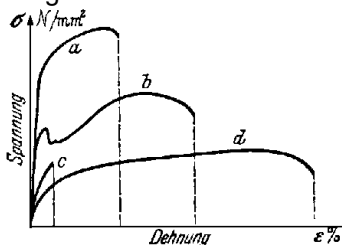




Aufgaben

- Ein Überlastschutz aus S275J2 ($\varnothing 5\text{mm}$) wird mit einer Zugkraft von 12000 N belastet. Reißt der Stab ?
- Ein Zugstab mit der Anfangsmesslänge 130 mm wird unter Belastung mit 145 mm gemessen. Wie groß ist die Dehnung ϵ ?
- Warum werden hochbeanspruchte Teile poliert?
- Beschreiben Sie eine Zugprobe DIN 50125-B14x70.
- Im Diagramm sind 4 Spannungs-Dehnungs-Kurven dargestellt.



- Welche Kurve zeigt die höchste
..... Zugfestigkeit
..... plastische Verformbarkeit
..... Zähigkeit
..... Härte

- Ordnen Sie die Kurven den Werkstoffen zu:
..... Grauguss (fast ohne plastische Verformung)
..... Stahl höherer Festigkeit
..... weicher Stahl mit deutlicher Streckgrenze
..... weichgeglühtes Kupfer

- Dargestellt ist das Kraft-Verlängerungs-Diagramm einer Zugprobe mit $L_0 = 60 \text{ mm}$ und $d = 4 \text{ mm}$. Ermitteln Sie Zugfestigkeit, Streckgrenze, E-Modul und Bruchdehnung.

- Welchen Vorteil hat das Spannungs-Dehnungs-Diagramm gegenüber dem Kraft-Verlängerungs-Diagramm ?
- Eine Welle aus Stahl ($l = 100\text{mm}$, $d = 10\text{mm}$) wird spielfrei in 2 Festlagern gelagert und dann um 10°C erwärmt. Welche Druckkräfte entstehen in der Welle ?
- Abitur 87/88; Aufgabe 4
Beim Materialeingang einer Werkzeugmaschinenfabrik geht eine Lieferung von einem Stahlgroßhändler ein. Durch Stichprobenkontrolle sollen mit Hilfe des Zugversuchs die Festigkeitswerte von drei Stahlsorten ermittelt werden.

a) Werkstoff 1

Dieser wird als blankgewalztes Blech mit einer Dicke von 5 mm angeliefert. Bestimmen Sie die Probenbreite der Rechteckprobe im Bereich der Messlänge von $L_0 = 60 \text{ mm}$, wenn sie einem kurzen Proportionalstab entsprechen und an der Dicke des Bleches nichts verändert werden soll. Dabei soll der Prüfquerschnitt der Rechteckprobe gleich sein dem des Proportionalstabes.

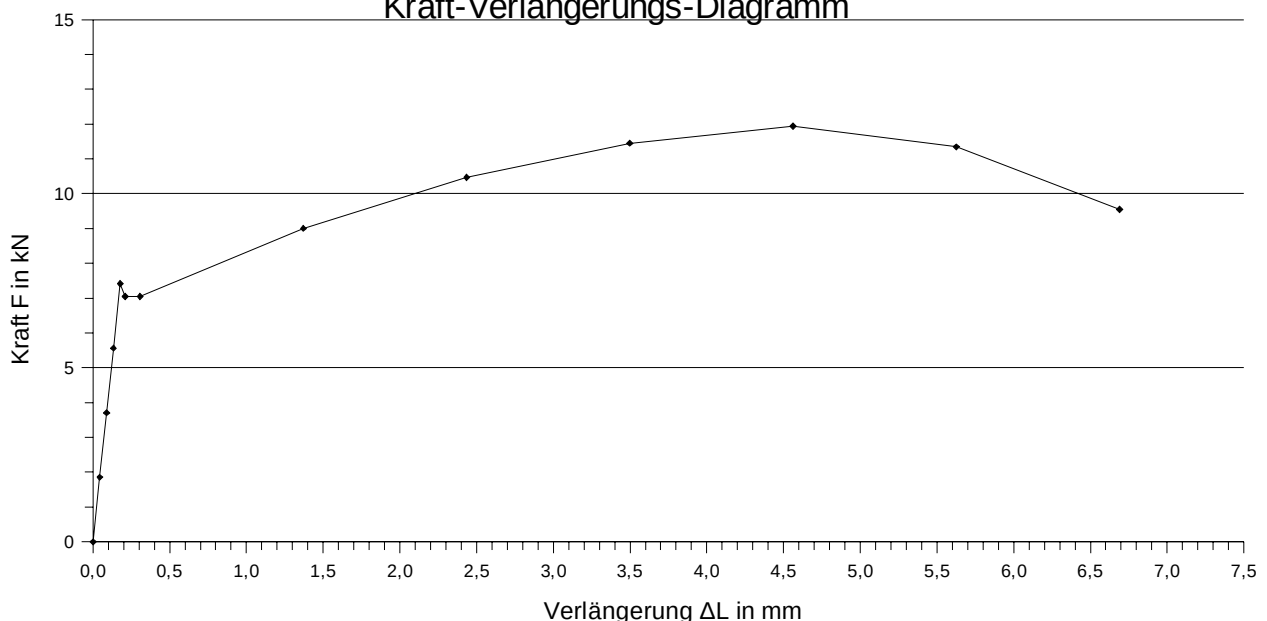
b) Werkstoff 2

Von der Zugprüfmaschine wurde vom Werkstoff 2 das Kraft-Verlängerungs-Diagramm - siehe hinten - aufgezeichnet. Dazu wurde ein kurzer Proportionalstab (Rundprobe) mit $L_0 = 60 \text{ mm}$ als genormte Messlänge verwendet. Das aus diesem Werkstoff gefertigte Bauteil hat eine Zugspannung von $\sigma_z = 128 \text{ N/mm}^2$ aufzunehmen.

Ermitteln Sie

- die Sicherheit gegen bleibende Verformung,
- die Sicherheit gegen Bruch,
- die Messlänge L_U nach dem Bruch und die Bruchdehnung A5.

Kraft-Verlängerungs-Diagramm



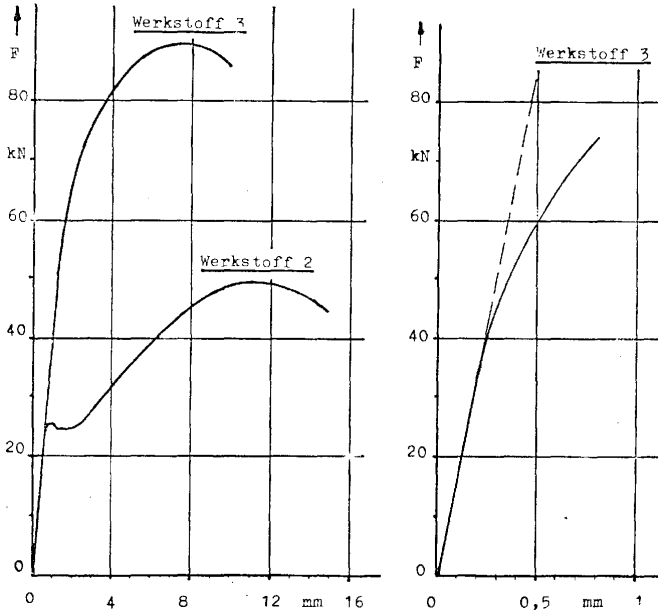


c) Werkstoff 3

Auch vom Werkstoff 3 wurde das Kraft-Verlängerungs-Diagramm aufgezeichnet. Es ist auf unten zweimal dargestellt. Bei dem dabei verwendeten kurzen Proportionalstab (Rundprobe) betrug die Messlänge $L_0 = 60$ mm.

Ermitteln Sie

- die 0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$
- die Zugfestigkeit R_m
- die Brucheinschnürung Z bei 9,5 mm Probendurchmesser an der Bruchstelle
- mit Hilfe von Werkstofftabellen für die Werkstoffe 2 und 3 aus dem Bereich der allgemeinen Baustähle oder der unlegierten Vergütungsstähle je einen zugehörigen genormten Werkstoff



10 Abitur 87/88; Aufgabe 4

a) Zur Kontrolle der unter 4.2 vorgenommenen Wärmebehandlung wurde ein kurzer Proportionalstab mit 8 mm Durchmesser als Probestück mitbehandelt und anschließend im Zugversuch geprüft. Dabei ergaben sich die in der Tabelle aufgeführten Messwerte.

Zeichnen Sie das Spannungs-Dehnungs-Schaubild unter Berücksichtigung der folgenden Maßstäbe:

Spannung : 1 cm = 100 N/mm²

Dehnung : 1 cm = 1%

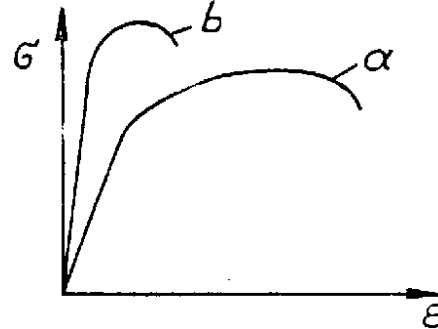
Bestimmen Sie R_m , $R_{p0,2}$ sowie A_5 .

Um welches Maß hat sich der Probestab bei F_{max} plastisch verformt?

Kraft in kN	Längenzunahme in mm
20,10	0,076
25,13	0,095
32,67	0,20
35,18	0,40
40,20	1,12
42,72	2,20
40,20	3,40
34,66	4,40
0 (Bruch)	4,27 (bleibende Verlängerung)

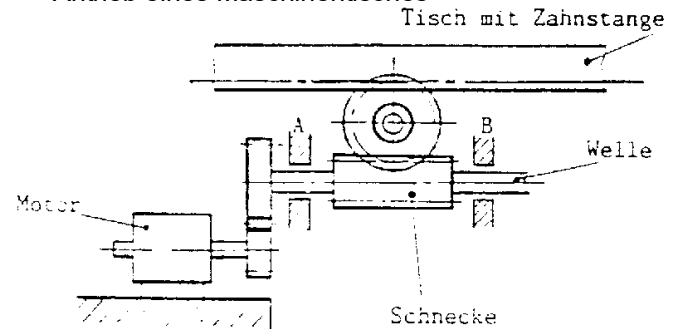
b) Erläutern Sie die Kennwerte eines Zugversuchs, die Aussagen über hohe Umformbarkeit eines Werkstoffs zulassen.

c) Nehmen Sie kritisch Stellung zu Fehlern im nebenstehenden Spannungs-Dehnungs-Diagramm (C45).
Kurve a): vergüteter Zustand
Kurve b): gehärteter Zustand



11 Abitur 88/89; Aufgabe 3

Antrieb eines Maschinentisches



Aus der Konstruktionsabteilung sind folgende Mindestanforderungen an den Wellenwerkstoff bekannt:

- Mindestzugfestigkeit: 950 N/mm²
- Dehngrenze: 600 N/mm²

a) Aus einer zu Bruch gegangenen Welle wurde ein kurzer Proportionalstab mit $d_0=6$ mm gedreht. Der Zugversuch ergab folgende Messwerte:

Kraftanzeige	Längenzunahme
9,73 kN	0,05 mm
13,0 kN	0,067 mm
17,0 kN	0,30 mm
25,5 kN (Maximalwert)	3,0 mm
24,0 kN	3,9 mm

Erstellen Sie das zugehörige Spannungs-Dehnungs-Diagramm.

b) Begründen Sie an Hand der ermittelten Werte, ob der Wellenwerkstoff den oben genannten Anforderungen entspricht.

12 Denksportaufgabe:

Eine Zugprobe 1 wird innerhalb des elastischen Bereiches mit der Kraft F belastet, dabei werden Spannung, Dehnung und E-Modul ermittelt.

Eine Zugprobe 2, die gegenüber der Zugprobe 1 die doppelte Länge und den doppelten Durchmesser hat, wird mit der gleichen Kraft F belastet.

Wie verhalten sich Spannung, Dehnung und E-Modul der 2. Zugprobe im Vergleich zur 1. Zugprobe? Begründen Sie Ihre Antwort.



Lösungen

$$1 \quad \sigma = \frac{F}{S_0} = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{12 \text{ kN} \cdot 4}{\pi \cdot 5^2 \text{ mm}^2} = 611 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Die Spannung ist größer als $R_m(S275) = 410..560 \text{ N/mm}^2$, deshalb bricht das Teil.

$$2 \quad \epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{15 \text{ mm}}{130 \text{ mm}} = 11,5\%$$

3 Kerbwirkung: Eine glatte Oberfläche erhöht die Festigkeit, weil Brüche bevorzugt von vorhandenen Fehlern (Oberflächenrisse) ausgehen, insbesondere bei dynamischer Last.

4 Es handelt sich um eine runde Zugprobe mit Gewindegköpfen (B) mit einem Anfangsdurchmesser von 14 mm und einer Anfangsmesslänge von 70mm (kurzer Proportionalstab) (\rightarrow TabB)

5 Welche Kurve zeigt die höchste
...a... Zugfestigkeit

...d... plastische Verformbarkeit

...b?... Zähigkeit [nicht eindeutig: Je zäher ein Werkstoff ist, desto mehr Energie kann er durch Verformen aufnehmen bevor er bricht. Energie ist Kraft x Weg bzw Spannung x Dehnung, also kann man die ‚Zähigkeit‘ als Fläche unter der Kraft-Verlängerungs- oder Spannungs-Dehnungs-Kurve abschätzen. Genau ist das nicht, weil Zähigkeit in der Praxis anders gemessen wird, z.B. als Kerbschlagarbeit (J2 im Werkstoff S235J2 \rightarrow TabB „Stähle“, „Kerbschlagbiegeversuch“)]

...?... Härte ist nicht ablesbar

Ordnen Sie die Kurven den Werkstoffen zu:

...c.. Grauguss (fast ohne plastische Verformung)

...a.. Stahl höherer Festigkeit

...b.. weicher Stahl mit deutlicher Streckgrenze

...d.. weichgeglühtes Kupfer

6 Ermitteln Sie

$$S_0 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 4^2 \text{ mm}^2}{4} = 12,57 \text{ mm}^2$$

Zugfestigkeit:

$$R_m = \frac{F_m}{S_0} = \frac{12 \text{ kN}}{12,57 \text{ mm}^2} = 955 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Streckgrenze

$$R_e = \frac{F_e}{S_0} = \frac{7,5 \text{ kN}}{12,57 \text{ mm}^2} = 597 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

E-Modul

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{\frac{F_e}{S_0}}{\frac{\Delta L_e}{L_0}} = \frac{\frac{7,5 \text{ kN}}{12,57 \text{ mm}^2}}{\frac{0,175 \text{ mm}}{60 \text{ mm}}} = \frac{597 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}}{0,00292} = 205 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$$

Bruchdehnung

$$A = \frac{\Delta L_{\text{Bruch}}}{L_0} = \frac{6,45 \text{ mm}}{60 \text{ mm}} = 10,75\%$$

7 Aus dem Spannungs-Dehnungs-Diagramm kann man Zugfestigkeit, Streckgrenze und Bruchdehnung direkt ablesen. Bei einem Kraft-Verlängerungs-Diagramm müsste diese Werte erst aus Kraft und Verlängerung und der Probengröße berechnen.

8 Annahme: Die erwärmte Welle dehnt sich aus und wird durch eine Druckkraft auf die ursprüngliche Länge gestaucht.

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

$$\Delta l = 100 \text{ mm} \cdot 0,000115 / \text{K} \cdot 10 \text{ K} = 0,015 \text{ mm}$$

$$\sigma = \frac{F}{S} = E \cdot \epsilon \rightarrow F = E \cdot \epsilon \cdot S_0 = E \cdot \frac{\Delta l}{l_1} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \\ = 200 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{0,015 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} \cdot \frac{\pi \cdot 10^2 \text{ mm}^2}{4} = 2,4 \text{ kN}$$

9 Abitur 1987/88; Aufgabe 3

a) Werkstoff 1

$$\frac{L_0}{d_0} = 5 \quad (\text{kurzer Proportionalstab})$$

$$\rightarrow d_0 = \frac{L_0}{5} = \frac{60 \text{ mm}}{5} = 12 \text{ mm}$$

$$S_0 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 12^2 \text{ mm}^2}{4} = 113,1 \text{ mm}^2$$

$$S_0 = a_0 \cdot b_0 \rightarrow b_0 = \frac{S_0}{a_0} = \frac{113,1 \text{ mm}^2}{5 \text{ mm}} = 22,6 \text{ mm}$$

b) Werkstoff 2

Sicherheit gegen bleibende Verformung:

$S_0 = 113,1 \text{ mm}^2$ (siehe oben)

Aus dem Diagramm: $F_e = 26 \text{ kN}$

$$R_e = \frac{F_e}{S_0} = \frac{26 \text{ kN}}{113,1 \text{ mm}^2} = 230 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$v = \frac{R_e}{\sigma_z} = \frac{230 \text{ N/mm}^2}{128 \text{ N/mm}^2} = 1,89$$

Sicherheit gegen Bruch:

Aus dem Diagramm: $F_m = 50 \text{ kN}$

$$R_m = \frac{F_m}{S_0} = \frac{50 \text{ kN}}{113,1 \text{ mm}^2} = 442 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$v = \frac{R_m}{\sigma_z} = \frac{442 \text{ N/mm}^2}{128 \text{ N/mm}^2} = 3,4$$

Messlänge L_U nach dem Bruch

Aus dem Diagramm: $\Delta L_U = 14 \text{ mm}$

$$L_U = L_0 + \Delta L_U = 60 \text{ mm} + 14 \text{ mm} = 74 \text{ mm}$$

Bruchdehnung A_5

$$A_5 = \frac{\Delta L_U}{L_0} = \frac{14 \text{ mm}}{60 \text{ mm}} = 0,23 = 23\%$$



c) Werkstoff 3

0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$

$S_0 = 113,1 \text{ mm}^2$ (siehe oben)

Aus dem Diagramm für $\epsilon=0,2\%$ ($\Delta L_u=12\text{mm}$):

$F_{p0,2} = 56 \text{ kN}$

$$R_{p0,2} = \frac{F_{p0,2}}{S_0} = \frac{56 \text{ kN}}{113,1 \text{ mm}^2} = 495,1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Zugfestigkeit R_m

Aus dem Diagramm: $F_m = 90 \text{ kN}$

$$R_m = \frac{F_m}{S_0} = \frac{90 \text{ kN}}{113,1 \text{ mm}^2} = 796 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Brucheinschnürung Z

$$\begin{aligned} Z &= \frac{\Delta S_0}{S_0} = \frac{S_0 - S_{\text{Bruch}}}{S_0} \\ &= \frac{\frac{\pi}{4} \cdot (12 \text{ mm})^2 - \frac{\pi}{4} \cdot (9,5 \text{ mm})^2}{\frac{\pi}{4} \cdot (12 \text{ mm})^2} \\ &= \frac{12^2 - 9,5^2}{12^2} = 0,373 = 37,3\% \end{aligned}$$

zugehörige genormten Werkstoff

Werkstoff 2: z.B. S235 (früher St37)

Werkstoff 3: z.B. 1C60 (früher C 60)

10 Abitur 87/88; Aufgabe 4:

a) Lösung fehlt

b) Umformung findet im Bereich zwischen der Dehn-/Streckgrenze und der Zugfestigkeit statt, weil dort plastische Verformung noch ohne Bruch erfolgt. Dehn-/Streckgrenze müssen deshalb möglichst klein, Zugfestigkeit möglichst groß sein. Man drückt dieses auch im Streckgrenzenverhältnis R_e / R_m aus, das für eine gute Umformbarkeit möglichst klein sein soll.

c) Das Diagramm enthält folgende Fehler:

Der E-Modul von Stahl wird durch Härten nicht verändert. Die Hooke'sche Gerade des vergüteten Stahls und des gehärteten Stahls verlaufen deshalb auf einer Linie.

Der gehärtete Stahl hat höhere Festigkeitswerte (Faktor 2 bis 3) als der vergütete Stahl.

Gehärtete Stähle sind nicht umformbar, der plastische Bereich geht gegen Null.

11 Abitur 88/89; Aufgabe 3: Lösung fehlt.

12 Durch den doppelten Durchmesser ist der Anfangsquerschnitt S_0 von Probe 2 viermal größer ($S_0 = \pi/4 \cdot d^2$) und dadurch wiederum die Spannung σ_z viermal kleiner ($\sigma = F / S_0$)

Die Dehnung ϵ wird 4x kleiner wegen der kleineren Spannung. Die Länge spielt keine Rolle, weil die Dehnung prozentual zur Länge ist.

Der (!) Elastizitäts-Modul E ist ein Werkstoffkennwert und ändert sich nicht mit den Abmessungen der Probe. Man kann es auch ausrechnen:

$E = \sigma / \epsilon$, σ und ϵ ändern sich proportional).