



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Die Statik im Stahlbetonbau**

**Beyer, Kurt**

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

27. Vereinfachung der Lösung bei Symmetrie des Tragwerks und  
Symmetrie oder Anisymmetrie der Belastung

---

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

in (8) und Abb. 171 Null. Nachweis durch

$$1 \tau'_1 = \int M^{(3)} \bar{M}_1^{(3)} \frac{J_e}{J} ds = \int M^{(3)} \bar{M}_1^{(0)} \frac{J_e}{J} ds, \quad 1 \tau'_2 = \int M^{(3)} \bar{M}_2^{(0)} \frac{J_e}{J} ds \quad (\text{Abb. 171 a, b}).$$

$$1 \tau'_1 = -\frac{1}{8} \cdot 9,3269 \cdot 27 - \frac{1}{8} \cdot 6,7899 \cdot 9 + \frac{2}{8} \cdot 15 \cdot 28,125 - 15 \cdot 11,7957 = -0,002.$$

$$1 \tau'_2 = +\frac{1}{8} \cdot \frac{1}{2} \cdot 6,7899 \cdot 9 - \frac{1}{8} [\frac{1}{2} (2 \cdot 7,4746 + 10,0116) + 1 (7,4746 + 20,0232)] \cdot 9 = 0,004,$$

$$\tau_1 = \tau'_1 \cdot h_1 = -0,002 \cdot 4,5 = -0,009 \approx 0,0; \quad \tau_2 = \tau'_2 \cdot h_2 = 0,004 \cdot 9,0 = 0,036 \approx 0,0.$$

Der Fehler in der Berechnung der Schnittkräfte kann wie in Abschnitt 25, S. 169 bestimmt werden.

## 27. Vereinfachung der Lösung bei Symmetrie des Tragwerks und Symmetrie oder Antimetrie der Belastung.

Je mehr statisch überzählige Schnittkräfte zur Berechnung eines statisch unbestimmten Tragwerks notwendig sind, um so ungünstiger ist die gegenseitige Abhängigkeit für die Fehlerempfindlichkeit und damit auch für die Brauchbarkeit der Lösung. Man versucht daher die gegenseitige Verknüpfung unabhängig von der Größe der einzelnen statisch unbestimmten Schnittkräfte durch Symmetriebetrachtungen über den vorhandenen Spannungs- und Verschiebungszustand des Tragwerks zu klären und damit die Lösung zu vereinfachen.

Die Symmetrie des Tragwerks ist durch die Anzahl der Symmetrieachsen bestimmt. Man unterscheidet die Symmetrie zu einer Achse, zu mehreren Achsen und zyklische Symmetrie. Die äußeren Kräfte des Tragwerks können symmetrisch oder antimetrisch zu einer Achse zugeordnet oder in allgemeiner Form vorgeschrieben sein. Symmetrie oder Antimetrie der äußeren Kräfte bedeuten

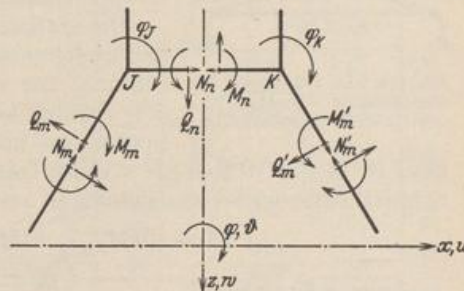


Abb. 172.

auch Symmetrie oder Antimetrie des Spannungs- und Verschiebungszustandes, so daß die Komponenten von Schnittkraft und Verschiebung in symmetrisch zugeordneten Querschnitten gleich groß oder entgegengesetzt gleich sind und einzelne Komponenten in den Querschnitten der Achsen ausgezeichnete Werte annehmen.

Bei Symmetrie der Belastung sind die Längskräfte  $N$ , die Biegemomente  $M$  und die Verschiebungen  $w$  parallel zur Achse in symmetrisch zugeordneten Querschnitten  $m, m'$  gleich groß, die Querkraft  $Q$ , die Verschiebungen  $u$  senkrecht zur Achse und die Verdrehungen  $\varphi$  entgegengesetzt gleich (Abb. 172). Für die Querschnitte  $n$  in der Symmetrieachse sind die Querkraft  $Q$ , die Verschiebungen  $u$  senkrecht zur Achse und die Drehwinkel  $\varphi$  Null oder entgegengesetzt gleich, die Glieder der ersten Gruppe ( $N, M, w$ ) erhalten ausgezeichnete Werte.

Bei Antimetrie der Belastung sind die Querkraft  $Q$ , die Verschiebungen  $u$  senkrecht zur Achse und die Verdrehungen  $\varphi$  in symmetrisch zugeordneten Querschnitten  $m, m'$  gleich groß, die Längskräfte  $N$ , die Biegemomente  $M$  und die Verschiebungen  $w$  parallel zur Achse entgegengesetzt gleich. Für die Querschnitte  $n$  in der Symmetrieachse sind die Längskräfte  $N$ , die Biegemomente  $M$  und die Verschiebungen  $w$  parallel zur Achse Null oder entgegengesetzt gleich, die Glieder der zweiten Gruppe ( $Q, u, \varphi$ ) erhalten ausgezeichnete Werte.

Damit sind bei Symmetrie oder Antimetrie der Belastung eines durch Achsen ausgezeichneten Tragwerks einzelne Komponenten des Spannungs- und Verschiebungszustandes bekannt. Die Anzahl der statisch überzähligen Schnittkräfte wird



dadurch kleiner, das Stabwerk zerfällt in Abschnitte, deren statische und geometrische Randbedingungen zum Teil bekannt sind. Die Nullstellen der Biegemomente erhalten die Bedeutung von Gelenken, die Nullstellen der Quer- und Längskräfte diejenige von Führungen. Die statische Untersuchung eines mehrteiligen Stabwerks wird daher bei symmetrischer oder antimetrischer Belastung zu einer oder mehreren Achsen des Tragwerks auf einen Abschnitt mit wenigen statisch unbestimmten Schnittkräften beschränkt (Abschnitt 26).

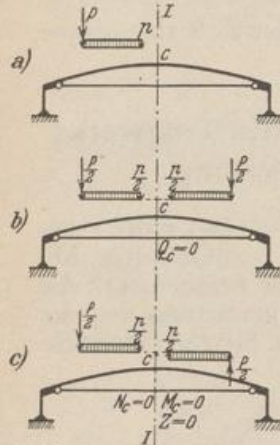


Abb. 173. Abb. 173 b: Symmetrische Belastung  $(1)P$ , Abb. 173 c: Antimetrische Belastung  $(2)P$ .

**Die Belastungsumordnung.** Um die Rechnung bei einer allgemeinen Belastung  $P$  des Tragwerks in derselben Weise zu vereinfachen, wird diese nach dem Superpositionsgesetz (284) in einzelne Anteile zerlegt, die zu jeder Achse symmetrisch oder antimetrisch sind. Sie zerfällt bei einer Symmetrieachse in zwei  $(1)P, (2)P$ , bei zwei Symmetrieachsen in vier Gruppen  $(1)P, \dots (4)P$ , die zu jeder Achse entweder symmetrisch oder antimetrisch sind, also einen symmetrischen oder antimetrischen Spannungs- und Verschiebungszustand mit den Eigenschaften auf S. 185 hervorrufen. Auch bei Systemen mit mehr als zwei Symmetrieachsen ist keine andere als die Umordnung nach diesen vier Gruppen möglich.

Die statische Untersuchung mehrteiliger Tragwerke mit ausgezeichneten Achsen beginnt daher stets mit der Umordnung der vorgeschriebenen allgemeinen Belastung und der Beschreibung der ausgezeichneten Eigenschaften des Spannungs- und Verschiebungszustandes jeder Teilbelastung.

$P \equiv (1)P, \dots (4)P$ . Sie schließt mit der Superposition der Teilergebnisse für die Schnittkräfte und Verschiebungen aus

$$M \equiv (1)M, \dots (4)M, \quad w \equiv (1)w, \dots (4)w.$$

**Anwendungen.**

a) Der Bogenträger mit Zugband Abb. 173 ist nach einer Achse symmetrisch und für die vorgeschriebene Belastung  $P$  vierfach statisch unbestimmt. Die Be-

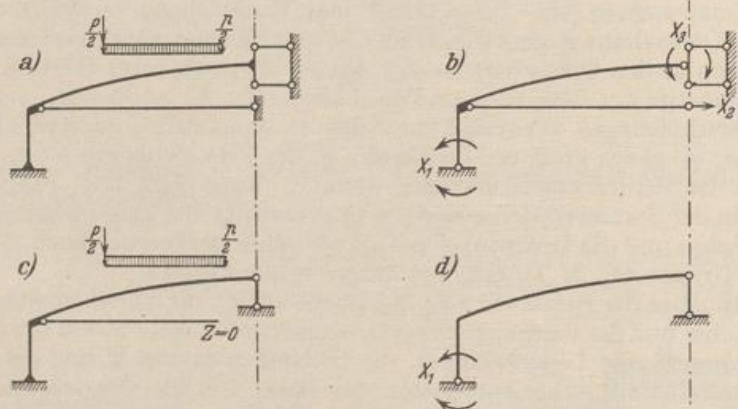


Abb. 174.

lastung zerfällt daher in die Anteile  $(1)P, (2)P$ . Die Belastung  $(1)P$  ist zur Achse  $I$  symmetrisch und daher  $Q_e = 0$  und  $\varphi_e = 0$ . Das Tragwerk ist für die symmetrische Belastung dreifach statisch unbestimmt. Die Berechnung wird auf den linken Trägerabschnitt Abb. 174a mit dem Hauptsystem Abb. 174b beschränkt.



Die Belastung  $^{(2)}\mathfrak{P}$  ist zur Achse  $I$  antisymmetrisch und daher  $M_c = 0, N_c = 0, w_c = 0, Z = 0$ . Das Tragwerk ist für die antisymmetrische Belastung einfach statisch unbestimmt. Es zerfällt für die Berechnung nach S. 185 in zwei Abschnitte Abb. 174c mit dem Hauptsystem Abb. 174d.

b) Der Rahmenträger Abb. 175a ist nach zwei Achsen  $I, II$  symmetrisch und für die vorgeschriebene Belastung  $\mathfrak{P}$  neunfach statisch unbestimmt. Sie wird in 4 Anteile ungeordnet, die zu den Achsen  $I, II$  symmetrisch oder antisymmetrisch sind und bei der Überlagerung  $\mathfrak{P}$  liefern  $^{(1)}\mathfrak{P}, ^{(2)}\mathfrak{P}, ^{(3)}\mathfrak{P}, ^{(4)}\mathfrak{P} \equiv \mathfrak{P}$ . Dasselbe gilt daher nach dem Superpositionsgesetz auch für die Schnittkräfte  $^{(1)}M, \dots, ^{(4)}M \equiv M$  und für die Verschiebungen  $^{(1)}w, \dots, ^{(4)}w \equiv w$ .

1. Belastung  $^{(1)}\mathfrak{P}$  symmetrisch zu beiden Achsen (Abb. 175b). Die Querkräfte  $Q$  und die Verdrehungen  $\varphi$  der sechs Querschnitte  $a \dots f$  sind Null. Der Spannungs- und Verschiebungszustand ist daher durch Abb. 176a bestimmt. Der Abschnitt des Stabwerks ist dreifach statisch unbestimmt. Die überzähligen Größen werden nach Abb. 176b berechnet.

2. Belastung  $^{(2)}\mathfrak{P}$  symmetrisch zur Achse  $I$ , antisymmetrisch zur Achse  $II$  mit  $Q = 0, \varphi = 0$  in den Querschnitten  $c, d$  und  $M = 0, N = 0, u = 0$  in den Querschnitten  $a, b, e, f$  (Abb. 175c). Das Tragwerk ist jetzt zweifach statisch unbestimmt. Die Schnittkräfte und Verschiebungen werden aus Abb. 177a mit Abb. 177b als Hauptsystem abgeleitet.

3. Belastung  $^{(3)}\mathfrak{P}$  antisymmetrisch zur Achse  $I$  symmetrisch zur Achse  $II$  mit  $M = 0, N = 0, w = 0$  in den Querschnitten  $c, d$  und  $Q = 0, \varphi = 0$  in den Querschnitten  $a, b, e, f$  (Abb. 175d). Das Tragwerk ist dreifach statisch unbestimmt. Die Schnittkräfte und Verschiebungen werden aus Abb. 178a mit Abb. 178b als Hauptsystem abgeleitet.

4. Belastung  $^{(4)}\mathfrak{P}$  antisymmetrisch zu den Achsen  $I, II$  mit  $M = 0, N = 0, w = 0$  in den Querschnitten  $c, d$  und  $M = 0, N = 0, u = 0$  in den Querschnitten  $a, b, e, f$  (Abb. 175e). Das Tragwerk ist einfach statisch unbestimmt. Die Schnittkräfte und Verschiebungen werden aus Abb. 179a mit Abb. 179b als Hauptsystem abgeleitet.

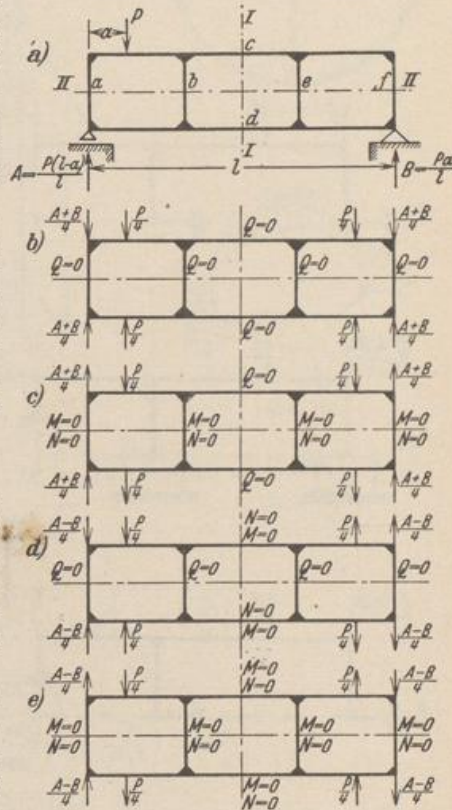


Abb. 175. Die Abb. 175 b, c, d, e zeigen die Belastungsanteile  $^{(1)}\mathfrak{P}, ^{(2)}\mathfrak{P}, ^{(3)}\mathfrak{P}, ^{(4)}\mathfrak{P}$ .

Der Abschnitt 51 über die Berechnung der Stockwerkrahmen enthält ein ausführliches Zahlenbeispiel.

c) Der Kreisring Abb. 180a besitzt konstanten Querschnitt  $F, J$ . Er ist durch  $n$  gelenkig angeschlossene Zugglieder  $F_z$  in  $n$  gleichgroße Sektoren unterteilt und rotationssymmetrisch durch  $p$  belastet.

Spannungs- und Verschiebungszustand sind in bezug auf  $n$  Achsen symmetrisch. In den Symmetriequerschnitten sind die Drehwinkel Null, die Querkräfte Null oder entgegengesetzt gleich. Die Untersuchung kann daher auf einen Kreissektor beschränkt werden, dessen Anschlußquerschnitte keine Verdrehung, dessen Spitzen keine Verschiebung erleiden. Damit sind zwei Bedingungen gegeben, aus denen das Biegemoment  $X_1$  und die Längskraft  $X_2$  berechnet werden können.

1. Hauptsystem mit den überzähligen Schnittkräften  $X_1, X_2$  nach Abb. 180b.



2. Ansatz:  $X_1 \delta_{11} + X_2 \delta_{12} = \delta_{10}$ ,  $X_1 \delta_{21} + X_2 \delta_{22} = \delta_{20}$ .  
 Belastungszustand:  $-X_1 = 1$ ,  $M_1 = 1$ ;  $-X_2 = 1$ ,  $M_2 = y/2 \sin(\pi/n)$  (Abb. 180c).

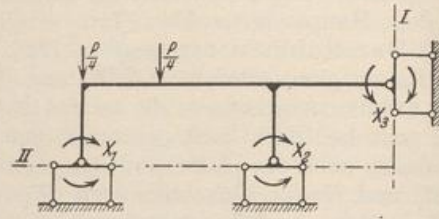
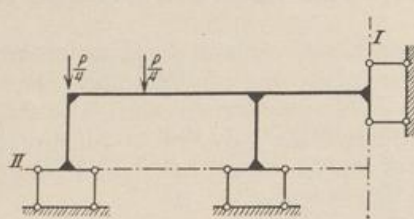


Abb. 176 a und b.

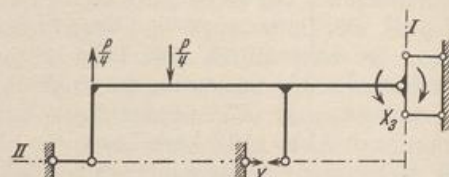
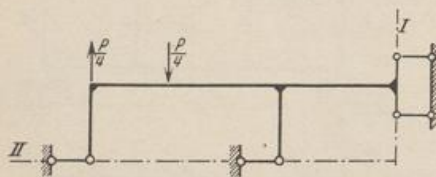


Abb. 177 a und b.

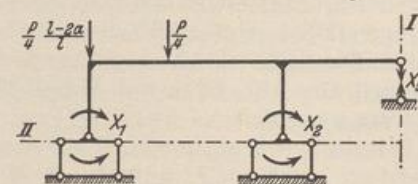
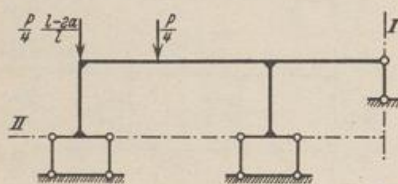


Abb. 178 a und b.

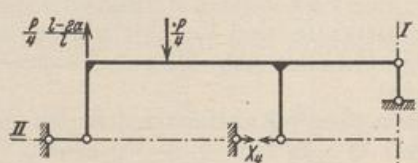
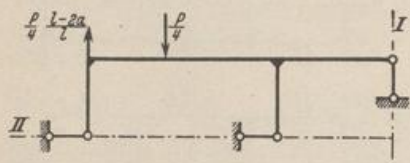


Abb. 179 a und b.

3. Vorzahlen (Tab. 16):

$$\delta_{11} = \int_{-\pi/n}^{+\pi/n} M_1^2 ds = l^2 \cdot \frac{2\pi r}{n} = 2r \frac{\pi}{n}; \quad \delta_{12} = \int_{-\pi/n}^{+\pi/n} \frac{1}{2} y \sin \frac{\pi}{n} ds = \frac{r}{2 \sin \frac{\pi}{n}} \left( \frac{l}{b} - \frac{e}{r} \right) b;$$

$$\delta_{12} = r^2 \left( 1 - \frac{\pi}{n} \operatorname{ctg} \frac{\pi}{n} \right); \quad \delta_{22} = 2 \cdot \left( \frac{1}{2} \right)^2 \cdot \frac{J}{0,5 \cdot F_s} r + \frac{J}{F} \int_{-\pi/n}^{+\pi/n} N_2^2 ds + \int_{-\pi/n}^{+\pi/n} M_2^2 ds,$$

$$\delta_{22} = 2 \cdot \left( \frac{1}{2} \right)^2 \cdot \frac{J}{0,5 F_s} r + \frac{J}{F} \int_{-\pi/n}^{+\pi/n} \frac{\cos^2 \varphi}{4 \sin^2 \pi/n} r d\varphi + \frac{1}{4 \sin^2 \pi/n} \cdot \frac{r^2}{2} \left( 1 + 2 \frac{e^2}{r^2} - \frac{3e}{br} \right) b$$

$$= r \frac{J}{F_s} + \frac{r}{4} \cdot \frac{J}{F} \left( \frac{\pi/n}{\sin^2 \pi/n} + \operatorname{ctg} \frac{\pi}{n} \right) + \frac{\pi}{n} \cdot \frac{r^3}{4} \left( \frac{1}{\sin^2 \pi/n} + 2 \operatorname{ctg}^2 \frac{\pi}{n} - 3 \frac{n}{\pi} \operatorname{ctg} \frac{\pi}{n} \right).$$



4. Belastungsglieder:  $M_0 = 0$ ;  $N_0 = pr$ .

$$\delta_{10} = 0, \quad \delta_{20} = \frac{J}{F} \int_{-\pi/n}^{+\pi/n} N_0 N_2 r d\varphi = \frac{J}{F} \int_{-\pi/n}^{+\pi/n} pr \frac{\cos \varphi}{2 \sin \pi/n} r d\varphi = pr^2 \frac{J}{F}.$$

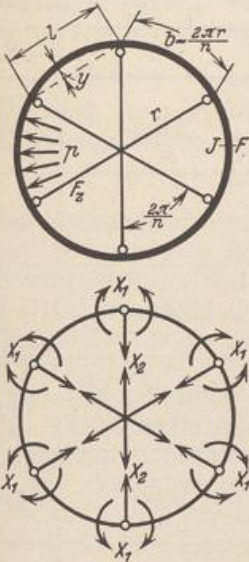


Abb. 180 a bis c.

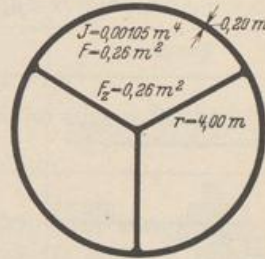
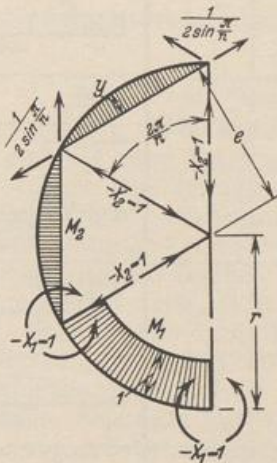


Abb. 181.

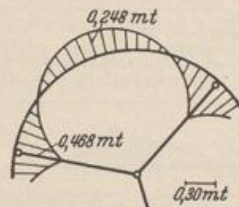


Abb. 182.

5. Auflösung des Ansatzes für  $\delta_{10} = 0$ :  $X_1 = -X_2 \frac{\delta_{12}}{\delta_{11}}$ ,  $X_2 = \frac{\delta_{20}}{\delta_{22} - \frac{\delta_{12}^2}{\delta_{11}}}$ ,

$$X_2 = pr \frac{\frac{J}{F}}{\frac{J}{F_2} + \frac{r^2}{4} \left[ \left( \frac{\pi/n}{\sin^2 \pi/n} + \text{ctg} \frac{\pi}{n} \right) \left( 1 + \frac{J}{F r^2} \right) - 2 \frac{n}{\pi} \right]},$$

$$X_1 = -\frac{pr^2}{2} \frac{\frac{J}{F} \left( \frac{n}{\pi} - \text{ctg} \frac{\pi}{n} \right)}{\frac{J}{F_2} + \frac{r^2}{4} \left[ \left( \frac{\pi/n}{\sin^2 \pi/n} + \text{ctg} \frac{\pi}{n} \right) \left( 1 + \frac{J}{F r^2} \right) - 2 \frac{n}{\pi} \right]}.$$

Zahlenbeispiel (Abb. 181).

$p = 10,00 \text{ t/m}$ ,  $J = 0,00105 \text{ m}^4$ ,  $r = 4,00 \text{ m}$ ,  $F = F_2 = 0,26 \text{ m}^2$ ,  $n = 3$ .

$J$ ,  $F$  und  $F_2$  sind ideale Querschnittsgrößen.

$$X_1 = -0,468 \text{ mt}, \quad X_2 = +0,620 \text{ t}.$$

Der Verlauf der Momente ist in Abb. 182 dargestellt.

Die Längskraft  $N$  im Ring ohne Zugbänder beträgt  $40 \text{ t}$ , also  $\sigma = \frac{N}{F} = 153,8 \text{ t/m}^2$ . Die Zugbänder vermindern die Längskraft höchstens um  $1\%$ , dagegen ergibt das Biegemoment von  $0,468 \text{ mt}$  bei der Wandstärke von  $0,20 \text{ m}$  eine Zusatzspannung von

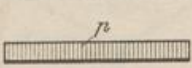
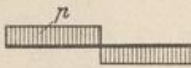
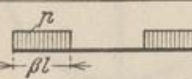

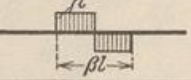
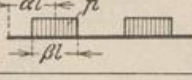
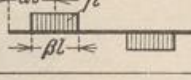
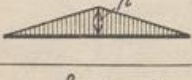
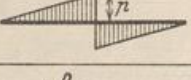
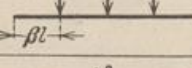
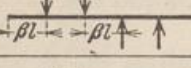
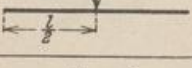
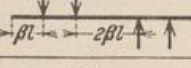
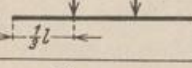
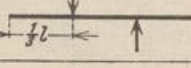
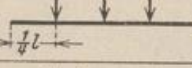

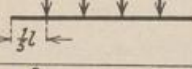
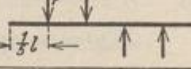
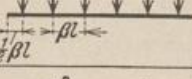
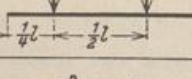
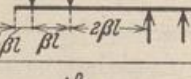
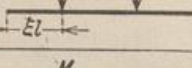
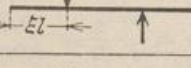

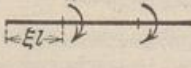
$$\sigma' = \frac{M}{J} \frac{h}{2} = \frac{0,468}{0,00105} \cdot 0,10 = 44,5 \text{ t/m}^2,$$

das sind  $29\%$  der reinen Ringspannung.

**Verhältnis der Biegemomente eines Stabwerks bei verschiedener Belastung eines Stabes.** Die Umordnung der Belastung ist unter Umständen auch von



Tabelle 24. Verhältniszahlen für die Umformung der Momente eines Stabwerks bei verschiedenen symmetrischen oder antisymmetrischen Belastungsformen eines Stabes.

Nr.	$M_r = M_k \cdot \frac{\mu_r}{\mu_k} \cdot \frac{R_r}{R_k}$			$M_r = M_k \cdot \frac{\nu_r}{\nu_k} \cdot \frac{R_r}{R_k}$		
	Belastung	$\mu_k$	$R_k$	Belastung	$\nu_k$	$R_k$
1		1,00	$p l$		1,000	$p l$
2		$2 \beta (\frac{3}{2} - \beta)$	$2 p \beta l$		$8 \beta (1 - \beta)^2$	$2 p \beta l$
3		$\frac{1}{2} (3 - \beta^2)$	$p \beta l$		$\beta (2 - \beta^2)$	$p \beta l$
4		$6 \alpha (1 - \alpha) - \frac{1}{2} \beta^2$	$2 p \beta l$		$16 [\alpha (1 - \alpha) - \frac{1}{2} \beta^2] \cdot (1 - 2 \alpha)$	$2 p \beta l$
5		1,250	$\frac{1}{2} p l$		0,311	$\frac{1}{2} p l$
6		$1 + \beta$	$(\frac{1}{\beta} - 1) P$		$(1 + \beta) (1 - \beta^2)$	$(\frac{1}{\beta} - 1) P$
7		1,500	$P$		$1 + 2 \beta$	$(\frac{1}{\beta} - 2) P$
8		1,333	$2 P$		1,185	$2 P$
9		1,250	$3 P$		1,500	$2 P$
10		1,200	$4 P$		1,152	$4 P$
11		$\frac{1}{2} (2 + \beta^2)$	$\frac{1}{\beta} P$		$1 + 2 \beta^2$	$\frac{1}{\beta} P$
12		1,125	$2 P$		$4 \beta + (1 - \beta) \cdot [1 - \beta (2 + \beta)]$	$(\frac{1}{\beta} - 1) P$
13		$6 \omega_R$	$2 P$		$16 (\omega_D' - \omega_D)$	$2 P$
14		$12 (1 - 2 \beta)$	$\frac{M}{l}$		$64 (\frac{1}{8} - \omega_R)$	$\frac{M}{l}$



Nutzen, um die Schnittkräfte für verschiedene Belastungen eines einzelnen Stabes ( $h - 1$ ),  $h$  auf eine bekannte Belastung zu beziehen. Eine überzählige Größe  $X_k$  des Hauptsystems kann oft aus zwei Belastungszahlen nach (323) als

$$X_k = \beta_{k(h-1)} \delta_{(h-1)0} + \beta_{kh} \delta_{h0}$$

berechnet werden, so daß bei symmetrischer Stabform und symmetrischer oder antimetrischer Belastung

$$\delta_{(h-1)0} = \pm \delta_{h0} \quad \text{und} \quad X_k = \delta_{h0} (\beta_{k(h-1)} \pm \beta_{kh}).$$

Demnach ist für zwei verschiedene entweder symmetrische oder antimetrische Belastungsformen  $\mathfrak{B}_1$  und  $\mathfrak{B}_2$

$$X_{k,1} : X_{k,2} = \delta_{h0,1} : \delta_{h0,2}.$$

Die Schaubilder der Biegemomente eines Belastungsfalles (2) können damit auf die bekannten Biegemomente eines Belastungsfalles (1) bezogen werden. Hierfür wird der einfachste Fall, die gleichförmige Belastung, gewählt.

Die Voraussetzungen für die Gültigkeit des Ansatzes sind erfüllt, wenn von dem Einfluß der Längs- und Querkräfte auf die Verschiebungen abgesehen wird und die Belastung des in  $A$  und  $B$  gelenkig angeschlossenen Stabes  $l_h$  in den benachbarten Stabteilen des statisch bestimmten Hauptsystems keine Biegemomente hervorruft. Die Komponenten  $\delta_{(h-1)0}$ ,  $\delta_{h0}$  bedeuten daher die relativen Verdrehungen der Endquerschnitte ( $h - 1$ ),  $h$  des ausgezeichneten Stabes.

Die Verhältniszahlen sind für symmetrische Belastung mit  $\delta_{h0,2} : \delta_{h0,1} = \mu_r R_r : \mu_k R_k$ , für antimetrische Belastung mit  $\delta_{h0,2} : \delta_{h0,1} = \nu_r R_r : \nu_k R_k$  nach Tabelle 17 für Stäbe mit konstantem Trägheitsmoment berechnet worden und in Tabelle 24 enthalten.

Gegeben ist die Schaulinie  $M_{mp}$  für eine gleichförmige Belastung des Stabes  $AB$  (Abb. 183a). Hieraus folgen die Momente  $M_{mP}$  (Abb. 183b) für die Belastung des Stabes  $AB$  durch Einzel-

$$\mu_7 = 1,5; \quad \mu_{13} = 6 \cdot 0,16 = 0,96; \quad M_{mP} = \left( 1,5 \cdot \frac{2,0}{0,6 \cdot 5,0} + 0,96 \cdot \frac{2 \cdot 1,0}{0,6 \cdot 5,0} \right) M_{mp} = 1,64 M_{mp}.$$

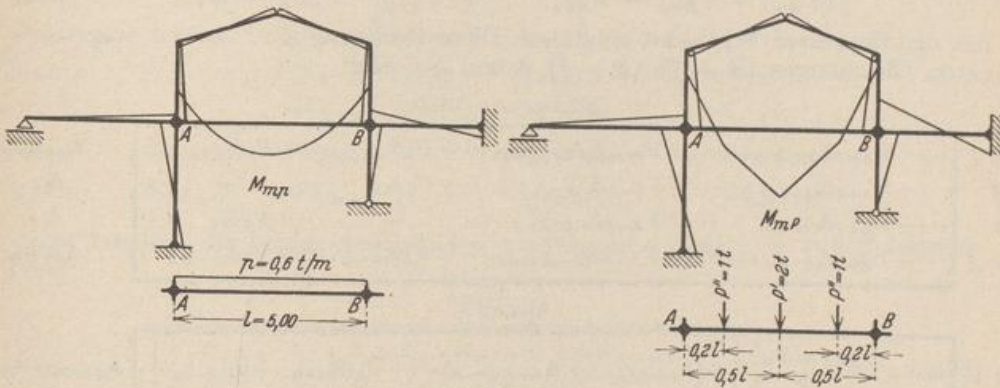


Abb. 183a und b.

## 28. Vereinfachung der Lösung bei Symmetrie des Hauptsystems.

Die Symmetrie des Hauptsystems setzt Symmetrie des Tragwerks voraus, deren Eigenschaften im allgemeinen bereits auf S. 185 dargelegt worden sind.

**Das Hauptsystem mit einfacher Symmetrie.** Von  $n$  statisch unbestimmten Schnittkräften  $Y_j$  wird in der Regel eine gerade Anzahl  $r$  symmetrisch zugeordnet sein. Der Rest  $(n - r) = t$  gehört Querschnitten der Symmetrieachse an oder be-