Konstruktions-Elemente in Stein, Holz und Eisen, Fundamente

Marx, Erwin

Stuttgart, 1901

a) Beanspruchung und Berechnung

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 Schweiſseiſen ausgeführt.

1) Der Längsdruck erfolgt in der Schwerachſe.

283. Längsdruck in der Schwerachſe wirkſam.

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

$$P \gtreqless F s \text{ [103]} \qquad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 186.$$

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

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

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 $C = \frac{\pi^2}{4} = \infty\, 2{,}5$.

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

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

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

Hierzu iſt zu bemerken, daſs man das volle Aufſetzen des Endquerſchnittes einer ſtarken Stütze mit breitem Fuſse auf die Unterſtützung in der Regel als Einſpannung anſehen kann; übrigens tritt faſt nie einer der vier Fälle ganz ſcharf ein, und es muſs 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 Guſseiſen	1 000 000 kg für 1 qcm,
für Schweiſseiſen . . .	2 000 000 kg für 1 qcm,
für Stahl	2 200 000 kg für 1 qcm.

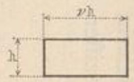
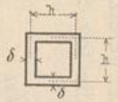
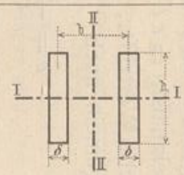
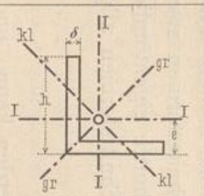
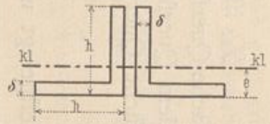
$\mathfrak{J}_{kl}$ iſt das kleinſte Trägheitsmoment des Stützenquerſchnittes, welches für einfache Querſchnittsformen zweckmäſsig $= c F h^2$ geſetzt wird. Hierin bedeutet c eine dem Querſchnitte eigentümliche Wertziffer, die ſog. Steifigkeitsziffer, welche für einfache Querſchnittsformen allgemein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

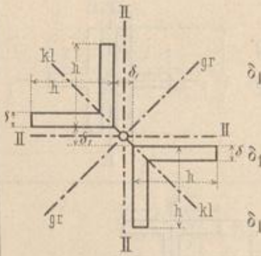
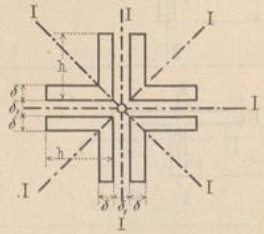
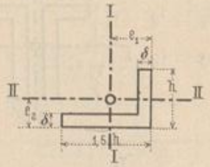
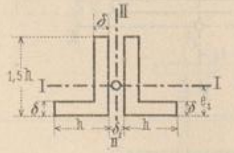
$$c = \frac{\mathfrak{J}_{kl}}{F h^2} \qquad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 188.$$

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

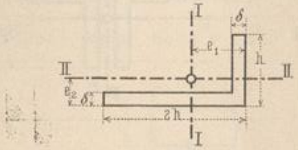
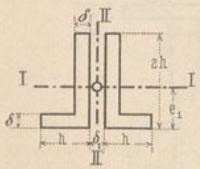
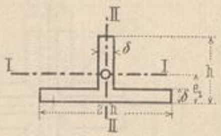
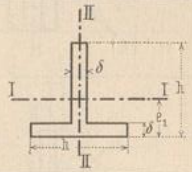
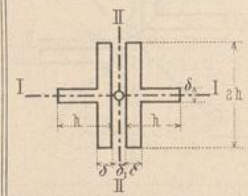
103) Siehe Gleichung 127 (S. 302) in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieſes »Handbuches« (2. Aufl.: Gleichung 118, S. 104; 3. Aufl.: Gleichung 143, S. 130).

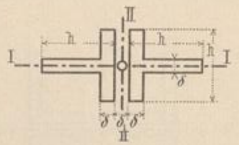
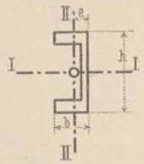
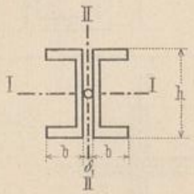
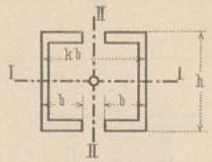
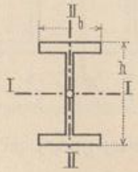
104) Siehe Gleichungen 128 u. 130 (S. 302 u. 303) ebendaſ. (2. Aufl.: Gleichungen 117 u. 124, S. 104 u. 106; 3. Aufl.: Gleichung 142, S. 130).

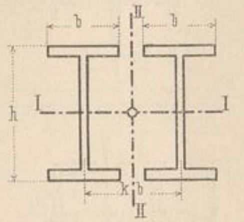
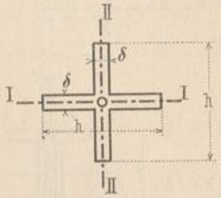
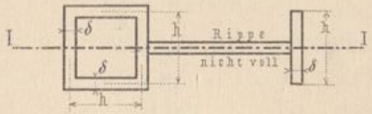
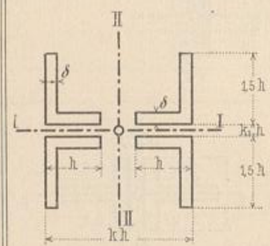
Nr.	Querſchnittsform	Genau für	Schwerpunkts-lage e	$c = \frac{\mathfrak{J}}{F h^2}$	Bemerkungen
1	Voller Kreis, Durchmeſſer h	alle h	—	$0{,}0625$	nur bei Holzſtützen.
2	Volles Quadrat, Seite h	alle h	—	$0{,}0833$	nur bei Holzſtützen.
3		alle h	—	$0{,}0833$	nur bei Holzſtützen; $\mathfrak{J}_{kl} = 0{,}0833\ \nu h \cdot h \cdot h^2 = 0{,}0833\ \nu h^4$.
4		$\delta : h = 0$	—	$0{,}125$	nur bei Gufseiſen; $\mathfrak{J}_{kl} = 0{,}125 \cdot \pi h \delta \cdot h^2 = 0{,}125\ \pi \delta h^3$.
5		$\delta : h = 0$	—	$0{,}1667$	nur bei Gufseiſen; $\mathfrak{J}_{kl} = 0{,}1667 \cdot 4 \delta h \cdot h^2 = 0{,}6668\ \delta h^3$.
6*)	 I II	alle h, b u. δ $\delta : b = 0$	— —	$0{,}0833$ $0{,}250$	h maſsgebend, $\mathfrak{J}^{I} = 0{,}0833 \cdot 2 \delta h h^2$ } $\mathfrak{J}^{I}$ wird $= \mathfrak{J}^{II}$ für b maſsgebend, $\mathfrak{J}^{II} = 0{,}25 \cdot 2 \delta h b^2$ } $b = 0{,}577\ h$ (beſte 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		$\delta = 0{,}1\ h$	$e = 0{,}287\ h$	$0{,}0946$	Querſchnitt eines **L**-Eiſens f; $\mathfrak{J}_{kl} = 0{,}0946 \cdot 2 f h^2$.

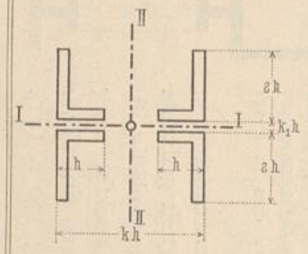
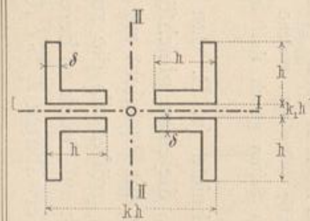
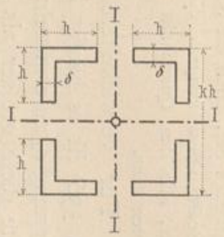
9		$\delta_1 = 0{,}13\,h$ $\left\{\begin{array}{l} kl \\ II \\ gr \end{array}\right.$ $\delta_1 = 0{,}2\,h$ $\left\{\begin{array}{l} kl \\ II \\ gr \end{array}\right.$ $\delta_1 = k_1\,h \quad II$	$\delta = 0{,}1\,h$	— — — — — — —	$0{,}151$ $0{,}218$ $0{,}287$ $0{,}151$ $0{,}2443$ $0{,}3370$ $0{,}177 + \frac{k_1}{4}(1{,}15 + k_1)$	Querfchnitt mit $2f$ einzuführen; $\mathcal{J} = c \cdot 2fh^2$.
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 $\delta_1 = 0{,}3\,h \quad II$ $\delta_1 = k_1\,h \quad II$	$\delta = 0{,}15\,h$	$e_1 = 0{,}506\,h$ —	$0{,}231$ $0{,}2455$ $0{,}1462 + \frac{k_1}{4}(1{,}025 + k_1)$	Querfchnitt mit $2f$ einzuführen. Soll $\mathcal{J}^I = \mathcal{J}^{II}$ 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	Schwerpunktslage e	$c = \frac{\mathfrak{J}}{F h^2}$	Bemerkungen
13		I II	$\delta = 0{,}17\,h$	$e_1 = 0{,}7317\,h$ $e_2 = 0{,}232\,h$	$0{,}41$ $0{,}0702$	
14	 $\delta_1 = 0{,}34\,h$ $\delta_1 = k_1\,h$	I II II	$\delta = 0{,}17\,h$	$e_1 = 0{,}7317\,h$ — —	$0{,}41$ $0{,}2318$ $0{,}124 + \frac{k_1}{4}(0{,}928 + k_1)$	Querfchnitt mit $2f$ einzuführen. Soll $\mathfrak{J}^I = \mathfrak{J}^{II}$ werden, fo hat man $\delta_1 = k_1\,h$ mit $k_1 = 0{,}702$ zu machen. Querfchnitt 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	 $\delta_1 = 0{,}3\,h$ $\delta_1 = k_1\,h$	I II II	$\delta = 0{,}165\,h$	— — —	$0{,}241$ $0{,}2095$ $0{,}1781 + \frac{k_1}{4}(1{,}16 + k_1)$	Querfchnitt mit $2f$ einzuführen. Soll $\mathfrak{J}^I = \mathfrak{J}^{II}$ werden, fo hat man $\delta_1 = k_1\,h$ mit $k_1 = 0{,}38$ zu machen. Querfchnitt mit $2f$ einzuführen.

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

Nr.	Querſchnittsform	Genau für	Schwerpunkts-lage e	$c = \frac{\mathfrak{J}}{F h^2}$	Bemerkungen
23	 I / II	Mittel der I-Eiſen Nr. 12 bis 50	— —	$0{,}159$ $\left(\frac{k}{2}\right)^2 + 0{,}0494$	h maſsgebend / b maſsgebend: Soll $\mathfrak{J}^{I} = \mathfrak{J}^{II}$ werden, ſo hat man k in kb $k = \sqrt{0{,}636\left(\frac{h}{b}\right)^2 - 0{,}1976}$ zu machen. Querſchnitt 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 Guſseiſen.
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, ſo 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 $k = 2{,}039$. Querſchnitt mit $4f$ einzuführen.

27		$I\left\{\begin{array}{l}k_1\\k_1=0{,}34\\II\end{array}\right\}$	$\delta = 0{,}17\,h$	— — —	$0{,}9454 + \frac{k_1}{4}(2{,}927 + k_1)$ $1{,}2231$ $0{,}124 + \frac{k}{4}(k - 0{,}928)$	Soll $\mathfrak{J}^I = \mathfrak{J}^{II}$ werden, fo 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 $k = 2{,}6115$. Querfchnitt mit $4f$ einzuführen.
28		$I\left\{\begin{array}{l}k_1\\k_1=0{,}2\\II\end{array}\right\}$	$\delta = 0{,}1\,h$	— — —	$0{,}177 + \frac{k_1}{4}(1{,}148 + k_1)$ $0{,}2444$ $0{,}177 + \frac{k}{4}(k - 1{,}148)$	Soll $\mathfrak{J}^I = \mathfrak{J}^{II}$ werden, fo hat man $k = k_1 + 1{,}148$ zu machen. Für $k_1 = 0{,}2$ nach Nr. 9 u. 10 wird $k = 1{,}348$, was beweift, dafs der Querfchnitt für II meift zu fteif ift. Querfchnitt mit $4f$ einzuführen.
29		I	$\delta = 0{,}1\,h$	—	$0{,}177 + \frac{k}{4}(k - 1{,}148)$	Querfchnitt mit $4f$ einzuführen, alfo $\mathfrak{J}^I = c\,.\,4f\,.\,h^2$.

maſsgebende Querabmeſſung des Stützenquerſchnittes F. Wird dieſer Wert eingeführt, ſo lautet die obige Gleichung für die mit Rückſicht auf Zerknicken zuläſſige Laſt

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

m bedeutet den einzuführenden Sicherheitsgrad, der für Schweiſseiſen und Stahl 4- bis 6fach, für Guſseiſen 7- bis 9fach und für Holz 8- bis 12fach gewählt wird. Die höheren Zahlen gelten für lange beſtehende und Erſchütterungen ausgeſetzte, die niedrigen für zeitweilige Bauten; l bedeutet die theoretiſche Länge der Stütze.

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

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

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

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

ermitteln. Iſt die wirkliche Länge $l > l_1$, ſo iſt die Stütze nach Gleichung 187 oder 189 auf Zerknicken, iſt $l < l_1$, ſo iſt ſie nach Gleichung 186 auf Druck zu berechnen.

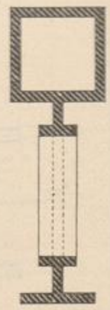
Da ſich die Benutzung der Steifigkeitsziffer c insbeſondere bei einfachen Querſchnittsformen als ſehr bequem erweiſt, ſo ſind ihre Werte auf S. 206 bis 211 in überſichtlicher Zuſammenſtellung für einfache Querſchnittsformen angegeben.

Erläuterungen zu dieſer Zuſammenſtellung. Der auf S. 206 bis 211 vorangehenden Feſtſtellung liegen die deutſchen Normalprofile zu Grunde.

Die Beſtimmung der c-Werte iſt nicht für alle Querſchnitte genau, weil die Verhältniſſe der Abmeſſungen bei verſchiedenen Abſtufungen eines Querſchnittes nicht unveränderlich ſind; daher wurde die dritte lotrechte Spalte eingefügt, welche angiebt, für welche Verhältniſſe die Ermittelung genau iſt. Sollte der Querſchnitt im einzelnen Falle von der Angabe dieſer Spalte ſeinen Verhältniſſen nach weit abweichen, ſo iſt das genaue unmittelbare Nachrechnen des Trägheitsmoments zu empfehlen; in allen Fällen genügen die Angaben zu gut annäherndem Feſtſtellen des erforderlichen Querſchnittes.

Bei den Querſchnitten 21 und 23 erſcheint die Steifigkeitsziffer c für Achſe II nicht als reiner Zahlenwert; gleichwohl iſt die Benutzung der Werte bequem, weil man die Querſchnitte nach den Werten für Achſe I beſtimmen und, nachdem ſo das zu wählende Eiſen feſtgelegt iſt, nach der Angabe unter »Bemerkungen« beſtimmen kann, wie weit man die beiden Eiſen voneinander zu entfernen hat, damit die Steifigkeit für Achſe II ebenſo groſs wird. Ueberhaupt ſind in der Spalte »Bemerkungen« die Verhältniſſe feſtgelegt, welche die Hauptträgheitsmomente gleich, alſo den Querſchnitt nach allen Seiten gleich ſteif machen, wo dies in Frage kommen kann.

Fig. 556.



Für verwickeltere Querſchnitte (z. B. den viel verwendeten in Fig. 556) iſt es häufig bequem, diejenige gleichförmig verteilt gedachte Spannung s_z zu ermitteln, welche mit Rückſicht auf Zerknicken zuläſſig iſt. Sollte dieſe gröſser als s, d. h. gröſser als die zuläſſige Druckſpannung werden, ſo iſt die Stütze lediglich auf Druck zu berechnen, und ein ſolcher Fall entſpricht dann dem oben erwähnten $l_1 \geqq l$ (Gleichung 190 u. 191).

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

Die zuläffige Zerknickungsfpannung s_z folgt aus

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

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

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

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 $\mathcal{J}$ 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 $M = P u$, indem man die Spannungswerte

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

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:

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

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):

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

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:

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

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

Wie die beiden Gleichungen erkennen laſſen, wird bei Benutzung von 198 die zuläſſige Druckſpannung s, bei Benutzung von 199 die zuläſſige Zugſpannung s_g voll ausgenutzt. Der gröſsere der beiden Werte h iſt auszuführen.

Schlieſslich iſt dann

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

Beiſpiel. Für die die Binder eines Hallendaches tragende Säule von Kreisringquerſchnitt ſei die Laſt, einſchl. des Eigengewichtes, $P = 20\,000^{\text{kg}}$; am Kopfe greift eine wagrechte Kraft $H = 700^{\text{kg}}$ an; die Stütze iſt bis an die Fuſseinſpannung $h_1 = 600^{\text{cm}}$ hoch, ſo daſs $M = 600 \cdot 700 = 420\,000^{\text{cmkg}}$ zu ſetzen iſt. Soll die Druckſpannung $s = 700^{\text{kg}}$ für 1^{qcm} ebenſo, wie die Zugſpannung $s_g = 250^{\text{kg}}$ für 1^{qcm} voll ausgenutzt werden, ſo müſste nach Gleichung 197 gemacht werden:

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

Dieſe Wandſtärke iſt für die Ausführung zu gering; dafür ſoll $\delta = 1{,}5^{\text{cm}}$ ausgeführt werden. Dann iſt 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 iſt der gemittelte Stützendurchmeſſer mit dem gröſseren 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) Freiſtützen in Guſseiſen.

286. Anwendung.

Die in Guſseiſen ausgeführte Freiſtütze hat in vielen Fällen dadurch Unglücksfälle verurſacht, daſs ſie bei Feuersbrünſten ſtark erhitzt, dann, vom kalten Strahle des Spritzenſchlauches getroffen, ſprang und plötzlich zuſammenbrach. Dieſer Mangel hat ſchon ſeit längerer Zeit die guſseiſerne Freiſtütze, wie den guſseiſernen Träger aus den Hochbauten nordamerikaniſcher Städte ganz verbannt, wo ſie durch Schweiſseiſen oder weichen Stahl erſetzt iſt. In Europa überwiegt die Verwendung des Guſseiſens für dieſe Konſtruktionsteile, wegen der bequemen Formengebung und des meiſt geringeren Preiſes gegenüber demjenigen des Schweiſseiſens, noch erheblich.

Durch die »Baupolizeiliche Vorſchrift über Stützenkonſtruktionen in Hochbauten in Berlin« (vom 4. April 1884[108]) iſt die Verwendung guſseiſerner Freiſtützen unter maſſiven Wänden von Gebäuden, welche unten Geſchäfts-, oben Wohnräume enthalten, von der Bedingung abhängig gemacht, daſs dieſe Stützen durch feſte Ummantelungen aus Schweiſseiſen der unmittelbaren Berührung durch Feuer und Waſſer entzogen werden; anderenfalls dürfen ſie nur aus Schweiſseiſen oder aus Klinkermauerwerk in Zementmörtel gebildet ſein[109]). Als anderweitige Mittel, um das Erhitzen von guſseiſernen Freiſtützen zu verhindern, ſind für hohle Querſchnitte Vorkehrungen zu ſchneller Füllung mit Waſſer oder zur Erzeugung von friſchem Luftzuge von unten her bei Feuersgefahr vorgeſchlagen; dieſe ſtoſsen jedoch meiſt auf Schwierigkeiten und ſind in ihrem Erfolge nicht erprobt[110]).

Uebrigens haben ſich auch Schweiſseiſenſtützen als ſtarkem Feuer nicht gewachſen gezeigt. Man ſteht heute auf dem Standpunkte, für jede eiſerne Stütze, mag ſie aus Schweiſs- oder Guſseiſen beſtehen, eine beſondere feuerſichere Ummantelung zu fordern, ſobald Feuerbeſtändigkeit von der Stütze verlangt werden muſs.

---

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

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

[110]) Siehe auch Teil III, Bd. 6 dieſes »Handbuches«, Abt. V, Abſchn. 1, Kap. 1: Sicherungen gegen Feuer.