

Kunststoffe  
**Bestimmung von Druckeigenschaften**  
(ISO 604:2002)  
Deutsche Fassung EN ISO 604:2003

**DIN**  
**EN ISO 604**

ICS 83.080.01

Ersatz für  
DIN EN ISO 604:1997-02

Plastics — Determination of compressive properties  
(ISO 604:2002);  
German version EN ISO 604:2003

Plastiques — Détermination des propriétés en compression  
(ISO 604:2002);  
Version allemande EN ISO 604:2003

**Die Europäische Norm EN ISO 604:2003 hat den Status einer Deutschen Norm.**

### Nationales Vorwort

Die Mitarbeit des DIN im CEN/TC 249 „Kunststoffe“ wird über den Normenausschuss Kunststoffe (FNK) wahrgenommen.

An der Erstellung dieser Europäischen Norm war seitens des DIN der folgende Arbeitsausschuss beteiligt:

FNK-AA 102.1 „Mechanische Eigenschaften und Probekörperherstellung“.

Für die im Abschnitt 2 zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 291        siehe DIN EN ISO 291  
ISO 293        siehe E DIN EN ISO 293  
ISO 294-1     siehe DIN EN ISO 294-1  
ISO 295        siehe DIN EN ISO 295  
ISO 2818      siehe DIN EN ISO 2818  
ISO 3167      siehe E DIN EN ISO 3167  
ISO 10724-1  siehe DIN EN ISO 10724-1

### Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 604:1997-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Inhalt der Norm technisch überarbeitet;
- b) ein Korrekturverfahren für die Krümmung zu Beginn der Spannungs-/Stauchungskurven aufgenommen;
- c) ein Korrekturverfahren für die Nachgiebigkeit des Prüfgerätes als Anhang C aufgenommen.

### Frühere Ausgaben

DIN 53454: 1952-10, 1971-04  
DIN 53457: 1968-05, 1987-06, 1987-10  
DIN EN ISO 604: 1997-02

Fortsetzung Seite 2  
und 22 Seiten EN

**Nationaler Anhang NA**  
(informativ)

**Literaturhinweise**

DIN EN ISO 291, *Kunststoffe — Normalklimate für Konditionierung und Prüfung (ISO 291:1997); Deutsche Fassung EN ISO 291:1997.*

E DIN EN ISO 293, *Kunststoffe — Formgepresste Probekörper aus Thermoplasten (ISO 293:1986); Deutsche Fassung prEN ISO 293:2002.*

DIN EN ISO 294-1, *Kunststoffe — Spritzgießen von Probekörpern aus Thermoplasten — Teil 1: Allgemeine Grundlagen und Herstellung von Vielzweckprobekörpern und Stäben (ISO 294-1:1996); Deutsche Fassung EN ISO 294-1:1998.*

DIN EN ISO 295, *Kunststoffe — Pressen von Probekörpern aus duroplastischen Werkstoffen (ISO 295:1991); Deutsche Fassung EN ISO 295:1998.*

DIN EN ISO 2818, *Kunststoffe — Herstellung von Probekörpern durch mechanische Bearbeitung (ISO 2818:1994); Deutsche Fassung EN ISO 2818:1996.*

E DIN EN ISO 3167, *Kunststoffe — Vielzweckprobekörper (ISO 3167:2002); Deutsche Fassung prEN ISO 3167:2002.*

DIN EN ISO 10724-1, *Kunststoffe — Spritzgießen von Probekörpern aus duroplastischen rieselfähigen Formmassen (PMC) — Teil 1: Allgemeine Grundlagen und Herstellung von Vielzweckprobekörpern (ISO 10724-1:1998); Deutsche Fassung EN ISO 10724-1:2001.*

**Deutsche Fassung**

Kunststoffe  
**Bestimmung von Druckeigenschaften**  
(ISO 604:2002)

Plastics —  
Determination of compressive properties  
(ISO 604:2002)

Plastiques —  
Détermination des propriétés en compression  
(ISO 604:2002)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 26. Juni 2003 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

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

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, der Slowakei, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn und dem Vereinigten Königreich.



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

**Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel**

## Inhalt

	Seite
<b>Vorwort</b> .....	<b>2</b>
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	<b>3</b>
<b>2 Normative Verweisungen</b> .....	<b>3</b>
<b>3 Begriffe</b> .....	<b>4</b>
<b>4 Kurzbeschreibung</b> .....	<b>6</b>
<b>5 Prüfeinrichtung</b> .....	<b>7</b>
<b>6 Probekörper</b> .....	<b>8</b>
<b>7 Anzahl der Probekörper</b> .....	<b>11</b>
<b>8 Vorbehandlung der Probekörper</b> .....	<b>11</b>
<b>9 Durchführung</b> .....	<b>11</b>
<b>10 Berechnung und Darstellung der Ergebnisse</b> .....	<b>13</b>
<b>11 Präzision</b> .....	<b>15</b>
<b>12 Prüfbericht</b> .....	<b>15</b>
<b>Anhang A (normativ) Kleine Probekörper</b> .....	<b>17</b>
<b>Anhang B (informativ) Knickgrenze</b> .....	<b>18</b>
<b>Anhang C (normativ) Nachgiebigkeitskorrektur</b> .....	<b>20</b>
<b>Literaturhinweise</b> .....	<b>21</b>
<b>Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen</b> .....	<b>22</b>

## Vorwort

Der Text von ISO 604:2002 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 61 „Plastics“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als EN ISO 604:2003 durch das Technische Komitee CEN/TC 249 „Plastics“ übernommen, dessen Sekretariat vom IBN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Januar 2004, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Januar 2004 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument ersetzt EN ISO 604:1996.

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

### Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 604:2002 wurde vom CEN als EN ISO 604:2003 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

ANMERKUNG Die normativen Verweisungen auf Internationale Normen sind im Anhang ZA (normativ) aufgeführt.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt ein Verfahren zur Ermittlung der Druckeigenschaften von Kunststoffen unter definierten Bedingungen fest. Es ist ein genormter Probekörper festgelegt, jedoch kann seine Länge so abgestimmt werden, dass eine Beeinflussung der Ergebnisse durch ein Knicken unter Last vermieden wird. Eine Liste von Prüfungsgeschwindigkeiten ist mit aufgenommen.

Das Verfahren wird für die Untersuchung des Druckverhaltens der Probekörper und für die Bestimmung der Druckfestigkeit, des Druckmoduls und anderer Gesichtspunkte der Druckspannungs-Stauchungs-Beziehung unter den definierten Bedingungen verwendet.

Das Prüfverfahren ist zur Anwendung auf folgende Werkstoffgruppen geeignet:

- steife und halbsteife [1] thermoplastische Spritzguss- und Extrusionswerkstoffe, einschließlich gefüllter und verstärkter Formmassen als Ergänzung zu ungefüllten Typen, z. B. durch Kurzfasern, kleine Stäbchen, Plättchen oder Granulat verstärkte Formmassen; steife und halbsteife thermoplastische Tafeln;
- steife und halbsteife duroplastische Werkstoffe, einschließlich gefüllter und verstärkter Formmassen; steife und halbsteife duroplastische Tafeln;
- thermotrope flüssigkristalline Polymere.

In Übereinstimmung mit ISO 10350-1 und ISO 10350-2 gilt diese Internationale Norm für faserverstärkte Formmassen mit einer Faserlänge von  $\leq 7,5$  mm vor der Verarbeitung.

Das Verfahren ist üblicherweise nicht zur Anwendung bei textilfaserverstärkten Werkstoffen (siehe Verweisungen [2] und [5]), faserverstärkten Kunststoff-Verbundwerkstoffen und Laminaten (siehe [5]) sowie harten Schaumstoffen (siehe [3]) oder Schichtstoff-Verbundwerkstoffen mit Schaumstoffkern oder Gummi (siehe [4]) geeignet.

Das Verfahren ist für Probekörper geeignet, die direkt in den gewählten Maßen geformt werden, aus dem Mittelteil eines Norm-Vielzweckprobekörpers (siehe ISO 3167) ausgearbeitet werden oder aus fertigen oder halbfertigen Produkten wie Formteilen, extrudierten oder gegossenen Tafeln ausgearbeitet werden.

Das Verfahren legt bevorzugte Maße für die Probekörper fest. Prüfungen an Probekörpern mit davon abweichenden Maßen oder anderen Herstellungsverfahren können zu Ergebnissen führen, die nicht vergleichbar sind. Andere Faktoren, wie die Prüfungsgeschwindigkeit und die Vorbehandlung der Probekörper, können ebenfalls die Ergebnisse beeinflussen. Deshalb müssen diese Parameter sorgfältig festgelegt und aufgezeichnet werden, wenn vergleichbare Messwerte erforderlich sind.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil dieser Internationalen Norm sind. Bei datierten Verweisungen gelten spätere Änderungen zu oder Überarbeitungen von diesen Publikationen nicht. Vertragspartner, deren Vereinbarungen auf dieser Internationalen Norm beruhen, werden jedoch gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, ob die neueste Ausgabe der nachstehend genannten normativen Dokumente angewendet werden kann. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation. Die Mitglieder von IEC und ISO führen Verzeichnisse der gegenwärtig gültigen Internationalen Normen.

ISO 291:1997, *Plastics — Standard atmospheres for conditioning and testing.*

ISO 293:1986, *Plastics — Compression moulding test specimens of thermoplastic materials.*

ISO 294-1:1996, *Plastics — Injection moulding of test specimens of thermoplastic materials — Part 1: General principles, and moulding of multipurpose and bar test specimens.*

ISO 295:—<sup>1)</sup>, *Plastics — Compression moulding of test specimens of thermosetting materials.*

ISO 2602:1980, *Statistical interpretation of test results — Estimation of the mean — Confidence interval.*

ISO 2818:1994, *Plastics — Preparation of test specimens by machining.*

ISO 3167:—<sup>2)</sup>, *Plastics — Multipurpose test specimens.*

ISO 5893:—<sup>3)</sup>, *Rubber and plastics test equipment — Tensile, flexural and compression types (constant rate of traverse) — Specification.*

ISO 10724-1:1998, *Plastics — Injection moulding of test specimens of thermosetting powder moulding compounds (PMCs) — Part 1: General principles and moulding of multipurpose test specimens.*

### **3 Begriffe**

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe (siehe auch Bild 1).

#### **3.1**

##### **Messlänge**

$L_0$

der ursprüngliche Abstand zwischen den Messmarken auf dem mittleren Teil des Probekörpers

ANMERKUNG Sie wird in Millimeter (mm) angegeben.

#### **3.2**

##### **Prüfgeschwindigkeit**

$v$

die Geschwindigkeit, mit der sich die Prüfmaschinen-Druckplatten während des Versuches nähern

ANMERKUNG Sie wird in Millimeter je Minute (mm/min) angegeben.

#### **3.3**

##### **Druckspannung (compressive stress)**

$\sigma$

die auf die Ursprungsquerschnittsfläche bezogene Druckkraft je Flächeneinheit, die vom Probekörper getragen wird

ANMERKUNG 1 Sie wird in Megapascal (MPa) angegeben.

ANMERKUNG 2 In Druckversuchen sind Spannungen  $\sigma$  und Stauchungen  $\varepsilon$  negativ. Das Minuszeichen wird jedoch üblicherweise weggelassen. Wenn dies Verwirrung erzeugt, z. B. beim Vergleich von Zug- und Druckeigenschaften, darf das Minuszeichen für die letzteren hinzugefügt werden. Im Falle von nominellen Stauchungen  $\varepsilon_c$  ist dies nicht notwendig.

#### **3.3.1**

##### **Druckfließspannung (compressive stress at yield)**

$\sigma_y$

die Spannung, bei der zum ersten Mal ein Anstieg der Stauchung (siehe 3.4) ohne einen Anstieg der Spannung erfolgt (siehe Bild 1, Kurve a und Anmerkung 2 zu 3.3)

ANMERKUNG 1 Sie wird in Megapascal (MPa) angegeben.

ANMERKUNG 2 Sie kann geringer sein als die maximal zu erreichende Spannung.

---

1) Im Druck (Überarbeitung von ISO 295:1991).

2) Im Druck (Überarbeitung von ISO 3167:1993).

3) Im Druck (Überarbeitung von ISO 5893:1993).

**3.3.2****Druckfestigkeit** (compressive strength) $\sigma_M$ 

die maximale Druckspannung, die von einem Probekörper während eines Druckversuches getragen wird (siehe Bild 1 und Anmerkung 2 zu 3.3)

ANMERKUNG Sie wird in Megapascal (MPa) angegeben.

**3.3.3****Druckspannung bei Bruch** (compressive stress at break) $\sigma_B$ 

die zum Zeitpunkt des Bruches vorliegende Druckspannung des Probekörpers (siehe Bild 1 und Anmerkung 2 zu 3.3)

ANMERKUNG Sie wird in Megapascal (MPa) angegeben.

**3.3.4****Druckspannung bei  $x$  % Stauchung** (compressive stress at  $x$  % strain) $\sigma_x$ 

die Spannung, bei der die Stauchung den festgelegten Wert  $x$  % erreicht hat (siehe 3.5)

ANMERKUNG 1 Sie wird in Megapascal (MPa) angegeben.

ANMERKUNG 2 Die Druckspannung bei  $x$  % Stauchung kann z. B. dann gemessen werden, wenn die Spannungs-/Stauchungskurve keinen Fließpunkt erreicht (siehe Bild 1, Kurve b und Anmerkung 2 zu 3.3). In diesem Fall wird  $x$  der entsprechenden Formmassenorm entnommen oder zwischen den interessierten Parteien vereinbart. In jedem Fall muss jedoch  $x$  kleiner als die Dehnung bei Erreichen der Druckfestigkeit sein.

**3.4****Stauchung** (compressive strain) $\varepsilon$ 

die auf die ursprüngliche Länge  $L_0$  bezogene Abnahme der Messlänge [siehe 10.2, Gleichung (6) und Anmerkung 2 zu 3.3]

ANMERKUNG Sie wird als dimensionsloses Verhältnis oder in Prozent (%) angegeben.

**3.5****nominelle Stauchung** (nominal compressive strain) $\varepsilon_C$ 

die auf die ursprüngliche Länge  $L$  bezogene Abnahme der Probenlänge [siehe 10.2, Gleichung (8)]

ANMERKUNG Sie wird als dimensionsloses Verhältnis oder in Prozent (%) angegeben.

**3.5.1****nominelle Fließstauchung** (nominal compressive yield strain) $\varepsilon_{cy}$ 

die Stauchung, bei der die Druckfließspannung  $\sigma_y$  (siehe 3.3.1) erreicht wird

ANMERKUNG Sie wird als dimensionsloses Verhältnis oder in Prozent (%) angegeben.

**3.5.2****nominelle Stauchung bei Druckfestigkeit** (nominal compressive strain at compressive strength) $\varepsilon_{cM}$ 

die Stauchung, bei der die Druckfestigkeit  $\sigma_M$  (siehe 3.3.2) erreicht wird

ANMERKUNG Sie wird als dimensionsloses Verhältnis oder in Prozent (%) angegeben.

**3.5.3**

**nomielle Stauchung bei Bruch** (nominal compressive strain at break)

$\epsilon_{cB}$

die Stauchung, die zum Zeitpunkt des Bruches vorliegt

ANMERKUNG Sie wird als dimensionsloses Verhältnis oder in Prozent (%) angegeben.

**3.6**

**Elastizitätsmodul aus dem Druckversuch; Druckmodul** (compressive modulus)

$E_c$

der Quotient aus der Spannungsdifferenz ( $\sigma_2 - \sigma_1$ ) und der entsprechenden Dehnungsdifferenz ( $\epsilon_2 = 0,0025$  minus  $\epsilon_1 = 0,0005$ ) [siehe 10.3, Gleichung (9)]

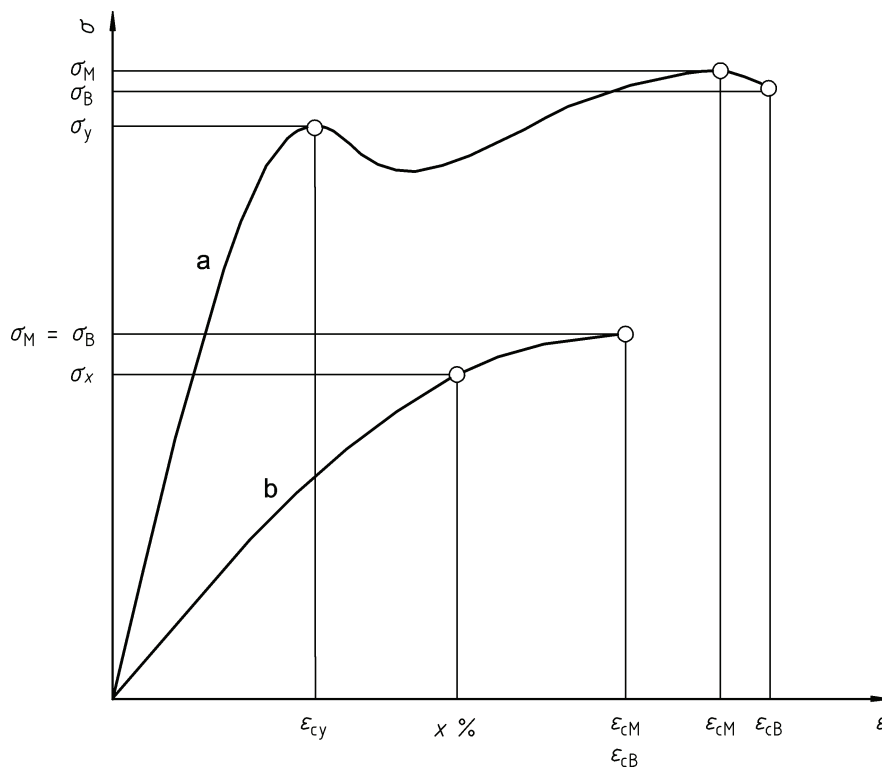
ANMERKUNG 1 Er wird in Megapascal (MPa) angegeben.

ANMERKUNG 2 Der Druckmodul wird nur auf der Basis der Stauchung  $\epsilon$  ermittelt (siehe 3.4).

ANMERKUNG 3 Bei rechnergestützten Prüfeinrichtungen kann die Ermittlung des Druckmoduls  $E_c$  über zwei Spannungs-/Stauchungswerte durch eine auf den Kurvenbereich zwischen diesen Punkten angewandte lineare Regressionsberechnung ersetzt werden.

**4 Kurzbeschreibung**

Der Probekörper wird parallel zu seiner Hauptachse mit konstanter Geschwindigkeit gestaucht, bis er bricht oder die Spannung oder Längenabnahme einen vorgegebenen Wert erreicht hat. Während des Vorgangs wird die von dem Probekörper aufgenommene Kraft gemessen.



**Bild 1 — Typische Spannungs-/Stauchungskurven**



## 5 Prüfeinrichtung

### 5.1 Prüfmaschine

#### 5.1.1 Allgemeines

Die Prüfmaschine muss ISO 5893 entsprechen und den Anforderungen, die in 5.1.2 bis 5.1.5 angegeben sind, wie folgt genügen.

#### 5.1.2 Prüfungsgeschwindigkeiten

Die Maschine muss im Stande sein, die in Tabelle 1 angegebenen Prüfungsgeschwindigkeiten einzuhalten. Werden andere Geschwindigkeiten genutzt, muss die Maschine im Stande sein, die Geschwindigkeit mit Grenzabweichungen von höchstens  $\pm 20\%$  bei Geschwindigkeiten von unter 20 mm/min und  $\pm 10\%$  bei Geschwindigkeiten über 20 mm/min einzuhalten.

**Tabelle 1 — Empfohlene Prüfungsgeschwindigkeiten**

Prüfungsgeschwindigkeit $v$ mm/min	Grenzabweichungen %
1	$\pm 20$
2	$\pm 20$
5	$\pm 20$
10	$\pm 20$
20	$\pm 10^a$
<sup>a</sup> Diese Grenzabweichungen sind kleiner als in ISO 5893 angegeben.	

Beschleunigung, Setzen und Maschinennachgiebigkeit können zu einem Durchhang des Beginns der Spannungs-/Stauchungskurve beitragen. Dies lässt sich wie in 9.4 und 9.6 angegeben vermeiden.

#### 5.1.3 Druckeinrichtung

Zum Aufbringen der Verformungslast auf den Probekörper sind Druckplatten aus gehärtetem Stahl zu verwenden, die so ausgeführt sind, dass die vom Probekörper getragene Last innerhalb 1:1 000 axial wirkt und von polierten Oberflächen übertragen wird, die innerhalb von 0,025 mm eben, parallel zueinander und senkrecht zur Belastungsachse sind.

ANMERKUNG Falls erforderlich, kann ein selbstausrichtendes System verwendet werden.

#### 5.1.4 Lastanzeigergerät

Das Lastanzeigergerät muss mit einem Mechanismus ausgerüstet sein, der in der Lage ist, die gesamte auf den Probekörper einwirkende Druckkraft anzuzeigen. Der Mechanismus muss bei der festgelegten Prüfungsgeschwindigkeit im Wesentlichen frei von Massenträgheit sein und die Kraft auf  $\pm 1\%$  des jeweiligen Wertes oder besser anzeigen.

ANMERKUNG Es sind Prüfeinrichtungen im Handel erhältlich, die mit ringförmigen Dehnmessstreifen ausgerüstet sind; auf diese Weise werden Seitenkräfte kompensiert, die bei nicht genau parallelem Prüfaufbau auftreten können (siehe 9.3).

### **5.1.5 Längenänderungsmesseinrichtung**

Die Längenänderungsmesseinrichtung muss mit einem Mechanismus ausgerüstet sein, der dazu geeignet ist, die relative Änderung der Länge eines bestimmten Teils des Probekörpers zu bestimmen. Wird die Stauchung  $\varepsilon$  gemessen (bevorzugte Vorgehensweise), so ist diese Länge die Messlänge; ansonsten, für die nominelle Stauchung  $\varepsilon_c$ , ist es der Abstand zwischen den Kontaktflächen der Druckplatten. Es ist wünschenswert, aber nicht unbedingt notwendig, dass das Gerät diesen Abstand automatisch anzeigt.

Das Gerät muss bei der festgelegten Prüfgeschwindigkeit im Wesentlichen frei von Massenträgheit sein. Für die an Probekörper-Typ A vorzunehmende Bestimmung des Elastizitätsmoduls muss es den jeweiligen Wert auf  $\pm 1$  % der Stauchung oder besser anzeigen. Dies entspricht für die Messung des Druckmoduls bei Zugrundelegung einer Messlänge von 50 mm und einer Stauchung von 0,2 % einem Wert von  $\pm 1 \mu\text{m}$ .

Wird die Längenänderungsmesseinrichtung an den Probekörper angebracht, so muss darauf geachtet werden, dass etwaige Beeinträchtigungen oder Beschädigungen minimal sind. Außerdem ist sorgsam darauf zu achten, dass sich die Längenänderungsmesseinrichtung und der Probekörper nicht gegeneinander verschieben.

Die Probekörper dürfen auch mit Längsdehnmessstreifen zur Bestimmung der Längsstauchung versehen werden; diese müssen auf mindestens 1 % der Stauchung messen. Dies entspricht für die Bestimmung des Elastizitätsmoduls einer Genauigkeit der Stauchung von  $2,0 \times 10^{-5}$ . Die Messgeräte, das Verfahren der Oberflächenvorbehandlung des Probekörpers und die verwendeten Klebstoffe sind so auszuwählen, dass sichergestellt ist, dass ihre Leistungsfähigkeit dem zu prüfenden Werkstoff entspricht.

**ANMERKUNG** Leichte Abweichungen von der Parallelität und anfängliches Verziehen des Probekörpers können unterschiedliche Messwerte für die Stauchung auf den einander gegenüberliegenden Seiten des Probekörpers verursachen, was zu Fehlern bei geringen Stauchungen führen kann. In diesen Fällen können Stauchungsmessverfahren angewendet werden, die einen Mittelwert für die Stauchung der einander gegenüberliegenden Seiten des Probekörpers ermitteln. Jedoch können durch die Verwendung von Stauchungsmesseinrichtungen auf jeder Seite des Probekörpers mit einer unabhängigen Datenerfassung Knicken und Biegen bedeutend schneller festgestellt werden als mit Einrichtungen, mit denen Mittelwerte für die Stauchung der einander gegenüberliegenden Seiten gebildet werden.

## **5.2 Messgeräte zur Bestimmung der Maße der Probekörper**

### **5.2.1 Steife Werkstoffe**

Es ist eine Messschraube oder ein vergleichbares Gerät, auf 0,01 mm oder besser ablesbar, zur Messung von Dicke, Breite und Länge zu verwenden.

Die Maße und Form der Messschraubenbügel müssen für die zu prüfenden Probekörper geeignet sein, und die Bügel dürfen auf die Probekörper keine Kraft ausüben, die deren zu ermittelnde Maße nachweisbar verändern kann.

### **5.2.2 Halbsteife Werkstoffe**

Messschraube oder vergleichbares Gerät, auf 0,01 mm oder besser ablesbar, zur Messung der Dicke, das mit einem ebenen, runden Fuß ausgestattet ist, der einen Druck von  $20 \text{ kPa} \pm 3 \text{ kPa}$  ausübt.

## **6 Probekörper**

### **6.1 Form und Maße**

#### **6.1.1 Allgemeines**

Probekörper müssen die Form eines rechtwinkligen Prismas, Zylinders oder Rohres haben.

Die Maße der Probekörper müssen die folgende Ungleichung erfüllen (siehe auch Anhang B):

$$\varepsilon_c^* \leq 0,4 \frac{x^2}{l^2} \quad (1)$$

Dabei ist

- $\varepsilon_c^*$  die maximale nominelle Stauchung, die während des Versuches auftritt, als dimensionsloses Verhältnis anzugeben;
- $l$  die Länge des Probekörpers, parallel zur Richtung der Druckkraft;
- $x$  der Durchmesser des Zylinders, äußerer Durchmesser des Rohres oder Dicke (kürzeste Seite des Querschnitts) des Prismas, in Abhängigkeit von der Form des Probekörpers.

ANMERKUNG 1 Zur Bestimmung des Druckmoduls  $E_c$  nach 3.6 wird ein Wert von  $> 0,08$  des dimensionslosen Verhältnisses  $x/l$  empfohlen.

ANMERKUNG 2 Für die Durchführung allgemeiner Druckversuche wird ein Wert von  $\geq 0,4$  des dimensionslosen Verhältnisses  $x/l$  empfohlen. Dies entspricht einer maximalen Stauchung von etwa 6 %.

Gleichung (1) beruht auf linearem Spannungs-/Stauchungsverhalten des geprüften Werkstoffs. Mit zunehmender Stauchung und Zähigkeit des Werkstoffs müssen Werte für  $\varepsilon_c^*$  gewählt werden, die zwei- bis dreimal höher sind als die in der Prüfung verwendete maximale Stauchung.

### 6.1.2 Bevorzugte Probekörper

Die bevorzugten Maße für Probekörper sind in Tabelle 2 angegeben.

**Tabelle 2 — Maße der bevorzugten Probekörpertypen**

Maße in Millimeter				
Typ	Messung	Länge, $l$	Breite, $b$	Dicke, $h$
A	Modul	$50 \pm 2$	$10 \pm 0,2$	$4 \pm 0,2$
B	Festigkeit	$10 \pm 0,2$		

Die Probekörper sollten vorzugsweise aus einem Vielzweckprobekörper ausgearbeitet werden (siehe ISO 3167).

ANMERKUNG Anhang A gibt Einzelheiten zu zwei Typen von kleinen Probekörpern an, die zu verwenden sind, wenn die bevorzugten Probekörper aus Werkstoffmangel oder geometrischen Einschränkungen für ein Produkt nicht verwendet werden können.

## 6.2 Herstellung der Probekörper

### 6.2.1 Spritzguss- und Extrusionsformmassen

Die Probekörper müssen nach der entsprechenden Produktnorm vorbereitet werden. Wenn keine existiert und keine anderweitigen Vereinbarungen zwischen den interessierten Parteien getroffen wurden, müssen die Probekörper nach ISO 293, ISO 294-1, ISO 295 oder ISO 10724-1 entweder direkt gepresst oder direkt spritzgegossen werden, wie es am besten geeignet ist.

### 6.2.2 Tafeln

Die Probekörper müssen nach ISO 2818 aus Tafeln ausgearbeitet werden.

### 6.2.3 Bearbeitung

Jede mechanische Bearbeitung muss sorgfältig ausgeführt werden, um glatte Oberflächen zu erhalten. Die Bearbeitung der Enden muss mit großer Sorgfalt erfolgen, um glatte, ebene, parallele Oberflächen und scharfe, saubere Kanten zu erhalten, die innerhalb von 0,025 mm senkrecht zur Längsachse des Probekörpers verlaufen.

Es wird empfohlen, die Endflächen der Probekörper mit Hilfe von Hobel- oder Drehmaschinen zu bearbeiten.

### 6.2.4 Messmarken

Wenn optische Längenänderungsmesseinrichtungen verwendet werden, ist es notwendig, Messmarken auf dem Probekörper anzubringen, um die Messlänge zu definieren. Diese müssen sich annähernd im gleichen Abstand vom Probekörpermittelpunkt befinden, und die Entfernung zwischen den Marken auf mindestens 1 % gemessen werden.

Messmarken dürfen nicht gekratzt, gestanzt oder in irgendeiner Weise in den Probekörper eingedrückt werden, was zu einer Beschädigung des zu prüfenden Werkstoffs führt. Es muss sichergestellt werden, dass das zum Markieren verwendete Mittel keine nachteiligen Auswirkungen auf den zu prüfenden Werkstoff hat und dass die Marken so schmal wie möglich sind.

## 6.3 Überprüfung der Probekörper

Die Probekörper dürfen keine Verdrehungen aufweisen. Die Oberflächen müssen frei von Kratzern, Löchern, Einfallstellen, Graten und weiteren sichtbaren Fehlstellen sein, die die Ergebnisse beeinflussen können. Die den Druckplatten zugewandten Oberflächen müssen parallel sein und senkrecht zur Längsrichtung verlaufen.

Die Probekörper müssen visuell mit Haarlinealen, rechten Winkeln, ebenen Platten und mittels Messschrauben auf Übereinstimmung mit diesen Anforderungen überprüft werden.

Probekörper, die messbare oder sichtbare Abweichungen von einer oder mehreren dieser Anforderungen zeigen, müssen von der Prüfung ausgeschlossen oder vor der Prüfung auf einwandfreie Größe und Form nachgearbeitet werden.

**ANMERKUNG** Durch Spritzguss hergestellte Probekörper haben üblicherweise Freiwinkel zwischen 1° und 2°, um die Entnahme aus der Spritzgussform zu erleichtern. Daher sind die Seitenflächen von spritzgegossenen Probekörpern in der Regel nicht parallel.

## 6.4 Anisotrope Werkstoffe

**6.4.1** Bei anisotropen Werkstoffen müssen die Probekörper derart gewählt werden, dass der Werkstoff im Druckversuch in der gleichen oder einer ähnlichen Richtung beansprucht wird, wie es der Belastung der Produkte (geformte Teile, Tafeln, Rohre usw.) bei ihrer vorgesehenen Anwendung entspricht, falls diese bekannt ist.

**6.4.2** Das Verhältnis der Probekörpermaße zu den Maßen des Produktes entscheidet über die Möglichkeit der Verwendung der bevorzugten Probekörper. Kann einer der bevorzugten Probekörper nicht eingesetzt werden, wird die Wahl der Maße der Probekörper auch von den Produktmaßen und 6.1 bestimmt. Es ist zu beachten, dass Orientierung und Maße der Probekörper manchmal einen sehr ausgeprägten Einfluss auf die Prüfergebnisse haben können.

**6.4.3** Wenn der Werkstoff einen ausgeprägten Unterschied zwischen den Druckeigenschaften in zwei Hauptrichtungen zeigt, muss er in diesen beiden Richtungen geprüft werden. Wenn auf Grund der vorgesehenen Anwendung dieser Werkstoff Druckspannungen in einer bestimmten Orientierung, die nicht eine der Hauptrichtungen ist, ausgesetzt wird, ist es wünschenswert, den Werkstoff in dieser Orientierung zu prüfen.

Die Orientierung der Probekörper relativ zu den Hauptrichtungen muss aufgezeichnet werden.

## 7 Anzahl der Probekörper

7.1 Bei isotropen Werkstoffen sind mindestens fünf Probekörper jeder Werkstoffprobe zu prüfen.

7.2 Bei anisotropen Werkstoffen sind mindestens zehn Probekörper jeder Werkstoffprobe zu prüfen, fünf senkrecht und fünf parallel zur Hauptachse der Anisotropie.

7.3 Probekörper, die an offensichtlichen Fehlstellen brechen, müssen verworfen und an ihrer Stelle neue Probekörper geprüft werden.

## 8 Vorbehandlung der Probekörper

Die Probekörper müssen in Übereinstimmung mit den Anforderungen der Internationalen Norm für den betreffenden Werkstoff vorbehandelt werden. Ist diese Information nicht verfügbar, so sind, falls von den Beteiligten keine anderen Vereinbarungen getroffen werden, die günstigsten Bedingungen nach ISO 291 anzuwenden.

Die bevorzugte Prüfbedingung ist das Normklima 23/50; sind jedoch die Druckeigenschaften des Werkstoffs als feuchteunempfindlich bekannt, so ist keine Regelung der Luftfeuchte notwendig.

## 9 Durchführung

### 9.1 Prüfklima

Die Prüfung wird in einem der in ISO 291 angegebenen Normklimata durchgeführt, vorzugsweise in dem gleichen Klima, das bei der Vorbehandlung angewendet wurde.

### 9.2 Ermitteln der Probekörpermaße

Die Breite und Dicke oder die Durchmesser des Probekörpers werden an drei über die Probekörperlänge verteilten Punkten gemessen und der Mittelwert der Querschnittsfläche errechnet.

Die Länge jedes Probekörpers ist auf 1 % zu messen.

### 9.3 Prüfaufbau

Der Probekörper wird zwischen die Flächen der Druckplatten gestellt und in der Symmetrieachse der Druckplatten ausgerichtet. Es ist sicherzustellen, dass die Endflächen des Probekörpers parallel zu den Flächen der Druckplatten sind und die Prüfmaschine derart justiert wird, dass sich die Probekörperendflächen und die Druckplatten soeben berühren.

Während des Druckversuchs können die Probekörperendflächen in unterschiedlichem Ausmaß auf den Druckplatten gleiten, abhängig von der Oberflächenbeschaffenheit des Probekörpers und der Druckplatten. Dies führt zu unterschiedlich starker Ausbauchung, die wiederum die Werte der gemessenen Eigenschaften beeinflussen kann. Dieser Effekt ist umso ausgeprägter, je weniger steif der Werkstoff ist.

Für genaueste Messungen wird vorgeschlagen, entweder die Probekörperendflächen mit einem geeigneten Schmiermittel zu versehen, um ein Gleiten zu fördern, oder Scheiben aus feinem Schmirgelpapier zwischen Probekörper und Druckplatten zu bringen, um ein Gleiten zu verhindern. Wird eines dieser Verfahren angewendet, so ist dies im Prüfbericht anzugeben.

### 9.4 Vorlast

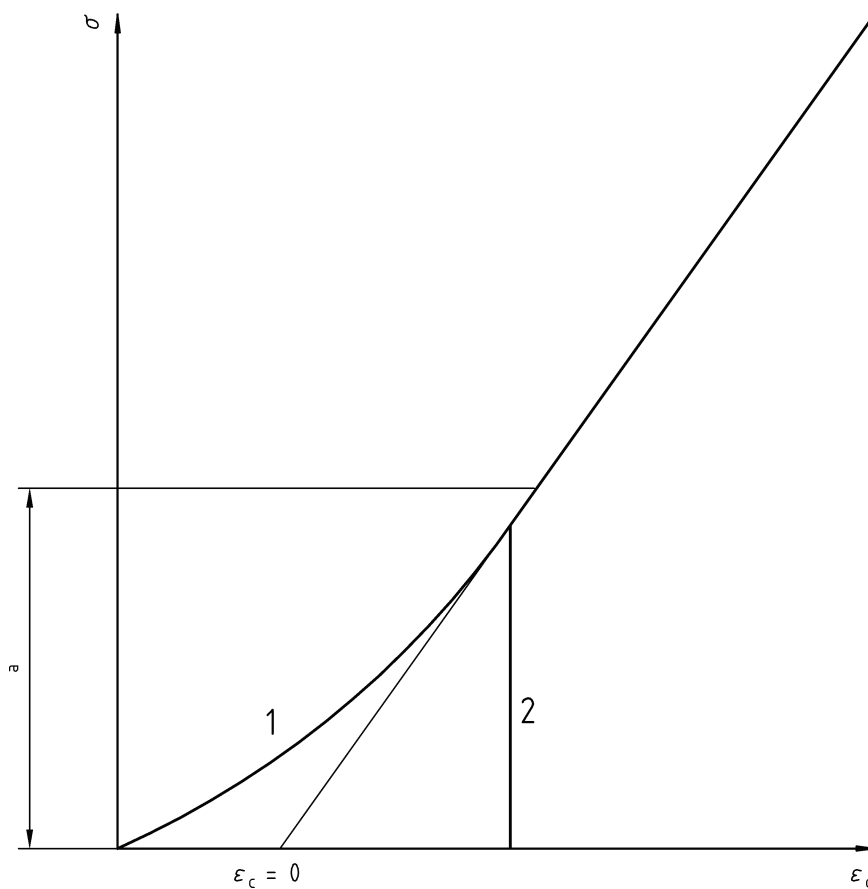
Der Probekörper darf vor der Prüfung nicht in erheblichem Maße belastet werden. Derartige Lasten können jedoch erforderlich sein, um einen Durchhang am Beginn der Spannungs-/Stauchungskurve zu vermeiden. Die Druckspannung  $\sigma_0$  zu Beginn einer Prüfung (siehe Bild 2) muss für die Bestimmung des Elastizitätsmoduls im folgenden Bereich liegen:

$$0 \leq \sigma_0 \leq 5 \times 10^{-4} E_c \quad (2)$$

das entspricht einer Vorstauchung von  $\varepsilon_{c0} \leq 0,05 \%$ , und für die Bestimmung von Eigenschaften wie  $\sigma_M$  muss sie im folgenden Bereich liegen:

$$0 \leq \sigma_0 \leq 10^{-2} \sigma_M \quad (3)$$

ANMERKUNG Der Druckelastizitätsmodul von in hohem Maße viskoelastischen, duktilen Werkstoffen wie Polyethylen, Polypropylen oder feuchten Polyamiden wird durch Vorspannung erheblich beeinflusst.



#### Legende

- 1 Beginn der Spannungs-/Stauchungskurve mit Durchhang
- 2 Beginn der Spannungs-/Stauchungskurve mit einer Stufe durch Kräfte, die unmittelbar oberhalb einer Auslöseschwelle gemessen werden
- a  $\leq 5 \times 10^{-4} E_C$  oder  $\leq 10^{-2} \sigma_M$

**Bild 2 — Beispiel für Spannungs-/Stauchungskurven mit Durchhang am Beginn und mit Stufe sowie für die Bestimmung des Nullpunktes der Stauchung**

## 9.5 Prüfgeschwindigkeit

Die Prüfgeschwindigkeit  $v$  (siehe 3.2) in Millimeter je Minute wird auf den in der Werkstoffspezifikation festgelegten Wert oder, falls dieser nicht verfügbar ist, gemäß demjenigen der in Tabelle 1 angegebenen Werte eingestellt, der die beste Näherung darstellt zu

$v = 0,02 l$  ( $l$  in Millimeter) für Modulmessungen;

$v = 0,1 l$  ( $l$  in Millimeter) für Festigkeitsmessungen mit Werkstoffen, die vor dem Fließen brechen;

$v = 0,5 l$  ( $l$  in Millimeter) für Festigkeitsmessungen mit Werkstoffen, die fließen.

Für die bevorzugten Probekörper (siehe 6.1.2) ergeben sich folgende Prüfgeschwindigkeiten:

1 mm/min für Modulmessungen ( $l = 50$  mm);

1 mm/min für Festigkeitsmessungen mit Werkstoffen, die vor dem Fließen brechen ( $l = 10$  mm);

5 mm/min für Festigkeitsmessungen mit Werkstoffen, die fließen ( $l = 10$  mm).

## 9.6 Aufzeichnung der Messwerte

Die Kraft (Spannung) und die dazugehörige Verkürzung (Stauchung) des Probekörpers werden während des Versuchs aufgezeichnet. Vorzugsweise ist hierfür ein automatisches Aufzeichnungssystem zu verwenden, das eine vollständige Spannungs-/Stauchungskurve erzeugt.

Alle wichtigen in Abschnitt 3 definierten Spannungen und Stauchungen sind aus den in der Prüfung aufgezeichneten Spannungs-/Stauchungswerten zu bestimmen.

Wird am Beginn der Spannungs-/Stauchungskurve ein Kurvendurchhang festgestellt, so ist zu überprüfen, dass dieser nicht über den in 9.4 angegebenen Grenzwert der Vorspannung hinausreicht. Für den Fall, dass die Stauchung nicht direkt am Probekörper gemessen wird, enthält Anhang C ein Verfahren für eine Nachgiebigkeitskorrektur.

## 10 Berechnung und Darstellung der Ergebnisse

### 10.1 Spannung

Die Werte der in 3.3 definierten Spannungsparameter sind nach der folgenden Gleichung zu berechnen:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (4)$$

Dabei ist

$\sigma$  der gesuchte Spannungsparameter, in Megapascal;

$F$  die gemessene Kraft, in Newton;

$A$  die ursprüngliche Querschnittsfläche des Probekörpers, in Quadratmillimeter.

## 10.2 Stauchung

### 10.2.1 Stauchung (ermittelt durch Längenänderungsmessung)

Die Werte der in 3.4 definierten Stauchungsparameter sind nach folgenden Gleichungen zu berechnen:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L_0}{L_0} \quad (5)$$

$$\varepsilon \text{ (in \%)} = 100 \times \frac{\Delta L_0}{L_0} \quad (6)$$

Dabei ist

$\varepsilon$  der gesuchte Stauchungsparameter, als dimensionsloses Verhältnis (Gleichung 5) oder in Prozent (Gleichung 6) anzugeben;

$L_0$  Messlänge des Probekörpers, in Millimeter;

$\Delta L_0$  Abnahme der Probekörperlänge zwischen den Messmarken, in Millimeter.

### 10.2.2 Nominelle Stauchung (ermittelt durch Querhauptbewegung)

Die 3.5 definierten Parameter der nominellen Stauchung sind nach folgenden Gleichungen zu berechnen:

$$\varepsilon_c = \frac{\Delta L}{L} \quad (7)$$

$$\varepsilon_c \text{ (in \%)} = 100 \times \frac{\Delta L}{L} \quad (8)$$

Dabei ist

$\varepsilon_c$  der gesuchte nominelle Stauchungswert, als dimensionsloses Verhältnis (Gleichung 7) oder in Prozent anzugeben (Gleichung 8);

$L$  ursprünglicher Abstand zwischen den Druckplatten, in Millimeter;

$\Delta L$  Abnahme des Abstandes zwischen den Druckplatten, in Millimeter.

Wird  $\Delta L$  nicht direkt zwischen den Druckplatten mit Hilfe eines geeigneten Bewegungsaufnehmers gemessen, sondern unter Verwendung z. B. der Querhauptbewegung der Prüfmaschine, so muss für die Bestimmung von  $\Delta L$  eine Berichtigung der Maschinennachgiebigkeit vorgenommen werden (siehe Anhang C).

Wird ein Durchhang am Beginn der Spannungs-/Stauchungskurve festgestellt, so ist der Nullpunkt der Stauchung aus Spannungen zu extrapolieren, die ein wenig über der in 9.4 angegebenen Anfangsspannung liegen.

## 10.3 Druckmodul

Der in 3.6 definierte Druckmodul ist auf der Grundlage zweier nach 10.2.1 festgelegter Stauchungswerte zu berechnen:

$$E_c = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} \quad (9)$$



Dabei ist

- $E_c$  der Druckmodul, in Megapascal;
- $\sigma_1$  die bei Stauchungswert  $\varepsilon_1 = 0,000\ 5$  gemessene Spannung, in Megapascal;
- $\sigma_2$  die bei Stauchungswert  $\varepsilon_2 = 0,002\ 5$  gemessene Spannung, in Megapascal.

Bei rechnergestützten Prüfeinrichtungen kann die Ermittlung des Druckmoduls  $E_c$  über zwei Spannungs-/Stauchungswerte durch eine auf den Kurvenbereich zwischen diesen Punkten angewandte lineare Regressionsberechnung ersetzt werden.

#### 10.4 Statistische Größen

Es werden für jede aus fünf Prüfergebnissen bestehende Gruppe das arithmetische Mittel und, falls gefordert, die Standardabweichung und der 95 %-Vertrauensbereich für den Mittelwert nach dem in ISO 2602 beschriebenen Verfahren berechnet.

#### 10.5 Wertanzeigende Ziffern

Die Druckspannungen und der Druckmodul werden auf drei wertanzeigende Ziffern berechnet. Die Stauchungen werden auf zwei wertanzeigende Ziffern berechnet.

### 11 Präzision

Die Präzision dieses Verfahrens ist nicht bekannt, weil keine Ergebnisse von Ringversuchen verfügbar sind. Sobald Ergebnisse aus Ringversuchen vorliegen, wird eine Angabe über die Präzision in die nächste Ausgabe dieser Norm aufgenommen.

### 12 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss folgende Angaben enthalten:

- a) Verweis auf diese Internationale Norm sowie Probekörpertyp und Prüfgeschwindigkeit nach folgendem Schema:

Druckversuch	ISO 604 / A / 1
Probekörpertyp _____	
Prüfgeschwindigkeit in Millimeter je Minute _____	

- b) alle für die vollständige Beschreibung des geprüften Werkstoffes erforderlichen Angaben, einschließlich Typ, Ursprung, Bezeichnungsnummer des Herstellers und Vorgeschichte, soweit diese bekannt sind;
- c) eine Beschreibung von Art und Form des geprüften Werkstoffes, d. h., ob es sich um ein Fertigteil, ein Halbzeug, eine Prüfplatte oder einen Probekörper handelt, sowie Angabe der Hauptmaße, Gestalt, Herstellungsverfahren, Schichtfolge, Vorbehandlungen usw.;
- d) Breite, Dicke und Länge des Probekörpers mit Mittel- Mindest- und Höchstwert, falls angebar;
- e) Einzelheiten des bei der Probekörperherstellung angewendeten Verfahrens;
- f) wenn der Werkstoff in Form eines Fertigteils oder Halbzeugs vorliegt, die Orientierung des Probekörpers im Verhältnis zum Fertigteil oder Halbzeug, dem er entnommen wurde;

## EN ISO 604:2003 (D)

- g) Anzahl der geprüften Probekörper;
- h) das bei Vorbehandlung und Prüfung angewendete Klima sowie jede besondere durchgeführte Vorbehandlung, wenn diese von der Internationalen Norm für den Werkstoff oder das Formteil gefordert wird;
- i) Genauigkeitsklasse der Prüfmaschine (siehe ISO 5893);
- j) Typ der verwendeten Längenänderungsmesseinrichtung;
- k) Typ der verwendeten Druckeinrichtung;
- l) ob gleitfördernde oder gleitbehindernde Mittel an den Probekörperendflächen verwendet wurden;
- m) die einzelnen Prüfergebnisse bei den in Abschnitt 3 definierten Druckeigenschaften;
- n) der Mittelwert jeder gemessenen Eigenschaft, gewertet als kennzeichnende(r) Wert(e) für den geprüften Werkstoff;
- o) (wahlweise) die Standardabweichung und/oder den Variationskoeffizienten und/oder die Vertrauensgrenzen des Mittelwertes;
- p) ob irgendwelche Probekörper verworfen und ersetzt wurden und, wenn dies der Fall ist, die Gründe dafür;
- q) das Datum der Messung.

## Anhang A (normativ)

### Kleine Probekörper

**A.1** Möglicherweise können die in Abschnitt 6 festgelegten Probekörper nicht aus der zur Verfügung stehenden Werkstoffmenge oder aus einem Fertigteil hergestellt werden. Unter diesen Umständen können die in diesem Anhang beschriebenen kleinen Probekörper verwendet werden.

**A.2** Es muss damit gerechnet werden, dass die an kleinen Probekörpern erhaltenen Ergebnisse sich von solchen unterscheiden, die an Probekörpern üblicher Maße ermittelt wurden.

**A.3** Die Verwendung kleiner Probekörper muss zwischen den interessierten Parteien vereinbart werden, und es muss auf ihre Anwendung im Prüfbericht besonders hingewiesen werden.

**A.4** Die Prüfung muss in Übereinstimmung mit dieser Internationalen Norm wie bei üblichen Probekörpern durchgeführt werden, außer wie unten beschrieben.

Die Nennmaße der Probekörper, in Millimeter, müssen Tabelle A.1 entsprechen.

**Tabelle A.1 — Nennmaße kleiner Probekörper**

Maße in Millimeter

Maße	Typ 1	Typ 2
Dicke	3	3
Breite	5	5
Länge	6	35

Der Probekörper Typ 2 darf nur zur Ermittlung des Druckmoduls verwendet werden; in diesem Fall wird zur Erleichterung der Messung eine Messlänge von 15 mm empfohlen.

## Anhang B (informativ)

### Knickgrenze

Nach Euler ergibt sich die kritische axiale Druckkraft  $F^*$  für einsetzendes Knicken eines an beiden Enden eingespannten Probekörpers mit der Länge  $l$ , bei Annahme eines linearen Spannungs-/Stauchungsverhaltens des zu prüfenden Werkstoffs, zu

$$F^* = \frac{\pi^2 E_c I}{l^2} \quad (\text{B.1})$$

Dabei ist

- $F^*$  die kritische Knicklast, in Newton;
- $I$  das axiale Flächenträgheitsmoment, in  $\text{mm}^4$ ;
- $E_c$  der Druckmodul, in Newton je Quadratmillimeter;
- $l$  die Probekörperlänge, in Millimeter.

Die kritische Kraft kann nach Gleichung (B.2) durch die entsprechende nominelle Stauchung beim Ausknicken ersetzt werden.

$$F^* = E_c A \varepsilon_b \quad (\text{B.2})$$

Dabei ist

- $A$  die Querschnittsfläche, in Quadratmillimeter;
- $\varepsilon_b$  die nominelle Stauchung beim Ausknicken (buckling) (dimensionslos).

Dies ergibt eine kritische Knickstauchung, die nach Gleichung (B.3) lediglich von den Maßen des Probekörpers abhängt:

$$\varepsilon_b = \pi^2 \times \frac{I}{A l^2} \quad (\text{B.3})$$

Für unterschiedliche Arten der Probekörperform kann Gleichung (B.3) wie folgt ausgedrückt werden:

a) für ein rechtwinkliges Prisma:

$$\varepsilon_b = \frac{\pi^2}{12} \times \left(\frac{h}{l}\right)^2 \quad (\text{B.4})$$

b) für einen rechtwinkligen Zylinder oder ein Rohr:

$$\varepsilon_b = \frac{\pi^2}{4} \times \left(\frac{r}{l}\right)^2 \times \left[1 + \left(\frac{r_i}{r}\right)^2\right] \quad (\text{B.5})$$

Dabei ist

- $l$  Länge des rechtwinkligen Prismas, Zylinders oder Rohres, d. h. das Maß parallel zur Richtung der Druckkraft, in Millimeter;
- $h$  Dicke des rechtwinkligen Prismas, d. h. die kleinste Seite des Querschnitts, in Millimeter;
- $r$  Radius des Zylinders bzw. äußerer Radius des Rohres, in Millimeter;
- $r_1$  innerer Radius des Rohres (Null für den Zylinder), in Millimeter.

Verglichen mit dem Zylinder kann die höhere Stabilität des Rohres wie in Gleichung (B.5) dargestellt nicht genutzt werden, da dünnwandige Rohre mit zusätzlich auftretenden Beulvorgängen versagen, die hier nicht diskutiert werden. Die numerischen Konstanten der Gleichungen (B.4) und (B.5) sind 0,8 bzw. 0,6. Da diese Gleichungen lediglich eine grobe Abschätzung für die Knickstauchung erlauben, können sie näherungsweise durch die allgemeine Ungleichung (1) in 6.1.1 ersetzt werden, in der die gewählte Konstante zur Vermeidung des Ausknickens verkleinert wurde.

## Anhang C (normativ)

### Nachgiebigkeitskorrektur

Kann die Verringerung  $\Delta L$  des Abstandes zwischen den Druckplatten nicht direkt gemessen werden und muss sie durch eine genaue Aufzeichnung der Verschiebung  $s$  zwischen den Querträgern der Prüfmaschine ersetzt werden, so muss diese Differenz der Verschiebung um die Nachgiebigkeit  $C_M$  der Maschine berichtigt werden (siehe Anmerkung 1).  $C_M$  wird bestimmt, indem ein Streifen mit parallelen Seiten oder ein Prisma aus einem hochfesten Bezugsmaterial mit bekanntem Druckmodul (siehe Anmerkung 2), z. B. Bandstahl, verwendet wird. Die Verschiebung  $s$  wird mit folgenden Gleichungen berechnet:

$$\Delta L = s - C_M F \quad (\text{C.1})$$

und

$$C_M = \frac{s_R}{F} - \frac{L_R}{(b_R \times d_R) \times E_{cR}} \quad (\text{C.2})$$

Dabei ist

- $\Delta L$  die Verringerung des Abstandes zwischen den Druckplatten, in Millimeter;
- $s$  die Änderung des Abstandes zwischen zwei ausgewählten Punkten auf der Prüfmaschine, in Millimeter;
- $C_M$  die Nachgiebigkeit der Prüfmaschine zwischen den ausgewählten Punkten, in Millimeter je Newton;
- $s_R$  die unter Verwendung des Bezugsprobekörpers ermittelte Änderung des Abstandes zwischen den ausgewählten Punkten, in Millimeter, mm;
- $F$  die Kraft, in Newton;
- $E_{cR}$  der Druckmodul des Bezugsmaterials, in Megapascal;
- $L_R$  der ursprüngliche Abstand zwischen den Druckplatten, in Millimeter;
- $b_R$  die Breite des Bezugsprobekörpers, in Millimeter;
- $d_R$  die Dicke des Bezugsprobekörpers, in Millimeter.

Es ist sicherzustellen, dass die Nachgiebigkeit  $C_M$  für den gesamten Bereich der anzuwendenden Kräfte konstant ist. Die einfache lineare Beziehung ( $s = C_M \times F$ ), die hier auf Grund der Nachgiebigkeit der Maschine für die Maschinenverformung angenommen wird, kann ihre Gültigkeit verlieren, wenn z. B. in einem oder mehreren Bestandteilen der Maschine Setzeffekte auftreten.

ANMERKUNG 1 Zur Nachgiebigkeit  $C_M$  der Prüfmaschine tragen drei ihrer Teile bei; den größten Anteil haben dabei üblicherweise die Einspannklemmen, den zweitgrößten die Kraftaufnehmer und den kleinsten der Maschinenrahmen.

ANMERKUNG 2 Für die während der Bestimmung der Maschinennachgiebigkeit festgestellten Spannungen kann angenommen werden, dass der Druckmodul des Bezugsmaterials mit dem Zugmodul identisch ist.

## Literaturhinweise

- [1] ISO 472:1999, *Plastics — Vocabulary*.
- [2] ISO 3597-3:1993, *Textile-glass-reinforced plastics — Determination of mechanical properties on rods made of roving-reinforced resin — Part 3: Determination of compressive strength*.
- [3] ISO 7616:1986, *Cellular plastics, rigid — Determination of compressive creep under specific load and temperature conditions*.
- [4] ISO 7743:1989, *Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of compression stress-strain properties*.
- [5] ISO 14126:1999, *Fibre reinforced plastic composites — Determination of compressive properties in the in-plane direction*.

## Anhang ZA (normativ)

### Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

ANMERKUNG Ist eine internationale Publikation durch gemeinsame Abweichungen modifiziert worden, gekennzeichnet durch (mod.), dann gilt die entsprechende EN/HD.

Publikation	Jahr	Titel	EN/HD	Jahr
ISO 291	1997	Plastics — Standard atmospheres for conditioning and testing	EN ISO 291	1997
ISO 294-1	1996	Plastics — Injection moulding of test specimens of thermoplastic materials — Part 1: General principles, and moulding of multipurpose and bar test specimens	EN ISO 294-1	1998
ISO 295	1991	Plastics — Compression moulding of test specimens of thermosetting materials	EN ISO 295	1998
ISO 2818	1994	Plastics — Preparation of test specimens by machining	EN ISO 2818	1996
ISO 3167	1993	Plastics — Multipurpose-test specimens	EN ISO 3167	1996
ISO 10724-1	1998	Plastics — Injection moulding of test specimens of thermosetting powder moulding compounds (PMCs) — Part 1: General principles and moulding of multi purpose test specimens	EN ISO 10724-1	2001