

DIN EN ISO 14126



ICS 83.120

Entwurf

Einsprüche bis 2022-11-16
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 14126:2000-12 und
DIN EN ISO 14126
Berichtigung 1:2003-06

**Faserverstärkte Kunststoffe –
Bestimmung der Druckeigenschaften in der Laminebene
(ISO/DIS 14126:2022);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 14126:2022**

Fibre-reinforced plastic composites –
Determination of compressive properties in the in-plane direction (ISO/DIS 14126:2022);
German and English version prEN ISO 14126:2022

Composites plastiques renforcés de fibres –
Détermination des caractéristiques en compression dans le plan (ISO/DIS 14126:2022);
Version allemande et anglaise prEN ISO 14126:2022

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-09-16 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 fnk@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 Kunststoffe (FNK), 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 76 Seiten

DIN-Normenausschuss Kunststoffe (FNK)
DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 14126:2022) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 61 „Plastics“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 249 „Kunststoffe“ erarbeitet, dessen Sekretariat von NBN (Belgien) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 054-02-02 AA „Verstärkte Kunststoffe und härtbare Harze“ im DIN-Normenausschuss Kunststoffe (FNK).

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 291	siehe	DIN EN ISO 291
ISO 527-1	siehe	DIN EN ISO 527-1
ISO 527-4	siehe	DIN EN ISO 527-4
ISO 527-5	Siehe	DIN EN ISO 527-5
ISO 3534-1	siehe	DIN EN ISO 3534-1
ISO 7500-1	siehe	DIN EN ISO 7500-1
ISO 9513	siehe	DIN EN ISO 9513
ISO 10350-2:2020	siehe	DIN EN ISO 10350-2:2020-11
ISO 14126:1999	siehe	DIN EN ISO 14126:2000-12

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 14126:2000-12 und DIN EN ISO 14126 Berichtigung 1:2003-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Anhänge A und B sind normative Teile dieses Dokuments;
- b) die Anhänge C bis G sind nur zur Information;
- c) Hinzufügung eines informativen Anhangs H über die Verwendung der digitalen Bildkorrelation (DIC).

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 291, *Kunststoffe — Normalklimate für Konditionierung und Prüfung*

DIN EN ISO 527-1, *Kunststoffe — Bestimmung der Zugeigenschaften — Teil 1: Allgemeine Grundsätze*

DIN EN ISO 527-4, *Kunststoffe — Bestimmung der Zugeigenschaften — Teil 4: Prüfbedingungen für isotrop und anisotrop faserverstärkte Kunststoffverbundwerkstoffe*

DIN EN ISO 527-5, *Kunststoffe — Bestimmung der Zugeigenschaften — Teil 5: Prüfbedingungen für unidirektional faserverstärkte Kunststoffverbundwerkstoffe*

DIN EN ISO 3534-1, *Statistik — Begriffe und Formelzeichen — Teil 1: Wahrscheinlichkeit und allgemeine statistische Begriffe*

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 10350-2:2020-11, *Kunststoffe — Ermittlung und Darstellung vergleichbarer Einpunktkennwerte — Teil 2: Langfaserverstärkte Kunststoffe (ISO 10350-2:2020); Deutsche Fassung EN ISO 10350-2:2020*

DIN EN ISO 14126:2000-12, *Faserverstärkte Kunststoffe — Bestimmung der Druckeigenschaften in der Laminebene (ISO 14126:1999); Deutsche Fassung EN ISO 14126:1999*

– *Entwurf* –

E DIN EN ISO 14126:2022-10

– Leerseite –

Faserverstärkte Kunststoffe – Bestimmung der Druckeigenschaften in der Laminebene (ISO/DIS 14126:2022)

Fibre-reinforced plastic composites – Determination of compressive properties in the in-plane direction (ISO/DIS 14126:2022)

Composites plastiques renforcés de fibres – Détermination des caractéristiques en compression dans le plan (ISO/DIS 14126:2022)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe	9
4 Kurzbeschreibung	11
5 Prüfgeräte	11
5.1 Prüfmaschine	11
5.1.1 Allgemeines	11
5.1.2 Prüfungsgeschwindigkeit	11
5.1.3 Messung der Beanspruchung	12
5.2 Dehnungsmessung	12
5.3 Messschraube	12
5.4 Druckprüfeinrichtungen	12
5.4.1 Allgemeines	12
5.4.2 Verfahren 1: Scherbeanspruchung	12
5.4.3 Verfahren 2: kombinierte Beanspruchung	13
6 Probekörper	13
6.1 Form und Maße	13
6.1.1 Probekörper A	13
6.1.2 Probekörper B	13
6.2 Herstellung von Probekörpern	14
6.2.1 Allgemeines	14
6.2.2 Werkstoff für die Aufleimer	14
6.2.3 Aufbringen der Aufleimer auf die Probekörper	14
6.2.4 Bearbeitung der Probekörper	15
6.3 Überprüfung der Qualität der Probekörper	15
7 Anzahl der Probekörper	15
8 Vorbehandlung der Probekörper	16
9 Durchführung	16
10 Angabe der Ergebnisse	17
10.1 Berechnung der Druckfestigkeit	17
10.2 Berechnung des Elastizitätsmodul bei Druck	17
10.3 Berechnung der Stauchung beim Bruch	17
10.4 Statistische Parameter	17
10.5 Signifikante Stellen	17
11 Präzision	17
12 Prüfbericht	17
Anhang A (normativ) Ausrichtung von Probekörper und Krafteinleitungssystem	22
Anhang B (normativ) Herstellung der Probekörper	23
B.1 Bearbeitung der Probekörper	23
B.2 Herstellung von Probekörpern mit aufgeklebten Aufleimern	23
Anhang C (informativ) Druckprüfeinrichtungen für Verfahren 1	25
Anhang D (informativ) Druckprüfeinrichtungen für Verfahren 2	26
Anhang E (informativ) Druckprüfeinrichtung für Verfahren 3	30
Anhang F (informativ) Eulersches Knick-Kriterium	31
Anhang G (informativ) Vorhergesagte Aufleimerlänge	32
Anhang H (informativ) Empfehlungen für Dehnungs- und Biegemessungen mittels digitaler Bildkorrelation (DIC)	33
H.1 Übersicht	33

H.2	Herstellung des Probekörpers	33
H.3	Prüfaufbau und Anwendung	33
H.4	Reduzierung der Daten	34
	Literaturhinweise	36

Bilder

Bild 1	— Symmetrieachsen für ein Element einer unidirektional verstärkten Verbundstoffplatte	18
Bild 2	— Schematische Darstellung der Beanspruchungsbedingungen für die alternativen Verfahren	19
Bild 3	— Schematische Darstellung des Probekörpers und der Druckprüfeinrichtung für Verfahren 1	19
Bild 4	— Schematische Darstellung der Druckprüfeinrichtung für Verfahren 2	20
Bild 5	— Probekörperauslegungen A und B mit Aufleimern (Maße sind in Tabelle 1 angegeben)	20
Bild 6	— Akzeptierbare Versagensarten (siehe ASTM D3410)	21
Bild 7	— Druckspannungs-Stauchungs-Kurve	21
Bild B.1	— Mit Aufleimer versehene Platte zur Herstellung des Probekörpers	24
Bild C.1	— ASTM D 3410/B	25
Bild C.2	— Hydraulikklemmen	25
Bild D.1	— ISO 14126 — Schematische Darstellung einer kombinierten Druckprüfeinrichtung	26
Bild D.2	— ISO 14126 — Einzelheiten kombinierter Druckprüfeinrichtungen	27
Bild D.3	— ISO 14126 — Kombinierte Druckprüfeinrichtung in einem Drucksäulengestell	27
Bild D.4	— JIS K7018:2019 — Kombinierte Druckprüfeinrichtung	28
Bild D.5	— ASTM D6641 — Kombinierte Druckprüfeinrichtung	28
Bild D.6	— Hydraulische Verbundwerkstoff-Druckprüfeinrichtung (HCCF, en: Hydraulic Composites Compression Fixture)	29
Bild E.1	— EN 2850 B, eine Modifikation der ASTM D695 für feste Kunststoffe	30
Bild H.1	— Beispiel eines Grautonmusters auf der Seite eines Druckprobekörpers	33
Bild H.2	— DIC-Kameraeinstellung, von oben betrachtet	34
Bild H.3	— Das Bild zeigt die Anordnung des virtuellen Extensometers für die Messung der Stauchung	34
Bild H.4	— Schematische Darstellung der Lage der Punkte für Rotationsmessungen und der drei möglichen Biegezustände in einem Druckprobekörper: (a) ideale Krafteinleitung; (b) geneigte Klemmen; und (c) versetzte Klemmen	35

Tabellen

Tabelle 1	— Maße des Probekörpers	13
-----------	-------------------------	----

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 14126:2022) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 61 „Plastics“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 249 „Kunststoffe“ erarbeitet, dessen Sekretariat von NBN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 14126:1999 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 14126:2022 wurde von CEN als prEN ISO 14126:2022 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 61, *Plastics*, Unterkomitee SC 13, *Composites and reinforcement fibres* erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 14126:1999), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

- Anhang A und Anhang B sind normative Bestandteile dieses Dokuments.
- Anhang C bis Anhang G sind ausschließlich informativ.
- Hinzufügung eines informativen Anhang H über die Verwendung der digitalen Bildkorrelation (DIC, en: digital image correlation).

Die wesentlichen technischen Änderungen betreffen die Hinzufügung von Anhang A über die Anpassung als eine normative Anforderung und die Umwandlung von Anhang B über die Herstellung der Probekörper in eine normative Anforderung. Beide Anhänge zielen darauf ab, die Qualität und Kohärenz dieser Aspekte zu verbessern. Außerdem wurde Anhang H (informativ) hinzugefügt, um die Verwendung der digitalen Bildkorrelation (DIC) für Dehnungs- und Biegemessungen abzudecken.

Darüber hinaus wird eine ausführlichere Anleitung zu den geeigneten Probekörpern bereitgestellt, die je nach Format und Maß der Verstärkungswiederholeinheit zu verwenden sind.

Abschließend ist die Durchführung eines internationalen Ringversuchs vorgesehen, um Präzisionsdaten, sowohl zur Wiederholpräzision als auch zur Vergleichpräzision, für eine Reihe von Werkstoffarten und Druckprüfeinrichtungen zu erhalten. Die Messung der Druckfestigkeit war schon immer schwierig und führte zu einer Reihe von Prüfverfahren. Ursprünglich knickten die meisten mit Druck belasteten Träger vor dem Druckversagen ein, doch bei dicken Abschnitten ist ein Bruch nun wahrscheinlicher.

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.

Einleitung

Diese ursprünglich 1999 veröffentlichte Norm basierte auf ISO 8515, wobei der Anwendungsbereich von der Glasfaserverstärkung auf alle faserverstärkten Verbundwerkstoffe, wie z. B. Verbundwerkstoffe auf Basis von Kohle und Aramidfasern, erweitert wurde. Weitere verwendete Quelldokumente beinhalten ASTM D 3410, SACMA SRM1, prEN 2850, CRAG 400, DIN 65380 und JIS K 7076 (siehe Literaturhinweise). In diesen Quelldokumenten werden verschiedene Arten von Einrichtungen zur Verhinderung des Einknickens/Beanspruchungseinrichtungen, verschiedene Werkstoffe und verschiedene Probekörpergrößen behandelt, obwohl es sich bei allen um parallele Coupons handelt. Neue oder modifizierte geometrische Stützvorrichtungen werden immer noch entwickelt, zum Beispiel in JIS K7018:2019 (siehe Literaturhinweise).

Diese Internationale Norm harmonisiert und rationalisiert die gegenwärtige Lage, indem sie:

- a) sich auf die Prüfqualität durch Begrenzen der zulässigen Verformung beim Biegen konzentriert (d. h. 10 % zwischen 10 % und 90 % der Höchstlast, wie von ASTM empfohlen) so dass eine axiale Belastungsbeanspruchung angenommen werden kann;
- b) zwei verwandte Probekörperauslegungen normt, von denen eine vorwiegend für unidirektionale vorimprägnierte Werkstoffe für die Luft- und Raumfahrt (d. h. Probekörper A) und eine für andere Werkstoffe/Formate (d. h. Probekörper B1/B2) vorgesehen ist. Die gewählte Probekörperauslegung kann mit verschiedenen Druckprüfeinrichtungen verwendet werden;
- c) akzeptable Versagenskriterien (z. B. Vermeidung von Versagen innerhalb der Klemmen) festlegt;
- d) eine Gleichung zur Bestimmung der Mindestdicke des Probekörpers zur Vermeidung des Knickversagens nach Euler, die von der ASTM zu Harmonisierungszwecken vorgeschlagen wurde (in abgewandelter Form aus ASTM D 3410 übernommen) einschließt;
- e) jede Auslegung der Stützeinrichtung/Druckprüfeinrichtung zulässt, die die oben angegebenen Biegeanforderungen erfüllt, wobei unterschiedliche Beanspruchungsverfahren (d. h. im Wesentlichen Scher- und kombinierte Beanspruchung) verwendet werden;
- f) sicherstellt, dass der Probekörper und die Druckprüfeinrichtung/Stützeinrichtung gut ausgerichtet sind (siehe Anhang A).

ANMERKUNG 1 Druckeigenschaften, die in Dickenrichtung gemessen werden (Richtung 3 in Bild 1), sind in ISO 20975-1, Fibre-reinforced plastic composites — Determination of laminate of through-thickness properties — Part 1: Direct tension and compression tests (in Entwicklung und RR abgeschlossen) (siehe Literaturhinweise).

ANMERKUNG 2 Die Druckeigenschaften von festen Kunststoffen, die nur unausgerichtete kurze (< 7,5 mm) oder keine Fasern enthalten (im Gegensatz zu langen (> 7,5 mm) diskontinuierlichen oder Endlosfasern), werden von ISO 604 abgedeckt (siehe Literaturhinweise).

1 Anwendungsbereich

1.1 Dieses Dokument legt Verfahren zur Bestimmung der Druckeigenschaften parallel zur Laminierungsebene von faserverstärkten Kunststoffen auf der Grundlage von duroplastischen oder thermoplastischen Matrizen fest. Die Druckeigenschaften sind für Spezifikationen und für die Qualitätskontrolle von Interesse. Die Probekörper werden aus einer flachen Prüfplatte oder aus geeigneten Fertig- oder Halbfertigprodukten hergestellt.

1.2 Drei Prüfverfahren zur Beanspruchung und zwei Probekörper-Typen werden beschrieben.

Die Verfahren zur Beanspruchung sind:

- Verfahren 1: Scherbeanspruchung des Probekörpers (Einspannlänge nicht unterstützt),
- Verfahren 2: kombinierte Beanspruchung des Probekörpers (Einspannlänge nicht unterstützt),
- Verfahren 3: Stirnflächenbeanspruchung eines ebenen Probekörpers (Einspannlänge nicht unterstützt).

ANMERKUNG 1 Bei Probekörpern mit Aufleimern, die nach Verfahren 2 beansprucht werden, erfolgt eine Krafteinleitung durch eine Kombination aus Stirnflächenbeanspruchung und Scherbelastung über die Aufleimer.

ANMERKUNG 2 Die Stirnflächenbeanspruchung von Probekörpern ohne Aufleimer wird nur die Messung des Moduls verwendet.

Die Probekörperauslegungen sind:

- Probekörper Typ A: rechteckiger Querschnitt, feststehende Dicke, mit Aufleimern (hauptsächlich für Vorimprägnierungen für die Luft- und Raumfahrt (~ 0,125 mm Lagendicke);
- Probekörper Typ B: rechteckiger Querschnitt, unterschiedliche Dicken, mit Aufleimern oder ohne Aufleimer, zwei Probekörpergrößen sind verfügbar (B1 und B2).

Der Probekörper vom Typ A ist der bevorzugte Probekörper für unidirektional oder biaxial verstärkte Werkstoffe, die parallel zur Faserrichtung geprüft werden, wobei die Fasern normalerweise entweder endlos oder lang (> 7,5 mm) diskontinuierlich ausgerichtet sind. Probekörper vom Typ B1 und Typ B2 werden bevorzugt für multidirektional ausgerichtete Matten, Gewebe und andere multidirektional verstärkte Werkstoffe verwendet, bei denen die Faserstruktur komplexer und/oder gröber ist.

1.3 Es werden Kriterien angegeben, mit denen überprüft werden kann, ob die Kombination aus Prüfverfahren und Probekörperauslegung zu gültigen Fehlern führt. Es wird darauf hingewiesen, dass alternative Prüfverfahren/Probekörperkombinationen nicht notwendigerweise zu demselben Ergebnis führen.

1.4 Die Verfahren legen geforderte Maße für die Probekörper fest. Prüfungen an Probekörpern mit davon abweichenden Maßen oder nach anderen Verfahren hergestellt, können zu Ergebnissen führen, die nicht vergleichbar sind. Andere Faktoren, wie die Prüfgeschwindigkeit, die verwendete Stützeinrichtung oder die Vorbehandlung der Probekörper, können die Ergebnisse beeinflussen. Deshalb müssen diese Kennwerte, wenn vergleichbare Messwerte erforderlich sind, sorgfältig festgelegt und aufgezeichnet werden.

1.5 Faserverstärkte Kunststoffe sind üblicherweise anisotrop. Daher ist es oft zweckmäßig oder erforderlich, Probekörper mindestens in den beiden orthogonalen Hauptrichtungen (in der Ebene) der Anisotropie (siehe Bild 1) oder in zuvor festgelegten Richtungen (z. B. eine aus dem Herstellungsverfahren resultierende Längsrichtung) herzustellen.

ANMERKUNG Beispiele für Prüfungen, die bei unterschiedlichen Ausrichtungen (d. h. 0° und 90°) der Prüfplatte durchgeführt werden müssen, sind in ISO 10350-2 und ISO 20144 enthalten (siehe Literaturhinweise).

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 291, *Plastics — Standard atmospheres for conditioning and testing*

ISO 1268, *Fibre-reinforced plastics — Methods of producing test plate (Teil 1-10)*

ISO 2602, *Statistical interpretation of test results — Estimation of the mean — Confidence interval*

ISO 3534-1, *Statistics — Vocabulary and symbols — Part 1: General statistical terms and terms used in probability*

ISO 5893, *Rubber and plastics test equipment — Tensile, flexural and compression types (constant rate of traverse) — Specification*

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*

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 <http://www.electropedia.org/>

3.1

Druckspannung

σ_c

die auf den Anfangsquerschnitt des parallelen Anteils des Probekörpers bezogene Druckkraft zu einem bestimmten Zeitpunkt der Prüfung

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird in Megapascal (MPa) angegeben.

3.2

Druckfestigkeit

Druckspannung beim Bruch

σ_{cM}

die maximale Druckspannung, der der Probekörper standhält

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird in Megapascal (MPa) angegeben.

3.3

Stauchung

ϵ_c

die auf die ursprüngliche Länge bezogene Abnahme der Messlänge

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird als dimensionsloses Verhältnis oder in Prozent (%) angegeben.

3.4

Stauchung beim Bruch

ε_{cM}

die Bruchstauchung bei der Druckspannung beim Bruch

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird als dimensionsloses Verhältnis oder in Prozent (%) angegeben.

3.5

Elastizitätsmodul bei Druck

Sekantenmodul

E_c

der Elastizitätsmodul aus der Druckprüfung ist als Sekantenmodul definiert und wird aus dem Verhältnis der Differenz der Spannungen (σ'' minus σ') und der Differenz der zugehörigen Stauchungen [ε'' (= 0,002 5) minus ε' (= 0,000 5)] bestimmt (siehe 10.2)

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird in Megapascal (MPa) angegeben.

3.6

Koordinatenachsen für den Probekörper

die orthogonalen Koordinatenachsen für Werkstoff in der Laminebene, der vorzugsweise Fasern mit einer Orientierung in Richtung einer Achse hat, sind in Bild 1 festgelegt. Die Richtung parallel zu den Faserachsen in der Laminebene wird als Richtung 1 bezeichnet, dazu rechtwinklig verläuft die Richtung 2. Für andere Werkstoffe wird die Richtung 1 üblicherweise herstellungsbezogen festgelegt, z. B. die Längs- oder Kettrichtung für Tafeln, die nach kontinuierlichen Verfahren hergestellt werden. Die Richtung 2 verläuft in der Ebene rechtwinklig zur Richtung 1. Die Richtung rechtwinklig zur Ebene ist die Richtung 3. Messergebnisse für Probekörper, die in Richtung 1 ausgeschnitten wurden, werden mit dem Index 11 (z. B. E_{c11}) gekennzeichnet. Entsprechend werden Messergebnisse für Probekörper, die in Richtung 2 ausgeschnitten wurden, werden mit dem Index 22 (z. B. E_{c22}) gekennzeichnet

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Richtung 1 wird auch 0-Grad(0°)- oder Längsrichtung und die Richtung 2 90-Grad(90°)- oder Querrichtung genannt. Für jeden Werkstoff kann das allgemein gebräuchlichere X-, Y- und Z-(Dickenrichtung) Koordinatensystem mit den Richtungen 1, 2 und 3 gleichgesetzt werden.

3.7

Einspannlänge

L_0

anfängliche Entfernung zwischen den Messmarken auf dem mittleren Teil des Probekörpers

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird in Millimeter (mm) angegeben.

3.8

Dicke

h

kleineres Anfangsmaß des rechteckigen Querschnitts im mittleren Teil eines Probekörpers

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird in Millimeter (mm) angegeben.

3.9

Breite

b

größeres Anfangsmaß des rechteckigen Querschnitts im mittleren Teil eines Probekörpers

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird in Millimeter (mm) angegeben.

4 Kurzbeschreibung

Eine axiale Kraft wird auf die nicht unterstützte Einspannlänge eines rechteckigen Probekörpers aufgebracht, der in einer Druckprüfeinrichtung zur Verhinderung des Einknickens/Stützeinrichtung gehalten wird, während die Druckkraft und Dehnung in diesem Bereich kontrolliert werden. Das Prüfverfahren konzentriert sich auf die Qualität der axialen Verformung, dies zeigt die Erfahrung mit den Probekörpern. Jede Druckprüfeinrichtung kann verwendet werden, vorausgesetzt, das Versagen von Probekörpern bleibt unter einer Biegedehnung im Probekörper von 10 % (zwischen 10 % und 90 % der Höchstlast); und in der vorgeschriebenen Weise und an der vorgeschriebenen Stelle versagt.

Die Druckbeanspruchung auf den Probekörper erfolgt durch:

- Scherbeanspruchung über Aufleimer (Verfahren 1), oder
- einen kombinierten Beanspruchungsmodus mit Druckbeanspruchung direkt auf die Stirnflächen des Probekörpers und Scherbeanspruchung durch die Stützeinrichtung unter Verwendung eines Probekörpers mit Aufleimern (Verfahren 2),
- Druckbeanspruchung auf die Stirnflächen eines Probekörpers, ohne Aufleimer nur für die Modulmessung oder mit Aufleimern, die eine erhöhte Krafteinleitung für Festigkeitsprüfungen ermöglichen, ohne dass ein Versagen der Stirnflächen auftritt (Verfahren 3) (siehe ANMERKUNG 2).

ANMERKUNG 1 Es wird darauf hingewiesen, dass die mit diesen Verfahren erzielten Prüfergebnisse bei Verwendung unterschiedlicher Probekörperauslegungen/-größen und unterschiedlicher Druckprüfeinrichtungen nicht unbedingt vergleichbar sind.

ANMERKUNG 2 Die Prüfeinrichtung in Verfahren B nach EN 2850 für die Druckbeanspruchung auf die Stirnflächen (vgl. modifizierte ASTM D695, siehe Literaturhinweise) ist für Standardprobekörper vom Typ A oder Typ B nach diesem Dokument nicht geeignet, weshalb Verfahren 3 von diesem Dokument nicht weiter abgedeckt wird.

ANMERKUNG 3 Jedes dieser Verfahren weist spezifische Vor- und Nachteile auf. Beispielsweise ist die Scherbeanspruchung nicht für sehr dicke Lamine geeignet, da sie zu einer Verteilung der Dehnungen über die Laminatdicke führt, verursacht durch Gleitungen, und die Aufleimer bei hohen Kräften abscheren können. Die Druckbeanspruchung auf die Stirnflächen ist in vielen Fällen ein ausreichendes und einfaches Verfahren zur Bestimmung des Druckmoduls, ist für die Bestimmung der Bruchfestigkeit allerdings sehr begrenzt. Die kombinierte Beanspruchung überwindet mehrere der zuvor beschriebenen Probleme und kann auch für höhere Laminatdicken verwendet werden. Der Nachteil liegt in der Notwendigkeit einer zusätzlichen Bearbeitung der Stirnflächen des Probekörpers, um sicherzustellen, dass die Parallelitäts- und Rechtwinkligkeitstoleranzen bei der Verwendung von Proben mit Aufleimern eingehalten werden.

5 Prüfgeräte

5.1 Prüfmaschine

5.1.1 Allgemeines

Die Prüfmaschine muss ISO 7500-1 und ISO 9513 entsprechen und die in 5.1.2 bis 5.1.3 angegebenen Spezifikationen erfüllen. Die Prüfmaschine sollte in gutem Zustand gehalten und verschlissene Teile (z. B. Gewinde, Flächen der Klemmbacken) ersetzt werden. Die Ausrichtung der Prüfmaschine, des Probekörpers und der Druckprüf-/Stützeinrichtung auf der Maschinenachse ist regelmäßig oder nach dem Bewegen/der neuen Zusammensetzung eines Teils des Krafteinleitungssystems nach den in Anhang A beschriebenen Verfahren zu überprüfen.

5.1.2 Prüfgeschwindigkeit

Die Prüfmaschine muss die verlangte Prüfgeschwindigkeit (siehe 9.5) einhalten können.

5.1.3 Messung der Beanspruchung

Die Kraftmesseinrichtung muss der Klasse 1 nach ISO 7500-1 entsprechen (d. h. der Fehler für die angezeigte Beanspruchung darf $\pm 1\%$ des wahren Wertes nicht überschreiten). Zur Aufzeichnung der Beanspruchungswerte während der Prüfungen müssen geeignete Datenaufzeichnungsgeräte (Datenlogger) verwendet werden.

5.2 Dehnungsmessung

Die Stauchung muss mit Dehnmessstreifen, mechanischen Feindehnungsaufnehmern oder optischen Feindehnungsaufnehmern (einschließlich digitaler Bildkorrelation (DIC)) bestimmt werden, die die Anforderung erfüllen, dass die Fehlergrenze für die angezeigte Stauchung $\pm 1\%$ nicht überschreiten darf (siehe ISO 9513). Die Dehnung muss an beiden Seiten der Probekörper gemessen werden, um den Grad der Biegung zu bestimmen, oder an den Seiten (schmale Seite) des Probekörpers, wenn DIC verwendet wird (siehe Anhang H). Die Dehnungsmessstreifen für Probekörper vom Typ A und Typ B1 müssen kürzer als 3 mm sein. Probekörper vom Typ B2 eignen sich für längere Dehnungsmessstreifen (z. B. ≥ 10 mm).

Dehnungsmessstreifen, Oberflächenbehandlung und Klebstoffsystem müssen so ausgewählt werden, dass sie bei dem zu prüfenden Werkstoff eine akzeptable Leistung erbringen, und zur Aufzeichnung der Stauchung muss eine geeignete Einrichtung (Datenlogger/Computer) angewendet werden.

ANMERKUNG 1 Vollfeld-Dehnungsmessungen, wie sie mit DIC durchgeführt werden, liefern den Nachweis für die „Wiederholungsstruktur“ der Verstärkung und dienen daher als Grundlage für die Wahl der Einspannlänge für die Stauchung (d. h. eine größere Einspannlänge als die Größe einer sich wiederholenden „Verstärkungsstruktur“ (siehe Literaturhinweise), die eine lokale Ungleichmäßigkeit des Stauchungsfeldes verursacht).

5.3 Messschraube

Die Messschraube, ein Messschieber oder ein gleichwertiges Messgerät mit einer Fehlergrenze der Anzeige von $\leq 0,01$ mm muss für die Messung der Dicke h und der Breite b des Probekörpers verwendet werden.

Für Dickenmessungen müssen Messschieber eine für die zu messende Oberfläche geeignete Messfläche (d. h. eine flache Fläche für ebene, geschnittene oder polierte Oberflächen und eine halbkugelförmige Fläche für andere Oberflächen) mit einem Durchmesser von jeweils ~ 6 mm aufweisen.

5.4 Druckprüfeinrichtungen

5.4.1 Allgemeines

Es müssen Stütz-/Druckprüfeinrichtungen verwendet werden, die für das gewählte Beanspruchungsverfahren geeignet sind. Die Druckprüfeinrichtung muss den Probekörper so beanspruchen, dass die Anforderungen an die zulässige Biegung des Probekörpers nach 9.8 eingehalten werden. Die wesentliche Anforderung an die Auslegung der Druckprüfeinrichtung für alle Beanspruchungsverfahren besteht darin, dass die Ausrichtung (zu Beginn und während der gesamten Prüfung) des Krafteinleitungssystems und der in der Druckprüfeinrichtung beanspruchten Probe beibehalten wird, so dass ein Knicken vermieden wird. Die Verfahren für eine zufrieden stellende Ausrichtung des Krafteinleitungssystems sind in Anhang A beschrieben. Die verwendete Druckprüfeinrichtung muss im Prüfbericht vollständig angegeben und beschrieben werden.

5.4.2 Verfahren 1: Scherbeanspruchung

Die Kraft wird durch Scherung über die Aufleimer in den Probekörper eingeleitet. Die Kraft wird durch flache Klemmbeilagen oder Vee-Einspannklemmen aufgebracht, wie in Bild 2a schematisch dargestellt. Ausgerichtete Hydraulikklemmen in Prüfmaschinen mit Probekörperausrichtung sind ebenfalls zulässig. Eine Druckprüfeinrichtung für Scherbeanspruchung ist in Bild 3 schematisch dargestellt.

ANMERKUNG Einige handelsübliche Druckprüfeinrichtungen für Verfahren 1 sind in Anhang C dargestellt (d. h. ASTM D 3410: Verfahren B (bekannt als ITTRI, das flache Einspannklemmen verwendet)). Eine frühe Ausführung dieses

Beanspruchungsverfahrens, bekannt als Celanese (unter Verwendung von kegelförmigen Einspannklemmen), ist in der ASTM D3410 nicht mehr enthalten.

5.4.3 Verfahren 2: kombinierte Beanspruchung

Die Beanspruchung erfolgt direkt auf die Stirnflächen des Probekörpers und durch gleichzeitige Scherbeanspruchung durch die Aufleimer, was zu einer kombinierten Beanspruchungskonfiguration führt, wie in Bild 2b schematisch dargestellt. Eine Druckprüfeinrichtung für die kombinierte Beanspruchung ist in Bild 4 schematisch dargestellt. Eine kombinierte Beanspruchung wird auch erreicht, wenn eine Stützeinrichtung oder Einrichtung zur Verhinderung des Einknickens den Probekörper einspannt, obwohl der genaue Beanspruchungsweg durch die Vorrichtung in die Einspannlänge des Probekörpers unklar ist. Darüber hinaus erhöht die Druckbeanspruchung des Probekörpers die Querkraft auf die Schraubklemmen und ähnliche Konstruktionen aufgrund der Poisson-Ausdehnung des Probekörpers.

ANMERKUNG Die üblichen Druckprüfeinrichtungen nach Verfahren 2 sind in Anhang D aufgeführt.

6 Probekörper

6.1 Form und Maße

6.1.1 Probekörper A

Die Probekörper müssen parallele Seiten und einen rechteckigen Querschnitt mit den in Tabelle 1 angegebenen Maßen haben (siehe auch Bild 5). Probekörper vom Typ A werden bevorzugt für Lamine verwendet, die aus ~ 0,125 mm dicken 0°-Schichten (z. B. unidirektionales Prepreg aus der Luft- und Raumfahrt) hergestellt und in Richtung 1 (axial) beansprucht werden. Bei diesen unidirektional verstärkten Werkstoffen muss der Probekörper mit seiner Achse innerhalb von 0,5° zur mittleren Faserachse der Prüfplatte herausgezogen werden.

6.1.2 Probekörper B

Die Probekörper müssen parallele Seiten und einen rechteckigen Querschnitt mit den in Tabelle 1 angegebenen Maßen haben. Aufleimer müssen, wenn verlangt, verwendet werden, um gegebenenfalls ein Versagen an den beanspruchten Stirnflächen des Probekörpers zu verhindern, indem die aufgebrachte Kraft auf die größere Fläche des Probekörpers und der Aufleimer verteilt wird.

Probekörper vom Typ B1 eignen sich für Werkstoffe, die aus schwereren Schichten aufgebaut sind (empfohlen werden etwa 16 Lagen, wie sie bei Probekörpern vom Typ A mit 16 Lagen 0,125 mm dickem Prepreg verwendet werden).

Probekörper vom Typ B2 eignen sich für „größere“ oder strukturierte Gewebe (z. B. NCF (gestreckte Faseranordnung, en: non-crimped fabrics), multidirektionale Aufbauten und 3D-Gewebe).

Tabelle 1 — Maße des Probekörpers

Maße (mm)	Sym- bol	Probekör- per A	Probekörper B1	Probekör- per B2
Gesamtlänge (mindestens)	l_0	110	110	125
Dicke	h	$2 \pm 0,2$	$2 \pm 0,2$ bis $10 \pm 0,2$	$\geq 4 \pm 0,2$
Breite	b	$10 \pm 0,5$	$10 \pm 0,5$	$25 \pm 0,5$
Abstand zwischen den Aufleimern	L	10	10	25
Länge der Aufleimer (mindestens)	l_t	50	50 (falls verlangt)	50 (falls verlangt)

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Maße (mm)	Sym- bol	Probekör- per A	Probekörper B1	Probekör- per B2
Dicke der Aufleimer (erlaubte Abweichung der Dicke = 2 %)	d_t	1	0,5 bis 2 (falls verlangt)	0,5 bis 2 (falls verlangt)

ANMERKUNG 1 Anforderungen an die Qualität und Parallelität der Probekörper und an die Aufleimer sind in 6.3 angegeben.

6.2 Herstellung von Probekörpern

6.2.1 Allgemeines

Eine flache Prüfplatte muss nach einem geeigneten Herstellungsverfahren nach ISO 1268 oder einem anderen festgelegten und vereinbarten Verfahren hergestellt werden. Die Probekörper, die aus fertigen Teilen auszuscheiden sind (z. B. für eine Qualitätskontrolle während der Herstellung oder bei der Lieferung), müssen aus ebenen Bereichen mit einheitlicher Dicke entnommen werden.

6.2.2 Werkstoff für die Aufleimer

Die Enden des Probekörpers müssen, falls gefordert, mit Aufleimern verstärkt werden, die vorzugsweise aus 0°/90°-Kreuzlagen- oder Gewebelaminat auf der Basis von Glasfasern/Harz hergestellt sind, mit einer Lagenorientierung der Fasern von $\pm 45^\circ$ zur Probekörperachse bestehen. Die Dicke der Aufleimer muss 0,5 mm bis 2 mm, ihr Winkel 90° betragen (d. h., die Aufleimer dürfen nicht kegelförmig angespitzt sein). Falls ein Versagen der Aufleimer unter hohen Endbeanspruchungen eintritt, dann muss die Lagenorientierung der Fasern im Aufleimer 0°/90° zur Probekörperachse betragen.

Bei alternativen Aufleimern/Beilagen-Aufleimern aus dem zu untersuchenden Werkstoff, mechanisch befestigten Beilagen, nicht verklebten Aufleimern oder Reibungsmaterialien (Schmirgelpapier, Sandpapier oder oberflächenfeinbearbeitete Klemmbacken) muss vor der Anwendung nachgewiesen werden, dass mit ihnen mindestens gleiche Festigkeitswerte (siehe 10.4) und keine größeren Variationskoeffizienten (siehe ISO 3534-1) erhalten werden als mit den oben empfohlenen Aufleimerwerkstoffen.

Wenn die Prüfung an Probekörpern ohne Aufleimer durchgeführt wird, muss der Abstand zwischen den Beilagen gleich dem Abstand der Aufleimer der entsprechenden Probekörper mit Aufleimern sein.

ANMERKUNG 1 Weitere Hinweise zur Beschaffenheit der Klemmbacken und zu Krafteinleitungselementen (z. B. Sandpapier) sind in ISO 527-4 und ISO 527-5, Anhang C, enthalten.

ANMERKUNG 2 Anhang F enthält eine Gleichung zur Vorhersage der Mindestlänge der Aufleimer in Abhängigkeit von der Scherfestigkeit des Aufleimers (des Klebstoffs) und der erwarteten Versagensbeanspruchung des Probekörpers.

6.2.3 Aufbringen der Aufleimer auf die Probekörper

Die Aufleimer müssen, wie in Anhang B gezeigt, auf den Probekörper aufgeklebt werden. Für das Prüfergebnis ist es von entscheidender Bedeutung, dass sowohl die Dicke des Aufleimers als auch die Dicke der Klebelinie eine konstante Dicke aufweisen müssen, so dass der Probekörper eine gleichmäßige Symmetrie aufweist (d. h. weniger als 5 % Abweichung in der Klebedicke).

ANMERKUNG 1 Das Verfahren zum Aufbringen der Aufleimer kann für einzelne Probekörper oder für Probekörperreihen angewendet werden.

6.2.4 Bearbeitung der Probekörper

Verfahren 1: Die Flächen der Probekörper mit Aufleimern sind, wie gefordert, so zu bearbeiten, dass die Flächen symmetrisch zur Mittelebene des Probekörpers und zueinander parallel liegen. Die Enden der beiden Aufleimer auf beiden Seiten des Probekörpers sollten an den Rändern der Einspannlänge nicht mehr als 0,05 mm voneinander entfernt sein.

Verfahren 2: Die Stirnflächen der Probekörper müssen so bearbeitet sein, dass sie zueinander parallel und rechtwinklig zur Probekörperlänge sind. Die zulässige Parallelitätsabweichung der Aufnahmeflächen beträgt 0,1 % der Anfangshöhe des Probekörpers, d. h. des Abstandes zwischen den Einspannklemmen. Die Toleranz für die Parallelität darf höchstens 1 % der Anfangshöhe betragen und muss den oben genannten Kriterien für die Längenmessung entsprechen.

ANMERKUNG Zusätzliche Hinweise zur Herstellung von Probekörpern sind in Anhang G und in ISO 2818 enthalten.

6.3 Überprüfung der Qualität der Probekörper

Die Probekörper, sowohl mit also auch ohne Aufleimer, dürfen keine Verdrehungen aufweisen und müssen symmetrische Paare paralleler Oberflächen haben. Die Oberflächen und Kanten müssen frei von Kratzern, Löchern, Einfallstellen und Graten sein. Die Probekörper müssen durch Sichtprüfung, mit Anschlagwinkeln, ebenen und quadratischen Platten und durch Messung mit Feinmesslehren auf Übereinstimmung mit diesen Anforderungen überprüft werden. Probekörper, die messbare oder sichtbare Abweichungen von einer dieser Anforderungen zeigen, müssen verworfen oder vor der Prüfung auf die vorgeschriebenen Maße und Form nachbearbeitet werden.

ANMERKUNG Die Qualität des hergestellten Probekörpers hat einen großen Einfluss auf den Erfolg der Prüfung.

7 Anzahl der Probekörper

7.1 Mindestens fünf Probekörper müssen je nach Bedarf in jeder Prüfrichtung geprüft werden. Es müssen mindestens 5 Probekörper in der Richtung 1 geprüft werden.

Wenn eine größere Präzision des Mittelwertes und der Standardabweichung gefordert ist, können mehr als fünf Messungen durchgeführt werden. Mit Hilfe des Vertrauensbereiches (95 % Wahrscheinlichkeit, siehe ISO 2602) lässt sich die Anzahl der erforderlichen erfolgreichen Prüfungen in einer bestimmten Richtung berechnen.

7.2 Die Ergebnisse von Probekörpern, die in den Einspannklemmen in Klemmblocks oder in Aufleimern brechen, sind zu verwerfen; an ihrer Stelle sind neue Probekörper zu prüfen. Ein Ersatzprobekörper muss verwendet werden, wenn eine Prüfung das Maximum der Biegeanforderung in 9.8 überschreitet.

ANMERKUNG Dieses Prüfverfahren kann eher zu Versagen an der Kante der Druckvorrichtung oder am Aufleimer führen als in der Mitte der Einspannlänge. Diese Versagen sind akzeptierbar, sollten aber durch nochmaliges Prüfen der Prüfvorrichtung, der Aufleimerbedingungen usw. verringert werden.

7.3 Es können für Probekörperchargen, die mehr als fünf Probekörper haben, Prüfungen durchgeführt werden, ohne dass zwei Dehnungsmesseinrichtungen verwendet werden, vorausgesetzt, dass

- a) mittels der ersten fünf Probekörper gezeigt wurde, dass das Versagen bei einer Biegedehnung kleiner als dem in 9.8 angegebenen Wert erfolgt, wenn diese „Rücken an Rücken“-Anordnung der Dehnungsmesseinrichtung verwendet wird;
- b) es keine Änderungen der Prüfbedingungen gibt (d. h. Werkstoffcharge Probekörpertyp, Prüfbedingungen, Bedienungsperson, Prüfausrüstung usw.);
- c) die Prüfungen während einer Kurz-Zeit-Dauer ohne Störung der Vorrichtungsausrichtung durchgeführt werden. In solchen Fällen kann der Modul, sofern erforderlich, aus einer einzigen Dehnungsmessung ermittelt werden.

telt werden. Die Änderung des Verfahrens muss im Prüfbericht angegeben werden (siehe Abschnitt 12, Punkt p).

8 Vorbehandlung der Probekörper

Die Probekörper sind entsprechend den Anforderungen der Internationalen Norm für den untersuchten Werkstoff vorzubehandeln. Fehlt diese Information, so ist die am besten zutreffende Bedingung aus ISO 291 auszuwählen, falls von den Beteiligten nichts anderes vereinbart wird, z. B. für die Prüfung bei hohen oder tiefen Temperaturen.

9 Durchführung

9.1 Die Prüfung ist in dem Klima durchzuführen, das in der Internationalen Norm für den untersuchten Werkstoff vorgeschrieben ist. Fehlt diese Information, so ist die am besten zutreffende Bedingung aus ISO 291 auszuwählen, falls von den Beteiligten nichts anderes vereinbart wird (z. B. für die Prüfung bei hohen oder tiefen Temperaturen).

9.2 Die Breite b der Probekörper ist auf 0,1 mm und die Dicke h auf 0,02 mm zu messen. Für Probekörper B2 werden die Maße an drei verschiedenen Stellen entlang des Messquerschnitts bestimmt. Der Durchschnittswert wird aufgezeichnet.

9.3 Die gewählten Dehnungsmess- und Aufzeichnungsgeräte sind anzubringen. Es sind zwei Dehnungsmessungen (eine auf jeder Seite des Probekörpers, d. h. „Rücken an Rücken“) erforderlich, um sicherzustellen, dass die maximale Biegedehnung nicht überschritten wird (d. h. weniger als 10 % Biegedehnung zwischen 10 % und 90 % der Höchstlast). Knickversagen nach Euler kann nachgewiesen werden, wenn sich die Stauchung auf einer Seite umkehrt (abnimmt), während sie auf der anderen Seite rasch zunimmt.

9.4 Der Probekörper ist in der Druckvorrichtung zu befestigen, wobei darauf zu achten ist, dass die Vorstauchung weniger als 0,05 % beträgt. Es ist zu überprüfen, ob die Stauchungsdifferenz zwischen den Flächen über die gesamte Dicke weniger als 150 µε beträgt, wenn die Klemmbacken/Druckvorrichtung angezogen sind. Ist der Wert höher, ist die aufgebrachte Stauchung durch langsames Entlasten des Probekörpers zu verringern.

9.5 Die Traversengeschwindigkeit ist auf 1 mm/min einzustellen, und der Probekörper ist bis zum Versagen zu belasten.

9.6 Kraft (Spannung) und Verformung (Stauchung) sind während der gesamten Prüfung aufzuzeichnen.

9.7 Die maximale vom Probekörper während der Prüfung erreichte Kraft ist aufzuzeichnen.

9.8 Die Gültigkeit der Prüfung ist zu überprüfen (siehe 7.2). Eine Prüfung ist gültig, wenn der Probekörper innerhalb oder am Ende der Einspannlänge bricht. Es darf kein Versagen (Bruch) der Probekörperenden geben, wenn nach Verfahren B beansprucht wird.

Die Biegung ist zulässig, wenn die Differenz zwischen den auf beiden Seiten des Probekörpers aufgezeichneten Stauchungen weniger als 10 % Biegedehnung zwischen 10 % und 90 % der Höchstlast beträgt, so dass:

$$\left| \frac{\varepsilon_{11b} - \varepsilon_{11a}}{\varepsilon_{11b} + \varepsilon_{11a}} \right| \leq 0,1$$

Dabei sind ε_{11a} und ε_{11b} die Stauchungen an gegenüberliegenden Seiten des Probekörpers.

ANMERKUNG Tritt vor dem Versagen eine große Differenz der Stauchungen in der Richtung auf (d. h. Zug auf einer Seite, Druck auf der anderen), die auf ein Knickversagen nach Euler hinweist, kann Anhang F zur Berechnung einer überarbeiteten Dicke und/oder Einspannlänge für Probekörper vom Typ B verwendet werden.

9.9 Die primäre Versagensart ist unter Verweisung auf Bild 6 aufzuzeichnen.

10 Angabe der Ergebnisse

10.1 Berechnung der Druckfestigkeit

Die Druckfestigkeit σ_{cM} in Megapascal ist nach der folgenden Gleichung zu berechnen:

$$\sigma_{cM} = \frac{F_{\max}}{bh}$$

Dabei ist

$F_{\max}$ die maximale Druckkraft, in Newton;

b die Breite des Probekörpers, in Millimeter;

h die Dicke des Probekörpers, in Millimeter.

10.2 Berechnung des Elastizitätsmodul bei Druck

Der Elastizitätsmodul bei Druck E_c in Megapascal ist nach der folgenden Gleichung zu berechnen:

$$E_c = \frac{\sigma''_c - \sigma'_c}{\varepsilon''_c - \varepsilon'_c}$$

Dabei ist

σ''_c die Druckspannung bei $\varepsilon''_c = 0,002\,5$, angegeben in Megapascal;

σ'_c die Druckspannung bei $\varepsilon'_c = 0,000\,5$, angegeben in Megapascal.

Siehe Bild 7 [Beachte: $\varepsilon'_c = 0,000\,5$ und $\varepsilon''_c = 0,002\,5$ müssen Durchschnittswerte sein, wenn Dehnungswerte auf gegenüberliegenden Seiten nicht gleich sind (siehe 9.8)].

10.3 Berechnung der Stauchung beim Bruch

Es ist die Stauchung beim Bruch ε_{cM} aus dem Mittelwert der Bruchstauchungen (ε_{11a} und ε_{11b}) zu berechnen.

10.4 Statistische Parameter

Es sind der arithmetische Mittelwert der Prüfergebnisse und, falls gefordert, die Standardabweichung und der 95 %-Vertrauensbereich für den Mittelwert nach dem in ISO 2602 beschriebenen Verfahren zu ermitteln.

10.5 Signifikante Stellen

Die Spannungen und der Zugmodul sind auf drei signifikante Stellen zu berechnen. Die Dehnung und die Poisson-Zahl sind auf zwei signifikante Stellen zu berechnen.

11 Präzision

Die Präzision dieses Prüfverfahrens ist nicht bekannt, da keine Ergebnisse von Ringversuchen vorhanden sind. Sobald die Daten aus Ringversuchen vorliegen, wird eine Präzisionsangabe hinzugefügt. Ein Programm mit Ringversuchen ist geplant.

12 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss folgende Angaben enthalten:

- a) eine Verweisung auf diese Internationale Norm unter Angabe des Beanspruchungsverfahrens und des Typs des Probekörpers;
- b) alle notwendigen Angaben zur vollständigen Beschreibung des Werkstoffes, einschließlich Typ, Ursprung, Bezeichnungsnummer des Herstellers, Form und Vorgeschichte, soweit diese bekannt sind;
- c) alle wichtigen Angaben zur Probekörperherstellung, einschließlich Informationen über die Richtung des Ausschneidens/Prüfens (z. B. Richtung der Symmetrieachse 1 oder 2 in Bild 1);
- d) alle notwendigen Angaben zur vollständigen Beschreibung der verwendeten Druckprüfeinrichtung;
- e) die Maße der Probekörper;
- f) die Prüfbedingungen und Vorbehandlungsverfahren, falls zutreffend;
- g) die Anzahl der geprüften Probekörper;
- h) die Prüfgeschwindigkeit;
- i) das Verfahren der Dehnungs- oder Verformungsmessung;
- j) die einzelnen Prüfergebnisse, wenn gefordert;
- k) die Mittelwerte der einzelnen Prüfergebnisse;
- l) die Beschreibung der Versagensart;
- m) die Standardabweichungen und die 95 %-Vertrauensbereiche für die Mittelwerte, wenn gefordert;
- n) das Datum der Messung;
- o) der Name des Bedieners;
- p) jede Änderung des Verfahrens gegenüber diesem Dokument.

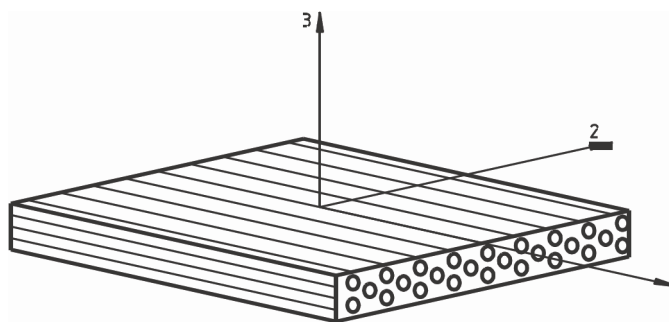
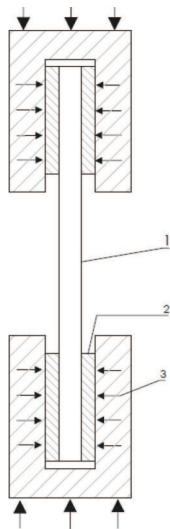
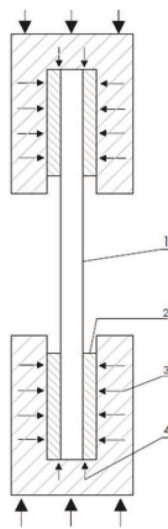


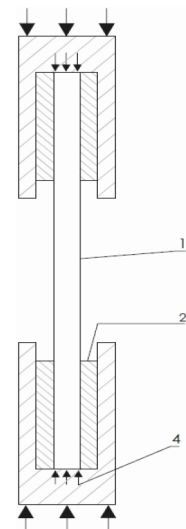
Bild 1 — Symmetrieachsen für ein Element einer unidirektional verstärkten Verbundstoffplatte



**a) Verfahren 1 —
Schwerbeanspruchung**



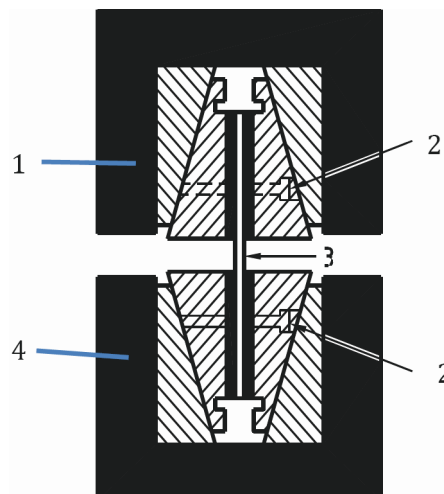
**b) Verfahren 2 — Kombinierte
Beanspruchung**



**c) Verfahren 3 —
Beanspruchung auf die
Stirnflächen**

(1 = Probekörper, 2 = Aufleimer, 3 = Scherbeanspruchung, 4 = Beanspruchung auf die Stirnflächen)

Bild 2 — Schematische Darstellung der Beanspruchungsbedingungen für die alternativen Verfahren



Legende

- 1 Oberer Klemmblock
- 2 Klemmschrauben
- 3 Probekörper
- 4 Unterer Klemmblock

Bild 3 — Schematische Darstellung des Probekörpers und der Druckprüfeinrichtung für Verfahren 1