II. Plattenbalken aus Eisenbeton.

a) Plattenstärke $d \geqq x$.

Die Tabelle I gilt auch für Plattenbalken und zwar ohne weiteres, so lange die Plattenstärke d (siehe Fig. 10) gleich oder größer als x ist.

Man hat dann zunächst ohne Rücksicht auf die Teilungsweite B das Moment für b = 1,0 m zu ermitteln und danach die Tabellenwerte zu bestimmen; jedoch muß der Wert f_e noch mit $\frac{B}{b}$, d. h. B in m, multipliziert werden. Mithin

(33) $f_e = h_1 \,.\, \text{Wert I} \,.\, B.$ Will man bei einem gegebenen Plattenbalken $\frac{f_e}{h_1}$ bestimmen, so muß umgekehrt die Breite B im Divisor erscheinen, also

(34) $\text{Wert I} = \frac{f_e}{h_1 \cdot B}.$

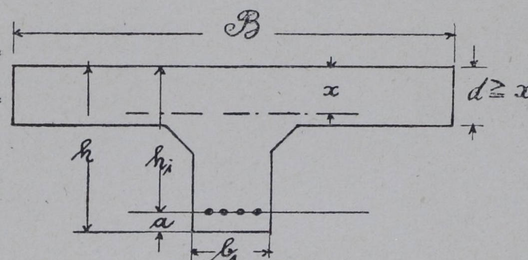

Fig. 10.

Aufgabe 6.

Gegeben: l, B, p, σ_e *und* σ_b.

Gesucht: h_1, f_e, b_1, *Plattenstärke* $d \geqq x$, z, *und* d_e.

Ein Plattenbalken von 6,0 m Stützweite,*) 5,75 m Spannweite und B = 1,8 m soll 1000 kg/qm gleichmäßige Gesamtbelastung erhalten. Dabei soll $\sigma_b = 36$ und $\sigma_e = 900$ kg/qcm betragen. Es ist die Höhe h_1, der Eisenquerschnitt f_e, die Stegbreite b_1, die Plattenstärke $d \geqq x$ und der zulässige Durchmesser d_e der Eiseneinlagen zu bestimmen.

Zu $v = \frac{\sigma_e}{\sigma_b} = \frac{900}{36} = 25$ erhält man aus Tabelle I folgende Werte:

I = 0,75, II = $^{15}/_{40}$ = $^{3}/_{8}$, III = 0,875,
IV = 16,406 und V = 0,6563.
Für b = 1,0 m ist nach Gl. (20)

$$h_1 = \frac{I}{\sqrt{\frac{0{,}08}{p} \,.\, \sigma_e \,.\, \text{Wert V}}} = \frac{6{,}0}{\sqrt{\frac{0{,}08}{1000} \,.\, 900 \,.\, 0{,}6563}}$$

$$h_1 = \frac{6}{\sqrt{0{,}04725}} = \frac{6}{0{,}2173} = \infty\, 27{,}7 \text{ cm}$$

*) Nach § 14 Ziffer 2 der Bestimmungen vom 24. 5. 07 gilt bei Balken die um die erforderliche Auflagerlänge vergrößerte freie Spannweite als Stützweite.

Nach Gl. (33) ist:

$f_e = h_1 \cdot \text{Wert I} \cdot B = 27{,}7 \,.\, 0{,}75 \,.\, 1{,}8 = 37{,}4\,\text{cm}^2$

$x = 27{,}7 \,.\, {}^3/_8 = 10{,}4 \text{ cm} \underset{<}{=} d$

$z = 27{,}7 \,.\, 0{,}875 = 24{,}2 \text{ cm}$

$$\mathfrak{V} = \frac{6{,}0 - 0{,}25}{2} \,.\, 1{,}8 \,.\, 1000 = 5175 \text{ kg.}$$

Nach Gl. (24) ist:

$\tau_0 = \frac{\mathfrak{V}}{z \,.\, b} \underset{<}{=} 4{,}5$ kg/qcm, folglich, wenn b_1 für b gesetzt wird: $b_1 \underset{=}{>} \frac{\mathfrak{V}}{4{,}5 \,.\, z}$.

Wenn der Balken die wagerechten Schubspannungen allein aufnehmen soll, muß er demnach eine Mindestbreite $b_1 \underset{=}{>} \frac{5175}{4{,}5 \,.\, 24{,}2} \underset{=}{>} 47{,}5 = \sim 50\,\text{cm}$ erhalten. Soll aus irgend welchen Gründen eine geringere Breite b_1 ausgeführt werden, dann müssen einige Eisenstäbe, wie in den Bestimmungen vom 24. 5. 07 bei Aufgabe 6 angegeben, nach oben aufgebogen werden. Erhält b_1 die nachgewiesene Mindestbreite, dann ist nach Gl. (31)*)

$$d_e \underset{=}{<} \frac{18 \,.\, f_e \,.\, z}{\mathfrak{V}} \underset{=}{<} \frac{18 \,.\, 37{,}4 \,.\, 24{,}2}{5175} \underset{=}{<} 3{,}15 \text{ cm.}$$

Es genügen also 5 Rundeisen von 3,1 cm Durchmesser mit $f_e = 5 \cdot 7{,}548 = 37{,}74$ cm².

Für Plattenbalken mit $d \underset{=}{>} x$ erübrigen sich weitere Beispiele, weil solche lediglich Wiederholungen der Aufgaben 1—5 sein würden.

---

*) Bei Ermittelung der zulässigen Eisenstärke d_e ist stets Gl. (31) anzuwenden, weil Gl. (29) die Stützweite als Faktor hat, während es genügt, hier das Maß der Spannweite zu berücksichtigen.

b) Plattenstärke $d < x$.

Im Nachstehenden sind die auf Tabelle I bezüglichen Ausdrücke mit $_I$ und die auf Tabelle II bezüglichen mit $_{II}$ bezeichnet.

Die Bestrebungen, die Tabelle I zugleich auch für solche Plattenbalken dienstbar zu machen, deren Stärke d geringer ist als x_I, haben zu einem günstigen Ergebnis geführt, denn die Werte $\frac{z_{II}}{z_I} = \frac{W_{eII}}{W_{eI}}$, $\frac{W_{bII}}{W_{bI}}$ und $\frac{v_{II}}{v_I}$ ändern sich fast ausschließlich nach dem Verhältnis $\frac{d}{x_I}$, indem die **zweite Veränderliche** $\frac{f_e}{h_1}$ (und somit auch $\frac{\sigma_e}{\sigma_b} = v$) innerhalb der hierbei üblichen Verhältnisse nahezu ohne Einfluß bleibt.

Wie aus der im Auszuge mitgeteilten Vorberechnung zu **Tabelle II** hervorgeht, ist unter Zugrundelegung von $\mathbf{b = 1\ cm}$ und $x_I = 10$ cm für

$$v = 21 \text{ mit } \frac{f_e}{h_1} = 0{,}992 \cdot \frac{1}{100}$$

$$v = 30 \text{ mit } \frac{f_e}{h_1} = 0{,}556 \cdot \frac{1}{100}$$

$$v = 39 \text{ mit } \frac{f_e}{h_1} = 0{,}356 \cdot \frac{1}{100}$$

für verschiedene Verhältnisse $\frac{d}{x_I}$ untersucht, wie groß die Abweichungen von Tabelle I werden. Nach den in **Tabelle II** zusammengestellten Ergebnissen sind die Unterschiede der zu einander gehörigen Verhältniswerte innerhalb $v = 21$ und $v = 30$, bezw. $v = 30$ und $v = 39$ so gering, daß sie bei Abkürzung auf zwei Dezimalen mit wenigen Ausnahmen ganz fortfallen. Man ist daher stets imstande, von einer vollen Platte ausgehend, mit Hilfe der Verhältniszahlen auch die Spannungen solcher Plattenbalken zu bestimmen, deren Plattenstärke d geringer ist als x_1.

Bei Aufstellung der Tabelle wurden folgende Gleichungen benutzt:

$$h_1 - x_{II} = \frac{d \cdot \left(h_1 - \frac{d}{2}\right)}{d + 15\, f_e}$$

$$y_{II} = x_{II} - \frac{d}{2} + \frac{J_d{}^{*)}}{S_{dn}} = x_{II} - \frac{d}{2} + \frac{d^2}{12 \cdot \left(x_{II} - \frac{d}{2}\right)}$$

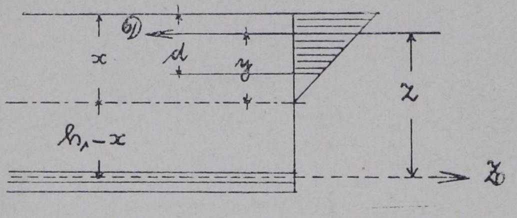

Fig. M.

$$z_{II} = h_1 - x_{II} + y_{II}$$

$$v_{II} = 15 \cdot \frac{h_1 - x_{II}}{x_{II}}$$

$$W_{e\,II} = z_{II} \cdot f_e$$

$$W_{b\,II} = W_{e\,II} \cdot v_{II} = z_{II}\, f_e\, v_{II}$$

$$\frac{W_{e\,II}}{W_{e\,I}} = \frac{z_{II}\, f_e}{z_I\, f_e} = \frac{z_{II}}{z_I}$$

$$\frac{W_{b\,II}}{W_{b\,I}} = \frac{W_{e\,II}\, v_{II}}{W_{e\,I}\, v_I} = \frac{z_{II}\, f_e\, v_{II}}{z_I\, f_e\, v_I} = \frac{z_{II}\, v_{II}}{z_I\, v_I} = \frac{IV_{II}}{IV_I}$$

x_{II} läßt sich auch unmittelbar bestimmen aus:

$$\frac{\frac{b\,d^2}{2} + 15\, f_e\, h_1}{b\,d + 15\, f_e}$$

oder für $b = 1$ cm $\quad x_{II} = \dfrac{\frac{d^2}{2} + 15\, f_e\, h_1}{d + 15\, f_e}$

Die als Grundlage für die Berechnung von Plattenbalken vorerwähnter Art dienenden Werte der **Tabelle I** werden durch die vom Verhältnis $\frac{d}{x_I}$ abhängigen Werte n_3 bis n_6 der **Tabelle II** beeinflußt. Die Werte n_1 daselbst sind für diese Berechnung zwar entbehrlich, sie wurden aber gebracht, um eine vergleichende Uebersicht zu ermöglichen. Die Werte n_2 werden fast nur bei Steineisendecken mit Aufbetonierung (Abschnitt IV_b) gebraucht, um σ_s bestimmen zu können.

Das Verhältnis $\frac{d}{x}$ bestimmt sich wie folgt:

Nach Tabelle I ist $x = h_1$ mal Wert II. Der Zähler in Spalte II ist stets $= 15$, also konstant. Gleiches gilt — bei der jeweiligen Aufgabe — von der Plattenstärke d, sodaß nur der Nenner N veränderlich ist, daher

$$x = \frac{15 \cdot h_1}{N} \quad \text{und}$$

(35) $$\frac{d}{x} = \frac{d}{15 \cdot h_1} \cdot N$$

Aus $\sigma_e = \dfrac{M}{W_e} = \dfrac{M}{z f_e}$ folgt für den Plattenbalken

(36) $$\sigma_e = \sigma_{e\,II} = \frac{M}{z_{II} \cdot f_e} = \frac{M}{h_1 \cdot \text{Wert III} \cdot n_4 \cdot f_e},$$

aus $\sigma_b = \dfrac{\sigma_e}{v}$ ferner

---

*) Siehe Seite 31 bei $\frac{J}{S}$, Seite 40 bei z_{II} und Seite 54 bei z, sowie Abschnitt V.

(37) $\sigma_b = \sigma_{b\,II} = \frac{\sigma_{e\,II}}{v_{II}} = \frac{\sigma_{e\,II}}{v_I \cdot n_3}$

oder:

Nach Gl. (13) $\sigma_b = \frac{M}{h_1^2} \cdot \frac{1}{\text{Wert IV}}$ wird für den Plattenbalken

(38) $\sigma_b = \sigma_{b\,II} = \frac{M}{h_1^2 \cdot B} \cdot \frac{1}{\text{Wert } IV_{II}}$

$= \frac{M}{h_1^2 \cdot B} \cdot \frac{1}{\text{Wert IV} \cdot n_6}$

Nach Gl. (15) ist $\sigma_e = \frac{M}{h_1^2} \cdot \frac{1}{\text{Wert V}}$

daher wie vor:

(39) $\sigma_e = \sigma_{e\,II} = \frac{M}{h_1^2 \cdot B} \cdot \frac{1}{\text{Wert } V_{II}} =$

$\frac{M}{h_1^2 \cdot B} \cdot \frac{1}{\text{Wert V} \cdot n_4}$

Fall I. Ermittelung der Materialbeanspruchungen, wenn sämtliche Abmessungen des Plattenbalkens gegeben sind.

Die Gl. (36) und (37) oder (38) und (39) dienen zur Berechnung solcher Plattenbalken, welche in ihren Abmessungen h_1, d und f_e (abgesehen von B und b_1) bereits festgelegt sind, also bei Ermittelung der Materialbeanspruchungen **bereits dimensionierter** Plattenbalken für eine bestimmte Gesamtbelastung bezw. das sich daraus ergebende Angriffsmoment. *Siehe hierzu das mit einem Zahlenbeispiel versehene Formular auf Tabelle* II, *sowie Aufgabe 7.*

Fall II. Ermittelung des Eisenquerschnittes bei vorgeschriebener Höhe, Plattenstärke und Betondruckspannung.

Soll dagegen für ein gegebenes Angriffsmoment ein **Plattenbalken von bestimmter Höhe h_1 für ein zulässiges σ_b berechnet werden, bei dem zugleich die Plattenstärke d von vornherein festgelegt ist,** so sind die Gl. (40) und (41) unter Benutzung der **Hilfstabelle A** anzuwenden.

Nach Gl. (17) ist Wert IV $= \frac{M}{h_1^2 \cdot \sigma_b}$,

folglich für den Plattenbalken

(40) Wert $IV_{II} = \frac{M}{h_1^2 \cdot B} \cdot \frac{1}{\sigma_{b\,II}}$

Nach Tabelle II ist ferner:

$n_6 = \frac{\text{Wert } IV_{II}}{\text{Wert } IV_I}$, daher

(41) Wert $IV_I = \frac{\text{Wert } IV_{II}}{n_6}$

Auszug aus der Berechnung der Hilfstabelle A und zwar für d = 5,5 cm bei x = 10 cm, also für $\frac{d}{x_I} = \frac{5,5}{10} = \mathbf{0,55}$.

v_I	IV_I mal $n_6 = IV_{II}$	dem entspricht $v_{II} + 15 = N_{II}$	Gl. (35) $N_{II} \cdot \frac{d}{15 \cdot h_1} = \frac{d}{x}$ zu IV_{II}
		mit	
21	17,940 · 0,8633 = 15,488	$27,7 + 0,3 \cdot \frac{20}{94} = 27,764 + 15 = 42,764$	$42,764 \cdot \frac{5,5}{15 \cdot 24} = 0,653$
30	14,815 · 0,8589 = 12,725	$38,3 + 0,2 \cdot \frac{26}{42} = 38,424 + 15 = 53,424$	$53,424 \cdot \frac{5,5}{15 \cdot 30} = 0,653$
39	12,603 · 0,8563 = 10,792	$49,0 + 1,0 \cdot \frac{11}{152} = 49,072 + 15 = 64,072$	$64,072 \cdot \frac{5,5}{15 \cdot 36} = 0,653$

Hiernach ist der aus Gl. (40) erhaltene Wert IV_{II} in Spalte IV der Tabelle I aufzusuchen, dazu auf der gleichen Zeile — nötigenfalls durch Interpolation — in Spalte II der Nenner N_{II} abzulesen, in Gl. (35) einzusetzen und so das zu IV_{II} gehörige (erste) $\frac{d}{x}$ zu bestimmen. Zu diesem ist dann aus der Hilfstabelle A das endgültige $\frac{d}{x_I}$ zu entnehmen und damit zugleich der zur Lösung der Gl. (41) erforderliche Wert n_6 bekannt. Es erübrigt nun noch, den so erhaltenen Wert IV_I in Tabelle I aufzusuchen, aus Spalte I auf gleicher Zeile den zugehörigen Wert $\frac{f_e}{h_1}$ zu entnehmen und damit nach Gl. (33) den erforderlichen Eisenquerschnitt zu bestimmen. Durch den ferner zu $\frac{d}{x_I}$ gehörigen Wert n_4 und Gl. (36) erhält man die Eisenzugspannung σ_e. Wird letztere nun noch **zur Kontrolle** in Gl. (37) eingesetzt, so muß sich wiederum das der Aufgabe zu Grunde gelegte **vorgeschriebene** σ_b ergeben. Da bei Lösung der Gl. (36) zugleich z_{II} bestimmt wurde, steht auch der Untersuchung der Schub- und Haftspannungen nach Gl. (45) bis (49) nichts mehr im Wege. *Siehe hierzu das mit einem Zahlenbeispiel versehene Formular auf Hilfstabelle A, sowie Aufgabe 8.*

Fall III. Ermittelung der Höhe und des Eisenquerschnittes bei vorgeschriebener Plattenstärke unter Innehaltung bestimmter Zug- und Druckbeanspruchungen.

Mit Hilfe der Gl. (42) und (43) und der Hilfstabelle B ist man imstande, für ein gegebenes Angriffsmoment die Höhe h_1 auch dann zu bestimmen, wenn man an **eine vorgeschriebene**

Plattenstärke d gebunden ist und außerdem bestimmte Spannungen σ_b und σ_e nicht überschritten werden sollen

Aus $\frac{\sigma_e}{\sigma_b} = v$ erhält man

(42) $\frac{\sigma_e}{\sigma_b} = \frac{\sigma_{eII}}{\sigma_{bII}} = v_{II}$, und daraus den zugehörigen Nenner:

$N_{II} = v_{II} + 15.$

Nach Gl. (17) ist $h_1 = \sqrt{\frac{M}{\sigma_b \cdot \text{Wert IV}}}$,

für den Plattenbalken daher:

(43) $h_1 = \sqrt{\frac{M}{B \cdot \sigma_{bII} \cdot \text{Wert } IV_{II}}}$

Nach Tabelle II ist $n_3 = \frac{v_{II}}{v_I}$, daher

(44) $v_I = \frac{v_{II}}{n_3}$

Auszug aus der Berechnung der Hilfstabelle B und zwar für d = 5,5 cm bei x = 10 cm, also

für $\frac{d}{x_I} = \mathbf{0{,}55}$.

V_I	$\frac{\sigma_{eII}}{\sigma_{bII}} = V_{II}$	d. entspr. $V_{II} + 15 = N_{II}$	Zugehöriger Wert IV_{II}	$M = W_{bII} \cdot 100$	Gl. (42); B = 1,0, $\sigma_{bII} = 1{,}0$: $\sqrt{\frac{M}{IV_{II}}} = h_{II}$	Gl. (35) $\frac{d}{15} \cdot \frac{N_{II}}{h_{II}} = \frac{d}{x}$	$\frac{h_1}{h_{II}}$
21	17,386	32,386	$19{,}527 + 0{,}098 \cdot \frac{114}{200} = 19{,}583$	8920,9	$\sqrt{\frac{8920{,}9}{19{,}583}} = 21{,}343$	$\frac{5{,}5}{15} \cdot \frac{32{,}386}{21{,}343} = 0{,}556$	$\frac{24}{21{,}343} = 1{,}125$
30	24,944	39,944	$16{,}406 + 0{,}106 \cdot \frac{56}{300} = 16{,}426$	11452	$\sqrt{\frac{11452}{16{,}426}} = 26{,}404$	$\frac{5{,}5}{15} \cdot \frac{39{,}944}{26{,}404} = 0{,}555$	$\frac{30}{26{,}404} = 1{,}136$
39	32,518	47,518	$14{,}075 + 0{,}052 \cdot \frac{182}{200} = 14{,}122$	13985	$\sqrt{\frac{13985}{14{,}122}} = 31{,}469$	$\frac{5{,}5}{15} \cdot \frac{47{,}518}{31{,}469} = 0{,}554$	$\frac{36}{31{,}469} = 1{,}144$

Hiernach ist zu dem aus Gl. (42) erhaltenen v_{II} nach Spalte IV der Tabelle I der entsprechende Wert IV_{II} zu bestimmen (nötigenfalls durch Interpolation), Gl. (43) liefert dann den vorläufigen Wert h_{II}, sodaß nach Gl. (35) das zu v_{II} gehörige (erste) $\frac{d}{x}$ bestimmt und zu diesem aus der Hilfstabelle B die Verhältniszahl $\frac{h_1}{h_{II}}$ und das endgültige $\frac{d}{x_I}$ entnommen werden kann. Mit letzterem ist zugleich das zur Lösung der Gl. (44) erforderliche n_3 bekannt und somit auch v_I. Wird zu diesem nun noch in Spalte I der Tabelle I der Wert $\frac{f_e}{h_1}$ abgelesen, sowie ferner durch Multiplikation des

Wertes h_{II} mit der Verhältniszahl $\frac{h_I}{h_{II}}$ das **gesuchte** h_1 bestimmt, so erhält man, wie bereits bei Fall II besprochen, aus Gl. (33) den erforderlichen Eisenquerschnitt f_e, mittels n_4 außerdem noch z_{II} für die Untersuchung der Schubspannungen. Als **Kontrolle** der beiden Werte f_e und z_{II} muß sich nach Gl. (36) aus $\sigma_e = \frac{M}{z_{II} \cdot f_e}$ wiederum der in der Aufgabe zur Bedingung gemachte Wert σ_e ergeben. *Siehe hierzu das mit einem Zahlenbeispiel versehene Formular auf Hilfstabelle B, sowie Aufgabe 9.*

Die Schubspannungen.

1. Die wagerechten Schubspannungen im Stege.

Wie bereits bei Aufgabe 6 gefunden wurde, ist die Untersuchung der im Stege auftretenden **wagerechten** Schubspannungen von besonderer Wichtigkeit. Nach Gl. (24) ist: $\tau_0 = \frac{V}{z \cdot b'}$, folglich beim Plattenbalken $\frac{d}{x_I} < 1{,}0$

(45) $\tau_0 = \frac{V}{z_{II} \cdot b_1}$, wobei b_1 die Stegbreite bedeutet.

Ebenso hat man in Gl. (25) und (31) z_{II} statt z zu setzen, folglich nach Gl. (25)

$$\text{Haftspannung } \tau_1 = \frac{V}{z_{II} \cdot u} \leqq 4{,}5 \text{ kg/qcm}$$

bezw. nach Gl. (31) $d_e \leqq \frac{18 \cdot f_e \cdot z_{II}}{V} = \frac{36 \cdot f_e \cdot z_{II}}{P}$

2. Die wagerechten Schubspannungen in lotrechten Ebenen der Platte.

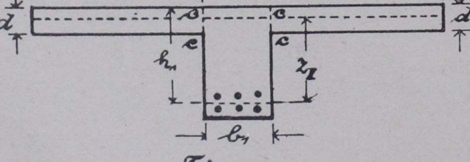

Fig. 12.

Nicht minder wichtig ist bei Plattenbalken vorgenannter Art die Untersuchung, ob die Plattenstärke auch genügende Sicherheit gegen Abscherung in der oberen Verlängerung der lotrechten Stegkanten bietet, d. h., daß die in der lotrechten Anschlußebene cc (Siehe Fig. 12) auftretenden wagerechten Schubspannungen zwischen Platte und Steg das zulässige Maß von 4,5 kg/qcm nicht überschreiten.

Für ein Trennstück eines auf Biegung beanspruchten Querschnittes ist allgemein $T = \frac{V \cdot S}{J}$, wobei T die Schubkraft für die Längeneinheit, V die Querkraft, S das statische Moment der abzutrennenden Teilfläche, bezogen auf die Nullachse der gesamten Querschnittsfläche und J das ebenfalls auf diese Achse bezogene Trägheitsmoment der Gesamtquerschnittsfläche bedeutet. Betrifft S den gesamten ober- oder unterhalb der Nullinie befindlichen Querschnittsteil, so erhält man aus $\frac{J}{S}$ bekanntlich den Abstand der Zug- und Druckkraftmittelpunkte des Querschnittes, d. h. den Abstand z bezw. hier z_{II} Statt $T = \frac{V \cdot S}{J}$ ist also im vorliegenden Falle zu schreiben $T = \frac{V}{z_{II}}$. Da sich bei Querschnitten von einheitlicher Höhe h_1 das auf die Teilbreite b_2 entfallende statische Moment S_{b_2} zu dem statischen Moment der Gesamtbreite B wie $b_2 : B$ verhält (der auf b_2 entfallende Anteil der über B gleichmäßig verteilt anzunehmenden Gesamtquerkraft V würde sich ebenfalls nach dem Verhältnis $b_2 : B$ bestimmen), ist statt V die Teilquerkraft V_{b_2} einzuführen und man erhält

$$T = \frac{V_{b_2}}{z_{II}} = \frac{V}{z_{II}} \cdot \frac{b_2}{B}$$

Bei verhältnismäßig schwachen Platten kann ferner die Schubspannung auf die Strecke cc gleichmäßig verteilt angenommen werden, und es ergibt sich daraus für die Flächeneinheit der lotrechten Ebene cc eine wagerechte Scherbeanspruchung:

(46) $\tau_2 = \frac{V_{b_2}}{z_{II} \cdot d} = \frac{V}{z_{II} \cdot d} \cdot \frac{b_2}{B} \leqq 4{,}5$ kg/qcm,

wobei $\frac{b_2}{B} = \frac{B - b_1}{2B}$.

Wird $\tau_2 > 4{,}5$ kg/qcm und mithin die obige Bedingung nicht erfüllt, so muß die lotrechte Scherfläche, also die Platte, nach dem Stege zu verstärkt werden. (Siehe Figur 13). Bezeichnet man die seitliche Teilstrecke, an deren Endpunkt g die Verstärkung zu beginnen hat, mit b_3, so erhält man durch Einsetzen von b_3 an Stelle von b_2 aus Gl. (46)

(47) $b_3 \leqq \frac{4{,}5 \cdot B \cdot z_{II} \cdot d}{V}$

Wird auch bei der verstärkten Platte noch gleichmäßige Verteilung der Scherkräfte auf Strecke cc_1 angenommen, was mit Rücksicht auf die Eiseneinlagen der Platte geschehen kann, so muß nach Gl. (46) d_1 mindestens betragen

(48) $d_1 \geqq \frac{V}{4{,}5 \cdot z_{II}} \cdot \frac{b_2}{B}$

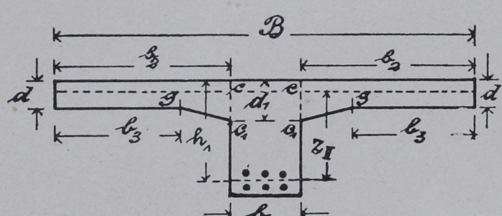

Fig. 13.

3. **Bei lotrechter Abscherung** kommt, wie bei Gl. (27) bereits erwähnt, wieder die ganze Querschnittfläche in Betracht und man erhält unter Vernachlässigung der Verstärkungen am Steganschluß

$$\textbf{(49)} \quad \tau = \frac{V_{max}}{b \cdot h + (B - b_1) \cdot d} \leqq 4{,}5 \text{ kg/qcm}$$

Siehe hierzu das mit einem Zahlenbeispiel versehene Formular auf Tabelle II, *sowie Aufgabe* 7.

Vorbemerkung zu den Aufgaben 7 bis 9.

Wegen der leichten Kontrolle soll noch der in den Bestimmungen vom 24. 5. 07 auf Seite 16 unter Ziffer 6 nachgewiesene Plattenbalken berechnet werden und zwar soll dabei gezeigt werden, wie die Interpolation der Werte n vorzunehmen ist, wenn es sich um Erlangung ganz genauer Ergebnisse handelt. Im allgemeinen wird es genügen, die zu interpolierenden Werte im Sinne des angegebenen rechnerischen Verfahrens zu schätzen, und hierbei zur Sicherheit z, IV und V nach unten abzurunden. Im Falle II und III wird man dabei die vierte Dezimale fortlassen können, weil es hier immer nur darauf ankommen wird, Querschnitte zu bestimmen, bei denen die zulässigen Beanspruchungen **nahezu** voll ausgenutzt werden. Einer Ueberschreitung der letzteren infolge etwaiger ungenauer Schätzung der interpolierten Werte wird dadurch vorgebeugt, daß statt des berechneten f_e fast stets ein größerer Eisenquerschnitt verwendet werden muß, sobald man zu einem Plattenbalken nicht drei oder vier verschiedene Eisenstärken verwenden will.

Eine weitere Sicherheit gegen die Ueberschreitung der zulässigen Betonbeanspruchung besteht in der Vernachlässigung der im Stege auftretenden Druckspannungen (Gl. 8 bis 15 der ministeriellen Bestimmungen), sowie auch darin, daß die Platte am Steganschluß wegen der daselbst auftretenden großen Schubspannungen meist verstärkt werden muß.

Eine volle Ausnutzung, und damit die Gefahr einer Ueberschreitung der zulässigen Eisenzugspannungen wird bei Balken mit verhältnismäßig geringer Plattenstärke schon deshalb kaum in Frage kommen können, weil wegen der in Platte und Steg auftretenden großen Schubkräfte die Einführung hoher Eisenzugspannungen überhaupt nicht zweckmäßig ist. Uebrigens ergeben sich bei geringer werdendem $\frac{d}{x_I}$ auch ganz von selbst niedrigere Eisenzugspannungen. Ist z. B. der Eisenquerschnitt so gewählt, daß bei $\frac{d}{x_I} \geqq 1{,}0$ sowohl σ_b als auch

σ_e bis zur zulässigen Grenze ausgenutzt wird, so entsteht bei $\frac{d}{x_I} = 0{,}50$ und dem gleichen zulässigen $\sigma_{b\,max}$ nach n_3 nur eine Eisenzugspannung von 0,782 bis 0,788 $\sigma_{e\,max.}$, d. h. von 0,782 bis 0,788 · 1000 = 782 bis 788 kg/qcm.

Aufgabe 7.

Gegeben: Sämtliche Abmessungen des Plattenbalkens sowie sein Angriffsmoment.

Gesucht: Die Zug-, Druck-, Schub- und Haftspannungen.

(Fall I).

Angriffsmoment 912 600 cmkg
Stützweite 7,8 m
Spannweite 7,5 m mit $V = 4500$ kg
$B = 1{,}5$ m, $b_1 = 25$ cm
$h = 42$ cm, $h_1 = 36$ cm, $d = 10$ cm

6 Rundeisen 2,5 cm Durchmesser mit $f_e = 29{,}45$ cm² und $u_e = (6-2) \cdot 7{,}854 = 31{,}416$ cm (an den Auflagern, wo 2 Eiseneinlagen aufgebogen sind.) Nach Gl. (34) ist:

$$\text{Wert I} = \frac{f_e}{h_1 B} = \frac{29{,}45}{36 \cdot 1{,}5} = 0{,}5454$$

Dem entspricht Wert I in Tabelle I mit 0,546 ferner ist dann

$$v = 30{,}3;\ x = \frac{15}{45{,}3}\, 36 = 11{,}92 \text{ cm},$$

Wert III = 0,8896,
Wert IV = 14,729; Wert V = 0,4861.

Aus $\frac{d}{x_I} = \frac{10}{11{,}92} = 0{,}839$ ergibt sich

$$n_4 = 1{,}0053 - \frac{53-45}{10\,000} \cdot \frac{9}{20} = 1{,}0049$$ (Siehe Spalte 0,83 und 0,85 in der dem Wert $v_I = 30{,}3$ am besten entsprechenden Mittelzeile bei n_4 in Tabelle II).

Nach Gl. (36) ist $\sigma_e = \frac{M}{h_1 \cdot \text{Wert III} \cdot n_4 \cdot f_e}$

$$\sigma_e = \frac{912\,600}{36 \cdot 0{,}8896 \cdot 1{,}0049 \cdot 29{,}45} = \frac{912\,600}{\underbrace{32{,}18}_{z_{II}.} \cdot 29{,}45}$$

= 963 kg/qcm

(der gleiche Wert wie im Beispiel).

$$n_3 = 0{,}9802 + \frac{49-2}{10\,000} \cdot \frac{9}{20} = 0{,}9823$$

$$n_6 = 0{,}9854 + \frac{93-54}{10\,000} \cdot \frac{9}{20} = 0{,}9872$$

Nach Gl. (37) ist $\sigma_b = \frac{\sigma_e}{v_I\ n_3}$

$$\sigma_b = \frac{963}{30{,}3 \cdot 0{,}9823} = 32{,}36 \text{ kg/qcm}$$

(im Beispiel 32,3 kg/qcm berechnet).

oder

Nach Gl. (38) ist $\sigma_b = \frac{M}{h_1^2 B} \cdot \frac{1}{\text{Wert IV} \cdot n_6}$.

$$\sigma_b = \frac{912\,600}{36^2 \cdot 1{,}5} \cdot \frac{1}{14{,}729 \cdot 0{,}9872}$$

$$\sigma_b = 469{,}44 \cdot \frac{1}{14{,}54} = 32{,}29 \text{ kg/qcm}$$

ferner nach Gl. (39)

$$\sigma_e = \frac{M}{h_1^2 \cdot B} \cdot \frac{1}{\text{Wert V} \cdot n_4}$$

$$\sigma_e = 469{,}44 \cdot \frac{1}{0{,}4861 \cdot 1{,}0049} = 961 \text{ kg/qcm}.$$

Der für die Praxis belanglose Unterschied von 2 kg/qcm bei σ_e ist darauf zurückzuführen, daß für $\frac{f_e}{h_1} = 0{,}5454$ aus der Tabelle I die Werte für $\frac{f_e}{h_1} = 0{,}546$ ohne Interpolation entnommen sind. Nach dem auf Seite 9 Gesagten empfiehlt es sich, von den beiden Gl. (36) und (39) die erstere anzuwenden.

Die Schub- und Haftspannungen:

Nach Gl. (45) ist:

$$\tau_0 = \frac{\mathfrak{V}}{z_{II}\, b_1} = \frac{4500}{32{,}18 \cdot 25} = 5{,}6 > 4{,}5 \text{ kg/qcm}$$

Infolge dieser zu großen Beanspruchung mußten 2 Eiseneinlagen nach der Druckzone aufgebogen werden. Wenn dies vermieden werden soll, dann muß die Stegbreite mindestens betragen:

$b_1 \geqq \frac{4500}{4{,}5 \cdot 32{,}18} \geqq 31$ cm (siehe auch Aufgabe 6.)

Nach Gl. (25) beträgt die Haftspannung

$$\tau_1 = \frac{\mathfrak{V}}{z_{II}\, u} = \frac{4500}{32{,}18 \cdot 31{,}416} = 4{,}46 \text{ kg/qcm}$$

(im Beispiel auf 4,5 abgerundet).

Nach Gl. (31) ist

$d_e \leqq \frac{18\, f_e\, z_{II}}{\mathfrak{V}}$, folglich wird bei $6-2=4$ Eisen am Auflager:

$$d_e \leqq \frac{18 \cdot 4/6 \cdot 29{,}45 \cdot 32{,}18}{4500} \leqq 2{,}53 \text{ cm}.$$

Nach Gl. (46) ist

$$\frac{b_2}{B} = \frac{B - b_1}{2B} = \frac{1{,}5 - 0{,}25}{2 \cdot 1{,}5} = 0{,}417.$$

Ohne Verstärkung der Platte am Steganschluß würde deren Schubspannung in der Ebene cc nach vorgenannter Gleichung

$$\tau_2 = \frac{\mathfrak{V}}{z_{II} \cdot d} \cdot \frac{b_2}{B} = \frac{4500}{32{,}18 \cdot 10} \cdot 0{,}417 = 5{,}83$$

$>$ 4,5 kg/qcm betragen, daher erforderliche Plattenstärke am Steg nach Gl. (48)

$$d_1 \geqq \frac{\mathfrak{V}}{4{,}5 \cdot z_{II}} \cdot \frac{b_2}{B} = \frac{4500}{4{,}5 \cdot 32{,}18} \cdot 0{,}417 = 13 \text{ cm}$$

mindestens.

Die ohne Verstärkung genügende beiderseitige Teilstrecke ermittelt sich nach Gl. (47) zu

$$b_3 \leqq \frac{4{,}5 \cdot B \cdot z_{II} \cdot d}{\mathfrak{V}} \leqq \frac{4{,}5 \cdot 150 \cdot 32{,}18 \cdot 10}{4500}$$

$\leqq$ 48 cm höchstens.

Die lotrechte Schubspannung beträgt nach Gl. (49)

$$\tau = \frac{\mathfrak{V}}{b_1 \cdot h + (B - b_1) \cdot d} = \frac{4500}{25 \cdot 42 + (150 - 25) \cdot 10}$$

$= 1{,}96$ kg/qcm.

Aufgabe 8.

Gegeben: Das Angriffsmoment, h_1, Plattenstärke d, σ_b und B.

Gesucht: f_e, σ_e und z.

Fall II.

Angriffsmoment $= 912\,600$ cmkg, $h_1 = 36$ cm,
$B = 1{,}5$ m.

$$\text{Bedingung:} \begin{cases} d = 10 \text{ cm} \\ \sigma_b = \dfrac{194}{6} = 32{,}3 \text{ kg/qcm.} \end{cases}$$

Zu bestimmen ist der Eisenquerschnitt f_e, die Zugspannung σ_e und z.

Nach Gl. (40) ist $IV_{II} = \dfrac{M}{h_1^2 \cdot B} \cdot \dfrac{1}{\sigma_b}$

$$IV_{II} = \frac{912\,600}{36^2 \cdot B} \cdot \frac{1}{32{,}3} = 469{,}44 \cdot \frac{1}{32{,}3} = 14{,}534$$

Dem entspricht in Tabelle I

$v = 31$ mit $IV = 14{,}532 = IV_{II}$
und $II = {}^{15}/_{46}$,

folglich nach Gl. (35)

$$\text{erster Wert } \frac{d}{x} = \frac{d}{15 \cdot h_1} \cdot N = \frac{10}{15 \cdot 36} \cdot 46 = 0{,}852$$

Aus Hilfstabelle A erhält man nach Spalte 0,83 und 0,85

$$\frac{d}{x_I} = 0,83 + \frac{0,852 - 0,844}{0,861 - 0,844} \cdot (0,85 - 0,83) = 0,839.$$

Dem Wert $IV_{II} = 14,534$ entspricht bei Spalte 0,83 und 0,85 am besten die **Mittelzeile**, denn bei $v = 30$ ist $IV_{II} = \sim 14,6$. Der Unterschied ist also so gering, daß sich eine Interpolation erübrigt. Für $\frac{d}{x_I} = 0,839$ erhält man aus Zeile $v = 30$ in Tabelle II

$$n_3 = 0,9802 + \frac{49 - 2}{10\,000} \cdot \frac{9}{20} = 0,9823$$

$$n_4 = 1,0053 - \frac{53 - 45}{10\,000} \cdot \frac{9}{20} = 1,0049$$

$$n_6 = 0,9854 + \frac{93 - 54}{10\,000} \cdot \frac{9}{20} = 0,9872$$

Nach Gl. (41) ist

$$\text{Wert } IV_I = \frac{\text{Wert } IV_{II}}{n_6} = \frac{14,534}{0,9872} = 14,756.$$

Hierfür erhält man in Tabelle I

$v_I = 30,3$ mit $IV = 14,729$
$I = 0,546$ und $III = 0,8896$.

Nach Gl. (33) ist:

$$f_e = h_1 \cdot \text{Wert } I \cdot B = 36 \cdot 0,546 \cdot 1,5 = 29,48 \text{ cm}^2.$$

Nach Gl. (36) ist:

$$\sigma_e = \frac{M}{h_1 \cdot \text{Wert } III \cdot n_4 \cdot f_e}$$

$$\sigma_e = \frac{912\,600}{\underbrace{36 \cdot 0,8896 \cdot 1,0049}_{z_{II} = 32,18} \cdot 29,48} = 962 \text{ kg/qcm}.$$

Gl. (37) dient nun noch zur Kontrolle, ob die Bedingung $\sigma_b \leqq 32,3$ kg/qcm auch wirklich erfüllt wird. Danach ist

$$\sigma_b = \frac{\sigma_e}{v_I \cdot n_3} = \frac{962}{30,3 \cdot 0,9823} = \mathbf{32,3 \text{ kg/qcm}}$$

und folglich die Berechnung richtig! Letzteres geht zugleich aus der Uebereinstimmung der hier ermittelten Werte mit den von Aufgabe 7 her bereits bekannten hervor. Die Schub- und Haftspannungen würden wieder wie bei Aufgabe 7 zu berechnen sein.

Aufgabe 9.

Gegeben: Das Angriffsmoment, Plattenstärke d, σ_b, σ_e und B.

Gesucht: h_1, f_e und z.

Fall III.

Angriffsmoment = 912 600 cmkg, B = 1,5 m.

$$\text{Bedingung:}\begin{cases}\text{Plattenstärke } d = 10 \text{ cm} \\ \sigma_b \overset{=}{<} \frac{194}{6} \overset{=}{<} 32{,}3 \text{ kg/qcm} \\ \sigma_e \sim 963 \text{ kg/qcm}\end{cases}$$

Es ist h_1 zu bestimmen, ferner der Eisenquerschnitt f_e und z. Nach Gl. (42) ist

$v_{II} = \frac{\sigma_e}{\sigma_b} = \frac{963}{32{,}3} = 29{,}81$. Dem entspricht nach Tabelle I

$$IV_{II} = 14{,}902 - 0{,}087 \cdot \frac{11}{30} = 14{,}870$$

$$N_{II} = 29{,}81 + 15 = 44{,}81$$

Gl. (43) ergibt

$$h_{II} = \sqrt{\frac{M}{B \cdot \sigma_b \cdot IV_{II}}} = \sqrt{\frac{912\,600}{1{,}5 \cdot 32{,}3 \cdot 14{,}87}} = 35{,}59 \text{ cm.}$$

Zu v_{II} erhält man nach Gl. (35)

$$\text{(erstes) } \frac{d}{x} = \frac{d}{15 \cdot h_{II}} \cdot N = \frac{10 \cdot 44{,}81}{15 \cdot 35{,}59} = 0{,}839$$

Dieser Wert bedeutet im vorliegenden Falle zugleich das endgültige $\frac{d}{x_I}$, weil in Spalte 0,83 und 0,85 der Hilfstabelle B das endgültige $\frac{d}{x_I}$ mit dem ersten $\frac{d}{x}$ genau übereinstimmt; im übrigen ist die Mittelzeile maßgebend, weil das rund 14,96 betragende IV_{II} daselbst dem obigen Wert IV_{II} = 14,87 sehr nahekommt. Folglich:

$$\frac{h_1}{h_{II}} = 1{,}013 - \frac{3}{1000} \cdot \frac{9}{20} = 1{,}012 \text{ und}$$

$$h_1 = 35{,}59 \cdot 1{,}012 = 36{,}02 \sim \mathbf{36\ cm}$$

$$n_3 = 0{,}9802 + \frac{49 - 2}{10\,000} \cdot \frac{9}{20} = 0{,}9823$$

$$n_4 = 1{,}0053 - \frac{53 - 45}{10\,000} \cdot \frac{9}{20} = 1{,}0049$$

Nach Gl. (44) ist

$$v_I = \frac{v_{II}}{n_3} = \frac{29{,}81}{0{,}9823} = 30{,}34.$$

Dem kommt in Tabelle I am nächsten:
v = 30,3 mit Wert I = 0,546 u. Wert III = 0,8896.

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)

$\sigma_e = \dfrac{M}{z_{II} \cdot f_e}$ 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) $n_3 \text{ bis } n_6 = \dfrac{b_1 \cdot 1{,}0 + (B - b_1) \cdot n_{3 \text{ bis } 6}}{B}$,

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

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

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

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

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

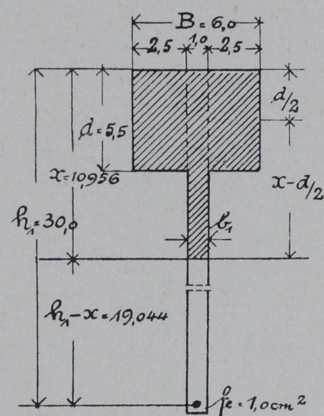

Fig. 14.

Die statischen Momente der Flächenelemente für die Nullinie gleichgesetzt gibt:

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

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

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

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:

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

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

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

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

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

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

Kontrollrechnung:

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

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

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

$$x^2 + 37 - 510{,}5 = 0$$

$$x = x_{II} = 10{,}702 \text{ cm.}$$

Das Trägheitsmoment

des Betonquerschnittes oberhalb nn ermittelt sich zu:

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

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

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

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

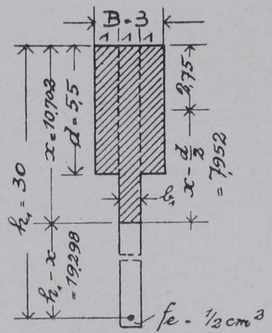

Fig. 15.

Das Trägheitsmoment vom Fünfzehnfachen des Eisenquerschnittes ferner

$$\text{zu } J_{ne} = 15 \cdot f_e \cdot (h_1 - x)^2$$

$$= 15 \cdot {}^1/_2 \cdot 19{,}298^2 = \quad 2\,793{,}096 \text{ cm}^4$$

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

Die statischen Momente

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

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

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

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

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.

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

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 $\dfrac{b_1}{B} = \dfrac{1}{6}$ war

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

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.