



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Statik im Stahlbetonbau

Beyer, Kurt

Berlin [u.a.], 1956

57. Die Beziehung zwischen Bogenform und Formänderung

[urn:nbn:de:hbz:466:1-74292](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-74292)

Gewölben. Dtsch. Bauztg. 1915 S. 6. — Schürch, H.: Wärmeeinfluß und Wärmebeobachtungen bei Betongewölben. Arm. Beton 1916. — Hawranek, A.: Berechnung von Bogenbrücken bei räumlichem Kraftangriff. Beton u. Eisen 1918. — Derselbe: Nebenspannungen von Eisenbetonbogenbrücken. Berlin 1919. — Straßner, A.: Neuere Methoden zur Statik der Rahmentragwerke und der elastischen Bogenträger Bd. 2. Berlin 1921. — Neumann, G.: Bogenform und Momentenbild. Beton u. Eisen 1922. — Pirlet, J.: Kompendium der Statik der Baukonstruktionen Bd. 2. Berlin 1923. — Proksch, E.: Beitrag zur Querschnittsbemessung der Betongewölbe. Beton u. Eisen 1923. — Derselbe: Der Einfluß elastischer Widerlager auf den eingespannten Bogen. Beton u. Eisen 1923. — Craemer, H.: Der Einfluß einseitig verschieden schwerer Hinterfüllung auf elastische Gewölbe. Beton u. Eisen 1924. — Kasarnowsky, S.: Zur Statik eingespannter Gewölbe. Bauing. 1924. — Hartmann, F.: Die genauere Berechnung gelenkloser Gewölbe und der Einfluß des Verlaufs der Achse und der Gewölbstärke. Leipzig u. Wien 1925. — Kögler, F.: Gewölbetabellen, 2. Aufl. Berlin 1928. — Gesteschi, Th., u. J. Melan: Bogenbrücken. Handb. f. Eisenbetonbau Bd. 11 4. Aufl. Berlin 1932. — Bergdorfer, E.: Der Eingelenkbogen. Berlin 1929.

57. Die Beziehung zwischen Bogenform und Formänderung.

Die Mittellinie eines Bogenträgers wird in der Regel nach der Mittelkraftlinie für Eigengewicht oder nach der Mittelkraftlinie für Eigengewicht und der halben gleichförmigen Nutzlast p bestimmt. Diese Form ändert sich jedoch mehr oder weniger infolge der Verkürzung der Mittellinie, hervorgerufen durch die elastischen Eigenschaften des Baustoffs, durch die physikalischen Vorgänge beim Erhärten, durch Temperaturwechsel und durch die Bewegung der Widerlager. Daher entstehen neben den Längskräften auch Biegemomente, die im Scheitel des Zweigelenkbogens und im Scheitel und Kämpfer des eingespannten Bogens am größten sind. Sie lassen sich beim Ausrüsten durch bauliche Maßnahmen vermeiden, welche die

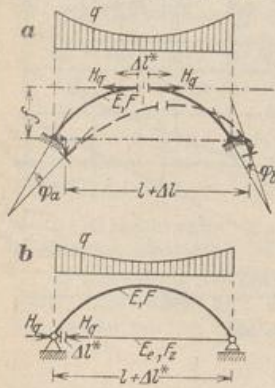


Abb. 536.

Verkürzung der Mittellinie ausgleichen und damit die senkrechte Verschiebung des Bogenscheitels verhindern. Die Mittellinie des Bogens ist dann auch nach Abschluß der Verformung Mittelkraftlinie der ausgezeichneten Belastung.

Die relative Verschiebung der Ufer des Scheitelquerschnitts c eines eingespannten Bogenträgers mit und ohne Scheitelgelenk ist

$$\Delta l^* = H_q \int \frac{ds}{EF} - \alpha_t t l + \Delta l - f(\varphi_a - \varphi_b). \quad (\text{Abb. 536a}) \quad (850)$$

Danach sind die Ufer des Scheitelquerschnitts c eines eingespannten Bogenträgers mit und ohne Scheitelgelenk beim Ausrüsten um den Betrag Δl^* gegenseitig zu entfernen. Der Anteil aus der Verdrehung der Widerlager fällt beim Zweigelenkbogen weg. Die relative Verschiebung der Ufer des Anschlußquerschnitts des Zuggliedes eines Zweigelenkbogens ist mit $(l + \Delta l^*) > l$

$$- \Delta l^* = H_q \int \frac{ds}{EF} - \alpha_t t l + \frac{H_q l}{E_t F_z}, \quad (\text{Abb. 536b}) \quad (851)$$

um die Biegemomente aus der Längenänderung von Bogen und Zugglied zu vermeiden.

Der Ausgleich wird beim Ausrüsten des beiderseits eingespannten Bogenträgers durch Druckpressen erreicht, welche im Bogenscheitel eingebaut werden. Sie liegen beim Ausrüsten des Zweigelenkbogens mit Zugband hinter dem Bogenkämpfer, um hier zunächst die Längskraft des relativ zum Bogenträger beweglichen Zuggliedes aufzunehmen und diesem zuzuführen. Dabei wird die Reckung des Zuggliedes und die Verkürzung des Bogenträgers ausgeglichen, so daß in der Fahrbahn keine Nebenspannungen aus der Formänderung der Hauptträger durch Eigengewicht entstehen (Beispiel S. 519).

Der Einfluß der Formänderung auf den Spannungszustand der drei statisch unbestimmten Bogenträger kann auch durch Überhöhung der Mittellinie um Δf^* und durch vorläufige Anordnung dreier Gelenke ausgeglichen werden. Der Betrag

$$\Delta f^* = \Delta l^* \cdot l_1 / 2f \quad (852)$$

hängt naturgemäß von bestimmten Annahmen über die physikalischen Eigenschaften von Baustoff und Baugrund ab und kann nachträglich nicht mehr geändert werden. Die Bewegung der Gelenke und der hierfür notwendige Spielraum lassen sich leicht nach Abschn. 18 berechnen.

Verlagerung der Bogenachse. Um die besonderen baulichen Maßnahmen beim Ausrüsten der Bogenträger zu umgehen, ist mehrfach versucht worden, die Mittellinie mit den Ordinaten y als Mittellinie des Bogenträgers durch eine Linie mit den Ordinaten $\bar{y} = y + \Delta y$ zu ersetzen, deren Biegemomente aus der Formänderung durch Eigengewicht und Schwinden des Baustoffs kleiner sind als bei der Mittellinie y (Abb. 537).

Zähler und Nenner des Ausdrucks (817) für X_1 können ebenso wie auf S. 513 in die Anteile $\delta'_{10}, \delta'_{11}$ aus den Biegemomenten und in die Anteile $\delta_{1t}, \delta''_{10}, \delta''_{11}$ aus Schwinden und Längskraft zerlegt werden. Darnach läßt sich neben der Bogenkraft $X_1(N, M, t)$ außerdem noch die Bogenkraft $X_1(M) = \delta'_{10}/\delta'_{11}$ anschreiben. Sie ist gleich der Kraft H_q , wenn die Mittellinie des Trägers mit der Mittelkraftlinie für die ausgezeichnete Belastung q, H_q zusammenfällt. Da nun $X_1(N, M, t) < X_1(M)$ ist und daher nach S. 524 im Bereich des Scheitels positive, im Bereich des Kämpfers negative Biegemomente entstehen, so kann an Stelle der Mittelkraftlinie y mit $X_1(M) = H_q$ eine Mittellinie $\bar{y} = y + \Delta y$ mit einer größeren Bogenkraft $\bar{X}_1(M) = \delta'_{10}/\delta'_{11}$ derart bestimmt werden, daß $\bar{X}_1(N, M, t) \approx H_q$, also $\delta'_{11} < \delta'_{11}$ ist. Die Mittellinie \bar{y} erhält daher unter Beibehaltung der Ordinaten y_a, y_c, y_b (Abb. 537) im Scheitel und Kämpfer eine größere und in der Mitte des Bogenschenkels eine kleinere Krümmung. Sie unterscheidet sich von der Mittelkraftlinie zu q, H_q , so daß, abgesehen von den Biegemomenten $M(q, H_q)$ des Trägers auch Biegemomente $M_0(q, H_q)$ im Hauptsystem entstehen. Während also bei der Ausrüstung des Trägers mit Vorspannung durch Pressen die Biegespannungen aus einem ausgezeichneten Belastungs- und Verschiebungszustand nach S. 552 vermieden werden können, läßt sich keine Funktion $\Delta y(x)$ mit dem gleichen Ergebnis anschreiben. Dies liegt an dem Anteil der Längskräfte in der Bedingung

$$A_i^* = \frac{1}{2} \int \frac{N^2 ds}{EF} + \frac{1}{2} \int \frac{M^2 ds}{EJ} + \int N \alpha_t t ds = \min \quad (853)$$

für die statisch unbestimmten Schnittkräfte X_1, X_2, X_3 . A_i^* wird nicht bei $M = 0, |N| = H_q \cos \alpha$, sondern bei $|N| < H_q \cos \alpha, M \neq 0$ zum Minimum. Die Verlagerung Δy der Mittellinie des Bogenträgers gegen die Mittelkraftlinie y kann daher stets nur eine Verminderung der größten Biegemomente herbeiführen.

Die Funktion $\Delta y(x)$ ist im Scheitel mit $x = 0$ durch die Randbedingungen $\Delta y, d(\Delta y)/dx = 0$, im Kämpfer mit $x = l_1$ durch $\Delta y = 0$ bestimmt (Abb. 537). Um die Lösung auf die x -Achse der vorgegebenen Mittellinie y zu beziehen, muß $\int \bar{y}(J_c/J) ds = 0$, also auch $\int \Delta y(J_c/J) ds = 0$ sein. Um die Biegemomente im Scheitel und Kämpfer zu begrenzen, ist ΔX_1 nach (841) Null oder der Größe nach

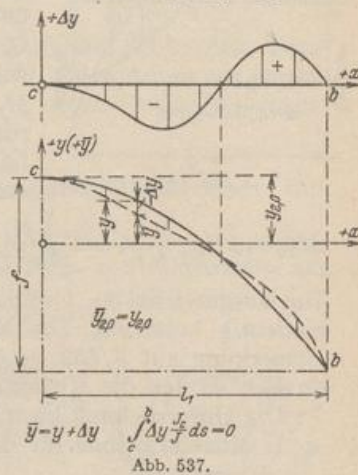


Abb. 537.

vorgeschrieben. Für $\Delta y(x)$ bestehen daher fünf Bedingungen, die durch eine Kurve vierten Grades, z. B. die Parabel vierten Grades, befriedigt werden können. Diese Lösung ist von F. Campus vorgeschlagen worden.

Dasselbe Ziel läßt sich nach M. Ritter auch durch statische Überlegungen erreichen. Die den Einflußlinien η_c, η_a der Biegemomente des Bogenträgers im Scheitel (c) und Kämpfer (a) zugeordneten Summeneinflußlinien ζ, \varkappa für zwei symmetrisch angreifende Lasten überschneiden sich auf einer Strecke \overline{EF} mit negativen Ordinaten ζ und positiven Ordinaten \varkappa (Abb. 538). Daher erzeugen in diesem Bereiche Zusatzlasten $V, v(x)$ negative Biegemomente im Scheitel und positive Biegemomente im Kämpfer, vermindern also die aus der Verkürzung der Bogenmittellinie herrührenden positiven Biegemomente im Scheitel und die negativen Biegemomente im Kämpfer. Dieselbe Wirkung entsteht auch unter

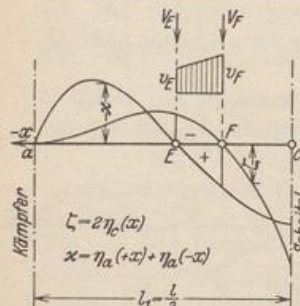


Abb. 538.

der vorhandenen Belastung q, H_q eines Bogenträgers, dessen Mittellinie als Mittelkraftlinie von q in Verbindung mit einer virtuellen Belastung $-v(x)$ und $(H_q + H_v)$ aufgezeichnet worden ist. Die Funktion $v(x)$ ist zunächst beliebig. Sie wird derart gewählt, daß sich die Biegemomente M_0 aus (q, H_q) nicht wesentlich ändern. Die Größe der virtuellen Belastung v im Bereiche \overline{EF} hängt von dem zu tilgenden Anteil der Biegemomente M_{cq}, M_{aq} ab, die im Scheitel und Kämpfer aus der Längenänderung der Mittellinie y bei der Belastung q oder aus der Längenänderung bei Belastung, Schwinden und Stützenverschiebung Δl entstehen. Nach (841) ist allgemein

$$M_{cq} = \left(H_q \frac{v}{1+v} - \frac{\delta_{11} + \delta_{12}}{\delta_{11}} \right) (f - y_{1,0}); \quad -M_{aq} = \left(H_q \frac{v}{1+v} - \frac{\delta_{11} + \delta_{12}}{\delta_{11}} \right) y_{1,0}. \quad (854)$$

Die ausgezeichneten Ordinaten v_E, v_F einer linearen Funktion $v(x)$ sind darnach eindeutig bestimmt. Die Mittellinie aus $q, (-v), (H_q + H_v)$ wird im Sinne der Bemerkung auf S. 553, verglichen mit derjenigen für q, H_q , im Bogenschenkel gestreckt, so daß die Krümmung am Scheitel und Kämpfer zunimmt.

Die Untersuchung besteht aus folgenden Teilen:

1. Mittelkraftlinie für die vorgeschriebene Belastung q, H_q mit den Ordinaten

$$y_{1q} = M_{0q}/H_q. \quad (855)$$

2. Berechnung von M_{cq}, M_{aq} nach (854). Annahme über den zu tilgenden Anteil und Berechnung von v_E, v_F aus der Bedingung

$$\Delta M_{cq} + \int_F^E \zeta v dx = 0, \quad \Delta M_{aq} + \int_E^F \varkappa v dx = 0. \quad (856)$$

3. Mittelkraftlinie für die virtuelle Belastung

$$y_{1v} = M_{0v}/H_v. \quad (857)$$

4. Ordinaten \bar{y}_1 der gesuchten Mittellinie oder Verlagerung $\Delta y = \bar{y}_1 - y_{1q}$

$$\bar{y}_1 = \frac{M_{0q} + M_{0v}}{H_q + H_v}, \quad \Delta y = (y_{1v} - y_{1q}) \frac{H_v}{H_q + H_v}. \quad (858)$$

M_{0v} und H_v sind negativ einzusetzen, da die virtuelle Belastung $v(x)$ zur vorgeschriebenen Belastung $q(x)$ entgegengesetzt gerichtet ist (Rechenvorschrift S. 555).

Die wirtschaftlich günstigste Bogenform ist bei der ungünstigsten Zusammenfassung aller äußeren Ursachen einschließlich Nutzlast und Temperaturwechsel durch gleich große Randspannungen ausgezeichnet, welche den für den Baustoff zulässigen Grenzwert erreichen. Sie wird aus vorgegebenen Abmessungen

(y_h, J_h) mit

$$y_h^* = y_h + \Delta y_h, \quad J_h^* = J_h + \Delta J_h \quad (859)$$

derart bestimmt, daß in r Querschnitten die Bedingungen

$$-\sigma_o = \frac{\max M_{ku}}{W_o} = \frac{\min M_{ko}}{W_u} = \sigma_u; \quad \max M_{ku} = -\sigma_{zul} W_o \quad (860)$$

erfüllt sind. Dies ist für

$$X^* = X + \sum \frac{\partial X}{\partial y_h} \Delta y_h + \sum \frac{\partial X}{\partial J_h} \Delta J_h; \quad M^* = M + \sum \frac{\partial M}{\partial y_h} \Delta y_h + \sum \frac{\partial M}{\partial J_h} \Delta J_h \quad (861)$$

der Fall, so daß bei Vernachlässigung der höheren Potenzen $2r$ lineare Gleichungen mit $2r$ unbekanntem geometrischen Bestimmungsstücken $\Delta y_h, \Delta J_h$ entstehen. Die Lösung ist durch allmähliche Annäherung einfacher. Die Bedingungen (860) werden dann zunächst für die einzelnen Querschnitte (h) erfüllt, so daß bei Bogenträgern mit $W_o = W_u$ folgende Gleichung entsteht.

$$\begin{aligned} -H_q \Delta y_h + \max M_{ku} &= +H_q \Delta y_h + |\min M_{ko}|, \\ -\Delta y_h &= \frac{|\min M_{ko}| - \max M_{ku}}{2H_q}. \end{aligned} \quad (862)$$

Darin enthält $\min M_{ko}$ den Anteil aus Eigengewicht, Nutzlast, Schwinden, Temperaturabfall (t), Ausweichen der Widerlager (Δl), $\max M_{ku}$ den Anteil aus Eigengewicht, Nutzlast und Temperaturzunahme (t). $y + \Delta y_h$ ist die Ordinate der verbesserten Bogenform.

Bestimmung der Mittellinie eines beiderseits eingespannten Bogenträgers mit $M_c \approx 0, M_k \approx 0$.

Als Beispiel dient der Bogenträger mit einer Kettenlinie als Achse und $n = 0,4$ nach S. 538. (Abb. 520). Die Einflußlinien der überzähligen Größen und die Stütz- und Schnittkräfte aus Eigengewicht sind bekannt und werden übernommen.

1. Einflußlinien der Momente im Kämpfer und Scheitel.

$$M_a = 1 \eta_a = X_1 y_{1,0} - X_2 - X_3,$$

$$M_c = 1 \eta_c = M_{0c} - X_1 y_{2,0} - X_3 \quad (\text{Abb. 540}).$$

2. Summeneinflußlinien der Kämpfermomente und Scheitelmomente für zwei symmetrisch angreifende Einzellasten (Abb. 539).

$$\left. \begin{aligned} M_{a\Sigma} &= 1 \cdot \kappa = \eta_a(\xi) + \eta_a(-\xi), \\ M_{c\Sigma} &= 1 \cdot \zeta = \eta_c(\xi) + \eta_c(-\xi) \end{aligned} \right\} \quad (\text{Abb. 541}).$$

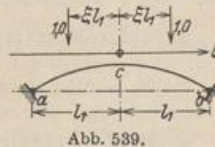
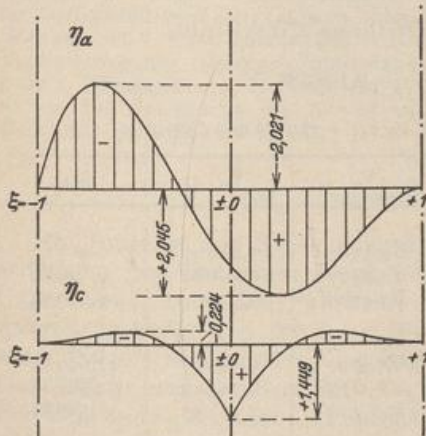
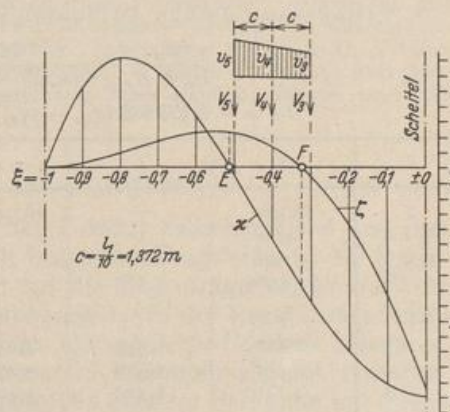


Abb. 539.

Abb. 540. Die Einflußlinien der Biegemomente des Bogenträgers im Kämpfer (η_a) und Scheitel (η_c).Abb. 541. Die Summeneinflußlinien der Kämpfermomente (κ) und Scheitelmomente (ζ) für zwei symmetrisch angreifende Lasten.

m	ξ	η_a	ξ	η_a	ξ	η_c	κ_m	ζ_m
0	$\pm 0,0$	1,49159	$\pm 0,0$	1,49159	$\pm 0,0$	+ 1,44934	+ 2,98318	+ 2,89868
...
3	- 0,3	- 0,27915	+ 0,3	+ 2,04547	$\pm 0,3$	+ 0,05682	+ 1,76632	+ 0,11364
4	- 0,4	- 0,93256	+ 0,4	+ 1,89128	$\pm 0,4$	- 0,13679	+ 0,95872	- 0,27358
5	- 0,5	- 1,49927	+ 0,5	+ 1,59751	$\pm 0,5$	- 0,22220	+ 0,09824	- 0,44440
...
9	- 0,9	- 1,13420	+ 0,9	+ 0,10490	$\pm 0,9$	- 0,02710	- 1,02930	- 0,05420
10	- 1,0	$\mp 0,00000$	+ 1,0	+ 0,00000	$\pm 1,0$	$\mp 0,00000$	$\mp 0,00000$	$\mp 0,00000$

3. Kämpfer- und Scheitelmoment aus Eigengewicht.

Nach II, 5, c) S. 542 ist: $M_{a_0} = - 6,07532$, $M_{c_0} = + 1,82462$.

4. Berechnung von $v(x)$, V aus (856) und aus der Bedingung $M_a \approx 0$, $M_c \approx 0$. $\Delta M_{a_0} = M_{a_0}$, $\Delta M_{c_0} = M_{c_0}$. Mit Simpson (S. 95) ist:

$$-\Delta M_{a_0} \approx I_1 \int_{0,3}^{0,5} \kappa v d\xi = \frac{c}{3} \sum_{0,3}^{0,5} \lambda \cdot \kappa v = \frac{c}{3} [\kappa_5 v_5 + 4 \kappa_4 \frac{v_5 + v_3}{2} + \kappa_3 v_3],$$

$$-\Delta M_{c_0} \approx I_1 \int_{0,3}^{0,5} \zeta v d\xi = \frac{c}{3} \sum_{0,3}^{0,5} \lambda \cdot \zeta v = \frac{c}{3} [\zeta_5 v_5 + 4 \zeta_4 \frac{v_5 + v_3}{2} + \zeta_3 v_3],$$

$$+ 6,07532 = 0,45733 [0,09824 v_5 + 2 \cdot 0,95872 v_5 + 2 \cdot 0,95872 v_3 + 1,76632 v_3],$$

$$- 1,82462 = 0,45733 [- 0,44440 v_5 - 2 \cdot 0,27358 v_5 - 2 \cdot 0,27358 v_3 + 0,11364 v_3].$$

$$v_5 = 3,21649, \quad v_3 = 1,84616, \quad \text{nach linearer Einschaltung: } v_4 = 2,53133;$$

$$V_5 = \frac{c}{6} (2 v_5 + v_4) = 2,04984, \quad V_3 = \frac{c}{6} (v_4 + 2 v_3) = 1,42314,$$

$$V_4 = \frac{c}{6} (v_5 + 4 v_4 + v_3) = 3,47299, \quad A_v = \sum_3^5 V_m = 6,94597.$$

5. Mittelkraftlinie nach (135) für die virtuelle Belastung $\Sigma(-V_m)$.

$$H_e = M_{0c}, \Sigma(-V) / f = \frac{- 56,31940}{4,12} = - 13,66976, \quad y_{1v} = \frac{M_{0c}, \Sigma(-V)}{H_e}, \quad (\text{Abb. 542}).$$

6. Mittelkraftlinie aus Eigengewicht (q_k, q_s) nach (538).

$$H_e = 84,247 \text{ t (S. 542)}, \quad y_{1e} = y_1 = f - y_2, \quad y_2 \text{ (S. 540)}.$$

7. Verlagerung Δy und Ordinaten \bar{y}_1 der gesuchten Mittellinie.

$$\frac{H_e}{H_e + H_v} = \frac{- 13,670}{84,247 - 13,670} = - 0,193689,$$

$$\Delta y = - 0,193689 (y_{1v} - y_{1e}), \quad \bar{y}_1 = y_{1e} + \Delta y \quad (\text{Abb. 542}).$$

ξ	x	c	P	V_0	$V_0 \cdot c$	M_{0e}
0	13,720	—	(6,94597)	—	—	—
- 1,0	13,720	0	—	6,94597	0,00000	0,00000
- 0,9	12,348	1,372	—	6,94597	9,52987	9,52987
- 0,8	10,976	1,372	—	6,94597	9,52987	19,05974
...
- 0,5	6,860	1,372	2,04984	6,94597	9,52987	47,64935
- 0,4	5,488	1,372	3,47299	4,89613	6,71749	54,36684
- 0,3	4,116	1,372	1,42314	1,42314	1,95255	56,31939
...
0,0	0,000	1,372	—	0,00000	0,00000	56,31939

ξ	-1,0	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	$\mp 0,0$
y_{1e}	0,000	1,002	1,804	2,442	2,945	3,337	3,636	3,855	4,004	4,091	4,120
\bar{y}_1	0,000	1,062	1,884	2,510	2,975	3,308	3,569	3,803	3,982	4,086	4,120
Δy	0,000	+ 0,060	+ 0,080	+ 0,068	+ 0,030	- 0,029	- 0,067	- 0,052	- 0,022	- 0,005	0,000

8. Nachprüfung der Ergebnisse. Eine Nachrechnung ergibt, daß die Bedingungen $M_e \approx 0$; $M_s = M_b \approx 0$ nahezu erfüllt sind (Abb. 542). Der Grad der Annäherung hängt von der Rechengenauigkeit ab.

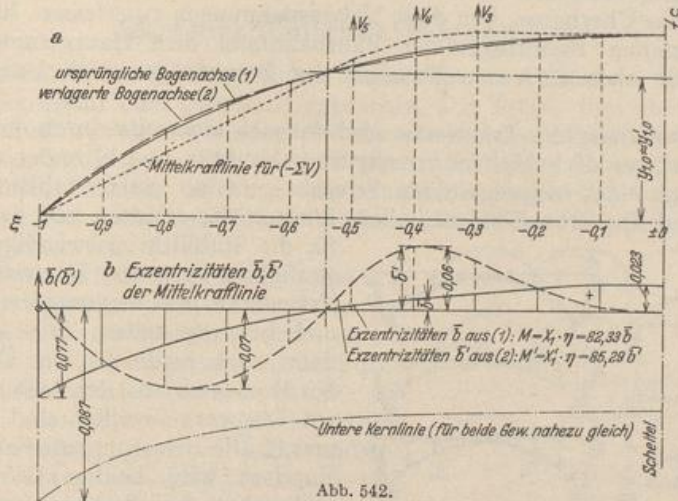


Abb. 542.

Färber: Der Gewölbebau. Neue Hilfsmittel für Berechnung und Bauausführung. Berlin 1916. — Ostenfeld, A.: Die günstigste Bogenform für statisch unbestimmte Bögen. Beton u. Eisen 1923. — Proksch, E.: Verfahren zum Aufsuchen der Bogenlinie gleicher Anstrengungen. Beton u. Eisen 1924 S. 33. — Ritter: Die Formgebung von Brückengewölben. Beitrag zum Internat. Brückenbaukongr. in Zürich 1926. — Krebitz, J.: Die günstigste Form statisch unbestimmter Bogenträger. Verhandlg. des 2. Internat. Kongr. f. Techn. Mech. Zürich 1927 u. Beton u. Eisen 1927 S. 199. — Kögler, F.: Die Formgebung der eingespannten Brückengewölbe. Bauing. 1928 S. 98. — Miozzi, E.: Die rationelle Bestimmung der Stützlinie in Gewölben. Bericht über die 2. Internat. Tagung f. Brückenbau und Hochbau. Wien 1929. — Campus, F.: La fibre moyenne des grandes voutes hyperstatiques. Beitrag zum Internat. Brückenbaukongr. in Lüttich 1930. — Krebitz, J.: Die neue Wandau—Enns-Brücke. Beton u. Eisen 1930 S. 75. — Buschmann, W.: Über die Formgebung eingespannter Gewölbe. Bauing. 1931 S. 198. — Dischinger, F.: Beseitigung der zusätzlichen Biegemomente im Zweigelenbogen mit Zugband. Abhandlung der Internat. Vereinigung f. Brückenbau und Hochbau Bd. 1 S. 69. Zürich 1932 u. Beton u. Eisen 1932 S. 309. — Miozzi, E.: Methode zur Verbesserung des Gleichgewichtszustandes der Gewölbe. Abhandlung der Internat. Vereinigung f. Brückenbau u. Hochbau Bd. 1 S. 337. Zürich 1932. — Mehmel: Bericht über Messungen bei Anwendung des Gewölbeexpansionsverfahrens beim Bau der Brücke über den Roguefluß. Bauing. 1933 S. 247.

58. Erweiterung der Aufgabe.

Die Nutzlast der Brücken wird in der Regel durch Zwischenmittel aus Erdschüttung und Betonmauerwerk oder durch besondere Tragwerke in die Bogenträger eingetragen. Die Fahrbahntafel wird auf die Bogenträger abgestützt oder daran aufgehängt und bei der statischen Untersuchung in der Regel derart idealisiert, daß die Schnittkräfte der Bogenträger unabhängig vom Überbau berechnet, also Auflast und Nutzlast dem Bogenträger statisch bestimmt zugeführt werden. Die Schüttung gilt daher als kohäsionslos, der Aufbau quer zur Fahrbahn in Streifen zerlegt, der Überbau als Folge von einzelnen Trägern, die untereinander und mit den Pfosten frei drehbar verbunden sind.