Lehrbuch des Hochbaues

Grundbau, Steinkonstruktionen, Holzkonstruktionen, Eisenkonstruktionen , Eisenbetonkonstruktionen

Esselborn, Karl

Leipzig, 1908

1. Konstruktion und Berechnung gußeiserner Säulenschäfte

urn:nbn:de:hbz:466:1-50294

für Gußeisen: $J_{\min} = 8 \cdot P \cdot l^2$ (Gleichung 7, S. 309),

» Schmiedeeisen: $J_{\min} = 2{,}5 \cdot P \cdot l^2$ (Gleichung 6, S. 309);

hierin ist die Last P in t und die freie Knicklänge l in m einzusetzen. In gleicher Weise ergeben sich für die anderen Knickfälle die folgenden Bedingungen für die jeweils erforderliche Knicksicherheit:

Knickfall 1 (Säule unten eingespannt und oben frei)

für Gußeisen: $J_{\min} = 4 \cdot 8 \cdot P \cdot l^2 = 32 \cdot P \cdot l^2$,

» Schmiedeeisen: $J_{\min} = 4 \cdot 2{,}5 \cdot P \cdot l^2 = 10 \cdot P \cdot l^2$.

Knickfall 3 (Säule an einem Ende eingespannt, am andern gelenkig)

für Gußeisen: $J_{\min} = \frac{8}{2} \cdot P \cdot l^2 = 4 \cdot P \cdot l^2$,

» Schmiedeeisen: $J_{\min} = \frac{2{,}5}{2} \cdot P \cdot l^2 = 1{,}25 \cdot P \cdot l^2$.

Knickfall 4 (Säule oben und unten eingespannt)

für Gußeisen: $J_{\min} = \frac{8}{4} \cdot P \cdot l^2 = 2 \cdot P \cdot l^2$,

» Schmiedeeisen: $J_{\min} = \frac{2{,}5}{4} \cdot P \cdot l^2 = 0{,}625 \cdot P \cdot l^2$.

Die wesentlichste Rolle spielen die Fälle 1 und 2. Nach Fall 2 wird zugunsten der Sicherheit sehr oft auch dann gerechnet, wenn an einem Ende oder an beiden Enden Einspannung vorhanden ist. Auf jeden Fall ist es empfehlenswert mit den Formeln für Fall 4 nicht zu rechnen, da die volle Wirkung der oberen Einspannung nicht immer gewährleistet ist und auf eine genau zentrische Belastung nicht sicher gerechnet werden kann.

Bei einseitiger (exzentrischer) Belastung der Säulen sind die einzelnen Säulenquerschnitte auf Druck und Biegung zu dimensionieren. Die hierzu nötigen Gleichungen für zusammengesetzte Festigkeit von Druck und Biegung sind aus § 10, 4 zu entnehmen. Auch bei solchen auf Druck und Biegung beanspruchten Säulen ist auf die Knickgefahr zu achten, und zwar ist hierbei die Gefahr des Ausknickens aus der Kraftebene ins Auge zu fassen. Beispiele für die Berechnung der Säulen sind in den §§ 20 und 21 gegeben.

§ 20. Gußeiserne Säulen. Die gußeisernen Säulen werden fast durchweg als Hohlsäulen verwendet und zwar meist mit kreisringförmigem Schaftquerschnitt. Andere Querschnittsformen sind seltener geworden, höchstens daß aus besonderen Gründen rechteckige, quadratische oder sechs- bzw. achteckige Schaftquerschnitte gewählt werden. Für die Abmessungen und Gestalt der gußeisernen Säulen ist der Grundsatz maßgebend, überall möglichst gleiche Massen in den einzelnen Gußteilen beizubehalten, damit nach dem Gießen durch ungleichmäßige Abkühlung keine schädlichen Spannungen auftreten, die eventuell Risse oder sonstige Schäden verursachen könnten. Schon aus diesem Grunde ist es empfehlenswert, die verschiedenen Teile der Säulen, also Schaft, Kopf und Fuß, getrennt herzustellen, denn die beiden letzteren erhalten immer größere Massen als der Schaft. Kleinere Säulen, bei denen es auf eine besondere Fuß- und Kopfausbildung nicht ankommt, können in einem Stück gegossen werden. Mit Rücksicht auf einen gleichmäßigen Guß sind die Säulen möglichst stehend zu gießen; bei liegend gegossenen Säulen ist auf alle Fälle eine Prüfung der Wandstärken an verschiedenen Stellen zu empfehlen.

1. **Konstruktion und Berechnung gußeiserner Säulenschäfte.** Wie schon erwähnt, soll der Säulenschaft mit möglichst gleichen Wandstärken ausgebildet werden. Die mit Rücksicht auf die Knicksicherheit nötige größere Widerstandsfähigkeit nach der Mitte zu kann durch Erweiterung des Säulenschaftes unter Beibehaltung der Wandstärke

erzielt werden. Die gebräuchlichste Wandstärke des Schaftes schwankt je nach der Größe der Säule bei ringförmigem Querschnitt zwischen 1 und 3,5 cm und bei quadratischem oder rechteckigem Querschnitt zwischen 1 und 3 cm. Die Berechnung des Säulenschaftes hat nach § 10,1 und § 19,3 auf Druck und Knickung zu erfolgen; man bestimmt zunächst die für den Druck erforderliche Querschnittsfläche und sucht diese so anzuordnen, daß das für die Knicksicherheit erforderliche $J_{\min}$ vorhanden ist. Reicht hierzu die Größe des Druckquerschnitts nicht aus, so muß man das entsprechende Material zugeben.

Für einen kreisringförmigen Säulenschaft von der Länge l, der eine Kraft P zu tragen hat, ist eine Querschnittsfläche erforderlich von $F = \frac{P}{k}$. Ist die Wandstärke des Schaftes $= \delta$, der mittlere Radius $= r'$ (Abb. 268) und setzt man das Trägheitsmoment eines Kreisringes sehr angenähert gleich $r'^3 \cdot \delta \cdot \pi$, so muß sein:

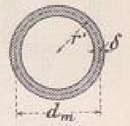


Abb. 268. Kreisringförmiger Säulenschaft.

$$2\,r' \cdot \pi \cdot \delta = F \quad \text{und} \quad r'^3 \cdot \delta \cdot \pi \geqq J_{\min}.$$

Es könnte nun δ gewählt und nach der 1. Gleichung r' berechnet werden; diese Werte r' und δ müßten dann auch der zweiten Gleichung genügen. Ist dies nicht der Fall, so kann innerhalb der zulässigen Grenzen δ kleiner und ein entsprechend größeres r' gewählt werden, was eine Vergrößerung des Trägheitsmomentes zur Folge hat. Sollte auch mit dem kleinsten praktisch zulässigen δ das erforderliche $J_{\min}$ mit der für den Druck nötigen Querschnittsfläche nicht erreicht werden, so ist zu diesem Druckquerschnitt noch das zur Erzielung des Trägheitsmomentes nötige Material hinzuzufügen. Selbstredend wird man hierbei den Radius r' und nicht unnötig δ vergrößern. Nach diesem Verfahren würde also die Lösung der Aufgabe durch probieren gefunden werden.

Einfacher ist es, die zusammen gehörigen Werte δ und r' unmittelbar durch Rechnung aus den beiden vorhandenen Gleichungen folgendermaßen zu ermitteln:

$$2\,r' \cdot \pi \cdot \delta = F = \frac{P}{k} \quad \text{und} \quad r'^3 \cdot \delta \cdot \pi = J_{\min}.$$

Wird der Wert für δ aus der ersten Gleichung in die zweite eingesetzt, so ergibt sich

$$\frac{r'^2 \cdot F}{2} = J_{\min} \quad \text{oder} \quad r' = \sqrt{\frac{2 \cdot J_{\min}}{F}} \tag{50}$$

und nach der ersten Gleichung
$$\delta = \frac{F}{2\,r' \cdot \pi}. \tag{51}$$

Beispiel: Ein kreisringförmiger, gußeiserner Schaft einer Pendelstütze (oben und unten Gelenke) von 3,0 m Länge hat eine Last von 50 Tonnen zu tragen. Erforderlich sind: $F_{\text{qcm}} = \frac{P}{k}$ und $J_{\min} = 8\,P \cdot l^2$, wo P in t, k in t/qcm, l in m einzusetzen sind.

Nach Gleichung 50 ist $r' = \sqrt{\frac{2 \cdot 8 \cdot P \cdot l^2}{F}} = 4\,l \cdot \sqrt{\frac{P}{F}} = 4\,l \cdot \sqrt{k}$ und nach Gleichung 51
$$\delta = \frac{F}{2\,r' \cdot \pi} = \frac{P}{2\,r' \cdot \pi \cdot k}.$$

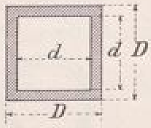
Für $P = 50$ t, $l = 3$ m und $k = 0{,}5$ t/qcm ergibt sich $r' = 4\,l \cdot \sqrt{\tfrac{1}{2}} = 2\,l \cdot \sqrt{2} = 8{,}48$ cm $=$ rund 8,5 cm.

$$\delta = \frac{P}{2\,r' \cdot \pi \cdot k} = \frac{50}{2 \cdot 8{,}5 \cdot \pi \cdot 0{,}5} = 1{,}86 \text{ cm}.$$

Es könnte also eine Säule mit einer Wandstärke $\delta = 1{,}9$ bis 2,0 cm und einem mittlerem Durchmesser $d_m = 17$ cm gewählt werden. Für einen Querschnitt $\delta = 2$ cm und $d_m = 17$ cm wäre z. B. der äußere Durchmesser $D = d_m + \delta = 19$ cm, $F = 106{,}8$ qcm und $J = 3910$ cm⁴; erforderlich sind $F = \frac{P}{k} = \frac{50}{0{,}5} = 100$ qcm, $J = 8\,P \cdot l^2 = 8 \cdot 50 \cdot 9 = 3600$ cm⁴.

Für einen quadratischen Säulenschaft ist die Berechnung analog vorzunehmen. Man kann entweder D und d (Abb. 269) bestimmen durch die Gleichungen:

Abb. 269.
Quadratischer Säulenschaft.



$$D^2 - d^2 = F = \frac{P}{k} \text{ und } \frac{D^4 - d^4}{12} = J_{\min}.$$

Es ist nun $\frac{D^4 - d^4}{12} = \frac{(D^2 + d^2) \cdot (D^2 - d^2)}{12} = (D^2 + d^2) \cdot \frac{F}{12}$.

Die beiden Gleichungen lauten also:

$$D^2 - d^2 = F = \frac{P}{k} \quad \text{und} \quad D^2 + d^2 = \frac{12 \cdot J_{\min}}{F}. \tag{52}$$

Für eine Pendelstütze mit $P = 50$ t, $l = 3{,}00$ m, $k = 0{,}5$ t/qcm und $J_{\min} = 8\,P \cdot l^2$ wird

$$D^2 - d^2 = \frac{50}{0{,}5} = 100 \text{ qcm},$$

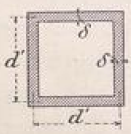
$$D^2 + d^2 = \frac{12 \cdot 8 \cdot P \cdot l^2}{F} = 96 \cdot k \cdot l^2 = 96 \cdot 0{,}5 \cdot 9 = 432 \text{ qcm}.$$

Durch Addition der beiden Gleichungen ergibt sich: $2\,D^2 = 532$ qcm, $D = \sqrt{266} = 16{,}3$ cm, und aus der ersten Gleichung $d^2 = D^2 - 100 = 266 - 100$ oder $d = \sqrt{166} = 12{,}9$ cm.

Man könnte also $D = 16{,}4$ und $d = 13$ cm wählen; die Wandstärke wäre dann

$$\delta = \frac{16{,}4 - 13}{2} = 1{,}7 \text{ cm}.$$

Abb. 270.
Quadratischer Säulenschaft.



Die Berechnung ließe sich auch direkt nach δ und der mittleren Breite d' vornehmen (Abb. 270).

Hierbei ist: $F = 4\,d' \cdot \delta$ und sehr angenähert

$$J = 2\,d' \cdot \delta \cdot \left(\frac{d'}{2}\right)^2 + \frac{2\,\delta \cdot d'^3}{12} = \frac{d'^3 \cdot \delta}{2} + \frac{d'^3 \cdot \delta}{6} = \tfrac{2}{3}\,d'^3 \cdot \delta.$$

Setzt man aus der ersten Gleichung den Wert $d' \cdot \delta = \frac{F}{4}$ in die zweite Gleichung ein, so wird $J = \frac{2}{3} \cdot d'^2 \cdot \frac{F}{4} = \frac{F}{6} \cdot d'^2$, also

$$d' = \sqrt{\frac{6\,J}{F}} \text{ und } \delta = \frac{F}{4 \cdot d'}. \tag{53}$$

Für obiges Beispiel war $J = 8 \cdot 50 \cdot 3^2 = 3600$ cm⁴ und $F = \frac{50}{0{,}5} = 100$ qcm; nach den Gleichungen 53 muß also sein $d' = \sqrt{\frac{6 \cdot 3600}{100}} = 6\sqrt{6} = 14{,}7$ cm und $\delta = \frac{100}{4 \cdot 14{,}7} = 1{,}7$ cm.

Hiernach wird die äußere Stärke $D = d' + \delta = 14{,}7 + 1{,}7 = 16{,}4$ cm, die lichte Weite $d = d' - \delta' = 14{,}7 - 1{,}7 = 13$ cm. Es haben sich mithin nach dieser Rechnung die gleichen Werte ergeben wie oben.

2. Fußausbildung gußeiserner Säulen. Der Säulenfuß hat den Zweck, der Säule ein entsprechendes Lager zu geben, die Säulenlast auf eine größere Auflagerfläche zu