



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Die Statik im Stahlbetonbau**

**Beyer, Kurt**

**Berlin [u.a.], 1956**

Träger über drei Feldern

---

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

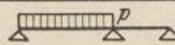
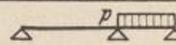
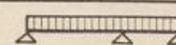
Abkürzungen:  $\alpha = l_2/l_3$ ;  $\alpha' = l'_2/l'_3$ ;  $\varphi' = 2(\bar{\mu}_3 + \bar{\mu}_2 \alpha')$ .

$$X_2 = \frac{1}{\psi' l'_3} 6 \delta_{20}$$

Einflußlinien:		
Bereich:	I	II
$\varphi' \cdot X_2$	$l_2 \alpha' \bar{\omega}_D$	$l_3 \bar{\omega}'_D$

Reduzierte Biegelinien  $\bar{\omega}_D, \bar{\omega}'_D$  nach Tabelle 29, S. 395.

Schnittkräfte für feldweise Belastung:

Belastung			
$X_2$	$\frac{p l_2^3 \alpha'}{4 \varphi'}$	$\frac{p l_3^3}{4 \varphi'}$	$\frac{p l_3^3}{4} \frac{1 + \alpha' \alpha^2}{\varphi'}$

**3. Träger über drei Feldern.** Allgemeine Anordnung nach Abb. 369. Hauptsystem: Drei einfache Träger. Statisch überzählige Größen: Einspannungsmomente  $-M_a = X_1, -M_d = X_4$ , Stützenmomente  $-M_b = X_2, -M_c = X_3$ . Berechnung bei allgemeiner Anordnung nach Abschn. 26, bei feldweise konstantem Trägheitsmoment mit den Werten der Tabelle 33, Teil A. Teil B enthält Angaben bei veränderlichem Trägheitsmoment.



Abb. 369.

Tabelle 33. Träger über drei Feldern.

A. Das Trägheitsmoment ist feldweise konstant.

- Abkürzungen: 1)  $\alpha'_1 = l'_2/l'_3$ , 3)  $\varphi_1 = 2(1 + \alpha'_1)$ , 5)  $\psi_1 = 2(1 + \frac{2}{3} \alpha'_1)$ ,  
 2)  $\alpha'_2 = l'_4/l'_3$ , 4)  $\varphi_2 = 2(1 + \alpha'_2)$ , 6)  $\psi_2 = 2(1 + \frac{2}{3} \alpha'_2)$ ,  
 7)  $\eta_1 = \varphi_1 \varphi_2 - 1$ , 9)  $\eta_3 = \psi_1 \psi_2 - 1$ ,  
 8)  $\eta_2 = \psi_1 \varphi_2 - 1$ , 10)  $\eta_4 = \varphi_1 \psi_2 - 1$ .

Klammerwerte  $[\omega'_D - \kappa_{k(k-1)} \omega_D]$  und  $[\omega_D - \kappa_{(k-1)k} \omega'_D]$  sind für  $0,200 < \kappa < 0,380$  in der Tabelle 34 Seite 410 angegeben.

Formeln zur Ermittlung der Festpunktabstände aus den Kennbeziehungen:

$$a_{(k-1)k} = \frac{\kappa_{(k-1)k} l_k}{1 + \kappa_{(k-1)k}}; \quad a_{k(k-1)} = \frac{\kappa_{k(k-1)} l_k}{1 + \kappa_{k(k-1)}}$$

Berechnung der Stützkräfte und der maximalen Momente: vgl. S. 396.

a) Anordnung Abb. 370.

$$-M_b = X_2, \quad -M_c = X_3,$$

Abkürzungen: 1 bis 4 und 7.

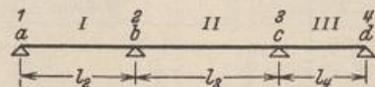


Abb. 370.

Kennbeziehungen:

$$\begin{aligned} \kappa_{a2} &= 0, & \kappa_{a3} &= 0 \\ \kappa_{23} &= \frac{1}{\varphi_1}, & \kappa_{32} &= \frac{1}{\varphi_2} \\ \kappa_{34} &= \frac{\alpha'_2 \varphi_1}{\eta_1}, & \kappa_{2a} &= \frac{\alpha'_1 \varphi_2}{\eta_1} \end{aligned}$$

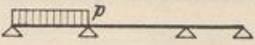
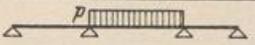
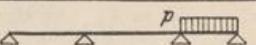
Konjugierte Matrix der  $\beta_{ik}$

$$\begin{matrix} \delta_{20} & \delta_{30} \\ \frac{1}{6} l'_3 \eta_1 \cdot X_2 & \begin{bmatrix} \varphi_2 & -1 \\ -1 & \varphi_1 \end{bmatrix} \\ \frac{1}{6} l'_3 \eta_1 \cdot X_3 & \end{matrix}$$

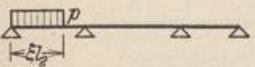
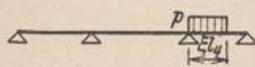
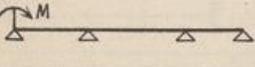
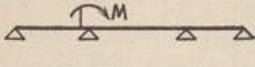
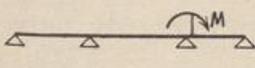
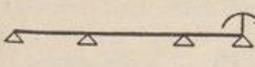
Einflußlinien:

Bereich:	I	II	III
$\eta_1 \cdot X_2$	$l_2 \alpha'_1 \varphi_2 \omega_D$	$l_3 \varphi_2 [\omega'_D - \kappa_{32} \omega_D]$	$-l_4 \alpha'_2 \omega'_D$
$\eta_1 \cdot X_3$	$-l_2 \alpha'_1 \omega_D$	$l_3 \varphi_1 [\omega_D - \kappa_{23} \omega'_D]$	$l_4 \alpha'_2 \varphi_1 \omega'_D$

Überzählige Größen für feldweise Belastung:

Belastung			
$\eta_1 \cdot X_2$	$\frac{p l_2^3}{4} \alpha'_1 \varphi_2$	$\frac{p l_3^3}{4} (\varphi_2 - 1)$	$-\frac{p l_4^3}{4} \alpha'_2$
$\eta_1 \cdot X_3$	$-\frac{p l_2^3}{4} \alpha'_1$	$\frac{p l_3^3}{4} (\varphi_1 - 1)$	$\frac{p l_4^3}{4} \alpha'_2 \varphi_1$

Überzählige Größen für besondere Belastungen:

	$X_2 = \frac{1}{\eta_1} \frac{p l_2^2}{4} \alpha'_1 \varphi_2 \xi^2 (2 - \xi^2)$ $X_3 = -\frac{1}{\eta_1} \frac{p l_2^2}{4} \alpha'_1 \xi^2 (2 - \xi^2)$
	$X_2 = \frac{1}{\eta_1} \frac{p l_3^2}{4} \xi^2 [2(2\varphi_2 - 1) - 4\xi\varphi_2 + \xi^2(\varphi_2 + 1)]$ $X_3 = \frac{1}{\eta_1} \frac{p l_3^2}{4} \xi^2 [4\alpha'_1 + 4\xi - \xi^2(\varphi_1 + 1)]$
	$X_2 = -\frac{1}{\eta_1} \frac{p l_4^2}{4} \alpha'_2 \xi^2 (4 - 4\xi + \xi^2)$ $X_3 = \frac{1}{\eta_1} \frac{p l_4^2}{4} \alpha'_2 \varphi_1 \xi^2 (4 - 4\xi + \xi^2)$
	$X_2 = \frac{1}{\eta_1} M \alpha'_1 \varphi_2; \quad X_3 = -\frac{1}{\eta_1} M \alpha'_1$
	$X_2 = -\frac{1}{\eta_1} 2 M \alpha'_1 \varphi_2; \quad X_3 = \frac{1}{\eta_1} 2 M \alpha'_1$
	$X_2 = -\frac{1}{\eta_1} 2 M \alpha'_2; \quad X_3 = \frac{1}{\eta_1} 2 M \alpha'_2 \varphi_1$
	$X_2 = \frac{1}{\eta_1} M \alpha'_2; \quad X_3 = -\frac{1}{\eta_1} M \alpha'_2 \varphi_1$

Ungleichförmige Erwärmung  $t_a - t_b = \Delta t$ :

$$X_2 = E J_c \frac{\alpha_t \Delta t}{d} \frac{3}{l_3^2 \eta_1} [\varphi_2 (l_2 + l_3) - (l_3 + l_4)]$$

$$X_3 = E J_c \frac{\alpha_t \Delta t}{d} \frac{3}{l_3^2 \eta_1} [\varphi_1 (l_3 + l_4) - (l_2 + l_3)].$$

Stützenverschiebungen  $\Delta_a, \Delta_b, \Delta_c$  und  $\Delta_d$ :

$$X_2 = E J_c \frac{6}{l_3^2 \eta_1} \left[ \frac{1}{l_2} (\Delta_a - \Delta_b) \varphi_2 - \frac{1}{l_3} (\Delta_b - \Delta_c) (\varphi_2 + 1) + \frac{1}{l_4} (\Delta_c - \Delta_d) \right]$$

$$X_3 = E J_c \frac{6}{l_3^2 \eta_1} \left[ \frac{1}{l_4} (\Delta_d - \Delta_c) \varphi_1 - \frac{1}{l_3} (\Delta_c - \Delta_b) (\varphi_1 + 1) + \frac{1}{l_2} (\Delta_b - \Delta_a) \right].$$

b) Anordnung Abb. 371.

$$-M_a = X_1, \quad -M_b = X_2, \quad -M_c = X_3$$

Abkürzungen 1 bis 5, 7 und 8.

Kennbeziehungen:

$$\begin{aligned} \kappa_{12} &= \frac{1}{2}, & \kappa_{43} &= 0, \\ \kappa_{23} &= \frac{1}{\psi_1}, & \kappa_{32} &= \frac{1}{\varphi_2}, \\ \kappa_{34} &= \frac{\alpha'_3 \psi_1}{\eta_3}, & \kappa_{21} &= \frac{\alpha'_1 \varphi_2}{\eta_1}. \end{aligned}$$

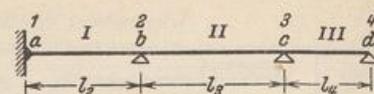


Abb. 371.

Konjugierte Matrix der  $\beta_{ik}$ :

	$\delta_{10}$	$\delta_{20}$	$\delta_{30}$
$\frac{1}{3} l'_3 \eta_2 \cdot X_1$	$\eta_1/\alpha'_1$	$-\varphi_2$	1
$\frac{1}{3} l'_3 \eta_2 \cdot X_2$	$-\varphi_2$	$2 \varphi_2$	-2
$\frac{1}{3} l'_3 \eta_2 \cdot X_3$	1	-2	$2 \psi_1$

Einflußlinien:

Bereich:	I	II	III
$\eta_2 \cdot X_1$	$\frac{l_2}{2} \eta_1 [\omega'_D - \kappa_{21} \omega_D]$	$-\frac{l_3}{2} \varphi_2 [\omega'_D - \kappa_{32} \omega_D]$	$\frac{l_4}{2} \alpha'_2 \omega'_D$
$\eta_2 \cdot X_2$	$l_2 \alpha'_1 \varphi_2 [\omega_D - \kappa_{12} \omega'_D]$	$l_3 \varphi_2 [\omega'_D - \kappa_{32} \omega_D]$	$-l_4 \alpha'_2 \omega'_D$
$\eta_2 \cdot X_3$	$-l_2 \alpha'_1 [\omega_D - \kappa_{12} \omega'_D]$	$l_3 \psi_1 [\omega_D - \kappa_{23} \omega'_D]$	$l_4 \alpha'_3 \psi_1 \omega'_D$

Überzählige Größen für feldweise Belastung:

Belastung			
$\eta_2 \cdot X_1$	$\frac{p l_2^3}{16} [\varphi_2 (2 + \varphi_1) - 2]$	$-\frac{p l_3^3}{8} (\varphi_2 - 1)$	$\frac{p l_4^3}{8} \alpha'_2$
$\eta_2 \cdot X_2$	$\frac{p l_2^3}{8} \alpha'_1 \varphi_2$	$\frac{p l_3^3}{4} (\varphi_2 - 1)$	$-\frac{p l_4^3}{4} \alpha'_2$
$\eta_2 \cdot X_3$	$-\frac{p l_2^3}{8} \alpha'_1$	$\frac{p l_3^3}{4} (\psi_1 - 1)$	$\frac{p l_4^3}{4} \alpha'_2 \psi_1$

c) Anordnung Abb. 372

$$-M_a = X_1, \quad -M_b = X_2,$$

$$-M_c = X_3, \quad -M_d = X_4$$

Abkürzungen 1 bis 6, 8 bis 10.

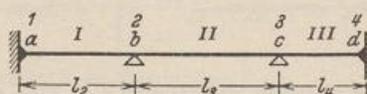


Abb. 372.

Kennbeziehungen:

$$\begin{aligned} \kappa_{12} &= \frac{1}{2}, & \kappa_{43} &= \frac{1}{2}, \\ \kappa_{23} &= \frac{1}{\psi_1}, & \kappa_{32} &= \frac{1}{\psi_2}, \\ \kappa_{34} &= \frac{\alpha'_3 \psi_1}{\eta_2}, & \kappa_{21} &= \frac{\alpha'_1 \psi_2}{\eta_4}. \end{aligned}$$

Konjugierte Matrix der  $\beta_{ik}$ :

	$\delta_{10}$	$\delta_{20}$	$\delta_{30}$	$\delta_{40}$
$\frac{2}{3} l'_3 \eta_3 \cdot X_1$	$2 \eta_4/\alpha'_1$	$-2 \psi_2$	2	-1
$\frac{2}{3} l'_3 \eta_3 \cdot X_2$	$-2 \psi_2$	$4 \psi_2$	-4	2
$\frac{2}{3} l'_3 \eta_3 \cdot X_3$	2	-4	$4 \psi_1$	$-2 \psi_1$
$\frac{2}{3} l'_3 \eta_3 \cdot X_4$	-1	2	$-2 \psi_1$	$2 \eta_2/\alpha'_2$

Einflußlinien:

Bereich:	I	II	III
$\eta_3 \cdot X_1$	$\frac{l_2}{2} \eta_4 [\omega'_D - \kappa_{21} \omega_D]$	$-\frac{l_3}{2} \psi_3 [\omega'_D - \kappa_{32} \omega_D]$	$\frac{l_4}{2} \alpha'_2 [\omega'_D - \kappa_{43} \omega_D]$
$\eta_3 \cdot X_2$	$l_2 \alpha'_1 \psi_2 [\omega_D - \kappa_{12} \omega'_D]$	$l_3 \psi_2 [\omega'_D - \kappa_{32} \omega_D]$	$-l_4 \alpha'_2 [\omega'_D - \kappa_{43} \omega_D]$
$\eta_3 \cdot X_3$	$-l_2 \alpha'_1 [\omega_D - \kappa_{12} \omega'_D]$	$l_3 \psi_1 [\omega_D - \kappa_{23} \omega'_D]$	$l_4 \alpha'_2 \psi_1 [\omega'_D - \kappa_{43} \omega_D]$
$\eta_3 \cdot X_4$	$\frac{l_2}{2} \alpha'_1 [\omega_D - \kappa_{12} \omega'_D]$	$-\frac{l_3}{2} \psi_1 [\omega_D - \kappa_{23} \omega'_D]$	$\frac{l_4}{2} \eta_2 [\omega_D - \kappa_{34} \omega'_D]$

Überzählige Größen für feldweise Belastung:

Belastung			
$\eta_3 \cdot X_1$	$\frac{p l_2^3}{16} [\psi_2 (2 + \varphi_1) - 2]$	$-\frac{p l_3^3}{8} (\psi_2 - 1)$	$\frac{p l_4^3}{16} \alpha'_2$
$\eta_3 \cdot X_2$	$\frac{p l_2^3}{8} \alpha'_1 \psi_2$	$\frac{p l_3^3}{4} (\psi_2 - 1)$	$-\frac{p l_4^3}{8} \alpha'_2$
$\eta_3 \cdot X_3$	$-\frac{p l_2^3}{8} \alpha'_1$	$\frac{p l_3^3}{4} (\psi_1 - 1)$	$\frac{p l_4^3}{8} \alpha'_2 \psi_1$
$\eta_3 \cdot X_4$	$\frac{p l_2^3}{16} \alpha'_1$	$-\frac{p l_3^3}{8} (\psi_1 - 1)$	$\frac{p l_4^3}{16} [\psi_1 (2 + \varphi_2) - 2]$

B. Das Trägheitsmoment ist veränderlich.

Anordnung Abb. 373

$-M_b = X_2, -M_c = X_3.$

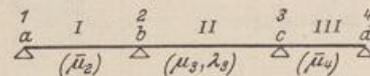


Abb. 373.

Unsymmetrischer Verlauf\* von  $\zeta_k$  im Feld I und III, symmetrischer Verlauf von  $\zeta_k$  im Felde II. Approximation von  $\zeta_k = J_k/J$  und Beiwerte  $\mu, \bar{\mu}$  und  $\lambda$ : Tabelle 29 S. 394 [ $\lambda_2 \approx \lambda_4 \approx 1$ , oder numerisch nach (634)].

Die Belastungszahlen können nach Seite 395 mit hinreichender Genauigkeit für feldweise konstantes Trägheitsmoment berechnet werden.

Abkürzungen:  $\alpha'_1 = l'_2/l'_3, \varphi'_1 = \frac{2}{\lambda_3} (\mu_3 + \bar{\mu}_2 \alpha'_1),$   
 $\alpha'_2 = l'_4/l'_3, \varphi'_2 = \frac{2}{\lambda_3} (\mu_3 + \bar{\mu}_4 \alpha'_2),$   
 $\eta'_1 = \lambda_3 (\varphi'_1 \varphi'_2 - 1).$

Kennbeziehungen:

$\kappa_{22} = 0, \kappa_{23} = \frac{1}{\varphi'_1}, \kappa_{34} = \frac{\alpha'_2 \varphi'_1}{\eta'_1} \lambda_4,$   
 $\kappa_{33} = \frac{1}{\varphi'_2}, \kappa_{24} = \frac{\alpha'_1 \varphi'_2}{\eta'_2} \lambda_2.$

Konjugierte Matrix der  $\beta_{ik}$ :

	$\delta_{20}$	$\delta_{30}$
$\frac{1}{6} l'_3 \eta'_1 \cdot X_2$	$\varphi'_2$	$-1$
$\frac{1}{6} l'_3 \eta'_1 \cdot X_3$	$-1$	$\varphi'_1$

\* Für symmetrischen Verlauf von  $\zeta_k$  im Felde I und III sind die Werte  $\bar{\mu}_2, \bar{\mu}_4$  durch die entsprechenden Werte  $\mu_2, \mu_4$  der Tabelle 29 zu ersetzen.

Einflußlinien:

Bereich	I	II	III
$\eta'_1 \cdot X_2$	$l_2 \alpha'_1 \varphi'_2 \bar{\omega}_D$	$l_3 \varphi'_2 [\bar{\omega}_D - \alpha_{12} \bar{\omega}_D]$	$-l_4 \alpha'_2 \bar{\omega}_D$
$\eta'_1 \cdot X_3$	$-l_2 \alpha'_1 \bar{\omega}_D$	$l_3 \varphi'_1 [\bar{\omega}_D - \alpha_{23} \bar{\omega}_D]$	$l_4 \alpha'_2 \varphi'_1 \bar{\omega}_D$

Reduzierte Biegelinien  $\bar{\omega}_D, \bar{\omega}'_D$  nach Tabelle 29 S. 394.

Überzählige Größen für feldweise Belastung:

Belastung			
$\eta'_1 \cdot X_2$	$\frac{p l_2^3}{4} \alpha'_1 \varphi'_2$	$\frac{p l_3^3}{4} (\varphi'_2 - 1)$	$-\frac{p l_4^3}{4} \alpha'_2$
$\eta'_1 \cdot X_3$	$-\frac{p l_2^3}{4} \alpha'_1$	$\frac{p l_3^3}{4} (\varphi'_1 - 1)$	$\frac{p l_4^3}{4} \alpha'_2 \varphi'_1$

Durchgehender Träger über vier Stützen (Abb. 374 auf Seite 412).

Berechnung mit den Werten der Tabelle 33, Teil A a).

$l_2 = 12,0 \text{ m}, \quad J_c/J_2 = 2,5, \quad l'_2 = 30,0 \text{ m}$

$l_3 = 18,0 \text{ m}, \quad J_c/J_3 = 1,0, \quad l'_3 = 18,0 \text{ m}$

$l_4 = 9,0 \text{ m}, \quad J_c/J_4 = 4,0, \quad l'_4 = 36,0 \text{ m}$

$J_c = \frac{1,4^3}{12} \cdot 0,5 = 0,11433 \text{ m}^4; \quad E = 2100000 \text{ t/m}^2; \quad \alpha_1 = 0,00001.$

Abkürzungen:  $\alpha'_1 = \frac{30}{18} = \frac{5}{3}, \quad \varphi_1 = 2 \left(1 + \frac{5}{3}\right) = \frac{16}{3},$

$\alpha'_2 = \frac{36}{18} = 2, \quad \varphi_2 = 2(1 + 2) = 6,$

$\eta_1 = \frac{16}{3} \cdot 6 - 1 = 31.$

Kennbeziehungen:

$\alpha_{a2} = 0, \quad \alpha_{d3} = 0,$   
 $\alpha_{23} = \frac{3}{16}, \quad \alpha_{32} = \frac{1}{6},$   
 $\alpha_{3d} = \frac{2 \cdot 16}{31 \cdot 3} = \frac{32}{93}, \quad \alpha_{2a} = \frac{5 \cdot 6}{3 \cdot 31} = \frac{30}{93}.$

Konjugierte Matrix der  $\beta_{ik}$ :

$-M_b = X_2; \quad -M_c = X_3$

$\frac{1}{6} l'_3 \eta_1 = \frac{1}{6} 18,0 \cdot 31 = 93;$

	$\delta_{20}$	$\delta_{30}$
$93 \cdot X_2$	6	-1
$93 \cdot X_3$	-1	16/3

Festpunktabstände: (Abb. 374i)  $a_{a2} = a_{d3} = 0$

$a_{23} = \frac{3 \cdot 18,0}{16 \left(1 + \frac{3}{16}\right)} = 2,84 \text{ m}; \quad a_{32} = \frac{1 \cdot 18,0}{6 \left(1 + \frac{1}{6}\right)} = 2,57 \text{ m};$

$a_{3d} = \frac{32 \cdot 9}{93 \left(1 + \frac{32}{93}\right)} = 2,30 \text{ m}; \quad a_{2a} = \frac{30 \cdot 12}{93 \left(1 + \frac{30}{93}\right)} = 2,93 \text{ m}.$

Einflußlinien: Werte  $[\omega'_D - \kappa_{32} \omega_D]$  und  $[\omega_D - \kappa_{23} \omega'_D]$  vgl. Tabelle 34 S. 410.

Bereich:	I	II	III
$31 \cdot X_2$ (Abb. 374b)	$12,0 \cdot \frac{5}{3} \cdot 6 \omega_D = 120 \omega_D$	$18,0 \cdot 6 \cdot [\omega'_D - \kappa_{32} \omega_D]$ $= 108 [\omega'_D - \kappa_{32} \omega_D]$	$-9,0 \cdot 2 \cdot \omega'_D = -18 \omega'_D$
$31 \cdot X_3$ (Abb. 374c)	$-12,0 \cdot \frac{5}{3} \cdot \omega_D = -20 \omega_D$	$18,0 \cdot \frac{16}{3} [\omega_D - \kappa_{23} \omega'_D]$ $= 96 [\omega_D - \kappa_{23} \omega'_D]$	$9,0 \cdot 2 \cdot \frac{16}{3} \cdot \omega'_D = 96 \omega'_D$

Einflußlinien der Stütz- und Schnittkräfte.

a) Stützendruck  $A$  (Abb. 374d)

$$A = A_0 - \frac{X_2}{l_2} = A_0 - \frac{X_2}{12,0};$$

b) Querkraft  $Q$  im Felde 2 (Abb. 374e)

$$Q = Q_0 + \frac{X_2 - X_3}{l_3} = Q_0 + \frac{X_2 - X_3}{18,0};$$

c) Stützendruck  $B$ : (Abb. 374f)

$$B = B_0 + \left(\frac{1}{l_2} + \frac{1}{l_3}\right) X_2 - \frac{1}{l_3} X_3$$

$$= B_0 + \left(\frac{1}{12,0} + \frac{1}{18,0}\right) X_2 - \frac{1}{18,0} X_3;$$

d) Moment  $M_m$  im Felde 1 (Abb. 374g)

$$M_m = M_{m0} - \xi_m X_2 = M_{m0} - \frac{X_2}{2};$$

e) Moment  $M_n$  im Felde 2 (Abb. 374h)

$$M_n = M_{n0} - \xi'_n X_2 - \xi_n X_3 = M_{n0} - \frac{X_2 + X_3}{2}$$

Schnittkräfte für gleichförmige Streckenlast  $p = 1,0 \text{ t/m}$ .

a) feldweise Belastung:

Belastung			
$31 \cdot X_2$	$\frac{12,0^2}{4} \cdot \frac{5}{3} \cdot 6 = 360$	$\frac{18,0^2}{4} (6 - 1) = 405$	$-\frac{9,0^2}{4} \cdot 2 = -40,5$
$31 \cdot X_3$	$-\frac{12,0^2}{4} \cdot \frac{5}{3} = -60$	$\frac{18,0^2}{4} \left(\frac{16}{3} - 1\right) = 351$	$\frac{9,0^2}{4} \cdot 2 \cdot \frac{16}{3} = 216$

b) Streckenlasten:

	$X_2 = \frac{1}{31} \frac{12,0^2}{4} \frac{5}{3} 6 \xi^2 (2 - \xi^2) = \frac{360}{31} \xi^2 (2 - \xi^2)$ $X_3 = -\frac{1}{31} \frac{12,0^2}{4} \frac{5}{3} \xi^2 (2 - \xi^2) = -\frac{60}{31} \xi^2 (2 - \xi^2)$
	$X_2 = \frac{1}{31} \frac{18,0^2}{4} \xi^2 [2(2 \cdot 6,0 - 1) - 4 \xi 6,0 + \xi^2 (6,0 + 1)]$ $= \frac{81}{31} \xi^2 [22 - 24 \xi + 7 \xi^2]$ $X_3 = \frac{1}{31} \frac{18,0^2}{4} \xi^2 \left[4 \cdot \frac{5}{3} + 4 \xi - \xi^2 \left(\frac{16}{3} + 1\right)\right]$ $= \frac{27}{31} \xi^2 [20 + 12 \xi - 19 \xi^2]$
	$X_2 = -\frac{1}{31} \frac{9,0^2}{4} 2 \xi^2 (4 - 4 \xi + \xi^2) = -\frac{40,5}{31} \xi^2 (4 - 4 \xi + \xi^2)$ $X_3 = \frac{1}{31} \frac{9,0^2}{4} 2 \frac{16}{3} \xi^2 (4 - 4 \xi + \xi^2) = \frac{216}{31} \xi^2 (4 - 4 \xi + \xi^2)$