

	DIN EN ISO 14544	
ICS 81.060.30	<div>Entwurf</div>	Einsprüche bis 2024-04-02 Vorgesehen als Ersatz für DIN EN ISO 14544:2016-10
<p>Hochleistungskeramik – Mechanische Eigenschaften von keramischen Verbundwerkstoffen bei hoher Temperatur – Bestimmung der Eigenschaften unter Druck (ISO/DIS 14544:2024); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 14544:2024</p> <p>Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) – Mechanical properties of ceramic composites at high temperature – Determination of compressive properties (ISO/DIS 14544:2024); German and English version prEN ISO 14544:2024</p> <p>Anwendungswarnvermerk</p> <p>Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2024-02-02 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.</p> <p>Weil das beabsichtigte Dokument von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.</p> <p>Stellungnahmen werden erbeten</p> <ul style="list-style-type: none">– 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. <p>Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.</p> <p>Gesamtumfang 69 Seiten</p> <p>DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)</p>		

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 14544:2024) 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 062-02-94 AA „Prüfung von Hochleistungskeramik — Keramische Verbundwerkstoffe“ 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 17161	siehe	DIN EN ISO 17161
ISO 19634	siehe	DIN EN ISO 19634
ISO 20504:2022	siehe	DIN EN ISO 20504:2023-03

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 14544:2016-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Angleichung der Begriffe und Definitionen an den Vokabularstandard (ISO 20507);
- b) Hinzufügung einer Illustration des Druckmoduls in Anhang A;
- c) Hinzufügung einer Kalibrierungsmethode für die Prüftemperatur unter Verwendung eines mit Thermo-
elementen ausgestatteten kartografischen Probekörpers in Anhang B.

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

DIN EN ISO 19634, *Hochleistungskeramik — Keramische Verbundwerkstoffe — Benennungen und Formelzeichen*

DIN EN ISO 20504:2023-03, *Hochleistungskeramik — Mechanische Eigenschaften von keramischen Verbundwerkstoffen bei Raumtemperatur — Bestimmung des Druckverhaltens (ISO 20504:2022); Deutsche Fassung EN ISO 20504:2022*

– Leerseite –

Januar 2024

prEN ISO 14544

**Hochleistungskeramik – Mechanische Eigenschaften von keramischen
Verbundwerkstoffen bei hoher Temperatur – Bestimmung der Eigenschaften unter
Druck (ISO/DIS 14544:2024)**

Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) – Mechanical properties of ceramic composites at high temperature – Determination of compressive properties (ISO/DIS 14544:2024)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Kurzbeschreibung	9
5 Prüfeinrichtung	9
5.1 Prüfmaschine	9
5.2 Krafteinleitungssystem	9
5.3 Gasdichte Prüfkammer	10
5.4 Heizeinrichtung	10
5.5 Stauchungsmessung	11
5.5.1 Allgemeines	11
5.5.2 Dehnungsmessstreifen	11
5.5.3 Extensometer	11
5.6 Temperaturmessgeräte	12
5.7 Datenerfassungssystem	12
5.8 Längenmessgeräte	12
6 Probekörper	12
6.1 Allgemeines	12
6.2 Druckprüfung mit Druckplatten	13
6.3 Druckprüfung mit Einspanneinrichtung	14
7 Vorbereitung der Probekörper	17
7.1 Bearbeitung und Vorbereitung	17
7.2 Anzahl der Probekörper	17
8 Prüfverfahren	18
8.1 Prüfanordnung: Betrachtungen zur Temperatur	18
8.1.1 Allgemeines	18
8.1.2 Zone kontrollierter Temperatur	18
8.1.3 Kalibrieren der Temperatur	18
8.2 Prüfanordnung: Andere Betrachtungen	18
8.2.1 Verschiebungsrates	18
8.2.2 Bestimmung der Probekörpermaße	19
8.2.3 Knicken	19
8.3 Vorgehensweise bei Durchführung der Prüfung	20
8.3.1 Einspannen des Probekörpers	20
8.3.2 Einrichten des Extensometers	20
8.3.3 Schaffen einer inerten Atmosphäre	20
8.3.4 Aufheizen des Probekörpers	20
8.3.5 Messungen	21
8.4 Gültigkeit der Prüfung	21
9 Auswertung	22
9.1 Herkunft des Probekörpers	22
9.2 Druckfestigkeit	22
9.3 Stauchung bei Höchstdruckkraft	22
9.4 Druck-Elastizitätsmodul	22
9.4.1 Berechnung des Druck-Elastizitätsmoduls	22
9.4.2 Berechnung des Druck-Elastizitätsmoduls mit linearem Verhalten am Nullpunkt	23
9.4.3 Spannung bei Werkstoffen ohne linearen Bereich innerhalb der Spannungs-Stauchungs-Kurve	23
10 Prüfbericht	24

11	Unsicherheiten	24
Anhang A (informativ)	Darstellung des Druck-Elastizitätsmoduls	25
Anhang B (informativ)	Verfahren zur Kalibrierung der Prüftemperatur unter Verwendung eines kartierten Probekörpers mit Thermoelementen	28
B.1	Kurzbeschreibung	28
B.2	Kartierter, mit Thermoelementen ausgestatteter Probekörper	28
B.3	Bestimmung der Regelungstemperatur der Heizeinrichtung	29
B.4	Überprüfung der Stabilität der Kerntemperatur des Probekörpers	29
B.5	Thermokartographie für eine gewünschte zentrale Prüftemperatur von 450 °C	31
B.5.1	Ungültige Kartographie	31
B.5.2	Gültige Kartographie	32
	Literaturhinweise	33

Bilder

Bild 1	Probekörpergeometrie vom Typ 1	13
Bild 2	Probekörpergeometrie vom Typ 2	14
Bild 3	Probekörpergeometrie vom Typ 3	15
Bild 4	Probekörpergeometrie vom Typ 4	16
Bild 5	Probekörpergeometrie vom Typ 5	17
Bild A.1	Mechanisches Verhalten mit linearem Bereich begrenzt von σ_1, ε_1 und σ_2, ε_2	25
Bild A.2	Mechanisches Verhalten mit überwiegend linearem Bereich begrenzt von σ_1, ε_1 und σ_2, ε_2	26
Bild A.3	Mechanisches Verhalten ohne linearen Bereich	27
Bild B.1	Beispiel für einen kartierten, mit 7 Thermoelementen ausgestatteten Probekörper („Hundeknochen“)	29
Bild B.2	Beispiel für eine ungültige Kartographie für eine gewünschte zentrale Prüftemperatur von 450 °C	31
Bild B.3	Beispiel für eine gültige Kartographie für eine gewünschte zentrale Prüftemperatur von 450 °C	32

Tabellen

Tabelle 1	Empfohlene Maße für einen Probekörper vom Typ 1	13
Tabelle 2	Empfohlene Maße für einen Probekörper vom Typ 2	14
Tabelle 3	Empfohlene Maße für einen Probekörper vom Typ 3	15
Tabelle 4	Alternativ empfohlene Maße für einen Probekörper vom Typ 3	15
Tabelle 5	Empfohlene Maße für einen Probekörper vom Typ 4	16
Tabelle 6	Empfohlene Maße für einen Probekörper vom Typ 5	17

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 14544:2024) 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 ersten parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 14544:2016 ersetzen.

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.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 14544:2024 wurde von CEN als prEN ISO 14544:2024 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

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-Directives, 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-Directives, Teil 2, erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

ISO weist auf die Möglichkeit hin, dass die Anwendung dieses Dokuments mit der Verwendung eines oder mehrerer Patente verbunden sein kann. ISO bezieht jedoch in dieser Hinsicht keinerlei Stellung bezüglich Nachweis, Gültigkeit oder Anwendbarkeit jeglicher beanspruchten Patentrechte. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Dokuments lag ISO [eine/keine] Mitteilung über ein Patent bzw. mehrere Patente vor, welche/s zur Umsetzung dieses Dokuments erforderlich sein könnte/n. Anwender werden jedoch darauf hingewiesen, dass dies möglicherweise nicht der aktuelle Informationsstand ist. Dieser kann jedoch der Patentdatenbank unter www.iso.org/patents entnommen werden. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

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* erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 14544:2013), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen sind folgende:

- Abgleich der Begriffe mit der Terminologie-Norm;
- Ergänzung einer Darstellung des Druck-Elastizitätsmoduls in Anhang A;
- Ergänzung eines Verfahrens zur Kalibrierung der Prüftemperatur mit Hilfe eines kartierten, mit Thermoelementen ausgestatteten Probekörpers in Anhang B.

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 erhöhter Lufttemperatur, im Vakuum und in Inertgasatmosphären. Dieses Verfahren gilt für alle endlosfaserverstärkten Verbundwerkstoffe mit keramischer Matrix mit unidirektionaler (1D), bidirektionaler (2D) und mehrdirektionaler (xD, mit $x > 2$) Verstärkung mit der Beanspruchung längs zu einer der Hauptverstärkungsachsen oder bei 2D- oder xD-Werkstoffen mit außeraxialer Beanspruchung. Dieses Verfahren gilt auch 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 systems*

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

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

ISO 19634, *Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) — Ceramic composites — Notations and symbols*

ISO 20507, *Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) — Vocabulary*

IEC 60584-1:2013, *Thermocouples — Part 1: EMF specifications and tolerances*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 20507 und ISO 19634 und 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

Prüftemperatur

T

Temperatur des Probekörpers in der Mitte der Messlänge

Anmerkung 1 zum Begriff: Text der Anmerkung.

3.2

kalibrierte Länge

l

Bereich des Probekörpers mit gleichförmiger und kleinster Querschnittsfläche

[QUELLE: ISO 20504, 3.1]

3.3

Messlänge

L_0

anfänglicher Abstand zwischen Bezugspunkten auf dem Probekörper innerhalb der kalibrierten Länge

[QUELLE: ISO 20504, 3.2]

3.4

Zone kontrollierter Temperatur

Bereich der kalibrierten Länge, die Messlänge eingeschlossen, in dem die Temperatur mit Abweichungen von 50 °C der Prüftemperatur entspricht

3.5

Anfangsquerschnittsfläche

S_0

Fläche des Probekörperquerschnitts innerhalb der kalibrierten Länge bei Raumtemperatur vor der Prüfung

Anmerkung 1 zum Begriff: Es können zwei Anfangsquerschnittsflächen des Probekörpers wie folgt definiert werden.

3.6

scheinbare Querschnittsfläche

$S_{0\text{ app}}$

Fläche des Querschnitts

3.7

effektive Querschnittsfläche

$S_{0\text{ eff}}$

Fläche des Querschnitts, berichtigt durch einen Faktor, um eine Beschichtung zu berücksichtigen

3.8

Längenänderung

A

Reduzierung der Messlänge unter der Wirkung einer Druckkraft in Lastrichtung

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

3.9

Stauchung

ε

als Verhältnis A/L_0 definierter Quotient aus der Verformung und der Anfangsmesslänge

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

3.10

Druckkraft

F_c

zu jedem Zeitpunkt der Druckprüfung auf den Probekörper aufgebrachte uniaxiale Kraft

[QUELLE: ISO 20504, 3.6, modifiziert, das Wort Druck- wurde hinzugefügt]

3.11

Druckspannung

σ

zu jedem Zeitpunkt der Prüfung auf den Probekörper aufgebrachte *Druckkraft* (3.10) dividiert durch die *Anfangsquerschnittsfläche* (3.5), so dass $\sigma = F_c/S_0$

Anmerkung 1 zum Begriff: Zwei von der Anfangsquerschnittsfläche abhängige Druckspannungen können wie folgt definiert werden.

[QUELLE: ISO 20504, 3.8, modifiziert, Anmerkung 1 zum Begriff wurde hinzugefügt]

3.12

scheinbare Druckspannung

σ_{app}

Quotient aus der vom Probekörper aufgenommenen *Druckkraft* (3.10) und der *scheinbaren Querschnittsfläche* (3.6)

3.13

effektive Druckspannung

σ_{eff}

Quotient aus der vom Probekörper aufgenommenen *Druckkraft* (3.10) und der *effektiven Querschnittsfläche* (3.7)

3.14

Höchstdruckkraft

$F_{c,m}$

höchste aufgezeichnete Kraft oder die Kraft beim Bruch während einer Druckprüfung

3.15

Druckfestigkeit

$\sigma_{c,m}$

höchste auf den Probekörper aufgebrachte *Druckspannung* (3.11) bei Prüfung bis zum Bruch des Probekörpers

Anmerkung 1 zum Begriff: Zwei von der Anfangsquerschnittsfläche abhängige Druckfestigkeiten können wie folgt definiert werden.

[QUELLE: ISO 20504, 3.9, modifiziert, Anmerkung 1 zum Begriff wurde hinzugefügt]

3.16

scheinbare Druckfestigkeit

$\sigma_{c,m app}$

Quotient aus der *Höchstdruckkraft* (3.14) und der *scheinbaren Querschnittsfläche* (3.6)

3.17

effektive Druckfestigkeit

$\sigma_{c,m eff}$

Quotient aus der *Höchstdruckkraft* (3.14) und der *effektiven Querschnittsfläche* (3.7)

3.18

Druck-Elastizitätsmodul

Elastizitätsmodul unter Druckbeanspruchung

E

Anstieg des linearen Abschnitts der Spannungs-Stauchungs-Kurve am oder nahe dem Ursprung

Anmerkung 1 zum Begriff: Es ist möglich, dass es keinen linearen Bereich gibt oder dass er nicht am Ursprung beginnt. Diese unterschiedlichen Fälle werden in Anhang A beschrieben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Zwei von der Anfangsquerschnittsfläche abhängige Elastizitätsmodule unter Druckbeanspruchung können wie folgt definiert werden.

3.19

scheinbarer Druck-Elastizitätsmodul

E_{app}

Anstieg des linearen Abschnitts der Spannungs-Stauchungs-Kurve am oder nahe dem Ursprung, wenn die scheinbare Druckspannung eingesetzt wird

3.20

effektiver Druck-Elastizitätsmodul

E_{eff}

Anstieg des linearen Abschnitts der Spannungs-Stauchungs-Kurve am oder nahe dem Ursprung, wenn die effektive Druckspannung eingesetzt wird

4 Kurzbeschreibung

Ein Probekörper mit festgelegten Maßen wird auf die Prüftemperatur erwärmt und auf Druck beansprucht. Die Prüfung wird bei konstanter Querhauptgeschwindigkeit oder konstanter Verformungsgeschwindigkeit (oder konstanter Beanspruchungsgeschwindigkeit) durchgeführt. Kraft und Längsverformung werden gemessen und gleichzeitig aufgezeichnet.

ANMERKUNG Die Prüfdauer ist begrenzt, um Kriecheffekte zu verringern.

Wenn eine konstante Beanspruchungsgeschwindigkeit im nichtlinearen Bereich der Druckkurve angewendet wird, kann aus der Prüfung nur die Druckfestigkeit gewonnen werden. In diesem Bereich wird konstante Querhauptgeschwindigkeit oder konstante Verformungsgeschwindigkeit empfohlen, um die vollständige Kurve zu erhalten.

5 Prüfeinrichtung

5.1 Prüfmaschine

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

ANMERKUNG Dies sollte bei den tatsächlichen Prüfbedingungen, z. B. Gasdruck und Temperatur, der Fall sein.

5.2 Krafteinleitungssystem

Die Konfiguration des Krafteinleitungssystems muss sicherstellen, dass die vom Kraftaufnehmer angezeigte Kraft und die auf den Probekörper tatsächlich aufgebrachte Kraft gleich sind.

Das Betriebsverhalten des Krafteinleitungssystems, Ausrichtsystem und Kraftübertragungssystem eingeschlossen, darf sich durch das Aufheizen nicht verändern.

Das Krafteinleitungssystem muss die Achse des Probekörpers in Richtung der Kraftaufbringung ausrichten, ohne den Probekörper zu verbiegen oder zu verdrehen. Der Versatz des Probekörpers muss bei Raumtemperatur geprüft und aufgezeichnet werden. Es gibt verschiedene Normen zu diesem Thema, es wird jedoch empfohlen, das Verfahren nach ISO 17161 einzuhalten. Die prozentuale Biegedehnung darf bei einer mittleren Dehnung von 500×10^{-6} einen Wert von 5 % nicht überschreiten.

Zwei alternative Arte der Kraftaufbringung sind möglich:

- Druckplatten, die mit dem Kraftaufnehmer und dem beweglichen Querhaupt verbunden sind. Der Durchmesser der Platten sollte größer sein, als die Grundfläche des Probekörpers. Die Parallelität dieser Platten

sollte bei Raumtemperatur über den gesamten Kraftbereich besser als 0,01 mm sein, und sie müssen senkrecht zur Krafttrichtung angeordnet sein.

ANMERKUNG 1 Für die Druckprüfung von 1D- und 2D-Werkstoffen mit geringer Dicke wird wegen der Gefahr des Knickens die Verwendung von Platten nicht empfohlen. Der Wert für die Planparallelität der Platten, wie in ISO 20504 [2] festgelegt, ist bei Anordnungen für Hochtemperaturprüfungen in einigen Fällen schwer durch Maßprüfungen zu bestimmen, ist jedoch eine geeignete Empfehlung.

ANMERKUNG 2 Damit eine gleichmäßige Krafteinleitung sichergestellt wird, darf für die Prüfung von makroskopisch inhomogenen Werkstoffen eine Zwischenschicht aus einem nachgiebigen Werkstoff zwischen Platten und Probekörper verwendet werden. Dieser Werkstoff sollte mit den Werkstoffen des Probekörpers und der Platten chemisch verträglich sein.

b) zum Einklemmen und Belasten des Probekörpers wird eine Einspanneinrichtung verwendet.

Die Gestaltung der Einspanneinrichtung muss das Rutschen des Probekörpers verhindern. Die Einspanneinrichtung muss die Probekörperachse in Richtung der aufgebrachten Kraft ausrichten.

ANMERKUNG 3 Die Einhaltung dieser Anforderung sollte z. B. nach dem in Literaturhinweis [1] beschriebenen Verfahren verifiziert und dokumentiert werden.

ANMERKUNG 4 Die Einspanneinrichtung oder die Platten dürfen sich innerhalb oder außerhalb der heißen Zone des Ofens befinden.

ANMERKUNG 5 Wenn sich die Einspanneinrichtung oder die Platten außerhalb des Ofens befinden, besteht ein Temperaturgradient zwischen der auf der vorgeschriebenen Temperatur befindlichen Probekörpermitte und den Enden des Probekörpers, deren Temperatur der Temperatur der Einspanneinrichtung oder Platten entspricht.

5.3 Gasdichte Prüfkammer

In diesem Fall könnte eine gasdichte Prüfkammer verwendet werden.

Die gasdichte Prüfkammer muss während der Prüfung eine genaue Kontrolle der Umgebung nahe dem Probekörper ermöglichen. Die Installation muss so sein, dass eine auf Grund der Druckschwankung auftretende Kraftänderung weniger als 1 % der Skala des verwendeten Kraftaufnehmers beträgt.

Wird eine Gasatmosphäre verwendet, muss sie entsprechend des zu prüfenden Werkstoffs und der Prüftemperatur ausgewählt werden. Die Höhe des Gasdrucks muss entsprechend dem zu prüfenden Werkstoff, der Temperatur, der Art des Gases und der Art des Extensometers (Längenänderungs-Messeinrichtung) ausgewählt werden.

Wird eine Vakuumkammer verwendet, darf der Vakuumdruck keine chemischen und/oder physikalischen Instabilitäten des Prüfwerkstoffes und gegebenenfalls der Tastarme des Extensometers bewirken. Ein primäres Vakuum (üblicherweise 10^{-2} Pa Druck) wird empfohlen.

5.4 Heizeinrichtung

Die Heizeinrichtung muss so ausgelegt sein, dass der Temperaturgradient innerhalb der Messlänge bei der Prüftemperatur höchstens 20 °C beträgt.

ANMERKUNG In Anhang B wird ein Beispiel für ein Verfahren zur Kalibrierung der Prüftemperatur beschrieben.

5.5 Stauchungsmessung

5.5.1 Allgemeines

Für die kontinuierliche Messung der Längenänderung des Probekörpers als Funktion der aufgebrachten Kraft bei hoher Temperatur darf entweder ein geeignetes Kontakt- oder kontaktloses Extensometer verwendet werden. Es wird ein Extensometer verwendet, das mindestens die Anforderungen der Klasse 1 der ISO 9513 erfüllt. Es wird empfohlen, die Längenänderung über eine möglichst große kalibrierte Länge des Probekörpers zu messen.

5.5.2 Dehnungsmessstreifen

Dehnungsmessstreifen werden nur zur Verifizierung der Probekörperausrichtung bei Raumtemperatur verwendet. Sie können nicht zur Bestimmung der Längenänderung während der Prüfung bei hoher Temperatur verwendet werden.

5.5.3 Extensometer

5.5.3.1 Allgemeines

Das Extensometer muss in der Lage sein, die Längenänderung bei der Prüftemperatur kontinuierlich aufzuzeichnen. Bevorzugt wird die Verwendung eines Extensometers mit der größtmöglichen Messlänge.

Extensometer müssen den Anforderungen der Klasse 1 oder geringer (Klasse 0,5) nach ISO 9513 entsprechen. Üblicherweise verwendete Arten von Extensometern sind in 5.5.3.2 und 5.5.3.3 beschrieben.

5.5.3.2 Mechanisches Extensometer

Wenn ein mechanisches Extensometer verwendet wird, muss die Messlänge der anfängliche Längsabstand zwischen den beiden Punkten sein, an denen die Tastarme des Extensometers den Probekörper berühren.

Die Tastarme können möglicherweise Temperaturen ausgesetzt sein, die höher sind als die Temperatur des Probekörpers. Die durch Temperatur- und/oder Umgebungseinflüsse hervorgerufenen Gefügeänderungen im Werkstoff der Tastarme dürfen die Genauigkeit der Längenänderungsmessung nicht beeinflussen. Der für die Tastarme verwendete Werkstoff muss mit dem Werkstoff des Probekörpers verträglich sein.

Die Berührungskräfte des Extensometers dürfen keine Biegung erzeugen, die größer als die nach 5.2 zulässige Biegung ist.

Änderungen der Extensometerkalibrierung, die bei Betrieb unter abweichenden Bedingungen auftreten können, sollten sorgfältig korrigiert werden. Die Überprüfung darf durch Messung des Druck-Elastizitätsmoduls an einem bewährten Werkstoffprobekörper erfolgen.

Der Anpressdruck der Extensometertastarme auf dem Probekörper sollte der geringste sein, der erforderlich ist, um das Rutschen der Tastarme des Extensometers zu verhindern.

5.5.3.3 Elektrooptisches Extensometer

Elektrooptische Messungen der Dehnung erfordern Referenzmarkierungen am Probekörper. Dazu müssen senkrecht zur Längsachse des Probekörpers auf der Probekörperoberfläche Messmarken wie Stifte oder Markierungen angebracht werden. Die Messlänge entspricht dem Längsabstand zwischen den beiden Messmarken. Der für die Messmarken verwendete Werkstoff (und möglicherweise der verwendete Klebstoff) muss mit dem Werkstoff des Probekörpers und der Prüftemperatur verträglich sein und darf das Spannungsfeld im Probekörper nicht verändern.

ANMERKUNG 1 Die Verwendung integrierter Markierungen als Teil der Probekörpergeometrie wird aufgrund der durch diese erzeugten Spannungskonzentrationen nicht empfohlen.

E DIN EN ISO 14544:2024-03
prEN ISO 14544:2024 (D)

ANMERKUNG 2 Falls die Messmarken und der Probekörper farblich nicht unterschieden werden können, ist ein elektro-optisches Extensometer ungeeignet.

5.5.3.4 Digitale Bildkorrelation

Das Verfahren der digitalen Bildkorrelation (DIC, en: digital image correlation) kann zur kontaktlosen Dehnungsfeldmessung verwendet werden. Zur Verbesserung der Fehlergrenze dürfen die Maße des Ofenfensters minimiert werden und es könnte ein optischer Filter verwendet werden, um kontrastreiche Zufallsmuster bei erhöhten Temperaturen zu erhalten [3].

Das Spannungs-Dehnungsverhalten keramischer Verbundwerkstoffe kann für Druckversuche axial oder außeraxial mittels DIC-Technik bestimmt werden, wie auch für Zugversuche an SiC/SiC CMC bis zu 1 316 °C [3].

Das Ausgabeverfahren für die Gesamtverformung und Kalibrierdaten müssen dem Prüfbericht beigelegt werden.

5.6 Temperaturmessgeräte

Für die Temperaturmessung müssen entweder Thermoelemente nach IEC 60584-1 verwendet werden, oder, falls von IEC 60584-1 abweichende Thermoelemente oder Pyrometer benutzt werden, müssen die Kalibrierwerte dem Prüfbericht als Anhang beigelegt werden.

5.7 Datenerfassungssystem

Zur Aufzeichnung der Kraft-Verformungs-Kurven darf ein kalibriertes Aufzeichnungsgerät verwendet werden. Es wird empfohlen, ein digitales Messwerterfassungssystem zu verwenden.

ANMERKUNG Genauere Angaben sind in ISO 6892-1:2019, Anhang A verfügbar.

5.8 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 ab von:

- Art des Werkstoffes und Aufbau der Verstärkung;
- Art der Heizeinrichtung;
- Art des Krafteinleitungssystems.

Das Volumen des Probekörpers muss innerhalb der Messlänge für den Werkstoff repräsentativ sein, und die kalibrierte Länge muss so ausgewählt werden, dass Knicken vermieden wird. Tritt Knicken auf, kann es erforderlich sein, die Probekörpermaße zu ändern

Empfohlen wird ein Probekörpervolumen von mindestens 5 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:

- Probekörper im Herstellungszustand, bei denen nur die Länge und die Breite maschinell bearbeitet wurden, um Probekörper mit den festgelegten Maßen zu erhalten. In diesem Fall können zwei Seiten des Probekörpers eine ungleichmäßige Oberfläche aufweisen;
- 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 Grenzabweichung 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

Üblicherweise wird der Probekörper vom Typ 1 verwendet, siehe Bild 1.

Empfohlene Maße des Probekörpers sind in Tabelle 1 angegeben.

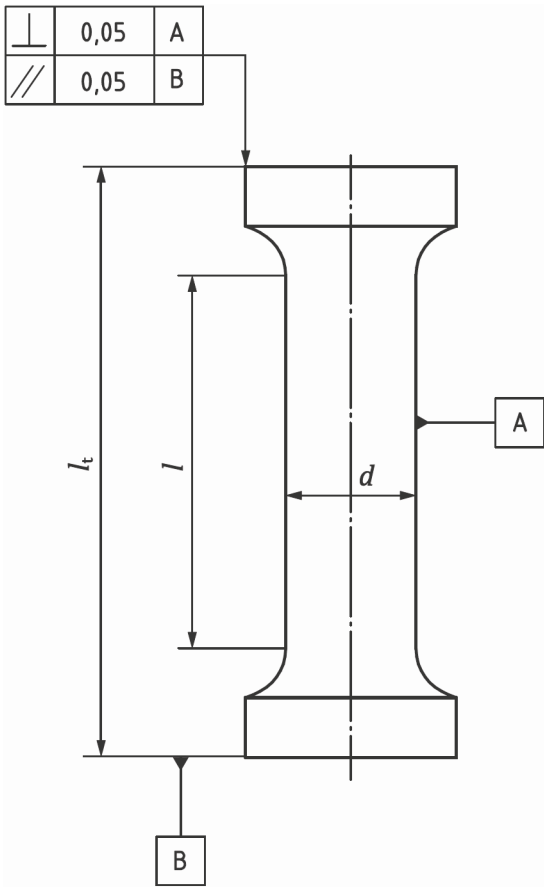


Bild 1 — Probekörpergeometrie vom Typ 1

Tabelle 1 — Empfohlene Maße für einen Probekörper vom Typ 1

Maße in Millimeter		
	2D und xD	Grenzabmaße
l , kalibrierte Länge	≥ 15	$\pm 0,5$
l_t , Gesamtlänge	$\geq 1,5l$	$\pm 0,5$
d , runder oder quadratischer Durchmesser oder Seitenlänge	≥ 8	$\pm 0,2$

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Maße in Millimeter		
	2D und xD	Grenzabmaße
d_t , runder oder quadratischer Durchmesser oder Seitenlänge an der Grundfläche des Probekörpers	$\geq d + 0,8r$	$\pm 0,5$
r , Schulterradius	≥ 10	≥ 2
Parallelität bearbeiteter Teile	0,05	
Rechtwinkligkeit bearbeiteter Teile	0,05	
Mittigkeit bearbeiteter Teile	0,05	

Manchmal wird der Probekörper vom Typ 2 verwendet, siehe Bild 2.

Empfohlene Maße des Probekörpers sind in Tabelle 2 angegeben.

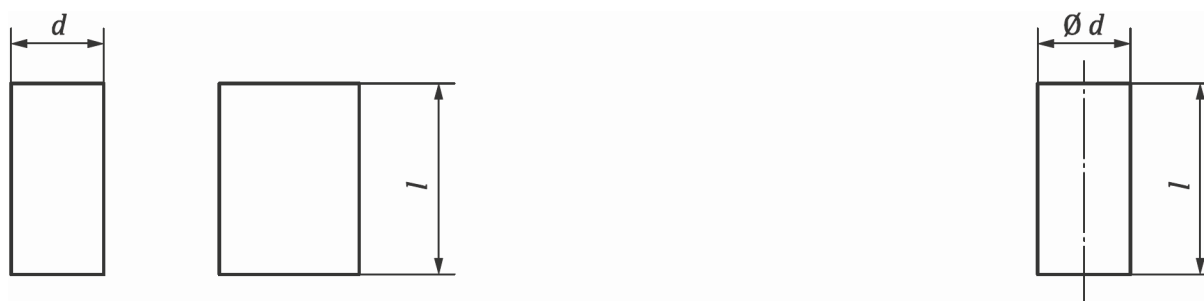


Bild 2 — Probekörpergeometrie vom Typ 2

Tabelle 2 — Empfohlene Maße für einen Probekörper vom Typ 2

Maße in Millimeter		
	1D, 2D und xD	Grenzabmaße
l , kalibrierte Länge	≥ 10	$\pm 0,5$
d , runder oder quadratischer Durchmesser oder Seitenlänge	≥ 10	$\pm 0,2$
Parallelität bearbeiteter Teile	0,05	
Rechtwinkligkeit bearbeiteter Teile	0,05	

ANMERKUNG Dieser Probekörper wird hauptsächlich dann verwendet, wenn die Dicke des Teils nicht ausreicht, um daraus einen Probekörper des Typs 1 maschinell herzustellen.

6.3 Druckprüfung mit Einspanneinrichtung

Bei diesen Probekörpertypen hängt die Gesamtlänge l_t vom Ofen und von der Einspanneinrichtung ab.

Ein Probekörper vom Typ 3 ist in Bild 3 dargestellt.

Empfohlene Maße des Probekörpers sind in Tabelle 3 und Tabelle 4 angegeben.

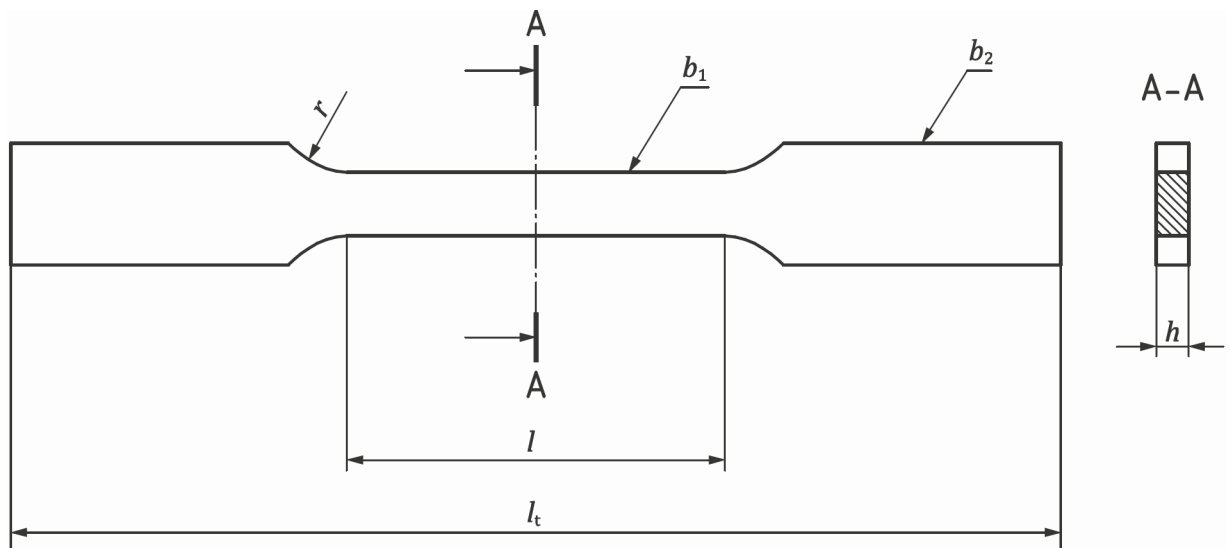


Bild 3 — Probekörpergeometrie vom Typ 3

Tabelle 3 — Empfohlene Maße für einen Probekörper vom Typ 3

Maße in Millimeter

	2D und xD	Grenzabmaße
l , kalibrierte Länge	≥ 15	$\pm 0,5$
h , Dicke	≥ 2	$\pm 0,2$
b_1 , Breite innerhalb der kalibrierten Länge	≥ 8	$\pm 0,2$
b_2 , Breite	$b_2 = \alpha b_1$ mit $\alpha = 1,2$ bis 2	$\pm 0,2$
r , Schulterradius	≥ 30	± 2
Parallelität bearbeiteter Teile	0,05	

Tabelle 4 — Alternativ empfohlene Maße für einen Probekörper vom Typ 3

Maße in Millimeter

	2D und xD	Grenzabmaße
l , kalibrierte Länge	≤ 15	$\pm 0,5$
h , Dicke	≥ 1	$\pm 0,2$
b_1 , Breite innerhalb der kalibrierten Länge	≥ 8	$\pm 0,2$
b_2 , Breite	$b_2 = \alpha b_1$ mit $\alpha = 1,2$ bis 2	$\pm 0,2$
r , Schulterradius	≥ 30	± 2
Parallelität bearbeiteter Teile	0,05	

ANMERKUNG Dieser Probekörpertyp wird für den Fall empfohlen, wenn der Probekörper nach Tabelle 3 knickt. Allerdings ist es sehr schwierig, mit diesem Probekörpertyp die Stauchung zu messen.

Manchmal wird der Probekörper vom Typ 4 verwendet, siehe Bild 4.

Empfohlene Maße des Probekörpers sind in Tabelle 5 angegeben.

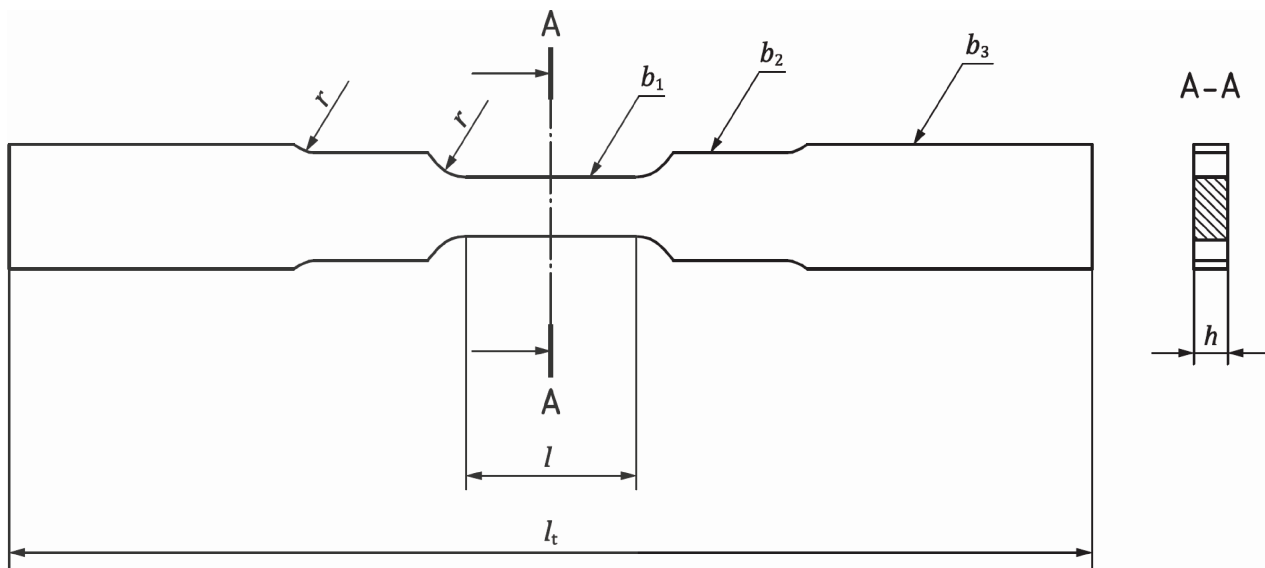


Bild 4 — Probekörpergeometrie vom Typ 4

Tabelle 5 — Empfohlene Maße für einen Probekörper vom Typ 4

Maße in Millimeter

	2D und xD	Grenzabmaße
l , kalibrierte Länge	≥ 15	$\pm 0,2$
h , Dicke	3	$\pm 0,2$
b_1 , Breite innerhalb der kalibrierten Länge	8 bis 20	$\pm 0,2$
b_2 , Breite	$b_2 = \alpha b_1$ mit $\alpha = 1,2$ bis 2	$\pm 0,2$
b_3 , Breite	$b_3 = \beta b_2$ mit $\beta = 1,2$ bis 2	$\pm 0,2$
r , Schulterradius	≥ 30	± 2
Parallelität bearbeiteter Teile	0,05	

ANMERKUNG Wird mit kalten Einspanneinrichtungen gearbeitet, ermöglicht dieser aus mehreren Abschnitten bestehende Probekörper den Bruch innerhalb der Zone kontrollierter Temperatur.

Manchmal wird der Probekörper vom Typ 5 verwendet, siehe Bild 5.

Empfohlene Maße des Probekörpers sind in Tabelle 6 angegeben.

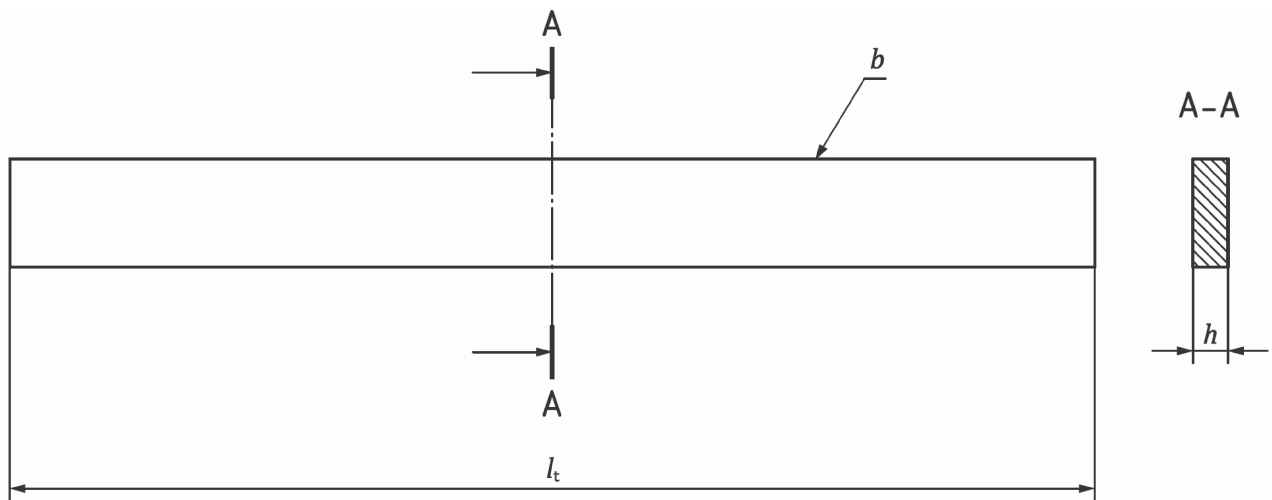


Bild 5 — Probekörpergeometrie vom Typ 5

Tabelle 6 — Empfohlene Maße für einen Probekörper vom Typ 5

Maße in Millimeter

	1D, 2D und xD	Grenzabmaße
h , Dicke	≥ 2	$\pm 0,2$
b , Breite	8 bis 20	$\pm 0,2$
Parallelität bearbeiteter Teile	0,05	

ANMERKUNG Dieser Probekörper ist leicht zu bearbeiten und seine Verwendung ermöglicht hauptsächlich die Bestimmung des Elastizitätsmoduls, da es vorkommen kann, dass der Bruch nicht in der Zone kontrollierter Temperatur auftritt; er sollte nicht für die Bestimmung der Druckfestigkeit verwendet werden.

7 Vorbereitung der Probekörper

7.1 Bearbeitung und Vorbereitung

Beim Schneiden des Probekörpers muss darauf geachtet werden, die Probekörperachse in der gewünschten faserbezogenen Beanspruchungsrichtung auszurichten. Bei außeraxialen Prüfungen muss darauf geachtet werden, die Probekörperachse in der gewünschten faserbezogenen Beanspruchungsrichtung auszurichten.

Es werden Bearbeitungsverfahren empfohlen, die keine Beschädigungen am Werkstoff verursachen. Die Einstellparameter bei der Bearbeitung sollten rückführbar sein.

Wenn die Probekörper aus einer Platte mit Oxidationsschutzschicht geschnitten werden, haben die Schnittflächen des Probekörpers keinen Oxidationsschutz. Diese Oberflächen sollten mit einem Schutz versehen werden, um eine mögliche Oxidation bei Prüfung an Luft zu verhindern.

ANMERKUNG Bei Verwendung einer kalten Einspanneinrichtung kann es notwendig sein, die Oberfläche des Probekörperbereiches, der eine Temperatur zwischen der Prüftemperatur und der Temperatur der Einspanneinrichtung aufweist, angemessen vor Oxidation zu schützen.

7.2 Anzahl der Probekörper

Für jede Bedingung sind mindestens drei gültige Prüfergebnisse empfohlen, wie in 8.4 festgelegt.