

	Elektroisolierstoffe Bestimmung der Wirkung ionisierender Strahlung Teil 5: Bewertungsverfahren für die Alterung während des Einsatzes (IEC 60544-5:2003) Deutsche Fassung EN 60544-5:2003	DIN EN 60544-5
VDE	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Vorstand beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter nebenstehenden Nummern in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekannt gegeben worden.	Klassifikation VDE 0306 Teil 5
ICS 29.035.01 Electrical insulating materials – Determination of the effects of ionizing radiation – Part 5: Procedures for assessment of ageing in service (IEC 60544-5:2003); German version EN 60544-5:2003 Matériaux isolants – Détermination des effets des rayonnements ionisants – Partie 5: Procédures pour estimation de vieillissement dans service (CEI 60544-5:2003); Version allemande EN 60544-5:2003 Die Europäische Norm EN 60544-5:2003 hat den Status einer Deutschen Norm. Beginn der Gültigkeit Die EN 60544-5 wurde am 2003-04-01 angenommen. Nationales Vorwort Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium UK 181.1 „Prüfverfahren für feste Isolierstoffe“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE zuständig. Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN EN 60544-5 (VDE 0306 Teil 5):2002-05. Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom SC 15E „Methods of test“ erarbeitet. Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zum Jahr 2008 unverändert bleiben soll. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation – bestätigt, – zurückgezogen, – durch eine Folgeausgabe ersetzt oder – geändert. Fortsetzung Seite 2 und 30 Seiten EN DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE		

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

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

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

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

IEC hat 1997 die Benummerung der IEC-Publikationen geändert. Zu den bisher verwendeten Normnummern wird jeweils 60000 addiert. So ist zum Beispiel aus IEC 68 nun IEC 60068 geworden.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60544-1:1994	IEC 60544-1:1994	DIN EN 60544-1 (VDE 0306 Teil 1):1996-03	VDE 0306 Teil 1
–	IEC 60544-2:1991	DIN IEC 60554-2 (VDE 0306 Teil 2):1996-03	VDE 0306 Teil 2
–	IEC/TR2 61244-1:1993	–	–
–	IEC/TR2 61244-2:1996	–	–
–	IEC/TR2 61244-3:1998	–	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60544-1 (VDE 0306 Teil 1):1996-03, *Elektroisolierstoffe – Bestimmung der Wirkung ionisierender Strahlung – Teil 1: Einfluss der Strahlenwirkung und Dosimetrie (IEC 60544-1:1994); Deutsche Fassung EN 60544-1:1994.*

DIN IEC 60554-2 (VDE 0306 Teil 2):1996-03, *Leitlinie zur Bestimmung der Wirkung ionisierender Strahlung auf Isolierstoffe – Teil 2: Verfahren zur Bestrahlung und Prüfung (IEC 60544-2:1991).*

Deutsche Fassung

Elektroisolierstoffe
Bestimmung der Wirkung ionisierender Strahlung
Teil 5: Bewertungsverfahren für die Alterung während des Einsatzes
(IEC 60544-5:2003)

Electrical insulating materials
Determination of the effects of ionizing radiation
Part 5: Procedures for assessment of ageing in
service
(IEC 60544-5:2003)

Matériaux isolants
Détermination des effets des rayonnements
ionisants
Partie 5: Procédures pour estimation de
vieillessement dans service
(CEI 60544-5:2003)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2003-04-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

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

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

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

CENELEC

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

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 15E/210/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 60544-5, ausgearbeitet von dem SC 15E „Methods of test“ des IEC TC 15 „Insulating materials“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2003-04-01 als EN 60544-5 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2004-01-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2006-04-01

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norminhalt.
In dieser Norm ist Anhang ZA normativ.
Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60544-5:2003 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Abkürzungen.....	7
4 Hintergrundinformationen	7
4.1 Diffusionsbegrenzte Oxidation (DLO).....	7
4.2 Dosisleistungseffekte (DRE).....	8
4.3 Beschleunigte Alterung.....	8
4.4 Ansätze zur Bewertung der Alterung.....	9
5 Verfahren der Zustandsüberwachung	9
5.1 Einleitung	9
5.2 Erstellung von Korrelationskurven für CM-Verfahren.....	10
5.3 Indenter.....	10
5.4 Anlaufzeit der Oxidation (OIT)	12
5.5 Anlaufterperatur der Oxidation (OITP).....	13
5.6 Thermogravimetrische Analyse (TGA)	14
5.7 Dichtemessungen.....	16
6 Materiallager	18
6.1 Anforderungen an ein Lager.....	18
6.2 Anlegen eines Materiallagers	19
6.3 Prüfung von Proben aus dem Lager	19
6.4 Bestimmung der Probenahmeabstände.....	20
6.5 Echtzeitalterung von Material und Betriebserfahrung	20
Literaturhinweise.....	29
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	30
Bild 1 – Erstellen von Alterungsdaten aus Änderungen der Reißdehnung und eines Zustandsanzeigemerkmals (z. B. Indentermodul) – schematisch.....	22
Bild 2 – Aus den Daten in Bild 1 abgeleitete Korrelationskurve – schematisch	23
Bild 3 – Korrelationskurve für das Indentermodul in Abhängigkeit der Reißdehnung für einen Kabelmantel aus CSPE [7]	23
Bild 4 – Typische Kraft-Verdrängungskurve aus Indentermessungen, die die Definition für das Indentermodul darstellt.....	24
Bild 5 – Typische Form des Thermogramms einer OIT-Prüfung mit der Grundlinie und Ermittlung des Startzeitpunktes (Verfahren B) – schematisch	24
Bild 6 – Form des Thermogramms einer OIT-Prüfung ohne definierte Grundlinie – schematisch	25
Bild 7 – Form des Thermogramms einer OIT-Prüfung mit mehreren Startpunkten – schematisch	25
Bild 8 – Form des Thermogramms einer typischen OITP-Prüfung an teilkristallinem Werkstoff – schematisch.....	26
Bild 9 – Form der Prüfdatenkurve einer typischen TGA-Prüfung – schematisch	26

Bild 10 – Beispiel für eine Korrelationskurve für TGA-Daten in Abhängigkeit der Reißdehnung für einen Kabelmantel aus PVC [7]..... 27

Bild 11 – Umgekehrter Temperatureffekt bei der strahlungsbedingten Alterung der Kabelisolierung aus XLPE bei erhöhter Temperatur [20]..... 27

Bild 12 – Ermittlung der Vorlaufzeiten für ein Kabellager – schematisch [21] 28

Tabelle 1 – Empfohlene Werte von Prüfparametern für Indentermessungen 21

Tabelle 2 – Empfohlene Prüftemperaturen für OIT-Messungen..... 21

Einleitung

Organische Werkstoffe bilden einen großen Anteil der in elektrischen Systemen verwendeten Isolierstoffe. Diese Werkstoffe sind empfindlich gegen ionisierende Strahlung, wobei die Empfindlichkeit innerhalb dieser Werkstoffarten in weiten Grenzen variiert. Es ist daher wichtig, das Maß des Abbaus dieser Isolierstoffe während ihrer Gebrauchsdauer zu bewerten. In diesem Teil der Norm IEC 60544 werden Verfahren zur Überwachung der Alterung von Isolierstoffen während ihres Einsatzes empfohlen.

Zur Bewertung der Alterung von Bauteilen auf Polymerbasis in strahlenden Umgebungen gibt es mehrere Ansätze [1, 2]. Diese beruhen auf dem besseren Verständnis der den Alterungsabbau bewirkenden Faktoren, das in den letzten 15 Jahren gewonnen wurde. In einem Kernkraftwerk werden Bauteile einschließlich solcher aus polymeren Werkstoffen üblicherweise nach Qualifikationsprogrammen ausgewählt. Diese Eingangsqualifikationsverfahren wie IEEE 323 [3] wurden erarbeitet, bevor umfassende Kenntnisse über die Alterung vorlagen. Die meisten der im vorliegenden Dokument erläuterten Verfahren betreffen daher die Grenzen des Eingangsqualifikationsverfahrens.

Diese Norm ist der Teil 5 einer Reihe, die sich mit der Wirkung von ionisierender Strahlung auf Isolierstoffe befasst.

Teil 1 (Einfluss der Strahlenwirkung und Dosimetrie) enthält eine allgemeine Übersicht zur Problematik der Ermittlung von Strahlenwirkungen. Er enthält auch eine Einführung in die Terminologie der Dosimetrie, verschiedene Methoden der Ionen- und Energiedosismessung sowie Verfahren zur Berechnung der Energiedosis in einem bestimmten Material aus den Ergebnissen der angewandten dosimetrischen Methode.

Teil 2 (Verfahren zur Bestrahlung und Prüfung) beschreibt Verfahren für sieben verschiedene Arten von Bestrahlungsbedingungen. Weiterhin werden die für diese Bedingungen erforderlichen Überwachungen festgelegt, so dass die Prüfergebnisse zuverlässige Vergleiche der Gebrauchstauglichkeit der Werkstoffe ermöglichen. Außerdem werden auch einige wichtige Bestrahlungsbedingungen, die Prüfverfahren zur Bestimmung der Eigenschaftsänderungen und die zugehörigen Eigenschaftsgrenzwerte festgelegt.

Teil 3 wurde in Teil 2 der Norm eingearbeitet.

Teil 4 (Klassifikationssystem für den Einsatz unter Strahlung) liefert eine Empfehlung für ein Klassifikationssystem zur Einteilung der Strahlenbeständigkeit von Isolierstoffen.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60544 behandelt Verfahren zur Bewertung der Alterung von Bauteilen aus polymeren Werkstoffen (z. B. Kabelisolierungen und -ummantelungen, Elastomer-Dichtungen, Polymerbeschichtungen, Schutzmanschetten), die in strahlenden Umgebungen eingesetzt werden.

Gegenstand dieses Teils von IEC 60544 ist ein Leitfaden für die Bewertung der Alterung während des Einsatzes. Die erläuterten Ansätze betreffen Programme zur Bewertung der Alterung, die auf der Zustandsüberwachung (CM), dem Anlegen von Materiallagern in kritischen Umgebungen und der Probenahme von in Echtzeit gealterten Bauteilen beruhen.

2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

IEC 60544-1:1994, *Electrical insulating materials – Determination of the effects of ionizing radiation – Part 1: Radiation interaction and dosimetry.*

IEC 60544-2:1991, *Electrical insulating materials – Determination of the effects of ionizing radiation – Part 2: Procedures for irradiation and test.*

IEC/TR2 61244-1:1993, *Determination of long-term ageing in polymers – Part 1: Techniques for monitoring diffusion-limited oxidation.*

IEC/TR2 61244-2:1996, *Determination of long-term ageing in polymers – Part 2: Procedures for predicting ageing at low dose rates.*

IEC/TR2 61244-3:1998, *Long-term radiation ageing ion polymers – Part 3: Procedures for in-service monitoring of low-voltage cable materials.*

3 Abkürzungen

Abkürzung	englischer Begriff	deutscher Begriff
BR	Butyl rubber	Butylkautschuk
BWR	Boiling water reactor	Siedewasserreaktor
CM	Condition monitoring	Zustandsüberwachung
CSPE	Chlorosulphonated polyethylene	chloriertes Polyethylen
DLO	Diffusion limited oxidation	diffusionsbegrenzte Oxidation
DRE	Dose rate effect	Dosisleistungseffekt
DSC	Differential thermal calorimeter	Differenz-Kalorimeter
EPR	Ethylene propylene based rubber	Ethylen-Propylen-Kautschuk
EPDM	Ethylene propylene diene terpolymer	Ethylen-Propylen-Dien-Terpolymer
ETFE	Ethylene tetrafluoroethylene copolymer	Ethylen-Tetrafluorethylen-Copolymer
EVA	Ethylene vinyl acetate copolymer	Ethylen-Vinylacetat-Copolymer
IM	Indenter modulus	Indentermodul
LOCA	Loss of coolant accident	Kühlmittelverlust-Unfall
NR	Natural rubber	Naturkautschuk
OIT	Oxidation induction time	Anlaufzeit der Oxidation
OIT/OITP	Oxidation induction temperature	Anlauftemperatur der Oxidation
PE	Polyethylene	Polyethylen
PEEK	Polyether ether ketone	Polyetheretherketon
PPO	Polyphenylene oxide	Polyphenylenoxid
PVC	Polyvinyl chloride	Polyvinylchlorid
PWR	Pressurised water reactor	Druckwasserreaktor
SIR	Silicone rubber	Silikonkautschuk
TGA	Thermo-gravimetric analysis	thermogravimetrische Analyse
XLPE	Cross-linked polyethylene	vernetztes Polyethylen
XLPO	Cross-linked polyolefin	vernetztes Polyolefin

4 Hintergrundinformationen

Zur Bewertung der Alterung gibt es eine Anzahl unterschiedlicher Verfahren, die in den entsprechenden Abschnitten beschrieben werden. Jedes Verfahren besitzt Vorteile und Grenzen. Die Auswahl des geeigneten Verfahrens hängt von den Anforderungen der einzelnen Anwender ab.

Es gibt verschiedene Faktoren, die bei der Bewertung der Alterung von polymeren Bauteilen in Strahlungsfeldern zu berücksichtigen sind. In den folgenden Abschnitten werden einige dieser Faktoren kurz erläutert und Hinweise auf genauere Informationen gegeben. Um die Alterung in Strahlungsfeldern zu beschleunigen, ist die übliche Vorgehensweise, die Strahlungsdosisleistung zu erhöhen, oft in Verbindung mit einer Temperaturerhöhung. Die beiden wichtigsten möglichen Komplikationen aus diesen Erhöhungen sind diffusionsbegrenzte Oxidation (DLO), die in 4.1 beschrieben wird, und chemische Dosisleistungseffekte (DRE), die in 4.2 beschrieben werden. Weiterhin werden die Auswirkungen dieser Faktoren auf die Anwendung und die Interpretation der CM-Techniken erläutert. In 4.3 werden kurz Programme zur Alterungsbeschleunigung erläutert und 4.4 führt Ansätze zur Bewertung der Alterung während des Einsatzes ein.

4.1 Diffusionsbegrenzte Oxidation (DLO)

Wenn Polymere einer sauerstoffhaltigen Umgebung (z. B. Luft) ausgesetzt sind, wird eine bestimmte Sauerstoffmenge vom Werkstoff aufgenommen. Wenn keine Reaktionen mit Sauerstoffaufnahme (Oxidation) vorliegen, ist die Menge des aufgenommenen Sauerstoffes proportional zum Sauerstoffpartialdruck in der Umgebung des Polymers (bekannt als Henrysches Gesetz). Alterung führt zu Oxidationsreaktionen im Polymer,

deren Geschwindigkeit wesentlich steigt, wenn die Dosisleistung und die Temperatur der Alterung erhöht werden. Wenn die Aufnahmegeschwindigkeit des gelösten Sauerstoffes im Polymer größer ist als die Geschwindigkeit, mit der der Sauerstoff durch Diffusionseffekte aus der Umgebungsluft nachgeliefert werden kann, sinkt die Konzentration des gelösten Sauerstoffes im Inneren des Polymers mit der Zeit (die Sauerstoffkonzentration auf der Probenoberfläche bleibt in ihrem Gleichgewicht). Die Verringerung der inneren Sauerstoffkonzentration kann zu einer verringerten Oxidation oder zu einer vernachlässigbaren Oxidation führen, was als diffusionsbegrenzte Oxidation bezeichnet wird.

Die Bedeutung dieses Effekts hängt von der Probendicke (dünnere Proben ergeben geringere DLO-Effekte) und dem Verhältnis der Sauerstoffaufnahme-geschwindigkeit zum Sauerstoffpermeabilitätskoeffizienten P ab, der sich aus dem Produkt der Sauerstoffdiffusion und der Löslichkeitsparameter ergibt. Die Beschleunigung der Alterung in Strahlungsfeldern wird erreicht durch Erhöhung der Strahlungsdosisleistungen, durch die die Sauerstoffaufnahme-geschwindigkeit erhöht wird. Wenn die Temperatur bei ansteigender Dosisleistung konstant bleibt, bleibt der Sauerstoffpermeabilitätskoeffizient gleich. Das bedeutet, dass DLO-Effekte in dem Maße verstärkt werden, in dem die Dosisleistung erhöht wird. Diese Effekte werden in IEC/TR 61244-1 genauer beschrieben.

Die Auswirkungen der diffusionsbegrenzten Oxidation müssen auch bei der Durchführung von Prüfungen der Zustandsüberwachung berücksichtigt werden. Das stellt für die CM-Techniken kein Problem dar, die die Eigenschaften bei Raumtemperatur messen, wie Techniken die auf Dichtemessungen und Messungen des Spannungswertes beruhen. Andererseits werden verschiedene CM-Techniken wie Messung der Anlaufzeit der Oxidation (OIT) und thermogravimetrische Analysen (TGA) bei sehr viel höheren Temperaturen durchgeführt. Bei diesen Techniken besteht die Möglichkeit, dass bei den Messungen der CM-Parameter DLO-Effekte auftreten. DLO muss auch bei der Entwicklung von Korrelationskurven für Zustandsüberwachungsverfahren berücksichtigt werden, damit für die strahlungsbedingte Alterung sowie für die thermische Alterung repräsentative Daten erhalten werden.

4.2 Dosisleistungseffekte (DRE)

Das Auftreten von Dosisleistungseffekten und Verfahren für deren Behandlung sind in IEC/TR 61244-2 beschrieben. Im Allgemeinen werden DREs in zwei Arten eingeteilt. Die erste Art, die üblicherweise bei Versuchen mit beschleunigter strahlungsbedingter Alterung nachgewiesen wird, tritt aufgrund der vorher beschriebenen DLO-Effekte auf. Diese DLO-Effekte stellen einen physikalischen, von der Geometrie abhängigen DRE dar. Die zweite Art betrifft den chemischen DRE, der bedeutend seltener auftritt. Ein nachgewiesener Fall von chemischem DRE finden sich bei PVC und Polyethylenwerkstoffen niedriger Dichte und werden vom langsamen Zerfall von Hydroperoxid-Zwischenprodukten bei der Oxidation verursacht [4].

4.3 Beschleunigte Alterung

Beschleunigte Alterungsprogramme im Labor verwenden manchmal wesentlich geringere Beschleunigungsfaktoren, als sie normalerweise für die Qualifikation von Geräten benutzt werden. Dadurch können einige Probleme der diffusionsbegrenzten Oxidation und der Dosisleistungseffekte vermieden werden. Die erzeugte Alterung könnte dann eine bessere Simulation der Langzeitalterung sein, die unter Einsatzbedingungen vorliegt. Die bei Prüfungen mit beschleunigter Alterung erhaltenen Daten können in Vorhersagemodellen benutzt werden, mit denen eine Bewertung des Werkstoffverhaltens unter Einsatzbedingungen möglich ist.

Beschleunigte Alterungsprogramme erfordern eine Matrix von Prüfdaten, die über einen Bereich von Umgebungsbedingungen nach IEC/TR 61244-2 zu erzeugen sind. Es sind Daten für mindestens drei unterschiedliche Dosisleistungen bei normaler Betriebstemperatur erforderlich, aber zusätzliche Daten über die thermische und strahlungsbedingte Alterung bei erhöhten Temperaturen erleichtern die Anwendung der verfügbaren Vorhersagemodelle. Die Dosisleistungen und Temperaturen für die beschleunigte Alterung müssen nach den Grundsätzen in IEC 60544-2 ausgewählt werden, damit eine homogene Oxidation sichergestellt wird. Für jede vorliegende Umgebungsbedingung müssen Prüfdaten zu mehreren unterschiedlichen Alterungszeiten aufgenommen werden, bei der längsten Alterungszeit soll ein wesentlicher Abbau vorliegen. Ein übliches Prüfprogramm kann abhängig von der Strahlenbeständigkeit des geprüften Werkstoffes bis zu 18 Monate dauern.

Der in der Prüfmatrix erforderliche Datentyp wird durch die Art des zu bewertenden Bauteiles bestimmt. Die geeigneten Arten der Prüfparameter sind für verschiedene Arten von polymeren Werkstoffen in IEC 60544-2 angegeben.