Band 70. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. **Nr. 13.**

Zugspannungen des Betons im Eisenbetonbau.

Von Ing. *O. Leuprecht* im Ing.-Bureau Klingler & Leuprecht, Basel.

Von Prof. Mörsch wurde im „Zentralblatt der Bauverwaltung" (Jahrgang 1914, Nr. 26) ein Verfahren gegeben, nach dem die Rippenbreite von Plattenbalken für eine bestimmte Beton-Zugspannung σ_z direkt bemessen werden kann. Die berechneten Zahlenwerte wurden sodann von Prof. Hager in genannter Zeitschrift (Jahrgang 1915, Nr. 59) in die Form einer Kurventafel gebracht, die auch den neuen einschlägigen Bestimmungen Deutschlands vom 13. Januar 1916 angegliedert ist. Die Tafel ist gültig für das Spannungsverhältnis $\sigma_z : \sigma_e = 24 : 750$, $n = 15$ und für gleiche Elastizitätsziffern $E_d = E_z$.

Die neuen Eisenbeton-Vorschriften der Schweizer. Bundesbahnen vom 26. November 1915 bestimmen für Brücken, Gehstege und Landungsanlagen, sodann für diejenigen Teile von Hochbauten, die Rauchgasen oder andern schädlichen Einflüssen ausgesetzt sind, den Nachweis der Beton-Zugspannungen für $n = 20$ und $E_d = E_z$. Die zulässigen Grenzen sind festgesetzt mit $\sigma_z = 25$ *kg/cm*² bei Eisenbahnbrücken, 30 *kg/cm*² bei den übrigen Bauten.

Nach den österreichischen Vorschriften beträgt das zulässige σ_z je nach der Betonmischung 21,5 bis 24 *kg/cm*² mit $n = 15$ und $E_d = 2{,}5\, E_z$.

Aus dieser kurzen Darlegung erhellt zur Genüge, wie sehr die verschiedenen Vorschriften auseinander gehen, und welche Umständlichkeiten einer einheitlichen Durchbildung der direkten Dimensionierung im Wege stehen. Der Verfasser hat daher die auf Seite 153 wiedergegebene Kurventafel aufgestellt[1]), die all diesen Veränderlichkeiten Rechnung trägt und weder an ein bestimmtes Spannungs-Verhältnis, noch an bestimmte n-Werte gebunden ist; auch E_d und E_z können beliebig verschieden sein.

Die Tafel dient zur direkten Ermittlung der Rippenbreite von Plattenbalken, sowie zur Bestimmung von x und aller Spannungswerte; sie ermöglicht auch die Berechnung des für ein beliebiges σ_z erforderlichen Zugeisen-Querschnittes. Die Schaulinien auf der rechten Seite beziehen sich auf den *rechteckigen* Querschnitt. Das im Folgenden angegebene Verfahren gilt für alle Fälle der „reinen Biegung", wenn die Betonzugzone mitwirkt und einfache Armierung vorliegt. Doch lässt es sich unschwer erweitern auch auf doppelt bewehrte und exzentrisch beanspruchte Querschnitte, was jedoch Gegenstand einer späteren Abhandlung sein soll.

Alle die im Folgenden vorkommenden Bezeichnungen sind auf der Tafel angeschrieben.

I. Fall. Elastizitätszahl $E_d = E_z$.

1. Plattenbalken.

Die bekannte Formel für x lautet mit unseren Bezeichnungen und $\gamma = h_0 : h$

$$x = \frac{\beta b h^2 + b(1-\beta)\delta^2 h^2 + 2\mu b h^2 \gamma}{2\beta b h + 2b(1-\beta)\delta h + 2\mu b h}$$

und liefert die Gleichung für die φ-Linien in der einfachen Form

$$x : h = \varphi = \frac{1}{2}\,\frac{\beta + (1-\beta)\delta^2 + 2\mu\gamma}{\beta + (1-\beta)\delta + \mu} \quad . \; . \; . \quad (1)$$

wobei $\gamma = 0{,}94$ gewählt ist.[2])

[1]) Die Kurventafel ist im Format 50×80 *cm* beim Verfasser zum Selbstkostenpreis zu beziehen.

[2]) Die Tafel gibt zuverlässige Werte für Plattenbalken bis $\gamma = 0{,}91$ herab, was praktisch auch der Kleinstwert sein wird.

Bezieht man das statische Moment der gezogenen Zone auf den Druckmittelpunkt und wählt diesen zunächst bei $^1/_4\, x$ vom oberen Plattenrande, so erhält man mit $v = h - x$ und $\frac{v-a}{v} = \xi$ die Momenten-Gleichung:

$$M = \sigma_z \frac{v}{2}\, b_0 \left(h - \frac{x}{4} - \frac{v}{3}\right) + \sigma_z n\, \xi\, f_e \left(h_0 - \frac{x}{4}\right)$$

und mit $\xi = 0{,}885$ und $\mu = \frac{n f_e}{b h}$ den für die r-Linien gesuchten Ausdruck:

$$\frac{M}{\sigma_z b h^2} \cong 0{,}35\,\beta(1-\varphi) + \mu(0{,}83 - 0{,}25\,\varphi) = r \qquad (\mathrm{I})$$

oder

$$r = \frac{m}{\sigma_z} - \mu \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (2)$$

$$m = i\,\frac{M}{0{,}72\, b h^2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (3)$$

$$i = \frac{0{,}94\, h}{h_0}$$

Aus Gleichung (2) findet man sodann

$$\sigma_z = \frac{m}{r + \mu} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (4)$$

Die δ-Linien berechnen sich mittels Gleichung (1) aus

$$\mu = \frac{\beta + (1-\beta)\delta^2 - 2\varphi[\beta + (1-\beta)\delta]}{2\varphi - 1{,}88} \quad . \; . \quad (\mathrm{II})$$

Die Verhältniszahl i in Gleichung (3) braucht nur bei wesentlicher Abweichung des γ von 0,94 berücksichtigt zu werden.

Die folgenden Beispiele erläutern den Gebrauch der Tafel auf Seite 153.

Beispiel 1.[1]) *Gesucht* b_0. Plattenbalken für $M = 7{,}6$ *tm* habe die Abmessungen $b = 100$, $h = 59$, $h_0 = 55{,}4$, $d = 14$ *cm* und sei für $n = 15$ bewehrt mit $f_e = 21$ *cm*². Vorgeschrieben sei $\sigma_z = 23{,}8$, $\delta = 0{,}237$, $\gamma = 0{,}94$, also $i = 1{,}0$

$$m = \frac{760\,000}{0{,}72 \cdot 100 \cdot 59^2} = 3{,}03, \quad \mu = \frac{15 \cdot 21}{100 \cdot 59} = 0{,}0534. \text{ Laut}$$

Gleichung (2) $r = \frac{3{,}03}{23{,}8} - 0{,}0534 = 0{,}0731$. Von der μ-Teilung aus wagrecht bis zur δ-Linie findet man lotrecht ober- oder unterhalb derselben den r-Punkt (gleichzeitig φ) und wagrecht zurückgehend auf der β-Teilung den gesuchten Wert $\beta = 0{,}26$, sodass $b_0 = b\,\beta = 26$ *cm* wird. Die Nachrechnung bestätigt die Richtigkeit.

Beispiel 2. *Gesucht* σ_z. Plattenbalken für $M = 22{,}0$ *tm* und $n = 20$ sei wie folgt bemessen: $b = 100$, $b_0 = 53{,}3$, $h = 65$, $h_0 = 61$, $d = 10{,}5$ *cm*, $f_e = 40$ *cm*². Es ist daher $\gamma = 0{,}94$ $(i = 1{,}00)$, $\beta = 0{,}533$, $\delta = 0{,}16$, $\mu = \frac{20 \cdot 40}{100 \cdot 65} = 0{,}123$,

$$m = \frac{2\,200\,000}{0{,}72 \cdot 100 \cdot 65^2} = 7{,}23.$$

Dafür ist abzulesen $r = 0{,}118$ und $\varphi = 0{,}531$, folglich laut Gleichung (4)

$$\sigma_z = \frac{7{,}23}{0{,}118 + 0{,}123} = 30 \text{ kg/cm}^2.$$

Nachrechnung:

$$\begin{array}{rlll}
53{,}3 \cdot 65 & = 3470 \cdot 32{,}5 = & 113\,000 \cdot {}^2/_3 \cdot 65 & = 4\,925\,000 \\
46{,}7 \cdot 10{,}5 & = 491 \cdot 5{,}25 = & 2580 \cdot {}^2/_3 \cdot 10{,}5 = & 18\,200 \\
20 \cdot 40 & = 800 \cdot 61 = & 48\,800 \cdot 61 & = 2\,975\,000 \\
F & = 4761 & 164\,380 & 7\,918\,200
\end{array}$$

$$x = \frac{164\,380}{4761} = 34{,}5 \qquad 4761 \cdot 34{,}5^2 = -\,5\,670\,000$$

$$v = h - x = 30{,}5 \qquad J_x = 2\,248\,200$$

$$\varphi = 0{,}53$$

$$\sigma_z = \frac{2\,200\,000}{2\,248\,200} \cdot 30{,}5 = 30 \text{ kg/cm}^2$$

[1]) Dieses Beispiel ist vergleichshalber der eingangs erwähnten Arbeit von Prof. Mörsch entlehnt.