Konstruktions-Elemente in Stein, Holz und Eisen, Fundamente

Marx, Erwin

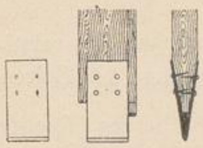
Stuttgart, 1901

3. Kap. Balkenverstärkungen

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

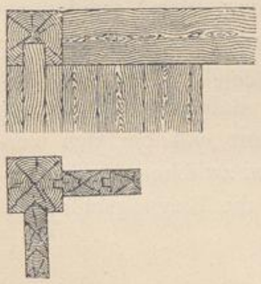
S. 102) verſehen, unter welchen die Keilſpundung mit ein-, drei- und viermal gebrochener Fuge (Fig. 313 bis 315) und die quadratiſche Spundung (Fig. 316) die zweckmäſsigſten ſind. Zum Zweck des Einrammens erhalten dieſelben unten eine gebrochene Schneide und eine einſeitige Zuſchärfung (Fig. 313 bis 316), welche beim Eintreiben keilartig wirkt und die einzutreibende Spundbohle ſeitlich an die zuvor eingetriebene preſst.

Fig. 317.



Obwohl man das Einrammen der Spundbohlen gewöhnlich an den beiden ſeitlichen Spundpfählen beginnt und von da nach der Mitte dieſes Zwiſchenraumes hin fortſchreitet, ſo ſtellen ſich die Spundbohlen beim Einrammen doch allmählich etwas ſchief, weſshalb die in der Mitte verbleibende, von oben nach unten ſich verengende Oeffnung durch eine eigens einzupaſſende, etwas keilförmig geſtaltete, beiderſeits mit Federn verſehene Spundbohle derart geſchloſſen werden muſs, daſs beim Einrammen derſelben die benachbarten Spundbohlen ſich mehr lotrecht ſtellen müſſen und hierbei möglichſt dicht aneinander gepreſst werden.

Fig. 318.



155. Sicherung der Schneiden.

Bei unnachgiebigem Boden erhalten auch die Spundbohlen eiſerne, unten aus einem dreiſeitigen Prisma, oben aus zwei angeſchmiedeten rechteckigen Lappen beſtehende Schuhe (Fig. 317). Dieſe Lappen erhalten die Breite der Spundbohle abzüglich der beiderſeitigen Nuten 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 lotrechten Ebene erhalten, während ſie nach dem Einrammen in eine ihrer vollen Stärke entſprechende Nut der Holme eingelaſſen werden (Fig. 318).

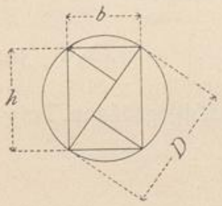
3. Kapitel.

Balkenverſtärkungen.

156. Berechnung der Verſtärkung.

Die zu Hochbauzwecken in vorzugsweiſe wagrechter Lage zur Verwendung kommenden Balken ſind geſchnitten oder beſchlagen und haben rechteckige Querſchnitte, deren Breite und Höhe in einem zweckmäſsigen Verhältnis ſtehen muſs und ſich wie folgt ermitteln läſst.

Fig. 319.



Bezeichnen l die freitragende Länge (Stützweite), b und h bezw. die Breite und Höhe eines beſchlagenen Balkens (Fig. 319), D den kleinſten Durchmeſſer des ſchwächſten Baumſtammes, woraus ſich derſelbe herſtellen läſst, ſo iſt ſein Biegungsmoment

$$\frac{1}{6}\, b\, h^2 = \frac{1}{6}\, b\, (D^2 - b^2) = \frac{1}{6}\,(b\, D^2 - b^3) \quad . \; . \; . \; . \; . \quad 29.$$

Daſſelbe wird ein Maximum, wenn der erſte Differentialquotient 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 $h = D \sqrt{\frac{2}{3}}$ ergeben. Teilt man ſonach den Durchmeſſer D (Fig. 319) in drei gleiche Teile, errichtet in den Teilpunkten die Senkrechten, welche den Umfang des

Stammes fchneiden, und verbindet diefe Schnittpunkte mit den Endpunkten des Durchmeffers, fo folgen aus der Aehnlichkeit der entftehenden Dreiecke die Verhältniffe

$$\frac{b}{\frac{D}{3}} = \frac{D}{b} \quad \text{und} \quad \frac{h}{\frac{2}{3}D} = \frac{D}{h}, \qquad \dots \dots \dots \quad 30.$$

welche die obigen Werte für b und h ergeben.

In der Praxis pflegt man den Querfchnitten von Balken, welche die relativ gröfste Tragfähigkeit entwickeln follen, mit hinreichender Annäherung das Seitenverhältnis $\frac{b}{h} = \frac{5}{7}$ zu geben. Bleibt das Widerftandsmoment[80]) eines folchen Balkens, welches feiner Breite und dem Quadrate feiner Höhe proportional ift, hinter feinem Biegungs-[81]) oder Angriffsmoment zurück, fo ift eine hinreichende Verftärkung desfelben erforderlich; letztere ift hiernach vorteilhaft in der Vermehrung feiner Höhe zu fuchen.

Werden zu diefem Zwecke zwei Balken durch Verzahnung oder Verdübelung verbunden, fo erfordern diefelben unter übrigens gleichen Umftänden eine gröfsere Höhe H, als ein maffiver Balken von gleicher Widerftandsfähigkeit, welche fich wie folgt beftimmen läfst. Bezeichnet αH denjenigen Teil der Balkenhöhe, welcher bei den zufammengefetzten Balken nicht zur Wirkung kommt und bei den verzahnten Balken der Zahnhöhe, bei den verdübelten Balken dem zwifchen den Einzelbalken verbliebenen Zwifchenraume entfpricht, fo ift, wenn die Biegungsmomente beider Balken gleich fein follen,

$$\frac{bh^2}{6} = \frac{b\,(H - \alpha H)^3}{12} \cdot \frac{2}{H} = \frac{b}{6}\,(1 - \alpha)^3\,H^2, \qquad \dots \quad 31.$$

woraus das Höhenverhältnis des zufammengefetzten und maffiven Balkens zu

$$\frac{H}{h} = \sqrt{\frac{1}{(1 - \alpha)^3}} \qquad \dots \dots \dots \quad 32.$$

gefunden wird. Nimmt man wie gewöhnlich $\alpha = \frac{1}{10}$ an, fo ergibt fich

$$\frac{H}{h} = \sqrt{\left(\frac{10}{9}\right)^3} = \frac{1{,}17}{1}, \qquad \dots \dots \dots \quad 33.$$

woraus folgt, dafs unter übrigens gleichen Umftänden der zufammengefetzte Balken durchfchnittlich die 1,17fache Höhe des maffiven Balkens erfordert. Bezeichnen M das gröfste Angriffsmoment und k die zuläffige Beanfpruchung des verwendeten Holzes, fo ift $k\,\frac{bh^2}{6} = M$, alfo $h = \sqrt{\frac{6M}{kb}}$, daher, wenn diefer Wert in Gleichung 32 eingeführt wird, die Höhe des zufammengefetzten Balkens

$$H = \sqrt{\frac{6}{(1 - \alpha)^3} \cdot \frac{M}{kb}} \qquad \dots \dots \dots \quad 34.$$

Wird hierin $b = \frac{5}{7}H$ gefetzt, fo erhält man die der verhältnismäfsig gröfsten Tragfähigkeit des Balkens entfprechende Höhe

$$H \; \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 7}{5\,(1 - \alpha)^3} \cdot \frac{M}{k}} = \frac{2{,}025}{1 - \alpha}\,\sqrt[3]{\frac{M}{k}} \qquad \dots \quad 35.$$

---

80) Siehe Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte diefes »Handbuches«, Art. 299, S. 263 (2. Aufl.: Art. 89, S. 66; 3. Aufl.: Art. 97, S. 77).

81) Siehe ebendaf., Art. 295, S. 257 (2. Aufl.: Art. 85, S. 59; 3. Aufl.: Art. 94, S. 70).

a) Verzahnte und verdübelte Balken.

Den verzahnten Balken (Fig. 320 u. 321) ſetzt man bei geringeren Spannweiten aus zwei, bei gröſseren Spannweiten aus einer ungeraden Anzahl von Balkenſtücken ſo zuſammen, daſs ihre Stoſsfugen abwechſeln, wobei man den oberen auf 157. Verzahnte Balken.

Fig. 320.

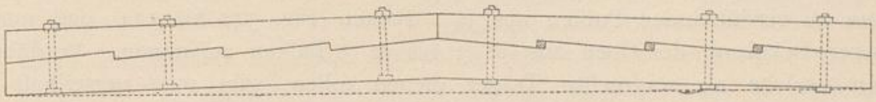
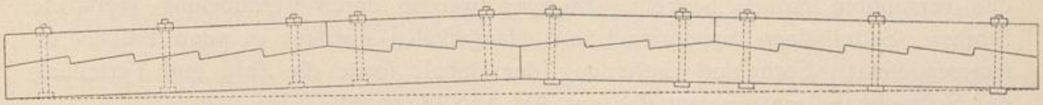


Fig. 321.



Druck beanſpruchten Balken in ſeiner Mitte (Fig. 320) ſtöſst, damit der untere auf Zug beanſpruchte Balken an dieſer Stelle zuſammenhängt. Um das 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. 321) eiſerne Schienen legt, um den verlorenen Zuſammenhang der Balkenſtücke wieder herzuſtellen. Um Durchbiegungen zu vermeiden, gibt man den verzahnten Balken vorteilhaft eine Sprengung, deren Pfeil $^1/_{50}$ bis $^1/_{100}$ ihrer Länge beträgt. Sind Balken nicht zu erhalten, welche von Natur eine ſolche Biegung beſitzen, ſo gibt 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 Teil eines fünfteiligen verdübelten Balkens in der Mitte (Fig. 321), um die Sprengung desſelben zu erleichtern. Die Anordnung der Zähne und Verteilung der Schraubenbolzen ergeben ſich aus Art. 135 (S. 102), wozu noch zu be-

Fig. 322.

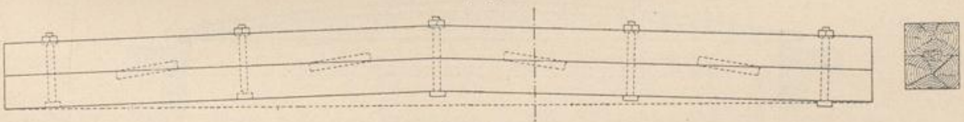


Fig. 323.

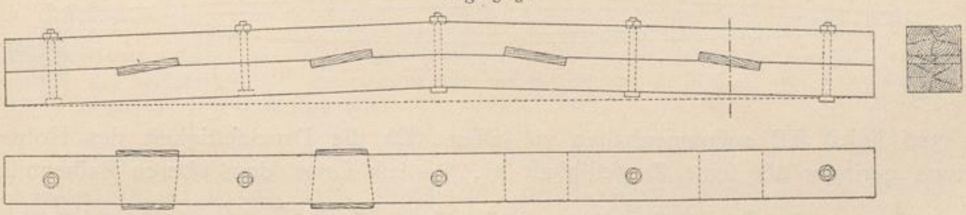
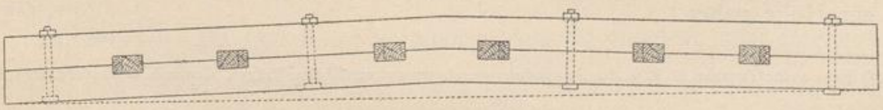


Fig. 324.



merken iſt, 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. Verdübelte Balken.

In den meiſten Fällen, wo Balken von den Längen der zu überſpannenden Weiten vorhanden ſind und nur ihre Stärke nicht ausreicht, ſetzt man den wagrechten zu verdübelnden Balken aus je 2 Balken (Fig. 322 bis 324) und nur bei gröſserer Belaſtung desſelben aus je 3 bis je 5 Balken zuſammen. Verdübelten Balken, welche als wagrechte Träger dienen ſollen, gibt man vorteilhaft eine Sprengung von $^1/_{50}$ bis $^1/_{100}$ ihrer Länge (Fig. 324), welche man ähnlich wie bei den verzahnten Balken herſtellt. Dagegen werden durch Verdübelung verſtärkte Streben, Sattelhölzer, Spannriegel und Hängeſäulen nur aus geraden Balken zuſammengeſetzt. Form und Entfernung der Dübel, ſowie die Zahl und Verteilung der Schraubenbolzen ergeben ſich aus Art. 136 (S. 103[82]).

b) Geſchlitzte und geſpreizte Balken.

159. Geſchlitzte Balken.

Wird ein Balken von der Breite b und der Höhe h in halber Höhe nach ſeiner Längenachſe aufgeſchlitzt und dann nach ſeiner Mitte hin allmählich ſo auseinander geſpreizt, daſs er dort die geſamte Höhe αh erhält, ſo wächſt ſein urſprüngliches Biegungsmoment $\frac{b h^2}{6}$ auf

$$\frac{b}{6} \cdot \frac{\alpha^2 - (\alpha - 1)^3}{\alpha} h^2, \quad \ldots \ldots \ldots \quad 36.$$

ſonach, da in der Praxis gewöhnlich $\alpha = 2{,}5$ angenommen wird, auf $4{,}9 \frac{b h^2}{6}$ oder faſt auf das Fünffache. Dieſe Erhöhung der Tragfähigkeit veranlaſste *Laves*, Balken in der Mitte aufſägen und durch eingeſchaltete Klötze auseinander ſpreizen, ihre Enden aber, zur Vermeidung eines völligen Aufſchlitzens, durch Schraubenbolzen (Fig. 325 u. 326 rechts) oder beſſer durch umgelegte eiſerne Bänder (Fig. 325

Fig. 325.

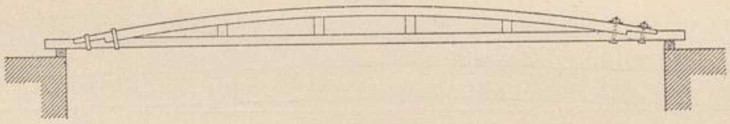
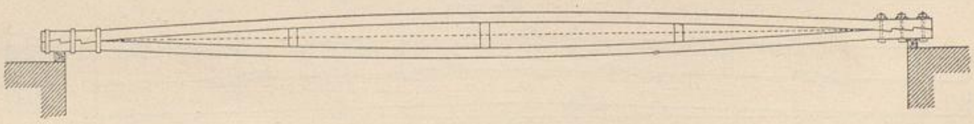


Fig. 326.

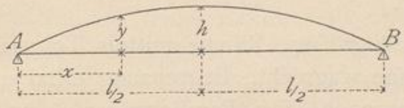


u. 326 links) feſt zuſammenhalten zu laſſen. Da die Druckfeſtigkeit des Holzes etwas geringer als ſeine Zugfeſtigkeit iſt, ſo lieſs *Laves* dem oberen Balkenteile etwa $\frac{4}{3}$ von der Stärke des unteren, alſo dem erſteren $\frac{4}{7} h$ und dem letzteren $\frac{3}{7} h$ zur Höhe geben.

82) Siehe auch: Thullie, M. R. v. Zur Anwendung verzahnter und verdübelter Träger. Centralb. d. Bauverw. 1895, S. 296.

Wo die Stärke eines Balkens nicht ausreicht, um die zuvor angegebenen nötigen Widerftandsmomente zu erzielen, kann man durch Zufammenfetzen je zweier Balken, welche man an den Enden feft verbindet und von welchen man entweder nur den unteren oder nur den oberen (Fig. 325) oder auch beide (Fig. 326) biegt, und durch hölzerne Spreizen oder hölzerne Zangen auseinander hält, fich helfen. 160. Gefpreizte Balken.

Fig. 327.



Bezeichnet man die Ordinaten der Schwerlinien beider Balken (Fig. 327) für die beliebige Abfciffe x und die halbe Stützweite $\frac{l}{2}$ bezw. mit y und h und die Angriffsmomente der wagrechten Kräfte in den dafelbft geführten lotrechten Schnitten bezw. mit M_x und $M_{\frac{l}{2}}$, fo ergibt fich die Form der gefpreizten Balken aus der Gleichung

$$y = \frac{M_x}{M_{\frac{l}{2}}} h, \quad \ldots \ldots \quad 37.$$

welche z. B. für gleichförmig auf die Projektion verteilte 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

$$y = \frac{4h}{l^2} x (l-x), \quad \ldots \ldots \quad 38.$$

alfo in die Gleichung der quadratifchen Parabel übergeht. Der Querfchnitt F_z des gezogenen und F_d des gedrückten Balkens hat gleichzeitig den darin auftretenden wagrechten und lotrechten Kräften

$$H_x = \frac{M_x}{y} \quad \text{und} \quad V_x = \frac{d\,M_x}{d_x} \quad \ldots \ldots \quad 39.$$

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

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

$$F_d = \frac{M_x}{y\,d} \quad \text{und} \quad F_d' = \frac{1}{v} \frac{d\,M_x}{d_x} \quad \ldots \ldots \quad 41.$$

ergeben.

Für den quadratifch-parabolifchen Balken mit gleichförmig auf die Projektion verteilter Belaftung erhält man bezw.

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

ferner

$$F_d = \frac{1}{d} \frac{g\,l^2}{8\,h} \quad \text{und} \quad F_d' = \frac{1}{v} g \left(\frac{l}{2} - x\right), \quad \ldots \ldots \quad 43.$$

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

$$\frac{F_z}{F_d} = \frac{d}{z} \quad \ldots \ldots \quad 44.$$

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

$$F_z' = F_d' = \frac{1}{v} \cdot \frac{g\,l}{2} \quad \ldots \ldots \quad 45.$$

erreichen. Für die Querfchnitte des quadratifch-parabolifchen Balkens find alfo in feiner Mitte nur die Momente, in allen übrigen, vorzugsweife über den Auflagern befindlichen Querfchnitten die Momente und lotrechten 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 wagrechten Kräfte $\frac{g\,l^2}{8\,h}$ aufgehoben werden, was man durch

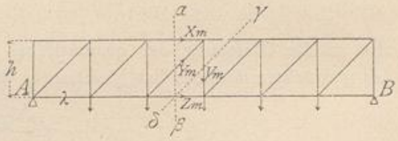
Verſatzung, Verzahnung oder Verdübelung in Verbindung mit Schrauben und Bändern erreichen kann. Die geſpreizten Träger erfordern je zwei durchgehende Balken, weshalb ſie auf Spannweiten von 10 bis 12 m beſchränkt ſind, und geſtatten wegen ihrer Form bei Decken nur dann Anwendung, wenn eine wagrechte Ausgleichung von Fuſsboden und Decke beſonders hergeſtellt wird.

c) Gitterträger.

161. Ermittelung der Spannungen.

Wo bedeutendere Laſten zu übertragen und gröſsere Räume mittels Trägern zu überſpannen ſind, welche oben und unten eine wagrechte Begrenzung erhalten ſollen, ſind Fachwerkträger mit parallelen Gurtungen (ſog. Parallelträger[83]) und recktwinkeligem Stabſyſtem mit Vorteil zu verwenden. Sie erhalten zwei doppelte hölzerne Gurtungen, zwiſchen welche hölzerne, gewöhnlich unter halbem rechten Winkel geneigte gekreuzte Diagonalen und hölzerne oder eiſerne Vertikalen (Träger mit kombiniertem Gitterwerk[78]) nach dem Syſtem *Howe* eingeſchaltet ſind (Fig. 329 bis 331). Hierbei werden am vorteilhafteſten alle die eine ſeitliche Uebertragung der Laſten auf beide Stützpunkte bewirkenden Hauptdiagonalen, ſowie die zur Ausſteifung der Felder eingeſchalteten Gegendiagonalen für Druck, jene Vertikalen für Zug konſtruiert.

Fig. 328.



Nimmt man an, ein ſolcher Gitterträger (Fig. 328), 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 ſeine untere Gurtung gelegt oder an dieſelbe angehängt werden), ſo beträgt die gröſste Druckſpannung des beliebigen m-ten oberen Gurtungsſtückes[84])

$$X_m\,min = -\frac{(p+q)\lambda}{2h}(m-1)(n+1-m) = -C(m-1)(n+1-m) \qquad 46.$$

und die gröſste Zugſpannung des m-ten unteren Gurtungsſtückes[84])

$$Z_m\,min = \frac{(p+q)\lambda}{2h}\,m(n-m) = C\,m(n-m), \quad . \quad . \quad . \quad 47.$$

worin C dieſelbe Konſtante darſtellt, welche daher bezw. mit zwei verſchiedenen veränderlichen, in den ſchräg gegenüber liegenden Gurtungsſtücken benachbarter Felder gleichen Produkten zu multiplizieren iſt.

Die Grenzſpannungen der Diagonalen 1 bis n mit der durchweg gleichen Länge $t = \sqrt{\lambda^2 + h^2}$ ſind für Druck und Zug[85]) bezw.

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

und

$$Y_m\,max = \frac{t}{2h}\left[-p(n+1-2m) + \frac{q}{n}\,m(m-1)\right], \quad . \quad . \quad . \quad 49.$$

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

Die Grenzſpannungen in den Vertikalen 0 bis $n-1$ ſind für Zug und Druck[85]) bezw.

---

83) Siehe Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte, Art. 374, S. 338 (2. Aufl.: Art. 166, S. 148; 3. Aufl.: Art. 167, S. 168) dieſes »Handbuches«.

84) Siehe ebendaſ., Art. 386, S. 351 (2. Aufl.: Art. 180, S. 163; 3. Aufl.: Art. 182, S. 183).

85) Siehe ebendaſ., Art. 387, S. 351 (2. Aufl.: Art. 181, S. 164; 3. Aufl.: Art. 183, S. 184).

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

und

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

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 seiner 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 seine obere Gurtung gelegt werden), so bleiben die Spannungen der Gurtungen und Diagonalen dieselben und die Grenzspannungen nur der Vertikalen von 0 bis $n-1$ gehen in die folgenden[85]) über:

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

und

$$V_m min = \frac{p}{2}(n-1-2m) - \frac{q}{2n} m(m+1) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 53.$$

In den meisten im Hochbauwesen vorkommenden Fällen erhalten die hölzernen Gitterträger durchweg gleiche Stärken ihrer Gurtungen und Stäbe, wodurch zwar ihr Materialbedarf vermehrt, aber ihre Konstruktion wesentlich vereinfacht wird. In diesem Falle hat man nur die gröfsten Spannungen der Gurtungen und der Stäbe, welche bezw. in der Mitte und an den Enden dieser Träger eintreten, zu ermitteln und hiernach ihre Querschnitte festzustellen.

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

$$X_m min = -\frac{(p+q)\lambda}{2h}\left(\frac{n^2}{4} - 1\right), \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 54.$$

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

$$Z_m max = \frac{(p+q)\lambda}{2h} \cdot \frac{n^2}{4} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 55.$$

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

$$Y_m min = -\frac{t}{2h}(p+q)(n+1) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 56.$$

und die absolut gröfste Zugspannung der Vertikalen

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

wenn der Träger unten, und

$$V_m max = \frac{1}{2}(p+q)(n-1), \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 58.$$

wenn derselbe oben belastet ist.

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 gröfste zuläffige Zug- und Druck- 162. Querschnitts-ermittelung.

ſpannung, ſo iſt, wenn die Trägerlänge $n\lambda = l$ geſetzt wird, der erforderliche konſtante nutzbare Querſchnitt der oberen Gurtung

$$F_x = \frac{n\,(p+q)\,l}{8\,d\,h}, \qquad 59.$$

der unteren Gurtung

$$F_z = \frac{n\,(p+q)\,l}{8\,z\,h}, \qquad 60.$$

der Diagonalen

$$F_d = \frac{(n+1)\ (p+q)\,t}{2\,d\,h} \qquad 61.$$

und der entweder hölzernen oder eiſernen Vertikalen bezw.

$$F_v = \frac{(n+1)\ (p+q)}{2\,z} \quad \text{oder} \quad F_v = \frac{(n-1)\ (p+q)}{2\,z}, \qquad 62.$$

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

163. Konſtruktion. Bei Anwendung hölzerner Vertikalen werden dieſelben auf beiden Seiten mit den beiden Gurtungen verblattet und oben und unten mit ihnen verbolzt, während die gekreuzten Diagonalen, die in ihren Kreuzungspunkten verblattet und genagelt werden, durch Zapfen ohne oder mit Verſatzung mit ihnen verbunden ſind (Fig. 329). Bei Anwendung eiſerner, mit Kopf und Mutter verſehener Vertikalen werden dieſelben durch kurze hölzerne, von auſsen quer über und unter die Gurtungen gelegte Sattelſtücke geſteckt, die Diagonalen mittels Zapfen zwiſchen die Gurtungen eingeſchaltet und dieſe ſämtlichen Teile durch Anziehen der erwähnten Muttern feſt zuſammengepreſst (Fig. 330).

Fig. 329.

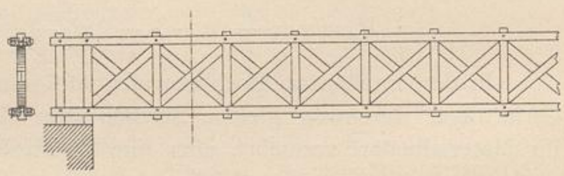


Fig. 330.

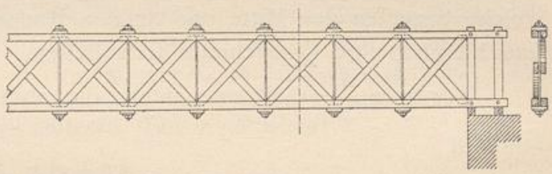
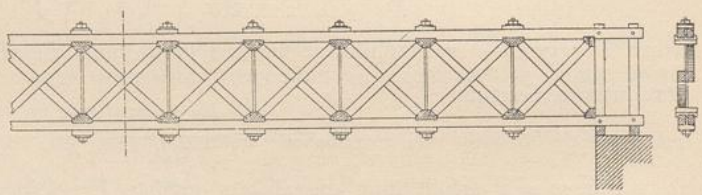


Fig. 331.



Bei Gitterträgern für gröſsere Spannweiten mit bedeutenderen Belaſtungen ſchaltet man zwiſchen die Enden entgegengeſetzt geneigter Diagonalen beſondere Spannklötze ein, gegen welche ſich die letzteren ſtemmen und welche von den Hängeeiſen durchſetzt werden (Fig. 331).

d) Armierte Balken.

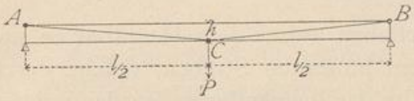
Die Tragfähigkeit von Balken, welche für ſich zu ſchwach ſind, um eine gegebene Laſt zu tragen, kann durch Verbindung derſelben mit Hängewerken (Fig. 333 u. 335) oder Sprengwerken (Fig. 336) erhöht werden, wobei dieſe Hilfskonſtruktionen für kleinere und gröſsere Spannweiten bezw. einfach und doppelt angewendet werden.

1) Hängewerkbalken.

Iſt ein Balken von der Länge l, Breite b und Höhe h (Fig. 332) verfügbar, ſo iſt derſelbe bei ſeiner gröſsten zuläſſigen Beanſpruchung d im ſtande, von der gröſsten, in ſeiner Mitte wirkenden Laſt P den Anteil

164. Einfache Hängewerkbalken.

Fig. 332.



$$\alpha P = \frac{2}{3} \frac{d b h^2}{l} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 63.$$

zu tragen, woraus α zu beſtimmen iſt. Um den Reſt $P(1-\alpha)$ der Laſt übertragen zu können, müſſen die Zugſtangen auf jeder Seite bei einer gröſsten zuläſſigen Beanſpruchung z den nutzbaren Querſchnitt

$$F = \frac{P(1-\alpha)}{2z} \cdot \frac{\sqrt{4h^2 + l^2}}{2h} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 64.$$

erhalten, wovon bei je zwei Zugſtangen auf jede die Hälfte kommt. Werden dieſelben, wie gewöhnlich, aus Rundeiſen hergeſtellt und an den äuſseren Enden mit Gewinden von 0,2 Tiefe des äuſseren Durchmeſſers verſehen, ſo beträgt ihr äuſserer Durchmeſſer

$$D = \frac{2}{1 - 0{,}4} \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 1{,}88 \sqrt{F} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 65.$$

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

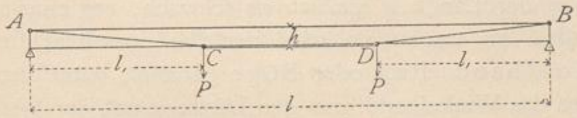
Fig. 333.

ein eiſerner, den hölzernen Balken unterſtützender Querbolzen geſteckt und durch Splinte oder Schrauben feſtgehalten wird (Fig. 333).

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. 334), ſo kann er von jeder derſelben den Anteil

165. Doppelte Hängewerkbalken.

Fig. 334.



$$\alpha P = \frac{1}{6} \frac{d b h^2}{l_1} \quad . \quad 66.$$

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

Fig. 335.

$$F = \frac{P(1-\alpha)}{z} \, \frac{\sqrt{h^2 + l_1^2}}{h} \quad \text{und} \quad F_1 = \frac{P(1-\alpha)}{z} \cdot \frac{l_1}{h} \quad . \quad . \quad . \quad 67.$$

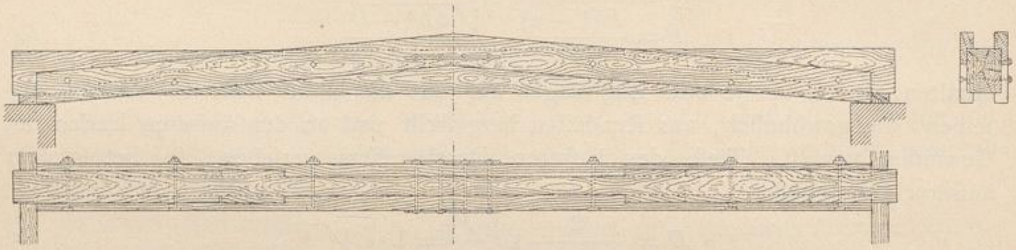
erhalten, woraus ihr äufserer Durchmeffer wie vorher zu beftimmen ift. Die Konftruktion ift derjenigen der einfachen Hängewerkbalken gleich (Fig. 335).

2) Sprengwerkbalken.

166. Einfache Sprengwerkbalken.

Einfache Sprengwerkbalken (Fig. 336) beftehen aufser dem Hauptbalken aus je zwei zu beiden Seiten angebrachten, geneigten hölzernen Streben, welche durch Schraubenbolzen mit jenem verbunden werden. Um das Ineinanderpreffen der Streben an den fich berührenden Hirnenden zu vermeiden, legt man hinreichend grofse

Fig. 336.



Zink-, Kupfer- oder Eifenplättchen ein. Die ftatifche Berechnung ift derjenigen der einfachen Hängewerkbalken gleich; nur ift in die Gleichung 63 für F der Wert d ftatt z einzuführen und auf Holz zu beziehen.

167. Doppelte Sprengwerkbalken.

Doppelte Sprengwerkbalken unterfcheiden fich von den einfachen nur durch wagrechte zwifchen die Streben eingefchaltete Spannriegel, werden jedoch ebenfo konftruiert und mit denfelben Abänderungen wie die doppelten Hängewerkbalken berechnet.

---

4. Kapitel.

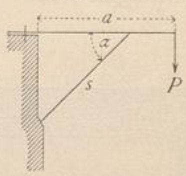
Balkenverbände.

a) Winkelbänder.

168. Berechnung.

Ift ein wagrechter, am einen Ende feftgehaltener, am anderen Ende frei fchwebender Balken (Fig. 337) von der Länge a für fich zu fchwach, um eine an feinem freien Ende wirkende Laft P zu tragen, fo wird derfelbe am einfachften durch ein Winkelband, auch Kopfband, Bug oder Büge genannt, unterftützt. Bezeichnet α den Winkel, welchen das Winkelband von der Länge s mit der Wagrechten einfchliefst, fo ift, wenn von der Biegungsfeftigkeit des wagrechten Balkens abgefehen wird, der längs des Winkelbandes wirkende Druck

Fig. 337.



$$S = P \frac{a}{s \cos \alpha \sin \alpha} = P \frac{2a}{s \sin 2\alpha} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 68.$$

und der längs des wagrechten Balkens wirkende Zug

$$H = S \cos \alpha = P \frac{a}{s \sin \alpha} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 69.$$