

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 79/80 (1922)  
**Heft:** 17

**Artikel:** Graphikon für die Berechnung von Plattenbalken und deren wirtschaftliche Bemessung bei reiner Biegung  
**Autor:** Kindler, W.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-38081>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 23.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

**INHALT:** Graphikon für die Berechnung von Plattenbalken und deren wirtschaftliche Bemessung bei reiner Biegung. — Das Siedlungswerk „Lantig“: Ein praktisches Ergebnis Winterthurer Siedlungspolitik. — Kraft-Speicherungs-Anlagen mittels komprimierter Luft. — Der Turboschlepper „Zürich“. — Miscellanea: Neue Lokomotiven der tschecho-slowakischen Staatsbahnen. Schweizerischer Elektrotechnischer

Verein. Eidgenössische Technische Hochschule. Bebauungsplan für Bern und Vororte. Der IX. internationale Eisenbahnkongress in Rom. Die Anzahl der Automobile in der Schweiz. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Stellenvermittlung.

## Band 79.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

## Nr. 17.

## Graphikon für die Berechnung von Plattenbalken und deren wirtschaftliche Bemessung bei reiner Biegung.<sup>1)</sup>

Von Ingenieur W. Kindler, Nidau, z. Z. Glens Falls, N. Y.

### A. Graphikon.

Die Ausdrücke für den Abstand der Nulllinie und jenen des Druckmittelpunkts von der Oberkante eines Plattenbalkens lauten bekanntlich,<sup>2)</sup> mit den Bezeichnungen der Abbildung 1:

$$X = \frac{2n(h-a)fe + bd^2}{2(bd + nfe)} \quad (1)$$

$$Z = \frac{d}{3} \cdot \frac{3x - d}{2x - 2d} \quad (2)$$

worin mit  $f_e$  der statisch erforderliche Eisenquerschnitt und mit  $n$  das Verhältnis  $\frac{E_e}{E_b}$  bezeichnet ist. Zur raschen und bequemen Berechnung dieser beiden Grössen  $X$  und  $Z$  hat der Verfasser das in Abb. 2 (S. 217) wiedergegebene Graphikon<sup>3)</sup> zusammengestellt, das zwei Scharen von Kurven enthält: Die sichtbar durch den Koordinatenanfangspunkt (Koordinaten  $v, n\mu$ ) gehenden  $\frac{x}{h-a}$ -Kurven und die  $\frac{z}{h-a}$ -Kurven; die nach rechts ansteigende und nach unten konvex verlaufende Einzelkurve, die „Trennungskurve“, mit welcher die beiden Kurvenscharen in horizontaler Tangente

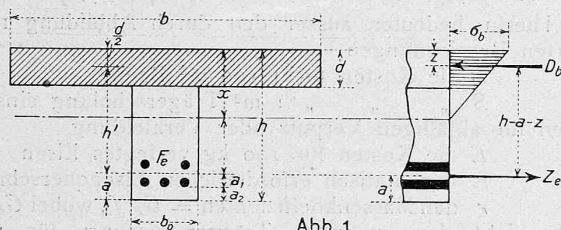


Abb. 1

aufhören, trennt das Gebiet des eigentlichen Plattenbalkens ( $x > d$ ) von demjenigen der Platte ( $x \leq d$ ). Die Kurven-Gleichungen fassen auf der nachfolgenden Entwicklung: Setzt man in Gleichung (1):

$$f_e = \mu b (h-a)$$

$$d = v (h-a)$$

so wird 
$$x = \frac{2n(h-a)\mu b(h-a) + b v^2 (h-a)^2}{2[bv(h-a) + n\mu b(h-a)]}$$

$$\frac{x}{h-a} = c = \frac{2n\mu + v^2}{2(v + n\mu)} \quad (1a)$$

was noch gilt, wenn die Nulllinie mit dem gegen die Zug-eisen zu liegenden Plattenrand zusammen fällt. Setzt man nämlich in Gleichung (1a)  $v = c$ , so wird

$$c = n\mu \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2}{n\mu}} \right),$$

dieselbe Gleichung, die aus  $x = \frac{n f_e}{b} \left[ -1 + \sqrt{1 + \frac{2b(h-a)}{n f_e}} \right]$

für den rechteckigen Balken hervorgeht, wenn wiederum  $f_e = \mu b (h-a)$  gesetzt wird. Aus Gleichung (1a) entsteht:

$$v^2 - 2c(n\mu + v) + 2n\mu = 0 \quad (1b)$$

<sup>1)</sup> Manuskript erhalten im September 1920.

<sup>2)</sup> Karl Hager, „Theorie des Eisenbetons“, Seite 77, München und Berlin 1916, Verlag von R. Oldenbourg.

<sup>3)</sup> Vervielfältigungen dieses Graphikon, in zweifarbiger Ausführung, im Originalformat 35 × 40 cm, sind vom Verfasser in Nidau (Kt. Bern) oder an folgender Adresse erhältlich: W. Kindler c/o Parklap Constr. Corp., P. O. Box. 620, Glens Falls, N. Y.

Gleichung (1b) mit dem variablen Parameter  $c$  stellt die Gleichung der Schar der  $c$ -Kurven dar im rechtwinkligen Koordinatensystem ( $n\mu, v$ ). Alle  $c$ -Kurven (quadratische Parabeln) gehen durch den Koordinatenursprung und erreichen ein Maximum für  $v = c$ , mit welchem ihr reeller Gültigkeitsbereich nach der vorliegenden Gleichung aufhört. Von hier weg ( $v > c$ ) stellen sie zur  $v$ -Axe parallele Geraden dar. Die Maximum-Bedingung folgt aus (1b) durch o-Setzen des Differentialquotienten nach  $d$ .

Formt man die Gleichung (2) in gleicher Weise um, so ergibt sich:

$$z = v \frac{(h-a)}{3} \frac{3(h-a) \frac{2n\mu + v^2}{2(v + n\mu)} - 2v(h-a)}{2(h-a) \frac{2n\mu + v^2}{2(v + n\mu)} - v(h-a)}$$

oder 
$$c' = \frac{z}{h-a} = \frac{v}{6} \cdot \frac{6 - v \left( \frac{v}{n\mu} + 4 \right)}{2 - v} \quad (2a)$$

für den Grenzfall  $v = 3c'$ , wird  $c' = \frac{c}{3}$ .

Die Gleichung

$$v^3 + 2kn\mu - (k+6)v n\mu + 4v^2 n\mu = 0 \quad (2b)$$

ist die Gleichung der Schar der  $c'$ -Kurven. Sie ist durch Umformung aus der Gleichung (2a) entstanden, wobei noch an Stelle von  $6c'$  der Wert  $k$  gesetzt wurde. Die Diskussion dieser etwas komplizierten Kurve 3. Ordnung ergibt folgendes:

1. Die Kurvenschar ist in Bezug auf keine der Axen symmetrisch; denn es kommen Glieder 1. Grades in  $v$  und  $n\mu$  vor.

2. Die Schar geht durch den Koordinatenursprung o, der zugleich einziger Schnittpunkt der Schar mit den Axen darstellt, indem das eine Mal die Kurven-Gleichung sich ohne Konstante erweist und das andere Mal für

$$n\mu = 0 \quad v = 0 \text{ folgt}$$

$$\text{und für } v = 0 \quad 2an\mu = 0 \text{ wird.}$$

Die  $v$ -Axe ist in o noch Wendetangente an die Schar.

3. Die Gleichung (2b) nach  $n\mu$  aufgelöst gibt:

$$n\mu = \frac{-v^3}{4v^2 - (k+6)v + 2k}$$

$n\mu$  wird  $\infty$ , wenn der Nenner den Wert Null annimmt, d. h. die Wurzeln des Nenners stellen die  $v$ -Abschnitte auf der  $v$ -Axe dar, für die zur  $n\mu$ -Axe parallelen Asymptoten-Paare.

$$v_{a1,2} = \frac{k+6 \pm \sqrt{k^2 - 20k + 36}}{8}$$

wobei 
$$v_{a1} v_{a2} = \frac{2k}{4} = \frac{k}{2} = \text{pos.}$$

$$v_{a1} + v_{a2} = \frac{k+6}{4} = \text{pos.}$$

woraus hervorgeht, dass  $v_{a1}$  und  $v_{a2}$  stets positives Vorzeichen besitzen.

Eine Einzel-Asymptote, die ohne ihre Richtung zu ändern für jede  $c'$ -Kurve eine andere Lage einnimmt, lässt sich auffinden, indem man die  $c'$ -Schar schneidet mit der Geraden

$$n\mu = z + iv$$

und für diese Schnittpunkte  $z$  und  $i$  derart bestimmt, dass  $v = \infty$  wird:

$$v^3 + 2k(z + iv) - (k+6)v(z + iv) + 4v^2(z + iv) = 0$$

und nach  $v$  geordnet:

$$v^3(1 + 4i) + v^2(4z - 6i - ki) + v(2ki - kz - 6z) + 2kz = 0.$$

Für  $i = -1/4$  verschwindet das Glied 3. Grades in  $v$  und es entsteht eine quadratische Gleichung von der

Form  $ax^2 + bx + c = 0$ . Die bekannte Formel für die Wurzeln dieser Gleichung zeigt im Nenner einzig 2a. Verschwundet dieser Wert, so wächst daher  $x$  ins Unendliche. Für den vorliegenden Fall wird also

$$4z + \frac{6}{4} + \frac{k}{4} = 0$$

$$z = -\frac{k+6}{16}$$

womit Richtung  $\left(-\frac{1}{4}\right)$  und  $n\mu$ -Achsen-Abschnitt  $\left(\frac{k+6}{16}\right)$  der Asymptote bestimmt sind.

4. Zur Beantwortung der Fragen nach den Horizontalstellen lösen wir Gleichung (2b) wiederum nach  $n\mu$  auf und bilden  $(n\mu)'$  und suchen die Wurzeln dieses gleich Null gesetzten Koeffizienten.

$$n\mu = \frac{-v^3}{4v^2 - (k+6)v + 2k}$$

$$(n\mu)' = \frac{-3v^2[4v^2 - (k+6)v + 2k] + v^3(8v - (k+6))}{4v^2 - (k+6)v + 2k}$$

Den Zähler geordnet und gleich Null gesetzt:

$$-v^2[4v^2 - 2(k+6)v + 6k] = 0$$

$$v_m = \frac{(k+6) \pm \sqrt{(k+6)^2 - 24k}}{4} = \frac{k+6 \pm (k-6)}{4}$$

$$v_{m1} = \frac{k}{2} \quad v_{m2} = 3 = \text{konstant.}$$

Die erste Horizontalstelle, durch das im geordneten Zähler vor der grossen Klammer stehende  $v^2$  angezeigt, ergibt wiederum 0 als Wendepunkt mit der  $v$ -Achse als Wendetangente. Aus dem übrigen Verlauf der Kurvenschar ergibt sich, dass  $v_{m1}$  ein Minimum,  $v_{m2}$  ein Maximum fixiert.

Die Gleichung für die Trennungskurve, den geometrischen Ort aller  $c$ -Maxima und gleichzeitig aller  $c$ -Minima folgt aus (1b), wenn  $c=v$ , oder aus (2b) wenn  $k=2v$  gesetzt wird (Maximum-, bzw. Minimumbedingung).

$$v^3 - 2v(n\mu + v) + 2n\mu = 0$$

$$v^3 + 4n\mu v - (2v + 6)n\mu + 4v^2n\mu = 0$$

$$2n\mu(1-v) - v^2 = 0$$

In Abbildung 3 sind eine  $c$ -Kurve ( $c=0,45$ ) und eine  $c'$ -Kurve ( $c'=0,15$ ) sowie die Trennungskurve voll dargestellt und der reelle Gültigkeitsraum für die beiden Scharen schraffiert. Die Trennungskurve geht mit horizontaler Tangente durch 0; im Abstand +1 von diesem besitzt sie eine zur  $n\mu$ -Achse parallele Asymptote.

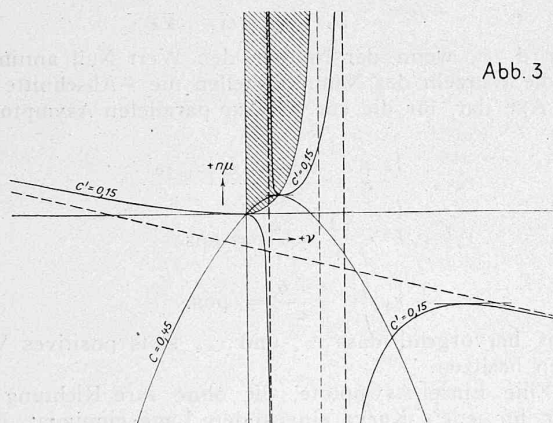


Abb. 3

Die Anwendung des Graphikon zeigen folgende drei Beispiele:<sup>1)</sup>

Erstes Beispiel.  $b = 150$  cm,  $d = 10$  cm,  $h = 42$  cm,  $a = 6$  cm,  $f_e = 29,45$  cm<sup>2</sup>,  $n = 15$ .

$$v = \frac{10}{36} = 0,278 \quad n\mu = \frac{15 \cdot 29,45}{150 \cdot 36} = 0,0818$$

<sup>1)</sup> Die Beispiele sind dem Werk von M. Foerster, «Grundzüge des Eisenbetonbaus» (Berlin 1919, Verlag Julius Springer) entnommen: Beispiel 1, Seite 223, Beispiel 2, Seite 226 unter b) und Beispiel 3, Seite 231 unter b).

Der Schnittpunkt dieser Ordinaten im Graphikon liegt innerhalb der Trennungskurve, d. h. wir haben es mit einem wirklichen Plattenbalken zu tun ( $x > d$ ). Durch Interpolation findet man  $c = 0,334$  und  $c' = 0,106$ , damit

$$x = 36 \cdot 0,334 = 12,03 \text{ cm}$$

$$z = 36 \cdot 0,106 = 12,05 - 8,23 = 3,82 \text{ cm}$$

Zweites Beispiel.  $b = 160$  cm,  $d = 10$  cm,  $h = 56$  cm,  $a = 4$  cm,  $f_e = 10,18$  cm<sup>2</sup>,  $n = 15$ .

$$v = \frac{10}{52} = 0,192 \quad n\mu = \frac{15 \cdot 10,18}{160 \cdot 52} = 0,0183$$

Der Schnittpunkt dieser Ordinaten liegt ausserhalb der Trennungskurve, d. h. es liegt statisch ein Rechteckquerschnitt vor. Vom Ordinatenschnittpunkt horizontal nach links bis an die Trennungskurve ergibt  $c = 0,174$  und damit  $x = 0,174 \cdot 52 = 9,05$  cm.

Drittes Beispiel. Es stehe von vornherein ein Rechteckquerschnitt fest mit  $b = 35$  cm,  $h = 40$  cm,  $a = 5$  cm,  $f_e = 17,67$  cm<sup>2</sup>

$$n\mu = \frac{15 \cdot 17,67}{35 \cdot 35} = 0,217$$

Der Schnittpunkt von  $0,217$   $n\mu$  mit der Trennungskurve ergibt  $c = 0,477$  und  $x = 0,477 \cdot 35 = 16,69$  cm.

### B. Wirtschaftliche Bemessung.

Die Aufgabe, für den Plattenbalken als eines der wichtigsten Konstruktionselemente des Eisenbetonbaus bei gegebenem Biegemoment nur das Kostenminimum aufzuwenden, ist schon vielfach behandelt worden.<sup>1)</sup> Diese Aufgabe besteht bei konstantem Balkenquerschnitt darin, von den unendlich vielen statisch einwandfreien Höhen des Plattenbalkens eine derart zu bestimmen, dass die Kosten ( $K$ ) für 1 m seines Steges zu einem Minimum werden.

$$K = b_0(h-d)B + [b_0 + 2(h-d)]s + f_e r E \quad (3)$$

Hierin bedeuten ausser den durch Abbildung 1 erläuterten Bezeichnungen

$B$  die Kosten für 1/100 m<sup>3</sup> Beton

$S$  " " " 1 m<sup>2</sup> Trägerschalung einschl.

Kosten für allfälligen Verputz oder Verkleidung

$E$  die Kosten für 100 kg verlegtes Eisen

$f_e$  den statisch erforderlichen Eisenquerschnitt

$r$  den Massenkoeffizienten =  $G_e : f_e$ , wobei  $G_e$  das Totalgewicht der gesamten Trägerarmierung für 1 m bedeutet, also Haken, Aufbiegungen, Uebergreifungen und Zulagen der Hauptarmierung, Bügel und Montage-Eisen inbegriffen sind.

Setzen wir  $\mu_1 h' = h - d$ ,

$\mu_2 h' = h - a - z$  = Abstand der Betondruckkraft von der Eisenzugkraft und benutzen die Beziehung

$$M = f_e \sigma_e \mu_2 h'$$

so wird Gleichung (1)

$$K = b_0 \mu_1 h' B + [b_0 + 2 \mu_1 h'] S + \frac{r M}{\sigma_e \mu_2 h'} E$$

$\frac{\partial K}{\partial h'} = 0$  gesetzt und nach  $h'$  aufgelöst liefert den Ausdruck für die wirtschaftliche Höhe:

$$\frac{\partial K}{\partial h'} = b_0 \mu_1 B + 2 \mu_1 S - \frac{r M}{\sigma_e \mu_2 h'^2} E = 0 \quad (2)$$

<sup>1)</sup> Vergl. das schon erwähnte Werk von M. Foerster, «Grundzüge des Eisenbetonbaus».

<sup>2)</sup> Die Einbeziehung der Plattenschalung führt zum gleichen Ergebnis, indem die neu eingeführten Grössen bei der Differentiation wieder verschwinden.

$l$  = Abstand zweier benachbarter Rippen von Mitte zu Mitte

$s$  = Kosten für 1 m<sup>2</sup> Plattenschalung

$$K = b_0(h-d)B + ls + b_0(S-s) + 2(h-d)S + f_e r E$$

und nach Umformung

$$K = b_0 \mu_1 h' B + ls + b_0(S-s) + 2 \mu_1 h' S + \frac{r M}{\sigma_e \mu_2 h'} E$$

$$\frac{\partial K}{\partial h'} = b_0 \mu_1 B + 2 \mu_1 S - \frac{r M E}{\sigma_e \mu_2 h'^2} = 0$$

d. h. dieselbe Gleichung wie oben.



$$b_0 \mu_1 B + 2 \mu_1 S = \frac{r M E}{\sigma_e \mu_2 h'^2}$$

$$h' = \sqrt{\frac{M}{\mu_1 \mu_2 \sigma_e} \cdot \frac{r E}{b_0 B + 2S}}$$

Prok macht nun die Annahmen,  $a$  sei  $= d/2$  und die Betondruckkraft liege in der Plattenmitte, oder er setzt mit unseren Bezeichnungen

$$\mu_1 = \mu_2 = 1$$

womit die Proksche Formel lautet

$$h' = \sqrt{\frac{M}{\sigma_e} \cdot \frac{r E}{b_0 B + 2S}} \quad (4)$$

Daraus geht hervor, dass sich die wirtschaftliche Höhe deuten lässt als das geometrische Mittel aus dem statischen  $\left(\frac{M}{\sigma_e}\right)$  und dem wirtschaftlichen Faktor für eine bestimmte Stegbreite  $\left(\frac{r E}{b_0 B + 2S}\right)$ .

Die Genauigkeit, mit der die Proksche Formel das absolute Minimum der Stegkosten liefert, ist bedingt durch die Grösse der Abweichung des Produktes  $\mu_1 \mu_2$  von 1. Die darauf ausgehende Untersuchung, der eigentliche Zweck vorliegender Arbeit, lässt sich nicht mehr mathematisch durchführen, indem  $\mu_1$  und  $\mu_2$  variabel sind und sich vor Bestimmung der wirtschaftlichen Höhe nicht mathematisch ausdrücken lassen. Wir suchen uns daher an verschiedenen

Beispielen Klarheit zu verschaffen, möchten jedoch vorher noch auf die Grössen des wirtschaftlichen Faktors näher eintreten.

Dr. Ing. Max Mayer<sup>1)</sup> setzt den Massenkoeffizienten  $r$  beim frei aufliegenden Plattenbalken  $= 1,05$  und beim durchlaufenden (End- und Mittelfeld)  $= 1,45$ . Diese letztere Zahl erscheint zu hoch und die Trennung von End- und Mittelfeldern am Platze. Auch wird der Konstrukteur vom erfahrungsmässigen Mittelwert von  $r$  nach den Verhältnissen der Stützweiten zu einander und der beweglichen zur ständigen Last abweichen.

Die Stegbreite  $b_0$  kann oft der Entwerfende bestimmen nach praktischen Gesichtspunkten (Unterbringung der Eisen in eine oder zwei Lagen, Zugänglichkeit zu denselben u. a.) oder sie kann von vornherein gegeben sein.<sup>2)</sup> Bark schlägt zu deren Bestimmung zwei Formeln vor, von denen die einfachere lautet

$$b_0 = 10 \sqrt{r} + 0,45 \sqrt{\frac{M}{\sigma_e}}$$

Mayer stellt die Beziehung auf

$$b_0 = 15 + 0,4 J_e$$

und macht sie zur Voraussetzung für seine wirtschaftliche Höhenbestimmung. Es erscheint als ein Vorteil der Prokschen Formel, dass sie in dieser Beziehung Freiheit lässt. Solange Konstrukteur und Unternehmer getrennt sind,

dürfen für  $E$ ,  $B$  und  $S$  die vollen Einheitspreise eingesetzt werden. Projektiert jedoch der Unternehmer gleichzeitig, so sind die „festen Installationskosten“ nicht zu den in die wirtschaftliche Dimensionierungsformel einzusetzenden Einheitspreisen zu schlagen. Unter festen Installationskosten verstehen wir:

a) Den Kostenaufwand für Transport, Herstellung, Unterhalt, Abbruch und Rücktransport der Hilfsbauten, Gerüste, Betonmischmaschinen, Aufzüge, Krane, Geleise usw.

b) Desgleichen für Bureauarbeiten auf der Baustelle,

c) desgleichen für Aufräumarbeiten.<sup>3)</sup>

Für die im Vorgehenden bereits in Aussicht gestellte Untersuchung des Produktes  $\mu_1 \mu_2$  gehen wir zuerst aus von einem  $\frac{M}{\sigma_e} = 900 \text{ cm}^3$  und lassen die Bestimmungselemente  $b$  und  $d$  einzeln variieren, während  $\frac{M}{\sigma_e}, h' = 47,2 \text{ cm}$

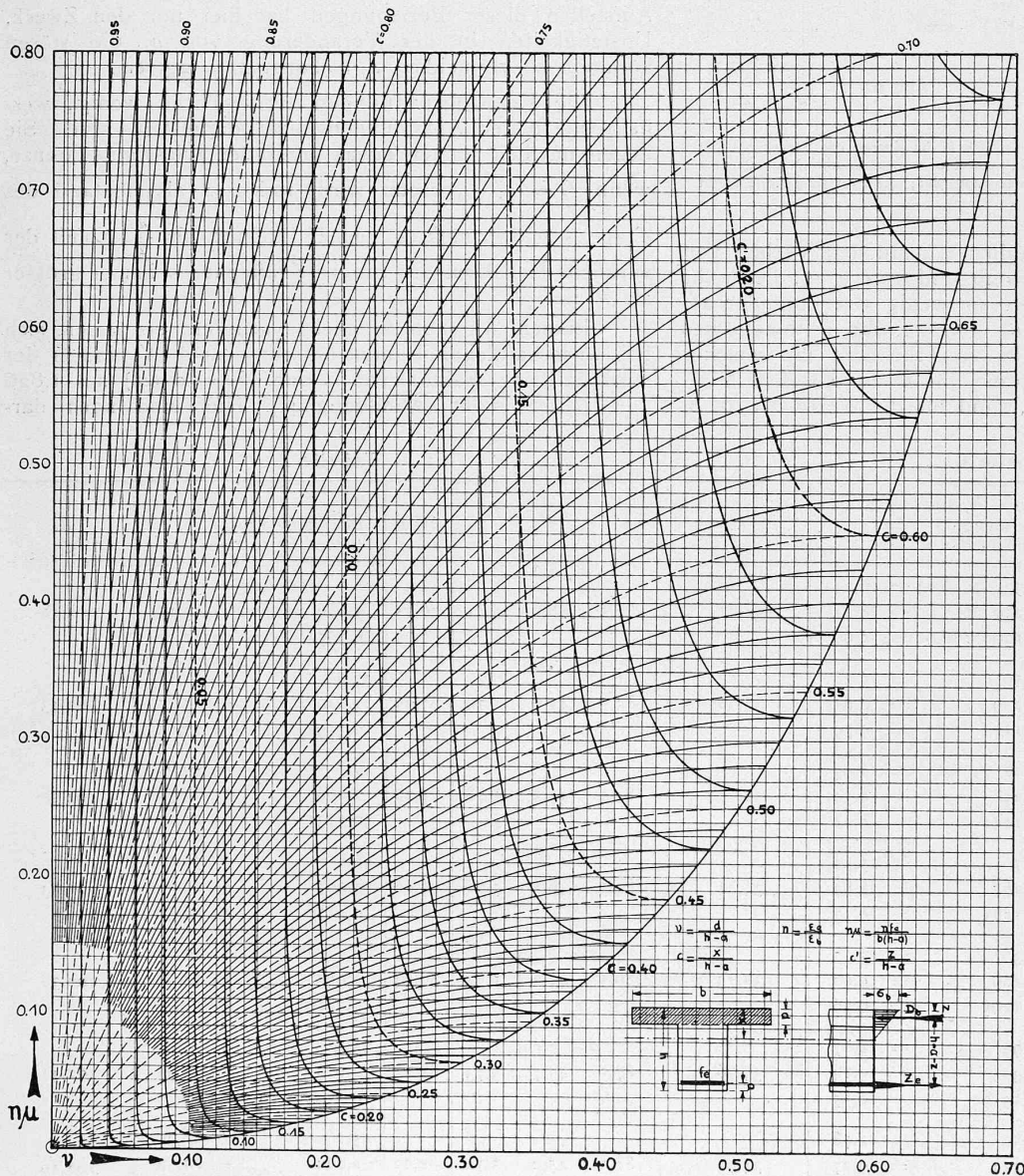


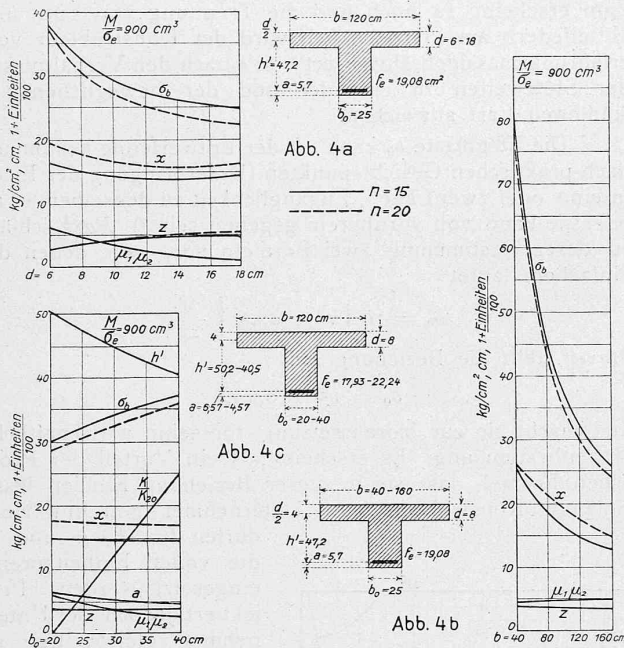
Abb. 2. Graphikon für die Berechnung von Plattenbalken. — Entworfen von Ing. W. Kindler, Nidau.

<sup>1)</sup> Dr. Ing. Max Mayer. «Die Wirtschaftlichkeit als Konstruktionsprinzip», Berlin, 1913, Verlag J. Springer.

<sup>2)</sup> z. B. durch die notwendige Auflagerfläche, durch Massnahmen für gute Verankerung der Bewehrungseisen oder für die Aufnahme der Schubkräfte, durch Begrenzung der Betonzugspannungen.

<sup>3)</sup> Arm. Beton 1919, Heft 4, S. 95.

und  $f_e = 19,08 \text{ cm}^2$  unverändert bleiben (Abbildungen 4a und 4b).  $h'$  wurde nach der Prokschen Formel berechnet für den statischen Faktor 900  $\text{cm}^3$  und den wirtschaftlichen Faktor 2,4706 ( $r = 1,2$ ;  $E = 70 \text{ Fr.}$ ,  $B = 0,80 \text{ Fr.}$  und  $S = 7,00 \text{ Fr.}$ ) für die Stegbreite  $b_0 = 25 \text{ cm}$ .



NB. Bei den Fällen 4a und 4c weichen die Kosten des Steges mit der Prok'schen Höhe überall weniger als  $1/4\%$  von den absoluten Minimumkosten ab. Beim Fall 4b bleiben die Stegkosten konstant; die Prok'sche Höhe ergibt ihr absolutes Minimum.

Die Kurven veranschaulichen dann den Verlauf von  $\sigma_b$ ,  $x$ ,  $z$  für  $n = 15$  und  $n = 20$  und von  $\mu_1$ ,  $\mu_2$ . Die  $z$  für  $n = 15$  und  $n = 20$  weichen so wenig von einander ab, dass zur Berechnung von  $\mu_2$  jeweils ihr arithmetisches Mittel eingesetzt wurde. Um zu erkennen, mit welcher Genauigkeit die Proksche Formel für  $h'$  das absolute Minimum der Stegkosten liefert, sind für die Werte  $d = 6, 8,$

10, 12, 14, 16 und 18 cm und jeweiligen cm-weise geändertes  $h'$  über und unter 47,2 cm die Stegkosten berechnet worden. Das summarische Resultat dieser Berechnung ist jeweils unter den einzelnen Abbildungen vermerkt. Für  $d = 6 \text{ cm}$  insbesondere wo  $\mu_1, \mu_2$  nach Abbildung 4a die grösste Abweichung vom Formelwert  $= 1$  erreicht hat, gilt die untenstehende Tabelle I.

Wie die Werte dieser Tabelle zeigen, sind die Kostenunterschiede für die verschiedenen  $h'$  sehr klein, was davon herrührt, dass ein Mehraufwand an Eisen zum grossen Teil kompensiert wird durch eine Ersparnis an Trägerschalung und Beton und umgekehrt. Bei den andern hier nicht wiedergegebenen ähnlichen Untersuchungen für andere Plattenquerschnitte verhält es sich ebenso.

Zur Bestimmung von  $a$  wurde der Zwischenraum zwischen den Bügelschenkeln (Abstand  $b'$ ) als mit einem  $\alpha$ -mal schwächeren Material als Eisen voll ausgefüllt gedacht. Dann bestand die Beziehung

$$2a_1 b' = a f_e \quad a_1 = \frac{\alpha f_e}{2b'}$$

Als empirische Beziehung wurde gefunden  $\frac{\alpha}{2} = 4,0 - \frac{f_e}{30}$  bei 3 cm lichtem Abstand zwischen den Eisen. In weitaus den meisten Fällen wird es möglich sein, das durch die aufgestellten Beziehungen gefundene  $a$  durch geeignete Durchmesserwahl zu einem wirklichen zu machen. Das Aufstellen dieser Beziehungen hat hier nur den Zweck, Unstetigkeiten in der Veränderung von  $a$ , die stören könnten, zu vermeiden.  $a_2 = \text{konstant} = 2,5 \text{ cm}$ .

Die Eisenzugspannungen interessieren wenig, weshalb sie in den Abbildungen nicht dargestellt sind. Sie liegen nämlich immer etwas unter der zulässigen Grenze, wenn  $f_e = \frac{M}{h' \sigma_e}$  gesetzt wird, indem  $z$  als Abstand des Trapez-Schwerpunktes immer kleiner als  $\frac{d}{2}$ , somit der wirkliche Hebelarm des innern Kräftepaars immer grösser als  $h'$  ist.

Lassen wir nun  $b_0$  allein variieren, so ändert sich bei wirtschaftlicher Dimensionierung auch  $h'$ , indem der wirtschaftliche Faktor von 2,800 ( $b = 20 \text{ cm}$ ) auf 1,826 ( $b = 40 \text{ cm}$ ) sinkt (Abbildung 4c). Hier sind noch dar-

Tabelle I.

| $h'$ | $f_e$ | $a$  | $h-d$ | $f_e \cdot r \cdot E : 100 =$<br>Schalung $\cdot S =$<br>Beton $\cdot B \cdot 100 =$      | $K$<br>Fr. |
|------|-------|------|-------|---|------------|
| 45,2 | 19,93 | 5,82 | 48,02 | 19,93 $\times$ 0,84 = 16,74<br>1,210 $\times$ 7,00 = 8,47<br>0,1200 $\times$ 80,00 = 9,60 | 34,81      |
| 46,2 | 19,50 | 5,77 | 48,97 | 19,50 = 16,38<br>1,229 = 8,61<br>0,1224 = 9,79  | 34,78      |
| 47,2 | 19,08 | 5,70 | 49,90 | 19,08 = 16,03<br>1,248 = 8,74<br>0,1240 = 9,98  | 34,75      |
| 48,2 | 18,70 | 5,65 | 50,85 | 18,70 = 15,70<br>1,267 = 8,87<br>0,1271 = 10,17   | 34,74      |
| 49,2 | 18,30 | 5,60 | 51,80 | 18,30 = 15,37<br>1,286 = 9,00<br>0,1295 = 10,36   | 34,73      |
| 50,2 | 17,94 | 5,55 | 52,75 | 17,94 = 15,07<br>1,305 = 9,14<br>0,1319 = 10,55   | 34,76      |
| 51,2 | 17,59 | 5,50 | 53,70 | 17,59 = 14,78<br>1,324 = 9,27<br>0,1342 = 10,74   | 34,79      |

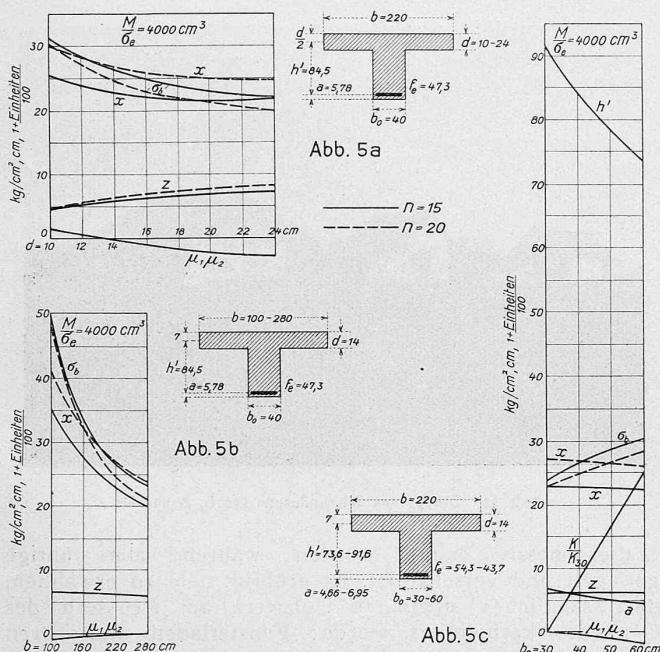
Tabelle 2.

| $h'$ | $f$  | $a$  | $h-d$ | $f \cdot r \cdot E : 100 =$<br>Schalung $\cdot S =$<br>Beton $\cdot B \cdot 100 =$          | $K$<br>Fr. |
|------|------|------|-------|---|------------|
| 82,5 | 48,5 | 5,81 | 76,31 | 48,5 $\times$ 1,07 = 51,90<br>1,926 $\times$ 12,00 = 23,11<br>0,3052 $\times$ 90,00 = 27,47 | 102,48     |
| 83,5 | 47,9 | 5,79 | 77,29 | 47,9 = 51,25<br>1,946 = 23,35<br>0,3092 = 27,83   | 102,43     |
| 84,5 | 47,3 | 5,78 | 78,28 | 47,3 = 50,61<br>1,966 = 23,59<br>0,3131 = 28,18   | 102,38     |
| 85,5 | 46,8 | 5,76 | 79,26 | 46,8 = 50,08<br>1,985 = 23,82<br>0,3170 = 28,53   | 102,43     |
| 86,5 | 46,2 | 5,74 | 80,24 | 46,2 = 49,43<br>2,005 = 24,06<br>0,3210 = 28,89   | 102,38     |
| 87,5 | 45,7 | 5,73 | 81,23 | 45,7 = 48,90<br>2,025 = 24,30<br>0,3249 = 29,24   | 102,44     |
| 88,5 | 45,2 | 5,72 | 82,22 | 45,2 = 48,36<br>2,044 = 24,53<br>0,3289 = 29,60   | 102,49     |



gestellt  $h'$ ,  $a$  und  $\frac{K}{K_{30}}$  das Verhältnis der Stegkosten für die variable Breite zu denjenigen für  $b_0 = 20$  cm.

Die nachstehenden Abbildungen 5a bis 5c sind entsprechend den Abbildungen 4a bis 4c entworfen für ein



NB. Bei den Fällen 5a bis 5c weichen die Kosten des Steges mit der Prok'schen Höhe überall weniger als  $\frac{1}{4}\%$  von den absoluten Minimalkosten ab. Beim Fall 5b bleiben die Stegkosten konstant; die Prok'sche Höhe ergibt ihr absolutes Minimum.

$\frac{M}{\sigma_e} = 4000 \text{ cm}^3$  und für  $r = 1,3$ ,  $E = 90,00$ ,  $B = 0,90$  und  $S = 12,00$ . Für die Abbildungen 5a und 5b wird der wirtschaftliche Faktor 1,783 für die Stegbreite  $b_0 = 40$  cm und für Abbildung 5c sinkt er von 2,09 ( $b_0 = 30$  cm) auf 1,372 ( $b_0 = 60$  cm).

Das Aufsuchen des absoluten Stegkostenminimums (durch Probieren, wie in Tabelle 1 gezeigt) ergibt auch für die zweite Beispielserie ganz kleine Differenzen. Tabelle 2 zeigt dies für  $d = 24$  cm (Abbildung 5a) wobei  $\mu_1 \mu_2 < 1$  ist.

Trotzdem hier nur eine beschränkte Zahl aller möglichen Fälle vorliegt, sind die Verhältnisse so verschieden, dass wir zu gewissen Schlussfolgerungen gelangen können.

1. Die Prok'sche Formel ergibt das absolute Stegkosten-Minimum mit für die Praxis hinreichender Genauigkeit<sup>1)</sup>. Das massgebende Produkt  $\mu_1 \mu_2$  weicht nicht viel von 1 ab;  $\mu_2$  steht immer über,  $\mu_1$  über oder unter 1; der Ausgleich kommt dadurch zustande, dass für grosse  $\mu_2$  (dicke Platten)  $\mu_1$  stark unter 1 sinkt.

2. Bei schwacher Platte oder sehr niedrigem wirtschaftlichem Faktor ist zu prüfen, ob die Betondruckspannung ihren zulässigen Wert nicht überschreite. Die Abbildungen 4b, 5b und die erweitert gedachten Abbildungen 4c und 5c illustrieren dies. Sollte  $\sigma_b$  zul. überschritten werden, so kann die Bestimmung der wirtschaftlichen Höhe wiederholt werden mit einem grössern  $r$ , derart, dass eine Verstärkung der Druckzone (z. B. Umschnürung) berücksichtigt ist.

3. Die Vergrösserung der kleinsten konstruktiv und statisch noch zulässigen Stegbreite, immer wirtschaftliche Dimensionierung vorausgesetzt, erhöhen die Stegkosten bedeutend mehr als die entsprechende Abweichung von der wirtschaftlich günstigsten Höhe des Plattenbalkens. Der Bestimmung der Stegbreite ist daher besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Die  $\frac{K}{K_{30}}$  bzw. die  $\frac{K}{K_{30}}$ -Kurve der Abbildung 4c bzw. 5c im Vergleich zu den Tabellen 1 und 2 zeigen dies deutlich.

<sup>1)</sup> Dasselbe gilt auch für die Formel von Mayer, sofern seine Annahme für die Stegbreite  $b_0$  der Wirklichkeit entspricht (S. 217).

## Das Siedlungswerk „Lantig“.

Ein praktisches Ergebnis Winterthurer Siedlungspolitik.

Von Dr. Hans Bernhard, Zürich.

(Schluss von Seite 213.)

### Die Finanzierung.

Zur Finanzierung des Siedlungswerkes im „Lantig“ wurde die „Siedlungsgenossenschaft Lantig“ mit einem Anteilkapital von 75 000 Fr. gegründet. Dieses Kapital verteilt sich auf die Mitglieder der Genossenschaft wie folgt: Stadt Winterthur 25 000; Firmen Gebrüder Sulzer A.-G. 25 000; Schweiz. Lokomotiv- und Maschinenfabrik A.-G. 10 000; Sträuli & Cie., Ganzoni & Cie. und Gesellschaft für Erstellung billiger Wohnungen in Winterthur je 5 000 Fr.

Die vorläufige Abrechnung über die Kosten des Siedlungswerkes zeigt folgendes Bild.

|   |            |
|---|------------|
| Kosten des Baulandes mit Umschlag (Wirtschaftsland als Pachtland nicht inbegriffen) | 22 000,—   |
| Hochbaukosten   | 370 225,75 |
| Kosten der Wasserleitung  | 22 300,—   |
| Umgebungsarbeiten   | 12 814,—   |
| Architektenhonorar, Bauleitung, Verschied.  | 26 062,90  |

Somit die Gesamtkosten Fr. 453 402,65

Die Kostendeckung erfolgt nach folgendem Plan:

Fr. 75 000,— sind durch das Genossenschaftskapital gedeckt,

„ 126 000,— werden geleistet als Beiträge à fonds perdu von Bund und Kanton,

„ 84 000,— werden geleistet als 4%iges Darlehen von Bund und Kanton,

„ 168 402,— der Rest, wird gedeckt durch ein Hypothekendarlehen d. Zürich. Kantonal-Bank.

Die Zinsverpflichtung, hervorgehend aus den Darlehensaufnahmen, belasten die Genossenschaft allein mit rund 13 500 Fr., oder das einzelne Heimwesen mit 1350 Fr. jährlich. Als weitere Bedürfnisse kommen die Amortisationen, die Reparaturen und eine bescheidene Verzinsung des Genossenschaftskapitals hinzu. Normalerweise würden diese Bedürfnisse weitere 10 000 Fr. erfordern, sodass für das Heimwesen eine Gesamtbelastung von etwa 2350 Fr. sich ergibt. Dabei ist ein Pachtzins für das Gemeinschaftsland nicht einmal inbegriffen. Wenn auch die vorstehende Ertragsberechnung gezeigt hat, dass diese Belastung je nach der Ernte annähernd durch den Wirtschaftserfolg der Heimwesen gedeckt werden kann, so muss sie doch als recht hoch bezeichnet werden. Denn der Wirtschaftserfolg in der Siedlung sollte eben in gewissem Sinne eine Nebenerwerbsquelle sein. Indessen leiden unter zu hohen Baukosten alle in den letzten Jahren grosser Bauübersteuerung geschaffenen Wohngelegenheiten. Ja, im Vergleich zu den in der gleichen Zeit in den Städten gebauten Wohnungen, sind die Lantig-Heimwesen, die eben nicht nur Wohnungen, sondern wirkliche und gute Heimwesen darstellen, noch verhältnismässig billig. Um den Ansiedlern die Lasten zu erleichtern, sind denn auch im Lantig für das Jahr 1922, auch mit Rücksicht auf die eingetretene Arbeitslosigkeit und den daherrührenden Einkommensausfall, die Pachtzinse nicht auf die eigentlich erforderliche Höhe, sondern auf Beträge von nur 1650 bis 1850 Fr. festgesetzt worden. Für das Jahr 1921, da die Ansiedler noch mit der Urbarisierung zu tun hatten, wurden darüber hinaus besondere Abstriche gemacht.

Leidet also die Wirtschaftlichkeit des Siedlungswerkes im Lantig in gleicher Weise wie alle Wohnbauunternehmungen der Bauübersteuerungszeit, so trifft diese Bauübersteuerung, die durch die öffentlichen Subventionen nur teilweise kompensiert werden konnte, die Lantig-Ansiedler weniger als die Inhaber gewöhnlicher Wohnungen. Denn diese haben Gelegenheit, durch die Bearbeitung des Heimwesens die hohen Kosten auszugleichen, also ohne dass hierfür die öffentliche Einkommensquelle herangezogen werden muss.