

Normen der Reihe

DIN EN 60068-2 (VDE 0468-2), *Umgebungseinflüsse – Teil 2: Prüfverfahren – Prüfung A: Kälte.*

DIN EN 60068-2-10:2006-03, *Umgebungseinflüsse – Teil 2-10: Prüfverfahren – Prüfung J und Leitfaden – Schimmelwachstum (IEC 60068-2-10:2005); Deutsche Fassung EN 60068-2-10:2005.*

Normen der Reihe

DIN EN 60216 (VDE 0304), *Elektroisolierstoffe – Thermische Langzeiteigenschaften.*

- DIN EN 60216-2 (VDE 0304-22):2006-04, *Elektroisolierstoffe – Eigenschaften hinsichtlich des thermischen Langzeitverhaltens – Teil 2: Leitfadens zur Bestimmung thermischer Langzeiteigenschaften von Elektroisolierstoffen – Auswahl der Prüfmerkmale (IEC 60216-2:2005); Deutsche Fassung EN 60216-2:2005.*
- DIN EN 60216-4-1 (VDE 0304-4-1):2006-12, *Elektroisolierstoffe – Eigenschaften hinsichtlich des thermischen Langzeitverhaltens – Teil 4-1: Wärmeschränke für die Warmlagerung – Einzelkammerwärmeschränke (IEC 60216-4-1:2006); Deutsche Fassung EN 60216-4-1:2006.*
- DIN EN 60216-4-2 (VDE 0304-24-2):2001-04, *Elektroisolierstoffe – Thermische Langzeiteigenschaften – Teil 4-2: Wärmeschränke für die Warmlagerung – Präzisionswärmeschränke für Temperaturen bis 300 °C (IEC 60216-4-2:2000); Deutsche Fassung EN 60216-4-2:2000.*
- DIN EN 60243-1 (VDE 0303-21):1999-03, *Elektrische Durchschlagfestigkeit von isolierenden Werkstoffen – Prüfverfahren – Teil 1: Prüfungen bei technischen Frequenzen (IEC 60243-1:1998); Deutsche Fassung EN 60243-1:1998.*
- DIN EN 60426 (VDE 0303-6):2007-11, *Elektroisolierstoffe – Prüfungen zur Bestimmung der elektrolytischen Korrosionswirkung von Isoliermaterialien (IEC 60426:2007); Deutsche Fassung EN 60426:2007.*
- DIN EN 60587 (VDE 0303-10):2008-03, *Elektroisolierstoffe, die unter erschwerten Bedingungen eingesetzt werden – Prüfverfahren zur Bestimmung der Beständigkeit gegen Kriechwegbildung und Erosion (IEC 60587:2007); Deutsche Fassung EN 60587:2007.*
- DIN EN 60684-1 (VDE 0341-1), *Isolierschläuche – Teil 1: Begriffe und allgemeine Anforderungen.*
- DIN EN 60684-3 (VDE 0341-3), *Isolierschläuche – Teil 3: Anforderungen für einzelne Schlauchtypen.*
- DIN EN ISO 62:2008-05, *Kunststoffe – Bestimmung der Wasseraufnahme (ISO 62:2008); Deutsche Fassung EN ISO 62:2008.*
- DIN EN ISO 105, *Textilien – Farbechtheitsprüfungen.*
- DIN EN ISO 105-B01:1999-10, *Textilien – Farbechtheitsprüfungen – Teil B01: Farbechtheit gegen Licht: Tageslicht (ISO 105-B01:1994 + A1:1998); Deutsche Fassung EN ISO 105-B01:199.*
- DIN EN ISO 4589-3:1996-10, *Kunststoffe – Bestimmung des Brennverhaltens durch den Sauerstoff-Index – Teil 3: Prüfung bei erhöhter Temperatur (ISO 4589-3:1996); Deutsche Fassung EN ISO 4589-3:1996.*
- DIN EN ISO 182-2:2000-02, *Kunststoffe – Bestimmung der Neigung von Formmassen und Erzeugnissen auf der Basis von Vinylchlorid-Homopolymeren und -Copolymeren, bei erhöhten Temperaturen Chlorwasserstoff und andere saure Produkte abzugeben – Teil 2: pH-Messgerät-Verfahren (ISO 182-2:1990); Deutsche Fassung EN ISO 182-2:1999.*
- DIN IEC 60068-2-20:1991-04, *Elektrotechnik – Grundlegende Umweltprüfverfahren – Prüfgruppe T: Löten – (IEC 60068-2-20:1979 (Stand 1987)).*
- DIN IEC 60093 (VDE 0303-30):1993-12, *Prüfverfahren für Elektroisolierstoffe – Spezifischer Durchgangswiderstand und spezifischer Oberflächenwiderstand von festen, elektrisch isolierenden Werkstoffen (IEC 60093:1980); Deutsche Fassung HD 429 S1:1983.*
- DIN IEC 60212 (VDE 0308-1):1995-09, *Standardbedingungen für die Anwendung vor und während der Prüfung von festen Elektroisolierstoffen (IEC 60212:1971); Deutsche Fassung HD 437 S1:1984.*
- DIN IEC 60304:1987-01, *Standardfarben der Isolierung von Niederfrequenz-Kabeln und -Drähten (IEC 60304:1982).*
- DIN VDE 0303-33 (VDE 0303-33):1991-04, *Prüfung von Isolierstoffen – Prüfverfahren zur Bestimmung ionischer Verunreinigungen in Elektroisolierstoffen durch flüssige Auszüge (IEC 60589:1977).*

Isolierschläuche Teil 2: Prüfverfahren

Einleitung

Diese Internationale Norm gehört zu einer Reihe von Normen, die sich mit Isolierschläuchen befasst. Die Reihe besteht aus folgenden drei Teilen:

Teil 1: Begriffe und allgemeine Anforderungen (IEC 60684-1)

Teil 2: Prüfverfahren (IEC 60684-2)

Teil 3: Anforderungen für einzelne Schlauchtypen (IEC 60684-3)

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60684 enthält Prüfverfahren für Isolierschläuche einschließlich wärmeschrumpfenden Schläuchen, die hauptsächlich zur Isolation von elektrischen Leitern und Verbindungen von elektrischen Geräten vorgesehen sind, obwohl sie auch für andere Zwecke verwendet werden können.

Die festgelegten Prüfungen sind für den Qualitätsnachweis des Schlauches ausgewählt, es ist jedoch zu berücksichtigen, dass sie nicht vollständig die Eignung eines Schlauches zur Imprägnierung oder für Einbettungs-Verfahren oder für andere Spezialanwendungen nachweisen. Gegebenenfalls wird es notwendig sein, die Prüfverfahren in dieser Norm durch geeignete Imprägnier- oder Verträglichkeitsprüfungen zu ergänzen, damit sie sich für die Einzelfälle eignen.

1.2 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 60068-2-20:1979, *Environmental testing – Part 2: Tests, Test T: Soldering*.

IEC 60093:1980, *Methods of test for volume resistivity and surface resistivity of solid electrical insulating materials*.

IEC 60212:1971, *Standard conditions for use prior to and during the testing of solid electrical insulating materials*.

IEC 60216, *Guide for the determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials*.

IEC 60216-4-1:1990, *Guide for the determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials – Part 4: Ageing ovens – Section 1: Single-chamber ovens*.

IEC 60216-4-2:2003, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-2: Ageing ovens – Precision ovens for use up to 300 °C*.

IEC 60243-1:1988, *Methods of tests for electric strength of solid insulating materials – Part 1: Tests at power frequencies*.

IEC 60250:1969, *Recommended methods for the determination of the permittivity and dielectric dissipation factor of electrical insulating materials at power, audio and radio frequencies including metre wavelengths*.

- IEC 60426:1973, *Test methods for determining electrolytic corrosion with insulating materials.*
- IEC 60587:1984, *Test methods for evaluating resistance to tracking and erosion of electrical insulating materials used under severe ambient conditions.*
- IEC 60589:1977, *Methods of test for the determination of ionic impurities in electrical insulating materials by extraction with liquids.*
- IEC 60684-3, *Flexible insulating sleeving – Part 3: Specification requirements for individual types of sleeving.*
- IEC 60695-6-30:1996, *Fire hazard testing – Part 6: Guidance and test methods for the assessment of obscuration hazard of vision caused by smoke opacity from electrotechnical products involved in fires – Section 30: Small scale static method – Determination of smoke opacity.*
- IEC 60754-1:1994, *Tests on gases evolved during combustion of materials from cables – Part 1: Determination of the amount of halogen acid gas evolved during the combustion of polymeric materials taken from cables.*
- IEC 60754-2:1991, *Tests on gases evolved during combustion of materials from cables – Part 2: Determination of degree of acidity of gases evolved during the combustion of materials taken from electric cables by measuring pH and conductivity.*
- ISO 5-1:1984, *Photography – Density measurements – Part 1: Terms, symbols and notations.*
- ISO 5-2:1991, *Photography – Density measurements – Part 2: Geometric conditions for transmission density.*
- ISO 5-3:1995, *Photography – Density measurements – Part 3: Spectral conditions.*
- ISO 5-4:1995, *Photography – Density measurements – Part 4: Geometric conditions for reflection density.*
- ISO 37:1994, *Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of tensile stress-strain properties.*
- ISO 62:1980, *Plastic – Determination of water absorption.*
- ISO 105, *Textiles – Tests for colour fastness.*
- ISO 105-A02:1993, *Textiles – Tests for colour fastness – Part A02: Grey scale for assessing change in colour.*
- ISO 105-B01:1994, *Textiles – Tests for colour fastness – Part B01: Colour fastness to light: Daylight.*
- ISO 182-1:1990, *Plastics – Determination of the tendency of compounds and products based on vinyl chloride homopolymers and copolymers to evolve hydrogen chloride and any other acidic products at elevated temperature – Part 1: Congo red method.*
- ISO 182-2:1990, *Plastics – Determination of the tendency of compounds and products based on vinyl chloride homopolymers and copolymers to evolve hydrogen chloride and any other acidic products at elevated temperature – Part 2: pH method.*
- ISO 974:1980, *Plastics – Determination of the brittleness temperature by impact.*
- ISO 1431-1:1989, *Rubber, vulcanized or thermoplastic – Resistance to ozone cracking – Part 1: Static strain test.*
- ISO 2921:1982, *Rubber, vulcanized – Determination of low temperature characteristics – Temperature-retraction procedure (TR test).*
- ISO 3261:1975, *Fire tests – Vocabulary.*

ISO 4589-2-2:1994, *Plastics – Determination of flammability – Part 2: Oxygen index (OI) at room temperature.*

ISO 4589-3:1996, *Plastics – Determination of burning behaviour by oxygen index – Part 3: Elevated-temperature test.*

2 Prüfbedingungen

2.1 Wenn nicht anders festgelegt, müssen alle Prüfungen im Normalklima nach IEC 60212 durchgeführt werden, d. h. bei einer Temperatur zwischen 15 °C und 35 °C und bei relativer Umgebungsfeuchte.

Im Streitfall müssen die Prüfungen bei 23 °C ± 2 K und einer relativen Luftfeuchte von (50 ± 5) % durchgeführt werden.

2.2 Wenn bei einem Prüfverfahren Erwärmung auf erhöhte Temperatur vorgeschrieben ist, muss der Probekörper für die vorgeschriebene Zeit in einem gleichmäßig erwärmten Wärmeschrank nach IEC 60216-4-1 gelagert werden.

2.3 Wenn eine Prüfung bei niedriger Temperatur festgelegt ist, kann in IEC 60684-3 gefordert werden, dass sie bei $-t$ °C oder niedriger durchgeführt wird. In solchen Fällen darf der Prüfer die Prüfung bei der festgelegten Temperatur oder einer geeigneten niedrigeren Temperatur durchführen. Wenn der Probekörper allerdings die Prüfung bei einer unter der festgelegten Temperatur liegenden Temperatur nicht besteht, dann muss die Prüfung bei der festgelegten Temperatur wiederholt werden, wobei, wie in IEC 60212 festgelegt, als zulässige Abweichung ± 3 K gilt. Wenn der Probekörper die Prüfung dann besteht, so muss dies so angesehen werden, dass er die Anforderungen erfüllt.

3 Messungen von Durchmesser, Wanddicke und Konzentrität des Schlauches

ANMERKUNG In dieser Norm sind „Durchmesser“ und „Innendurchmesser“ austauschbar.

3.1 Durchmesser

3.1.1 Anzahl der Probekörper

Drei Probekörper müssen geprüft werden.

3.1.2 Allgemeines Verfahren

Es müssen Lehdorne oder Konuslehren mit geeignetem Durchmesser verwendet werden, um nachzuweisen, dass der Innendurchmesser zwischen dem Maximum und dem Minimum der festgelegten Werte liegt. Die Lehre muss in den Innendurchmesser eindringen, ohne eine Dehnung des Schlauches zu verursachen. Ein pulverförmiges Gleitmittel wird beim Ausmessen einiger Schlauchtypen hilfreich sein. Für kleine Durchmessergrößen kann ein Messschrauben-Mikroskop verwendet werden und die Messungen müssen auf 0,05 mm genau durchgeführt werden.

3.1.3 Durchmesser von dehnbaren, geflochtenen Schläuchen nach dem Entspannen

Es ist ein 250 mm langer Stahldorn mit dem gleichen Durchmesser auszuwählen wie der festgelegte Mindestdurchmesser des Schlauches nach dem Entspannen.

Der Dorn ist vollständig so in den Schlauch einzuführen, dass 50 mm des Schlauches am abgeschnittenen Ende über den Dorn hinausragen.

Am gegenüberliegenden Ende ist direkt nach dem Dornende Draht um den Schlauch zu wickeln, damit der Dorn nicht weiter in den Schlauch eindringen kann.

Den Schlauch streicht man vom befestigten Ende in Richtung des abgeschnittenen Endes fest auf dem Dorn glatt und dreht den Schlauch dann so, dass er das Ende des Dornes umschließt. Diese Lage wird durch Umwickeln mit Draht gesichert.

Dann sind 200-mm-Messlinien zentrisch auf dem Schlauch zu markieren, wobei ein Markierungsmittel zu verwenden ist, das den Schlauch nicht beschädigt, z. B. Korrekturflüssigkeit.

Das abgeschnittene Ende ist loszulassen, damit sich der Schlauch entspannen kann.

Der Abstand zwischen den Messlinien ist in Millimeter zu messen.

Wenn sich als Messergebnis 195 mm oder mehr ergibt, handelt es sich um einen Schlauch mit maximalem Innendurchmesser im entspannten Zustand.

Wenn sich als Messergebnis weniger als 195 mm ergibt, dann ist die Bestimmung mit zunehmend größeren Dornen so lange zu wiederholen, bis sich als Messergebnis ≥ 195 mm ergibt.

3.1.4 Gedehter Durchmesser von dehnbaren, geflochtenen Schläuchen

Es ist ein Lehrdorn mit dem gleichen Durchmesser auszuwählen wie der festgelegte Mindestdurchmesser im gedehnten Zustand.

Der Schlauch ist 50 mm unter dem abgeschnittenen Ende festzuhalten.

Dann wird das abgeschnittene Ende des Schlauches um 10 mm geöffnet und der Lehrdorn eingeführt.

Es ist zu versuchen, den Lehrdorn weiter in den ungedehnten, festgehaltenen Schlauch zu drücken.

Wenn der Lehrdorn ohne übermäßige Kraftaufwendung weiter eindringt, dann handelt es sich um einen Schlauch mit minimalem Innendurchmesser im gedehnten Zustand.

Wenn der Lehrdorn nicht ohne übermäßige Kraftaufwendung weiter eindringt, dann ist die Bestimmung mit zunehmend kleineren Dornen zu wiederholen.

3.1.5 Ergebnis

Als Ergebnis sind alle gemessenen Werte anzugeben.

3.2 Wanddicke von Textilschläuchen

3.2.1 Anzahl der Probekörper

Drei Probekörper müssen geprüft werden.

3.2.2 Durchführung

Ein Messdorn oder ein Lehrdorn ist in den Schlauch einzuführen; er muss sich leicht einführen lassen, wobei sein Durchmesser nicht kleiner als 80 % des Schlauchinnendurchmessers sein darf. Der Gesamtdurchmesser muss dann mit einer Messschraube bestimmt werden, deren ebene Messfläche einen Durchmesser von etwa 6 mm hat. Bei dieser Messung muss der angewandte Messschraubendruck gerade ausreichend sein, damit der Schlauch den Mess- oder Lehrdorn fest umschließt. Die Bestimmung der Wanddicke ist durch Halbieren der Differenz zwischen dem Durchmesser des Mess- oder Lehrdorns und dem Gesamtdurchmesser zu errechnen.

3.2.3 Ergebnis

Als Ergebnis sind alle gemessenen Werte der Wanddicke anzugeben.

3.3 Niedrigst- und Höchstwert der Wanddicke und Konzentrität von extrudierten Schläuchen

3.3.1 Anzahl der Probekörper

Es müssen drei Probekörper geprüft werden.

3.3.2 Wanddicke

Diese Norm schreibt zur Durchführung dieser Messung keine Verfahren als zwingend vor. Durch eine geeignete Anzahl von Prüfungen sind auf der Schlauchwand die Punkte der Mindest- und Höchstdicke der Schlauchwand festzustellen. Alle Messungen müssen auf 0,01 mm genau ausgeführt werden. Im Streitfall muss ein kalibriertes Messschrauben-Mikroskop verwendet werden, dass eine Messung bis auf 0,001 mm genau ermöglicht.

ANMERKUNG Die folgenden Messverfahren haben sich als geeignet erwiesen: optische Profilprojektoren, optische Komparatoren, geeignete Messschrauben. Im Streitfall ist eines der optischen Verfahren anzuwenden. Die Anwendung eines Messschrauben-Mikroskopes hat sich zur Messung von kleinen Durchmessergrößen und bei der Bestimmungen von Innen- und Außenwanddicken von doppelwandigen Schläuchen als geeignet erwiesen.

3.3.3 Konzentrität

Die Konzentrität eines jeden Schlauchprobekörpers ist nach folgender Gleichung zu errechnen:

$$\text{Konzentrität in \%} = \frac{\text{kleinste Wanddicke}}{\text{größte Wanddicke}} 100$$

3.3.4 Ergebnis

Alle gemessenen Niedrigst- und Höchstwerte der Wanddicke sowie die Konzentrität sind anzugeben.

4 Dichte

4.1 Anzahl der Probekörper

Es müssen mindestens drei Probekörper geprüft werden.

4.2 Durchführung

Zur Bestimmung der Dichte darf jedes Verfahren, bei dem eine Messunsicherheit von 0,01 g/cm³ erfüllt ist, verwendet werden.

ANMERKUNG Schlauchprobekörper mit kleinem Durchmesser sollten in Längsrichtung abgeschnitten und aufgeklappt werden, um Lufteinschlüsse während der Bestimmung zu vermeiden.

4.3 Ergebnis

Das zur Bestimmung ausgewählte Verfahren ist anzugeben, und alle für die Dichte gemessenen Werte sind anzugeben; wenn in den Anforderungsblättern der IEC 60684-3 nicht anders festgelegt, gilt der Mittelwert als Ergebnis.

5 Spleißwiderstand nach dem Erwärmen

5.1 Anzahl der Probekörper

Es müssen drei Probekörper geprüft werden.

5.2 Form der Probekörper

Die Probekörper müssen dadurch hergestellt werden, dass Schlauchringe in einer Länge abgeschnitten werden, die der Wanddicke entspricht. Da ein unsauberer Schnitt das Ergebnis beeinflussen kann, muss darauf geachtet werden, dass eine saubere Schnittfläche entsteht.

ANMERKUNG Wenn es Schwierigkeiten in der Praxis gibt, die es nicht zulassen, einen Ring vom Querschnitt abzuschneiden, dann darf die Länge auf bis zu 2,5 mm erhöht werden.

5.3 Durchführung

Die Probekörper müssen auf einem kegelförmigen Dorn, dessen Neigungswinkel $(15 \pm 1)^\circ$ beträgt, geprüft werden. Wenn in IEC 60684-3 keine andere Temperatur festgelegt ist, sind die Probekörper für die Dauer von (168 ± 2) h bei einer Temperatur von $70^\circ\text{C} \pm 2\text{ K}$ zu lagern; danach lässt man sie auf $23^\circ\text{C} \pm 5\text{ K}$ abkühlen. Anschließend müssen sie so weit auf den Dorn geschoben werden, dass sie um einen Betrag gedehnt werden, der dem in IEC 60684-3 festgelegten Prozentsatz des Nenndurchmessers entspricht. In dieser Lage müssen die Probekörper (24 ± 1) h bei einer Temperatur von $23^\circ\text{C} \pm 5\text{ K}$ belassen werden und sind dann auf Risse zu untersuchen.

5.4 Ergebnis

Es ist anzugeben, ob etwaige Risse vorhanden sind.

6 Wärmeschockbeständigkeit (Wärmewiderstand)

6.1 Anzahl der Probekörper

Es müssen fünf Probekörper geprüft werden.

6.2 Form der Probekörper

Es müssen Schlauchlängen von etwa 75 mm oder Probekörper nach Abschnitt 19 hergestellt werden, wenn die Zugfestigkeit oder die Reißdehnung zu messen sind. Bei Verwendung von Schlauchlängen muss die Länge auf 0,5 mm genau gemessen werden.

6.3 Durchführung

Die Probekörper müssen $4\text{ h} \pm 10\text{ min}$ in einem Wärmeschränk entsprechend IEC 60216-4-1 oder IEC 60216-4-2 bei der in IEC 60684-3 festgelegten Temperatur senkrecht aufgehängt werden.

Die Probekörper müssen herausgenommen werden und man lässt sie dann auf Raumtemperatur abkühlen. Sie sind anschließend auf Anzeichen von Tropfenfall oder Rissbildung zu untersuchen. Die Länge ist zu messen und die prozentuale Veränderung zu berechnen. Die Probekörper müssen zusätzlich, sofern dies in IEC 60684-3 festgelegt ist, auf Zugfestigkeit und/oder Reißdehnung geprüft werden. Ebenso müssen die Probekörper, wenn dies in IEC 60684-3 spezifiziert ist, um 360 Grad um einen Dorn, dessen Durchmesser in IEC 60684-3 bestimmt ist, gleichmäßig gewickelt werden und dies innerhalb von 2 bis 4 Sekunden. Danach müssen die Probekörper auf Anzeichen von Rissbildung untersucht werden. Seitliche Rissbildung des flachgedrückten Rohres muss kein Grund für Verwerfung/Zurückweisung sein.

6.4 Ergebnis

Es sind alle Ergebnisse der Sichtprüfung anzugeben. Alle Werte der Längenveränderung sind anzugeben. Es sind alle Ergebnisse der Zugfestigkeit und/oder der Reißdehnung anzugeben; wenn in den Anforderungsblättern der IEC 60684-3 nicht anders festgelegt, gilt der Median als Ergebnis. Rissbildung jeglicher Art nach Durchführung der Dorn-Dehnungsprüfung ist anzugeben.

7 Widerstand gegen Lötwärme

7.1 Anzahl der Probekörper

Es müssen drei Probekörper geprüft werden.

7.2 Form der Probekörper

Es muss eine Schlauchlänge von 60 mm verwendet werden, sowie verzinnter Kupferdraht von etwa 150 mm Länge mit einem Durchmesser, der einen Gleitsitz im Schlauch zulässt.

Der Draht ist in seiner Mitte um 90° um einen Dorn mit dem dreifachen Nenndurchmesser des Schlauches zu biegen.

Der Probekörper muss über den Draht gestreift werden und ist so weit um die Biegung zu ziehen, dass er eine Länge des geraden Teils des Drahtes abdeckt, die während der Prüfung senkrecht bleibt und das 1,5fache des Nenndurchmessers, mindestens aber 1 mm, beträgt (siehe Bild 1). Der Draht muss an dem Teil, der sich während der Prüfung in senkrechter Lage befindet, 20 mm vom Schlauchende entfernt abgeschnitten werden.

Der Draht muss an dem Teil, der sich während der Prüfung in waagerechter Lage befindet, vom Schlauchende abgeschnitten werden. Mindestens 5 min., nachdem der Draht gebogen wurde, muss ein hochgradiges Flussmittel aus 25 Gewichts-% Kolophonium in 75 Gewichts-% 2-Propanol (Isopropanol) oder Ethanol (Ethylalkohol) auf den letzten 6 mm des hervorstehenden Endes des Drahtes aufgetragen werden. (Nur nicht-aktiviertes Kolophonium, dessen Säurezahl nicht kleiner als 155 mg KOH/g ist, darf verwendet werden. Die vollständigen Angaben sind in Anhang C der IEC 60068-2-20 enthalten.)

7.3 Durchführung

Die Prüfung muss innerhalb von 60 min nach dem Auftragen des Flussmittels begonnen werden, wobei der Schlauch eine Temperatur von $23\text{ °C} \pm 5\text{ K}$ aufweist. Der waagerechte Abschnitt des Drahtes ist mindestens 25 mm von der Biegung entfernt am Ende festzuhalten. Der senkrechte Abschnitt muss in die Mitte eines geschmolzenen Lötzinnbades so eingetaucht werden, dass 6 mm des Drahtes eingetaucht sind; dies lässt sich am besten erreichen, wenn der Draht vorher markiert wird. Der Draht muss in dieser Lage (15 ± 1) s gehalten werden oder so lange, wie in IEC 60684-3 festgelegt ist. Das Lötzinnbad muss mindestens einen Durchmesser von 25 mm besitzen und 12 mm tief sein, und die Temperatur des Lötzinns muss während der Prüfung auf $260\text{ °C} \pm 5\text{ K}$ gehalten werden. Um die Prüfung zu bestehen, darf kein Probekörper spleißen oder sich erheblich aufweiten; geringes Schmelzen ist zulässig (siehe Bild 2).

7.4 Ergebnis

Ein etwaiges Spleißen, Aufweiten oder übermäßiges Schmelzen sind anzugeben.

8 Masseverlust beim Erwärmen von unbeschichteten Textilglasgewebesschläuchen

8.1 Anzahl und Masse der Probekörper

Es müssen drei Probekörper geprüft werden, wobei jeder eine ausreichende Länge aufweist, um (5 ± 1) g Einwaage zu ergeben.

8.2 Durchführung

Die Probekörper müssen durch Erwärmen auf $105\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ für 1 h konditioniert werden; dann lässt man sie in einem Exsikkator auf Raumtemperatur abkühlen. Anschließend müssen sie auf volle 0,000 2 g (m_1) gewogen werden und sind dann in einem belüfteten Wärmeschrank 60 min. bis 75 min. auf $600\text{ °C} \pm 10\text{ K}$ zu erwärmen. Nachdem die Probekörper in einem Exsikkator auf Raumtemperatur abgekühlt sind, müssen sie erneut gewogen werden (m_2).

8.3 Berechnung

Der Masseverlust in Prozent muss bei jeder Prüfung wie folgt berechnet werden:

$$\frac{m_1 - m_2}{m_1} 100$$

8.4 Ergebnis

Es sind alle gemessenen Werte des Masseverlustes in Prozent anzugeben; wenn in den Anforderungsblättern von IEC 60684-3 nicht anders festgelegt, gilt der Median als Ergebnis.

9 Längenänderung

9.1 Anzahl der Probekörper

Es müssen drei Probekörper geprüft werden.

9.2 Form der Probekörper

Jeder Probekörper besteht aus etwa 150 mm langem, sauber abgeschnittenem Schlauchmaterial mit zwei auf dem Probekörper etwa mittig angebrachten Messmarken im Nennabstand von 100 mm, wobei ein Markierungsmittel zu verwenden ist, das für das Schlauchmaterial zerstörungsfrei ist. Der Abstand zwischen den Messmarken ist mit einer Messgenauigkeit von 0,5 mm zu messen (L_1).

9.3 Durchführung

Die Probekörper müssen waagrecht auf ein Material gelegt werden, auf dem sie sich frei entspannen können. Die so aufgelegten Probekörper müssen in einem Wärmeschrank für die in IEC 60684-3 festgelegte Zeit und bei der dort genannten Temperatur gelagert werden.

Danach lässt man die Schläuche auf Raumtemperatur abkühlen, und der Abstand zwischen den Messmarken wird erneut auf 0,5 mm gemessen (L_2).

9.4 Berechnung

Die Längenänderung (LC) ist nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$LC = \frac{L_2 - L_1}{L_1} 100$$

Dabei ist

L_1 die ursprüngliche Länge;

L_2 die Länge nach uneingeschränkter Schrumpfung.

9.5 Ergebnis

Als Ergebnis sind alle Werte der Längenänderung anzugeben.

10 Verformung unter Last (Druckwiderstand bei erhöhter Temperatur)

10.1 Anzahl der Probekörper

Es müssen drei Probekörper geprüft werden.

Die Prüfungen müssen frühestens 16 h nach der Extrudierung des Schlauches vorgenommen werden.

10.2 Form der Probekörper

Jeder Probekörper muss dadurch hergestellt werden, dass der Schlauch zunächst in Längsrichtung aufgeschnitten und dann aus dem Schlauch eine Fläche von etwa 10 mm × 5 mm (oder über den vollen Umfang des Schlauches, wenn dieser kleiner als 5 mm ist) so herausgeschnitten wird, dass die Längsachse des Probekörpers parallel zur Längsrichtung des Schlauches verläuft.

10.3 Prüfgerät

Das Prüfgerät besteht aus einer Vorrichtung, mit der Messungen auf $\pm 0,01$ mm möglich sind mit einer rechtwinkligen Kerbungsklinge mit einer Schneidenkante von $(0,70 \pm 0,01)$ mm, die, wenn in IEC 60684-3 nicht anders festgelegt, auf den Probekörper einen Druck von $(1,2 \pm 0,05)$ N ausübt. Der Probekörper wird auf einen Metalldorn von $(6,00 \pm 0,1)$ mm Durchmesser gelegt, wobei der Dorn auf einem Block mit V-förmigem Einschnitt aufliegt. Die wesentlichen Merkmale dieser Anordnung sind aus Bild 3 zu ersehen.

Wenn in IEC 60684-3 keine andere Temperatur festgelegt ist, muss dieser Prüfaufbau in einem Wärmeschrank auf $110\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ während der Erwärmungszeit gehalten werden. Um die Vibrationen zu reduzieren, muss ein Wärmeschrank mit natürlicher Luftzirkulation und geeigneten Dämpfungsunterlagen verwendet werden.

10.4 Durchführung

Die Wanddicke des Probekörpers muss nach dem Verfahren nach 3.2 gemessen werden, mit der Ausnahme, dass der Lehdorn und der Schlauchprobekörper durch den Probekörper, der auf dem Dorn liegt, ersetzt werden müssen. Die Wanddicke muss die gemessene Differenz zwischen dem Dorndurchmesser und dem Gesamtdurchmesser sein.

Wenn in IEC 60684-3 keine andere Temperatur festgelegt ist, wird der Prüfaufbau mit dem Dorn, aber ohne Probekörper, mindestens 2 h vor der Prüfung in dem Wärmeschrank bei $110\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ konditioniert.

Die Kerbungsklinge muss angehoben, der Probekörper mit seiner Längsachse parallel zum Dorn auf den Dorn aufgelegt und die Kerbungsklinge auf die Oberfläche des Probekörpers allmählich abgesenkt werden.

ANMERKUNG Bei Schläuchen mit kleinem Durchmesser kann die Handhabung des Probekörpers Schwierigkeiten bereiten. In solchen Fällen wird empfohlen, den Probekörper mit einem 1-kg-Gewicht etwa 10 min. bei Raumtemperatur flachzudrücken, bevor er auf den Dorn gelegt wird.

Dieser Prüfaufbau und der Probekörper müssen dann bei der festgelegten Temperatur (60 ± 5) min. im Wärmeschrank bleiben.

Die Lage der Kerbungsklinge muss dann aufgezeichnet werden. Der Probekörper ist wegzunehmen; die Kerbungsklinge lässt man direkt auf dem Dorn ruhen, und die Lage wird erneut aufgezeichnet. Um den Einkerbungswert zu erhalten, ist die Differenz zwischen diesen beiden Ablesungen von der ursprünglich gemessenen Wanddicke abzuziehen.

Die Unterschiede zwischen jeweils zwei von drei Werten der Lage der Klinge darf, wenn sie direkt auf dem Dorn ruht, nicht mehr als 0,02 mm betragen.

10.5 Ergebnis

Die Einkerbung des Probekörpers ist als Prozentsatz der Ausgangswanddicke anzugeben.

Die prozentuale Einkerbung muss der Median der drei Bestimmungen sein; die beiden anderen Werte werden ebenfalls aufgezeichnet.

Editorielle ANMERKUNG Es wird vorgeschlagen, diesen Test mit dem Deformationstest aus UL 224 Abschnitt 5.7 zu ersetzen, oder den UL Test hier aufzunehmen. Der folgende Text und das Bild aus UL 224 wurde aufgenommen, um einen Vergleich der beiden Verfahren zu ermöglichen. Es wurde noch kein Versuch unternommen, dieses Verfahren in IEC Format zu übernehmen oder die Verweise an dieses Dokument anzupassen.

5.7.3 Ausrüstung

Die Ausrüstung für die Bestimmung der prozentualen Verformung muss bestehen aus:

- a) einem Wärmeschrank mit Luftzirkulation: und
- b) den erforderlichen Gewichten wie in Tabelle 4 angegeben, montiert in einem Metallrahmen in einer solchen Art und Weise, dass vertikale Bewegungen möglich sind, wie in Bild 3 dargestellt.

Das Gewicht muss mit einem an den Kanten abgerundeten Fuß von 9,5 mm Durchmesser zum Flachdrücken ausgerüstet sein, der zum Aufsetzen auf den zu prüfenden Probekörper vorgesehen ist.

5.7.4 Verfahren

5.7.4.1 Die Dicke des Probekörpers muss wie folgt gemessen werden:

- a) Schlauchförmige Probekörper. Der Außendurchmesser (T_1) des schlauchförmigen Probekörpers muss an einer markierten Position mit einer Mikrometerschraube mit einer Auflösung von mindestens 0,01 mm gemessen werden. Der Durchmesser (d) des Leiters muss genauso gemessen werden und die Dicke der Isolierung muss dann wie folgt berechnet werden:

$$T_1 = (D_1 - d)/2$$

- b) Bandförmige Probekörper. Die Dicke (T_1) des Probekörpers muss an einer markierten Position mit einer Mikrometerschraube gemessen werden.

5.7.4.2 Das entsprechende Gewicht in Übereinstimmung mit Tabelle 4, die Vorrichtung wie in Bild 3 gezeigt und die gemessenen Probekörper müssen für eine Stunde in dem Ofen gehalten werden, der bis zur der geeigneten Prüftemperatur, wie sie in Punkt 16 der Tabellen 7 bis 32 angegeben ist, vorgeheizt wurde. Nach Ablauf dieser Zeit muss der Probekörper unter dem Fuß des Gewichts angebracht werden, so dass der zuvor auf dem Probekörper markierte Punkt von dem Fuß bedeckt wird (siehe Bild 3). Unter diesen Bedingungen muss der Probekörper für eine weitere Stunde im Wärmeschrank bei der festgelegten Temperatur verbleiben, woraufhin er vorsichtig aus dem Wärmeschrank und unter dem Gewicht herausgenommen werden muss. Es muss innerhalb von 15 Sekunden die Dicke T_2 in der gleichen Art und Weise wie in Abschnitt 5.7.4.1 Punkt (a) oder (b), je nachdem was zutreffend ist, und die Dicke T_1 gemessen werden.

5.7.5 Berechnung der Deformation

Die prozentuale Deformation des Probekörpers muss nach der folgenden Formel berechnet werden:

$$\text{Prozentuale Deformation} = (T_1 - T_2)/T_1 \times 100$$

5.7.6 Schlauchmaterial mit schmelzbarer Auskleidung

Für Schlauchmaterial mit schmelzbarer Auskleidung darf die Dicke der inneren Auskleidung nicht berücksichtigt werden, wenn die Deformation bestimmt werden soll.

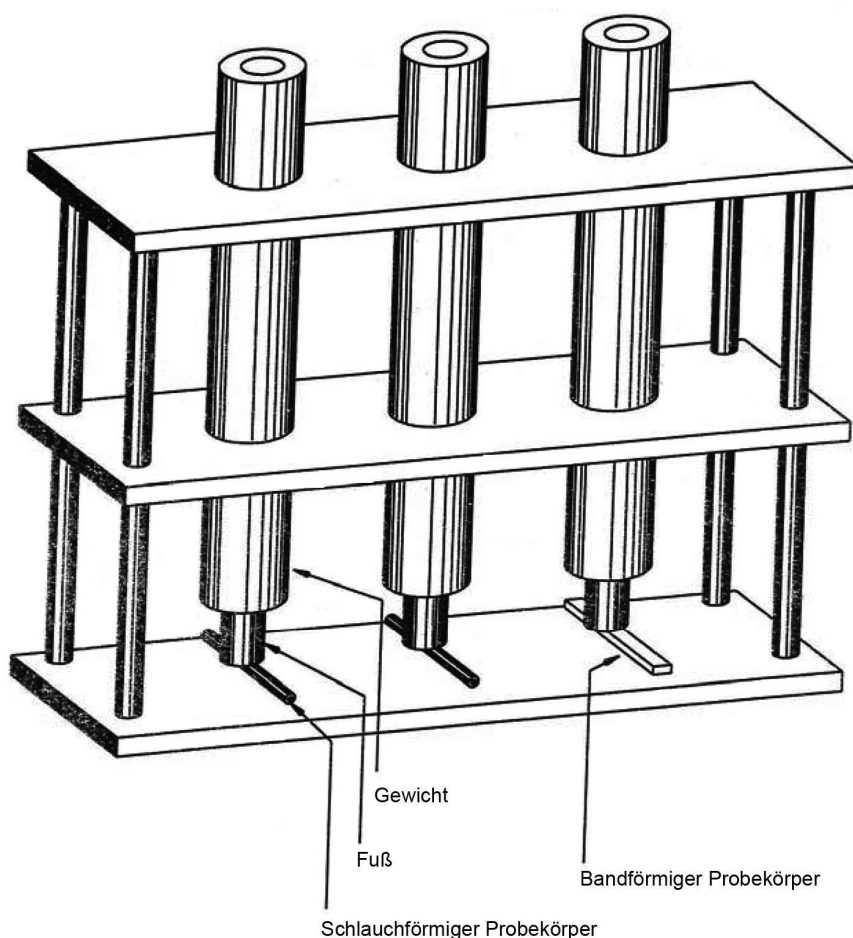


Bild 3 – Gewichte und Probekörper im Montagerahmen für die Deformationsprüfung
(siehe Abschnitte 5.7.3 und 5.7.4.2)

11 Thermische Beständigkeit von PVC-Schläuchen

11.1 Grundlage des Verfahrens

Dieses Verfahren bestimmt die Zeit, die zur Bildung von Chlorwasserstoff aus Polyvinylchlorid (PVC), seinen Copolymeren oder Verbindungen oder darauf basierenden Erzeugnissen erforderlich ist, wenn diese erhitzt werden.

Die Bildung von Chlorwasserstoff lässt sich entweder mit Hilfe von Kongorot-Papier (ISO 182-1) oder durch die pH-Wert-Änderung einer Kaliumchloridlösung in einer Messzelle (ISO 182-2) nachweisen.

11.2 Form der Probekörper

11.2.1 Verfahren nach ISO 182-1

Die Probekörper müssen ausreichen, um zwei der festgelegten Reagenzgläser bis zu einer Höhe von 50 mm zu füllen, wobei die Schläuche in Stücken von höchstens 6 mm abgeschnitten und im Bedarfsfall aufgeschlitzt werden. Die Schlauchstücke dürfen nicht absichtlich in das Reagenzglas gepresst werden.

11.2.2 Verfahren nach ISO 182-2

Um die Probekörper herzustellen, sind Schlauchstücke von etwa 5 mm² bis 6 mm² Größe zuzuschneiden, und es sind etwa 1,0 g in jedes Reagenzglas einzuwiegen.

11.3 Durchführung

Die Prüfung muss entweder nach ISO 182-1 oder ISO 182-2 durchgeführt werden. Im entsprechenden Anforderungsblatt der IEC 60684-3 wird festgelegt, welche Prüfung, welche Prüftemperatur und, im Falle von ISO 182-2, ob ein anderes zirkulierendes Gasmedium als Luft anzuwenden ist.

12 Flüchtige Bestandteile von Siliconschläuchen

12.1 Anzahl und Masse der Probekörper

Es müssen drei Probekörper geprüft werden, wobei jeder Probekörper eine ausreichende Länge hat, um (10 ± 1) g Einwaage zu ergeben.

12.2 Durchführung

Die Probekörper müssen auf volle 0,001 g (m_1) eingewogen und dann in einem Wärmeschrank (24 ± 1) h bei 200 °C ± 3 K gelagert werden. Ein geeigneter Weg hierfür ist, die Probekörper an einen Draht zu hängen, der gegenüber der Metallwand des Wärmeschrankes thermisch isoliert ist.

Nach dem Abkühlen in einem Exsikkator müssen die Probekörper erneut gewogen werden (m_2).

12.3 Berechnung

Der prozentuale Masseverlust jedes Probekörpers muss wie folgt berechnet werden:

$$\frac{m_1 - m_2}{m_1} 100$$

12.4 Ergebnis

Es sind alle Werte der flüchtigen Bestandteile in Prozent anzugeben; wenn in den Anforderungsblättern der IEC 60684-3 nicht anders festgelegt, gilt der Median der drei Bestimmungen als Ergebnis.

13 Biegsamkeit nach Wärmelagerung

13.1 Anzahl der Probekörper

Es müssen drei Probekörper geprüft werden, wobei jeder Probekörper eine ausreichende Länge haben muss, um sich bequem um einen Dorn, dessen Maße für den zu prüfenden Schlauch in IEC 60684-3 festgelegt sind, wickeln zu lassen.

13.2 Form der Probekörper

Ist der Nenninnendurchmesser ≤ 2 mm, dann muss ein Draht mit Gleitsitz in die Schlauchöffnung eingeführt werden.

Ist der Nenninnendurchmesser > 2 mm, aber ≤ 15 mm (oder hat er ein anderes Maß, das für einen bestimmten Schlauchtyp in IEC 60684-3 festgelegt ist), dann muss der Probekörper mit einem beliebigen, geeigneten

E DIN IEC 60684-2 (VDE 0341-2):2009-02

Mittel (z. B. mit mehreren Drähten) gefüllt werden, um ein unzulässiges Zusammenfallen des Schlauches während des Wickelns zu verhindern.

Ist der Nenndurchmesser > 15 mm (oder hat er ein anderes Maß, das für einen bestimmten Schlauchtyp in IEC 60684-3 festgelegt ist), dann muss der Probekörper aus einem 6 mm breiten Schlauchstreifen bestehen, der parallel zur Längsachse des Schlauches abgeschnitten wurde.

13.3 Durchführung

Der nach den Angaben von 13.2 vorbereitete Probekörper ist (48 ± 1) h in einem Wärmeschrank aufzuhängen, der bei der in IEC 60684-3 festgelegten Temperatur gehalten wird. Danach muss er aus dem Wärmeschrank herausgenommen werden und man lässt ihn auf Raumtemperatur abkühlen.

Anschließend muss der Probekörper mit einer vollen Windung in einer engen Spirale und ruckfrei um einen Dorn gewickelt werden, dessen Durchmesser in IEC 60684-3 festgelegt ist. Bei abgeschnittenen Streifen muss die Innenfläche den Dorn berühren. Die Zeit für eine volle Windung darf 5 s nicht überschreiten. Der Probekörper muss 5 s in dieser Lage gehalten werden.

Anschließend muss er, noch auf dem Dorn, mit dem bloßen Auge ohne Vergrößerung auf Anzeichen von Rissen, Ablöseerscheinungen der Beschichtung oder Delaminierung untersucht werden.

Bei Schläuchen mit einem Durchmesser ≤ 15 mm kann die Ermittlung von Rissen durch Anlegen einer Spannung bei Anwendung des in Abschnitt 21 beschriebenen Verfahrens in IEC 60684-3 festgelegt sein.

13.4 Ergebnis

Das Vorhandensein von Rissen, Ablöseerscheinungen der Beschichtung oder Delaminierung ist anzugeben.

14 Biegebarkeit bei niedriger Temperatur

14.1 Anzahl und Form der Probekörper

Anzahl und Form der Probekörper muss so sein wie in Abschnitt 13 mit der Ausnahme, dass bei einem Nenndurchmesser von mehr als 6 mm (anstelle von 15 mm) der Probekörper aus einem 6 mm breiten Streifen bestehen muss, der parallel zur Längsachse des Schlauches abgeschnitten wurde. Als Alternative müssen, wenn dies in IEC 60684-3 so festgelegt ist, Probekörper mit einem Nenndurchmesser bis einschließlich 6 mm ungefüllt geprüft werden. Ebenso können, wenn in IEC 60684-3 spezifiziert, Nenndurchmesser bis einschließlich 10 mm als Schlauchvollschnitt, gefüllt oder ungefüllt, getestet werden.

14.2 Durchführung

Der nach den Angaben des vorangegangenen Abschnittes 14.1 gefüllte Probekörper muss $4 \text{ h} \pm 10 \text{ min.}$ in einer Prüfkammer bei der in IEC 60684-3 festgelegten Temperatur aufgehängt werden; bei dieser Temperatur ist der Probekörper mit einer vollen Windung in einer engen Spirale und ruckfrei um einen Dorn mit der gleichen Temperatur zu wickeln, dessen Durchmesser in IEC 60684-3 festgelegt ist. Bei abgeschnittenen Streifen muss die Innenfläche den Dorn berühren. Die Zeit für eine volle Windung darf 5 s nicht überschreiten. Dann muss man den Probekörper wieder auf Raumtemperatur abkühlen lassen.

Anschließend muss der Probekörper, noch während er sich auf dem Dorn befindet, mit dem bloßen Auge auf Rissbildung, Ablösung der Beschichtung oder Delaminierung untersucht werden.

14.3 Ergebnis

Das Vorhandensein von Rissen, Ablöseerscheinungen der Beschichtung oder Delaminierung ist aufzuzeichnen.

15 Versprödungstemperatur

Die Prüfung ist nach ISO 974 mit Probekörpern durchzuführen, die wie folgt hergestellt werden:

Bei Schläuchen mit einem Nenndurchmesser ≤ 4 mm müssen Probekörper aus ganzen, 40 mm langen Schlauchstücken hergestellt werden. Bei Schläuchen mit einem Durchmesser > 4 mm müssen die Probekörper 6 mm breit und 40 mm lang sein, wobei das längere Maß parallel zur Längsachse liegen muss. Die Streifen-Probekörper müssen so montiert werden, dass der Hammer die konvexe Seite des Probekörpers trifft.

16 Maßstabilität bei Lagerung

(Nur für wärmeschrumpfende Schläuche anwendbar.)

16.1 Anzahl und Länge der Probekörper

Es müssen drei Probekörper von etwa 100 mm Länge geprüft werden.

16.2 Durchführung

Der Durchmesser des Schlauches muss im gedehnten Anlieferungszustand gemessen werden. Wenn im entsprechenden Anforderungsblatt von IEC 60684-3 nicht anders festgelegt, muss der Probekörper anschließend (336 ± 2) h in einem Wärmeschrumpfen mit Zwangsbelüftung bei einer Temperatur von $40^\circ\text{C} \pm 3\text{ K}$ gelagert werden. Danach muss er aus dem Wärmeschrumpfen herausgenommen werden; man lässt ihn auf Raumtemperatur abkühlen und misst erneut den gedehnten Durchmesser.

Nach dieser Messung muss sich der Schlauch völlig entspannen, wobei die in IEC 60684-3 festgelegte Zeit und Temperatur zur Bewertung des Schlauchmaterials anzuwenden sind. Den Schlauch muss dann auf Umgebungstemperatur abkühlen, und der Durchmesser im entspannten Zustand erneut gemessen werden.

16.3 Ergebnis

Für jede der drei Messreihen sind als Ergebnis alle gemessenen Werte anzugeben: gedehnter Durchmesser vor und nach der Lagerung bei erhöhter Temperatur und Durchmesser im völlig entspannten Zustand nach Lagerung bei erhöhter Temperatur.

17 Hydrolyse der Beschichtung

17.1 Anzahl der Probekörper

Es müssen drei Probekörper geprüft werden.

17.2 Form der Probekörper

Jeder Schlauchprobekörper muss in Längen von 40 mm bis 50 mm geschnitten und in Filterpapier eingewickelt werden, um ein Bündel mit einem Durchmesser zu bilden, das sich leicht in ein $125\text{ mm} \times 12\text{ mm}$ -Borsilikat-Reagenzglas einführen lässt. Wenn es das Maß der Schläuche erforderlich macht, dürfen die Probekörper in der Länge aufgeschnitten werden, damit sie vor dem Einführen in das Reagenzglas zusammengerollt werden können.

ANMERKUNG Es ist wichtig, dass dickwandige Reagenzgläser für diese Prüfung verwendet werden, um eine Explosionsgefahr und Personenschaden so gering wie möglich zu halten. Als weitere Sicherheitsvorkehrung wird empfohlen, die Reagenzgläser zum Schutz des Beobachters hinter einem Schirm aufzustellen.

17.3 Durchführung

Der Schlauch muss auf den Boden des Reagenzglases gedrückt und etwa 2 ml destilliertes Wasser hinzugegeben werden. Anschließend muss ein kurzes Stück Kupferdraht von etwa 0,6 mm Durchmesser eingeführt werden, wobei das Ende, das dem Schlauch am nächsten ist, in eine annähernd kreisförmige Form im rechten Winkel zur Länge umgebogen wird. Die Länge des Drahtes muss etwa so groß sein, dass der Draht vollständig im Reagenzglas liegt, nachdem es verschlossen wurde, wobei das gebogene Ende des Drahtes, wenn das Reagenzglas umgedreht wird, über dem Wasserspiegel liegt. Der Draht wirkt dann als ein Halt, um zu verhindern, dass der Schlauch in das Wasser rutscht.

Das Ende des Reagenzglases muss dann verschlossen werden. Dies geschieht zweckmäßigerweise durch Ausziehen des Glases in einer Flamme.

Das Reagenzglas muss dann senkrecht mit dem verschlossenen Ende nach unten gehalten und (72 ± 1) h bei $100\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ belassen werden.

17.4 Ergebnis

Ein etwaiges Verlaufen der Beschichtung, ein Festhaften zwischen Schlauch und Papier oder zwischen den Schlauchstücken sowie eine etwaige Verfärbung des Papiers sind anzugeben.

18 Flexibilität

18.1 Anzahl und Länge der Probekörper

Es müssen drei Probekörper, von denen jeder etwa 150 mm lang ist, geprüft werden.

18.2 Konditionierung

Der Probekörper muss 24 h bei einer Umgebungstemperatur von $23\text{ °C} \pm 5\text{ K}$ locker auf eine flache Oberfläche gelegt werden. Danach sollte der Probekörper so wenig wie möglich angefasst werden, um einen Anstieg seiner Temperatur zu vermeiden.

18.3 Prüfgerät

Es ist ein Gerät des in Bild 4 dargestellten Typs zu verwenden.

Ein Stück Textilfaden muss am Dorn befestigt und durch den Schlauch hindurchgezogen werden. Der Probekörper muss mit Hilfe einer Schraubklemme am Dorn, wie in Bild 4 dargestellt, befestigt werden.

ANMERKUNG Für diesen Zweck eignet sich ein Poly(ethylen-terephthalat)-Nähfaden; allerdings kann es bei Schläuchen von 0,5 mm Durchmesser erforderlich sein, eine Saug- oder Durchziehvorrichtung zu verwenden, um den Faden durch den Schlauch zu ziehen.

Der Dorn muss sich um 270° drehen können. Das Gewicht ist an dem Faden zu befestigen. Die Masse des zu befestigenden Gewichtes ist in IEC 60684-3 für jeden einzelnen Schlauchtyp entsprechend seinem Durchmesser festgelegt.

Der Faden unterhalb des Probekörpers muss an der Maßskala der Auslenkung mit Millimeteerteilung vorbeigleiten und sie fast berühren. Mit einer Lotschnur muss sichergestellt werden, dass der Nullpunkt der Skala direkt unterhalb der Längsseite des Dornes liegt.

18.4 Prüftemperatur

Die Prüfung muss mit dem Schlauch und dem Prüfgerät bei einer Temperatur von $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ durchgeführt werden.

18.5 Durchführung

Der Dorn muss so weit gedreht werden, dass die Schraubklemme, an der der Probekörper zu befestigen ist, oberhalb des Nullpunktes der Maßkala der Auslenkung zu liegen kommt. In dieser Lage des Dorns muss das Gewicht angehängt werden, und der Dorn muss dann langsam mit solch einer Geschwindigkeit um 270° gedreht werden, dass er die in Bild 4 gezeigte Position in etwa 10 s erreicht. Die Auslenkung muss (30 ± 5) s nach dem Drehende abgelesen werden. Hat der Schlauch irgendeine Krümmung, so muss die Prüfung im Krümmungsinnen und nicht in entgegengesetzter Richtung durchgeführt werden. Man erhält die wirkliche Auslenkung, wenn man die Wanddicke des geprüften Schlauches vom gemessenen Auslenkungswert abzieht.

ANMERKUNG Es kann erforderlich sein, eine Führung zu verwenden, um sicherzustellen, dass der Schlauch senkrecht zur Dornachse verbleibt.

18.6 Ergebnis

Es sind alle für die Auslenkung gemessenen Werte anzugeben; wenn in den Anforderungsblättern der IEC 60684-3 nicht anders festgelegt, gilt der Median als Ergebnis.

19 Zugfestigkeit, Zugspannung bei 100 % Dehnung, Reißdehnung und Sekantenmodul bei 2 % Dehnung

In den Anforderungsblättern der IEC 60684-3 können je nach Schlauchtyp einige der nachfolgend genannten Prüfungen vorgeschrieben sein. In einigen Fällen können mehr als eine der unten genannten Prüfungen im gleichen Arbeitsgang durchgeführt werden:

- Zugfestigkeit und Reißdehnung des gesamten Schlauchabschnittes,
- Zugfestigkeit und Reißdehnung von Prüfstäben,
- Zugfestigkeit von unbeschichteten Textilglasgewebesläuchen,
- Sekantenmodul bei 2 % Dehnung,
- Zugspannung bei 100 % Dehnung,
- Zugspannung bei 100 % Dehnung und erhöhter Temperatur.

ANMERKUNG Bei all diesen Prüfungen sollten geeignete Klemmbacken verwendet werden. Die Probekörper sollten vor Beschädigungen durch die Klemmbacken geschützt sein.

19.1 Zugfestigkeit und Reißdehnung des ganzen Schlauchabschnittes

19.1.1 Anzahl der Probekörper

Es müssen fünf Probekörper geprüft werden.

19.1.2 Form der Probekörper

Der Probekörper muss aus einem ausreichend langen Schlauchstück bestehen, um 50 mm des Probekörpers zwischen den Einspannklemmen der Prüfmaschine zuzugeben, wobei auf diesem Stück etwa in der Mitte zwischen den Klemmbacken im Abstand von mindestens 25 mm zwei parallele Bezugslinien anzu-bringen sind. Das Markierungsmittel muss so gewählt werden, das es keine schädigende Wirkung auf das Schlauchmaterial hat, und die Markierungen müssen so eng wie möglich sein. Es wird die Verwendung einer Schablone mit parallelen Druckschneiden empfohlen.

19.1.3 Konditionierung

Wenn in IEC 60684-3 nicht anders festgelegt, muss der Probekörper unmittelbar vor Beginn der Prüfung 1 h bei einer Umgebungstemperatur von $23^\circ\text{C} \pm 2\text{ K}$ oder auch länger gelagert werden, damit der Probekörper eine Temperatur von $23^\circ\text{C} \pm 2\text{ K}$ erreichen kann.

19.1.4 Prüftemperatur

Die Prüfung muss bei einer Temperatur von $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ durchgeführt werden.

19.1.5 Durchführung

Die Querschnittfläche des Probekörpers muss anhand der Messungen des Durchmessers und der Wanddicke nach Abschnitt 3 berechnet werden. Für extrudierte Schläuche muss die Wanddicke wie folgt sein:

$$\frac{\text{kleinste Wanddicke} + \text{größte Wanddicke}}{2}$$

Der Probekörper muss mit axialer Ausrichtung zur Zugrichtung in die Zugprüfmaschine eingespannt werden. Die Klemmbacken müssen mit einer gleichmäßigen Geschwindigkeit, die in IEC 60684-3 für jedes einzelne Material festgelegt ist, auseinander bewegt werden. Der Messbereich der Zugprüfmaschine muss so beschaffen sein, dass die Höchstkraft zwischen 15 % und 85 % des Skalenendwertes liegt.

Der Abstand zwischen den Bezugslinien beim Reißen kann zweckmäßigerweise mit Hilfe eines Lineals, eines Greifzirkels oder einer Dehnungsmesseinrichtung gemessen werden.

Die Höchstkraft muss bis auf volle 2 % gemessen werden. Der Abstand zwischen den Bezugslinien muss beim Reißen auf volle 2 mm gemessen werden.

Reißt der Probekörper außerhalb der Bezugslinien, so muss das Ergebnis verworfen werden, und es ist eine neue Messung mit einem anderen Probekörper durchzuführen.

19.1.6 Berechnungen

Die Zugfestigkeit muss aus der Höchstkraft und dem ursprünglichen Querschnitt des Probekörpers berechnet werden und das Ergebnis ist in Megapascal (MPa) anzugeben.

$$\text{Zugfestigkeit (MPa)} = \frac{F_{\max}}{A}$$

Dabei ist

$F_{\max}$ die Höchstbelastung in (N);

A der Anfangsquerschnitt in mm^2 berechnet mit der folgenden Formel:

$$A = (\pi / 4) \times (D_o^2 - D_i^2) = 0,7854 (D_o^2 - D_i^2)$$

Dabei ist

D_o der Außendurchmesser in mm, auf 0,01 mm genau gemessen

D_i der Innendurchmesser in mm, auf 0,01 mm genau gemessen

Für Schläuche mit einer schmelzenden Auskleidung muss der Querschnitt ohne Berücksichtigung dieser Auflage bestimmt werden.

Die Reißdehnung muss als Prozentsatz vom Anfangsabstand zwischen den Bezugslinien angegeben werden, d. h.:

$$\text{Reißdehnung (\%)} = \frac{L - L_0}{L_0} 100$$

Dabei ist

L der gemessene Abstand zwischen den beiden Markierungen der gestreckten Probe beim Reißen;

L_0 der Anfangsabstand zwischen den Markierungen.

19.1.7 Ergebnis

Es sind alle berechneten Werte anzugeben; wenn in den Anforderungsblättern der IEC 60684-3 nicht anders festgelegt, gilt für jede Eigenschaft der Median als Ergebnis.

19.2 Zugfestigkeit und Reißdehnung von Prüfstäben

Die Prüfung muss nach 19.1 durchgeführt werden, jedoch mit folgenden Änderungen.

19.2.1 Probekörper müssen nach Bild 5 oder Bild 5A entsprechend den Maßen und zulässigen Abweichungen mit der Hauptachse in der Längsrichtung des Schlauches abgeschnitten werden. Der Schlauch muss in seiner Länge aufgeschnitten und flach auf ein leicht nachgebendes Material mit glatter Oberfläche (z. B. Leder, Gummi oder Pappe von hoher Qualität) auf eine flache, feste Unterlage gelegt werden. Der Probekörper muss aus dem ebenen Schlauchabschnitt mit Hilfe einer Presse mit Stanzeisen mit einem Hub in der passenden Form und den passenden Maßen herausgestanzt werden.

ANMERKUNG Die in Bild 5 angegebene Probekörperform entspricht dem Typ 2 nach ISO 37 und die in Bild 5A angegebene entspricht dem Typ 1 nach ISO 37.

19.2.2 Die Breite und Dicke des mittleren, parallelen Probekörperteiles müssen zwischen den Messmarken an mindestens drei Punkten auf volle 0,01 mm gemessen werden, und daraus ist dann der mittlere Querschnitt zu bestimmen.

19.2.3 Der Abstand der Bezugslinien beim Reißen muss auf 2 % genau gemessen werden.

19.3 Zugfestigkeit von unbeschichteten Textilglasgewebesschläuchen

Die Prüfung muss nach 19.1 durchgeführt werden, jedoch mit folgenden Ausnahmen.

19.3.1 Der anfängliche Abstand der Klemmbacken muss (100 ± 10) mm und deren Abzugsgeschwindigkeit muss (25 ± 5) mm/min betragen.

Die Reißdehnung muss nicht gemessen werden, und die Referenzlinien sind nicht nötig.

19.3.2 Der mittlere Querschnitt ist aus dem Produkt der doppelten, nach 3.2 gemessenen Wanddicke und der Breite eines wie folgt behandelten flachen Bandes zu berechnen:

Der Schlauch ist unter einer Zugspannung von etwa 10 % der Bruchbeanspruchung zu halten und zwischen Platten leicht zu pressen, damit sich daraus ein Band bildet.

Die Breite dieses Bandes ist zu messen. Dies wird erleichtert, wenn auf einer Platte am Rand eine Skala eingraviert ist.

19.4 Sekantenmodul bei 2 % Dehnung

19.4.1 Anzahl und Form der Probekörper

Es sind drei Prüfungen an ganzen Schlauchabschnittslängen durchzuführen oder an Streifen, die parallel zur Längsachse des Schlauches aufgeschnitten wurden. Werden Streifen verwendet, dann muss deren Verhältnis von Breite zu Dicke mindestens 8:1 betragen. Der Querschnitt ist nach 19.2.2 zu bestimmen.

19.4.2 Durchführung

- Der Sekantenmodul muss aus der Bestimmung der Zugspannung berechnet werden, die notwendig ist, um am Probekörper zwischen den Klemmbacken oder zwischen den Bezugslinien eine Dehnung von 2 % zu erzeugen.
- Die Länge des Probekörpers muss, je nachdem, welches Messverfahren gewählt wird, zwischen den Klemmbacken oder den Bezugslinien weder kleiner als 100 mm noch größer als 250 mm sein.
- Die Dehnung kann entweder mit Hilfe eines Dehnungsmessgerätes oder durch die Entfernung der Klemmbacken gemessen werden; die Dehnung muss auf 2 % bestimmt werden.
- Die Abzugsgeschwindigkeit muss $(0,1 \pm 0,03)$ mm/min je Millimeter Länge zwischen den Klemmbacken betragen (z. B. 25 mm/min für eine Länge von 250 mm zwischen den Klemmbacken).
- Um den Probekörper gerade zu richten, kann es nötig sein, eine Anfangszugkraft (F) auszuüben. Diese Zugkraft muss 3 % des Endwertes nicht überschreiten.
- Die Kraft muss so lange gesteigert werden, bis die Dehnung zwischen den Klemmbacken oder den Bezugslinien 2 % erreicht. Die Kraft (F_1), die notwendig ist, diese Dehnung zu erzeugen, muss angegeben werden.

19.4.3 Berechnung

Der Sekantenmodul des Probekörpers muss wie folgt berechnet werden:

$$\text{2\%-Sekantenmodul} = \frac{F_1 - F}{0,02 A} \text{ (MPa)}$$

Dabei ist

- A der durchschnittlicher Anfangsquerschnitt des Probekörpers (mm^2) (bestimmt, wie in 19.2.2 festgelegt);
 F_1 die erforderliche Kraft für eine 2 % Dehnung (N);
 F die ausgeübte Kraft für die Anfangs-Zugspannung (zum Geraderichten) (N).

19.4.4 Ergebnis

Es sind alle für den Sekantenmodul bei 2 % Dehnung gemessenen Werte anzugeben; wenn in den Anforderungsblättern der IEC 60684-3 nicht anders festgelegt, gilt der Median als Ergebnis.

19.5 Zugspannung bei 100 % Dehnung

Die Prüfung muss nach 19.1 oder 19.2, soweit zutreffend, durchgeführt werden, und die Zugspannung muss zusätzlich angegeben werden, wenn der Abstand zwischen den Bezugslinien 100 % überschreitet.

19.5.1 Berechnung

Die Zugspannung des Probekörpers bei 100 % Dehnung muss wie folgt berechnet werden:

$$\text{Zugspannung bei 100 \%} = \frac{F_2}{A} \text{ (MPa)}$$

Dabei ist

- A durchschnittlicher Anfangsquerschnitt des Probekörpers (mm^2);
 F_2 erforderliche Kraft für 100 % Dehnung (N).

19.5.2 Ergebnis

Es sind alle für die Zugspannung bei 100 % Dehnung gemessenen Werte anzugeben; wenn in den Anforderungsblättern der IEC 60684-3 nicht anders festgelegt, gilt der Median als Ergebnis.

19.6 Zugspannung bei 100 % Dehnung und erhöhter Temperatur

Die Prüfung muss nach 19.5 und bei der in IEC 60684-3 festgelegten Temperatur durchgeführt werden.

20 Widerstand gegen Ausfransen

20.1 Grundlage

Unbeschichtete Textilschläuche fransen infolge mechanischer Handhabung oder beim Anstoßen häufig am Schnittende aus, z. B. bei der Anbringung oder beim Transport. Diese Prüfung dient dazu, den Widerstand des Schlauches gegen Ausfransen zu bewerten, indem die Ausweitung des Schnittendes nach bestimmten Stößen gemessen wird.

20.2 Anzahl und Länge der Probekörper

Es müssen drei Probekörper von je 150 mm Schlauchlänge geprüft werden. Die Probekörper müssen mit einer scharfen Schere abgeschnitten werden (es darf keine Schlagschere verwendet werden), wobei darauf zu achten ist, die Gewebeenden nach dem Schnitt nicht zu verletzen.

20.3 Durchführung

Es ist ein Diaprojektor zu verwenden, der ein Abbild des Schlauches so auf eine Leinwand projiziert, dass dessen Außendurchmesser gemessen werden kann und Wiederholungsmessungen zu keiner Änderung des einmal erhaltenen Wertes führen. Der Außendurchmesser des projizierten Bildes ist im mittleren Bereich des Probekörpers (nicht im Bereich der Schlauchenden) zu bestimmen. Dann wird der Probekörper um 90° gedreht und die Messung wiederholt. Die Messergebnisse sind zu mitteln und auf volle 0,05 mm als d anzugeben.

Es ist ein 350 mm langer Stahlstab mit einem bezüglich des Schlauchdurchmessers genügend kleinen Durchmesser so auszuwählen, dass der Probekörper, wenn er auf dem Stab aufgesteckt wird, senkrecht frei herunterfallen kann.

Der Probekörper ist so über den Stab zu schieben, dass sein oberes Ende bündig mit dem oberen Ende des senkrecht gehaltenen Stabes ist (siehe Bild 6). Den Probekörper lässt man frei unter Einfluss der Schwerkraft auf eine harte, waagerechte Platte fallen. Dieser Vorgang ist insgesamt zehnmal zu wiederholen.

Der Probekörper wird vom Stab abgezogen, wobei darauf zu achten ist, dass das aufgestoßene Ende nicht verändert wird. Der Diaprojektor wird wie zuvor verwendet und das Bild des konisch aufgebauchten Durchmessers des aufgestoßenen Endes gemessen. Der Schlauch ist um 90° zu drehen und die Messung zu wiederholen. Die Messergebnisse sind zu mitteln; der Mittelwert ist auf volle 0,05 mm als D anzugeben.

20.4 Berechnung

Das Ausfransen in Prozent ist nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$\text{Ausfransen in Prozent} = \frac{D - d}{d} 100$$

Dabei ist

- D der Mittelwert des Durchmessers des konisch aufgebauchten Endes des aufgestoßenen Probekörpers;
- d der Mittelwert des Außendurchmessers des Schlauches.

20.5 Ergebnis

Es sind alle Werte des Ausfranswiderstandes anzugeben; wenn in den Anforderungsblättern der IEC 60684-3 nicht anders festgelegt, gilt der Median der drei Messungen als Ergebnis.

21 Durchschlagspannung

21.1 Grundlage

Der Abschnitt 2 beschreibt zwei Prüfverfahren zur Bestimmung der Durchschlagspannung:

- a) Prüfung mit einem geraden Dorn und einer 100-mm-Folienelektrode;
- b) Prüfung von ausgeschnittenen Probekörpern aus Schläuchen mit großem Durchmesser.

Jedes Verfahren kann bei Umgebungstemperatur oder bei erhöhter Temperatur durchgeführt werden. Zusätzlich dürfen die Prüfungen auch nach Lagerung in feuchter Wärme durchgeführt werden.

Es muss das Verfahren angewendet werden, das im entsprechenden Blatt von IEC 60684-3 festgelegt ist.

21.1.1 Anzahl und Form der Probekörper

Es müssen drei Probekörper geprüft werden. Bei der Prüfung mit einem geraden Dorn sind ganze Schlauchabschnitte zu verwenden und ausgeschnittene Probekörper bei Probekörpern aus Schläuchen mit großem Durchmesser.

21.1.2 Konditionierung

In Zweifels- oder Streitfällen müssen diese Prüfungen an Probekörpern durchgeführt werden, die mindestens 24 h in einem Klima mit einer relativen Luftfeuchte von $(50 \pm 5) \%$ und einer Temperatur von $23^\circ\text{C} \pm 2\text{ K}$ konditioniert wurden.

21.1.3 Anlegen der Spannung

Es muss eine Spannung nach IEC 60243-1 verwendet und mit der in IEC 60684-3 festgelegten Geschwindigkeit erhöht werden.

21.1.4 Modifizierung des Prüfverfahrens

Die Prüfungen der Durchschlagspannung erfolgen üblicherweise in Luft; wenn jedoch Überslagprobleme auftreten, dürfen auch längere Probekörper verwendet oder bei Prüfungen nach 21.3 und 21.4 Prüfungen in einer geeigneten Isolierflüssigkeit durchgeführt werden.

21.1.5 Ergebnis

Die Anforderungen für die Angabe der Ergebnisse für die verschiedenen Verfahren sind in 21.7 festgelegt.

21.3 Prüfung mit einem geraden Dorn und einer 100-mm-Folienelektrode

21.3.1 Probekörper

Der Probekörper muss aus einem Schlauchstück mit einer Länge von $\geq 200\text{ mm}$ bestehen, das über einen glatten, geraden Rundleiter gestreift wurde. Bei wärmeschrumpfenden Schläuchen muss der Probekörper auf einen Metaldorn aufgeschrumpft werden, dessen Durchmesser dem für den Schlauch im geschrumpften Zustand festgelegten, maximalen Innendurchmesser entspricht.

21.3.2 Elektroden

Die innere Elektrode muss ein Metaldorn sein, auf dem der Schlauch eng anliegen muss. Die äußere Elektrode muss aus einem 100 mm breiten und maximal 0,025 mm dicken Metallfolienstreifen bestehen, der eng anschmiegend um den Schlauch gelegt wird. Der Dorn muss an jedem Ende über den Probekörper hinausragen, und der Abstand zwischen der Folienelektrode und dem Probekörperende muss groß genug sein, um Überschlüge zu vermeiden (siehe 21.1.4).

21.3.3 Durchführung

Die Spannung muss zwischen den beiden Elektroden, wie in 21.1.3 beschrieben, angelegt werden.

21.4 Prüfung von ausgeschnittenen Probekörpern aus Schläuchen mit großem Durchmesser

21.4.1 Probekörper

Der Probekörper muss ein Schlauchstreifen von ausreichender Größe sein, um Überschlüge zu vermeiden.

21.4.2 Elektroden

Die Elektroden müssen zwei Metallzylinder von jeweils 25 mm Durchmesser und 25 mm Länge sein, die senkrecht so übereinander montiert sind, dass der Probekörper zwischen den Flächen der rechtwinklig geschnittenen Enden der Zylinder gehalten wird. Die obere und untere Elektrode müssen coaxial zueinander stehen. Die scharfen Kanten der rechtwinklig geschnittenen Enden müssen entfernt und auf einen Radius von etwa 3 mm gerundet werden.

21.4.3 Durchführung

Die Spannung muss zwischen den beiden Elektroden, wie in 21.1.3 beschrieben, angelegt werden.

21.5 Prüfungen bei erhöhter Temperatur

Die erforderliche Anzahl der vorbereiteten Probekörper muss untersucht werden. Die Probekörper, die Schrotkugeln (Verfahren nach 21.2) und die Elektroden müssen in einen Wärmeschrank gelegt werden, wobei die in IEC 60684-3 festgelegte Temperatur (60 ± 5) min. beibehalten wird. Während der Probekörper auf der festgelegten Temperatur gehalten wird, muss die Spannung nach 21.1.3 angelegt werden.

21.6 Prüfungen nach Lagerung in feuchter Wärme

Die Probekörper sind auf 40 °C bis 45 °C vorzuwärmen und anschließend vier Tage den in IEC 60212 festgelegten Bedingungen für feuchte Wärme auszusetzen, d. h. 96 h bei 40 °C und 93 % relativer Luftfeuchte.

Danach ist der Schlauch aus der Klimakammer herauszunehmen, und man lässt ihn bei 75 % relativer Luftfeuchte auf Raumtemperatur abkühlen; die Probekörper sind dann nach dem geeigneten Verfahren innerhalb von 1 h bis 2 h nach der Entnahme vorzubereiten und zu prüfen.

21.7 Ergebnis

Alle für die Durchschlagspannung gemessenen Werte sind anzugeben und, soweit zutreffend, auch die Bedingungen bezüglich Temperatur und Luftfeuchte. Wenn in den Anforderungsblättern der IEC 60684-3 nicht anders festgelegt, gilt der Median als Ergebnis.

ANMERKUNG Wenn das Anforderungsblatt der IEC 60684-3 nur für 25-mm und 250-mm-Breite der äußeren Elektrode Anforderungen enthält, sind diese für die 100-mm-Breite nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$V_1 = \frac{2V_2 + V_3}{3}$$

Dabei ist

- V_1 die Durchschlagspannungsbedingungen bei Verwendung von 100-mm-Elektroden;
- V_2 die Durchschlagspannungsbedingungen bei Verwendung von 250-mm-Elektroden;
- V_3 die Durchschlagspannungsbedingungen bei Verwendung von 25-mm-Elektroden.

22 Isolationswiderstand

22.1 Konditionierung

In Zweifels- oder Streitfällen müssen die Prüfungen an Probekörpern durchgeführt werden, die mindestens 24 h einem Klima mit einer relativen Luftfeuchte von $(50 \pm 5) \%$ und einer Temperatur von $23 \text{ °C} \pm 2 \text{ K}$ frei ausgesetzt wurden.

22.2 Form der Probekörper

Ein Stück Kupfervolleiter oder Kupferrohr mit Gleitsitz muss in ein Schlauchprobestück eingeführt werden. Der montierte Probekörper muss mindestens 230 mm lang sein. Andere Materialien als auf Gewebebasis können ein geeignetes leitfähiges Gleitmittel benötigen, um das Einführen zu erleichtern. Bei wärmeschrumpfenden Schläuchen muss der Probekörper auf einen Metaldorn aufgeschrumpft werden, dessen Durchmesser dem festgelegten maximalen Innendurchmesser im geschrumpften Zustand entspricht.

Drei jeweils (25 ± 1) mm breite Metallfolienstücke müssen um den Probekörper gewickelt werden, ein Folienstück in der Mitte und die beiden anderen in der Nähe der Enden des Probekörpers, so dass jeweils zwei (50 ± 1) mm lange Schlauchstücke, wie in Bild 8 gezeigt, unbedeckt bleiben. Die beiden Metallfolienwicklungen in der Nähe der Enden des Probekörpers müssen mit dem eingeführten Kupferdraht oder -rohr verbunden und während der Prüfung geerdet werden. Die Verbindungsleitungen müssen, wie in Bild 8 gezeigt, angebracht werden.

ANMERKUNG Als Alternative ist ein Metalllack mit hoher Leitfähigkeit zulässig, wenn der Schlauch durch das Lacklösemittel nicht beeinträchtigt wird.

22.3 Messung des Isolationswiderstandes

An jedem Probekörper muss eine Gleichspannung von $(500 \pm 15) \text{ V}$ zwischen der mittleren und den beiden äußeren Metallfolien angelegt werden. Der Isolationswiderstand muss zwischen nicht weniger als 1 min. und nicht mehr als 3 min. nach dem Anlegen der Spannung gemessen werden.

22.4 Prüfbedingungen

22.4.1 Anzahl der Probekörper

Für jede der im Folgenden genannten Bedingungen müssen drei Probekörper geprüft werden.

22.4.2 Prüfung bei Raumtemperatur

Die Probekörper sind nach 22.2 herzustellen, und der Isolationswiderstand ist nach 22.3 bei $23 \text{ °C} \pm 2 \text{ K}$ und einer relativen Luftfeuchte von $(50 \pm 5) \%$ zu messen.

22.4.3 Prüfung bei erhöhter Temperatur

Die Probekörper müssen nach 22.2 hergestellt werden. Sie müssen dann in einen Wärmeschrank gebracht und dort (60 ± 5) min. bei der in IEC 60684-3 festgelegten Temperatur belassen werden. Der Isolationswiderstand muss nach 22.3 gemessen werden, während der Probekörper noch auf der festgelegten Temperatur gehalten wird.

22.4.4 Prüfung nach Lagerung in feuchter Wärme

Die Probekörper sind nach 22.2 herzustellen und dann vier Tage den in IEC 60212 festgelegten Bedingungen für feuchte Wärme auszusetzen, d. h. 96 h bei 40°C und 93 % relativer Luftfeuchte. Die Prüfung ist unter diesen Bedingungen durchzuführen.

ANMERKUNG Bei Niederschlag von Feuchtigkeit auf dem Probekörper wird das Prüfergebnis für diesen Probekörper ungültig.

22.5 Ergebnis

Es sind alle gemessenen Werte des Isolationswiderstandes und die Prüftemperatur anzugeben; wenn in den Anforderungsblättern der IEC 60684-3 nicht anders festgelegt, gilt der geometrische Mittelwert als Ergebnis.

23 Spezifischer Durchgangswiderstand

Für Gewebeschläuche nicht anwendbar.

23.1 Konditionierung

In Zweifels- oder Streitfällen müssen die Prüfungen an Probekörpern durchgeführt werden, die mindestens 24 h einem Klima mit einer relativen Luftfeuchte von (50 ± 5) % und einer Temperatur von $23^\circ\text{C} \pm 2\text{ K}$ frei ausgesetzt wurden.

23.2 Form der Probekörper

Eine Schlauchprobe von 250 mm Länge ist über einen Kupfervolleiter oder ein Kupferrohr (die Innenelektrode) zu ziehen, dessen Durchmesser um einen in IEC 60684-3 festgelegten Wert kleiner sein muss als der Innendurchmesser des Schlauches. Bei einigen Materialien kann die Verwendung einer Flüssigkeit notwendig sein, die das Einführen erleichtert und guten elektrischen Kontakt zwischen dem Schlauch und dem Dorn sicherstellt. Die hierfür verwendete Flüssigkeit muss in IEC 60684-3 festgelegt sein. Bei wärmeschrumpfenden Schläuchen muss der Probekörper auf einen Metaldorn aufgeschrumpft werden, dessen Durchmesser dem festgelegten maximalen Schlauchinnendurchmesser im geschrumpften Zustand entspricht.

Die Außenelektrode muss 200 mm lang und mit einem auf der Außenseite des Schlauchs aufgetragenen Überzug aus einem Metalllack hoher Leitfähigkeit versehen sein. Schutzring-Elektroden müssen an jedem Ende des Probekörpers nach den Grundsätzen von IEC 60093 angebracht werden.

23.3 Messung des spezifischen Durchgangswiderstandes

Der Widerstand muss nach IEC 60093 mit einer Gleichspannung von (500 ± 15) V und einer Elektrifizierungszeit von 1 min. gemessen werden.

Der spezifische Durchgangswiderstand ρ muss nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$\rho = 2 \pi LR / \ln \frac{d+2s}{d} = 0,868 \, 7 \pi LR / \log_{10} \frac{d+2s}{d} (\Omega\text{m})$$

E DIN IEC 60684-2 (VDE 0341-2):2009-02

Dabei ist

- L die Länge der Elektrode (m);
- R der gemessene Widerstand (Ω);
- d der Innendurchmesser des Schlauches (mm);
- s die Wanddicke des Schlauches (mm);
- $\ln$ der natürliche Logarithmus;
- $\log_{10}$ der gebräuchliche (Briggssche) Logarithmus.

Für $L = 0,2$ m ergibt sich folgende Gleichung:

$$\rho = 1,257 R / \ln((d + 2s) / d) = 0,546 R / \log_{10}((d + 2s) / d) (\Omega \cdot m)$$

23.4 Prüfbedingungen

23.4.1 Anzahl der Probekörper

Für jede der im Folgenden genannten Bedingungen müssen drei Probekörper geprüft werden.

23.4.2 Prüfungen bei Raumtemperatur

Die Probekörper müssen nach 23.2 hergestellt werden, und der spezifische Durchgangswiderstand muss nach 23.3 bei $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ und $(50 \pm 5)\%$ relativer Luftfeuchte gemessen werden.

23.4.3 Prüfungen bei erhöhter Temperatur

Die Probekörper müssen nach 23.2 hergestellt werden. Sie müssen dann in einem Wärmeschränk gelagert und dort bei der in IEC 60684-3 festgelegten Temperatur (50 ± 5) min belassen werden. Der spezifische Durchgangswiderstand muss nach 23.3 gemessen werden, während der Probekörper noch auf der festgelegten Temperatur gehalten wird.

23.4.4 Prüfungen nach Lagerung in feuchter Wärme

Die Probekörper müssen nach 23.2 hergestellt und dann vier Tage den in IEC 60212 festgelegten Bedingungen für feuchte Wärme ausgesetzt werden, d. h. 96 h bei 40 °C und 93% relativer Luftfeuchte. Die Prüfung ist unter diesen Bedingungen durchzuführen.

ANMERKUNG Bei Niederschlag von Feuchtigkeit auf dem Probekörper wird das Prüfergebnis für diesen Probekörper ungültig.

23.5 Ergebnis

Es sind alle Werte des spezifischen Durchgangswiderstandes sowie die Temperatur- und Feuchtebedingungen, sofern möglich, anzugeben; wenn in den Anforderungsblättern der IEC 60684-3 nicht anders festgelegt, gilt der geometrische Mittelwert als Ergebnis.

24 Permittivität und Verlustfaktor

24.1 Anzahl der Probekörper

Es muss ein Probekörper geprüft werden.

24.2 Form der Probekörper

Der Probekörper muss eine Schlauchlänge aufweisen, die ausreicht, die hier festgelegten Elektroden aufzunehmen. Wärmeschrumpfende Schläuche müssen nach Herstellerangaben auf die innere Stabelektrode aufgeschrumpft werden. Zuvor muss der Durchmesser der Stabelektrode d_1 auf 0,01 mm als Mittelwert von 10 Messungen bestimmt werden, wobei die einzelnen Messpunkte über die Länge und über den Umfang der Stabelektrode gleichmäßig gestreut zu wählen sind.

24.3 Elektroden

Die Innenelektrode muss aus einem Metaldorn bestehen, der einen guten Kontakt mit der Innenwand des Schlauches sicherstellt; bei wärmeschrumpfenden Schläuchen muss der Durchmesser der Stabelektrode mit dem Durchmesser des vollständig geschrumpften Schlauches übereinstimmen. Die Außenelektrode und Schutzringe Elektroden müssen entweder Metallfolienbänder oder geeignete Leitlackanstriche sein. Wenn Metallfolie verwendet wird, muss diese mit Hilfe einer möglichst kleinen Menge Fett oder Flüssigkeit mit niedrigem Verlustfaktor auf den Probekörper aufgetragen werden. Die Schutzringe Elektroden müssen eine Breite von 25 mm aufweisen; sie müssen auf dem Schlauch an beiden Enden der Außenelektrode mit einem Freiraum von etwa 1,5 mm angebracht werden. Die Länge der Außenelektrode muss so bemessen sein, dass die Kapazität im Bereich der optimalen Empfindlichkeit der Brücke gemessen werden kann. Die Innenelektrode muss mindestens die Außenkanten der Schutzringe Elektroden erreichen.

24.4 Durchführung

Die Prüftemperatur muss $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ betragen. Der Außendurchmesser des Probekörpers d_2 muss, sofort nachdem die Stabelektrode eingeführt wurde und unmittelbar bevor die Kapazität gemessen wird, bestimmt werden. Er muss auf 0,01 mm als der Mittelwert aus 10 Messungen ermittelt werden, wobei die einzelnen Messpunkte über die Länge und über den Umfang gleichmäßig gestreut sind.

Die Messung der Permittivität muss mit einem geeigneten Gerät nach IEC 60250 bei einer Frequenz von etwa 1 000 Hz durchgeführt werden. Der Niederspannungsleiter muss mit der Schutzringelektrode verbunden werden.

24.5 Berechnung

Die Permittivitätszahl ε_r muss nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$\begin{aligned}\varepsilon_r &= 18 C \ln(d_2 / d_1) / (l + w) \\ &= 41,4 C \log_{10}(d_2 / d_1) / (l + w)\end{aligned}$$

Dabei ist

- C die gemessene Kapazität (pF);
- d_1 der Durchmesser des Dornes (mm);
- d_2 der Außendurchmesser des Probekörpers (mm);
- l die Länge der geschützten Elektrode (mm);
- w der Abstand zwischen der geschützten Elektrode und den äußeren Schutzringen (mm);
- $\ln$ der natürlicher Logarithmus;
- $\log_{10}$ der gebräuchliche (Briggssche) Logarithmus.

Der Verlustfaktor ist aus den Brückenablesungen nach IEC 60250 zu ermitteln.

24.6 Ergebnis

Die Werte der Permittivitätszahl und des Verlustfaktors sind als Ergebnis anzugeben.

25 Widerstand gegen Kriechwegbildung

Die Prüfung muss in Übereinstimmung mit dem Verfahren 2 (Kriterium A) der IEC 60587 durchgeführt werden; die Probekörper sind zwischen Käufer und Lieferant zu vereinbaren.

26 Prüfung der Flammenausbreitung

26.1 Grundlage

Es werden drei Prüfverfahren beschrieben. Diese Prüfungen sind von verschiedener Prüfschärfe; es ist in IEC 60684-3 festgelegt, welches Verfahren für einen bestimmten Schlauchtyp oder eine bestimmte Schlauchqualität anzuwenden ist.

26.2 Verfahren A und B

Diese Prüfverfahren müssen in Übereinstimmung mit IEC 60695-11-21 durchgeführt werden.

Probekörper

Es müssen drei Probekörper geprüft werden.

26.2.1 Verfahren A, gilt nur für Schläuche ≤ 10 mm Innendurchmesser

ANMERKUNG Bei wärmeschrumpfenden Schläuchen ist dieses Maß der festgelegte Innendurchmesser im geschrumpften Zustand.

Bei nichtwärmeschrumpfenden Schläuchen muss eine Schlauchlänge von etwa 450 mm auf einem geraden, 530 mm langen Stahlstab, der eine gute Gleitpassung zum Schlauch aufweist, zentriert werden.

Bei wärmeschrumpfenden Schläuchen muss der gleiche Probekörper wie zuvor verwendet werden, nur dass der Schlauch auf den Stahlstab aufgeschrumpft werden muss, wobei dessen Durchmesser dem festgelegten Innendurchmesser des Schlauches im geschrumpften Zustand entsprechen muss.

26.2.2 Verfahren B

Ein Schlauch von etwa 660 mm Länge (bei wärmeschrumpfenden Schläuchen im geschrumpften Zustand) muss über einen Klaviersaitendraht aus Feinstahl von 900 mm Länge gezogen werden. Der Schlauch muss am oberen Ende geschlossen werden, um eine Kaminwirkung zu vermeiden. Für den Drahtdurchmesser, der hierbei zu verwenden ist, gilt:

Durchmesser des Probekörpers	Durchmesser des Klaviersaitendrahtes (max.)
kleiner als 0,44 mm	0,25 mm
0,44 mm bis 0,81 mm	0,41 mm
über 0,81 mm	0,74 mm

26.3 Probekörperanordnung

Die Anordnung von Probekörper und Brenner ist für Verfahren A in Bild 10 und für Verfahren B in Bild 11 dargestellt.

Das Prüfverfahren muss in einer Kammer durchgeführt werden, mit einer dreiseitigen Metallumrahmung. Die Metallumrahmung muss nominal 305 mm breit, 355 mm tief und 610 mm hoch sein, Ober- und Frontseite müssen offen sein.

Der Probekörper muss mit seiner Längsachse senkrecht in der Mitte der Umrahmung befestigt werden. Dies muss beim Verfahren B in der Weise erfolgen, dass der Probekörper zur Mitte der oberen Halterung hin

befestigt wird, wobei der Schlauch geknickt und festgeklammert wird (man verwende eine Büroklammer oder eine Klemme), um ein verschlossenes Ende am Probekörper zu erhalten, damit eine Kaminwirkung während der Prüfung ausgeschlossen ist. Das untere Ende des Drahtes, der aus dem offenen Schlauchende herausragt, muss befestigt werden, z. B. an einer Befestigungsstange, wie in Bild 11 gezeigt.

26.4 Verfahren C

Probekörper

Fünf Probekörper müssen geprüft werden.

Ein Schlauch von etwa 560 mm Länge (bei wärmeschrumpfenden Schläuchen in geschrumpftem Zustand) muss über einen Klaviersaitendraht aus Feinstahl von mindestens 800 mm Länge und mit einem in 26.2.2, Verfahren B, festgelegten Durchmesser gezogen werden.

26.5 Wärmequelle

Es muss ein Bunsenbrenner verwendet werden, der so eingestellt ist, dass er wie in IEC 60695-11-3, Verfahren A beschrieben, arbeitet.

26.6 Brennkammer und Innenprüfaufbau

Die Prüfung muss unter einer Abzugshaube oder in einer Brennkammer durchgeführt werden, wobei der Probekörper von einer dreiseitigen Metallumrahmung umgeben ist, um ihn vor Zugluft zu schützen. Die Anordnung von Probekörper und Brenner ist in Bild 12 dargestellt.

Der Probekörper muss mit seiner Längsachse senkrecht in der Mitte der Kammer befestigt werden. Zwei feststehende waagerecht angeordnete Stäbe müssen in der Kammer vorgesehen und so angeordnet sein, dass ein über sie gezogener Draht im Winkel von 70° gegenüber der Horizontalen liegt. Der untere Stab muss etwa 50 mm von der Kammerrückseite entfernt sein. Das obere Ende des Probekörpers muss über dem oberen Stab festgeklammert werden, um ein verschlossenes Ende am Probekörper zu erhalten, wodurch Kaminwirkungen verhindert werden. Das untere Ende des Drahtes, der aus dem offenen Schlauchende herausragt, muss an der unteren Befestigungsstange mit ausreichender Spannung befestigt werden, damit der Draht während der Prüfung gerade ausgerichtet bleibt.

Es muss ein $(25 \pm 2)^\circ$ -Keil verwendet werden, um den Brennerfuß kippen zu können; der Brenner muss in der gleichen Weise wie in Verfahren A und B zum Probekörper hin ausgerichtet sein.

Die Anzeigefahne muss verwendet werden, allerdings darf Baumwolle beim Verfahren C nicht verwendet werden.

26.7 Durchführung

Die Brennerflamme ist 15 s auf den Probekörper zu richten und dann zu löschen, indem die Gaszufuhr außerhalb der Brennkammer ausgeschaltet wird.

Die Brenndauer des Probekörpers ist vom Zeitpunkt des Erlöschens der Gasflamme an zu bestimmen. Als tatsächliche Verbrennungszeit ist nur das Weiterbrennen und nicht das Glühen zu berücksichtigen. Die Länge des verbrannten Probekörpers ist entweder durch direkte Messung zu bestimmen oder indem die Länge des nicht verbrannten Teiles von 250 mm abgezogen wird.

26.8 Ergebnis (Verfahren C)

26.8.1 Für Verfahren C muss folgendes angegeben werden:

- Alle gemessenen Werte der Brennzeit in Sekunden.
- Alle gemessenen Werte der verbrannten Probekörperlänge in Millimeter.

26.8.2 Für Verfahren C ergeben sich folgende Ergebnisse:

- a) Der Höchstwert der Brennzeit in Sekunden, in der ein Probekörper nach dem Entfernen der Gasflamme weiterbrennt, falls in den Anforderungsblättern der IEC 60684-3 nicht anders festgelegt.
- b) Die maximal verbrannte Länge eines jeden Probekörpers in Millimeter, falls in den Anforderungsblättern der IEC 60684-3 nicht anders festgelegt.

27 Sauerstoff-Index

27.1 Sauerstoff-Index bei Umgebungstemperatur

Die Prüfung muss nach ISO 4589-2-2 an Probekörpern durchgeführt werden, die der gleichen Anordnung IV entsprechen. Dies erfordert eine $(3 \pm 0,25)$ mm dicke Platte aus dem gleichen Material wie der Schlauch. Wenn der Schlauch vernetzt ist, muss die Tafel den gleichen Vernetzungsgrad wie der Schlauch aufweisen.

Das spezielle Verbrennungsverfahren muss in den Anforderungsblättern der IEC 60684-3 festgelegt werden.

27.2 Sauerstoff-Index bei erhöhter Temperatur

Die Prüfung muss nach ISO 4589-3 an Probekörpern durchgeführt werden, die in 27.1 beschrieben sind.

Das spezielle Verbrennungsverfahren muss in den Anforderungsblättern der IEC 60684-3 festgelegt werden.

28 Transparenz

28.1 Anzahl der Probekörper

Ein Probekörper muss geprüft werden.

28.2 Form des Probekörpers

Der Innendurchmesser und die Wanddicke des zu prüfenden Schlauches müssen in IEC 60684-3 festgelegt werden. Der Probekörper muss etwa 100 mm lang sein und der Länge nach aufgeschlitzt, geöffnet und flachgedrückt werden.

28.3 Durchführung

Der aufgeschnittene Schlauch ist dann über einen in Helvetica 8, mittlere Stärke, gedruckten Text, ähnlich wie unten gezeigt, zu legen.

A c k l d e w g y m 0

Es ist festzustellen, ob es möglich ist, die oben gezeigten Drucktypen durch den Schlauchprobekörper mit normaler Sehkraft zu lesen.

28.4 Ergebnis

Die nach dieser Prüfung gemachten Beobachtungen sind als Ergebnis anzugeben.

29 Prüfung auf ionische Verunreinigungen

Die Leitfähigkeitswerte müssen an Wasserauszügen bestimmt werden, die nach IEC 60589 gewonnen und gemessen wurden.

29.1 Ergebnis

Falls in den Anforderungsblättern von IEC 60684-3 nicht anders festgelegt, gilt der Median als Ergebnis.

30 Prüfung auf Schwarzfärbung einer Silberfolie

30.1 Grundlage des Verfahrens

Bei dieser Prüfung werden Schlauchprobekörper mit Silberfolie in Kontakt gebracht und beide einer erhöhten Temperatur ausgesetzt. Der Grad der Schwärzung auf der Silberfolie wird dann mit der Standard-Schwärzung auf einem Filmstreifen, der ein Teil der Prüfeinrichtung zur Ermittlung der Schwärzung ist, verglichen.

30.2 Anzahl und Form der Probekörper

Es müssen drei Probekörper so abgeschnitten werden, dass eine frische, ringförmige Oberfläche belichtet wird. Die Länge darf keinesfalls kleiner als die Wanddicke sein, jedoch kurz genug, damit das Schlauchmaterial in senkrechter Lage verbleibt.

30.3 Prüfeinrichtung zur Ermittlung der Schwärzung

Die Prüfeinrichtung besteht aus einem Stück Fotofilm in rechteckiger Form, von dem ein Streifen so belichtet wird, dass er auf eine definierte Dichte geschwärzt wird, welche als Standard-Schwärzung bekannt ist. Dieser Streifen ist etwa 3 mm breit und hat von jeder Seite den gleichen Abstand.

Wenn nach ISO 5-1 bis ISO 5-4 gemessen wird, muss die Prüfeinrichtung folgende Anforderungen erfüllen:

- Der klare Fotofilmträger muss eine Durchsichtigkeit von $\leq 0,050$ haben;
- der Unterschied der Dichte zwischen der Standard-Schwärzung und dem klaren Fotofilmträger muss $0,015 \pm 0,005$ betragen.

30.4 Durchführung

Jeder einzelne Probekörper muss mit der frischen Schnittfläche nach unten auf ein größeres Stück Silberfolie gelegt werden, die zuvor sorgfältig mit Silberwatte und Wasser gereinigt und poliert und mit einem sauberen Tuch trockengerieben wurde.

Die Silberfolie muss mit dem darauf liegenden Probekörper in einem geeigneten Umluftwärmeschrank (30 ± 2) min. bei $70^\circ\text{C} \pm 2\text{ K}$ gelagert werden, falls in den Anforderungsblättern in IEC 60684-3 nicht anders festgelegt.

Die Silberfolie muss dann von jedem einzelnen Probekörper abgelöst und einer Sichtprüfung auf Schwärzung unterzogen werden. Wird eine Schwärzung festgestellt, dann muss die Silberfolie durch den klaren Träger des der Standard-Schwärzung angrenzenden Films geprüft werden. Es ist festzustellen, ob die Schwärzung dunkler ist als die Standard-Schwärzung.

30.5 Ergebnis

Die nach der Prüfung aufgezeichneten Beobachtungen bilden das Ergebnis.

31 Elektrolytischer Korrosionswiderstand

31.1 Allgemeines

Prüfverfahren müssen in Übereinstimmung mit einem oder mehreren der in IEC 60426 aufgeführten drei Verfahren durchgeführt werden. Das anzuwendende Verfahren wird in IEC 60684-3 festgelegt.

31.2 Anzahl der Probekörper

Die Anzahl der Probekörper muss für jedes Verfahren wie folgt festgelegt werden:

- a) visuelles Verfahren: drei Probekörper;
- b) Drahtzugfestigkeitsverfahren: fünf Probekörper;
- c) Isolationswiderstandsverfahren: fünf Probekörper.

32 Korrosionswiderstand (Zugfestigkeit und Dehnung)

32.1 Grundlage des Verfahrens

Mit dieser Prüfung wird die Wechselwirkung zwischen Kupfer und Schlauch bestimmt.

32.2 Anzahl und Form der Probekörper

Fünf Probekörper von jeweils mindestens 150 mm Länge müssen der Länge nach aufgeschlitzt und danach über gerade, saubere und blanke Kupferdorne gelegt werden. Der Schlauch muss an den Enden mit Kupferdraht befestigt werden. Der Dorn muss für Probekörper mit einem Innendurchmesser größer als 6 mm üblicherweise ein Kupferrohr sein, doch kann der Kupferdorn bei Probekörpern mit einem Innendurchmesser von 6 mm oder weniger durch einen festen Kupferstab ersetzt werden. Der Dorndurchmesser muss 10 % bis 20 % größer als der Innendurchmesser des Schlauchprobekörpers sein.

32.3 Durchführung

Während der Probekörper noch auf dem Dorn sitzt, muss er zunächst 24 h in einem Klima von $23\text{ °C} \pm 5\text{ K}$ und bei mindestens 90 % relativer Luftfeuchte vorbehandelt werden. Der Probekörper muss dann in einen Wärmeschrank gegeben werden und ist $(168 \pm 2)\text{ h}$ bei $160\text{ °C} \pm 3\text{ K}$ warmzulagern, falls in IEC 60684-3 nicht anders festgelegt. Nach Herausnehmen aus dem Wärmeschrank muss man den Probekörper abkühlen lassen.

Jeder Probekörper muss dann vom Dorn abgenommen werden, und sowohl der Dorn als auch der Probekörper sind auf Anzeichen einer chemischen Wechselwirkung zu untersuchen, wie z. B. Lochfraß oder Korrosion des Dorns. Ein Festkleben des Schlauches am Dorn oder Nachdunkeln des Kupfers durch übliche Luftoxidation müssen unberücksichtigt bleiben.

Anschließend muss jeder Probekörper auf Zugfestigkeit und/oder Reißdehnung nach Abschnitt 19 geprüft werden.

32.4 Ergebnis

Alle Beobachtungen einer chemischen Wechselwirkung sind als Ergebnisse anzugeben.

Alle Messwerte für die Zugfestigkeit und/oder die Reißdehnung sind anzugeben. Wenn in den Anforderungsblättern von IEC 60684-3 nicht anders festgelegt, müssen die betreffenden Mediane als jeweiliges Ergebnis für diese Eigenschaften gewertet werden.

33 Kupferkorrosion (Vorhandensein von korrosiven flüchtigen Substanzen)

33.1 Grundlage des Verfahrens

Diese Prüfung ermittelt die Wirkung von flüchtigen Bestandteilen des Schlauches auf Kupfer.

33.2 Prüfgerät

- Reagenzgläser: 13 mm × 300 mm;
- 6 mm breite und 25 mm lange Kupfer-Glasspiegel sind in einem sorgfältig konditionierten Exsikkator zu lagern. Die Spiegel müssen aus vakuumbeschichtetem Kupfer bestehen mit einer Dicke, die einer $(10 \pm 5)\%$ igen Durchlässigkeit bei normalem einfallendem Licht mit einer Wellenlänge von 500 nm entspricht. Die Kupfer-Glasspiegel sind bei der Prüfung nur dann zu verwenden, wenn keine Oxidschicht festzustellen und das Kupfer nicht sichtbar beschädigt ist;
- Korken;
- Aluminiumfolie;
- Kupferfeindraht mit einem Durchmesser nicht größer als 0,25 mm;
- Ölbad, das eine Öltemperatur auf ± 2 K halten kann.

33.3 Anzahl und Form der Probekörper

Es muss eine Prüfung mit zwei Schlauchprobekörpern durchgeführt werden, von denen jeder einzelne in ein eigenes Reagenzglas gelegt wird. Ein drittes Reagenzglas dient zur Kontrolle.

Bei Schläuchen mit einem Innendurchmesser kleiner als 3 mm muss jeder Probekörper eine Schlauchschnitlänge mit einer Gesamtseitenfläche von etwa 150 mm² aufweisen.

Bei Schläuchen mit einem Innendurchmesser von 3 mm oder größer muss jeder Probekörper einen in Längsrichtung abgeschnittenen Streifen von etwa 6 mm × 25 mm bilden.

33.4 Durchführung

Jeder Probekörper ist in ein Reagenzglas zu legen, wie oben beschrieben. Ein drittes Reagenzglas dient zur Kontrolle.

Ein Kupfer-Glasspiegel, wie in 33.2 beschrieben, wird mit seiner unteren Kante 150 mm bis 180 mm über dem Boden eines jeden Reagenzglases aufgehängt. Der Spiegel wird durch eine Schlaufe des Kupferdrahts, der die obere Kante umschließt, befestigt, und das andere Ende des Drahtes wird an dem Korken befestigt. Es ist darauf zu achten, dass jeder Spiegel senkrecht hängt. Jedes Reagenzglas ist mit dem in Aluminiumfolie eingewickelten Korken zu verschließen.

Danach werden 50 mm des unteren Teiles der drei Reagenzgläser in ein Ölbad getaucht; die Temperatur und die Dauer sind in IEC 60684-3 festgelegt.

Die Temperatur ist in dem Teil eines jeden Reagenzglases, in dem sich der Spiegel befindet, unter 60 °C zu halten.

Nach dem Abkühlen werden die Spiegel herausgenommen und untersucht. Dazu hält man sie bei gutem Licht gegen einen weißen Hintergrund. Jede Kupferablösung vom Spiegel ist ein Zeichen für Korrosion. Allerdings bleibt eine Kupferablösung am unteren Spiegelrand unberücksichtigt, vorausgesetzt, die Fläche beträgt nicht mehr als 8 % der Gesamtfläche, da diese Veränderung auf Kondensation zurückzuführen sein kann. Ebenso ist eine Farbveränderung der Kupferschicht oder eine Verringerung der Dicke nicht als Korrosion anzusehen. Nur die Fläche, die am Spiegel durch die Kupferablösung transparent erscheint, ist als Korrosion anzusehen.

Falls der Spiegel in dem Kontrollreagenzglas irgendein Anzeichen von Korrosion aufweist, muss die Prüfung wiederholt werden.

33.5 Ergebnis

Die Korrosion an jedem Spiegel ist in Prozent anzugeben; als Ergebnis gilt der Durchschnittswert der festgestellten Korrosion in Prozent.

34 Farbbeständigkeit gegenüber Licht

34.1 Grundlage des Verfahrens

Diese Prüfung vergleicht unter den bestimmten Bedingungen den relativen Grad der Farbveränderung eines Probekörpers mit vorgegebenen Standardwerten.

34.2 Probekörper

Eine geeignete Länge des Schlauches.

34.3 Durchführung

Ein halb abgedeckter Schlauchprobekörper und ein Standard-Referenzmuster nach ISO 105-B01 müssen gleichzeitig so lange einer umschlossenen Xenonlicht- oder Kohlenlichtbogenquelle ausgesetzt werden, bis die Farbveränderung des belichteten Teiles des Farbbeständigkeitsmusters dem Grad 4 auf der geometrischen Grauskala von ISO 105-A02 entspricht. Die Umgebungstemperatur darf 40 °C nicht überschreiten; eine relative Luftfeuchte ist nicht vorgeschrieben. Die Kennzeichnungsnummer des Farbbeständigkeitsmusters muss in IEC 60684-3 festgelegt werden.

Das belichtete Farbbeständigkeitsmuster ist wiederholt zu prüfen, um sicherzustellen, dass der vorgeschriebene Grad des Ausbleichens nicht überschritten wird.

Die entstandene Farbveränderung ist zwischen beiden Hälften des belichteten Probekörpers und dem belichteten Beständigkeitswollmuster zu vergleichen. Der Vergleich ist bei gutem Licht gegen weißen Hintergrund durchzuführen.

34.4 Ergebnis

Alle Beobachtungen sind als Ergebnis anzugeben.

35 Ozonbeständigkeit

Die Prüfung ist nach ISO 1431-1 durchzuführen, wobei folgende Änderungen zu berücksichtigen sind.

35.1 Anzahl und Form der Probekörper

Es müssen drei Probekörper von jeweils etwa 25 mm Länge geprüft werden.

35.2 Durchführung

Die Probekörper müssen auf einem glatten, ozonunempfindlichen Dorn mit einem niedrigen Reibungskoeffizienten (z. B. PTFE) so angebracht werden, dass die eventuell entstehenden Beanspruchungen normal sind. Es ist ein Dorndurchmesser zu wählen, der den Schlauchdurchmesser um den in IEC 60684-3 festgelegten Wert erhöht. Die montierten Probekörper müssen für die in IEC 60684-3 festgelegte Zeit, der dort genannten Temperatur und Ozonkonzentration ausgesetzt werden.

Nach Entfernen aus dem mit Ozon angereicherten Klima müssen die Probekörper durch normale Sichtprüfung auf Risse untersucht werden, falls in IEC 60684-3 nicht anders festgelegt.

35.3 Ergebnis

Alle Beobachtungen sind als Ergebnis anzugeben.

36 Beständigkeit gegenüber ausgewählten Flüssigkeiten

36.1 Grundlage des Verfahrens

Es ist notwendig, die folgenden Kenngrößen zu definieren:

- a) Auswahl der Flüssigkeit;
- b) Lagerungstemperatur;
- c) Lagerungszeit;
- d) Beurteilungsverfahren.

36.2 Auswahl der Flüssigkeit

Sofern in IEC 60684-3 nicht festgelegt, müssen die Flüssigkeiten zwischen Käufer und Lieferant vereinbart werden. Die Flüssigkeitsmenge, in die die Probekörper getaucht werden, muss mindestens dem 20fachen Volumen der Probekörper entsprechen.

ANMERKUNG Entsprechende Vorsichtsmaßnahmen sind zu treffen, um das Personal vor Gesundheitsschäden oder Feuergefahren zu schützen, die von der Anwendung einer bestimmten Flüssigkeit herrühren.

36.3 Beurteilungsverfahren

- a) Durchschlagspannung nach Abschnitt 21;
- b) Zugfestigkeit und/oder Reißdehnung nach Abschnitt 19;
- c) Sichtprüfung;
- d) Gewichtsveränderung;
- e) jedes andere in IEC 60684-3 festgelegte Verfahren.

36.4 Anzahl und Form der Probekörper

Die Anzahl der Probekörper hängt vom Beurteilungsverfahren ab. Die Probekörper müssen nach den Anforderungen von Abschnitt 19 oder Abschnitt 21 ausgewählt oder, bei einer Beurteilung durch Sichtprüfung oder Gewichtsveränderung, drei Probekörper von jeweils etwa 25 mm Länge verwendet werden.

Alternativ dürfen auch Probekörper, die mit Abschnitt 19 übereinstimmen, für die Sichtprüfung oder Gewichtsveränderung verwendet werden.

36.5 Durchführung

Die Probekörper müssen (24 ± 1) h bei einer Temperatur von $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ in die Flüssigkeit eingetaucht werden, falls in IEC 60684-3 nicht anders festgelegt.

Die Probekörper müssen dann aus der Flüssigkeit entnommen werden; dann lässt man sie, falls in IEC 60684-3 nicht anders festgelegt, 45 min bis 75 min abtropfen und wischt sie danach leicht ab. Anschließend müssen die Probekörper nach einem oder mehreren der in 36.3 genannten Verfahren bei Umgebungstemperatur geprüft werden. Wenn eine Prüfung der Gewichtsveränderung gefordert ist, müssen die Probekörper nochmals gewogen werden, und die Gewichtsveränderung wird dann in Prozent des Anfangsgewichts vor dem Eintauchen berechnet.

ANMERKUNG Wird die Zugfestigkeit zur Beurteilung herangezogen, so ist der Querschnitt der Probekörper vor dem Eintauchen zu bestimmen. Wenn die Gewichtsveränderung benutzt wird, so sind die Probekörper vor dem Eintauchen auf volle 0,000 2 g zu wiegen.

36.6 Ergebnis

Die Ergebnisse sind die Beobachtungen/Bestimmungen entsprechend dem festgelegten Beurteilungsverfahren. Die Ergebnisse können auf den geforderten Absolutwerten oder auf relativen Werten des Abbaus in Prozent im Verhältnis zu einem Kontrollwert beruhen.

Wird eine qualitative Beurteilung angewendet oder zusätzlich verlangt, so ist anzugeben, ob die Probekörper unmittelbar nach dem Herausnehmen aus der Flüssigkeit Schäden aufweisen, wie z. B. Schwellung, Klebrigkeit, Abbröckeln, Aufreißen oder Blasenbildung.

37 Thermisches Langzeitverhalten

Grundlage des Verfahrens

Diese Prüfung ist generell nach IEC 60216 durchzuführen. Da das thermische Langzeitverhalten eine materialabhängige Erscheinung ist, sind die einzelnen Prüfverfahren und Grenzwerte, die zu verwenden sind, in den entsprechenden Anforderungsblättern von IEC 60684-3 festgelegt.

38 Masse je Längeneinheit

38.1 Anzahl der Probekörper

Es müssen drei Probekörper geprüft werden.

38.2 Durchführung

Die Massen müssen an den Schläuchen im Anlieferungszustand gemessen werden.

Wenn nicht anders festgelegt, muss die Prüfung an quadratisch zugeschnittenen (mit der Schnittkante senkrecht zur Längsrichtung liegenden) Schlauchprobekörpern mit einer Länge von etwa 100 mm durchgeführt werden. Nach dem Schneiden muss die Länge (L) auf ± 1 mm gemessen werden. Die Länge des Umfangs darf keinesfalls, wenn sie von verschiedenen Positionen aus gemessen wird, um mehr als ± 1 mm von dem für die Berechnung verwendeten Wert abweichen.

Zur Bestimmung der Masse darf jedes Verfahren angewendet werden, das eine Genauigkeit von 1 % oder 0,01 g (je nachdem, welcher Wert niedriger liegt) für eine Schlauchlänge von 100 mm sicherstellt.

38.3 Ergebnis

Die Masse M für 1 Meter wird wie folgt berechnet:

$$M = \frac{m_1 \times 1000}{L} (\text{g/m})$$

Dabei ist

m_1 die Masse des Probekörpers in g;

L die gemessene Länge des Probekörpers in mm.

Es sind alle Werte der Masse je Längeneinheit anzugeben; falls in den Anforderungsblättern von IEC 60684-3 nicht anders festgelegt, gilt der Mittelwert als Ergebnis.

39 Wärmealterung

39.1 Anzahl und Form der Probekörper

Es sind fünf Probekörper nach Abschnitt 19 herzustellen.

39.2 Durchführung

Diese Probekörper sind an einem Ende in einem Wärmeschrank, der den Anforderungen von IEC 60216-4-1 oder IEC 60216-4-2 entspricht, aufzuhängen und, falls nicht anders festgelegt, (168 ± 2) h bei der in IEC 60684-3 festgelegten Temperatur zu lagern. Anschließend sind die Probekörper aus dem Wärmeschrank herauszunehmen, und man konditioniert sie für eine Zeit zwischen 16 und 96 Stunden bei 23 ± 2 K. Die Prüfung der Zugfestigkeit und/oder Reißdehnung ist nach Abschnitt 19, wie in IEC 60684-3 festgelegt, durchzuführen. Ebenso müssen, wenn dies in IEC 60684-3 spezifiziert ist, Längen des Schlauch-Vollschnittes nach der Entnahme aus dem Wärmeschrank und nach ihrer Abkühlung um 180 Grad abgewinkelt gebogen und sofort wieder losgelassen werden. Nach mindestens einer Minute muss der Probekörper ohne Zuhilfenahme einer Vergrößerung untersucht werden.

Ebenso müssen die Probekörper, wenn dies in IEC 60684-3 spezifiziert ist, um 360 Grad um einen Dorn, dessen Durchmesser in IEC 60684-3 bestimmt ist, gleichmäßig gewickelt werden und dies innerhalb von 2 bis 4 Sekunden. Danach müssen die Probekörper auf Anzeichen von Rissbildung untersucht werden. Seitliche Rissbildung des flachgedrückten Schlauches muss kein Grund für Verwerfung/Zurückweisung sein.

39.3 Prüfbericht (Dornbiegeversuch)

Es ist anzugeben, ob die Rundung des Probekörpers die gleiche ist, wie vor dem Biegeversuch (eine ovale Form ist akzeptabel) und ob Brüche entstanden sind. Inwendige Brüche können durch periphere Druckausübung auf die äußere Oberfläche des Probekörpers ermittelt werden. Äußerliche Knicklinien müssen nicht als Defekt betrachtet werden.

ANMERKUNG Schläuche unterschiedlichen Typs dürfen nicht im gleichen Wärmeschrank gelagert werden, da dies das Ergebnis beeinflussen kann.

40 Wasseraufnahme

40.1 Allgemeines

Sofern in den Anforderungsblättern von IEC 60684-3 nicht anders festgelegt, ist die Prüfung nach ISO 62, Verfahren 1, durchzuführen.

40.2 Ergebnis

Es sind alle Messwerte anzugeben; falls in den Anforderungsblättern von IEC 60684-3 nicht anders festgelegt, gilt der Mittelwert als Ergebnis.

41 Begrenzte Schrumpfung

(Gilt nur für wärmeschrumpfende Schläuche.)

41.1 Anzahl der Probekörper

Es müssen drei Probekörper geprüft werden.

41.2 Form der Probekörper

Drei jeweils etwa 150 mm lange Schlauchstücke sind aus der Schlauchprobe im gedehnten Zustand auszuscheiden.

41.3 Prüfgerät

Es ist eine Reihe von Metaldornen mit der in Bild 13 dargestellten Form und den dort festgelegten Maßen bereitzustellen. Dabei muss darauf geachtet werden, dass alle scharfen Kanten entgratet sind.

41.4 Durchführung

Es ist ein Dorn auszuwählen mit einem Durchmesser D gleich dem festgelegten Durchmesser des gedehnten Schlauches und einem Durchmesser d gleich dem festgelegten Durchmesser des zu prüfenden Schlauches im geschrumpften Zustand. Der Probekörper ist auf den Dorn bei Raumtemperatur zu schieben und in einem Wärmeschrank zu lagern, der auf die in IEC 60684-3 festgelegte Temperatur für den zu prüfenden Schlauch erwärmt wurde. Man lässt den Probekörper völlig schrumpfen und belässt diese Baugruppe bei dieser Temperatur für weitere (30 ± 3) min im Wärmeschrank.

Am Ende dieses Zeitraums sind der Dorn und der Probekörper aus dem Wärmeschrank zu nehmen, und man lässt sie auf Raumtemperatur abkühlen.

Danach ist jeder Probekörper auf Anzeichen von Rissen und Aufspießen zu untersuchen.

Ein Streifen der elektrisch leitenden Folie von etwa 13 mm Breite und einer Dicke bis 0,025 mm ist mittig um den Abschnitt mit Durchmesser D zu wickeln (siehe Bild 13). Eine zweite Folienlage ist eng um die erste Lage zu wickeln, damit ein elektrischer Kontakt hergestellt wird, wobei ein kurzes Stück für einen elektrischen Anschluss freizulassen ist. Ein Teil des Schlauches ist vom einen Ende des Dornes zu entfernen, damit ein kurzes Stück freigelegt wird, um eine zweite elektrische Verbindung herzustellen; dabei ist darauf zu achten, dass noch genügend Schlauch zwischen den Anschlusspunkten und der Folienelektrode verbleibt, um während der Spannungsprüfung Überschlüge zu vermeiden.

ANMERKUNG Als Alternative darf Leitlack verwendet werden.

Zwischen den Elektroden ist eine Prüfspannung von 500 V/s bis zum Erreichen des in IEC 60684-3 festgelegten Wertes anzulegen und für eine Dauer von einer Minute aufrechtzuerhalten. Sowohl die verwendete Spannung als auch ein eventuell auftretender Durchschlag sind anzugeben.

41.5 Ergebnis

Für alle drei Probekörper sind jegliche Anzeichen von Rissen oder Sprüngen oder daraus entstehende Fehler anzugeben sowie das Ergebnis der Spannungsprüfung.

42 Farbbeständigkeit bei Wärme

42.1 Anzahl der Probekörper

Es müssen drei Probekörper geprüft werden.

42.2 Form der Probekörper

Es sind drei etwa 100 mm lange Schlauchstücke von der Schlauchprobe abzuschneiden.

42.3 Durchführung

Die Probekörper sind in einem Wärmeschrank für die in IEC 60684-3 festgelegte Zeitdauer und bei der darin genannten Temperatur aufzuhängen. Wenn keine Zeit festgelegt ist, muss eine Lagerungszeit von (24 ± 1) h gewählt werden.

Die Probekörper sind aus dem Wärmeschrank zu nehmen; man lässt sie auf Raumtemperatur abkühlen.

Die Farbe der Probekörper ist mit der in IEC 60684-3 festgelegten Standardfarbe zu vergleichen.

42.4 Ergebnis

Prüfzeit und -temperatur sind anzugeben. Das Resultat der Sichtprüfung für jeden Probekörper gilt als Ergebnis.

43 Rauch-Index

43.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Prüfverfahrens gelten folgende Begriffe:

- a) **Rauch-Index:** Die numerische Summierung der Veränderungswerte der spezifischen optischen Dichte des seit Beginn der Prüfung entstandenen Rauchs auf 70 %, 40 %, 10 % und Mindestlichtdurchlässigkeitswerte, soweit zutreffend.
- b) Für Verbrennung und Pyrolyse gelten die Definitionen nach ISO 3261.

43.2 Grundlage des Verfahrens

Die von einer Schlauchprobe abgeschnittenen Streifen werden den festgelegten thermischen Standardbedingungen der Pyrolyse und Verbrennung in einem fortlaufenden Verfahren unterzogen. Es wird während der gesamten Prüfdauer die Veränderung der Dichte des erzeugten und in einer konstanten Luftmenge verteilten Rauchs bestimmt. Die daraus resultierende Kurve der Dichte als Funktion der Zeit wird zur Berechnung des Rauch-Index verwendet.

43.3 Prüfgerät

Das Prüfgerät muss mit dem in IEC 60695-6-30 festgelegten Gerät übereinstimmen, das wie folgt zu modifizieren ist:

- a) Mischventilator

Ein kleiner Mischventilator muss in der Mitte in Nähe der Decke der Prüfkammer angebracht werden, um eine gleichmäßige Rauchverteilung in der Prüfkammer sicherzustellen. Dieser Ventilator muss aus vier radial montierten Flügeln mit einem Außendurchmesser von 250 mm und einer maximalen Flügelbreite von 70 mm bestehen. Der Ventilator muss mit einer Umlaufgeschwindigkeit von 60 U/min bis 120 U/min laufen.

- b) Brenner

Es muss ein Mehrfach-Düsenbrenner, wie in Bild 14 dargestellt, verwendet werden, der mit vorge-mischtem Luft/Propangas betrieben wird. Der Brenner muss mit einem Abstand von 10 mm in der Mitte vor dem Probekörperhalter in Höhe der unteren Probekörperkante aufgestellt werden. Die Menge des Luft/Propangasgemisches muss mit einem kalibrierten Durchflussmessgerät gemessen werden, wobei die Menge so bemessen wird, dass sich eine blaue Flamme bildet, die den Probekörper auf mindestens 90 % seiner Breite in einer Höhe von etwa 5 mm über seiner unteren Kante berührt.

Mit einem Zündsystem muss es möglich sein, den Brenner fernzuzünden, ohne dazu die Prüfkammer zu öffnen. Hierfür haben sich Zündsysteme mit einem Platin-Glühdraht, einem Kristall mit piezo-elektrischem Effekt oder mit einer Pilotflamme als geeignet erwiesen. Das verwendete System muss dergestalt sein, dass es den Rauch-Indexwert des zu prüfenden Materials nicht beeinflusst.

43.4 Anzahl und Form der Probekörper

Es ist eine Schlauchstücklänge aufzuschneiden und zu öffnen, um daraus Streifen in einer Länge von etwa 75 mm herzustellen. Die Dicke und Mindestbreite der Streifen müssen in den betreffenden Anforderungsblättern in IEC 60684-3 festgelegt werden. Die Anzahl von Streifen muss ausreichen, um damit die gesamte Fläche des Probekörperhalters vollständig abzudecken.

43.5 Konditionierung

Bevor die Streifen im Probekörperhalter befestigt werden, sind sie mindestens 24 h bei $23\text{ °C} \pm 3\text{ K}$ und einer relativen Luftfeuchte von $(50 \pm 5)\%$ zu konditionieren.

43.6 Befestigen der Probekörper

Um ein übermäßiges Knicken und Verformen des Probekörpers während der Prüfung zu verhindern, muss als Träger der Streifen ein Maschendraht aus nichtrostendem Stahldraht mit 1,5 mm Durchmesser und einer Maschenweite von 12,5 mm als quadratisches Drahtgeflecht verwendet werden.

Der Probekörperhalter ist mit der Vorderseite auf eine glatte Fläche zu legen und der Maschendraht einzuführen. Jeder Streifen ist auf dem Halter ohne Überlappung parallel anzuordnen, wobei sicherzustellen ist, dass zwischen den Streifen kein Zwischenraum entsteht, so dass die Streifen senkrecht sind, wenn der Halter in Prüfstellung ist.

Der Isolierungsblock ist vollständig in eine strapazierfähige Aluminiumfolie von etwa 0,04 mm Dicke einzuwickeln und über die im Probekörperhalter angeordneten Streifen zu legen; die Spannfeder ist anzubringen und mit einem Splint zu sichern.

ANMERKUNG Bild 15 zeigt die Vorderansicht des Probekörperhalters für die Rauch-Index-Prüfung mit den senkrecht montierten Streifen.

43.7 Sicherheit während der Durchführung

Während der folgenden Prüfungen besteht die Gefahr, dass brennbare und/oder giftige Dämpfe aus dem zu prüfenden Probekörper austreten. Prüfer müssen angemessene Vorsichtsmaßnahmen treffen, um zu vermeiden, sich möglicherweise austretenden Dämpfen auszusetzen.

43.8 Durchführung

43.8.1 Die Brennkammer ist aufzustellen, und alle notwendigen Kontrollen und die Kalibrierung, wie in IEC 60695-6-30 gefordert, sind entsprechend den Herstelleranweisungen durchzuführen.

43.8.2 Die Propangas- und Luftzufuhr zum Brenner ist aufzudrehen und zu zünden. Mit Hilfe einer Vorrichtung zur freien Befestigung des vor der Flamme angeordneten Probekörpers ist die Flammenhöhe nach 43.3 b) zu regeln. Die Einstellung der Durchflussmesser ist aufzuzeichnen. Die Gaszufuhr ist abzudrehen.

43.8.3 Die Sichtfenster der Prüfkammer sind zu reinigen, und das zusätzliche Heizsystem ist einzuschalten. Das Gerät muss sich bei geöffneten Luftabzugsklappen stabilisieren können, bis die Temperatur der Prüfkammerwände im Bereich von $33\text{ °C} \pm 4\text{ K}$ liegt. Die Einlassöffnung ist zu schließen.

43.8.4 Der Abzug des Ofens ist bei $2,5\text{ W/cm}^2$ zu stabilisieren und die Austrittsöffnung zu schließen. Am Verstärker und Aufzeichnungsgerät sind der Nullpunkt und 100-%-Wert einzustellen. Das Aufzeichnungsgerät ist mit einer Mindestgeschwindigkeit von 10 mm/min. zu starten.

43.8.5 Der Probekörperhalter mit dem zu prüfenden Material ist vor dem Ofen in Position zu bringen und dieser Zeitpunkt als Prüfbeginn auf dem Schreiber zu markieren. Gleichzeitig ist die Zeitmesseinrichtung zu starten.

43.8.6 Die Gaszufuhr ist (300^{+10}_0) s nach Prüfbeginn zu öffnen und die Gasdurchflussmenge sofort auf den zuvor in 43.8.2 aufgezeichneten Wert einzustellen.

43.8.7 Das Material ist gleichzeitig dem Ofenabzug und dem Brenner für weitere $15 \text{ min} \pm 15 \text{ s}$ aussetzen. Der Prozentsatz der Lichtdurchlässigkeit ist fortlaufend aufzuzeichnen, und die Brenneigenschaften des Materials sind während dieses Zeitraumes zu beobachten. Wenn der Probekörper ein ungewöhnliches Brandverhalten wie Delaminieren, Durchbiegen, Schrumpfen, Schmelzen oder Einknicken aufweist, muss dies in dem Prüfbericht angegeben werden, einschließlich des Zeitpunktes, an dem dieses besondere Verhalten beobachtet wurde. Wenn die Lichtdurchlässigkeit unter 0,01 % fällt, ist das Sichtfenster der Prüfkammertür abzudecken und das Bereichserweiterungsfilter vom Lichtpfad zu entfernen.

43.8.8 Ohne die Prüfkammer zu öffnen, ist die Gaszufuhr zum Brenner abzdrehen, und der Probekörperhalter ist von der Vorderseite des Ofens mit Hilfe eines Greifarms zu entfernen. Die Stromverbindung zum Ofen und dem Aufzeichnungsgerät bleibt bestehen. Die Prüfkammer ist nach den Anweisungen des Herstellers zu entleeren. Die prozentuale Lichtdurchlässigkeit und die abgelaufene Zeit, bis ein Beharrungswert erreicht ist, sind weiterhin aufzuzeichnen. T_c entspricht dem klaren Lichtbündelwert.

43.8.9 Der Bereich des Fotodetektor-Verstärkersystems ist für die gesamte Prüfdauer so einzustellen, dass die Höhe der aufgezeichneten Ablesewerte der prozentualen Lichtdurchlässigkeit auf mindestens 10 % des Skalenendwerts gehalten wird.

43.8.10 Am Ende der Prüfung ist sicherzustellen, dass die Innenseiten der Prüfkammer sowie die zusätzlichen Geräte und das Trägergestell sauber sind.

43.8.11 Die Prüfung ist an zwei weiteren Probekörpern, die aus der Schlauchprobe entnommen wurden, durchzuführen.

ANMERKUNG Wenn keine Änderungen am Prüfgerät vorgenommen wurden, die die Kalibrierung oder die Flammenbedingungen beeinträchtigen, dürfen die gleichen Einstellungen zum Prüfen der Wiederholprobekörper angewendet werden.

43.9 Berechnung der Ergebnisse

43.9.1 Da sich während des Prüfablaufs am Sichtfenster zunehmend Rückstände bilden, werden die aufgezeichneten Durchlässigkeitswerte künstlich unterdrückt. Deshalb kann es notwendig sein, eine Korrektur der aufgezeichneten Werte vorzunehmen, bevor der Rauch-Index berechnet wird. Zu diesem Zweck wird ein neuer Ausdruck der Durchlässigkeit-Zeit-Beziehung nach 43.9.2 vorgenommen.

43.9.2 Korrektur der Durchlässigkeitswerte

43.9.2.1 Unter Verwendung der vom Schreiber aufgezeichneten Kurve sind folgende Werte T_c und $T_{\min}$ festzustellen.

Dabei ist

T_c die Durchlässigkeit eines klaren Strahls am Ende der Prüfung;

$T_{\min}$ die während der Prüfung erreichte Mindestdurchlässigkeit.

43.9.2.2 Die Werte T_c und $T_{\min}$ sind in die äquivalenten spezifischen optischen Dichtewerte D_{sc} und D_{smax} umzuwandeln.

Dabei ist

D_{sc} die spezifische optische Dichte für die Durchlässigkeit eines klaren Strahls;

D_{smax} die spezifische optische Dichte für die Mindestdurchlässigkeit.

E DIN IEC 60684-2 (VDE 0341-2):2009-02

Die Umwandlung der prozentualen Durchlässigkeit in die spezifische optische Dichte in der Prüfkammer ist durch folgende Gleichung gegeben:

$$\text{spezifische optische Dichte } (D_s) = F \times \log_{10} \frac{100}{T}$$

Dabei ist

T die prozentuale Durchlässigkeit;

F der Korrekturfaktor der Prüfkammer = 132.

Der Korrekturfaktor der Prüfkammer ergibt sich aus $V/(A \cdot L)$, wobei V das Volumen der Kammer, A die ausgesetzte Fläche des Probekörpers und L die Länge des Lichtstrahls ist.

43.9.2.3 Wenn D_{sc} kleiner oder gleich 3 % D_{smax} ist, ist bei der aufgezeichneten Kurve keine weitere Korrektur erforderlich.

43.9.2.4 Man subtrahiert D_{sc} von D_{smax} , um die korrigierte maximale spezifische Dichte $D_{smax, c}$ zu erhalten. $D_{smax, c}$ ist in die prozentuale Durchlässigkeit umzuwandeln; dieser Wert ist als korrigierter Mindestdurchlässigkeitswert bei gleichem Zeitintervall, d. h. $T_{min, c}$, in der ausgedruckten Darstellung einzutragen.

43.9.2.5 Wenn D_{sc} größer als 3 % D_{smax} und $T_{min, c}$ kleiner als 70 % sind, ist aus der aufgezeichneten Kurve ein neues Kurvenbild wie folgt zu erstellen:

Die prozentuale Durchlässigkeit ist wie in 43.9.2.3 in die spezifische optische Dichte umzuwandeln; dieser Wert ist mit Hilfe des Korrekturfaktors, der wie unten gezeigt berechnet wurde, zu berichtigen. Dieser Wert ist dann wieder in die prozentuale Durchlässigkeit zurückzukonvertieren. Es ist eine neue Durchlässigkeitskurve über der Zeit aus den korrigierten Werten der prozentualen Durchlässigkeit zu erstellen und für die gleiche Zeitspanne wie für die ursprünglichen unkorrigierten Werte auszudrucken:

$$D_c = D_s - \frac{D_{sc} \times D_s}{D_{smax}}$$

Dabei ist

D_s der unkorrigierte Wert der spezifischen optischen Dichte;

D_c der korrigierte Wert der spezifischen optischen Dichte.

D_{sc} und D_{smax} sind bereits in 43.9.2.2 definiert.

43.9.2.6 Beispiel: Um die korrigierte spezifische optische Dichte bei 70 % Durchlässigkeit zu erhalten (wobei $D_s = 20$), gilt:

$$D_{sT70} = D_{20c} = \frac{D_{sc} \times 20}{D_{smax}}$$

Gleichermaßen können die korrigierten Werte für die spezifische optische Dichte bei 40 % Durchlässigkeit (D_{sT40}) und 10 % Durchlässigkeit (D_{sT10}) berechnet werden.

43.9.2.7 Die so erhaltenen korrigierten Werte für die spezifische Lichtdurchlässigkeit sind unter Anwendung von 43.9.2.6 zurück in die prozentuale Durchlässigkeit zu konvertieren. Aus den korrigierten Werten, die bei gleichem Zeitintervall wie die ursprünglichen unkorrigierten Werte aufgezeichnet werden, ist eine neue Kurve der Durchlässigkeit als Funktion der Zeit zu erstellen.

Aus der grafischen Darstellung sind die korrigierten Zeiten (in Minuten) vom Beginn der Prüfung bis zum Erreichen von 70 %, 40 % und 10 % Durchlässigkeit abzulesen.