Daher: Nach Gl. (33)
$f_e = h_1 \cdot$ Wert I $\cdot B = 36 \cdot 0{,}546 \cdot 1{,}5 = 29{,}48$ cm²
ferner ist: $z_{II} = h_1 \cdot$ Wert III $\cdot n_4 = 36 \cdot 0{,}8896 \cdot 1{,}0049 = 32{,}18$ cm.

Zur Kontrolle beider Werte ist nach Gl. (36)

$\sigma_e = \frac{M}{z_{II} \cdot f_e}$ zu setzen und man erhält aus

$$\frac{912\,600}{32{,}18 \cdot 29{,}48} = 962 \sim 963 \text{ kg/qcm}$$

den Beweis der Richtigkeit. Dieser ergibt sich außerdem wiederum aus der Uebereinstimmung der hier ermittelten Werte h_1, z_{II} und f_e mit den bereits aus Aufgabe 7 bekannten.

---

c) Berücksichtigung der im Stege auftretenden Druckspannungen.

Wird es in vereinzelten Fällen notwendig, auch die im Steg auftretenden Druckspannungen zu berücksichtigen, so ist leicht einzusehen, daß man zu einem **für die Praxis genügend genauen Ergebnis gelangt**, wenn für die Breite des Steges die Werte der Tabelle I unverändert übernommen werden, indem die von 1,0 abweichenden Reduktionszahlen n_3 bis n_6 nur für den übrigen Teil des Plattenbalkens, also für die eigentliche Platte $B - b_1$, in Ansatz kommen. Man kann daher schreiben:

(50) $n_3 \text{ bis } n_6 = \frac{b_1 \cdot 1{,}0 + (B - b_1) \cdot n_{3 \text{ bis } 6}}{B}$,

wobei es sich empfiehlt, den ganzen Ausdruck um b_1 zu kürzen. Ist z. B. $b_1 = 0{,}25$ m und $B = 1{,}25$ m, so folgt

$$\frac{b_1}{B} = \frac{0{,}25}{1{,}50} = \frac{1}{6} \text{ und } \frac{B - b_1}{B} = \frac{6-1}{6} = \frac{5}{6}$$

und daraus $n_3 \text{ bis } n_6 = \frac{1{,}0 + 5 \cdot n_{3 \text{ bis } 6}}{6}$

Bei $v = 30$, $\frac{d}{x_I} = 0{,}55$ und $\frac{b_1}{B} = \frac{1}{6}$ ist daher

$$n_3 = \frac{1{,}0 + 5 \cdot 0{,}8315}{6} = 0{,}8596$$

$$n_4 = \frac{1{,}0 + 5 \cdot 1{,}033}{6} = 1{,}0275$$

$$n_6 = \frac{1{,}0 + 5 \cdot 0{,}8589}{6} = 0{,}8824 \text{ und}$$

$$v_{II} = 30 \cdot 0{,}8596 = 25{,}788$$

$$z_{II} = h_1 \cdot \frac{40}{45} \cdot 1{,}0275 = 0{,}9133 \cdot h_1$$
$$IV_{II} = 14{,}815 \cdot 0{,}8824 = 13{,}073$$
$$V_{II} = 0{,}4938 \cdot 1{,}0275 = 0{,}5074.$$

Das aus $\frac{IV_{II}}{V_{II}} = \frac{13{,}073}{0{,}5074} = 25{,}765$ sich ergebende v_{II} stimmt zwar mit dem obigen fast genau überein, es muß aber auch gleich $\frac{15 \cdot (h_1 - x_{II})}{x_{II}}$ sein, **wenn x_{II} unabhängig von Tabelle I und II bestimmt wird.** Zu diesem Zwecke kann nach den obigen Voraussetzungen $b_1 = 1$, $B = 6$ und $B - b_1 = 5$ cm angenommen werden. Wird ferner $h_1 = 30$ cm und dementsprechend $d = 5{,}5$ cm angenommen, so ist nach der Vorberechnung zu $v = 30$

$$f_e = \frac{1}{6} \cdot B = \frac{6}{6} = 1{,}0 \text{ cm}^2.$$

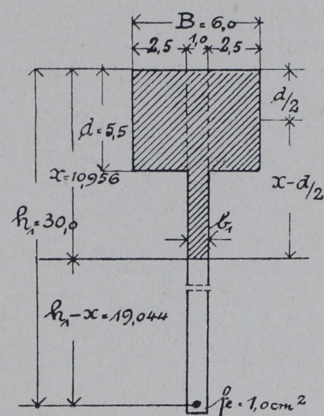

Fig. 14.

Die statischen Momente der Flächenelemente für die Nullinie gleichgesetzt gibt:

$$(h_1 - x) \cdot 15 \cdot f_e = b_1 \cdot \frac{x^2}{2} + (x - \frac{d}{2}) \cdot d \cdot (B - b_1)$$

$$(30 - x) \cdot 15 \cdot 1{,}0 = 1 \cdot \frac{x^2}{2} + (x - 2{,}75) \cdot 5{,}5 \cdot 5$$

$$x^2 + 85x - 1051{,}25 = 0$$
$$x = x_{II} = 10{,}956 \text{ cm}.$$

Danach wird $v_{II} = \frac{15 \cdot 19{,}044}{10{,}956} = 26{,}073 > 25{,}765$

Die Werte verhalten sich wie 1 : 0,9882. (Siehe hierzu das Schlußergebnis der folgenden Untersuchung).

Es bleibt nun noch zu untersuchen, wie sich das Ergebnis bei *verhältnismäßig sehr großer Stegbreite* stellt, und zwar soll $v = 30$, $h_1 = 30$ cm und $d = 5{,}5$ cm d. h. $\frac{d}{x_I} = 0{,}55$ beibehalten werden; B soll 3 cm und $b_1 = 1$ cm betragen. Der Kürze halber wird die Vorberechnung zu $v = 30$ benutzt. Danach ist:

$$f_e = \frac{1}{6} \cdot B = \frac{1}{6} \cdot 3 = {}^1/_2 \text{ cm}^2$$

$$v_{II} = \frac{30 + 2 \cdot 24{,}944}{3} = 26{,}629$$

$$z_{II} = \frac{26{,}667 + 2 \cdot 27{,}546}{3} = 27{,}253 \text{ cm}$$

$$W_{eII} = \begin{cases} 4{,}444 + 2 \cdot 4{,}591 = 13{,}626 \\ {}^1/_2 \cdot 27{,}253 \qquad = 13{,}626 \end{cases}$$

$$W_{bII} = 133{,}33 + 2 \cdot 114{,}52 = 362{,}37$$

$$\frac{W_b}{W_e} = \frac{362{,}37}{13{,}626} = 26{,}594 = \sim 26{,}629 = v_{II}$$

Kontrollrechnung:

$x = x_{II}$ ermittelt sich wieder zu:

$$(h_1 - x) \cdot 15 \cdot f_e = b_1 \cdot \frac{x^2}{2} + (x - \frac{d}{2}) \cdot d \cdot (B - b_1)$$

$$(30 - x) \cdot 15 \cdot {}^1/_2 = 1 \cdot \frac{x^2}{2} + (x - 2{,}75) \cdot 5{,}5 \cdot 2$$

$$x^2 + 37 - 510{,}5 = 0$$
$$x = x_{II} = 10{,}702 \text{ cm.}$$

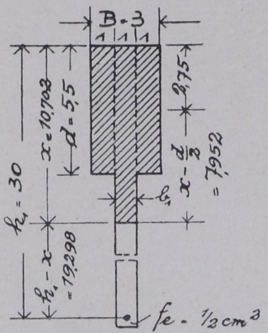

Fig. 15.

Das Trägheitsmoment

des Betonquerschnittes oberhalb nn ermittelt sich zu:

$$J_{nb} = \frac{10{,}702^3}{3} = \qquad 408{,}577$$

$$+ \frac{2 \cdot 5{,}5^3}{12} = \qquad 27{,}729$$

$$+ 2 \cdot 5{,}5 \cdot \left(10{,}702 - \frac{5{,}5}{2}\right)^2 = 11 \cdot 7{,}952^2 = 695{,}577$$

$$\text{zus. } J_{nb} = 1\,131{,}883 \text{ cm}^4$$

Das Trägheitsmoment vom Fünfzehnfachen des Eisenquerschnittes ferner

$$\text{zu } J_{ne} = 15 \cdot f_e \cdot (h_1 - x)^2$$
$$= 15 \cdot {}^1/_2 \cdot 19{,}298^2 = \qquad 2\,793{,}096 \text{ cm}^4$$

$$\text{zus. } J_n = \sim 3\,925 \text{ cm}^4$$

Die statischen Momente

der vorgenannten Querschnittsteile, bezogen auf nn, müssen entsprechend der für x_{II} gestellten Bedingung unter einander gleich sein. Es ist:

$$S_{nb} = \frac{10{,}702^2}{2} = \qquad 57{,}267$$

$$+ 2 \cdot 5{,}5 \cdot 7{,}952 = \qquad 87{,}472$$

$$S_{nb} = S_{ne} = 15 \cdot {}^1/_2 \,.\, 19{,}298 = \sim 144{,}74$$

Daraus folgt:

$$z_{II} = \begin{cases} \dfrac{J_n}{S_{nb}} = \dfrac{3925}{144{,}74} = & 27{,}118 \text{ cm} \\ h_1 - x_{II} + \dfrac{J_{nb}}{S_{nb}} = 19{,}298 + \dfrac{1131{,}88}{144{,}74} = & 27{,}118 \text{ cm} \end{cases}$$

$$D = \frac{\sigma_b}{x_{II}} \cdot S_n = \frac{1{,}0}{10{,}702} \cdot 144{,}74 = 13{,}524 \text{ kg}$$

Bei $\sigma_b = 1{,}0$ kg/qcm ist:

$$Z = f_e \cdot 1{,}0 \cdot v_{II} = {}^1/_2 \cdot 27{,}048^{*)} = \sim 13{,}524 \text{ kg}$$

wie vor.

$$W_b = \begin{cases} \dfrac{J_n}{x_{II}} = \dfrac{3925}{10{,}702} = & 366{,}75 \text{ cm}^3 \\ D \cdot z_{II} = 13{,}524 \cdot 27{,}118 = & 366{,}74 \text{ cm}^3 \end{cases}$$

wie vor.

*) Siehe Seite 41.

$$W_e = \begin{cases} \dfrac{J_n}{15 \cdot (h_1 - x_{II})} = \dfrac{3925}{15 \cdot 19{,}298} = 13{,}559 \text{ cm}^3 \\ z_{II} \cdot f_e = 27{,}118 \cdot {}^1\!/_2 = \qquad 13{,}559 \text{ cm}^3 \end{cases}$$

wie vor.

$$\frac{W_b}{W_e} = \frac{366{,}75}{13{,}559} = 27{,}048$$

$$v_{II} = \frac{15 \cdot 19{,}298}{10{,}702} = 27{,}048 \text{ wie vor.}$$

Gegenüberstellung der obigen Ergebnisse mit den nach der Tabelle berechneten:

$$\begin{aligned} z_{II} &= 27{,}118 : 27{,}253 = 1 : 1{,}005 \\ W_e &= 13{,}559 : 13{,}626 = 1 : 1{,}005 \\ W_b &= 366{,}75 : 362{,}37 = 1 : 0{,}9881 \\ v_{II} &= 27{,}048 : 26{,}629 : 26{,}594 \\ &= \quad 1 \quad : 0{,}9845 : 0{,}9832 \end{aligned}$$

Bei $\frac{b_1}{B} = \frac{1}{6}$ war

$$\left.\begin{aligned} v_{II} &= 26{,}073 : 25{,}788 : 25{,}765 \\ &= \qquad 1 : 0{,}9891 : 0{,}9882 \end{aligned}\right\} \text{also günstiger!}$$

Aus der Gegenüberstellung geht hervor, daß man bei Benutzung der Tabelle für W_b etwas zu niedrige und folglich für σ_b etwas zu hohe Werte erhält. Die Benutzung der Tabelle hat also in diesem Falle den Vorzug, daß man bei Ausnutzung der Druckfestigkeit des Betonmaterials insofern **sicher geht**, als bei genauer Berechnung ein geringer Ueberschuß verbleiben würde. Der Umstand, daß sich andererseits ein wenig zu niedrige Eisenspannungen ergeben, weil W_e um ein geringes zu groß eingeführt wird, ist nicht von Belang; denn bei der üblichen Vernachlässigung der im Stege auftretenden Druckspannungen erhält man noch geringere d. h. noch mehr von der genauen Berechnung abweichende Eisenzugspannungen. Gleiches gilt für z_{II} bei Berechnung der Schub- und Haftspannungen. Wie bereits erwähnt wurde, empfiehlt es sich, wegen der Schubspannungen in Platte und Steg die zulässige Eisenzugspannung ohnehin nicht voll auszunutzen*).

*) Siehe auch den Schlußsatz zu Abschnitt IVb.