



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Konstruktions-Elemente in Stein, Holz und Eisen, Fundamente

Marx, Erwin

Stuttgart, 1901

1) Füße guseiserner Stützen

[urn:nbn:de:hbz:466:1-78727](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-78727)

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, Abfchn. 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 Kantendrucke, 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 darf¹²²⁾. 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.

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.

a) 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.

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

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

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 qm, 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 qm.

298.
Zweck
und
Ausbildung.

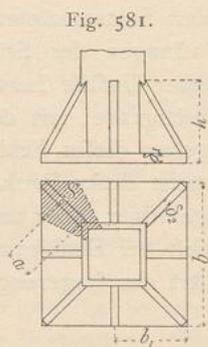
299.
Angegoffene
Druckplatten.

fein, oder bei quadratischer Form die Plattenföite b , wenn f der Querschnitt der Stützenh6hlung ist,

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

Zwischen Stütze und Platte werden, um das Abbrechen der letzteren zu verhüten, Rippen eingefetzt, und zwar gew6hnlich 4 oder 8; nur ganz kleine Platten, etwa als Fuö der Querschnitte von Fig 559, 561 u. 562 ausgebildet, entbehren solcher Rippen. Die Rippen werden so bemessen, daö sie allein schon das Abbrechen verhindern.

Zur Berechnung der Rippen bestimme man den Schwerpunkt S der durch eine Eckrippe zu unterstüzenden 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 zuläöfziger Zugbeanspruchung des Guöeifens alsdann aus



$$\delta_2 = 0,024 \frac{Pa}{nh^2} \text{ und } h = 0,155 \sqrt{\frac{Pa}{n\delta_2}}, \dots \dots 203.$$

worin δ_1 oder h den Verhältnissen entsprechend angenommen wird.

Die überall gleiche Plattendicke δ_1 folgt, wenn b_1 die gr6öste Rippenentfernung und σ' die Preöfung unter der Platte ist, aus

$$\delta_1 \geq 0,043 b_1 \sqrt{\sigma'}; \dots \dots \dots 204.$$

jedoch ist δ_2 mindestens 1,5 cm zu machen.

Beispiel. Eine Kreisringstütze aus Guöeifens, welche unten mit angegoffenem Fuöe stumpf aufsteht, oben ganz frei ist (Fall I, $C = 2,5$), hat bei ($l =$) 600 cm H6he ($P =$) 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 $h = d$

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

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

Die Untermauerung besteht aus gutem Backfeinmauerwerke; 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 Fuöplatte

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

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

Die Rippen sollen je $\delta_2 = 2,5$ cm stark fein; dann folgt ihre H6he nach Gleichung 203, nachdem a besonders zu 10,5 cm ermittelt ist, mit

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

300.
Gefonderte
Druckplatten.

Schwere Stützen nehmen durch angegoffene Fuöe zu schwierige Guöformen an, und bei schweißeisernen, bei denen die Ausbildung schweißeiserner Druckplatten meist auf Schwierigkeiten st6öft, ist das Angiefsen überhaupt unm6glich. Man kommt auf diese Weise zu gefondert ausgebildeten Druckplatten, welche für nicht allzu schwere Lasten massiv mit 2 cm Randstärke, im Grundrisse meist genau oder annähernd quadratisch, ausgeföhrt werden, da diese Grundform gew6hnlich schon durch die der unterstüzenden Steinkonstruktion bedingt ist. Die Stärke dieser

Platten wächst vom Rande bis zur Aufsenkante 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 Bohr- löcher in der Stützenwandung mit Blei, Weißmetall oder Zement ausgegossen (Fig. 582). Für nicht hohle Stützenquerchnitte erhält die Platte meist eine dem Stützenquerchnitte entsprechende Nut, in welche die Stütze eingreift. Die Unterfläche der Stütze, sowie die Standfläche auf der Platte werden abgehobelt, bzw. abgedreht; auch hier ist eine Zwischenlage von Walzblei oder Kupfer zweckmäßig.

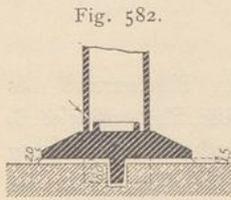
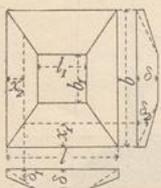


Fig. 582.

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 Stein- schrauben nach unten ist überflüssig; will man sich gegen zufällige Seitenver- schiebungen 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 mög- lich. Ein gutes Ersatzmittel für die Rippen besteht darin, daß man halbkreis- förmige 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 Walz- blei gegriffen werden.

Fig. 583.



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

$$lb = F = \frac{P}{\sigma'}, \dots \dots \dots 205.$$

die Seite der quadratischen Platte

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

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 Abstände x_1 , bzw. x_2 von den Kanten nach dem größeren Werte aus folgenden beiden Formeln zu bemessen:

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

Für die größte Plattenstärke ist

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

einzusetzen; die Gleichungen lauten alsdann:

$$\left. \begin{aligned} \delta_{1,max} &= 0,05 (b - b_1) \sqrt{\frac{\sigma'}{3} \left(1 + 2 \frac{l}{l_1}\right)}, \\ \delta_{2,max} &= 0,05 (l - l_1) \sqrt{\frac{\sigma'}{3} \left(1 + 2 \frac{b}{b_1}\right)}. \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 208.$$

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

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

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

Ist schließlich die Platte quadratisch, also $l = b$ und $l_1 = b_1$, so werden δ_1 und δ_2 gleich; alsdann genügt eine der Formeln 209.

301.
Kreisrunde
volle
Grundplatten.

Nachdem die Masse d , d_1 und d_2 für die Stütze aus der Last P festgestellt sind, wird zunächst mit Bezug auf Fig. 584 und die oben verwendeten Bezeichnungen

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

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

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

und bei der Zugspannung σ_g im Gußeisen ist dann die Dicke δ der Grundplatte zu berechnen nach

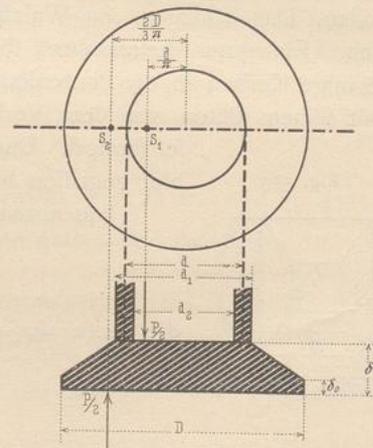
$$\delta = 0,7984 \sqrt{\frac{P}{\sigma_g} \frac{(2D - 3d)(2D + d_1)}{(D + d_1)^2 + 2Dd_1}}, \dots 212.$$

worin σ_g in der Regel = 250 kg für 1 qcm anzunehmen ist. δ_0 ist wieder so zu wählen, daß die Platte eben bequem zu gießen ist, jedoch nicht kleiner als 1,5 cm.

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

Nach Gleichung 205 ist $F = \frac{28000}{8} = 3500$ qcm, also $l \cdot 50 = 35000$ und $l = 70$ cm. Nach Gleichung 208 wird die größte Plattenstärke

Fig. 584.



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

und

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

Letzteres ist auszuführen. Will man die Seitenflächen der Platten gekrümmt formen, so ergibt sich die Krümmung aus den größten Werten der Gleichung 207, indem man die zusammengehörigen Werte von x_1 und x_2 einführt.

Für schwere Freistützen liefern diese vollen Platten zu große Stärkenmaße; die Platten sind alsdann behufs Metallerparnis zu gliedern. Solche Platten kommen vorwiegend unter allseitig-symmetrischen Stützenquerschnitten vor (Fig. 557, 558, 559, 565, 570, 571, 572, 573, 575 u. 576); sie haben daher bei quadratischer Grundform einen meist kreisförmigen oder quadratischen Aufsatz mit Verstärkungsrippen, sind innen hohl, aber von oben zugänglich, um auch von der Mitte her vergossen werden zu können.

302.
Gegliederte
Druckplatten.

Fig. 585.

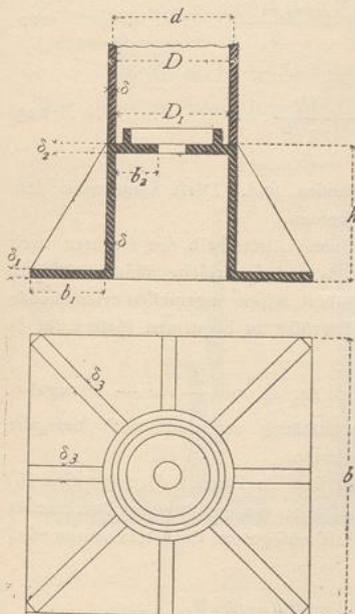


Fig. 585 zeigt eine derartige Platte für eine Freistütze mit kreisringförmigem Querschnitte; sie ist für andere um die Mitte symmetrisch entwickelte Querschnitte leicht umzuformen. Die Platte wird in der Quadratmitte von einem Moment M gebogen, dessen Kraft $\frac{P}{2}$ und dessen Hebelsarm dem Abstände des Schwerpunktes der halben Plattenfläche von dem des halben Kreisringes gleich ist; diesem Moment muß sie in solcher Weise Widerstand leisten, daß unten die für Gußeisen zulässige Zugspannung s_g nicht überschritten wird. Der Gang der Festlegung der einzelnen Abmessungen ist folgender.

Zunächst ist, mit Bezug auf Fig. 585,

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

zu machen; alsdann folgt

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

Wird nun die Anzahl der Rippen der Dicke δ_3 zu n angenommen, so folgt die größte freitragende Weite l_2 der Plattenkante zwischen zwei Rippen aus

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

wenn jedenfalls Rippen nach den vier Ecken laufen.

Weiter ist die Dicke δ_1 der unteren Platte zu bestimmen nach

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

Alsdann bestimme man das Biegemoment M , welches die Fußmitten durchzubrechen strebt. Die Kraft dieses Moments ist $\frac{P}{2}$; der Hebel ergibt sich, wenn man vom Abstände des Schwerpunktes der halben Unterfläche des Fußes von der Mitte den Abstand des Schwerpunktes der halben Mittellinie des Stützenquerschnittes abzieht. In dem durch Fig. 585 dargestellten Falle ist der erstere Abstand

$\frac{b^3 - \frac{2}{3} D_1^3}{4 b^2 - \pi D_1^2}$ und der letztere $\frac{d}{\pi}$. In diesem Falle ist das Biegemoment demnach

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

Nun kann man zunächst für die Fußhöhe h Grenzen nach

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

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

$$\delta < \frac{b_1}{15} \dots \dots \dots 219.$$

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

$$h_{\text{mittel}} = \frac{b_1 \delta_1}{3 \delta} \dots \dots \dots 220.$$

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

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

und

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

Mit Hilfe dieser berechne man alsdann b_2 und δ_2 nach

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

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 Mäßen für δ_2 und b_2 um.

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

Beispiel. Für eine hohle Gussäule von 850 cm Höhe ergibt sich im Falle II (S. 205; $C = 10$) bei 8-facher Sicherheit für eine Last ($P =$) 95 000 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

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

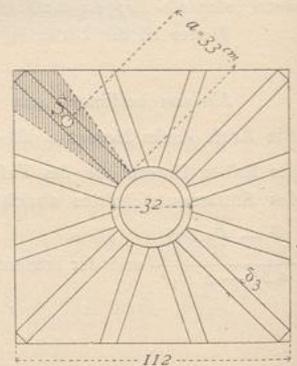
Damit wird aber der Bedingung $\delta < \frac{b_1}{15}$ nicht genügt; es soll daher δ im Fuße = 2,5 cm, folglich $D_1 = 32 - 5 = 27$ cm und $d = 29,5$ cm gemacht werden. Der Einfluß dieser Aenderung auf b kann vernachlässigt werden. Werden nun nach Fig. 586: $n = 12$ Rippen angenommen, so ist $l_2 = \frac{4 \cdot 112}{12} = 37,3$ cm und nach Gleichung 216: $\delta_1 = 0,0577 \sqrt{8 \cdot 37,3} = 6,057 = \approx 6,0$ cm.

Weiter ist das Biegemoment 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 ergibt hierfür jedoch einen negativen Wert für B , welcher zeigt, daß h zu groß angenommen wurde. Wird also $h = 31$ cm eingeführt, so wird nach

Fig. 586.



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 erleiden¹²³⁾; 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 klappt 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.

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 wirkende 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.

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

Fig. 588.

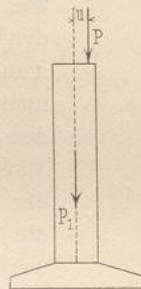


Fig. 589.

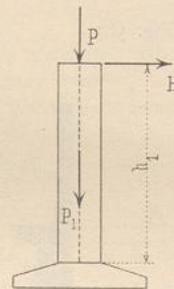


Fig. 590.

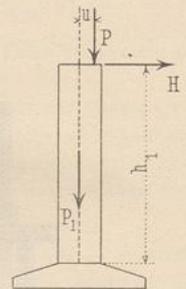
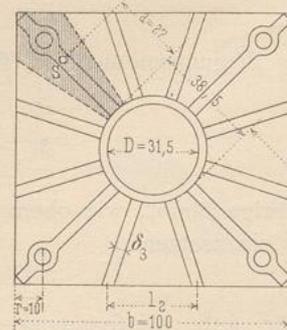


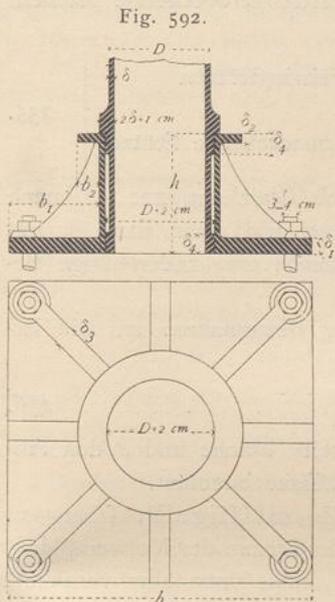
Fig. 591.



¹²³⁾ Siehe: Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses »Handbuchs«, 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.



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

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

und die größte bei dieser Breite auftretende Preßung unter der Platte ist:

$$\sigma = \frac{P_2^3}{18 M^2} \dots \dots \dots 228.$$

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.

$\alpha)$ 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

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

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

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

Das Moment, welches die Preßungen unter der Platte im Mittelquerchnitte der ganzen Platte erzeugen, ist

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

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

$$b_1 = \frac{b - k - 2 \delta}{2} \dots \dots \dots 232.$$

Bei n Stützrippen des Plattenauffatzes 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

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

ferner prüfe man, ob das angenommene $\delta < \frac{b_1}{15}$ ist, was der Fall sein muß; es

ist 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 zwischen Stütze und Plattenrand der Laibungsdruck s_d zugelassen, so berechne man die Höhe δ_4 , in der die Stütze im Plattenrande anliegen mufs, nach

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

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

Weiter bestimme man das den Mittelschnitt der Platte zerbrechende Moment M_1 nach

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

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 sich für δ_2 ergibt; doch ist auch eine anderweitige Bemessung möglich, wie Fig. 592 zeigt.

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

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

zu ermitteln, in der f die in Fig. 586 u. 591 überstrichelte Fläche und a den Abstand des Schwerpunktes S dieser Fläche vom Plattenaufsatze bedeutet.

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

Zunächst ist hier die Plattenbreite b zu bestimmen aus

$$b^3 - b^2 \cdot 2r - b \left(\frac{3P_2}{2\sigma_1} - r^2 \right) = \frac{3}{\sigma_1} (M - Pr) \dots \dots \dots 237.$$

Ist b hiernach bestimmt, so folgt der Gesamtkerzug Z aus

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

Das Moment der Pressung unter der Platte in Bezug auf den Mittelschnitt beträgt

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

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 bestimmt, so ist das die Platte mitten zerbrechende Moment

$$\left. \begin{aligned} M_1 &= M_\sigma - \frac{P_2 d}{2\pi} - \delta_4 D s_d \left(\frac{4h}{5} - \frac{\delta_4}{2} \right) \text{ für Kreisringstützen} \\ M_1 &= M_\sigma - \frac{3}{16} P_2 d - \delta_4 D s_d \left(\frac{4h}{5} - \frac{\delta_4}{2} \right) \text{ für quadratische Kastenstützen,} \end{aligned} \right\} 240.$$

nach dessen Festsetzung A aus Gleichung 221, B aus Gleichung 222, b_3 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 Ankerfuß unter den Annahmen berechnet werden, daß 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 Plattenauffsatzes (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 größte Pressung wäre dann nach Gleichung 228

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

Dies ist gegenüber der zulässigen Pressung $\sigma_1 = 12$ kg für 1 qcm zu gering; die Platte muß 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 ergibt. Demnach wird nach Gleichung 238 der Ankerzug $Z = \frac{12(100 - 10) \cdot 100}{2} - 20\,000 = 38\,000$ kg.

Werden vier Anker nach Fig. 591 in den Ecken angebracht, so ist jeder für $\frac{38\,000}{4} = 9\,500$ 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 $\frac{38\,000}{4} = 9\,500$ kg mit 9,5 qcm Querschnitt und

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

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: $b_1 = \frac{100 - 9 - 2 \cdot 2,5}{2} = 43$ cm, b_2 für $n = 12$ Rippen nach Gleichung 215:

$b_2 = \frac{4 \cdot 100}{12} = 33,3$ 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 $\frac{b_1}{15} = \frac{43}{15} = 2,87$ cm, wie Gleichung 219 verlangt. Aus Gleichung 220

folgt nun $h_{\text{mittel}} = \frac{43 \cdot 5,1}{3 \cdot 2,5} = 29,2$ cm, also h vorläufig gleich 29 cm mit dem Vorbehalte, es noch etwas kleiner zu wählen, wenn sich weiter unzweckmäßige Maße 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 Maß wird voraussichtlich größer 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:

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

Mit diesen Werten wird nach Gleichung 223:

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

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 muß $b_2 = \frac{20}{2,5} = 8 \text{ cm}$ sein; der obere Rand des Plattenauffetzes 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 Ermittlung $a = 27 \text{ cm}$; 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 Fufsauffatz passen muß, so empfiehlt es sich, die Berührungsflächen δ_4 in Fig. 587 u. 592 genau abzdrehen.

2) Füße schweißseiferer Stützen.

304.
Anwendung.

Schweißseiferne Stützen werden jetzt wegen der einfacheren Knotenbildungen und der höheren Tragfähigkeit regelmäÙig 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 schweißseiferne Stütze auch, wenn aus schiefer oder schräger Belastung erhebliche Biegemomente wirken, da letztere durch gußeiserne Stützen namentlich in deren FüÙen, wie die obigen Berechnungen in Art. 303 zeigen, nur mit vergleichsweise großem Aufwande aufgenommen werden können.

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 abzusteuern haben und daher von ihrem Rande nach den Stützteilen hin dreieckig verlaufen. Diese Stehbleche werden mit der Stütze, wenn möglich, unmittelbar vernietet oder durch Winkeleisen verbunden, und an die Grundplatte

Fig. 593.

