

Prüfung von Kunststoffen

Bestimmung des Elastizitätsmoduls im Zug-, Druck- und Biegeversuch

DIN
53 457

Testing of plastics; determination of the modulus of elasticity by the tensile test, compressive test and flexural test

Maße in mm

1. Zweck und Anwendung

Die Prüfung nach dieser Norm dient zur Bestimmung des Elastizitätsmoduls von Kunststoffen im Zug-, Druck- und Biegeversuch bei einer bestimmten konstanten Verformungsgeschwindigkeit. Die zu bestimmenden Werte sind Werkstoffkenngrößen, die von den Versuchsbedingungen, insbesondere von der Verformungsgeschwindigkeit und der Temperatur sowie von der Vorgeschichte der Probekörper, abhängen. Da bei festgelegter Verformungsgeschwindigkeit und Temperatur geprüft wird, sind die Ergebnisse im allgemeinen nicht auf andere Bedingungen übertragbar.

Der Elastizitätsmodul nach dieser Norm wird an Probekörpern nach Abschnitt 3 bestimmt, die aus Formmasse¹⁾ hergestellt oder aus Formstoff¹⁾ entnommen sind.

Der Elastizitätsmodul ist der Quotient aus der auf den Anfangsquerschnitt eines in Zug- oder Druckrichtung liegenden, prismatischen Volumenelementes bezogenen Kraft und der auf seine Anfangslänge bezogenen Längenänderung bei Verformungen²⁾ innerhalb des Hookeschen Bereiches (d. h. für den Fall hinreichend kleiner Verformungen), in dem ein linearer Zusammenhang zwischen Kraft und Verformung besteht.

Die nach dieser Norm zu bestimmenden Werte für den Elastizitätsmodul gelten deshalb nur für die linearen Bereiche³⁾ der Kraft-Verformungs-Diagramme. Beim Zug-, Druck- und Biegeversuch nach Abschnitt 7 sind nur für einen Werkstoff mit isotropen Eigenschaften gleiche Werte zu erwarten. Durch welchen dieser Versuche der Elastizitätsmodul bestimmt werden soll, richtet sich nach den Festlegungen in den einschlägigen Normen oder ist zwischen Lieferer und Abnehmer zu vereinbaren.

2. Begriffe

2.1. Elastizitätsmodul aus dem Zugversuch

Der Elastizitätsmodul aus dem Zugversuch beschreibt den Zusammenhang zwischen der Spannung σ und der Dehnung ε im Falle der Stabdehnung bei ungehinderter Querschnittsverkleinerung. Bei hinreichend kleiner Dehnung ε ²⁾ gilt für den Elastizitätsmodul E das Hookesche Gesetz

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{F \cdot l_0}{A_0 \cdot \Delta l}$$

¹⁾ Begriffe Formmasse und Formstoff siehe DIN 7708 Blatt 1.

Hierbei bedeuten:

l_0 ursprüngliche Meßlänge

Δl Änderung der Meßlänge, die durch die Kraft F bewirkt wird

F Kraft

A_0 Anfangsquerschnitt des Probekörpers innerhalb der Meßlänge

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

2.2. Elastizitätsmodul aus dem Druckversuch

Der Elastizitätsmodul aus dem Druckversuch beschreibt den Zusammenhang zwischen der Spannung σ und der Stauchung ε_d im Falle der Stauchung eines Stabes bei ungehinderter Querschnittsvergrößerung. Bei hinreichend kleiner Stauchung ε_d ²⁾ gilt für den Elastizitätsmodul E das Hookesche Gesetz

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_d} = \frac{F \cdot l_0}{A_0 \cdot \Delta l}$$

Hierbei bedeuten:

l_0 ursprüngliche Meßlänge

Δl Änderung der Meßlänge, die durch die Kraft F bewirkt wird

F Kraft

A_0 Anfangsquerschnitt des Probekörpers innerhalb der Meßlänge

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

$$\varepsilon_d = \frac{\Delta l}{l_0}$$

²⁾ Hierbei kommen im allgemeinen nur Verformungen $< 0,5\%$ in Betracht.

³⁾ Wegen der visko-elastischen Eigenschaften der Kunststoffe darf man nicht erwarten, daß diese Norm auf beliebige Kunststoffe oder Prüftemperaturen anwendbar ist (siehe auch die Erläuterungen Seite 5).

Erläuterungen siehe Originalfassung der Norm

Fortsetzung Seite 2 bis 4

Fachnormenausschuß Kunststoffe (FNK) im Deutschen Normenausschuß (DNA)
Fachnormenausschuß Materialprüfuna im DNA

2.3. Elastizitätsmodul aus dem Biegeversuch

Der Elastizitätsmodul aus dem Biegeversuch beschreibt den Zusammenhang zwischen der Spannung σ und der Dehnung ε bzw. der Stauchung ε_d in einer beliebigen, in Längsrichtung eines Probekörpers (Hauptspannungsrichtung) liegenden Faser, wobei vorausgesetzt wird, daß über den Querschnitt des Probekörpers eine geradlinige Spannungsverteilung vorliegt. Bei hinreichend kleiner Durchbiegung⁴⁾ gilt für den Elastizitätsmodul E

$$E = \frac{F \cdot l_A \cdot l_B^2}{16 \cdot I \cdot f}$$

- F Kraft
 l_B Meßlänge des Bezugsbalkens (siehe Bild 1)
 l_A Abstand zwischen Auflager 2 und 3 (siehe Bild 1)
 f Durchbiegung in der Mitte der Meßstrecke l_B
 I Flächenträgheitsmoment (aus den Mittelwerten von b und h errechnet)

Anmerkung: Das Flächenträgheitsmoment I für einen Probekörper mit rechteckigem Querschnitt (siehe Bild 1 (6)) ist

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

- b Breite des Probekörpers
 h Höhe des Probekörpers

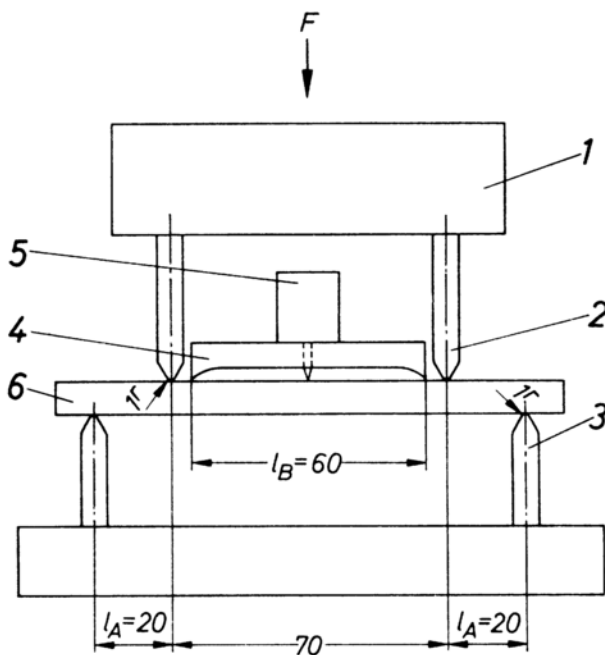


Bild 1. Schematische Darstellung eines Beispiels einer Prüf-anordnung für den Biegeversuch

Erklärung zu Bild 1

- | | |
|----------------|--------------------------|
| 1 Biegestempel | 4 Bezugsbalken |
| 2 Auflager | 5 Durchbiegungs-Meßgerät |
| 3 Auflager | 6 Probekörper |

4) Die Durchbiegung darf im allgemeinen bei den in Abschnitt 7 angegebenen Prüfbedingungen den Wert $\frac{4,5}{h}$ mm (h in mm) nicht überschreiten, entsprechend einer maximalen Dehnung bzw. Stauchung der Randfasern von 0,5 %.

5) Meßlänge

6) Einspannlänge

7) siehe Abschnitt 3.2

3. Herstellung und Form der Probekörper

3.1. Die Probekörper dürfen aus dem zu prüfenden Erzeugnis entweder direkt, z. B. durch Pressen oder Spritzgießen, oder durch spanende Bearbeitung aus einer Platte entsprechender Größe hergestellt werden.

Wenn die Platte, aus der die Probekörper hergestellt werden sollen, eine Anisotropie erwarten läßt, sind jeweils parallel und senkrecht zur erwarteten Richtung der Anisotropie Probekörper zu entnehmen.

3.2. Für den Zugversuch werden Probekörper nach Bild 2 a) oder 2 b) verwendet. Wenn es nicht möglich ist, Probekörper nach 2 a) herzustellen, dürfen auch Probekörper verwendet werden, deren Abmessungen in einem konstanten Verhältnis zu denen des Probekörpers nach 2 a) stehen.

Beim Probekörper nach Bild 2 b) sind größere Meß- und Einspannlängen zulässig. Die Meßlänge kann gleich der Einspannlänge sein, wenn dies ohne Einfluß auf den absoluten Wert des Elastizitätsmoduls ist. Dies ist bei hinreichend großer Einspannlänge der Fall.

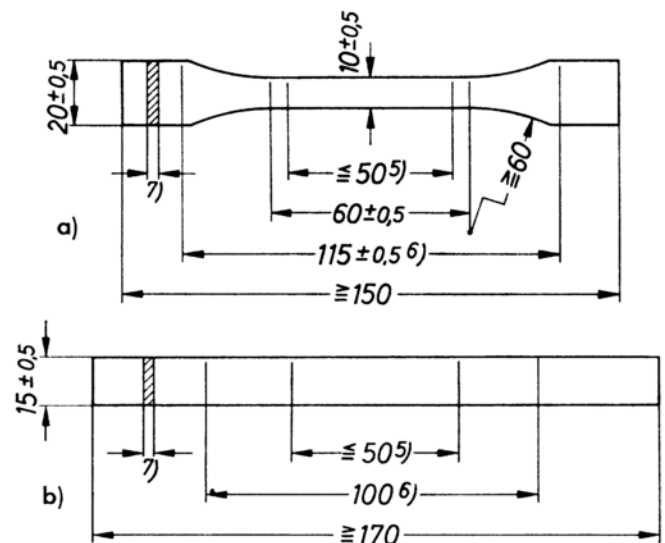


Bild 2. Probekörper für den Zugversuch

Dicke der Probekörper nach Bild 2 a) und 2 b): Bei Probekörpern, hergestellt aus Formmassen, vorzugsweise 3 bis 4 mm, hergestellt aus Formstoffen in Erzeugnisdicke bis 10 mm (dickere Formstoffe werden auf 10 mm Dicke abgearbeitet).

3.3. Für den Druckversuch werden Probekörper mit folgenden geometrischen Formen verwendet:

3.3.1. Bei Erzeugnisdicken ≥ 5 mm rechtwinkliges Prisma mit quadratischer Grundfläche der Seitenlänge $a \geq 5$ mm. Die Länge l_p des Probekörpers muß 5 bis $10 \times a$ betragen.

Die Meßlänge darf $\frac{2}{3} l_p$ nicht überschreiten.

3.3.2. Rechtwinkliges Prisma $(80 \pm 5) \text{ mm} \times (12 \pm 0,5) \text{ mm} \times \text{Dicke}$ (für Erzeugnisdicken ≤ 5 mm).

3.3.3. Zylinder mit einem Durchmesser $d \geq 5$ mm. Die Länge l_p des Probekörpers muß 5 bis $10 \times d$ betragen. Die Meßlänge darf $\frac{2}{3} l_p$ nicht überschreiten.

Anmerkung zu Abschnitt 3.3.1 und 3.3.3: Bei niedrigem Elastizitätsmodul sind Probekörperlängen l_p nahe $5 \times a$ bzw. $5 \times d$ zu wählen.

Anmerkung zu Abschnitt 3.3.2: Bei dünnen Probekörpern mit geringer Knickfestigkeit kann die Probekörperlänge unterschritten werden, um ein Abknicken des überstehenden Probekörpers zu vermeiden.