

1 Zweck und Wesen des Versuches

Der Zugversuch dient zur Ermittlung des Werkstoffverhaltens unter einachsiger, über dem Querschnitt gleichmäßig verteilter Zugbeanspruchung. Beim Zugversuch wird eine Zugprobe (z. B. nach DIN 50125) einer langsam und stetig zunehmenden Dehnung unterworfen und die dazu erforderliche Kraft P gemessen (Versuchsdurchführung und -auswertung nach DIN 50146).

2 Kraft-Verlängerungs-Diagramm

Durch Aufzeichnung der jeweiligen Kraft über der zugehörigen Gesamtverlängerung einer Meßstrecke ergibt sich das Kraft-Verlängerungs-Diagramm (Bild 1 u. 2).

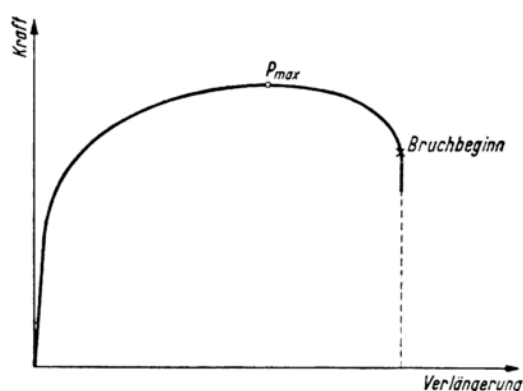


Bild 1. Kraft-Verlängerungs-Diagramm mit stetigem Verlauf (schematisch)

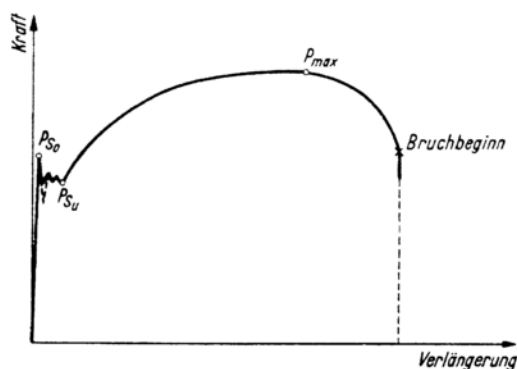


Bild 2. Kraft-Verlängerungs-Diagramm mit unstetigem Verlauf (Streckgrenze) (schematisch)

Der Anteil der Gesamtverlängerung der Meßstrecke, der nach einer Entlastung auf Null durch Zurückfedern der Zugprobe rückgängig gemacht wird, stellt die elastische Verlängerung dar, während der nach der Entlastung verbleibende Verlängerungsanteil als **bleibende Verlängerung** bezeichnet wird.

Eine elastische Verlängerung ist auch nach Beginn der bleibenden Verlängerung vorhanden.

3 Festigkeitskennwerte

3.1 Die Zugfestigkeit σ_B ist die auf den Anfangsquerschnitt F_0 der Probe bezogene Höchstkraft P_{max} .

$$\sigma_B = \frac{P_{max}}{F_0}$$

3.2 Dehnungsgrenzen sind diejenigen auf den Anfangsquerschnitt F_0 der Probe bezogenen Kräfte, die einer bleibenden Dehnung ε_{bl} von bestimmter Größe zugeordnet sind.

Besonders vereinbarte Dehnungen sind:

3.21 0,2 - (Dehn-) Grenze $\sigma_{0,2}$ entsprechend einer bleibenden Dehnung $\varepsilon_{bl} = 0,2\%$ (Ermittlung nach DIN 50144).

$$\sigma_{0,2} = \frac{P_{0,2}}{F_0}$$

Bei metallischen Werkstoffen mit stetig verlaufendem Kraft-Verlängerungs-Diagramm (Bild 1) wird die 0,2-Grenze als Streckgrenze (siehe Abschnitt 3.3) angesehen und auch hier konventionell als Streckgrenze bezeichnet.

3.22 Technische Elastizitätsgrenze $\sigma_{0,01}$ entsprechend einer bleibenden Dehnung $\varepsilon_{bl} = 0,01\%$ (Ermittlung nach DIN 50143).

$$\sigma_{0,01} = \frac{P_{0,01}}{F_0}$$

Die Elastizitätsgrenze entspricht theoretisch derjenigen auf den Anfangsquerschnitt bezogenen Kraft, die der ersten bleibenden Dehnung ε_{bl} zugeordnet ist. Da diese Grenze meßtechnisch nicht einwandfrei zu ermitteln ist, ist als technische Elastizitätsgrenze die 0,01-Dehnungsgrenze vereinbart worden. Für genauere Untersuchungen kann die 0,005-Dehnungsgrenze verwendet werden.

3.3 Die (natürliche) Streckgrenze σ_S ist diejenige auf den Anfangsquerschnitt F_0 der Probe bezogene Kraft P_S , bei der das Kraft-Verlängerungs-Diagramm unter Auftreten einer merklichen bleibenden Dehnung eine Unstetigkeit zeigt (Bild 2).

$$\sigma_S = \frac{P_S}{F_0}$$

Tritt dabei ein merklicher Kraftabfall ein, so wird zwischen der oberen und der unteren Streckgrenze unterschieden. Die in den einzelnen Werkstoffnormen festgelegten Streckgrenzenwerte beziehen sich auf die obere Streckgrenze.

3.31 Die obere Streckgrenze σ_{So} entspricht dem ersten Knick des Kraft-Verlängerungs-Diagramms (Bild 2).

$$\sigma_{So} = \frac{P_{So}}{F_0}$$

¹⁾ Für Streckgrenze ist im Schrifttum auch oft die Bezeichnung Fließgrenze σ_F zu finden. Dieser Begriff soll nur als Oberbegriff für alle ähnlichen Erscheinungen bei verschiedenartiger Beanspruchung gewählt werden, also als Oberbegriff für Streckgrenze (Zug), Quetschgrenze (Druck), Biegegrenze (Biegung) usw.

Fortsetzung Seite 2

3.32 Die untere Streckgrenze σ_{Su} entspricht derjenigen Kraft, die sich nach Überschreiten der oberen Streckgrenze unter Ausbildung merkbarer bleibender Dehnung (etwa 0,5 bis 4,0%) einstellt (Bild 2).

$$\sigma_{Su} = \frac{P_{Su}}{F_0}$$

Der tiefste Punkt nach dem Kraftabfall im Kraft-Verlängerungs-Diagramm (Bild 2) braucht nicht der unteren Streckkraft P_{Su} zu entsprechen. Er kann durch die Trägheit des Kraftmessers der Prüfmaschine vorgetäuscht sein.

4 Verformungskennwerte

4.1 Meßlänge (Länge zwischen den Meßmarken)

Die Meßlänge L_0 ist die auf dem zylindrischen oder prismatischen Teil der Probe durch zwei Marken abgegrenzte Strecke, die als Grundlage für die Messung der Formänderung dient. Der Meßmarkenabstand in jedem Stadium des Versuches wird mit L bezeichnet.

4.2 Meßlängenverhältnis

Das Verhältnis der Meßlänge L_0 zum Durchmesser d_0 der Rundproben heißt Meßlängenverhältnis. Bei nichtkreisförmigem Querschnitt der Zugprobe und bei Rohren ist d_0 der Durchmesser des dem Querschnitt F_0 flächengleichen Kreises, $d_0 = 1,13 \sqrt{F_0}$.

4.3 Proportionalstäbe

Zugproben mit einem Meßlängenverhältnis von 5 oder 10 heißen Proportionalstäbe (näheres siehe DIN 50125). Üblicherweise sind Proportionalstäbe mit einem Meßlängenverhältnis von 5 zu verwenden, also $L_0 = 5d_0$ bei kreisförmigem, $L_0 = 5,65 \cdot \sqrt{F_0}$ bei nichtkreisförmigem Querschnitt.

4.4 Die Längenänderung ΔL ist in jedem Zeitpunkt des Versuches der Unterschied zwischen der jeweiligen Meßlänge L und der ursprünglichen Meßlänge L_0 .

$$\Delta L = L - L_0$$

Auf die ursprüngliche Meßlänge L_0 bezogen, ergibt sich die Dehnung ε .

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \text{ (meist in \% angegeben)}$$

Je nachdem, ob es sich um elastische, bleibende oder Gesamtdehnung handelt, wird als Kurzzeichen ε_{el} , ε_{bl} oder ε_{ges} verwendet.

4.5 Die Bruchdehnung δ ist die bleibende Längenänderung ΔL_B nach dem Bruch der Probe, bezogen auf die ursprüngliche Meßlänge L_0 .

$$\delta = \frac{\Delta L_B}{L_0} \cdot 100\%$$

Bei Verwendung proportionaler Zugproben mit einem Meßlängenverhältnis = 5 wird sie mit δ_5 bezeichnet.

Die Bruchdehnung setzt sich zusammen aus der Gleichmaßdehnung δ_g , die an einem zylindrischen bzw. prismatisch gebliebenen Abschnitt der Probe gemessen werden kann und der örtlich begrenzten Einschnürdehnung δ_e . Die örtlich begrenzte Einschnürdehnung tritt nur bei ausgeprägter Einschnürung auf (näheres siehe DIN 50146 Abschnitt 3.2 bis 3.5, Ausgabe Mai 1951).

4.6 Die Querschnittsänderung ΔF ist in jedem Zeitpunkt des Versuches der Unterschied zwischen dem Anfangsquerschnitt F_0 und dem jeweiligen Querschnitt F der Probe.

$$\Delta F = F_0 - F$$

Auf den Anfangsquerschnitt F_0 bezogen, ergibt sich die Einschnürung (Querschnittsverminderung) q .

$$q = \frac{\Delta F}{F_0} \text{ (meist in \% angegeben)}$$

4.7 Die Brucheinschnürung (Bruchquerschnittsverminderung) ψ ist die bleibende Querschnittsänderung ΔF_B nach dem Bruch der Probe, bezogen auf den Anfangsquerschnitt F_0 (näheres siehe DIN 50146 Abschnitt 3.6, Ausgabe Mai 1951).

$$\psi = \frac{\Delta F_B}{F_0} \cdot 100\%$$

5 Elastizitätsmodul

Der Elastizitätsmodul E ist der Quotient aus der auf den Anfangsquerschnitt bezogenen Kraft und der auf die Meßlänge bezogenen Längenänderung im Gebiet rein elastischer Verlängerung.

$$E = \frac{P L_0}{F_0 \Delta L} = \frac{\sigma}{\varepsilon_{el}}$$