

10 Werkstoffprüfung

1 Einleitung

Die meisten mechanischen Eigenschaften der Kunststoffe werden ähnlich ermittelt wie die von Metallen. Für die besonderen Eigenschaften der Kunststoffe stehen darüber hinaus entsprechende spezifische Prüfverfahren zur Verfügung. Als solche wären beispielsweise zu nennen:

- Formbeständigkeit in der Wärme
- Entflammbarkeit und Brennbarkeit
- Bewitterungs-, Alterungs- und Chemikalienbeständigkeit
- Versprödung bei tiefen Temperaturen
- Elektrisches Isoliervermögen

2 Zugversuch

2.1 Zugproben

Allgemein werden als Probekörper für den Zugversuch genormte Rund- oder Flachproben verwendet. Bei Kunststoffen setzt man Flachproben (Abb.1) ein.

Bei den Proben soll ein festes Verhältnis zwischen der Anfangslänge L_0 und dem Anfangsdurchmesser d_0 bestehen.

Nach der Norm ist die Anfangslänge entweder 5 oder 10 mal so lang wie der Anfangsdurchmesser. Die Proben liefern dadurch vergleichbare Ergebnisse.

Das Verhältnis $L_0/d_0 = 5$ ergibt die sogenannten kurzen Proportionalstäbe, und das Verhältnis $L_0/d_0 = 10$ die langen Proportionalstäbe.

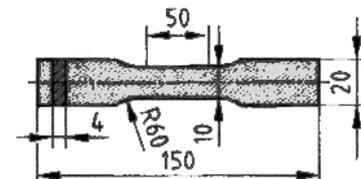


Abb.1: Flache Zugprobe

2.2 Versuchsaufbau und -durchführung

Beim Zugversuch nach DIN53455 wird eine Probe gleichmäßig und stoßfrei gedehnt bis sie zerreißt.

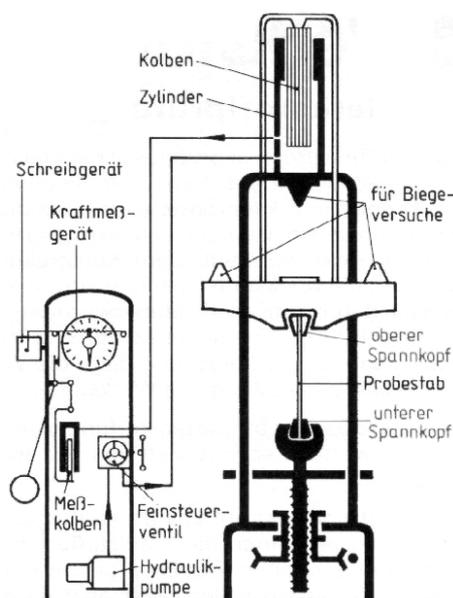
Der Zugversuch wird überwiegend auf einer hydraulisch betriebenen Universalprüfmaschine durchgeführt, die auch Druck- und Biegeversuche

Der Zugprobe wird in Spannköpfe eingesetzt. der Prüfung bewegt sich der obere Spannkopf nach oben, bis der Bruch des Probestabes eintritt.

Bei älteren Prüfmaschinen liefert ein Schreiber ein in dem die Zugkraft in Abhängigkeit von der Längenänderung des Probestabes darstellt wird.

Bei neueren Geräten werden die Größen Zugkraft Längenänderung laufend elektronisch erfaßt und festgehalten bzw. grafisch dargestellt.

Abb.2: Universalprüfmaschine



(Abb.2) erlaubt.

Während solange

Diagramm,

und

Um von den Abmessungen der Zugprobe unabhängige Kennwerte zu erhalten, rechnet man wie folgt:

- Die Zugkraft wird durch den Anfangsquerschnitt S_0 geteilt. Man erhält die **Zugspannung** σ .

$$\sigma = \frac{F}{S_0} \quad \sigma: \text{Zugspannung [N/mm}^2\text{]}$$

F: Zugkraft [N]

S_0 : Anfangsquerschnitt [mm²]

Anmerkung: 1 P = 9.81 · 10⁻³

(1 kP = 9.81 N)

- Die **Dehnung** ε errechnet sich aus der Längenänderung ΔL , bezogen auf die Anfangsmeßlänge L_0 des Probestabes. Sie wird meistens in % ausgedrückt.

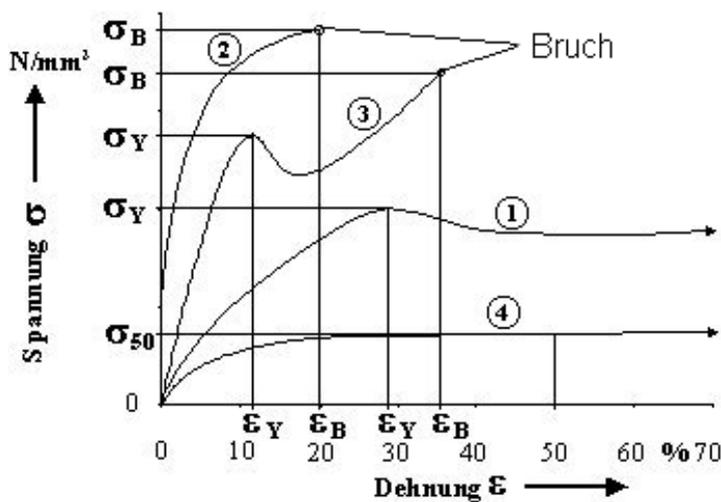
$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \cdot 100 \quad \varepsilon: \text{Dehnung [\%]}$$

ΔL : Längenänderung [mm]

L_0 : Anfangslänge [mm]

2.3 Spannungs-Dehnungs-Diagramm und Kennwerte

Die bei der Versuchsdurchführung fortlaufend gemessenen Werte für Zugkraft und Längenänderung, umgerechnet in Spannungs- und Dehnungswerte, werden als Kurven im sogenannten Spannungs-Dehnungs-Diagramm (Abb.3) dargestellt.



Aus dem Diagramm erhält man - je nach Verlauf der Kurve - folgende wichtige **Kennwerte:**

σ_Y : Streckspannung

σ_B : Bruchspannung
(Reißspannung)

σ_{50} : Spannung bei 50%
Dehnung

ε_B : Bruchdehnung
(Reißdehnung)

ε_Y : Streckdehnung

Abb.3: Spannungs-
Dehnungs-Diagramm

Die Streckspannung σ_Y ist die Zugspannung bei der die Kurve das erste Mal horizontal wird. Die Probe schnürt sich ein. Der Kurvenverlauf ① ist kennzeichnend für weiche, biegsame Kunststoffe (teilkristallin – siehe Aufbau der Makromoleküle).

Bei harten, relativ spröden Kunststoffen (Kurve ②) gibt es kein Strecken, hier wird die Bruchspannung σ_B als kennzeichnender Wert verwendet. Es ist die Zugspannung zum Zeitpunkt des Bruchs.

Halbharte und gummiartige Kunststoffe verstrecken zunächst (Kurve ③), bevor sie früher oder später zerbrechen (oder reißen). Streckspannung σ_Y und Bruchspannung σ_B weichen meist nicht sehr voneinander ab.

Bei gummiartigen Kunststoffen mit sehr großer Bruchdehnung (Kurve ④) verwendet man als Kennwert die Spannung σ_{50} bei 50% Dehnung.

2.4 Vergleich Kunststoffe-Metalle

In nachfolgender Abb.4 ist das Spannungs-Dehnungs-Diagramm für einige Werkstoffe (Metalle und Kunststoffe) dargestellt.

Der rechte Teil der Abbildung zeigt den weiteren Verlauf des Diagramms. Es ist zu beachten daß hier ein anderer Maßstab gewählt wurde.

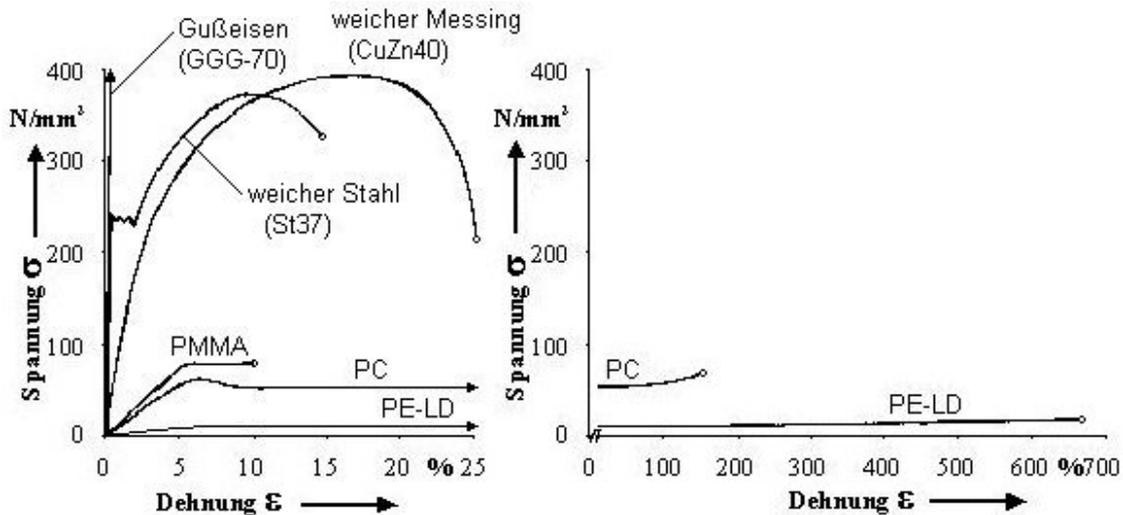


Abb.4: Spannungs-Dehnungs-Diagramme

2.5 Einflußgrößen auf das Verhalten der Proben

Eine äußerst wichtige Einflußgröße auf das Verhalten der Proben beim Zugversuch ist die **Verformungsgeschwindigkeit**. Das Verhalten der Zugproben kann sich dadurch grundlegend verändern.

Bei hohen Geschwindigkeiten verhalten sich beispielsweise manche Kunststoffe spröde, obwohl sie ansonsten ein Streckverhalten zeigen.

Bei kleinen Geschwindigkeiten ist die Dehnfähigkeit meist größer.

Bei der Versuchsdurchführung wird eine Verformungsgeschwindigkeit zwischen 1 mm/min und 500 mm/min gewählt. In entsprechenden Kunststoffnormen sind die Werte festgehalten.

Daneben sind Zeitstandversuche erforderlich, um das Verhalten der Kunststoffe unter längerer Belastung zu untersuchen.

Neben der Verformungsgeschwindigkeit sind folgende Einflußgrößen von Bedeutung:

- Temperatur
- Dicke der Zugprobe
- Entnahmerichtung der Zugprobe aus dem Werkstückmuster (Einfluß der Orientierung der Makromoleküle)
- Alter der Probe
- Luftfeuchtigkeit während der Lagerzeit

Diese vielen Einflußgrößen führen dazu, daß die Kennwerte nicht die gleiche Bedeutung haben wie bei Metallen.

Sie können nur bei kurzzeitiger Beanspruchung als Berechnungsgrundlage dienen.

Man verwendet sie daneben zur Kontrolle der Werkstoffqualität bei den Produktionsverfahren.

3 Kerbschlagbiegeversuch

3.1 Einleitung

Der Kerbschlagbiegeversuch dient dazu, die **Zähigkeit** eines Werkstoffes zu beurteilen. Sie ist also ein Maß dafür, wie widerstandsfähig ein Werkstoff gegen schlagartige Beanspruchungen ist.

Es gibt mehrere standartisierte Verfahren zur Ermittlung der Zähigkeit. Die dabei gewonnen Kennwerte werden dabei stark von den unterschiedlichen Versuchsparametern beeinflusst, so daß sie nicht vergleichbar sind. Sogar ein Auflisten der Werkstoffe nach ihrer Zähigkeit würde zu unterschiedlichen Ergebnissen führen!

Dies zeigt bereits daß die Kennwerte nur in etwa ein Maß für die Zähigkeit von Werkstücken sind. Ähnlich wie beim Zugversuch können sie nicht als Festigkeitswerte für Konstruktionen verwendet werden. Sie dienen eher als Vergleichswerte z.B. bei unterschiedlichen Chargen oder gegenüber anderen Werkstoffen.

3.2 Versuchsaufbau und -durchführung

Der Kerbschlagbiegeversuch wird nach DIN 50115 mit dem in Abb.5 dargestellten Pendelschlagwerk durchgeführt.

Eine gekerbte Probe wird auf zwei Widerlager gelegt. Der Pendelhammer wird aus der Ausgangsposition ① ausgeklinkt. Er fällt auf einer Kreisbahn herunter und trifft am tiefsten Punkt (Position ②) horizontal auf die Probe.

Der Pendelhammer durchschlägt die Probe oder zieht sie verformt durch die Widerlager. Er schwingt weiter bis zu einem Umkehrpunkt (Position ③). Dann schwingt er zurück und muß abgebremst werden, da er sonst relativ lange hin und her pendelt.

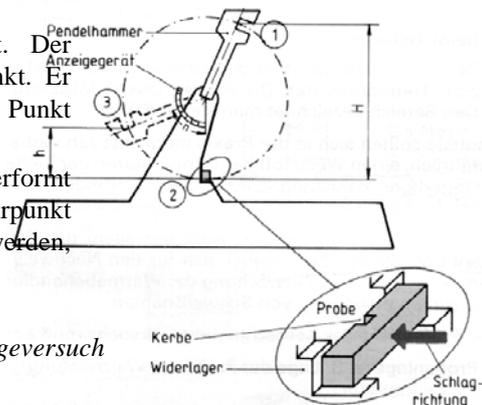


Abb.5: Kerbschlagbiegeversuch

• Kennwerte

- Der Pendelhammer hat beim Durchschlagen der Probe Arbeit verrichtet. Ein Maß dafür ist der Höhenunterschied (hier H-h) zwischen Ausgangsposition und Umkehrpunkt. Die verbrauchte **Kerbschlagarbeit** W_V (berechnet aus Höhenunterschied mal Gewichtskraft des Pendelhammers) wird direkt am Anzeigergerät abgelesen.

- Neben der Kerbschlagarbeit sagt auch die **Bruchfläche** etwas über die Zähigkeit des Werkstoffes aus.

3.3 Verhalten der Proben

Wenn sich eine Probe vor dem Bruch plastisch verformt, nimmt sie mehr Kerbschlagarbeit auf. Der Werkstoff gilt als **zäh**. Die Bruchfläche ist zerklüftet und sehnig, der Probenquerschnitt hat sich trapezförmig verformt. Man spricht von **Verformungsbruch**.

Proben die plötzlich -quasi ohne plastische Verformung- brechen, bezeichnet man als **spröde**. Die Kerbschlagarbeit ist hier gering. Die Bruchflächen sind dabei relativ glatt, der Probenquerschnitt verändert sich nicht. Es handelt sich um **Trennbruch**.

Falls Verformungsbruch und Trennbruch gleichzeitig auftreten, spricht man von **Mischbruch**.