

DIN EN ISO 20504



ICS 81.060.30

Einsprüche bis 2022-10-26
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 20504:2020-01

Entwurf

**Hochleistungskeramik –
Mechanische Eigenschaften von keramischen Verbundwerkstoffen bei
Raumtemperatur –
Bestimmung des Druckverhaltens (ISO/FDIS 20504:2022);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 20504:2022**

Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) –
Mechanical properties of ceramic composites at room temperature –
Determination of compressive properties (ISO/FDIS 20504:2022);
German and English version prEN ISO 20504:2022

Céramiques techniques –
Propriétés mécaniques des composites à matrice céramiques à température ambiante –
Méthode de détermination des propriétés en compression (ISO/FDIS 20504:2022);
Version allemande et anglaise prEN ISO 20504:2022

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-08-26 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe 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/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe 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 oder Am DIN-Platz, 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 45 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 20504:2022) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 206 „Fine ceramics“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 184 „Hochleistungskeramik“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 062-02-66 AA „Chemische Analyse von Keramik- und Glaswerkstoffen“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP).

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

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente 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 14744	siehe	DIN EN ISO 14744
ISO 17161	siehe	DIN EN ISO 17161

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 20504:2020-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Schreibweise von 3.3 und 3.4 wurde harmonisiert und im gesamten Dokument ersetzt;
- b) Norm wurde redaktionell überarbeitet.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 3611, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Längenmessgeräte: Bügelmessschrauben — Konstruktionsmerkmale und messtechnische Merkmale*

DIN EN ISO 7500-1, *Metallische Werkstoffe — Kalibrierung und Überprüfung von statischen einachsigen Prüfmaschinen — Teil 1: Zug- und Druckprüfmaschinen — Kalibrierung und Überprüfung der Kraftmesseinrichtung*

DIN EN ISO 9513, *Metallische Werkstoffe — Kalibrierung von Längenänderungs-Messeinrichtungen für die Prüfung mit einachsiger Beanspruchung*

DIN EN ISO 14126, *Faserverstärkte Kunststoffe — Bestimmung der Druckeigenschaften in der Laminebene*

DIN EN ISO 14744, *Schweißen — Abnahmeprüfung von Elektronenstrahl-Schweißmaschinen*

DIN EN ISO 17161, *Hochleistungskeramik — Keramische Verbundwerkstoffe — Bestimmung der Fluchtungsfehler bei mechanischen Prüfungen mit einachsiger Beanspruchung*

– *Entwurf* –

E DIN EN ISO 20504:2022-10

– Leerseite –

**Hochleistungskeramik – Mechanische Eigenschaften von keramischen
Verbundwerkstoffen bei Raumtemperatur – Bestimmung des Druckverhaltens
(ISO/FDIS 20504:2022)**

Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) – Mechanical properties of ceramic composites at room temperature – Determination of compressive properties (ISO/FDIS 20504:2022)

Céramiques techniques – Propriétés mécaniques des composites à matrice céramiques à température ambiante – Méthode de détermination des propriétés en compression (ISO/FDIS 20504:2022)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Kurzbeschreibung	8
5 Prüfeinrichtung	8
5.1 Prüfmaschine	8
5.2 Krafteinleitungssystem	8
5.3 Stauchungsmessung	9
5.3.1 Allgemeines	9
5.3.2 Dehnungsmessstreifen	9
5.3.3 Extensometrie	9
5.4 Datenerfassungssystem	9
5.5 Längenmessgeräte	9
6 Probekörper	10
6.1 Allgemeines	10
6.2 Druckprüfung mit Druckplatten	10
6.3 Probekörper zur Verwendung mit Einspanneinrichtungen	12
7 Vorbereitung der Probekörper	15
7.1 Bearbeitung und Vorbereitung	15
7.2 Anzahl der Probekörper	15
8 Prüfverfahren	16
8.1 Prüfmodus und Prüfgeschwindigkeit	16
8.2 Bestimmung der Probekörpermaße	16
8.3 Knicken	16
8.4 Durchführung der Prüfung	16
8.4.1 Einspannen des Probekörpers	16
8.4.2 Extensometer	17
8.4.3 Messungen	17
8.5 Gültigkeit der Prüfung	17
9 Auswertung	17
9.1 Herkunft des Probekörpers	17
9.2 Druckfestigkeit	17
9.3 Stauchung bei Höchstdruckkraft	18
9.4 Proportionalitätsverhältnis oder Pseudo-Elastizitätsmodul, Elastizitätsmodul	18
10 Prüfbericht	19
Anhang A (informativ) Darstellung des Elastizitätsmoduls	20
Literaturhinweise	22

Bilder

Bild 1 — Probekörper für die Druckprüfung (Typ 1) für die Verwendung zwischen Platten und Stützeinrichtung	11
Bild 2 — Probekörper für die Druckprüfung (Typ 2) für die Verwendung zwischen Platten	12
Bild 3 — Probekörper für die Druckprüfung (Typ 3) zur Verwendung mit Einspanneinrichtungen	13
Bild 4 — Probekörper für die Druckprüfung zur Verwendung mit Einspanneinrichtungen (gerade Seiten, ohne Aufleimer)	14
Bild 5 — Probekörper mit geraden Seiten und Aufleimern	15

Bild A.1 — Mechanisches Verhalten mit linearem Bereich, begrenzt durch σ_1, ε_1 und σ_2, ε_2 . . .	20
Bild A.2 — Mechanisches Verhalten mit überwiegend linearem Bereich, begrenzt durch σ_1, ε_1 nahe dem Ursprung und σ_2, ε_2	21

Tabellen

Tabelle 1 — Maße für den Probekörper für die Druckprüfung (Typ 1) für die Verwendung zwischen Platten	11
Tabelle 2 — Maße für den Probekörper für die Druckprüfung (Typ 2) für die Verwendung zwischen Platten	12
Tabelle 3 — Maße für den Probekörper für die Druckprüfung (Typ 3) zur Verwendung mit Einspanneinrichtungen ^a	13
Tabelle 4 — Maße für den Probekörper für die Druckprüfung (Typ 4) zur Verwendung mit Einspanneinrichtungen (gerade Seiten, ohne Aufleimer) ^a	14
Tabelle 5 — Maße für den Probekörper für die Druckprüfung (Typ 5) zur Verwendung mit Einspanneinrichtungen (gerade Seiten, mit Aufleimern)	14

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 20504:2022) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 206 „Fine ceramics“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 184 „Hochleistungskeramik“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 20504:2019 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/FDIS 20504:2022 wurde von CEN als prEN ISO 20504:2022 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 206, *Fine ceramics*, in Zusammenarbeit mit dem Europäischen Komitee für Normung (CEN), Technisches Komitee CEN/TC 184, *Hochleistungskeramik*, in Übereinstimmung mit der Vereinbarung zur technischen Zusammenarbeit zwischen ISO und CEN (Wiener Vereinbarung) erarbeitet.

Diese dritte Ausgabe ersetzt die zweite Ausgabe (ISO 20504:2019), die geringfügig geändert wurde. Die Änderungen sind wie folgt:

- die Begriffe von 3.3 und 3.4 wurden harmonisiert und im gesamten Dokument ersetzt;
- doppelter Text wurde aus der Definition in 3.6 entfernt;
- geringfügige redaktionelle Änderungen.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt Verfahren zur Bestimmung des Druckverhaltens von endlosfaserverstärkten Verbundwerkstoffen mit keramischer Matrix bei Raumtemperatur. Dieses Verfahren ist anwendbar für alle keramischen Verbundwerkstoffe mit keramischer Matrix, die endlosfaserverstärkt sind, mit unidirektionaler (1D), bidirektionaler (2D) und mehrdirektionaler (xD, mit $2 < x < 3$) Endlosfaserverstärkung, die parallel zu einer der Hauptverstärkungsachsen oder außeraxial beansprucht werden. Dieses Verfahren gilt außerdem für kohlenstofffaserverstärkte Verbundwerkstoffe mit Kohlenstoffmatrix (auch als Kohlenstoff/Kohlenstoff oder C/C bezeichnet). Es werden zwei Fälle von Prüfungen unterschieden: Druckbeanspruchung zwischen Platten und Druckbeanspruchung unter Verwendung von Einspanneinrichtungen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 — Calibration and verification of static uniaxial testing machines — Part 1: Tension/compression testing machines — Calibration and verification of the force-measuring system*

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

ISO 14744, *Welding — Acceptance inspection of electron beam welding machines*

ISO 17161, *Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) — Ceramic composites — Determination of the degree of misalignment in uniaxial mechanical tests*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

— IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

3.1 kalibrierte Länge

Bereich des Probekörpers mit gleichförmiger und kleinster Querschnittsfläche

3.2 Anfangsmesslänge

L_0
anfänglicher Abstand zwischen Bezugspunkten auf dem Probekörper innerhalb der kalibrierten Länge vor Beginn der Prüfung

3.3 Anfangsquerschnittsfläche

S_0
anfängliche Fläche des Probekörperquerschnitts innerhalb der kalibrierten Länge

3.4

Längenänderung

A

Reduzierung der Anfangsmesslänge unter der Wirkung einer Druckkraft

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Längenänderung, die der Höchstkraft entspricht, wird als $A_{c,m}$ angegeben.

3.5

Stauchung

ε

als Verhältnis A/L_0 definierte relative Reduzierung der Messlänge

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

3.6

Druckkraft

F_c

zu jedem Zeitpunkt der Prüfung auf den Probekörper aufgebrachte uniaxiale Kraft

3.7

Höchstdruckkraft

$F_{c,m}$

höchste auf den Probekörper aufgebrachte uniaxiale Druckkraft bei Prüfung bis zum Bruch des Probekörpers

3.8

Druckspannung

σ

zu jedem Zeitpunkt der Prüfung auf den Probekörper aufgebrachte Druckkraft dividiert durch die Anfangsquerschnittsfläche, so dass $\sigma = F_c/S_0$

3.9

Druckfestigkeit

$S_{c,m}$

höchste auf den Probekörper aufgebrachte Druckspannung bei Prüfung bis zum Bruch des Probekörpers

3.10

Proportionalitätsverhältnis

Pseudo-Elastizitätsmodul

E_p

Anstieg des linearen Abschnitts der Spannungs-Stauchungs-Kurve, falls vorhanden

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

— Werkstoff mit einem linearen Abschnitt in der Spannungs-Stauchungs-Kurve.

Bei Verbundwerkstoffen mit keramischer Matrix, deren mechanisches Verhalten durch einen linearen Abschnitt charakterisiert ist, wird das Proportionalitätsverhältnis E_p unter Verwendung von Gleichung (1) definiert:

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

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

— Werkstoff mit nichtlinearem Abschnitt in der Spannungs-Stauchungs-Kurve. Nur In diesem Fall können Wertepaare bei festgelegten Spannungen oder festgelegten Stauchungen bestimmt werden.

3.11

Elastizitätsmodul

E

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild A.2.

4 Kurzbeschreibung

Ein Probekörper mit festgelegten Maßen wird auf Druck beansprucht. Die Druckprüfung wird üblicherweise bei einer konstanten Querschnittsgeschwindigkeit oder einer konstanten Verformungsrate durchgeführt.

Eine konstante Belastungsrate ist nur im Falle eines linearen Spannungs-Stauchungs-Verhaltens bis zum Bruch zulässig.

Bei Querschnittverschiebungsprüfungen 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 beweglichem und festem Querschnitt, 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 ISO 17161 beschriebenen Verfahren verifiziert und dokumentiert werden. Die höchste prozentuale Biegedehnung (PBS, en: percent bending strain) darf bei einer mittleren axialen Stauchung von 500×10^{-6} einen Wert von 5 % nicht überschreiten.

Zwei alternative Arten der Kraftaufbringung sind möglich:

- 1) Am Kraftaufnehmer und am beweglichen Querschnitt werden Druckplatten befestigt. Die Planparallelität dieser Platten muss im Bereich der Kraftaufbringung mindestens 0,01 mm betragen und die Seiten der Platten müssen rechtwinklig zur Richtung der Kraftaufbringung ausgerichtet sein.

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

ANMERKUNG 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, Stützeinrichtungen, vergleichbar mit denen in ISO 14126 beschrieben, zu verwenden. Diese Einrichtungen sollten keine parasitären Spannungen beim Aufbringen der Kraft auf den Probekörper einbringen.

- 2) 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 aufgebrachten Kraft ausrichten.

5.3 Stauchungsmessung

5.3.1 Allgemeines

Für die kontinuierliche Messung der Längenänderung des Probekörpers als Funktion der aufgebrachten Kraft dürfen entweder Dehnungsmessstreifen oder ein geeignetes Extensometer verwendet werden. Es ist ein Extensometer zu verwenden, das mindestens der Klasse 1 nach ISO 9513 entspricht. Es wird empfohlen, die Längenänderung über eine möglichst große kalibrierte Länge 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. Es muss sichergestellt werden, dass die Ablesungen der Dehnungsmessstreifen durch die Oberflächenvorbereitung und die verwendeten Kleber nicht beeinflusst werden.

5.3.3 Extensometrie

5.3.3.1 Allgemeines

Die Linearitätsabweichung des Extensometers muss weniger als 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 5.3.3.2 und 5.3.3.3 beschrieben.

5.3.3.2 Mechanisches Extensometer

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

5.3.3.3 Elektrooptisches Extensometer

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

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 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;
- Faserausrichtung in Bezug auf die Beanspruchungsrichtung.

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) zu verwenden.

Das Volumen des Probekörpers muss innerhalb der Messlänge für den Werkstoff repräsentativ sein. Empfohlen wird ein Probekörpervolumen von mindestens fünf repräsentativen Volumenelementen.

Bei Bedingungen außeraxialer Beanspruchung können die Ergebnisse aufgrund des Skalierungseffekts von der Querschnittsfläche der Probekörper abhängig 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 zwei Seiten des Probekörpers eine ungleichmäßige Oberfläche aufweisen.
- b) Nachbearbeitete Probekörper, bei denen die Länge und die Breite sowie auch die beiden Seiten des Probekörpers maschinell bearbeitet wurden und gleichmäßige maschinell bearbeitete Oberflächen aufweisen.

Die zulässige Abweichung der Probekörperdicke gilt nur für nachbearbeitete Probekörper. Bei Probekörpern im Herstellungszustand sollte der Dickenunterschied bei drei Messungen (in der Mitte und an jedem Ende der kalibrierten Länge 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. Befestigungsstützen (siehe 3 in Bild 1) bieten seitliche Abstützung der Probekörper bei kleinstmöglicher Kontaktfläche. Die Befestigungen (siehe 5) sind miteinander verschraubt zur Abstützung des Probekörpers (siehe 2). Der Probekörper und die Befestigungen sind zwischen einem Paar Druckplatten (siehe 4) positioniert. Empfohlene Maße sind in Tabelle 1 angegeben.

ANMERKUNG Andere Systeme sind verfügbar.