



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Statik im Stahlbetonbau

Beyer, Kurt

Berlin [u.a.], 1956

Ableitung der Schnittkräfte aus einem statisch bestimmten Hauptsystem

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

Ableitung der Schnittkräfte aus einem statisch bestimmten Hauptsystem.

Die überzähligen Größen X_1, X_2, X_3 sind entweder nach (475) durch eine mechanische Transformation statisch unbestimmter Schnittkräfte oder nach S. 274 als Gruppenlasten derart bestimmt, daß die Nebenglieder $\delta_{12}, \delta_{23}, \delta_{13}$ der Matrix der Elastizitätsgleichungen Null sind. In diesem Falle ist dann

$$X_1 = \frac{\delta_{1\infty}}{\delta_{11}}, \quad X_2 = \frac{\delta_{2\infty}}{\delta_{22}}, \quad X_3 = \frac{\delta_{3\infty}}{\delta_{33}}. \quad (817)$$

Dieses einfache Ergebnis darf jedoch nur verwendet werden, wenn die Nebenbedingungen

$$\delta_{12} = 0, \quad \delta_{23} = 0, \quad \delta_{31} = 0 \quad (818)$$

nachgeprüft und vollständig erfüllt sind.

Lösung bei Symmetrie des Tragwerks.

a) Das Hauptsystem ist ein Balkenträger auf zwei Stützen (Abb. 505).

Die überzählige Größe X_1 besteht nach S. 274 aus den beiden, um die Strecke $y_{1,0}$ parallel verschobenen, statisch unbestimmten Komponenten H der Stützkkräfte, als Gruppenlast nach S. 283 aus den Kräften H und zwei gleich großen Biegemomenten $Y_{a1} = Y_{b1} = -H \cdot y_{1,0}$. Die beiden anderen, von X_1 unabhängigen überzähligen Größen X_2 und X_3 beziehen sich mit $X_1 = 0$ auf den beiderseits eingespannten Balkenträger, dessen Einspannungsmomente in a und b durch Y_a, Y_b bezeichnet werden.

$$X_2 = \frac{1}{2}(Y_a - Y_b), \quad X_3 = \frac{1}{2}(Y_a + Y_b).$$

Die Verschiebung δ_{13} ist nach S. 196 Null für

$$y_{1,0} = \int_c^a y_1 \frac{J_c}{J} ds : \int_c^a \frac{J_c}{J} ds. \quad (819)$$



Abb. 505.

b) Das Hauptsystem ist ein Freitragerpär (Abb. 506).

Die überzählige Größe X_1 besteht nach S. 274 aus den beiden um die Strecke $y_{2,0}$ parallel verschobenen Längskräften $-N_c$ im Bogenscheitel c oder nach S. 283 aus einer Gruppenlast, die sich aus der Längskraft $-N_c$ und dem Biegemoment $Y_{c1} = -N_c y_{2,0}$ im Bogenscheitel zusammensetzt. Die überzählige, von X_1 unabhängige Größe X_3 ist das Biegemoment Y_c im Scheitel des beiderseits eingespannten Balkenträgers.

Als überzählige Größe X_2 wird eine Funktion der Querkraft Q_c im Bogenscheitel verwendet. $X_2 = +Q_c l_1$. Die Verschiebung δ_{13} ist nach (471) Null, wenn

$$y_{2,0} = \int_c^a y_2 \frac{J_c}{J} ds : \int_c^a \frac{J_c}{J} ds. \quad (820)$$



Abb. 506.

c) Das Hauptsystem ist ein Dreigelenkbogenträger (Abb. 507).

Die statisch unbestimmten Biegemomente M_a, M_b, M_c sind nach (468) Funktionen dreier statisch überzähliger Gruppenlasten, von denen X_1 und X_3 symmetrisch, X_2 antisymmetrisch ist. Sie werden daher nach folgender Transformation angeschrieben (Abschn. 36):

$$\left. \begin{aligned} -M_a &= Y_a = X_3 + X_2 + Y_{a1} X_1; \\ -M_b &= Y_b = X_3 - X_2 + Y_{b1} X_1; \quad -M_c = Y_c = X_3 + X_1. \end{aligned} \right\} (821)$$

Infolge der Symmetrie ist

$$Y_{a1} = Y_{b1}, \quad \delta_{12} = 0, \quad \delta_{23} = 0$$

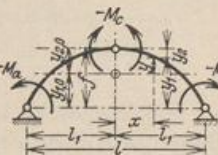


Abb. 507.

und nach S. 284 auch $\delta_{13} = 0$, wenn:

$$Y_{a1} = -\frac{\delta_{c1}}{\delta_{a1} + \delta_{b1}} = -\frac{\int y_1 \frac{J_c}{J} ds}{\int y_2 \frac{J_c}{J} ds} = -\frac{y_{1,0}}{y_{2,0}}. \quad (822)$$

Daher sind die Biegemomente infolge von $-X_1 = 1$

$$M_1 = \frac{y_1}{f} - \frac{y_2}{f} \frac{y_{1,0}}{y_{2,0}} = \frac{1}{y_{2,0}} (y_1 - y_{1,0}) = \frac{1}{y_{2,0}} (y_{2,0} - y_2) = \frac{1}{y_{2,0}} y \quad (823)$$

bis auf einen konstanten Beiwert ebenso groß wie in den beiden Fällen a) und b).

Die Schnittkräfte werden nach der Begründung auf S. 522 nur für das erste und zweite Hauptsystem angegeben. Die Lösungen stimmen in formaler Beziehung überein, wenn die Einflußlinien N_0, M_0, Q_0 des Balkenträgers oder Freitragerspaars unter Beachtung der Vorzeichen aufgetragen und die Schnittkräfte N_0, M_0, Q_0 aus einer vorgeschriebenen Belastung q und den erwähnten Zusatzkräften H_q berechnet werden. $H_q = M_{0c}/f$. In diesem Ausdruck bedeutet M_{0c} das Moment der äußeren Kräfte aus der Belastung q eines Balkenträgers, bezogen auf den Schwerpunkt des Scheitelquerschnitts c .

Die Hauptglieder $\delta_{11}, \delta_{22}, \delta_{33}$ der Matrix der Elastizitätsgleichungen werden nach (299) gebildet.

Belastungszustand $-X_1 = 1$: $M_1 = y$, $N_1 = \cos \alpha$, $Q_1 = \sin \alpha$.

Belastungszustand $-X_2 = 1$: $M_2 = -x/l_1$, $N_2 = 1/l_1 \cdot \sin \alpha$, $Q_2 = -1/l_1 \cdot \cos \alpha$.

Belastungszustand $-X_3 = 1$: $M_3 = 1$, $N_3 = 0$, $Q_3 = 0$.

$$\left. \begin{aligned} \delta_{11} &= \frac{J_c}{F_c} \int \cos^2 \alpha \frac{F_c}{F} ds + \int y^2 \frac{J_c}{J \cos \alpha} dx; & \delta_{22} &= \frac{J_c}{F_c} \int \frac{\sin^2 \alpha}{l_1^2} \alpha \frac{F_c}{F} ds + \int \frac{x^2}{l_1^2} \frac{J_c}{J \cos \alpha} dx; \\ \delta_{33} &= \int \frac{J_c}{J \cos \alpha} dx, \end{aligned} \right\} (824)$$

$$\int \cos^2 \alpha \frac{F_c}{F} ds \approx l, \quad \int \frac{\sin^2 \alpha}{l_1^2} \alpha \frac{F_c}{F} ds \approx 0.$$

Die Belastungszahlen ergeben sich nach (299) mit M_0, N_0 für die äußeren Kräfte

$$\left. \begin{aligned} \delta_{10} &= \frac{J_c}{F_c} \int N_0 \cos \alpha \frac{F_c}{F} ds + \int M_0 y \frac{J_c}{J \cos \alpha} dx; & \int N_0 \cos \alpha \frac{F_c}{F} ds &\approx 0, \\ \delta_{20} &= \frac{J_c}{F_c} \int N_0 \frac{\sin \alpha}{l_1} ds - \int M_0 \frac{x}{l_1} \frac{J_c}{J \cos \alpha} dx; & \int N_0 \frac{\sin \alpha}{l_1} \frac{F_c}{F} ds &\approx 0, \\ \delta_{30} &= \int M_0 \frac{J_c}{J \cos \alpha} dx. \end{aligned} \right\} (825)$$

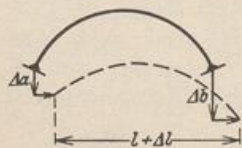


Abb. 508.

Belastungszahlen aus Temperaturänderung t , Δt und Stützenbewegung:

$$\left. \begin{aligned} \delta_{1t} &= E J_c \left(\alpha_t t l + \int y \frac{\alpha_t \Delta t}{h} ds \right); \\ \delta_{2t} &= 0; & \delta_{3t} &= E J_c \int \frac{\alpha_t \Delta t}{h} ds. \end{aligned} \right\} (826)$$

$$\left. \begin{aligned} \delta_{1s} &= E J_c [y_{1,0} (\varphi_a - \varphi_b) - \Delta l], \\ \delta_{2s} &= -E J_c \left[(\varphi_a + \varphi_b) + \frac{2}{l} (\Delta a - \Delta b) \right], \\ \delta_{3s} &= -E J_c (\varphi_a - \varphi_b). \end{aligned} \right\} (827)$$

Die Vorzeichen und Belastungszahlen werden bei einer beliebig vorgeschriebenen Bogenform durch numerische Integration nach S. 95, am besten mit den Rechenverfahren des Zahlenbeispiels S. 545 bestimmt.

Unter Umständen empfiehlt sich auch die Verwendung von n Stufen konstanter elastischer Wirkung nach S. 96 (Abb. 509)

$$c = e_m \frac{J_c}{J_m \cos \alpha_m} = \frac{1}{n} \sum_0^l \frac{J_c}{J \cos \alpha} \Delta x \quad \text{oder} \quad \bar{c} = \bar{e}_m \frac{F_c}{F_m} = \frac{1}{n} \sum_0^l \frac{F_c}{F} \Delta x. \quad (828)$$

Dabei bedeuten die Summanden die mittleren Ordinaten einer beliebigen Unterteilung Δx des Integrationsbereiches l (also auch $l = r \cdot \Delta x$) der beiden Funktionen $J_c/J \cos \alpha$ (Abb. 509a) und F_c/F (Abb. 509b). Die Vorzahlen werden dann durch einfache Summenbildung über die mittleren Ordinaten (m') der Intervalle e_m oder \bar{e}_m erhalten (Rechenvorschrift S. 550).

$$\delta_{11} = \frac{J_c}{F_c} \bar{c} \sum_1^n \cos \alpha + c \sum_1^n y^2,$$

$$\delta_{22} = \frac{J_c}{F_c} \bar{c} \sum_1^n \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} + c \sum_1^n \left(\frac{x}{l_1}\right)^2, \quad (829)$$

$$y_{2,0} = \frac{1}{n} \sum_1^n y_2, \quad \delta_{33} = n c.$$

$$\delta_{10} = \frac{J_c}{F_c} \bar{c} \sum_1^n N_0 + c \sum_1^n M_0 y,$$

$$\delta_{20} = \frac{J_c}{F_c} \bar{c} \sum_1^n N_0 \frac{\operatorname{tg} \alpha}{l_1} - c \sum_1^n M_0 \frac{x}{l_1}, \quad (830)$$

$$\delta_{30} = c \sum_1^n M_0.$$

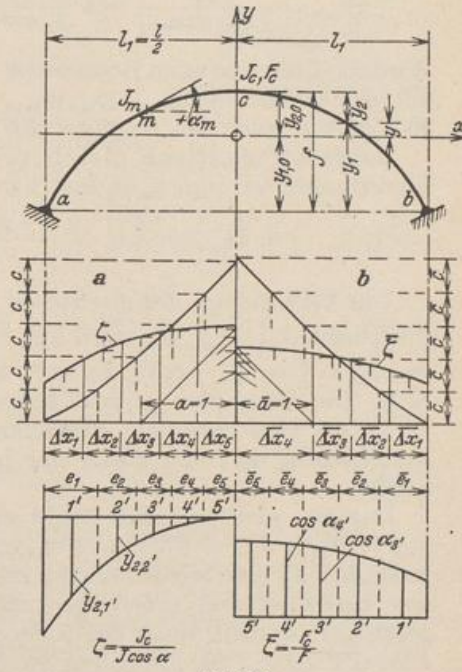


Abb. 509.

Symmetrie der Belastung: $\delta_{20} = 0, X_2 = 0, X_1 \neq 0, X_3 \neq 0, Q_c = 0.$

Antimetrie der Belastung: $\delta_{10} = 0, \delta_{30} = 0, X_1 = 0, X_3 = 0, X_2 \neq 0.$

Die Einflußlinien der überzähligen Größen stimmen bis auf einen Multiplikator mit den Biegelinien überein, welche für die Belastung $-X_1 = 1, -X_2 = 1$ oder $-X_3 = 1$ eines Balkenträgers auf zwei Stützen oder eines Freitragerpaares festgestellt werden. Dies geschieht rechnerisch oder zeichnerisch nach Abschn. 21. Dabei werden die elastischen Gewichte $\mathfrak{W}_{m1}, \mathfrak{W}_{m2}, \mathfrak{W}_{m3}$ verwendet, die nach (206) aus den stetigen elastischen Kräften $w_1 = y \cdot J_c/J \cos \alpha, w_2 = -\xi \cdot J_c/J \cos \alpha, w_3 = 1 \cdot J_c/J \cos \alpha$ entwickelt werden. Ohne Rücksicht auf die Längskräfte aus $-X_1 = 1$ usw. ist bei geometrisch verschiedenen großen Intervallen $c'_m \equiv c_m$

$$\left. \begin{aligned} \mathfrak{W}_{m1} &= \frac{c'_m}{6} \left(y_{m-1} \frac{J_c}{J_{m-1} \cos \alpha_{m-1}} + 2 y_m \frac{J_c}{J_m \cos \alpha_m} \right) \\ &\quad + \frac{c'_{m+1}}{6} \left(2 y_m \frac{J_c}{J_m \cos \alpha_m} + y_{m+1} \frac{J_c}{J_{m+1} \cos \alpha_{m+1}} \right), \\ - \mathfrak{W}_{m2} &= \frac{c'_m}{6} \left(\frac{x_{m-1}}{l_1} \frac{J_c}{J_{m-1} \cos \alpha_{m-1}} + 2 \frac{x_m}{l_1} \frac{J_c}{J_m \cos \alpha_m} \right) \\ &\quad + \frac{c'_{m+1}}{6} \left(2 \frac{x_m}{l_1} \frac{J_c}{J_m \cos \alpha_m} + \frac{x_{m+1}}{l_1} \frac{J_c}{J_{m+1} \cos \alpha_{m+1}} \right), \\ \mathfrak{W}_{m3} &= \frac{c'_m}{6} \left(\frac{J_c}{J_{m-1} \cos \alpha_{m-1}} + 2 \frac{J_c}{J_m \cos \alpha_m} \right) \\ &\quad + \frac{c'_{m+1}}{6} \left(2 \frac{J_c}{J_m \cos \alpha_m} + \frac{J_c}{J_{m+1} \cos \alpha_{m+1}} \right). \end{aligned} \right\} \quad (831)$$

Sonderfall geometrisch gleich großer Intervalle $c'_m = c'$.

$$\left. \begin{aligned} \frac{6}{c'} \mathfrak{B}_{m1} &= y_{m-1} \frac{J_c}{J_{m-1} \cos \alpha_{m-1}} + 4 y_m \frac{J_c}{J_m \cos \alpha_m} + y_{m+1} \frac{J_c}{J_{m+1} \cos \alpha_{m+1}}, \\ - \frac{6}{c'} \mathfrak{B}_{m2} &= \frac{x_{m-1}}{l_1} \frac{J_c}{J_{m-1} \cos \alpha_{m-1}} + 4 \frac{x_m}{l_1} \frac{J_c}{J_m \cos \alpha_m} + \frac{x_{m+1}}{l_1} \frac{J_c}{J_{m+1} \cos \alpha_{m+1}}, \\ \frac{6}{c'} \mathfrak{B}_{m3} &= \frac{J_c}{J_{m-1} \cos \alpha_{m-1}} + 4 \frac{J_c}{J_m \cos \alpha_m} + \frac{J_c}{J_{m+1} \cos \alpha_{m+1}}. \end{aligned} \right\} \quad (832)$$

Wird die Funktion w im Bereiche $(m-1) \dots (m+1)$ durch einen Parabelabschnitt mit den Ordinaten w_{m-1}, w_m, w_{m+1} ersetzt, so treten an die Stelle von (832) die \mathfrak{B} -Gewichte nach den Angaben (207).

Sonderfall elastisch gleich großer Intervalle $c = e_m J_c / J_m \cos \alpha_m$ mit den Funktionswerten $y_{m'}$, $x_{m'}/l_1$ und 1 in den Mittelpunkten m' der Intervalle e_m .

$$\frac{1}{c} \mathfrak{B}_{m1} = y_{m'}, \quad - \frac{1}{c} \mathfrak{B}_{m2} = \frac{x_{m'}}{l_1}, \quad \frac{1}{c} \mathfrak{B}_{m3} = 1. \quad (833)$$

Die Verwendung der elastischen Gewichte zur Berechnung der Ordinaten der Biegelinien $\delta_{m1}, \delta_{m2}, \delta_{m3}$ wird auf S. 550 gezeigt. Da $\delta_{12} = \int y \cdot J_c / J \cos \alpha \cdot dx = 0$ und $\delta_{13} = \int xy \cdot J_c / J \cos \alpha \cdot dx = 0$, ist $A_{w,1} = 0$; $B_{w,1} = 0$ und $Q_{w,1}$ in Bogenmitte Null. Die Tangenten an die Biegelinie der beiden Hauptssysteme infolge von $-X_1 = 1$ sind daher am Bogenkämpfer und am Bogenscheitel waagrecht. Die Verschiebung δ_{11} kann durch eine horizontale Biegelinie geometrisch nachgeprüft werden.

Dagegen sind, wie sich leicht einsehen läßt, δ_{22} und δ_{33} in den Biegelinien $\delta_{m2} = \mathfrak{M}_{w2}$, $\delta_{m3} = \mathfrak{M}_{w3}$ bereits geometrisch enthalten. Die Ordinaten der Einflußlinien X_1 usw. werden daraus nach (817), also durch Division von δ_{m1} mit δ_{11} usw. berechnet und aufgetragen. Sie können nach S. 125 auch unmittelbar aufgezeichnet werden, wenn das Richtungsbüschel der Biegelinien δ_{m1} usw. nicht die Polweite $|E J_c| \mathfrak{B}_1$ -Einheiten, sondern $|\delta_{11}| \mathfrak{B}_1$ -Einheiten erhält. Dasselbe gilt für die Einflußlinien X_2 und X_3 . Die Polweiten der beiden anderen Richtungsbüschel sind $H_{w2} = |\delta_{22}| \mathfrak{B}_2$ -Einheiten, $H_{w3} = |\delta_{33}| \mathfrak{B}_3$ -Einheiten. Der Betrag der elastischen Gewichte kann auch nach den Ansätzen S. 135 entwickelt werden.

Die Schnittkräfte des Balkenträgers oder Freitragerpaares aus einer vorgeschriebenen Belastung q , den Zusatzkräften H_q und den zugeordneten statisch überzähligen Größen sind

$$\left. \begin{aligned} N &= N_0 - X_1 \cos \alpha - X_2 \frac{\sin \alpha}{l_1}, & Q &= Q_0 - X_1 \sin \alpha + X_2 \frac{\cos \alpha}{l_1}, \\ M &= M_0 - X_1 y + X_2 \frac{x}{l_1} - X_3. \end{aligned} \right\} \quad (834)$$

Symmetrie der Belastung:

$$\left. \begin{aligned} X_2 &= 0, & Q_c &= 0, & N_c &= N_{c0} - X_1, & M_c &= M_{c0} - X_1 y_{2,0} - X_3, \\ M_a &= M_b = -X_3 + X_1 y_{1,0}, & M &= {}^{(1)}M_0 - X_1 y - X_3. \end{aligned} \right\} \quad (835)$$

Antimetrie der Belastung:

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= 0, & X_3 &= 0, & M_c &= 0, & N_c &= 0, & Q_c &= Q_{c0} + X_2/l_1, \\ M_a &= -M_b = -X_2, & M &= {}^{(2)}M_0 + X_2 x/l_1. \end{aligned} \right\} \quad (836)$$

Die Buchstaben x, y bezeichnen die Koordinaten des Bezugspunktes des Biegemomentes. Die Vorzeichen richten sich nach dem Achsensystem der Abb. 505. Sie beziehen sich bei der Bildung der Kernmomente auf einen der beiden Kernpunkte des Querschnitts (vgl. S. 28).

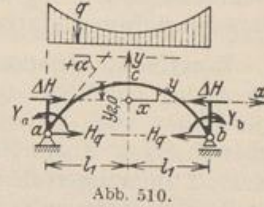
Die Biegemomente für vorgeschriebene Belastungen lassen sich nach den Regeln auf S. 71 aufzeichnen. Darnach ist mit $\xi = x/l_1$

$$M = X_1 \left(\frac{M_0 + X_2 \xi - X_3}{X_1} - y \right) = X_1 \left(\frac{M_0^{(0)}}{X_1} - y \right). \quad (837)$$

Fällt die Mittelkraftlinie aus der Belastung q und den Zusatzkräften H_q mit der Mittellinie des Bogens zusammen, so ist mit $X_1 = \Delta H$ (Abb. 510)

$$M_0 = 0, \quad N_0 = -H_q / \cos \alpha,$$

$$\left. \begin{aligned} H &= H_q + X_1, & X_1 &= -H_q \frac{J_c}{F_c} \int \frac{F_c}{F} ds / \delta_{11}, \\ M &= -X_1 y, \end{aligned} \right\} \quad (838)$$



$$\delta_{11} = \frac{J_c}{F_c} \int \cos^2 \alpha \frac{F_c}{F} ds + \int y^2 \frac{J_c}{J} ds = (1 + \nu) \int y^2 \frac{J_c}{J} ds. \quad (839)$$

Mit

$$\frac{J_c}{F_c} \int \frac{F_c}{F} ds : \int y^2 \frac{J_c}{J} ds = \frac{J_c}{F_c} \int (\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha) \frac{F_c}{F} ds / \delta'_{11} \approx \nu \quad (840)$$

ist

$$X_1 = -\frac{\nu}{1 + \nu} H_q, \quad M = \frac{\nu}{1 + \nu} H_q y, \quad (841)$$

$$N = -\frac{H_q}{\cos \alpha} \frac{1 + \nu \sin^2 \alpha}{1 + \nu} \approx -\frac{1}{\cos \alpha} \frac{H_q}{1 + \nu}. \quad (842)$$

Ableitung der Schnittkräfte aus einem statisch unbestimmtem Hauptsystem. Die Schnittkräfte lassen sich auch aus einem statisch unbestimmtem Hauptsystem mit der Längskraft $-N_c$ als überzähliger Größe X_1 in dem beiderseits eingespannten Träger entwickeln. Die Belastung erzeugt die Schnittkräfte $N_0^{(2)}, M_0^{(2)}, Q_0^{(2)}$ und die Spannungsmomente $M_{a0}^{(2)}, M_{b0}^{(2)}$, die Kräftegruppe $-X_1 = 1$ die Schnittkräfte $N_1^{(2)}, M_1^{(2)}, Q_1^{(2)}$ und die Spannungsmomente $M_{a1}^{(2)}, M_{b1}^{(2)}$. Sie werden bei beliebiger Trägerform nach (345), bei Symmetrie nach (359) mit den überzähligen Größen Y_a, Y_b eines statisch bestimmten Hauptsystems berechnet. Wird diese für die folgenden Angaben ebenso vorausgesetzt wie auf S. 523, so ist

$$\left. \begin{aligned} Y_{a0} &= \frac{1}{2} (M_{a0}^{(2)} + M_{b0}^{(2)}), & Y_{b0} &= \frac{1}{2} (M_{a0}^{(2)} - M_{b0}^{(2)}), \\ Y_{a1} &= \frac{1}{2} (M_{a1}^{(2)} + M_{b1}^{(2)}), & Y_{b1} &= \frac{1}{2} (M_{a1}^{(2)} - M_{b1}^{(2)}) = 0, \\ Y_{a1} &= M_{a1}^{(2)} = M_{b1}^{(2)} = -1 \cdot y_{1,0} = -\int y_1 \frac{J_c}{J \cos \alpha} dx : \int \frac{J_c}{J \cos \alpha} dx, \end{aligned} \right\} \quad (843)$$

$$X_1 = \delta_{10}^{(2)} / \delta_{11}^{(2)}, \quad X_1 = \delta_{m1}^{(2)} / \delta_{11}^{(2)}. \quad (844)$$

Zähler und Nenner werden nach (305) berechnet.

$$\left. \begin{aligned} \delta_{10}^{(2)} &= \frac{J_c}{F_c} \int N_0^{(0)} \cos \alpha \frac{F_c}{F} ds + \int M_0^{(0)} y \frac{J_c}{J \cos \alpha} dx, \\ \delta_{11}^{(2)} &= \frac{J_c}{F_c} \int \cos^2 \alpha \frac{F_c}{F} ds + \int y_1 (y_1 - y_{1,0}) \frac{J_c}{J \cos \alpha} dx, \end{aligned} \right\} \quad (845)$$

$$\delta_{1t}^{(2)} = E J_c \alpha_t t l, \quad \delta_{1s}^{(2)} = E J_c [y_{1,0} (\varphi_a - \varphi_b) - \Delta l] \quad (\text{Abb. 508}). \quad (846)$$

Die Biegelinie $\delta_{m1}^{(2)}$ des beiderseits eingespannten Trägers wird ebenso wie auf S. 525 aus der stetigen Belastung $w_1^{(2)} = y J_c / J \cos \alpha$ entwickelt.

$$N = N_0^{(2)} - X_1 \cos \alpha, \quad M = M_0^{(2)} - X_1 y, \quad Q = Q_0^{(2)} - X_1 \sin \alpha. \quad (847)$$