Konstruktions-Elemente in Stein, Holz und Eisen, Fundamente

Marx, Erwin

Stuttgart, 1901

7. Kap. Träger

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

Ebene des Moments steifen Ausbildung des Querschnittes auf Zerknicken unter V nach der schwächsten Seite des Querschnittes zu berechnen.

Weiter ist, wenn Zug mit + bezeichnet wird:

nach:	Z	D	Z_1	D_1	H_1	H_2
Fig. 594	$+\frac{Hh}{b}-\frac{V}{2}$	$-\left(\frac{Hh}{b}+\frac{V}{2}\right)$	$Z\frac{1}{\sin\alpha}$	$D\frac{1}{\sin\alpha}$	$Z\frac{1}{\operatorname{tg}\alpha}$	$D\frac{1}{\operatorname{tg}\alpha}$
Fig. 595	$+\frac{Hh}{b}-V$	$-\frac{Hh}{b}$	—	$D\frac{1}{\sin\alpha}$	—	$D\frac{1}{\operatorname{tg}\alpha}$
Fig. 596	$+\frac{Hh}{b}$	$-\left(\frac{Hh}{b}+\frac{V}{2}\right)$	$Z\frac{1}{\sin\alpha}$	—	$Z\frac{1}{\operatorname{tg}\alpha}$	—

Statt Hh ist bei um u schiefem Angriffe von V überall Vu einzuführen. Tritt die wagrechte Kraft H gleichzeitig mit um u schiefem Lastangriffe auf, so wird statt Hh überall $Hh + Vu$ eingesetzt.

Nach Ermittelung dieser Kräfte sind die einzelnen Teile der Lager nach den in Art. 278 bis 282 (S. 198 bis 204) und oben (unter e, 1 u. 2) für Druckplatten und in Kap. 7 (unter c) für Lagerplatten gegebenen Regeln auszubilden.

307. Schräge Stützen.

Schräge Stellung der Stützen erzielt man in den seltenen Fällen, in denen sie gefordert wird, durch Anwendung gegliederter Druck- oder Ankerplatten, indem man die Plattenaufsätze mit der Grundplatte den verlangten Winkel bilden läſst.

In solchen Fällen werden die in die Unterstützung eingreifenden unteren Kreuzrippen oder das Festlegen durch Randdollen besonders wichtig, weil sie die wagrechte Seitenkraft des schrägen Stützendruckes auf die unterstützenden Teile zu übertragen haben, wenn nicht das unterstützende Mauerwerk selbst schräg, d. h. winkelrecht zur Stützenachse, gestellt ist. In diesem Falle werden die Grundplatten ganz regelmäſsig und bedürfen der unteren Kreuzrippe nicht. Die Anlage des unterstützenden Mauerwerkes oder Quaders rechtwinkelig zur Stützenachse ist derjenigen eines schief entwickelten Fuſses stets vorzuziehen.

7. Kapitel.

Träger.

308. Vorbemerkungen.

Die im Hochbauwesen vorkommenden Träger werden aus Guſseisen oder aus Schweiſseisen hergestellt. Vor Ausbildung des Walzverfahrens wurden guſseiserne Träger sehr häufig verwendet; gegenwärtig sind letztere von den schweiſseisernen fast ganz verdrängt.

Für die Ermittelung der Spannungen in den sog. Balkenträgern, welche hier allein in Frage kommen, aus den Momenten und Querkräften muſs auf Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches« verwiesen werden. In Abt. II, Abschn. 2, Kap. 2[125]) wurde dort zunächst (Art. 355 bis 357, S. 315 bis 317[126]) Allgemeines

[125]) 2. u. 3. Aufl.: Abt. II, Abschn. 3, Kap. 2.

[126]) 2. Aufl.: Art. 146 bis 148 (S. 124 bis 126); 3. Aufl.: Art. 148 bis 150 (S. 139 bis 142).

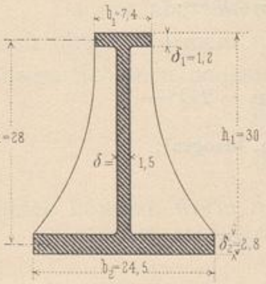
über äuſsere Kräfte und Einteilung der Träger überhaupt und alsdann (Art. 358 bis 372, S. 317 bis 338 [127]) über die Beſtimmung der Momente und Querkräfte für die verſchiedenen Arten von Balkenträgern vorgeführt. Für ungegliederte Träger ſind die Ermittelung der Spannungen und die daraus ſich ergebenden Querſchnittsbeſtimmungen nach Art. 295 bis 331 (S. 257 bis 293 [128]) vorzunehmen; für gegliederte oder Gitterträger ſind die Unterſuchungen in Art. 373 bis 407 (S. 338 bis 374 [129]) maſsgebend.

a) Guſseiſerne Träger.

309. Form und Berechnung.

Träger aus Guſseiſen erhalten ſelten einen anderen Querſchnitt, als den I-förmigen; doch muſs der I-Querſchnitt wegen der ungleichmäſsigen Widerſtandsfähigkeit gegen Zug und Druck nach Maſsgabe des in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieſes »Handbuches« (Art. 302, 263 [130]) Geſagten unſymmetriſch ausgebildet werden.

Fig. 597.



Dieſe Träger dürfen nur unter ruhender Laſt verwendet werden, da ſie Erſchütterungen und Stöſse auch in geringem Maſse nicht vertragen.

Im Gegenſatze zu den ſchweiſseiſernen Trägern macht das Anpaſſen des Trägers an die angreifenden Momente durch entſprechende Veränderung des Querſchnittes nicht die geringſte Schwierigkeit und ſollte daher ſtets ausgeführt werden.

Unter Beibehaltung der an oben angeführter Stelle gemachten Annahmen und mit Bezug auf die in Fig. 597 eingeſchriebenen Bezeichnungen laſſen ſich zwiſchen Spannung, Querſchnittsabmeſſungen und Angriffsmoment M, wenn letzteres in der lotrechten Trägerachſe wirkt, die Näherungsgleichungen für die Gurtungsquerſchnitte aufſtellen:

$$f_2 = \frac{5\,M}{4\,h\,s_g} + \frac{\delta\,h}{6} \quad \text{und} \quad f_1 = \frac{f_2}{3} - \frac{\delta\,h}{3}, \quad \ldots \quad 242.$$

oder wenn etwa aus äuſseren Gründen f_2 angenommen werden muſs:

$$h = \frac{3}{\delta}\left(f_2 - \sqrt{f_2 - \frac{5\,M\,\delta}{6\,s_g}}\right) \quad \text{und} \quad f_1 = \frac{f_2}{3} - \frac{\delta\,h}{3}, \quad \ldots \quad 243.$$

worin s_g die zuläſſige Zugſpannung, f_1 den Querſchnitt der oberen Gurtung und f_2 den Querſchnitt der unteren Gurtung bedeutet. Für δ iſt ein bequemes Guſsmaſs, nicht unter 1,2 cm, anzunehmen.

Es empfiehlt ſich, die Flanſche ſolcher guſseiſerner Träger etwa in Abſtänden gleich der dreifachen Trägerhöhe, namentlich aber in den Angriffspunkten von Einzellaſten und über den Auflagern, durch lotrechte Rippen gegen den Steg abzuſteifen (Fig. 597).

Der rechteckige Kaſtenquerſchnitt iſt weniger gut als der I-förmige, weil man

---

[127]) 2. Aufl.: Art. 149 bis 163 (S. 126 bis 145); 3. Aufl.: Art. 151 bis 164 (S. 142 bis 165).

[128]) 2. Aufl.: Art. 85 bis 108 (S. 59 bis 83); 3. Aufl.: Art. 94 bis 124 (S. 70 bis 109).

[129]) 2. Aufl.: Art. 165 bis 200 (S. 147 bis 183); 3. Aufl.: Art. 179 bis 202 (S. 177 bis 203).

[130]) 2. Aufl.: Art. 92 (S. 66); 3. Aufl.: Art. 99 (S. 78).

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} $17{,}2^{kg}$ zu tragen und ruht auf zwei Stützen. Für die Höhe h_1 ftehen nur 30^{cm} zur Verfügung; δ foll $1{,}5^{cm}$ 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 $s_g = 250^{kg}$ für 1^{qcm} zugelaffen wird,

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

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

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

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

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

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

in der Oberkante

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

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

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

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.

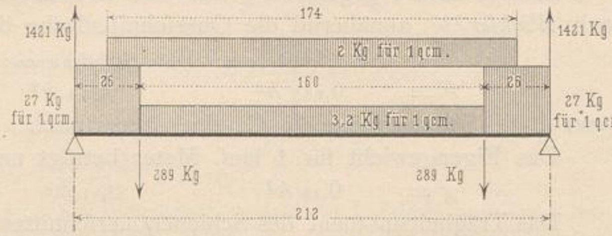
Beifpiel 3[134]). Ein Erkervorbau, welcher bei 1,0 m Ausladung und 2,5 m Breite in jedem Gefchoffe ein ausgekragtes Traggerippe aus Schienen erhält, hat an der Vorderfeite ein 1,6 m breites, 2,6 m hohes und in jeder Seitenwand ein 0,5 m breites, 2,6 m hohes Fenfter; die Gefchofshöhe beträgt 4,2 m, die 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 Fenfterbrüftungen und Fenfterübermauerungen 1 Stein. Die Eifenkonftruktion befteht 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 beftimmen die Stützweite der vorderen Schienenlage zu $2{,}12^{\text{m}}$. Das Auflager der vorderen Schienenlage ift zu $1{,}00 - \frac{0{,}38}{2} = 0{,}81^{\text{m}}$ von der Wand anzunehmen.

Fig. 598.



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

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

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

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

endlich ruft die Brüftung unter dem Fenfter auf $1{,}60^{\text{m}}$ Breite für 1 lauf. Centim. die Laft von $0{,}25 \cdot 0{,}75 \cdot 0{,}01 \cdot 1700 = 3{,}2^{\text{kg}}$ hervor. Aufserdem hat der Vorderträger aus dem Erkerfufsboden 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 find demnach

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

das Biegungsmoment in der Mitte ift

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

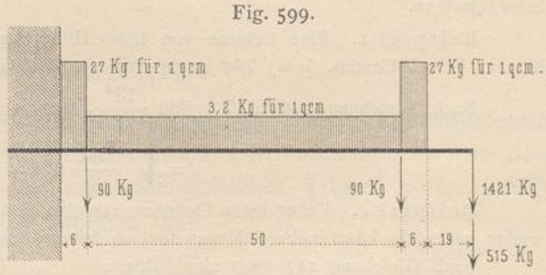
Werden n Schienen nebeneinander gelegt, fo ift bei einer Beanfpruchung von $s = 700^{\text{kg}}$ für 1 qcm nach Gleichung 245 bei 8^{cm} Schienenhöhe das s-fache Widerftandsmoment $700\,n\,\frac{\mathcal{J}}{e} = n \cdot 700 \cdot 0{,}07 \cdot 8^3 = 25\,088\,n$. Somit folgt die erforderliche Anzahl Schienen aus $25\,088\,n = M = 44\,411$ mit $n = 2$.

β) Die ausgekragte Schienenlage von 81^{cm} theoretifcher Länge trägt (Fig. 599) am freien Ende den Auflagerdruck des Vorderträgers mit 1421^{kg}, ferner den Reft 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 ftehenden, 38^{cm} ftarken Pfeiler eine Laft von 27^{kg} bis zum Fenfter, d. h. auf $\frac{1{,}00 - 0{,}38 - 0{,}50}{2} = 0{,}06^{\text{m}}$ Länge; weiter folgt in der Fenfterkante aus der Fenfterübermauerung eine Einzellaft von $\frac{0{,}50 \cdot 0{,}25}{2}(4{,}20 - 0{,}75 - 2{,}60)\,1700 = 90^{\text{kg}}$; alsdann aus der Fenfterbrüftung auf 50^{cm} Länge, wie oben, $3{,}2^{\text{kg}}$ Laft auf 1^{cm}; hierauf in der Fenfterkante die Einzellaft der Fenfterübermauerung mit 90^{kg}, und fchliefslich wieder aus der $\frac{1{,}00 - 0{,}38 - 0{,}50}{2} = 0{,}06^{\text{m}}$ breiten Vorlage im Anfchluffe an die Wand eine Laft von 27^{kg} für 1^{cm}.

Fig. 599.



Das Biegungsmoment in der Vorderkante der Wand ift fomit

$$M = (1421 + 515)\,81 + 27 \cdot 6\left(81 - \frac{38}{2} - \frac{6}{2}\right) + 90\,(6 + 50)$$
$$+ 3{,}2 \cdot 50\left(\frac{50}{2} + 6\right) + 90 \cdot 6 + 27 \cdot 6\,\frac{6}{2} = 177\,400^{\text{cmkg}}.$$

Die Querkraft V in der Wandfläche beträgt

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

Diefer Wert wird fpäter bei der Berechnung der Auflagerung folcher einfeitig 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.

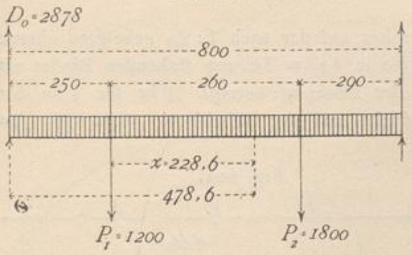
Solche Träger werden hauptfächlich als Belag-, **[**-, **Z**- und **I**-Eifen hergeftellt; für die Querfchnittsform diefer Formeifen find die »Deutfchen Normalprofile für Walzeifen« mafsgebend, welche in Teil I, Bd. 1, erfte Hälfte (Abt. I, Abfchn. 1, Kap. 6) diefes »Handbuches« mitgeteilt find; die 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).

ſo überträgt ſie auf den Träger noch $0{,}01 \cdot 3{,}25 \cdot 250 \cdot 0{,}5 = 4{,}1$ kg für 1 lauf. Centim.; auſserdem erhält 1 cm des Trägers aber aus dem ſtärkeren Schube der belaſteten Kappe gegenüber der unbelaſteten eine wagrechte Belaſtung von 1,2 kg für 1 qcm.

Der Träger wird an jedem Ende 35 cm lang in die Wand geſteckt, ſo daſs die Stützweite $510 + 35 = 545$ cm beträgt.

In der Mitte iſt ſonach das Biegungsmoment

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

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

Wird zunächſt Nr. 36 der »Deutſchen Normalprofile für I-Eiſen« angenommen, ſo ergeben ſich für dieſes die folgenden Spannungen.

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

In den Flanſchecken ergiebt ſich aus beiden Beanſpruchungen zuſammen alſo die Spannung

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

Sind beide anſchlieſsende Kappen voll belaſtet, ſo verſchwindet die wagrechte Beanſpruchung wegen der beiderſeits gleichen Schübe; die lotrechte erhöht ſich 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 Beanſpruchung von

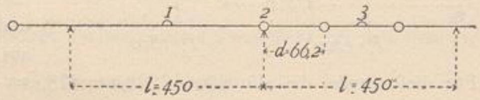
$$\frac{1\,065\,000}{1098} = 972 \text{ kg für 1 cm.}$$

Dieſe Spannungen können zugelaſſen werden, da die Laſt nicht ſtoſsweiſe wirkt und die Laſtannahmen ſehr ungünſtige ſind.

Beiſpiel 3[139]. Pfetten von **Z**-förmigem Querſchnitte ruhen auf der nach 1 : 2,5 geneigten oberen Gurtung eines Dachſtuhles in 1,50 m Teilung und ſind über die in 4,50 m Teilung ſtehenden Binder als durchlaufende Gelenkträger hingeſtreckt. Das Eigengewicht der Deckung betrage 70 kg für 1 qm der Grundfläche, die Schneebelaſtung 75 kg für 1 qm der Grundfläche und der Winddruck 50 kg für 1 qm Dachfläche rechtwinkelig zu dieſer. Der wagrecht gemeſſene Pfettenabſtand 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, iſt

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

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

Dieſe Einheitslaſt iſt für Eigengewicht: $0{,}01 \cdot 1{,}392 \cdot 70 = 0{,}973$ kg für 1 cm;
» » » » Schneelaſt: $0{,}01 \cdot 1{,}392 \cdot 75 = 1{,}047$ » » » »;
» » » » Wind: $0{,}01 \cdot 1{,}5 \cdot 50 = 0{,}75$ » » » »;

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

Dieſe drei Momente ſind in Fig. 602 ſo durch Auftragen im Maſsſtabe 1 cm = 7500 cmkg vereinigt, daſs man bilden kann aus 1 und 2 das gröſste lotrechte Moment $I = 25\,550$ cmkg, aus 1 und 3 das am weiteſten von der Lotrechten abweichende Moment $III = 21\,300$ cmkg, und aus 1, 2 und 3 das gröſste Moment überhaupt $II = 34\,600$ cmkg.

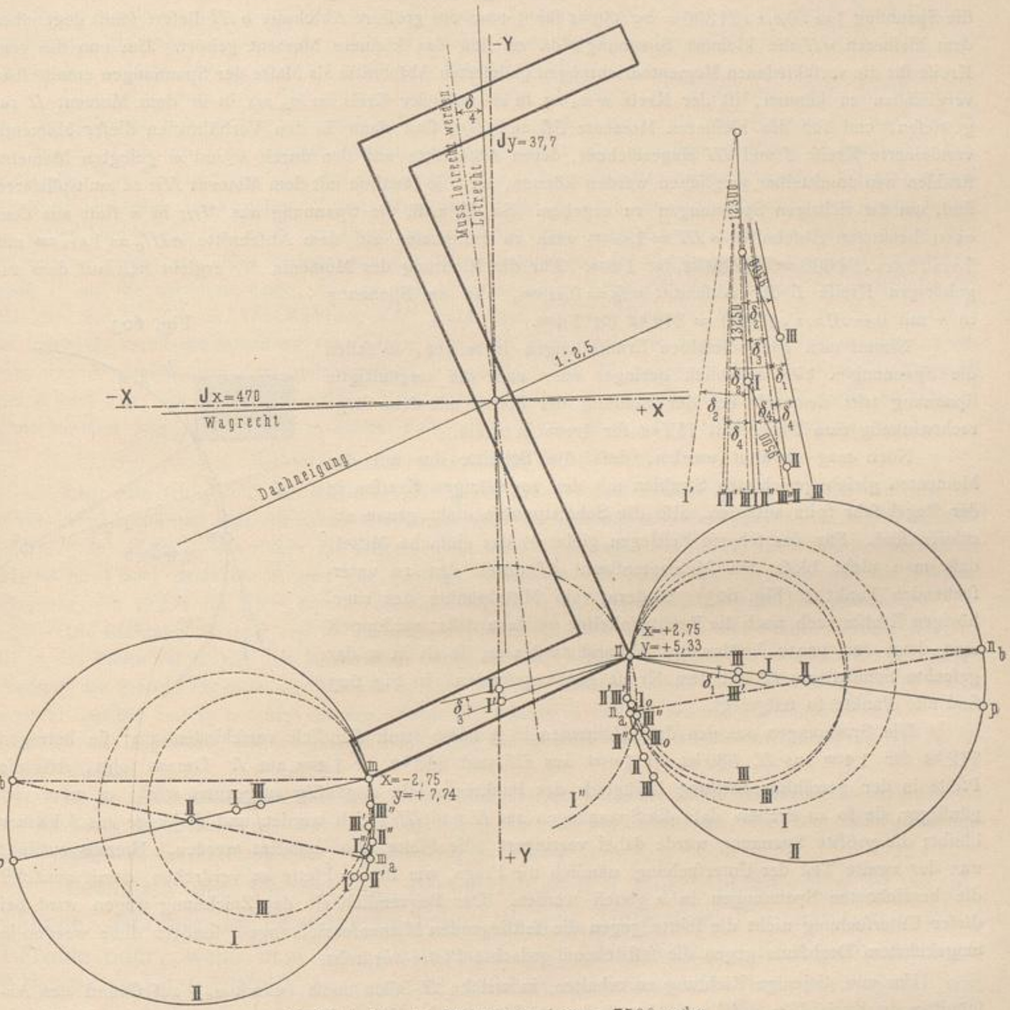
[139]) Zeitſchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1894, S. 447; 1895, S. 169.

Nun foll unterfucht werden, welche Spannungen diefe Momente in einem mit dem Stege rechtwinkelig zur Dachfläche geftellten **Z**-Eifen Nr. 12 hervorrufen, dann auch, wie man die Pfette gegen diefe Stellung etwa zu verdrehen hat, um fie am günftigften auszunutzen, d. h. die entftehenden Spannungen möglichft niedrig zu halten.

Die Spannungsermittelung verläuft wie folgt.

Die **Z**-Pfette Nr. 12 ift in Fig. 602 zunächft rechtwinkelig zur Dachneigung geftellt, und die den Angaben der Normaltabelle entnommenen Hauptachfen X und Y find eingetragen; die Hauptträgheits-

Fig. 602.



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

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

momente find $\mathfrak{J}x = 470$ und $\mathfrak{J}y = 37{,}7$ (beide auf Centim. bezogen). Eine der Ecken m oder n wird die gefährdetfte fein. Für jede derfelben ermittele man die Koordinaten x und y, welche in Fig. 602 beigefchrieben find, und dann die Gröfsen $a = \frac{y}{\mathfrak{J}x}$ und $b = \frac{x}{\mathfrak{J}y}$. Es wird

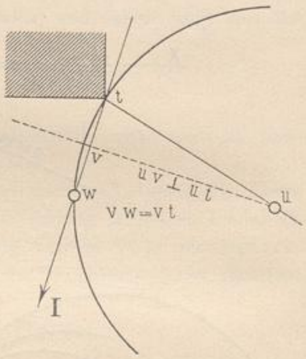
$$a_m = \frac{7{,}74}{470} = 0{,}01645 \text{ (auf Centim. bezogen)}, \quad b_m = -\frac{2{,}75}{37{,}7} = -0{,}073 \text{ (auf Centim. bezogen)},$$

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

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. $n\,II$ für das gröſste Moment II, den vom Kreiſe hierauf gebildeten Abſchnitt miſst; für $n\,II$ ergiebt ſich $1{,}375^{\text{cm}}$, alſo $1{,}375 \,.\, 0{,}015 = 0{,}0206$, und das Moment mit dieſem Abſchnitte multipliziert. Moment II erzeugt daher in n die Spannung $0{,}0206 \,.\, 34\,600^{\text{cmkg}} = 712^{\text{kg}}$ für 1^{qcm}, womit der erſte Teil der Aufgabe gelöſt iſt.

Das Moment III liefert auf ſeiner durch n gelegten Richtung den Abſchnitt $n\,III = 1{,}66^{\text{cm}}$, alſo die Spannung $1{,}66 \,.\, 0{,}015 \,.\, 21\,300 = \backsim 530^{\text{kg}}$ für 1^{qcm}; der gröſsere Abſchnitt $n\,III$ liefert ſomit gegenüber dem kleineren $n\,II$ 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 $n\,III = 1{,}66^{\text{cm}}$ auch zu entnehmen aus dem Abſchnitte $n\,III_0 = 1{,}025^{\text{cm}}$ mit $1{,}025 \,.\, 0{,}015 \,.\, 34\,600 = \backsim 530^{\text{kg}}$ für 1^{qcm}. Für die Richtung des Moments M_I ergiebt ſich auf dem zugehörigen Kreiſe I der Abſchnitt $n\,I_0 = 0{,}66^{\text{cm}}$, alſo die Spannung in n mit $0{,}66 \,.\, 0{,}015 \,.\, 34\,600 = 342^{\text{kg}}$ 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 $t\,I$ durch den zu unterſuchenden Punkt t (Fig. 603), ſondern vom Mittelpunkte des zugehörigen Kreiſes auch noch die Rechtwinkelige $u\,v$ dazu zieht; verdoppelt man dann den genau beſtimmten Abſtand $t\,v$ bis w, ſo iſt in w der geſuchte Schnitt von $t\,I$ 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 $n\,p$ 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 $0{,}567 \,.\, 0{,}015 \,.\, 34\,600 = 294^{\text{kg}}$ 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 diefem Falle zufällig O ift, weil die Richtung I', durch n gezogen, den Kreis in n gerade berührt. Hiermit ift alfo für den Punkt n für fich ein fehr günftiger Spannungsausgleich erzielt, indem man die Pfette gegen die gezeichnete Stellung um den Winkel δ_2 zwifchen den Richtungen $O\,II$ und $O\,II'$, aber in umgekehrtem Sinne, mit dem Kopfe nach rechts, verdreht.

Unterfucht man nun aber durch Eintragen der drei neuen Richtungen I', II' und III' in die drei Kreife an m die Spannungen in diefem Punkte, fo findet man, dafs diefe hier ganz wefentlich gröfser werden; insbefondere erhält man auf der Richtung I' den Abfchnitt von $1{,}36$ cm am Kreife I, alfo die Spannung $1{,}36 \cdot 0{,}015 \cdot 34\,600 = 706$ kg für 1 qcm aus I' in m, woraus folgt, dafs mit dem günftigen Ausgleiche in n allein keine vorteilhafte Pfettenftellung gefunden ift. Man mufs den Ausgleich durch Pfettenverdrehung vielmehr fo vornehmen, dafs die gröfste Spannung in m der gröfsten in n gleich wird, und die beiden anderen fowohl in m als auch in n kleiner ausfallen.

Dies führt dazu, die Momentenrichtungen gegen die Pfette fo einzuftellen, dafs 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 fämtlich kleiner, und die denkbar günftigfte Pfettenftellung ift damit gefunden. Zu diefem Zwecke übertrage man den Durchmeffer $m\,o$ in unveränderter Richtung nach n, oder $n\,p$ ebenfo nach m, und trage den zwifchen II und I liegenden Winkel δ_3 nach derjenigen Richtung von n oder m aus an diefen Durchmeffer an, nach der die auszugleichenden Spannungsabfchnitte gemeffen waren; in Fig. 602 ift erfteres gefchehen. Nun verlege man den Mittelpunkt I von der übertragenen Lage des Durchmeffers nach I'' auf die verdrehte Lage, fchlage von hier aus einen Kreis I'' und beftimme feinen Schnitt II'' mit dem Kreife II in n. Die Richtung $n\,II''$ giebt dann diejenige Richtung II'' an, in welche Moment II zu legen ift, damit die Spannung aus II in n gerade fo grofs wird, wie diejenige aus I in m; denn, wenn man nun I'' gegen I mit dem gleichen Winkel δ_4 feftlegt, wie II'' gegen II, dann die Strahlftrecke $m\,I''$ bei m und $n\,II''$ bei n mifst, fo müffen diefe gleich ausfallen, wie aus der Ermittelung diefer Richtungen ohne weiteres folgt. Beide find in diefem Falle gleich 1 cm, geben alfo die Spannungen an:

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

Legt man fchliefslich die Richtung III'' gegen III mit dem Winkel δ_4 auch ebenfo feft wie II'' gegen II und ermittelt nun mit diefen 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 ift, fo find diefe fämtlich kleiner als 519 kg für 1 qcm; demnach ift nun der günftigfte Ausgleich der Spannungen erzielt, und die Pfettenfpannung von 712 kg für 1 qcm durch Verdrehen der Pfette auf 519 kg für 1 qcm heruntergebracht.

Die Richtung I'' mufs nun als diejenige des Moments I aus Eigenlaft und Schnee lotrecht fein; fie ift in die Pfette felbft mit der Bemerkung »mufs lotrecht werden« eingetragen, wodurch die endgültige Stellung der Pfette feftgelegt ift. Die Pfette mufs demnach mit dem Kopfe um den Winkel δ_4 nach rechts gedreht geftellt und fo befeftigt werden, damit die Punkte m und n, erfterer aus Eigenlaft und Schnee, letzterer aus Eigenlaft, Schnee und Wind, beide die höchfte vorkommende Spannung von 519 kg für 1 qcm erhalten.

Es ift felbftverftändlich, dafs man die für den Fall zu wählende Pfette fchwächer halten kann, da die Spannung weit unter der zuläffigen liegt; hier kam es nur darauf an, den Weg der Spannungsermittelung und des Feftlegens der Pfettenftellung zu zeigen.

Bezüglich der Verwendung der verfchiedenen Querfchnittsformen ift zu erwähnen, dafs man für gewöhnliche Träger (Balken, Unterzüge, Kappenträger u. f. w.) I-Profile oder, wenn man eine glatte Seite und wenig feitliche Steifigkeit verlangt, C-Profile wählt. L-Eifen kommen in zufammengefetzten Trägern vorwiegend mit anderen Eifenforten vereinigt vor; ⊥-Träger werden wohl aus zwei Winkeleifen gebildet; die ganz fchwachen Sorten werden auch für fich allein zu Dachlatten für Ziegeldächer verwendet. Z-Eifen werden mit Vorliebe als Pfetten, namentlich für Wellblechdeckungen, benutzt, und kleine ⊥-Eifen bilden die Träger für die Glastafeln kleinerer Decken- und Dachlichter, während die Tafeln grofser Glasflächen auf Rinneneifen oder das kleinfte Belageifen gelagert werden. Die Belageifen verwendet man auch vielfach zur Herftellung eiferner Decken mit Zement- oder Afphalteftrich, indem man fie quer über die dann in weiter Teilung angeordneten Balken dicht oder doch nahe aneinander rückt. 316. Anwendung der verfchiedenen Walzeifen.

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 $3{,}0^{m}$ 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 $\mathcal{J} = 2 f h^2 c = 2 f h^2 \,.\, 0{,}231$ 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,

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

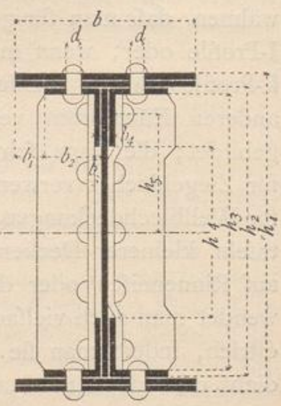
Dem genügt zuerft das Winkeleifen $5 \times 7{,}5 \times 0{,}9$ mit $f h = 10{,}44 \,.\, 5 = 52{,}2$; aus zwei folchen ift fonach der Träger zufammenzufetzen.

3) Blechträger.

317. Querfchnitt und Konftruktion.

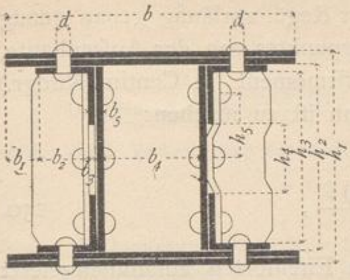
Blechträger werden aus Winkeleifen und vollen Blechplatten zufammengefetzt, und zwar faft ausfchliefslich in I-Form (Fig. 604) oder in Kaftenform (Fig. 605); letztere erreicht bei thunlichfter Höheneinfchränkung eine breite Oberfläche, z. B. zum Tragen ftarker Mauern, macht aber die Unterhaltung der 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 fteigen von 6 bis 20 mm; die Gröfse der einzelnen Tafeln richtet fich nach der Handelsgröfse der Bleche, welche in den letzten Jahren durch Vervollkommnung des Walzverfahrens fo gewachfen ift, dafs man felbft vor Blechgröfsen von 8 m Länge und 1,50 m Breite nicht zurückzufchrecken braucht; fehr dünne Bleche nimmt man kleiner, da fie fonft zu unhandlich werden. Bezüglich der Verbindung mehrerer Tafeln zu einer grofsen Blechwand vergl. Art. 236 (S. 177).

Von den »Deutfchen Normalprofilen« für Winkeleifen werden vorwiegend die gleichfchenkeligen mit Schenkelbreiten von 4 bis 12 cm verwendet; ungleichfchenkelige benutzt man mit abftehendem langen Schenkel dann, wenn man vom Träger grofse Seitenfteifigkeit verlangt; fonft werden fie wegen des höheren Preifes vermieden.

Die Niete, deren Dicke fich nach der Stärke der verwendeten Eifen (fiehe Art. 208, S. 152) richtet, find in den Winkeleifen nach Fig. 432 bis 436 (S. 160 u. 161) anzuordnen. In den Gurtungsplatten hat man früher die Niete der verfchiedenen (meift 2) Reihen wohl gegeneinander verfetzt. Dies ift indes nach dem in Art. 240 (S. 180) geführten Nachweife verkehrt, weil die fchiefe Lochung die Platten mehr fchwächt, als die doppelte; dagegen werden die Niete in den beiden Schenkeln der Winkeleifen ftets verfetzt (Fig. 607). Die Kopf- und Fufsplatten laufen nicht bis zu den Trägerenden, fondern hören da auf, wo der Querfchnitt ohne fie für das gröfste Moment diefer Stelle ftark genug ift.

318. Ermittelung der Querfchnitte.

Wirken die Laften in der lotrechten Mittelachfe, fo erfolgt die Spannungsermittelung nach Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte diefes »Handbuches« (Art. 298, S. 262 [140]), bei fchiefer Beanfpruchung nach Art. 324 (S. 282) und den obigen Beifpielen 2 und 3 (S. 247 u. 248) für Walzträger. In allen Fällen wird das Trägheitsmoment für die wagrechte Schwerachfe gebraucht. Dasfelbe beträgt nach Fig. 604 für I-förmige Träger [141])

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

fehlen die Kopf- und Fufsplatten, fo find die Niete in den lotrechten Winkelfchenkeln nach dem Anfatze $-\,2\,b_4\;d\,h^2_5$ in Abzug zu bringen.

Für Kaftenträger nach Fig. 605 beträgt das Trägheitsmoment

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

fehlen hier die Platten, fo ift der Nietabzug für die Niete in den Blechwänden $-\,2\,.\,2\,d\,b_5\;h_5^{\,2}$.

In die Formeln für die Spannungen find die Trägheitsmomente einzuführen, zu deren Berechnung man den Querfchnitt zunächft annehmen mufs. Die Querfchnitte müffen alfo durch Verfuch feftgeftellt werden.

Auf diefem Wege ift die Querfchnittsbeftimmung zeitraubend. Es empfiehlt fich daher, zunächft Näherungsformeln zu verwenden und ihr Ergebnis dann in entfprechender Weife zu berichtigen. Solche Näherungsformeln find 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,

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

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

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

Nachdem der Trägerquerſchnitt hiernach ausgebildet iſt, berechne man ſein Trägheitsmoment $\mathfrak{J}$ nach Gleichung 248 oder 249, daraus $\frac{2\mathfrak{J}}{h}$; 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 $\Delta = \frac{M}{s} - \frac{2\mathfrak{J}}{h}$, 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 30000 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

$$M = \frac{5 \cdot 1000^2}{8} + \frac{30000 \cdot 1000}{4} = 8125000 \text{ cmkg}.$$

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

$$f = \frac{8125000}{900(80 - 2 \cdot 3)} - \frac{(80 - 2 \cdot 3)\,1}{6} = 122 - 12{,}4 = 109{,}6 = \backsim 110 \text{ qcm}.$$

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; $h_4 = 80 - 2 \,.\, 13 = 54$ 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

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

daher

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

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

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

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 » $2\,(40 - 2 \,.\, 2)\quad 1 = 72$;

alfo ift $f = 110$ qcm.

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

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

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

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

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

Die Berichtigung ift nach Gleichung 252 einzuführen mit

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

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.

320. Veränderung des Querfchnittes.

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

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

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

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

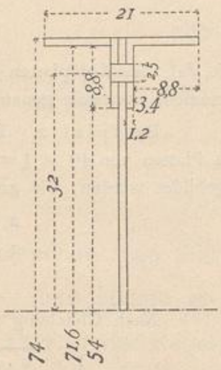
$$M_x = 17500\, x - \frac{5\, x \cdot x}{2} .$$

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

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

und giebt $x = 175^{\mathrm{cm}}$. Ueber den Punkt, welcher 175^{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.

Fig. 606.



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.

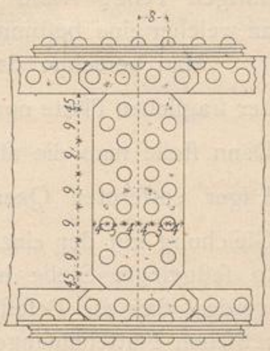
Bei gewöhnlichen Trägern wird man innerhalb der zuläffigen Grenzen bleiben, wenn man die Teilung etwa gleich $6\,d$ macht. Die Teilung wird theoretifch in den lotrechten Winkelfchenkeln und der Wand enger, als in den wagrechten und den Platten. Wenn man alfo die für die lotrechten Schenkel berechnete 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.

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.

Fig. 607.



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

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

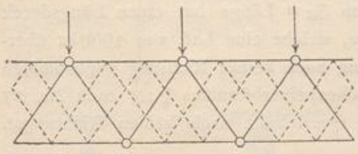
Somit ift eine zweireihige Nietung nötig, da die 16 Nieten nicht in einer Reihe Platz haben. Um die Reihen verfetzen zu können, ift mit Rückficht auf die vollftändige Vernachläffigung der Reibung die Zahl auf 15 befchränkt, und die beiden Reihen von 8 und 7 Nieten find dann etwa wie in Fig. 607 dargeftellt 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.

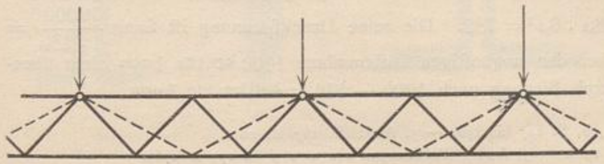
Die gedrückte Gurtung mufs fo fteif fein, dafs fie zwifchen zwei Knotenpunkten nicht lotrecht und im Ganzen nicht wagrecht ausknickt; in letzterer Beziehung ift fie häufig durch anderweitige Bauteile verfteift. Die Entfernung der Knotenpunkte ift demnach höchftens gleich der Länge l_1 eines auf Zerknicken 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.



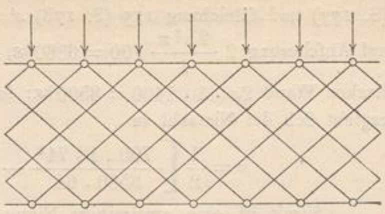
Die Gitterftäbe follen mindeftens etwa 30 Grad gegen die Wagrechte geneigt fein. Ift alfo die Laftteilung mit Rückficht auf Zerknicken als Knotenteilung zuläffig, und bleiben die Stäbe dabei fteiler als 30 Grad, fo wird nur ein Dreiecksnetz von Gitterftäben eingefügt (Fig. 608); kommen dabei aber die 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 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).

Fig. 610.



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

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

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 $8 \times 8 \times 0{,}8$ 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 $\mathcal{J} = 4 f h^2 c$; somit

$$\mathcal{J} = 4 f h^2 \left[0{,}177 + \frac{k}{4}(k - 1{,}148)\right].$$

Darin ist $f = (8 + 7{,}2)\, 0{,}8 = 12{,}2$ qcm. Die Gleichung $M = \frac{s\,\mathcal{J}}{e}$ lautet hier, wenn die zulässige Spannung $s = 700$ 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 $8 \cdot 8{,}3 = 66{,}4$ cm.

Beispiel 2. Ein Feld einer geraden oberen Gurtung von 5,2 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 $6{,}5 \times 13 \times 1$ cm Querschnitt mit $f = 18{,}5$, also $f h^2 = 18{,}5 \cdot 6{,}5^2 = 782$. Die reine Druckspannung ist somit $\frac{38000}{4 \cdot 18{,}5} = 514$ 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 $1000 - 514 = 486$ 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 Winkeleifen wiegen $14{,}4$ kg für 1 m; daher ift das Trägergewicht für 1 cm, einfchl. eines Zufchlages für die Wandausbildung, welche fpäter allgemein befprochen wird, $4\,\frac{14{,}4}{100} + 0{,}024 = 0{,}6$ kg, fomit das gröfste 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 Mittelachfe find nun nach Nr. 27 der Zufammenftellung auf S. 212

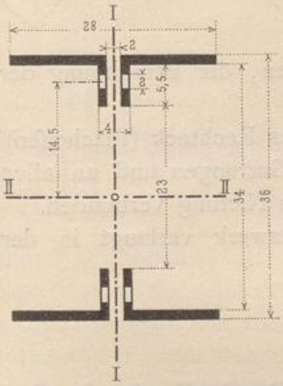
$$\mathcal{J} = 4 \cdot 18{,}5 \cdot 6{,}5^2 \left[0{,}124 + \frac{k}{4}(k - 0{,}928)\right] \quad \text{und} \quad e = \frac{k \cdot 6{,}5}{2};$$

fomit

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

woraus $k = 5{,}457$. Die Gurtungshöhe $k\,h$ ift alfo $5{,}457 \cdot 6{,}5 = 35{,}5$ cm zu wählen. Mit Rückficht darauf, dafs bei der Berechnung auf Biegung die Nietlöcher nicht abgezogen find, foll die Höhe mit 36 cm ausgeführt werden. Die Schlitzweite zwifchen den Winkeleifen ift $0{,}34 \cdot 6{,}5 = 2{,}2$ cm oder rund $2{,}0$ cm.

Fig. 611.



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

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

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

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

Die Druckfpannung ift ohne Abzug der Nietlöcher $\frac{38000}{4 \cdot 18{,}5} = 514$ kg, die Biegungsfpannung $\frac{540280}{1042} = 518$ kg, zufammen 1032 kg für 1 qcm. Die Ueberfchreitung über 1000 kg für 1 qcm erklärt fich aus den Nietabzügen; erfcheint fie unzuläffig, fo ift der Querfchnitt noch etwas höher zu machen.

Die mit Rückficht auf feitliches Ausknicken zuläffige Druckfpannung ift nach Gleichung 187, bezw. 189 (S. 205, bezw. 212)

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

Die zu hohe Tragfähigkeit erklärt fich daraus, dafs bei der Auswahl des Winkeleifens ftark nach oben abgerundet werden mufste, weil die vorhandenen Querfchnitte nicht pafsten und alle fchwächeren zu fchwach waren.

Die Querfchnittsform der Gurtungen ift in der Regel eine der in Fig. 612 bis 617 dargeftellten; die Formen in Fig. 612 u. 613 können mit oder ohne lotrechten Mittelfchlitz angeordnet werden. Ift die Gurtung in Fig. 614 mit Schlitz verfehen und kann Näffe den Träger erreichen, fo mufs die untere Gurtung die Geftalt von Fig. 617 erhalten, damit fich das Waffer im Schlitze nicht anfammelt.

Fig. 612.

Fig. 613.

Fig. 614.

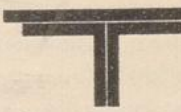


Fig. 615.

Fig. 616.

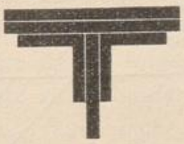
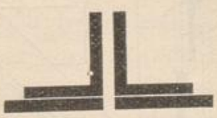


Fig. 617.



325. Gitterftäbe.

Das Gitterwerk hat die lotrechten Querkräfte (fiehe 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.

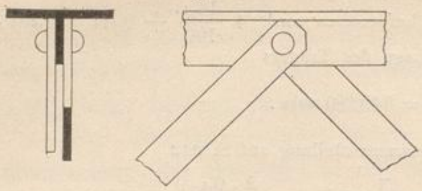
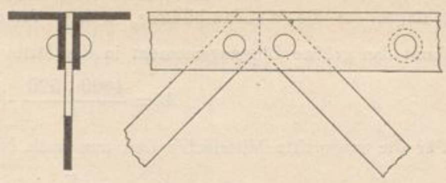
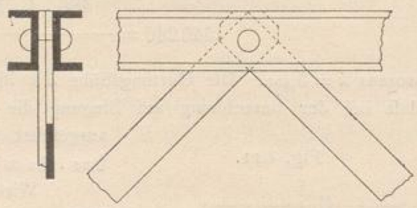


Fig. 619.



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.

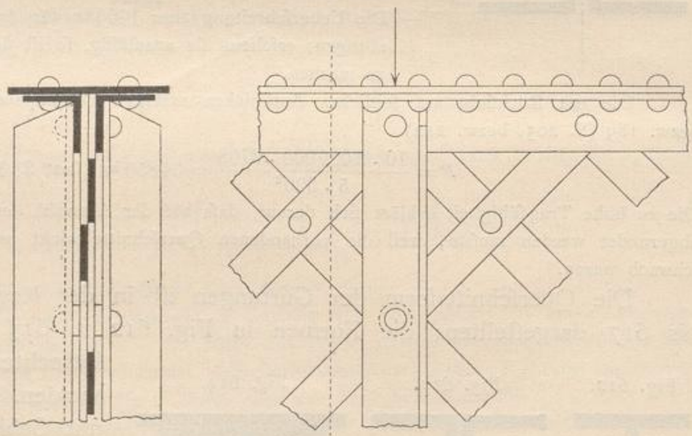
Fig. 620.



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

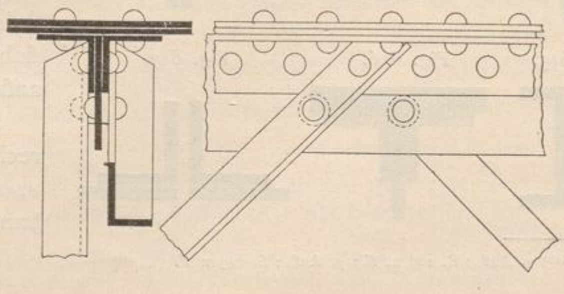
α) Der Gitterträger (Parallelträger) mit Flacheiſennetzwerk verlangt in der Regel nur einen Niet im Anſchluſſe an die Gurtung und kann mit oder ohne Schlitz in der letzteren konſtruiert ſein. In Fig. 618 bis 621 ſind Beiſpiele von Knotenpunktverbindungen ſolcher Träger dargeſtellt.

Fig. 621.



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. 622.



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

Fig. 623.

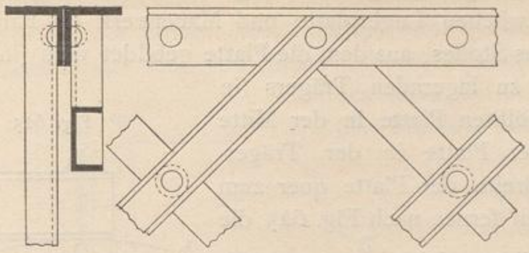
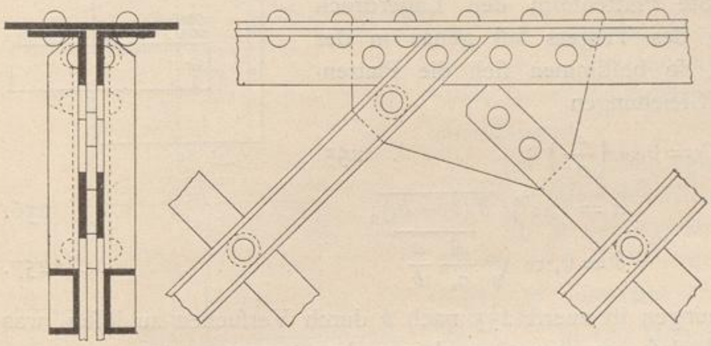


Fig. 624.



β) Der Gitterträger mit ſteifen Stäben aus L- oder [-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 [-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.

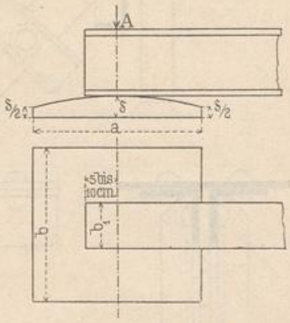
326. Druckverteilungsplatten.

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.

Bedeutet A (Fig. 625) den gröfstmöglichen Lagerdruck (in Kilogr.), σ_1 die zuläffige Preffung auf 1 qcm zwifchen Lagerplatte und Mauerwerk (in Kilogr.[146]), σ_e die zuläffige Zugfpannung des Stoffes, aus dem die Platte gebildet wird (in Kilogr. für 1 qcm), b_1 die Breite des zu lagernden Trägers (in Centim.), δ die Dicke der gewölbten Platte in der Mitte (in Centim.), a die Länge der Platte in der Trägerrichtung (in Centim.), b die Breite der Platte quer zum Träger (in Centim.); macht man ferner nach Fig. 625 die Randftärke der prismatifchen Platte gleich $\frac{\delta}{2}$, um durch die entftehende gewölbte Plattenform den Lagerdruck auch bei Durchbiegung des Trägers faft genau in der Plattenmitte zu halten; fo beftimmen fich die Plattenabmeffungen nach den Gleichungen

Fig. 625.



$$b^3 (b - b_1) = 0{,}66 \left(\frac{A}{\sigma_1}\right)^2; \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 255.$$

$$a = 1{,}23 \sqrt{b (b - b_1)}; \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 256.$$

$$\delta = 0{,}775 \sqrt{\frac{A}{\sigma_e} \frac{a}{b}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 257.$$

Von diefen Gleichungen ift zuerft 255 nach b durch Verfuchen zu löfen, was dadurch erleichtert wird, dafs man einen zu kleinen Annäherungswert aus

$$b > 0{,}9 \sqrt{\frac{A}{\sigma_1}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 258.$$

finden kann. Ift b gefunden, fo ergeben fich a und δ nach den Gleichungen 256 u. 257.

Beifpiel. A fei gleich 30000^{kg}, σ_1 (für gutes Backfteinmauerwerk) $= 8^{kg}$ auf 1 qcm, σ_e (für Gufseifen) $= 250^{kg}$ auf 1 qcm und $b_1 = 20^{cm}$. Alsdann ift zunächft nach Gleichung 258

$$b > 0{,}9 \sqrt{\frac{30000}{8}} > 55{,}2^{cm};$$

die genaue Löfung für b ergiebt fich nach Gleichung 255: $b = 61^{cm}$. Nach Gleichung 256 ift dann

$$a = 1{,}23 \sqrt{61 (61 - 20)} = 61{,}5^{cm}$$

und nach Gleichung 257

$$\delta = 0{,}775 \sqrt{\frac{30000}{250} \frac{61{,}5}{61}} = 8{,}5^{cm}.$$

Die Randftärke der Platte ift mit $\frac{\delta}{2} = \frac{8{,}5}{2} = 4{,}3^{cm}$ auszuführen.

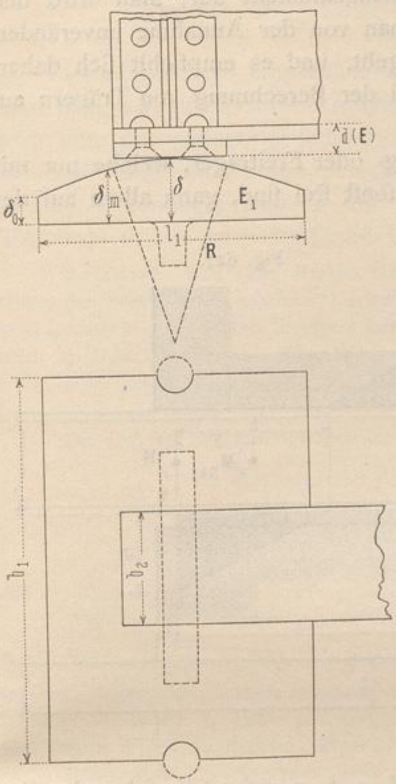
Ift diefe im allgemeinen befte Ausbildung der Platten mit Rückficht auf den zur Verfügung ftehenden Platz, namentlich in Richtung der Mauerftärke, alfo der Trägerlänge, nicht durchführbar, fo treten die folgenden Regeln ein.

Die Länge l_1 (Fig. 626) verhält fich zur Breite b_1, wie 1 : 2 bis 3 : 4, oder folgt mit einem feftftehenden Werte aus dem in Richtung der Mauerftärke verfügbaren Mafse. In der Mitte der Länge macht man die Plattendicke wie bei der oben befprochenen Form gröfser, als am Vorder- und Hinterrande, um den Auflagerdruck auch bei Durchbiegungen der Träger annähernd in der Plattenmitte zu halten; der Scheitel der fo entftehenden Gegenneigungen wird mit dem Halbmeffer R abgerundet; die Randftärke beträgt mindeftens $1{,}5^{cm}$. Ift σ_1 die zuläffige Preffung für das Mauerwerk, b_2 die Breite des zu unterftützenden Trägers, A der

[146]) Vergl. Fufsnote 122, S. 229.

gröfste Auflagerdruck, δ die Plattendicke in der Mitte, δ_m die gemittelte Stärke der Lagerplatte aus Mitte und Rand, b_1 ihre Breite, l_1 ihre Länge, fo mufs zunächft $\sigma_1\, b_1\, l_1 = A$ Kilogr. fein; daraus find b_1 und l_1 zu beftimmen, wenn man ihr Verhältnis oder eine von diefen Gröfsen fo annimmt, wie es den Verhältniffen des Falles entfpricht; δ und δ_1 ergeben fich aus den Formeln (worin A in Kilogr.)

Fig. 626.



$$\delta_m = \frac{\delta + \delta_0}{2}$$

$$\delta = \left(0{,}055 \sqrt{A \frac{l_1}{b_1}}\right) \text{ Centim.} \quad . \quad 259.$$

und

$$\delta_m = \left(0{,}055 \sqrt{A \frac{b_1 - b_2}{l_1}}\right) \text{ Centim.}; \quad 260.$$

aus der angenommenen Randftärke und der gemittelten Plattendicke δ_m folgt ein zweiter Wert für δ; der gröfsere der beiden Werte δ ift auszuführen.

Die Wölbung gufseiferner Platten kann nach der folgenden Gleichung feftgelegt werden. Ift A der gröfste Auflagerdruck und b_2 die Breite, mit der der Träger auf der Platte liegt, fo berechne man zuerft den Druck $P = \frac{A}{b_2}$ für die Breiteneinheit; läfst man dann für Gufseifenplatten eine höchfte Preffung von s Kilogr. für 1 qcm im Scheitel der Wölbung zu, ift d die Dicke der auf dem Lager liegenden Platte, alfo gegebenenfalls die Dicke des Trägerflanfches, E die Elaftizitätszahl des aufzulagernden Körpers und E_1 diejenige der Gufsplatte; fo ift zu machen

$$R = \frac{9 \,.\, P^2 \,.\, E \,.\, E_1}{32\,(d E_1 + \delta E)\, s^3}\,; \quad . \quad 261.$$

darin kann s für Gufseifen mit 1200 kg für 1 qcm, für Schweifseifen mit 2400 kg für 1 qcm und für Stahl mit 4000 kg für 1 qcm unbedenklich angenommen werden, da es fich nur um eine örtlich fehr befchränkte Spannung handelt.

Das Verlegen der Lagerplatten gefchieht bei hohen Preffungen auf Walzblei, gewöhnlich auf Zementmörtel des Mifchungsverhältniffes 1 : 2 bis 1 : 3. Um Verfchiebungen durch wagrechte Kräfte zu verhindern, giefst man meift Rippen auf die Unterfeite der Platte, wie in Fig. 626 angedeutet ift. Die für folche Rippen in die Unterftützung einzuhauenden Nuten beeinträchtigen aber die Lagerfläche und find fchwer fo zu fchliefsen, dafs die Rippen ganz ficher feftgelegt werden. Beffer ift deshalb das Feftlegen der Platten durch in die Plattenränder eingelaffene kreisförmige Dollen, die gleichfalls in Fig. 626 angegeben find. Im Einzelfalle verwendet man nur eines der beiden Mittel. Bei ausfchliefslich oder nahezu ausfchliefslich lotrecht belafteten Platten bleiben Rippen und Dollen am beften beide weg. 327. Feftlegung der Lagerplatten.

Die Einfpannung der Träger in den Auflagern, d. h. das Erzwingen unverändert wagrechter Lage der Enden der Mittellinie auch bei Durchbiegungen, bietet bekanntlich ein Mittel, die Träger in den gefährlichen Mittelquerfchnitten zu entlaften; 328. Einfpannung der Träger.

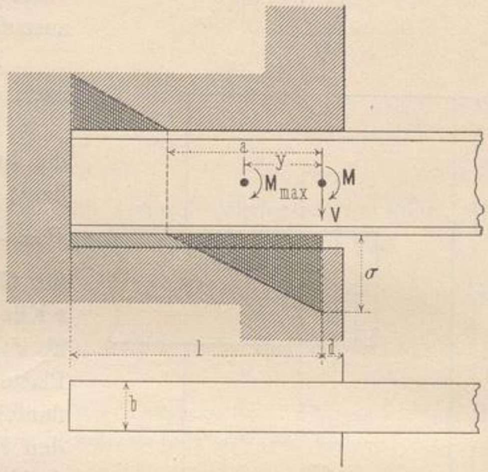
bei Trägern auf zwei oder mehr Stützen ist jedoch diese Endeinspannung nicht zu erreichen, weil die Nachgiebigkeit der Wände, wie diejenige des Trägers grofs genug ist, um auch ganz eingemauerten Trägern das geringe Mafs von Verdrehung zu gestatten, welches von der Durchbiegung bedingt wird. Selbstverständlich tritt beim eingemauerten Träger stets ein gewisses, von der Elastizitätsziffer der Stoffe der Wand und des Trägers abhängiges Einspannungsmoment auf; man wird den Träger aber stets zu schwach berechnen, wenn man von der Annahme unveränderlicher Lage der Mittellinie in den Auflagern ausgeht, und es empfiehlt sich daher, von der Berücksichtigung der Endeinspannung bei der Berechnung von Trägern auf mehreren Stützen ganz abzusehen[147]).

Dagegen beruht die Standfestigkeit der Krag- oder Freiträger, welche nur mit einem Ende in einer starken Mauer eingespannt, sonst frei sind, ganz allein auf der Einspannung, und die Verdrückungen der Lager, welche hier ebenso eintreten, haben dann das Durchhängen des Trägers zur Folge.

329.
Eingemauerte Kragträger.

Die Einspannung solcher Kragträger kann durch einfaches Einmauern oder durch Einlagern zwischen Druckplatten erfolgen.

Fig. 627.



Ist die zulässige Belastung des umgebenden Mauerwerkes auf 1 qcm wieder σ_1, die Länge der Einmauerung l, die Trägerbreite b, die thatsächliche Pressung auf der Lagervorderkante σ, der Abstand des Pressungsnullpunktes von der Lagervorderkante a, das Biegungsmoment aller äufseren Kräfte in der Lagervorderkante M und die lotrechte Querkraft daselbst V, so bestehen zwischen l, a, b, σ und σ_1 die folgenden Beziehungen (Fig. 627):

Die erforderliche Einmauerungslänge zur Erzielung der zulässigen Kantenpressung σ_1 ist

$$l = \frac{2\,V + \sqrt{6\,M \sigma_1\,b + 4\,V^2}}{\sigma_1\,b} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 262.$$

Die Stelle, wo keine Pressung auftritt, liegt hinter Lagervorderkante um

$$a = l\,\frac{2\,V l + 3\,M}{3\,V l + 6\,M} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 263.$$

Die bei der Einmauerungslänge l zur Erzielung der zulässigen Kantenpressung σ_1 erforderliche Träger- oder Plattenbreite ist

$$b = 2\,\frac{2\,V l + 3\,M}{\sigma_1\,l^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 264.$$

Die bei der Einmauerungslänge l und der Druckflächenbreite b entstehende gröfste Kantenpressung beträgt

$$\sigma = 2\,\frac{2\,V l + 3\,M}{b\,l^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 265.$$

147) Vergl. hierüber: Brick, J. E. Ueber die praktische Unzulässigkeit der Annahme »horizontaler Einspannung« der im Hochbaue verwendeten und an den Auflagern übermauerten Eisenträger. Wochschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1887, S. 161.

Der Punkt, in welchem das gröfste Biegungsmoment M_{max} auftritt, liegt hinter der Lagervorderkante um

$$y = \frac{V l^2}{3\,V l + 6\,M}, \quad \ldots \ldots \ldots \quad 266.$$

und diefes gröfste Moment ift dann

$$M_{max} = M + V \,.\, y - \frac{b\,\sigma_1\,y^2}{6}\left(3 - \frac{y}{a}\right). \quad \ldots \ldots \quad 267.$$

Es ift nicht zu empfehlen, die Lagervorderkante in die Mauerkante zu legen; man bringe vielmehr zwifchen Träger und Mauerwerk eine Lage von reinem Zement oder eine gut verlegte Eifenplatte an, welche nicht ganz bis zur Mauerkante reicht, damit die Mauerkante von der gröfsten Preffung befreit und die Möglichkeit einer gewiffen Preffungsverteilung im Mauerwerke offen gehalten wird. Das Mafs d (Fig. 627) foll je nach Laft und Länge des Trägers etwa 4 bis 8 cm betragen.

Beifpiel. Vor einer ftarken Mauer mit 5 m Fenfterteilung foll ein auf Kragträgern in den Mitten der Fenfterpfeiler ruhender Laufgang angebracht werden, deffen Breite bis Geländermitte von der Einfpannungslinie an 150 cm beträgt. Der Fufsboden foll in der ganzen Länge in die Wand und auf einen im Geländer über den Kragträgerenden untergebrachten Längsträger gelagert werden. Der Fufsboden wiegt 250 kg für 1 qm und trägt 250 kg für 1 qm; das hölzerne Geländer ift $1{,}10$ m hoch und durchfchnittlich $0{,}15$ cm ftark.

Die Laft auf einem Kragträgerende beträgt alsdann:

$$\begin{aligned} &\text{aus Fufsboden und Belaftung } 5 \,.\, 1{,}5 \,.\, \frac{1}{2}\,(250 + 250) &&= 1875\ \text{kg}, \\ &\text{aus dem Geländer } 5 \,.\, 1{,}1 \,.\, 0{,}15 \,.\, 700 &&= 578\ \text{»} \\ &\hphantom{aus dem Geländer 5 . 1,1 . 0,15}\text{zufammen } &&V = 2453\ \text{kg}; \end{aligned}$$

alfo das Moment an der Einfpannungsftelle $M = 150 \,.\, 2453 = 367\,950$ cmkg.

Wird in den Trägern 1000 kg Spannung für 1 qcm zugelaffen, fo ift das erforderliche Widerftandsmoment $\frac{367\,950}{1000} = 368$. Um an Höhe zu fparen und gleichzeitig eine grofse Auflagerbreite b zu erhalten, follen zwei Träger nebeneinander gelegt werden. Obigem Widerftandsmoment würden zwei **I**-Träger Nr. 19 mit $2 \,.\, 187 = 374$ entfprechen; wegen der Vergröfserung des Momentes in der Wand mufs jedoch der nächft ftärkere Träger Nr. 20 gewählt werden, deffen Breite 9 cm beträgt.

Somit ift $b = 2 \,.\, 9 = 18$ cm; das Mauerwerk am Träger wird in Klinkern und Zementmörtel ausgeführt; alsdann ift $\sigma_1 = 14$ kg für 1 qcm, und nach Gleichung 260 wird

$$l = \frac{2 \,.\, 2453 + \sqrt{6 \,.\, 367950 \,.\, 18 \,.\, 14 + 4 \,.\, 2453^2}}{18 \,.\, 14} = 115\ \text{cm}.$$

Wird $d = 6$ cm gemacht, fo fteckt der Träger hiernach 121 cm in der Wand, und die Geländermitte liegt $15 - 6 = 144$ cm vor der Wand.

Die Stelle des gröfsten Biegungsmoments liegt nach Gleichung 266 hinter der Lagervorderkante um

$$y = \frac{2453 \,.\, 115^2}{3 \,.\, 2453 \,.\, 115 + 6 \,.\, 367\,950} = 10{,}6\ \text{cm},$$

die Stelle des Preffungsnullpunktes nach Gleichung 263 um

$$a = 115\,\frac{2 \,.\, 2453 \,.\, 115 + 3 \,.\, 367\,950}{3 \,.\, 2453 \,.\, 115 + 6 \,.\, 367\,950} = 62{,}9\ \text{cm},$$

und das gröfste Moment beträgt nach Gleichung 267

$$M_{max} = 367\,950 + 2453 \,.\, 10{,}6 - \frac{18 \,.\, 14 \,.\, 10{,}6^2}{6}\left(3 - \frac{10{,}6}{62{,}9}\right) = 380\,650\ \text{cmkg}.$$

Die Spannung in zwei **I**-Eifen Nr. 20 ift fomit $\frac{380\,650}{2 \,.\, 216} = 882$ kg für 1 qcm. Wären die beiden **I**-Träger Nr. 19 beibehalten, fo wäre $b = 2 \,.\, 8{,}6 = 17{,}2$, alfo nach Gleichung 262

$$l = \frac{2 \,.\, 2453 + \sqrt{6 \,.\, 367950 \,.\, 14 \,.\, 17{,}2 + 4 \,.\, 2453^2}}{14 \,.\, 17{,}2} = 118{,}5\ \text{cm};$$

nach Gleichung 266

$$y = \frac{2453 \cdot 118{,}5^2}{3 \cdot 2453 \cdot 118{,}5 + 6 \cdot 367\,950} = 11{,}2 \,^{\text{cm}};$$

ferner nach Gleichung 263:

$$a = 118{,}5 \, \frac{2 \cdot 2453 \cdot 118{,}5 + 3 \cdot 367\,950}{3 \cdot 2453 \cdot 118{,}5 + 6 \cdot 367\,950} = 65 \,^{\text{cm}},$$

und nach Gleichung 267

$$M_{max} = 367\,950 + 2453 \cdot 11{,}2 - \frac{17{,}2 \cdot 14 \cdot 11{,}2^2}{6}\left(3 - \frac{11{,}2}{65}\right) = 381\,150 \,^{\text{cmkg}}.$$

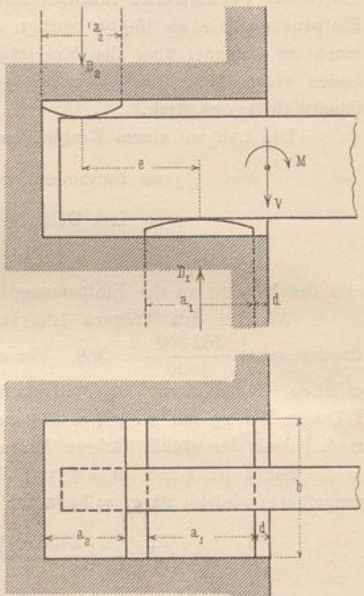
Die Spannung in zwei I-Trägern Nr. 19 wäre alſo $\frac{381\,150}{2 \cdot 187} = 1019$ kg für 1 qcm, die auch gegenüber der Feſtſetzung von 1000 kg für 1 qcm noch als zuläſſig zu betrachten iſt. Die beiden Trägerſtücke ſind ſomit aus I-Eiſen Nr. 19, und zwar je $118{,}5 + 150 + \frac{15}{2} = 276$ cm lang, zu ſchneiden.

Dieſes Beiſpiel eines allerdings ſchwer belaſteten Freiträgers zeigt, daſs die Einmauerung nicht ſelten eine unbequeme Tiefe erreicht, welche nur in auſsergewöhnlich ſtarken Mauern Platz findet.

330. Einſpannung des Kragträgers zwiſchen Druckplatten.

Ein Mittel, den Trägereingriff in die Wand kürzer und zugleich die Verteilung der Kräfte auf das Mauerwerk beſſer zu machen, bietet die Einſpannung des Kragträgers zwiſchen Druckplatten, da man hier durch Wahl einer groſsen Breite b der Platten das Maſs e und die Plattenlängen a_1 und a_2 (Fig. 628) gering halten kann. b iſt für beide Platten gleich zu machen, da die Wandniſche jedenfalls rechteckig gebildet wird, und b iſt ſo anzunehmen, daſs es ſich dem Mauerverbande bequem einfügt; auch e iſt den Verhältniſſen, namentlich der Mauerſtärke, entſprechend zu wählen. Die erſte Annahme über b und e iſt durch eine zweite zu erſetzen, wenn die Rechnung die erſte als unzweckmäſsig erweiſen ſollte.

Fig. 628.



In die Mauer können unter und über den Druckplatten Auflagerquader eingeſetzt werden.

Mit Rückſicht auf die Bezeichnungen in Fig. 628 ſind, bei der zuläſſigen Preſſung σ_1 zwiſchen Platten und Mauerwerk,

$$a_2 = \frac{V\left(d + \frac{V}{2 b \sigma_1}\right) + M}{b e \sigma_1 - \frac{V}{2}} \quad \text{und} \quad a_1 = a_2 + \frac{V}{b \sigma_1}; \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 268.$$

$$D_2 = b\, a_2\, \sigma_1 \quad \text{und} \quad D_1 = b\, a_1\, \sigma_1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 269.$$

Das gröſste Moment, für welches der Träger einzurichten iſt, beträgt

$$M_{max} = D_2\, e \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 270.$$

Die Druckplatten ſelbſt ſind nach Ermittelung von D_1 und D_2 aus Guſseiſen genau nach den Regeln zu bilden, welche in Art. 326 (S. 261) zu Fig. 625 u. 626 gegeben wurden.

Beiſpiel. Wird für den Fall, welcher im letzten Beiſpiele behandelt wurde, beſtimmt, daſs b der Breite von $1\frac{1}{2}$ Stein = 38 cm entſprechen und e = 30 cm ſein ſoll, daſs ferner das Mauerwerk an den

Druckplatten in Klinkern und Zementmörtel mit $\sigma_1 = 14^{kg}$ für 1^{qcm} ausgeführt wird, fo mache man nach Gleichung 268

$$a_2 = \frac{2453\left(6 + \frac{2453}{2 \cdot 38 \cdot 14}\right) + 367950}{38 \cdot 30 \cdot 14 - \frac{2453}{2}} = 26{,}4^{\,cm},$$

$$a_1 = 26{,}4 + \frac{2453}{38 \cdot 14} = 31{,}0^{\,cm}.$$

Die ganze Tiefe der Trägernifche wird dann $6 + \frac{31}{2} + 30 + \frac{26{,}4}{2} = 64{,}7^{\,cm}$ gegen $118{,}5^{\,cm}$ im vorigen Falle. Nach Gleichung 269 ift $D_2 = 26{,}4 \cdot 38 \cdot 14 = 14044^{\,kg}$ und $D_1 = 31 \cdot 38 \cdot 14 = 16492^{\,kg}$. Auf diefe Drücke find die beiden Druckplattendicken nach Gleichung 255 bis 261 (S. 262 und 263) einzurichten. Das gröfste im Träger vorkommende Biegungsmoment ift nach Gleichung 270: $D_2 e = 14044 \cdot 30 = 421320^{\,cmkg}$. Bei $1000^{\,kg}$ Beanfpruchung für $1^{\,qcm}$ ift alfo ein **I**-Träger Nr. 26, oder es sind zwei Nr. 20 erforderlich. Die Druckverteilung ift nun zwar eine fehr fichere und gute; das gröfste Moment ift aber durch die Verlegung des erften Stützpunktes weit in die Mauer hinein wefentlich vergröfsert.

Beim Aufftellen des Trägers wird die Platte auf kleinen Eifenkeilen mindeftens $1{,}5^{\,cm}$ hohl gelegt und forgfältig mit Zement vergoffen, fo dafs fie voll aufruht. Nur oben liegende Druckplatten, wie in Fig. 608, werden ohne weiteres in Zementmörtel fatt übermauert. Die Druckplatte greift bei fchweren Trägern mit einem Anfatze in ein in das Mauerwerk geftemmtes Loch, welches fich beim Vergiefsen nach Art. 327 (S. 263) nur fchwer füllt. (Vergl. auch das Trägerlager in Fig. 640, S. 275.) Namentlich bei Verwendung von Lagerquadern bildet das Einlegen dünner Walzbleiplatten ein gutes Mittel zur Erzielung gleichmäfsiger Druckverteilung. 331. Lagerung.

Ganz kleine Träger legt man ohne weiteres auf diefe Platten. Bei gröfseren wird, wenn fie nicht zur Verankerung der Aufsenwände des Gebäudes dienen follen, das eine Lager dadurch feftgemacht, dafs man durch die untere Gurtung in die Lagerplatte bohrt und in das Loch einen Eifenftift fchlägt; das andere Lager bleibt frei beweglich.

Eiferne Träger zur Verankerung der Gebäudemauern zu benutzen, ift nicht ratfam, da die ftarken Längenänderungen bei Wärmefchwankungen das Mauerwerk hin und her rütteln.

Alle Lager, bei denen der Träger ohne weiteres auf der Platte ruht, haben den Nachteil, dafs fich die volle Reibung folcher Lager, welche in günftigen Fällen das 0,2fache der Lagerbelaftung, meift noch mehr beträgt, als wagrechte, umftürzende Kraft auf die Mauern überträgt. Da nun aber die Wände fehr oft für die Aufnahme erheblicher wagrechter Kräfte zu fchwach find, fo kommt es bei fchwer belafteten Trägern oft darauf an, die Reibung der Lager zu vermindern, damit kleinere wagrechte Kräfte entftehen. Das befte Mittel zur Erreichung diefer Reibungsverminderung befteht in der Verwandelung der gleitenden in rollende Reibung mittels Einlegens einer möglichft langen Rolle zwifchen Träger und Lagerplatte. 332. Rollenlager.

Die Konftruktion eines folchen Lagers ift in Fig. 629 u. 630 dargeftellt; die einzelnen Mafse werden in folgender Weife beftimmt. Aus den Verhältniffen des zu lagernden Trägers folgen zunächft die Abmeffungen l_1 und b_1 der unter den Träger zu nietenden Lagerplatte. l_1 ift fo klein zu wählen, wie es das Unterbringen genügender Niete in den Teilen des Trägers nur irgend zuläfst; b_1 foll dagegen fo grofs wie möglich gemacht werden; doch ift zu betonen, dafs erhebliche Verbreiterung der Lagerplatte über die Breite der Trägerteile hinaus nicht viel Zweck hat, da fich die zu weit vorfpringenden Ränder der dünnen Platte aufbiegen, alfo nicht mehr zur

Druckverteilung beitragen. Zweck der Wahl eines möglichſt groſsen b_1 iſt die Erzielung einer groſsen Rollenlänge b_2. Die untergenietete Lagerplatte wird 12 bis 15 ^{mm} dick gemacht. Beſonders groſs wird b_1 bei zweiteiligen Gurtungen, z. B. bei Fig. 605 (S. 253),

Fig. 629.

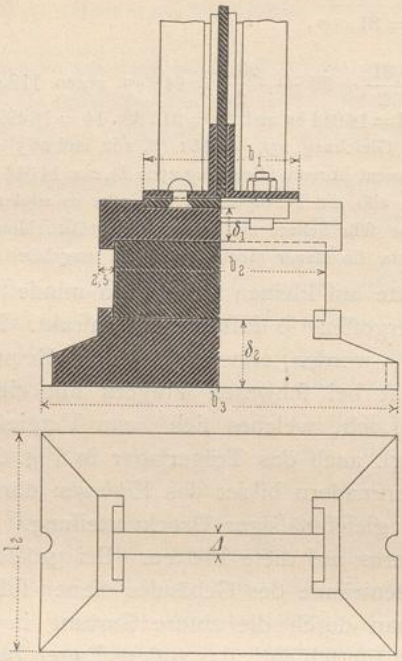
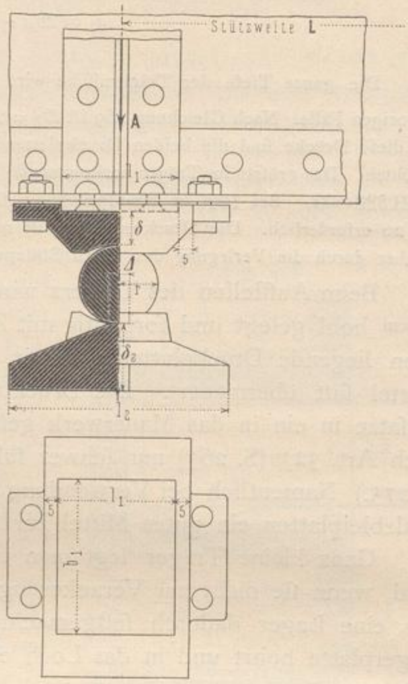


Fig. 630.



Die Lagerplatte legt ſich in eine paſſende Vertiefung der Rollendeckplatte, deren vorſpringende Ränder ſo niedrig zu halten ſind, daſs ſie 2 bis 3 ^{mm} Spiel gegen die Trägerunterfläche behalten, damit ſie keinesfalls Druck aufnehmen können.

Nach Feſtlegen dieſer Maſse folgt dasjenige der Rollenlänge b_2 nach

$$b_2 = \frac{b_1 - 5}{2} + \sqrt{\left(\frac{b_1 + 5}{2}\right)^2 + l_1 (l_1 + 10)} \; . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 271.$$

Wird nun noch die in den Platten zuläſſige Biegungſpannung mit s_g bezeichnet, ſo iſt weiter

$$\delta_1 = 0{,}865 \sqrt{\frac{A \, l_1}{s_g \, (b_2 + 5)}} \; . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 272.$$

Hierauf erfolgt die Feſtſtellung der Abmeſſungen der Rollengrundplatte für b_3 nach

$$b_3{}^3 \, (b_3 - b_2) = 0{,}66 \, \frac{A^2}{\sigma_1{}^2} \, , \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 273.$$

für deren Löſung ein vorläufiger Näherungswert aus

$$b_3 > 0{,}9 \sqrt{\frac{A}{\sigma_1}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 274.$$

zu entnehmen iſt, und für l_2 nach

$$l_2 = \frac{A}{\sigma_1 \, b_3} \, ; \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 275.$$

weiter ist

$$\delta_2 = 0{,}866 \sqrt{\frac{A l_2}{s_g\, b_3}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 276.$$

In den letzten Gleichungen bezeichnet σ_1 die zulässige Pressung auf die Unterstützung der Rollengrundplatte; die entsprechenden Werte sind in Fußnote 122 (S. 229) angegeben. Wird nun noch die zulässige Pressung zwischen der Rolle und den Platten mit s_1, die Elastizitätszahl des Stoffes der Platten mit E und diejenige des Stoffes der Rolle mit E_1 bezeichnet, so ist der Rollenhalbmesser r zu bestimmen nach

$$\left.\begin{array}{l} r = \sqrt{\left(\dfrac{\delta_1 E_1}{4 E}\right)^2 + \dfrac{9 A^2 E_1}{64\, b_2^2\, s_1^3}} - \dfrac{\delta_1 E_1}{4 E} \\ \text{und } r = \sqrt{\left(\dfrac{\delta_2 E_1}{4 E}\right)^2 + \dfrac{9 A^2 E_1}{64\, b_2^2\, s_1^3}} - \dfrac{\delta_2 E_1}{4 E}, \end{array}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 277.$$

und zwar ist der größere dieser beiden Werte auszuführen.

Die wagrechte Rollenbahn, welche beiderseits durch cylindrische Anschläge des Halbmessers r begrenzt wird, erhält die Breite

$$\Delta = 0{,}0000185\, t \,.\, L, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 278.$$

welche also nach der Stützweite L und der größten zu berücksichtigenden Wärmeschwankung t bemessen wird.

Für gewöhnliche Fälle haben die in den Gleichungen vorkommenden Größen die folgenden Werte:

bezüglich σ_1 vergl. Art. 299 und Fußnote 122 (S. 229);

s_g	für Gusseisen	250^{kg} für 1^{qcm},	für Stahlguss	1200^{kg}	für	1^{qcm};
s_1	» »	1500^{kg} » 1^{qcm},	» Stahl	4000^{kg}	»	1^{qcm};
E und E_1	» »	1000000^{kg} » 1^{qcm},	» »	2100000^{kg}	»	1^{qcm};

$t = 40$ bis 60 Grad C.

Beispiel. Für einen Träger von $L = 12^{m}$ Stützweite ist ein Lager zu entwerfen, das im stande ist, den Lagerdruck $A = 20\,t$ auf gewöhnliches Mauerwerk ($\sigma_1 = 8^{kg}$ für 1^{qcm}) zu verteilen. Die Gurtungsbreite b_1 betrage 17^{cm}, und die Länge der Lagerplatte l_1 wird mit Rücksicht auf die Nietung auf 12^{cm} Länge bemessen. Die Platten bestehen aus Gusseisen; also ist $s_g = 250^{kg}$ für 1^{qcm}; die Rolle ist aus Rundstahl; s_1 ist nach dem schwächeren der beiden Stoffe mit 1200^{kg} für 1^{qcm} anzunehmen. Der vorzusehende Wärmewechsel beträgt 60 Grad.

Nach Gleichung 271 ist

$$b_2 = \frac{17-5}{2} + \sqrt{\left(\frac{17+5}{2}\right)^2 + 12\,(12+10)} = 25{,}6^{cm},$$

nach Gleichung 272:

$$\delta_1 = 0{,}865 \sqrt{\frac{20000 \cdot 12}{250\,(25{,}6+5)}} = 4{,}8^{cm}.$$

Die Näherungslösung für Gleichung 273 aus Gleichung 274 ist

$$b_3 > 0{,}9 \sqrt{\frac{20000}{8}} = 45^{cm};$$

durch Versuchen ergiebt sich die richtige Lösung mit $b_3 = 53{,}2^{cm}$ nach Gleichung 273, und l_2 wird dann nach Gleichung 275 gleich $\dfrac{20000}{8 \,.\, 53{,}2} = 47^{cm}$; danach die Dicke nach Gleichung 276

$$\delta_2 = 0{,}866 \sqrt{\frac{20000 \cdot 47}{250 \,.\, 53{,}2}} = 7{,}3^{cm}.$$

Aus Gleichung 277 folgt

$$r = \sqrt{\left(\frac{4{,}8 \cdot 2100000}{4 \cdot 1000000}\right)^2 + \frac{9 \cdot 20000^2 \cdot 2100000}{64 \cdot 25{,}6^2 \,.\, 1200^3}} - \frac{4{,}8 \cdot 2100000}{4 \cdot 1000000} = \infty\ 8^{cm}$$

und

$$r = \sqrt{\left(\frac{7{,}3 \cdot 2100000}{4 \cdot 1000000}\right)^2 + \frac{9 \cdot 20000^2 \cdot 2100000}{64 \cdot 25{,}6^2 \cdot 1200^3}} - \frac{7{,}3 \cdot 2100000}{4 \cdot 1000000} = 7{,}1^{\,cm};$$

alfo ift der erftere Wert $r = 8{,}0^{\,cm}$ auszuführen. Die Breite der Rollenbahn beträgt für $L = 12^{\,m}$ nach Gleichung 278:

$$\Delta = 0{,}0000185 \cdot 60 \cdot 1200 = 1{,}33^{\,cm}.$$

Zur Erzielung kleinerer Rollenhalbmeffer empfiehlt fich die Verwendung von Gufsftahl ftatt Gufseifen für die beiden die Rolle einfchliefsenden Platten.

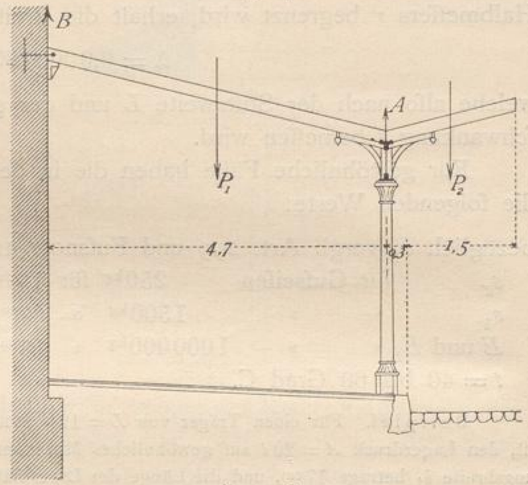
d) Beifpiele.

333. Vordach mit Gitterträgern.

Die Anwendung der im vorftehenden für Träger entwickelten Grundfätze und aufgeftellten Gleichungen foll nachftehend durch zwei Beifpiele erläutert werden.

Beifpiel 1. Vor einem öffentlichen Gebäude foll der Bürgerfteig fo überdacht werden, dafs die vor dem Bordfteine haltenden Wagen im Schutze gegen den Regen erreicht werden können. Die allgemeine Anordnung zeigt Fig. 631; die Säulen ftehen je vor der zweiten Gebäudeachfe in Teilungen von $9{,}0^{\,m}$; zwifchen je 2 Säulen kommen in die Drittelteilpunkte 2 Pfettenträger aus geknickten I-Eifen zu liegen, welche gegen die Säulen durch thunlichft leichte Gitterträger abzufangen find. Gleiche Pfettenträger liegen gerade über den Säulen (Fig. 632).

Fig. 631.



$^1/_{100}$ w. Gr.

Die Eindeckung mit Glas wiegt für $1^{\,qm}$ Grundfläche $50^{\,kg}$; die Eifenteile wiegen $20^{\,kg}$; Schnee laftet auf $1^{\,qm}$ Grundfläche mit $75^{\,kg}$, und der lotrechte Winddruck beträgt $55^{\,kg}$; die Laftfumme für $1^{\,qm}$ ift hiernach $200^{\,kg}$.

α) Berechnung des Pfettenträgers. Ein folcher unterftützt $3{,}00^{\,m}$ Länge des Daches. Somit ift (Fig. 631)

$$P_2 = 3 \cdot 1{,}8 \cdot 200 = 1080^{\,kg}$$

für volle Laft, und das gröfste Moment über dem Längsträger $1080 \, \frac{180}{2} = 97200^{\,cmkg}$.

Das gröfste Moment zwifchen Wand und Träger tritt ein, wenn der überkragende Teil unbelaftet ift. Alsdann ift

$$P_2 = 3 \cdot 1{,}8 \, (50 + 20) = 378^{\,kg},$$

und

$$P_1 = 4{,}7 \cdot 3 \cdot 200 = 2820^{\,kg};$$

folglich der Auflagerdruck $B = \frac{2820 \cdot 470}{2 \cdot 470} - \frac{378 \cdot 180}{2 \cdot 470} = 1338^{\,kg}$. Im Abftande x von der Wand ift das Moment

$$M_x = 1338\, x - \frac{3 \cdot 0{,}01 \cdot 200\, x^2}{2};$$

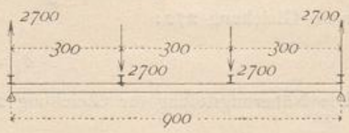
die Abfciffe des gröfsten Momentes folgt alfo aus

$$0 = 1338 - 3 \cdot 0{,}01 \cdot 200\, x \text{ mit } x = 223^{\,cm},$$

und das gröfste Moment ift

$$M_{max} = 1338 \cdot 223 - \frac{3 \cdot 0{,}01 \cdot 200 \cdot 223^2}{2} = 149187^{\,cmkg}.$$

Fig. 632.

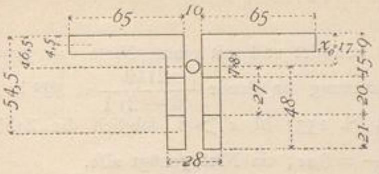


Nach letzterem Moment ift der Pfettenträger zu bemeffen; feine zu grofse Stärke über dem Längsträger ift erwünfcht, weil er hier durch das Biegen gefchwächt wird. Bei $1000^{\,kg}$ Spannung für $1^{\,qcm}$ mufs das Widerftandsmoment $\frac{149187}{1000} = \backsim 150$ fein; fomit ift das Normal-I-Eifen Nr. 18 zu wählen.

β) Berechnung des Gitterträgers. Die Laft, welche von einem Pfettenträger übertragen wird, ift bei ganz voller Belaftung nach Fig. 631

$$A = \frac{3 \cdot 1{,}8 \cdot 200 \left(470 + \frac{180}{2}\right) + 3 \cdot 4{,}7 \cdot 200 \cdot \frac{470}{2}}{470} = 2700^{\,kg}.$$

Fig. 633.



Aus dem in Fig. 632 dargeftellten Laftzuftande ergiebt fich ein zwifchen den beiden mittleren Pfettenträgern unveränderliches gröfstes Biegungsmoment von $2700 \cdot 300 = 810000$ cmkg. Aeufserer Verhältniffe halber mag die Trägerhöhe auf ungefähr 50 cm feftgefetzt werden; die Schwerpunkte der aus je 2 Winkeleifen zu bildenden Gurtungen werden dann rund 44 cm voneinander liegen, und bei 1000 kg Beanfpruchung ift nach Gleichung 254 (S. 258) der Gurtungsquerfchnitt

$$f = \frac{M}{s' h} = \frac{810000}{1000 \cdot 44} = \infty\ 18 \text{ qcm}.$$

Für jedes der zwei Winkeleifen kommen bei 2 cm Nietdurchmeffer und rund 1 cm Schenkeldicke 2 qcm in Abzug (Fig. 633); jeder Winkel mufs alfo $\frac{18}{2} + 2 = 11$ qcm Nettoquerfchnitt haben, und daher wird das Winkeleifen $6{,}5 \times 6{,}5 \times 0{,}9$ mit $f = 10{,}89$ qcm gewählt.

Die Niete in diefem Winkeleifen find behufs freier Ausbildung der Köpfe nach Fig. 633 anzuordnen; demnach ergiebt fich der Abftand des Gurtungsfchwerpunktes von der Aufsenkante nach Fig. 633 mit

$$x_0 = \frac{2 \cdot 65 \cdot 9 \cdot 4{,}5 + 2 \cdot 15 \cdot 9 \cdot 16{,}5 + 2 \cdot 21 \cdot 9 \cdot 54{,}5}{2 \cdot 65 \cdot 9 + 2 \cdot 15 \cdot 9 + 2 \cdot 21 \cdot 9} = 16{,}6 = \infty\ 17 \text{ mm}.$$

Die Trägerhöhe mufs alfo genauer auf $44 + 2 \cdot 1{,}7 = 47{,}4$ cm oder rund 48 cm bemeffen werden.

γ) Unterfuchung der oberen Gurtung auf Zerknicken. Die auf die Gurtung wirkende Druckkraft D folgt aus der Divifion des Schwerpunktabftandes $48 - 2 \cdot 1{,}7 = 44{,}6$ cm in das Moment mit $D = \frac{810000}{44{,}6} = 18164$ kg.

Zu unterfuchen ift:

a) Ob die Gurtung für ihre lotrechte Mittelachfe zwifchen zwei der **I**-Sparren fteif genug ift? Nach Nr. 7 der Zufammenftellung auf S. 206 ergiebt fich

$$\mathcal{J} = 2 f \cdot 0{,}0946 \cdot 6{,}5^2 + 2 f (0{,}5 + 0{,}287 \cdot 6{,}5)^2$$

und für $f = 10{,}9$ qcm

$$\mathcal{J} = 209 \text{ (auf Centim. bezogen).}$$

Wird an den Enden Einfpannung angenommen (Fall IV, S. 200; $C = 40$) und 5fache Sicherheit verlangt, fo ift bei 300 cm Länge die zuläffige Zerknickungslaft nach Gleichung 187 (S. 205)

$$P = \frac{40 \cdot 2000000 \cdot 209}{5 \cdot 300^2} = 37155 \text{ kg},$$

alfo doppelt fo grofs wie nötig.

b) Wie viele Gitterknoten zwifchen zwei Sparren liegen müffen, damit die Gurtung nicht lotrecht einknickt?

Nach Nr. 8 der Zufammenftellung auf S. 206 ift

$$\mathcal{J}_{min} = 2 \cdot 10{,}9 \cdot 6{,}5^2 \cdot 0{,}0946 = 87;$$

daher nach Gleichung 194 (S. 213)

$$N = \frac{300}{3{,}14} \sqrt{\frac{5 \cdot 18164}{1 \cdot 2000000 \cdot 87}} = 2{,}18 = \infty\ 3.$$

Hiernach brauchen alfo nur zwei Gitterknoten oder drei Felder zwifchen zwei Sparren zu liegen.

c) Wie viele Gitterknoten zwifchen zwei Sparren liegen müffen, damit das einzelne Winkeleifen nicht unter der halben Laft zerknickt?

Nach Nr. 7 der Zufammenftellung auf S. 206 ift

$$i = 10{,}9 \cdot 6{,}5^2 \cdot 0{,}0381 = 17{,}5;$$

daher nach Gleichung 194 (S. 213)

$$N = \frac{300}{3{,}14} \sqrt{\frac{5 \cdot 18164}{2 \cdot 2000000 \cdot 17{,}5}} = 3{,}14 = \infty\ 4.$$

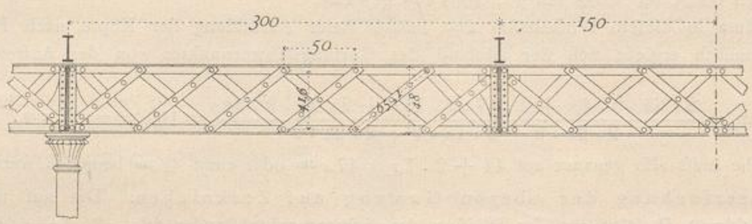
Hiernach müfste der Gitterträger zwifchen zwei Sparren je vier Felder erhalten; damit die Gitterftäbe nicht zu flach zu liegen kommen, find in Fig. 634 deren fechs angeordnet.

δ) Berechnung der Gitterftäbe. Im Gitterträger ift die gröfste Querkraft in den beiden Endfeldern gleich 2700 kg und im Mittelfelde gleich Null; fie verteilt fich auf je 2 Gitterftäbe, von denen die vom Auflager nach der Mitte fteigenden gedrückt, die anderen gezogen werden. Die theoretifche Länge des Stabes ift gleich $\sqrt{41{,}6^2 + 50^2} = \infty\ 65{,}1$ cm. Für einen Gitterftab folgt die Spannung P demnach aus der Proportion $P : \frac{2700}{2} = 65{,}1 : 41{,}6$ mit $P = 2110$ kg.

Werden die gezogenen Stäbe aus Bandeifen von 6×1 cm gebildet und mit einem Niete von 2 cm Durchmeffer im Schlitze der Gurtungen befeftigt, fo ift die Spannung im Bande $\frac{2110}{(6-2)\,1} = 528$ kg. Die Anfchlufsniete find zweifchnittig, und nach Gleichung 115 (S. 153) ift $d > \delta$, folglich die Zahl der Anfchlufsniete (bei $s'' = 1100$ kg für 1 qcm) $n = \frac{2110}{2 \cdot 1 \cdot 1100} = 0{,}96$; ein Niet genügt alfo.

Die gedrückten Stäbe follen aus zwei derartigen Bandeifen hergeftellt werden, welche feitlich an den Winkeleifen der Gurtungen mit denfelben Nieten wie die gezogenen Stäbe zu befeftigen find. Eine Ueberbeanfpruchung der fo verlängerten Niete entfteht nicht, weil man die äufseren Schaftteile als be-

Fig. 634.

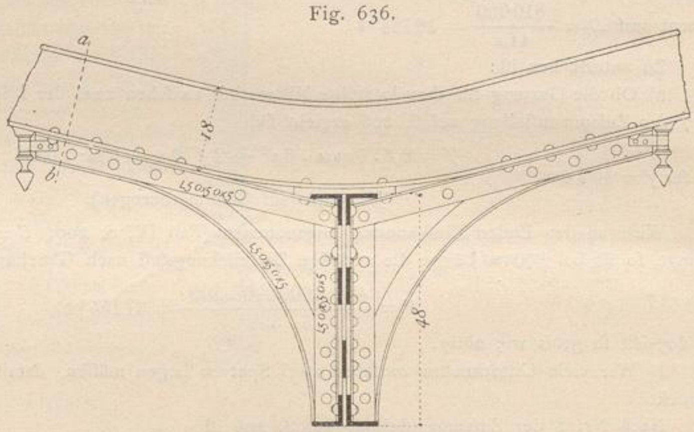


1/50 w. Gr.

Fig. 635.

Schnitt $a\,b$
in Fig. 636.
1/7,5 w. Gr.

Fig. 636.



1/15 w. Gr.

fondere Niete auffaffen kann und die gröfste Beanfpruchung aus den gezogenen Stäben in der Lochwandung des Bandes, nicht in der Gurtung liegt. Diefe doppelten Druckftäbe find auf Zerknicken für die freie Länge von 65,1 cm zu berechnen; fie werden durch Stehniete abgefteift.

Nach Nr. 6 der Zufammenftellung auf S. 206 müfste der Abftand der Bandmitten voneinander $6 \cdot 0{,}577 = 3{,}46$ cm betragen, wenn die beiden Hauptträgheitsmomente gleich werden follten; thatfächlich beträgt $b = 1 + 2 \cdot 0{,}9 + 2 \cdot 0{,}5 = 3{,}8$ cm; fomit ift das Trägheitsmoment der Achfe I als das kleinere in Rechnung zu ftellen. Nach Gleichung 189 und Nr. 6 der Zufammenftellung auf S. 206 ift die zuläffige Zerknickungslaft des ganzen Stabes

$$P = \frac{10 \cdot 2000000 \cdot 0{,}0833 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 6^2}{5 \cdot 65{,}1^2} = 34000 \text{ kg}$$

bei ($m =$) 5facher Sicherheit und Verdrehbarkeit an beiden Enden (Fall II, S. 205; $C = 10$). Die ganzen Stäbe find alfo viel zu ftark.

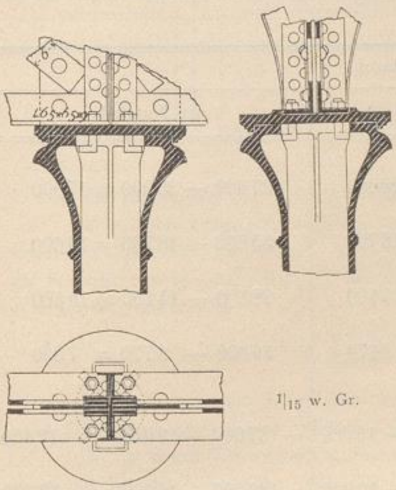
Für die einzelne Hälfte ift $i = \frac{6 \cdot 1^3}{12} = 0{,}5$ und $n = 2$; alfo nach Gleichung 194

$$N = \frac{65{,}1}{3{,}14} \sqrt{\frac{5 \cdot 2110}{2 \cdot 2000000 \cdot 0{,}5}} = 1{,}504 = \infty\ 3,$$

Somit müfsten[148]) 3 Stehniete in die ungeraden Sechstel der Länge gefetzt werden; da aber jedenfalls ein folcher in die Ueberkreuzung der Stäbe kommt, fo find noch zwei in die Mitten der Hälften jedes Stabes nach Fig. 634 zu fetzen. Im Mittelfelde, wo Querkraft in geringem Mafse nur bei fchiefer Laft auftritt, können diefe Niete fehlen.

Unter den Sparren und über den Säulen erhält der Träger (Fig. 634) jedesmal zur Verteilung der Laft nach oben und unten eine kräftige lotrechte Steife aus Blechwand und 4 Winkeleifen von $50 \times 50 \times 5$ cm. Ueber den Säulen find die Träger voneinander getrennt; die einzige Verbindung befteht in der Vernietung oder Verfchraubung der abftehenden Schenkel der zur Abfteifung dienenden Winkeleifen, und diefe ift nachgiebig genug, um die höchftens 3 mm betragende Längenänderung unter Wärmefchwankungen zuzulaffen. In den Knotenpunkten unter dem Sparren fchliefsen die doppelten Stäbe an die Kotenbleche an, müffen alfo von 3,8 cm auf 1 cm Zwifchenraum zufammengezogen werden.

Fig. 637.



1/15 w. Gr.

Uebrigens ift in Fig. 634 und in Fig. 635 bis 637 dargeftellt, wie die Sparren durch Kragftücke gegen den Gitterträger abgefteift werden, und wie letzterer auf den Säulen zu lagern und zu befeftigen ift.

334. Netzwerkträger als Unterzug.

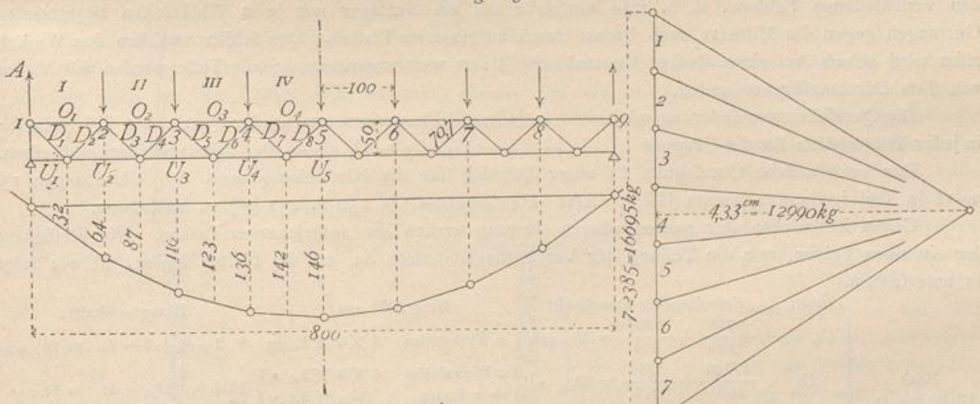
Beifpiel 2. Im oberen Gefchoffe eines langgeftreckten Gebäudes foll ein Tanzfaal eingerichtet werden. Die Tiefe beträgt nahezu 8 m, fo dafs der Tiefe nach keine Balken gelegt werden können; fie follen vielmehr in 1,00 m Teilung der Länge nach liegen und in der 4,50 m betragenden Achfenteilung des Gebäudes durch eiferne Netzwerkträger unterftützt werden.

Das Quadr.-Meter der Decke mit halbem Windelboden wiegt 280 kg und wird mit 250 kg belaftet. Das lauf. Centimeter eines Balkens trägt fonach $1 \cdot 0{,}01\,(280 + 250) = 5{,}3$ kg; das gröfste Moment zwifchen zwei Unterzügen ift

$$\frac{5{,}3 \cdot 450^2}{8} = \frac{80\,b\,h^2}{6};$$

folglich mufs die Balkenhöhe bei 80 kg Spannung und einer Balkenbreite $b = 18$ cm $h = 23{,}5$ cm fein.

Fig. 638.



Längen: 1/100. — Kräfte: 1 cm = 3000 kg.

Die ganze Belaftung auf einem Knotenpunkte des Unterzuges beträgt:

an Eigengewicht $1 \cdot 4{,}5 \cdot 280 = 1260$ kg,

» Nutzlaft $1 \cdot 4{,}5 \cdot 250 = 1125$ »

zufammen 2385 kg.

148) Nach Gleichung 110, S. 299 (2. Aufl.: Art. 120, S. 101; 3. Aufl.: Art. 136, S. 126) und Fig. 129 (2. Aufl.: Fig. 123; 3. Aufl.: Fig. 144) ebendaf.

α) Gurtungen. Die Momente, welche für volle Belaftung am gröfsten werden, find in Fig. 638[149]) ermittelt. Es wird angenommen, dafs die Gurtungsfchwerlinie in der Nietteilungslinie liegt; da fie thatfächlich etwas aufserhalb liegen wird, fo liefert die Rechnung etwas zu fichere Ergebniffe. Die Nietteilungslinien werden um die theoretifche Trägerhöhe gleich 50 cm voneinander entfernt gelegt, fo dafs die beiden Stäbe jedes Feldes unter 45 Grad zu ftehen kommen.

Die vom Eigengewichte herrührenden Spannkräfte verhalten fich zu den Gefamtfpannkräften wie $\frac{280}{530}$. Die Spannkräfte in den Gurtungen erhält man durch Divifion des Moments durch die Trägerhöhe; hiernach ergeben fich die in der folgenden Tabelle zufammengeftellten Stabfpannungen in der unteren, bezw. oberen Gurtung.

		Spannkräfte durch		
		die Gefamtbelaftung	das Eigengewicht	die Nutzlaft
Untere Gurtung	$U_5 =$	$+\frac{12990 \, . \, 146}{50} = +37900$	$37900 \frac{280}{530} = 20000$	$37900 - 20000 = 17900$
	$U_4 =$	$+\frac{12990 \, . \, 136}{50} = +35300$	$35300 \frac{280}{530} = 18700$	$35300 - 18700 = 16600$
	$U_3 =$	$+\frac{12990 \, . \, 110}{50} = +28600$	$28600 \frac{280}{530} = 15100$	$28600 - 15100 = 13500$
	$U_2 =$	$+\frac{12990 \, . \, 64}{50} = +16600$	$16600 \frac{280}{530} = 8770$	$16600 - 8770 = 7830$
	$U_1 =$	0		
Obere Gurtung	$O_4 =$	$-\frac{12990 \, . \, 142}{50} = -37000$	$-37000 \frac{280}{530} = -19600$	$-(37000 - 19600) = -17400$
	$O_3 =$	$-\frac{12990 \, . \, 123}{50} = -32000$	$-32000 \frac{280}{530} = -16900$	$-(32000 - 16900) = -15100$
	$O_2 =$	$-\frac{12990 \, . \, 87}{50} = -22700$	$-22700 \frac{280}{530} = -12000$	$-(22700 - 12000) = -10700$
	$O_1 =$	$-\frac{12990 \, . \, 32}{50} = -8300$	$-8300 \frac{280}{530} = -4300$	$-(8300 - 4300) = -4000$

Kilogramm.

Bei diefen ftark verfchiedenen Spannungen empfiehlt fich eine Veränderung des Querfchnittes in den verfchiedenen Feldern, d. h. man verftärke die am Auflager mit je 2 Winkeleifen beginnenden Gurtungen gegen die Mitte zu nach Bedarf durch aufgenietete Platten. Der Schlitz zwifchen den Winkeleifen wird behufs Aufnahme ftarker Knotenbleche 1,5 cm weit angenommen; alle Teile werden mit Nieten von 2 cm Durchmeffer verbunden.

Die Querfchnittsveränderung wird nicht in jedem Felde vorgenommen; der Querfchnitt foll vielmehr in jeder Trägerhälfte für die Gruppen U_1, $U_2 - U_3 - U_4$, $U_5 - O_1$, $O_2 - O_3$, O_4 unveränderlich bleiben.

Der erforderliche Querfchnitt ift unter Zufchlag für die Nietlochung nach den Gleichungen 15 u. 18 in Teil I, Band 1, zweite Hälfte diefes »Handbuches« (S. 250 u. 251[150]) zu berechnen.

Gegen Zerknicken der ganzen oberen Gurtung wirken die aufgelagerten Balken. Die Steifigkeit der einzelnen Felder, wie die Teilung der Verbindungsftehniete da, wo die Platten fehlen, ift wie folgt zu unterfuchen.

	Stab:	Erforderlicher Querfchnitt:	Hergeftellt aus:	Nutzquerfchnitt:
Nach Gleichung 15:	U_1, U_2	$\frac{8770}{1400} + \frac{7830}{770} = 16{,}5$ qcm	2 Winkeleifen $6 \times 6 \times 1{,}0$ cm	$2 \, . \, 1{,}0 \, (6 + 5 - 2) = 18$ qcm
	U_3	$\frac{15100}{1400} + \frac{1350}{770} = 28{,}4$ »	2 Winkeleifen $6 \times 6 \times 1{,}0$ » + 1 Platte $17{,}5 \times 0{,}8$ »	$18 + 0{,}8 \, (17{,}5 - 4) = 28{,}8$ »
	U_4, U_5	$\frac{20000}{1400} + \frac{17900}{770} = 37{,}5$ »	2 Winkeleifen $6 \times 6 \times 1{,}0$ » + 1 Platte $17{,}5 \times 0{,}8$ » + 1 Platte $17{,}5 \times 0{,}6$ »	$28{,}8 + 0{,}6 \, (17{,}5 - 4) = 36{,}9$ »
Nach Gleichung 18:	O_1, O_2	$\frac{12000}{1200} + \frac{10700}{720} = 25$ »	2 Winkeleifen $7{,}5 \times 7{,}5 \times 1{,}0$ »	$2 \, . \, 1 \, (7{,}5 + 6{,}5 - 2) = 24$ »
	O_3, O_4	$\frac{19600}{1200} + \frac{17400}{720} = 40{,}5$ »	2 Winkeleifen $7{,}5 \times 7{,}5 \times 1{,}0$ » + 1 Platte $20{,}5 \times 1{,}0$ »	$24 + 1 \, (20{,}5 - 4) = 40{,}5$ »

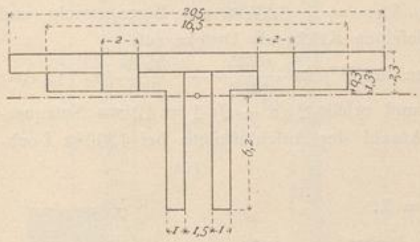
149) Nach: Art. 361, S. 324 (2. Aufl.: Art. 152, S. 131; 3. Aufl.: Art. 154, S. 147).

150) 2. Aufl.: Art. 77, S. 51; 3. Aufl.: Art. 83, S. 60.

Die ungünſtigſten Felder ſind O_4 und O_2. In O_4 (Fig. 639) liegt der Schwerpunkt $2{,}3^{\text{cm}}$ unter Oberkante, und das kleinſte Trägheitsmoment iſt

$$\mathcal{J}_{min} = (20{,}5 - 4)\,\frac{2{,}3^3 - 1{,}3^3}{3} + (16{,}5 - 4 - 1{,}5)\,\frac{1{,}3^3 - 0{,}3^3}{3} + 2\,\frac{0{,}3^3 + 6{,}2^3}{3} = 221\,.$$

Fig. 639.



Das notwendige Trägheitsmoment iſt bei $m = 5$facher Sicherheit[151]) nach Gleichung 193 (S. 213) $\mathcal{J} = \frac{5\,P l^2}{E\,\pi^2}$. Nun iſt

$$l = 100^{\text{cm}} \quad \text{und} \quad P = 37\,000^{\text{kg}},$$

$$\text{alſo} \quad \mathcal{J} = \frac{5 \cdot 37000 \cdot 100^2}{2000000 \cdot \pi^2} = 93{,}7\,.$$

Der Querſchnitt, welcher auf Druck eben genügt, iſt alſo gegen Zerknicken reichlich ſteif. Er kann als einheitlicher Querſchnitt angeſehen werden, da die Platte die Winkeleiſen verbindet; die Heftniete ſind in einer Teilung von 5 Durchmeſſern gleich 10^{cm} angenommen, ſo daſs die Halbierung der Teilung für die Abſchluſsniete eben noch möglich iſt.

In O_2 muſs unterſucht werden, wie oft die einzelnen Winkeleiſen zu verbinden ſind. Für das einzelne **L**-Eiſen von $7{,}5 \times 7{,}5 \times 1^{\text{cm}}$ Querſchnitt iſt $f = 14^{\text{qcm}}$ und nach Nr. 7 der Zuſammenſtellung auf S. 206: $i = 14 \cdot 7{,}5^2 \cdot 0{,}0381 = 30$ und, mit Bezug auf Gleichung 194 (S. 213), $P = 22700$, $n = 2$, $L = 100^{\text{cm}}$, und $s = 5$,

$$N = \frac{100}{3{,}14}\sqrt{\frac{5 \cdot 22700}{2 \cdot 2000000 \cdot 30}} = 0{,}98 = \backsim 1{,}0\,.$$

Demnach brauchen die Winkel im Felde überhaupt nicht verbunden zu werden; gleichwohl ſind zwei Stehniete eingeſetzt, um möglichſt gute Verteilung der Spannung auf beide Winkel zu ſichern.

Die in einem Knotenpunkte neu beginnende Platte muſs über dieſen Punkt hinaus nach dem Auflager nur ſo weit hinausragen, daſs die ihrem Querſchnitte entſprechende Zahl von Anſchluſsnieten auſserhalb des Knotenpunktes Platz findet.

Die Spannkraft im Stabe O_3 der oberen Gurtung iſt gleich $-\,32\,300^{\text{kg}}$ und der ganze Querſchnitt gleich $40{,}5^{\text{qcm}}$; ſonach hat $1^{\text{qcm}} : \frac{32300}{40{,}5} = 800^{\text{kg}}$ zu tragen. Die von der Platte aufzunehmende Kraft iſt $(20{,}5 - 4)\ 1 \cdot 800 = 13\,200^{\text{kg}}$; die Anſchluſsniete ſind einſchnittig, der Nietdurchmeſſer d gleich der doppelten Blechdicke δ $(d = 2\,\delta)$; ſonach beträgt die Zahl der Nieten nach Art. 208 (S. 152, Gleichung 113), wenn 700^{kg} für 1^{qcm} als zuläſſige Scherbeanſpruchung der Niete angenommen werden,

$$n = \frac{13200 \cdot 4}{2^2\,\pi \cdot 700} = 6 \text{ Niete.}$$

Da ſtets 2 Niete nebeneinander ſitzen, ſo müſſen hiernach 3 Nietreihen auſserhalb des Knotenpunktes $O_2\,O_3$ in der Platte enthalten ſein, woraus ſich die in Fig. 622 dargeſtellte Anordnung ergiebt. Die Ungleichmäſsigkeit, welche aus dem Zufügen der Platte für die Balkenlagerung entſteht, wird durch Ausſchneiden der Balken ausgeglichen (Fig. 640 u. 641).

Fig. 640.

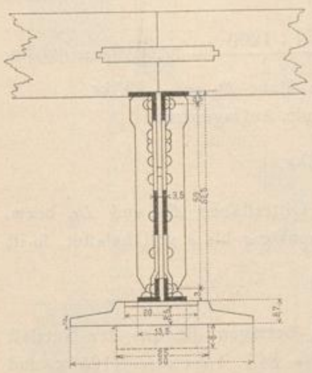
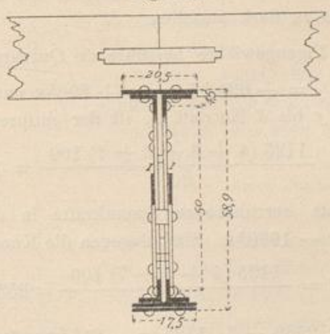


Fig. 641.



β) Gitterſtäbe. Die Spannungen in den Gitterſtäben ſollen beiſpielsweiſe für die Felder *I* und *IV* in Fig. 638 unterſucht werden.

Im Felde *I* werden ſie am ungünſtigſten belaſtet, wenn alle Knotenpunkte *2* bis *8* Nutzlaſt tragen. Dann iſt der Auflagerdruck für das

151) Nach Fig. 136, S. 302 (2. Aufl.: Fig. 129, S. 104; 3. Aufl.: Fig. 150, S. 130) in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieſes »Handbuches«.

Eigengewicht

$$A = \frac{7 \cdot 1260}{2} = 4410^{kg},$$

für die Nutzlaſt

$$A = \frac{7 \cdot 1125}{2} = 3940^{kg}.$$

Somit entſtehen im Gitterſtabe D_1 die Spannkräfte $4410 \cdot 1{,}414 = +6235^{kg}$ aus Eigengewicht und $3940 \cdot 1{,}414 = +5570^{kg}$ aus der Nutzlaſt. In D_2 treten dieſelben Kräfte als Drücke auf.

Die erforderlichen Querſchnitte im Stabe D_1 ergeben ſich[152]) zu $\frac{6235}{1400} + \frac{5570}{770} = 11{,}8^{qcm}$; D_1 wird daher aus 2 Flachbändern von 8×1^{cm} gebildet und erhält $2\,(8 - 2)\,1 = 12^{qcm}$ Nutzquerſchnitt. Nach Art. 208 (Gleichung 115, S. 153) wird die Anzahl der Anſchluſsniete bei 1300^{kg} Lochlaibungsdruck im $1{,}5^{cm}$ ſtarken Knotenbleche

$$n = \frac{6235 + 5570}{2 \cdot 1{,}5 \cdot 1300} = 3.$$

Für den Stab D_2 iſt der erforderliche Querſchnitt[153]) $\frac{6235}{1200} + \frac{5570}{720} = 13^{qcm}$; die auf die Gurtungswinkel zu nietenden Flacheiſenſtäbe erhalten demnach $8{,}5^{cm}$ Breite. Die Länge beträgt $50 \cdot 1{,}414 = 70{,}7^{cm}$.

Die Entfernung zwiſchen den Mitten der Bänder iſt mit Rückſicht auf die auf die Knotenbleche gelegten Füllſtücke von 1^{cm} Dicke $b = 1{,}5 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 0{,}5 = 4{,}5^{cm}$. Sollte der Stab nach beiden Richtungen gleich ſteif ſein, ſo müſste nach Nr. 6 der Zuſammenſtellung auf S. 206: $b = 0{,}577 \cdot 8{,}5 = 4{,}9^{cm}$ ſein; das kleinere Trägheitsmoment iſt alſo dasjenige für Achſe II, und zwar iſt es

$$\mathcal{J} = 2 \cdot 8{,}5 \cdot 4{,}5^2 \cdot 0{,}25 = 86.$$

Das erforderliche Trägheitsmoment iſt nach Gleichung 193 (S. 213) für Verdrehbarkeit an beiden Enden (Fall II, S. 205: $C = 10$)

$$\mathcal{J} = \frac{11805 \cdot 5 \cdot 70{,}7^2}{10 \cdot 2000000} = 14{,}8;$$

demnach reicht der doppelte Flacheiſenſtab aus.

Für das einzelne Flacheiſen iſt mit Bezug auf Gleichung 194 (S. 213): $i = \frac{8{,}5 \cdot 1^3}{12} = 0{,}7$, $n = 2$, $m = 5$ und $l = 70{,}7$; alſo

$$N = \frac{70{,}7}{3{,}14} \sqrt{\frac{5 \cdot 11805}{2 \cdot 2000000 \cdot 0{,}7}} = 3{,}27 = \backsim 2;$$

Somit ſind 4 Stehniete in die ungeraden Achtel der Länge zu ſetzen, welche zum Teile in die Knotenbleche fallen.

Es iſt jedoch zu betonen, daſs dieſe Ausſteifung zweier Flacheiſen durch Stehniete immer unvollkommen bleibt, weil ein Stehniet bei leicht eintretenden Ausführungsfehlern gar nicht, ſonſt unvollkommen geeignet iſt, die Bänder in der Verbindungsſtelle in ihrer Richtung feſtzuhalten. Dies iſt einer der wichtigſten Gründe, wegen deren man bei allen etwas gröſseren Trägern von der Bildung der Druckſchrägen aus Flacheiſen zurückgekommen iſt, und vorzieht, ſie aus **L**-Eiſen oder **[**-Eiſen zu bilden, wenn die Querſchnitte dabei auch etwas zu ſtark ausfallen.

Im Felde IV iſt die vom Eigengewichte herrührende Querkraft $\frac{7 \cdot 1260}{2} - 3 \cdot 1260 = 630^{kg}$; daher die Spannkraft im Stabe $D_7 = +630 \cdot 1{,}414 = +890^{kg}$ und im Stabe $D_8 = -890^{kg}$.

Tragen die Knotenpunkte *5* bis *8* Nutzlaſt, ſo iſt der entſprechende Auflagerdruck

$$A = \frac{1125\,(4 + 3 + 2 + 1)\,100}{800} = 1406^{kg},$$

ſomit die aus der Nutzlaſt rechts herrührenden Spannkräfte in den Gitterſtäben D_7 und D_8 bezw. $+1406 \cdot 1{,}414 = +1990^{kg}$ und -1990^{kg}. Sind dagegen die Knotenpunkte *2* bis *4* voll belaſtet, ſo iſt

$$A = \frac{1125\,(5 + 6 + 7)\,100}{800} = 2530^{kg}$$

und die Querkraft im Felde IV: $2530 - 3 \cdot 1125 = -845^{kg}$; ſonach betragen die aus der Nutzlaſt links ſich ergebenden Spannkräfte in den Stäben D_7 und D_8 bezw. $-845 \cdot 1{,}414 = -1195^{kg}$ und $+1195^{kg}$.

152) Nach: Gleichung 18 (S. 250) in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieſes »Handbuches«.

153) Nach: Gleichung 18 (S. 251) ebendaſ.

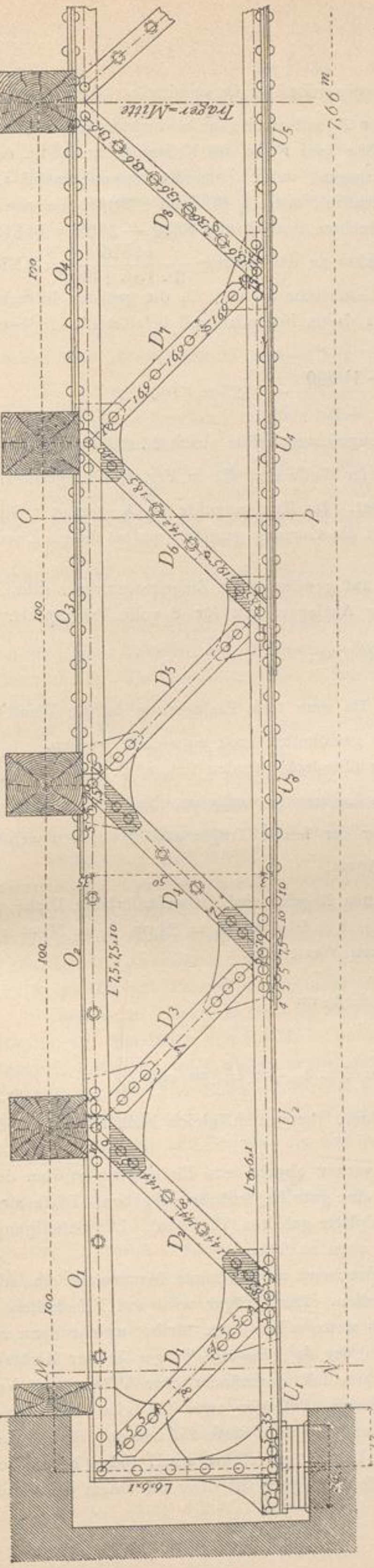


Fig. 642. — 1/20 w. Gr.

Sonach ist der Gitterstab D_7 nach Gleichung 21 in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches« zu bemessen mit

$$\frac{890}{1400} + \frac{1990}{770} + \frac{1195}{1700} = 3{,}9 \text{ qcm}$$

und der Querschnitt des Gitterstabes D_8 nach Gleichung 24 daselbst mit

$$\frac{890}{1200} + \frac{1990}{720} + \frac{1195}{1800} = 4{,}2 \text{ qcm}.$$

Hier werden also thunlichst schwache Flacheisenquerschnitte auszuführen sein, welche in den Einzelheiten nach obigem Verfahren festgestellt werden. Die Gitterstäbe erhalten die in Fig. 642 eingetragenen Abmessungen und Anschlussniete. Die Gitterstäbe sind jedoch nach der Trägermitte hin mehr und mehr zu stark bemessen, weil die theoretischen Abmessungen für die Herstellung zu gering ausfielen. Nochmals mag hier besonders hervorgehoben werden, dass die gedrückten Stäbe aus zwei Flacheisen mit Stehnieten die sorgfältigste Herstellung der Nietung verlangen. Es ist vorgekommen, dass solche Glieder infolge mangelhafter Bildung der Stehniete eingeknickt sind, weil jedes Flacheisen für sich nachgab.

Da die gedrückten Gitterstäbe nicht unmittelbar auf den Knotenblechen liegen, so müssen die in Fig. 642 durch lotrechte Schraffierung angedeuteten Füllbleche eingelegt werden.

Der Anschluss der Gitterstäbe an die Gurtungen kann nur in den seltensten Fällen mittels unmittelbarer Vernietung der Teile erfolgen, weil die Gurtungen zum Anbringen der erforderlichen Nietzahl meist nicht den nötigen Platz bieten. Alsdann ist nötig, wie hier in fast allen Knoten, Knotenbleche einzusetzen, an welche die Wandglieder mit den oben für zwei Fälle berechneten Nietzahlen angeschlossen werden, welche nun aber anderseits mit den Gurtungen in ausreichende Verbindung gebracht werden müssen.

Die Knotenbleche übertragen auf die Gurtungen die Mittelkraft der Spannkräfte aus den an sie anschliessenden Paaren von Gitterstäben, und diese Mittelkräfte sind hier wegen der wagrechten Stellung der Gurtungen wagrecht; sie sind ferner gleich der Summe der lotrechten Seitenkräfte der Spannkräfte in den Gitterstäben, weil von den zwei an ein Knotenblech anschliessenden Stäben stets einer gedrückt, einer gezogen wird und die Neigung beider 45 Grad beträgt.

Der obere Anschluss des Gitterstabes D_1 muss im Knotenbleche 3 um den Endknoten symmetrisch geordnete Niete erhalten, weil dieses Knotenblech höchstens die grösste Spannkraft von D_1 zu übertragen hat und diese 3 Niete verlangte; gesetzt sind 5 Niete.

Im Knotenpunkte $U_1 U_2$ ist die grösste lotrechte Seitenkraft von D_1 gleich der von D_2, also gleich 8350 kg; die Summe der wagrechten Seitenkräfte hiernach $2 \cdot 8350 = 16700$ kg und die Zahl der zweischnittigen Anschlussniete für $d > \delta$ nach Art. 208 (S. 153, Gleichung 115) $n = \frac{16700}{2 \cdot 1{,}5 \cdot 1300} = 5$ Niete, von denen der mittelste D_2 unmittelbar faßt, und von denen einer wegen des Zusammentreffens mit den Stäben von D_2 mit zwei ganz versenkten Köpfen herzustellen ist. Aus den Nietstellungen ergeben sich dann Größe und Form des Knotenbleches (Fig. 642).

Im Knotenpunkte $O_1 O_2$ wird die größte Kraft übertragen, wenn dieser Knotenpunkt nebst allen rechts davon liegenden voll belastet ist. Die lotrechte Seitenkraft von D_2 ist dann 8350^{kg}, die von D_3 gleich $8350 - 2385 = 5965^{kg}$, somit die Summe der wagrechten Seitenkräfte $8350 + 5965 = 14315^{kg}$ und die erforderliche Zahl der Anschlußniete des Knotenbleches an die Gurtung $\frac{14315}{2 \cdot 1{,}5 \cdot 1300} = 4$ Niete.

Im Knotenpunkte $U_2 U_3$ haben beide anschließende Gitterstäbe D_3 und D_4 die größten lotrechten Seitenkräfte, wenn der Knotenpunkt $O_2 O_3$ nebst allen rechts davon liegenden voll belastet ist. In beiden ist die lotrechte Seitenkraft dann

$$\frac{7 \cdot 1125}{2} + 1260 \frac{(6 + 5 + 4 + 3 + 2 + 1)\,100}{800} - 1125 = 6100^{kg};$$

folglich die Summe der aus dem Knotenbleche abzugebenden wagrechten Kräfte gleich $2 \cdot 6100 = 12200^{kg}$, und die Zahl der Anschlußniete $\frac{12200}{2 \cdot 1{,}5 \cdot 1300} = 4$. In dieser Weise sind die in Fig. 642 eingetragenen Niete für die Knotenbleche für alle Knotenpunkte berechnet. Im Knotenpunkte $O_4 O_5$ genügt 1 Niet; die Gitterstäbe sind daher hier nebeneinander unmittelbar auf die Gurtung genietet, und zu diesem Zwecke aus der theoretischen Lage etwas nach oben verdreht.

γ) Auflager. Es ist angenommen, daß der Träger auf gewöhnlichem Ziegelmauerwerke ruht, für das die zulässige Pressung 8^{kg} für 1^{qcm} beträgt. Der ganze Auflagerdruck für 8 volle Trägerfelder ist

$$\frac{8}{2}(1125 + 1260) = 9540^{kg},$$

die erforderliche Lagergrundfläche also $\frac{9540}{8} = 1200^{qcm}$. Da eine tiefe Einlagerung in die Wand in den meisten Fällen nicht angängig ist, so muß das Auflager gewöhnlich breit entwickelt werden.

Wäre der Raum, welcher von dem 8^m langen Träger überdeckt werden soll, z. B. $7{,}66^m$ weit, so blieben an jedem Ende $\frac{800 - 766}{2} = 17^{cm}$ von Wand bis Lagermitte verfügbar. Nun müssen aber die Lagerschuhe von der Mauerkante entfernt bleiben, und zwar für solche Träger etwa 5^{cm}; demnach ist die halbe Lagerlänge 12^{cm} und die Lagerbreite $\frac{1200}{2 \cdot 12} = 50^{cm}$.

Nach den in Art. 326 (S. 261) für die Lager gegebenen Regeln wird die erforderliche Dicke der Lagerplatte, da hier in den Gleichungen 259 u. 260 (S. 263) $A = 9540^{kg}$, $l_1 = 24^{cm}$, $b_1 = 50^{cm}$ und nach Fig. 640: $b_2 = 20^{cm}$ zu setzen sind, gleich dem größeren Werte von

$$\delta = 0{,}055 \sqrt{9540 \frac{24}{50}} = 3{,}7^{cm}$$

und

$$\delta_m = 0{,}055 \sqrt{9540 \frac{50 - 20}{24}} = 6{,}0^{cm}, \quad \delta = \delta_m + 2 = 8^{cm} \text{ oder}$$

abgerundet gleich $8{,}5^{cm}$ zu machen sein; die Randstärke könnte theoretisch gleich Null sein, wird des Gusses wegen aber gleich 2^{cm} (Fig. 640) gemacht.

Im Lager wird unter den Träger eine $1{,}5^{cm}$ starke, vorher abgehobelte Platte genietet, um dem Träger, dessen Unterfläche an sich meist nicht sehr eben ist, eine gute Lagerfläche zu geben. Diese meist etwas verbreiterte Platte wird beiderseits von Nasen der Grundplatte gehalten (Fig. 640). Die Befestigungsniete der Lagerplatte sind unten sorgfältig zu versenken und eben zu feilen.

Die Grundplatte greift mit einem Ansatze in das entsprechend ausgestemmte Mauerwerk ein oder erhält die in Art. 327 (S. 263) erörterte Befestigung mit Dollen. Der Träger wird auf Eisenkeilen so verlegt, daß zwischen Grundplatte und Mauerwerk eine $1{,}5^{cm}$ weite offene Fuge bleibt, welche dann mit Zement vergossen wird. Unter Wärmeveränderungen ist dann der so gelagerte Träger in der Richtung seiner Länge verschiebbar. Soll er aber in Räumen mit ziemlich unveränderlicher Wärme zur Verankerung der Wände benutzt werden, so bohrt man in jedem Auflager zwei bis vier Löcher von etwa 2^{cm} Durchmesser durch die Gurtung in die Grundplatte und treibt in diese Eisendorne. Bei starken Wärmewechseln ist diese Anordnung, sobald sie in beiden Lagern ausgeführt wird, indes bedenklich, weil dadurch die Wände hin und her gerüttelt werden. Diese Festlegung ist aber an einem Ende stets nötig, da der Träger sonst von den Lagern wandern kann.

Um zu vermeiden, dafs der Träger fich bei Durchbiegungen auf die Vorderkante der Lagerplatte fetzt, wölbt man letztere nach Art. 326 (S. 261) in der Lagerfläche, damit der Träger vorwiegend in der Mitte aufruht, nähert fich damit dann der in Fig. 625 u. 626 (S. 262 u. 263) dargeftellten Form.

Ueber dem Lager mufs der Träger eine dem ganzen Auflagerdrucke genügende Endfteife, hier 2 Winkeleifen, haben, welche durch ein eingeftecktes Knotenblech unten auf die volle Lagerlänge behufs Erzielung guter Druckverteilung ausgeweitet wird (Fig. 642).

Litteratur.

Bücher über »Eifenkonftruktionen im allgemeinen« und »Konftruktionselemente in Eifen«, fowie über »Baufchlofferei« und »Schmiedewerkskunde«.

ZIPPER's, J. Anweifung zu Schlofferarbeiten. Augsburg 1795. — 3. Aufl.: Vollftändiges Handbuch der Schloffer-Kunft etc. Herausg. v. C. HARTMANN. 1841.

GRANDPRÉ, M. J. *Manuel théorétique et pratique du ferrurier etc.* Paris 1827. — Deutfch von J. G. PETRI. Ilmenau 1830. — 8. Aufl. von A. W. HERTEL. 1865.

KÖNIG, J. Grundrifs der Schlofferkunft etc. Weimar 1848. — 4. Aufl.: Die Arbeiten des Schloffers etc. 1876.

FAIRBAIRN, W. *On the application of caft and wrought iron to building purpofes.* London 1854. — 4. Aufl. 1870. — Deutfch von D. BRAUNS. Braunfchweig 1859.

GUILLAUME. *Tableaux de la réfiftance des fers à double* T *etc.* Paris 1858.

COHEN, L. P. Tabellen zur Beftimmung der Dimenfionen gufseiferner Träger. Leipzig 1861.

GUETTIER, A. *De l'emploi pratique et raifonné de la fonte de fer dans les conftructions.* Paris 1861.

MONGÉ. *Conftructions en fer etc.* Paris 1861.

SHIELDS, F. W. *Strains on ftructures of ironwork etc.* London 1861. — 2. Aufl. 1867. — Deutfch von B. BEHR. Berlin 1861.

FINK, F. Die Schule des Baufchloffers. Leipzig 1861. — 3. Aufl. 1880.

HÄNEL, A. Abhandlung über die Conftructionsverhältniffe eiferner Gitterbalken. Stuttgart 1864.

BRANDT, E. Lehrbuch der Eifen-Konftruktionen mit befonderer Anwendung auf den Hochbau. Berlin 1864. — 3. Aufl. 1876.

LAVEDAN, P. *Guide pratique de ferrurerie ufuelle et artiftique etc.* Paris 1867.

BOILEAU, L. A. *Le fer principal élement conftructif de la nouvelle architecture.* Paris 1871.

BARRÉ, L. A. *Éléments des charpenterie métallique.* Paris 1872.

LIGER, L. *La ferronnerie ancienne et moderne etc.* Bd. I u. II. Paris 1873 u. 1876.

DES BIARS, G. *De l'emploi du fer dans les conftructions. Planchers, poitrails et linteaux en fer laminé, fupports en piliers en fonte ou en fer forgé.* Paris 1874.

KLASEN, L. Handbuch der Hochbau-Conftructionen in Eifen. Leipzig 1876.

DEMONT. *Nouveau traité de ferrurerie, ou Vignole à l'ufage des ouvriers etc.* Paris 1876.

HEINZERLING, F. Der Eifenhochbau der Gegenwart. Aachen 1876—78.

JEEP, W. Die Verwendung des Eifens beim Hochbau. Leipzig 1876—79.

INTZE, O. Tabellen und Beifpiele für eine rationelle Verwendung des Eifens zu einfachen Baukonftruktionen. Berlin 1878.

LÜDICKE, A. Praktifches Handbuch für Kunft-, Bau- und Mafchinen-Schloffer. Weimar 1878. — 2. Aufl. 1890.

CORNU, L. *Guide pratique pour l'étude et l'exécution des conftructions en fer.* Levallois-Perret 1878.

THIOLLET. *Serrurerie et fonte de fer.* Paris 1879.

LOEWE, F. Ueber Nietverbindungen. Erfter Bericht des Profeffor W. C. UNWIN an die Sub-Commiffion der *»Inftitution of Mechanical Engineers« etc.* Wien 1880.

BOILEAU, L. A. *Principes et exemples d'architecture ferronnière; les grandes conftructions édifitaires en fer; la halle-bafilique.* Paris 1880.

ZIMMERMANN, H. Ueber Eifenconftructionen und Walzprofile. Berlin 1881.

ZIMMERMANN, H. Trägheitsmomente, Widerftandsmomente und Gewichte genieteter Blechträger. Berlin 1881. — 2. Aufl. 1885.

FERRAND, J. *Le charpentier-ferrurier au XIXe fiècle. Conftructions en fer et en bois. Charpentes mixtes en fer, fonte et bois.* Paris 1881.