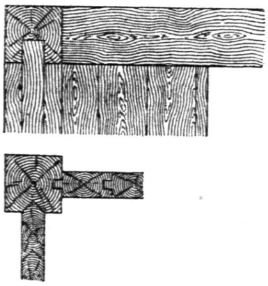
Fig. 314.



der beiderſeitigen Nuthen und Federn und eine genügende Zahl ovaler Nagellöcher, an deren unterer Seite die zur Befeſtigung der Schuhe an den Bohlen erforderlichen Nägel eingeſchlagen werden, damit ſie beim Zuſammenpreſſen der Bohlen durch das Rammen ſich nicht verbiegen oder abbrechen. Oben werden die Spundbohlen beim Einrammen durch zwei ſeitlich angelegte Zangen in einer lothrechten Ebene erhalten, während ſie nach dem Einrammen in eine ihrer vollen Stärke entſprechende Nuth der Holme eingelaſſen werden (Fig. 314).

3. Kapitel.

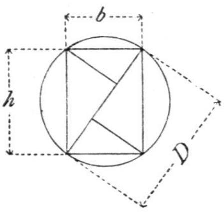
Balkenverſtärkungen.

156. Berechnung der Verſtärkung. Die zu Hochbauzwecken in vorzugsweiſe wagrechter Lage zur Verwendung kommenden Balken ſind ſtets beſchlagen und haben rechteckige Querſchnitte, deren Breite und Höhe in einem gewiſſen Verhältniſs ſtehen muſs und ſich, wie folgt, ermitteln läſſt.

Bezeichnet l die frei tragende Länge (Stützweite), b und h bezw. die Breite und Höhe eines beſchlagenen Balkens (Fig. 315), D den kleinſten Durchmeſſer des ſchwächſten Baumſtammes, woraus ſich derſelbe herſtellen läſſt, ſo iſt deſſen Biegungsmoment

$$\frac{1}{6}\, b\, h^2 = \frac{1}{6}\, b\, (D^2 - b^2) = \frac{1}{6}\, (b\, D^2 - b^3) \quad . \; . \; . \; . \; 28.$$

Fig. 315.



Daſſelbe wird ein Maximum, wenn der erſte Differential-Quotient desſelben nach b

$$\frac{d\,(b\,h^2)}{d\,b} = D^2 - 3\,b^2 = 0$$

geſetzt wird, woraus ſich $b = \frac{D}{\sqrt{3}}$ und $h = D\sqrt{\frac{2}{3}}$ ergiebt. Theilt man nunmehr den Durchmeſſer D (Fig. 315) in drei gleiche Theile, errichtet in den Theilpunkten die Normalen, welche die Peripherie des Stammes ſchneiden, und verbindet dieſe Schnittpunkte mit den Endpunkten des Durchmeſſers, ſo folgen aus der Aehnlichkeit der Dreiecke die Verhältniſſe

$$\frac{b}{\frac{D}{3}} = \frac{D}{b} \quad \text{und} \quad \frac{h}{\frac{2}{3}\,D} = \frac{D}{h}, \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 29.$$

welche die obigen Werthe für b und h ergeben.

In der Praxis pflegt man den Querſchnitten von Balken, welche die relativ gröſste Tragfähigkeit entwickeln ſollen, mit hinreichender Annäherung das Seitenverhältniſs $\frac{b}{h} = \frac{5}{7}$ zu geben. Bleibt das Widerſtandsmoment [73]) eines ſolchen Balkens, welches ſeiner Breite und dem Quadrate ſeiner Höhe proportional iſt, hinter ſeinem Biegungs- [74]) oder Angriffsmoment zurück, ſo iſt eine hinreichende Verſtärkung deſſelben erforderlich; dieſelbe iſt hiernach vortheilhaft in der Vermehrung ſeiner Höhe zu ſuchen.

Werden zu dieſem Zwecke zwei Balken durch Verzahnung oder Verdübelung verbunden, ſo erfordern dieſelben unter übrigens gleichen Umſtänden eine gröſsere

[73]) Siehe Theil I, Band 1 dieſes »Handbuches«, Art. 299 (S. 263).
[74]) Siehe ebendaſ. Art. 295 (S. 257).

Höhe H, als ein maſſiver Balken von gleicher Widerſtandsfähigkeit, welche ſich, wie folgt, beſtimmen läſſt. Bezeichnet αH denjenigen Theil der Balkenhöhe, welcher bei den zuſammengeſetzten Balken nicht zur Wirkung kommt und bei den verzahnten Balken der Zahnhöhe, bei den verdübelten Balken dem zwiſchen den Einzelbalken verbliebenen Zwiſchenraume entſpricht, ſo iſt, wenn die Biegungsmomente beider Balken gleich ſein ſollen,

$$\frac{b\,h^2}{6} = \frac{b\,(H - \alpha\,H)^3}{12} \cdot \frac{2}{H} = \frac{b}{6}\,(1-\alpha)^3\,H^2\,, \quad \ldots\ldots \quad 30.$$

woraus das Höhenverhältniſs des zuſammengeſetzten und maſſiven Balkens zu

$$\frac{H}{h} = \sqrt{\frac{1}{(1-\alpha)^3}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 31.$$

gefunden wird. Nimmt man wie gewöhnlich $\alpha = \frac{1}{10}$ an, ſo ergiebt ſich

$$\frac{H}{h} = \sqrt{\left(\frac{10}{9}\right)^3} = \frac{1{,}17}{1}\,, \quad \ldots\ldots\ldots \quad 32.$$

woraus folgt, daſs unter übrigens gleichen Umſtänden der zuſammengeſetzte Balken durchſchnittlich die 1,17-fache Höhe des maſſiven Balkens erfordert. Bezeichnet M das gröſste Angriffsmoment und k die zuläſſige Beanſpruchung des verwendeten Holzes, ſo iſt $k\,\frac{b\,h^2}{6} = M$, alſo $h = \sqrt{\frac{6\,M}{k\,b}}$, daher, wenn dieſer Werth in Gleichung 31. eingeführt wird, die Höhe des zuſammengeſetzten Balkens

$$H = \sqrt{\frac{6}{(1-\alpha)^3} \cdot \frac{M}{k\,b}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 33.$$

Wird hierin $b = \frac{5}{7}\,H$ geſetzt, ſo erhält man deſſen der relativ gröſsten Tragfähigkeit entſprechende Höhe

$$H = \sqrt[3]{\frac{6\,.\,7}{5\,(1-\alpha)^3} \cdot \frac{M}{k}} = \frac{2{,}025}{1-\alpha}\,\sqrt[3]{\frac{M}{k}} \quad \ldots\ldots \quad 34.$$

a) Verzahnte und verdübelte Balken.

Den verzahnten Balken (Fig. 316 u. 317) ſetzt man bei geringeren Spannweiten aus zwei, bei gröſseren Spannweiten aus einer ungeraden Anzahl von Balkenſtücken ſo zuſammen, daſs deren Stoſsfugen abwechſeln, wobei man den oberen auf Druck 157. Verzahnte Balken.

Fig. 316.

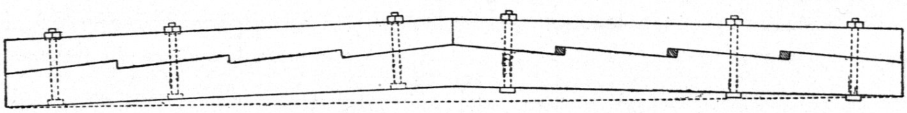
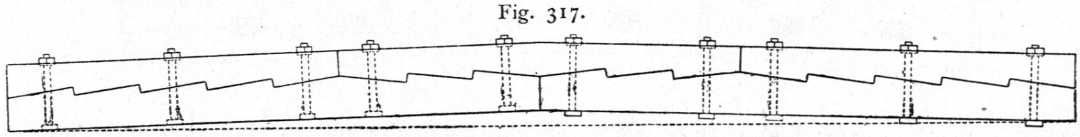


Fig. 317.



beanſpruchten Balken in ſeiner Mitte (Fig. 316) ſtöſst, damit der untere auf Zug beanſpruchte Balken an dieſer Stelle zuſammenhängt. Um ein Ineinanderpreſſen der Hirnenden zu vermeiden, ſchaltet man zwiſchen die Stöſse des oberen Balkens entſprechende Zink-, Kupfer- oder Eiſenplatten ein, während man über die Stöſse des unteren Balkens (Fig. 317) eiſerne Schienen legt, um den verlorenen Zuſammenhang der Balkenſtücke wieder herzuſtellen. Um Durchbiegungen zu vermeiden, giebt man den verzahnten Balken vortheilhaft eine Sprengung, deren Pfeil $\frac{1}{50}$ bis $\frac{1}{100}$ ihrer Länge beträgt. Sind Balken nicht zu erhalten, welche von Natur eine ſolche Biegung beſitzen, ſo giebt man ſie ihnen künſtlich, indem man ſie in der Mitte durch einen Klotz unterſtützt und ihre Enden entſprechend belaſtet oder durch zwei Winden niederdrückt. In dieſer Lage muſs der ganze Balken verbleiben, bis die Bolzenlöcher gebohrt und die Bolzen ſelbſt feſt angezogen ſind. Bisweilen ſtöſst man den unteren Theil eines fünftheiligen verdübelten Balkens in der Mitte (Fig. 317), um die Sprengung deſſelben zu erleichtern. Die Anordnung der Zähne und Vertheilung der Schraubenbolzen ergiebt ſich aus Art. 135 (S. 99), wozu noch zu bemerken bleibt, daſs durch Herſtellung der Zähne eine Verſchwächung der Balken eintritt, und daſs man der Schwierigkeit der Herſtellung eines tüchtigen verzahnten Balkens wegen denſelben zur Zeit faſt ſtets durch den verdübelten Balken erſetzt, welcher bei ungleich leichterer Herſtellung mindeſtens daſſelbe leiſtet.

158. Verdübelter Balken.

In den meiſten Fällen, wo Balken von den Längen der zu überſpannenden Weiten vorhanden ſind und nur deren Stärke nicht ausreicht, ſetzt man den horizontalen zu verdübelnden Balken aus je 2 Balken (Fig. 318 bis 320) und nur bei gröſserer Belaſtung deſſelben aus je 3 bis je 5 Balken zuſammen. Verdübelten Balken, welche als horizontale Träger dienen ſollen, giebt man vortheilhaft eine Sprengung von $\frac{1}{50}$ bis $\frac{1}{100}$ ihrer Länge (Fig. 320), welche man ähnlich wie bei den verzahnten Balken herſtellt. Dagegen werden durch Verdübelung verſtärkte Streben, Sattelhölzer, Spannriegel und Hängeſäulen nur aus geraden Balken zuſammengeſetzt. Die Form und Entfernung der Dübel, ſo wie die Zahl und Vertheilung der Schraubenbolzen ergiebt ſich aus Art. 136 (S. 100).

Fig. 318.

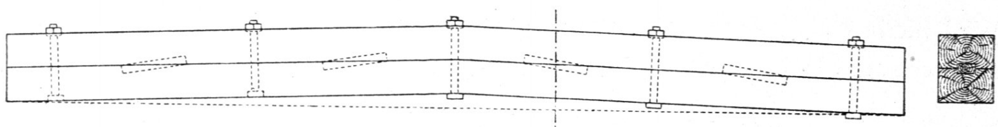


Fig. 319.

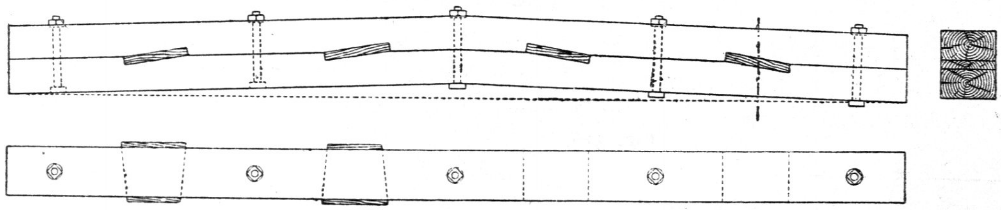
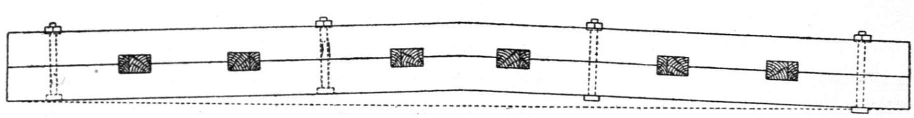


Fig. 320.



b) Gefchlitzte und gefpreizte Balken.

Wird ein Balken von der Breite b und der Höhe h in halber Höhe nach feiner Längenaxe aufgefchlitzt und dann nach feiner Mitte hin allmählich fo aus einander gefpreizt, dafs er dort die gefammte Höhe αh erhält, fo wächst deffen urfprüngliches Biegungsmoment $\frac{b\,h^2}{6}$ auf 159. Gefchlitzte Balken

$$\frac{b}{6} \cdot \frac{\alpha^3 - (\alpha - 1)^3}{\alpha} h^2 , \qquad \qquad 35.$$

fonach, da in der Praxis gewöhnlich $\alpha = 2{,}5$ angenommen wird, auf $4{,}9 \frac{b\,h^2}{6}$ oder faft auf das Fünffache. Diefe Erhöhung der Tragfähigkeit veranlaffte *Laves*, Balken in der Mitte auffägen und durch eingefchaltete Klötze aus einander fpreizen, deren Enden aber, zur Vermeidung eines völligen Auffchlitzens, durch Schraubenbolzen (Fig. 321 u. 322 rechts) oder beffer durch umgelegte eiferne Bänder (Fig. 321 u. 322 links) feft zufammenhalten zu laffen. Da die Druckfeftigkeit des Holzes

Fig. 321.

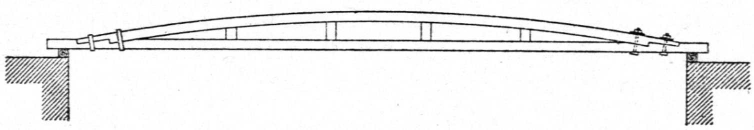
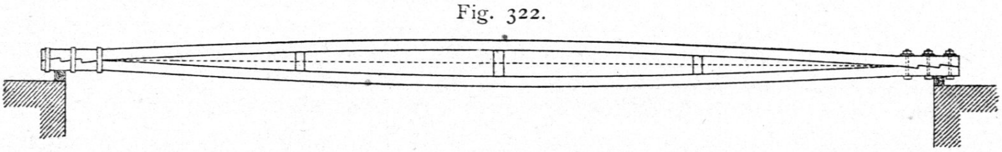


Fig. 322.



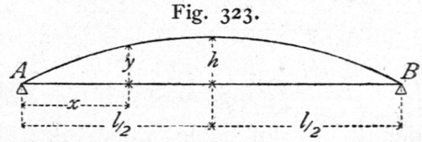
etwas geringer, als deffen Zugfeftigkeit ift, fo liefs *Laves* dem oberen Balkentheile etwa $\frac{4}{3}$ von der Stärke des unteren, alfo dem erfteren $\frac{4}{7} h$ und dem letzteren $\frac{3}{7} h$ zur Höhe geben.

Wo die Stärke eines Balkens nicht ausreicht, um die zuvor angegebenen nöthigen Widerftandsmomente zu erzielen, kann man durch Zufammenfetzung je zweier Balken, welche man an den Enden feft verbindet und von welchen man nur den unteren oder nur den oberen (Fig. 321) oder auch beide (Fig. 322) biegt und durch hölzerne Spreizen oder hölzerne Zangen aus einander hält, helfen. 160. Gefpreizte Balken.

Bezeichnet man die Ordinaten der Schwerlinien beider Balken (Fig. 323) für die beliebige Abfciffe x und die halbe Stützweite $\frac{l}{2}$ bezw. mit y und h und die Angriffsmomente der Horizontalkräfte in den dafelbft geführten lothrechten Schnitten bezw. mit M_x und $M_{\frac{l}{2}}$, fo ergiebt fich die Form der gefpreizten Balken aus der Gleichung

$$y = \frac{M_x}{M_{\frac{l}{2}}} h , \qquad 36.$$

Fig. 323.



welche z. B. für gleichförmig auf die Projection vertheilte Belaftung g, wofür bekanntlich $M_x = \frac{g}{2} x (l - x)$ und $M_{\frac{l}{2}} = g \frac{l^2}{8}$ ift, in die Gleichung

$$y = \frac{4\,h}{l^2} x (l - x), \qquad \qquad 37.$$

alfo in die Gleichung der gemeinen Parabel übergeht. Der Querfchnitt F_z des gezogenen und F_d des gedrückten Balkens hat gleichzeitig den darin auftretenden Horizontalkräften und Verticalkräften

$$H_x = \frac{M_x}{y} \quad \text{und} \quad V_x = \frac{d\,M_x}{d_x} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 38.$$

zu widerftehen, woraus fich bezw. die Querfchnittsflächen des gezogenen und gedrückten Balkens für die zuläffigen Zug- und Druckfpannungen z und d, fo wie für die zuläffigen Schubfpannungen v

$$F_z = \frac{M_x}{y\,z} \quad \text{und} \quad F_z' = \frac{1}{v}\,\frac{d\,M_x}{d_x}, \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 39.$$

$$F_d = \frac{M_x}{y\,d} \quad \text{und} \quad F_d' = \frac{1}{v}\,\frac{d\,M_x}{d_x} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 40.$$

ergeben.

Für den gemein-parabolifchen Balken mit gleichförmig auf die Projection vertheilter Belaftung erhält man bezw.

$$F_z = \frac{1}{z}\,\frac{g\,l^2}{8\,h} \quad \text{und} \quad F_z' = \frac{1}{v}\,g\left(\frac{l}{2} - x\right), \quad \ldots \ldots \ldots \quad 41.$$

ferner

$$F_d = \frac{1}{d}\,\frac{g\,l^2}{8\,h} \quad \text{und} \quad F_d' = \frac{1}{v}\,g\left(\frac{l}{2} - x\right), \quad \ldots \ldots \ldots \quad 42.$$

woraus folgt, dafs in diefem Falle die Querfchnitte F_z und F_d conftant find und wegen

$$\frac{F_z}{F_d} = \frac{d}{z} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 43.$$

fich umgekehrt verhalten, wie ihre Beanfpruchungen, ferner dafs die Querfchnitte F_z' und F_d' einander gleich, aber variabel find und von der Mitte des Balkens, wo fie Null werden, nach deffen Enden hin zunehmen, wo fie den gröfsten Werth

$$F_z' = F_d' = \frac{1}{v} \cdot \frac{g\,l}{2} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 44.$$

erreichen. Für die Querfchnitte des gemein-parabolifchen Balkens find alfo in deffen Mitte nur die Momente, in allen übrigen, vorzugsweife über den Auflagern befindlichen Querfchnitten die Momente und Vertical-Schubkräfte in der Art mafsgebend, dafs der gröfsere der beiden fich ergebenden Querfchnitte zu wählen ift.

Die Balkenenden find fo zu verbinden, dafs die gleichen, aber entgegengefetzt und fcherend wirkenden Horizontalkräfte $\frac{g\,l^2}{8\,h}$ aufgehoben werden, was man durch Verfatzung, Verzahnung oder Verdübelung in Verbindung mit Schrauben und Bändern zu erreichen fucht. Die gefpreizten Träger erfordern je zwei durchgehende Balken, wefshalb fie auf Spannweiten von 10 bis 12 m befchränkt find, und geftatten wegen ihrer Form bei Decken nur dann Anwendung, wenn eine horizontale Ausgleichung von Fufsboden und Decke befonders hergeftellt wird.

c) Gitterträger.

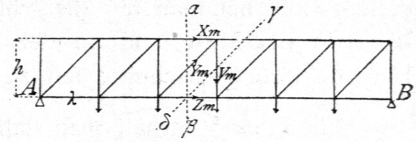
161. Ermittelung der Spannungen.

Wo bedeutendere Laften zu übertragen und gröfsere Räume mittels Trägern zu überfpannen find, welche oben und unten eine wagrechte Begrenzung erhalten follen, find Fachwerkträger mit parallelen Gurtungen (fog. Parallelträger [75]) und rechtwinkeligem Stabfyftem mit Vortheil zu verwenden. Sie erhalten zwei doppelte hölzerne Gurtungen, zwifchen welche hölzerne, gewöhnlich unter halbem rechten Winkel geneigte gekreuzte Diagonalen und hölzerne oder eiferne Verticalen (Träger mit combinirtem Gitterwerk [75]) nach dem Syftem *Howe* eingefchaltet find (Fig. 325 bis 327). Hierbei werden am vortheilhafteften alle die eine feitliche Uebertragung der Laften auf beide Stützpunkte bewirkenden Hauptdiagonalen, fo wie die zur Ausfteifung der Felder eingefchalteten Gegendiagonalen für Druck, jene Verticalen für Zug conftruirt.

[75]) Siehe Theil I, Band 1, Art. 374 (S. 338).

Nimmt man an, ein solcher Gitterträger (Fig. 324), von der Höhe h und mit n gleichen Feldern von der Weite λ, sei in jedem unteren Knotenpunkte mit dem Eigengewicht p und der Verkehrslast q beschwert (z. B. wenn Deckenbalken auf dessen untere Gurtung gelegt oder an dieselbe angehängt werden), so beträgt die gröſste Druckspannung des beliebigen m-ten oberen Gurtungsstückes [76])

Fig. 324.



$$X_m\, min = -\frac{(p+q)\lambda}{2h}(m-1)(n+1-m) = -C(m-1)(n+1-m) \qquad 45.$$

und die gröſste Zugspannung des m-ten unteren Gurtungsstückes [76])

$$Z_m\, min = \frac{(p+q)\lambda}{2h} m(n-m) = C\, m(n-m), \quad \ldots\ldots \quad 46.$$

worin C dieselbe Constante darstellt, welche daher bezw. mit zwei verschiedenen variablen Producten zu multipliciren ist.

Die Grenzspannungen der Diagonalen 1 bis n mit der durchweg gleichen Länge $t = \sqrt{\lambda^2 + h^2}$ sind für Druck und Zug [77]) bezw.

$$Y_m\, min = -\frac{t}{2h}\left[p(n+1-2m) + \frac{q}{n}(n-m)(n+1-m)\right] \quad . \quad 47.$$

und

$$Y_m\, max = \frac{t}{2h}\left[-p(n+1-2m) + \frac{q}{n} \cdot m(m-1)\right], \quad \ldots \quad 48.$$

worin $\frac{tp}{2h}$ und $\frac{tq}{2nh}$ wiederum Constante vorstellen.

Die Grenzspannungen in den Verticalen 0 bis $n-1$ sind für Zug und Druck [77]) bezw.

$$V_m\, max = \frac{p}{2}(n+1-2m) + \frac{q}{2n}(n-m)(n+1-m) \quad \ldots \quad 49.$$

und

$$V_m\, min = \frac{p}{2}(n+1-2m) - \frac{q}{2n} m(m-1) \quad \ldots\ldots \quad 50.$$

Sind die Spannungen dieses Trägers mit durchweg rechts steigenden Diagonalen, welche auf seiner linken Seite Druck-, auf seiner rechten Seite Zugspannungen annehmen, berechnet, so lassen sich hieraus die Spannungen des Trägers mit nur gedrückten, zu dessen Mittellinie symmetrischen Diagonalen (Hauptdiagonalen) ableiten, während man alle Diagonalen, welche Zugspannung annehmen würden, weglässt und durch solche mit entgegengesetzter Neigung ersetzt.

Wird derselbe Gitterträger in allen oberen Knotenpunkten belastet (z. B. wenn Deckenbalken auf dessen obere Gurtung gelegt werden), so bleiben die Spannungen der Gurtungen und Diagonalen dieselben und die Grenzspannungen nur der Verticalen von 0 bis $n-1$ gehen in die folgenden [77]) über:

$$V_m\, max = \frac{p}{2}(n-1-2m) + \frac{q}{2n}(n-m)(n-1-m) \quad \ldots \quad 51.$$

und

$$V_m\, min = \frac{p}{2}(n-1-2m) - \frac{q}{2n} m(m+1) \quad \ldots\ldots \quad 52.$$

In den meisten beim Hochbauwesen vorkommenden Fällen erhalten die hölzernen Gitterträger durchweg gleiche Stärken ihrer Gurtungen und Stäbe, wodurch zwar

[76]) Siehe Art. 386, S. 351 in Theil I, Band 1 dieses »Handbuches«.
[77]) Siehe Art. 387, S. 351 ebendas.

ihr Materialbedarf vermehrt, aber ihre Conſtruction weſentlich vereinfacht wird. In dieſem Falle hat man nur die gröſsten Spannungen der Gurtungen und Stäbe, welche bezw. in der Mitte und an den Enden dieſer Träger eintreten, zu ermitteln und hiernach ihre Querſchnitte feſt zu ſtellen.

Für $m = \frac{n}{2}$ erhält man daher die abſolut gröſste Druckſpannung der oberen Gurtung

$$X_m \, min = -\frac{(p+q)\,\lambda}{2\,h}\left(\frac{n^2}{4} - 1\right), \quad \ldots \quad 53.$$

worin 1 gegen $\frac{n^2}{4}$ vernachläſſigt werden kann, und die abſolut gröſste Zugſpannung der unteren Gurtung

$$Z_m \, max = \frac{(p+q)\,\lambda}{2\,h} \cdot \frac{n^2}{4} \quad \ldots \quad 54.$$

Für $m = 0$ erhält man die abſolut gröſste Druckſpannung der Diagonalen

$$Y_m \, min = -\frac{t}{2\,h}\,(p+q)\,(n+1) \quad \ldots \quad 55.$$

und die abſolut gröſste Zugſpannung der Verticalen

$$V_m \, max = \frac{1}{2}\,(p+q)\,(n+1), \quad \ldots \quad 56.$$

wenn der Träger unten und

$$V_m \, max = \frac{1}{2}\,(p+q)\,(n-1), \quad \ldots \quad 57.$$

wenn derſelbe oben belaſtet iſt.

162. Querſchnitts-Ermittelung. Bezeichnet man mit F_x und F_z, F_d und F_v bezw. die Querſchnitte der Gurtungen und Stäbe, mit z und d bezw. die gröſste zuläſſige Zug- und Druckſpannung, ſo iſt, wenn die Trägerlänge $n\,\lambda = l$ geſetzt wird, der erforderliche conſtante nutzbare Querſchnitt der oberen Gurtung

$$F_x = \frac{n\,(p+q)\,l}{8\,d\,h}, \quad \ldots \quad 58.$$

der unteren Gurtung

$$F_z = \frac{n\,(p+q)\,l}{8\,z\,h}, \quad \ldots \quad 59.$$

der Diagonalen

$$F_d = \frac{(n+1)\,(p+q)\,t}{2\,d\,h} \quad \ldots \quad 60.$$

und der entweder hölzernen oder eiſernen Verticalen bezw.

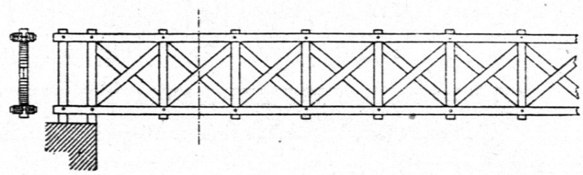
$$F_v = \frac{(n+1)\,(p+q)}{2\,z} \quad \text{oder} \quad F_v = \frac{(n-1)\,(p+q)}{2\,z}, \quad \ldots \quad 61.$$

wobei die kleinſte zuläſſige Beanſpruchung auf Zug für Holz und Schmiedeeiſen zu bezw. 100 und 1000 kg pro 1 qcm angenommen werden kann.

163. Conſtruction. Bei Anwendung hölzerner Verticalen werden dieſelben auf beiden Seiten mit den beiden Gurtungen verblattet und oben und unten mit ihnen verbolzt, während die gekreuzten Diagonalen, welche in ihren Kreuzungspunkten verblattet und genagelt werden, durch Zapfen ohne oder mit Verſatzung mit ihnen verbunden ſind (Fig. 325). Bei Anwendung eiſerner, mit Kopf und Mutter verſehenen Verticalen werden dieſelben

durch kurze hölzerne, von aufsen quer über und unter die Gurtungen gelegte Sattelftücke gefteckt, die Diagonalen mittels Zapfen zwifchen die Gurtungen eingefchaltet und diefe fämmtlichen Theile durch Anziehen der erwähnten Muttern feft zufammengepreſſt (Fig. 326).

Fig. 325.



Bei Gitterträgern für gröfsere Spannweiten mit bedeutenderen Belaftungen fchaltet man zwifchen die Enden entgegengefetzt geneigter Diagonalen befondere Spannklötze ein, gegen welche fich die letzteren ftemmen und welche von den Hängeeifen durchfetzt werden (Fig. 327).

Fig. 326.

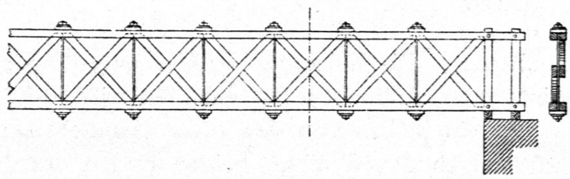
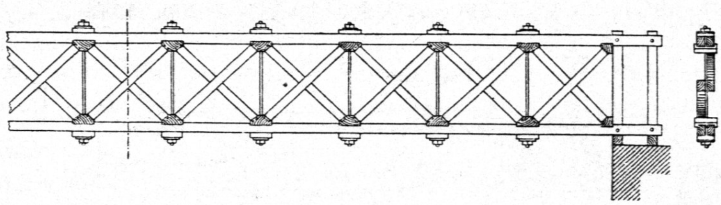


Fig. 327.



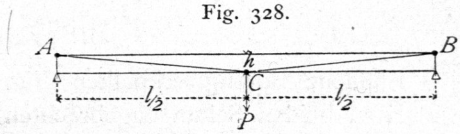
d) Armirte Balken.

Die Tragfähigkeit von Balken, welche für fich zu fchwach find, kann durch Verbindung derfelben mit Hängewerken (Fig. 329 u. 331) oder Sprengwerken (Fig. 332) erhöht werden, wobei diefe Hilfs-Conftructionen für kleinere und gröfsere Spannweiten bezw. einfach und doppelt angewendet werden.

1) Hängewerkbalken.

Ift ein Balken von der Länge l, Breite b und Höhe h (Fig. 328) verfügbar, 164. Einfache Hängewerkbalken.
fo ift derfelbe bei feiner gröfsten zuläffigen Beanfpruchung d im Stande, von der gröfsten, in feiner Mitte wirkenden Laft P den Antheil

Fig. 328.



$$\alpha P = \frac{2}{3} \frac{d\, b\, h^2}{l} \quad . \; . \; . \quad 62.$$

zu tragen, woraus α zu beftimmen ift. Um den Reft $P(1-\alpha)$ der Laft übertragen zu können, müffen die Zugftangen auf jeder Seite bei einer gröfsten zuläffigen Beanfpruchung z den nutzbaren Querfchnitt

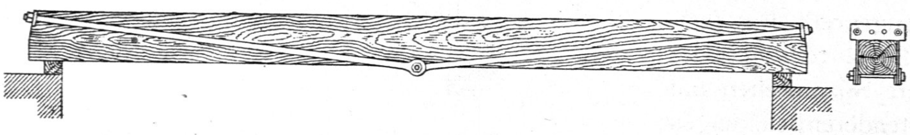
$$F = \frac{P(1-\alpha)}{2\, z} \; \frac{\sqrt{4\, h^2 + l^2}}{2\, h} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 63.$$

erhalten, wovon bei je zwei Zugftangen auf jede die Hälfte kommt. Werden diefelben, wie gewöhnlich, aus Rundeifen hergeftellt und an den äufseren Enden mit Gewinden von 0,2 des äufseren Durchmeffers verfehen, fo beträgt deren äufserer Durchmeffer

$$D = \frac{2}{1 - 0{,}4} \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 1{,}88 \sqrt{F} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 64.$$

Die Gewinde werden gewöhnlich durch eiſerne, zur Zugſtangenaxe normale Querplatten geſteckt, mit Unlerlagsplatten verſehen und dann mittels ſtarker Muttern angezogen, während die unteren Enden der Zugſtangen Oeſen erhalten, durch welche

Fig. 329.



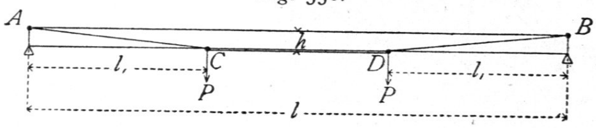
ein eiſerner, den hölzernen Balken unterſtützender Querbolzen geſteckt und durch Splinte oder Schrauben feſt gehalten wird (Fig. 329).

165. Doppelte Hängewerkbalken.

Iſt ein Balken von den zuvor angegebenen Abmeſſungen verfügbar und in den Entfernungen l_1 von ſeinen beiden Enden mit den gleichen Einzellaſten P beſchwert (Fig. 330), ſo kann er von jeder derſelben den Antheil

$$\alpha P = \frac{1}{6} \, \frac{d \, b \, h^2}{l_1} \quad . \quad 65.$$

Fig. 330.

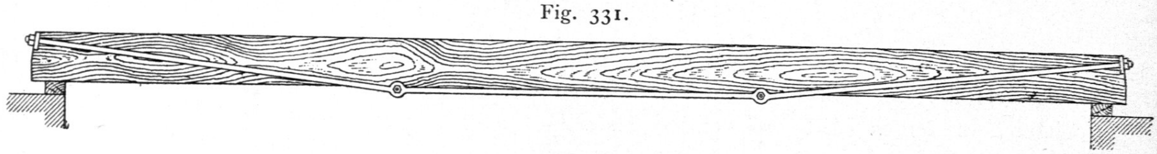


tragen, woraus α zu beſtimmen iſt. Um den Reſt $P\,(1 - \alpha)$ dieſer Laſt übertragen zu können, müſſen die geneigten und wagrechten Theile der Zugſtangen bezw. einen nutzbaren Geſammtquerſchnitt

$$F = \frac{P\,(1 - \alpha)}{z} \, \frac{\sqrt{h^2 + l_1^2}}{h} \quad \text{und} \quad F_1 = \frac{P\,(1 - \alpha)}{z} \cdot \frac{l_1}{h} \quad . \quad . \quad . \quad 66.$$

erhalten, woraus deren äuſserer Durchmeſſer wie vorher zu beſtimmen iſt. Die Conſtruction iſt derjenigen der einfachen Hängewerkbalken analog (Fig. 331).

Fig. 331.

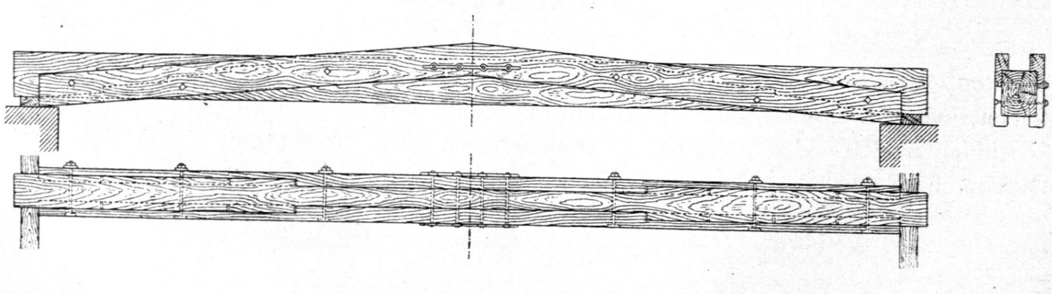


2) Sprengwerkbalken.

166. Einfache Sprengwerkbalken.

Einfache Sprengwerkbalken (Fig. 332) beſtehen auſser dem Hauptbalken aus je zwei zu beiden Seiten angebrachten, geneigten hölzernen Streben, welche durch Schraubenbolzen mit jenen verbunden werden. Um ein Ineinanderpreſſen der Streben an den ſich berührenden Hirnenden zu vermeiden, legt man hinreichend groſse Zink-,

Fig. 332.



Kupfer- oder Eisenplättchen ein. Die statische Berechnung ist derjenigen der einfachen Hängewerkbalken analog; nur ist in die Gleichung 63. für F der Werth d statt z einzuführen und auf Holz zu beziehen.

Doppelte Sprengwerkbalken unterscheiden sich von den einfachen nur durch wagrechte, zwischen die Streben eingeschaltete Spannriegel, werden jedoch analog construirt und mit denselben Modificationen, wie die doppelten Hängewerkbalken berechnet. 167. Doppelte Sprengwerkbalken.

---

4. Kapitel.

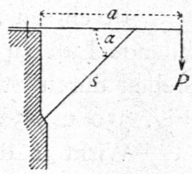
Balkenverbände.

a) Winkelbänder.

Ist ein wagrechter, am einen Ende fest gehaltener, am anderen Ende frei schwebender Balken (Fig. 333) von der Länge a für sich zu schwach, um eine an seinem freien Ende wirkende Last P zu tragen, so wird derselbe am einfachsten durch ein **Winkelband**, auch **Büge** genannt, unterstützt. Bezeichnet α den Winkel, welchen das Winkelband von der Länge s mit dem Horizont einschliesst, so ist, wenn von der Biegungsfestigkeit des Horizontalbalkens abgesehen wird, der längs des Winkelbandes wirkende Druck 168. Berechnung.

$$S = P \frac{a}{s \cos \alpha \sin \alpha} = P \frac{2\,a}{s \sin 2\,\alpha} \quad . \quad . \quad . \quad 67.$$

Fig. 333.



und der längs des Horizontalbalkens wirkende Zug

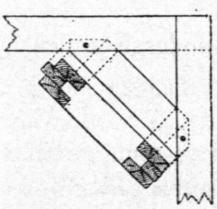
$$H = S \cos \alpha = P \frac{a}{s \sin \alpha} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 68.$$

Der Druck S wird unter übrigens gleichen Umständen am kleinsten, wenn $\sin 2\,\alpha = 1$, also wenn das Winkelband unter einem Winkel $\alpha = 45$ Grad angebracht wird. Wirkt die Last P direct am Kopfe des Winkelbandes, so wird $a = s \cos \alpha$ und, wenn dieser Werth in Gleichung 67. u. 68. eingeführt wird, der Längsdruck und Horizontalzug bezw.

$$S = \frac{P}{\sin \alpha} \quad \text{und} \quad H = \frac{P}{\operatorname{tg} \alpha} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 69.$$

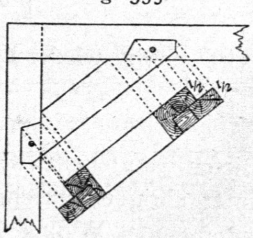
Wenn nunmehr mit β die grössere, mit δ die kleinere Querschnitts-Dimension eines an den Enden eingezapften, etwas drehbaren Winkelbandes (Fig. 334), mit E der Elasticitäts-Modul und mit C sein Sicherheits-Coefficient, der bei Holz etwa zu $\frac{1}{10}$ anzunehmen ist, bezeichnet wird, so ist der Widerstand eines auf seitliche Ausbiegung (Knicken) beanspruchten Winkelbandes

Fig. 334.



$$W = \frac{C \pi^2 E}{12} \cdot \frac{\beta \delta^3}{s^2} \quad . \quad . \quad 70.$$

Fig. 335.



Durch Gleichsetzung der Werthe 67. und 70. erhält man die Gleichung

$$\beta \delta^3 = \frac{24\, s\, a}{C \pi^2 E \sin 2\,\alpha} P, \quad . \quad 71.$$

woraus eine der erforderlichen Abmessungen β oder δ ermittelt werden