

gleichfalls als solche Träger ausgebildet, welche die Pfeilerstärke nicht ganz durchsetzen, also nicht sichtbar sind, und die obere Gurtung dieser bietet die erforderliche Druckfläche. Unten erfolgt die Befestigung durch Splinte nach Fig. 531; Nachspannen ist also nur mit Hilfe der oberen Muttern möglich. Um diese zugänglich zu erhalten, sind die Consolen der beiden Wandteile nebst den oberen Ankerträgern mit einer Schachtmauerung umgeben, welche, mit einer Gussplatte abgedeckt, von Arbeitern bestiegen werden kann. Die unteren Ankerträger liegen so tief im Pfeiler, daß der lichte lothrechte Abstand zwischen den Ankerträgern 1,5 m beträgt. Diese Tiefe hängt von der Größe der Mauerlaß ab, welche an den Ankern hängen muß, um das Angriffsmoment des Winddruckes aufzuheben.

6. Kapitel.

Freiftützen.

Freiftützen in Eisen werden, da sie in der Regel vorwiegend Druckspannungen ausgefetzt sind, sowohl in Gufseisen, wie in Schmiedeeisen ausgeführt.

a) Freiftützen in Gufseisen.

Die in Gufseisen ausgeführte Freiftütze hat in vielen Fällen dadurch Unglücksfälle verursacht, daß sie bei Feuersbrünsten stark erhitzt, dann, vom kalten Strahle

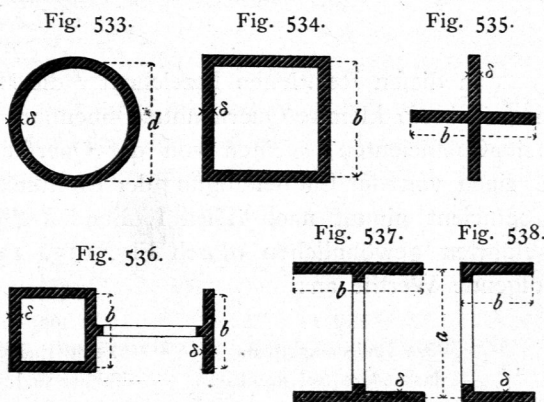
des Spritzen Schlauches getroffen, sprang und plötzlich zusammenbrach. Dieser Mangel hat schon seit längerer Zeit die gusseiserne Freistütze, wie den gusseisernen Träger aus den Hochbauten nordamerikanischer Städte ganz verbannt, wo sie durch Schmiedeeisen ersetzt ist. In Europa überwiegt die Verwendung des Gusseisens für diese Constructionstheile, wegen der bequemen Formgebung und des meist geringeren Preises gegenüber dem des Schmiedeeisens, noch erheblich.

Indefs ist durch die neue »Baupolizeiliche Vorschrift über Stützen-Constructionen in Hochbauten in Berlin« (vom 4. April 1884⁹⁰⁾ die Verwendung gusseiserner Freistützen unter massiven Wänden von Gebäuden, welche unten Geschäftsräume, oben Wohnräume enthalten, von der Bedingung abhängig gemacht, daß diese Stützen durch feste Ummantelungen aus Schmiedeeisen der unmittelbaren Berührung durch Feuer und Wasser entzogen werden; anderenfalls dürfen sie nur aus Schmiedeeisen oder aus Klinkermauerwerk in Cementmörtel gebildet sein⁹¹⁾. Als anderweite Mittel, um die Erhitzung von gusseisernen Freistützen zu verhindern, sind für hohle Querschnitte Vorkehrungen zu schneller Füllung mit Wasser oder zur Erzeugung von frischem Luftzuge von unten her bei Feuersgefahr vorgeschlagen; diese stoßen jedoch meist auf Schwierigkeiten und sind in ihrem Erfolge nicht erprobt⁹²⁾. Bei schweren Lasten ist auch die häufig durchgeführte Ausnutzung hohler Freistützen zu Rauchrohren nicht zu empfehlen, da die Erhitzung der Wandungen und die Einführung des Feuerzuges die Tragfähigkeit wesentlich beeinträchtigen. Auch die Benutzung des Inneren hohler Freistützen zur Ableitung von Wasser soll dann vermieden werden, wenn die Stütze dem Froste ausgesetzt ist, da gefrorenes Wasser die Wandungen sprengt. Ist diese Art der Ausnutzung in nicht frostfreier Lage nicht zu umgehen, so soll man die Wandungen in nicht zu weiter Theilung mit kleinen Bohrlöchern durchbrechen, damit das quellende Eis einigen Ausweg findet, und die inneren Leitungsrohre aus Gusseisen herstellen.

Die Querschnittsformen gusseiserner Freistützen sind bei völlig freier Stellung der Keisring (Fig. 533), der quadratische Kasten (Fig. 534) und das Kreuz (Fig. 535).

Stehen die Stützen in der Richtung einer Wand als Einfassung großer Oeffnungen, so verwendet man den Querschnitt nach Fig. 536, den I- (Fig. 537) oder den C-förmigen Querschnitt (Fig. 538), bei denen der Steg gewöhnlich durchbrochen ist⁹³⁾.

Bezüglich der Höhenentwicklung der Stützen ist zu beachten, daß plötzliche Ausladungen in Fuß- oder Kopfprofilen, welche den Querschnitt plötzlich, ohne Verstärkung, auf einen größeren Umfang bringen, bereits Grund zu Zusammenbrüchen geworden sind, indem der schräge Theil der Ausweitung ringsum abgefechert wurde und der engere Theil sich in den weiteren hineinschob. Der Stützenquerschnitt soll daher thunlichst unverändert durchlaufen, weshalb weit ausladende Formen massiv angegossen, besser in leichter Ausführung umgelegt werden; die erstere Art der Herstellung bringt Gefahren durch die erheblichen und meist plötzlichen Schwankungen der Wandstärke, so daß das letztere Verfahren vorzuziehen ist.



278.
Querschnitt.

⁹⁰⁾ Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 152. — Deutsche Bauz. 1884, S. 190. — Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1884, S. 174.

⁹¹⁾ Durch diese Bestimmung veranlaßt, hat neuerdings *Bauschinger* vergleichende Versuche über die Tragfähigkeit von erst erhitzten, dann kalt angespritzten Säulen aus Gusseisen und Schmiedeeisen angestellt, nach denen die ersteren den letzteren überlegen sein sollen. (Vergl.: BAUSCHINGER, J. Mittheilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium an der k. technischen Hochschule in München. 1885, Heft 12 — ferner: Wochbl. f. Baukde. 1885, S. 125 u. 149.)

⁹²⁾ Siehe auch Theil III, Bd. 6 dieses »Handbuchs«, Abth. V, Abchn. 1, Kap. 1: Sicherungen gegen Feuer.

⁹³⁾ Ueber Ausbildung der nicht centralen Querschnitte siehe: Deutsche Bauz. 1881, S. 344 u. 1882, S. 468.

Glaubt man zur Erzielung von kräftigen Profilierungen die Ausweitung des ganzen Stützenquerschnittes auch im Inneren nicht entbehren zu können, so muß die Ausweitungsstelle im Inneren durch starke, nach oben und unten schlang verlaufende Rippen verstärkt werden.

Hat die Stütze nicht in allen horizontalen Schnitten gleichen Querschnitt, so ist für die Berechnung auf einfachen Druck der absolut kleinste, für die Berechnung auf Zerknicken in der Regel der in halber Höhe liegende Querschnitt maßgebend.

279.
Beanspruchung
und
Berechnung.

Die Beanspruchung gußeiserner Freistützen durch äußere Kräfte ist vertical und ganz oder nahezu centrifch. In den seltenen Fällen, in denen die äußeren Kräfte horizontal, geneigt oder erheblich excentrisch wirken, verwendet man zweckmäßiger Schmiedeeisen.

Die Berechnung der gußeisernen Freistützen erfolgt daher hier nur für Längsdruck, welcher in oder nahe der Stützen-Schwerpunktsaxe wirkt.

280.
Längsdruck
in der
Schweraxe
wirksam.

1) Der Längsdruck erfolgt in der Schwerpunktsaxe. Die Länge l_1 , welche die Stütze haben darf, damit die Querschnittsbemessung lediglich auf den Druck K (in Kilogr. für 1 qcm) ohne Rückficht auf Zerknicken nach der Gleichung $P = F K^{94}$) erfolgen kann, ist aus der Gleichung 95) zu ermitteln:

$$l_1 \leq h \sqrt{C} \sqrt{\frac{E}{s K}} \sqrt{c}$$

Für längere Stützen folgt die zulässige Last P mit Rückficht auf Zerknicken, welche gleich oder größer, als die wirklich vorhandene Last sein muß, aus der Gleichung 96)

$$P \leq \frac{C E c F h^2}{s l^2}$$

In diesen Relationen bezeichnet l die Höhe der Freistütze, F ihre Querschnittsfläche, h die kleinste Querschnitts-Dimension, E den Elasticitäts-Modul, s den Sicherheits-Coefficienten, c einen von der Querschnittsform abhängigen Coefficienten und C einen von der Endbefestigung der Freistütze abhängigen Coefficienten. Der letztere Coefficient nimmt nach Theil I, Band 1 (Art. 340, S. 303) in den drei dort angeführten gewöhnlichen (durch Fig. 135, 136 u. 138 veranschaulichten) Stützfällen folgende Werthe an:

	Fall 1:	Fall 2:	Fall 4:
	Ein Ende eingepannt, das andere frei drehbar, und verschiebbar.	Beide Enden frei drehbar und vertical geführt.	Ein Ende eingepannt, das andere frei drehbar und vertical geführt.
$C =$	$\frac{\pi^2}{4}$	π^2	$2 \pi^2$.

Es ist weiter $E = 1\,000\,000$ kg für 1 qcm, $s = 8$, $K = 500$ kg für 1 qcm zu setzen, und es lauten die obigen Gleichungen alsdann:

$$l_1 \leq 15,81 h \sqrt{c C} \dots \dots \dots 143.$$

$$P \leq 125\,000 \frac{C c F h^2}{l^2} \dots \dots \dots 144.$$

a) Für den Kreisring-Querschnitt (Fig. 533) erfolgt die Berechnung nach der Gleichung 127. (S. 302) des genannten Bandes: $\delta d \pi \cdot 500 = P$, so lange gemäß Gleichung 143. für $c = \frac{1}{8}$ stattfindet (S. 306 ebendaf.):

⁹⁴⁾ Siehe Gleichung 127. (S. 302) in Theil I, Bd. 1 dieses »Handbuches«.

⁹⁵⁾ Siehe Gleichung 131. (S. 303) ebendaf.

⁹⁶⁾ Siehe Gleichungen 128. u. 130. (S. 302 u. 303) ebendaf.

$$d \geq \begin{matrix} \text{Fall 1:} \\ \frac{l}{8,78} \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{Fall 2:} \\ \frac{l}{17,56} \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{Fall 4:} \\ \frac{l}{24,82} \end{matrix} \dots \dots \dots 145.$$

Sind diese Längenverhältnisse nicht einzuhalten, so ergeben sich zulässige Last P , mittlerer Durchmesser d oder Wandstärke δ für $h = d$, $c = \frac{1}{8}$ nach Gleichung 144. zu:

$$P \leq 49062 C \frac{\delta d^3}{l^2}, \quad d \geq \sqrt[3]{\frac{P l^2}{49062 C \delta}} \quad \text{und} \quad \delta \geq \frac{P l^2}{49062 C d^3} \dots 146.$$

In solchen Fällen, wo der äußere Durchmesser unabänderlich vorgeschrieben ist, muß man für δ eine vorläufige Annahme machen, welche durch zweimalige Rechnung zu corrigiren ist; man wähle dabei $\delta > \frac{14}{41}$ Millim.

β) Für den quadratischen Kastenquerschnitt (Fig. 534) ist nach Gleichung 130. (S. 303) des genannten Bandes

$$c = \frac{2 \frac{\delta b^3}{12} + 2 \delta b \left(\frac{b}{2}\right)^2}{4 \delta b b^2} = \frac{1}{6}.$$

Gleichung 143. giebt für das die Gefahr des Zerknickens ausschließende Verhältniß der Breite zur Länge

$$b \geq \begin{matrix} \text{Fall 1:} \\ \frac{l}{10,14} \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{Fall 2:} \\ \frac{l}{20,28} \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{Fall 4:} \\ \frac{l}{28,68} \end{matrix} \dots \dots \dots 147.$$

Ist dies nicht einzuhalten, so muß werden (nach Gleichung 144.)

$$P \leq \frac{83332 C b^3 \delta}{l^2}, \quad b = \sqrt[3]{\frac{P l^2}{83332 C \delta}} \quad \text{und} \quad \delta = \frac{P l^2}{83332 C b^3} \dots 148.$$

γ) Für Stützenquerschnitte nach Fig. 536 — in welchen die Querstege in der weiter unten zu besprechenden Theilung zu wiederholen und die für die Berechnung des Gesammtquerschnittes zu vernachlässigenden Rippen zwischen diesen Stegen etwa 5 cm breit zu machen sind — ist annähernd

$$c = \frac{\frac{3 \delta b^3}{12} + 2 \delta b \left(\frac{b}{2}\right)^2}{5 \delta b b^2} = \frac{3}{20};$$

folglich das die Gefahr des Zerknickens ausschließende Breitenmaß nach Gleichung 143.:

$$b \geq \begin{matrix} \text{Fall 1:} \\ \frac{l}{9,61} \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{Fall 2:} \\ \frac{l}{19,23} \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{Fall 4:} \\ \frac{l}{27,2} \end{matrix} \dots \dots \dots 149.$$

Bei geringerer Abmessung für b muß nach Gleichung 144. stattfinden:

$$P \leq \frac{93750 C b^3 \delta}{l^2}, \quad b = \sqrt[3]{\frac{P l^2}{93750 C \delta}} \quad \text{und} \quad \delta = \frac{P l^2}{93750 C b^3} \dots 150.$$

δ) Für den Kreuzquerschnitt (Fig. 535) ist nach Art. 346 (S. 307) des genannten Bandes $c = \frac{1}{24}$; folglich die nicht zerknickende Breite nach Gleichung 143.

$$b \geq \begin{matrix} \frac{l}{5,07} \end{matrix} \quad \begin{matrix} \frac{l}{10,14} \end{matrix} \quad \begin{matrix} \frac{l}{14,34} \end{matrix} \dots \dots \dots 151.$$

Ist b kleiner als dieses Maß, so muß nach Gleichung 144. sein

$$P \leq \frac{10416 C \delta b^3}{l^2}, \quad b = \sqrt[3]{\frac{P l^2}{10416 C \delta}} \quad \text{und} \quad \delta = \frac{P l^2}{10416 C b^3} \dots 152.$$

e) Für den I- und E-förmigen Querschnitt (Fig. 537 u. 538) ist

$$c = \frac{2 \delta b^3}{12 \delta b b^2} = \frac{1}{12}$$

Bezüglich der Rippen und Stege gilt das zu Fig. 536 Gefagte. Die nicht zerknickende Breite wird hier nach Gleichung 143.:

$$b \geq \begin{matrix} \text{Fall 1:} & \text{Fall 2.} & \text{Fall 4:} \\ \frac{l}{7,17} & \frac{l}{14,34} & \frac{l}{20,28} \end{matrix} \dots \dots \dots 153.$$

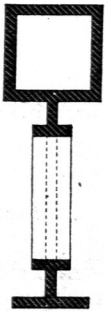
Für geringere Breiten muß nach Gleichung 144. sein:

$$P \leq \frac{20833 C \delta b^3}{l^2}, \quad b = \sqrt[3]{\frac{P l^2}{20833 \delta C}} \quad \text{und} \quad \delta = \frac{P l^2}{20833 C b^3} \dots \dots \dots 154.$$

Sollte in diesen Querschnitten einmal ausnahmsweise a gegen b so klein werden, daß das Trägheitsmoment für die zu den Flanchen parallele Axe das kleinste wird,

so sind die Formeln 153 u. 154 für $c = \frac{2 b \delta \left(\frac{a}{2}\right)^2}{2 b \delta a^2} = \frac{1}{4}$ aufzustellen.

Fig. 539.



ζ) Mehrfach zusammengesetzte Querschnitte, wie der sehr häufig verwendete in Fig. 539, sind nach dem für schmiedeeiserne Stützen zu erläuternden Verfahren (Art. 288) zu berechnen.

Die Theilung λ , innerhalb deren bei den Querschnitten Fig. 536, 537, 538 u. 539 mit offenen Stegen je zwei Stege vorhanden sein müssen, ergibt sich bei s -facher Sicherheit⁹⁷⁾ zu:

$$\lambda = 2 \pi \sqrt{\frac{E \mathcal{F}_{min}}{s P}} \dots \dots \dots 155.$$

oder für einfache Querschnitte gemäß $\mathcal{F}_{min} = c F h^2$ zu

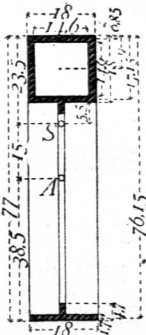
$$\lambda = 2 \pi h \sqrt{\frac{c E F}{s P}} \dots \dots \dots 156.$$

Bei der Benutzung aller dieser Formeln sind die Kräfte in Kilogr. und die Längen in Centim. einzuführen.

281.
Beispiele.

Beispiele: 1) Die Freistütze für den Träger eines Schaufensters hat bei 375 cm Länge 47000 kg zu tragen, muß als oben und unten verdrehbar gehalten (Fall 2) angesehen werden und soll einen Querschnitt nach Fig. 536 u. 540 mit 18 cm größter Breite erhalten; die für die Berechnung unwesentliche Tiefe ist 77 cm. Da die äußere Breite nur 18 cm betragen soll, so darf b mit nur etwa $18 - 3 = 15$ cm angesetzt werden, und die Länge, bei welcher die Stütze einfach auf 500 kg Druck für 1 cm zu berechnen sein würde, ist nach Gleichung 149.

Fig. 540.



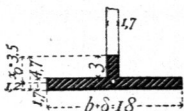
$$l_1 = 19,23 \cdot 15 = 288 \text{ Centim.}$$

Da die Stütze länger ist, muß sie nach den Gleichungen 150. bemessen werden, und zwar wird

$$\delta = \frac{47000 \cdot 375^2}{93750 \cdot \pi^2 \cdot 15^3} = 2,09 \text{ Centim.};$$

b ist somit genauer = $18 - 2,09 = 16,0$ cm einzuführen; l_1 wird mit $19,23 \cdot 16,0 = 307$ cm kleiner, als die Länge der Stütze, und die Wandstärke wird nach den Gleichungen 150. genauer

Fig. 541.



$$\delta = \frac{47000 \cdot 375^2}{93750 \cdot \pi^2 \cdot 16,0^3} = 1,75 \text{ Centim.},$$

wofür mit Rücksicht auf abermalige Vergrößerung von b die Wandstärke $\delta = 1,7$ cm ausgeführt wird.

⁹⁷⁾ Nach Gleichung 94. (S. 296) in Theil I, Bd. 1 dieses »Handbuches«.

Es ist noch fest zu stellen, in welchen Abständen der hintere Flansch mit dem vorderen Kasten durch Stege verbunden werden muß. Es ist nach Fig. 541

$$x_0 (18 \cdot 1,7 + 3 \cdot 1,7) = 18 \cdot 1,7 \frac{1,7}{2} + 3 \cdot 1,7 \left(1,7 + \frac{3}{2} \right), \text{ woraus } x_0 = 1,16 = \approx 1,2;$$

ferner

$$J_{min} = 18 \frac{1,2^3 + (1,7 - 1,2)^3}{3} + 1,7 \frac{3,5^3 - 0,5^3}{3} = 36.$$

Die auf den Hinterflansch kommende Last ist bei Lastübertragung im Schwerpunkte des ganzen Stützenquerschnittes und bei der dann entstehenden gleichförmigen Vertheilung, da der Hinterflansch $\frac{1}{5}$ des Gesamtschnittes ausmacht, gleich $\frac{1}{5}$ der ganzen Last, also $\frac{47\,000}{5} = 9400 \text{ kg}$; fomit wird nach

Gleichung 155. (für $s = 8$) $\lambda = 2 \pi \sqrt{\frac{1\,000\,000 \cdot 36}{8 \cdot 9400}} = 225 \text{ cm}$. Die Stege müssen sich also in Abständen von mindestens 113 cm wiederholen.

2) Eine frei stehende Säule, deren oberes Ende frei beweglich ist, während sie unten mit breiter Platte aufsteht (Fall 1), hat bei 7,5 m Länge eine Belastung von 56 000 kg zu tragen; sie soll bequemen Guffes wegen 2,8 cm Wandstärke erhalten; welchen Durchmesser muß sie in halber Höhe haben?

Nach Gleichung 146. ist (für $C = \frac{\pi^2}{4}$) $d = \sqrt[3]{\frac{56\,000 \cdot 750^2 \cdot 4}{49\,062 \cdot \pi^2 \cdot 2,8}} = 45 \text{ cm}$, folglich der äußere Säulendurchmesser in der Mitte der Höhe gleich 47,3 cm oder rund 48 cm. Soll die Säule Schwellung erhalten, so muß für den schwächsten Querschnitt am oberen Ende noch stattfinden $2,8 d \pi \cdot 500 = 56\,000$ oder $d = 13 \text{ cm}$; der äußere Durchmesser brauchte also nur rund 16 cm zu sein, und es kann fomit jedes praktikable verwendbare Maß der Schwellung ausgeführt werden.

3) In eine 1 Stein starke Innenwand soll ein I-förmiger Ständer gestellt werden, dessen Flansche behufs bündigen Einputzens 1,8 cm dick sein müssen, so daß die ganze Höhe des Profils 28,6 cm beträgt. Der Ständer ist 4,5 m hoch, oben und unten verdrehbar (Fall 2) und trägt 36 000 kg; wie breit müssen die Flansche gegossen werden?

Sollte die Rücksicht auf Zerknicken außer Acht gelassen werden dürfen, so müßte nach Gleichung 153. b aus $\frac{l}{14,34}$ bestimmt werden, also $\frac{450}{14,34} = 31 \text{ cm}$ betragen. Da diese Breite unbequem ist, soll die geringste wegen der Gefahr des Zerknickens zulässige ausgeführt werden, welche nach Gleichung 154. aus $b = \sqrt[3]{\frac{36\,000 \cdot 450^2}{20\,833 \cdot 1,8 \cdot \pi^2}}$ mit 26,9 cm oder rund 27 cm folgt. Wird die Mittelwand nicht voll gegossen, so ist die Theilung der Verbindungsstege zu berechnen, wie in Beispiel 1.

2) Der Längsdruck wirkt im Abstände u von der Schwerpunktsaxe. Bei Freistützen wird u stets in der Richtung einer der Symmetrie-Axen (Trägheits-Haupttaxen, siehe Theil I, Band 1 dieses »Handbuches«, Art. 314, S. 270) liegen, so daß für die aus der Excentricität entstehende Biegung die zu u senkrechte neutrale Axe und eines der Hauptträgheitsmomente \mathcal{F} in Frage kommen. Es bezeichne noch e den Abstand der äußersten Fasern von der neutralen Axe.

282.
Längsdruck
nahe der
Schweraxe
wirksam.

Man bemesse den Querschnitt zunächst für Druck in der Schweraxe nach obigen Regeln auf Zerknicken, und untersuche dann den Einfluß der excentrischen Wirkung, indem man die Spannungswerthe ⁹⁸⁾

$$\sigma = \frac{P}{F} \left(1 \pm \frac{F}{\mathcal{F}} u e \right) \dots \dots \dots 157.$$

berechnet; darin ist für die entfernteste Faser auf derjenigen Seite der neutralen Axe, auf welcher P wirkt, neben dem entsprechenden Werthe von e das Plus-Zeichen, für die entfernteste Faser der abgewendeten Seite das Minus-Zeichen zu berücksichtigen. Für die einfachen Querschnitte (Fig. 533, 534, 535, 537 u. 538) kann man auch hier $\mathcal{F} = c F h^2$ einführen; die Gleichung lautet dann:

⁹⁸⁾ Nach Gleichung 50. (S. 273) in Theil I, Bd. 1 dieses »Handbuches«.

$$\sigma = \frac{P}{F} \left(1 \pm \frac{u e}{c h^2} \right), \dots \dots \dots 158.$$

worin nun h die Querschnitts-Dimension normal zur neutralen Axe bedeutet.

Sollte das Binom in der Klammer für eine der äussersten Fasern negativ, d. h. $u e > c h^2$ oder $F u e > \mathcal{F}$ werden, so ergäbe sich für σ Zugspannung, und es empfiehlt sich dann, den Querschnitt so abzuändern, dass auch in dieser Faser Druck entsteht; auf der anderen Seite darf σ den Werth von höchstens 650 kg nicht überschreiten.

283.
Beispiel.

Beispiel. Auf die Freistütze des Beispiels 1 in Art. 281 sei die Last von 47 000 kg so gelagert, dass sie in der Mitte A (Fig. 540) der Tiefe von 77 cm angreift. Hier ist $F = 3 \cdot 18 \cdot 1,7 + 2 \cdot 14,6 \cdot 1,7 = 141$ qcm; der Abstand x_0 des Schwerpunktes von der Vorderkante folgt aus

$$x_0 = \frac{18 \cdot 1,7 (0,85 + 17,15 + 76,15) + 2 \cdot 14,6 \cdot 1,7 \cdot 9}{141} = \approx 23,5;$$

fomit ist für die Zugseite $e = 23,5$ cm, für die Druckseite $e = 77 - 23,5 = 53,5$ cm das Trägheitsmoment für die Schwerpunktsaxe, welches berechnet werden muss; weil hier Gleichung 157. zur Verwendung kommt, ist

$$\mathcal{I} = 18 \frac{23,5^3 - 21,8^3 + 7,2^3 - 5,5^3 + 53,5^3 - 51,8^3}{3} + 2 \cdot 1,7 \frac{21,8^3 - 7,2^3}{3} = 113\,096.$$

Die grössten Spannungen sind demnach nach Gleichung 157.

$$\sigma = \frac{47\,000}{141} \left(1 + \frac{15 \cdot 53,5 \cdot 141}{113\,096} \right) = 666 \text{ kg Druck an der Innenkante und}$$

$$\sigma = \frac{47\,000}{141} \left(1 - \frac{15 \cdot 23,5 \cdot 141}{113\,096} \right) = 187 \text{ kg Druck aussen.}$$

Die Stütze genügt demnach eben für die excentrische Belastung. Die stärkere Belastung des Innenflansches hat nun aber nach Massgabe der Gleichung 155. eine Verkürzung der Theilung λ der Verbindungsstege zur Folge.

284.
Ausführung.

Die Herstellung der gusseisernen Stützen erfolgt der Einfachheit halber bei grosser Länge in liegender Stellung; diese Art gestattet zwar den Guss sehr langer Theile in einem Stücke; doch fällt der Guss leicht locker und blasig aus, weil das flüssige Eisen nur unter geringem Drucke steht, und die Luftblasen aus der langen horizontalen Form schwer entweichen können. Auch ist es schwierig, den schweren Kern so steif zu bilden, dass er in der Mantelform nicht durchhängt, und so entstehen gerade an der ungünstigsten Stelle, in der Mitte der Länge, ungleiche Wandstärken, oben zu grosse, unten zu geringe. Die sich ergebende Schiefe und ungleichmässige Dichtigkeit des Querschnittes haben auf die Tragfähigkeit der Stütze denselben ungünstigen Einfluss, wie excentrische Wirkung der Last, und können eine richtig berechnete Stütze ernstlich gefährden. Die Ungleichmässigkeit der Wandstärken ist genau nur durch Anbohren zu erkennen.

Mit Sicherheit werden diese Mängel nur bei stehendem Guss vermieden. Hierbei ist die Länge der Theile eine beschränktere, da Giefsgruben von entsprechender Tiefe erforderlich sind. Nur grössere Giefsereien haben die nöthigen Anlagen und giesen Längen bis zu etwa 8 m. Der Guss wird dicht, weil die Last des Eisens selbst das Material verdichtet, und die Blasen können nach oben entweichen. In der stehenden Form kann der Kern leicht centrisch und gerade gehalten werden.

Die Dichtigkeit des Gusses prüft man am besten durch Nachwägen der Stücke von bekanntem cubischen Inhalte.

b) Freistützen in Schmiedeeisen.

285.
Querschnitt.

Schmiedeeiserne Stützen bestehen ausschliesslich aus Walzprofilen, und zwar sind für ganz leichte Stützen I- und L-Profile zu verwenden; schwerere werden durch Ver-nieten mehrerer Walzeisen hergestellt.

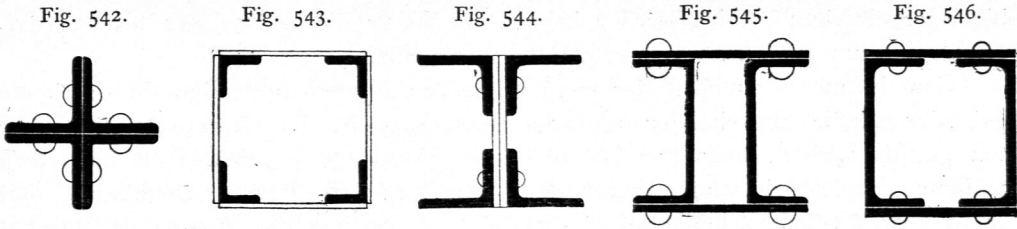


Fig. 547.

Fig. 550.

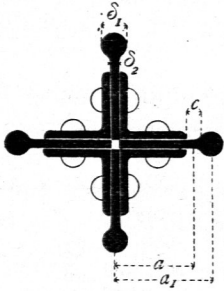
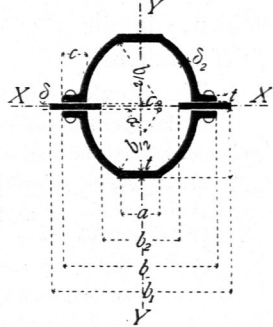


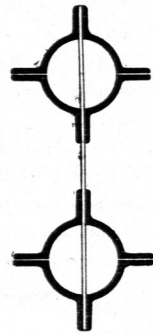
Fig. 548.

Fig. 549.



Da die Theile des Querschnittes ohne offenen Schlitz fest auf einander genietet werden, da aber die mit Rückficht auf dichten Schluß der Fuge zu verwendende Heftniettheilung (siehe Art. 207, S. 144 u. Art. 238, S. 166) von $6d$ bis $8d$ kleinere Abstände der Verbindungen liefert, als die Rückficht auf Widerstand der einzelnen Theile gegen Zerknicken, so braucht letztere hier nicht — wie für gußeiserne Stützen (Gleichung 155.) — der Berechnung der Theilung der Verbindungen zu Grunde gelegt zu werden. Es kann also der Gesamtquerschnitt mit seinem Trägheitsmomente bei der Berechnung ohne Weiteres benutzt werden, sobald die einzelnen Theile ohne Zwischenraum auf einander liegen.

Fig. 551.

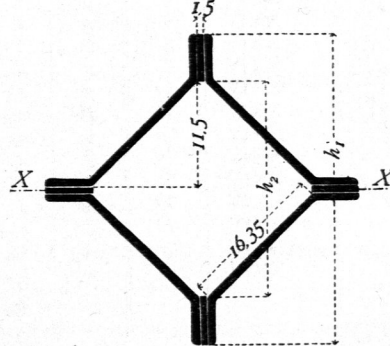
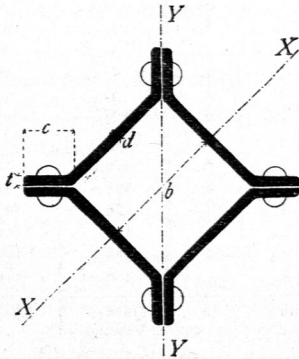
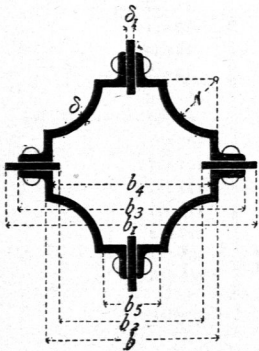


Außer den einheitlichen Walzprofilen, nämlich den I-, E- und für schwache Stützen den \pm -Eisen⁹⁹⁾, deren Berechnung ganz nach den

Fig. 552.

Fig. 553.

Fig. 554.



⁹⁹⁾ Ueber starke \pm -Eisen-Profile nebst zugehörigen Köpfen und Füßen siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 552 — ferner: Zeitchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1885, S. 936 u. 1886, S. 40.

obigen Regeln durchgeführt werden kann, sind bisher die in Fig. 542 bis 554 dargestellten zusammengesetzten Querschnitte verwendbar.

Gemeinsame Eigenschaft der meisten genieteten Querschnitte sind die durch die Verbindungstheile entstehenden vorpringenden Rippen, die in der Ansicht nicht eben günstig wirken, aber nur bei so grossem Umfange zu vermeiden sind, dass das Innere zugänglich wird. Querschnitte, wie Fig. 546 (Berliner Stadtbahn), sind nur in kurzen Stücken herzustellen, und selbst da bedingt die Nietung der zweiten Platte besondere Vorkehrungen. Aus dem gleichen Grunde sind kreisringförmige Stützen aus genietetem Bleche mit kleinem Durchmesser selten, auch nicht zu empfehlen, da die zur Mitte nicht allseitig symmetrischen Nietnähte den Querschnitt schief machen.

286.
Querschnitts-
bildung.

Die Elemente für die Querschnittsbildung schmiedeeiserner Freistützen sind:

- 1) das gleichschenkelige Winkeleisen (Fig. 542, 543, 547 u. 549, siehe die Normalprofile in Theil I, Band I dieses »Handbuches«, Art. 182, S. 194);
- 2) das ungleichschenkelige Winkeleisen (Fig. 544, siehe die Normalprofile ebendaf., Art. 182, S. 195);
- 3) das **C**-Eisen (Fig. 545 u. 546, siehe die Normalprofile ebendaf., Art. 185, S. 197);
- 4) das **I**-Eisen, siehe die Normalprofile ebendaf., Art. 188, S. 198);
- 5) die Blechplatte als Aufsens-Lamelle (Fig. 543 u. 546) oder als Einlage (Fig. 544 und 549);
- 6) das Bandeisen als Einlage in Schlitz zwischen den übrigen Profileisen (z. B. dargestellt in Fig. 550, 552 u. 554, eben so einzulegen in die Querschnitte Fig. 548 u. 553);
- 7) das Bandeisen mit Rundstab (*fer plat à boudin*, Fig. 547) zur Ausfüllung von Schlitz und Verfeinerung des äusseren Umfanges, vorwiegend in Frankreich angewendet;
- 8) das Quadrant-Eisen (Fig. 548, 549 u. 551, siehe die Normalprofile im genannten Bande, Art. 187, S. 197), die bequemste Form für cylindrische Freistützen, gebräuchlichstes Profil amerikanischer Constructionen;
- 9) das Belageisen (Fig. 550, siehe die Normalprofile ebendaf., Art. 184, S. 196), welches einen ungewöhnlich lang gestreckten Querschnitt und, wegen der schmalen Flansche, eine schwierige Vernietung ergibt;
- 10) das Quadrant-Eisen mit doppeltem Winkel (Fig. 552, Völklinger Hütte), welches im Handel nicht stets zu haben ist, indess durch verschiedenartige Zusammenfassung die Bildung einer grossen Zahl von zweckmäßigen Querschnitten gestattet;
- 11) das Trapez-Eisen oder schiefwinkelige Rinneneisen (Fig. 553 u. 554), welches u. A. von der Burbacher Hütte in nachfolgenden Profilen hergestellt wird:

Profil		b	c	d	t	Querschnitt	Gewicht	Trägheitsmoment für die Axen XX oder YY für 4 Eifen.
Blatt	Nr.							
XXIV	6	16,35	7	1,3	1,3	36,9	28,6	11 747
XXIV	6 ^a	16,35	7	1,5	1,5	42,0	32,6	13 814
XXIV	6 ^b	16,35	7,3	1,7	1,7	47,2	36,6	15 880
XXIV	7	28	8,35	1,8	1,8	88,8	68,9	73 957
XXIV	7 ^a	28	8,5	2	2	96,8	75,1	81 602
XXIV	7 ^b	28	8,63	2,2	2,2	104,8	81,3	89 247
XXIV	7 ^c	28	8,77	2,4	2,4	112,8	87,5	96 892
XXIV	7 ^d	28	8,9	2,6	2,6	120,8	93,7	104 537
XXIV	7 ^e	28	9,05	2,8	2,8	128,8	99,9	112 182
XXIV	7 ^f	28	9,2	3	3	136,8	106,1	119 827
XXIV	7 ^g	28	9,33	3,2	3,2	144,8	112,3	127 472
XXIV	7 ^h	28	9,5	3,4	3,4	152,8	118,5	135 117
XXIV	7 ⁱ	28	9,6	3,6	3,6	160,8	124,7	142 760
Centimeter.						Quadr.- Centim.	Kilogr.	Centimeter.

Ausser diesen Profilen, welche noch eine grosse Zahl von Variationen gestatten, kann noch eine weitere Reihe ausgebildet werden, indem man 2, 3, 4 oder noch mehrere dieser Stützen durch Gitterwerk zu gegliederten Freistützen verbindet oder

in die Hohlräume der einfachen Querschnitte noch Bleche und Winkeleisen einfügt (Fig. 549 u. 551).

Einen Querschnitt ersterer Art bildet streng genommen schon der I-förmige Querschnitt in Fig. 544, welcher aus 2 T-förmigen Querschnitten mittels Vergitterung erzielt wurde. Fig. 543 zeigt die Idee eines Quadrat-Querschnittes aus 4 Winkeleisen und 4 Gitterwänden, in welchem die Winkeleisen sehr häufig umgedreht erscheinen, so daß ein Kreuz aus 4 Winkeln mit sehr breiten Schlitzen entsteht. Fig. 551 die eines zweitheiligen Querschnittes aus 2 Quadrant-Eisen-Säulen.

Derartige Anordnungen werden jedoch nur bei sehr bedeutender Höhe und Belastung und namentlich dann verwendet, wenn horizontale oder geneigte Kräfte auf die Freistütze wirken. Ihre Anwendung wird durch die gewöhnlichen Aufgaben des Hochbaues nur selten bedingt; sie kommen z. B. zur Unterstützung der Dächer weiter Hallen, also in Bahnhof, Markt-, Festhallen, Ausstellungsgebäuden etc. vor, wo sie die seitlichen Winddrücke aufzunehmen haben.

Für die äußere Ausstattung der schmiedeeisernen Stützen sind völlig befriedigende Formen bisher nicht gefunden, da fast alle Profile die mageren Eisendicken zeigen und sich daher den kräftigeren Formen steinerne und hölzerne Constructionstheile schlecht anschließen. Das Walzverfahren gestattet nur die Herstellung völlig prismatischer Formen. Verjüngungen und Schwellungen können nur durch Verwendung complicirter Herstellungsmethoden (Berliner Stadteisenbahn: trapezförmig geschnittene Platten für Fig. 546, keilförmig geschmiedete Einlagestreifen für Fig. 553) mit vergleichsweise hohen Kosten erzielt werden; verzierende Theile müssen aus anderweitigem Materiale (Zink, Zinkguß, Gußeisen) gebildet und mittels Verschraubung angefügt werden. Die Nietköpfe verschwinden durch Versenkung. Zur völligen Beseitigung dieser Schwierigkeiten sind in Amerika Ummantelungen mit Terracotta-Platten vorgenommen worden, welche mittels Blechklammern an besonderen Befestigungstheilen, bezw. an den Nietköpfen aufgehängt, dann in den Fugen verfrischen oder ganz geputzt sind. Es entsteht so scheinbar eine steinerne Stütze, der man jedes gewünschte Profil geben kann und deren feuerfester Mantel zugleich den eisernen Kern schützt. Die Anordnung ist jedoch complicirt und theuer und hat den Mangel, daß bei Temperaturänderungen in Folge der Bewegungen des Eisens leicht Risse in den Plattenfugen entstehen¹⁰⁰⁾.

287.
Ausstattung.

Für einfache Querschnitte erfolgt die Berechnung auf Zerknicken nach Ermittlung des Coefficienten c (siehe Theil I, Band 1 dieses »Handbuches«, Art 340, S. 303) nach den Gleichungen 143., bezw. 144. (S. 186) ganz so, wie es oben für gußeiserne Stützen gezeigt wurde. Es ist jedoch die allgemeine Ermittlung von c für die meisten Querschnittsarten nicht möglich, für die angegebenen nur in den Fällen der Fig. 542 u. 544. In allen anderen Fällen, sowohl bezüglich der einheitlichen Querschnitte, wie auch bezüglich der zusammengesetzten, erfolgt die Ermittlung des gegen Zerknicken widerstandsfähigen Querschnittes nach der Gleichung 150. (Art. 351, S. 312) des genannten Bandes:

288.
Berechnung.

$$F = \frac{f \mathcal{F}_{min}}{\mathcal{F}_{min} - \alpha \cdot f l^2} \quad \dots \quad 159.$$

nach welcher auch zusammengesetzte Querschnitte aus Gußeisen zu berechnen sind. Es bezeichnet \mathcal{F}_{min} das kleinste in Frage kommende Trägheitsmoment, f diejenige

¹⁰⁰⁾ Vergl. auch: HEUSER, G. Ueber Pfeiler von verschiedenfeitiger Structur. Deutsche Bauz. 1881, S. 344; 1882, S. 468; 1883, S. 456.

Schmiedeeiserne Säulen aus Quadrant-Eisen und Verkleidung eiserner Stützen. Deutsche Bauz. 1884, S. 225.

KOULLE, H. Schmiedeeiserne Stützen aus Quadranteisen und I-Eisen. Deutsche Bauz. 1884, S. 235.

Querschnittsfläche $\frac{P}{K}$, welche sich bei der Berechnung auf einfachen Druck ergibt, und den Coefficienten $\alpha = \frac{Ks}{CE}$ (worin s der Sicherheits-Coefficient).

Wird die zulässige Druckspannung K für Hochbau-Constructions zu 800 kg für 1 qcm angenommen, der Sicherheits-Coefficient $s = 5$, $E = 2\,000\,000$ kg für 1 qcm gesetzt, so wird der Coefficient α für die drei gewöhnlichen Befestigungsfälle

$$\begin{array}{lll} \text{Fall 1 } (C = \frac{\pi^2}{4}): & \text{Fall 2 } (C = \pi^2): & \text{Fall 4 } (C = 2\pi^2): \\ \alpha = \frac{4 \cdot 800 \cdot 5}{\pi^2 \cdot 2\,000\,000} = 0,0008 & \alpha = \frac{800 \cdot 5}{\pi^2 \cdot 2\,000\,000} = 0,0002 & \alpha = \frac{800 \cdot 5}{2\pi^2 \cdot 2\,000\,000} = 0,0001. \end{array}$$

Dafs bei den einheitlich vernieteten Querschnitten wegen der engen Heftniettheilung die einzelnen Bestandtheile nicht auf ihre Steifigkeit untersucht zu werden brauchen, ist oben gefagt. Bei den durch Vergitterungen hergestellten Querschnitten ist jedoch die Knotentheilung des Gitterwerkes nach Gleichung 155.: $\lambda = 2\pi \sqrt{\frac{E \mathcal{J}_{min}}{sP}}$ zu ermitteln, worin λ die doppelte Knotentheilung, $s = 5$ und P gleich der Last zu setzen ist, welche auf den einzelnen Bestandtheil des Querschnittes kommt.

Die Berechnung auf Biegung bei excentrischer oder geneigter Belastung erfolgt, wenn M die Summe der Momente aller verticalen Kräfte bezüglich des Schwerpunktes des Stützenquerschnittes und aller horizontalen Kräfte bezüglich des untersuchten Querschnittes bezeichnet, nach der Gleichung

$$s = \frac{P}{F} \pm \frac{M e^{101}}{\mathcal{F}}, \quad \dots \dots \dots 160.$$

welche bei Ueberwiegen des zweiten Summanden Zugspannungen liefern kann.

In den Formeln 155. u. 159. steckt nun das kleinste, in 160. das Trägheitsmoment des Querschnittes bezüglich einer bestimmten, nämlich der zum Momente M gehörigen neutralen Axe. Es mögen daher hier zunächst einige Bemerkungen über die Berechnung der Trägheitsmomente folgen (siehe Art. 305 bis 317, S. 266 bis 272 in Theil I, Band 1 dieses »Handbuches«).

Die Trägheitsmomente der Querschnitte in Fig. 542, 545, 544, 546 u. 543 erfolgt durch wiederholte Anwendung der Formel für das Rechteck, wie es a. a. O. in Art. 308 bis 311 (S. 267 u. 268) für mehrere Fälle durchgeführt ist.

Die Trägheitsmomente für Fig. 548 sind der Tabelle auf S. 197 des genannten Bandes, jene für Fig. 553 der Tabelle auf S. 192 des vorliegenden Bandes zu entnehmen.

Querschnitte nach Fig. 549 bedingen gleichzeitige Benutzung der Tabellen und der Formeln für zusammengesetzte Querschnitte.

Für den Querschnitt in Fig. 547 ist dem Trägheitsmomente des Kreuzquerschnittes innerhalb der Winkeleisen für genaue Berechnung noch $\frac{\delta_1^2 \pi}{16} (\delta_1^2 + 8 a_1^2) + \frac{c \delta_2}{6} (12 a_1^2 + \delta_2^2)$ oder für sehr annähernde Berechnung $\frac{\pi \delta_1^2 a_1^2}{2} + 2 c \delta_2 a^2$ hinzuzufügen.

Beim Querschnitt in Fig. 550 ist nicht ohne Weiteres für alle Fälle zu entscheiden, ob YY oder XX das Trägheitsmoment \mathcal{J}_{min} liefert. Bezeichnet \mathcal{F}_1 das Trägheitsmoment des einzelnen Belageisens für die zur Basis parallele Schweraxe und \mathcal{F}_2 für die dazu lothrechte Symmetrie-Axe (vergl. den oben genannten Band, S. 196), so ist

$$\mathcal{F}_x = 2 \left(\mathcal{F}_1 + \frac{F(h + \delta)^2}{4} \right) + (b_1 - b_2) \frac{\delta^3}{12},$$

¹⁰¹⁾ Siehe Gleichung 33. (S. 261) in Theil I, Bd. 1 dieses »Handbuches«.

$$\mathcal{F}_y = 2 \mathcal{F}_2 + \delta \frac{b_1^3 - b_2^3}{12},$$

wenn F den Querschnitt eines Belageisens bezeichnet. Fehlt die Einlage, so setze man $\delta = 0$.

Für Querschnitte aus dem in Fig. 552 verwendeten Eifen muß das Trägheitsmoment für jede Form besonders berechnet werden. Für das gewählte Beispiel ist für jede durch den Mittelpunkt gehende Axe:

$$\mathcal{F} = r \delta (r^2 \pi + 2 \pi b^2 - 8 r b) + \frac{1}{12} \left[\delta_1 (b_1^3 - b_2^3) + 2 \delta (b_3^3 + b_3^3 - b^3 - \delta_1^3) + (b_5 - \delta) (b^3 - b_4^3) + (b_3 - b) \{ (\delta_1 + 2 \delta)^3 - \delta_1^3 \} + (b_1 - b_2) \delta_1^3 \right].$$

Fehlen die Einlagen, so ist $\delta_1 = 0$ zu setzen.

Schließlich sei noch erwähnt, daß in der Regel in gedrückten Querschnitten die Nietlöcher bei Berechnung der Flächen und Trägheitsmomente nicht abgezogen werden.

Beispiele: 1) Es ist eine Säule aus Quadrant-Eifen zu berechnen, welche 35 000 kg bleibender und 24 000 kg nicht stoßweise wirkender, mobiler Belastung zu tragen hat. Die Länge ist 630 cm; der Fuß ist eingepannt und der Kopf verdrehbar gehalten (Fall 4). Der reine Druckquerschnitt ist (nach Gleichung 18.,

S. 251 in Theil I, Bd. 1 dieses »Handbuches«) $f = \frac{35000}{1200} + \frac{24000}{720} = 62,5 \text{ qcm}$. Für Profil Nr. 10 der Tabelle für Quadrant-Eifen mit der Wandstärke von 8 mm (Art. 187, S. 197 des eben genannten Bandes) ist $\mathcal{F} = 5434$; folglich muß für $\alpha = 0,0001$ nach Gleichung 159. der auszuführende Querschnitt

$$F = \frac{62,5 \cdot 5434}{5434 - 0,0001 \cdot 62,5 \cdot 630^2} = 115 \text{ qcm}$$

sein. Das gewählte Profil reicht somit noch nicht aus; es muß das allerdings zu starke Profil Nr. 10 mit der Wandstärke von 12 mm und $\mathcal{F} = 7395$, $F = 120 \text{ qcm}$ ausgeführt werden.

2) Für 60 000 kg bleibende und 40 000 kg mobile Last soll eine 800 cm lange, oben und unten verdrehbar gehaltene Freistütze (Fall 2) nach Fig. 554 mit 1,5 cm starken Einlagen ausgebildet werden. Es

ist (wieder nach Gleichung 18., S. 251 in Theil I, Bd. 1 dieses »Handbuches«) $f = \frac{60000}{1200} + \frac{40000}{720} = 105,5 \text{ qcm}$; ferner in Gleichung 159. $\alpha = 0,0002$. Wird vorläufig Profil 6 (der Tabelle auf S. 192 im vorliegenden Bande) gewählt, so ist für die Axe XX

$$h_1 = 2 \frac{16,35}{1,414} + 2 \cdot 7 + 1,5 = 38,5 \text{ cm}, \quad h_2 = 38,5 - 14 = 24,5 \text{ cm}, \text{ und}$$

$$\mathcal{F} = \left[\frac{11747}{4} + 36,9 \left\{ \left(\frac{11,5 + 1,5}{2} \right)^2 - \left(\frac{11,5}{2} \right)^2 \right\} \right] 4 + 1,5 \frac{38,5^3 - 24,5^3}{12} + 2 \cdot 7 \cdot \frac{1,5^3}{12} = 18383.$$

Es muß somit nach Gleichung 159. sein: $F = \frac{105,5 \cdot 18383}{18383 - 0,0002 \cdot 105,5 \cdot 800^2} = 397 \text{ qcm}$. Tatsächlich ist $F = 4 (36,9 + 1,5 \cdot 7) = 190 \text{ qcm}$; es wird also Profil 7 mit $F = 4 (88,8 + 1,5 \cdot 8,35) = 405 \text{ qcm}$ auszuführen sein, da 6b noch viel zu schwach ist. Profil 7 ist nach dem vorgeführten Rechnungsgange jedoch noch besonders zu unterfuchen.

c) Kopf der Freistützen.

Die Detail-Ausbildung der Stützenköpfe hängt derart von dem zu tragenden Theile ab, daß eine allgemeine Behandlung nicht thunlich erscheint. Nur die folgenden Regeln sind für die Mehrzahl der Fälle giltig.

Reicht die Freistütze nur durch ein Geschoß, so lagere man die zu tragenden Theile genau centrifch, d. h. so auf das obere Ende, daß die Last stets im Schwerpunkte des Stützenquerschnittes wirkt. Träger lagert man daher am besten auf flach abgerundete Schneiden.

Reicht die Stütze durch mehrere Geschoße, so ist es bei Gußeisen in der Regel zweckmäßig, die die Last aufnehmenden Theile nicht in feste Verbindung mit der Stütze zu bringen, sondern einen geforderten Gußring mit den nöthigen Anfätzen¹⁰²⁾ um die Stütze zu legen, welcher sich auf einen Wulst der letzteren

102) Siehe die Construction der Freistützen im Alhambra-Theater zu London: *Engng.*, Bd. 37, S. 539 u. ff.

fetzt. Man gelangt auf diese Weise unter allen Umständen zu einfachen Gufsformen und zur Möglichkeit der Erfüllung der letzten Regel, daß die Stützen verschiedener Gefchoffe ohne Einfügung eines Zwischengliedes und ohne Querschnittschwächungen unmittelbar auf einander stehen sollen.

Die Stützen verschiedener Gefchoffe werden in der Regel gefondert hergestellt und greifen in oder dicht über der Kopf-Construction falzartig mit abgedrehten Druckflächen unter Einlegung von Blei- oder besser Kupferringen in einander. Nur bei leichten Stützen werden die die Last aufnehmenden Theile fest an die Stütze gegoffen, wodurch der Gufs erschwert wird und die Gufspannungen sich erhöhen.

Bei schmiedeeisernen Stützen nietet man zur Aufnahme der Lasten Consolen in die Schlitze für die Füllstreifen, da diese gegen Zerknicken zugefügten Theile am Kopfe nicht mehr erforderlich sind. Fehlen die Schlitze, so erfolgt die Befestigung an den vorspringenden Flanschen. Für die verschiedenen Gefchoffe sind auch diese Stützen neuerdings nach Abhobeln der Endflächen, nöthigenfalls unter Einlegung von Kupfer, stumpf auf einander gesetzt¹⁰³⁾, und es werden alsdann Seitenverschiebungen durch Einsetzen vorspringender Lappen in den Fufs der oberen Stütze verhindert, welche in den Kopf der unteren greifen, oder es werden schmiedeeiserne Platten eingelegt, welche dem Stützenprofile entsprechend oben und unten mit dem Hobel ausgenuthet sind.

Das stumpfe Auftetzen ist jedoch nur bei vertical belasteten Freistützen zulässig. Haben sie Biegung auszuhalten, so müssen gufseiserne Stützen entsprechend tief in einander greifen (vergl. die Ausbildung der Füße unter d); schmiedeeiserne sind entweder ohne Stofs durchzuführen oder, wenn sie zu lang werden, vollständig zu verlaschen.

Getheilte Stützen können entsprechend der Abnahme der Last von unten nach oben in den Gefchoffen schrittweise verschwächt werden.

d) Fufs der Freistützen.

Jede Freistütze bedarf eines Fufses, welcher die Aufgabe hat, durch Erbreiterung der Basis die hohe spezifische Pressung in der Stütze auf die geringere zu ermäßigen, welche auf Quader, Mauerwerk und Baugrund ausgeübt werden darf¹⁰⁴⁾. Im weitesten Sinne besteht daher der Fufs bei schweren Freistützen aus der gufeisernen Druckplatte, dem Grundquader und dem Fundament-Mauerwerk, von welchen Theilen jedoch häufig einer — am häufigsten der Quader — fehlt, mit anderen Theilen vereinigt ist.

Der hier zu betrachtende Fufs der Freistütze im engeren Sinne ist die Druckplatte, welche die Pressungsvertheilung auf den Quader oder das Mauerwerk herstellt. Ihre Ausbildung hängt wesentlich davon ab, ob lediglich verticale Kräfte wirken und zugleich die Freistütze verdrehbar aufgestellt sein soll (Druckplatte) oder ob die Stütze gegen Biegung oder Ausweichen beim Zerknicken eingespannt sein soll (Ankerplatte).

¹⁰³⁾ Siehe die Construction der Freistützen im neuen Packhof zu Berlin. Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 375.

¹⁰⁴⁾ Wie aus Theil I, Bd. 1, aus der nächsten Abtheilung des vorliegenden Bandes und aus dem darauf folgenden Bande dieses »Handbuches« hervorgeht, beträgt die zulässige Pressung im Mittel für Quader 20 bis 50 kg, für Klinkermauerwerk in Cement 11 bis 14 kg, für gewöhnliches Backfeinmauerwerk 7 bis 8 kg, für Beton 5 bis 6 kg, auf den Baugrund 2 bis 4 kg pro 1 qcm.

1) Druckplatten.

Für leichte Gufsstützen gießt man diese mit der Stütze selbst zusammen, wobei jedoch die Endöffnungen hohler Stützen des Gufsverfahrens wegen frei bleiben. Querschnitte nach Fig. 533 u. 534 erhalten quadratische, nach außen vorspringende Platten; bei solchen nach Fig. 535 bis 538 verbindet man die einzelnen Theile des Querschnittes durch eine nöthigenfalls über diese noch vorspringende Bodenplatte.

292.
Angegoffene
Druckplatten.

Bezeichnet σ' die zulässige Pressung auf die Unterstützung (Quader oder Mauerwerk), so muß die Platten-Grundfläche

$$F = \frac{P}{\sigma'} \dots \dots \dots 161.$$

sein, oder bei quadratischer Form die Plattenseite b , wenn f der Querschnitt der Stützhöhlung ist,

$$b = \sqrt{\frac{P}{\sigma'} + f} \dots \dots \dots 162.$$

Zwischen Stütze und Platte werden, um ein Abbrechen der letzteren zu verhüten, Rippen eingesetzt, und zwar gewöhnlich 4 oder 8; nur ganz kleine Platten, etwa als Basis der Querschnitte von Fig. 535, 537 u. 538 ausgebildet, entbehren derselben. Die Rippen werden so bemessen, daß sie allein schon das Abbrechen verhindern.

Zur Berechnung bestimme man den Schwerpunkt S der durch eine Eckrippe zu unterstützenden Fläche (in Fig. 555 schraffirt); bei n Rippen wirkt dann bezüglich der Rippenwurzel die Kraft $\frac{P}{n}$ am Hebelsarm a , und die

Rippen-Dimensionen folgen bei 300 kg zulässiger Zugbeanspruchung des Gufseisens alsdann aus:

$$\delta_2 = \frac{P a}{50 n h^2} \quad \text{und} \quad h = \sqrt{\frac{P a}{50 n \delta_2}}, \dots \dots 163.$$

worin δ_2 oder h den Verhältnissen entsprechend angenommen wird.

Die überall gleiche Plattendicke δ_1 folgt, wenn b_1 die größte Rippenentfernung und σ_1 die Pressung unter der Platte ist, aus

$$\delta_1 \geq 0,054 \sqrt{\sigma_1} b_1; \dots \dots \dots 164.$$

jedoch ist δ_1 mindestens 1,5 cm zu machen.

Schwere Stützen nehmen durch angegoffene Füße zu schwierige Gufsformen an, und bei schmiedeeisernen, bei denen die Ausbildung schmiedeeiserner Druckplatten meist auf Schwierigkeiten stößt, ist das Angießen überhaupt unmöglich. Man kommt auf solche Weise zu gefondert ausgebildeten Druckplatten, welche für nicht allzu schwere Lasten massiv (mit 2 cm Randstärke), im Grundrisse meist genau oder annähernd quadratisch ausgeführt werden, da diese Grundform gewöhnlich schon durch die der unterstützenden Stein-Construction bedingt ist. Die Stärke dieser Platten wächst vom Rande bis zur Aufsenkante der Stütze an; unter der Stütze ist sie constant und nur durch einen der Hohlform der Stütze entsprechenden Wulft erhöht, welcher Verschiebungen der Stütze verhindert. Um die Stütze nach Verlegung der Platte noch genau einstellen zu können, ist dieser Wulft zu eng zu machen; der frei bleibende Zwischenraum wird nachträglich durch Bohrlöcher in der Stützenwandung mit Blei ausgegossen (Fig. 556). Für nicht hohle Stützenquerschnitte erhält die Platte meist

Fig. 555.

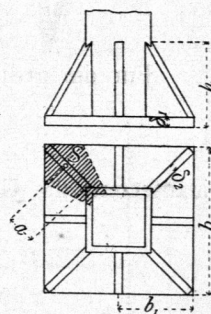
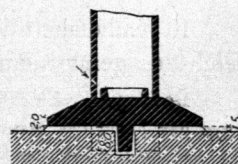


Fig. 556.

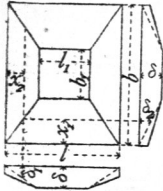


293.
Gefonderte
Druckplatten.

eine denselben entsprechende Nuth, in welche die Stütze eingreift. Die Unterfläche der Stütze, wie die Standfläche auf der Platte wird abgehobelt, bzw. abgedreht; zweckmäßig ist auch hier eine Zwischenlage von Walzblei oder Kupfer.

Die Platte wird 1,5 cm hohl auf Eisenkeilen verlegt, dann mit Cement vergossen und nach dessen Erhärten von den Keilen befreit. Die gebräuchliche Befestigung der Platte durch Steinschrauben nach unten ist überflüssig; will man sich gegen zufällige Seitenverschiebungen sichern, so gebe man der Platte eine 8 cm hohe Kreuzrippe nach unten, welche in eine entsprechende Nuth der Unterlage greift und hier vergossen wird (Fig. 556).

Fig. 557.



Die notwendige Grundfläche der vollen Platte (Fig. 557) ist

$$l b = F = \frac{P}{\sigma_1}, \dots \dots \dots 165.$$

die Seite der quadratischen Platte

$$b = \sqrt{\frac{P}{\sigma_1}} \dots \dots \dots 166.$$

Die Plattenstärke ist theoretisch am Rande Null und ist übrigens für die allgemeine Form der rechteckigen Platte, bei welcher Ober- und Unterfläche nicht ähnlich sind, im Abstände x_1 , bzw. x_2 von den Kanten nach dem größeren Werthe aus folgenden beiden Formeln zu bemessen:

$$\delta_1 = 0,1 x_1 \sqrt{\frac{\sigma_1}{3} \frac{3l - 2x_1}{l - 2x_1} \frac{l - l_1}{b - b_1}} \quad \text{u.} \quad \delta_2 = 0,1 x_2 \sqrt{\frac{\sigma_1}{3} \frac{3b - 2x_2}{b - 2x_2} \frac{l - l_1}{b - b_1}} \quad 167.$$

Für die größte Plattenstärke ist

$$x_1 = \frac{b - b_1}{2} \quad \text{und} \quad x_2 = \frac{l - l_1}{2}$$

einzusetzen; die Gleichungen lauten alsdann:

$$\left. \begin{aligned} \delta_1 \text{ max} &= 0,05 (b - b_1) \sqrt{\frac{\sigma_1}{3} \left(1 + 2 \frac{l}{l_1}\right)}, \\ \delta_2 \text{ max} &= 0,05 (l - l_1) \sqrt{\frac{\sigma_1}{3} \left(1 + 2 \frac{b}{b_1}\right)}. \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 168.$$

In der Regel ist hierin für x_1 , bzw. x_2 der Abstand von Plattenrand bis Stützenrand einzuführen; der größere Werth giebt alsdann die größte Plattenstärke δ , welche geradlinig nach der Randstärke von 2 cm ausläuft. Große Platten kann man jedoch auch so formen, daß man von der Randstärke aus horizontale Ebenen in die Curven für δ_1 , bzw. δ_2 einschneiden läßt.

Schneiden die Gratlinien der Platten, wie meist der Fall, unter 45 Grad in die Ecken, so ist $l - l_1 = b - b_1$, und die Gleichungen lauten alsdann:

$$\delta_1 = 0,1 x_1 \sqrt{\frac{\sigma_1}{3} \frac{3l - 2x_1}{l - 2x_1}} \quad \text{und} \quad \delta_2 = 0,1 x_2 \sqrt{\frac{\sigma_1}{3} \frac{3b - 2x_2}{b - 2x_2}} \quad 169.$$

Ist schließlich die Platte quadratisch, also $l = b$ und $l_1 = b_1$, so werden δ_1 und δ_2 gleich; es genügt dann eine der Formeln 169.

Beispiel. Eine Platte, welche als Seitenlängen der Stützfläche $b_1 = 20$ cm und $l_1 = 30$ cm, dabei wegen der Form des Mauerwerkes die ganze Breite $b = 50$ cm haben muß, hat 28000 kg zu tragen und ruht auf Mauerwerk, welches mit $\sigma_1 = 8$ kg für 1 qcm belastet werden darf. Nach Gleichung 165. ist

$F = \frac{28000}{8} = 3500 \text{ qcm}$, also $l \cdot 50 = 35000$ und $l = 70 \text{ cm}$. Nach Gleichung 168. wird die grösste Plattenstärke

$$\delta_{1max} = 0,05 (50 - 20) \sqrt{\frac{8}{3} \left(1 + \frac{2 \cdot 70}{30}\right)} = 5,835 \text{ cm} \approx 5,9 \text{ cm}$$

und

$$\delta_{2max} = 0,05 (70 - 30) \sqrt{\frac{8}{3} \left(1 + \frac{2 \cdot 50}{20}\right)} = 8,0 \text{ cm}.$$

Letzteres ist auszuführen. Will man die Seitenflächen der Platten gekrümmt formen, so ergibt sich die Krümmung aus den grössten Werthen der Gleichung 167., indem man die correspondirenden Werthe von x_1 und x_2 einführt.

Für schwere Freistützen liefern diese Platten zu grosse Stärkenmasse; die Platten sind alsdann behufs Materialersparnis zu gliedern. Solche Platten kommen vorwiegend unter central-symmetrischen Stützenquerschnitten vor (Fig. 533, 534, 535, 542, 547, 548, 549, 550, 552 u. 553.); sie haben, daher bei quadratischer Grundform einen meist kreisförmigen oder quadratischen Aufsatz mit Verstärkungsrippen, sind innen hohl, aber von oben zugänglich, um auch von der Mitte her vergossen werden zu können.

Fig. 558 zeigt eine derartige Platte für eine Freistütze mit kreisringförmigem Querschnitt; sie ist für andere central entwickelte Querschnitte leicht umzuformen. Die Platte wird in der Quadratmitte von einem Momente M gebogen, dessen Kraft $\frac{P}{2}$ und dessen Hebelsarm dem Abstände des Schwerpunktes der halben Plattenfläche von dem des halben Kreisringes gleich ist; diesem Momente muss sie in folcher Weise Widerstand leisten, dass unten die für Gussseisen zulässige Zugspannung s' nicht überschritten wird. Der Gang der Dimensionirung ist folgender.

Zuerst berechne man b nach Gleichung 162., und wenn l_2 die grösste Randentfernung zweier Rippen ist, δ_1 nach Gleichung 164.

$$\delta_1 = 0,054 \sqrt{\sigma_1} l_2.$$

Den cylindrischen Aufsatz setze man ferner gerade unter die Stütze und mache seine Stärke δ gleich jener der Stütze; alsdann folgt b_1 aus b und den Dimensionen der Stütze.

Die Fuhhöhe h folgt mit Rücksicht darauf, dass die untere Platte unter den Rippen schon Zug erleidet, der Kopf aber erhebllich höher auf Druck in Anspruch genommen werden darf, aus

$$h = \frac{A + \sqrt{A^2 - \frac{15}{4} b_1 \delta_1^3 B}}{B} \quad \dots \quad 170.$$

worin

$$A = \frac{6,5}{2} b_1 \delta_1^2 + \frac{M}{300} \quad \text{und} \quad B = 2 \delta_1 b_1 + \frac{3}{8} \delta \delta_1 \quad \dots \quad 171.$$

ist und worin die weitere Bedingung

$$\delta_2 = \frac{\delta_1}{2} \quad \dots \quad 172.$$

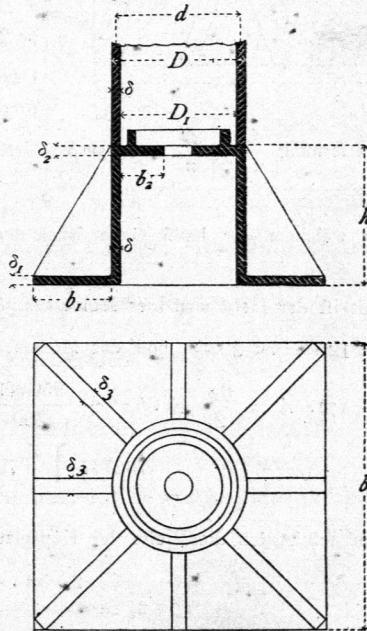
bereits enthalten ist. Die Breite des oberen Kopfes folgt aus

$$b_2 = \frac{2 \delta_1 \delta_1 \left(\frac{h}{5} - \frac{\delta_1}{2}\right) - \frac{3}{10} \delta h^2}{\delta_1 \left(\frac{4h}{5} - \frac{\delta_1}{4}\right)} \quad \dots \quad 173.$$

und schliesslich ist die Rippendicke δ_3 nach δ_2 aus Gleichung 163. zu bestimmen.

294.
Gegliederte
Druckplatten.

Fig. 558.



Beispiel. Eine Kreisring-Säule (Fig. 559), welche unten stumpf aufsteht, oben verdrehbar geführt ist (Fall 4) hat bei 3 cm Wandstärke und 850 cm Höhe 95 000 kg centrischer Last zu tragen. Sollte sie ohne Rücksicht auf Zerknicken berechnet werden, so müßte nach Gleichung 145. $850 \leq 24,92 d$ stattfinden, d. h. der mittlere Durchmesser d müßte $\geq \frac{850}{24,92} \geq 34$ cm sein. Berechnung auf 500 kg Druck giebt aber aus $d \pi \delta \cdot 500 = P$ ohne Weiteres $d \pi \cdot 3 \cdot 500 = 95\,000$ und $d = 20$ cm; es ist somit d auf Zerknicken nach Gleichung 146. für $C = 2 \pi^2$ zu berechnen, und es wird demnach

$$d = \sqrt[3]{\frac{95\,000 \cdot 850^2}{49\,062 \cdot 2 \cdot \pi^2 \cdot 3}} = 28,69 \text{ cm} \approx 29 \text{ cm}.$$

Daraus folgt $D = 29 + 3 = 32$ cm und $D_1 = 29 - 3 = 26$ cm. Weiter ist nach Gleichung 162., wenn die Platte auf gutes Mauerwerk

gestellt wird, wofür $\sigma_1 = 8$ kg ist, $b = \sqrt{\frac{95\,000}{8} + \frac{26^2 \pi}{4}} = 112$ cm.

Werden ferner 4 Eckrippen und noch 2 in jeder Seite angeordnet, so ist die Randentfernung der Rippen $l_2 = \frac{112}{3}$, also nach Gleichung 164.

$$\delta_1 = 0,054 \sqrt{8 \cdot \frac{112}{3}} = 5,7 \text{ cm und nach Gleichung 172. } \delta_2 = \frac{\delta_1}{2} = \frac{5,7}{2}$$

$$= 2,85 \approx 2,8 \text{ cm. Aus } b \text{ und } D \text{ folgt } b_1 = \frac{b - D}{2} = \frac{112 - 32}{2} = 40 \text{ cm.}$$

Der Angriffspunkt der halben Säulenlast befindet sich im Schwerpunkte des halben Umfanges des Kreises vom Durchmesser d , also in der

Entfernung $\frac{d}{\pi} = \frac{29}{\pi} = 9,2$ cm von der Axe; der Abstand des Schwerpunktes der halben Plattengrundfläche,

in welchem der halbe Gegendruck angreift, folgt aus $\frac{112 \cdot \frac{112}{2} \cdot \frac{112}{4} - \frac{26^2 \pi}{2 \cdot 4} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{26}{\pi}}{112 \cdot \frac{112}{2} - \frac{26^2 \pi}{2 \cdot 4}} = 29$ cm. So-

mit ist der Hebelsarm des Momentes M , welches den Schuh mitten durchbrechen muß, gleich $29 - 9,2 = 19,8 \approx 20$ cm, und das Moment $M = \frac{95\,000}{2} \cdot 20 = 950\,000$ cmkg. Nun folgt aus Gleichung 170.

u. 171. $A = \frac{6,5}{2} \cdot 40 \cdot 5,7^2 + \frac{950\,000}{300} = 7327$ und $B = 2 \cdot 5,7 \cdot 40 + \frac{3}{8} \cdot 3 \cdot 5,7 = 462$, also

$$h = \frac{7327 + \sqrt{7327^2 - \frac{15}{4} \cdot 40 \cdot 5,7^3 \cdot 462}}{462} = 29,7 \approx 30 \text{ cm,}$$

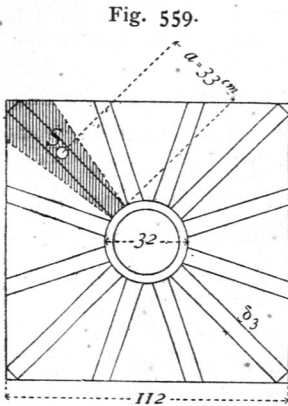
und schließlich die Breite der Kopfplatte b_2 nach Gleichung 173.

$$b_2 = \frac{2 \cdot 5,7 \cdot 40 \left(\frac{30}{5} - \frac{5,7}{2} \right) - \frac{3}{10} \cdot 3 \cdot 30^2}{5,7 \left(\frac{4 \cdot 30}{5} - \frac{5,7}{4} \right)} = 4,9 \text{ cm.}$$

Zur Bestimmung der Rippendicke δ_3 (Fig. 559) ist zuerst der Schwerpunkt S der (schrägten) einer Eckrippe entsprechenden Grundfläche und dessen Abstand a vom Rippenansatze ermittelt, welcher sich zu $a = 33$ cm ergab; da 12 Rippen angenommen sind, so folgt nach Gleichung 163. $\delta_3 = \frac{95\,000 \cdot 33}{50 \cdot 12 \cdot 30^2} = 5,7$ cm.

2) Ankerplatten.

Für feste Einspannung von Freistützen werden Ankerplatten verwendet; dieselben bedürfen daher unter Umständen der Verankerung nach unten (vergl. das in Art. 276, S. 182 über Fundament-Anker Gefagte). Gufseiserne Stützen werden meistens eingespannt, wenn man dadurch den Widerstand gegen Zerknicken (Fall 3 u. 4) erhöhen will. Wirken aus schräger oder excentrischer Belastung entstehende Momente auf die Stütze, so wird man meistens zu schmiedeeiserner Construction übergehen.



Im Allgemeinen ist es zweckmäßig, für gusseiserne Freistützen die Platte so zu formen, daß die Abweichung der Resultirenden aller äußeren Kräfte u (Gleichungen 157. u. 158. und $Pu = M$) in der Plattenunterkante das Maß $u = \xi$ (siehe Gleichung 51. auf S. 273 in Theil I, Bd. 1 dieses »Handbuches«) nicht überschreitet; dasselbe ergibt sich, wenn für z_0 die halbe Plattenbreite

$\frac{b}{2}$, für \mathcal{F} das Trägheitsmoment der Plattenfläche (abzüglich der Oeffnung) für eine Mittelaxe und für F die Plattenfläche eingesetzt wird. Theoretisch ist alsdann die Anbringung von Ankern zwar nicht erforderlich; man fügt jedoch zur Verhinderung der Verdrückung des Mauerwerkes unter der schiefen Last gewöhnlich Anker oder Steinschrauben von 3 bis 4 cm Durchmesser hinzu, welche man von vornherein fest anzieht (Fig. 560). Sowohl bei centrischer Last behufs Einpannung gegen Zerknicken, wie auch, wenn die vorhandene Excentricität $u < \xi$ bleibt, kann man die Platte mit Bezug auf Fig. 560 nach den Formeln für die gegliederte Druckplatte (Art. 294, S. 199) berechnen. Bei centrischer Last und Einpannung gegen Zerknicken mache man die abgedrehte Ringfläche $\delta_4 = 3$ bis 4 cm hoch; ist die Last um u excentrisch, so folgt δ_4 (für Centim. als Einheit) aus:

$$\left. \begin{aligned} \delta_4 &= \frac{1}{2} \left(h - \sqrt{h^2 - \frac{Pu}{125(D+2)}} \right) \text{ bei rundem Querschnitte (Fig. 533),} \\ \delta_4 &= \frac{1}{2} \left(h - \sqrt{h^2 - \frac{Pu}{200(D+2)}} \right) \text{ bei flachem Querschnitte (Fig. 534),} \end{aligned} \right\} 174.$$

537 u. 538

Ist die Einwirkung geneigter Kräfte oder die Excentricität des Lastangriffes so bedeutend, daß $u > \xi$ nicht wohl zu vermeiden ist, so geht man zweckmäßig zu Schmiedeeisen-Constructionen mit verankerten Füßen über, für welche ein Beispiel in Fig. 530 bis 532 (S. 183 u. 184) dargestellt wurde.

296.
Schmiedeeisen-
Constructionen.

Fig. 560.

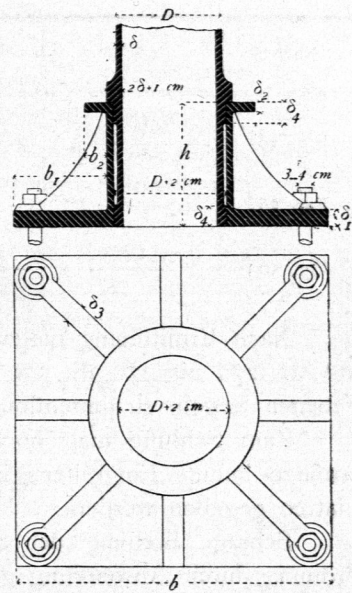


Fig. 561.

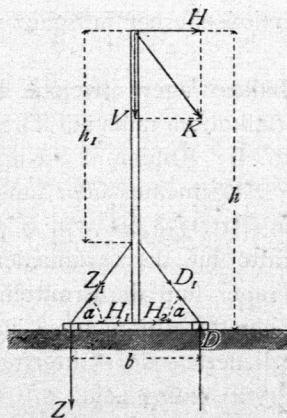


Fig. 562.

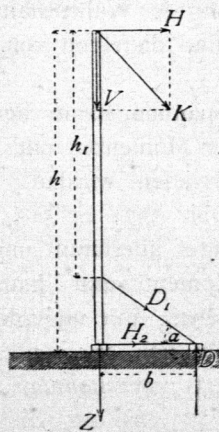
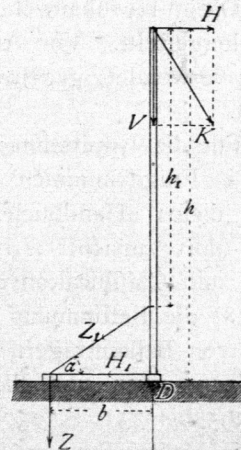


Fig. 563.



Die Freistütze ist in den durch Fig. 561 bis 563 veranschaulichten 3 Fällen auf den Druck V und das Biegemoment Hh , eventuell in seitlicher Richtung auf Zerknicken unter V zu berechnen.

Weiters ist, wenn Zug mit $+$ bezeichnet wird:

Nach:	Z	D	Z_1	D_1	H_1	H_2
Fig. 561	$+\frac{Hh}{b} - \frac{V}{2}$	$-\left(\frac{Hh}{b} + \frac{V}{2}\right)$	$Z \frac{1}{\sin \alpha}$	$D \frac{1}{\sin \alpha}$	$Z \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}$	$D \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}$
Fig. 562	$+\frac{Hh}{b} - V$	$-\frac{Hh}{b}$	—	$D \frac{1}{\sin \alpha}$	—	$D \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}$
Fig. 563	$+\frac{Hh}{b}$	$-\left(\frac{Hh}{b} + V\right)$	$Z \frac{1}{\sin \alpha}$	—	$Z \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}$	—

Nach Ermittlung dieser Kräfte sind die einzelnen Theile der Lager nach den in Art. 272 bis 276 (S. 179 bis 184) und oben (unter d, 1) für Druckplatten gegebenen Regeln zu dimensioniren.

Zum Schluffe mag noch bemerkt werden, dafs die in Fig. 556 angedeuteten Anfätze behufs Eingreifens in die Unterfützung zweckmäfsig auch allen anderen Platten gegeben werden.

Schräge Stellung der Stützen erzielt man in den feltenen Fällen dieser Anordnung 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 Unterfützung eingreifenden unteren Kreuzrippen besonders wichtig, weil sie die Horizontal-Componente des schrägen Stützendruckes auf die unterfützenden Theile zu übertragen haben.

7. Kapitel.

T r ä g e r.

Die im Hochbauwesen vorkommenden Träger werden aus Gußeisen oder Schmiedeeisen hergestellt. Vor Ausbildung des Walzverfahrens wurden gußeiserne Träger sehr häufig verwendet; gegenwärtig sind dieselben von den schmiedeeisernen fast ganz verdrängt.

Für die Ermittlung der Spannungen in den fog. Balkenträgern (welche hier allein in Frage kommen) aus den Momenten und Transversalkräften muß auf Theil I, Bd. 1 dieses »Handbuches« verwiesen werden. In Abth. II, Abchn. 2, Kap. 2 wurde dort zunächst (Art. 355 bis 357, S. 315 bis 317) Allgemeines über äufsere Kräfte und Classification der Träger überhaupt und alsdann (Art. 358 bis 372, S. 317 bis 338) die Bestimmung der Momente und Transversalkräfte für die verschiedenen Arten von Balkenträgern vorgeführt. Für ungegliederte Träger sind die Ermittlung der Spannungen und die daraus sich ergebenden Querschnittsbestimmungen nach Art. 295 bis 331 (S. 257 bis 293) vorzunehmen; für gegliederte oder Gitterträger sind die Untersuchungen in Art. 373 bis 407 (S. 338 bis 374) maßgebend.

297.
Schräge
Stützen.

298.
Vor-
bemerkungen.