

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

Das Biegemoment in der Vorderkante der Wand ist somit

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

Werden hier je  $n$  Schienen von 13 cm Höhe ausgekragt, so ist das  $s$ -fache Widerstandsmoment bei einer Beanspruchung von  $s = 700$  kg für 1 qcm nach Gleichung 177.  $n \cdot 0,07 \cdot 13^3 \cdot 700 = 107\,653 n$ . Demnach folgt aus  $107\,653 n = M = 177\,400$  die Zahl der Schienen  $n = 2$ .

Es hat somit der Eisenrahmen in den auskragenden Theilen aus je 13 cm hohen Schienen, über deren Enden zum Tragen der Vorderwand zwei 8 cm hohe Schienen gestreckt sind, zu bestehen; erstere können, falls niedrigere Profile vorhanden sind, etwas leichter gewählt werden.

## 2) Träger aus Walzeisen.

304.  
Grundlagen  
der  
Berechnung.

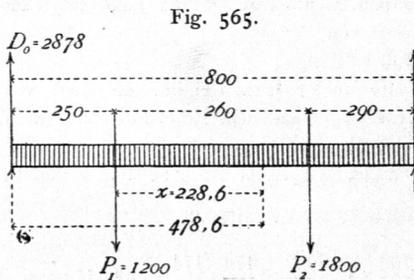
Solche Träger werden hauptsächlich aus Belag-, C-, Z, und I-Eisen hergestellt; für die Querschnittsform dieser Profileisen sind die »Deutschen Normalprofile für Walzeisen« maßgebend, welche in Theil I, Band 1 (Art. 181 bis 188, S. 194 bis 198) mitgetheilt sind; die betreffenden Tabellen enthalten neben den Querschnittsdimensionen auch die zur Berechnung nothwendigen Angaben über die Lage des Schwerpunktes und die GröÙe der Trägheitsmomente.

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

305.  
Beispiele.

Beispiele. 1) Ein I-Träger sei nach Fig. 565 durch die Einzellasten  $P_1$  und  $P_2$ , so wie durch die gleichförmig vertheilte Last von 3,5 kg auf 1 cm der Länge belastet. Der Auflagerdruck beträgt <sup>108)</sup>

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



Das größte Angriffsmoment liegt dort, wo die Summe der Transversalkräfte gleich Null ist. Man findet diese Stelle am einfachsten durch allmähliche Subtraction der Verticalkräfte von links her.

Subtrahirt man zunächst von  $D_0 = 2878$  das Product  $250 \cdot 3,5 = 875$ , so bleibt ein Rest von 2003; hiervon  $P_1 = 1200$  abgezogen, giebt als Rest 803. Das Product  $260 \cdot 3,5 = 910$  ist schon größer, als der letzte Rest, so daß die gesuchte Stelle zwischen  $P_1$  und  $P_2$  liegen muß, und zwar von  $P_1$  um eine Strecke  $x$  entfernt, welche aus der Relation  $x \cdot 3,5 = 803$  mit  $x = 228,6$  cm folgt. Für diese Stelle, welche also  $250 + 228,6 = 478,6$  cm vom

linken Auflager entfernt liegt, ist das Moment <sup>109)</sup>

$$M_{max} = 2878 \cdot 478,6 - 478,6 \cdot 3,5 \cdot \frac{478,6}{2} - 1200 \cdot 228,6 = 702\,024 \text{ cmkg.}$$

Der Werth  $\frac{J}{a}$  oder das sog. Widerstandsmoment des Trägers ergibt sich <sup>110)</sup>, bei einer zulässigen Beanspruchung von 1000 kg für 1 qcm, aus der Gleichung

<sup>108)</sup> Nach Gleichung 162. (S. 326) in Theil I, Band 1 dieses »Handbuches«.

<sup>109)</sup> Nach S. 320 ebendaf.

<sup>110)</sup> Nach Gleichung 36. (S. 262) ebendaf.

$$\frac{M}{s} = \frac{702024}{1000} = \frac{\mathcal{F}}{a} = 702,$$

und es muß daher nach der Tabelle über die Normalprofile von I-Eisen<sup>111)</sup> mindestens das Profil Nr. 32 mit dem Widerstandsmoment  $\frac{\mathcal{F}}{a} = 788,9$  gewählt werden.

2) Auf der oberen Gurtung eines Dachstuhles mit der Neigung 1 : 2,5 ruhen Pfetten von Z-förmigem Profil in 1,5 m Theilung, welche über den 4,5 m betragenden Binderabständen als kontinuierliche Gelenkträger ausgebildet sind. Das Eigengewicht der Dachdeckung betrage 70 kg für 1 qm Grundfläche, die Schneebelastung 75 kg für 1 qm Grundfläche und der Winddruck 50 kg für 1 qm Dachfläche winkelrecht zu derselben.

Der horizontal gemessene Pfettenabstand beträgt alsdann  $\frac{1,5 \cdot 2,5}{\sqrt{1 + (2,5)^2}} = 1,392$  m, die Windbelastung normal zur Dachfläche für 1 lauf. Centim. der Pfette

$$w = 0,01 \cdot 1,5 \cdot 50 = 0,75 \text{ kg.}$$

Die Verticallast auf das laufende Centimeter Pfette ist

$$q = 0,01 \cdot 1,392 (70 + 75) = 2,02 \text{ kg.}$$

Die Momente  $M_1$ ,  $M_2$  und  $M$  an den Stellen 1, 2 und 3 des Gelenkträgers (Fig. 566) werden gleich groß, sobald

$$d = \frac{l}{2} \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right), \text{ also } d = 0,147 l = 0,147 \cdot 450 = 66,2 \text{ cm}$$

gemacht wird, und zwar ist alsdann

$$M_1 = M_2 = M_3 = 0,0626 q l^2.$$

Es ist somit das Moment der Verticallasten  $0,0626 \cdot 2,02 \cdot 450^2 = 25606$  cmkg und jenes des Winddruckes  $0,0626 \cdot 0,75 \cdot 450^2 = 9507$  cmkg; aus beiden ergibt sich mittels der in Fig. 567 vorgenommenen graphischen Ermittlung ein Gesamtmoment

$$M = 34600 \text{ cmkg,}$$

dessen Richtung in Fig. 567 gleichfalls angegeben ist.

Nunmehr soll untersucht werden, ob das Z-Eisen-Profils Nr. 12 der Normal-Tabelle<sup>112)</sup> für dieses Moment genügt.

Für das Z-Eisen sind die Trägheits-Hauptaxen nicht, wie bei den symmetrischen Profilen, ohne Weiteres zu erkennen<sup>113)</sup>, sondern müssen erst gesucht werden. Für die mit  $\mathcal{F}$  und  $\mathcal{F}_1$  bezeichneten Axen sind die Trägheitsmomente

$$\mathcal{F} = 6 \frac{12^3 - 10,2^3}{12} + 0,7 \frac{10,2^3}{12} = 395$$

und

$$\mathcal{F}_1 = 0,9 \frac{12^3}{12} + 11,1 \frac{0,7^3}{12} = 130.$$

Der Winkel  $\beta$ , den die zweite Hauptaxe  $Y$  mit der Axe von  $\mathcal{F}_1$  einschließt, folgt, wenn links drehend gemessene Winkel positiv sind, aus Gleichung 46. in Theil I, Band I dieses »Handbuches« (S. 269):

$$\operatorname{tg} 2\beta = \frac{H}{130 - 395}.$$

Das Centrifugal-Moment  $H$  für die Axen  $\mathcal{F}$  und  $\mathcal{F}_1$  ist alsdann

$$H = 6 \cdot 0,9 \cdot \left( 6 - \frac{0,9}{2} \right) \left( 3 - \frac{0,7}{2} \right) + 6 \cdot 0,9 \left[ - \left( 6 - \frac{0,9}{2} \right) \right] \left[ - \left( 3 - \frac{0,7}{2} \right) \right] = 158,8;$$

<sup>111)</sup> In Art. 188 (S. 198) ebendaf.

<sup>112)</sup> Siehe Art. 186 (S. 197) ebendaf.

<sup>113)</sup> Siehe Art. 314 (S. 270) ebendaf.

Fig. 566.

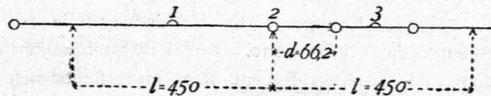
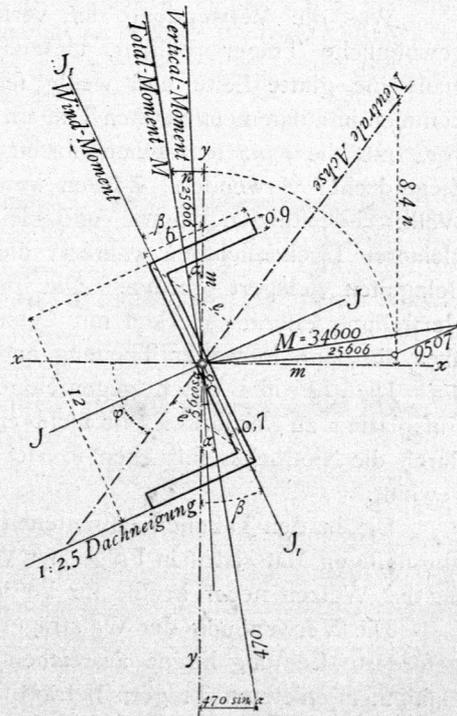


Fig. 567.



demnach ist

$$\operatorname{tg} 2\beta = \frac{158,8 \cdot 2}{130 - 395} = -1,1985,$$

woraus  $\beta = -25^\circ 4' 47''$  rechts drehend aufzutragen.

Weicht nun die Ebene des Angriffsmomentes  $M$  um den Winkel  $\alpha$  von der zweiten Hauptaxe  $Y$  ab, so ergibt sich der Winkel  $\varphi$  zwischen der ersten Hauptaxe  $X$  und der neutralen Axe nach Gleichung 64.

(S. 280) des eben genannten Bandes aus  $\frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{A}{B}$ , worin  $A$  und  $B$  die Trägheitsmomente für die Hauptaxen sind. Diese werden aber nach Gleichung 45. (S. 269) des genannten Bandes

$$A = 395 \cos^2 (-25^\circ 4' 47'') + 130 \sin^2 (-25^\circ 4' 47'') - 158,8 \sin 2 (-25^\circ 4' 47'') = 470,$$

$$B = 130 \cos^2 (-25^\circ 4' 47'') + 395 \sin^2 (-25^\circ 4' 47'') + 185,8 \sin 2 (-25^\circ 4' 47'') = 56.$$

Es ist somit  $\operatorname{tg} \varphi = \frac{470}{56} \operatorname{tg} \alpha = 8,4 \operatorname{tg} \alpha$ . Man greife im Abstände  $m$  auf der  $Y$ -Axe die  $\operatorname{tg} \alpha$  messende Lothlänge  $n$  ab und trage diese auf der Normalen zur  $X$ -Axe im Abstände  $m$  vom Anfange 8,4-mal auf, so ergibt die Verbindungslinie des Endpunktes dieser Auftragung mit dem Koordinaten-Anfange die neutrale Axe. Dabei ist zu beachten, daß nach den Gleichungen für  $\alpha$  und  $\varphi$  die neutrale Axe und die Angriffsebene stets in verschiedenen Quadranten des Hauptaxen-Systemes liegen müssen.

Ist die neutrale Axe fest gelegt, so ergibt sich die Spannung  $\sigma$  eines Punktes, welcher um  $y$  von ihr absteht, aus

$$\sigma = \frac{My \sqrt{A^2 \sin^2 \alpha + B^2 \cos^2 \alpha}}{A B},$$

und zwar als Druck, wenn der unterfuchte Punkt auf der Seite der neutralen Axe liegt, von der die Last wirkt.  $\sigma$  wird am größten für den größten Werth  $e$  von  $y$ , also, da  $e = 2,7$  cm ist, in diesem Falle

$$\sigma = \frac{34600 \cdot 2,7 \sqrt{470^2 \sin^2 \alpha + 56^2 \cos^2 \alpha}}{470 \cdot 56}; \text{ durch Construction in Fig. 565 ist } 470 \sin \alpha = 72,$$

$56 \cos \alpha = 55$  gefunden, also nach obiger Gleichung

$$\sigma = \frac{34600 \cdot 2,7 \sqrt{72^2 + 55^2}}{470 \cdot 56} = 322 \text{ kg.}$$

Ist die zulässige Beanspruchung gleich 1000 kg für 1 cm<sup>2</sup>, so reicht diese Pfette also noch aus, wenn die Theilung in der Dachneigung von 1,5 m auf 3 · 1,5 = 4,5 m erhöht wird.

306.  
Anwendung  
der  
verschiedenen  
Walzeisen-  
Profile.

Was die Verwendung der verschiedenen Profile anlangt, so wählt man für gewöhnliche Träger (Balken, Unterzüge, Kappenträger etc.) **I**-Profile oder, wenn man eine glatte Seite und wenig seitliche Steifigkeit verlangt, **L**-Profile. **L**-Eisen kommen in zusammengesetzten Trägern ausschließlich mit anderen Eisensorten vereinigt vor; nur die ganz schwachen Sorten werden wohl für sich allein zu Dachlatten für Ziegeldächer verwendet. **Z**-Eisen werden mit Vorliebe als Pfetten, namentlich für Wellblechdeckungen benutzt, und kleine **T**-Eisen bilden die Träger für die Glastafeln kleinerer Deckenlichter, während die Tafeln großer Glasflächen auf das kleinste Belageisen gelagert werden. Die Belageisen verwendet man auch vielfach zur Herstellung eiserner Decken mit Cement- oder Asphalt-Estrich, indem man sie quer über die dann in weiter Theilung angeordneten Balken dicht an einander rückt.

Diese Profile durch gegenseitige Vernietung oder Aufnieten von Kopf- und Fußplatten zu verstärken, ist nicht empfehlenswerth, weil (vergl. Fig. 450, S. 164) durch die Nietlöcher fast eben so viel verloren geht, als man durch die Verstärkung gewinnt.

Die in den Tabellen enthaltenen Normal-Profile müssen selbst unter Aufwendung überflüssigen Materiales in Folge der Wahl zu starker Profile stets beibehalten werden, da das Walzen neuer Profile für bestimmte Zwecke unverhältnißmäßig theuer ist.

Die Verwendung der Walzträger ist durchzuführen, so lange die Profile für die geforderte Leistung irgend ausreichen, da ihr Preis nur etwa die Hälfte dessen von zusammengenieteten Trägern beträgt. Ein Theil dieses Gewinnstes geht allerdings

dadurch wieder verloren, dafs es bei Walzträgern unmöglich ist, sich der Abnahme der Biegemomente durch Verschwächung des Querschnittes anzuschließen.

Die schwersten Profile soll man für etwas ermäßigte Beanspruchungen berechnen, da ihre Herstellung an Sicherheit derjenigen der schwachen Profile nachsteht.

### 3) Blechträger.

Blechträger werden zusammengesetzt aus Winkeleisen und vollen Blechplatten, und zwar fast ausschliesslich in I-Form (Fig. 568) oder in Kastenform (Fig. 569); letztere erreicht bei thunlichster Höheneinschränkung eine breite Oberfläche, z. B. zum Tragen starker Mauern, macht aber eine Revision der Innenflächen unmöglich.

Die Kopf- und Fußplatten läßt man nicht mehr, als um ihre achtfache Dicke über die Winkeleisen frei vorragen; sind mehrere da, so werden alle gleich breit gemacht. Die verticalen Blechwände müssen über allen Auflagern und an den Angriffstellen von Einzellasten durch 1, 2 oder 4 angenietete Winkeleisen versteift werden, welche entweder gekröpft (Fig. 568 u. 569 rechts) oder beim Einlegen von Füllstreifen (Fig. 568 u. 569 links) gerade gelassen werden.

Die verwendeten Blechdicken steigen von 6 bis 20 mm; die Gröfse der einzelnen Tafeln richtet sich danach, dafs keine mehr als 350 kg, höchstens 400 kg wiegen soll. Die Breite der Bleche kann bis zu 1,2 m steigen.

Von den in Theil I, Band 1 (Art. 182, S. 194 u. 195) mitgetheilten Normalprofilen für Winkeleisen werden vorwiegend die gleichschenkeligen mit Schenkelbreiten von 4 bis 12 cm verwendet; ungleichschenkelige benutzt man mit absteigendem langen Schenkel dann, wenn man vom Träger grofse Seitensteifigkeit verlangt.

Die Niete, deren Dicke sich nach der Stärke der verwendeten Eisen (siehe Art. 206, S. 142) richtet, sind in den Winkeleisen nach Fig. 422 bis 426, S. 149 u. 150) anzuordnen. In den Gurtungsplatten hat man die Niete der verschiedenen (meist 2) Reihen gegen einander versetzt. Dies ist indess verkehrt, weil die excentrische Lochung die Platten mehr schwächt, als die doppelte; dagegen werden die Niete in den beiden Schenkeln der Winkeleisen stets versetzt (Fig. 572). Die Kopf- und Fußplatten laufen nicht bis zu den Trägereenden, sondern hören da auf, wo der Querschnitt ohne sie für das gröfste Moment dieser Stelle stark genug ist.

Wirken die Lasten in der verticalen Mittelaxe, so erfolgt die Spannungsermittlung nach Theil I, Band 1 dieses »Handbuches« (Art. 298, S. 262), bei schiefer Beanspruchung nach Art. 324 (S. 282) und dem obigen Beispiele 2 (S. 207) für Walzträger. In allen Fällen wird das Trägheitsmoment für die horizontale Schweraxe gebraucht. Dasselbe beträgt nach Fig. 568 für I-förmige Träger

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

307.  
Querschnitt  
und  
Construction.

Fig. 568.

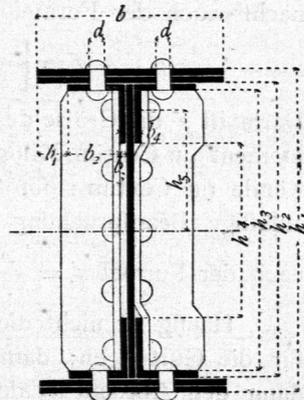
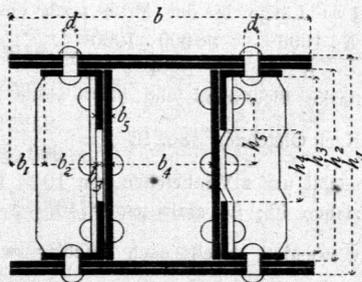


Fig. 569.



308.  
Ermittlung  
der  
Querschnitte.