



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Statik im Stahlbetonbau

Beyer, Kurt

Berlin [u.a.], 1956

Rahmenstellung mit waagerechtem Riegel und senkrechten Pfosten

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

sind der Ausdruck für die virtuelle Arbeit der Belastung \mathfrak{P} und der Anschlußkräfte $M_{J_0}^{(a,r)}$ des geometrisch unbestimmten Hauptsystems aus allen äußeren Ursachen ($\mathfrak{P}, t, \Delta t$) an einer mit $\psi_b = 1$ angetriebenen Kette Γ_b . Die Vorzahlen $a_{b_c}^{(r)}$ sind der Ausdruck für die virtuelle Arbeit der Anschlußkräfte $M_{J_c}^{(a,r)}$ des geometrisch unbestimmten Hauptsystems aus $\psi_c = 1$ an einer mit $\psi_b = 1$ angetriebenen Kette Γ_b . Die Knoten- und Stabdrehwinkel φ_J, ϑ_h ergeben sich aus ψ_c durch Superposition nach (552), (553).

Rahmenstellung mit waagerechtem Riegel und senkrechten Pfosten.

Die Pfosten des Riegels zweigen je nach der Verwendung des Tragwerks nach einer oder auch nach beiden Seiten ab. Die Enden sind frei drehbar gelagert oder starr eingespannt. Die Rahmenstellung mit horizontaler Abstützung des Riegels wird als durchgehender Träger mit elastisch drehbaren Pfosten bezeichnet.

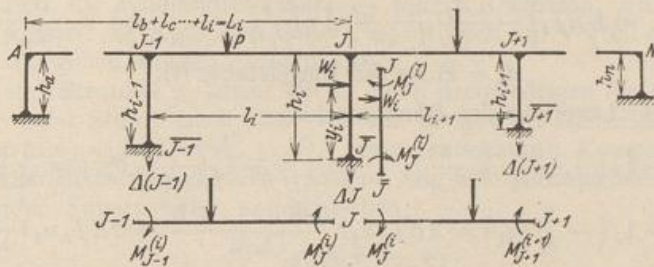


Abb. 313

Der Verschiebungszustand der Rahmenstellung ist durch r Knotendrehwinkel φ_J ($J = A \dots N$) und durch eine unabhängige Komponente $\psi_c = \psi_1$ der Stabkette bestimmt (Abb. 313). Hierfür kann einer der Pfostendrehwinkel oder die horizontale Verschiebung des Riegels gewählt werden. Bei Symmetrie des Tragwerks ist ψ_1 der Drehwinkel des mittleren Pfostens oder die waagerechte Verschiebung des Symmetriepunktes. In der folgenden Untersuchung wird der Stabdrehwinkel des linken Endpfostens h_a als ψ_1 angenommen (Abb. 314). Demnach ist der Drehwinkel einer Zwischenstütze (i)

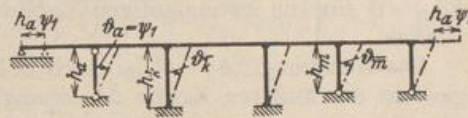


Abb. 314.

$$\vartheta_i = \vartheta_{i0} + \psi_1 \frac{h_a}{h_i}$$

Die Stabdrehwinkel ϑ_{h1} der Riegelstäbe sind bei senkrechten Pfosten Null.

Zur Berechnung der $(r + 1)$ unbekanntenen Komponenten φ_J, ψ_1 werden r statische Bedingungen $\delta A_J = 0$ ($J = A \dots N$) und eine statische Bedingung $\delta A_1 = 0$ nach S. 320 verwendet. Jede mittlere Bedingungsgleichung $\delta A_J = 0$ verknüpft drei Knotendrehwinkel $\varphi_{J-1}, \varphi_J, \varphi_{J+1}$ mit ψ_1 . Sie ist der Ausdruck für die virtuelle Arbeit der äußeren Kräfte eines mit $\varphi_J = 1$ angetriebenen zwangsläufigen Gebildes Γ_J .

$$\left. \begin{aligned} \varphi_{J-1} a_{J(J-1)} + \varphi_J a_{JJ} + \varphi_{J+1} a_{J(J+1)} + a_{J1} \psi_1 + a_{J\otimes} &= 0, \\ a_{J\otimes} &= a_{J0} + a_{Jt} + a_{J\Delta t} + a_{Js}. \end{aligned} \right\} \quad (556)$$

Das absolute Glied $a_{J\otimes}$ des Ansatzes ist die virtuelle Arbeit der Anschlußkräfte des geometrisch bestimmten Systems aus dessen Belastung \mathfrak{P} , der gleichförmigen und ungleichförmigen Temperaturänderung $t, \Delta t$ der Stäbe und aus den Stützenverschiebungen Δ_J . Die Vorzahlen und Belastungszahlen werden nach (533) ff. entwickelt und für konstanten Querschnitt im Bereiche jedes Stabes angegeben.

Beyer, Baustatik, 2. Aufl., 2. Neudruck.

a) Starre Einspannung der Pfostenenden (Abb. 313).

$$\left. \begin{aligned}
 a_{J(J-1)} &= -\dot{i}_J \frac{2}{l'_i}, & a_{JJ} &= -\dot{i}_J \left(\frac{4}{l'_i} + \frac{4}{h'_i} + \frac{4}{l'_{i+1}} \right), & a_{J(J+1)} &= -\dot{i}_J \frac{2}{l'_{i+1}}, \\
 a_J &= -\dot{i}_J \left(-\frac{6}{h'_i} \vartheta_{i1} \right) = \frac{6}{h'_i} \frac{h_a}{h_i}, \\
 a_{J0} &= -\dot{i}_J (M_{J0}^{(j)} + M_{J0}^{(j)} + M_{J0}^{(j+1)}), & a_{JAt} &= E \alpha_t \Delta t \left(\frac{1}{d_i} J_i - \frac{1}{d_{i+1}} J_{i+1} \right), \\
 a_{Jt} &= -\dot{i}_J \left(-\frac{6}{h'_i} \vartheta_{it} \right) = 6 E J_c \alpha_t t \frac{l_b + l_c \dots + l_i}{h_i h'_i} = 6 E J_c \alpha_t t \frac{L_i}{h_i h'_i}, \\
 a_{Js} &= -\dot{i}_J \left(-\frac{6}{l'_i} \vartheta_{is} - \frac{6}{l'_{i+1}} \vartheta_{(i+1)s} \right) \\
 &= 6 E J_c \left[-\frac{\Delta_{J-1}}{l_i l'_i} + \Delta_J \left(\frac{1}{l_i l'_i} - \frac{1}{l_{i+1} l'_{i+1}} \right) + \frac{\Delta_{J+1}}{l_{i+1} l'_{i+1}} \right].
 \end{aligned} \right\} (557a)$$

$d_i = \text{Höhe des Riegelstabes (i)}.$

b) Gelenkige Lagerung der Pfostenenden.

$$\left. \begin{aligned}
 a_{JJ} &= -\dot{i}_J \left(\frac{4}{l'_i} + \frac{3}{h'_i} + \frac{4}{l'_{i+1}} \right), & a_{J1} &= -\dot{i}_J \left(-\frac{3}{h'_i} \vartheta_{i1} \right) = \frac{3}{h'_i} \frac{h_a}{h_i}, \\
 a_{Jt} &= -\dot{i}_J \left(-\frac{3}{h'_i} \vartheta_{it} \right) = 3 E J_c \alpha_t t \frac{l_b + l_c \dots + l_i}{h_i h'_i} = 3 E J_c \alpha_t t \frac{L_i}{h_i h'_i}.
 \end{aligned} \right\} (557b)$$

Die übrigen Angaben bleiben unverändert.

Die Anschlußkräfte $M_{J0}^{(j)}$, $M_{J0}^{(j)}$, $M_{J0}^{(j+1)}$ des beiderseits eingespannten Stabes werden aus der Tabelle 25, die Schnittkraft $M_{J0}^{(j)}$ des Pfostens (i) bei frei drehbarer Lagerung des Fußes aus Tabelle 26 entnommen. Die Bedingungsgleichungen $\delta A_A = 0$, $\delta A_N = 0$ für die zwangsläufigen Gebilde Γ_A , Γ_N enthalten nur zwei Knotendrehwinkel.

Die Gleichung $\delta A_1 = 0$ ist nach S. 320 die statische Bedingung für das Gleichgewicht der äußeren Kräfte der zwangsläufigen Kette Γ_1 mit $\dot{\varphi}_J = 0$, $\dot{\psi}_1 \neq 0$. Die Winkelgeschwindigkeiten der Pfosten sind $\dot{\psi}_1 = 1$, $v_{i1} = \dot{i} h_a / h_i$, diejenigen der Riegelstäbe Null. Diese bewegen sich parallel mit der waagerechten Geschwindigkeit $\dot{i} h_a$. Die Bedingungsgleichung $\delta A_1 = 0$ enthält alle unabhängigen Komponenten des Verschiebungszustandes.

$$\delta A_1 = \sum_A^N \varphi_J a_{1J} + \psi_1 a_{11} + a_{1\otimes} = 0. \quad (558)$$

Die virtuellen Arbeiten a_{1J} , a_{11} , $a_{1\otimes}$ entstehen bei der Bewegung der zwangsläufigen Kette $\dot{\psi}_1 = 1$ durch die Anschlußkräfte des Stabwerks infolge von $\varphi_J = 1$, $\psi_1 = 1$ oder der äußeren Ursachen (Belastung, Temperaturänderung, Stützenverschiebungen).

$$a_{1\otimes} = a_{10} + a_{1t} + a_{1At} + a_{1s}. \quad (559)$$

Die Summe der Anschlußmomente eines Pfostens i aus $\psi_c = 1$ ist bei starrer Einspannung $M_1^{(j)} = -12 h_a / h_i h'_i$, bei frei drehbarer Lagerung $M_1^{(j)} = -3 h_a / h_i h'_i$, so daß bei konstantem Querschnitt des einzelnen Stabes folgende Angaben verwendet werden:

a) Starre Einspannung der Pfostenenden:

$$\left. \begin{aligned}
 a_{1J} = a_{J1} &= \frac{6 h_a}{h_i h'_i}, & a_{11} &= -12 \sum_a^n \frac{h_a^2}{h_i^2 h'_i}, \\
 a_{1\otimes} &= \sum (W_i y_i + M_0^{(j)} + M_{At}^{(j)}) \frac{h_a}{h_i} - \sum E J_c \frac{12 \alpha_t t L_i}{h_i} \frac{h_a}{h_i}.
 \end{aligned} \right\} (560a)$$

b) Frei drehbare Auflagerung der Pfostenenden:

$$\left. \begin{aligned} a_{1J} = a_{J1} &= \frac{3h_a}{h_i h'_i}, & a_{11} &= -3 \sum_a^n \frac{h_a^2}{h_i^2 h'_i}, \\ a_{1\otimes} &= \sum (W_i \gamma_i + M_{J0}^{\bar{0}} + M_{J\Delta i}^{\bar{0}}) \frac{h_a}{h_i} - \sum EJ_c \frac{3}{h'_i} \frac{\alpha_i t L_i}{h_i} \frac{h_a}{h_i}. \end{aligned} \right\} \quad (560b)$$

Die $(r + 1)$ Gleichungen (556) und (558) mit drei, vier und allen $(r + 1)$ unbekanntenen Komponenten werden nach dem Gaußschen Algorithmus aufgelöst. Dabei wird zunächst die konjugierte Matrix β_{JK} gebildet und jede Unbekannte φ_J, ψ_1 nach (542) durch Superposition der Belastungszahlen $a_{J\otimes}, a_{1\otimes}$ erhalten. Die Vorwärtselimination des Ansatzes liefert unter Einbeziehung der Belastungszahlen ψ_1 aus $a_{1\otimes}^{(r)}$ und die Knotendrehwinkel φ_J durch Rekursion. Für einzelne Belastungsfälle können die Komponenten φ_J, ψ_1 oft auch mit Vorteil durch Iteration der Lösung angegeben werden (Abschn. 30).

Die Knotendrehwinkel φ_J allein bilden einen dreigliedrigen Ansatz, so daß die Auflösung in zwei Stufen nach (552) Vorteile verspricht. Die erste Stufe enthält r Gleichungen $\delta A_J = 0$ ($J = A \dots N$), deren unbekanntene Komponente ψ_1 nach S. 336 unter den Belastungsgliedern erscheint. Die Knotendrehwinkel werden daher in der folgenden Superposition angeschrieben:

$$\varphi_J = \varphi_{J\otimes} + \varphi_{J1} \psi_1. \quad (561)$$

$\varphi_{J\otimes}$ ist der Anteil aus den äußeren Ursachen bei $\psi_1 = 0$, φ_{J1} der Anteil aus dem vorgeschriebenen Betrag $\psi_1 = 1$.

$$\left. \begin{aligned} \varphi_{(J-1)\otimes} a_{J(J-1)} + \varphi_{J\otimes} a_{JJ} + \varphi_{(J+1)\otimes} a_{J(J+1)} + a_{J\otimes} &= 0, \\ \varphi_{(J-1)1} a_{J(J-1)} + \varphi_{J1} a_{JJ} + \varphi_{(J+1)1} a_{J(J+1)} + a_{J1} &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (562)$$

$J = A \dots N.$

Die zweite Stufe der Lösung besteht aus der Gleichung

$$\left. \begin{aligned} \delta A_1 &= \sum_A^N \varphi_J a_{1J} + \psi_1 a_{11} + a_{1\otimes} = 0 \\ \text{oder mit (561)} & \\ \psi_1 (a_{11} + \sum_A^N \varphi_{J1} a_{1J}) + (a_{1\otimes} + \sum_A^N \varphi_{J\otimes} a_{1J}) &= 0, \\ \psi_1 a_{11}^{(r)} + a_{1\otimes}^{(r)} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (563)$$

Die Vorzahlen bedeuten die virtuellen Arbeiten der Belastung des Stabwerks und der Anschlußmomente

$$[M_{J\otimes}^{\bar{0}} + 4/h'_i \cdot \varphi_{J\otimes}], \quad [M_{J\otimes}^{\bar{0}} + 2/h'_i \cdot \varphi_{J\otimes}], \quad [M_{J\otimes}^{\bar{0}} + 2/l'_i \cdot (\varphi_{(J-1)\otimes} + 2\varphi_{J\otimes})]$$

eines r fach geometrisch unbestimmten Hauptsystems beim Antrieb der zwangläufigen Kette Γ_1 mit $\psi_1 = 1$.

a) Starre Einspannung der Pfostenenden.

$$\left. \begin{aligned} a_{11}^{(r)} &= -6 \sum_a^n \frac{h_a}{h_i h'_i} \left(2 \frac{h_a}{h_i} - \varphi_{J1} \right), & \vartheta_{it} &= \frac{EJ_c}{h_i} \alpha_i t L_i, \\ a_{1\otimes}^{(r)} &= \sum_a^n W_i \gamma_i \frac{h_a}{h_i} + \sum_a^n \left(M_0^{\bar{0}} + M_{\Delta i}^{\bar{0}} + \frac{6}{h'_i} \varphi_{J\otimes} - \frac{12}{h'_i} \vartheta_{it} \right) \frac{h_a}{h_i}. \end{aligned} \right\} \quad (564)$$

22*

b) Frei drehbare Lagerung der Pfostenenden.

$$\left. \begin{aligned} a_{11}^{(r)} &= -3 \sum_a^n \frac{h_a}{h_i h_i'} \left(\frac{h_a}{h_i} - \varphi_{J1} \right), & \vartheta_{it} &= \frac{E J_c}{h_i} \alpha_t t L_i, \\ a_{1\otimes}^{(r)} &= \sum_a^n W_i \gamma_i \frac{h_a}{h_i} + \sum_a^n \left(M_{J0}^{(\bar{i})} + M_{JA}^{(\bar{i})} + \frac{3}{h_i'} \varphi_{J\otimes} - \frac{3}{h_i'} \vartheta_{it} \right) \frac{h_a}{h_i}, \end{aligned} \right\} \quad (565)$$

$$\psi_1 = -\frac{a_{10}^{(r)}}{a_{11}^{(r)}}, \quad (566)$$

$$\varphi_J = \varphi_{J\otimes} + \psi_1 \varphi_{J1}, \quad \vartheta_h = \vartheta_{h\otimes} + \psi_1 \vartheta_{h1}. \quad (567)$$

Anschlußmomente des Riegelstabes (i):

$$M_{(J-1)}^{(i)} = M_{(J-1)0}^{(i)} + \frac{2}{l_i'} (2\varphi_{J-1} + \varphi_J), \quad M_J^{(i)} = M_{J0}^{(i)} + \frac{2}{l_i'} (\varphi_{J-1} + 2\varphi_J). \quad (568)$$

Anschlußmomente des Pfostens (\bar{i}) bei starrer Einspannung in \bar{J} :

$$M_J^{(\bar{i})} = M_{J0}^{(\bar{i})} + \frac{2}{h_i'} (2\varphi_J - 3\vartheta_{\bar{i}}), \quad M_{\bar{J}}^{(\bar{i})} = M_{\bar{J}0}^{(\bar{i})} + \frac{2}{h_i'} (\varphi_J - 3\vartheta_{\bar{i}}). \quad (569)$$

Anschlußmoment des Pfostens bei frei drehbarer Lagerung von \bar{J} :

$$M_J^{(\bar{i})} = M_{J0}^{(\bar{i})} + \frac{3}{h_i'} (\varphi_J - \vartheta_{\bar{i}}), \quad M_{\bar{J}}^{(\bar{i})} = 0. \quad (570)$$

Einflußlinien. Die Einflußlinie von φ_J ist nach S. 331 die Biegelinie $w_{m,J}^*$ des Riegels aus einem Kräftepaar $M_J = 1_J$ mit am Knoten J . Sie hat für die statische Untersuchung des Tragwerks keine wesentliche Bedeutung.

Die Einflußlinie ψ_1 ist nach S. 331 die Biegelinie $w_{m,a}^*$ des Riegels aus dem Kräftepaar $M_a = 1_a$ mit am Pfosten h_a . Sie wird mit $\psi_{1,a}^*$ und den Knotendrehwinkeln $\varphi_{J,a}^*$ aufgezeichnet. Dies sind die Wurzeln des Ansatzes (556), (558) mit $a_{J0} = 0$ ($J = A \dots N$), $a_{10} = 1$. Sie werden in zwei Stufen berechnet. Die erste enthält allein die r Gleichungen $\delta A_J = 0$ mit den Wurzeln $\varphi_{J0,a}^*$ oder φ_{J1} . Mit $a_{J0,a} = 0$ sind alle Wurzeln $\varphi_{J0,a}^*$ ebenfalls Null. Die Wurzeln φ_{J1} werden ebenso wie auf S. 339 für $\psi_1 = 1$ berechnet. Die zweite Stufe besteht allein aus der Gleichung $\delta A_1 = 0$ mit

$$\begin{aligned} \psi_{1,a}^* a_{11}^{(r)} + a_{10,a}^{(r)} &= 0, & a_{10,a}^{(r)} &= a_{10,a} = 1_a \text{ und } \psi_{1,a}^* = -1/a_{11}^{(r)}, & (571) \\ \varphi_{J,a}^* &= \psi_{1,a}^* \varphi_{J1}, & \vartheta_{h,a}^* &= \vartheta_{h0} + \psi_{1,a}^* \vartheta_{h1}. \end{aligned}$$

Die Stabdrehwinkel der Riegel sind Null. Die Gleichung der Biegelinie des Abschnitts $l_h \equiv (H-1)$, H kann daher für die Belastung $M_a = 1_a$ am Pfosten h_a folgendermaßen nach (546) angeschrieben werden:

$$w_{m,a}^* = l_h (\varphi_{(H-1),a}^* \omega'_t - \varphi_{H,a}^* \omega_t) = \psi_{1m}. \quad (572)$$

Die Einflußlinien der Anschlußmomente $M_J^{(i)}$ der Träger l_i werden aus (568) entwickelt.

$$M_J^{(i)} = M_{J0}^{(i)} + \frac{2}{l_i'} (2\varphi_J + \varphi_{J-1}) = M_{J0}^{(i)} + M_{J*}^{(i)}. \quad (573)$$

Der Anteil $M_{J0}^{(i)}$ des beiderseits starr eingespannten Stabes ist nur im Bereich des Abschnitts $(J-1)$, $J \equiv l_i$ des Riegels vorhanden und durch Tabelle 25 bestimmt. Der Anteil $M_{J*}^{(i)}$ wird als Biegelinie des Riegels für die Belastung (J) mit $M_J = 4/l_i'$, $M_{J-1} = 2/l_i'$ aufgezeichnet. Er ist in jedem Abschnitt $(H-1)$, $H \equiv l_h$ des Riegels vorhanden und durch die Knotendrehwinkel $\varphi_{(H-1),J}^*$, $\varphi_{H,J}^*$ des Stabwerks bestimmt. Sie werden bei einstufiger Lösung des Ansatzes (556), (558) mit den Gliedern der konjugierten Matrix angeschrieben und bei zweistufiger Lösung nach S. 336 berechnet.

Die Einflußlinien der Anschlußmomente $M_J^{(i)}$ lassen sich auf Grund einer Zerlegung des Anteils $M_{J*}^{(i)}$ nach (552) oft noch einfacher angeben.

$$M_J^{(i)} = M_{J_0}^{(i)} + \frac{2}{l_i} (2\varphi_{J_0} + \varphi_{(J-1)0}) + \frac{2}{l_i} (2\varphi_{J1} + \varphi_{(J-1)1}) \psi_1. \quad (574)$$

Für $\psi_1 = 0$ ist

$$M_{J_0,*}^{(i)} = M_{J_0}^{(i)} + \frac{2}{l_i} (2\varphi_{J_0} + \varphi_{(J-1)0}) \quad (575)$$

das Anschlußmoment des durchgehenden Trägers mit elastisch drehbaren Stützen, dessen Einflußlinien auch in anderer Weise bestimmt werden können (S. 240). Die Ordinaten der Einflußlinie des zweiten Anteils von $M_J^{(i)}$ sind ein Vielfaches der Ordinaten der Einflußlinie von ψ_1 , die Vorzahl von ψ_1 ist das Anschlußmoment $M_{J_1}^{(i)}$ für $\psi_1 = 1$. Es ist nach (568) mit $\varphi_{J1}, \varphi_{(J-1)1}$, oft aber auch durch andere Rechnungen bekannt.

Die Einflußlinie $M_{J_0,*}^{(i)}$ kann selbstverständlich aber ebenso wie die Einflußlinie von $M_J^{(i)}$ auf S. 333 als Biegelinie einer ausgezeichneten Belastung (J_i) mit $M_J = 4/l_i, M_{J-1} = 2/l_i$ aufgetragen werden. Sie betrifft hier jedoch die Riegel $(H-1), \bar{H} \equiv l_h$ des geometrisch unbestimmten Hauptsystems ($\psi_1 = 0$). Die Belastung (J_i) erzeugt die Knotendrehwinkel $\varphi_{(H-1),J_i}^{**}, \varphi_{H,J_i}^{**}$, die unmittelbar mit den Vorzahlen der konjugierten Matrix der ersten Stufe des Ansatzes $\delta A_J = 0, \psi_1 = 0$ angeschrieben werden können.

$$\left. \begin{aligned} -\varphi_{(H-1),J_i}^{**} &= \frac{2}{l_i} (\beta_{(H-1)(J-1)} + 2\beta_{(H-1)J}^2), \\ -\varphi_{H,J_i}^{**} &= \frac{2}{l_i} (\beta_{H(J-1)} + 2\beta_{HJ}). \end{aligned} \right\} \quad (576)$$

Die Gleichung der Einflußlinie $M_{J_0,*}^{(i)}$ lautet darnach im Bereich l_h folgendermaßen:

$$M_{J_0,*}^{(i)} = l_h (\varphi_{(H-1),J_i}^{**} \omega_i' - \varphi_{H,J_i}^{**} \omega_i). \quad (577)$$

Durchgehender Rahmen mit verschiedener Lagerung der Pfosten.

1. Geometrische Grundlagen.

Stablängen und Trägheitsmomente siehe Abb. 315.

Alle Größen beziehen sich auf die Einheiten t und m.

Reduzierte Stablängen ($J_c = 0,138 \text{ m}^4$):

$$\begin{aligned} l'_a &= 24,0, & l'_b &= 24,0, & l'_c &= 24,0, & l'_d &= 49,68, & l'_e &= 33,12, \\ h'_a &= 48,14, & h'_b &= 48,14, & h'_c &= 150,54, & h'_d &= 150,54. \end{aligned}$$

2. Überzählige Größen und statische Bedingungen.

$$\begin{aligned} a_{AA} &= -\left(\frac{3}{l'_a} + \frac{4}{h'_a} + \frac{4}{l'_b}\right) = -0,374758, & a_{AB} &= -\frac{2}{l'_b} = -0,083333, \\ a_{A1} &= \frac{6}{h'_a} = +0,124636, & a_{BB} &= -\left(\frac{4}{l'_b} + \frac{4}{h'_b} + \frac{4}{l'_c}\right) = -0,416424, \\ a_{B0} &= -\frac{2}{l'_c} = -0,083333, & a_{B1} &= \frac{6}{h'_b} \frac{h'_a}{h'_b} = +0,124636, \\ a_{00} &= -\left(\frac{4}{l'_c} + \frac{3}{h'_c} + \frac{4}{l'_d}\right) = -0,267110, & a_{0D} &= -\frac{2}{l'_d} = -0,040258, \\ a_{01} &= \frac{3}{h'_c} \frac{h'_a}{h'_c} = +0,049821, & a_{DD} &= -\left(\frac{4}{l'_d} + \frac{3}{h'_d} + \frac{3}{l'_e}\right) = -0,191023, \\ a_{D1} &= \frac{3}{h'_d} \frac{h'_a}{h'_d} = +0,049821, \\ a_{11} &= -12\left(\frac{1}{h'_a} + \frac{h'_a}{h'_b h'_b}\right) - 3\left(\frac{h'_a}{h'_c h'_c} + \frac{h'_a}{h'_d h'_d}\right) = -0,747649. \end{aligned}$$

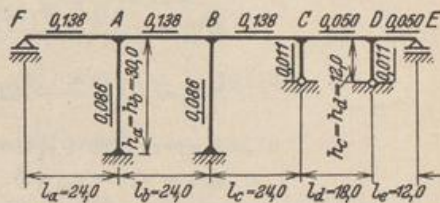


Abb. 315. Die unterstrichenen Zahlen geben die Trägheitsmomente an.