

5. auf Drehung, Abb. 6. Ein Kräftepaar in einer zur Stabachse senkrechten Ebene verdreht die Stabquerschnitte gegeneinander. In den Fällen 4 und 5 entstehen Schubspannungen.

Treten mehrere Belastungsfälle gleichzeitig auf, so wird der Körper auf zusammengesetzte Festigkeit beansprucht. So wirkt auf den Querschnitt x des einseitig einge-

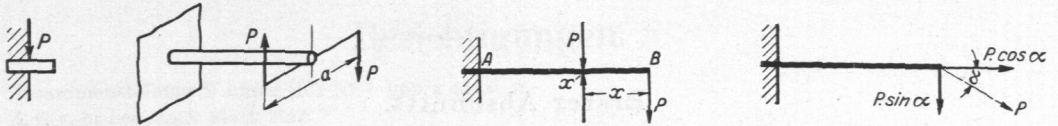


Abb. 5. Inanspruchnahme auf Abscherung.

Abb. 6. Beanspruchung auf Drehung.

Abb. 7. Beanspruchung auf zusammengesetzte Festigkeit, auf Biegung und Schub.

Abb. 8. Belastung auf Zug, Biegung und Schub.

spannten, am freien Ende belasteten Balkens AB der Abb. 7 neben dem Biegemoment $P \cdot x$ die Schubkraft P , deren Einfluß allerdings bei größerer Balkenlänge vernachlässigt werden darf. Der Stab, Abb. 8, erfährt durch $P \cdot \cos \alpha$ eine Belastung auf Zug, durch $P \cdot \sin \alpha$ eine solche auf Biegung und Schub.

I. Zugfestigkeit und Grundbegriffe der Festigkeitslehre.

A. Zugspannung. Proportionalitäts-, Fließ-, Bruch- und Zerreißgrenze, Zugfestigkeit, Elastizitätsgrenze.

Die Stange in Abb. 9 wird durch das angehängte, in der Stabachse wirkende Gewicht von P kg auf Zug beansprucht. Schneidet man ein beliebiges Stück aus dem Stabe heraus, so kann in diesem bei Vernachlässigung des Eigengewichtes die gleiche Wirkung durch zwei entgegengesetzt gerichtete, an den Enden angreifende Kräfte P erzeugt werden, die den Stab zu verlängern suchen. Unter der Annahme gleichmäßiger Verteilung über den Querschnitt von der Größe F ergibt sich die auf die Flächeneinheit bezogene innere Kraft, die Zugspannung

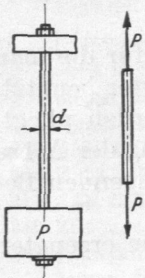


Abb. 9. Auf Zug beanspruchte Stange.

$$\sigma_z = \frac{P}{F} \tag{1}$$

Bei $d = 2$ cm Durchmesser und $P = 1500$ kg würde z. B.

$$\sigma_z = \frac{P}{\frac{\pi}{4} d^2} = \frac{1500}{3,14} = 477 \text{ kg/cm}^2$$

betragen.

σ_z muß geringer als die für den betreffenden Stoff und Belastungsfall zulässige Spannung k_z nach S. 12 sein.

Formeln für die Flächeninhalte verschiedener Querschnitte enthält die Zusammenstellung 6, S. 30.

Jeder Einwirkung einer Kraft entspricht eine Formänderung. Zugkräfte rufen Verlängerungen und gleichzeitig Querschnittverminderungen hervor. Abb. 10 zeigt in den Abszissen die Verlängerungen λ in Abhängigkeit von den als Ordinaten aufgetragenen Kräften P , wie sie bei einem Zugversuche an einem ausgeglühten, weichen Flußstahlstabe von 20 mm Durchmesser und 200 mm Meßlänge, Abb. 11, erhalten wurden. Als Meßlänge gilt dabei die Strecke l des Stabes, an der die Formänderungen beobachtet und festgestellt werden. Die Verlängerungen nehmen zunächst verhältnismäßig den Belastungen zu. Die Linie, Abb. 10, ist dementsprechend bis P gerade. Über P krümmt sich die Linie ein wenig, fällt bei F_o plötzlich auf F_u und verläuft bis G annähernd parallel zur Abszissenachse. Der Stab verlängert sich also, ohne daß die Kraft zunimmt; der Baustoff fließt. P heißt Proportionalitätsgrenze, F_o obere, F_u untere Fließ- oder Streckgrenze. Vom Punkte G ab sind größere Kräfte nötig, um weitere Formänderungen zu erzeugen; die Linie steigt an. In B erreicht die Belastung ihren Höchstwert, schließlich zerreißt der Stab in Z . Der Abfall von B nach Z ist in der Ein-

schnürung, Abb. 12, der örtlich starken Querschnittverminderung, die zum Bruch bei abnehmenden Kräften führt, begründet. B kennzeichnet die Bruch-, Z die Zerreißgrenze. Die aus der Höchst- oder Bruchlast P_B berechnete und auf den ursprünglichen Querschnitt bezogene Spannung ist die Zugfestigkeit K_z des Stoffes, die in dem betrachteten Falle

$$K_z = \frac{P_B}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{11500}{3,14} = 3660 \text{ kg/cm}^2$$

betrug.

Entlastet man bei Beginn des Versuchs den Stab, so verschwinden die Formänderungen wieder vollständig. Der Baustoff ist vollkommen elastisch. Bei höheren Be-

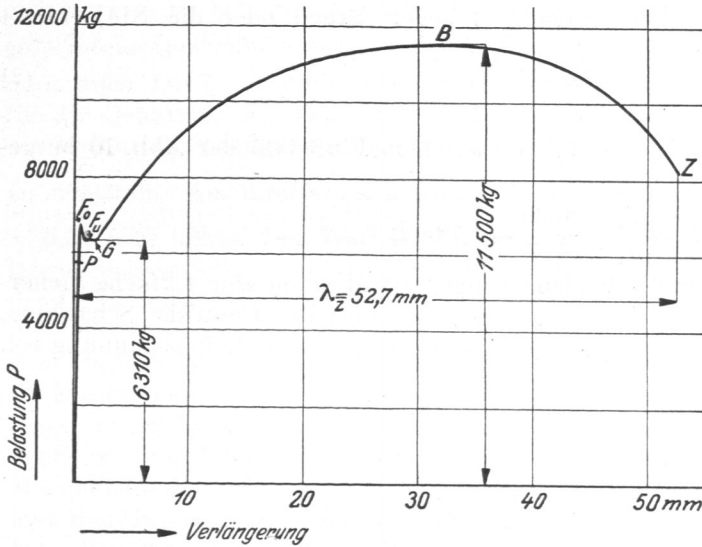


Abb. 10. Schaulinie eines Zugversuchs an weichem Flußstahl.

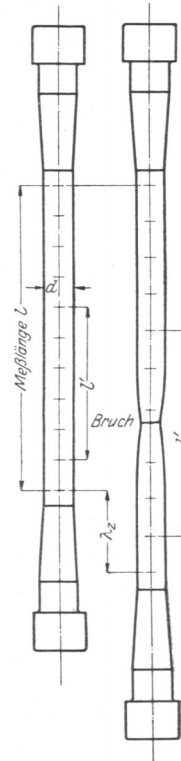


Abb. 11/12. Probestab vor und nach dem Zugversuch.

lastungen treten zunächst geringe bleibende Verlängerungen auf; nach dem Überschreiten der Fließgrenze überwiegen die bleibenden gegenüber den elastischen. Die Elastizitätsgrenze, d. i. der Punkt, bis zu welchem sich der Baustoff vollkommen elastisch verhält, ist, da die bleibenden Formänderungen ganz allmählich auftreten, schwierig nachzuweisen. Man läßt ein bestimmtes, noch sicher zu beobachtendes Maß bleibender Formänderung zu und hat demgemäß durch einen Beschluß des internationalen Verbandes der Materialprüfungen der Technik in Brüssel 1906 die Elastizitätsgrenze bei einer bleibenden Verlängerung von $0,001\%$ der Meßlänge festgelegt. Krupp benutzt $0,03\%$.

Bei vielen Stoffen prägt sich die Fließgrenze weniger scharf aus, wie bei weichem Flußstahl nach Abb. 10. An härteren Flußstahlsorten ist sie nur durch einen kurzen Absatz parallel zur Abszissenachse oder, wie auch an Messing, Bronze usw., durch allmähliches Abbiegen der Schaulinie ohne besonderen Knick oder Absatz, Abb. 127, gekennzeichnet. Zur Bestimmung der Fließgrenze benutzt man in solchen Fällen nach dem Beschluß des eben erwähnten Verbandes $0,5\%$ bleibende Verlängerung. Die deutschen Industrienormen haben dieses Maß in Dinorm 1602 auf $0,2\%$ herabgesetzt und bezeichnen die zugehörige Spannung kurz mit 0,2-Grenze und durch $\sigma_{0,2}$.

B. Die Sicherheit von Konstruktionsteilen.

Merkbare bleibende Formänderungen sind an den Maschinenteilen unzulässig. Die in den letzteren auftretenden Beanspruchungen dürfen deshalb die Elastizitätsgrenze, sicher aber die Fließgrenze, nicht erreichen. Die Sicherheit \mathcal{S}' eines Konstruktionsteiles gegenüber dem Auftreten dauernder Formänderungen ist demgemäß nach dem