

In der letzten Spalte der Tabelle XV ist das Verhältnis σ_1/σ zwischen der größten Zugspannung im Grunde A des Kerbs und der Spannung angegeben, die vorhanden sein würde, wenn der Stab nicht gekerbt wäre, die sich also aus der einfachen Berechnungsformel für die Spannung unter Berücksichtigung der Querschnittsschwächung durch den Kerb ergibt.

Aus dem Vergleich der Werte σ_1/σ für ungefähr gleiche Kerbformen bei verschiedenen Stoffen erkennt man, daß die Wirkung des Kerbs bei verschiedenen Stoffen verschieden stark ist.

Der Kerb kann unter den angegebenen Verhältnissen die Spannung örtlich auf den 1,17 bis 5 fachen Betrag steigern.

Bach (L_4 59) ermittelte an zwei Gußeisenkörpern von ungefähr der in Abb. 379 angedeuteten Form die Kraft P , die zum Bruch nötig war, der nach der unter 45° geneigten Linie erfolgte. Die wirklich ermittelte größte Biegungsspannung σ' war etwa dreimal so groß, als die, die sich aus der Anwendung der gewöhnlichen Berechnungsformel ergeben würde.

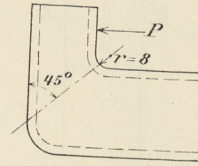


Abb. 379.

Die einspringende Kante mit dem gegenüber den Abmessungen des ganzen Stücks sehr kleinen Krümmungshalbmesser von 8 mm wirkt eben wie ein scharfer Kerb und gibt in der einspringenden Kante Veranlassung zur örtlichen Spannungssteigerung.

Es folgt nun für den Konstrukteur aus den obigen Auseinandersetzungen die Regel, daß plötzliche Querschnittsänderungen in durch Kräfte beanspruchten Bauteilen nach Möglichkeit zu vermeiden sind, da sie in ihrer Wirkung Kerben gleichen. Sind solche plötzlichen Querschnittsänderungen nicht zu umgehen, so muß danach gestrebt werden, den Übergang von einem Querschnitt zum anderen durch möglichst große Abrundung zu bewirken.

Besonders deutlich zeigt sich die Kerbwirkung einspringender Kanten bei häufig zwischen zwei äußersten Grenzen wechselnden Beanspruchungen (Dauerbeanspruchungen) und ganz besonders dann, wenn die Beanspruchungen zwischen Zug und Druck wechseln, wie in I, 324 bis 333 auseinandergesetzt wurde. Es genügt hierbei schon ein ganz kleiner Anriß oder eine ganz unscheinbare Verletzung der Oberfläche, um die Zahl der bis zum Bruch ausgehaltenen Beanspruchungen erheblich herabzusetzen.

Die obige Regel über die Vermeidung einspringender Kanten und über die Abrundung ist also um so mehr zu beherzigen, je mehr das Material Dauerbeanspruchungen ausgesetzt ist.

Trotzdem ist eine sehr große Anzahl von vorzeitigen Brüchen in Konstruktionsteilen auf die Nichtbeachtung oder wenigstens nicht genügende Beachtung dieser Regel zurückzuführen. Wie wir später sehen werden, zeigen die verschiedenen Materialien verschieden große Empfindlichkeit gegenüber der Kerbwirkung. Man wird deswegen in Fällen, wo aus konstruktiven Rücksichten einspringende Kanten mit verhältnismäßig geringem Abrundungsradius nicht zu umgehen sind, besonders sorgfältig in der Materialauswahl sein müssen, besonders dann, wenn der Konstruktionsteil wechselnden Beanspruchungen unterworfen wird.

1. Die Kerbzugprobe.

341. Die Ergebnisse Leons gelten nur innerhalb des Bereichs der elastischen Formänderungen, und können bis zum Bruch nur dann benutzt werden, wenn der Stoff ohne wesentliche plastische Formänderung zu Bruch gebracht werden

kann. Von Wichtigkeit ist es noch, kennen zu lernen, wie sich die Verhältnisse bei Körpern gestalten, die vor dem Bruch plastische Formänderungen erleiden.

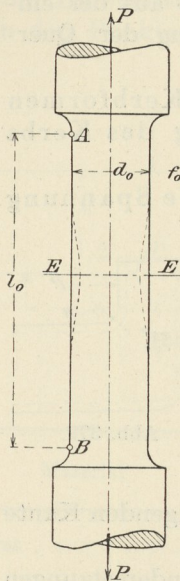


Abb. 380.

Ein Stab von den in Abb. 380 angegebenen Abmessungen werde in der Richtung der Stabachse durch die allmählich wachsende Kraft P auf Zug beansprucht. Der ursprüngliche Querschnitt des Stabes sei f_0 , die ursprüngliche Länge zwischen den Punkten A und B sei l_0 . Es werde vorausgesetzt, daß l_0 im Verhältnis zum Durchmesser d_0 sehr lang sei. Der Abstand der beiden Punkte A und B wird sich unter dem Einfluß der wachsenden Kraft vergrößern; er habe bei einer bestimmten Last P den Wert l , so daß die Verlängerung $\lambda = l - l_0$ ist. Die Änderung von λ mit der Last P werde durch einen Selbstzeichner als Abszisse in einem Schaubild eingezeichnet, in dem die jeweiligen Kräfte P die Ordinaten sind (λ, P -Bild, in Abb. 381). P_S entspreche der Last an der S -Grenze, P_B der Höchstlast, und P_Z der Last, unter der schließlich der Stab zu Bruch geht.

Aus der Abb. 381 kann man durch Rechnung ein anderes Schaubild ableiten, in dem als Abszissen die Dehnungen $\epsilon = \frac{\lambda}{l_0}$ und als Ordinaten die Spannungen $\sigma = \frac{P}{f_0}$ bezogen auf den ursprünglichen Querschnitt f_0 des Stabes, verwendet sind. Das so erhaltene Schaubild heiße ϵ, σ -Bild. Es ist in Abb. 382 durch die dünne Linie 1 angedeutet.

Aus dem Schaubild ϵ, σ läßt sich ein weiteres ableiten, wenn man als Ordinaten nicht die Werte $\sigma = \frac{P}{f_0}$, bezogen auf den ursprünglichen Stabquerschnitt f_0 ,

sondern die Spannungen $[\sigma] = \frac{P}{f}$, bezogen auf den jeweiligen Querschnitt f des Stabes, einzeichnet. Das so gewonnene Schaubild soll als $\epsilon, [\sigma]$ -Bild bezeichnet werden. Man nennt $[\sigma]$ vielfach die „wirkliche“ oder die „effektive“ Spannung.

Nach Überschreiten der S -Grenze, also während des Fließens

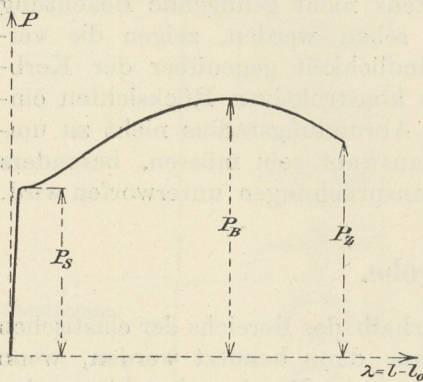


Abb. 381.

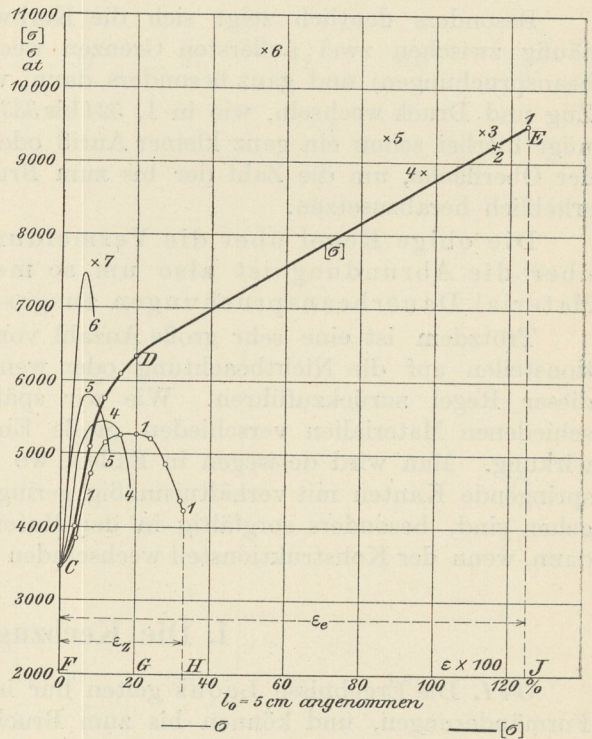


Abb. 382.

des Metalls, steigt sowohl die Linie der P in Abb. 381, als auch die Linie der σ (dünne Linie 1) in Abb. 382 bis zu dem Höchstwert P_B bzw. σ_B an. In dieser Periode erstreckt sich die bleibende Formänderung nahezu gleichmäßig über die ganze Länge l_0 und somit über das ganze Volumen $f_0 l_0$ des Stabes. Unter Vernachlässigung der geringen Veränderung des spezifischen Gewichts des Stabmaterials infolge des Kaltreckens kann man das Stabvolumen vor der Beanspruchung dem

Volumen nach der Beanspruchung gleich setzen: $f_0 l_0 = fl$, oder $f = \frac{f_0 l_0}{l}$; außerdem

ist aber $\frac{l-l_0}{l_0} = \varepsilon$ und somit auch $\frac{l_0}{l} = \frac{1}{1+\varepsilon}$. Setzt man diesen Wert in die Beziehung für f sein, so findet man

$$f = \frac{f_0}{1+\varepsilon} \dots \dots \dots (21)$$

Für $[\sigma] = \frac{P}{f}$ erhält man danach

$$[\sigma] = \frac{P}{f_0} (1 + \varepsilon)$$

oder $[\sigma] = \sigma (1 + \varepsilon) \dots \dots \dots (22)$

Verwendet man die so berechneten Werte von $[\sigma]$ als Ordinaten, so ergibt sich die dick ausgezogene $[\sigma]$ -Linie in Abb. 382 von C bis D .

Nach Überschreiten der Höchstspannung σ_B (B -Grenze) wird in einem Querschnitt, der zufällig etwas geringere Widerstandsfähigkeit besitzt, oder der sich in der Mitte zwischen den beiden Stabköpfen befindet (I, 100 bis 104), das Fließen stärker als in den übrigen Querschnitten. Dort nimmt dann die Dehnung rascher zu und der Querschnitt f rascher ab, als in den übrigen Querschnitten des Stabes. Die Folge davon ist Einschnürung, wie in Abb. 380 punktiert angedeutet. Durch die Querschnittsverminderung wird trotz des Abfallens der das Fließen herbeiführenden Kraft P von P_B auf P_Z und der Spannungen von σ_B auf σ_Z die Spannung $[\sigma]$ weiter gesteigert; da ja P/f wegen der Abnahme des Querschnitts f weiter steigt, bis schließlich $[\sigma]$ im Einschnürungsquerschnitt einen solchen Wert erreicht, daß der Bruch eintritt. Die Dehnungen ε sind jetzt nicht mehr gleichmäßig über die Stablänge l verteilt, sondern nehmen von A nach E (Abb. 380) zu, erreichen bei E den Höchstwert, um dann von E nach B wieder abzufallen (I, 130 bis 137). Dementsprechend sind auch die Spannungen σ und $[\sigma]$ über der Länge l verschieden und erreichen bei EE in der Einschnürungsstelle ihren Höchstwert. Zur Berechnung dieses Wertes ist wegen der angegebenen Verschiedenheiten die Gl. 22 nicht mehr brauchbar. Man muß jetzt den jeweiligen kleinsten Querschnitt f selbst durch Messung feststellen, und dann $[\sigma]$ aus der Beziehung

$$[\sigma] = \frac{P}{f}$$

berechnen.

Sind, wie es meist der Fall ist, während des Zugversuchs die Werte f nicht gemessen, so bleibt zur Berechnung von $[\sigma]$ nur noch der Querschnitt f_e am Bruch des Stabes bei EE übrig. Man erhält dann $[\sigma]_Z = \frac{P_Z}{f_e}$. Dieser Wert ist die Ordinate des Endpunktes E der $[\sigma]$ -Linie in Abb. 382.

Die zugehörige Abszisse, das ist die größte im Stab auftretende Dehnung, erhält man aus folgender Überlegung. Ein zylindrischer Teil des Stabes vom ursprünglichen Querschnitt f_0 und der ursprünglichen Länge x_0 , die als sehr klein gedacht werde, hat nach erfolgtem Bruch den Querschnitt f_e und eine Länge x angenommen, so daß

$$x f_e = f_0 x_0; \quad \frac{x}{x_0} = \frac{f_0}{f_e}$$

Die Dehnung ist dann

$$\varepsilon_e = \frac{x - x_0}{x_0} = \frac{x}{x_0} - 1,$$

also

$$\varepsilon_e = \frac{f_0}{f_e} - 1. \quad \dots \dots \dots (23)$$

Dieser Wert ist die Abszisse des Endpunktes *E* der $[\sigma]$ -Linie in Abb. 382 (I, 33 bis 51, s. auch Ludwik, *L*₄ 60). Durch Verbinden von *D* mit *E* erhält man die Fortsetzung der $[\sigma]$ -Linie über *D* hinaus.

Es ist zu beachten, daß die Ordinaten der $[\sigma]$ -Linie von *C* bis *D* die gleichmäßig über die Länge *l* verteilten Spannungen $[\sigma]$, jenseits von *D* aber nur die an der Einschnürungsstelle auftretenden Höchstspannungen $[\sigma]$ angeben. Dergleichen geben die Abszissen von *F* bis *G* die über die Stablänge *l* gleichmäßig verteilten Dehnungen ε an, während die Abszissen von *G* bis *J* die höchsten Dehnungen im Einschnürungsquerschnitt darstellen.

Der Vergleich der beiden Abszissen $\varepsilon_Z = FH$ und $\varepsilon_e = FJ$ gibt Aufschluß über den Grad der Ausnutzung der Widerstandsarbeit des Materials beim Zugversuch.

Denkt man sich die Stablänge *l*₀ in *n* gleiche Teile von der Größe *l*₀/*n* geteilt, so werden die Strecken *l*₀/*n* nach dem Zerreißen größer geworden sein. Aus der Verlängerung jedes Teiles kann man seine Dehnung berechnen. Trägt man diese Dehnungen als Abszissen zu jedem zugehörigen Stabteil ab, so erhält

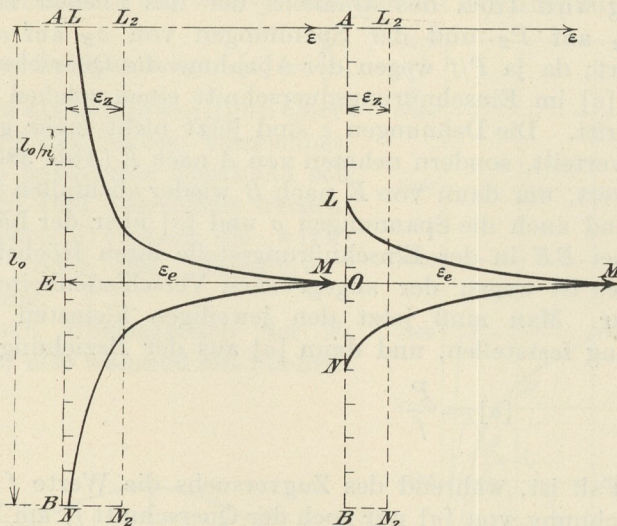


Abb. 383.

Abb. 384.

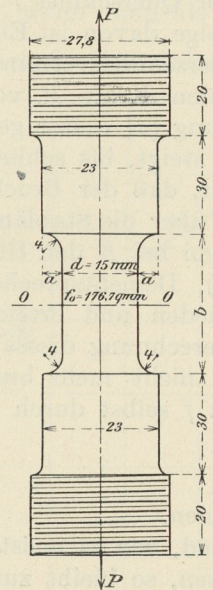


Abb. 385.

man die Linie *LMN* in Abb. 383, die die Verteilung der Dehnungen über die Länge *l*₀ angibt. Werden die Abschnitte *l*₀/*n* genügend klein gewählt, so ist *EM* annähernd gleich dem Wert $\varepsilon_e = FJ$ in Abb. 382. Der Wert ε_Z , der aus der Entfernung der beiden Marken *A* und *B* ermittelt wird, muß gleich dem Durchschnittswert aller Abszissen der Schaulinie *LMN* sein, d. h. die beiden Flächen *ALMNB* und *AL₂N₂B* müssen gleich sein.

Während an der Einschnürungsstelle bei E die Widerstandsarbeit des Materials fast aufgebraucht wird, wird in den von E entfernten Stellen nur ein geringer Teil der Widerstandsarbeit aufgezehrt.

Wird nun ein gekerbter Stab, etwa nach Art der Abb. 385, durch zentrische und allmählich wachsende Kraft P auf Zug beansprucht, so bewirkt, wie früher gezeigt, der Kerb Einschränkung der örtlichen Dehnungen auf die in unmittelbarer Nähe des Kerbs befindlichen Stabteile, so daß die Verteilung der Dehnungen über die Länge l_0 sich etwa wie in Abb. 384 darstellt. Im Querschnitt O wird die Widerstandsarbeit des Materials am meisten ausgenutzt; die Dehnung erreicht dort ihr höchstes Maß $\varepsilon_c = OM$; nach beiden Seiten hin nimmt die Dehnung rasch ab, so daß nur ein kleiner Teil der Länge l_0 an der Widerstandsarbeit teilnehmen kann. Die mittlere Dehnung ε_z wird deswegen kleiner als in Abb. 383.

Es entsteht nun die Frage, in welchem Verhältnis steht die Höchstdehnung OM in Abb. 384 zur Höchstdehnung EM in Abb. 383, wenn dasselbe Material mit und ohne Kerbung dem Zugversuch unterworfen wird. Hierüber geben Versuche Aufschluß, über die A. Martens ($L_4 61$) und Rudeloff ($L_4 62$) berichtet haben.

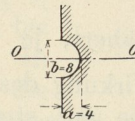


Abb. 386.

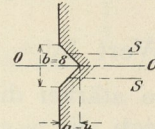


Abb. 387.

Aus einer 35 mm dicken Rundstange von Martinflußeisen wurden Zugstäbe von der in Abb. 385 dargestellten Form hergestellt. Die Abmessungen waren bei allen Stäben dieselben, bis auf die Länge b , die bei den verschiedenen Stäben die Längen 58, 48, 38, 28, 18, 8 mm erhielt. Die Stäbe waren somit sämtlich gekerbt, nur war das Verhältnis der Kerbabmessungen b/a veränderlich und lag innerhalb der äußersten Grenzen $58/4$ und $8/4$; im letzteren Falle war der Kerb halbkreisförmig (Abb. 386). Außerdem wurde noch ein Stab mit spitzem Kerb nach Abb. 387 geprüft. Die Ergebnisse der Zugversuche sind in der Tabelle XVI zusammengestellt.

Tabelle XVI. Nach Rudeloff.

Nr.	b	σ_S	σ_B	f_c	q	$\varepsilon_c \cdot 100$	$[\sigma]_z$
	cm	at	at	qcm	%	%	at
1	5,8	3450	5400	0,785	55,6	125	9500
2	4,8	3560	5380	0,817	53,8	116	9240
3	3,8	3580	5430	0,833	52,8	112	9430
4	2,8	3480	5490	0,899	49,1	96,5	8890
5	1,8	3570	5800	0,950	46,2	86,1	9310
6	0,8 ¹⁾	4470	7440	1,150	34,9	53,5	10510
7	0,8 ²⁾	5420	7040	1,629	7,8	9	7600

¹⁾ Halbkreisförmiger Kerb nach Abb. 386.

²⁾ Spitzer Kerb nach Abb. 387.

f_0 war in allen Fällen 1,767 qcm,

$$q = \frac{f_0 - f_c}{f_0} \cdot 100$$

$$\varepsilon_c = \frac{f_0}{f_c} - 1$$

$$[\sigma]_z = \frac{P_z}{f_c}$$

Aus der Tabelle ergibt sich, daß mit abnehmendem b , also mit zunehmender Kerbwirkung, die Werte für q und ε_c abnehmen.

Demnach muß die Strecke OM in Abb. 384 mit abnehmendem b kürzer werden. Wegen der stark örtlichen Beschränkung der Dehnung infolge Ver-

kürzung der Länge LN durch die Kerbwirkung muß mit steigender Kerbwirkung auch die mittlere Bruchdehnung $\delta = \varepsilon_Z \cdot 100$ abnehmen. Dies geht aus Abb. 382 hervor, wo die ε, σ -Linien für die Stabnummern 1, 4, 5 und 6 gezeichnet sind. (Die Zeichnungen sind nur nach gedruckten Abbildungen in der Quelle gemacht und sind daher nicht besonders genau; der Genauigkeitsgrad genügt aber für die hier zu machenden Ableitungen.) Die Dehnungen ε_Z wurden sämtlich auf gleiche Meßlänge $l_0 = 50$ mm bezogen.

Es ist noch zu untersuchen, wie der Kerb bei der Kerbzugprobe auf den Wert σ_B einwirkt. Wegen der durch den Kerb verminderten Dehnung und Querschnittsverminderung wird bei einer bestimmten, oberhalb der Streckgrenze gelegenen Belastung P der Querschnitt f beim gekerbten Stab größer sein als beim nicht gekerbten. Die Folge davon ist, daß $\sigma = \frac{P}{f_0}$ sich um so mehr dem Wert $[\sigma] = \frac{P}{f}$ nähert, je weniger f und f_0 voneinander verschieden sind, also je stärker die Wirkung des Kerbs wird. Das bedeutet mit anderen Worten, daß sich die ε, σ -Linie mit steigender Kerbwirkung immer mehr der $\varepsilon, [\sigma]$ -Linie anschmiegen und zuletzt in diese übergehen müßte, wenn die Einschnürung des Querschnitts gleich Null geworden ist.

Dies war der ursprüngliche Gedankengang derjenigen, die die Einführung der Kerbzugprobe zur Materialprüfung an Stelle der gewöhnlichen Zugprobe empfohlen haben, wie z. B. Barba (L_4 63). Sie nahmen an, daß die Kerbzugprobe ohne weiteres die Spannungen $[\sigma]$ liefern würde, was ohne Zweifel ein Vorzug der Probe wäre. Diese Annahme trifft aber nicht zu, wie die ε, σ -Linien 4 bis 6 in Abb. 382 dartun, die über die $\varepsilon, [\sigma]$ -Linie hinaussteigen.

Während die ε, σ -Linie 1 unter der $\varepsilon, [\sigma]$ -Linie liegt, weil hierbei die Spannungen σ auf einen größeren Querschnitt f_0 statt auf den kleineren f bezogen werden, ist bei den Linien 4 bis 6 das Umgekehrte der Fall; sie liegen zum Teil über der $\varepsilon, [\sigma]$ -Linie, weil hier σ auf einen zu kleinen Querschnitt f bezogen wird. Als Querschnitt f ist in allen Fällen der kleinste Stabquerschnitt bei OO angenommen. Diese Annahme wäre nur zutreffend, wenn tatsächlich nur der zylindrische Teil $\frac{\pi}{4} 15^2 (b - 8)$ in Abb. 385 an der bleibenden Formänderung teilnehmen würde. Sobald aber z. B. bei den in Abb. 386 und 387 gezeichneten Kerben an der bleibenden Formänderung außer dem Querschnitt OO auch noch die benachbarten Teile, z. B. bis nach SS , zur Formänderung mit herangezogen werden, kann als tragender Querschnitt nicht mehr der kleinste in OO gelten, sondern irgendein Querschnitt f_x , dessen Größe zwischen dem Querschnitt f in OO und dem Querschnitt in SS liegt. Die Kerbzugprobe hat also gegenüber der üblichen Ausführung der Zugprobe mit ungekerbten Stäben den Nachteil, daß sie bei starker Kerbwirkung die Spannungen $\sigma, \sigma_S, \sigma_B$ willkürlich auf den kleinsten Querschnitt bezieht, und dadurch um so höhere Werte für die Bruchgrenze liefert, je stärker die Kerbwirkung ist. Hierin liegt eine Gefahr, weil man leicht geneigt ist, anzunehmen, daß infolge des Kerbs die Festigkeit des Materials gewachsen sei, während dieses Wachstum der Festigkeit nur scheinbar ist, weil die Spannungen auf einen willkürlich gewählten, zu kleinen Querschnitt bezogen werden.

Wenn die Annahme der Verfechter der Kerbzugprobe, daß diese Probe die Werte $[\sigma]$ unmittelbar liefere, zuträfe, so müßten auch die Werte $[\sigma]_Z$ sämtlich auf der in Abb. 382 stark angezogenen $[\sigma]$ -Linie liegen. Die betreffenden Werte $[\sigma]_Z = \frac{P_Z}{f_e}$ sind für die verschiedenen Stabnummern durch Kreuze angedeutet.

Sie liegen für die schwach gekerbten Stäbe 2 bis 4 nahezu auf der $\epsilon, [\sigma]$ -Linie, weichen aber mit steigender Kerbwirkung wesentlich von dieser Linie ab, wie die Lage der Punkte 5, 6 und 7 zeigt.

Es ist noch zu erklären, warum bei starker Kerbwirkung die Dehnung auf die dem Querschnitt OO benachbarten Querschnitte übergreift, wie es z. B. Tafelabb. 70, Taf. XIV, in 1,82facher Vergrößerung an einem von mir untersuchten gekerbten Bleistab, der auf Zug beansprucht worden ist, zeigt. Der Stab hatte ursprünglich die in Abb. 389 gezeichnete Gestalt, wobei ein Teil $t = 1$ mm. Nach Früherem ist im Grunde des Kerbs bei A und B in Abb. 388 innerhalb des elastischen Bereichs die Zugspannung σ_1 wesentlich größer als die Spannung σ , die erhalten würde, wenn man sich die Last P gleichmäßig über den Querschnitt AB wirkend dächte. Die Spannung σ_1 nimmt nach der Stabmitte hin ab, erreicht aber erst bei verhältnismäßig großen Entfernungen AC den Wert σ . In einem Querschnitt DEF etwas oberhalb OO wird die Spannung σ ziemlich gleichmäßig über den Querschnitt verteilt sein, und von dem Werte $\sigma = \frac{P}{DF}$ nicht mehr wesentlich abweichen. In OO wird wegen der hohen

Spannungen bei einer bestimmten Last P an den stärkst beanspruchten Stellen bei A und B die Streckgrenze des Materials zuerst erreicht. Das Material fließt um einen bestimmten Betrag, wird also kalt gereckt. Dadurch wird aber der Widerstand gegen Formänderung größer. Die betreffenden Stellen vermögen jetzt einer größeren Spannung Widerstand zu leisten, ohne weiterzufließen. Wird nun P weiter gesteigert, so wird der Widerstand einer der Schichten zwischen OO und SS schließlich trotz des größeren Querschnitts geringer, als der des kaltgereckten Materials in OO . Infolgedessen kann jetzt in diesen Querschnitten Fließen stattfinden. Es ist nun aber unzulässig, trotzdem die Spannung σ dadurch zu berechnen, daß man die derzeitige Last P mit dem Querschnitt AB teilt; man erhält dadurch rechnungsgemäß höhere Spannungen, als im Material in Wirklichkeit entstehen. Welchen Querschnitt man einsetzen soll, ist natürlich unbekannt; man weiß nur, daß er größer ist als AB . Hierdurch bekommen die durch die Kerbzugprobe erhaltenen Werte σ_s und σ_B etwas ganz Willkürliches.

Wenn, wie dies üblich ist, bei der Berechnung von σ_s und σ_B aus den mit nicht gekerbten Zugproben erhaltenen Lasten P_s und P_B mit dem ursprünglichen Querschnitt f_0 geteilt wird, der größer ist, als der infolge der Belastung entstehende Querschnitt f , so liegt herein zwar auch eine gewisse Willkür. Dem Konstrukteur werden aber auf diese Weise die Zahlen zur Verfügung gestellt, die er für seine Rechnungen braucht, in denen er die Spannungen immer auf den unverändert gedachten Anfangsquerschnitt bezieht.

Wenn nach Obigem das Ergebnis der Kerbzugprobe für den Konstrukteur und Materialverbraucher keinen Wert besitzt, so sind doch die Lehren um so beachtenswerter, die die Untersuchungen über die Spannungen an den eingekerbten Stäben innerhalb des Bereichs der elastischen Formänderungen ergeben, und die in Abschn. 340 auseinandergesetzt wurden. Es ist zu bedenken, daß durch Kerbe wesentliche Spannungssteigerungen hervorgerufen werden können, und daß, wenn

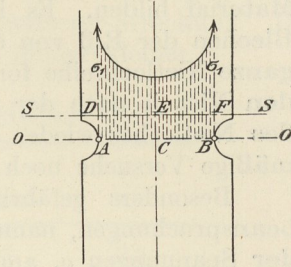


Abb. 388.

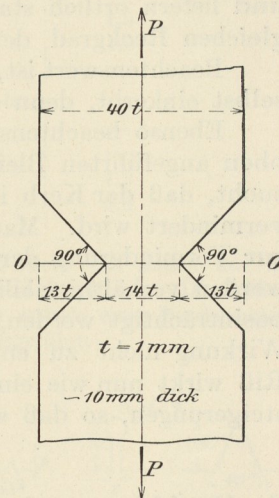


Abb. 389.

diesen bei der Bemessung von Maschinen- und sonstigen Bauteilen nicht Rechnung getragen wird, der Sicherheitsgrad der Konstruktion wesentlich herabgedrückt werden kann. Die Kerbwirkung wird nicht nur durch scharf einspringende Kanten hervorgerufen, sondern auch durch Löcher, mögen diese in der Nähe der Oberfläche oder in der Mitte der Teile liegen. Das ist namentlich bei Blechvernietungen zu beherzigen, wo die Nietlöcher eine ganze Reihe von Kerben im Material bilden. Es ist ja auch keine seltene Erscheinung, daß in gerissenen Blechen der Riß von einem Nietloch zum anderen überspringt und sich über eine ganze Nietlochreihe fortsetzt (349). Inwieweit die Ausfüllung des Nietlochs durch den Niet je nach der mehr oder weniger vollkommenen Nietung die Kerbwirkung des Nietloches wieder beseitigt, ist eine wichtige Frage, zu deren Lösung planmäßige Versuche noch nicht ausgeführt sind.

Besonders gefährlich wird der Kerb, wie bereits erwähnt, bei Dauerbeanspruchungen, namentlich bei wechselnden Belastungen. Die starke Steigerung der Spannungen σ_1 am Kerbtiefsten (Abb. 388) vermag Beanspruchungen bis über die ursprüngliche Streckgrenze örtlich herbeizuführen in Fällen, wo die Berechnung der Spannungen ohne Berücksichtigung der Kerbwirkung scheinbar zu Spannungen unterhalb der Streckgrenze führt.

Man wird sich nun auch die Wirkung kleiner Anritzungen und Verletzungen zu erklären vermögen, die in metallischen Stoffen mit starken Reckspannungen zum Aufreißen Veranlassung werden können. Sie sind als Kerbe zu betrachten und liefern örtlich starke Steigerung derjenigen Spannungen, die durch den ungleichen Reckgrad der einzelnen Schichten des Materials bedingt werden (307).

Beachtenswert ist, daß sich ein Stab bei der Zugprobe infolge der Einschnürung selbst einkerbt, denn die Einschnürung ist nichts als ein flacher Kerb.

Ebenso beachtenswert ist, daß bei geschmeidigen Materialien, z. B. bei den oben angeführten Bleiprobe, das Material seine Formänderung so herbeizuführen sucht, daß der Kerb in seinem Grunde stärker abgerundet, die Kerbwirkung also vermindert wird. Materialien, die soviel Geschmeidigkeit besitzen, daß sie diese zur Verminderung der Kerbwirkung erforderliche Formänderung ausführen können, werden verhältnismäßig weniger durch den Kerb in ihrer Widerstandsfähigkeit beeinträchtigt werden, als solche, die wegen geringerer Geschmeidigkeit sich dieser Wirkung nicht zu entziehen vermögen. Diese reißen im Kerbtiefsten ein; der Riß wirkt nun wie ein ganz besonders scharfer Kerb auf starke örtliche Spannungssteigerungen, so daß schließlich der Riß immer weiter schreitet.

2. Kerbbiegeprobe bei verschieden großer Geschwindigkeit der die Biegung bewirkenden Kräfte.

342. Über die Kerbbiegeprobe ist das Wichtigste bereits in I, 387 erwähnt. Die Vorgänge, wie sie beim Blei geschildert wurden (339), spielen sich auch bei anderen Metallen ab. Die Probe wird meist nicht zur Messung von Materialeigenschaften, sondern nur als technologische Probe benutzt, um sich in einfacher Weise einen Überblick über die Geschmeidigkeit des Materials zu verschaffen.

Wie in I, 285 auseinandergesetzt, haben die Fließerscheinungen bei festen Stoffen eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Fließen von Flüssigkeiten; sie gleichen in ihrem Verhalten zähen Flüssigkeiten mit großer innerer Reibung. Wie früher ausgeführt, zeigt Pech bei gewöhnlichen Wärmegraden unter dem Einfluß der Schwerkraft sehr langsames Fließen ganz ähnlich wie eine Flüssigkeit. Sucht man aber durch äußere Kräfte schnellere Formänderung herbeizuführen, so bricht das Pech wie ein spröder Körper ohne wesentliche vorausgehende Formänderung