Zeitschrift: IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH Kongressbericht

Band: 2 (1936)

Artikel: Die theoretisch grösstmöglichen Spannweiten von Eisenbetonbogenbrücken

Autor: Baravalle, F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-2835

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: 08.08.2025

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

IVb 13

Die theoretisch größtmöglichen Spannweiten von Eisenbetonbogenbrücken.

Les portées théoriquement maxima des ponts en arc de béton armé.

The Theoretical Maximum Spans of Reinforced Concrete Arch Bridges.

Dr. techn. F. Baravalle,
Ingenieur im Stadtbauamt Wien.

Ing. *S. Boussiron* hat in seinem ausführlichen und interessanten Referat des Vorberichtes u. a. den Verlauf der Änderung des mittleren Bogenquerschnittes in Abhängigkeit von den Betondruckbeanspruchungen für Eisenbetonbogenbrücken mit verschiedener Bogenspannweite, aber gleichbleibendem Pfeilverhältnis $\frac{f}{l} = \frac{1}{5}$ berechnet und dargestellt (Vorbericht S. 753, Fig. 11). Die Voraussetzungen für seine Berechnungen bilden die von ihm angegebenen theoretischen Überlegungen $\left(l = \frac{\varepsilon \cdot R^n}{\mathfrak{b}^\alpha} \ldots\right)$ und die Annahme, daß jeder Bogen außer seinem Eigengewicht eine ständige Last aus der Fahrbahn, den Hängestangen usw. von 4,6 t/m und eine Nutzlast von 2 t/m (entsprechend $\sim \frac{2}{4} = 0{,}5$ t/m²) zu tragen hat. Die Temperaturschwankungen sind mit $\pm 25^0$ C angenommen.

Aus den dargestellten Kurven ersieht man, daß für $\frac{f}{l} = \frac{1}{5}$ und $\sigma_{zul} = 100$ kg/cm² die größtmögliche Spannweite rd. 600 m und für $\sigma_{zul} = 150$ kg/cm² rd. 900 m beträgt.

Der Verfasser möchte nun als Ergänzung zu diesen Ausführungen sowie zu dem Diskussionsbeitrag von Prof. Dr. Ing. *K. Gaede* seine Untersuchungen anführen, die allgemein zur Bestimmung der größtmöglichen Spannweiten von Eisenbetonbogenbrücken führen.

Grundsätzliche Annahmen und Voraussetzungen.

Jene *Bogenart,* welche die Ausführung der *größten Spannweiten* erlaubt, somit unsern Untersuchungen zugrunde gelegt sei, ist die des *beiderseits fest eingespannten, gelenklosen Bogens mit obenliegender Fahrbahn.*

Nach der von Ing. *A. Straßner*[1] angegebenen Berechnungsweise sind folgend für die zulässigen Beanspruchungen von $\sigma_b = 100$ und 150 kg/cm², die den verschiedenen Pfeilhöhen entsprechenden Scheitel- und Kämpferstärken unter nachstehenden Annahmen ermittelt:

I. *Bogenart:*

Eingespannter, gelenkloser Bogen mit Vollquerschnitt und obenliegender Fahrbahn.

II. *Berechnung:*

(Die grundlegenden Gedanken des Rechnungsganges sind die, daß mit Verwendung eines Belastungsänderungsgesetzes die Bogenachse aus dem Stützliniengesetz für Eigenlast, als geometrische Funktion desselben dargestellt wird und daß dann mit den Elastizitätsgleichungen die statisch unbekannten Größen ermittelt werden. Die Veränderlichkeit der Gewölbestärken ist ebenfalls durch ein Änderungsgesetz in Rechnung gestellt. Die Bezeichnungsweise Dr. Ing. *A. Straßners* ist durchwegs beibehalten.)

1. Die Kraftangriffsebene falle mit der Hauptlängssymmetrieebene zusammen.

2. Die Festlegung des Achsensystems in lotrechter Richtung erfolgt durch die Wahl der Größen m_a und m_b. Die Werte werden so gewählt, daß

$$\gamma_a + \varepsilon_a m_a = 0$$
$$\gamma_b + \varepsilon_b m_b = 0 \quad .$$

d. h., daß die Winkel der Bogenkämpfer bei der Belastung durch $H = 1$ und die Winkel der Einspannquerschnitte bei der gleichen, bzw. entgegengesetzten Belastung übereinstimmen.

3. Die Festlegung des Achsensystems in waagrechter Richtung erfolgt durch entsprechende Wahl der Größen z_a und z_b. Die Werte werden so gewählt, daß:

$$z_a (\alpha_a + \beta + \varepsilon_a) = z_b (\alpha_b + \beta + \varepsilon_b).$$

4. Gleichgewicht zwischen den innern und den äußern Kräften.

5. Über den ganzen Bogen gleichbleibendes Elastizitätsmaß E.

6. Navier'sches Geradliniengesetz der Spannungsverteilung.

7. Verhältnisgleichheit zwischen Spannung und Dehnung.

$$\text{(Hook'sches Gesetz)}\ \sigma = \varepsilon \cdot E.$$

8. $Z = \int z^2 \cdot \frac{r}{r+z} \cdot dF \doteq J$, genau wäre $J = \int z^2 \cdot dF$

$$\frac{r}{r+z} = 1 - \frac{z}{r} + \left(\frac{z}{r}\right)^2 - \left(\frac{z}{r}\right)^3 \ldots\ldots\ldots\ldots$$

Für den rechteckigen Querschnitt ausgewertet ergibt

$$Z = J\left[1 + \frac{3}{5}\left(\frac{d}{2r}\right)^2 + \frac{3}{7}\left(\frac{d}{2r}\right)^4 \ldots\ldots\ldots\ldots\right]$$

welche Gleichung selbst für den Fall $r = 10\,d$; $Z = 1{,}0015\,J$ ergibt.

[1] Dr. Ing. *A. Straßner*: Neuere Methoden zur Statik der Rahmentragwerke. Berlin 1927.

9. Vernachlässigung

a) des Wertes $\frac{M}{r}$ gegenüber N im Ausdruck für $\varepsilon = \frac{1}{E \cdot F} \cdot \left(N + \frac{M}{r}\right)$, so daß $\varepsilon = \frac{N}{E \cdot F}$ wird.

b) des Wertes $\frac{\varepsilon}{r}$ gegenüber $\frac{M}{EJ}$ im Ausdruck für $\frac{\Delta d\varphi}{ds} = \frac{M}{EJ} + \frac{\varepsilon}{r}$, so daß $\frac{\Delta d\varphi}{ds} = \frac{M}{EJ}$ wird.

10. Symmetrischer, beiderseits fest eingespannter Bogen.

Dadurch wird $z_a = z_b = \frac{l}{z}$

$$m_o = \frac{\int y_o \cdot dw}{\int dw}; \qquad \psi = 0$$

11. Geometrisches Belastungsgesetz $g_z = g_s \left(1 + \frac{y'}{f}(m-1)\right)$.

12. Die Gewölbeachse falle mit der Stützlinie für Eigenlast zusammen

$$y' = \frac{f}{m-1} (\mathrm{Cos}\, \zeta k - 1)$$

13. Geometrisches Änderungsgesetz der Trägheitsmomente der einzelnen Bogenquerschnitte

$$\frac{Js}{J_z \cos \varphi} = 1 - (1 - n) \cdot \zeta^1.$$

14. *Für die Berechnung der Bogenstärken sei nur die Betondruckspannung maßgebend.* Die Zugspannungen werden durch die Eiseneinlagen aufgenommen.

III. *Belastung.*

1. Infolge Eigengewicht.

Die Änderung zwischen Scheitel und Kämpferquerschnitt soll dem vorhin genannten Gesetz zufolge der Gleichung

$$\frac{Js}{J_z \cos \varphi} = 1 - (1 - n)\, \zeta^1 \text{ folgen, worin } n = \frac{Js}{J_k \cos \varphi_k} \text{ bedeutet.}$$

2. Infolge des Gewichtes der Fahrbahnkonstruktion und des gegliederten Aufbaues.

Als Fahrbahngewicht sei als vermittelter Wert aus dem Gewicht des Fahrbahnbelages, der Platte und aus dem der Längs- und Querträger, eine Last von 2 t/m² eingesetzt. Als Gewicht für den erforderlichen Aufbau sei ebenfalls eine Last in t/m² eingeführt und zwar

bei einer Spannweite bis zu $l = 250$ m ..... 1,9 t/m²
von $l = 500$ m ..... 4,0 t/m²
von $l = 750$ m ..... 8,0 t/m²

Diese Vereinfachung birgt zwar Fehler in sich, welche jedoch das Endergebnis nicht wesentlich beeinflussen.

3. Infolge der Verkehrslast, für welche ungefähr die einer Straßenbrücke 1. Klasse (Oenorm B 6201, Fall 1) entsprechende Belastung als wandernde Gleichlast vorgesehen ist und zwar mit $p = 1{,}0\ t/m^2$. Da es sich hiebei hauptsächlich um Spannweiten von mehr als 100 m handelt, ist der Wert p reichlich groß gewählt, so daß er selbst einer zukünftigen Laststeigerung noch voll entsprechen würde. Bei den größten Spannweiten hat die Verkehrslast einen so geringen Einfluß, daß eine Abminderung von p auf das Endergebnis ohne Belang wäre und daher wurde auch hier p mit dem Wert von $1{,}0\ t/m^2$ beibehalten. Bei den späteren Berechnungen von M_p und N_p sind die von Dr. Ing. *A. Straßner* berechneten Ordinaten der Einflußlinien verwendet.

4. Die Temperaturschwankungen sind mit $\pm 15^0$ C, und der dem Schwindmaß entsprechende Temperaturabfall ist mit -15^0 C eingesetzt. Auf Grund der an dem Langwieser Viadukt und an der Hundwilertobelbrücke durchgeführten Messungen erscheinen diese Annahmen auch gerechtfertigt. Die Schwindwirkung ließe sich durch einen besonderen Bauvorgang wesentlich einschränken, doch sei bei unseren Untersuchungen hievon abgesehen.

5. Die infolge der Windkräfte, der Bremskräfte und Widerlagerbewegungen auftretenden Beanspruchungen seien nicht berücksichtigt.

Ergebnisse.

a) *Aus den Untersuchungen bei* $\sigma_{b\,zul} = 100\ kg/cm^2$.

Zuerst sei nur der Bogen von der Spannweite $l = 250$ m betrachtet. Wenn man die für die einzelnen Pfeilhöhen gerechneten Bogenstärken aufträgt, erhält man ein klares Bild über deren Größe bei wechselndem Bogenpfeil f (Fig. 1).

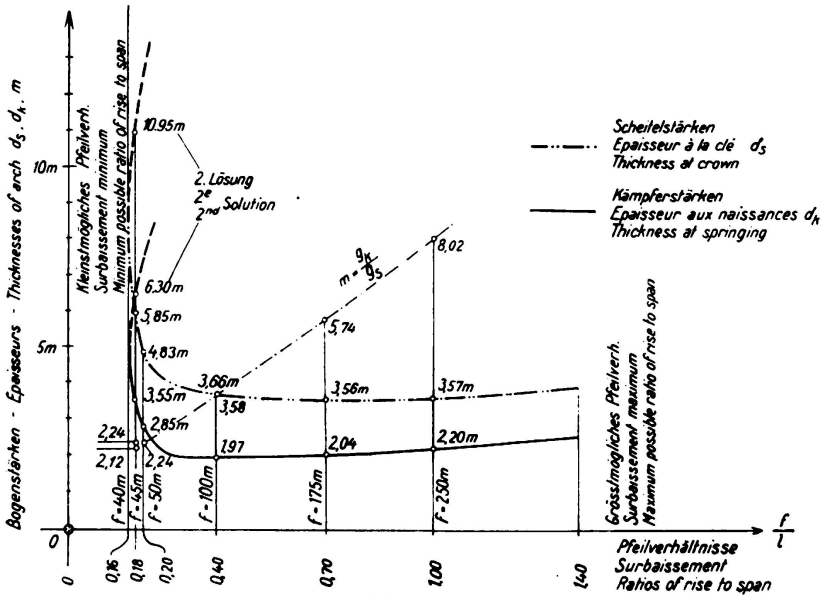

Fig. 1.

Darstellung der Scheitel- und Kämpferstärken von Bogenbrücken von 250 m Spannweite und verschiedenen Pfeilhöhen.

$\sigma_{b\,zul} = 100\ kg/cm^2$.

Diese sich so ergebenden Kurven, deren Ordinaten im kleinstmöglichen Pfeilverhältnis zu Tangenten werden, weisen anschließend daran ihre stärksten Krüm-

mungen auf und flachen dann bei größerem Pfeil rasch ab. Nach Erreichung eines Mindestwertes nehmen die Bogenstärken bei wachsender Pfeilhöhe f wieder wenig, aber doch stets zu. Die Kurven enden schließlich bei jenem Pfeilverhältnis, welches dem errechneten größtmöglichen Bogenpfeil f entspricht. Die gestrichelt gezeichnete Linie stellt das Verhältnis

$$m = \frac{g_k}{g_s} \text{ dar.}$$

Die Abhängigkeit der Scheitelstärke von f allein sei noch durch Fig. 2 dargestellt, welches Bild sich durch die Ergebnisse von Fig. 1 erklärt.

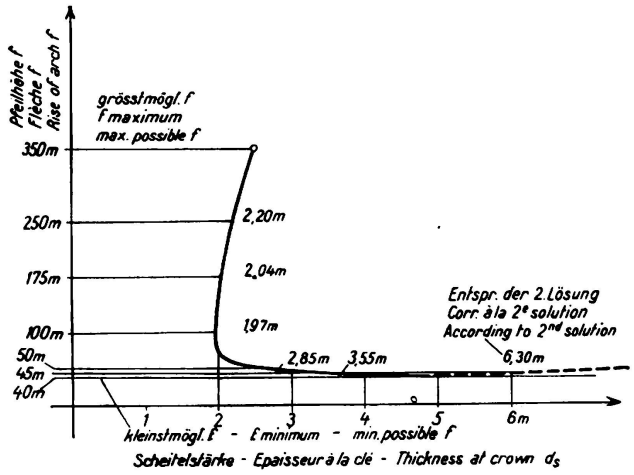

Fig. 2.

Verlauf der Scheitelstärken von Bogenbrücken von 250 m Spannweite bei verschiedenen Pfeilhöhen.

$\sigma_{b\,zul} = 100\ \mathrm{kg/cm^2}$.

Der Übersichtlichkeit halber sei für die weiteren Untersuchungen nur der Verlauf der Scheitelstärken betrachtet. Da Scheitel und Kämpfer der Bögen denselben Gesetzen unterliegen, so finden die für den Bogenscheitel gefundenen Ergebnisse bei den Kämpferquerschnitten sinngemäß Anwendung.

Wenn man nun die errechneten Scheitelstärken von Bögen von verschiedener Spannweite aufträgt (Fig. 3), so ersieht man, daß sich die Endpunkte der

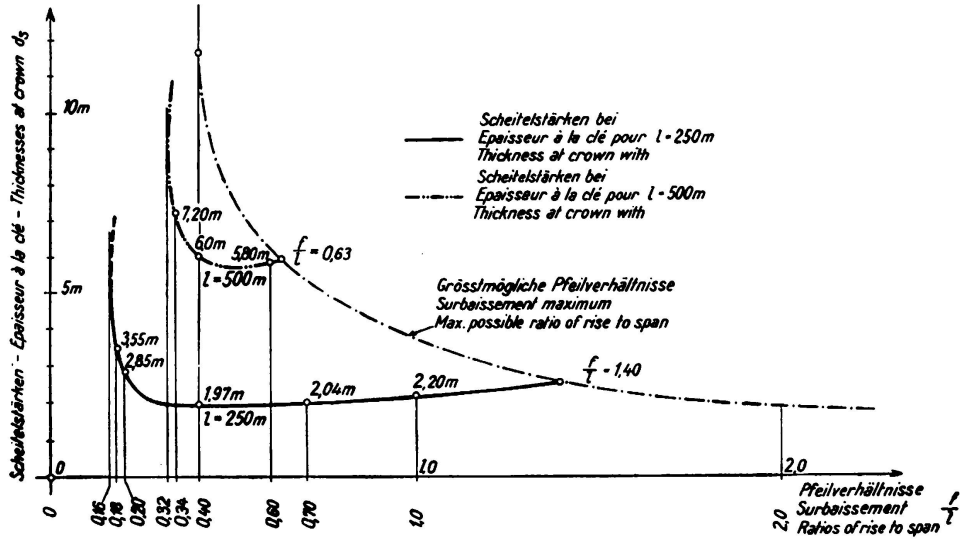

Fig. 3.

Darstellung der Scheitelstärken von Bogenbrücken verschiedener Spannweiten und verschiedener Pfeilhöhen.

$\sigma_{b\,zul} = 100\ \mathrm{kg/cm^2}$.

Kurven, welche dem größtmöglichen Bogenpfeil entsprechen, durch eine stetig verlaufende Linie (in Fig. 3 strichpunktiert gezeichnet) verbinden lassen.

Wenn man nun in Fig. 7 für die verschiedenen Spannweiten diese Punkte sowie die den kleinsten erreichbaren Pfeilhöhen entsprechenden Pfeilverhältnisse aufträgt, so erhält man im Schnittpunkt den Größtwert der erreichbaren Spannweite.

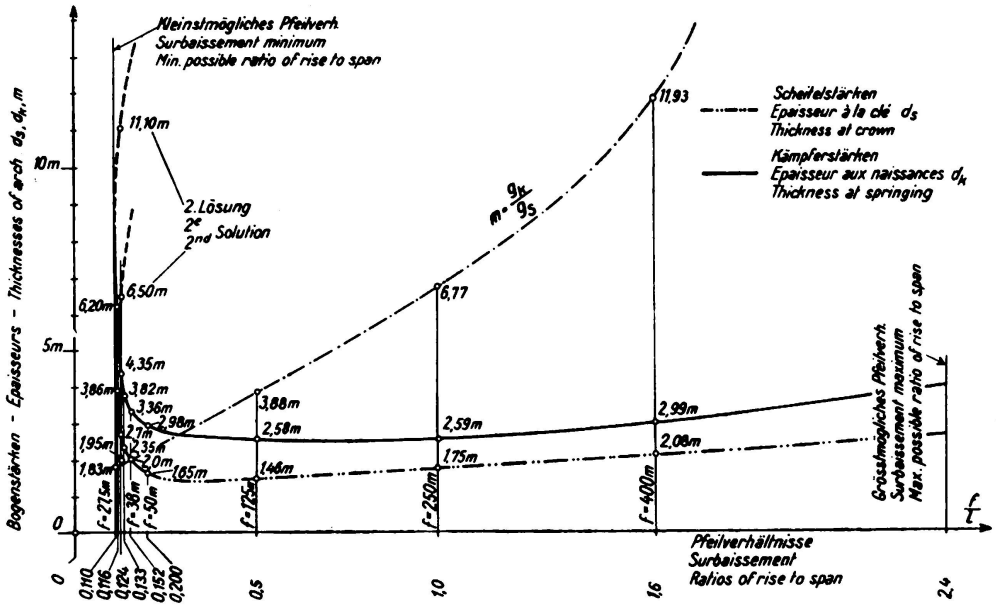

Fig. 4.

Darstellung der Scheitel- und Kämpferstärken von Bogenbrücken von 250 m Spannweite und verschiedenen Pfeilhöhen.

$\sigma_{b\,zul} = 150\ kg/cm^2$.

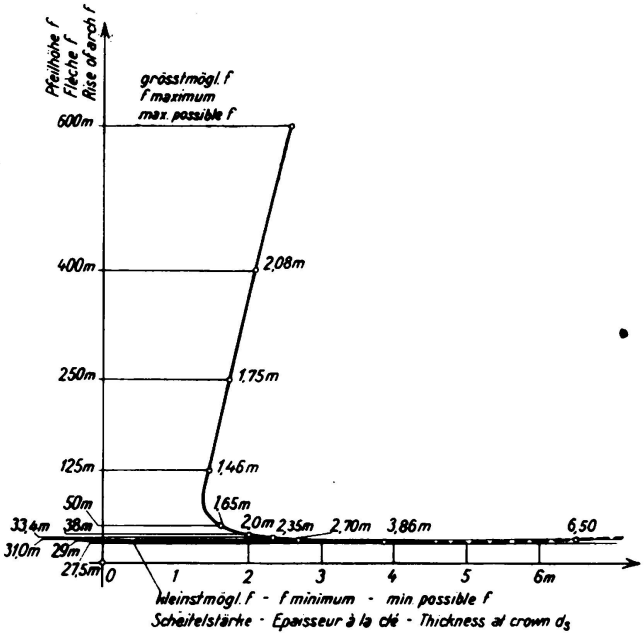

Fig. 5.

Verlauf der Scheitelstärken von Bogenbrücken von 250 m Spannweite bei verschiedenen Pfeilhöhen.

$\sigma_{b\,zul} = 150\ kg/cm^2$.

Die Fläche zwischen der oberen und der unteren Begrenzungslinie stellt den Bereich aller möglichen Bögen dar. Man sieht, wie er bei wachsender Spannweite rasch abnimmt, um schließlich in einem Punkt zu enden. *Die größtmög-*

liche Spannweite, welche sich hieraus mit $l = 650$ m ergibt, ist somit nur bei einem einzigen Pfeilverhältnis $\left(\frac{f}{l} = 0{,}40\right)$ möglich.

b) *Aus den Untersuchungen bei $\sigma_{b\,zul} = 150$ kg/cm².*

Auch hier sei zuerst in Fig. 4 der Bogen mit $l = 250$ m allein betrachtet. In Fig. 5 ist die Abhängigkeit der Scheitelstärke vom veränderlichem Bogenpfeil f dargestellt. Diese so ermittelten Linien zeigen mit den unter a) gefundenen gleichartiges Verhalten.

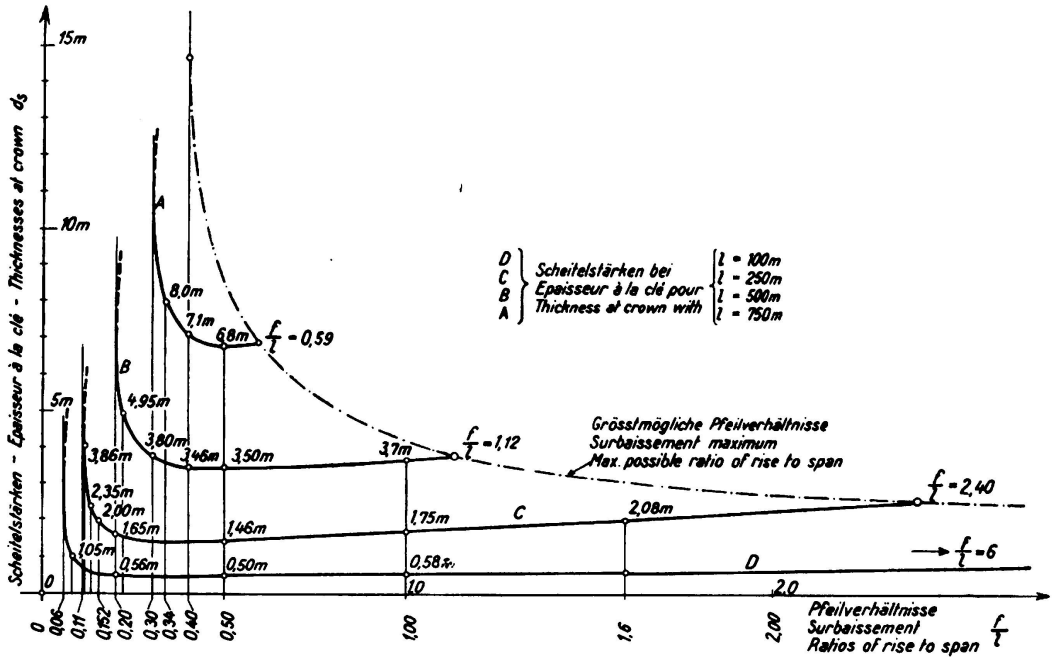

Fig. 6.

Darstellung der Scheitelstärken von Bogenbrücken verschiedener Spannweiten und verschiedener Pfeilhöhen.

$\sigma_{b\,zul} = 150$ kg/cm².

Das dort Gesagte findet somit hier volle Bestätigung.

Entsprechend der größeren zulässigen Betonspannung ergeben sich andere Grenzwerte, welche in den Fig. 4 bis 7 dargestellt sind. *Die größtmögliche Spannweite ergibt sich mit $l = 1000$ m und ist auch hier nur bei einem einzigen Pfeilverhältnis von $\frac{f}{l} = 0{,}40$ möglich.*

Die Bereiche aller möglichen Pfeilverhältnisse $\frac{f}{l}$ bei verschiedenen Spannweiten und zulässigen Betondruckspannungen sind in Fig. 7 veranschaulicht.

Welche Fortschritte im Eisenbetonbogen-Brückenbau noch zu erwarten sind, ergibt sich aus der Tatsache, daß heute bereits die Frage ernstlich behandelt wird, für außergewöhnliche Bogenbrückentragwerke zulässige Betondruckbeanspruchungen von 200 bis 300 kg/cm² in Betracht zu ziehen und daß ernste Entwürfe für Eisenbetonbogenbrücken von 400 m freier Spannweite

(*Hawranek*, $\sigma_{b\,zul} = 160$ kg/cm²) und von 1000 m freier Spannweite (*Freyssinet*, $\sigma_{b\,zul} = 280$ kg/cm²) vorliegen.

Der Entwicklung der Betontechnologie bezüglich Herstellung und Verarbeitung des Betons, ebenso wie jener der theoretischen Erforschung der statischen Ver-

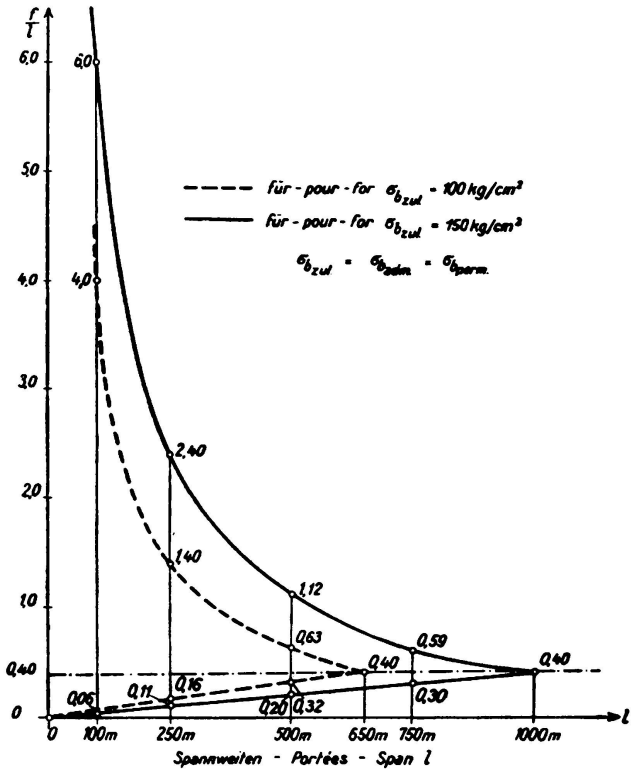

Fig. 7.

Darstellung der Bereiche der unter den getroffenen Voraussetzungen möglichen Bogenbrücken und der Grenzwerte der Spannweiten.

hältnisse in diesen Tragwerken wird es vorbehalten bleiben, durch die Fortschritte und durch neu gewonnene Erkenntnisse die Ausführung solcher Entwürfe auch wirklich zu ermöglichen.