

AVA Documents
Document Sharing Hub

Nationales Vorwort

Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN IEC 15C/509/CDV (VDE 0335 Teil 2):1995-08.

Für die vorliegende Norm ist als nationales Arbeitsgremium der AK 181.2.01 „Isolierstoffe aus Keramik und Glas“ des UK 181.2 „Anforderungen an feste Isolierstoffe“ der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE) zuständig.

Änderungen

Gegenüber **DIN VDE 0335-2 (VDE 0335 Teil 2):1988-02** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) internationale Festlegungen übernommen;
- b) Inhalt überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN 40685:1940-10, 1941-01, 1950-05, 1957-01, 1960-10, 1962-11, 1967-11

DIN 40685-1 (VDE 0335 Teil 1):1974-09

DIN 40685-2 (VDE 0335 Teil 2):1974-09

DIN VDE 0335-2 (VDE 0335 Teil 2):1988-02

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.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist nachstehend wiedergegeben. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig.

IEC hat 1997 die Benummerung der IEC-Publikationen geändert. Zu den bisher verwendeten Normnummern wird jeweils 60000 addiert. So ist zum Beispiel aus IEC 93 nun IEC 60093 geworden.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
HD 429 S1:1983	IEC 60093:1980	DIN IEC 60093 (VDE 0303 Teil 30):1993-12	VDE 0303 Teil 30
HD 437 S1:1984	IEC 60212:1971	DIN IEC 60212 (VDE 0308 Teil 1):1995-09	VDE 0308 Teil 1
EN 60243-1:1998	IEC 60243-1:1998	DIN EN 60243-1 (VDE 0303 Teil 21):1999-03	VDE 0303 Teil 21
–	IEC 60250:1969	DIN VDE 0303-4 (VDE 0303 Teil 4):1969-12*)	VDE 0303 Teil 4
HD 438 S1:1984	IEC 60345:1971	DIN IEC 60345 (VDE 0303 Teil 32):1996-08	VDE 0303 Teil 32
EN 60672-1:1995	IEC 60672-1:1995	DIN EN 60672-1 (VDE 0335 Teil 1):1996-05	VDE 0335 Teil 1
EN 60672-3:1997	IEC 60672-3:1997	DIN EN 60672-3 (VDE 0335 Teil 3):1999-02	VDE 0335 Teil 3
EN 61006:1993	IEC 61006:1991	DIN EN 61006:1994-07	–
prEN ISO 463:1996	E ISO/DIS 463:1996	–	–
–	ISO 758:1976	–	–
–	ISO 3534-1:1993	–	–

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	ISO 3611:1978	DIN 863-1:1999-04*)	–
–	ISO 6906:1984	DIN 862:1988-12	–
–	ISO 7500-1:1986	–	–
–	ISO 7884-8:1987	DIN ISO 7884-8:1998-02	–
*) nicht übereinstimmend			

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN 862, Messschieber; Anforderungen, Prüfung

DIN 863-1, Prüfen geometrischer Größen – Messschrauben – Teil 1: Bügelmessschrauben, Normalausführung; Begriffe, Anforderungen, Prüfung

DIN EN 60243-1 (VDE 0303 Teil 21), Elektrische Durchschlagfestigkeit von isolierenden Werkstoffen – Prüfverfahren – Teil 1: Prüfungen bei technischen Frequenzen (IEC 60243-1:1998); Deutsche Fassung EN 60243-1:1998

DIN EN 60672-1 (VDE 0335 Teil 1), Keramik- und Glasisolierstoffe – Teil 1: Begriffe und Gruppeneinteilung (IEC 60672-1:1995); Deutsche Fassung EN 60672-1:1995

DIN EN 60672-3 (VDE 0335 Teil 3), Keramik- und Glasisolierstoffe – Teil 3: Anforderungen für einzelne Werkstoffe (IEC 60672-3:1997); Deutsche Fassung EN 60672-3:1997

DIN EN 61006, Prüfmethode zur Bestimmung der Glasübergangstemperatur von Elektroisolierstoffen (IEC 61006:1991); Deutsche Fassung EN 61006:1993

DIN IEC 60093 (VDE 0303 Teil 30), 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 Teil 1), Standardbedingungen für die Anwendung vor und während der Prüfung von festen Elektroisolierstoffen (IEC 60212:1971); Deutsche Fassung HD 437 S1:1984

DIN IEC 60345 (VDE 0303 Teil 32), Verfahren zur Prüfung des elektrischen Widerstandes und des spezifischen elektrischen Widerstandes von Isolierstoffen bei erhöhten Temperaturen (IEC 60345:1971); Deutsche Fassung HD 438 S1:1984

DIN ISO 7884-8, Glas – Viskosität und viskosimetrische Festpunkte – Teil 8: Bestimmung der (dilatometrischen) Transformationstemperatur (ISO 7884-8:1987)

DIN VDE 0303-4 (VDE 0303 Teil 4), Bestimmung für elektrische Prüfungen von Isolierstoffen – Teil 4: Bestimmung der dielektrischen Eigenschaften

– Leerseite –

Deutsche Fassung

Keramik- und Glasisolierstoffe

Teil 2: Prüfverfahren
(IEC 60672-2:1999)

Ceramic and glass insulating materials –
Part 2: Methods of test
(IEC 60672-2:1999)

Matériaux isolants à base de céramique ou de verre –
Partie 2: Méthodes d'essai
(CEI 60672-2:1999)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2000-01-01 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, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, der Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik 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 15C/1049/FDIS, zukünftige 2. Ausgabe von IEC 60672-2, ausgearbeitet von dem SC 15C „Specifications“ des IEC/TC 15 „Insulating materials“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2000-01-01 als EN 60672-2 angenommen.

Diese Europäische Norm ersetzt HD 426.2 S1:1987.

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): 2000-10-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2003-01-01

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norm-Inhalt.

In dieser Norm sind die Anhänge A und ZA normativ.

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60672-2:1999 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Allgemeine Bemerkungen zu den Prüfungen	5
4 Farbstoffpenetrationsprüfung (Flüssigkeitsaufnahme)	7
5 Rohdichte und offene (scheinbare) Porosität	7
6 Biegefestigkeit	9
7 Elastizitätsmodul	12
8 Mittlerer thermischer Längenausdehnungskoeffizient	15
9 Spezifische Wärmekapazität	17
10 Wärmeleitfähigkeit	17
11 Temperaturwechselbeständigkeit	18
12 Glasübergangstemperatur (nur für Glaswerkstoffe)	20
13 Durchschlagfestigkeit	20
14 Stehspannung	22
15 Permittivitätszahl, Temperaturkoeffizient der Permittivitätszahl und Verlustfaktor	23
16 Spezifischer Durchgangswiderstand	24
Anhang A (normativ) Standardtemperaturen für Prüfungen	32
Literaturverzeichnis	33
Bild 1 – Apparatur zur Übertragung von hohem Druck auf die in einem Metallbehälter enthaltene Farbstofflösung	25
Bild 2 – Funktion der mechanischen Belastungsvorrichtung für Festigkeitsprüfungen und Formelzeichen	26
Bild 3 – Form, Formelzeichen und Abmessungen von Festigkeitsprobekörpern	27
Bild 4 – Durchbiegungsparameter und Verfahren zur Bestimmung von Durchbiegungen bei E-Modul-Bestimmungen	28
Bild 5 – Grafische Darstellung zur Bestimmung der Glasübergangstemperatur T_g von Gläsern	29
Bild 6 – Probekörper für Durchschlagfestigkeit und 1-Minuten-Stehspannung, Verfahren B	30
Bild 7 – Elektrodenanordnung für Messung der Durchschlagfestigkeit, Verfahren A	31
Tabelle 1 – Merkmale und zugehörige Mindestzahl an Probekörpern	6
Tabelle 2 – Dichte von destilliertem Wasser	9
Tabelle 3 – Abmessungen von Probekörpern und Belastungsvorrichtungen für verschiedene Gruppen keramischer Werkstoffe	11
Tabelle 4 – Probekörpermaße für Verfahren B (siehe auch Bild 6)	21
Tabelle 5 – Werte des Korrekturfaktors k für verschiedene Probekörperdicken	22
Tabelle A.1 – Standardtemperaturen für Prüfungen	32
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	34

Diese Norm umfasst die folgenden Teile mit dem Haupttitel „Keramik- und Glasisolierstoffe“:

Teil 1:1995 Begriffe und Gruppeneinteilungen;

Teil 2:1999 Prüfverfahren;

Teil 3:1997 Anforderungen für einzelne Werkstoffe.

Anhang A ist ein wesentlicher Teil dieser Norm.

Das Komitee hat beschlossen, dass diese Publikation bis 2008 gültig ist. An diesem Termin wird die Publikation gemäß dem Beschluss des Komitees entweder

- erneut bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine überarbeitete Fassung ersetzt oder
- ergänzt.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der IEC 60672 kann bei Keramik-, Glas- und glaskeramischen Werkstoffen für elektrische Isolierzwecke angewendet werden. Diese Norm gibt die Prüfverfahren an. Die erhaltenen Werte sind typisch für den Werkstoff, aus dem die Probekörper hergestellt sind. Da die keramischen Bauteile im Allgemeinen in Isolieranwendungen stark vom Probekörper abweichende Abmessungen und Formen haben, liefern die Ergebnisse dieser Prüfungen nur Anhaltswerte für die wirklichen Bauteileigenschaften. Einschränkungen durch die Formgebung und das Herstellungsverfahren werden angesprochen, soweit erforderlich.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Normen enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil dieses Teils der IEC 60672 sind. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig. Alle Normen unterliegen der Überarbeitung, und Vertragspartner, deren Vereinbarungen auf diesem Teil der IEC 60672 basieren, werden gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, ob die jeweils neuesten Ausgaben der im folgenden genannten Normen angewendet werden können. Die Mitglieder von IEC und ISO führen Verzeichnisse der gegenwärtig gültigen Internationalen Normen.

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 60243-1:1998, *Electric strength of insulating materials – Test methods – 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 60345:1971, *Method of test for electrical resistance and resistivity of insulating materials at elevated temperatures*

IEC 60672-1:1995, *Ceramic and glass insulating materials – Part 1: Definitions and classification*

IEC 60672-3:1997, *Ceramic and glass insulating materials – Part 3: Specifications for individual materials*

IEC 61006:1991, *Methods of test for the determination of the glass transition temperature of electrical insulating materials*

ISO/DIS 463, *Geometrical product specifications (GPS) – Dimensional measuring instruments – Dial gauges – Design and metrological requirements (Revision of ISO/R 463:1965)¹⁾*

ISO 758:1976, *Liquid chemical products for industrial use – Determination of density at 20 °C*

ISO 3534-1:1993, *Statistics – Vocabulary and symbols – Part 1: Probability and general statistical terms*

ISO 3611:1978, *Micrometer callipers for external measurement*

ISO 6906:1984, *Vernier callipers reading to 0,02 mm*

ISO 7884-8:1987, *Glass – Viscosity and viscometric fixed points – Part 8: Determination of (dilatometric) transformation temperature*

3 Allgemeine Bemerkungen zu den Prüfungen

3.1 Probekörper

Probekörper müssen unter möglichst ähnlichen Bedingungen, wie sie üblicherweise bei der Bauteilherstellung herrschen, und in ausreichender Zahl hergestellt werden, um repräsentativ für diese Bedingungen zu sein. Es ist zu beachten, dass die an Probekörpern ermittelten Ergebnisse vom Formgebungsverfahren und in vielen Fällen auch von der Oberflächenbehandlung abhängen. Diese Parameter sollten so weit wie möglich mit den Gegebenheiten bei der Produktion von Bauteilen identisch sein. Das Herstellungsverfahren der Probekörper ist im Prüfbericht anzugeben. Alle nach diesen Prüfverfahren bestimmten Messwerte haben nur für die vorgeschriebenen Probekörper Gültigkeit. Sie können nicht auf Probekörper und keramische Erzeugnisse anderer Form und Abmessung oder Herstellverfahren übertragen werden. Die Mindestzahl an Probekörpern ist für jedes Prüfverfahren [Tabelle 1](#) zu entnehmen.

ANMERKUNG Bei Probekörpern aus thermisch gefestigtem Glas ist der Zustand des Glases von folgenden Faktoren abhängig:

- thermische Ausdehnung unterhalb und oberhalb des Transformationsbereiches (siehe IEC 61006);
- Viskositäts-Temperaturbeziehung;
- Temperaturleitfähigkeit = (Wärmeleitfähigkeit)/(Spezifische Wärmekapazität x Rohdichte);
- elastische Eigenschaften;
- Temperatur bei Beginn der Kühlung;
- Wärmeübergangskoeffizient;
- Dicke und Gestalt des Glaserzeugnisses.

¹⁾ Zu veröffentlichen.

Als Folge der letztgenannten Eigenschaft haben Körper aus demselben Glas, aber unterschiedlicher Form und Dicke, verschiedene Spannungszustände, obwohl sie unter den selben Bedingungen vorgespannt wurden. Folglich ist es unmöglich, einen speziellen Probekörper herzustellen, der die Eigenschaften von vorgespannten Erzeugnissen anderer Gestalt und Dicke aufweist. Die physikalischen Eigenschaften von thermisch vorgespannten Glaserzeugnissen, die eine entsprechende Abhängigkeit vom Temperaturzustand aufweisen, können nur an dem Erzeugnis selbst bestimmt werden. Es wird daher empfohlen, möglichst dieses Verfahren anzuwenden. Das betrifft besonders Eigenschaften wie Biegefestigkeit, Temperaturwechselbeständigkeit, spezifischen Durchgangswiderstand und Verlustfaktor.

Tabelle 1 – Merkmale und zugehörige Mindestzahl an Probekörpern

Abschnitt	Prüfung	Zahl der Probekörper	Form und Größe
4	Farbstoffpenetrationsprüfung	3	Bruchstücke oder kleine Bauteile; siehe 4.2
5	Rohdichte/offene Porosität	3	Bruchstücke oder kleine Bauteile; siehe 5.2, Anmerkung
6	Biegefestigkeit	10	Siehe Tabelle 3
7	Elastizitätsmodul	3	Stabförmig, vorzugsweise mit einem Verhältnis des Abstandes der Mittelachsen der Auflagerollen zur Dicke von > 50; siehe 7.3
8	Thermischer Längenausdehnungskoeffizient	2	geräteabhängig
9	Spezifische Wärmekapazität	2	geräteabhängig
10	Wärmeleitfähigkeit	2	geräteabhängig; siehe 10.2
11	Temperaturwechselbeständigkeit	30	Stäbe, 10 mm Durchmesser und 120 mm Länge
12	Glasübergangstemperatur (T_g , nur für Glas)	2	geräteabhängig
13	Durchschlagfestigkeit	10	Scheiben, wie in 13.3 beschrieben
14	Stehspannung	10	Scheiben, wie in 13.3 beschrieben
15	Permittivitätszahl/Verlustfaktor	3	Scheiben in Einklang mit IEC 60250, wie in Abschnitt 15 beschrieben
16	Spezifischer Widerstand	2	Scheiben in Einklang mit IEC 60345, wie in Abschnitt 16 beschrieben

3.2 Darstellung der Ergebnisse

Im Prüfbericht sind anzugeben:

- Bezeichnung des Prüflabors;
- Bezugnahme auf diese Norm;
- Prüfdatum;
- genaue Bezeichnung des Werkstoffes (Typ, Hersteller, Formgebungsverfahren, Chargennummer, Herstellungsdatum usw., soweit sachdienlich);
- die durchgeführte Prüfung;
- Herstellungsverfahren, Form und Abmessungen der Probekörper und die geprüfte Stückzahl (Mindestzahl für jede Prüfung siehe Tabelle 1);
- relevante Prüfdetails der vorgenommenen Prüfung(en) (siehe hierzu die unter jeder Verfahrensanweisung aufgelisteten Anforderungen);
- Einzelwerte der Prüfergebnisse jedes Probekörpers;
- arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung jeder Untersuchung.

3.3 Vergleich mit den spezifizierten Grenzwerten

Zur Abschätzung, ob ein Werkstoff befriedigende Eigenschaften im Vergleich zu den in IEC 60672-3 spezifizierten Mindestanforderungen hat, muss der Mittelwert der festgelegten Zahl an Einzelprüfungen mit dem in IEC 60672-3 verlangten Maximal- oder Minimalwert oder dem zulässigen Bereich verglichen werden.

4 Farbstoffpenetrationsprüfung (Flüssigkeitsaufnahme)

ANMERKUNG 1 Diese Prüfung wird durchgeführt, um offene Porosität oder Mikrorisse nachzuweisen, bei deren Auftreten von dem Material Unzulänglichkeit bezüglich der elektrischen Durchschlagfestigkeit zu erwarten ist. Die Prüfung ist, mit Ausnahme von gesinterten Gläsern, für Glas nicht anwendbar. Die Prüfung sollte auch nicht für Reihenuntersuchung kleiner Bauteile auf Poren und Mikrorisse dienen, für die eine weniger belastende Prüfung angemessener ist, wie z. B. eine Prüfung mit Farbstofflösung im Vakuum.

ANMERKUNG 2 Für dunkle Werkstoffe muss der Farbstoff so ausgewählt werden, dass sich ein Kontrast zur natürlichen Werkstofffarbe ergibt. Fluoreszierende Lösungen können für diese Prüfung geeignet sein, jedoch nur, wenn sie wie in Abschnitt 4.4 beschrieben eingesetzt werden.

4.1 Prüfgerät

Das Prüfgerät muss aus einem für mindestens 30 MPa ausgelegten Druckkessel, einer Hochdruckpumpe und einem Druckmessgerät bestehen. Die Probekörper werden in der Farblösung untergetaucht, die entweder direkt in den Kessel eingefüllt wird oder sich in einem Metallbehälter im Inneren des Kessels befindet, in den der Druck über Hydrauliköl und eine Gummimembran oder einen Druckkolben übertragen wird (z. B. wie in Bild 1). Für die Probenkonditionierung wird ein Wärmeschrank benötigt, der eine Temperatur von $120\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ aufrecht erhalten kann.

4.2 Probekörper

Es sind Keramikbruchstücke zu verwenden. Die glasierte oder brennhautbedeckte Oberfläche darf nicht mehr als 25 % der Gesamtoberfläche betragen. Die Prüfung muss an Bruchstücken von mindestens drei getrennten Bauteilen oder Probekörpern durchgeführt werden.

4.3 Farbstoff

Die Farbstofflösung hat aus einer Lösung von typischerweise 1 g bis 3 g Farbstoff in 1 l Ethanol oder denaturiertem Alkohol oder einem anderen geeigneten Lösemittel zu bestehen.

ANMERKUNG 1 Zu den geeigneten, nicht-toxischen Farbstoffen gehören Xanthan/Triarylmethan-Mischungen.

ANMERKUNG 2 Gesundheits- und Umweltschutzaspekten sollte in angemessener Weise Beachtung geschenkt werden, was den Gebrauch und die Entsorgung organischer Farbstoffe und Lösemittel betrifft.

4.4 Prüfverfahren

Die Probekörper müssen fettfrei und sauber sein und, wenn nötig, gewaschen werden. Die Probekörper müssen vor der Prüfung bei $120\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ mindestens 3 h trocknen und werden dann zu Bruchstücken mit angemessenen Abmessungen gebrochen.

Die Probekörper werden in der Farbstofflösung untergetaucht, die sich entweder direkt im Druckkessel befindet oder in einem Metallbehälter, der mit einem Gummiverschluss oder mit einem Druckstempel verschlossen ist und dann in den Druckkessel eingesetzt wird. Das System muss mit mindestens 15 MPa beaufschlagt werden, wobei die Zeit so zu wählen ist, dass das Produkt aus Druck in Megapascal (MPa) und Zeit in Stunden (h) mindestens 180 ergibt. Nach angemessener Zeit werden die Bruchstücke dem System entnommen, mit Wasser abgewaschen, getrocknet und zerschlagen. Die frischen Bruchflächen werden mit bloßem Auge auf Spuren eingedrungener Farbstoffe untersucht. Diese Oberflächen dürfen kein Eindringen zeigen. Farbstoff in kleinen Rissen, die beim Herstellen der Bruchstücke entstanden sind, dürfen nicht in Betracht gezogen werden.

4.5 Prüfbericht

Ergänzend zu den unter Punkt a) bis i) in 3.2 geforderten Informationen hat der Prüfbericht folgendes zu enthalten:

- a) den Druck in MPa und die Zeit unter Druck in h;
- b) Abmessung, Form und Zahl der Probekörper und der daraus hergestellten Bruchstücke;
- c) den Befund, ob Farbstoff in eine der Bruchflächen des Bruchstückes eingedrungen ist oder nicht.

5 Rohdichte und offene (scheinbare) Porosität

ANMERKUNG 1 Das Verfahren ist nicht für die Bestimmung von offenen Porositäten der Größenordnung kleiner 0,5 % – volumenbezogen – geeignet, da in diesem Bereich keine zuverlässigen Werte ermittelt werden können. Das Vorhandensein von Porositäten dieser Größenordnung kann mit der unter Abschnitt 4 beschriebenen Farbstoffpenetrationsprüfung zuverlässiger nachgewiesen werden.

ANMERKUNG 2 Diese Prüfung eignet sich für die Bestimmung des spezifischen Rohvolumens von Werkstoffen. Es sollte beachtet werden, dass ein Bauteil mit undurchlässiger Brennhaut durchaus offene Porosität in seinem Volumen aufweisen kann.

ANMERKUNG 3 Die Verwendung anderer Flüssigkeiten als Tauchmedien statt destilliertem Wasser ist zulässig, wenn die Dichte dieser Flüssigkeit auf $\pm 0,001\text{ Mg m}^{-3}$ bei Prüftemperatur bestimmt wird. Verwendbare Flüssigkeiten sind Paraffin, Butanol und andere wenig flüchtige organische Flüssigkeiten.

ANMERKUNG 4 Bei gegenseitiger Zustimmung dürfen andere Verfahren, z. B. Gaspyknometrie, angewendet werden, aber die Ergebnisse können von denen abweichen, die bei den nachfolgend beschriebenen Verfahren erhalten werden.

5.1 Prüfgerät

Für die Prüfung ist folgende Vorrichtung erforderlich:

- a) eine Unterflurwaage (zur Bestimmung des Gewichtes eines in einer Flüssigkeit untergetauchten Probekörpers), die auf $\pm 0,01$ g misst;
- b) eine Aufhängung aus dünnem, entfettetem Draht mit nicht mehr als 0,20 mm Durchmesser;
- c) entweder

Verfahren A: ein gasdichter Behälter (Glasglocke oder Exsikkator), der mit einer Vakuumpumpe verbunden ist und Anschlüsse für Druckmessung und Flüssigkeitszugabe besitzt, oder

Verfahren B: ein Behälter, in dem Wasser gekocht werden kann und der ein weitmaschiges Gitter aus nicht korrodierendem Material enthält, mit dem Probekörper mit mindestens 10 mm Abstand vom Behälterboden gelagert werden können.

ANMERKUNG Aus Sicherheitsgründen darf Verfahren B nicht angewendet werden, wenn brennbare Flüssigkeiten verwendet werden.

- d) ein Wärmeschrank zum Trocknen von Probekörpern;
- e) ein fusselfreies Tuch zum Abtupfen anhaftender Flüssigkeit;
- f) eine Versorgung mit deionisiertem oder frisch destilliertem Wasser oder sonstige verwendbare Flüssigkeit (siehe [Abschnitt 5](#), Anmerkung 3).

5.2 Probekörper

Mindestens drei Probekörper sind zu prüfen. Wenn eine Bestimmung der offenen Porosität verlangt ist, muss jeder Probekörper aus mindestens drei Bruchstücken bestehen. Das Gesamtgewicht muss 50 g bis 80 g betragen, und es darf nicht mehr als 25 % der Oberfläche mit Glasur oder Brennhaut bedeckt sein. Alle lockeren Partikel, die sich während der Prüfung ablösen könnten, und anhaftender Staub müssen vor der Prüfung durch Bürsten entfernt werden.

ANMERKUNG Wenn Dichtebestimmungen von einzelnen kleinen Bauteilen verlangt werden, die weniger als 50 g wiegen, darf das beschriebene Verfahren unter der Voraussetzung angewendet werden, dass die Unsicherheit der Wägung bei Probekörpern über $3 \text{ g} \pm 0,001 \text{ g}$ und bei Probekörpern zwischen 1 g und $3 \text{ g} \pm 0,0001 \text{ g}$ beträgt. Für Bauteile mit einer Masse kleiner als 1 g sind die nachfolgend beschriebenen Verfahren nicht geeignet, und es sollte eine gewisse Anzahl Bauteile geprüft werden, um die Gesamtmasse zu erhöhen. Die Masse eines einzelnen Bauteiles sollte nicht unter 0,1 g liegen.

5.3 Prüfverfahren

Die Probekörper werden im Wärmeschrank bei $120^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ bis zur Gewichtskonstanz (m_o) getrocknet, mindestens aber 2 h.

Verfahren A: Die Probekörper werden in eine geeignete Schale im Vakuumbehälter gegeben. Der Behälter wird geschlossen und bis zu einem Restdruck von 3 kPa evakuiert, der 5 min zu halten ist. Der Behälter wird von der Vakuumpumpe getrennt, und auf stetigen Druckanstieg wird geachtet. Wenn ein Anstieg um mehr als 4 kPa innerhalb von 5 min eintritt, ist der Entgasungsprozess der Probekörper noch nicht abgeschlossen. Dann wird die Vakuumpumpe wieder angeschlossen und der Vorgang wiederholt, bis innerhalb einer 5-min-Periode mit abgetrennter Vakuumpumpe keine signifikante Veränderung mehr eintritt. Frisch abgekochtes destilliertes Wasser von $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ wird in die Schale zu dem Probekörper gegeben, bis der Probekörper bedeckt ist, und das Vakuum wird weitere 5 min aufrecht erhalten. Danach trennt man die Vakuumpumpe vom Behälter, lässt Luft einströmen und entnimmt die Schale mit dem Probekörper. Niedrig poröse Werkstoffe werden mindestens 6 Stunden in dem destillierten Wasser belassen.

Verfahren B: Die Probekörper-Bruchstücke werden in den Behälter gelegt und mit destilliertem Wasser bedeckt. Das Wasser muss mindestens 30 min kochen, die Abkühlung auf Raumtemperatur hat ebenfalls unter Wasserbedeckung der Bruchstücke zu erfolgen und mindestens 6 h müssen sie in destilliertem Wasser bleiben.

ANMERKUNG Verfahren A und Verfahren B liefern nicht zwangsläufig exakt gleiche Ergebnisse bei der Bestimmung der offenen Porosität. Verfahren B wird als weniger effektiv zur Verdrängung der Porenluft angesehen.

Die Probekörper werden bei beiden Verfahren mit einer Aufhängevorrichtung aus dünnem, sauberem Draht unter Wasser gewogen (m_w). Nach Entnahme der Probekörper, die wieder in destilliertes Wasser gelegt werden, wird das Gewicht der Aufhängevorrichtung allein bei gleicher Eintauchtiefe bestimmt (m_s). Die Wassertemperatur (T) wird auf 0,1 K gerundet angegeben. Die Probekörper-Bruchstücke werden dem Wasser entnommen, oberflächlich anhaftendes Wasser mit dem fusselfreien Tuch entfernt und in Luft gewogen (m_h).

5.4 Berechnung der Ergebnisse

Die Rohdichte (ρ_a) und die offene (scheinbare) Porosität (p_a) werden folgendermaßen berechnet:

$$\rho_a = \frac{m_o \times \rho_w}{m_h - m_w + m_s} \quad p_a = \frac{m_h - m_o}{m_h - m_w + m_s} \times 100 \quad (1)$$