Konstruktions-Elemente in Stein, Holz und Eisen, Fundamente

Marx, Erwin

Stuttgart, 1901

6. Kap. Freistützen

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

6. Kapitel.

Freiſtützen.

a) Beanſpruchung und Berechnung.

Freiſtützen in Eiſen werden, da ſie in der Regel vorwiegend Druckſpannungen ausgeſetzt ſind, ſowohl in Gufseiſen, als auch in Schweifseiſen ausgeführt.

1) Der Längsdruck erfolgt in der Schwerachſe.

283.
Längsdruck
in der
Schwerachſe
wirkſam.

Unter allen Umſtänden mufs beim Querſchnitte F und der zuläſſigen Beanſpruchung s die zuläſſige Stützenlaſt P der Gleichung genügen:

$$P \gtreqless F s \text{ [103]} \quad \ldots \ldots \quad 186.$$

Aufserdem kommt die Gefahr des Zerknickens in Frage; mit Rückſicht darauf iſt die zuläſſige Laſt

$$P \gtreqless \frac{C E \mathfrak{J}_{kl}}{m\, l^2} \text{ [104]} \quad \ldots \ldots \quad 187.$$

Darin bezeichnet C die ſog. Einſpannungsziffer, welche die folgenden Werte hat.

Fall I: die Stütze iſt an einem Ende eingeſpannt, am anderen völlig frei; alsdann iſt $C = \frac{\pi^2}{4} = \backsim 2{,}5$.

Fall II: die Stütze iſt an beiden Enden frei verdrehbar, aber in der Richtung ihrer Achſe geführt; $C = \pi^2 = \backsim 10$.

Fall III: die Stütze iſt an einem Ende feſt eingeſpannt, am anderen frei verdrehbar, aber in der Richtung ihrer Achſe geführt; $C = 2\pi^2 = \backsim 20$.

Fall IV: die Stütze iſt an beiden Enden feſt eingeſpannt; $C = 4\pi^2 = \backsim 40$.

Hierzu iſt zu bemerken, dafs man das volle Aufſetzen des Endquerſchnittes einer ſtarken Stütze mit breitem Fufse auf die Unterſtützung in der Regel als Einſpannung anſehen kann; übrigens tritt faſt nie einer der vier Fälle ganz ſcharf ein, und es mufs dem richtigen Ermeſſen des Entwerfenden überlaſſen bleiben, zu entſcheiden, welcher der Fälle vorliegt oder wie etwa zwiſchen den Fällen zu mitteln iſt.

E iſt die Elaſtizitätsziffer, für die man folgende Werte einzuſetzen hat:

für Holz . .	100 000 bis 120 000 kg für 1 qcm,
für Gufseiſen	1 000 000 kg für 1 qcm,
für Schweifseiſen . . .	2 000 000 kg für 1 qcm,
für Stahl	2 200 000 kg für 1 qcm.

$\mathfrak{J}_{kl}$ iſt das kleinſte Trägheitsmoment des Stützenquerſchnittes, welches für einfache Querſchnittsformen zweckmäfsig $= c F h^2$ geſetzt wird. Hierin bedeutet c eine dem Querſchnitte eigentümliche Wertziffer, die ſog. Steifigkeitsziffer, welche für einfache Querſchnittsformen allgemein nach

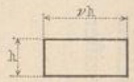
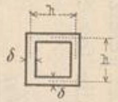
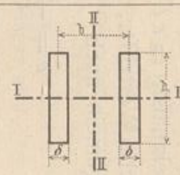
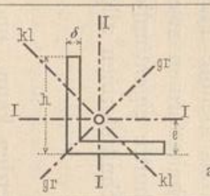
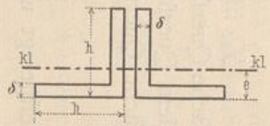
$$c = \frac{\mathfrak{J}_{kl}}{F h^2} \quad \ldots \ldots \quad 188.$$

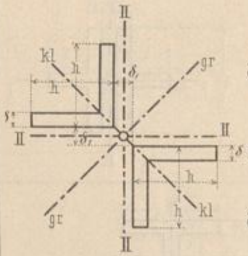
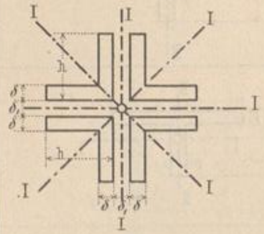
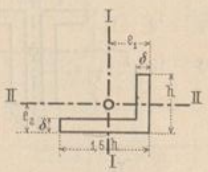
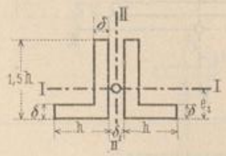
feſtgelegt werden kann, und h die für das kleinſte Trägheitsmoment hauptſächlich

---

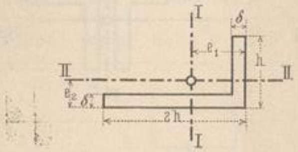
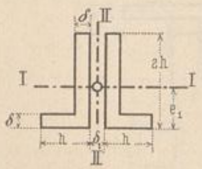
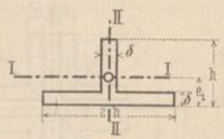
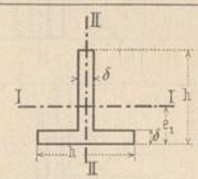
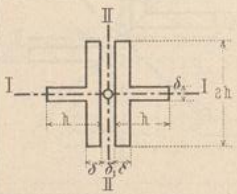
103) Siehe Gleichung 127 (S. 302) in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieſes »Handbuches« (2. Aufl.: Gleichung 118, S. 104; 3. Aufl.: Gleichung 143, S. 130).

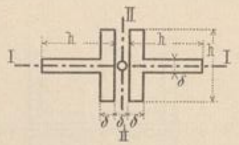
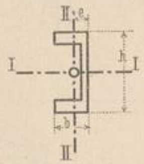
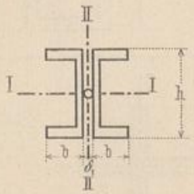
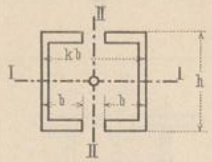
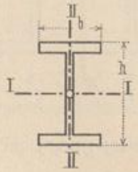
104) Siehe Gleichungen 128 u. 130 (S. 302 u. 303) ebendaſ. (2. Aufl.: Gleichungen 117 u. 124, S. 104 u. 106; 3. Aufl: Gleichung 142, S. 130).

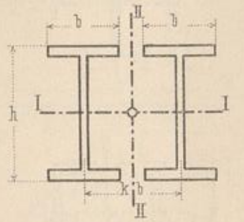
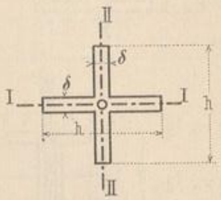
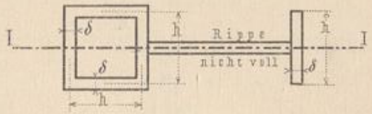
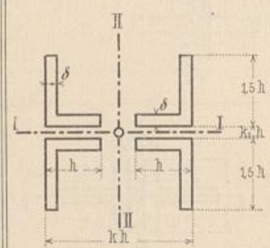
Nr.	Querfchnittsform		Genau für	Schwerpunkts-lage e	$c = \frac{\mathfrak{J}}{F h^2}$	Bemerkungen
1	Voller Kreis, Durchmeffer h		alle h	—	$0{,}0625$	nur bei Holzftützen.
2	Volles Quadrat, Seite h		alle h	—	$0{,}0833$	nur bei Holzftützen.
3			alle h	—	$0{,}0833$	nur bei Holzftützen; $\mathfrak{J}_{kl} = 0{,}0833\ \nu h \cdot h \cdot h^2 = 0{,}0833\ \nu h^4$.
4			$\delta : h = 0$	—	$0{,}125$	nur bei Gufseifen; $\mathfrak{J}_{kl} = 0{,}125 \cdot \pi h \delta \cdot h^2 = 0{,}125\ \pi \delta h^3$.
5			$\delta : h = 0$	—	$0{,}1667$	nur bei Gufseifen; $\mathfrak{J}_{kl} = 0{,}1667 \cdot 4 \delta h \cdot h^2 = 0{,}6668\ \delta h^3$.
6*)		I II	alle h, b u. δ $\delta : b = 0$	— —	$0{,}0833$ $0{,}250$	h mafsgebend, $\mathfrak{J}^{I} = 0{,}0833 \cdot 2 \delta h h^2$ b mafsgebend, $\mathfrak{J}^{II} = 0{,}25 \cdot 2 \delta h b^2$ $\mathfrak{J}^{I}$ wird $= \mathfrak{J}^{II}$ für $b = 0{,}577\ h$ (befte Form).
7		I gr kl für eine Schenkel-aufsenkante	$\delta = 0{,}1\ h$	$e = 0{,}287\ h$	$0{,}0946$ $0{,}15$ $0{,}0381$ $0{,}177$	
8			$\delta = 0{,}1\ h$	$e = 0{,}287\ h$	$0{,}0946$	Querfchnitt eines **L**-Eifens f; $\mathfrak{J}_{kl} = 0{,}0946 \cdot 2 f h^2$.

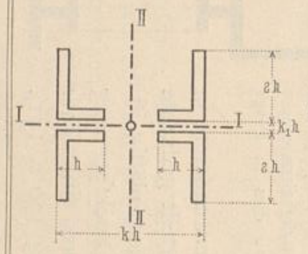
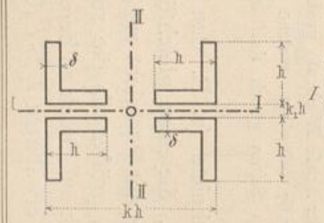
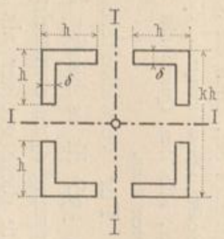
9	 $\delta_1 = 0{,}13\,h$ { kl, II, gr }; $\delta_1 = 0{,}2\,h$ { kl, II, gr }; $\delta_1 = k_1\,h$ II	$\delta = 0{,}1\,h$	— — — — — — —	$0{,}151$ $0{,}218$ $0{,}287$ $0{,}151$ $0{,}2443$ $0{,}3370$ $0{,}177 + \frac{k_1}{4}(1{,}15 + k_1)$	Querfchnitt mit $2f$ einzuführen; $\mathfrak{J} = c \cdot 2fh^2$.
10	 $\delta_1 = 0$ $\delta_1 = 0{,}13\,h$ $\delta_1 = 0{,}2\,h$ $\delta_1 = k_1\,h$	$\delta = 0{,}1\,h$	— — — —	$0{,}177$ $0{,}218$ $0{,}2443$ $0{,}177 + \frac{k_1}{4}(1{,}15 + k_1)$	Querfchnitt mit $4f$ einzuführen.
11	 I II	$\delta = 0{,}15\,h$	$e_1 = 0{,}506\,h$ $e_2 = 0{,}256\,h$	$0{,}231$ $0{,}0807$	
12	 I $\delta_1 = 0{,}3\,h$ II $\delta_1 = k_1\,h$ II	$\delta = 0{,}15\,h$	$e_1 = 0{,}506\,h$ —	$0{,}231$ $0{,}2455$ $0{,}1462 + \frac{k_1}{4}(1{,}025 + k_1)$	Querfchnitt mit $2f$ einzuführen. Soll $\mathfrak{J}^{I} = \mathfrak{J}^{II}$ werden, fo hat man $\delta_1 = k_1\,h$ für $k_1 = 0{,}262$ gleich $\delta_1 = 0{,}262\,h$ zu machen.

*) Gültig für Querfchnitte nach Fig. 561 u. 562 (S. 216) in Gufseifen.

Nr.	Querſchnittsform	Genau für	Schwerpunkts-lage e	$c = \frac{\mathcal{J}}{F h^2}$	Bemerkungen
13	 I II	$\delta = 0{,}17\ h$	$e_1 = 0{,}7317\ h$ $e_2 = 0{,}232\ h$	0,41 0,0702	
14	 I $\delta_1 = 0{,}34\ h$ II $\delta_1 = k_1\ h$ II	$\delta = 0{,}17\ h$	$e_1 = 0{,}7317\ h$ — —	0,41 0,2318 $0{,}124 + \frac{k_1}{4}(0{,}928 + k_1)$	Querſchnitt mit $2f$ einzuführen. Soll $\mathcal{J}^I = \mathcal{J}^{II}$ werden, ſo hat man $\delta_1 = k_1 h$ mit $k_1 = 0{,}702$ zu machen. Querſchnitt mit $2f$ einzuführen.
15	 I II	$\delta = 0{,}165\ h$	$e_1 = 0{,}222\ h$ —	0,071 0,241	
16	 I II	$\delta = 0{,}11\ h$	$e_1 = 0{,}29\ h$ —	0,094 0,0445	
17	 I $\delta_1 = 0{,}3\ h$ II $\delta_1 = k_1\ h$ II	$\delta = 0{,}165\ h$	— — —	0,241 0,2095 $0{,}1781 + \frac{k_1}{4}(1{,}16 + k_1)$	Querſchnitt mit $2f$ einzuführen. Soll $\mathcal{J}^I = \mathcal{J}^{II}$ werden, ſo hat man $\delta_1 = k_1 h$ mit $k_1 = 0{,}38$ zu machen. Querſchnitt mit $2f$ einzuführen.

18	 $\delta_1 = 0{,}2\, h$	I II	$\delta = 0{,}11\, h$	— —	$0{,}0445$ $0{,}246$	Querſchnitt mit $2f$ einzuführen.
19		I II	Mittel der [-Eiſen	— $e = 0{,}31\, b$	$0{,}151$ $0{,}0955$	h maſsgebend; $\mathcal{J}^{I} = 0{,}151\ Fh^2$. b maſsgebend; $\mathcal{J}^{II} = 0{,}0955\ Fb^2$.
20	 $\delta_1 = 0{,}25\, b$ $\delta_1 = k_1\, b$	I II II	Mittel der [-Eiſen	— — —	$0{,}151$ $0{,}285$ $0{,}1916 + \frac{k_1}{4}(1{,}24 + k_1)$	h maſsgebend b maſsgebend } Soll $\mathcal{J}^{I} = \mathcal{J}^{II}$ werden, ſo hat man $\delta_1 = k_1\, b$ für $k_1 = 0{,}62 \left[\sqrt{1{,}58 \left(\frac{h}{b}\right)^2 - 1} - 1\right]$ zu machen. Querſchnitt mit $2f$ einzuführen.
21		I II	Mittel der [-Eiſen	— —	$0{,}151$ $0{,}1916 + \frac{k}{4}(k - 1{,}24)$	h maſsgebend b maſsgebend } Soll $\mathcal{J}^{I} = \mathcal{J}^{II}$ werden, ſo hat man k in kb $k = 0{,}62 \left[1 + \sqrt{1{,}58 \left(\frac{h}{b}\right)^2 - 1}\right]$ zu machen. Querſchnitt mit $2f$ einzuführen.
22		I II	Mittel der I-Eiſen Nr. 12 bis 50	— —	$0{,}159$ $0{,}0494$	h maſsgebend; $\mathcal{J}^{I} = 0{,}159\ fh^2$. b maſsgebend; $\mathcal{J}^{II} = 0{,}0494\ fb^2$.

Nr.	Querfchnittsform	Genau für	Schwerpunkts-lage e	$c = \frac{\mathfrak{J}}{F h^2}$	Bemerkungen
23	 I II	Mittel der I-Eifen Nr. 12 bis 50	— —	$0{,}159$ $\left(\frac{k}{2}\right)^2 + 0{,}0494$	h mafsgebend } Soll $\mathfrak{J}^{I} = \mathfrak{J}^{II}$ werden, fo hat man k in $k b$ b mafsgebend } $k = \sqrt{0{,}636\left(\frac{h}{b}\right)^2 - 0{,}1976}$ zu machen. Querfchnitt mit $2f$ einzuführen.
24		$\delta = 0{,}0833\ h$ $\delta = 0{,}1\ h$ $\delta = 0{,}125\ h$	— — —	$0{,}0437$ $0{,}0443$ $0{,}0450$	
25		$\delta : h = 0$	—	$0{,}15$	Nur für Gufseifen.
26	 $I \begin{cases} \delta_1 = k_1 h \\ k_1 = 0{,}3 \end{cases}$ II	$\delta = 0{,}15\ h$	— — —	$0{,}487 + \frac{k_1}{4}(2{,}024 + k_1)$ $0{,}6613$ $0{,}1462 + \frac{k}{4}(k - 1{,}024)$	Soll $\mathfrak{J}^{I} = \mathfrak{J}^{II}$ werden, fo hat man $k = 0{,}512 + \sqrt{(k_1 + 1{,}012)^2 + 0{,}6012}$ oder $k_1 = \sqrt{(k - 0{,}512)^2 - 0{,}6012} - 1{,}012$ zu machen. Für $k_1 = 0{,}3$ nach Nr. 12 wird dann $k = 2{,}039$. Querfchnitt mit $4f$ einzuführen.

27		$I \begin{cases} k_1 \\ k_1 = 0{,}34 \\ II \end{cases}$	$\delta = 0{,}17\ h$	— — —	$0{,}9454 + \frac{k_1}{4}(2{,}927 + k_1)$ $1{,}2231$ $0{,}124 + \frac{k}{4}(k - 0{,}928)$	Soll $J^I = J^{II}$ werden, so hat man $k = 0{,}464 + \sqrt{(k_1 + 1{,}4634)^2 + 1{,}3594}$ oder $k_1 = \sqrt{(k - 0{,}464)^2 - 1{,}3594} - 1{,}4634$ zu machen. Für $k_1 = 0{,}34$ nach Nr. 14 wird dann $k = 2{,}6115$. Querschnitt mit $4f$ einzuführen.
28		$I \begin{cases} k_1 \\ k_1 = 0{,}2 \\ II \end{cases}$	$\delta = 0{,}1\ h$	— — —	$0{,}177 + \frac{k_1}{4}(1{,}148 + k_1)$ $0{,}2444$ $0{,}177 + \frac{k}{4}(k - 1{,}148)$	Soll $J^I = J^{II}$ werden, so hat man $k = k_1 + 1{,}148$ zu machen. Für $k_1 = 0{,}2$ nach Nr. 9 u. 10 wird $k = 1{,}348$, was beweist, dass der Querschnitt für II meist zu steif ist. Querschnitt mit $4f$ einzuführen.
29		I	$\delta = 0{,}1\ h$	—	$0{,}177 + \frac{k}{4}(k - 1{,}148)$	Querschnitt mit $4f$ einzuführen, also $J^I = c \,.\, 4f \,.\, h^2$.

mafsgebende Querabmeffung des Stützenquerfchnittes F. Wird diefer Wert eingeführt, fo lautet die obige Gleichung für die mit Rückficht auf Zerknicken zuläffige Laft

$$P \overline{\gtrless} \frac{C E c F h^2}{m l^2}, \qquad F h^2 \overline{\gtrless} \frac{m P l^2}{C E c} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 189.$$

m bedeutet den einzuführenden Sicherheitsgrad, der für Schweifseifen und Stahl 4- bis 6fach, für Gufseifen 7- bis 9fach und für Holz 8- bis 12fach gewählt wird. Die höheren Zahlen gelten für lange beftehende und Erfchütterungen ausgefetzte, die niedrigen für zeitweilige Bauten; l bedeutet die theoretifche Länge der Stütze.

Bei der Berechnung einer Stütze hat man demnach ftets zwei Formeln, diejenige für Druck (Gleichung 186) und diejenige für Zerknicken (Gleichungen 187 oder 189) im Auge zu behalten. Um von vornherein zu entfcheiden, welche der beiden in einem gegebenen Falle mafsgebend ift, kann man diejenige Stützenlänge l_1, bei welcher die Gefahr des Zerknickens derjenigen des Zerdrücktwerdens gerade gleich ift, nach [105])

$$l_1 = \sqrt{\frac{C E \mathcal{J}_{kl}}{m s F}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 190.$$

oder, wenn $\mathcal{J}_{min} = c F h^2$ eingeführt wird, nach

$$l_1 = h \sqrt{\frac{C E c}{m s}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 191.$$

ermitteln. Ift die wirkliche Länge $l > l_1$, fo ift die Stütze nach Gleichung 187 oder 189 auf Zerknicken, ift $l < l_1$, fo ift fie nach Gleichung 186 auf Druck zu berechnen.

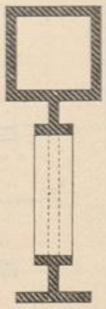
Da fich die Benutzung der Steifigkeitsziffer c insbefondere bei einfachen Querfchnittsformen als fehr bequem erweift, fo find ihre Werte auf S. 206 bis 211 in überfichtlicher Zufammenftellung für einfache Querfchnittsformen angegeben.

Erläuterungen zu diefer Zufammenftellung. Der auf S. 206 bis 211 vorangehenden Feftftellung liegen die deutfchen Normalprofile zu Grunde.

Die Beftimmung der c-Werte ift nicht für alle Querfchnitte genau, weil die Verhältniffe der Abmeffungen bei verfchiedenen Abftufungen eines Querfchnittes nicht unveränderlich find; daher wurde die dritte lotrechte Spalte eingefügt, welche angiebt, für welche Verhältniffe die Ermittelung genau ift. Sollte der Querfchnitt im einzelnen Falle von der Angabe diefer Spalte feinen Verhältniffen nach weit abweichen, fo ift das genaue unmittelbare Nachrechnen des Trägheitsmoments zu empfehlen; in allen Fällen genügen die Angaben zu gut annäherndem Feftftellen des erforderlichen Querfchnittes.

Bei den Querfchnitten 21 und 23 erfcheint die Steifigkeitsziffer c für Achfe II nicht als reiner Zahlenwert; gleichwohl ift die Benutzung der Werte bequem, weil man die Querfchnitte nach den Werten für Achfe I beftimmen und, nachdem fo das zu wählende Eifen feftgelegt ift, nach der Angabe unter »Bemerkungen« beftimmen kann, wie weit man die beiden Eifen voneinander zu entfernen hat, damit die Steifigkeit für Achfe II ebenfo grofs wird. Ueberhaupt find in der Spalte »Bemerkungen« die Verhältniffe feftgelegt, welche die Hauptträgheitsmomente gleich, alfo den Querfchnitt nach allen Seiten gleich fteif machen, wo dies in Frage kommen kann.

Fig. 556.



Für verwickeltere Querfchnitte (z. B. den viel verwendeten in Fig. 556) ift es häufig bequem, diejenige gleichförmig verteilt gedachte Spannung s_z zu ermitteln, welche mit Rückficht auf Zerknicken zuläffig ift. Sollte diefe gröfser als s, d. h. gröfser als die zuläffige Druckfpannung werden, fo ift die Stütze lediglich auf Druck zu berechnen, und ein folcher Fall entfpricht dann dem oben erwähnten $l_1 \overline{\gtrless} l$ (Gleichung 190 u. 191).

105) Siehe Gleichung 131 (S. 303) in Teil I Bd. 1, zweite Hälfte diefes »Handbuches« (2. Aufl.: Gleichung 122, S. 106).

Die zuläffige Zerknickungsfpannung s_z folgt aus

$$s_z = \frac{C E \mathfrak{J}_{kl}}{m l^2 F} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 192.$$

In der Regel wird es für derartige Querfchnitte jedoch am einfachften fein, fie, probeweife vom Druckquerfchnitte ausgehend, fchätzungsweife feftzulegen, ihr kleinftes Trägheitsmoment auszurechnen und dann zu prüfen, ob diefes diejenige Gröfse

$$\mathfrak{J}_{min} \gtreqless \frac{P m l^2}{C E} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 193.$$

erreicht, welche fich aus der Umkehrung der Gleichung 187 ergiebt, wenn man darin für P die wirklich zu tragende Laft einführt.

Ift der Gefamtquerfchnitt für ein zufammengefetztes Glied auch fteif genug gebildet, fo können die einzelnen Teile doch noch jeder für fich zerknicken, wenn fie nicht genügend miteinander verbunden find, weil der n-te Teil eines ganzen Querfchnittes dem n-ten Teile der Laft fehr viel weniger Trägheitsmoment entgegenfetzt, als dem n-ten Teil des ganzen Trägheitsmoments. Die Teile eines zufammengefetzten Querfchnittes müffen daher durch hinreichend oftmalige Verbindung untereinander zu gemeinfamem Widerftande befähigt werden, fo dafs kein Teil unter dem auf ihn kommenden Laftteile allein ausknicken kann.

Soll der n-te Teil des ganzen Querfchnittes mit dem kleinften Trägheitsmoment i fteif gemacht werden, fo mufs die Zahl N der Verbindungen der Querfchnittsteile untereinander, wenn man von den an den Stabenden etwa eingefetzten Verbindungen abfieht, betragen

$$N = \frac{l}{\pi} \sqrt{\frac{m P}{n E i}} \text{ [106]} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 194.$$

worin jedoch N ftets nach oben auf eine ganze Zahl abgerundet werden mufs. Diefe Verbindungen find im $\frac{1}{2N}$ ten, $\frac{3}{2N}$ ten, $\frac{5}{2N}$ ten u. f. w. Teile der Stablänge anzubringen.

2) Der Längsdruck wirkt im Abftande u von der Schwerpunktsachfe.

Bei Freiftützen wird u ftets in der Richtung einer der Trägheitshauptachfen (fiehe Teil I, Band 1, zweite Hälfte diefes »Handbuches«, Art. 314, S. 270 [107]) liegen, fo dafs für die aus der fchiefen (exzentrifchen) Belaftung entftehende Biegung die zu u fenkrechte Nulllinie und eines der Hauptträgheitsmomente $\mathfrak{J}$ in Frage kommen. Es bezeichne noch e den Abftand der äufserften Fafern von der Nulllinie.

284. Längsdruck aufserhalb der Schwerachfe wirkfam.

Man bemeffe den Querfchnitt zunächft für Druck in der Schwerachfe nach obigen Regeln auf Zerknicken für die Länge l; alsdann unterfuche man den Einflufs der biegenden Wirkung des Moments $M = Pu$, indem man die Spannungswerte

$$\sigma = \frac{P}{F} \pm \frac{M e}{\mathfrak{J} - \frac{P l^2}{8 E}} = \frac{P}{F}\left(1 \pm \frac{u e F}{\mathfrak{J} - \frac{P l^2}{8 E}}\right) \quad \ldots \ldots \quad 195.$$

berechnet; darin ift für die entferntefte Fafer auf derjenigen Seite der Nulllinie, auf welcher der Längsdruck P wirkt, neben dem entfprechenden Werte von e das Pluszeichen, für die entferntefte Fafer der abgewendeten Seite der entgegengefetzte

[106]) Vergl. Gleichung 94 (S. 296) in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte diefes »Handbuches« (2. Aufl.: Gleichung 87, S. 98; 3. Aufl.: Gleichung 120, S. 123).

[107]) 2. Aufl.: Art. 59, S. 39. — 3. Aufl.: Art. 62, S. 41.

Wert von e und das Minuszeichen zu berückfichtigen. Für die 29 einfachen Querfchnitte der Zufammenftellung auf S. 206 bis 211 kann man auch hier $\mathfrak{J} = c\,F h^2$ einführen; die Gleichung lautet dann:

$$\sigma = \frac{P}{F}\left(1 \pm \frac{u\,e}{c\,h^2 - \frac{P l^2}{8 E F}}\right) \qquad 196.$$

worin nun h die in den Abbildungen der 29 Querfchnitte in der Zufammenftellung auf S. 206 bis 211 angegebene Bedeutung hat.

Sollte der Ausdruck in der Klammer für eine der äufserften Fafern negativ, d. h. $u\,e > c\,h^2 - \frac{P l^2}{8 E F}$ oder $F u\,e > \mathfrak{J} - \frac{P l^2}{8 E}$ werden, fo ergäbe fich für σ Zugfpannung; alsdann empfiehlt es fich bei Gufsftützen, den Querfchnitt fo abzuändern, dafs auch in diefer Fafer Druck entfteht; auf der anderen Seite darf σ die zuläffige Druckbeanfpruchung nicht überfchreiten.

3) Die Freiftütze hat aufser der Laft in ihrem Kopfe oder Schafte Momente erzeugende wagrechte Kräfte aufzunehmen.

285. Gebogene gufseiferne Freiftützen.

Wenn auch angegeben wurde, dafs man fich beim Auftreten von Momenten aus wagrechten Kräften im allgemeinen am beften dabei fteht, die Stützen aus Schweifseifen zu bilden, fo ift doch die Verwendung von Gufseifen auch in folchen Fällen nicht felten; namentlich finden fich viele Hallenbauten, bei denen die Binder auf den Köpfen von Gufsftützen ruhen, fomit die Windkräfte und die Reibung bei Bewegungen infolge von Wärmefchwankungen als wagrechte Kräfte auf die Stützen übertragen.

Werden die beiden Querfchnittsformen Nr. 4 und 5 der Zufammenftellung auf S. 206 zu Grunde gelegt, ift P die lotrechte Laft, M das gröfste Biegungsmoment für die Stütze, D die Aufsen-, D_1 die Innnenabmeffung des Hohlkörpers, s die zuläffige Druck- und s_g die zuläffige Zugfpannung im Gufseifen, fo ift die Stütze für den Fall, dafs s und s_g beide voll ausgenutzt werden follen, auszubilden nach (fiehe Nr. 4 und 5 der Zufammenftellung auf S. 206):

$$\left.\begin{array}{ll} h = \frac{4\,M(s - s_g)}{P(s + s_g)}, \quad \delta = \frac{P^2(s + s_g)}{2\,M\pi(s - s_g)^2} & \text{für den Kreisring Nr. 4} \\ h = \frac{3\,M(s - s_g)}{P(s + s_g)}, \quad \delta = \frac{P^2(s + s_g)}{6\,M(s - s_g)^2} & \text{für den quadratifchen Kaften Nr. 5} \end{array}\right\} \qquad 197.$$

Nach diefen Gleichungen ergeben fich in vielen Fällen praktifch nicht ausführbare Wandftärken δ. Tritt dies ein, fo nehme man für δ ein für die Ausführung bequemes Mafs an und beftimme dann h als den gröfseren der aus den beiden Gleichungen 198 u. 199 folgenden Werte:

$$\left.\begin{array}{ll} h = \frac{P}{2\,\pi\,\delta\,s}\left(1 + \sqrt{1 + \frac{16\,\pi\,M\,\delta\,s}{P^2}}\right) & \text{für den Kreisring Nr. 4} \\ h = \frac{P}{8\,\delta\,s}\left(1 + \sqrt{1 + \frac{48\,M\,\delta\,s}{P^2}}\right) & \text{für den quadratifchen Kaften Nr. 5} \end{array}\right\} \qquad 198.$$

$$\left.\begin{array}{ll} h = \frac{P}{2\pi\,\delta\,s_g}\left(\sqrt{1 + \frac{16\,\pi\,M\,\delta\,s_g}{P^2}} - 1\right) & \text{für den Kreisring Nr. 4} \\ h = \frac{P}{8\,\delta\,s_g}\left(\sqrt{1 + \frac{48\,M\,\delta\,s_g}{P^2}} - 1\right) & \text{für den quadratifchen Kaften Nr. 5} \end{array}\right\} \qquad 199.$$

Wie die beiden Gleichungen erkennen laffen, wird bei Benutzung von 198 die zuläffige Druckfpannung s, bei Benutzung von 199 die zuläffige Zugfpannung s_g voll ausgenutzt. Der gröfsere der beiden Werte h ift auszuführen.

Schliefslich ift dann

$$D = h + \delta \quad \text{und} \quad D_1 = h - \delta . \qquad \ldots \ldots \ldots \quad 200.$$

Beifpiel. Für die die Binder eines Hallendaches tragende Säule von Kreisringquerfchnitt fei die Laft, einfchl. des Eigengewichtes, $P = 20\,000^{\text{kg}}$; am Kopfe greift eine wagrechte Kraft $H = 700^{\text{kg}}$ an; die Stütze ift bis an die Fufseinfpannung $h_1 = 600^{\text{cm}}$ hoch, fo dafs $M = 600 \cdot 700 = 420\,000^{\text{cmkg}}$ zu fetzen ift. Soll die Druckfpannung $s = 700^{\text{kg}}$ für 1^{qcm} ebenfo, wie die Zugfpannung $s_g = 250^{\text{kg}}$ für 1^{qcm} voll ausgenutzt werden, fo müfste nach Gleichung 197 gemacht werden:

$$h = \frac{4 \cdot 420\,000\,(700 - 250)}{20\,000\,(700 + 250)} = 39{,}8^{\text{cm}} \quad \text{und} \quad \delta = \frac{20\,000^2\,(700 + 250)}{2 \cdot \pi \cdot 420\,000\,(700 - 250)^2} = 0{,}71^{\text{cm}}.$$

Diefe Wandftärke ift für die Ausführung zu gering; dafür foll $\delta = 1{,}5^{\text{cm}}$ ausgeführt werden. Dann ift nach Gleichung 198

$$h = \frac{20\,000}{2\,\pi \cdot 1{,}5 \cdot 700}\left(1 + \sqrt{1 + \frac{16 \cdot \pi \cdot 420\,000 \cdot 1{,}5 \cdot 700}{20\,000^2}}\right) = 25{,}8^{\text{cm}}$$

und nach Gleichung 199

$$h = \frac{20\,000}{2\,\pi \cdot 1{,}5 \cdot 250}\left(\sqrt{1 + \frac{16 \cdot \pi \cdot 420\,000 \cdot 1{,}5 \cdot 250}{20\,000^2}} - 1\right) = 30{,}4^{\text{cm}}.$$

Demnach ift der gemittelte Stützendurchmeffer mit dem gröfseren Werte von rund $h = 30^{\text{cm}}$ auszuführen. Dabei wird nach Gleichung 200

$$D = 30 + 1{,}5 = 31{,}5^{\text{cm}} \quad \text{und} \quad D_1 = 30 - 1{,}5 = 28{,}5^{\text{cm}}.$$

b) Freiftützen in Gufseifen.

Die in Gufseifen ausgeführte Freiftütze hat in vielen Fällen dadurch Unglücks- 286. Anwendung.
fälle verurfacht, dafs fie bei Feuersbrünften ftark erhitzt, dann, vom kalten Strahle des Spritzenfchlauches getroffen, fprang und plötzlich zufammenbrach. Diefer Mangel hat fchon feit längerer Zeit die gufseiferne Freiftütze, wie den gufseifernen Träger aus den Hochbauten nordamerikanifcher Städte ganz verbannt, wo fie durch Schweifseifen oder weichen Stahl erfetzt ift. In Europa überwiegt die Verwendung des Gufseifens für diefe Konftruktionsteile, wegen der bequemen Formengebung und des meift geringeren Preifes gegenüber demjenigen des Schweifseifens, noch erheblich.

Durch die »Baupolizeiliche Vorfchrift über Stützenkonftruktionen in Hochbauten in Berlin« (vom 4. April 1884[108]) ift die Verwendung gufseiferner Freiftützen unter maffiven Wänden von Gebäuden, welche unten Gefchäfts-, oben Wohnräume enthalten, von der Bedingung abhängig gemacht, dafs diefe Stützen durch fefte Ummantelungen aus Schweifseifen der unmittelbaren Berührung durch Feuer und Waffer entzogen werden; anderenfalls dürfen fie nur aus Schweifseifen oder aus Klinkermauerwerk in Zementmörtel gebildet fein[109]). Als anderweitige Mittel, um das Erhitzen von gufseifernen Freiftützen zu verhindern, find für hohle Querfchnitte Vorkehrungen zu fchneller Füllung mit Waffer oder zur Erzeugung von frifchem Luftzuge von unten her bei Feuersgefahr vorgefchlagen; diefe ftofsen jedoch meift auf Schwierigkeiten und find in ihrem Erfolge nicht erprobt[110]).

Uebrigens haben fich auch Schweifseifenftützen als ftarkem Feuer nicht gewachfen gezeigt. Man fteht heute auf dem Standpunkte, für jede eiferne Stütze, mag fie aus Schweifs- oder Gufseifen beftehen, eine befondere feuerfichere Ummantelung zu fordern, fobald Feuerbeftändigkeit von der Stütze verlangt werden mufs.

---

108) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 153. — Deutfche Bauz. 1884, S. 190. — Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1884, S. 174.

109) Durch diefe Beftimmung veranlafst, hat neuerdings *Baufchinger* vergleichende Verfuche über die Tragfähigkeit von erft erhitzten, dann kalt angefpritzten Säulen aus Gufseifen und Schmiedeifen angeftellt, nach denen die erfteren den letzteren überlegen fein follen. (Vergl.: BAUSCHINGER, J. Mitteilungen aus dem mechanifch-technifchen Laboratorium an der k. technifchen Hochfchule in München. 1885, Heft 12 — ferner: Wochbl. f. Baukde. 1885, S. 125 u. 149.)

110) Siehe auch Teil III, Bd. 6 diefes »Handbuches«, Abt. V, Abfchn. 1, Kap. 1: Sicherungen gegen Feuer.

Weitere Beobachtungen über die Tragfähigkeit der Stützen im Feuer[111]), namentlich auch bei fortgeſetzten Verſuchen *Bauſchinger's*, ergaben, daſs ſchweiſseiſerne Stützen durch das Erhitzen ſchneller ihre Tragfähigkeit verlieren, als richtig, d. h. ohne plötzliche Querſchnittsübergänge, geformte Guſsſtützen, und daher als mindeſtens ſo unſicher, wie dieſe anzuſehen ſind. Wirkliche Sicherheit erhält man alſo nur durch feuerfeſte Ummantelung beider Stoffe, von denen im nächſten Bande, Heft 3 (Abt. III, Abſchn. 2, A, Kap. 1) die Rede ſein wird (vergl. auch Fig. 568). Ohne dieſe ſind nach den heutigen Erfahrungen aber gut durchgebildete Guſsſtützen als widerſtandsfähiger gegen Feuer anzuſehen, als ſchweiſseiſerne und ſtählerne[112]).

Bei ſchweren Laſten iſt auch die häufig durchgeführte Ausnutzung hohler Freiſtützen zu Rauchrohren nicht zu empfehlen, da das Erhitzen der Wandungen und das Einführen 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 Teilung mit kleinen Bohrlöchern durchbrechen, damit das quellende Eis einigen Ausweg findet, und in das Innere noch beſondere Leitungsrohre aus Guſseiſen einſetzen.

287. Querſchnitt. Die Querſchnittsformen guſseiſerner Freiſtützen ſind bei völlig freier Stellung der Kreisring (Fig. 557), der quadratiſche Kaſten (Fig. 558) und das Kreuz (Fig. 559). Stehen die Stützen in der Richtung einer Wand als Einfaſſung groſser Oeffnungen, ſo verwendet man den Querſchnitt nach Fig. 560 auch wohl mit Kreisring ſtatt des quadratiſchen Kaſtens an der Auſsenſeite, den I- (Fig. 561) oder den **[**-förmigen Querſchnitt (Fig. 562), bei denen der Steg gewöhnlich durchbrochen iſt[113]).

Fig. 557.

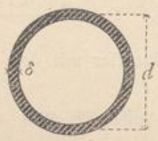


Fig. 558.

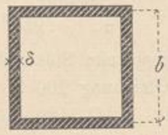


Fig. 559.

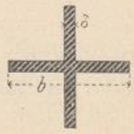


Fig. 560.

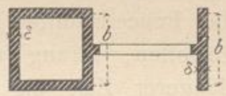


Fig. 561.

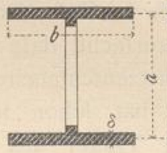
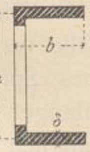


Fig. 562.



Bezüglich der Höhenentwickelung der Stützen iſt zu beachten, daſs ſtarke Ausladungen im Fuſse oder Kopfe, welche den Querſchnitt plötzlich, ohne Verſtärkung, auf einen gröſseren Umfang bringen, bereits Grund zu Zuſammenbrüchen geworden ſind, indem der ſchräge Teil der Ausweitung ringsum abgeſchert wurde und der engere Teil ſich in den weiteren hineinſchob. Der Stützenquerſchnitt ſoll daher thunlichſt unverändert durchlaufen, weshalb weit ausladende Formen maſſiv angegoſſen, mit Querrippen ausgeſteift, oder beſſer in leichter Ausführung in Guſseiſen oder Zinkguſs umgelegt werden; die erſte Art der Herſtellung bringt Gefahren durch die erheblichen und meiſt plötzlichen Schwankungen der Wandſtärke, insbeſondere bei Feuersbrünſten; das letzte Verfahren iſt das ſicherſte.

Glaubt man zur Erzielung von kräftigen Profilierungen die Ausweitung des ganzen Stützenquerſchnittes auch im Inneren nicht entbehren zu können, ſo muſs man die nach dem zweiten Verfahren an der Ausweitungsſtelle im Inneren anzubringenden Rippen nach oben und unten ſchlank verlaufen laſſen.

---

111) Vergl.: MÖLLER & LÜHMANN. Berechnung der Stützen mit Berückſichtigung der Erhitzung. Preisſchrift des Vereines zur Förderung des Gewerbefleiſses in Preuſsen. Verh. d. Ver. z. Beförd. d. Gwbfl. in Preuſsen. 1887, S. 573. (Auch als Sonderabdruck erſchienen.) — Siehe auch Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte, 2. Aufl. (Art. 145, S. 123; 3. Aufl.: Art. 147, S. 138) dieſes »Handbuches«.

112) Nach Beobachtungen der Londoner Feuerwehr haben ſich auch ſtarke eichene Freiſtützen in heftigen Feuersbrünſten gut gehalten, eine Erſcheinung, die daraus erklärt wird, daſs die in einem durchglühten Raume noch enthaltene Luft zu ſauerſtoffarm iſt, um hartes Eichenholz zu wirklichem Brennen zu bringen. Die Stützen zeigten ſich bis auf geringe Tiefe mit einer ſchützenden Kohlenſchicht bedeckt, im Inneren aber völlig geſund. Auf derartigen Erfahrungen fuſsend, hat man neuerdings die Freiſtützen der Speicher im Bremer Freihafengebiete aus Eichenholz hergeſtellt.

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

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

Die Beanſpruchung guſseiſerner Freiſtützen durch äuſsere Kräfte erfolgt lot- 288. Berechnung und Ausführung.
recht und ganz oder nahezu genau im Schwerpunkte. In den Fällen, in denen die äuſseren Kräfte wagrecht, geneigt oder erheblich ſchief wirken, in Fällen alſo, in denen erhebliche Biegungsmomente auftreten, verwendet man zweckmäſsiger Schweiſseiſen. Doch kommen gemäſs Art. 285 (S. 214) auch guſseiſerne gebogene Stützen vor.

Die Herſtellung der guſseiſernen Stützen erfolgt der Einfachheit halber bei groſser Länge in liegender Stellung; dieſe Art geſtattet zwar den Guſs ſehr langer Teile 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 wagrechten Form ſchwer entweichen können. Auch iſt es ſchwierig, den ſchweren Kern ſo ſteif zu bilden, daſs er nicht in der Mantelform durchhängt, und ſo entſtehen grade 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 ſchiefer Angriff 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 bei ſtehendem Guſſe vermieden. Hierbei iſt die Länge der Teile eine beſchränktere, da Gieſsgruben von entſprechender Tiefe erforderlich ſind. Nur gröſsere Gieſsereien haben die nötigen Anlagen und gieſsen Längen bis zu 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 gerade gehalten werden. Die Gieſstechnik iſt jedoch heute ſo weit vorgeſchritten, daſs man ſtehenden Guſs nicht mehr unbedingt vorzuſchreiben braucht. Bei liegend gegoſſenen Stützen iſt jedoch genaue und ſcharfe Prüfung unerläſslich.

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

Beiſpiel 1. Eine guſseiſerne Ringſtütze Nr. 4 der Zuſammenſtellung auf S. 206, welche unten 289. Beiſpiele.
flach aufſteht und oben ein Kugelgelenk beſitzt und am Ausweichen nicht verhindert iſt (Fall I, $C = 2{,}5$), ſoll bei 500 cm Länge 25 000 kg mit ($m =$) 8 facher Sicherheit tragen; die zuläſſige reine Druckſpannung iſt für ſchweren Guſs ($s =$) 500 kg für 1 qcm.

Das Längenverhältnis, bei dem die Gefahr des Zerdrücktwerdens und des Zerknickens gleich groſs iſt, folgt nach Gleichung 191 (S. 212) bei $E = 1\,000\,000$ kg für 1 qcm mit

$$l_1 = h \sqrt{\frac{2{,}5 \cdot 1\,000\,000 \cdot 0{,}125}{8 \cdot 500}} \quad \text{und} \quad h = \frac{l_1}{8{,}84}.$$

Der gemittelte Durchmeſſer müſste alſo $\frac{500}{8{,}84} = \backsim 57$ cm betragen, wenn die Gefahr des Zerknickens nicht vorliegen ſollte. So ſtark wird man die Stütze nicht machen, da ſie dann nur eine Wandſtärke von $\delta = \frac{25\,000}{500 \cdot \pi \cdot 57} = 0{,}28$ cm erhielte; ſie iſt alſo nach Gleichung 189 (S. 212) auf Zerknicken zu berechnen, wobei man genau genug $F = \delta h \pi$ ſetzen kann. Wird noch beſtimmt, daſs mit Rückſicht auf ſicheren Guſs die Wandſtärke 1,8 cm betragen ſoll, ſo ergiebt ſich nach Gleichung 189

$$\pi h \cdot 1{,}8\, h^2 = \frac{8 \cdot 25000 \cdot 500^2}{2{,}5 \cdot 1000000 \cdot 0{,}125},$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot 25000 \cdot 500^2}{1{,}8 \cdot 3{,}14 \cdot 2{,}5 \cdot 1000000 \cdot 0{,}125}} = 30{,}5\ \text{cm}.$$

Der äufsere Durchmeffer ift alfo $30{,}5 + 1{,}8 = 32{,}3$ cm, der innere $30{,}5 - 1{,}8 = 28{,}7$ cm.

Beifpiel 2. Eine kaftenförmige Gufsftütze Nr. 5 der Zufammenftellung auf S. 206 ift mit den Querfchnittsabmeffungen $h = 18{,}5$ cm, $\delta = 1{,}5$ cm und von 750 cm Länge vorhanden; es fragt fich, wie viel diefe mit ($m =$) 7 facher Sicherheit tragen kann, wenn fie unten mit grofser Grundplatte flach aufgefetzt und oben am Ausweichen verhindert wird (Fall III, $C = 20$).

Das Längenverhältnis, bei dem Zerknicken noch nicht eintritt, folgt bei $s = 500$ kg für 1 qcm zuläffiger Druckfpannung nach Gleichung 191 (S. 212) bei $c = 0{,}1667$ mit

$$l_1 = h\sqrt{\frac{20 \cdot 1000000 \cdot 0{,}1667}{7 \cdot 500}} \quad \text{und} \quad h = \frac{l_1}{30{,}9},$$

fo dafs alfo die gemittelte Breite h wenigftens $\frac{750}{30{,}9} = 24$ cm betragen müfste, wenn die Stütze nur auf Druck zu berechnen fein follte.

Da der Querfchnitt $4 \cdot 18{,}5 \cdot 1{,}5 = 111$ qcm beträgt, fo folgt die zuläffige Laft aus Gleichung 189 (S. 212) mit

$$P = \frac{20 \cdot 1000000 \cdot 0{,}1667 \cdot 111 \cdot 18{,}5^2}{7 \cdot 750^2} = 32170\ \text{kg}.$$

Beifpiel 3. Die Freiftütze für den Träger eines Schaufenfters hat bei 375 cm Länge 47000 kg zu tragen, mufs als oben und unten verdrehbar gehalten (Fall II, $C = 10$) angefehen werden und foll einen Querfchnitt nach Fig. 560, 563 u. 564 (Nr. 25 der Zufammenftellung auf S. 210) mit 18 cm gröfster Breite erhalten; die für die Berechnung unwefentliche Tiefe ift 77 cm. Da die äufsere Breite nur 18 cm betragen foll, fo darf b mit nur etwa $18 - 3 = 15$ cm angefetzt werden, und die Länge, bei welcher die Stütze einfach auf 500 kg Druck für 1 qcm zu berechnen fein würde, ift nach Gleichung 191 bei $m = 8$

$$l_1 = 15\sqrt{\frac{10 \cdot 1000000 \cdot 0{,}15}{8 \cdot 500}} = \backsim 281\ \text{cm}.$$

Da die Stütze länger ift, mufs fie nach Gleichung 189 (S. 212) bemeffen werden, und zwar wird nach Gleichung 189

$$F h^2 = F b^2 = \frac{8 \cdot 47000 \cdot 375^2}{10 \cdot 1000000 \cdot 0{,}15} = 35250; \quad F = \frac{35250}{15^2} = 157\ \text{qcm}, \quad \text{und da } F = 5 b \delta,$$

$$\delta = \frac{157}{5 \cdot 15} = 2{,}09\ \text{cm};$$

b ift fomit genauer mit $18 - 2{,}09 = 16{,}0$ cm einzuführen; l_1 wird dann $\frac{281 \cdot 16}{15} = 300$ cm, alfo kleiner, als die Länge der Stütze, und die Wandftärke wird genauer nach

$$F = \frac{35250}{16^2} = 137{,}8\ \text{qcm},$$

$$\delta = \frac{137{,}8}{5 \cdot 16} = 1{,}72\ \text{cm},$$

wofür mit Rückficht auf abermalige Vergröfserung von b die Wandftärke $\delta = 1{,}7$ cm ausgeführt wird.

Die nötige Anzahl N von Verbindungen des hinteren Flanfches mit dem vorderen Kaften durch angegoffene Stege ergiebt fich in folgender Weife. Nach Fig. 564 ift

$$x_0\,(18 \cdot 1{,}7 + 3 \cdot 1{,}7) = 18 \cdot 1{,}7\,\frac{1{,}7}{2} + 3 \cdot 1{,}7\left(1{,}7 + \frac{3}{2}\right), \text{ alfo } x_0 = 1{,}16 = \backsim 1{,}2\ \text{cm, und}$$

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

Die Belaftung des Hinterflanfches ift $\frac{1}{5}$ der ganzen Laft $n = 5$, alfo nach Gleichung 194 (S. 213)

$$N = \frac{375}{3{,}14}\sqrt{\frac{8 \cdot 47000}{5 \cdot 1000000 \cdot 36}} = 5{,}4 \backsim 6.$$

Einfchliefslich derjenigen am oberen und unteren Ende find 8 Stegverbindungen im 1., 3., 5., 7., 9. und 11. Zwölftel der Länge anzugiefsen.

Beifpiel 4. In eine 1 Stein ftarke Innenwand foll ein gufseiferner Ständer mit I-förmigem Querfchnitte nach Fig. 561 (Nr. 6 der Zufammenftellung auf S. 206) geftellt werden, deffen Flanfche behufs bündigen Einputzens 1,8 cm dick fein müffen; das Mafs b für Nr. 6 ift alfo $25 + 1{,}8 = 26{,}8$ cm und $\delta = 1{,}8$ cm. Der Ständer ift 450 cm hoch und (nach Fall II, $C = 10$) oben und unten verdrehbar geführt.

Die aufzunehmende Laſt iſt $P = 36000$ kg; wie breit müſſen die Flanſche ſein, d. h. wie groſs iſt das h in Nr. 6 zu machen? Die Zerknickungslänge iſt nach Gleichung 191 (S. 212) aus Achſe I in Nr. 6 für $m = 8$ fache Sicherheit und $s = 500$ kg für 1 qcm nach Gleichung 191:

$$l_1 = h \sqrt{\frac{10 \cdot 1000000 \cdot 0{,}0833}{8 \cdot 500}} = 14{,}4\, h.$$

Wenn alſo die Stütze nur auf Druck zu berechnen ſein ſollte, ſo müſste die Flanſchbreite $\frac{450}{14{,}4} = 31{,}2$ cm betragen; die Tragfähigkeit wäre dann aber $2 \cdot 1{,}8 \cdot 31{,}2 \cdot 500 = 56160$ kg.

Die Flanſche werden daher ſchmaler zu machen, dann aber nach Gleichung 189 (S. 212) auf Zerknicken zu berechnen ſein, und es folgt

$$F h^2 = \frac{8 \cdot 36000 \cdot 450^2}{10 \cdot 1000000 \cdot 0{,}0833} = 70012.$$

$$F \text{ iſt} = 2 \delta h, \text{ alſo } 2 \cdot 1{,}8 \cdot h \cdot h^2 = 70012 \quad \text{und} \quad h = \sqrt[3]{\frac{70012}{3{,}6}} = 27{,}0 \text{ cm}.$$

Damit die Steifigkeit der Achſe II mindeſtens ſo groſs ſei, wie die für I, muſs nach Nr. 6 $b \geqq 0{,}577 \cdot 27 = 15{,}6$ cm betragen; der Ständer iſt für Achſe I bei $b = 26{,}8$, alſo jedenfalls zu ſteif.

Für die Berechnung der Verbindungsſtege nach Gleichung 194 (S. 213) iſt

$$n = 2, \; i = \frac{27 \cdot 1{,}8^3}{12} = 13, \text{ alſo } N = \frac{450}{3{,}14} \sqrt{\frac{8 \cdot 36000}{2 \cdot 1000000 \cdot 13}} = 14{,}9 \backsim 15.$$

Abgeſehen von den beiden an den Enden ſind ſomit 15 Stege in den ungeraden Dreiſsigſteln einzugieſsen. Statt dieſer 17 Stege wird man hier einen vollen Steg zwiſchen die Flanſche gieſsen, oder man verſieht jeden Flanſch, wie in Beiſpiel 3 (Fig. 563 u. 564), mit einer durchlaufenden Rippe und bringt dann Verbindungsſtege in weiterer Teilung an, die zu berechnen iſt, wie in Beiſpiel 3.

Fig. 563.

Beiſpiel 5. Hier möge die in Art. 284 (S. 213) beſprochene ſchiefe (exzentriſche) Belaſtung der Stützen berückſichtigt werden. Auf die Freiſtützen des Beiſpieles 3 ſei die Laſt von 47000 kg ſo gelagert, daſs ſie in der geometriſchen Mitte A (Fig. 563) 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

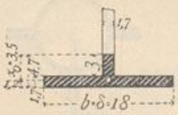
$$x_0 = \frac{18 \cdot 1{,}7\,(0{,}85 + 17{,}15 + 76{,}15) + 2 \cdot 14{,}6 \cdot 1{,}7 \cdot 9}{141} = \backsim 23{,}5,$$

ſomit iſt für die Zugſeite $e = 23{,}5$ cm, für die Druckſeite $e = 77 - 23{,}5 = 53{,}5$ cm; das Trägheitsmoment für die Schwerpunktsachſe, welches berechnet werden muſs, weil hier Gleichung 195 (S. 213) zur Verwendung kommt, iſt

$$\mathfrak{J} = 18\, \frac{23{,}5^3 - 21{,}8^3 + 7{,}2^3 - 5{,}5^3 + 53{,}5^3 - 51{,}8^3}{3} + 2 \cdot 1{,}7\, \frac{21{,}8^3 - 7{,}2^3}{3}$$

$$= 113096 \text{ (auf Centim. bezogen).}$$

Fig. 564.



Die gröſsten Spannungen ſind demnach nach Gleichung 195

$$\sigma = \frac{47000}{141}\left(1 + \frac{15 \cdot 53{,}5 \cdot 141}{113096 - \frac{47000 \cdot 375^2}{8 \cdot 1000000}}\right) = 670 \text{ kg Druck an der Innenſeite}$$

und

$$\sigma = \frac{47000}{141}\left(1 - \frac{15 \cdot 23{,}5 \cdot 141}{113096 - \frac{47000 \cdot 375^2}{8 \cdot 1000000}}\right) = 185 \text{ kg Druck außen.}$$

Die Stütze genügt demnach eben für die ſchiefe Belaſtung. Die ſtärkere Belaſtung des Innenflanſches hat nun aber nach Maſsgabe der Gleichung 194 (S. 213) eine entſprechende Vermehrung der Verbindungsſtege zur Folge.

c) Freiſtützen in Schweiſseiſen.

Schweiſseiſerne Stützen beſtehen ausſchlieſslich aus Walzquerſchnitten, und zwar ſind für ganz leichte Stützen I- und [-Profile zu verwenden; ſchwerere werden durch Vernieten mehrerer Walzeiſen hergeſtellt. 290. Querſchnitt.

Da die Teile eines Querfchnittes ohne offenen Schlitz feft aufeinander genietet werden, da aber die mit Rückficht auf dichten Schlufs der Fuge zu verwendende Heftnietteilung (fiehe Art. 209, S. 153 u. Art. 244, S. 183) von $6d$ bis $8d$ kleinere Abftände der Verbindungen liefert, als die Rückficht auf Widerftand der einzelnen Teile gegen Zerknicken, fo braucht die Anzahl der Verbindungen bei dicht gefchloffenen Querfchnitten nicht nach Gleichung 194 (S. 213) berechnet zu werden. Demnach kann der Gefamtquerfchnitt mit feinem Trägheitsmoment bei der Berechnung ohne weiteres benutzt werden, fobald die einzelnen Teile ohne Zwifchen-

Fig. 565.

Fig. 566.

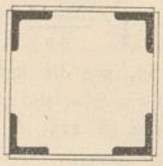


Fig. 567.

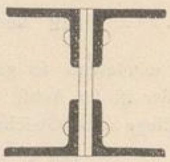


Fig. 568.

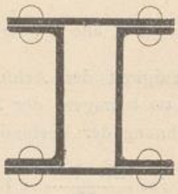


Fig. 569.

Fig. 570.

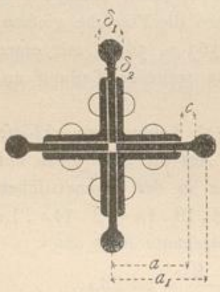
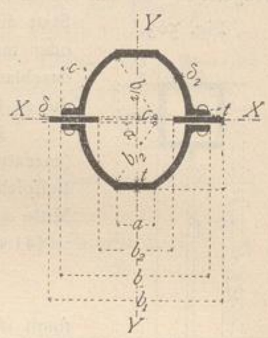


Fig. 571.

Fig. 572.

Fig. 573.



raum aufeinander liegen. Liegen die einzelnen Teile nicht unmittelbar aufeinander, fo find Gitterwerk oder einfache Querverbindungen erforderlich, deren Teilung dann wieder mindeftens der Zahl N aus Gleichung 194 entfprechen mufs.

Fig. 574.

Aufser den einheitlichen Walzquerfchnitten, nämlich den I-, C- und für fchwache Stützen den +-Eifen [114]), deren Berechnung ganz nach den obigen Regeln durchgeführt werden kann, find neben den in der Zufammenftellung auf S. 206 bis 211 angeführten Walzeifen namentlich die in Fig. 565 bis 577 dargeftellten zufammengefetzten Querfchnitte verwendbar.

Gemeinfame Eigenfchaft der meiften genieteten Querfchnitte find die durch die Verbindungsteile entftehenden, vorfpringenden Rippen, die in der Anficht nicht eben günftig wirken, aber nur bei fo grofsem Umfange zu vermeiden find, dafs das Innere zugänglich wird. Querfchnitte, wie Fig. 569 (Berliner Stadt-Eifenbahn), find nur in kurzen Stücken herzuftellen, und felbft dann bedingt die Nietung der zweiten Platte befondere Vorkehrungen und teuere, weil mühfame Ausführung. Aus dem gleichen Grunde find kreisrunde Stützen aus genietetem Bleche mit kleinem Durchmeffer

114) Ueber ftarke +-Eifenprofile nebft zugehörigen Köpfen und Füfsen fiehe: Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 552 — ferner: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1885, S. 936; 1886, S. 40.

ſelten, auch nicht zu empfehlen, da die zur Mitte nicht allſeitig ſymmetriſchen Nietnähte den Querſchnitt ſchief machen.

Die Grundformen für die Querſchnittsbildung ſchweiſseiſerner Freiſtützen ſind: 291. Querſchnittbildung.

Fig. 575.

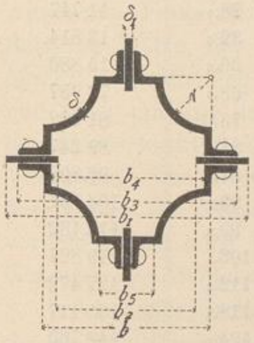


Fig. 576.

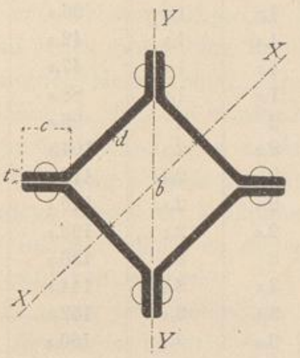
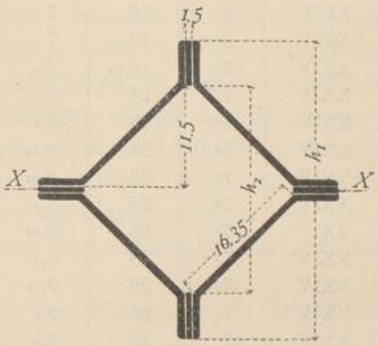


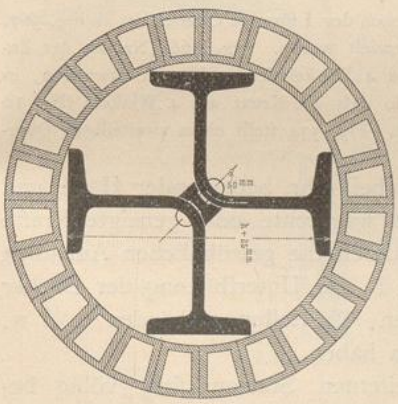
Fig. 577.



1) das gleichſchenkelige Winkeleiſen (Fig. 565, 566, 570 u. 572, ſiehe die Normalprofile in Teil I, Band 1, erſte Hälfte dieſes »Handbuches«, ferner Nr. 7, 8, 9, 10, 28 u. 29 der Zuſammenſtellung auf S. 206 bis 211);

2) das ungleichſchenkelige Winkeleiſen (Fig. 567, ſiehe die Normalprofile ebendaſ., ferner Nr. 11, 12, 13, 14, 26 u. 27 der Zuſammenſtellung auf S. 206 bis 211);

Fig. 578.



3) das [-Eiſen (Fig. 568 u. 569, ſiehe die Normalprofile ebendaſ., ferner Nr. 19, 20, 21 der Zuſammenſtellung auf S. 206 bis 211);

4) das I-Eiſen (ſiehe die Normalprofile ebendaſ., ferner Nr. 22 u. 23 der Zuſammenſtellung auf S. 206 bis 211, endlich auch Fig. 578);

5) die Blechplatte als Auſsenplatte (Fig. 568 u. 569) oder als Einlage (Fig. 572);

6) das Bandeiſen ſelbſtändig nach Nr. 6 der Zuſammenſtellung auf S. 206 oder als Einlage im Schlitze zwiſchen den übrigen Teilen (z. B. dargeſtellt in Fig. 573, 575 u. 577, ebenſo einzulegen in die Querſchnitte Fig. 571 u. 576);

7) das Bandeiſen mit Rundſtab (*fer plat à boudin*, Bulbeiſen, Fig. 570) zur Ausfüllung von Schlitzen und Verſteifung des äuſseren Umfanges, vorwiegend in Frankreich und im Schiffsbau angewendet;

8) das Quadranteiſen (Fig. 571, 572 u. 574, ſiehe die Normalprofile im genannten Bande, die bequemſte Form für cylindriſche Freiſtützen, ſehr gebräuchlicher Querſchnitt amerikaniſcher Konſtruktionen;

9) das Belageiſen (Fig. 573), ſiehe die Normalprofile ebendaſ., welches einen ungewöhnlich lang geſtreckten Querſchnitt und, wegen der ſchmalen Flanſche, eine ſchwierige Vernietung ergiebt;

10) das Quadranteiſen mit doppeltem Winkel (Fig. 575, Völklinger Hütte), welches im Handel nicht ſtets zu haben iſt, indes durch verſchiedenartige Zuſammenſetzung die Bildung einer groſsen Zahl von zweckmäſsigen Querſchnitten geſtattet;

11) das Trapezeiſen oder ſchiefwinkelige Rinneneiſen (Fig. 576 u. 577), welches u. a. von der Burbacher Hütte in den auf S. 222 angegebenen Profilen hergeſtellt wird.

12) Einen eigenartigen Stützenquerſchnitt aus 2 zwiſchen Walzen verbogenen I-Eiſen, Patent *Jones & Laughlins*, zeigt Fig. 578. Der Querſchnitt iſt leicht herzuſtellen und offenbar ſehr ſteif. Fig. 578 zeigt ihn mit feuerſicherer Umhüllung, wie er von den Patentinhabern in Chicago für die Stützung von Gebäuden verwendet wird, die auſser dem Erdgeſchoſs noch 16 Geſchoſſe übereinander enthalten. Das kleine Einſatzſtück in der Mitte iſt gleichfalls ein Walzeiſen.

Schiefwinkelige Rinneneifen der Burbacher Hütte.

Profil		Bezeichnung nach Fig. 576:				Querfchnitt	Gewicht	Trägheitsmoment für die Achfen XX oder YY für 4 Eifen (Fig. 576)
Blatt	Nr.	b	c	d	t			
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				Quadrat-Centimeter	Kilogramm	

Aufser diefen Profilen, welche noch eine grofse Zahl von anderen Zufammenftellungen geftatten, kann noch eine weitere Reihe ausgebildet werden, indem man 2, 3, 4 oder noch mehrere diefer Stützen durch Gitterwerk zu gegliederten Freiftützen verbindet (Fig. 574) oder in die Hohlräume der einfachen Querfchnitte noch Bleche und Winkeleifen einfügt (Fig. 572).

Einen Querfchnitt erfterer Art bildet ftreng genommen fchon der I-förmige Querfchnitt in Fig. 567, welcher aus 2 T-förmigen Querfchnitten mittels Vergitterung erzielt wurde. Fig. 566 (Nr. 29 der Zufammenftellung auf S. 211) zeigt einen Quadratquerfchnitt aus 4 Winkeleifen und 4 Gitterwänden, in welchem die Winkeleifen fehr häufig umgedreht erfcheinen, fo dafs ein Kreuz aus 4 Winkeln (Nr. 10 derfelben Zufammenftellung) mit fehr breiten Schlitzen entfteht. Fig. 574 ftellt einen zweiteiligen Querfchnitt aus 2 Quadranteifenfäulen dar.

Derartige Anordnungen werden jedoch nur bei fehr bedeutender Höhe und Belaftung und namentlich dann verwendet, wenn wagrechte oder geneigte Kräfte auf die Freiftütze wirken. Ihre Anwendung wird durch die gewöhnlichen Aufgaben des Hochbaues nur felten bedingt; fie kommen z. B. zur Unterftützung der Dächer weiter Hallen, alfo in Bahnhof-, Markt-, Fefthallen, Ausftellungsgebäuden u. f. w. vor, wo fie die feitlichen Winddrücke aufzunehmen haben.

292. Ausftattung.

Für die äufsere Ausftattung der fchweifseifernen Stützen find völlig befriedigende Formen bisher nicht gefunden, da faft alle Querfchnitte die mageren Eifendicken zeigen und fich daher den kräftigeren Formen fteinerner oder hölzerner Konftruktionsteile fchlecht anfchliefsen [115]). Das Walzverfahren geftattet nur die Herftellung völlig prismatifcher Formen. Verjüngungen und Schwellungen können blofs durch Verwendung fchwieriger Herftellungsverfahren (Berliner Stadteifenbahn: trapezförmig gefchnittene Platten für Fig. 569, keilförmig gefchmiedete Einlageftreifen für Fig. 576) mit vergleichsweife hohen Koften erzielt werden; verzierende Teile müffen aus anderweitigen Bauftoffen (Zink, Zinkgufs, Gufseifen) gebildet und mittels Verfchraubung angefetzt werden. Die Nietköpfe verfchwinden durch Verfenkung.

115) Vergl. auch:

HEUSER, G. Ueber Pfeiler von verfchiedenfeitiger Struktur. Deutfche Bauz. 1881, S. 344; 1882, S. 468.

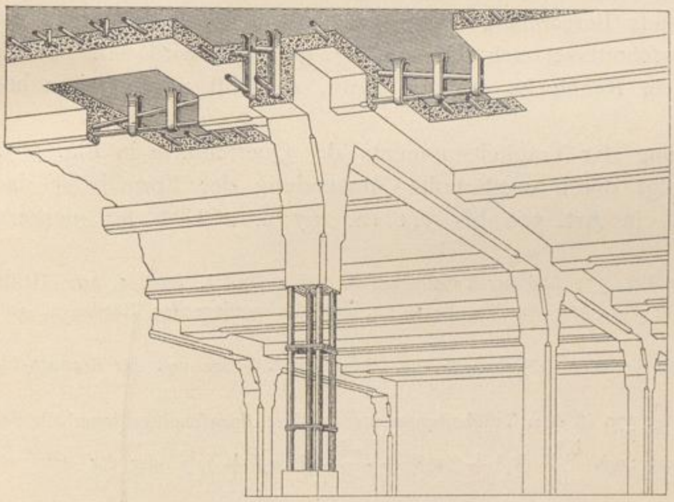
Schmiedeeiferne Säulen aus Quadrant-Eifen und Verkleidung eiferner Stützen. Deutfche Bauz. 1884, S. 225.

KOULLE, H. Schmiedeeiferne Stützen aus Quadranteifen und L-Eifen. Deutfche Bauz. 1884, S. 235.

Zur völligen Befeitigung diefer Schwierigkeiten find zuerft in Amerika Ummantelungen mit vollen oder hohlen Thonplatten vorgenommen worden, welche mittels Blechklammern an befonderen Befeftigungsteilen, auch wohl an den Nietköpfen aufgehängt, dann in den Fugen verftrichen oder ganz geputzt find, die Stütze auch ganz frei umgeben (Fig. 578). Auch das Einhüllen der Stütze in Betonkörper giebt wirkfamen Feuerfchutz und ift vergleichsweife billig. So entfteht fcheinbar eine fteinerne Stütze, der man jedes gewünfchte Profil geben kann und deren feuerfefter Mantel zugleich den eifernen Kern fchützt. Die Anordnung ift jedoch verwickelt und teuer und hat den Mangel, dafs bei Wärmeänderungen infolge der Bewegungen des Eifens leicht Riffe in den Plattenfugen entftehen, wenn die Umhüllung in fefter Verbindung mit der Stütze fteht. Diefe Bedenken find jedoch heute fo weit befeitigt, dafs die Verwendung feuerfefter Umhüllungen an manchen Orten behördlich vorgefchrieben wird für folche Stellen, an denen aus dem Nachgeben der Stützen Gefahren für Menfchen entftehen können.

An diefer Stelle ift noch eine befondere Art von Freiftützen zu erwähnen, die Verbundftützen der *Hennebique*-Bauart [116]). Wie Fig. 579 zeigt, beftehen diefe aus einem Gerippe von Rundeifen oder auch nur Drähten, welche durch Bandeifen oder Drahtfchlingen gegeneinander feftgelegt find und ganz in Beton oder Zementmörtel eingehüllt werden. 293. Bauart *Hennebique*.

Fig. 579.



Der Form nach kann man auf diefe Weife fowohl Holz-, wie Steinftützen nachahmen; erfteres zeigt Fig. 579. Selbft durch an Querfchnitt nur geringe Einlagen werden folche Stützen beträchtlich tragfähiger als folche aus Beton oder Mörtel ohne die Einlagen. Man kann höhere Druckfpannungen zulaffen; namentlich wird auch die Widerftandsfähigkeit gegen Zerknicken erheblich höher als in gleichen Körpern ohne Einlagen. Solche Verbundftützen können daher verhältnismäfsig fehr fchlank geftaltet werden. Während man beften Beton höchftens bis zu etwa 25 kg für 1 qcm belaftet, hat es kein Bedenken, die Spannung in folchen Verbundkörpern auf 50 kg für 1 qcm und felbft höher fteigen zu laffen.

Sie find alfo fehr leiftungsfähig und verdienen alle Beachtung. Da fie jedoch nicht eigentlich zu den eifernen Stützen gehören, fo werden fie hier nicht eingehender behandelt, zumal fich ausführliche Mitteilungen darüber an anderer Stelle [116]) diefes »Handbuches« finden.

[116]) Eingehend behandelt in Teil III, Bd. 2, Heft 3, a (2. Aufl.) diefes »Handbuches«.

294.
Berechnung.

Für einfache Querfchnitte erfolgt die Berechnung auf Zerknicken nach Ermittelung der Steifigkeitsziffer c (fiehe Teil I, Band 1, zweite Hälfte diefes »Handbuches«, Art. 340, S. 303[117]) nach Gleichung 189 (S. 212) ganz fo, wie dies in der Zufammenftellung auf S. 206 bis 211 für 29 Querfchnitte durchgeführt ift und oben für gufseiferne Stützen gezeigt wurde. Indes ift die allgemeine Ermittelung von c nicht für alle Querfchnittsarten möglich; alsdann tritt die Berechnung durch Verfuchen mit vorläufigen Annahmen ein, indem man das erforderliche kleinfte Trägheitsmoment nach Gleichung 193 (S. 213) beftimmt oder die zuläffige Zerknickungsfpannung s_z nach Gleichung 192 (S. 213) berechnet.

Dafs bei den einheitlich vernieteten Querfchnitten wegen der engen Heftnietteilung die einzelnen Beftandteile nicht auf ihre Steifigkeit unterfucht zu werden brauchen, ift auf S. 220 gefagt. Bei den mit Vergitterungen oder einfachen Querverbindungen hergeftellten Querfchnitten ift jedoch wieder die Anzahl der Verbindungen N nach Gleichung 194 (S. 213) zu beftimmen.

Die Berechnung auf Biegung bei fchiefer oder geneigter Belaftung erfolgt nach Gleichung 195 (S. 213), bezw. 196 (S. 214).

Bei Benutzung der Gleichungen 187, 190 oder 192 müffen die mit Hilfe der Steifigkeitsziffer c nach der Zufammenftellung auf S. 206 bis 211 nicht zu ermittelnden Trägheitsmomente aus den vorläufig angenommenen Querfchnitten berechnet werden. Ueber diefe Berechnung der Trägheitsmomente $\mathcal{J}$ möge, foweit fie nicht durch die Querfchnittsverzeichniffe unnötig gemacht wird oder durch Zerlegen der Querfchnitte in Rechtecke erfolgen kann, zunächft noch einiges bemerkt werden.

Die genaue Berechnung der Trägheitsmomente der Querfchnitte in Fig. 565, 566, 567, 568 u. 569 erfolgt durch wiederholte Anwendung der Formel für das Rechteck, wie es a. a. O. in Art. 308 bis 311 (S. 267 u. 268[118]) für mehrere Fälle durchgeführt ift.

Die Trägheitsmomente für Fig. 571 find der Tabelle auf S. 197 in Teil I, Band 1, erfte Hälfte diefes »Handbuches«[119]), jene für Fig. 576 der Tabelle auf S. 222 des vorliegenden Bandes zu entnehmen.

Querfchnitte nach Fig. 572 bedingen gleichzeitige Benutzung der Tabellen und der Formeln für zufammengefetzte Querfchnitte.

Für den Querfchnitt in Fig. 570 ift dem Trägheitsmomente des Kreuzquerfchnittes innerhalb der Winkeleifen 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 fehr annähernde Berechnung $\frac{\pi\, \delta_1{}^2\, a_1{}^2}{2} + 2\, c\, \delta_2\, a^2$ hinzuzufügen.

Beim Querfchnitte in Fig. 573 ift nicht ohne weiteres für alle Fälle zu entfcheiden, ob YY oder XX das Trägheitsmoment $\mathcal{J}_{min}$ liefert. Bezeichnet $\mathcal{J}_1$ das Trägheitsmoment des einzelnen Belageifens für die zur Unterfläche gleich laufende Schwerachfe und $\mathcal{J}_2$ für die dazu winkelrechte Mittelachfe (vergl. den oben genannten Band, S. 196), fo ift

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

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

wenn F den Querfchnitt eines Belageifens bezeichnet. Fehlt die Einlage, fo fetze man $\delta = 0$.

Für Querfchnitte aus dem in Fig. 575 verwendeten Eifen mufs das Trägheitsmoment für jede Form befonders berechnet werden. Für das gewählte Beifpiel ift für jede durch den Mittelpunkt gehende Achfe

[117]) 2. Aufl.: Art. 125, S. 105. — 3. Aufl.: Art. 141, S. 131.

[118]) 2. Aufl.: Art. 39 bis 43, S. 29 u. 30; 3. Aufl.: Art. 49 bis 56, S. 33 bis 37.

[119]) 2. Aufl.: S. 252.

$$\mathcal{J} = r\,\delta\,(r^2\,\pi + 2\,\pi\,b^2 - 8\,r\,b) + \frac{1}{12}\Big[\delta_1\,(b_1{}^3 - b_2{}^3) + 2\,\delta\,(b_3{}^3 + b_5{}^3 - b^3 - \delta_1{}^3) +$$

$$+ (b_5 - \delta)\,(b^3 - b_4{}^3) + (b_3 - b)\Big\{(\delta_1 + 2\,\delta)^3 - \delta_1{}^3\Big\} + (b_1 - b_2)\,\delta_1{}^3\Big].$$

Fehlen die Einlagen, fo ift $\delta_1 = 0$ zu fetzen.

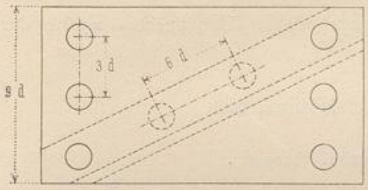
Die Hauptträgheitsmomente des Querfchnittes in Fig. 578 find, etwas zu gering ermittelt, diejenigen des urfprünglichen **I**-Eifens.

Schliefslich fei noch erwähnt, dafs in gedrückten Querfchnitten die Nietlöcher in der Regel bei Berechnung der Flächen und Trägheitsmomente nicht abgezogen werden.

Dafs die einzelnen Teile zufammengefetzter Querfchnitte untereinander fo verbunden werden müffen, dafs der ganze Querfchnitt wie ein gefchloffener wirkt, wurde in Art. 283 (S. 213) bereits betont; hier ift nun noch die Art und Weife der Ausbildung und Einfetzung diefer Verbindungen zu erörtern. 295. Verbindung der Querfchnittsteile.

Die Verbindung kann durch Einfügen eines engmafchigen Gitterwerkes zwifchen die Teile erfolgen, und zwar mufs diefe Verbindungsart immer gewählt werden, wenn nicht blofs eine Längskraft in der Schwerachfe des Körpers, fondern daneben auch noch irgend eine Biegungsmomente erzeugende Querkraft wirkt, da die Teile der Stütze in diefem Falle die Gurtungen eines gebogenen Trägers bilden, welche der Verbindung durch eine regelrecht gegliederte, zur Aufnahme der Querkraft befähigte Wand bedürfen.

Fig. 580.



Ift der Körper aber lediglich einer in oder nahe der Schwerachfe wirkenden Längskraft ausgefetzt, fo ift das verhältnismäfsig teuere und verwickelte Gitterwerk nicht nötig; man kommt dann mit einfachen Querverbindungen aus, deren Zahl N nach Gleichung 194 (S. 213) berechnet wird. Diefe Querverbindungen find für $N = 2$ in den ungeraden Vierteln der ganzen Länge anzubringen, für $N = 3$ in den ungeraden Sechsteln, für $N = 4$ in den ungeraden Achteln, für $N = 5$ in den ungeraden Zehnteln u. f. w. Sie beftehen aus nicht zu fchwachen, rechteckigen Blechftücken, welche mit jedem der zu verbindenden Teile mit drei Nieten in einer Reihe zu vernieten find. Werden diefe Querbleche bei grofsem Abftande der zu verbindenden Teile voneinander grofs, fo ift es zweckmäfsig, fie durch in fchräger Richtung aufgenietete Winkelabfchnitte zu verfteifen. Die beiden Enden jedes folchen Winkels werden am beften mit den entgegengefetzten, äufserften Nieten der beiden Reihen von je drei Nieten gefafst. Dazwifchen fetze man noch Heftniete in etwa 6 d Teilung in die Winkel (Fig. 580).

Beifpiel 1. Eine Freiftütze von 5,0 m Höhe zum Tragen von Deckenträgern foll nach dem Querfchnitte Nr. 26 der Zufammenftellung auf S. 210 (Fig. 567) aus 4 Winkeleifen des Verhältniffes 1 : 1,5 hergeftellt werden. Die Stütze fteht unten mit grofser Grundplatte ftumpf auf und ift oben verdrehbar am Ausweichen verhindert (Fall III, $C = 20$). Die Freiftütze foll $P = 50\,000$ kg mit ($m =$) 5-facher Sicherheit tragen. Behufs Einbringens der Querverbindungen zwifchen den Querfchnittshälften foll in Nr. 26 der Zufammenftellung auf S. 210: $k_1 = 0{,}3$ angenommen werden; demnach ift $c = 0{,}6613$. 296. Beifpiele.

Nach Gleichung 191 (S. 212) ergiebt fich die Schenkelbreite h, welche das Zerknicken überhaupt ausfchliefst, nach

$$l_1 = h\sqrt{\frac{20 \cdot 2\,000\,000 \cdot 0{,}6613}{5 \cdot 1000}} = 72{,}7\;h\,,$$

wenn die zuläffige Druckfpannung s bei ruhiger Laft zu 1000 kg für 1 qcm angenommen wird. Die Schenkelbreite müfste danach $h = \dfrac{500}{72{,}7} = 6{,}9$ cm fein. Das kleinfte Winkeleifen der bezeichneten Art oberhalb diefes Mafses ift das $8 \times 12 \times 1$ cm mit 19 qcm Querfchnitt, und diefes würde $\dfrac{50\,000}{4 \cdot 19} = 658$ kg für 1^{qcm} Spannung ergeben, ist also zu schwer. Für alle kleineren Winkeleisen muss die Berechnung auf Zerknicken erfolgen.

Nach Gleichung 189 (S. 212) ist $4 f h^2 = \frac{5 \cdot 50000 \cdot 500^2}{20 \cdot 2000000 \cdot 0{,}6613}$, also $f h^2 = 591$. Das leichteste Winkeleisen, das dem genügt, ist $6{,}5 \times 10 \times 1{,}1$ cm mit $f = 16{,}94$ qcm, sonach $f h^2 = 16{,}94 \cdot 6{,}5^2 = 716$; das nächst leichtere ist schon zu schwach. Die Freistütze ist also aus 4 solchen Winkeleisen mit $k_1 h = 0{,}3 \cdot 6{,}5 = 1{,}95 = \infty\, 2{,}0$ cm Schlitzweite zu bilden.

Nach Nr. 26 der Zusammenstellung auf S. 210 ist für $k_1 = 0{,}3$ $k = 2{,}039$ und somit die Stützenbreite zwischen den Aussenkanten $k h = 2{,}039 \cdot 6{,}5 = 13{,}2$ cm zu machen, wenn äussere Rücksichten nicht ein grösseres Mass verlangen; die Freistütze ist dann in allen Richtungen gleich steif.

Werden die beiden Winkeleisen einer Hälfte durch Stehniete in einer Teilung von etwa $16\,d$ verbunden, so kommt es nun noch darauf an, die beiden Hälften zur Erzielung genügender Tragfähigkeit hinreichend oft in Verbindung zu bringen. Das kleinste Trägheitsmoment zweier Winkeleisen ist nach Nr. 12 der Zusammenstellung auf S. 207 für Achse I

$$i = 2 \cdot 16{,}94 \cdot 6{,}5^2 \cdot 0{,}231 = 2 f h^2 c = 330;$$

in Gleichung 194 (S. 213) ist ferner $n = 2$ für eine Stützenhälfte; daher folgt

$$N = \frac{500}{3{,}14} \sqrt{\frac{5 \cdot 50000}{2 \cdot 2000000 \cdot 330}} = 2{,}19,$$

abgerundet auf 3. Somit sind drei Querverbindungen im 1., 3. und 5. Sechstel der Länge anzubringen.

Beispiel 2. Eine 630^{cm} lange, unten eingespannte, oben verdrehbar gehaltene (Fall III, $C = 20$) Freistütze aus Quadranteisen (Fig. 571) hat 35000^{kg} bleibende und 24000^{kg} nicht stossweise wirkende Verkehrsbelastung mit $(m =)$ 5-facher Sicherheit zu tragen.

Nach Gleichung 18 in Teil I, Band 1, zweite Hälfte (S. 251) dieses »Handbuches« müsste der reine Druckquerschnitt $\frac{35000}{1200} + \frac{24000}{720} = 62{,}5$ qcm betragen.

Nach Gleichung 193 (S. 213) ist das erforderliche kleinste Trägheitsmoment

$$\mathcal{J}_{min} = \frac{59000 \cdot 5 \cdot 630^2}{20 \cdot 2000000} = 2927 \text{ (auf Centim. bezogen).}$$

Das Normalquadranteisen $7{,}5 \times 1{,}0$ cm genügt mit $\mathcal{J} = 2957$ auf Zerknicken eben, auf reinen Druck mit $F = 80{,}2$ qcm reichlich und ist somit für die Stütze ausreichend.

Beispiel 3. Für 60000^{kg} bleibende und 40000^{kg} Verkehrslast soll eine 800^{cm} lange, oben und unten verdrehbar gehaltene (Fall II, $C = 10$) Freistütze nach Fig. 577 mit $1{,}5$ cm starken Einlagen ausgebildet werden.

Der reine Druckquerschnitt ist nach der eben genannten Gleichung in Teil I, Band 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches« $\frac{60000}{1200} + \frac{40000}{720} = 105{,}5$ qcm.

Wird vorläufig das Trapezeisen Nr. 6 der Zusammenstellung auf S. 222 gewählt, so ist das Trägheitsmoment XX (Fig. 577) bei $h_1 = 2\,\frac{16{,}35}{1{,}414} + 2 \cdot 7 + 1{,}5 = 38{,}5$ cm und $h_2 = 38{,}5 - 14 = 24{,}5$ cm

$$\mathcal{J}_x = 11747 + 4 \cdot 16{,}35 \cdot 1{,}3 \left[\left(\frac{11{,}5 + 1{,}5}{2}\right)^2 - \left(\frac{11{,}5}{2}\right)^2\right] + 4 \cdot 7 \cdot 1{,}3 \left[\left(\frac{1{,}3 + 1{,}5}{2}\right)^2 - \left(\frac{1{,}3}{2}\right)^2\right]$$

$$+ 4 \cdot 7 \cdot 1{,}3 \left[\left(11{,}5 + 3{,}5 + \frac{1{,}5}{2}\right)^2 - (11{,}5 + 3{,}5)^2\right] + 1{,}5\,\frac{38{,}5^3 - 24{,}5^3}{12} + 2 \cdot 7 \cdot \frac{1{,}5^3}{12},$$

$$= 11747 + 781 + 56 + 837 + 5295 + 4 = 18720 \text{ (auf Centim. bezogen);}$$

$$F = 4 \cdot 36{,}9 + 4 \cdot 7 \cdot 1{,}5 = 189{,}6 \text{ qcm.}$$

Nach Gleichung 192 (S. 213) wird die zulässige Zerknickungsspannung

$$s_z = \frac{10 \cdot 2000000 \cdot 18720}{5 \cdot 800^2 \cdot 189{,}6} = 617^{\text{kg}} \text{ für } 1^{\text{qcm}}.$$

Der Querschnitt muss somit $\frac{60000 + 40000}{617} = 162$ qcm betragen, während $189{,}6$ qcm vorhanden sind. Da mit Verschwächung der Einlagen $\mathcal{J}_x$ kleiner, also s_z und somit der erforderliche Querschnitt grösser wird, so kann man die Einlagen nicht etwa einfach um den Unterschied von $189{,}6 - 162 = 27{,}6$ qcm fchwächen; vielmehr wird der richtige Wert zwifchen beiden liegen, und man wird die Einlagen etwa mit $7 \cdot 1^{cm}$ ausführen können, wobei man mit

$$189{,}6 - 4 \cdot 0{,}5 \cdot 7 = 175{,}6^{qcm}$$

Querfchnitt jedenfalls eine hinreichend ftarke Stütze erhält.

Beifpiel 4. Eine Freiftütze für das Dach einer Vorfahrt von $l = 5^{m}$ Höhe foll mit ($m =$) 5-facher Sicherheit und bei Querfchnittsausbildung nach Nr. 20 der Zufammenftellung auf S. 209 aus 2 **[**-Eifen eine Laft $P = 4000^{kg}$ tragen. Die Stütze fteht unten mit breitem Fufse ftumpf auf und ift oben ganz frei (Fall I, $C = 2{,}5$). Die beiden **[**-Eifen follen fo weit voneinander ftehen, dafs das Trägheitsmoment für die Achfe II mindeftens ebenfo grofs wird, wie für I (Nr. 20 der gedachten Zufammenftellung). Dann ift die für das Trägheitsmoment mafsgebende Abmeffung h und $c = 0{,}151$.

Nach Gleichung 189 (S. 212) mufs fein

$$2 f h^2 = \frac{5 \cdot 4000 \cdot 500^2}{2{,}5 \cdot 2000000 \cdot 0{,}151}, \quad \text{alfo} \quad f h^2 = 3311 \text{ (auf Centim. bezogen).}$$

Für **[**-Eifen Nr. 12 ift $f h^2 = 17{,}04 \cdot 12^2 = 2460$ (auf Centim. bezogen)

» » » 14 » $f h^2 = 20{,}4 \cdot 14^2 = 4000$ » » »

Nr. 14 ift demnach zu wählen. Für Nr. 14 folgt nach Nr. 20 der Zufammenftellung auf S. 209 mit $k_1 = 0{,}62 \left[\sqrt{1{,}58 \left(\frac{14}{6}\right)^2 - 1} - 1\right] = 1{,}07$ und fomit die für $\mathfrak{J}_I = \mathfrak{J}_{II}$ auszuführende Schlitzweite

$$\delta_1 = k_1 b = 1{,}07 \cdot 6 = 6{,}42 = \infty\, 6{,}5^{cm}.$$

Werden die Trägheitsmomente durch Nachrechnen geprüft, fo ergeben fich nach der Tabelle für Normal-**[**-Eifen $\mathfrak{J}_I = 2 \cdot 609 = 1218$ (auf Centim. bezogen) und $\mathfrak{J}_{II} = 2\left[71 + 20{,}4 \left(\frac{6{,}5}{2} + 1{,}91\right)^2\right]$ $= 1226$ (auf Centim. bezogen), alfo nicht ganz $0{,}7$ Vomhundert Fehler.

Hätte man von vornherein Gleichung 193 (S. 213) zur Berechnung von $\mathfrak{J}_{min}$ benutzt, fo hätte man erhalten:

$$\mathfrak{J}_{min} \geqq \frac{4000 \cdot 5 \cdot 500^2}{2{,}5 \cdot 2000000} = 1000$$

für 2 **[**-Eifen, was wieder zu Nr. 14 führt.

Die Zahl N der Querverbindungen folgt, da für ein **[**-Eifen nach der Tabelle für Normal-**[**-Eifen $i = 71$ und $n = 2$ ift, nach Gleichung 194 (S. 213)

$$N = \frac{500}{3{,}14} \sqrt{\frac{5 \cdot 4000}{2 \cdot 2000000 \cdot 71}} = 1{,}34 = \infty\, 2.$$

Demnach genügen, abgefehen von den Verbindungen an beiden Enden, zwei Verbindungen im 1. und 3. Viertel der Länge.

Beifpiel 5. Für eine oben und unten verdrehbar geführte Stütze (Fall II, $C = 10$), welche $P = 70000^{kg}$ mit ($m =$) 6-facher Sicherheit bei 800^{cm} Länge zu tragen hat, ftehen Winkeleifen $11 \times 11 \times 1{,}2^{cm}$ zur Ausbildung eines Querfchnittes nach Nr. 29 der Zufammenftellung auf S. 211 (Fig. 566) zur Verfügung; wie weit find die Winkeleifen auseinander zu rücken, und wie oft find fie zu verbinden, damit die Stütze fteif genug wird?

Für ein Winkeleifen ift $f = 25^{qcm}$; die Druckfpannung überfchreitet alfo mit $\frac{70000}{4 \cdot 5} = 700^{kg}$ für 1^{qcm} die zuläffige Grenze nicht.

Nach Nr. 29 der Zufammenftellung auf S. 211 ift für die Quadratfeite $k\,h$ die Steifigkeitsziffer $c = 0{,}177 + \frac{k}{4}(k - 1{,}148)$; folglich lautet Gleichung 189 (S. 212) für diefen Fall bei $h = 11^{cm}$

$$4 \cdot 25 \cdot 11^2 = \frac{6 \cdot 70000 \cdot 800^2}{10 \cdot 2000000 \left[0{,}177 + \frac{k}{4}(k - 1{,}148)\right]},$$

woraus $k = 2{,}59$ folgt.

Die Quadratfeite des Querfchnittes ift daher

$$k\,h = 2{,}59 \cdot 11 = 28{,}5^{cm}$$

zu machen. Dies ift ausführbar, da der Querfchnitt bei $28{,}5 - 2 \cdot 11 = 6{,}5^{cm}$ lichtem Zwifchenraume zwifchen den Schenkeln für Nietung und Unterhaltung hinreichend zugänglich bleibt.

Für das einzelne Winkeleifen ift nach Nr. 7 der Zufammenftellung auf S. 206 und Gleichung 188 (S. 205)

$$i = 0{,}0381 \cdot 25 \cdot 11^2 = 115 \text{ (auf Centim. bezogen),}$$

somit nach Gleichung 194 (S. 213) bei $n = 4$

$$N = \frac{800}{3{,}14} \sqrt{\frac{6 \cdot 70000}{4 \cdot 2000000 \cdot 115}} = 5{,}5 = \infty\, 6.$$

Außer den Endverbindungen müssen also noch 6 Verbindungen in den ungeraden Zwölfteln der Länge hergestellt werden, indem man je ein Rechteckblech mit 6 Nieten nach Fig. 580 auf jede der vier Seiten des Querschnittes legt.

d) Kopf der Freistützen.

297. Ausbildung. Die Durchbildung der Stützenköpfe hängt derart von der Gestalt des zu tragenden Teiles ab, daß eine allgemeine Behandlung nicht thunlich erscheint. Nur die folgenden Regeln sind für die Mehrzahl der Fälle gültig.

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

Reicht die Stütze durch mehrere Geschosse, so ist es bei Gußeisen in der Regel zweckmäßig, die die Last aufnehmenden Teile nicht in feste Verbindung mit der Stütze zu bringen, sondern einen gesonderten Gußring mit den nötigen Ansätzen[120]) um die Stütze zu legen, welcher sich auf einen Wulst der letzteren setzt. Man gelangt auf diese Weise unter allen Umständen zu einfachen Gußformen und zur Möglichkeit der Erfüllung der letzten Regel, daß die Stützen verschiedener Geschosse thunlichst ohne Einfügen eines Zwischengliedes und ohne Querschnittsschwächungen unmittelbar aufeinander stehen sollen.

Die Stützen verschiedener Geschosse werden in der Regel gesondert hergestellt und greifen in oder dicht über der Kopfkonstruktion falzartig mit abgedrehten Druckflächen unter Einlegen von Blei- oder besser Kupferringen ineinander. Nur bei leichten Stützen werden die die Last aufnehmenden Teile fest an die Stütze gegossen, wodurch der Guß erschwert wird und die Gußspannungen sich erhöhen.

Bei schweißeisernen Stützen nietet man zur Aufnahme der Lasten Kragstücke in die Schlitze für die Füllstreifen, da diese fast stets zur Vergrößerung der Sicherheit gegen Zerknicken zugefügten Streifen am Kopfe nicht mehr erforderlich sind. Fehlen die Schlitze, so erfolgt die Befestigung an den vorspringenden Flanschen. Für die verschiedenen Geschosse sind auch diese Stützen neuerdings nach Abhobeln der Endflächen, nötigenfalls unter Einlegen von Kupfer, stumpf aufeinander gesetzt[121]), und es werden alsdann Seitenverschiebungen durch Einsetzen vorspringender Lappen in den Fuß der oberen Stütze verhindert, welche in den Kopf der unteren greifen, oder es werden schweißeiserne Platten eingelegt, welche dem Stützenquerschnitte entsprechend oben und unten mit dem Hobel ausgenutet sind.

Das stumpfe Aufsetzen ist jedoch nur bei lotrecht belasteten Freistützen zulässig. Haben sie Biegung auszuhalten, so müssen gußeiserne Stützen entsprechend tief ineinander greifen (vergl. die Ausbildung der Füße unter e); schweißeiserne sind entweder ohne Stoß durchzuführen oder, wenn sie zu lang werden, vollständig zu verlaschen.

---

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

121) Siehe die Konstruktion der Freistützen im Packhofe zu Berlin in: Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 375.

Geteilte Stützen können, entſprechend der Abnahme der Laſt, von unten nach oben in den Geſchoſſen ſchrittweiſe verſchwächt werden.

Beiſpiele von Einzelausbildungen der Stützenköpfe werden im nächſten Bande, Heft 3 (Abt. III, Abſchn. 2, A, Kap. 1) dieſes »Handbuches« mitgeteilt werden.

Ausdrücklich gewarnt werden muſs vor dem weit verbreiteten Auflegen von Trägern auf die volle Kopffläche oder gar auf weitausladende Auskragungen an den Stützenköpfen, welches nahezu in allen Fällen Kantendrücke, alſo ſchiefe Belaſtungen der Stützen zur Folge hat. Wenn dieſer weit verbreitete Fehler nicht öfter Unfälle hervorruft als der Fall iſt, ſo liegt die Urſache in dem hohen Sicherheitsgrade, mit dem die Stützen ausgebildet werden, der dann aber durch das Begehen dieſes Fehlers ganz oder nahezu verloren geht. Da nun die hohe Sicherheit nicht dieſes Punktes wegen, ſondern zur Deckung einer ganzen Reihe anderer ungünſtiger, aber unvermeidlicher Umſtände gegeben wird, ſo iſt es höchſt bedenklich, ſich bei Einführung dieſer zwar einfachen, bequemen und billigen, aber fehlerhaften Art der Lagerung auf den rechnungsmäſsigen Sicherheitsgrad zu verlaſſen.

e) Fuſs der Freiſtützen.

Jede Freiſtütze bedarf eines Fuſses, welcher die Aufgabe hat, die hohe Preſſung in der Stütze durch Verbreiterung der Unterfläche auf die geringere zu ermäſsigen, welche auf Quader, Mauerwerk und Baugrund ausgeübt werden darf[122]). Im weiteſten Sinne beſteht daher der Fuſs bei ſchweren Freiſtützen aus der eiſernen Druckplatte, dem Grundquader und dem Fundamentmauerwerke, von welchen Teilen jedoch häufig einer — am häufigſten der Quader — fehlt. 298. Zweck und Ausbildung.

Der hier zu betrachtende Fuſs der Freiſtütze im engeren Sinne iſt die Druckplatte, welche die Preſſungsverteilung auf den Quader oder das Mauerwerk bewirkt. Ihre Ausbildung hängt weſentlich davon ab, ob lediglich lotrechte 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).

1) Füſse guſseiſerner Stützen.

α) Druckplatten.

Für leichte Guſsſtützen gieſst man dieſe mit der Stütze ſelbſt zuſammen, wobei jedoch die Endöffnungen hohler Stützen des Guſsverfahrens wegen frei bleiben. Querſchnitte nach Fig. 557 u. 558 erhalten quadratiſche, nach auſsen vorſpringende Platten; bei ſolchen nach Fig. 559 bis 562 verbindet man die einzelnen Teile des Querſchnittes durch eine nötigenfalls über dieſe noch vorſpringende Bodenplatte. 299. Angegoſſene Druckplatten.

Bezeichnet σ' die zuläſſige Preſſung auf die Unterſtützung (Quader oder Mauerwerk), ſo muſs die Plattengrundfläche

$$F = \frac{P}{\sigma'} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 201.$$

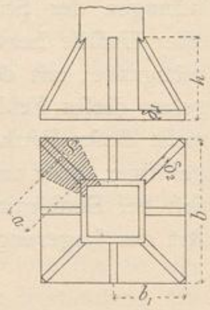
[122]) Wie aus Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte, aus der nächſten Abteilung des vorliegenden Bandes und aus dem darauf folgenden Bande dieſes »Handbuches« hervorgeht, beträgt die zuläſſige Preſſung im Mittel für Quader 20 bis 50 kg, für Klinkermauerwerk in Zement 15 kg, für Mauerwerk aus harten Backſteinen in verlängertem Zementmörtel 10 bis 12 kg für 1 qcm, für gewöhnliches Backſteinmauerwerk 7 bis 8 kg, für Bruchſteinmauerwerk 6 bis 7 kg, für Beton 5 bis 6 kg, auf den Baugrund $0{,}5$ bis 4 kg für 1 qcm.

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

$$b = \sqrt{\frac{P}{\sigma'} + f} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 202.$$

Zwiſchen Stütze und Platte werden, um das Abbrechen der letzteren zu verhüten, Rippen eingeſetzt, und zwar gewöhnlich 4 oder 8; nur ganz kleine Platten, etwa als Fuſs der Querſchnitte von Fig 559, 561 u. 562 ausgebildet, entbehren ſolcher Rippen. Die Rippen werden ſo bemeſſen, daſs ſie allein ſchon das Abbrechen verhindern.

Fig. 581.



Zur Berechnung der Rippen beſtimme man den Schwerpunkt S der durch eine Eckrippe zu unterſtützenden Fläche (in Fig. 581 ſchraffiert); bei n Rippen wirkt dann bezüglich der Rippenwurzel die Kraft $\frac{P}{n}$ am Hebelsarme a, und die Rippenabmeſſungen folgen bei 250 kg zuläſſiger Zugbeanſpruchung des Guſseiſens alsdann aus

$$\delta_2 = 0{,}024 \, \frac{P a}{n h^2} \quad \text{und} \quad h = 0{,}155 \sqrt{\frac{P a}{n \, \delta_2}} \, , \quad . \quad . \quad 203.$$

worin δ_1 oder h den Verhältniſſen entſprechend angenommen wird.

Die überall gleiche Plattendicke δ_1 folgt, wenn b_1 die gröſste Rippenentfernung und σ' die Preſſung unter der Platte iſt, aus

$$\delta_1 \geqq 0{,}043 \; b_1 \sqrt{\sigma'} \; ; \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 204.$$

jedoch iſt δ_2 mindeſtens 1,5 cm zu machen.

Beiſpiel. Eine Kreisringſtütze aus Guſseiſen, welche unten mit angegoſſenem Fuſse ſtumpf aufſteht, oben ganz frei iſt (Fall I, $C = 2{,}5$), hat bei ($l =$) 600 cm Höhe ($P =$) 20000 kg zu tragen, ſoll ($m =$) 8-fache Sicherheit und ($\delta =$) 1,8 cm Wandſtärke haben. Bezeichnet d den gemittelten Ringdurchmeſſer, ſo iſt nach Gleichung 189 (S. 212) für $F = d \delta \pi$ und $h = d$

$$d \, . \, 1{,}8 \, . \, 3{,}14 \, d^2 = \frac{8 \, . \, 20000 \, . \, 600^2}{2{,}5 \, . \, 1000000 \, . \, 0{,}125} \, , \quad \text{woraus} \quad d = 32 \,\text{cm}.$$

Der äuſsere Durchmeſſer iſt alſo $32 + 1{,}8 = 33{,}8$ cm, der innere $32 - 1{,}8 = 30{,}2$ cm.

Die Untermauerung beſteht aus gutem Backſteinmauerwerke; dann iſt $\sigma' = 8$ kg für 1 qcm. In Gleichung 202 iſt $f = 30{,}2^2 \, \frac{3{,}14}{4} = 716$ qcm, alſo die Seite der quadratiſchen Fuſsplatte

$$b = \sqrt{\frac{20000}{8} + 716} = 55{,}9 = \infty \, 56 \,\text{cm}.$$

Bei $n = 8$ Rippen iſt $b_1 = \frac{b}{2} = 28$ cm; folglich nach Gleichung 204: $\delta_1 = 0{,}043 \, . \, 28 \sqrt{8} = 3{,}4$ cm.

Die Rippen ſollen je $\delta_2 = 2{,}5$ cm ſtark ſein; dann folgt ihre Höhe nach Gleichung 203, nachdem a beſonders zu 10,5 cm ermittelt iſt, mit

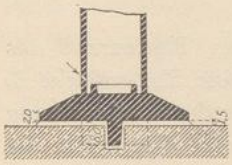
$$h = 0{,}155 \sqrt{\frac{20000 \, . \, 10{,}5}{8 \, . \, 2{,}5}} = 16 \,\text{cm}.$$

300. Geſonderte Druckplatten.

Schwere Stützen nehmen durch angegoſſene Füſse zu ſchwierige Guſsformen an, und bei ſchweiſseiſernen, bei denen die Ausbildung ſchweiſseiſerner Druckplatten meiſt auf Schwierigkeiten ſtöſst, iſt das Angieſsen überhaupt unmöglich. Man kommt auf dieſe Weiſe zu geſondert 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 Steinkonſtruktion bedingt iſt. Die Stärke dieſer

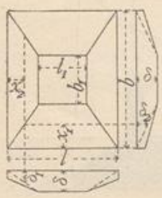
Platten wächſt vom Rande bis zur Auſsenkante der Stütze an; unter der Stütze bleibt ſie unveränderlich und wird nur durch einen der Hohlform der Stütze entſprechenden Wulſt erhöht, welcher Verſchiebungen der Stütze verhindert. Um die Stütze nach Verlegen der Platte noch genau einſtellen zu können, iſt dieſer Wulſt zu eng zu machen; der frei bleibende Zwiſchenraum wird nachträglich durch Bohrlöcher in der Stützenwandung mit Blei, Weiſsmetall oder Zement ausgegoſſen (Fig. 582). Für nicht hohle Stützenquerſchnitte erhält die Platte meiſt eine dem Stützenquerſchnitte entſprechende Nut, in welche die Stütze eingreift. Die Unterfläche der Stütze, ſowie die Standfläche auf der Platte werden abgehobelt, bezw. abgedreht; auch hier iſt eine Zwiſchenlage von Walzblei oder Kupfer zweckmäſsig.

Fig. 582.



Die Platte wird 1,5 cm hohl auf Eiſenkeilen verlegt, dann mit Zement vergoſſen und nach dem Erhärten des letzteren von den Keilen befreit. Es iſt jedoch nicht leicht, das Vergieſsen ſo durchzuführen, daſs keinerlei Hohlräume bleiben, deren Vorhandenſein die Preſſungsverteilung ungleichmäſsig macht. Daher zieht man neuerdings vielfach trockene Zwiſchenlagen von etwa 2 mm dickem Walzblei zwiſchen Platte und Quader oder Mauerwerk vor, die alle Unebenheiten mit Sicherheit ausgleichen. Selbſtverſtändlich müſſen die Druckflächen vorher gut zugerichtet ſein. Die gebräuchliche Befeſtigung der Platte durch Steinſchrauben nach unten iſt überflüſſig; will man ſich gegen zufällige Seitenverſchiebungen ſichern, ſo gebe man der Platte eine 5 bis 8 cm hohe Kreuzrippe nach unten, welche in eine entſprechende Nut der Unterlage greift und hier vergoſſen wird (Fig. 582). Das Vergieſsen wird hierdurch an ſich erſchwert, aber unvermeidlich, da die Rippen in ihren Nuten dicht ſchlieſsen müſſen, wenn ſie ihren Zweck erfüllen ſollen. Das Einlegen von Walzblei iſt alſo bei Anordnung von Rippen nicht möglich. Ein gutes Erſatzmittel für die Rippen beſteht darin, daſs man halbkreisförmige Kerben in die Plattenkanten gieſst und entſprechende kreisrunde Stahldollen mit feinem Beton vor dem Verlegen der Platten im Mauerwerke oder im Quader feſtſtampft. Dann kann auch wieder zu den Zwiſchenlagen aus Walzblei gegriffen werden.

Fig. 583.



Die notwendige Grundfläche der vollen Platte (Fig. 583) iſt

$$l\,b = F = \frac{P}{\sigma'}, \qquad 205.$$

die Seite der quadratiſchen Platte

$$b = \sqrt{\frac{P}{\sigma'}} \qquad 206.$$

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 Abſtande x_1, bezw. x_2 von den Kanten nach dem gröſseren Werte aus folgenden beiden Formeln zu bemeſſen:

$$\delta_1 = 0{,}1\,x_1 \sqrt{\frac{\sigma'}{3}\,\frac{3\,l - 2x_1\dfrac{l-l_1}{b-b_1}}{l - 2\,x_1\dfrac{l-l_1}{b-b_1}}} \text{ oder } \delta_2 = 0{,}1\,x_2 \sqrt{\frac{\sigma'}{3}\,\frac{3\,b - 2x_2\dfrac{b-b_1}{l-l^1}}{b - 2\,x_2\dfrac{b-b_1}{l-l_1}}} \qquad 207.$$

Für die gröfste Plattenftärke ift

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

einzufetzen; die Gleichungen lauten alsdann:

$$\left.\begin{array}{l} \delta_{1\,max} = 0{,}05\,(b - b_1)\sqrt{\dfrac{\sigma'}{3}\left(1 + 2\dfrac{l}{l_1}\right)}, \\ \delta_{2\,max} = 0{,}05\,(l - l_1)\sqrt{\dfrac{\sigma'}{3}\left(1 + 2\dfrac{b}{b_1}\right)}. \end{array}\right\} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 208.$$

In der Regel ift hierin für x_1 und x_2 der Abftand von Plattenrand bis Stützenrand einzuführen; der gröfsere Wert giebt alsdann die gröfste Plattenftärke δ, welche geradlinig nach der Randftärke von 2 cm ausläuft. Grofse Platten kann man jedoch fo formen, dafs man von der Randftärke aus wagrechte Ebenen in die Kurven für δ_1, bezw. δ_2 einfchneiden läfst.

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

$$\delta_1 = 0{,}1\,x_1\sqrt{\frac{\sigma'}{3}\,\frac{3\,l - 2\,x_1}{l - 2\,x_1}} \quad \text{und} \quad \delta_2 = 0{,}1\,x_2\sqrt{\frac{\sigma'}{3}\,\frac{3\,b - 2\,x_2}{b - 2\,x_2}} \quad . \; . \; 209.$$

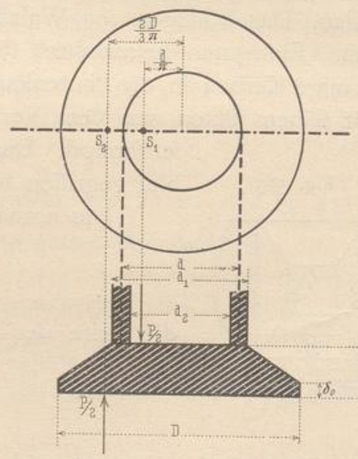
Ift fchliefslich die Platte quadratifch, alfo $l = b$ und $l_1 = b_1$, fo werden δ_1 und δ_2 gleich; alsdann genügt eine der Formeln 209.

301. Kreisrunde volle Grundplatten.

Nachdem die Mafse d, d_1 und d_2 für die Stütze aus der Laft P feftgeftellt find, wird zunächft mit Bezug auf Fig. 584 und die oben verwendeten Bezeichnungen

$$D = 1{,}13\sqrt{\frac{P}{\sigma'}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; 210.$$

Fig. 584.



Bezeichnen ferner (Fig. 584) S_1 den Schwerpunkt der halben Kreislinie des Durchmeffers d und S_2 den der Halbkreisfläche des Durchmeffers D, fo ift das Moment, welches die Platte mitten zu durchbrechen fucht,

$$M = \frac{P}{2}\left(\frac{2\,D}{3\,\pi} - \frac{d}{\pi}\right), \quad . \; . \; 211.$$

und bei der Zugfpannung σ_g im Gufseifen ift dann die Dicke δ der Grundplatte zu berechnen nach

$$\delta = 0{,}7984\sqrt{\frac{P}{\sigma_g}\,\frac{(2\,D - 3\,d)\,(2\,D + d_1)}{(D + d_1)^2 + 2\,D\,d_1}}, \quad 212.$$

worin σ_g in der Regel = 250 kg für 1 qcm anzunehmen ift. δ_0 ift wieder fo zu wählen, dafs die Platte eben bequem zu giefsen ift, jedoch nicht kleiner als 1,5 cm.

Beifpiel. 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 mufs, hat 28000 kg zu tragen und ruht auf Mauerwerk, welches mit $\sigma' = 8$ kg für 1 qcm belaftet werden darf.

Nach Gleichung 205 ift $F = \frac{28000}{8} = 3500$ qcm, alfo $l \cdot 50 = 35000$ und $l = 70$ cm. Nach Gleichung 208 wird die gröfste Plattenftärke

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

und

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

Letzteres ift auszuführen. Will man die Seitenflächen der Platten gekrümmt formen, fo ergiebt fich die Krümmung aus den gröfsten Werten der Gleichung 207, indem man die zufammengehörigen Werte von x_1 und x_2 einführt.

302. Gegliederte Druckplatten.

Für fchwere Freiftützen liefern diefe vollen Platten zu grofse Stärkenmafse; die Platten find alsdann behufs Metallerfparnis zu gliedern. Solche Platten kommen vorwiegend unter allfeitig-fymmetrifchen Stützenquerfchnitten vor (Fig. 557, 558, 559, 565, 570, 571, 572, 573, 575 u. 576); fie haben daher bei quadratifcher Grundform einen meift kreisförmigen oder quadratifchen Auffatz mit Verftärkungsrippen, find innen hohl, aber von oben zugänglich, um auch von der Mitte her vergoffen werden zu können.

Fig. 585.

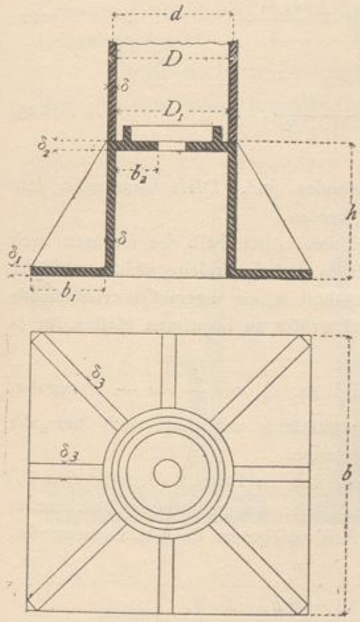


Fig. 585 zeigt eine derartige Platte für eine Freiftütze mit kreisringförmigem Querfchnitte; fie ift für andere um die Mitte fymmetrifch entwickelte Querfchnitte leicht umzuformen. Die Platte wird in der Quadratmitte von einem Moment M gebogen, deffen Kraft $\frac{P}{2}$ und deffen Hebelsarm dem Abftande des Schwerpunktes der halben Plattenfläche von dem des halben Kreisringes gleich ift; diefem Moment mufs fie in folcher Weife Widerftand leiften, dafs unten die für Gufseifen zuläffige Zugfpannung s_g nicht überfchritten wird. Der Gang der Feftlegung der einzelnen Abmeffungen ift folgender.

Zunächft ift, mit Bezug auf Fig. 585,

$$b = \sqrt{\frac{P}{\sigma'} + \frac{D_1^2 \pi}{4}} \quad \ldots\ldots \quad 213.$$

zu machen; alsdann folgt

$$b_1 = \frac{b - D_1 - 2\delta}{2} \quad \ldots\ldots \quad 214.$$

Wird nun die Anzahl der Rippen der Dicke δ_3 zu n angenommen, fo folgt die gröfste freitragende Weite l_2 der Plattenkante zwifchen zwei Rippen aus

$$l_2 = \frac{4\,b}{n}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 215.$$

wenn jedenfalls Rippen nach den vier Ecken laufen.

Weiter ift die Dicke δ_1 der unteren Platte zu beftimmen nach

$$\delta_1 = 0{,}0577\, l_2 \sqrt{\sigma'} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 216.$$

Alsdann beftimme man das Biegungsmoment M, welches die Fufsmitten durchzubrechen ftrebt. Die Kraft diefes Moments ift $\frac{P}{2}$; der Hebel ergiebt fich, wenn man vom Abftande des Schwerpunktes der halben Unterfläche des Fufses von der Mitte den Abftand des Schwerpunktes der halben Mittellinie des Stützenquerfchnittes abzieht. In dem durch Fig. 585 dargeftellten Falle ift der erftere Abftand $\frac{b^3 - \frac{2}{3} D_1^3}{4\,b^2 - \pi D_1^2}$ und der letztere $\frac{d}{\pi}$. In diefem Falle ift das Biegungsmoment demnach

$$M = \frac{P}{2}\left(\frac{b^3 - \frac{2}{3} D_1^3}{4\,b^2 - \pi D_1^2} - \frac{d}{\pi}\right). \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 217.$$

Nun kann man zunächst für die Fußhöhe h Grenzen nach

$$h \gtrless \frac{b_1 \delta_1}{3 \delta}\left(1 \mp \sqrt{1 - \frac{15 \delta}{b_1}}\right) \quad \ldots \ldots \quad 218.$$

festlegen, worin δ in der Regel gleich der Dicke der Stützenwand, welche darüber steht, jedoch jedenfalls so anzunehmen ist, dass

$$\delta < \frac{b_1}{15} \quad \ldots \ldots \quad 219.$$

bleibt. Einen ungefähren Mittelwert, nämlich das Mittel aus den beiden Grenzen der Gleichung für h, liefert

$$h_{mittel} = \frac{b_1 \delta_1}{3 \delta} \quad \ldots \ldots \quad 220.$$

Sind hiernach h und δ vorläufig festgelegt, so berechne man die Hilfsgrößen

$$A = 2 b_1 \delta_1 \left(\frac{h}{5} - \frac{\delta_1}{2}\right) - \frac{3 \delta h^2}{5} \quad \ldots \ldots \quad 221.$$

und

$$B = \frac{M h}{750} - \frac{26}{75} \delta h^3 - 2 b_1 \delta_1 \left(\frac{h}{5} - \frac{\delta_1}{2}\right)^2 - \frac{b_1 \delta_1^3}{6} \quad \ldots \ldots \quad 222.$$

Mit Hilfe dieser berechne man alsdann b_2 und δ_2 nach

$$b_2 = \frac{A^3}{4 B \left(\frac{4}{5} A h - B\right)} \quad \text{und} \quad \delta_2 = \frac{A^2}{2 b_2 B}, \quad \ldots \ldots \quad 223.$$

womit alle erforderlichen Einzelwerte bis auf die Rippendicke δ_3 gefunden sind. Diese kann nach dem Ausdrucke für δ_2 in Gleichung 203 (S. 230) zu Fig. 581 berechnet werden.

Die Gleichung 223 ist für eine nicht ganz zutreffende Wahl von h innerhalb der Grenzen nach Gleichung 218, bezw. 220 sehr empfindlich und liefert oft Werte für δ_2 und b_2, welche nicht ausführbar sind. Man bilde dann das Produkt $\delta_2 b_2$, und wenn dieses eine für die obere Rippe angemessen erscheinende Flächengröße liefert, so forme man es unter Beibehaltung der Produktgröße zu bequemen Maßen für δ_2 und b_2 um.

Giebt aber $\delta_2 b_2$ eine unzweckmäßige Flächengröße, oder wird gar b_2 mit $\frac{4}{5} A h - B$ negativ, so war die gemachte Annahme von h zwischen dessen Grenzen unzweckmäßig und muss nach Maßgabe der Erfahrungen an der ersten Rechnung für eine zweite berichtigt werden.

Beispiel. Für eine hohle Gussäule von 850 cm Höhe ergiebt sich im Falle II (S. 205; $C = 10$) bei 8-facher Sicherheit für eine Last ($P =$) 95000 kg und 3 cm Wandstärke ein gemittelter Durchmesser $d = 29$ cm, also $D = 32$ cm und $D_1 = 26$ cm. Steht der zugehörige Fuß auf gutem Backsteinmauerwerke, so ist $\sigma' = 8$ kg für 1 qcm, also nach Gleichung 213 u. 214

$$b = \sqrt{\frac{95000}{8} + \frac{26^2 \cdot 3{,}14}{4}} = 112 \text{ cm} \quad \text{und} \quad b_1 = \frac{112 - 26 - 2 \cdot 3}{2} = 40 \text{ cm}.$$

Damit wird aber der Bedingung $\delta < \frac{b_1}{15}$ nicht genügt; es soll daher δ im Fuße $= 2{,}5$ cm, folglich $D_1 = 32 - 5 = 27$ cm und $d = 29{,}5$ cm gemacht werden. Der Einfluss dieser Aenderung auf b kann vernachlässigt werden. Werden nun nach Fig. 586: $n = 12$ Rippen angenommen, so ist $l_2 = \frac{4 \cdot 112}{12} = 37{,}3$ cm und nach Gleichung 216: $\delta_1 = 0{,}0577 \sqrt{8} \cdot 37{,}3 = 6{,}087 = \infty\, 6{,}0$ cm.

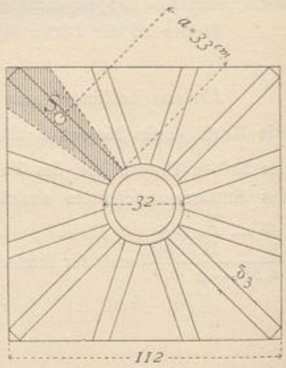


Fig. 586.

Weiter ist das Biegungsmoment nach Gleichung 217

$$M = \frac{95000}{2}\left(\frac{112^3 - \frac{2}{3}\,27^3}{4 \cdot 112^2 - 3{,}14 \cdot 27^2} - \frac{29{,}5}{3{,}14}\right) = 817000 \text{ cmkg}.$$

Nach Gleichung 220 ist ferner h_{mittel} zunächst mit $\frac{40 \cdot 6}{3 \cdot 2{,}5} = 32$ cm anzunehmen. Die Proberechnung ergiebt hierfür jedoch einen negativen Wert für B, welcher zeigt, dass h zu groß angenommen wurde. Wird also $h = 31$ cm eingeführt, so wird nach

Gleichung 221: $A = 2 \cdot 40 \cdot 6 \left(\frac{31}{5} - \frac{6}{2}\right) - \frac{3 \cdot 2{,}5 \cdot 31^2}{5} = 94{,}5$;

Gleichung 222: $B = \frac{817\,000 \cdot 31}{750} - \frac{26 \cdot 2{,}5 \cdot 31^3}{75} - 2 \cdot 40 \cdot 6 \left(\frac{31}{5} - \frac{6}{2}\right)^2 - \frac{40 \cdot 6^2}{6} = 1595$;

Gleichung 223: $b_2 = \frac{94{,}5^3}{4 \cdot 1595 \left(\frac{4}{5}\, 94{,}5 \cdot 31 - 1595\right)} = 0{,}1767\ \text{cm}$;

Gleichung 223: $\delta_2 = \frac{94{,}5^2}{2 \cdot 0{,}1767 \cdot 1595} = 15{,}844\ \text{cm}$.

Diefe Mafse für δ_2 und b_2 erfcheinen für die Ausführung unzweckmäfsig; $b_2 \delta_2 = 0{,}1767 \cdot 15{,}844$ ift gleich $2{,}8$ qcm, und diefes Rechteck wird hergeftellt, indem $\delta_2 = 1{,}4$ cm und $b_2 = 2{,}0$ cm gemacht wird. An der Richtigkeit der Rechnung wird durch diefe Abänderung nichts Wefentliches geändert.

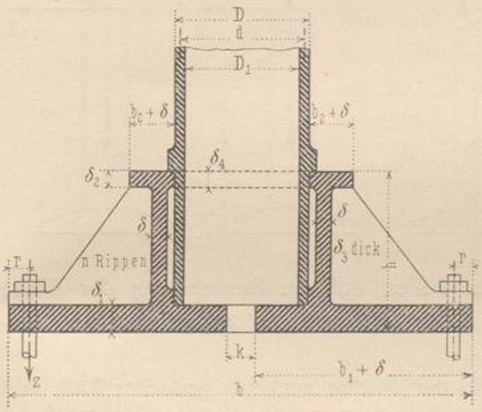
Schliefslich ift noch die Rippendicke δ_3 nach Gleichung 203 (S. 230) zu berechnen; es ergiebt fich

$$\delta_3 = 0{,}024 \, \frac{95\,000 \cdot 33}{12 \cdot 31^2} = 6{,}5\ \text{cm},$$

zu welcher Berechnung der Hebelsarm $a = 33$ cm (Fig. 581) für das Feld einer Eckrippe in Fig. 586 gefondert ermittelt ift.

Es ift nicht unbedingt erforderlich, den Auffatz des Stützenfufses nach unten in der ganzen Ausdehnung D_1 nach Fig. 585 u. 592 völlig offen zu laffen. Es genügt, wie in Fig. 587, eine kleine Ausfparung der Weite k zum Vergiefsen frei zu halten, namentlich wenn das Mafs b_2 klein ausfällt, man alfo von oben her an den Innenraum des Auffatzes herankommen kann. Diefe Mafsnahme geftattet eine Verkleinerung der Plattenbreite b, wodurch dann auch die Stützrippen kürzer und fchwächer werden.

Fig. 587.



Hierbei werden in vorftehender Berechnung die nachfolgenden Abänderungen nötig. b ift, ftatt nach Gleichung 213, zu beftimmen nach

$$b = \sqrt{\frac{P}{\sigma_1} + \frac{k^2 \pi}{4}}; \quad . \quad 224.$$

ferner b_1, ftatt nach Gleichung 214, aus

$$b_1 = \frac{b - k - 2\delta}{2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 225.$$

und das Biegungsmoment M, ftatt nach Gleichung 217, nach

$$M = \frac{P}{2}\left(\frac{b^3 - \frac{2}{3} k^3}{4 b^2 - \pi k^2} - \frac{d}{\pi}\right). \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 226.$$

Alles übrige bleibt, wie oben. Demnach ift kurz überall für D_1 die Ausfparungsweite k einzusetzen.

β) Ankerplatten.

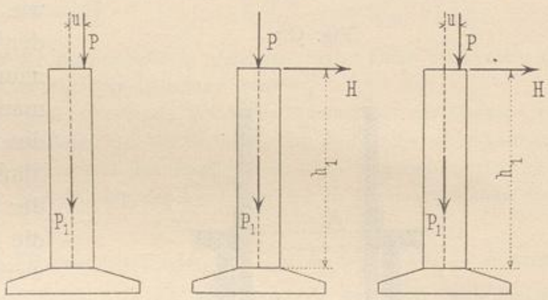
Für fefte Einfpannung von Freiftützen werden Ankerplatten verwendet; diefe bedürfen daher unter Umftänden der Verankerung nach unten (vergl. das in Art. 282, S. 202 über Fundamentanker Gefagte). Gufseiferne Stützen werden meiftens eingefpannt, wenn man dadurch den Widerftand gegen Zerknicken (Fall III u. 303. Gufseiferne Ankerplatten.

IV, S. 205) erhöhen will; breite, mit dem Fuſse ſtumpf aufgeſetzte Stützen ſind jedoch bei Belaſtung in der Schwerachſe auch ohne beſondere Verankerung als unten unverdrehbar befeſtigt anzuſehen. Wirken aus ſchiefer Belaſtung entſtehende erhebliche Momente auf die Stütze, ſo wird man meiſtens zu ſchweiſseiſernen Konſtruktionen übergehen.

Im allgemeinen empfiehlt es ſich, die Fuſsplatten für guſseiſerne Stützen ſo groſs zu wählen, daſs ſie auf der mindeſt belaſteten Seite noch einen Gegendruck oder höchſtens an der meiſt entlaſteten Kante die Spannung 0 erleiden[123]); dann iſt keinesfalls eine Verankerung nötig. Sehr häufig kann man jedoch bei ſo bemeſſener Plattengröſse die zuläſſige Preſſung auf der Unterlage σ_1 an der meiſt belaſteten Kante nicht ausnutzen. Will man letzteres erreichen, ſo muſs man die Platte kleiner machen; ſie klafft dann an der mindeſt belaſteten Kante auf und muſs verankert werden.

Sollte jedoch die Preſſung unter der meiſt belaſteten Kante bei der die Verankerung eben überflüſſig machenden Plattengröſse den zuläſſigen Wert σ_1 ſchon überſchreiten, ſo muſs die Platte noch weiter vergröſsert werden und bedarf dann um ſo weniger einer Verankerung.

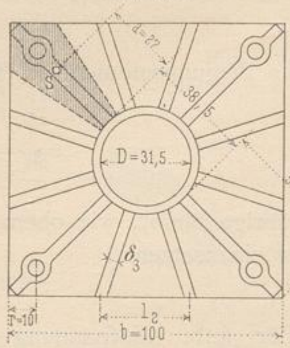
Fig. 588. Fig. 589. Fig. 590.



Nachdem die Behandlung der durch auſserhalb der Schwerachſe belaſteten, ſowie der durch Laſt und wagrechte Kraft belaſteten Stützen in Art. 284 u. 285 (S. 213 bis 215, Gleichungen 195 bis 199) vorgeführt iſt, laſſen wir hier die ausführliche Berechnung der Ankerplatten folgen, welche ſich in vielen Teilen auf die Berechnung der Füſse von in der Schwerachſe belaſteten Stützen (ſiehe Art. 302, S. 233, ſowie die Gleichungen 213 bis 223) ſtützt.

P iſt die lotrechte, in der Schwerachſe der Stütze wirkend gedachte Laſt und P_1 das Eigengewicht der Stütze; M bezeichnet das auf die Stütze wirkende Moment der äuſseren Kräfte, welches im Falle von Fig. 588 gleich Pu, im Falle von Fig. 589 gleich Mh_1 und im Falle von Fig. 590 gleich $Pu + Hh_1$ zu ſetzen und nach dieſen Ausdrücken endgültig zu berechnen iſt. $P + P_1$ mag noch gleich P_2 geſetzt werden.

Fig. 591.



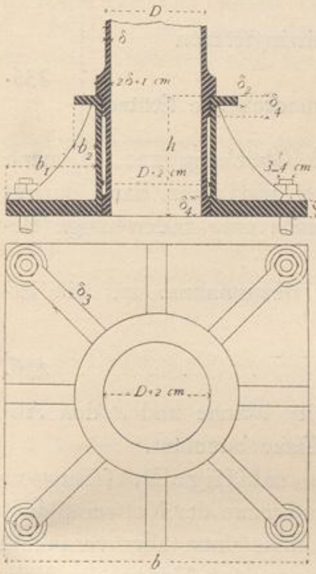
Die Berechnung ſoll, den gewöhnlichen Ausführungsformen entſprechend, für eine im Grundriſſe quadratiſche Platte der Seitenlänge b durchgeführt werden, welche zum Zwecke des Vergieſsens in der Mitte eine Oeffnung von ſo geringer Ausdehnung k hat, daſs ſie für die Preſſungsverteilung vernachläſſigt werden kann. Uebrigens iſt die für Kreisring- und quadratiſche, aber auch für viele anders geſtaltete Formen von guſseiſernen Stützen übliche Form

[123]) Siehe: Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieſes »Handbuches«, Gleichung 51, S. 273.

der Ankerplatte in Fig. 587 u. 591 dargeſtellt; dieſe ſoll der Berechnung zu Grunde gelegt werden. Die gemittelte Stützenbreite iſt hier d genannt, während ſie in Art. 284 u. 285 (S. 213 bis 215, Gleichung 195 bis 199) h hieſs. Die Berechnungsgrundlagen werden gleichzeitig für kreisrunde und quadratiſche Stützen, nötigenfalls für beide getrennt angegeben.

Uebrigens kann auch der ſchief belaſtete Ankerfuſs nach Fig. 592 nach unten ebenſo ganz offen ausgeführt werden, wie der gerade belaſtete nach Fig. 585 (S. 233). In der Berechnung treten dann ähnliche Veränderungen ein, wie ſie auf S. 235 in den Gleichungen 224 bis 226 zu den Gleichungen 213, 214 u. 217 angegeben ſind. Doch bilden die Ankerfüſse nach Fig. 587 ſo ſehr die Regel, daſs auf dieſe Veränderungen hier nicht näher eingegangen wird.

Fig. 592.



Die Grenzbreite der Platte, bei der eben noch keine Verankerung erforderlich iſt, beträgt

$$b = \frac{6\,M}{P_2}, \quad \ldots\ldots \quad 227.$$

und die gröſste bei dieſer Breite auftretende Preſſung unter der Platte iſt:

$$\sigma = \frac{P^3}{18\,M^2}. \quad \ldots\ldots \quad 228.$$

Nun ſind die beiden Fälle zu unterſcheiden, daſs das ſo ermittelte σ gröſser oder kleiner iſt als σ_1, nämlich als die für die Unterſtützung der Platte zuläſſige Druckſpannung.

α) σ (Gleichung 228) wird gröſser als die zuläſſige Preſſung σ_1. Alsdann muſs die Platte behufs Ermäſsigung der Druckſpannung vergröſsert werden; Verankerung iſt nicht nötig. Die erforderliche Plattenbreite b folgt aus

$$b^3 - b\,\frac{P_2}{\sigma_1} = \frac{6\,M}{\sigma_1} \quad \ldots\ldots \quad 229.$$

Dieſe Gleichung iſt durch verſuchsweiſes Einſetzen mehrerer Werte von b zu löſen. Die ſchwächſte Preſſung an der entlaſteten Kante iſt dann

$$\sigma_2 = \frac{1}{b^2}\left(P_2 - \frac{6\,M}{b}\right). \quad \ldots\ldots \quad 230.$$

Das Moment, welches die Preſſungen unter der Platte im Mittelquerſchnitte der ganzen Platte erzeugen, iſt

$$M_\sigma = \frac{b}{8}\left(P_2 + \frac{4\,M}{b}\right). \quad \ldots\ldots \quad 231.$$

Weiter beſtimme man nun unter Annahme eines zweckmäſsigen Wertes für k die Breite b_1 aus

$$b_1 = \frac{b - k - 2\,\delta}{2}. \quad \ldots\ldots \quad 232.$$

Bei n Stützrippen des Plattenaufſatzes folgt die Traglänge l_2 des unteren Plattenteiles zwiſchen zwei Rippen l nach Gleichung 215 und dann die Dicke δ_1 des unteren Plattenteiles für dieſen Fall nach

$$\delta_1 = 0{,}0447\; l_2 \sqrt{\sigma_1}\,; \quad \ldots\ldots \quad 233.$$

ferner prüfe man, ob das angenommene $\delta < \frac{b_1}{15}$ iſt, was der Fall ſein muſs; es ift jedoch zweckmäfsig, δ nur wenig kleiner zu machen als $\frac{b_1}{15}$, und nun berechne man h_{mittel} aus Gleichung 220, wobei man das Rechnungsergebnis für h um 1,0 bis 1,5 cm nach unten abrundet.

Wird nun zwifchen Stütze und Plattenrand der Laibungsdruck s_d zugelaffen, fo berechne man die Höhe δ_4, in der die Stütze im Plattenrande anliegen mufs, nach

$$\delta_4 = \frac{h - \delta_1}{2}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{4\,M}{D\,s_d\,(h - \delta_1)^2}}\right), \quad \ldots \quad 234.$$

welcher Wert meift fo klein ausfällt, dafs man ihn der Rechnung gegenüber zu grofs ausführen mufs.

Weiter beftimme man das den Mittelfchnitt der Platte zerbrechende Moment M_1 nach

$$\left.\begin{aligned} M_1 &= M_\sigma - \frac{P_2\,d}{2\,\pi} - \delta_4\,D\,s_d\left(\frac{4\,h}{5} - \frac{\delta_4}{2}\right) \text{ für Kreisringftützen} \\ M_1 &= M_\sigma - \frac{3}{16}\,P_2\,d - \delta_4\,D\,s_d\left(\frac{4\,h}{5} - \frac{\delta_4}{2}\right) \text{ für quadratifche Stützen} \end{aligned}\right\} \quad 235.$$

und dann die Gröfsen A nach Gleichung 221, B nach Gleichung 222, b_2 nach Gleichung 223 und δ_2 nach Gleichung 223. In der Regel wird man dann δ_4 mit der Gröfse ausführen, die fich für δ_2 ergiebt; doch ift auch eine anderweitige Bemeffung möglich, wie Fig. 592 zeigt.

Schliefslich ift die Dicke der n Stützrippen unter Bezugnahme auf die Erklärung der einzelnen Gröfsen in Fig. 586 u. 591 nach

$$\delta_3 = 0{,}012\,\frac{\sigma_1\,f\,a}{h^2} \quad \ldots \quad 236.$$

zu ermitteln, in der f die in Fig. 586 u. 591 überftrichelte Fläche und a den Abftand des Schwerpunktes S diefer Fläche vom Plattenauffatze bedeutet.

β) σ (Gleichung 228) gleich oder gröfser als die zuläffige Preffung σ_1. In diefem Falle kann die Platte gegen das Ergebnis der die Grenze der Notwendigkeit der Verankerung angebenden Gleichung 227 verkleinert, mufs dann aber verankert werden. Letzteres gefchieht in der Regel nach Fig. 591 an den Enden der Eckrippen im Abftande r von der Plattenkante; es fteht aber bei grofsen Platten auch nichts im Wege, am Ende jeder Rippe einen Anker anzubringen. Im folgenden werden fämtliche entlang der aufklaffenden Plattenkante angebrachten Anker zu der Gefamtankerwirkung Z im Abftande r von der Kante vereinigt gedacht (Fig. 587).

Zunächft ift hier die Plattenbreite b zu beftimmen aus

$$b^3 - b^2 \,.\, 2\,r - b\left(\frac{3\,P_2}{2\,\sigma_1} - r^2\right) = \frac{3}{\sigma_1}\,(M - P\,r) \quad \ldots \quad 237.$$

Ift b hiernach beftimmt, fo folgt der Gefamtankerzug Z aus

$$Z = \frac{\sigma_1\,(b - r)\,b}{2} - P \quad \ldots \quad 238.$$

Das Moment der Preffung unter der Platte in Bezug auf den Mittelfchnitt beträgt

$$M_\sigma = \frac{b^3\,\sigma_1}{48}\,\frac{5\,b - 6\,r}{b - r} \quad \ldots \quad 239.$$

Werden nun weiter b_1 nach Gleichung 232, l_2 nach Gleichung 215, δ_1 nach Gleichung 233, δ nach $\delta < \frac{b_1}{15}$ und h_{mittel} nach Gleichung 220 unter Abrundung um 1,0 bis 1,5 cm nach unten auf den Wert h und δ_4 nach Gleichung 234 beftimmt, fo ift das die Platte mitten zerbrechende Moment

$$\left.\begin{array}{l} M_1 = M_\sigma - \dfrac{P_2\, d}{2\,\pi} - \delta_4\, D\, s_d \left(\dfrac{4\,h}{5} - \dfrac{\delta_4}{2}\right) \text{ für Kreisringstützen} \\[2ex] M_1 = M_\sigma - \dfrac{3}{16}\, P_2\, d - \delta_4\, D\, s_d \left(\dfrac{4\,h}{5} - \dfrac{\delta_4}{2}\right) \text{ für quadratische Kastenstützen,} \end{array}\right\} \quad 240.$$

nach dessen Festsetzung A aus Gleichung 221, B aus Gleichung 222, b_2 aus Gleichung 223 und δ_2 aus Gleichung 223 zu bestimmen sind. δ_3 folgt dann mit Bezug auf Fig. 586 u. 591 wieder aus Gleichung 236.

Beispiel. Zu der im Beispiele zu Art. 285 (S. 215) berechneten, von der wagrechten Kraft $H = 700$ kg gebogenen, $h_1 = 600$ cm hohen Gufsstütze, für die sich (mit Bezug auf Fig. 587) $d = 30$ cm, $D = 31{,}5$ cm und $D_1 = 28{,}5$ cm ergeben hatte, soll nun der Ankerfufs unter den Annahmen berechnet werden, dafs die zulässige Pressung unter der Platte $\sigma_1 = 12$ kg für 1 qcm, der Abstand der Anker von der Kante $r = 10$ cm und die Mittelaussparung $k = 9$ cm beträgt. Die Wandstärke δ des Plattenaufsatzes (Fig. 587 u. 592) wird zunächst mit $\delta = 2{,}5$ cm eingeführt.

Die ganze Last P_2 ist, wie früher angegeben, 20 000 kg und das Moment $M = 700 \cdot 600 = 420\,000$ cmkg. Sollte keine Verankerung nötig sein, so müsste die Plattenbreite b nach Gleichung 227 betragen

$$b = \frac{6 \cdot 420\,000}{20\,000} = 126^{\text{cm}},$$

und die gröfste Pressung wäre dann nach Gleichung 228

$$\sigma = \frac{20\,000^3}{18 \cdot 420\,000^2} = 2{,}52^{\text{kg}} \text{ für } 1^{\text{qcm}}.$$

Dies ist gegenüber der zulässigen Pressung $\sigma_1 = 12$ kg für 1 qcm zu gering; die Platte mufs kleiner gemacht und daher verankert werden.

Die Plattenbreite folgt für die Bedingung $\sigma < \sigma_1$ aus Gleichung 237

$$b^3 - b^2 \cdot 2 \cdot 10 - b\left(\frac{3 \cdot 20\,000}{2 \cdot 12} - 10^2\right) = \frac{3}{12}\,(420\,000 - 20\,000 \cdot 10),$$

welche, wie leicht zu erkennen ist, die Lösung $b = 100$ cm ergiebt. Demnach wird nach Gleichung 238 der Ankerzug $Z = \dfrac{12\,(100 - 10) \cdot 100}{2} - 20\,000 = 38\,000$ kg.

Werden vier Anker nach Fig. 591 in den Ecken angebracht, so ist jeder für $\dfrac{38\,000}{2} = 19\,000$ kg, bei 1000 kg für 1 qcm Spannung, also mit 19 qcm Querschnitt auszubilden. Dem entspricht der innere Gewindedurchmesser

$$d' = \sqrt{\frac{4 \cdot 19}{\pi}} = 4{,}9^{\text{cm}};$$

also sind die Verhältnisse der Schraube Nr. 18 der *Witworth*-Skala (S. 163) für die Anker zu verwenden. Kleinere Anker können benutzt werden, wenn z. B. zwölf statt vier eingesetzt werden. Entlang einer Kante sitzen dann vier Anker; somit ist jeder für $\dfrac{38\,000}{4} = 9500$ kg mit $9{,}5$ qcm Querschnitt und

$$a' = \sqrt{\frac{9{,}5 \cdot 4}{\pi}} = 3{,}48^{\text{cm}}$$

Kerndurchmesser oder mit den Verhältnissen der *Witworth*-Schraube Nr. 14 auszubilden.

Nach Gleichung 239 ist weiter

$$M_\sigma = \frac{100^3 \cdot 12}{48} \, \frac{5 \cdot 100 - 6 \cdot 10}{100 - 10} = 1\,225\,000^{\text{cmkg}}.$$

b_1 folgt aus Gleichung 232: $b_1 = \dfrac{100 - 9 - 2 \cdot 2{,}5}{2} = 43$ cm, l_2 für $n = 12$ Rippen nach Gleichung 215: $l_2 = \dfrac{4 \cdot 100}{12} = 33{,}3$ cm und somit d_1 nach Gleichung 233 gleich $0{,}0447 \cdot 33{,}3 \cdot \sqrt{12} = 5{,}1$ cm. δ ist mit $2{,}5$ cm in der That kleiner als $\dfrac{b_1}{15} = \dfrac{43}{15} = 2{,}87$ cm, wie Gleichung 219 verlangt. Aus Gleichung 220 folgt nun $h_{mittel} = \dfrac{43 \cdot 5{,}1}{3 \cdot 2{,}5} = 29{,}2$ cm, also h vorläufig gleich 29 cm mit dem Vorbehalte, es noch etwas kleiner zu wählen, wenn sich weiter unzweckmäfsige Mafse ergeben sollten. Wird nun weiter der Laibungsdruck $s_d = 700$ kg für 1 qcm gesetzt, so folgt aus Gleichung 234:

$$\delta_4 = \frac{29 - 5{,}1}{2}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot 420\,000}{31{,}5 \cdot 700\,(29 - 5{,}1)^2}}\right) = 0{,}84^{\text{cm}};$$

dieses Mafs wird voraussichtlich gröfser auszuführen sein. Das Bruchmoment ist nach Gleichung 240:

$$M_1 = 1\,225\,000 - \frac{20\,000 \cdot 30}{2 \cdot \pi} - 0{,}84 \cdot 700 \cdot 31{,}5 \left(\frac{4 \cdot 29}{5} - \frac{0{,}84}{2}\right) = 708\,300^{\text{cmkg}};$$

folglich nach Gleichung 221:

$$A = 2 \cdot 43 \cdot 5{,}1 \left(\frac{29}{5} - \frac{5{,}1}{2}\right) - \frac{3 \cdot 2{,}5 \cdot 29^2}{5} = 1425 - 1260 = 165$$

und nach Gleichung 222:

$$B = \frac{708\,300 \cdot 29}{750} - \frac{26}{75}\, 2{,}5 \cdot 29^3 - 2 \cdot 43 \cdot 5{,}1 \left(\frac{29}{5} - \frac{5{,}1}{2}\right)^2 - \frac{43 \cdot 5{,}1^3}{6} = 680.$$

Mit diesen Werten wird nach Gleichung 223:

$$b_2 = \frac{165^3}{4 \cdot 680 \left(\frac{4}{5}\, 165 \cdot 29 - 680\right)} = 0{,}522^{\text{cm}}$$

und nach Gleichung 223:

$$\delta_2 = \frac{165^2}{2 \cdot 0{,}522 \cdot 680} = 38^{\text{cm}}.$$

Diese letzten Werte sind unbequem. $b_2\, \delta_2 = 38 \cdot 0{,}522 = 20^{\text{qcm}}$. Wird nun $\delta_2 = \delta_4 = 2{,}5^{\text{cm}}$ gemacht, so mufs $b_2 = \frac{20}{2{,}5} = 8^{\text{cm}}$ sein; der obere Rand des Plattenaufsatzes wird also $b_2 + \delta = 8 + 2{,}5 = 10{,}5^{\text{cm}}$ breit und $2{,}5^{\text{cm}}$ dick.

Für Gleichung 236 ist nach Fig. 591

$$f = \frac{100 \cdot 100 - \frac{38{,}5^2 \cdot \pi}{4}}{12} = 736^{\text{qcm}}$$

und der Schwerpunktsabstand nach zeichnerischer Ermittelung $a = 27^{\text{cm}}$; also wird nach Gleichung 236

$$\delta_3 = 0{,}012\, \frac{12 \cdot 736 \cdot 27}{29^2} = 3{,}4^{\text{cm}}.$$

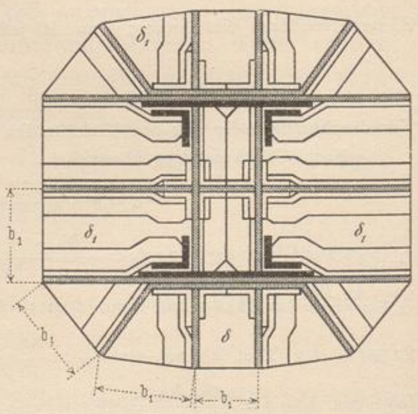
Da das Stützenende scharf in den Fufsaufsatz passen mufs, so empfiehlt es sich, die Berührungsflächen δ_4 in Fig. 587 u. 592 genau abzudrehen.

2) Füfse schweifseiferner Stützen.

304. Anwendung.

Schweifseiserne Stützen werden jetzt wegen der einfacheren Knotenbildungen und der höheren Tragfähigkeit regelmäfsig da verwendet, wo die Stützen schwere Decken in mehreren Geschossen zu tragen haben, wie in Lagerhäusern; auch dann, wenn die Last in der Schwerachse angreift. Besonders gebräuchlich ist die schweifseiserne Stütze auch, wenn aus schiefer oder schräger Belastung erhebliche Biegungsmomente wirken, da letztere durch gufseiserne Stützen namentlich in deren Füfsen, wie die obigen Berechnungen in Art. 303 zeigen, nur mit vergleichsweise grofsem Aufwande aufgenommen werden können.

Fig. 593.



305. Belastung in der Schwerachse.

Bei Belastung in der Schwerachse befestigt man die Grundplatte, deren Grundfläche nach Gleichung 201 oder 205 zu berechnen ist, unmittelbar am unteren Stützenende, indem man zwischen die Ebenen — Platten, Schenkel, Stege — des Stützenquerschnittes und die Grundplatte Stehbleche als Rippen einfügt, welche die Grundplatte gegen die Stütze abzusteifen haben und daher von ihrem Rande nach den Stützenteilen hin dreieckig verlaufen. Diese Stehbleche werden mit der Stütze, wenn möglich, unmittelbar vernietet oder durch Winkeleisen verbunden, und an die Grundplatte mittels Winkeleifen angefchloffen. Ein folches Beifpiel zeigt Fig. 593 für einen fchweren Stützenquerfchnitt.

Hier find 14 Abfteifungen der Grundplatte, für welche der Anfchlufs an die fchwarz gekennzeichneten Stützenteile bequem zu gewinnen war, in der fchraffierten Anordnung fo geftellt, dafs die entftehenden Randlängen b_1 der Platte thunlichft ringsum gleich find.

Die Dicke der Platte ift nach

$$\delta_1 = 0{,}0213\ b_1 \sqrt{\sigma_1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 241.$$

zu beftimmen.

Für den Anfchlufs der Eckausfteifungsbleche ift der Druck zu ermitteln, welcher auf die zu jedem gehörige Grundfläche kommt; für fein Moment und feine

Fig. 594.

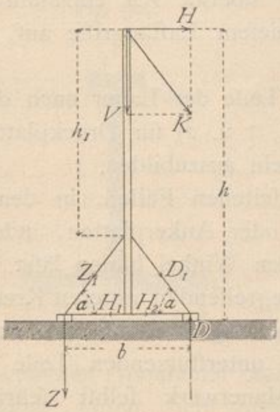


Fig. 595.

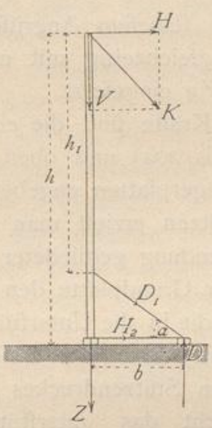
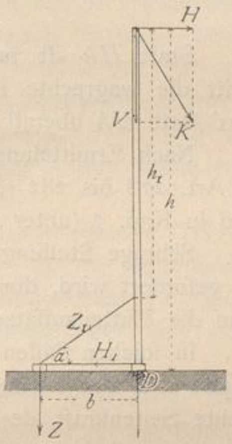


Fig. 596.



Abfcherungswirkung bezüglich der Befeftigungsftelle an der Stütze ift dann die Vernietung mit der Stütze durchzuführen, und die Höhe der Stehbleche ift fo zu bemeffen, dafs die erforderliche Anzahl der Anfchlufsniete darin untergebracht werden kann.

Uebrigens laffen fich diefe Füfse fchweifseiferner Stützen nicht mit gleicher Allgemeinheit behandeln, wie diejenigen der gufseifernen, weil die vorkommenden Stützenformen eine viel gröfsere Verfchiedenheit aufweifen und man auch die Grundform der Fufsplatte den Verfchiedenheiten der Einzelfälle mehr anpaffen wird, als bei Gufsftützen.

Bei grofsen Flächen der Grundplatte ift das Anbringen von über die Fläche gleichförmig verteilten Bohrlöchern zum Vergiefsen der Platte mit dünnem Zement zu empfehlen.

Bei Belaftung durch wagrechte Kräfte oder bei fo fchiefem (exzentrifchem) Angriffe der lotrechten Laft, dafs $u > \xi$ wird[124]), mufs die fchweifseiferne Stütze einen vollftändig verankerten, dreieckig ausladenden Fufs erhalten. Ein Beifpiel folcher Verankerung ift in Fig. 553 bis 555 (S. 203) dargeftellt. 306. Schräge und exzentrifche Belaftung.

Die Freiftütze ift in den durch Fig. 594 bis 596 veranfchaulichten drei Fällen auf den Druck V und das Biegungsmoment Hh_1 bei wagrechter, bezw. Vu bei fchiefer Belaftung, dann auch bei der hier meift notwendigen, vorwiegend in der

124) Siehe: Gleichung 51 auf S. 273 in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte diefes »Handbuches«.

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).