

DIN EN 820-5

ICS 81.060.30

Ersatz für
DIN CEN/TS 820-5:2004-04

**Hochleistungskeramik –
Thermomechanische Eigenschaften monolithischer Keramik –
Teil 5: Bestimmung der elastischen Moduln bei erhöhten Temperaturen;
Deutsche Fassung EN 820-5:2009**

Advanced technical ceramics –
Thermomechanical properties of monolithic ceramics –
Part 5: Determination of elastic moduli at elevated temperatures;
German version EN 820-5:2009

Céramiques techniques avancées –
Propriétés thermomécaniques des céramiques monolithiques –
Partie 5: Détermination des modules élastiques à températures élevées;
Version allemande EN 820-5:2009

Gesamtumfang 28 Seiten

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 820-5:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 184 „Hochleistungskeramik“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 062-02-91 AA „Prüfung von Hochleistungskeramik — Monolithische Werkstoffe“ im Normenausschuss Materialprüfung (NMP).

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechende Deutsche Norm hingewiesen:

ISO 463 siehe DIN EN ISO 463
ISO 3611 siehe DIN 863-1

Änderungen

Gegenüber DIN CEN/TS 820-5:2004-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Inhalt redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN CEN/TS 820-5: 2004-04

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

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

DIN EN ISO 463, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Längenmessgeräte — Konstruktionsmerkmale und messtechnische Merkmale für mechanische Messuhren*

Deutsche Fassung

**Hochleistungskeramik —
Thermomechanische Eigenschaften monolithischer Keramik —
Teil 5: Bestimmung der elastischen Moduln bei erhöhten
Temperaturen**

Advanced technical ceramics —
Thermomechanical properties of
monolithic ceramics —
Part 5: Determination of elastic moduli at elevated
temperatures

Céramiques techniques avancées —
Propriétés thermomécaniques des céramiques
monolithiques —
Partie 5: Détermination des modules élastiques à
température élevées

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 12. Juni 2009 angenommen.

Die CEN-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 Management-Zentrum des CEN oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

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

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



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	5
4 Prüfverfahren A: Statisches Biegeverfahren	5
4.1 Kurzbeschreibung	5
4.2 Geräte	5
4.3 Proben	8
4.4 Durchführung	9
4.5 Berechnung der Ergebnisse	9
4.6 Genauigkeit und Wechselwirkungen	11
5 Prüfverfahren B: Resonanzverfahren	12
5.1 Kurzbeschreibung	12
5.2 Geräte	12
5.3 Proben	15
5.4 Durchführung	15
5.5 Berechnung der Ergebnisse	16
5.6 Genauigkeit und Wechselwirkungen	18
6 Prüfverfahren C: Impulsanregungsverfahren	18
6.1 Kurzbeschreibung	18
6.2 Geräte	18
6.3 Proben	22
6.4 Durchführung	22
6.5 Berechnung der Ergebnisse	22
6.6 Genauigkeit und Wechselwirkungen	23
7 Prüfbericht	24
7.1 Allgemeines	24
7.2 Verfahren A	24
7.3 Verfahren B	24
7.4 Verfahren C	25
Literaturhinweise	26

Vorwort

Dieses Dokument (EN 820-5:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 184 „Hochleistungskeramik“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Januar 2010, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Januar 2010 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können, ohne dass diese vorstehend identifiziert wurden. CEN [und/oder] CENELEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Dieses Dokument ist Ersatz von CEN/TS 820-5:2004.

EN 820 *Hochleistungskeramik — Thermomechanische Eigenschaften monolithischer Keramik* besteht aus fünf Teilen:

- *Teil 1: Bestimmung der Biegefestigkeit bei erhöhten Temperaturen*
- *Teil 2: Bestimmung der Verformung unter Eigengewicht*
- *Teil 3: Bestimmung der Thermoschockbeständigkeit mit dem Wasserabschreckversuch*
- *Teil 4: Bestimmung der Kriechverformung unter Biegebeanspruchung bei erhöhten Temperaturen*
- *Teil 5: Bestimmung der elastischen Moduln bei erhöhten Temperaturen*

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von EN 820 legt Verfahren zum Bestimmen der elastischen Moduln, insbesondere des Elastizitätsmoduls, des Schermoduls und der Poissonzahl, von monolithischen Hochleistungskeramiken bei Temperaturen über Raumtemperatur fest. Die Norm legt drei alternative Verfahren zum Bestimmen aller drei genannten oder einzelner dieser Parameter fest:

- A Bestimmung des Elastizitätsmoduls durch statisches Biegen eines dünnen Balkens in einem Drei-Punkt- oder Vier-Punkt-Biegeversuch;
- B Bestimmung des Elastizitätsmoduls durch erzwungene Längsresonanz oder des Elastizitätsmoduls, des Schermoduls und der Poissonzahl durch erzwungene Biege- und Torsionsresonanz eines dünnen Balkens;
- C Bestimmung des Elastizitätsmoduls aus der Grundeigenfrequenz eines durch Schlag angeregten Stabes (Impulsanregungsverfahren).

Dieser Teil von EN 820 erweitert die bereits definierten Verfahren für Raumtemperatur, die in EN 843-2 festgelegt sind, für die Anwendung bei erhöhten Temperaturen. Jedes dieser Prüfverfahren setzt die Verwendung homogener Proben aus linear elastischem Werkstoff voraus. Des Weiteren werden für die Prüfung isotrope elastische Eigenschaften der Probe vorausgesetzt. Bei hohen Porositätsgraden sind möglicherweise alle diese Verfahren ungeeignet. Die maximale Korngröße (siehe EN 623-3) sollte, mit Ausnahme der bewusst zugegebenen Haarkristalle, weniger als 10 % des kleinsten Maßes der Probe betragen.

ANMERKUNG 1 Das Verfahren C in EN 843-2, das auf Ultraschall-Laufzeitmessung beruht, wurde in diesem Teil von EN 820 nicht berücksichtigt. Obwohl das Verfahren zur Anwendung geeignet ist, liegt es aufgrund der Spezialisierung für die meisten Laboratorien außerhalb der Möglichkeiten. Außerdem gelten strenge Einschränkungen hinsichtlich der Probengeometrie und der Verfahren zum Erreichen der Impulsübertragung. Aus diesen Gründen wurde das Verfahren nicht in EN 820-5 aufgenommen.

ANMERKUNG 2 Der obere Temperaturgrenzwert für diese Prüfung hängt von den Eigenschaften der Proben ab und kann durch ein Erweichen während der Prüfung begrenzt sein. Für das Verfahren A können zusätzlich Einschränkungen gelten, die durch die Wahl der Werkstoffe für die Belastungseinrichtung festgelegt sind.

ANMERKUNG 3 Die Verfahren B und C können für Werkstoffe mit signifikanten Porositätsgraden (d. h. > 15 %), die eine Abschwächung hervorrufen und einen Nachweis der Resonanzen bzw. der Eigenfrequenzen nicht zulassen, ungeeignet sein.

ANMERKUNG 4 Dieses Verfahren berücksichtigt nicht die Einflüsse der thermischen Ausdehnung, d. h., die Messungen beruhen auf den Maßen bei Raumtemperatur. In Abhängigkeit von der Verwendung der erhaltenen Daten kann eine weitere Berichtigung durch Multiplikation eines jeden geometrischen Maßes in den betreffenden Gleichungen mit dem Faktor $(1 + \bar{\alpha} \Delta T)$ erforderlich sein; hierbei ist $\bar{\alpha}$ der mittlere lineare Ausdehnungskoeffizient über den Temperaturbereich ΔT , ausgehend von der Raumtemperatur.

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).

EN 820-1, *Hochleistungskeramik — Monolithische Keramik — Thermomechanische Eigenschaften — Teil 1: Bestimmung der Biegefestigkeit bei erhöhten Temperaturen*

EN 843-1:2006, *Hochleistungskeramik — Mechanische Eigenschaften monolithischer Keramik bei Raumtemperatur — Teil 1: Bestimmung der Biegefestigkeit*

EN 60584-2, *Thermopaare — Teil 2: Grenzabweichungen der Thermospannungen (IEC 60584-2:1982 + A1:1989)*

EN ISO 7500-1, *Metallische Werkstoffe — Prüfung von Prüfmaschinen für statische einachsige Beanspruchung — Teil 1: Zug- und Druckprüfmaschinen — Prüfung und Kalibrierung der Kraftmesseinrichtungen (ISO 7500-1:2004)*

EN ISO/IEC 17025, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025:2005)*

ISO 463, *Geometrical Product Specifications (GPS) — Dimensional measuring equipment — Design and metrological characteristics of mechanical dial gauges*

ISO 3611, *Micrometer callipers for external measurements*

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

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Elastizitätsmodul

in einem Werkstoff erforderliche Spannung, um eine spezifische Formänderung in Form einachsiger Dehnung oder Stauchung zu erzeugen

3.2

Schermodul

in einem Werkstoff erforderliche Scherspannung, um eine spezifische Winkelverzerrung zu erzeugen

3.3

Poissonzahl

negativer Wert des Quotienten aus Querdehnung und Längsdehnung eines elastischen Körpers, der in Längsrichtung beansprucht wird

3.4

statische Elastizitätsmoduln

Elastizitätsmoduln, die in einem isothermen Zustand bei statischer oder quasistatischer Beanspruchung bestimmt werden

3.5

dynamische Elastizitätsmoduln

Elastizitätsmoduln, die nicht quasistatisch bestimmt werden, d. h. unter adiabatischen Bedingungen wie bei den Resonanz-, Ultraschallimpuls- oder Impulsanregungsverfahren

4 Prüfverfahren A: Statisches Biegeverfahren

4.1 Kurzbeschreibung

Mit Drei-Punkt- oder Vier-Punkt-Biegung einer dünnen balkenförmigen Probe wird die elastische Verformung gemessen, aus der der Elastizitätsmodul nach den Gleichungen für dünne Balken berechnet werden kann.

4.2 Geräte

4.2.1 Belastungseinrichtung, die hinsichtlich ihrer Funktion mit der in EN 820-1 festgelegten Einrichtung zum Prüfen der Biegefestigkeit bei erhöhter Temperatur übereinstimmt, d. h., die Auflager- und Belastungsrollen müssen frei drehbar und gelenkig gelagert sein, um die in EN 843-1 beschriebene axiale und gleichmäßige Beanspruchung sicherzustellen. Die Belastungseinrichtung muss aus Werkstoffen bestehen, die nicht mit der Probe in Wechselwirkung treten und bei der höchsten Prüftemperatur weitestgehend elastisch bleiben. Eine typische Anordnung ist in Bild 1 dargestellt.

ANMERKUNG 1 Ein Gelenk ist bei Proben mit sorgfältig geschliffenen, ebenen und parallelen Stirnflächen nicht unbedingt erforderlich.

Der äußere Auflagerabstand der Belastungseinrichtung muss mindestens 40 mm betragen.

ANMERKUNG 2 Wenn die Verschiebung nach dem Verfahren 1 (siehe 4.2.5) zu messen ist, wird ein Auflagerabstand bis zu 100 mm oder ein Abstand-Dicke-Verhältnis über 20 empfohlen, damit große Verschiebungen erhalten werden und sichergestellt wird, dass die elastische Nachgiebigkeit der Prüfmaschine beim Messen der Verschiebung als Querschiebung einer kleinen Korrektur entspricht.

Die Belastungseinrichtung darf entweder eine die Drei-Punkt- oder Vier-Punkt-Biegung sein. Das Verfahren mit Vier-Punkt-Biegung ist erforderlich, wenn die Verschiebung mit einem Differential-Messwandler bestimmt wird.

4.2.2 Mechanische Prüfmaschine, in der Lage, eine Kraft mit konstanter Verschiebungsgeschwindigkeit auf die Belastungseinrichtung aufzubringen. Die Prüfmaschine muss mit einer Vorrichtung zum Aufzeichnen der zu jedem Zeitpunkt an der Belastungseinrichtung anliegenden Kraft ausgestattet sein. Die Messunsicherheit der Prüfmaschine muss EN ISO 7500-1, Klasse 1 (1 % der angezeigten Kraft), entsprechen und die Aufzeichnung muss mit höherer Empfindlichkeit als 0,1 % der angewendeten Höchstkraft erfolgen können.

4.2.3 Beheizbares Gehäuse mit Temperaturregelung, das die Probe umgibt und zum Erreichen der vorgesehenen Höchsttemperatur und deren Aufrechterhaltung auf $\pm 2^\circ\text{C}$ bei Temperaturen bis zu $1\,000^\circ\text{C}$ bzw. $\pm 4^\circ\text{C}$ bei höheren Temperaturen geeignet ist.

ANMERKUNG Es kann mit Luft- bzw. Inertgasatmosphäre oder mit Vakuum im beheizten Gehäuse gearbeitet werden. Besonders bei der Anwendung des Vakuums sollten Anstrengungen unternommen werden, dass die korrekte Aufzeichnung der an der Probe angelegten Kraft durch das außerhalb des Gehäuses befindliche Kraftmessgerät sichergestellt ist und die Reibung oder der elastische Widerstand in Dichtungs- oder Balgsystemen berücksichtigt wird.

4.2.4 Thermopaar nach EN 60584-2, zum Messen der Probentemperatur. Das Thermopaar muss in nächster Nähe zur Probe platziert sein, darf diese jedoch nicht berühren.

4.2.5 Verschiebungs-Messeinrichtung zum Aufzeichnen der Verschiebung der beanspruchten Probe nach einem der beiden folgenden Verfahren:

Verfahren 1: Aufzeichnen der scheinbaren Verschiebung des Querschnitts der Prüfmaschine bei Beanspruchung der Probe in der Belastungseinrichtung und nach Ersatz der Probe durch einen keramischen Stab mit einer Dicke von mindestens 15 mm, dessen Stirnflächen eben und innerhalb von 0,05 mm parallel sind. Die Differenz zwischen diesen Verschiebungen ist der Probenverschiebung in der Belastungseinrichtung äquivalent. Das Aufzeichnungsgerät für die Verschiebung (Diagrammschreiber, digitales Anzeigegerät usw.) muss durch vergleichende Maschinenquerschnitt-Verschiebung, die auf einer das Maschinenquerschnitt berührenden Messuhr angezeigt wird, kalibriert werden oder durch eine andere geeignete kalibrierte Verschiebungs-Messeinrichtung. Die Messuhr muss in Übereinstimmung mit ISO 463 bzw., anderenfalls, die alternative Einrichtung durch Zertifikat Fehlergrenzen von 0,01 mm sicherstellen.

Die Teile des Belastungszuges, die erhöhten Temperaturen ausgesetzt werden, müssen aus Werkstoffen bestehen, die bei der höchsten Prüftemperatur elastisch bleiben.

Verfahren 2: Messen der Verschiebung der Probe mit einem Messwandler-Extensometer, das bei der Drei-Punkt- oder Vier-Punkt-Biegung die Probenoberfläche zwischen den Auflager-Belastungsrollen an mindestens zwei definierten Stellen berührt. Die definierten Punkte müssen vorzugsweise sein:

- bei Vier-Punkt-Biegung: die Mitte des Auflagerabstandes und eine oder beide Belastungsrollen (siehe, z. B., Bild 1, rechts);
- bei Drei-Punkt-Biegung: die Mitte des Abstandes und eine oder beide Auflagerrollen (siehe, z. B., Bild 1, links).

ANMERKUNG Mit den in 4.5 angegebenen Gleichungen werden diese bevorzugten Positionen angenommen. Andere Positionen zum Nachweis der Verschiebung erfordern alternative Lösungswege.

Der Messwandler muss Bewegungen auf 0,001 mm nachweisen können, seine Ausgangsgrößen müssen auf 1 % linear über den erwarteten Verschiebungsbereich während dieser Prüfung sein, und seine Empfindlichkeit muss auf 0,1 % kalibriert sein.

Die Teile des Extensometers, die erhöhten Temperaturen ausgesetzt werden, müssen bis zur höchsten Prüftemperatur elastisch bleiben und deren Spitzen dürfen mit der Probe nicht in Wechselwirkung treten (siehe auch EN 820-1).

4.2.6 Messschraube nach ISO 3611, zum Messen auf 0,01 mm.

4.2.7 Messuhr nach ISO 463, oder ein anderes geeignetes kalibriertes Gerät zum Messen der Verschiebung auf 0,01 mm.