Konstruktions-Elemente in Stein, Holz und Eisen, Fundamente

Marx, Erwin

Stuttgart, 1901

b) Schweisseiserne Träger

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

in der Abmeffung der Gurtungsquerfchnitte dabei weniger frei ift und die Schwierigkeiten des Guffes wefentlich gröfsere find.

310. Beifpiel. Beifpiel. Ein Träger von 4^{m} Länge hat auf 1^{cm} $17{,}2^{\mathrm{kg}}$ zu tragen und ruht auf zwei Stützen. Für die Höhe h_1 ftehen nur 30^{cm} zur Verfügung; δ foll $1{,}5^{\mathrm{cm}}$ betragen. Für h ift $h_1 - \frac{\delta_1}{2} - \frac{\delta_2}{2}$, alfo vorläufig annähernd 28^{cm} einzuführen. Es wird nach den Gleichungen 242, wenn $s_g = 250^{\mathrm{kg}}$ für 1^{qcm} zugelaffen wird,

$$f_2 = \frac{5 \,.\, 17{,}2 \cdot 400^2}{8 \cdot 28 \,.\, 250} + \frac{1{,}5 \cdot 28}{6} = 68{,}7^{\mathrm{qcm}} \quad \text{und} \quad f_1 = \frac{68{,}7}{3} - \frac{1{,}5 \cdot 28}{3} = 8{,}9^{\mathrm{qcm}}.$$

Wird fonach $\delta_1 = 1{,}2^{\mathrm{cm}}$ und $\delta_2 = 2{,}8^{\mathrm{cm}}$ gemacht, fo mufs $b_1 = \frac{8{,}9}{1{,}2} = 7{,}4^{\mathrm{cm}}$ und $b_2 = \frac{68{,}7}{2{,}8} = 24{,}5^{\mathrm{cm}}$ werden, und die ganze Höhe beträgt $28 + \frac{1{,}2 + 2{,}8}{2} = 30^{\mathrm{cm}}$.

Da die Formel nur annähernd richtige Ergebniffe liefert, fo mufs nach Gleichung 34 in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte (S. 261[131]) geprüft werden, wie grofs die gröfsten Spannungen oben und unten werden.

Die Lage des Schwerpunktes über der Unterkante des Trägers wird beftimmt durch

$$z_0 = \frac{7{,}4 \cdot 1{,}2 \,.\, 29{,}4 + 26 \cdot 1{,}5 \,.\, 15{,}8 + 24{,}5 \cdot 2{,}8 \,.\, 1{,}4}{7{,}4 \cdot 1{,}2 + 26 \,.\, 1{,}5 + 24{,}5 \cdot 2{,}8} = 8{,}35^{\mathrm{cm}}.$$

Das Trägheitsmoment für die Y-Achfe beträgt[132])

$$\mathcal{J}_y = \frac{1}{3}\Big[24{,}5 \cdot 8{,}35^3 + 7{,}4\,(30 - 8{,}35)^3 - (24{,}5 - 1{,}5)\,(8{,}35 - 2{,}8)^3 -$$
$$- (7{,}4 - 1{,}5)\,(30 - 8{,}35 - 1{,}2)^3\Big] = 11654 \text{ (auf Centim. bezogen)};$$

folglich die Spannung in der Unterkante

$$s' = \frac{17{,}2 \cdot 400^2}{8} \cdot \frac{8{,}35}{11654} = 247^{\mathrm{kg}} \text{ für } 1^{\mathrm{qcm}},$$

in der Oberkante

$$\frac{17{,}2 \cdot 400^2}{8} \cdot \frac{30 - 8{,}35}{11654} = 640^{\mathrm{kg}} \text{ für } 1^{\mathrm{qcm}}.$$

Da die zuläffige Druckfpannung in der Unterkante 250^{kg} für 1^{qcm} war und die zuläffige Druckfpannung bis zum dreifachen der Zugfpannung zugelaffen wird, fo ift die Spannung unten das $\frac{247}{250} = 0{,}99$ fache, oben das $\frac{640}{750} = 0{,}85$fache der zuläffigen, und die Gurtungen können alfo noch auf das $\frac{0{,}99 + 0{,}85}{2} = 0{,}92$fache verfchwächt werden; doch wäre dies mit Rückficht auf die Kleinheit der Mafse der oberen Gurtung nicht zu empfehlen.

b) Schweifseiferne Träger.

Unter den fchweifseifernen Trägern können gewalzte und zufammengefetzte Träger unterfchieden werden. Bei erfteren werden die Eifenbahnfchienen von den fonftigen Walzeifen zu fondern fein; die zufammengefetzten Träger können vollwandig, Blechträger oder gegliedert, Gitterträger, fein.

1) Eifenbahnfchienen als Träger.

311. Anwendung. Eifenbahnfchienen werden bei Hochbauten vielfach als Träger benutzt, hauptfächlich wohl aus dem Grunde, weil fie oft leicht und billig zu haben find; letzteres trifft hauptfächlich für gebrauchte alte Schienen zu. Insbefondere zur Ueberdeckung von Thor- und anderen Wandöffnungen, zur Unterftützung von Treppen, als Erkerträger u. f. w. werden Eifenbahnfchienen häufig benutzt; bisweilen treten fie auch

131) 2. Aufl.: Gleichung 42 (S. 64); 3. Aufl.: Gleichung 56 (S. 75).

132) Nach: Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte (Art. 310, S. 268 diefes »Handbuches«.

bei der Ueberwölbung von Keller- und anderen Räumen an die Stelle von I-förmigen Walzträgern (fiehe unter 2).

Die einfchlägigen ftatifchen Ermittelungen werden in gleicher Weife, wie bei anderen gewalzten Trägern vorgenommen. 312. Berechnung.

Zieht man die gegenwärtig üblichen breitfüfsigen Schienen in Betracht, fo ift nach *Winkler*[133]) annähernd die Querfchnittsfläche des Schienenquerfchnittes

	für Eifenfchienen:	für Stahlfchienen:	
$F =$	$0{,}285\ h^2$	$0{,}274\ h^2$	Quadr.-Centim.,

wenn h die Schienenhöhe (in Centim.) bezeichnet.

Das Eigengewicht für 1 lauf. Meter beträgt nahezu

$g =$	$0{,}22\ h^2$	$0{,}21\ h^2$	Kilogr.

Das Trägheitsmoment des Schienenquerfchnittes für die wagrechte Schwerachfe des aufrecht geftellten Querfchnittes ift ungefähr

$\mathcal{J} =$	$0{,}0383\ h^4$	$0{,}0364\ h^4$.

Da nur abgenutzte Schienen in Frage kommen, kann man die Querfchnitte nach obigen Formeln nicht voll ausnutzen; im Durchfchnitte wird man für breitfüfsige Schienen neuerer Querfchnittsbildung

das Trägheitsmoment $\mathcal{J} = 0{,}035\ h^4$, ... 244.

das Widerftandsmoment $\frac{\mathcal{J}}{e} = 0{,}07\ h^3$ . . . . 245.

fetzen können, worin h in Centim.

Demnach ift eine auf l Centim. Stützweite frei tragende Schiene im Stande:

auf 1 cm ihrer Länge die Laft . . . $q = 392\ \frac{h^3}{l^2}$ Kilogr., . . 246.

in der Mitte ihrer Länge die Einzellaft $P = 196\ \frac{h^3}{l}$ » . . . 247.

zu tragen, wobei eine Beanfpruchung des Eifens von 700 kg für 1 qcm entfteht.

Stärkere Träger durch Zufammennieten mehrerer alter Schienen zu bilden, ift nicht zu empfehlen, da das geringwertige Material die Koften guter Nietung nicht mit Vorteil trägt; übrigens entftehen unvorteilhafte Materialverteilungen und durch die Nietlöcher in den ziemlich dicken Füfsen beträchtliche Schwächungen.

Beifpiel 1. Eine Schiene von 13 cm Höhe, welche zur Unterftützung von Kellerkappen dient, hat auf 1 lauf. Centim. ($q =$) 7 kg zu tragen; wie weit darf fie frei liegen? 313. Beifpiele.

Nach Gleichung 246 ift $7 = 392\ \frac{13^3}{l^2}$, woraus

$$l = \sqrt{\frac{392}{7}\ 13^3} = \infty\ 350\ \text{cm}.$$

Beifpiel 2. Ueber einer Oeffnung von 3 m Stützweite fteht mitten ein Pfeiler von 5000 kg Gewicht; wie viele 13 cm hohe Schienen find zu feiner Unterftützung notwendig?

Nach Gleichung 247 trägt eine Schiene

$$P = 196\ \frac{13^3}{300} = 1435\ \text{kg};$$

fonach müffen $\frac{5000}{1435} = 4$ Schienen gelegt werden.

Beifpiel 3[134]). Ein Erkervorbau, welcher bei 1,0 m Ausladung und 2,5 m Breite in jedem Gefchoffe ein ausgekragtes Traggerippe aus Schienen erhält, hat an der Vorderfeite ein 1,6 m breites, 2,6 m hohes und in jeder Seitenwand ein 0,5 m breites, 2,6 m hohes Fenfter; die Gefchofshöhe beträgt 4,2 m, die Brüftungshöhe der Fenfter 0,75 m; die Stärke der Eckpfeiler zwifchen den Fenftern beträgt

[133]) In: Vorträge über Eifenbahnbau etc. I. Heft: Der Eifenbahn-Oberbau. 3. Aufl. Prag 1875. S. 77 u. 240.

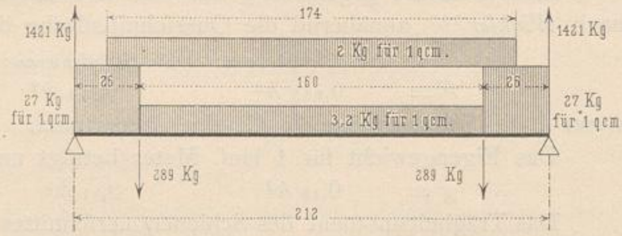
[134]) Bezüglich der hier benutzten Formeln vergl. die in den Fufsnoten 135 bis 138 angezogenen Gleichungen.

$1\frac{1}{2}$ Stein, die der Fenſterbrüſtungen und Fenſterübermauerungen 1 Stein. Die Eiſenkonſtruktion beſteht aus 2 vorgekragten Schienenlagen unter den Seitenwänden und einer auf deren freie Enden gelagerten Schienenlage unter der Vorderwand. Die Mitten der beiden vorgekragten Schienenlagen liegen $2{,}50 - 0{,}38 = 2{,}12^{\text{m}}$ auseinander und beſtimmen die Stützweite der vorderen Schienenlage zu $2{,}12^{\text{m}}$. Das Auflager der vorderen Schienenlage iſt zu $1{,}00 - \frac{0{,}38}{2} = 0{,}81^{\text{m}}$ von der Wand anzunehmen.

α) Die vordere Schienenlage (Fig. 598) hat an beiden Enden auf $\frac{2{,}12 - 1{,}60}{2} = 0{,}26^{\text{m}}$ Länge zuerſt den vollen Pfeiler von

$$4{,}2 \cdot 0{,}38 \cdot 0{,}01 \cdot 1700 = 27^{\text{kg}}$$

Fig. 598.



Gewicht für 1 lauf. Centim. zu tragen; dann folgt aus der Fenſterübermauerung eine 26^{cm} vom Lager entfernte Einzellaſt von

$$\tfrac{1}{2} \cdot 0{,}25 \cdot 1{,}6\ (4{,}2 - 0{,}75 - 2{,}60)\ 1700 = 289^{\text{kg}};$$

endlich ruft die Brüſtung unter dem Fenſter auf $1{,}60^{\text{m}}$ Breite für 1 lauf. Centim. die Laſt von $0{,}25 \cdot 0{,}75 \cdot 0{,}01 \cdot 1700 = 3{,}2^{\text{kg}}$ hervor. Außerdem hat der Vorderträger aus dem Erkerfußboden noch 2^{kg} für 1 lauf. Centim. auf $2{,}50 - 2 \cdot 0{,}38 = 1{,}74^{\text{m}}$ Länge in der Mitte zu tragen.

Die vom Vorderträger auf die ausgekragten Schienen ausgeübten Auflagerdrücke ſind demnach

$$27 \cdot 26 + 289 + \frac{160}{2}\, 3{,}2 + \frac{174}{2}\, 2 = 1421^{\text{kg}};$$

das Biegungsmoment in der Mitte iſt

$$M = 1421\, \frac{212}{2} - 27 \cdot 26 \left(\frac{212}{2} - \frac{26}{2}\right) - 289 \left(\frac{212}{2} - 26\right) - \frac{160}{2}\, 3{,}2\, \frac{160}{4} - \frac{174}{2}\, 2\, \frac{174}{4} = 44411^{\text{cmkg}}.$$

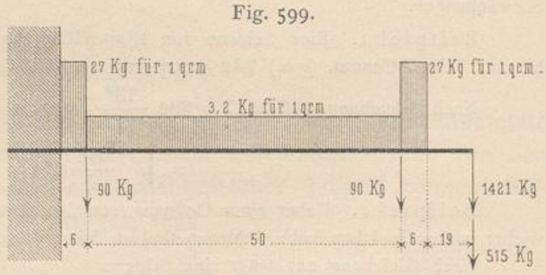
Werden n Schienen nebeneinander gelegt, ſo iſt bei einer Beanſpruchung von $s = 700^{\text{kg}}$ für 1 qcm nach Gleichung 245 bei 8^{cm} Schienenhöhe das s-fache Widerſtandsmoment $700\, n\, \frac{\mathfrak{J}}{e} = n \cdot 700 \cdot 0{,}07 \cdot 8^3 = 25088\, n$. Somit folgt die erforderliche Anzahl Schienen aus $25088\, n = M = 44411$ mit $n = 2$.

β) Die ausgekragte Schienenlage von 81^{cm} theoretiſcher Länge trägt (Fig. 599) am freien Ende den Auflagerdruck des Vorderträgers mit 1421^{kg}, ferner den Reſt der Vorderwand mit

$$0{,}38 \cdot 4{,}20\ \frac{2{,}5 - 1{,}6 - 2 \cdot 0{,}26}{2}\ 1700 = 515^{\text{kg}};$$

hierauf folgt aus dem auf dem Träger ſtehenden, 38^{cm} ſtarken Pfeiler eine Laſt von 27^{kg} bis zum Fenſter, d. h. auf $\frac{1{,}00 - 0{,}38 - 0{,}50}{2} = 0{,}06^{\text{m}}$ Länge; weiter folgt in der Fenſterkante aus der Fenſterübermauerung eine Einzellaſt von $\frac{0{,}50 \cdot 0{,}25}{2}\ (4{,}20 - 0{,}75 - 2{,}60)\ 1700 = 90^{\text{kg}}$; alsdann aus der Fenſterbrüſtung auf 50^{cm} Länge, wie oben, $3{,}2^{\text{kg}}$ Laſt auf 1^{cm}; hierauf in der Fenſterkante die Einzellaſt der Fenſterübermauerung mit 90^{kg}, und ſchließlich wieder aus der $\frac{1{,}00 - 0{,}38 - 0{,}50}{2} = 0{,}06^{\text{m}}$ breiten Vorlage im Anſchluſſe an die Wand eine Laſt von 27^{kg} für 1^{cm}.

Fig. 599.



Das Biegungsmoment in der Vorderkante der Wand iſt ſomit

$$M = (1421 + 515)\ 81 + 27 \cdot 6 \left(81 - \frac{38}{2} - \frac{6}{2}\right) + 90\ (6 + 50)$$

$$+ 3{,}2 \cdot 50 \left(\frac{50}{2} + 6\right) + 90 \cdot 6 + 27 \cdot 6\, \frac{6}{2} = 177400^{\text{cmkg}}.$$

Die Querkraft V in der Wandfläche beträgt

$$V = 1421 + 515 + 2 \cdot 6 \cdot 27 + 2 \cdot 90 + 50 \cdot 3{,}2 = 2600^{\text{kg}}.$$

Dieſer Wert wird ſpäter bei der Berechnung der Auflagerung ſolcher einſeitig eingemauerter Träger zur Geltung kommen. (Vergl. Kap. 7, unter c.)

Werden hier je n Schienen von 13^{cm} Höhe ausgekragt, fo ift das s-fache Widerftandsmoment bei einer Beanfpruchung von $s = 700^{kg}$ für 1^{qcm} nach Gleichung 245: $n \cdot 0{,}07 \cdot 13^3 \cdot 700 = 107653\,n$. Demnach folgt aus $107653\,n = M = 177400$ die Zahl der Schienen $n = 2$.

Somit hat der Eifenrahmen in den auskragenden Teilen aus je zwei 13^{cm} hohen Schienen, über deren Enden zwei 8^{cm} hohe Schienen zum Tragen der Vorderwand geftreckt find, zu beftehen; erftere können, falls niedrigere Schienen vorhanden find, etwas leichter gewählt werden. Die Lagerung der in die Wand gefteckten Schienenpaare wird fpäter (in Kap. 7, unter c) erörtert werden.

2) Walzeifen als Träger.

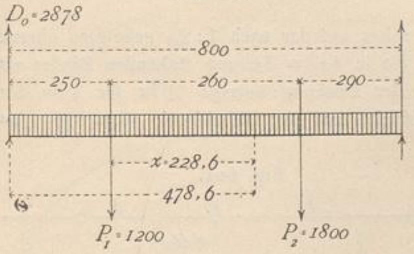
Solche Träger werden hauptfächlich als Belag-, **[**-, **Z**- und **I**-Eifen hergeftellt; für die Querfchnittsform diefer Formeifen find die »Deutfchen Normalprofile für Walzeifen« mafsgebend, welche in Teil I, Bd. 1, erfte Hälfte (Abt. I, Abfchn. 1, Kap. 6) diefes »Handbuches« mitgeteilt find; die betreffenden Tabellen enthalten neben den Querfchnittsabmeffungen auch die zur Berechnung notwendigen Angaben über die Lage des Schwerpunktes und die Gröfse der Widerftands- und der Trägheitsmomente. 314. Grundlagen der Berechnung.

Einige Beifpiele mögen die Anwendung jener Tabellen unter Benutzung der früher entwickelten Formeln erläutern.

Beifpiel 1. Ein **I**-Träger fei nach Fig. 600 durch die Einzellaften P_1 und P_2, fowie durch die gleichförmig verteilte Laft von $3{,}5^{kg}$ auf 1^{cm} der Länge belaftet. Der Auflagerdruck beträgt[135]) 315. Beifpiele.

$$D_0 = \frac{3{,}5 \cdot 800}{2} + \frac{1200\,(260 + 290) + 1800 \cdot 290}{800} = 2878^{kg}.$$

Fig. 600.



Das gröfste Angriffsmoment liegt da, wo die Summe der Querkräfte gleich Null ift. Man findet diefe Stelle am einfachften durch allmähliches Abziehen der Laften vom Auflagerdrucke von links oder rechts her.

Zieht man zunächft von $D_0 = 2878$ das Produkt $250 \cdot 3{,}5 = 875$ ab, fo bleibt ein Reft von 2003; $P_1 = 1200$ hiervon abgezogen giebt als Reft 803. Das Produkt $260 \cdot 3{,}5 = 910$ ift fchon gröfser, als der letzte Reft, fo dafs die gefuchte Stelle zwifchen P_1 und P_2 liegen mufs, und zwar von P_1 um eine Strecke x entfernt, welche aus der Beziehung $x \cdot 3{,}5 = 803$ mit $x = 228{,}6^{cm}$ folgt. Für diefe Stelle, die alfo $250 + 228{,}6 = 478{,}6^{cm}$ vom linken Auflager entfernt liegt, ift das Moment[136])

$$M_{max} = 2878 \cdot 478{,}6 - 478{,}6 \cdot 3{,}5\,\frac{478{,}6}{2} - 1200 \cdot 228{,}6 = 702024^{cmkg}.$$

Der Wert $\frac{\mathcal{J}}{e}$ oder das fog. Widerftandsmoment des Trägers ergiebt fich[137]) bei einer zuläffigen Spannung von 1000^{kg} für 1^{qcm} aus der Gleichung

$$\frac{M}{s} = \frac{702024}{1000} = \frac{\mathcal{J}}{e} = 702 \text{ (auf Centim. bezogen)},$$

und es mufs daher nach der Tabelle über die Normalprofile von **I**-Eifen[138]) mindeftens Nr. 32 mit dem Widerftandsmoment $\frac{\mathcal{J}}{e} = 788{,}9$ gewählt werden.

Beifpiel 2. Ein $5{,}1^{m}$ tiefer Kellerraum foll in der Weife eingedeckt werden, dafs in $3{,}25^{m}$ Teilung **I**-Träger geftreckt und zwifchen diefen Kappen von $^1/_2$ Stein, in den Kämpfern 1 Stein Stärke mit Uebermauerung, Bettung, Lagerhölzern und Bretterfufsboden eingewölbt werden. Das Gewicht, welches diefe Kappen für 1^{cm} auf den Träger übertragen, beträgt $20{,}5^{kg}$, einfchl. des fchätzungsweife feftgelegten Eigengewichtes des Trägers. Wird eine der beiden anfchliefsenden Kappen mit 250^{kg} für 1^{qm} belaftet,

135) Nach: Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte (Gleichung 162, S. 326).

136) Nach ebendaf. (S. 328; 2. Aufl.: S. 128; 3. Aufl.: S. 76).

137) Nach ebendaf. (Gleichung 36, S. 262; 2. Aufl.: Gleichung 44, S. 65; 3. Aufl.: Gleichung 58, S. 76).

138) In Teil I, Bd. 1, erfte Hälfte diefes »Handbuches« (S. 198; 2. Aufl.: S. 251).

fo überträgt fie auf den Träger noch $0{,}01 \cdot 3{,}25 \cdot 250 \cdot 0{,}5 = 4{,}1$ kg für 1 lauf. Centim.; aufserdem erhält 1 cm des Trägers aber aus dem ftärkeren Schube der belafteten Kappe gegenüber der unbelafteten eine wagrechte Belaftung von 1,2 kg für 1 qcm.

Der Träger wird an jedem Ende 35 cm lang in die Wand gefteckt, fo dafs die Stützweite $510 + 35 = 545$ cm beträgt.

In der Mitte ift fonach das Biegungsmoment

$$\text{in lotrechtem Sinne } (20{,}5 + 4{,}1) \frac{545^2}{8} = 916\,000 \text{ cmkg},$$

$$\text{in wagrechtem Sinne} \;\; . \;\; . \;\; . \;\; 1{,}2 \frac{545^2}{8} = 44\,500 \text{ cmkg}.$$

Wird zunächft Nr. 36 der »Deutfchen Normalprofile für I-Eifen« angenommen, fo ergeben fich für diefes die folgenden Spannungen.

Für die wagrechte Schwerachfe ift nach der Normaltabelle über I-Eifen $\frac{\mathcal{J}}{c} = 1098$ cm³ und für die lotrechte $\frac{\mathcal{J}}{c} = \frac{956}{7{,}15} = 134$ (auf Centim. bezogen).

In den Flanfchecken ergiebt fich aus beiden Beanfpruchungen zufammen alfo die Spannung

$$\sigma = \frac{916\,000}{1098} + \frac{44\,500}{134} = 833 + 332 = 1165 \text{ kg für 1 qcm}.$$

Sind beide anfchliefsende Kappen voll belaftet, fo verfchwindet die wagrechte Beanfpruchung wegen der beiderfeits gleichen Schübe; die lotrechte erhöht fich dagegen auf $20{,}5 + 4{,}1 + 4{,}1 = 28{,}7$ kg für 1 cm. Das lotrechte Biegungsmoment wird nun $\frac{28{,}7 \cdot 545^2}{8} = 1\,065\,000$ cmkg, und daraus folgt eine Beanfpruchung von

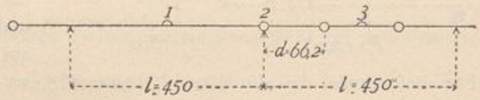
$$\frac{1\,065\,000}{1098} = 972 \text{ kg für 1 cm}.$$

Diefe Spannungen können zugelaffen werden, da die Laft nicht ftofsweife wirkt und die Laftannahmen fehr ungünftige find.

Beifpiel 3[139]). Pfetten von Z-förmigem Querfchnitte ruhen auf der nach 1 : 2,5 geneigten oberen Gurtung eines Dachftuhles in 1,50 m Teilung und find über die in 4,50 m Teilung ftehenden Binder als durchlaufende Gelenkträger hingeftreckt. Das Eigengewicht der Deckung betrage 70 kg für 1 qm der Grundfläche, die Schneebelaftung 75 kg für 1 qm der Grundfläche und der Winddruck 50 kg für 1 qm Dachfläche rechtwinkelig zu diefer. Der wagrecht gemeffene Pfettenabftand beträgt

$$(1{,}5 \cdot 2{,}5) : \sqrt{1 + (2{,}5)^2} = 1{,}392 \text{ m}.$$

Fig. 601.



Damit die Momente an den drei Stellen *1*, *2* und *3* des durchlaufenden Gelenkträgers (Fig. 601) gleich werden, ift

$$d = \frac{l(\sqrt{2} - 1)}{2\sqrt{2}} = 0{,}1464\, l = 0{,}1464 \cdot 450 = 66{,}2 \text{ cm}$$

zu machen; dann wird $M_1 = M_2 = M_3 = \frac{q l^2}{16}$ bei der Laft q auf 1 cm Länge.

Diefe Einheitslaft ift für Eigengewicht: $0{,}01 \cdot 1{,}392 \cdot 70 = 0{,}973$ kg für 1 cm;
» » » » Schneelaft: $0{,}01 \cdot 1{,}392 \cdot 75 = 1{,}047$ » » » »;
» » » » Wind: $0{,}01 \cdot 1{,}5 \cdot 50 = 0{,}75$ » » » »;

fomit beträgt 1) das lotrechte Moment aus Eigenlaft: $\frac{0{,}973 \cdot 450^2}{16} = 12\,300$ cmkg,

2) » » » » Schnee: $\frac{1{,}047 \cdot 450^2}{16} = 13\,250$ cmkg,

3) » zur Dachfläche rechtwinkelige Moment aus Wind: $\frac{0{,}75 \cdot 450^2}{16}$ 9500 cmkg.

Diefe drei Momente find in Fig. 602 fo durch Auftragen im Mafsftabe 1 cm = 7500 cmkg vereinigt, dafs man bilden kann aus 1 und 2 das gröfste lotrechte Moment $I = 25\,550$ cmkg, aus 1 und 3 das am weiteften von der Lotrechten abweichende Moment $III = 21\,300$ cmkg, und aus 1, 2 und 3 das gröfste Moment überhaupt $II = 34\,600$ cmkg.

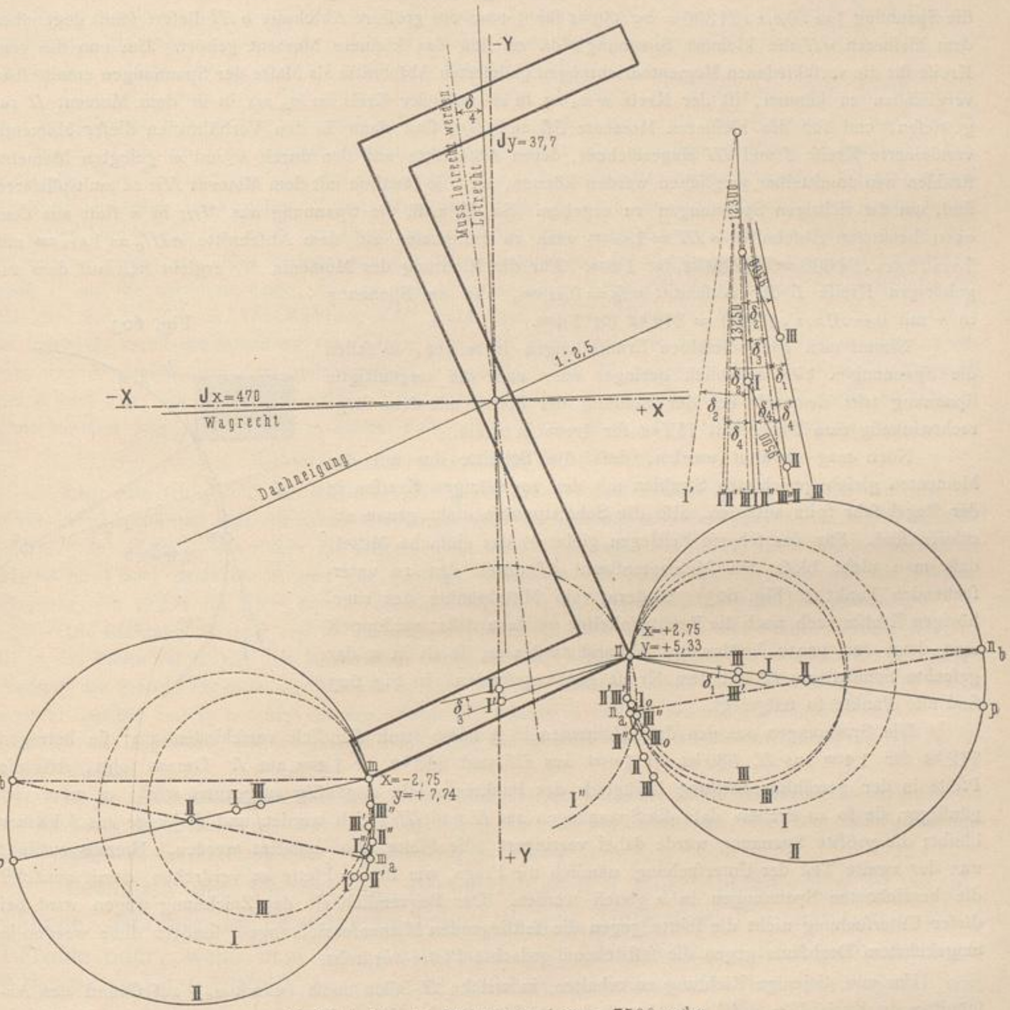
139) Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1894, S. 447; 1895, S. 169.

Nun ſoll unterſucht werden, welche Spannungen dieſe Momente in einem mit dem Stege rechtwinkelig zur Dachfläche geſtellten **Z**-Eiſen Nr. 12 hervorrufen, dann auch, wie man die Pfette gegen dieſe Stellung etwa zu verdrehen hat, um ſie am günſtigſten auszunutzen, d. h. die entſtehenden Spannungen möglichſt niedrig zu halten.

Die Spannungsermittelung verläuft wie folgt.

Die **Z**-Pfette Nr. 12 iſt in Fig. 602 zunächſt rechtwinkelig zur Dachneigung geſtellt, und die den Angaben der Normaltabelle entnommenen Hauptachſen X und Y ſind eingetragen; die Hauptträgheits-

Fig. 602.



Maſsſtab für die Momente: $1^{\text{cm}} = 7500^{\text{cm/kg}}$.

Maſsſtab für die Gröſsen a und b: $1^{\text{cm}} = 0{,}015$ (auf Centim. bezogen).

momente ſind $\mathfrak{J}x = 470$ und $\mathfrak{J}y = 37{,}7$ (beide auf Centim. bezogen). Eine der Ecken m oder n wird die gefährdetſte ſein. Für jede derſelben ermittele man die Koordinaten x und y, welche in Fig. 602 beigeſchrieben ſind, und dann die Gröſsen $a = \frac{y}{\mathfrak{J}x}$ und $b = \frac{x}{\mathfrak{J}y}$. Es wird

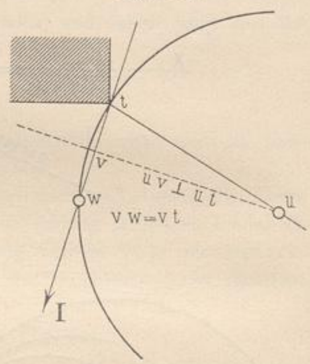
$$a_m = \frac{7{,}74}{470} = 0{,}01645 \text{ (auf Centim. bezogen)}, \quad b_m = -\frac{2{,}75}{37{,}7} = -0{,}073 \text{ (auf Centim. bezogen)},$$

$$a_n = \frac{5{,}33}{470} = 0{,}01135 \text{ (auf Centim. bezogen)}, \quad b_n = \frac{2{,}75}{37{,}7} = +0{,}073 \text{ (auf Centim. bezogen)}.$$

Trägt man dieſe Werte a und b nach dem Vorzeichen im Sinne der Achſen X und Y in gleicher Richtung mit dieſen vom Punkte n bis n_a und n_b und von m bis m_a und m_b auf, und legt durch die drei Punkte m, m_a, m_b und n, n_a, n_b je einen Kreis, was in Fig. 602 im Maſsſtabe $1^{\text{cm}} = 0{,}015$ geſchehen iſt, ſo kann man die aus verſchiedenen Momenten entſtehenden Spannungen ableſen, wenn man von n und m aus die Richtung des Moments in den Kreis hineinzieht, z. B. nII für das gröſste Moment II, den vom Kreiſe hierauf gebildeten Abſchnitt miſst; für nII ergiebt ſich $1{,}375^{\text{cm}}$, alſo $1{,}375 \cdot 0{,}015 = 0{,}0206$, und das Moment mit dieſem Abſchnitte multipliziert. Moment II erzeugt daher in n die Spannung $0{,}0206 \cdot 34\,600^{\text{cmkg}} = 712^{\text{kg}}$ für 1^{qcm}, womit der erſte Teil der Aufgabe gelöſt iſt.

Das Moment III liefert auf ſeiner durch n gelegten Richtung den Abſchnitt $nIII = 1{,}66^{\text{cm}}$, alſo die Spannung $1{,}66 \cdot 0{,}015 \cdot 21\,300 = \backsim 530^{\text{kg}}$ für 1^{qcm}; der gröſsere Abſchnitt $nIII$ liefert ſomit gegenüber dem kleineren nII die kleinere Spannung, da zu ihm das kleinere Moment gehört. Um nun die vom Kreiſe für die verſchiedenen Momentenrichtungen gelieferten Abſchnitte als Maſse der Spannungen unmittelbar vergleichen zu können, iſt der Kreis $n\,n_a\,n_b$ in n und der Kreis $m\,m_a\,m_b$ in m dem Moment II zugewieſen, und für die kleineren Momente M_I und M_{III} ſind dann in den Verhältniſſen dieſer Momente verkleinerte Kreiſe I und III eingezeichnet, deren Abſchnitte auf den durch n und m gelegten Momentſtrahlen nun unmittelbar verglichen werden können, weil ſie ſämtlich mit dem Moment M_{II} zu multiplizieren ſind, um die richtigen Spannungen zu ergeben. So iſt z. B. die Spannung aus M_{III} in n ſtatt aus dem oben benutzten Abſchnitte $nIII = 1{,}66^{\text{cm}}$ auch zu entnehmen aus dem Abſchnitte $nIII_0 = 1{,}025^{\text{cm}}$ mit $1{,}025 \cdot 0{,}015 \cdot 34\,600 = \backsim 530^{\text{kg}}$ für 1^{qcm}. Für die Richtung des Moments M_I ergiebt ſich auf dem zugehörigen Kreiſe I der Abſchnitt $nI_0 = 0{,}66^{\text{cm}}$, alſo die Spannung in n mit $0{,}66 \cdot 0{,}015 \cdot 34\,600 = 342^{\text{kg}}$ für 1^{qcm}.

Fig. 603.



Nimmt man ganz dieſelben Ermittelungen in m vor, ſo fallen die Spannungen hier erheblich geringer aus, und die ungünſtigſte Spannung tritt demnach bei der Stellung der Pfette mit dem Stege rechtwinkelig zum Dache mit 712^{kg} für 1^{qcm} in n ein.

Noch mag erwähnt werden, daſs die Schnitte der mit den Momenten gleich gerichteten Strahlen mit den zugehörigen Kreiſen in der Regel ſehr ſpitz ausfallen, alſo die Schnittpunkte nicht genau abzuleſen ſind. Für das ſcharfe Feſtlegen giebt es das einfache Mittel, daſs man nicht bloſs den Momentenſtrahl tI durch den zu unterſuchenden Punkt t (Fig. 603), ſondern vom Mittelpunkte des zugehörigen Kreiſes auch noch die Rechtwinkelige uv dazu zieht; verdoppelt man dann den genau beſtimmten Abſtand tv bis w, ſo iſt in w der geſuchte Schnitt von tI mit dem Kreiſe genau gefunden. In Fig. 603 ſind alle Punkte ſo feſtgelegt.

Die Spannungen aus den drei Momenten in n fallen ſomit ſämtlich verſchieden aus; ſie betragen 712^{kg} für 1^{qcm} aus II, 530^{kg} für 1^{qcm} aus III und 342^{kg} für 1^{qcm} aus I. Daraus folgt, daſs die Pfette in der gewählten Stellung bezüglich des Punktes n ſehr ungünſtig ausgenutzt wird; es wäre viel günſtiger, ſie ſo zu drehen, daſs die Spannungen aus II und III gleich werden und diejenige aus I kleiner bleibt; die gröſste Spannung würde dabei verringert, die Pfette alſo entlaſtet werden. Hieraus entſteht nun der zweite Teil der Unterſuchung, nämlich die Frage, wie iſt die Pfette zu verdrehen, damit zunächſt die bezeichneten Spannungen in n gleich werden. Der Bequemlichkeit der Zeichnung wegen wird bei dieſer Unterſuchung nicht die Pfette gegen die feſtliegenden Momentenrichtungen, ſondern dieſe werden in umgekehrtem Drehſinne gegen die feſtſtehend gedachte Pfette verdreht.

Um nun diejenige Richtung zu erhalten, in welche II fallen muſs, damit $\sigma_n{}^{II}$ auf Grund des Abſchnittes in Kreis $II = \sigma_n{}^{III}$ auf Grund des Abſchnittes in Kreis III wird, lege man den Winkel δ_1 zwiſchen II und III nach der Seite in n an den Durchmeſſer np an, auf der die Spannungsabſchnitte in den Kreiſen bisher abgeleſen waren, verlege den Mittelpunkt III nach III' auf den anderen Schenkel dieſes Winkels und bringe den um dieſen neuen Mittelpunkt geſchlagenen Kreis III' mit dem urſprünglichen Kreiſe II zum Schnitte, der in $II'III'$ fällt. Das genaue Feſtlegen dieſer meiſt ſpitzen Kreisſchnitte geſchieht ähnlich, wie oben dasjenige der Spannungsſtrecken. Die Verbindungslinie von n mit dieſem Schnittpunkte giebt die Richtung II' an, in die das Moment II gebracht werden muſs, damit II und III in n gleiche Spannungen erzeugen; denn verdreht man nun III um den ſo für II erhaltenen Winkel δ_2 in die Lage III', ſo ſchneidet dieſe Richtung gemäſs der Entſtehung des Punktes $II'III'$ im Kreiſe III die gleiche Länge ab, wie die Richtung II' im Kreiſe II, in dieſem Falle $0{,}567^{\text{cm}}$, ſo daſs die von II und III in n erzeugten Spannungen beide gleich $0{,}567 \cdot 0{,}015 \cdot 34\,600 = 294^{\text{kg}}$ für 1^{qcm} betragen, während die

Spannung, die von dem um den gleichen Winkel δ_2 nach I' verdrehten Moment I erzeugt wird, kleiner bleibt, in diesem Falle zufällig O ist, weil die Richtung I', durch n gezogen, den Kreis in n gerade berührt. Hiermit ist also für den Punkt n für sich ein sehr günstiger Spannungsausgleich erzielt, indem man die Pfette gegen die gezeichnete Stellung um den Winkel δ_2 zwischen den Richtungen $O\,II$ und $O\,II'$, aber in umgekehrtem Sinne, mit dem Kopfe nach rechts, verdreht.

Untersucht man nun aber durch Eintragen der drei neuen Richtungen I', II' und III' in die drei Kreise an m die Spannungen in diesem Punkte, so findet man, dass diese hier ganz wesentlich grösser werden; insbesondere erhält man auf der Richtung I' den Abschnitt von $1{,}36$ cm am Kreise I, also die Spannung $1{,}36 \cdot 0{,}015 \cdot 34\,600 = 706$ kg für 1 qcm aus I' in m, woraus folgt, dass mit dem günstigen Ausgleiche in n allein keine vorteilhafte Pfettenstellung gefunden ist. Man muss den Ausgleich durch Pfettenverdrehung vielmehr so vornehmen, dass die grösste Spannung in m der grössten in n gleich wird, und die beiden anderen sowohl in m als auch in n kleiner ausfallen.

Dies führt dazu, die Momentenrichtungen gegen die Pfette so einzustellen, dass die Spannung $\sigma_m{}^I$ aus Moment I in m der Spannung $\sigma_n{}^{II}$ aus II in n gleich wird; die vier Spannungen $\sigma_m{}^{II}$, $\sigma_m{}^{III}$, $\sigma_n{}^I$ und $\sigma_n{}^{III}$ bleiben dann sämtlich kleiner, und die denkbar günstigste Pfettenstellung ist damit gefunden. Zu diesem Zwecke übertrage man den Durchmesser $m\,o$ in unveränderter Richtung nach n, oder $n\,p$ ebenso nach m, und trage den zwischen II und I liegenden Winkel δ_3 nach derjenigen Richtung von n oder m aus an diesen Durchmesser an, nach der die auszugleichenden Spannungsabschnitte gemessen waren; in Fig. 602 ist ersteres geschehen. Nun verlege man den Mittelpunkt I von der übertragenen Lage des Durchmessers nach I'' auf die verdrehte Lage, schlage von hier aus einen Kreis I'' und bestimme seinen Schnitt II'' mit dem Kreise II in n. Die Richtung $n\,II''$ giebt dann diejenige Richtung II'' an, in welche Moment II zu legen ist, damit die Spannung aus II in n gerade so gross wird, wie diejenige aus I in m; denn, wenn man nun I'' gegen I mit dem gleichen Winkel δ_4 festlegt, wie II'' gegen II, dann die Strahlstrecke $m\,I''$ bei m und $n\,II''$ bei n misst, so müssen diese gleich ausfallen, wie aus der Ermittelung dieser Richtungen ohne weiteres folgt. Beide sind in diesem Falle gleich 1 cm, geben also die Spannungen an:

$$\sigma_m{}^I = \sigma_n{}^{II} = 1 \cdot 0{,}015 \cdot 34\,600 = 519 \text{ kg für } 1 \text{ qcm}.$$

Legt man schliesslich die Richtung III'' gegen III mit dem Winkel δ_4 auch ebenso fest wie II'' gegen II und ermittelt nun mit diesen Richtungen $m\,II'' = \sigma_m{}^{II}$ und $m\,III'' = \sigma_m{}^{III}$ bei m, $n\,III'' = \sigma_n{}^{III}$ und $n\,I'' = \sigma_n{}^I$ bei n, von denen die letztere nicht mehr eingetragen ist, so sind diese sämtlich kleiner als 519 kg für 1 qcm; demnach ist nun der günstigste Ausgleich der Spannungen erzielt, und die Pfettenspannung von 712 kg für 1 qcm durch Verdrehen der Pfette auf 519 kg für 1 qcm heruntergebracht.

Die Richtung I'' muss nun als diejenige des Moments I aus Eigenlast und Schnee lotrecht sein; sie ist in die Pfette selbst mit der Bemerkung »muss lotrecht werden« eingetragen, wodurch die endgültige Stellung der Pfette festgelegt ist. Die Pfette muss demnach mit dem Kopfe um den Winkel δ_4 nach rechts gedreht gestellt und so befestigt werden, damit die Punkte m und n, ersterer aus Eigenlast und Schnee, letzterer aus Eigenlast, Schnee und Wind, beide die höchste vorkommende Spannung von 519 kg für 1 qcm erhalten.

Es ist selbstverständlich, dass man die für den Fall zu wählende Pfette schwächer halten kann, da die Spannung weit unter der zulässigen liegt; hier kam es nur darauf an, den Weg der Spannungsermittelung und des Festlegens der Pfettenstellung zu zeigen.

316. Anwendung der verschiedenen Walzeisen.

Bezüglich der Verwendung der verschiedenen Querschnittsformen ist zu erwähnen, dass man für gewöhnliche Träger (Balken, Unterzüge, Kappenträger u. s. w.) **I**-Profile oder, wenn man eine glatte Seite und wenig seitliche Steifigkeit verlangt, **[**-Profile wählt. **L**-Eisen kommen in zusammengesetzten Trägern vorwiegend mit anderen Eisensorten vereinigt vor; **⊥**-Träger werden wohl aus zwei Winkeleisen gebildet; die ganz schwachen Sorten werden auch für sich allein zu Dachlatten für Ziegeldächer verwendet. **Z**-Eisen werden mit Vorliebe als Pfetten, namentlich für Wellblechdeckungen, benutzt, und kleine **⊥**-Eisen bilden die Träger für die Glastafeln kleinerer Decken- und Dachlichter, während die Tafeln grosser Glasflächen auf Rinneneisen oder das kleinste Belageisen gelagert werden. Die Belageisen verwendet man auch vielfach zur Herstellung eiserner Decken mit Zement- oder Asphaltestrich, indem man sie quer über die dann in weiter Teilung angeordneten Balken dicht oder doch nahe aneinander rückt.

Diefe einfachen Walzprofile durch gegenfeitige Vernietung oder Aufnieten von Kopf- und Fufsplatten zu verftärken, ift nicht empfehlenswert, weil (vergl. Fig. 465, S. 181) durch die Nietlöcher faft ebenfo viel verloren geht, wie man durch die Verftärkung gewinnt.

Die in den Tabellen enthaltenen Normalprofile müffen felbft unter Aufwendung überflüffigen Eifengewichtes durch Wahl zu ftarker Querfchnitte ftets beibehalten werden, da das Walzen neuer Profile für beftimmte Zwecke unverhältnismäfsig teuer ift.

Die Verwendung der Walzträger ift durchzuführen, folange die Querfchnitte für die geforderte Leiftung irgend ausreichen, da ihr Preis nur wenig mehr, als die Hälfte desjenigen von zufammengenieteten Trägern beträgt. Ein Teil diefes Gewinnes geht allerdings dadurch wieder verloren, dafs man, abgefehen von der meift nicht zu vermeidenden Wahl zu ftarker Querfchnitte überhaupt, bei Walzträgern nicht in der Lage ift, fich der Abnahme der Biegungsmomente durch Verfchwächung des Querfchnittes anzufchmiegen.

Uebrigens mag bezüglich der Berechnung noch hervorgehoben werden, dafs man fich für manche der hier erwähnten, aus einfachen Walzprofilen zufammengefetzten Querfchnitte mit Vorteil der in der Zufammenftellung auf S. 206 bis 211 angegebenen Steifigkeitsziffern c (fiehe Gleichung 188, S. 205) und Schwerpunktsbeftimmungen e bedienen kann.

Beifpiel. Ein $3{,}0^{\mathrm{m}}$ frei liegender Träger, welcher auf 1^{cm} Länge 8^{kg} zu tragen hat, foll, der Verbindung mit anderen Konftruktionsteilen wegen, aus zwei ungleichfchenkeligen Normal-L-Eifen des Schenkelverhältniffes $1 \times 1{,}5$ nach Nr. 12 der Zufammenftellung auf S. 207 gebildet werden.

Das Trägheitsmoment ift $\mathcal{J} = 2 f h^2 c = 2 f h^2 \cdot 0{,}231$ und der Abftand der entfernteften Fafer vom Schwerpunkte $e = 1{,}5\, h - e_1 = (1{,}5 - 0{,}506)\, h = 0{,}994\, h$. Die allgemeine Gleichung $M = \frac{\sigma e}{\mathcal{J}}$ liefert in diefem Falle alfo, wenn die zuläffige Beanfpruchung 900^{kg} für 1^{qcm} beträgt,

$$\frac{8 \cdot 300^2}{8} = \frac{900 \cdot 0{,}994\, h}{2 f h^2 \cdot 0{,}231} \quad \text{oder} \quad f h = \frac{2 \cdot 0{,}231 \cdot 8 \cdot 300^2}{900 \cdot 0{,}994 \cdot 8} = 46{,}5 .$$

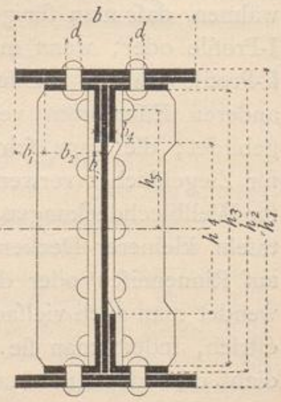
Dem genügt zuerft das Winkeleifen $5 \times 7{,}5 \times 0{,}9$ mit $f h = 10{,}44 \cdot 5 = 52{,}2$; aus zwei folchen ift fonach der Träger zufammenzufetzen.

3) Blechträger.

317. Querfchnitt und Konftruktion.

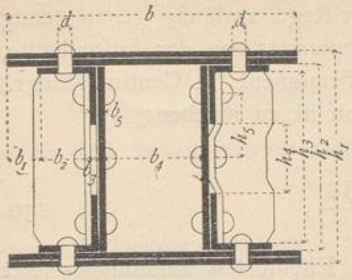
Blechträger werden aus Winkeleifen und vollen Blechplatten zufammengefetzt, und zwar faft ausfchliefslich in I-Form (Fig. 604) oder in Kaftenform (Fig. 605); letztere erreicht bei thunlichfter Höheneinfchränkung eine breite Oberfläche, z. B. zum Tragen ftarker Mauern, macht aber die Unterhaltung der nur bei fehr grofsen Trägern zugänglichen Innenflächen in den meiften Fällen unmöglich.

Fig. 604.



Die Kopf- und Fufsplatten läfst man nicht mehr, als um ihre 8fache Dicke über die Winkeleifen frei vorragen; find mehrere da, fo werden alle gleich breit gemacht. Die lotrechten Blechwände müffen über allen Auflagern und an den Angriffftellen von Einzellaften durch 1, 2 oder 4 angenietete Winkeleifen verfteift werden, welche entweder gekröpft (Fig. 604 u. 605 rechts) oder beim Einlegen von Füllftreifen (Fig. 604 u. 605 links) gerade gelaffen werden.

Fig. 605.



Die verwendeten Blechdicken ſteigen von 6 bis 20 mm; die Gröſse der einzelnen Tafeln richtet ſich nach der Handelsgröſse der Bleche, welche in den letzten Jahren durch Vervollkommnung des Walzverfahrens ſo gewachſen iſt, daſs man ſelbſt vor Blechgröſsen von 8 m Länge und 1,50 m Breite nicht zurückzuſchrecken braucht; ſehr dünne Bleche nimmt man kleiner, da ſie ſonſt zu unhandlich werden. Bezüglich der Verbindung mehrerer Tafeln zu einer groſsen Blechwand vergl. Art. 236 (S. 177).

Von den »Deutſchen Normalprofilen« für Winkeleiſen werden vorwiegend die gleichſchenkeligen mit Schenkelbreiten von 4 bis 12 cm verwendet; ungleichſchenkelige benutzt man mit abſtehendem langen Schenkel dann, wenn man vom Träger groſse Seitenſteifigkeit verlangt; ſonſt werden ſie wegen des höheren Preiſes vermieden.

Die Niete, deren Dicke ſich nach der Stärke der verwendeten Eiſen (ſiehe Art. 208, S. 152) richtet, ſind in den Winkeleiſen nach Fig. 432 bis 436 (S. 160 u. 161) anzuordnen. In den Gurtungsplatten hat man früher die Niete der verſchiedenen (meiſt 2) Reihen wohl gegeneinander verſetzt. Dies iſt indes nach dem in Art. 240 (S. 180) geführten Nachweiſe verkehrt, weil die ſchiefe Lochung die Platten mehr ſchwächt, als die doppelte; dagegen werden die Niete in den beiden Schenkeln der Winkeleiſen ſtets verſetzt (Fig. 607). Die Kopf- und Fuſsplatten laufen nicht bis zu den Trägerenden, ſondern hören da auf, wo der Querſchnitt ohne ſie für das gröſste Moment dieſer Stelle ſtark genug iſt.

Wirken die Laſten in der lotrechten Mittelachſe, ſo erfolgt die Spannungs- 318.
ermittelung nach Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieſes »Handbuches« (Art. 298, S. 262 [140]), Ermittelung der
bei ſchiefer Beanſpruchung nach Art. 324 (S. 282) und den obigen Beiſpielen 2 und 3 Querſchnitte.
(S. 247 u. 248) für Walzträger. In allen Fällen wird das Trägheitsmoment für die wagrechte Schwerachſe gebraucht. Dasſelbe beträgt nach Fig. 604 für I-förmige Träger [141])

$$\mathcal{J} = (b - 2d)\frac{h_1^3}{12} - 2 b_1 \frac{h_2^3}{12} - 2(b_2 - d)\frac{h_3^3}{12} - 2 b_3 \frac{h_4^3}{12}; \quad . \quad . \quad 248.$$

fehlen die Kopf- und Fuſsplatten, ſo ſind die Niete in den lotrechten Winkelſchenkeln nach dem Anſatze $- 2 b_4 \, d \, h_5^2$ in Abzug zu bringen.

Für Kaſtenträger nach Fig. 605 beträgt das Trägheitsmoment

$$\mathcal{J} = (b - 2d)\frac{h_1^3}{12} - (2 b_1 + b_4)\frac{h_2^3}{12} - 2(b_2 - d)\frac{h_3^3}{12} - 2 b_3 \frac{h_4^3}{12}; \quad . \quad 249.$$

fehlen hier die Platten, ſo iſt der Nietabzug für die Niete in den Blechwänden $- 2 \cdot 2 d \, b_5 \, h_5^2$.

In die Formeln für die Spannungen ſind die Trägheitsmomente einzuführen, zu deren Berechnung man den Querſchnitt zunächſt annehmen muſs. Die Querſchnitte müſſen alſo durch Verſuch feſtgeſtellt werden.

Auf dieſem Wege iſt die Querſchnittsbeſtimmung zeitraubend. Es empfiehlt ſich daher, zunächſt Näherungsformeln zu verwenden und ihr Ergebnis dann in entſprechender Weiſe zu berichtigen. Solche Näherungsformeln ſind die folgenden.

[140]) 2. Aufl.: Art. 88, S. 65; 3. Aufl.: Art. 97, S. 76.
[141]) Vergl. auch: ZIMMERMANN. Tabellen für Trägheitsmomente von Blechträgern. Berlin.

Es bezeichnen h die ganze Trägerhöhe (in Centim.), f den Querschnitt einer Gurtung ohne Blechwand (in Quadr.-Centim.), a (in der Regel vorläufig genau genug mit 3 cm anzunehmen) den Abstand des Gurtungsschwerpunktes von der Außenkante, s die zulässige Beanspruchung für 1 qcm, M das Angriffsmoment (in Centim.-Kilogr.) und δ die Dicke der Blechwand (in Centim.). Alsdann ist zu machen:

1) wenn die Trägerhöhe h vorgeschrieben ist,

$$f = \frac{M}{s\,(h - 2\,a)} - \frac{(h - 2\,a)\,\delta}{6}, \quad \ldots \ldots \quad 250.$$

2) oder wenn f aus bestimmt vorgeschriebenen Eisensorten zusammengesetzt werden soll, daher als gegeben zu betrachten ist,

$$h = \sqrt{\frac{6\,M}{s\,\delta} + \left(\frac{3f}{\delta} + a\right)^2} - \left(\frac{3f}{\delta} - a\right). \quad \ldots \quad 251.$$

Nachdem der Trägerquerschnitt hiernach ausgebildet ist, berechne man sein Trägheitsmoment $\mathcal{J}$ nach Gleichung 248 oder 249, daraus $\frac{2\,\mathcal{J}}{h}$; und ebenso ermittele man die Größe $\frac{M}{s}$. Beide sollten gleich sein, werden aber in der Regel nicht gleich werden, weil die Gleichungen 248 u. 249 nur annähernd richtig sind.

Man bilde nun den Unterschied $\Delta = \frac{M}{s} - \frac{2\,\mathcal{J}}{h}$, wobei auf das Vorzeichen besonders acht zu geben ist, und führe nun eine der folgenden Berichtigungsrechnungen durch.

1) Kopfplatten sind nicht vorhanden. Die Berichtigung erfolgt dann durch Aenderung der Trägerhöhe h um

$$x_h = \left[-\left(\frac{h}{2} - a\right) + \sqrt{\frac{3\,\Delta\,h}{2\,(6f + \delta\,h)} + \left(\frac{h}{2} - a\right)^2}\right] 2. \quad \ldots \quad 252.$$

2) Kopfplatten der Gesamtdicke δ_1 sind auf jeder Gurtung vorhanden. Die Berichtigung erfolgt alsdann durch Aenderung der Kopfplattenbreite b um

$$x_b = \frac{\Delta\,h}{\delta_1\,(h - \delta_1)^2}. \quad \ldots \ldots \quad 253.$$

319. Beispiele.

Beispiel 1. Ein Träger von 10 m Länge trägt, außer 5 kg gleichmäßig verteilter Last auf 1 cm, in der Mitte noch eine Einzellast von 30 000 kg. Der Träger soll I-förmig, 80 cm hoch, für $s = 900$ kg auf 1 qcm und mit $d = 1$ cm starker Blechwand ausgebildet werden. Das Biegungsmoment ist

$$M = \frac{5 \cdot 1000^2}{8} + \frac{30\,000 \cdot 1000}{4} = 8\,125\,000 \text{ cmkg}.$$

Wird der Abstand a des Schwerpunktes einer Gurtung von ihrer Außenkante vorläufig schätzungsweise mit $a = 3$ cm eingeführt, so ist nach Gleichung 250

$$f = \frac{8\,125\,000}{900\,(80 - 2 \cdot 3)} - \frac{(80 - 2 \cdot 3)\,1}{6} = 122 - 12{,}4 = 109{,}6 = \infty\ 110 \text{ qcm}.$$

2 L-Eisen von $10 \times 10 \times 1{,}2$ Querschnitt geben nach Abzug eines 2,5 cm-Nietloches

$2\,(10 + 8{,}8 - 2{,}5)\,1{,}2 = 39{,}2$ qcm,

3 Kopfplatten von 29×1 Querschnitt $3 \cdot 1\,(29 - 2 \cdot 2{,}5) = 72$ »

zusammen 111,2 qcm.

Für Gleichung 248 wird nunmehr bei diesem Querschnitte $h_1 = 80$ cm; $h_2 = 80 - 6 = 74$ cm; $h_3 = 80 - 8{,}4 = 71{,}6$ cm; $h_4 = 80 - 2 \cdot 13 = 54$ cm; $b = 29$ cm; $b_1 = \frac{29 - 21}{2} = 4$ cm; $b_2 = 8{,}8$ cm; $b_3 = 1{,}2$ cm, $b_4 = 3{,}4$ cm, und $d = 2{,}5$ cm; somit

$$\mathcal{J} = (29 - 2 \cdot 2{,}5)\,\frac{80^3}{12} - 2 \cdot 4\,\frac{74^3}{12} - 2\,(8{,}8 - 2{,}5)\,\frac{71{,}6^3}{12} - 2 \cdot 1{,}2\,\frac{54^3}{12} = 336943;$$

daher

$$\frac{2\,\mathcal{J}}{h} = \frac{2 \cdot 336943}{80} = 8423.$$

Dagegen ift $\frac{M}{s} = \frac{8125000}{900} = 9028$; fomit $\Delta = 9028 - 8423 = +\,605$. Die Berichtigung erfolgt durch Verbreiterung der Kopfplatten nach Gleichung 253 um

$$x_b = \frac{605 \cdot 80}{3\,(80-3)^2} = 2{,}7\,\text{cm},$$

fo dafs die Kopfplatten $29 + 2{,}7 = 31{,}7$ cm breit zu machen find. Rechnet man hierfür das Trägheitsmoment nochmals genau nach, fo ergiebt dies genau die Spannung von 900 kg für 1 qcm.

Beifpiel 2. Der vorftehend angegebene Träger foll in Kaftenquerfchnitt mit Gurtungen aus 2 Platten von 40×1 cm Querfchnitt und 2 L-Eifen von $11 \times 11 \times 1$ cm Querfchnitt nach Fig. 605 ausgebildet werden; wie grofs ift die Höhe zu machen? Der Nietdurchmeffer ift $d = 2$ cm.

2 Winkeleifen	$11 \times 11 \times 1$	geben	$2\,(11 + 10 - 2)\,1 = 38$,
2 Platten . . .	40×1	»	$2\,(40 - 2 \cdot 2)\;\;1 = 72$;
			alfo ift $f = 110$ qcm.

Nach Gleichung 251 folgt, wenn a wieder mit 3 cm eingeführt wird,

$$h = \sqrt{\frac{6 \cdot 8125000}{900 \cdot 2} + \left(\frac{3 \cdot 110}{2} + 3\right)^2} - \left(\frac{3 \cdot 110}{2} - 3\right) = 73{,}2 = \infty\ 74\,\text{cm},$$

da für zwei Wände $\delta = 2$ cm ift.

Für Benutzung der Gleichung 249 beftimmt fich in Bezug auf Fig. 605: $b - 2\,d = 40 - 4 = 36$; $2\,b_1 + b_4 = 40 - 2\,(11 + 1) = 16$ cm; $b_2 - d = 10 - 2 = 8$ cm; $b_3 = 1$ cm; $h_1 = 74$ cm; $h_2 = 70$ cm; $h_3 = 68$ cm, und $h_4 = 48$ cm; alfo nach Gleichung 249

$$\mathcal{J} = 36\,\frac{74^3}{12} - 16\,\frac{70^3}{12} - 2 \cdot 8\,\frac{68^3}{12} - 2 \cdot 1\,\frac{48^3}{12} = 320664 \quad \text{und}$$

$$\frac{2\,\mathcal{J}}{h} = \frac{2 \cdot 320664}{74} = 8667\,\text{cm}; \quad \frac{M}{s} = \frac{8125000}{900} = 9028; \quad \Delta = 9028 - 8667 = +\,361.$$

Die Berichtigung ift nach Gleichung 252 einzuführen mit

$$x_h = \left[-\left(\frac{74}{2} - 3\right) + \sqrt{\frac{3 \cdot 361 \cdot 74}{2\,(6 \cdot 110 + 2 \cdot 74)} + \left(\frac{74}{2} - 3\right)^2}\,\right] 2 = \infty\ 1{,}5\,\text{cm}.$$

Der Träger ift alfo $74 + 1{,}5 = 75{,}5$ cm hoch zu machen. Nochmaliges Nachrechnen von $\mathcal{J}$ auf Grund diefer Höhe ergiebt eine genaue Spannung von 913 kg; es empfiehlt fich alfo, die Höhe mit 76 cm auszuführen, was übrigens fo wie fo gefchehen würde.

Ein wefentlicher Vorteil der zufammengefetzten Träger liegt in der Möglichkeit, den Querfchnitt durch Weglaffen einzelner Gurtungsteile der Abnahme des Biegungsmoments entfprechend verfchwächen zu können. 320. Veränderung des Querfchnittes.

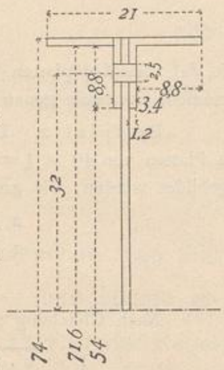
Diefe Verfchwächung erfolgt regelmäfsig durch Weglaffen der Kopfplatten, die übrigen Teile: Wand und Gurtungswinkel, laufen unverändert durch. Die Stelle, an welcher eine beftimmte Kopfplatte aufhören kann, ift folgendermafsen feftzulegen.

Man berechne das Trägheitsmoment $\mathcal{J}$, welches der Träger nach Weglaffen der fraglichen Platte noch behält, und daraus das zugehörige Widerftandsmoment $\frac{\mathcal{J}}{e}$. Dann ftelle man die allgemeine Formel für das Angriffsmoment für den um x vom Lager entfernten Querfchnitt M_x auf und fetze $\frac{M_x}{s} = \frac{\mathcal{J}}{e}$, wodurch man eine Gleichung mit der einzigen Unbekannten x erhält. Die Platte mufs dann über die fo feftgelegte Stelle hinaus nach dem Auflager zu noch um fo viel verlängert werden, dafs ein Befeftigungsniet in der regelmäfsigen Teilung aufserhalb des theoretifchen Plattenanfanges Platz findet.

Beifpiel. Um die Stelle für den im obigen Beifpiele 1 (S. 254) feftgelegten I-Träger zu berechnen, wo die innerfte Gurtungsplatte aufhören darf, ift zunächft das Trägheitsmoment für den blofs aus Wand und Winkeleifen beftehenden Querfchnitt wegen des nun veränderten Nietabzuges neu aufzuftellen. Es beträgt (Fig. 606) nach Gleichung 248

$$\mathcal{J} = 21\,\frac{74^3}{12} - 2\,.\,8{,}8\,\frac{71{,}6^3}{12} - 2\,.\,1{,}2\,\frac{54^3}{12} - 2\,.\,2{,}5\,.\,3{,}4\,.\,32^2 = 121892\,.$$

Fig. 606.



Der Auflagerdruck des fraglichen Trägers ift $\frac{30000}{2} + \frac{5\,.\,1000}{2} = 17500^{\,\mathrm{kg}}$; fomit das Biegungsmoment an der um x vom Lager entfernten Stelle

$$M_x = 17500\,x - \frac{5\,x\,.\,x}{2}\,.$$

Die Gleichung für die Abfciffe des theoretifchen Endes der letzten Platte ift alfo

$$17500\,x - \frac{5\,x^2}{2} = \frac{900\,.\,121892\,.\,2}{74}$$

und giebt $x = 175^{\,\mathrm{cm}}$. Ueber den Punkt, welcher $175^{\,\mathrm{cm}}$ von Auflagermitte entfernt ift, mufs alfo die letzte Platte noch fo weit nach dem Lager zu hinausgeführt werden, dafs fie aufserhalb diefer Stelle noch von einer Nietreihe in der regelmäfsigen Teilung gefafst wird.

321. Anordnung der Niete.

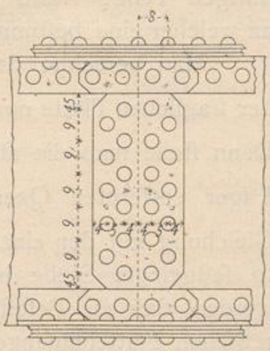
Die Nietteilung der Winkeleifen ergiebt fich nach Teil I, Band 1, zweite Hälfte diefes »Handbuches«, Art. 329 (S. 289 [142]) aus den von den lotrechten Querkräften hervorgerufenen Scherfpannungen zwifchen Winkeleifen und Blechwand, mufs jedoch nur bei niedrigen Trägern berechnet werden.

Bei gewöhnlichen Trägern wird man innerhalb der zuläffigen Grenzen bleiben, wenn man die Teilung etwa gleich $6\,d$ macht. Die Teilung wird theoretifch in den lotrechten Winkelfchenkeln und der Wand enger, als in den wagrechten und den Platten. Wenn man alfo die für die lotrechten Schenkel berechnete Teilung durch Verfetzen der Niete auf die wagrechten überträgt, fo hat man jedenfalls ftark genug konftruiert.

Soll die Wand für fehr hohe Träger aus zwei Blechtafeln übereinander zufammengefetzt werden, fo ergiebt fich die Lafchung der wagrechten Fuge gleichfalls nach dem eben genannten Artikel und den im vorhergehenden (Art. 189 bis 218, S. 141 u. 159) gegebenen Regeln; diefe Anordnung ift jedoch höchft felten.

Die Verlafchung von Gurtungsteilen ift zu berechnen, indem man ihren Querfchnitt abzüglich der Nietlöcher als mit der in der oberften Fafer zugelaffenen Spannung voll beanfprucht betrachtet und die Nietung auf die fo ermittelte Kraftgröfse einrichtet. Bezüglich der Form diefer Lafchungen find Fig. 432 bis 435, 466 u. 467 mafsgebend.

Fig. 607.



Häufig kommen Stöfse der Blechwand in lotrechter Fuge vor, deren genaue Berechnung für die oberen und unteren Teile enge, für die Mitte weite Teilung der Niete ergeben würde. In der Praxis berechnet und bemifst man diefe Verlafchung mit unveränderlicher Nietteilung nach den in Art. 236 (S. 177) gegebenen Regeln, fowie nach den in Art. 217 u. 218 (S. 159) gegebenen über die Nietftellung in doppelten Verlafchungen.

Beifpiel. Wäre in dem in den obigen Beifpielen zweimal behandelten Träger in Fig. 606 eine dopppelte Verlafchung der Wand auszuführen an einer Stelle, wo die Spannung wegen Abnahme des Moments

[142]) 2. Aufl.: Art. 104 (S. 78); 3. Aufl.: Art. 120 (S. 104).

nur noch 700 kg für 1 qcm in der Kante der Wand beträgt, fo wäre mit Bezug auf Gleichung 174 (S. 177) und Gleichung 175 (S. 178) $s' = 700$, die Tragfähigkeit eines Nietes von 2,5 cm Durchmeffer auf Abfcherung $2 \frac{2{,}5^2 \pi}{4} 700 = 6860$ kg, für $t' = 700$ kg auf 1 qcm, und auf Laibungsdruck in der $\delta = 1$ cm ftarken Wand $2{,}5 \cdot 1 \cdot 1400 = 3500$ kg; fomit $k = 3500$ kg, $h = 74$ cm, $h_1 = 74 - 2 \cdot 5 = 64$ cm, und es ergiebt fich die Nietzahl zu

$$n = \frac{1}{2}\left[\frac{700 \cdot 1 \cdot 74^2}{3500 \cdot 64} - 1 + \sqrt{\left(\frac{700 \cdot 1 \cdot 74^2}{3500 \cdot 64} - 1\right)^2 - 8}\,\right] = \backsim 16.$$

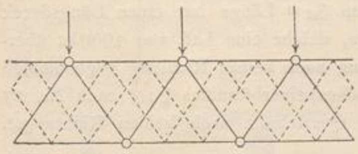
Somit ift eine zweireihige Nietung nötig, da die 16 Nieten nicht in einer Reihe Platz haben. Um die Reihen verfetzen zu können, ift mit Rückficht auf die vollftändige Vernachläffigung der Reibung die Zahl auf 15 befchränkt, und die beiden Reihen von 8 und 7 Nieten find dann etwa wie in Fig. 607 dargeftellt anzuordnen. Dabei verbleiben überall die durch die Regeln über die zweireihige doppelte Verlafchung in Art. 217 (S. 159) verlangten Abftände.

4) Gitterträger.

Gitterträger kommen an Stelle der Blechträger in Anwendung, wenn der Trägerquerfchnitt hoch wird, oder wenn das fchwere Ausfehen der vollen Wand vermieden werden foll. Man verwendet fie aber auch fehr häufig dann, wenn es fich um die Aufnahme einer regelmäfsigen Reihe von Einzellaften (Balken einer Balkenlage) handelt. 322. Anwendung und Geftaltung.

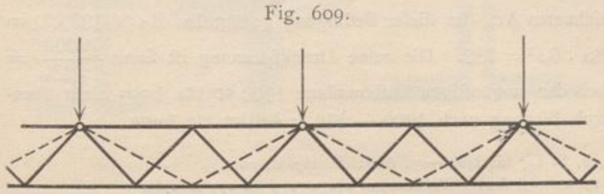
Die gedrückte Gurtung mufs fo fteif fein, dafs fie zwifchen zwei Knotenpunkten nicht lotrecht und im Ganzen nicht wagrecht ausknickt; in letzterer Beziehung ift fie häufig durch anderweitige Bauteile verfteift. Die Entfernung der Knotenpunkte ift demnach höchftens gleich der Länge l_1 eines auf Zerknicken in Anfpruch genommenen Stabes zu wählen, welche aus Gleichung 190 in Art. 283 (S. 205) bei *m*-facher Sicherheit ($m = 5$) folgt, wenn darin E die Elaftizitätsziffer bezeichnet und wenn P der Druckkraft in der Gurtung und $\mathcal{J}$ dem kleinften Trägheitsmoment des Gurtungsquerfchnittes gleich gefetzt wird. Dabei find die ganze Gurtungskraft und das Trägheitsmoment des ganzen Querfchnittes einzuführen, wenn die Teile der Gurtung durch Nietung zu einem Ganzen verbunden find. Sind fie voneinander getrennt (z. B. 2 Winkeleifen mit Schlitz), fo ift für jeden einzelnen der auf ihn kommende Teil der Gurtungsfpannkraft und fein kleinftes Trägheitsmoment einzuführen.

Fig. 608.



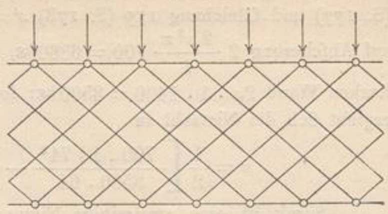
Die Gitterftäbe follen mindeftens etwa 30 Grad gegen die Wagrechte geneigt fein. Ift alfo die Laftteilung mit Rückficht auf Zerknicken als Knotenteilung zuläffig, und bleiben die Stäbe dabei fteiler als 30 Grad, fo wird nur ein Dreiecksnetz von Gitterftäben eingefügt (Fig. 608); kommen dabei aber die Stäbe flacher zu liegen, als 30 Grad, fo hat man noch Knotenpunkte zwifchen die Laftpunkte einzulegen (Fig. 609). Liegen dagegen die Laftpunkte bei grofser Trägerhöhe eng, fo reicht häufig ein Stab noch über den nächften Laftpunkt hinaus, und man kommt dann zum mehrfachen Gitterwerke (Fig. 610).

Fig. 609.



Das Gitterwerk ift *r*-fach, wenn ein Wandglied $\frac{r}{2}$ Knotenteilungen unterfpannt. Sind die Gitterftäbe fchwach ausgebildet (Bandeifen), fo legt man

Fig. 610.



zu ihrer gegenseitigen Versteifung auch dann mehrfaches Gitterwerk ein, wenn es nicht durch das Verhältnis der Lastknotenentfernung zur Trägerhöhe bedingt ist (in Fig. 608 gestrichelt).

323. Gurtungen.

Für die rechnerische, bezw. zeichnerische Ermittelung der Spannkräfte in den Gurtungen und Gitterstäben der Parallelträger ist in Teil I, Band 1, zweite Hälfte (Abt. II, Abschn. 2, Kap. 2, b: Innere Kräfte der Gitterträger, S. 338 bis 359[143]) dieses »Handbuches« das Erforderliche zu finden.

Der Querschnitt f der Gurtung ergiebt sich aus dem Angriffsmoment an der untersuchten Stelle, wenn h die Höhe zwischen den Gurtungsschwerpunkten und s' die zulässige Spannung bezeichnet, aus den Gleichungen 194 u. 195 (S. 343[144]) des eben genannten Halbbandes zu

$$f = \frac{M}{s' h} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 254.$$

Auch hier können häufig die in der Zusammenstellung auf S. 206 bis 211 angeführten Steifigkeitszahlen c (siehe Gleichung 188, S. 205) Verwendung finden, namentlich dann, wenn der Träger nicht bloss auf Biegung, sondern, wegen eines vorhandenen Längsdruckes, auch auf Zerknicken zu berechnen ist.

324. Beispiele.

Beispiel 1. Die Gurtungen eines Gitterträgers, welcher einem Biegungsmoment von 990000^{cmkg} ausgesetzt ist, sollen aus Winkeleisen von $8 \times 8 \times 0{,}8^{\text{cm}}$ Querschnitt gebildet werden; wie hoch ist der Träger zu machen?

Für Nr. 28 der Zusammenstellung auf S. 211 ist $h = 8$, $c = 0{,}177 + \frac{k}{4}(k - 1{,}148)$, der Abstand der äussersten Faser $e = \frac{k\,h}{2}$ und das Trägheitsmoment $\mathfrak{J} = 4 f h^2 c$; somit

$$\mathfrak{J} = 4 f h^2 \left[0{,}177 + \frac{k}{4}(k - 1{,}145)\right].$$

Darin ist $f = (8 + 7{,}2)\, 0{,}8 = 12{,}2^{\text{qcm}}$. Die Gleichung $M = \frac{s\,\mathfrak{J}}{e}$ lautet hier, wenn die zulässige Spannung $s = 700^{\text{kg}}$ ist,

$$990000 = \frac{700 \cdot 4 \cdot 12{,}2 \cdot 8^2 \left[0{,}177 + \frac{k}{4}(k - 1{,}148)\right] 2}{k \cdot 8},$$

woraus $k = 8{,}3$. Die Trägerhöhe $k\,h$ wird also $8 \cdot 8{,}3 = 66{,}4^{\text{cm}}$.

Beispiel 2. Ein Feld einer geraden oberen Gurtung von $5{,}2^{\text{m}}$ Länge hat einen Längsdruck von 38000^{kg} aufzunehmen; ausserdem ruht in der Mitte eine Pfette, welche eine Last von 4000^{kg} überträgt. Die Befestigung an beiden Enden ist derart, dass Einspannung nach keiner Richtung angenommen werden kann. Die Gurtung soll **I**-förmig aus 4 Winkeleisen des Schenkelverhältnisses $1 : 2$ nach Nr. 27 der Zusammenstellung auf S. 211 so hergestellt werden, dass der Querschnitt nach beiden Richtungen voll ausgenutzt wird.

Mit Rücksicht auf seitliches Ausknicken ist der Querschnitt bezüglich der lotrechten Mittelachse nach Gleichung 189 (S. 212) auszubilden, welche bei ($m =$) 5-facher Sicherheit und für $k_1 = 0{,}34$, also $c = 1{,}2231$ lautet:

$$4 f h^2 = \frac{5 \cdot 38000 \cdot 520^2}{10 \cdot 2000000 \cdot 1{,}2231} \quad \text{und} \quad f h^2 = 522.$$

Das leichteste Winkeleisen der bezeichneten Art, das dieser Bedingung genügt hat $6{,}5 \times 13 \times 1^{\text{cm}}$ Querschnitt mit $f = 18{,}5$, also $f h^2 = 18{,}5 \cdot 6{,}5^2 = 782$. Die reine Druckspannung ist somit $\frac{38000}{4 \cdot 18{,}5} = 514^{\text{kg}}$; soll also die höchste Spannung bei der ungünstigen Lastannahme 1000^{kg} für 1^{qcm} nicht überschreiten, so ist die zulässige Spannung durch Biegung noch $1000 - 514 = 486^{\text{kg}}$ für 1^{qcm}.

[143]) 2. Aufl.: Abt. II, Abschn. 3, Kap. 2, b, S. 147 bis 170. — 3. Aufl.: S. 167 bis 203.

[144]) 2. Aufl.: Gleichungen 208 u. 209 (S. 156). — 3. Aufl.: Gleichungen 212 u. 213 (S. 175 u. 176).

Die Winkeleiſen wiegen $14{,}4$ kg für 1 m; daher iſt das Trägergewicht für 1 cm, einſchl. eines Zuſchlages für die Wandausbildung, welche ſpäter allgemein beſprochen wird, $4\,\frac{14{,}4}{100} + 0{,}024 = 0{,}6$ kg, ſomit das gröſste Biegungsmoment in der Mitte bei flacher Lage des Trägers

$$M = \frac{4000 \cdot 520}{4} + \frac{0{,}6 \cdot 520^2}{8} = 540280 \text{ cmkg}.$$

Für die wagrechte Mittelachſe ſind nun nach Nr. 27 der Zuſammenſtellung auf S. 212

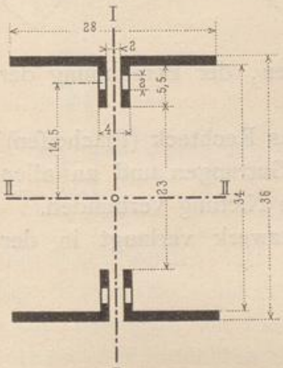
$$\mathfrak{J} = 4 \cdot 18{,}5 \cdot 6{,}5^2 \left[0{,}124 + \frac{k}{4}\,(k - 0{,}928) \right] \quad \text{und} \quad e = \frac{k \cdot 6{,}5}{2};$$

ſomit

$$540280 = \frac{486 \cdot 4 \cdot 18{,}5 \cdot 6{,}5^2 \left[0{,}124 + \frac{k}{4}\,(k - 0{,}928) \right] 2}{k \cdot 6{,}5},$$

woraus $k = 5{,}457$. Die Gurtungshöhe $k\,h$ iſt alſo $5{,}457 \cdot 6{,}5 = 35{,}5$ cm zu wählen. Mit Rückſicht darauf, daſs bei der Berechnung auf Biegung die Nietlöcher nicht abgezogen ſind, ſoll die Höhe mit 36 cm ausgeführt werden. Die Schlitzweite zwiſchen den Winkeleiſen iſt $0{,}34 \cdot 6{,}5 = 2{,}2$ cm oder rund $2{,}0$ cm.

Fig. 611.



Wird hier, wegen Verwendung der Annäherungsformeln, eine Prüfungsrechnung durchgeführt, ſo ergeben ſich mit Bezug auf Fig. 611

$$\mathfrak{J}^{II} = (28 - 2)\,\frac{36^3 - 34^3}{12} + 2\,\frac{34^3 - 23^3}{12} - 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 14{,}5^2 = 18762,$$

$$\frac{\mathfrak{J}^{II}}{e} = \frac{18762}{18} = 1042,$$

$$\mathfrak{J}^{I} = 2\,\frac{28^3 - 2^3}{12} + 2 \cdot 5{,}5\,\frac{4^3 - 2^3}{12} = 3708.$$

Die Druckſpannung iſt ohne Abzug der Nietlöcher $\frac{38000}{4 \cdot 18{,}5} = 514$ kg, die Biegungsſpannung $\frac{540280}{1042} = 518$ kg, zuſammen 1032 kg für 1 qcm. Die Ueberſchreitung über 1000 kg für 1 qcm erklärt ſich aus den Nietabzügen; erſcheint ſie unzuläſſig, ſo iſt der Querſchnitt noch etwas höher zu machen.

Die mit Rückſicht auf ſeitliches Ausknicken zuläſſige Druckſpannung iſt nach Gleichung 187, bezw. 189 (S. 205, bezw. 212)

$$P = \frac{10 \cdot 2000000 \cdot 3708}{5 \cdot 520^2} = 54850 \text{ kg (ſtatt } 38000 \text{ kg).}$$

Die zu hohe Tragfähigkeit erklärt ſich daraus, daſs bei der Auswahl des Winkeleiſens ſtark nach oben abgerundet werden muſste, weil die vorhandenen Querſchnitte nicht paſsten und alle ſchwächeren zu ſchwach waren.

Die Querſchnittsform der Gurtungen iſt in der Regel eine der in Fig. 612 bis 617 dargeſtellten; die Formen in Fig. 612 u. 613 können mit oder ohne lotrechten Mittelſchlitz angeordnet werden. Iſt die Gurtung in Fig. 614 mit Schlitz verſehen und kann Näſſe den Träger erreichen, ſo muſs die untere Gurtung die Geſtalt von Fig. 617 erhalten, damit ſich das Waſſer im Schlitze nicht anſammelt.

Fig. 612.

Fig. 613.

Fig. 614.

Fig. 615.

Fig. 616.

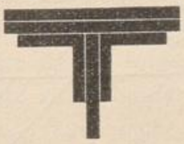


Fig. 617.

325. Gitterſtäbe.

Das Gitterwerk hat die lotrechten Querkräfte (ſiehe S. 317 u. ff. im eben genannten Halbbande [145]) aufzunehmen; hierbei

[145]) 2. Aufl.: S. 126 u. ff.; 3. Aufl.: S. 143 u. ff.

Fig. 618.

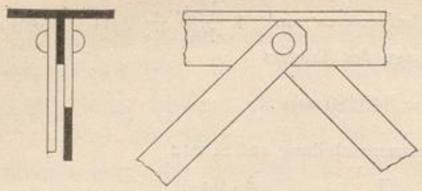
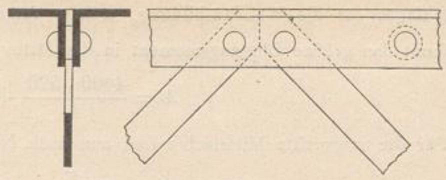
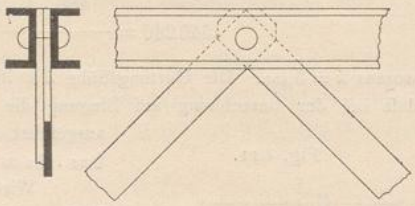


Fig. 619.



kann angenommen werden, daſs ſich die Querkraft gleichmäſsig auf die vom lotrechten Schnitte getroffenen Gitterſtäbe verteilt, d. h. bei r-fachem Gitterwerke muſs die lotrechte Seitenkraft der Spannkraft eines Stabes dem r-ten Teile der Querkraft gleich ſein. Hiernach laſſen ſich die Stabſpannungen leicht berechnen, welche der Berechnung des Anſchluſſes an die Gurtungen, ſowie, wenn ſie Druck ergeben, der Berechnung der Stäbe auf Zerknicken zu Grunde zu legen ſind.

Fig. 620.

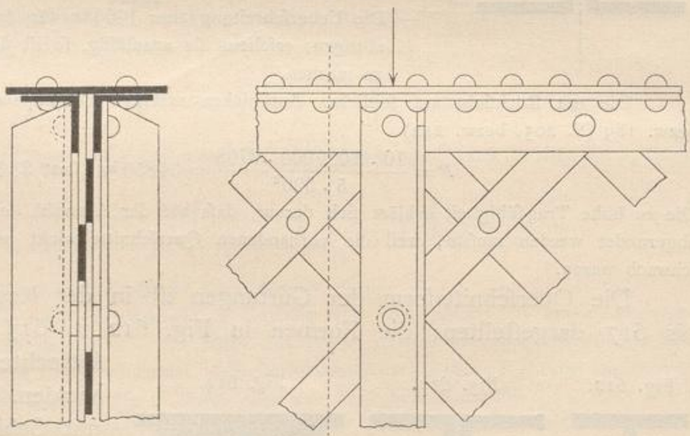


Der Querſchnitt der Gitterſtäbe iſt bei ſehr kurzen das Rechteck (Flacheiſen), bei längeren das **L**-, das **⊏**- oder das **T**-Eiſen. Mit den Gurtungen und an allen Kreuzungspunkten unter ſich werden die Gitterſtäbe durch Nietung verbunden.

α) Der Gitterträger (Parallelträger) mit Flacheiſennetzwerk verlangt in der Regel nur einen Niet im Anſchluſſe an die Gurtung und kann mit oder ohne Schlitz in der letzteren konſtruiert ſein. In Fig. 618 bis 621 ſind Beiſpiele von Knotenpunktverbindungen ſolcher Träger dargeſtellt.

In Fig. 619 ſind der enge Schlitz und das Aufgeben des ſtrengen Dreiecksverbandes Mängel. Fig. 621 zeigt die Anordnung einer lotrechten Ausſteifung, welche bei Flacheiſennetzwerk gröſserer Träger unter jedem Laſtpunkte, ſowie über den Auflagern angebracht ſein muſs.

Fig. 621.



Die Querſchnittsabmeſſungen ſolcher Gitterſtäbe gehen ſelten über 1^{cm} Dicke und 6 bis 8^{cm} Breite hinaus.

Fig. 622.

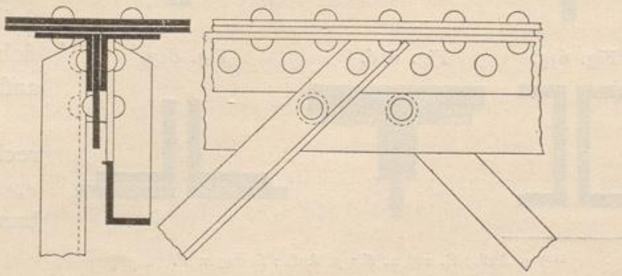


Fig. 623.

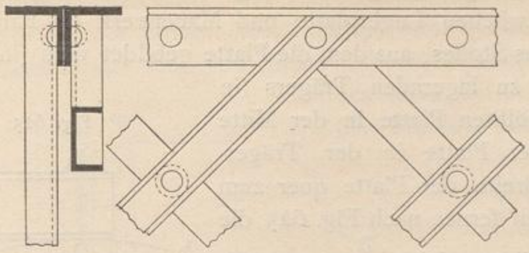
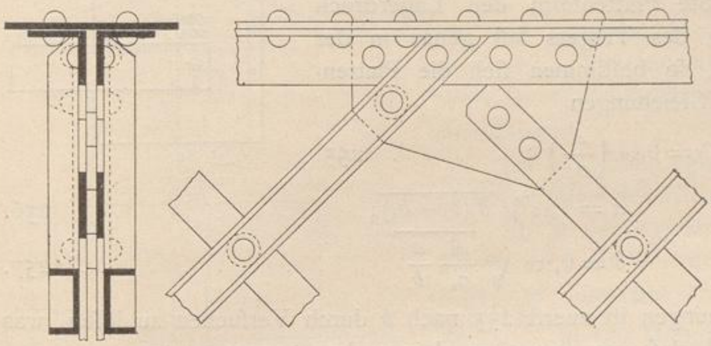


Fig. 624.



β) Der Gitterträger mit ſteifen Stäben aus **L**- oder **Ľ**-Eiſen wird bei groſsen Höhen, wo die Gitterſtäbe erheblichen Druckkräften ausgeſetzt ſind, neuerdings aber überhaupt dem unter α beſprochenen vorgezogen; jedoch ſtellt man auch hier die Stäbe, die nur Zug erhalten können, wohl aus Flacheiſen her.

Bei gröſseren derartigen Trägern genügt für den Anſchluſs eines Gitterſtabes an die Gurtung ein Niet (Fig. 623) nicht mehr, und daher werden unter Umſtänden Knotenbleche erforderlich (Fig. 511, S. 190 u. Fig. 624). Die einfachſten Formen laſſen ſich aus Fig. 618 bis 621 dadurch ableiten, daſs man die Flacheiſen durch **L**- oder **Ľ**-Eiſen erſetzt, dabei aber die etwa vorhandenen lotrechten Steifen wegläſst. Anderweitige Anordnungen zeigen Fig. 622 bis 624. Die gedrückten, von einem gezogenen gekreuzten Gitterſtäbe können als im Kreuzungspunkte gegen Zerknicken ausgeſteift angeſehen werden.

c) Auflager der Träger.

326.
Druck-
verteilungs-
platten.

Die Auflager der Träger erfordern in der Regel beſondere Vorkehrungen. Die Auflagerflächen der Träger ſelbſt ſind gewöhnlich ſo ſchmal und, um an Trägerlänge zu ſparen, ſo kurz, daſs in der geringen Auflagerfläche der für Mauerwerk zuläſſige Druck überſchritten wird. Die Träger zum Zwecke der Erzielung gröſserer Lagerflächen zu verlängern, hat keinen Zweck, da der hintere Teil dieſer Flächen wegen der Durchbiegung der Träger wenig oder keine Preſſung erhält, alſo nutzlos bleibt. Das nächſte Verſtärkungsmittel beſteht in der Erhöhung der zuläſſigen Preſſung auf die Untermauerung durch Herſtellung eines Trägerlagers in Klinkern und Zement, beſſer in Hauſtein. Aber auch dies genügt nur in der Minderzahl der Fälle; meiſt iſt man gezwungen, zwiſchen Träger und Mauerwerk eine Druckverteilungsplatte aus Guſseiſen einzulegen, deren Vorderkante mindeſtens 3 cm von der Mauerkante abſtehen ſoll, um das höchſt gefährliche Verkanten der durchgebogenen Träger und die daraus folgende überwiegende Uebertragung des Lagerdruckes auf die Mauerkante zu verhindern.

Um den Träger nicht zu lang zu erhalten und die Wand nicht zu ſehr zu ſchwächen, macht man dieſe Lagerplatten kurz, aber breit. Für möglichſt ſparſame Ausbildung der Platten an ſich ergeben ſich die Abmeſſungen nach folgendem.