

DIN EN ISO 20504



ICS 81.060.30

Entwurf

Einsprüche bis 2015-12-09
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 658-2:2003-03

**Hochleistungskeramik –
Bestimmung der Eigenschaften unter Druck von endlosfaserverstärkten
Verbundwerkstoffen bei Raumtemperatur (ISO 20504:2006);
Deutsche und Englische Fassung FprEN ISO 20504:2015**

Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) –
Test method for compressive behaviour of continuous fibre-reinforced composites at room
temperature (ISO 20504:2006);
German and English version FprEN ISO 20504:2015

Céramiques techniques –
Méthode d'essai de résistance à la compression des composites renforcés de fibres continues
à température ambiante (ISO 20504:2006);
Version allemande et anglaise FprEN ISO 20504:2015

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2015-10-09 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 online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe
der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort
wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nmp@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im
Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter
www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP), 10772 Berlin (Hausanschrift:
Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin).

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

Gesamtumfang 56 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Der Text von ISO 20504:2006 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 206 „Fine ceramics“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als FprEN ISO 20504:2015 durch das Technische Komitee CEN/TC 184 „Hochleistungskeramik“ übernommen, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 062-02-94 AA „Prüfung von Hochleistungskeramik - Keramische Verbundwerkstoffe“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der FprEN ISO 20504 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 3611	siehe DIN EN ISO 3611
ISO 7500-1	siehe DIN EN ISO 7500-1
ISO 9513	siehe DIN EN ISO 9513
ISO 14126	siehe DIN EN ISO 14126
ISO/IEC 17025	siehe DIN EN ISO/IEC 17025

Änderungen

Gegenüber DIN EN 658-2:2003-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Übernahme der ISO 20504:2006.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

- [1] DIN EN ISO 3611, Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Längenmessgeräte: Bügelmessschrauben — Konstruktionsmerkmale und messtechnische Merkmale
- [2] DIN EN ISO 7500-1, Metallische Werkstoffe — Prüfung von statischen einachsigen Prüfmaschinen — Teil 1: Zug- und Druckprüfmaschinen — Prüfung und Kalibrierung der Kraftmesseinrichtung
- [3] DIN EN ISO 9513, Metallische Werkstoffe — Kalibrierung von Längenänderungs-Messeinrichtungen für die Prüfung mit einachsiger Beanspruchung
- [4] DIN EN ISO 14126, Faserverstärkte Kunststoffe — Bestimmung der Druckeigenschaften in der Laminebene
- [5] DIN EN ISO/IEC 17025, Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien

Hochleistungskeramik — Bestimmung der Eigenschaften unter Druck von endlosfaserverstärkten Verbundwerkstoffen bei Raumtemperatur (ISO 20504:2006)

Céramiques techniques — Méthode d'essai de résistance à la compression des composites renforcés de fibres continues à température ambiante (ISO 20504:2006)

Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) — Test method for compressive behaviour of continuous fibre-reinforced composites at room temperature (ISO 20504:2006)

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: einstufiges Annahmeverfahren
Dokument-Sprache: D
STD Version 2.5a

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	4
4 Kurzbeschreibung	6
5 Prüfeinrichtung	7
5.1 Prüfmaschine	7
5.2 Krafteinleitungssystem	7
5.3 Stauchungsmessung	8
5.3.1 Allgemeines	8
5.3.2 Dehnungsmessstreifen	8
5.3.3 Extensometrie	8
5.4 Datenerfassungssystem	8
5.5 Längenmessgeräte	9
6 Probekörper	9
6.1 Allgemeines	9
6.2 Druckprüfung mit Druckplatten	9
6.3 Probekörper für die Druckprüfung mit Einspanneinrichtung	11
7 Vorbereitung der Probekörper	15
7.1 Bearbeitung und Vorbereitung	15
7.2 Anzahl der Probekörper	15
8 Durchführung der Prüfung	15
8.1 Prüfmodus und Prüfgeschwindigkeit	15
8.2 Bestimmung der Probekörpermaße	15
8.3 Knicken	15
8.4 Prüfverfahren	16
8.4.1 Einspannen des Probekörpers	16
8.4.2 Extensometer	16
8.4.3 Messungen	16
8.5 Gültigkeit der Prüfung	17
9 Auswertung	17
9.1 Herkunft des Probekörpers	17
9.2 Druckfestigkeit	17
9.3 Stauchung bei der Höchstdruckkraft	17
9.4 Proportionalitätsverhältnis oder Pseudo-Elastizitätsmodul, Elastizitätsmodul	18
9.5 Knickspannung	19
9.6 Runden der Ergebnisse	19
9.7 Mittelwert und Standardabweichung	19
10 Prüfbericht	20
Anhang A (informativ) Darstellung des Elastizitätsmoduls	21
Anhang B (normativ) Verifizierung der Ausrichtung	23
Anhang C (normativ) Grenzen für die Druckkraft zur Sicherstellung „wahren“ Versagens durch Bruch	25

Europäisches Vorwort

Der Text von ISO 20504:2006 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 206 „Fine ceramics“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als FprEN ISO 20504:2015 durch das Technische Komitee CEN/TC 184 „Hochleistungskeramik“ übernommen, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zum einstufigen Annahmeverfahren vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 658-2:2002 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 20504:2006 wurde vom CEN als FprEN ISO 20504:2015 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm beschreibt Verfahren zur Bestimmung der Eigenschaften unter Druck von endlosfaserverstärkten Verbundwerkstoffen mit keramischer Matrix bei Raumtemperatur. Dieses Verfahren gilt für alle keramischen Verbundwerkstoffe mit unidirektionaler (1D), bidirektionaler (2D) und mehrdirektionaler (x D, mit $2 < x \leq 3$) Endlosfaserverstärkung, die parallel zu einer der Hauptverstärkungsachsen beansprucht werden. Dieses Verfahren darf außerdem bei kohlenstofffaserverstärkten Verbundwerkstoffen mit Kohlenstoffmatrix (auch als Kohlenstoff/Kohlenstoff oder C/C bezeichnet) angewendet werden. Es werden zwei Fälle von Prüfungen unterschieden: Druckbeanspruchung zwischen Platten und Druckbeanspruchung unter Verwendung von Einspanneinrichtungen.

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).

ISO 3611, *Geometrical product specifications (GPS) — Dimensional measuring equipment: Micrometers for external measurements — Design and metrological characteristics*

ISO 7500-1, *Metallic materials — Verification of static uniaxial testing machines — Part 1: Tension/compression testing machines — Verification and calibration of the force-measuring system*

ISO 9513, *Metallic materials — Calibration of extensometer systems used in uniaxial testing*

ISO 14126, *Fibre-reinforced plastic composites — Determination of compressive properties in the in-plane direction*

ASTM E1012, *Standard Practice for Verification of Testing Frame and Specimen Alignment Under Tensile and Compressive Axial Force Application*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Messabschnitt

Teil des Probekörpers mit einer einheitlichen und minimalen Querschnittsfläche

3.2

Messabschnittslänge

l

Länge des Messabschnitts

3.3

Anfangsmesslänge

L_0

anfänglicher Abstand zwischen Bezugspunkten auf dem Probekörper innerhalb des Messabschnitts vor Beginn der Prüfung

3.4

endgültige Messlänge

L_f

endgültiger Abstand zwischen Bezugspunkten auf dem Probekörper innerhalb des Messabschnitts nach Beendigung der Prüfung

3.5

Anfangsquerschnittsfläche

A_0

anfängliche Querschnittsfläche des Messabschnitts

3.6

Längenänderung

ΔL

Änderung (Kontraktion) der Anfangsmesslänge durch Aufbringen einer uniaxialen Druckkraft

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Längenänderung bei Höchstkraft sollte als $\Delta L_{c,m}$ angegeben werden.

3.7

Stauchung

ε

als Verhältnis $\Delta L / \Delta L_0$ definierte relative Änderung der Messlänge

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Stauchung bei Höchstkraft wird als $\varepsilon_{c,m}$ angegeben.

3.8

Druckkraft

F_c

auf einen Probekörper aufgebrachte uniaxiale Druckkraft

3.9

Höchstdruckkraft

$F_{c,m}$

höchste uniaxiale Druckkraft, die bei einer Druckprüfung bis zum Bruch des Probekörpers auf diesen aufgebracht wurde

3.10

Druckspannung

σ

zu jedem Zeitpunkt der Prüfung auf den Probekörper aufgebrachte Druckkraft dividiert durch die Anfangsquerschnittsfläche, so dass $\sigma = F_c / A_0$

3.11

Druckfestigkeit

$S_{c,m}$

höchste auf den Probekörper aufgebrachte Druckspannung bis zum Bruch des Probekörpers

3.12

Proportionalitätsverhältnis oder Pseudo-Elastizitätsmodul

E_p

gegebenenfalls Anstieg des linearen Abschnitts der Spannungs-Stauchungs-Kurve

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Untersuchung der Spannungs-Stauchungs-Kurven von keramischen Verbundwerkstoffen führt zur Definition nachfolgender Fälle:

- Werkstoff mit einem linearen Abschnitt innerhalb der Spannungs-Stauchungs-Kurve:

Bei Verbundwerkstoffen mit keramischer Matrix, deren mechanisches Verhalten durch einen linearen Abschnitt innerhalb ihrer Spannungs-Stauchungs-Kurve charakterisiert ist, wird das Proportionalitätsverhältnis E_p definiert als:

$$E_p(\sigma_1, \sigma_2) = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} \quad (1)$$

Dabei liegen $(\varepsilon_1, \sigma_1)$ und $(\varepsilon_2, \sigma_2)$ nahe der unteren und oberen Grenze des linearen Abschnitts der Spannungs-Stauchungs-Kurve (siehe Bild A.1 und Bild A.2).

- Werkstoff ohne linearen Abschnitt innerhalb der Spannungs-Stauchungs-Kurve. In diesem Fall können nur Wertepaare bei festgelegten Spannungen oder festgelegten Stauchungen bestimmt werden.

3.13 Elastizitätsmodul

E

Proportionalitätsverhältnis oder Pseudo-Elastizitätsmodul in dem speziellen Fall, wenn der lineare Bereich nahe dem Ursprung beginnt

Siehe Bild A.2.

3.14 axiale Stauchung

Mittelwert der Stauchung in Längsrichtung des Probekörpers, die an festgelegten Stellen auf der Probekörperoberfläche gemessen wird

Siehe Anhang B.

3.15 Biegestauchung

Differenz zwischen der Stauchung in Längsrichtung des Probekörpers an einer bestimmten Stelle auf der Probekörperoberfläche und der axialen Stauchung an derselben Stelle

Siehe Anhang B.

3.16 Knickkraft

kritische, axial aufgebrachte Kraft, bei der ein anfänglich gerader Stab eine gekrümmte Form annimmt

3.17 kritische Knickspannung

kritische axiale Druckspannung, bei der ein anfänglich gerader Stab eine gekrümmte Form annimmt

4 Kurzbeschreibung

Ein Probekörper mit festgelegten Maßen wird auf Druck beansprucht. Die Druckprüfung wird üblicherweise bei konstanter Querhauptgeschwindigkeit oder konstanter Verformungsrate durchgeführt.

ANMERKUNG Konstante Beanspruchungsrate ist nur im Falle eines linearen Spannungs-Stauchungs-Verhaltens bis zum Bruch zulässig.

Bei Querkopfverschiebungsprüfungen wird eine konstante Geschwindigkeit empfohlen, wenn die Prüfung bis zum Bruch durchgeführt wird.

Die Kraft und die Längenänderung werden gemessen und gleichzeitig aufgezeichnet.

5 Prüfeinrichtung

5.1 Prüfmaschine

Die Prüfmaschine muss mit einem System zur Messung der auf den Probekörper aufgetragenen Kraft ausgerüstet sein, das mindestens der Klasse 1 nach ISO 7500-1 entspricht.

5.2 Krafteinleitungssystem

Das Krafteinleitungssystem besteht aus dem beweglichen und dem festen Querhaupt, den Führungsstäben und den Einspanneinrichtungen oder Druckplatten. Es dürfen zusätzlich Kupplungen im Krafteinleitungssystem verwendet werden, um die Einspanneinrichtungen oder Druckplatten mit den Führungsstäben zu verbinden.

Das Krafteinleitungssystem muss die Probekörperachse in Richtung der Kraftaufbringung ausrichten, ohne den Probekörper zu biegen oder zu verdrehen. Der Versatz des Probekörpers muss nach dem in Anhang B beschriebenen Verfahren verifiziert und dokumentiert werden. Die höchste prozentuale Biegung darf bei einer mittleren axialen Stauchung von 500×10^{-6} einen Wert von 5 nicht überschreiten.

Zwei alternative Arten der Kraftaufbringung sind möglich:

- a) an der Kraftzelle und am beweglichen Querhaupt werden Druckplatten befestigt. Die Planparallelität dieser Platten muss im Bereich der Kraftaufbringung weniger als 0,01 mm betragen und sie müssen rechtwinklig zur Richtung der Kraftaufbringung ausgerichtet sein.

ANMERKUNG 1 Wegen Knicken wird die Verwendung von Druckplatten bei der Druckprüfung von dünnen 1D- und 2D-Werkstoffen nicht empfohlen.

ANMERKUNG 2 Bei der Prüfung makroskopisch inhomogener Werkstoffe kann zwischen dem Probekörper und den Druckplatten ein nachgiebiges Zwischenschichtmaterial (nur aus Papier oder Pappe) verwendet werden, das dazu dient, einen gleichmäßigen Kontaktdruck sicherzustellen.

Wenn die Maße des Probekörpers so sind, dass Knicken auftreten kann, wird empfohlen, ähnliche Stützeinrichtungen, wie die in ISO 14126 beschriebenen, zu verwenden. Diese Einrichtungen sollten keine parasitären Spannungen (d. h. andere Spannungen als die gleichförmige uniaxiale Spannung) beim Aufbringen der Kraft auf den Probekörper einbringen.

- b) Zum Einspannen und Beanspruchen der Probekörper werden Einspanneinrichtungen verwendet. Die Gestaltung der Einspanneinrichtung muss verhindern, dass der Probekörper verrutscht, und die Einspanneinrichtungen müssen die Probekörperachse mit der Achse der aufgetragenen Kraft ausrichten.

Die Ausrichtung muss z. B. nach dem in Anhang B beschriebenen Verfahren verifiziert und dokumentiert werden.

5.3 Stauchungsmessung

5.3.1 Allgemeines

Für die kontinuierliche Messung der Längenänderung des Probekörpers als Funktion der aufgetragenen Kraft können entweder Dehnungsmessstreifen oder ein geeignetes Extensometer verwendet werden. Es wird ein Extensometer verwendet, das mindestens der Klasse 1 nach ISO 9513 entspricht. Es wird empfohlen, die Längenänderung über eine möglichst große Länge innerhalb der Messabschnittslänge des Probekörpers zu messen.

5.3.2 Dehnungsmessstreifen

Zur Verifizierung der Probekörperausrichtung werden Dehnungsmessstreifen verwendet. Sie dürfen auch zur Messung der Längenänderung während der Prüfung verwendet werden. In beiden Fällen müssen die Dehnungsmessstreifen so lang sein, dass die Ablesungen nicht durch lokale Eigenschaften auf der Probekörperoberfläche, z. B. Faserkreuzungen, beeinflusst werden. Sofern nachgewiesen werden kann, dass die Ablesungen der Dehnungsmessstreifen nicht übermäßig durch lokalisierte Spannungszustände, z. B. Faserkreuzungen, beeinflusst werden, sollten die Dehnungsmessstreifen in Längsrichtung nicht länger als 9 mm bis 12 mm und in Querrichtung nicht kürzer als 6 mm sein. Die Dehnungsmessstreifen, die Oberflächenvorbereitung und die verwendeten Kleber sollten so ausgewählt werden, dass sie ausreichende Leistung auf den Werkstoffen bieten. Es sollten geeignete Stauchungsbedingungen und Aufzeichnungseinrichtungen benutzt werden. Es muss sichergestellt werden, dass die Ablesungen der Dehnungsmessstreifen durch die Oberflächenvorbereitung und die verwendeten Kleber nicht beeinflusst werden.

5.3.3 Extensometrie

Die Linearitätsabweichung des Extensometers darf höchstens 0,15 % des verwendeten Messbereiches betragen. Extensometer müssen mindestens den Anforderungen der Klasse 1 nach ISO 9513 entsprechen.

Üblicherweise verwendete Arten von Extensometern sind in 5.3.3.1 und 5.3.3.2 beschrieben.

5.3.3.1 Mechanisches Extensometer

Bei einem mechanischen Extensometer entspricht die Messlänge dem Längsabstand zwischen zwei Punkten, an denen das Extensometer den Probekörper berührt. Das Befestigen des Extensometers am Probekörper muss verhindern, dass das Extensometer an den Berührungspunkten verrutscht, und darf unter den Berührungspunkten keine Störung verursachen. Die Berührungskräfte des Extensometers dürfen keine Biegung erzeugen, die größer als die nach 5.2 zulässige Biegung ist.

5.3.3.2 Elektrooptisches Extensometer

Elektrooptische Messungen erfordern Referenzmarkierungen am Probekörper. Dazu werden senkrecht zur Längsachse des Probekörpers auf der Probekörperoberfläche Stifte oder Markierungen angebracht. Die Messlänge entspricht dem Längsabstand zwischen den beiden Messmarken.

ANMERKUNG Die Verwendung integrierter Markierungen als Teil der Probekörpergeometrie wird aufgrund der durch diese erzeugten Spannungskonzentrationen nicht empfohlen.

5.4 Datenerfassungssystem

Zur Aufzeichnung der Kraft-Verformungs-Kurven darf ein kalibriertes Aufzeichnungsgerät verwendet werden. Es wird empfohlen, ein digitales Messwerterfassungssystem in Kombination mit einem analogen Aufzeichnungssystem zu verwenden.

5.5 Längenmessgeräte

Die für die Messung der linearen Probekörpermaße verwendeten Geräte müssen Fehlergrenzen von $\pm 0,1$ mm haben. Messschrauben müssen ISO 3611 entsprechen.

6 Probekörper

6.1 Allgemeines

Die Auswahl der Probekörpergeometrie hängt von verschiedenen Parametern ab:

- Art des Werkstoffes und Aufbau der Verstärkung;
- Art des Prüfsystems.

Der Widerstand des Probekörpers gegen Knicken hängt von dem Verhältnis der Länge eines zum Knicken neigenden Probekörpers zur Probekörperdicke sowie von der Steifigkeit des Werkstoffes ab.

Knickt der Probekörper, kann es erforderlich sein, die Probekörpermaße zu ändern oder hilfsweise eine Stützeinrichtung (z. B. feste Querführungen, die gegen den Probekörper gepresst werden, so dass sich dieser frei in Längsrichtung bewegen kann und Querbewegung verhindert wird).

Das Volumen des Probekörpers muss innerhalb der Messlänge für den Werkstoff repräsentativ sein.

Es können zwei Arten von Probekörpern unterschieden werden:

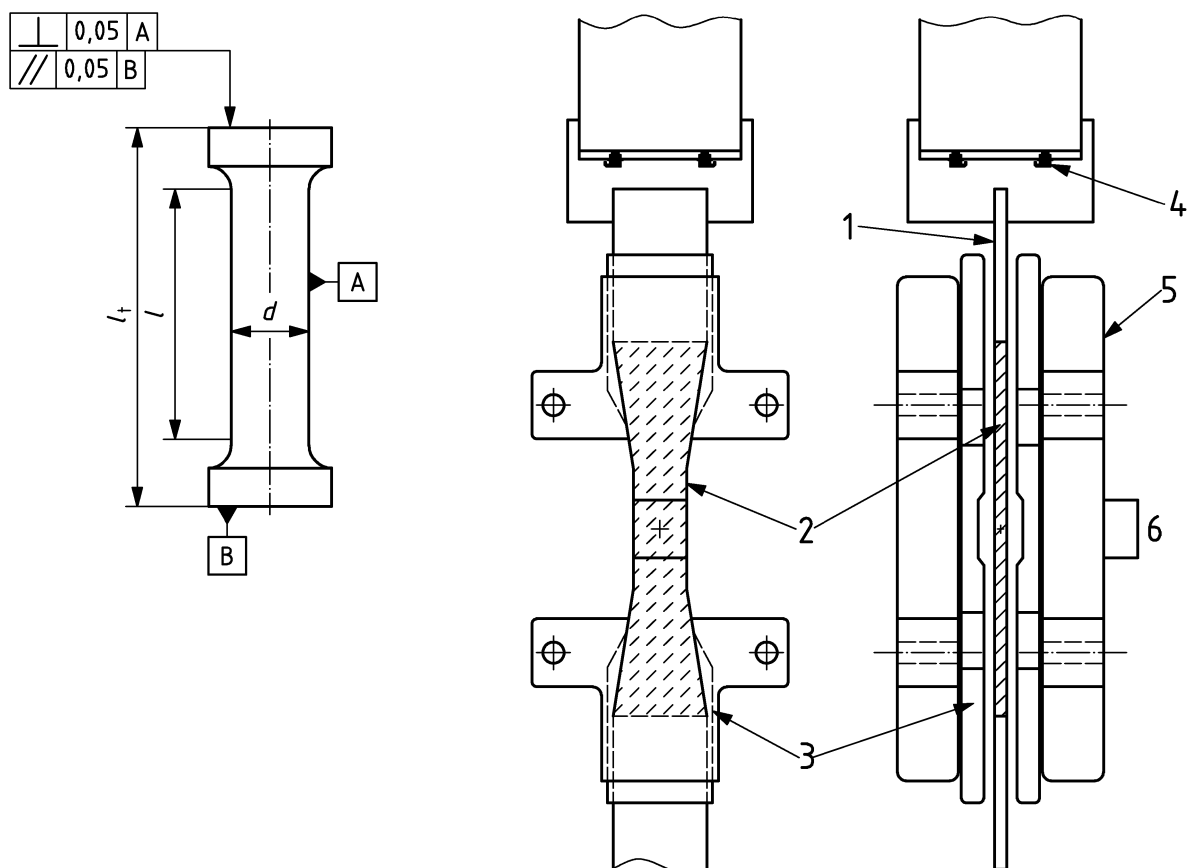
- a) Probekörper im Herstellungszustand, bei denen nur die Länge und die Breite maschinell bearbeitet wurden, um Probekörper mit der festgelegten Größe zu erhalten. In diesem Fall können die beiden Seiten des Probekörpers eine ungleichmäßige Oberfläche aufweisen, während die beiden Kanten gleichmäßig maschinell bearbeitete Flächen darstellen;
- b) nachbearbeitete Probekörper, bei denen die Länge und die Breite sowie auch die beiden Seiten des Probekörpers maschinell bearbeitet wurden und gleichmäßige Oberflächen aufweisen.

Die zulässige Abweichung der Probekörperdicke gilt nur für nachbearbeitete Probekörper. Bei unbearbeiteten Probekörpern darf der Dickenunterschied bei drei Messungen (in der Mitte und an jedem Ende der Messabschnittslänge des Probekörpers) höchstens 5 % des Mittelwertes der drei Messungen betragen.

6.2 Druckprüfung mit Druckplatten

Um Knicken und Beschädigungen durch Berührungskräfte an den Kanten zu vermeiden, dürfen Probekörpergeometrie und/oder nachgiebige Zwischenlagen angepasst werden.

Üblicherweise wird der Probekörper vom Typ 1 verwendet, der in Bild 1 dargestellt ist. In Tabelle 1 sind empfohlene Probekörpermaße angegeben.



a) Probekörper

b) Beispiel für eine Stützeinrichtung

Legende

- | | |
|------------------------|---------------------|
| 1 Belastungsamboss | 4 Dichtungsring |
| 2 Probekörper | 5 Rahmen |
| 3 seitliche Abstützung | 6 ungestützte Länge |

Bild 1 — Probekörper (Typ 1) für Druckprüfung zwischen Platten und Stützeinrichtung

Tabelle 1 — Maße für den Probekörper (Typ 1) für die Druckprüfung zwischen Platten

Maße in Millimeter

Parameter	1D, 2D, xD	Grenzabmaße
l , Messabschnittslänge	≥ 15	$\pm 0,5$
l_t , Gesamtlänge	$\geq 1,5 \times l$ mm	$\pm 0,5$
d , runder oder quadratischer Querschnitt: Durchmesser oder Seitenlänge	≥ 8	$\pm 0,2$
Parallelität bearbeiteter Teile	0,05	N/A
Rechtwinkligkeit bearbeiteter Teile	0,05	N/A
Mittigkeit bearbeiteter Teile	0,05	N/A

Der Probekörper vom Typ 2 hat eine zylindrische Form und wird nicht so häufig wie der Probekörper vom Typ 1 verwendet. Der Probekörper vom Typ 2 ist in Bild 2 dargestellt und empfohlene Maße sind in Tabelle 2 angegeben.

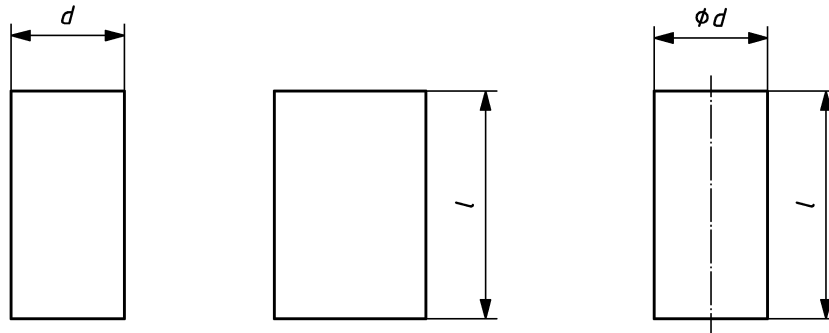


Bild 2 — Probekörper (Typ 2) für Druckprüfung zwischen Platten

Tabelle 2 — Maße für den Probekörper (Typ 2) für die Druckprüfung zwischen Platten

Maße in Millimeter

Parameter	1D, 2D, xD	Grenzabmaße
l , Messabschnittslänge	≥ 10	$\pm 0,5$
d , runder oder quadratischer Querschnitt	≥ 10	$\pm 0,2$
Parallelität bearbeiteter Teile	0,05	N/A
Rechtwinkligkeit bearbeiteter Teile	0,05	N/A
ANMERKUNG Dieser Probekörper wird hauptsächlich dann verwendet, wenn die Dicke des Teils nicht ausreicht, um daraus einen Probekörper des Typs 1 maschinell zu bearbeiten.		

6.3 Probekörper für die Druckprüfung mit Einspanneinrichtung

Bei diesen Probekörpertypen hängt die Gesamtlänge l_t von der Einspanneinrichtung ab. Mit diesen Probekörpertypen können dünne Probekörper ohne die Verwendung einer Stützeinrichtung geprüft werden. Es ist jedoch erforderlich, zu verifizieren, dass das gewählte Verhältnis l/h nicht zum Knicken führt.

In Bild 3 ist der Probekörper vom Typ 3 dargestellt und in der Tabelle 3 sind empfohlene Probekörpermaße angegeben.

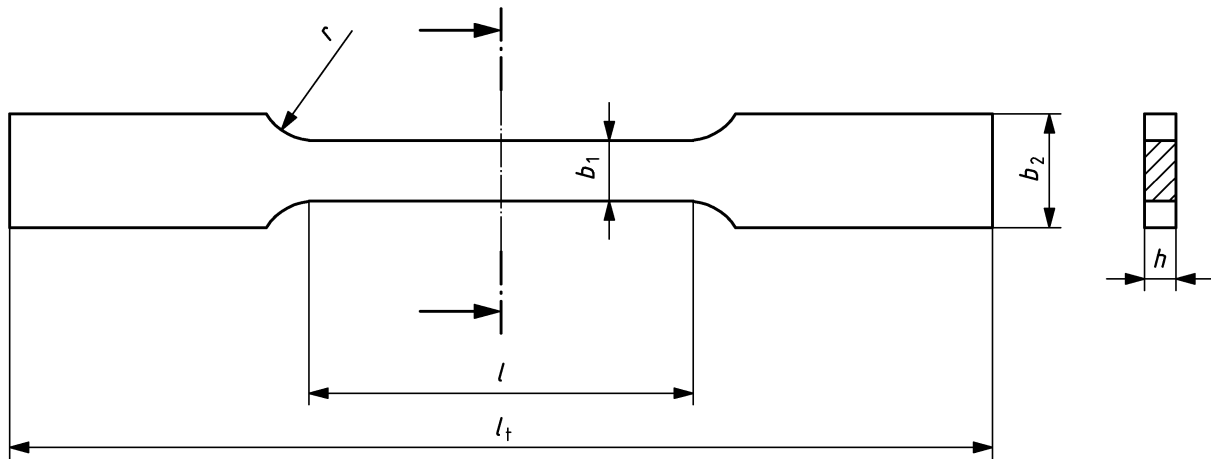


Bild 3 — Probekörper (Typ 3) für Druckprüfung mit Einspanneinrichtung

Tabelle 3 — Maße für den Probekörper (Typ 3) für die Druckprüfung mit Einspanneinrichtung

Maße in Millimeter

Parameter	1D, 2D, xD	Grenzabmaße
Große Länge		
l_t Gesamtlänge des Probekörpers	$\geq 1,5 \times l$ mm	$\pm 0,5$
l Messabschnittslänge	≥ 15	$\pm 0,5$
h , Dicke	≥ 3	$\pm 0,2$
b_1 , Breite innerhalb der Messabschnittslänge	≥ 8	$\pm 0,2$
b_2 , Breite	$b_2 = \alpha b_1$ mit α : 1,2 bis 2	$\pm 0,2$
r , Radius	≥ 30	± 2
Planparallelität bearbeiteter Teile	0,05	N/A
Geringe Länge		
l_t Gesamtlänge des Probekörpers	$\geq 1,5 \times l$ mm	$\pm 0,5$
l Messabschnittslänge	≤ 15	$\pm 0,5$
h , Dicke	≥ 3	$\pm 0,2$
b_1 , Breite innerhalb der Messabschnittslänge	≥ 8	$\pm 0,2$
b_2 , Breite	$b_2 = \alpha b_1$ mit α : 1,2 bis 2	$\pm 0,2$
r , Radius	≥ 30	± 2
Planparallelität bearbeiteter Teile	0,05	N/A
ANMERKUNG Dieser Probekörpertyp wird empfohlen, wenn der Probekörper vom Typ 3 nach dieser Tabelle (große Länge) knickt. Allerdings ist es sehr schwierig, mit diesem Probekörpertyp die Druckstauchung zu messen.		

Der Probekörper vom Typ 4 ist ein Probekörper mit geraden Seiten. Der Probekörper vom Typ 4 ist in Bild 4 dargestellt und in Tabelle 4 sind die Probekörpermaße angegeben.

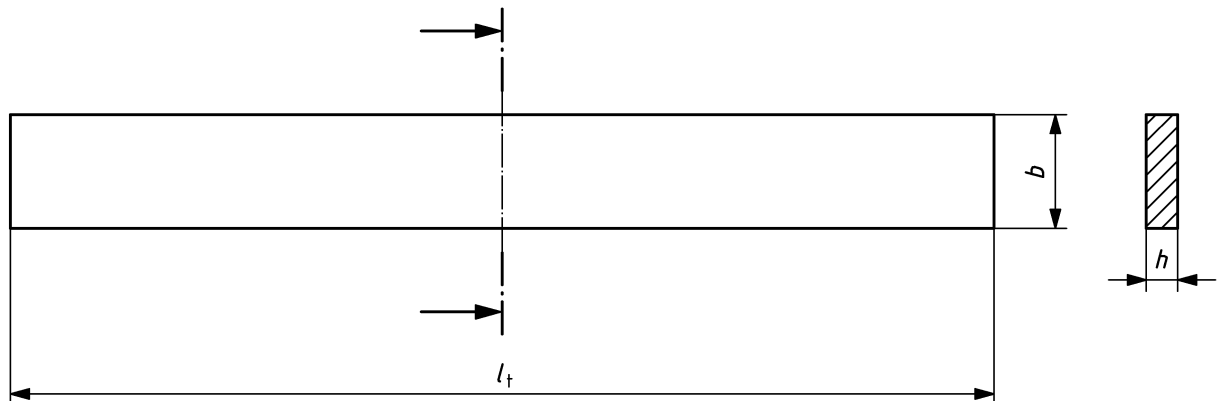


Bild 4 — Probekörper für Druckprüfung mit Einspanneinrichtung (gerade Seiten, ohne Aufleimer)

Tabelle 4 — Maße für den Probekörper (Typ 4) für die Druckprüfung mit Einspanneinrichtung (gerade Seiten, ohne Aufleimer)

Maße in Millimeter

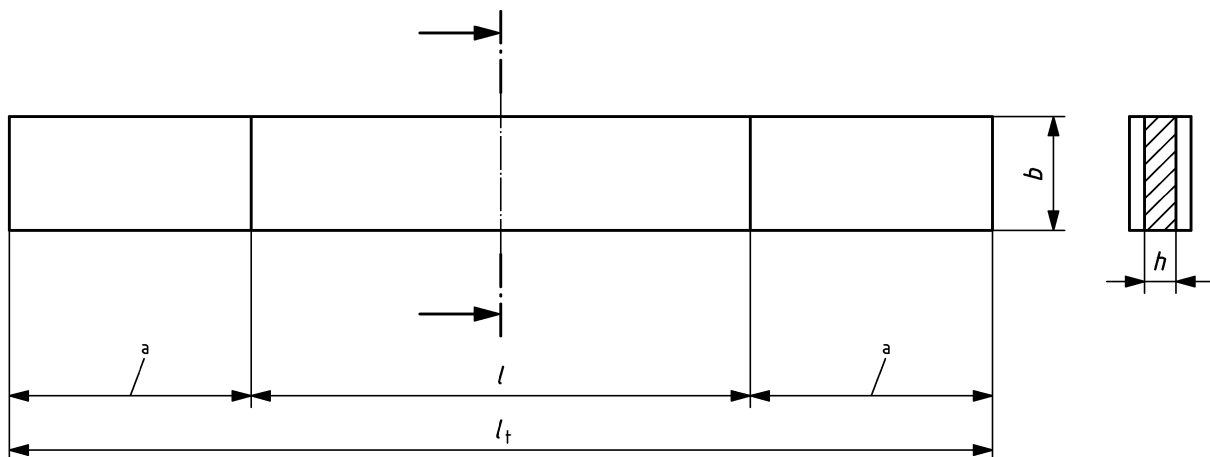
Parameter	1D, 2D, xD	Grenzabmaße
l_t Gesamtlänge	≥ 100	$\pm 0,5$
l Messabschnittslänge (nicht eingespannt)	≥ 40	$\pm 0,2$
h , Dicke	≥ 3	$\pm 0,2$
b , Breite	≥ 10	$\pm 0,2$
Planparallelität bearbeiteter Teile	0,05	N/A
ANMERKUNG Dieser Probekörpertyp ist leicht zu bearbeiten und obwohl dessen Verwendung die Bestimmung des Elastizitätsmoduls ermöglicht, sollte er nicht für die Bestimmung der Druckfestigkeit verwendet werden.		

Der Probekörper vom Typ 5 ist ein Probekörper mit geraden Seiten, der mit Aufleimern aus Metall oder Verbundwerkstoffen versehen wurde, die auf den Probekörper geklebt oder durch Aushärten aufgebracht wurden. In Tabelle 5 sind die Probekörpermaße angegeben, und in Bild 5 ist der Probekörper dargestellt. Dieser Probekörpertyp wird hauptsächlich für die Prüfung von 1D-, 2D- und xD-Werkstoffen (mit $2 < x < 3$) verwendet.

**Tabelle 5 — Maße für den Probekörper (Typ 5) für die Druckprüfung mit Einspanneinrichtung
(gerade Seiten, mit Aufleimern)**

Maße in Millimeter

Parameter	1D, 2D, xD	Grenzabmaße
l_t , Gesamtlänge	≥ 100	$\pm 0,5$
l , Messabschnittslänge	≥ 40	$\pm 0,2$
Länge der Aufleimer	≥ 30	$\pm 0,2$
h , Dicke	≥ 3	$\pm 0,2$
b , Breite	≥ 10	$\pm 0,2$
Planparallelität bearbeiteter Teile und Seiten der Aufleimer	0,05	N/A
ANMERKUNG Die Aufleimer sind im Allgemeinen 1 mm bis 3 mm dick.		



^a Länge der Aufleimer

Bild 5 — Probekörper mit geraden Seiten und Aufleimern

Der Probekörper vom Typ 6 wird für Prüfungen bei erhöhter Temperatur verwendet. Sämtliche Probekörper, die für Prüfungen bei hoher Temperatur entworfen wurden, können für Prüfungen bei Raumtemperatur verwendet werden.

ANMERKUNG Üblicherweise erhält man bei der Prüfung eines Werkstoffes bei hoher Temperatur Ergebnisse bei Raumtemperatur für den gleichen Probekörper, dazu wird der gleiche Probekörpertyp verwendet. Die Kosten von Probekörpern für Prüfungen bei hoher Temperatur sind jedoch im Allgemeinen wesentlich höher als bei Probekörpern, die bei Raumtemperatur verwendet werden. Deshalb werden diese Probekörper nicht verwendet, wenn nur die Eigenschaften bei Raumtemperatur erforderlich sind.

7 Vorbereitung der Probekörper

7.1 Bearbeitung und Vorbereitung

Beim Schneiden der Probekörper aus Platten eines Werkstoffes im Herstellungszustand muss darauf geachtet werden, die Probekörperachse mit der gewünschten faserbezogenen Beanspruchungsrichtung auszurichten.

Die Einstellungen der Bearbeitungsparameter, bei denen eine Beschädigung des Werkstoffes vermieden wird, müssen festgelegt und dokumentiert werden. Diese Parameter müssen während der Vorbereitung der Probekörper eingehalten werden.

7.2 Anzahl der Probekörper

Mindestens fünf gültige Prüfergebnisse sind erforderlich (siehe 8.5).

Ist eine statistische Auswertung der Prüfergebnisse erforderlich, sollte die Anzahl der Probekörper nach anerkannten statistischen Verfahren und Richtlinien gewählt werden.

8 Durchführung der Prüfung

8.1 Prüfmodus und Prüfgeschwindigkeit

Der Prüfmodus kann die Kraft-, Verschiebungs- oder Stauchungsregelung betreffen. Die Prüfgeschwindigkeiten sollten ausreichend hoch sein, damit die Prüfung nach 10 s bis 30 s beendet ist, wobei die höchstmögliche Druckfestigkeit bei Bruch des Werkstoffes erhalten wird. Um die Auswirkungen der Geschwindigkeit zu untersuchen, dürfen Prüfgeschwindigkeiten ausprobiert werden. Prüfmodus und Prüfgeschwindigkeit werden immer im Prüfbericht angegeben.

Es werden Stauchungsgeschwindigkeiten von 50×10^{-6} bis $500 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$, Spannungsraten von 35 MPa/s bis 50 MPa/s und Querkopfgeschwindigkeiten von 0,001 mm/s bis 0,05 mm/s empfohlen, um Umgebungseinflüsse bei Prüfung in Umgebungsluft zu minimieren.

8.2 Bestimmung der Probekörpermaße

Die Querschnittsfläche muss in der Probekörpermitte und an beiden Enden der Messabschnittslänge bestimmt werden. Für die Berechnungen muss der arithmetische Mittelwert aus den Messungen verwendet werden.

Die zur Berechnung der Querschnittsfläche erforderlichen Maße müssen auf $\pm 0,01$ mm gemessen werden.

8.3 Knicken

Während der Druckprüfung kann der Probekörper knicken. Um die Gültigkeit der Prüfung sicherzustellen, ist es erforderlich, zu verifizieren, dass bei den Prüfbedingungen kein Knicken auftritt.

Diese Verifizierung muss bei jeder Änderung des Werkstoffes, der Probekörpergeometrie, der Einspanneinrichtung usw. durchgeführt werden.