Konstruktions-Elemente in Stein, Holz und Eisen, Fundamente

Marx, Erwin

Stuttgart, 1901

c) Bolzenverbindungen

urn:nbn:de:hbz:466:1-78727

$$n = \frac{2\,P}{\pi\, t\, d''^2} \text{ für zweischnittige Bolzen, } d'' \leqq \delta; \quad \ldots \ldots \quad 154.$$

$$n = \frac{P}{s''\,\delta\, d''} \begin{cases} \text{für einschnittige Bolzen, } d'' > 2\,\delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Bolzen, } d'' > \delta. \end{cases} \quad \ldots \ldots \quad 155.$$

Wird der Bolzen des Durchmessers d'' zugleich auf den Zug S und die Abscherung T, d. h. schräg beansprucht, und bezeichnet d_z den dem Zuge S allein genügenden Rundeisendurchmesser, so mache man

$$d'' = d_z \sqrt{\frac{1}{8}\left[3 + 5\sqrt{1 + \left(\frac{2\,T}{S}\right)^2}\right]}; \quad \ldots \ldots \quad 156.$$

für $T = S$ wird $d'' = 1{,}33\; a_z$.

Die Gewichte der Schraubenbolzen werden mit Hilfe der Rundeisentabelle festgestellt, indem man zur reinen Bolzenlänge zwischen Kopf und Mutter

7 Bolzendurchmesser für sechseckige Muttern und Köpfe,

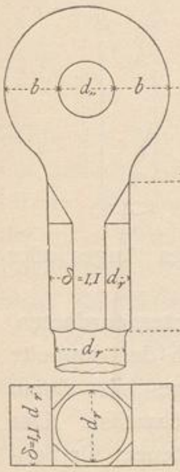
8 » » viereckige » » »

hinzuzählt.

c) Bolzenverbindungen.

Für Bauzwecke ist der Anschlufs von Rundeisenstangen mittels angestauchten oder angeschweifsten Auges und cylindrischen Verbindungsbolzens an andere Teile, meist Bleche, von besonderer Wichtigkeit. Das Auge wird kreisförmig (Fig. 442) oder länglich (Fig. 443) geformt. Bezeichnet δ die geringere der Stärken der beiden Teile (Auge des Befestigungsbolzens und Anschlufsblech), so ist auch hier für einschnittigen Anschlufs die Gleichung 228. Bedingungen.

Fig. 442.



$$\delta\, d''\, s'' \geqq \frac{d''^2\,\pi}{4}\, t$$

die Bedingung dafür, dafs Abscherung, nicht Lochlaibungsdruck in Frage kommt; ebenso für zweischnittigen Anschlufs

$$\delta\, d''\, s'' = 2\,\frac{d''^2\,\pi}{4}\, t.$$

Hierin ist $\frac{s''}{t} = 1{,}9$ zu setzen, da in den Schraubenbolzen meist nicht besserer Stoff steckt, als in den Rundeisen und Blechen; demnach lauten die obigen Bedingungen: Abscherung kommt in Frage bei einschnittigen Bolzen, wenn $d'' \leqq 2{,}4\;\delta$, und bei zweischnittigen Bolzen, wenn $d'' \leqq 1{,}2\;\delta$. Ist d'' gröfser, so ist in beiden Fällen auf Lochlaibungsdruck zu rechnen.

Das kreisförmige Bolzenauge (Fig. 442) wird in der Regel dadurch hergestellt, dafs man den voll mit s' beanspruchten Rundeisendurchmesser d_r in ein Achteck der Maulweite $\delta = 1{,}1\; d_r$, dieses in ein Quadrat von der Seite $\delta = 1{,}1\; d_r$ und letzteres in das kreisförmige Auge von der Randstärke b und dem Augendurchmesser d'' übergehen läfst. 229. Kreisförmiges Bolzenauge.

Bezeichnen, wie früher, s' die zuläffige Zugspannung, t die zuläffige Scherspannung im Rundeisen, Verbindungsbolzen und Anschlufsbleche, so kann man hier $\frac{s'}{t} = \frac{5}{4}$ setzen; wie früher ist auch im vorliegenden Falle der Lochlaibungsdruck $s'' = 1{,}5\; s'$ bis $2\,s'$ anzunehmen. Der Augendurchmesser mufs nun sein:

$d'' = 1{,}12\, d_r$ für einſchnittige Bolzen, wenn ſich $d'' \overset{=}{<} 2{,}4\, \delta$, . . 157.

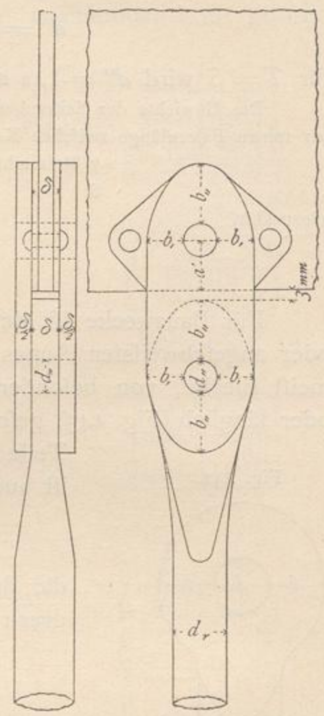
$d'' = 0{,}79\, d_r$ für zweiſchnittige Bolzen, wenn ſich $d'' \overset{=}{<} 1{,}2\, \delta$, . 158.

$d'' = 0{,}52\, d_r \dfrac{d_r}{\delta}$ $\left\{\begin{array}{l}\text{für einſchnittige Bolzen, wenn ſich } d'' > 2{,}4\, \delta \text{ und} \\ \text{für zweiſchnittige Bolzen, wenn ſich } d'' > 1{,}2\, \delta\end{array}\right\}$ 159.

ergiebt.

Im Bolzenauge ſelbſt iſt $\delta = 1{,}1\, d_r$; daher lautet für das Auge die Gleichung 159: $d'' = 0{,}48\, d_r$. Bei der Benutzung dieſer Formel iſt für δ ſowohl die Augenſtärke, wie andererſeits die Stärke des Teiles in Rückſicht zu ziehen, an welchen der Anſchluſs erfolgt.

Fig. 443.



Die Randbreite b des Auges iſt gleich $0{,}72\, d_r$ zu machen. Sollte irgendwo an die Rundeiſenſtange ein Schraubengewinde angeſchnitten ſein, ſo iſt als d_r der innere Gewindedurchmeſſer d' einzuführen, für den hier jedoch nicht, wie in Gleichung 148, die zuläſſige Zugſpannung auf 600 kg für 1 qcm ermäſsigt zu werden braucht.

In vielen Fällen ergiebt ſich für das kreisförmige Auge nach Fig. 442 eine Stärke δ, welche erheblich gröſser iſt, als die desjenigen Teiles, an welchen der Anſchluſs erfolgt; der Durchmeſſer d'' iſt dann nach der geringeren Stärke δ_1 dieſes Teiles zu bemeſſen und wirkt auf die Bildung des Auges äuſserſt ungünſtig ein. Man kann dann die Stärke δ im Anſchluſsbleche dadurch erreichen, daſs man es durch einſeitiges oder zweiſeitiges Auflegen von Blechen um $\delta - \delta_1 = \delta_2$ verſtärkt, muſs aber dieſe Verſtärkungen mit dem Anſchluſsbleche vor Auflegen des Auges oder ſeiner Laſchen mit einer Anzahl von Nieten verbinden, welche nach den Gleichungen 113 bis 115 (S. 152) aus der Kraftgröſse $\dfrac{P \delta_2}{\delta}$ zu ermitteln iſt; dieſe Niete ſind, ſoweit ſie ſich ganz oder zum Teile in der Auflagerfläche des Auges oder der Laſchen befinden, beiderſeits zu verſenken.

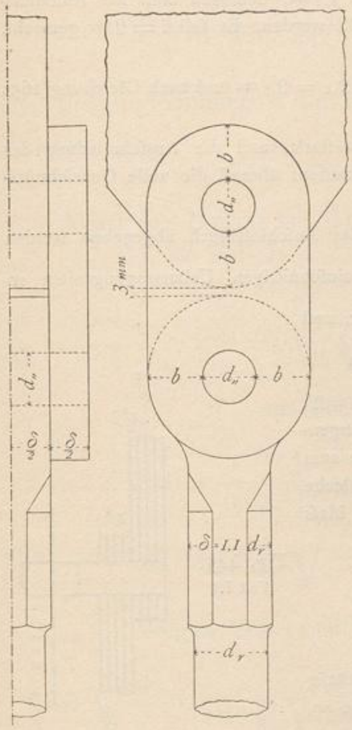
230. Gabelförmiges Doppelauge.

Der Anſchluſs ſolcher Teile ſoll ſtets zweiſeitig, nur bei ganz untergeordneten, gering belaſteten Gliedern einſchnittig erfolgen. Unmittelbar läſst ſich der doppelte Anſchluſs nur erreichen, wenn man ein gabelförmiges Doppelauge mit einem Schlitze gleich der Dicke des Anſchluſsbleches an die Stange ſchweiſst. Das Schmieden und Schweiſsen dieſer Gabelaugen iſt aber ſchwierig und teuer; für Bauarbeiten iſt deshalb dieſer Anſchluſs entweder zu koſtſpielig oder zu unſicher. Nur bei gegoſſenen Druckgliedern iſt die Verwendung dieſer ſchwierigen Form zuläſſig. Bei ſchmiedeeiſernen Teilen ſoll der Anſchluſs durch doppelte Laſchung erfolgen, wobei man die Laſchen mit der Stärke $\dfrac{\delta}{2}$ und nach der Form eines doppelten Auges (Fig. 443 u. 444) mit etwa 3 mm Spielraum zwiſchen dem Stangenauge und dem Anſchluſsbleche ausbildet.

Häufig ſind auch derartige Anſchlüſſe, in denen ſich von der einen Seite die Augen zweier ſchwächeren, von der anderen das Auge einer ſtärkeren Zugſtange ohne Mittelglieder auf den Bolzen hängen.

Das elliptiſche Bolzenauge (Fig. 443) wird oft verwendet, wenn es ſich um den Anſchluſs von Flacheiſen handelt, jedoch auch wohl in den Anſchlüſſen von Rundeiſen; indeſs iſt dieſe Form wegen der teuereren Herſtellung, namentlich in neuerer Zeit, immer ſeltener geworden. 231. Elliptiſches Bolzenauge.

Fig. 444.



In beiden Fällen wird das Auge meiſt durch Stauchen und Ausſchmieden erzielt. Da man aber beim Ausſchmieden bezüglich der Augendicke δ von der Dicke des Flach- oder Rundeiſens unabhängig iſt, ſo wird man ſie der Dicke des Anſchluſsteiles anzupaſſen ſtreben, ſie aber jedenfalls ſo bemeſſen, daſs der Gelenkbolzen von der Laſt P auf Lochlaibungsdruck und Abſcherung in gleichem Maſse gefährdet wird. Man macht daher

$$d'' = 2\sqrt{\frac{P}{\pi t}} \quad \text{für einſchnittige Abſcherung} \qquad 160.$$

$$d'' = \sqrt{\frac{2P}{\pi t}} \quad \text{für zweiſchnittige Abſcherung} \qquad 161.$$

und hiernach dann gemäſs

$$\delta d'' s'' = \frac{d''^2 \pi}{4} t \text{ für einſchnittige,}$$

$$\delta d'' s'' = 2\frac{d''^2 \pi}{4} t \text{ für zweiſchnittige Bolzen, bei}$$

$$s'' = 1{,}9\ t,$$

$$\delta = 0{,}42\ d'' \text{ für einſchnittige Bolzen,} \quad . \quad 162.$$

$$\delta = 0{,}83\ d'' \text{ für zweiſchnittige Bolzen} \quad . \quad 163.$$

Sollte der Anſchluſsteil erheblich ſchwächer ſein als δ, etwa δ_1 ſtark, ſo muſs man ihn zunächſt wieder durch geſondert aufgenietete, thunlichſt beiderſeitige Zulagebleche von der Geſamtſtärke $\delta_2 = \delta - \delta_1$ verdicken. Nimmt man dieſe Verdickung des zu ſchwachen Anſchluſsbleches nicht vor, ſo muſs der Bolzendurchmeſſer auf Lochlaibungsdruck im Anſchluſsbleche bemeſſen werden, und man erhält alsdann meiſt übermäſsig weite Augen.

Das Auge ſelbſt wird nun meiſt ſo geformt, daſs die Breite des Randes neben dem Auge $b_{,}$, auf die einfache Zugſpannung s' berechnet, der Laſt $\frac{3}{4} P$, die Breite hinter dem Auge $b_{,,}$ der Laſt $\frac{5}{4} P$ entſpricht. Alsdann ergiebt ſich unter Benutzung der Gleichungen 160 bis 163, bei $s' = \frac{5}{4} t$,

$$b_{,} = 1{,}12\ d'' \text{ für ein- und zweiſchnittige Bolzen,} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 164.$$

$$b_{,,} = 1{,}87\ d'' \text{ für ein- und zweiſchnittige Bolzen.} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 165.$$

Beiſpiel. Eine Kraft von 5000 kg ſoll durch ein Rundeiſen, welches am einen Ende ein Schraubengewinde trägt, am anderen an ein Anſchluſsblech von 1 cm Stärke abgegeben werden.

Der innere Gewindedurchmeſſer der Stange iſt nach Gleichung 148, wenn dort wegen fehlender Verwindung s' ſtatt mit 600 mit 750 kg eingeführt wird, $d' = 0{,}2 + 2\sqrt{\frac{5000}{\pi \cdot 750}} = 3{,}12$ cm, wozu nach der *Witworth*'ſchen Skala (S. 163) als nächſt gröſseres das Rundeiſen Nr. 13 mit $d_r = 3{,}9$ cm Bruttodurchmeſſer gehört.

Der Anſchluſs erfolgt zweiſchnittig durch doppelte Laſchung; daher muſs der Durchmeſſer des Anſchluſsbolzens nach Gleichung 161: $d'' = \sqrt{\frac{2 \cdot 5000}{3{,}14 \cdot 600}} = 2{,}3^{\,cm}$ ſein, wenn $t = 600^{kg}$ für 1^{qcm} Abſcherungsſpannung zugelaſſen werden.

Nach Gleichung 163 folgt weiter $\delta = 0{,}83\, d'' = 0{,}83 \cdot 2{,}3 = 1{,}9^{\,cm}$; demnach muſs das Anſchluſsblech um $0{,}9^{\,cm}$ einſeitig oder beſſer um $0{,}45^{\,cm}$ beiderſeitig verſtärkt werden. Es ſoll $\delta = 2^{\,cm}$ gemacht, das Anſchluſsblech auf jeder Seite um $0{,}5^{\,cm}$ verſtärkt werden.

Weiter wird noch nach Gleichung 164: $b_{,} = 1{,}12\, d'' = 1{,}12 \cdot 2{,}3 = 2{,}6^{\,cm}$ und nach Gleichung 165: $b_{,,} = 1{,}87\, d'' = 1{,}87 \cdot 2{,}3 = 4{,}3^{\,cm}$.

Jede der beiderſeitig aufzulegenden Laſchen wird nun $1^{\,cm}$ ſtark, und die Ausſchmiedung des Rundeiſens in das glatte Auge muſs ſo angeordnet werden, daſs mindeſtens überall die volle Querſchnittsfläche eines Kreiſes vom Durchmeſſer $d' = 3{,}12^{\,cm}$ vorhanden iſt.

Die Kraft, welche aus jeder der beiden Verſtärkungen an das Anſchluſsblech abgegeben werden muſs, beträgt $\frac{5000 \cdot 0{,}5}{2} = 1250^{\,kg}$. Die für jede Verſtärkung einſchnittigen Uebertragungsniete erhalten nach Gleichung 112 (S. 152) $d = 2 \cdot 0{,}5 = 1^{\,cm}$ Durchmeſſer, und ihre Anzahl iſt nach Gleichung 113: $n = \frac{1250 \cdot 4}{1^2 \cdot 3{,}14 \cdot 750}$, wenn die Scherſpannung im Niete zu $750^{\,kg}$ für $1^{\,qcm}$ geſetzt wird, alſo $n = 2$. Die für die zweite Verſtärkung gleichfalls einſchnittigen, anderen Längenhälften dieſer Bolzen bewirken dort den Anſchluſs, ſo daſs 2 Niete zum Anſchluſſe beider Verſtärkungen genügen. Im verſtärkten Anſchluſsbleche braucht der Bolzen nur um das aus Gleichung 133 (S. 155) folgende Maſs $a' = 2{,}3 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\frac{s''}{t'}\right)$ abzuſtehen; für $\frac{s''}{t'} = 1{,}9$ ergiebt ſich

$$a' = 2{,}3 \left(\frac{1}{2} + \frac{1{,}9}{2}\right) = \text{rund } 3{,}5^{\,cm}.$$

Die berechnete Anordnung iſt in Fig. 443 dargeſtellt.

Die Befeſtigungsbolzen dieſer Verbindungen ordnet man häufig ganz ohne Mutter, nur mit einem ſchwachen durchgeſteckten Splinte an, welcher bloſs das Herausfallen des Bolzens zu verhindern hat.

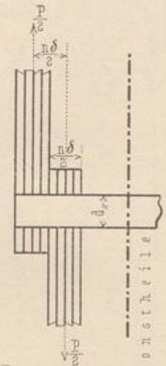


Fig. 445. (Fall I.)

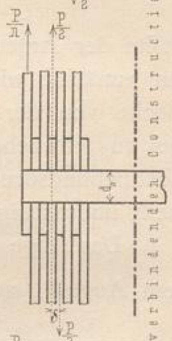


Fig. 446. (Fall II.)

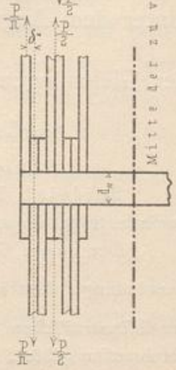


Fig. 447. (Fall III.)

232. Verbindung mehrteiliger Konſtruktionsglieder.

Bolzenverbindungen mehrteiliger Konſtruktionsglieder kommen faſt ausſchlieſslich in ſolchen Bauteilen vor, welche aus einer gröſseren Zahl von flachen Bändern mit Bolzenaugen beſtehen und wegen der geringen Breite der Bänder dann nur einen durch ſämtliche Glieder gehenden Bolzen erhalten. Hier ſoll daher bloſs dieſer Fall unterſucht werden, und zwar zunächſt unter der Einſchränkung, daſs die zu verbindenden Glieder in einer Geraden liegen.

In Fig. 445, 446 u. 447 ſind die drei Möglichkeiten dargeſtellt, wie n Bänder der Dicke δ durch einen Bolzen des Durchmeſſers d'' verbunden werden können. Es bezeichnen s' die zuläſſige Zugſpannung im Gliede und Bolzen, t die zuläſſige Abſcherungsſpannung in beiden, s'' den zuläſſigen Lochlaibungsdruck am Bolzen; unter δ^{ab}, bezw. d''^{ab} iſt zu verſtehen, daſs die Gröſsen auf Abſcherung und Biegung, unter δ^{db} und d''^{db}, daſs ſie auf Laibungsdruck und Biegung gleich ſicher berechnet ſind.

In allen drei Fällen hat der Bolzen neben der Abſcherung, bezw. dem Laibungsdrucke ein Biegungsmoment aufzunehmen, welches beträgt

$$\left.\begin{array}{ll} \text{im Falle I (Fig. 445):} & M = \frac{P}{2}\,\frac{n\,\delta}{2} = \frac{P\,n\,\delta}{4} \\ \text{» » II (Fig. 446):} & M = \frac{P}{2}\,\delta \\ \text{» » III (Fig. 447):} & M = \frac{P}{n}\,\delta \end{array}\right\} = a\,P\,\delta \qquad \begin{array}{l} a = \frac{n}{4}; \\ a = \frac{1}{2}; \\ a = \frac{1}{n}. \end{array}$$

Die Biegungſpannung σ im Bolzen folgt aus $M = \frac{\sigma\, d''^4\, \pi\, .\, 2}{64\, d''}$ mit

$$\sigma = 10{,}2\ \frac{M}{d''^3} = 10{,}2\ \frac{a\,P\,\delta}{d''^3}.$$

Wird der Bolzen auf Abſcherung und Biegung berechnet, ſo ergiebt ſich

für Fall I: | für Fall II u. III:

auf Abſcherung

$$\frac{P}{2} = \frac{d''^2\,\pi}{4}\,t,\quad d''^a = 0{,}807\sqrt{\frac{P}{t}};\quad 166. \qquad \Bigg| \qquad \frac{P}{n} = \frac{d''^2\,\pi}{4}\,t,\quad d''^a = 1{,}128\sqrt{\frac{P}{n\,t}};\quad 166.$$

aus der Biegung nach $s' \geqq 10{,}2\ \frac{a\,P\,\delta}{d''^3}$

$$s' \geqq 10{,}2\ \frac{a\,P\,\delta\sqrt{t^3}}{0{,}807^3\sqrt{P^3}},$$

alſo $\delta^{ab} \leqq 0{,}0516\ \frac{s'}{a}\sqrt{\frac{P}{t^3}}$. 167.

$$s' \geqq 10{,}2\ \frac{a\,P\,\delta\sqrt{n^3\,t^3}}{1{,}128^3\sqrt{P^3}},$$

$\delta^{ab} \leqq 0{,}1408\ \frac{s'}{a}\sqrt{\frac{P}{n^3\,t^3}}$. 167.

Wegen des Lochlaibungsdruckes muſs $\delta\, d''\, s'' \geqq \frac{K}{n}$ ſein; daher

$$0{,}807\sqrt{\frac{P}{t}}\ 0{,}0516\ \frac{s'}{a}\sqrt{\frac{P}{t^3}}\ s'' \geqq \frac{P}{n}$$

oder

$$0{,}0416\ \frac{n}{a}\ \frac{s'}{t}\ \frac{s''}{t} \geqq 1.$$

Da $a = \frac{n}{4}$ iſt, ſo ergiebt ſich

$$0{,}1664\ \frac{s'}{t}\ \frac{s''}{t} \geqq 1.$$

Nun iſt

$$\frac{s'}{t} = \frac{5}{4},\quad \frac{s''}{t} = \frac{s''}{s'}\ \frac{s'}{t} = 1{,}5\ \frac{5}{4} = 1{,}9;$$

demnach müſste, wenn dem Lochlaibungsdrucke genügt ſein ſollte,

$$0{,}1664\ \frac{5}{4}\ 1{,}9 \geqq 1 \text{ oder } 0{,}395 \geqq 1$$

ſein. Dieſer Widerſpruch würde nur ſchwinden, wenn t weit unter das übliche Maſs gebracht, d. h. d'' ſehr groſs gemacht würde.

Im Falle I wird ſonach faſt ſtets die Berechnung auf Biegung und Lochlaibungsdruck durchzuführen ſein.

$$1{,}128\sqrt{\frac{P}{n\,t}}\ 0{,}1408\ \frac{s'}{a}\sqrt{\frac{P}{n^3\,t^3}}\ s'' \geqq \frac{P}{n}$$

oder

$$0{,}1588\ \frac{s'}{t}\ \frac{s''}{t} \geqq n\,a.$$

Im Falle II iſt $a = \frac{1}{2}$; daher entſteht

$$2{,}0\ .\ 0{,}1588\ .\ \frac{5}{4}\ .\ 1{,}9 \geqq n,\quad 0{,}755 \geqq n,$$

was unmöglich iſt; die auf Biegung und Abſcherung berechneten Werte genügen alſo auf Lochlaibungsdruck nicht.

Im Falle III iſt $a = \frac{1}{n}$,

$$0{,}1588\ \frac{5}{4}\ 1{,}9 \geqq 1 \text{ oder } 0{,}377 \geqq 1.$$

Auch hier beweiſt der Widerſpruch, daſs die oben berechneten Werte d^a und δ^{ab} auf Lochlaibungsdruck nicht genügen und die Berechnung auch in den Fällen II und III auf Lochlaibungsdruck und Biegung durchzuführen iſt.

Demnach mufs der Regel nach die Berechnung derartiger Bolzen auf Biegung und Lochlaibungsdruck erfolgen; alsdann ift für alle drei Fälle

$$d'' \delta s'' \geqq \frac{P}{n} \text{ und } s' \geqq \frac{P \delta a}{d''^3} 10{,}2 \text{, daher } s' \geqq \frac{P a \cdot 10{,}2}{d''^3} \frac{P}{n d'' s''},$$

und daraus folgen:

$$d''^{db} \geqq 1{,}787 \sqrt{P} \sqrt[4]{\frac{a}{n s' s''}}, \quad \delta^{db} \geqq 0{,}56 \sqrt{P} \sqrt[4]{\frac{s'}{a n^3 s''^3}} \quad . \quad . \quad 168.$$

Beifpiel. Ein Konftruktionsteil, welcher 200000 kg zu tragen hat und aus $n = 8$ Bändern befteht, foll geftofsen werden, und zwar follen in nicht genauer Uebereinftimmung mit den oben verwendeten Verhältniswerten $s' = 1000$ kg für 1 qcm, $t = \frac{4}{5} 1000 = 800$ kg für 1 qcm und $s'' = 1400$ kg für 1 qcm betragen.

Für die Berechnung auf Biegung und Abfcherung wäre

im Falle I: $a = \frac{n}{4} = 2$;

nach Gleichung 166

$$d''^a = 0{,}807 \sqrt{\frac{200000}{800}} = 12{,}76 \text{ cm},$$

$$\delta^{ab} \leqq 0{,}0516 \frac{1000}{2} \sqrt{\frac{200000}{800^3}} = 0{,}509 \text{ cm}.$$

Der mögliche Lochlaibungsdruck wäre dabei $8 \cdot 12{,}76 \cdot 0{,}509 \cdot 1400 = 72808$ kg gegenüber zu tragenden 200000 kg; diefe Verhältniffe des Bolzens find alfo zu fchwach.

im Falle II: $a = \frac{1}{2}$; III: $a = \frac{1}{8}$;

$$d''^a = 1{,}128 \sqrt{\frac{200000}{8 \cdot 800}} = 6{,}3 \text{ cm},$$

$$\delta^{ab} \leqq 0{,}1408 \frac{1000}{1/2} \sqrt{\frac{200000}{8^3 \cdot 800^3}} \leqq 0{,}246 \text{ cm für II},$$

$$\delta^{ab} \leqq 0{,}1408 \frac{1000}{1/8} \sqrt{\frac{200000}{8^3 \cdot 800^3}} \leqq 0{,}984 \text{ cm für III}.$$

Der mögliche Lochlaibungsdruck ift

$8 \cdot 6{,}3 \cdot 0{,}246 \cdot 1400 = 17360$ kg für II,

$8 \cdot 6{,}3 \cdot 0{,}984 \cdot 1400 = 69440$ kg für III;

für Lochlaibungsdruck find alfo auch diefe beiden Verhältniffe zu fchwach.

Für Berechnung auf Biegung und Lochlaibungsdruck find nach Gleichung 168

$$\text{für Fall I: } a = 2,\ d''^{bd} \geqq 1{,}787 \sqrt{200000} \sqrt[4]{\frac{2}{8 \cdot 1000 \cdot 1400}} = 16{,}43 \text{ cm},$$

$$\delta^{bd} \geqq 0{,}56 \sqrt{200000} \sqrt[4]{\frac{1000}{2 \cdot 8^3 \cdot 1400^3}} = 1{,}088 \text{ cm};$$

$$\text{» » II: } a = \frac{1}{2},\ d''^{bd} \geqq 1{,}787 \sqrt{200000} \sqrt[4]{\frac{1}{2 \cdot 8 \cdot 1000 \cdot 1400}} = 11{,}62 \text{ cm},$$

$$\delta^{bd} \geqq 0{,}56 \sqrt{200000} \sqrt[4]{\frac{2 \cdot 1000}{8^3 \cdot 1400^3}} = 1{,}54 \text{ cm};$$

$$\text{» » III: } a = \frac{1}{8},\ d''^{bd} \geqq 1{,}787 \sqrt{200000} \sqrt[4]{\frac{1}{8 \cdot 8 \cdot 1000 \cdot 1400}} = 8{,}21 \text{ cm},$$

$$\delta^{bd} \geqq 0{,}56 \sqrt{200000} \sqrt[4]{\frac{8 \cdot 1000}{8^3 \cdot 1400^3}} = 2{,}18 \text{ cm}.$$

Hiernach zeigt fich, wie auch von vornherein zu erkennen war, dafs der Fall III (Fig. 447) weitaus der günftigfte ift.

Die Ausbildung der Augen erfolgt für alle Fälle nach Art. 229 bis 231 (S. 167 bis 169).

Rechnet man die thatfächlich auftretende Abfcherungsfpannung hier nach, fo ergeben fich für $n = 8$

$$\text{im Falle I: } \frac{P 4}{2 d''^2 \pi} = \frac{2 \cdot 200000}{3{,}14 \cdot 16{,}43^2} = 472 \text{ kg für 1 qcm};$$

$$\text{» » II: } \frac{P 4}{8 d''^2 \pi} = \frac{200000}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 11{,}62^2} = 235 \text{ kg für 1 qcm};$$

$$\text{» » III: } \frac{P 4}{8 d''^2 \pi} = \frac{200000}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 8{,}21^2} = 472 \text{ kg für 1 qcm},$$

fo dafs nunmehr die bei der zweiten Berechnung nicht berückfichtigte Widerftandsfähigkeit gegen Abfcherung bei weitem nicht ausgenutzt wird.

Es leuchtet ein, dafs man im Falle III (Fig. 447) je die beiden unmittelbar zufammenliegenden Bänder zweckmäfsig in einem Stücke ausführt; III fällt dann mit II zufammen, bis auf den Unterfchied, dafs die beiden äufserften Bänder jeder Gruppe nur halb fo dick fein dürfen, wie die mittleren.

Ein doppelfchnittiger Bolzenanfchlufs, wie er in Fig. 443 u. 444 dargeftellt ift, läfst fich nach Gleichung 168 behandeln, wenn $n = 2$ gefetzt wird, und die 3 Fälle fallen dann mit $a = 1/2$ zufammen. Die Gleichung 168 lautet dann:

$$d''^{db} \geq 1{,}787 \sqrt{P} \sqrt[4]{\frac{1}{4 s' s''}}, \quad \delta^{db} \geq 0{,}56 \sqrt{P} \sqrt{\frac{2 s'}{8 s''^3}},$$

oder

$$d''^{db} \geq \frac{1{,}265 \sqrt{P}}{\sqrt[4]{s' s''}}, \quad \delta^{db} \geq 0{,}397 \sqrt{P} \sqrt[4]{\frac{s'}{s''^3}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 169.$$

Beifpiel. Wird das Beifpiel zu Art. 231 u. Fig. 443 (S. 169 u. 168) hier durchgeführt, alfo $P = 5000$ kg und, den früher eingeführten Verhältniffen $\frac{s'}{t} = \frac{5}{4}$, $\frac{s''}{t} = 1{,}9$ entfprechend $s' = 750$ kg für 1 qcm, $s'' = 1140$ kg für 1 qcm und $t = 600$ kg für 1 qcm gefetzt, fo werden nach Gleichung 169:

$$d''^{db} \geq \frac{1{,}265 \sqrt{5000}}{\sqrt[4]{750 \cdot 1140}} = 2{,}95 = \infty\, 3{,}0 \text{ cm};$$

$$\delta^{db} \geq 0{,}397 \sqrt{5000} \sqrt[4]{\frac{750}{1140^3}} = 0{,}749 = \infty\, 0{,}75 \text{ cm}.$$

Hierin entfpricht aber δ^{db} als Stärke des Bandes in jeder Gliedhälfte $\frac{\delta}{2}$ in Fig. 443. Die Abfcherung im Bolzen wird dann nur

$$\frac{5000 \cdot 4}{2 \cdot 2{,}95^2 \cdot 3{,}14} = 367 \text{ kg}.$$

Die Verbindung ift alfo in diefer Ausführung mit gegen früher ftärkerem Bolzen und fchwächeren Lafchen für Biegung und Lochlaibungsdruck genügend, für Abfcherung zu ftark, während fie in der in Art. 231 (S. 169) ohne Rückficht auf Biegung ausgerechneten Ausführung auf Lochlaibungsdruck und Abfcherung genügte, für Biegung dagegen zu fchwach war.

Diefes Beifpiel zeigt auch, wie notwendig bei folchen Verbindungen die Berückfichtigung der Biegungsfpannungen im Bolzen ift.

Liegen die zu verbindenden Glieder nicht in einer geraden Linie, wie dies z. B. bei den Knoten von Dachbindern der Fall ift, fo wird die Unterfuchung etwas umftändlicher und kann nicht in fo allgemein gültige Formeln gekleidet werden wie die obigen.

d) Keile und Splinte, Keil- und Splintverbindungen.

233. Keile und Splinte.

Der Unterfchied zwifchen Keilen und Splinten befteht darin, dafs Splinte infolge des Einfteckens oder Eintreibens keine Abfcherungsfpannung erleiden, fondern nur nachträgliche Löfung der Verbindung verhindern, während Keile durch ihre Form beim Einfetzen in den verbundenen Teilen Spannungen erzeugen. Die regelmäfsige Querfchnittsform beider ift das Rechteck mit der gröfseren Seite in der Kraftrichtung; Splinte, welche überhaupt keine Spannungen erleiden, nur zufälliges Löfen einzelner Teile verhindern follen, werden meift als kreisrunde Stifte ausgebildet. Die rechteckigen Splinte unterfcheiden fich von den Keilen durch die Längenanficht, welche bei erfteren rechteckig, bei letzteren des Keilanzuges wegen trapezförmig ift; der Anzug beträgt gewöhnlich $1/25$ bis $1/20$ der Länge; nur wenn man die felbftthätige Löfung durch befondere Vorkehrungen verhindert, macht man ihn gröfser, bis $1/6$ der Länge.