Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 61/62 (1913)
Heft: 23

Artikel: Doppelt armierte Eisenbeton-Querschnitte
Autor: Leuprecht, Otto
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-30728

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: 17.09.2025

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

INHALT: Doppelt armierte Eisenbeton-Querschnitte. — Wettbewerb Bebauungsplan Frauenfeld. — Neuere Zürcher Giebelhäuser. — Wohnhaus M. Wirth in Dietfurt, Toggenburg. — Miscellanea: Die Randenbahn. Baukosten von Schulhäusern. Neues Museumsgebäude in Winterthur. Schweizerische Wasserwirtschaft. Die Verdrängung des Gasmotors durch den Elektromotor im Kleingewerbe. Schweiz. Techniker-Verband. Eidg. Technische Hochschule. Berner Alpenbahn. Elektrizitäts-Gesellschaft Alioth. — Konkurrenzen: Neues Schulhaus in Cham. Widmann-Brunnen in Bern. Schiffbarmachung des Rheins Basel-Bodensee. Kurbad Interlaken. Kreiszollgebäude mit Wohnungen in Lugano. Bebauungsplan für die Eierbrecht in Zürich. — Nekrologie: H. C. Sauter. Eduard Keller. — Literatur. — Vereinsnachrichten: G. e. P.: Stellenvermittlung.

Tafel 63 und 64: Wohnhaus M. Wirth in Dietfurt (Toggenburg) und Vierhäusergruppe am Brühlberg in Winterthur.

Band 61. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und unter genauer Quellenangabe gestattet. **Nr. 23.**

Doppelt armierte Eisenbeton-Querschnitte.

Von Ingenieur *Otto Leuprecht*, Basel.

I. Exzentrischer Druck oder Zug.

Die Dimensionierung der Eisenbetonquerschnitte in Dachbindern, Vierendeelträgern, Rahmenkonstruktionen, Gewölben und exzentrisch belasteten Stützen ist bekanntlich eine mühselige und zeitraubende Arbeit.

In Büchern und Zeitschriften wurden in den letzten Jahren verschiedene Berechnungsverfahren gebracht, so auch im „Handbuch für Eisenbetonbau“ [1]) in Form geschlossener Ausdrücke für die gesuchten Eisenquerschnitte. Doch mangelt es allen diesen analytischen Methoden an der nötigen Uebersichtlichkeit und Handlichkeit für den praktischen Gebrauch.

Die *direkte* Bemessung auf reine Biegung beanspruchter Eisenbetonquerschnitte jeder Art ist heutzutage an Hand geeigneter Tabellenwerke ebenso einfach wie im Eisenbau, sodass eine Berechnung der auftretenden Spannungen durchaus überflüssig und längst überwundene Sache ist. Noch einfacher sind die Mittel und Wege zur Behandlung der auf reinen Druck beanspruchten Konstruktionsglieder. Das allseitige Bestreben der Konstrukteure nach möglichster Vereinfachung auch im vorliegenden Falle verdient daher nur volle Anerkennung.

Die beste Arbeit dieser Art ist uns gegeben in der Abhandlung von Dr. Ing. *R. Rossin*, Wien, in Heft 1 der Zeitschrift „Armierter Beton“ d. J., wonach die Bestimmungsgleichungen für die gesuchten Eisenquerschnitte f_e und f_e' bequeme Form annehmen und die Konstruktion eines Graphikons leicht möglich wird. In Abb. 1 (S. 304) haben wir ein solches geschaffen, aus dem sich die Prozentsätze der Armierungen in Bezug auf $b \cdot (h - a)$ direkt ablesen lassen und das besonders unsern schweizer. Verhältnissen $n = 20$ und $n' = 10$ Rechnung trägt. Die Tafel ist in erster Linie für *rechteckige* Betonquerschnitte bestimmt, doch wird im folgenden Zahlenbeispiel 4 gezeigt, dass sich damit auch ⊤- und ⊓-förmige Querschnittsformen behandeln lassen. *Hervorgehoben sei, dass die Tafel ebensowohl für exzentrischen Druck wie auch für exzentrischen Zug die Eisenquerschnitte liefert*, da der *Sinn* der angreifenden Kraft P an den Grundgleichungen Dr. Rossins nichts ändern kann [2]).

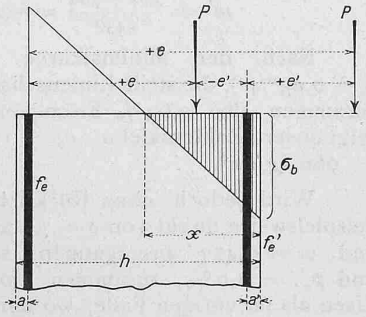


Abb. 2.

Der Vorgang der Berechnung gestaltet sich nun folgendermassen: Man bestimmt zunächst die Werte m und m' nach den Gleichungen 1 und 2.

$$(1)\quad m = \frac{P \cdot e'}{\sigma_b \cdot b\,(h-a)^2} \quad \text{oder} \quad \frac{M \mp P\left(\frac{h}{2} - a\right)}{\sigma_b \cdot b\,(h-a)^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1\,a)$$

$$(2)\quad m' = \frac{P \cdot e}{\sigma_b \cdot b\,(h-a)^2} \quad \text{oder} \quad \frac{M \pm P\left(\frac{h}{2} - a\right)}{\sigma_b \cdot b\,(h-a)^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2\,a)$$

auf Grund des Biegungsmomentes M und der Normal-Druck- bezw. Zugkraft P, wobei in den Formeln 1*a* und 2*a* das *obere* Vorzeichen für Druck, das *untere* dagegen für Zug zu nehmen ist. Die Bedeutung der übrigen Bezeichnungen ist aus den Abbildungen 2 und 3 zu ersehen, wo auch die Vorzeichen der e und e' angegeben sind. Es wird alles in *kg* und *cm* gerechnet.

Hierauf berechnet man auf Grund der gegebenen zulässigen Randspannungen σ_b und σ_e das Verhältnis $\varphi = x : (h-a)$, das für $n = 20$ und $n = 15$ einfach der dem Graphikon beigegebenen Zahlentabelle entnommen wird.

Nun können die Prozentsätze p_o und p'_o der Armierung f_e bezw. f_e' am linken Rande der Tafel direkt abgelesen werden, indem man, jeweils von dem Abszissenwert m und m' ausgehend, die gedachte Lotrechte bis zum Schnitte mit dem betreffenden φ-Strahl verfolgt und von da ab horizontal nach der p_o-Skala weiter fährt.

Wie schon erwähnt, gilt die Tafel speziell für $n = 20$ und $n' = 10$, ferner für $a = a' = \frac{1}{15}(h-a)$; für andere Werte n dagegen sind die abgelesenen Prozentsätze mit $\frac{20}{n}$ bezw. $\frac{10}{n}$ und für wesentlich andere a und a' noch mit i bezw. k zu multiplizieren, sodass allgemein sich schreibt:

$$p = p_o \cdot \frac{20}{n} \cdot i \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

$$p' = p'_o \cdot \frac{10}{n} \cdot k \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

p_o und p_o' sind die Tafelwerte. Die mit dem Rechenschieber rasch gefundenen Faktoren i und k ergeben sich aus

$$i = \frac{0{,}94\,h}{h-a} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

$$k = \frac{h\,(0{,}94\,\varphi - 0{,}066)}{\varphi\,(h-a) - a'} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

Der Gültigkeitsbereich der Tafel ist festgelegt durch $\varphi = 1$, sobald also x gleich oder grösser als $h - a$ erscheint.

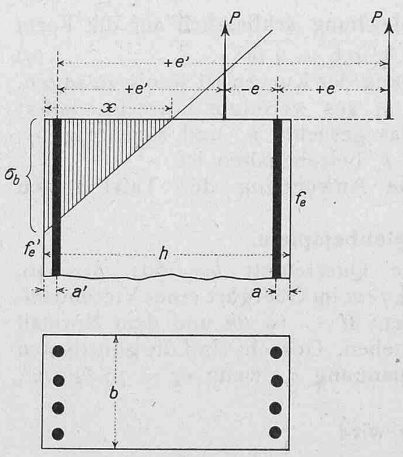


Abb. 3.

Was nun die Grenzen der zulässigen Randspannungen σ_b und σ_e in exzentrisch auf Druck beanspruchten Betonquerschnitten anbelangt, sei auf die gründlichen Ausführungen und Vorschläge von Herrn Prof. F. Schüle verwiesen, wie sie im Sitzungsprotokoll Nr. 3 des „Schweiz. internat. Verbandes für die Materialprüfungen der Technik“ vom Jahre 1910 [1]) dargelegt und auf Seite 12/13 numerisch und graphisch für $n = 20$ und 10 gegeben sind. Danach wären die Grenzen mit 70 kg/cm^2 im Beton und 1200 kg/cm^2 im Eisen festgelegt, wofür $\varphi = 0{,}54$ sich ergibt.

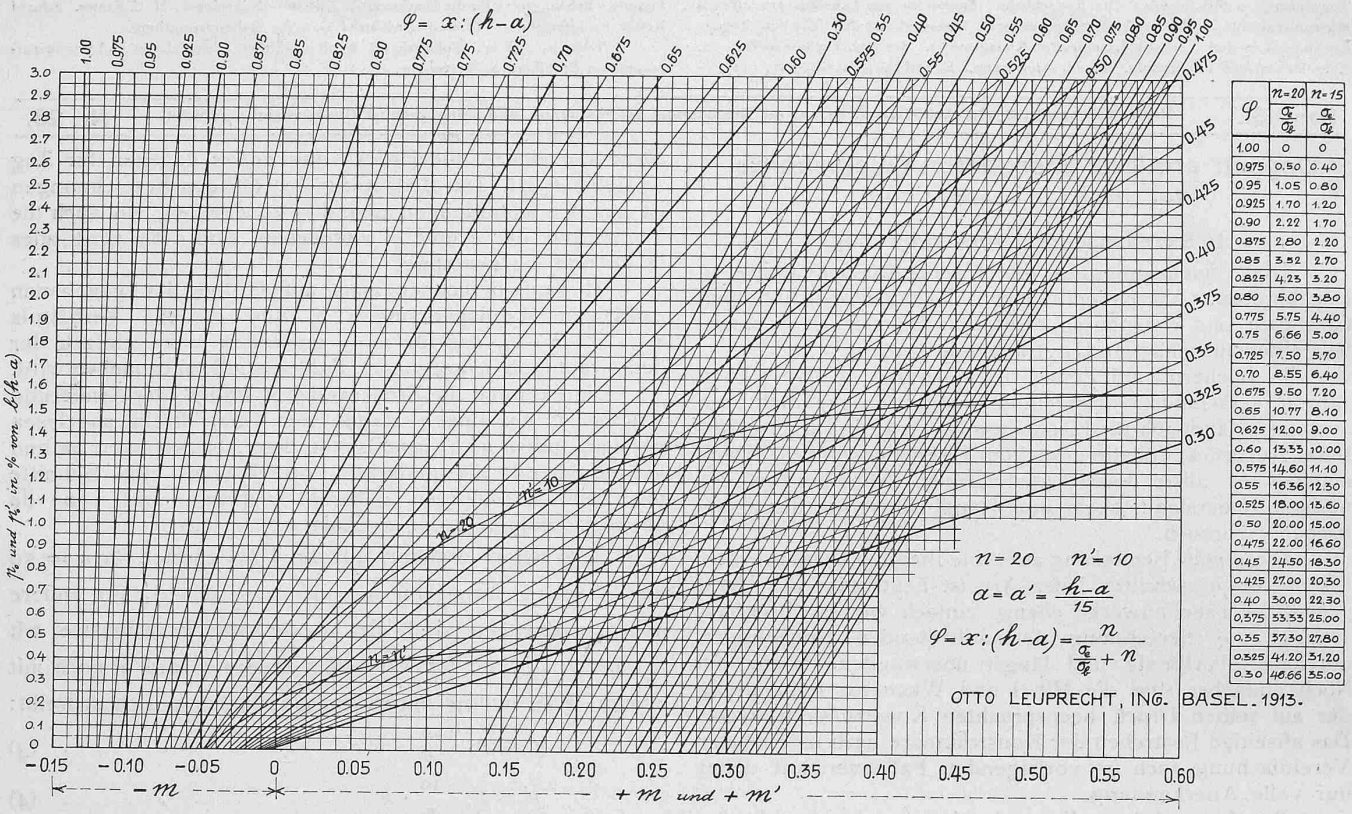
Je nach Wahl von $\varphi = \frac{n}{\frac{\sigma_e}{\sigma_b} + n} = x : (h-a)$ erhält man verschiedene Werte für f_e und f_e', die alle den Grundgleichungen des Graphikons genügen und stets voll ausgenutztes σ_b ergeben. Um hierin sogleich das ökonomisch Richtige zu treffen, sind im Graphikon zwei „Minimalkurven“ eingetragen, von denen die obere für $n = 20$ und

[1]) Band I, 2. Auflage, Seite 610 (im Nenner der Gleichung für f_e müssen dort die Vorzeichen der beiden ersten Glieder geändert werden).

[2]) Dr. Rossin spricht nur von exzentrisch *gedrückten* Betonquerschnitten.

[1]) Verlag von E. Speidel, Zürich.

Doppelt armierte Eisenbeton-Querschnitte.



φ	n=20 σe/σb	n=15 σe/σb
1.00	0	0
0.975	0.50	0.40
0.95	1.05	0.80
0.925	1.70	1.20
0.90	2.22	1.70
0.875	2.80	2.20
0.85	3.52	2.70
0.825	4.23	3.20
0.80	5.00	3.80
0.775	5.75	4.40
0.75	6.66	5.00
0.725	7.50	5.70
0.70	8.55	6.40
0.675	9.50	7.20
0.65	10.77	8.10
0.625	12.00	9.00
0.60	13.33	10.00
0.575	14.60	11.10
0.55	16.36	12.30
0.525	18.00	13.60
0.50	20.00	15.00
0.475	22.00	16.60
0.45	24.50	18.30
0.425	27.00	20.30
0.40	30.00	22.30
0.375	33.33	25.00
0.35	37.30	27.80
0.325	41.20	31.20
0.30	46.66	35.00

Abb. 1. Graphische Tabelle zur direkten Bemessung von Eisenbeton-Querschnitten.

$n' = 10$, *die untere dagegen für alle Werte* $n = n'$ *zu nehmen ist.* Diese Kurven schneiden auf den Loten durch die m-Punkte jene φ-Strahlen an, für welche die Summe der beiden Eisenquerschnitte annähernd ein Minimum wird. Die Konstruktion der oberen Minimalkurve erfolgte unabhängig von der Rossin'schen Arbeit, da die Verschiedenheit unserer n zu berücksichtigen war; für $a' = \frac{1}{15}(h-a)$ kommt die bezügliche Gleichung schliesslich auf die Form

$$\varphi = 1 - 0{,}5\sqrt{0{,}6 + 2\,m} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

Ueber die Handhabung der Kurven ist wenig zu sagen. Die vom Abszissenwert m aus verfolgte Lotrechte liefert auf der Minimalkurve das gesuchte p_o und zugehörige φ, welch letzteres auch für p_o' beizubehalten ist.

Für die praktische Anwendung der Tafel folgen einige

Zahlenbeispiele.

1. Der rechteckige Querschnitt $h = 60$, $b = 40$, $h - a = 56{,}3$, $a = a' = 3{,}7$ *cm* im Obergurt eines Vierendeelträgers habe einem Moment $M = 19$ *tm* und dem Normaldruck $P = 30$ *t* zu widerstehen. Gesucht sind die günstigsten Armierungen und die Spannung σ_e, wenn $\sigma_b = 70$ *kg/cm²*, $n = 20$, $n' = 10$.

Laut Gleichung 1*a* wird

$$m = \frac{1\,900\,000 - 30\,000\,(30 - 3{,}7)}{70 \cdot 40 \cdot 56{,}3^2} = \frac{1900 - 789}{8870} = +\,0{,}125$$

und laut Gleichung 2*a*

$$m' = \frac{1900 + 789}{8870} = 0{,}303.$$

Die obere Minimalkurve gibt für dieses m ein $\varphi = 0{,}54$ und $p_o = 0{,}98\,\%$; rechts in der steilen Linienschar findet sich für obiges m' und φ ein $p_o' = 0{,}98\,\%$. Mithin wird

$$f_e = p_o \cdot \frac{b\,(h-a)}{100} = 0{,}98 \cdot \frac{40 \cdot 56{,}3}{100} = 22{,}2\ cm^2$$

$$f_e' = p_o' \cdot \frac{b\,(h-a)}{100} = 0{,}98 \cdot 22{,}52 = 22{,}2\ cm^2$$

$\varphi = 0{,}54$ entspricht laut Zahlentabelle $\alpha = \sigma_e : \sigma_b = 17$, sodass $\sigma_e = \alpha \cdot \sigma_b = 17 \cdot 70 = 1190$ *kg/cm²*.

2. Ein rechteckiger Rahmenquerschnitt habe die Abmessungen $h = 45$, $b = 25$, $h - a = 42$, $a = a' = 3$ *cm* und übertrage die Kräfte $M = 3{,}2$ *tm* und $P = 18{,}9$ *t* Druck, $\sigma_b = 55$ *kg/cm²*, $n = 20$, $n' = 10$.

$$m = \frac{320\,000 - 18\,900 \cdot 19{,}5}{55 \cdot 25 \cdot 42^2} = \frac{320 - 368}{2430} = -\,0{,}02 \quad \text{(Gl. 1}a\text{)}$$

$$m' = \frac{320 + 368}{2430} = 0{,}282 \quad \text{(Gl. 2}a\text{)}$$

Nach der Minimalkurve wird $\varphi = 0{,}626$ und $p_o = 0{,}23\,\%$ [1]), die steile Linienschar rechts gibt $p_o' = 0{,}40\,\%$, zusammen also $0{,}63\,\%$ Eisenquerschnitt. Für $\varphi = 0{,}626$ zeigt unsere Zahlentafel $\sigma_e : \sigma_b = 12$, folglich ist $\sigma_e = 12 \cdot 55 = 660$ *kg/cm²*.

Wird jedoch ohne Rücksicht auf die Minimalkurve beispielsweise direkt von $\sigma = 55$ und 1200 mit $\sigma_e : \sigma_b = 21{,}8$ und $\varphi = 0{,}477$ ausgegangen, so resultiert $p_o = 0{,}02\,\%$ und $p_o' = 1{,}0\,\%$, zusammen $1{,}02\,\%$, oder $0{,}39\,\%$ mehr Eisen als im vorigen Falle, wo übrigens auch die Verteilung der Armierung eine weit bessere ist.

3. Ein Gewölbequerschnitt $h = 42$, $b = 100$, $a = a' = 3$ *cm* erfahre den Normaldruck $P = 82$ *t*, dessen Resultierende 16 *cm* vom Schwerpunkt des Betonquerschnitts entfernt angreift. $\sigma_b = 60$, $n = n' = 15$. Auf der Zugseite sei eine Armierung $f_e = 19{,}5$ *cm²* $= 0{,}5\,\%$ von $b \cdot (h - a)$ vorhanden.

Wie gross ist σ_e und das erforderliche f_e'?

$\frac{h}{2} - a'$ ist hier 18 *cm*, daher $e' = -\,2$ *cm* (vergl. Abb. 2!) und $e = h - a - a' - e' = 34$ *cm*.

$$m = -\,\frac{82\,000 \cdot 2}{60 \cdot 100 \cdot 39^2} = \frac{164\,000}{9\,130\,000} \cong -\,0{,}018 \quad \text{(Gl. 1)}$$

$$m' = \frac{82\,000 \cdot 34}{9\,130\,000} = 0{,}305 \quad \text{(Gl. 2)}$$

[1]) Ueber das Minimum von p in der Zugzone vergl. die Ausführungen von Prof. Schüle im früher erwähnten Protokoll No. 3.

Das Graphikon liefert für $p_o = 0{,}5\,\frac{15}{20} = 0{,}375\,\%$, ein $\varphi = 0{,}665$ und $p' = 0{,}55\,\frac{10}{15} = 0{,}36\,\%$. Nach der Zahlentabelle $\sigma_e : \sigma_b = 7{,}5$, somit $\sigma_e\ 7{,}5 \cdot 60 = 450\ kg/cm^2$.

4. Der $\top$-förmige Querschnitt einer Kransäule habe die in untenstehender Abbildung 4 angegebenen Abmessungen und die Kräfte $M = 53\ tm$, $P = 104\ t$ Druck zu übernehmen. Gesucht die Eisenquerschnitte für $\sigma_b = 70$, $\sigma_e = 1200\ kg/cm^2$, $n = 20$ und $n' = 10$, wenn $a = a' = 4$ und $h - a = 61\ cm$ gegeben ist.

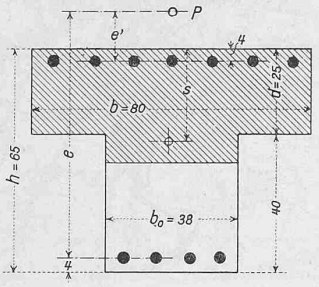


Abb. 4.

Der Schwerpunkt des Betonquerschnittes liegt bei $S = \frac{80 \cdot 25 \cdot 12.5 + 38 \cdot 40 \cdot 45}{80 \cdot 25 + 38 \cdot 40} = 26{,}5\ cm$; die Exzentrizität von P hinsichtlich dieses Schwerpunktes ist $M : P = 0{,}51\ m$, folglich $e' = 28{,}5$ und $e = 85{,}5\ cm$, sodass dann

$$m = \frac{104000 \cdot 28{,}5}{70 \cdot 80 \cdot 61^2} = +\,0{,}143 \quad \text{(Gl. 1)}$$

$$m' = \frac{104000 \cdot 85{,}5}{70 \cdot 80 \cdot 61^2} = 0{,}427 \quad \text{(Gl. 2)}$$

Für $\sigma_e : \sigma_b = 17{,}1$, also $\varphi = 0{,}54$ zeigt die Tafel $p_o = 1{,}11\,\%$ und $p_o' = 2{,}50\,\%$, daher

$$f_e = 1{,}11 \cdot 48{,}8 = 54{,}2\ cm^2$$
$$f_e' = 2{,}50 \cdot 48{,}8 = 122{,}0\ cm^2$$

Zur Kontrolle seien in der üblichen Weise noch die Spannungen berechnet:

$$x = \varphi\,(h - a) = 0{,}54 \cdot 61 = 33\ cm$$
$$x - a' = 29\ cm,\ h - a - x = 28\ cm$$
$$\sigma_b = \frac{33 \cdot 104000}{\frac{80}{2} \cdot 33^2 + 10 \cdot 122 \cdot 29 - 20 \cdot 54{,}2 \cdot 28} = 71\ kg/cm^2$$
$$\sigma_e = 71 \cdot 20\,\frac{28}{33} = 1192\ kg/cm^2$$

Das Graphikon darf daher auch auf solche Querschnittsformen angewendet werden.

Liegt der Plattenteil $b \cdot d$ in der Zugzone, dann kommt nur das Steg-Rechteck $b_o \cdot h$ in Betracht.

5. Ein rechteckiger Querschnitt im Untergurt eines Vierendeelträgers wird durch das Moment $M = 10{,}4\ tm$ und durch die *Zug*-Kraft $P = 25{,}8\ t$ in Anspruch genommen (vergl. Abb. 3). Die zulässigen Spannungen seien $\sigma_b = 37$, $\sigma_e = 860\ kg/cm^2$, ferner $h = 40$, $b = 50$, $h - a = 35$, $a = a' = 5\ cm$, $n = n' = 15$.

$$m = \frac{1040000 + 25800 \cdot 15}{37 \cdot 50 \cdot 35^2} = \frac{1040 + 389}{2270} = +\,0{,}63 \quad \text{(Gl. 1}a\text{)}$$
$$m' = \frac{1040 - 389}{2270} = +\,0{,}286 \quad \text{(Gl. 2}a\text{)}$$

$\sigma_e : \sigma_b = 860 : 37 = 23{,}3$, also $\varphi = 0{,}39$.

Da die a von $\frac{1}{15}\,(h - a)$ stark abweichen, so sind die Faktoren i und k nach den Gleich. 5 und 6 zu bestimmen:

$$i = \frac{0{,}94 \cdot 40}{35} = 1{,}07;\ k = \frac{40\,(0{,}94 \cdot 0{,}39 - 0{,}066)}{0{,}39 \cdot 35 - 5} = 1{,}38$$

Das Graphikon liefert $p_o = 2{,}2\,\%$ und $p_o' = 1{,}52\,\%$; und da wegen $n = n' = 15$ die Gleichungen 3 und 4 in Betracht kommen, so entsteht schliesslich

$$f_e = 17{,}5 \cdot 2{,}2 \cdot \frac{20}{15} \cdot 1{,}07 = 55{,}0\ cm^2 \quad \text{(Gl. 3)}$$
$$f_e' = 17{,}5 \cdot 1{,}52 \cdot \frac{10}{15} \cdot 1{,}38 = 24{,}5\ cm^2 \quad \text{(Gl. 4)}$$

Wuczkowski [1]) erhält für dasselbe Beispiel nach seiner Methode $f_e = 54{,}8$, $f_e' = 24{,}6\ cm^2$.

[1]) „Die Bemessung der Eisenbetonkonstruktionen", Berlin 1911, S. 57.

6. Zur *unteren* Minimalkurve sei noch folgendes vergleichshalber aus „Armierter Beton", Heft 1/1913 entlehntes Beispiel gewählt, wo $f_e = 9{,}0$, $f_e' = 15{,}75\ cm^2$ gefunden ist.

Rechteckquerschnitt

$h = 80$, $b = 25$, $a = a' = 5\ cm$, $M = 10\ tm$,

Druckkraft $P = 20\ t$, $\sigma_b = 40\ kg/cm^2$, $n = n' = 15$.

$$m = \frac{1000000 - 20000\,(40 - 5)}{25 \cdot 40 \cdot 75^2} = 0{,}053 \quad \text{(Gl. 1}a\text{)}$$
$$m' = \frac{1000000 + 20000\,(40 - 5)}{25 \cdot 40 \cdot 75^2} = 0{,}302 \quad \text{(Gl. 2}a\text{)}$$

Aus der Tafel findet sich auf der *unteren* Minimalkurve $\varphi = 0{,}475$, $p_o = 0{,}36$, $p'_o = 1{,}26\,\%$, wofür dann

$$f_e = \frac{25 \cdot 75}{100} \cdot 0{,}36 \cdot \frac{20}{15} = 9{,}00\ cm^2$$
$$f_e' = \frac{25 \cdot 75}{100} \cdot 1{,}26 \cdot \frac{10}{15} = 15{,}75\ cm^2$$

sich ergibt wie oben.

II. Reine Biegung [2]).

Lässt man das zweite Glied in den Gleichungen 1*a* und 2*a* fort, so hat man es mit *reiner Biegung* zu tun, und das Graphikon lässt sich alsdann ohne weiteres auch zur Dimensionierung von doppelt armierten Querschnitten in Platten und Balken verwenden. Auch an den Gleichungen 3 bis 6 ändert sich nichts. An Stelle der Ausdrücke 1*a* und 2*a* erhält man sehr einfach

$$m = m' = \frac{M}{\sigma_b \cdot b\,(h - a)^2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

Die „Minimalkurven" dagegen können hier nicht mehr zutreffend sein, doch werden sie entbehrlich angesichts unserer Vorschrift

$$\sigma_b = 40 + 0{,}05\,(1200 - \sigma_e) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

Beispiel 7. Das negative Moment eines kontinuierlichen Eisenbetonbalkens betrage in einem rechteckigen Querschnitte $M = -\,20\ tm$, die Abmessungen sind $h = 64$, $b = 30$ und $h - a = 60\ cm$. Die Armierungen seien für $\sigma_b = 50$, $\sigma_e = 1000\ kg/cm^2$, $n = 20$ und $n' = 10$ zu berechnen.

$$\sigma_e : \sigma_b = 20, \text{ also } \varphi = 0{,}50$$
$$m = m' = \frac{2000000}{50 \cdot 30 \cdot 60^2} = 0{,}368.$$

Im Graphikon ist abzulesen $p_o = 2{,}10\,\%$, $p_o' = 1{,}98\,\%$, also $\left.\begin{array}{l} f_e = 2{,}10 \cdot 18 = 37{,}8\ cm^2 \\ f_e' = 1{,}98 \cdot 18 = 35{,}7\ cm^2 \end{array}\right\}$ zusammen: $73{,}5\ cm^2$.

Nach den schweizerischen „Kommissions-Vorschriften" lässt sich jedoch unter Anwendung obiger Gleichung (8) rationeller dimensionieren und die Armierung in der Druckzone ganz umgehen, sodass man selten in die Lage versetzt wird, im Sinne von Beispiel 7 vorzugehen.

Weit wichtiger sind dagegen jene Fälle der reinen Biegung, wo eine Armierung f_e' der Druckzone aus irgend einem Grunde bereits vorhanden und f_e jener entsprechend zu bestimmen ist. Zu diesem Zwecke ermittle man an Hand bekannter Tabellen σ_{bo} für den Fall, dass $f_e' = o$ und vermindere diese Betonpressung um den Einfluss σ_b' des vorhandenen f_e'; das so entstehende $\sigma_b = \sigma_{bo} - \sigma_b'$ ist dann massgebend für das weitere Vorgehen in oben beschriebener Weise. Folgendes Beispiel diene zur Erläuterung dieses Vorschlages.

Beispiel 8. Der in Beispiel 7 behandelte Querschnitt besitze bereits ein $f_e' = 13{,}0\ cm^2$, das ist $p_o' = 0{,}72\,\%$; für $f_e' = o$ berechnet sich $\sigma_{bo} = 69{,}3\ kg/cm^2$ und der Einfluss von f_e' zu $\sigma_b' = 8{,}0\ kg/cm^2$, folglich das gesuchte $\sigma_b = 69{,}3 - 8{,}0 = 61{,}3\ kg/cm^2$. Dem entspricht $\sigma_e = 774$ und $\varphi = 0{,}61$. Mit diesen Werten von p_o' und φ findet man im Graphikon $m = 0{,}30$ und $p_o = 2{,}85\,\%$ und damit $f_e = 2{,}85 \cdot 18 = 51{,}3\ cm^2$. $f_e + f_e' = 64{,}3\ cm^2$ gegen $73{,}5\ cm^2$ in Beispiel 7.

Die zur Kontrolle durchgeführte Spannungsberechnung ergab $x = 36{,}4$, $\sigma_b = 61$ und $\sigma_e = 790\ kg/cm^2$.

Basel, im April 1913.

[2]) Dass seine Entwicklung sich auch im Falle reiner Biegung anwenden lässt, hat Dr. Rossin in oben zitierter Arbeit unerwähnt gelassen.