Das größte Biegungsmoment stellt sich hier in der Mitte zu

$$M = q\,\frac{l^2}{8} = 1200\,\frac{36}{8} = 5400\,\mathrm{mkg}.$$

Nimmt man an, daß die Bolzen 20 mm stark sind, also nur eine wirksame Breite von 200 — 20 = 180 mm verbleibt, und setzt man voraus, daß in der Mitte des Balkens eine Verschwächung durch Zähne nicht stattfindet, so erhält man die Höhe $2h$ des verzahnten Trägers durch

$$M = s\,W = s\,\frac{1}{6}\,0{,}180\,(2\,h)^2,$$

woraus mit $s = 1$ kg pro Quadratmeter

$$2h = \sqrt{\frac{M}{s\,.\,0{,}03}} = \sqrt{\frac{5400}{1\,.\,1000\,000\,.\,0{,}03}} = 0{,}424\,\mathrm{m}$$

folgt. Giebt man daher jedem der beiden Balken eine Höhe von 0,212 m und den Zähnen eine Tiefe $\delta = 0{,}024$ m, so hat man für die Träger an den Enden das Widerstandsmoment

$$W = \frac{1}{12}\,0{,}180\,\frac{0{,}424^3 - 0{,}024^3}{0{,}212} = 0{,}005391$$

und die reducirte Querschnittsfläche jeder Querschnittshälfte

$$f = \frac{1}{2}\cdot 0{,}180\left(0{,}212 - \frac{0{,}012}{0{,}212}\,0{,}012\right) = 0{,}09\,.\,0{,}211 = 0{,}019.$$

Da ferner für die Enden des Trägers

$$V = q\,\frac{l}{2} = 1200\,.\,3 = 3600\,\mathrm{kg}$$

ist, so erhält man die Schubspannung daselbst pro Quadratmeter zu

$$\sigma = \frac{1}{b}\,\frac{f}{W}\,Q = \frac{1}{0{,}180}\,\frac{0{,}019}{0{,}005391}\,3600 = \frac{68\,400}{0{,}970} = 70516\,\mathrm{kg}$$

oder pro 1 qmm $\sigma = 0{,}07$ kg, eine Beanspruchung, welche das Holz noch mit Sicherheit verträgt. Giebt man den Zähnen eine Länge $\lambda = 0{,}200$ m, macht man also

$$n = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0{,}200}{0{,}024} = 8{,}33,$$

so werden die Hirnenden der Zähne mit

$$s = n\,\sigma = 8{,}33\,.\,0{,}07 = 0{,}56\,\mathrm{kg}$$

gedrückt.

§. 51. **Blechbalken.** Da bei allen der Biegung unterworfenen Balken das Material um so vortheilhafter ausgenutzt wird, in je größerer Entfernung von der neutralen Axe dasselbe angebracht ist, so ist man bei allen größeren Trägern, wie sie für Brücken und Ueberdachungen ausgeführt werden, dazu übergegangen, das den Zug bezw. Druck vornehmlich aufnehmende Material in zwei zu beiden Seiten der neutralen Axe angeordneten Längsbändern oder sogenannten Gurtungen (Streckbäumen) unterzubringen. Diese Gurtungen, welche gewissermaßen den Flanschen der I förmigen Träger entsprechen, sind durch zwischen denselben anzubringende Füllungsglieder derart mit einander in Verbindung zu bringen, daß das ganze System sich wie ein einziger Balken gegen die Biegung verhält, und jede Gurtung dadurch verhindert ist, sich selbständig wie ein einfacher Balken durchzubiegen.

Das einfachste und zuerst hierzu angewandte Füllungs- oder Zwischenglied besteht in einer verticalen Blechwand AB, Fig. 208, welche aus Eisenblechtafeln von 6 bis 25 mm Stärke zusammengesetzt und oben und unten mittelst Winkeleisen mit den aus gewalzten Eisenplatten bestehenden

Fig. 208.

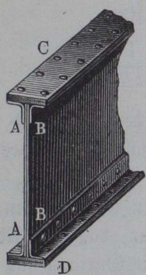
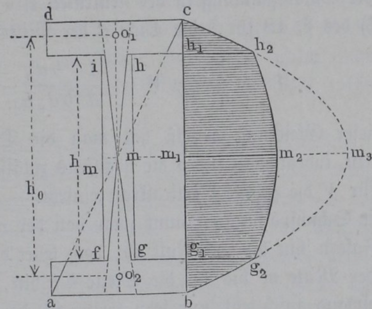


Fig. 209.



Gurtungen C und D vernietet ist. Bezeichnet man mit h_m die Höhe und d die Dicke dieser mittleren Blechwand, und mit b die Breite und d_g die Dicke des als Rechteck zu denkenden Querschnittes einer jeden Gurtung, so ist der ganze Trägerquerschnitt durch

$$F = h_m d + 2 b d_g = F_m + 2 F_g \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

gegeben, wenn man mit F_m den Querschnitt der Mittelwand und mit F_g den einer jeden Gurtung bezeichnet.

Nach dem in §. 47 Gesagten ist die halbe reducirte Querschnittsfläche $f_m = m h i$ der Mittelwand eines $\perp$ förmigen Querschnittes, Fig. 209, bei geringer Dicke der Mittelwand gegen diejenige $f_g = d c h i$ einer Gurtung nur gering, so daß in allen Fällen der Praxis f_m gegen f_g vernachlässigt und

$$f = f_g = F_g = b d_g \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

gesetzt werden kann.

Nimmt man demgemäß an, daß eine Gurtung in allen Punkten ihres Querschnittes einer und derselben Spannung ausgesetzt ist, so hat man den Schwerpunkt aller dieser Spannungen in demjenigen o des Gurtungsquerschnittes anzunehmen und erhält daher das Widerstandsmoment des Querschnittes zu

$$W = F_g \cdot o_1 o_2 = b\, d_g\, (h_m + d_g) = b\, d_g\, h_0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

wenn man die Entfernung $o_1 o_2 = h_m + d_g$ zwischen den Mitten der Gurtungsquerschnitte mit h_0 bezeichnet.

Mit Hülfe dieser Formeln bestimmt sich nun für irgend welchen Querschnitt des Blechbalkens, welcher dem Biegungsmomente M und der Verticalkraft V ausgesetzt ist, die größte Biegungsspannung in den Gurtungen zu

$$s = \frac{M}{W} = \frac{M}{b\, d_g h_0} = \frac{M}{F_g h_0}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

und die Schubspannung in der neutralen Axe pro Flächeneinheit, wenn man in (7) des §. 48 für b die Dicke d der Mittelwand setzt:

$$\sigma = \frac{1}{d}\, \frac{f}{W}\, V = \frac{1}{d}\, \frac{b\, d_g}{b\, d_g h_0}\, V = \frac{V}{d\, h_0} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Dieser Gleichung gemäß hat man die Dicke d der Blechwand zu bestimmen, indem man für σ die höchstens zulässige Schubspannung des Eisens und für V die größte Verticalkraft einsetzt.

Die Schubspannung nimmt zwar von der neutralen Axe nach den äußersten Fasern hin bis auf Null ab, doch lehrt die Figur, daß diese Abnahme von der Mitte m bis an die Stelle $h\, i$ hin, wo die Gurtung sich an die Mittelwand anschließt, nur sehr gering ist, da der die Schubspannungen der Mittelwand darstellende Parabelbogen $h_2\, m_2\, g_2$ sehr flach ist. Man kann daher mit genügender Genauigkeit die Schubspannung in $h\, i$ gleich derjenigen nach (5) bestimmten in der neutralen Axe voraussetzen.

Um nun auch den Gurtungsquerschnitt F_g zu bestimmen, hat man zwei Fälle zu unterscheiden, je nachdem der größte Werth des Biegungsmomentes M mit dem größten Werthe der Verticalkraft V in demselben Querschnitte zusammentrifft oder nicht.

Der letztere Fall stellt sich ein bei einem auf zwei Stützen frei aufruhenden, dazwischen belasteten Träger, der erste Fall bei einem an den Enden eingeklemmten Balken, sowie bei einem an dem einen Ende eingemauerten Consolträger. Es mögen diese beiden Fälle hier gesondert betrachtet werden.

Liegt ein Blechbalken von der Länge l frei auf zwei Stützen auf, und ist derselbe etwa durch eine gleichmäßig vertheilte Belastung $q\, l$ angegriffen, so tritt das größte Biegungsmoment $M = \frac{q\, l^2}{8}$ in der Mitte auf, während die größte Verticalkraft in den Querschnitten durch die Stützen wirkt, wo sie durch $V = q\, \frac{l}{2}$ dargestellt ist. In Folge des Momentes tritt in den Gurtungen des mittleren Querschnittes eine Biegungsspannung nach (4) von

$$s = \frac{M}{W} = \frac{1}{8}\,\frac{q\,l^2}{F_g\,h_0} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

auf, während in diesem Querschnitte die Schubspannung in allen Punkten gleich Null ist. Die Schubspannung erreicht dagegen ihr Maximum in den Querschnitten durch die Stützen nach (5) im Betrage

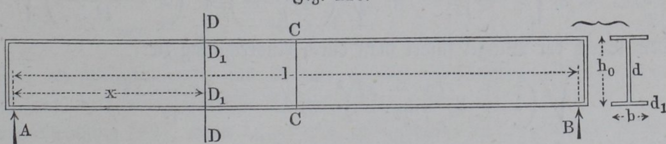
$$\sigma = \frac{V}{d\,h_0} = \frac{1}{2}\,\frac{q\,l}{d\,h_0}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

während in diesen Querschnitten die Biegungsspannung gleich Null ist. Man kann daher bei einer angenommenen oder vorgeschriebenen Höhe h_0 des Trägers aus (5) die Dicke d der Mittelwand und aus (4) die Größe F_g des Gurtungsquerschnittes in der Mitte berechnen, indem man in beiden Formeln für σ bezw. s die für das Material höchstens zulässigen Werthe einsetzt.

Nach der Gleichung (4) würde der mit M proportionale Querschnitt F_g der Gurtung von dem für die Balkenmitte berechneten Werthe nach den Enden hin bis auf Null abnehmen dürfen, vorausgesetzt, daß in dem Balken überhaupt nur Biegungsspannungen vorkämen. Wegen der Schubspannungen ist eine derartige Verminderung des Gurtungsquerschnittes aber nicht angängig, ohne die Materialbeanspruchung übermäßig zu steigern, wie die folgende Untersuchung zeigt, für welche zunächst ein überall gleicher Querschnitt F_g der Gurtung vorausgesetzt sein mag.

Gesetzt, der auf zwei Stützen A und B ruhende gleichmäßig belastete Balken, Fig. 210, sei so angeordnet, daß den vorstehenden Formeln (6) und (7) gemäß sowohl die äußerste Biegungsspannung in der Mitte CC, als

Fig. 210.



auch die Schubspannung in der Mittelwand bei A und B gerade den noch zulässigen Werth s_1 für das Material erreicht, so daß man also hat

$$s_1 = \frac{1}{8}\,\frac{q\,l^2}{F_g h_0} = \frac{1}{2}\,\frac{q\,l}{d\,h_0} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

In irgend welchem anderen Querschnitte DD im Abstande x von A wird offenbar die größte Spannung an denjenigen Stellen D_1 eintreten, in welchen die Mittelwand sich an die Gurtung anschließt, denn eine in dieser Anschlußfläche liegende Faser wird als zur Gurtung und zur Mittelwand gehörig, sowohl der Biegungsspannung s der ersteren wie auch der Schubspannung σ der letzteren unterworfen sein. Die maximale Anstrengung dieser Faser bestimmt sich daher nach (4) in §. 49 dem absoluten Werthe nach zu

$$s_{max} = \frac{s}{2} + \sqrt{\sigma^2 + \left(\frac{s}{2}\right)^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

Hierin bedeuten s und σ die gedachten, in dem Querschnitte x bei D_1 und D_1 auftretenden Biegungs- und Schubspannungen. Man findet dieselben durch

$$s = \frac{M_x}{W} = \frac{q\,\frac{l}{2}\,x - q\,\frac{x^2}{2}}{F_g\,h_0} = \frac{q}{2\,F_g\,h_0}\,(l - x)\,x$$

und

$$\sigma = \frac{V_x}{d\,h_0} = \frac{q\left(\frac{l}{2} - x\right)}{d\,h_0}.$$

Hieraus erhält man mit Rücksicht auf (8) auch

$$s = 4\,\frac{l\,x - x^2}{l^2}\,s_1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

und

$$\sigma = \frac{l - 2\,x}{l}\,s_1, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

so daß man mit diesen Werthen aus (9) die gesuchte größte Anstrengung der Faser in dem Querschnitte x bei D_1 erhält:

$$s_{max} = s_1\left[2\,\frac{l\,x - x^2}{l^2} + \sqrt{\left(\frac{l - 2\,x}{l}\right)^2 + \left(2\,\frac{l\,x - x^2}{l^2}\right)^2}\,\right].$$

Den Werth der Wurzel findet man durch Ausrechnung zu:

$$\sqrt{\left(1 - 2\,\frac{l\,x - x^2}{l^2}\right)^2} = 1 - 2\,\frac{l\,x - x^2}{l^2},$$

und daher erhält man

$$s_{max} = s_1\left(2\,\frac{l\,x - x^2}{l^2} + 1 - 2\,\frac{l\,x - x^2}{l^2}\right) = s_1.$$

Diese Rechnung besagt also, daß, wenn der Gurtungsquerschnitt der gemachten Voraussetzung gemäß *überall dieselbe Größe* hat, die absolut größte Spannung in allen Querschnitten ebenfalls denselben Werth s_1 annimmt, und zwar in denjenigen Fasern, in welchen die Mittelwand sich an die Gurtungen anschließt. Es geht hieraus hervor, daß es *nicht gestattet ist, den Querschnitt der Gurtungen nach den Stützen hin zu verkleinern*, weil sonst, wie man leicht erkennt, die vorstehende

Rechnung für jeden Querschnitt x in den Punkten D_1 eine Spannung $s_{max} > s_1$ liefern müßte, indem nunmehr bei der Zusammensetzung der Biegungsspannung s und der Schubspannung σ, wie sie durch (9) dargestellt ist, ein größerer Werth von s erscheint, als der unter der Annahme gleicher Gurtungsquerschnitte in (10) berechnete.

Wenn der Balken anderenfalls nicht frei aufliegt, sondern an den Enden eingespannt ist, so stellen sich die größte Biegungsspannung s und die größte Schubspannung σ in einem und demselben Querschnitte, nämlich an der Befestigungsstelle ein. Es genügt daher jetzt nicht mehr, wie im vorhergehenden Falle geschehen, den Gurtungsquerschnitt lediglich unter Berücksichtigung der Biegungsspannung s, und die Mittelwand mit Rücksicht auf die Schubspannung σ allein so festzustellen, daß jede dieser Spannungen höchstens den zulässigen Betrag s_1 annimmt. Man muß hier vielmehr die maximale Spannung in Betracht ziehen, welche sich in dem Querschnitte an der Befestigungsstelle und zwar wieder da einstellt, wo die Gurtung sich an die Mittelwand anschließt, indem an diesem Punkte die größte Biegungsspannung s mit der größten Schubspannung σ zusammentrifft. Diese größte resultirende Spannung s_{max} findet man wieder nach (9) zu

$$s_{max} = \frac{s}{2} + \sqrt{\sigma^2 + \left(\frac{s}{2}\right)^2},$$

in welchen Ausdruck man in jedem besonderen Falle

$$s = \frac{M}{W} = \frac{M}{F_g h_0} \text{ und } \sigma = \frac{V}{d h_0}$$

einzuführen hat, so daß man erhält

$$s_{max} = \frac{M}{2 F_g h_0} + \sqrt{\left(\frac{V}{d h_0}\right)^2 + \left(\frac{M}{2 F_g h_0}\right)^2} \quad . \; . \; . \quad (12)$$

Aus der Belastungsart sind M und V für die Befestigungsstelle immer bekannt, und wenn noch die Trägerhöhe h_0 gegeben ist, so kann man aus der Gleichung (12), wenn $s_{max} = s_1$ gesetzt wird, von den beiden Größen F_g und d die eine bestimmen, wenn die andere beliebig angenommen wird. Da man hierbei hinsichtlich der Wahl der einen Größe noch vollkommen frei ist, so kann man noch eine andere Bedingung stellen, z. B. diejenige, die Verhältnisse so zu wählen, daß das Gewicht des Balkens, d. h. der Querschnitt $F = 2 F_g + h d$ ein Minimum wird. Um diese Aufgabe zu lösen, hätte man diesen Ausdruck für F nach d zu differentiiren, nachdem darin zunächst aus (12) der Gurtungsquerschnitt F_g als Function von d eingeführt worden ist, und in bekannter Weise zu verfahren.

In welchem Betrage die Anstrengung des Materials in dem vorliegenden Falle durch das Zusammentreffen der größten Schub- und der größten

Biegungsspannung vergrößert wird, ist aus der Gleichung (9) ersichtlich. Gesetzt, man hätte den Trägerquerschnitt so bestimmt, daß die größte Biegungsspannung s an der Befestigungsstelle ebensowohl wie die größte Schubspannung σ daselbst gleich dem zulässigen Werthe s_1 wäre, so fände man mit $s = \sigma = s_1$ aus (9):

$$s_{max} = s_1 \left(\frac{1}{2} + \sqrt{1 + \frac{1}{4}}\right) = 1{,}618\, s_1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

Das Material würde daher an der mehrfach gedachten gefährdeten Stelle, wo die Mittelwand sich an die Gurtung anschließt, eine im Verhältnisse 1,618 mal zu große Anstrengung zu erleiden haben, und man hätte deshalb, um die Anspannung an dieser Stelle jedenfalls nicht über s_1 wachsen zu lassen, bei der Berechnung des Gurtungsquerschnittes nach (4) und der Stärke d der Mittelwand nach (5) nicht den Werth s_1, sondern nur

$$\frac{1}{1{,}618}\, s_1 = 0{,}62\, s_1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14)$$

als zulässig in Rechnung zu bringen.

Es ist klar, daß bei den Verbindungen der einzelnen Platten und Eckeisen mit einander durch Vernietung die an der betreffenden Stelle auftretenden Spannungen ebenfalls durch die Nietbolzen aufgenommen werden müssen. Danach ist auch ersichtlich, daß eine in horizontaler Richtung angeordnete Nietreihe, wie sie beispielsweise die Verbindung der Eckeisen mit der Mittelwand oder mit den Deckplatten der Gurtungen bewirkt, nur durch die horizontale Schubkraft beansprucht wird, welche nach §. 48 pro Längeneinheit durch

$$b\,\sigma = \frac{f}{W}\, V$$

zu bestimmen ist. Wird daher unter δ der Durchmesser der Nietbolzen und unter s' die zulässige Abscheerungsspannung verstanden, so erhält man die Anzahl n der Nietbolzen für jede Längeneinheit der Fuge durch

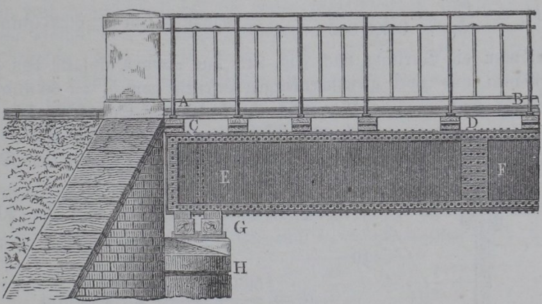
$$n\, \frac{\pi\, \delta^2}{4}\, s' = \frac{f}{W}\, V \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

Dagegen sind die Nieten für verticale Nietfugen, wie sie z. B. bei dem Zusammenstoßen der die Mittelwand bildenden Platten entstehen, einer Einwirkung sowohl der horizontalen Biegungsspannung s wie auch der verticalen Schubspannung σ, also einer totalen Spannung gleich $\sqrt{s^2 + \sigma^2}$ ausgesetzt.

Ueber die Verhältnisse, welche für die Nietungen gelten, muß auf das in Thl. I, Abschn. IV, Cap. 3 darüber Gesagte verwiesen werden. In Betreff der Gurtungsquerschnitte hat man bei den einer Zugspannung ausgesetzten Gurtungen die durch das Nietloch beanspruchte Querschnittsfläche $d_1 \delta$ als eine Verschwächung in Abzug zu bringen, während bei den gedrückten Gurtungen eine Schwächung durch die Nietlöcher nicht stattfindet, da die gut passenden Nietbolzen die Druckübertragung ebenso gut übernehmen, wie das Material der Gurtung. Jedenfalls wird man dafür sorgen, daß in irgend welchem Querschnitte jede Gurtung durch höchstens ein Nietloch verschwächt wird. Zu den Gurtungsquerschnitten werden bei der praktischen Ausführung der Rechnung außer den Durchschnitten der horizontalen Deckplatten auch die Querschnitte der beiden Winkeleisen gerechnet, welche diese Deckplatten mit der Mittelwand verbinden.

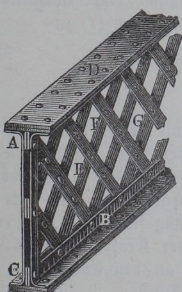
Eine einfache Blechträgerbrücke für Eisenbahnen ist theilweise in Fig. 211 dargestellt. Die ganze Bahn AB ruht hier mittelst Querschwellen $CD\ldots$ auf sechs $\perp$ förmigen Blechträgern wie EF von 1 bis 1,5 m Höhe, welche unter sich selbst wieder durch mehrere Querbalken von Eisenblech verbunden

Fig. 211.



sind. Die Hauptträger liegen auf Holzschwellen G, die durch eiserne Stühle auf den Pfeilern H ruhen. Bei einer von Etzel entworfenen Eisenbahnbrücke über die Aar unweit Olten in der Schweiz hat man auch bogenförmige Blechträger angewendet. Diese Brücke besteht aus drei Oeffnungen von 31,5 m Spannung und 5,1 m Bogenhöhe, und jede Oeffnung wird durch fünf Blechbögen von 0,9 m Höhe und fünf unmittelbar unter der 7,2 m breiten zweigleisigen Bahn liegenden geraden Blechbalken von 0,6 m Höhe überspannt.

Fig. 212.



Anstatt der Blechwand hat man auch die Füllung zwischen den Gurtungen durch ein aus Diagonalstangen AB, $CD\ldots$, Fig. 212, zusammengesetztes Gitterwerk gebildet, indem man diese Diagonalstäbe nicht nur mit den Eckeisen der

Gurtungen, sondern auch unter sich in den Kreuzungspunkten $E, F, G \ldots$ vernietet. Die Wirkungsweise dieser Gitter kann in ähnlicher Art untersucht werden, wie die der weiter unten näher behandelten Fachwerksträger.

Beispiele: 1. Für eine Eisenbahnbrücke sollen die 3,6 m langen Querträger als Blechbalken construirt werden, und es sind die Dimensionen entsprechend einer Belastung des Querträgers gleich 24 000 kg zu ermitteln. Setzt man die Belastung als gleichmäßig über die Trägerlänge vertheilt voraus, so ist das größte Biegungsmoment für die Mitte durch

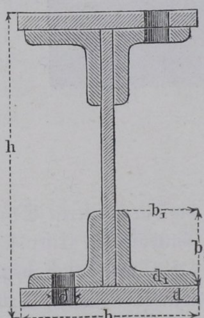
$$M = 24\,000 \, \frac{3{,}6}{8} = 10\,800 \text{ mkg}$$

gegeben. Nimmt man für den Querträger eine ganze Höhe $h = \frac{l}{10} = 0{,}36$ m an und stellt als Abstand der Gurtungsschwerpunkte etwa die Höhe $h_0 = 0{,}32$ m in Rechnung, so erhält man mit einer zulässigen Spannung $s = 6$ kg pro Quadratmillimeter nach (6) die Größe des wirksamen Querschnittes für jede Gurtung:

$$F_g = \frac{M}{s\,h_0} = \frac{10\,800}{6\,000\,000 \,.\, 0{,}32} = 0{,}005625 \text{ qm} = 5625 \text{ qmm}.$$

Bildet man die Gurtung nach Fig. 213 aus einer Deckplatte von der Breite $b = 160$ mm und zwei gleichschenkeligen Eckeisen von $b_1 = 60$ mm Schenkellänge und $d_1 = 12$ mm Schenkelstärke, so ergiebt sich mit Rücksicht auf die Verschwächung durch ein 20 mm weites Nietloch die erforderliche Dicke d der Deckplatte durch

Fig. 213.



$$F_g = 5625 = 2\,(60 + 48)\;12 - 20\,.\,12 + (160 - 20)\;d$$

zu

$$d = \frac{5625 - 2352}{140} = 23{,}3 \text{ mm}$$

Dieser Querschnitt ist mit Rücksicht auf das oben Gesagte den Gurtungen überall zu geben.

Da die verticale Schubkraft an den Enden 12 000 kg beträgt, so ermittelt sich die geringste Stärke d_m der Blechwand, unter der Annahme einer höchstens zulässigen Schubspannung von 4 kg pro Quadratmillimeter, nach (7) zu

$$d_m = \frac{V}{\sigma\,h_0} = \frac{12\,000}{4\,000\,000 \,.\, 0{,}32} = 0{,}0094 \text{ m},$$

wofür man rund 10 mm annehmen wird.

Die Anstrengung der Nieten, welche die Eckeisen mit der Mittelwand verbinden, ist, wie diejenige der Zähne oder Dübel der verzahnten Balken, an den Enden des Balkens am größten. Nimmt man daher daselbst für die Nietbolzen 25 mm Durchmesser, also einen Querschnitt von 491 qmm an, und setzt eine Schubspannung von 4 kg als zulässig voraus, so vermag jeder Niet, da er in zwei Querschnitten abgescheert werden würde, mit einer Kraft von 2 . 4 . 491 = 3928 kg zu widerstehen. Da nun die Schubkraft an den Enden für eine Längeneinheit, d. h. etwa für $\lambda = 1$ mm Trägerlänge durch

$$\sigma\, d_m \lambda = \lambda \frac{V}{h_0} = 0{,}001 \frac{12\,000}{0{,}32} = 37{,}5 \text{ kg}$$

bestimmt ist, so kann daselbst die Entfernung zweier Nieten zu

$$\frac{3928}{37{,}5} = 104{,}7 \text{ mm}$$

angenommen werden: Nach der Mitte hin dürfen die Nieten wegen der geringeren Schubkraft weiter von einander entfernt gesetzt werden. Dasselbe gilt auch für diejenigen Nieten, welche die Gurtungsdeckplatten mit den Eckeisen verbinden, da diese Nieten einer in dem Maße geringeren Schubkraft ausgesetzt sind, in welchem die Größe f in der allgemeinen Formel (5) für die Deckplatte allein kleiner ist, als für die ganze Gurtung. Da einer der vorstehend berechneten Nietbolzen für die Eckeisen von 25 mm Stärke seine ganze Kraft auf die geringe Druckfläche von $10 \times 25 = 250$ qmm der Mittelwand zu übertragen hat, so erkennt man hieraus die Zweckmäßigkeit einer Vergrößerung dieser besagten Druckfläche, wie man sie etwa durch Unterlagsplatten erreichen kann, die an den Enden des Trägers zwischen den Eckeisen und der Mittelwand angebracht werden.

2. Ein Fußgängerbankett soll zur Seite einer eisernen Brücke durch an dem betreffenden Hauptträger befestigte Consolen von 1,6 m Ausladung unterstützt werden. Welche Dimensionen haben diese als Blechbalken auszuführenden Consolträger zu erhalten, wenn die auf einen entfallende gleichmäßig vertheilte Last 1000 kg beträgt, und die Consolen an der Befestigungsstelle eine Höhe von 0,32 m erhalten sollen.

Hier tritt das größte Biegungsmoment $M = 1000 \cdot \frac{1{,}6}{2} = 800$ mkg mit der größten Verticalkraft $V = 1000$ kg gleichzeitig an der Befestigungsstelle auf, und man hat daher, wenn die höchste Materialspannung den Werth $s_1 = 6$ kg per Quadratmillimeter nicht übersteigen soll, und $h_0 = 0{,}3$ m gesetzt wird, nach (12):

$$6 \,.\, 1000\,000 = \frac{800}{0{,}6\, F_g} + \sqrt{\left(\frac{1000}{d_m 0{,}3}\right)^2 + \left(\frac{800}{0{,}6\, F_g}\right)^2}$$

Nimmt man auch hier wegen der Witterungseinflüsse die Dicke d_m der Mittelwand gleich 0,010 m, so schreibt sich diese Gleichung auch

$$\left(6\,000\,000 - \frac{8000}{6\, F_g}\right)^2 = \frac{1\,000\,000^2}{9} + \left(\frac{8000}{6\, F_g}\right)^2,$$

woraus

$$36 - \frac{1}{9} = \frac{2 \,.\, 6 \,.\, 8}{6 \,.\, 1000\, F_g},$$

oder

$$F_g = \frac{0{,}016}{35{,}889} = 0{,}000446 \text{ qm} = 446 \text{ qmm}.$$

Wollte man die Dimensionen nach (14) unter Zugrundelegung einer Anstrengung $s = \sigma = 0{,}62\, s_1 = 0{,}62 \,.\, 6 = 3{,}72$ kg berechnen, so erhielt man mit diesem Werthe aus (4)

$$F_g = \frac{M}{s\, h_0} = \frac{800}{3{,}72 \,.\, 1000\,000 \,.\, 0{,}3} = 716 \text{ qmm},$$

und aus (5)

$$d_m = \frac{V}{\sigma\, h_0} = \frac{1000}{3{,}72 \,.\, 1000\,000 \,.\, 0{,}3} = 0{,}0009 \text{ m},$$

oder noch nicht 1 mm. Diese Anordnung würde, abgesehen davon, daß sie nicht ausführbar ist, ökonomisch vortheilhaft sein, weil bei derselben der Gesammtquerschnitt, also das Trägergewicht, wesentlich kleiner ausfallen würde ($F = 2 \,.\, 716 + 300 \,.\, 0{,}9 = 1702$ qmm), als bei der oben für eine Stärke $d_m = 10$ mm ermittelten Construction, für welche der Trägerquerschnitt an der Befestigungsstelle durch

$$F = 2 \,.\, 446 + 300 \,.\, 10 = 3892 \text{ qmm}$$

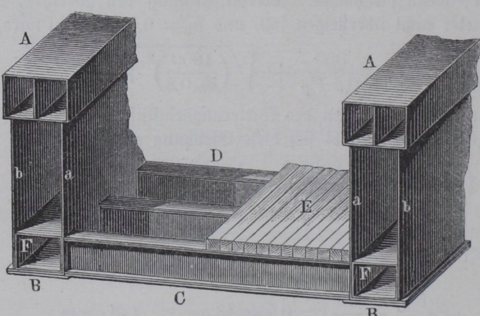
folgt. Mit Rücksicht auf das Rosten des Eisens pflegt man indessen die Blechstärken bei Brücken nicht unter 10 mm anzunehmen.

§. 52. **Röhrenträger.** Um bei größeren Brücken den Blechbalken auch gegen seitliche Ausbiegungen, wie sie durch Erschütterungen und durch den Winddruck angestrebt werden, eine größere Widerstandsfähigkeit zu geben, ist zuerst von R. Stephenson die kasten- oder röhrenförmige Gestalt der Träger angewendet worden, und es sind daraufhin die sogenannten Röhrenbrücken von R. Stephenson und W. Fairbairn entstanden.

Bei den Fairbairn'schen Ausführungen wird die Brücke von zwei parallelepipedischen Röhrenbalken getragen, während Stephenson die ganze Brücke zu einer parallelepipedischen Röhre gestaltete, in deren Innerem die Fahrbahn sich befand.

Eine einfache, durch zwei Röhrenträger AB getragene Brücke zeigt Fig. 214. Jeder der Träger ist hierbei aus zwei verticalen Blechwänden

Fig. 214.



a und b gebildet, welche als Gurtungen oben und unten mit den Röhren A und B von viereckigem Querschnitte verbunden sind. Der unteren Gurtung B hat man dabei durch eine Bodenplatte und der oberen A durch eine eingenietete Zwischenwand die nöthige Versteifung gegeben. Die Brückenbahn E liegt hierbei auf einzelnen I förmigen Blechträgern C, D, welche beiderseits mit den inneren Wänden der Hauptträger vernietet sind. Auch verbindet man wohl die beiden Hauptträger, wie aus Fig. 215 ersichtlich, ober-