

DER STAHLBAU

Schriftleitung:

Dr.-Ing. A. Hertwig, Geh. Regierungsrat, Professor an der Technischen Hochschule Berlin, Berlin-Charlottenburg 2, Technische Hochschule
Fernsprecher: C 1 Steinplatz 0011
Professor W. Rein, Breslau, Technische Hochschule. — Fernsprecher: Breslau 421 61

Beilage
zur Zeitschrift

DIE BAUTECHNIK

Fachschrift für das ge-
samte Bauingenieurwesen

Preis des Jahrganges 10 RM und Postgeld

6. Jahrgang

BERLIN, 22. Dezember 1933

Heft 26

Alle Rechte vorbehalten.

Berechnung von Walmdächern aus ebenen biegefesten Stäben.

Von Prof. Dr.-Ing. K. Pohl VDI, Charlottenburg.

Die nachfolgenden Untersuchungen beziehen sich auf räumliche Rahmentragwerke in vereinfachter Anordnung, sie mögen zugleich als ein Beitrag zu der Frage angesehen werden, in welchen Fällen das „Kraftgrößen“- oder das „Formänderungsgrößen“-Verfahren den Vorzug verdient und bilden daher eine praktische Ergänzung zu dem Aufsatz von Prof. Dr.-Ing. Hertwig in Nr. 19 dieser Zeitschrift.

Die zu behandelnden Tragwerke sollen aus geraden Stäben bestehen, die nur in lotrechter Ebene biegefest sind und auch keine Drillungsmomente aufnehmen können. In der Tat ist z. B. bei I-Normalprofilen J_y im Vergleich zu J_x sehr klein ($\sim 1:20$) und auch der Widerstand gegen Verdrehen bei diesen offenen Querschnitten ganz unbedeutend, so daß diese Vereinfachung gerechtfertigt erscheint. Nahezu vollkommen verwirklicht wäre sie, wenn die Querschnitte sämtlich aus hochkantigen schmalen Rechtecken beständen, also nur aus Stehblechen.

Erster Fall.

Abb. 1 zeigt ein einfach symmetrisches Walmdach einfachster Art mit zwei Firstknoten a und b . Alle Lasten und Auflagerkräfte wirken in lotrechter Ebene, aber unter beliebigem Winkel zur Waagerechten. Alle Auflager sind feste Gelenke. Die Voraussetzung über das statische Verhalten der Stäbe bedingt, daß man sie sich in den Knotenpunkten a und b an einen lotrechten Bolzen einzeln so angeschlossen denken kann, daß eine Drehung um diesen Bolzen möglich ist (Abb. 2).

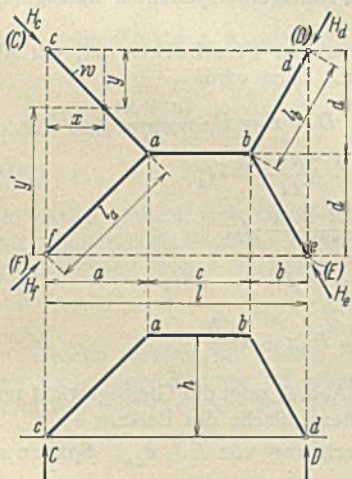


Abb. 1.

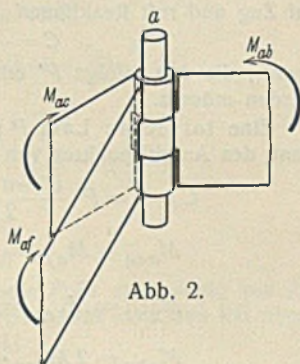


Abb. 2.

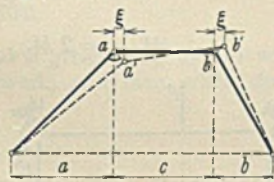


Abb. 3.

Den acht Auflagerkomponenten stehen zunächst die sechs Gleichgewichtsbedingungen des Raumes gegenüber. Legt man einen Querschnitt durch das Tragwerk zwischen a und b , so muß das statische Moment der äußeren Kräfte auf einer Seite vom Schnitt in bezug auf die Riegelachse $a-b$ gleich Null sein, da nach der Voraussetzung kein Stab Drillungsmomente übertragen kann. Diese Bedingung entspricht ungefähr der Gelenkbedingung beim ebenen Dreigelenkbogen, sie liefert die siebente Gleichung, das Tragwerk ist also $8-7=$ einfach statisch unbestimmt. Es stellt gewissermaßen einen Zweigelenkrahmen dar, bei dem sich die Spannungsmomente an den Enden des Riegels ab nach den Richtungen der Gratsparren spalten.

Nach dem „Formänderungsgrößen“-Verfahren wären die Verschiebungen und Verdrehungen der freien Knoten a und b als Unbekannte einzuführen. Das Gelenkfachwerk wäre einfach beweglich, da zur statischen Bestimmtheit ein Stab fehlt. Wenn die Dehnungen der Stäbe vernachlässigt werden, so sind durch die Drehung eines Stabes die anderen Stabdrehungen ebenfalls bestimmt. In unserem Falle kann die Bewegung des Stabsystems nur so vor sich gehen, daß die dreieckförmige Walmfläche acf sich um ihre Basis cf dreht und Punkt a dadurch eine lotrechte und eine waagerechte Verschiebung, letztere in Richtung ab , erfährt. Diese überträgt sich, weil $F_{ab} = \infty$, in voller Größe auf b und bestimmt dadurch das Maß der Drehung der Walmfläche bde (Abb. 3).

Von den drei Komponenten einer Knotendrehung fällt die um die lotrechte Achse weg, weil diese Drehung für die Stabenden keine gemeinsame ist (vgl. Abb. 2). Es bleiben nur die in die Längs- und Querebene fallenden Drehungskomponenten übrig. Demnach sind 2 · 2 Knotendrehwinkel und ein Stabdrehwinkel unbekannt, also fünf Gleichungen aufzustellen; die „Kraftmethode“ verdient in diesem Falle den Vorzug (eins gegen fünf).

Wir lassen zunächst auf den Gratsparren ac in einem Punkte mit den Koordinaten x und y eine lotrechte Kraft P wirken (Abb. 1). Die lotrechten Auflagerkräfte werden mit C, D, E, F bezeichnet, die waagerechten mit H_c, H_d, H_c', H_d' . Mit den Längenbenennungen der Abb. 1 lauten dann die Gleichgewichtsbedingungen:

- (1) $\Sigma V = 0: P - (C + D + E + F) = 0,$
- (2) $\Sigma H_x = 0: (H_c + H_f) \frac{a}{l_a} - (H_d + H_e) \frac{b}{l_b} = 0,$
- (3) $\Sigma H_y = 0: (H_c - H_f) \frac{d}{l_a} + (H_d - H_e) \frac{d}{l_b} = 0,$
- (4) $\Sigma M_{(cd)} = 0: P y - (E + F) 2 d = 0,$
- (5) $\Sigma M_{(cf)} = 0: P x - (D + E) l = 0,$
- (6) $\Sigma M_{(a)} = 0: (H_d - H_e) r_a = 0,$

die Drehachse der Momente ist hierbei die Lotrechte durch a .

$$(7) \quad \Sigma M_{(ba)} = 0: (D - E) d - (H_d - H_e) \frac{d}{l_b} \cdot h = 0.$$

Diese Gleichung enthält das statische Moment der Kräfte rechts vom Querschnitt durch ab in bezug auf die Stabachse ab (Drillungsmoment).

Wir wählen als statisch unbestimmte Größe

$$H_d = X_a$$

und erhalten nach einfachen Zwischenrechnungen

$$(8) \quad \left\{ \begin{aligned} H_e = H_d = X_a, \quad H_c = H_f = X_a \cdot \frac{b l_a}{a l_b}, \\ D = E = \frac{P x}{2 l}, \quad F = \frac{P}{2} \left(\frac{y}{d} - \frac{x}{l} \right), \quad C = \frac{P}{2} \left(\frac{y'}{d} - \frac{x}{l} \right) \end{aligned} \right.$$

und mit $y = x \cdot \frac{d}{a}, \quad y' = 2 d - y = d \left(2 - \frac{x}{a} \right),$

$$F = \frac{P}{2} \cdot \frac{x}{l} \cdot \frac{(l-a)}{a}, \quad C = \frac{P}{2} \left[2 - x \cdot \frac{(l+a)}{l a} \right].$$

Die lotrechten Auflagerkomponenten sind genau wie beim ebenen System von X_a unabhängig.

$$\text{Zustand } X_a = -1.$$

$$H_e = -1, \quad H_f = H_c = -\frac{b l_a}{a l_b} \quad (\text{vgl. Abb. 4}).$$

In folgendem werden alle Biegemomente als positiv angenommen, wenn die gedrückte Kante der Querschnitte oder die hohle Seite der Biegungslinie außen liegt.

In den Sparren entstehen die Einspannungsmomente

$$M_{ac} = + \frac{bl_a}{al_b} \cdot h, \text{ ebenso } M_{af},$$

$$M_{bd} = + 1h, \text{ ebenso } M_{be}.$$

Die Abb. 4 zeigt die Bestimmung der Riegelemomente durch Zusammensetzung der Vektoren der Sparrenmomente. Es ergibt sich

$$M_{ab} = \frac{2bh}{l_b}, \text{ ebenso } M_{ba}.$$

Die M_a -Fläche des Riegels ist ein Rechteck (Abb. 5), in den Sparren ein Dreieck.

Wir bezeichnen die Sparrenlängen mit s_a und s_b , ihre Trägheitsmomente mit J_a und J_b , das des Riegels mit J_c und erhalten mit

$$s_a \cdot \frac{J_c}{J_a} = s_a', \quad s_b \cdot \frac{J_c}{J_b} = s_b',$$

$$EJ_c \delta_{aa} = \frac{2b^2 l_a^2 h^2}{a^2 l_b^2} \cdot \frac{s_a'}{3} + 2h^2 \cdot \frac{s_b'}{3} + 4 \cdot \frac{b^2 h^2}{l_b^2} \cdot c, \text{ oder}$$

$$(9) \quad EJ_c \delta_{aa} = \frac{2}{3} \cdot h^2 \left[6 \left(\frac{b}{l_b} \right)^2 c + \left(\frac{l_a}{a} \cdot \frac{b}{l_b} \right)^2 s_a' + s_b' \right].$$

Die Dehnungen der Stäbe sind hierbei vernachlässigt worden ($F = \infty$), wie dies bei Rahmenberechnungen üblich und zulässig ist.

Zustand $X_a = 0$.

Alle H -Kräfte werden gleich Null, die lotrechten Auflagerkräfte $C_o \dots$ entsprechen C usw.

Das Einspannungsmoment des belasteten Sparrens ca ist

$$M_{aco} = Cl_a - P(l_a - w)$$

und mit $w = l_a \cdot \frac{x}{a}$:

$$M_{aco} = P \cdot \frac{l_a x}{2l_a} (l - a).$$

Die M_o -Fläche besteht aus dem Dreieck von der Höhe M_{aco} und dem darüber gelagerten Dreieck von der Höhe

$$M_{po} = Pw \cdot \frac{(l_a - w)}{l_a} = P \cdot \frac{l_a}{a^2} \cdot x(a - x).$$

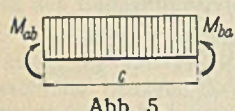


Abb. 5.

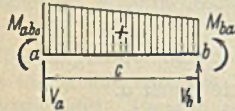


Abb. 7.

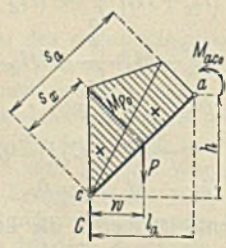


Abb. 6.

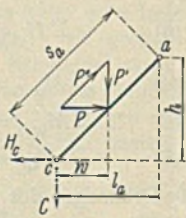


Abb. 8.

Die M_o -Flächen in den unbelasteten Sparren sind durch die Einspannungsmomente gegeben:

$$M_{ajo} = + Fl_a + \frac{Pl_a}{2l_a} \cdot x(l - a) = M_{aco}.$$

Das Riegemoment ist

$$M_{abo} = M_{aco} \cdot \frac{2a}{l_a} = + P \cdot \frac{x}{l} (l - a).$$

$$M_{bdo} = D l_b = P \cdot \frac{l_b x}{2l}, \text{ ebenso } M_{beo} = E l_b,$$

daher Riegemoment

$$M_{bao} = 2 M_{bdo} \cdot \frac{b}{l_b} = + P \cdot \frac{xb}{l}.$$

Die Momentenfläche im Riegel ist ein Trapez (Abb. 7), an den Enden entstehen die Querkräfte

$$V_a = -V_b = \frac{M_{abo} - M_{bao}}{c} = P \cdot \frac{x}{l}.$$

Als Probe für die Richtigkeit des Gleichgewichts muß sich ergeben

links $V_a + C + F = P$,

rechts $V_b - D - E = 0$, beide werden erfüllt.

Man erhält für $EJ_c \delta_{ao}$ als Beitrag vom

Balken ab : $P \cdot \frac{x}{l} (l - a + b) \frac{c}{2} \cdot \frac{2bh}{l_b}$,

Sparren ac :

$$P \cdot \frac{l_a x (l - a)}{2l_a} \cdot \frac{bl_a}{al_b} \cdot h \cdot \frac{s_a'}{3} + P \cdot \frac{l_a}{a^2} \cdot x(a - x) \cdot \frac{bl_a}{al_b} \cdot h \cdot \frac{(s_a + s_x)}{6} \cdot \frac{J_c}{J_a}$$

Sparren bd und be : $2P \cdot \frac{l_b x}{2l} \cdot h \cdot \frac{s_b'}{3}$,

Sparren af : $\frac{Pl_a x}{2l_a} (l - a) \frac{bl_a}{al_b} \cdot h \cdot \frac{s_a'}{3}$

(entspricht dem ersten Gliede im Beitrag von ac).

Das zweite Glied im Beitrage des Sparrens ac enthält den Faktor

$$(s_a + s_x) \frac{J_c}{J_a} = s_a \cdot \frac{(a + x)}{a} \cdot \frac{J_c}{J_a} = \frac{(a + x)}{a} \cdot s_a'.$$

Die Zusammenfassung ergibt

$$(10) \quad EJ_c \delta_{ao} = P \cdot \frac{hx}{l} \left\{ \frac{b}{l_b} (l - a + b) c + \frac{bl_a}{al_b} \cdot l_a \cdot \frac{(3la^2 - 2a^3 - lx^2)}{a^3} \cdot \frac{s_a'}{6} + l_b \cdot \frac{s_b'}{3} \right\}$$

Dann ist

$$H_d = X_a = \frac{EJ_c \delta_{ao}}{EJ_c \delta_{aa}}$$

Für den Einfluß der Last P am symmetrisch liegenden Sparren af ergibt sich dasselbe. Um die Formeln für Lasten an den Sparren bd und be verwenden zu können, müssen wir überall links und rechts vertauschen, d. h.

$$C, F, H_c, H_f \text{ mit } D, E, H_d, H_e,$$

$$a, l_a, s_a \text{ mit } b, l_b, s_b,$$

es ergibt sich dann

$$X_a = H_c = H_f,$$

$$H_d = H_e = X_a \cdot \frac{al_b}{bl_a} \text{ usw.}$$

Steht die Last im Firstknoten a , so wird in der Formel für δ_{ao} x durch a ersetzt.

Greift im Punkte xy eine waagerechte Kraft P in der Sparrenebene an (Abb. 8), so zerlegen wir sie in die lotrechte Komponente $P' = P \cdot \frac{h}{l_a}$

und in eine Komponente parallel zur Sparrenrichtung $P'' = P \cdot \frac{s_a}{l_a}$.

Der Einfluß von P' wird genau wie der einer anderen lotrechten Last P verfolgt. Die Längskraft P'' belastet nur den unteren Sparrenteil auf Zug und ruft Reaktionen

$$C = -P', \quad H_c = -P$$

hervor, die den infolge P' erhaltenen Auflagerkomponenten hinzugefügt werden müssen.

Eine lotrechte Last P greife nun am Firstbalken an, der Abstand des Angriffspunktes von a sei x . Dann wird

$$C = F = P \cdot \frac{(l - a - x)}{2l}, \quad D = E = P \cdot \frac{(a + x)}{2l}.$$

$$M_{aco} = M_{afo} = + P \cdot \frac{(l - a - x)}{2l} \cdot l_a,$$

$$M_{bdo} = M_{beo} = + P \cdot \frac{(a + x)}{2l} \cdot l_b,$$

$$M_{abo} = 2 M_{aco} \cdot \frac{a}{l_a} = + P (l - a - x) \frac{a}{l},$$

$$M_{bao} = 2 M_{bdo} \cdot \frac{b}{l_b} = + P (a + x) \frac{b}{l}.$$

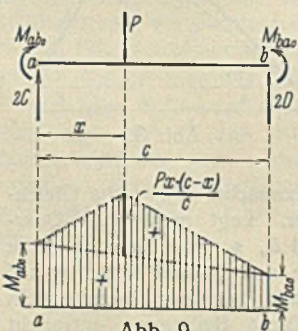


Abb. 9.

Die Abb. 9 zeigt das Gleichgewicht und die Momentenfläche des Balkens ab .

Berechnung von $EJ_c \delta_{ao}$. Sparren ac und af :

$$2P \cdot \frac{(l - a - x)}{2l} \cdot l_a \cdot \frac{bl_a}{al_b} \cdot h \cdot \frac{s_a'}{3}.$$

Sparren bd und be :

$$2P \cdot \frac{(a + x)}{2l} \cdot l_b \cdot h \cdot \frac{s_b'}{3}.$$

Firstbalken ab , M_a konstant $= 2 \cdot \frac{bh}{l_b}$:

$$\left\{ \left[P(l - a - x) \frac{a}{l} + P(a + x) \frac{b}{l} \right] \frac{c}{2} + P \cdot \frac{x(c - x)}{c} \cdot \frac{c}{2} \right\} \frac{2bh}{l_b} = P \cdot \frac{hb}{l_b} [c(2b + c)(a + x) - lx^2].$$

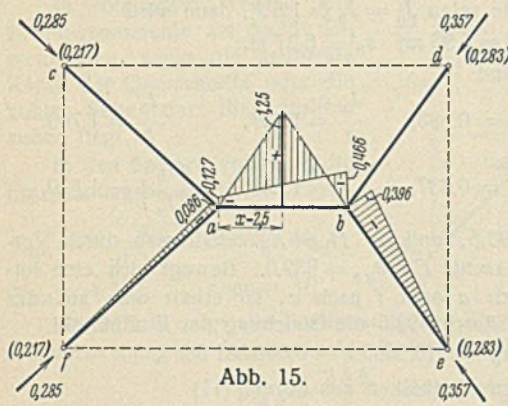


Abb. 15.

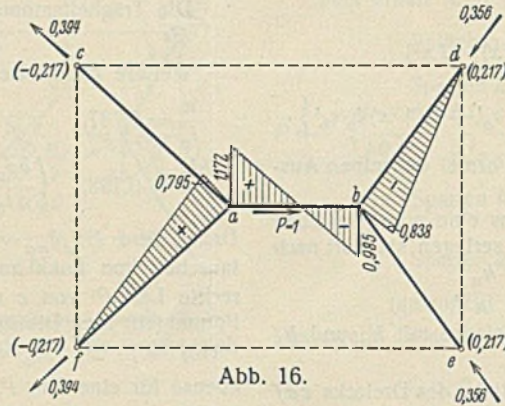


Abb. 16.

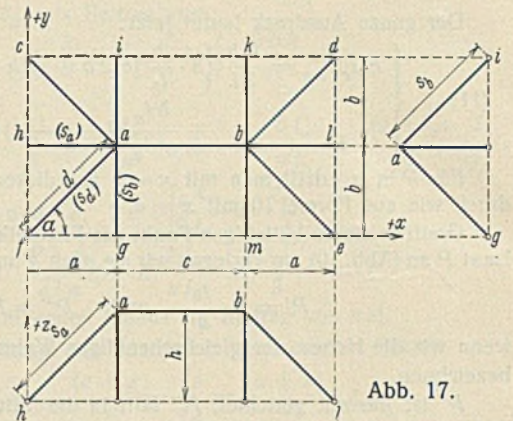


Abb. 17.

$$M_{ac} = + 0,179 \cdot 8,14 - 0,185 \cdot 6,5 = + 0,254 P,$$

$$M_{bd} = + 0,119 \cdot 6,80 - 0,232 \cdot 6,5 = - 0,699 P,$$

$$M_{af} = + 0,083 \cdot 8,14 + 0,681 \cdot 6,5 - 0,500 \cdot 4,07 - 0,866 \cdot 3,25 = + 0,254 P,$$

es muß sich $= M_{ac}$ ergeben. Dann wird im Riegel

$$M_{ab} = 2 \cdot 0,254 \cdot 0,737 = + 0,374 P,$$

$$M_{ba} = - 2 \cdot 0,699 \cdot 0,588 = - 0,822 P, \text{ unter der Last entsteht}$$

$$M_p = + 0,083 \cdot 4,07 + 0,681 \cdot 3,25 = + 2,551 P.$$

2. Eine lotrechte Last P in Riegelmitte ergibt

$$C = F = P \cdot \frac{(15 - 6 - 2,5)}{2 \cdot 15} = 0,217 P,$$

$$D = E = P \cdot \frac{(6 + 2,5)}{2 \cdot 15} = 0,283 P.$$

Aus $X_a = (0,329 + 0,0273 x - 0,00644 x^2) P$ folgt für $x = 2,5$:

$$X_a = H_d = H_e = 0,3566 P \approx 0,357 P,$$

$$H_c = H_f = 0,798 \cdot 0,357 P = 0,285 P.$$

$$M_{ac} = + 0,217 \cdot 8,14 - 0,285 \cdot 6,5 = - 0,086 P,$$

$$M_{ba} = + 0,283 \cdot 6,80 - 0,357 \cdot 6,5 = - 0,396 P,$$

$$M_{ab} = - 2 \cdot 0,086 \cdot 0,737 = - 0,127 P,$$

$$M_{ba} = - 2 \cdot 0,396 \cdot 0,588 = - 0,466 P.$$

Das positive M_o -Dreieck unter P hat die Ordinate

$$P \cdot \frac{c}{4} = + 1,25 P.$$

Die Abb. 15 zeigt das Gleichgewicht der äußeren Kräfte und die Momentenfläche über $f a b e$.

3. Waagerechte Last P am Riegel. Wir zerlegen P nach Abb. 10 in

$$P' = P \cdot \frac{6,5}{6} = 1,083 P \text{ und } P'' = P \cdot \frac{8,85}{6} = 1,475 P.$$

Durch P'' allein entstehen

$$H_c = H_f = - P \cdot \frac{8,14}{2 \cdot 6} = - 0,678 P,$$

$$C = F = - P \cdot \frac{6,5}{2 \cdot 6} = - 0,542 P.$$

Die lotrechte Komponente P' erzeugt

$$C = F = \frac{P'}{2} \cdot \frac{(15 - 6)}{15} = 0,3 P' = 0,325 P,$$

$$D = E = \frac{P'}{2} \cdot \frac{6}{15} = 0,2 P' = 0,217 P.$$

Nach Gl. (14) wird mit $x = 0$

$$X_a = H_d = H_e = 0,329 P' = 0,356 P,$$

$$H_c = H_f = 0,798 \cdot 0,356 P = 0,284 P.$$

Zu den Auflagerkomponenten auf der linken Seite tritt noch die Wirkung von P'' :

$$C = F = - 0,542 + 0,325 = - 0,217 P,$$

diese Kräfte müssen sich $= D$ und E ergeben, damit $\Sigma V = 0$.

$$H_c = H_f = - 0,678 + 0,284 = - 0,394 P.$$

Die Einspannungsmomente sind

$$M_{ac} = - 0,217 \cdot 8,14 + 0,394 \cdot 6,5 = + 0,795 P,$$

$$M_{af} = + 0,217 \cdot 6,80 - 0,356 \cdot 6,5 = - 0,838 P,$$

$$M_{ab} = + 2 \cdot 0,795 \cdot 0,737 = + 1,172 P,$$

$$M_{ba} = - 2 \cdot 0,838 \cdot 0,588 = - 0,985 P.$$

Die Abb. 16 zeigt das Gleichgewicht und die Momentenfläche über $f a b d$.

Die Auflagerkomponenten in der Längsrichtung sind

$$2(0,394 \cdot 0,737 + 0,356 \cdot 0,588) = 1.$$

Zweiter Fall.

Dem Tragwerk werden noch die Halbbinder ag, ah, ai und bk, bl, bm hinzugefügt. Jeder Halbbinder bringt zwei neue Auflagerkomponenten. Da sich die Anzahl n der Gleichgewichtsbedingungen nicht ändert, wächst die Zahl der X von 1 auf $1 + 2 \cdot 6 = 13$; ebenso viele Elastizitätsgleichungen müssen nach dem „Kraftgrößen“-Verfahren aufgestellt werden.

Für die Anwendung des „Formänderungsgrößen“-Verfahrens ist zu beachten, daß das räumliche Gelenkfachwerk starr ist — es ist sogar fünffach statisch unbestimmt —, so daß für $\Delta s = 0$ überhaupt keine Stabdrehwinkel entstehen. Es bleiben also nur die vier Knotendrehwinkel-Komponenten als Unbekannte, so daß in diesem Falle das „Formänderungsgrößen“-Verfahren bei weitem den Vorzug verdient (4 gegen 13).

Nach der Wahl des Koordinatensystems xyz in Abb. 17 bezeichnen wir mit

$$\nu_{ax} \nu_{bx} \text{ die Knotendrehwinkel in der Längsebene } xz,$$

$$\nu_{ay} \nu_{by} \text{ die Knotendrehwinkel in der Querebene } yz.$$

Die positiven x - und y -Achsen bestimmen als Vektor die Vorzeichen der Drehwinkel, d. h. $\nu_{ax} \nu_{bx}$ sind positiv, wenn sich die Knoten a und b , gesehen in Richtung $+y$, im Sinne des Uhrzeigers drehen; das Entsprechende gilt für ν_{ay} und ν_{by} .

Das Tragwerk sei doppelt symmetrisch, die Grundrißabmessungen seien wieder a, b, c, d in z. T. etwas veränderter Bedeutung (Abb. 17), die wahren Längen der zu a, b, d gehörigen Sparren oder Halbbinder seien s_a, s_b, s_d .

Für den Stab ha ist Knotendrehwinkel ν_{ax} maßgebend,

„	„	ab	„	ν_{ax} und ν_{bx} ,
„	die Stäbe	ia und ag	„	ν_{ay} ,
„	„	kb „ bm	„	ν_{by} ,

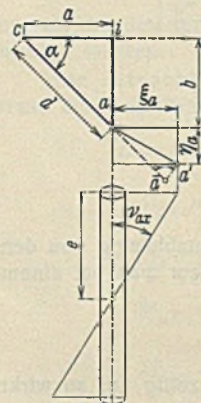


Abb. 18.

für die vier Gratsparren sind aber die Komponenten beider ν zu bestimmen.

Denkt man sich, wie oben erwähnt, in a einen lotrechten Bolzen von der Länge $2e$ (Abb. 18), so verschiebt sich das obere Ende a infolge eines positiven ν_{ax} und ν_{ay} nach a' , und zwar

$$\text{in der } x\text{-Richtung um } \xi_a,$$

$$\text{in der } y\text{-Richtung um } \eta_a.$$

Projiziert man Punkt a' auf die Ebene des Gratsparrens ca (Punkt a), so ist der Knotendrehwinkel von ca in a

$$\frac{a a'}{e} = \frac{\xi_a \cdot \cos \alpha + \eta_a \cdot \sin \alpha}{e} = \nu_{ax} \cdot \cos \alpha + \nu_{ay} \cdot \sin \alpha,$$

oder

$$\nu_{ac} = \nu_{ax} \cdot \frac{a}{d} + \nu_{ay} \cdot \frac{b}{d},$$

ebenso findet man

$$\nu_{af} = \nu_{ax} \cdot \frac{a}{d} - \nu_{ay} \cdot \frac{b}{d}.$$

Alle Biegemomente der Stäbe gelten wieder als positiv, wenn die hohle Seite außen liegt. Die Grundformeln für die Einspannungsmomente eines Stabes ik in den durch Abb. 19 dargestellten Fällen lauten:

$$(16) \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{a) } \left\{ \begin{array}{l} M_{ik} = M_{ik}^0 + \frac{1}{l_{ik}} (4 \nu_i + 2 \nu_k - 6 \vartheta_{ik}) \\ M_{ki} = M_{ki}^0 + \frac{1}{l_{ik}} (-2 \nu_i - 4 \nu_k + 6 \vartheta_{ik}) \end{array} \right. \\ \text{b) } M_{ik} = M_{ik}^0 + \frac{1}{l_{ik}} (3 \nu_i - 3 \vartheta_{ik}) \\ \text{c) } M_{ki} = M_{ki}^0 + \frac{1}{l_{ik}} (-3 \nu_k + 3 \vartheta_{ik}). \end{array} \right.$$

M^0 sind hierin die Momente für starre Einspannung, wobei die Knotendrehwinkel ν und Stabdrehwinkel $\vartheta = 0$ sind, $l' = l J_c : J$, alle ν und ϑ sind $E J_c$ -fach.

In unserem Falle ist ϑ_{ik} stets = 0. Dann erhalten wir folgende Formeln für die

Einspannungsmomente um Punkt a:

$$\begin{aligned} M_{ab} &= M_{ab}^0 + \frac{1}{c'} (4 \nu_{ax} + 2 \nu_{bx}), \\ M_{ag} &= M_{ag}^0 + \frac{1}{s_b'} \cdot 3 \nu_{ay}, \\ M_{af} &= M_{af}^0 + \frac{1}{s_d'} \left[-3 \left(\nu_{ax} \cdot \frac{a}{d} - \nu_{ay} \cdot \frac{b}{d} \right) \right], \\ M_{ah} &= M_{ah}^0 + \frac{1}{s_a'} (-3 \cdot \nu_{ax}), \\ M_{ac} &= M_{ac}^0 + \frac{1}{s_d'} \left[-3 \left(\nu_{ax} \cdot \frac{a}{d} + \nu_{ay} \cdot \frac{b}{d} \right) \right], \\ M_{ai} &= M_{ai}^0 + \frac{1}{s_b'} (-3 \nu_{ay}). \end{aligned}$$

Einspannungsmomente um Punkt b:

$$\begin{aligned} M_{ba} &= M_{ba}^0 + \frac{1}{c'} (-2 \nu_{ax} - 4 \nu_{bx}), \\ M_{bm} &= M_{bm}^0 + \frac{1}{s_b'} \cdot 3 \nu_{by}, \\ M_{be} &= M_{be}^0 + \frac{1}{s_d'} \cdot 3 \left(\nu_{bx} \cdot \frac{a}{d} + \nu_{by} \cdot \frac{b}{d} \right), \\ M_{bl} &= M_{bl}^0 + \frac{1}{s_a'} \cdot 3 \nu_{bx}, \\ M_{bd} &= M_{bd}^0 + \frac{1}{s_d'} \cdot 3 \left(\nu_{bx} \cdot \frac{a}{d} - \nu_{by} \cdot \frac{b}{d} \right), \\ M_{bk} &= M_{bk}^0 + \frac{1}{s_b'} (-3 \nu_{by}). \end{aligned}$$

Um die vier Gleichgewichtsbedingungen bequem anschreiben zu können, stellen wir die an den Knotenpunkten angreifenden Momente durch ihre Vektoren dar und erhalten aus den Kräfteplänen (Abb. 20 a u. b):

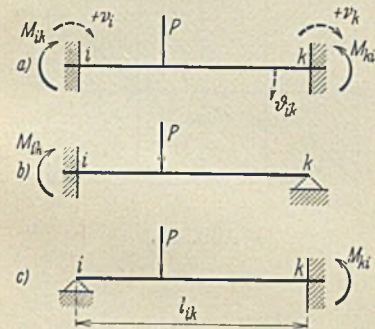


Abb. 19.

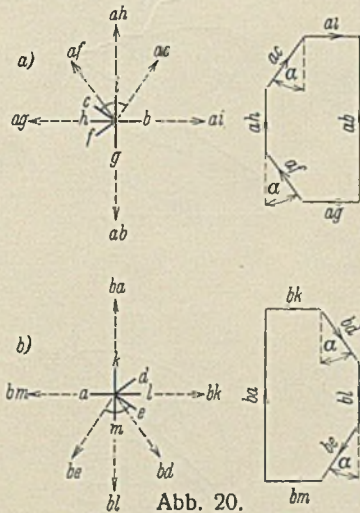


Abb. 20.

$$(17) \begin{cases} 1. M_{ab} - M_{ah} - M_{af} \cdot \cos \alpha - M_{ac} \cdot \cos \alpha = 0, \\ 2. M_{ac} \cdot \sin \alpha + M_{ai} - M_{ag} - M_{af} \cdot \sin \alpha = 0, \\ 3. M_{ba} - M_{bl} - M_{bd} \cdot \cos \alpha - M_{be} \cdot \cos \alpha = 0, \\ 4. M_{bk} + M_{bd} \cdot \sin \alpha - M_{be} \cdot \sin \alpha - M_{bm} = 0. \end{cases}$$

Wir setzen hierin die M nach vorstehender Zusammenstellung ein, ferner

$$\sin \alpha = \frac{b}{d}, \quad \cos \alpha = \frac{a}{d}$$

und erhalten nach Ordnung der Glieder folgendes Gleichungssystem:

ν_{ax}	ν_{ay}	ν_{bx}	ν_{by}	
$\frac{4}{c'} + \frac{3}{s_a'} + \frac{6a^2}{s_d'^2 d^2}$		$\frac{2}{c'}$		$= M_{ah}^0 - M_{ab}^0 + \frac{a}{d} (M_{af}^0 + M_{ac}^0)$
	$\frac{6}{s_b'} + \frac{6b^2}{s_d'^2 d^2}$			$= M_{ai}^0 - M_{ag}^0 + \frac{b}{d} (M_{ac}^0 - M_{af}^0)$
$\frac{2}{c'}$		$\frac{4}{c'} + \frac{3}{s_a'} + \frac{6a^2}{s_d'^2 d^2}$		$= M_{ba}^0 - M_{bl}^0 - \frac{a}{d} (M_{bd}^0 + M_{be}^0)$
			$\frac{6}{s_b'} + \frac{6b^2}{s_d'^2 d^2}$	$= M_{bk}^0 - M_{bm}^0 + \frac{b}{d} (M_{bd}^0 - M_{be}^0)$

Zahlenbeispiel.

Es sei
 $a = 5$ m, $b = 6$ m, $c = 4$ m, $h = 5,5$ m.
 $d = 7,810$ m, $s_a = 7,433$ m, $s_b = 8,139$ m, $s_d = 9,552$ m.
 $\frac{a}{d} = 0,6402$, $\frac{a^2}{d^2} = 0,4098$,
 $\frac{b}{d} = 0,7682$, $\frac{b^2}{d^2} = 0,5902$.

Stabkonstanten.

Stab	Bez.	$l^1)$	$s^1)$	J	$J_c : J$	s'	$1 : s'$
ab	c	4,0	4,0	10	1,5	6,0	0,1667
ah	s_a	5,0	7,433	10	1,5	11,150	0,0897
ag	s_b	6,0	8,139	12	1,25	10,174	0,0983
af	s_d	7,81	9,552	15	1	9,552	0,1047

¹⁾ Die Längen der Sparren sind mit s , ihre Längen im Grundriß mit l bezeichnet.

Berechnung der Belwerte.

$$\begin{aligned} \frac{4}{c'} + \frac{3}{s_a'} + \frac{6}{s_d'} \cdot \frac{a^2}{d^2} &= 0,6667 + 0,2691 + 0,2574 = 1,1932, \\ \frac{6}{s_b'} + \frac{6}{s_d'} \cdot \frac{b^2}{d^2} &= 0,5898 + 0,3708 = 0,9609, \\ \frac{2}{c'} &= 0,3333. \end{aligned}$$

Mit diesen Zahlen lautet das Gleichungssystem:

ν_{ax}	ν_{ay}	ν_{bx}	ν_{by}	
1,1932		0,3333		$= M_{ah}^0 - M_{ab}^0 + 0,6402 (M_{af}^0 + M_{ac}^0) = N_{ax}$
	0,9606			$= M_{ai}^0 - M_{ag}^0 + 0,7682 (M_{ac}^0 - M_{af}^0) = N_{ay}$
0,3333		1,1932		$= M_{ba}^0 - M_{bl}^0 - 0,6402 (M_{bd}^0 + M_{be}^0) = N_{bx}$
			0,9606	$= M_{bk}^0 - M_{bm}^0 + 0,7682 (M_{bd}^0 - M_{be}^0) = N_{by}$

Die Auflösung ergibt:

$$\begin{aligned} \nu_{ax} &= + 0,909 02 N_{ax} - 0,253 94 N_{bx}, \\ \nu_{ay} &= + 1,041 02 N_{ay}, \\ \nu_{bx} &= - 0,253 94 N_{ax} + 0,909 02 N_{bx}, \\ \nu_{by} &= + 1,041 02 N_{by}. \end{aligned}$$

Berechnung der Belastungsglieder.

Für einen schrägliegenden Balken, der durch eine Einzellast $P \perp$ Balkenachse belastet ist, wird das Einspannungsmoment M^0 bei einseitiger starrer Einspannung

$$M^0 = -P \cdot \frac{s}{2} \cdot \omega_D.$$

Zerlegt man P nach einer lotrechten Komponente P' und einer parallel zur Achse wirkenden P'' , so ist auch

$$M^0 = -P' \cdot \frac{l}{2} \cdot \omega_D,$$

worin

$$\omega_D = \frac{x}{l} - \frac{x^3}{l^3} = \frac{w}{s} - \frac{w^3}{s^3}.$$

Bei gleichmäßig verteilter Belastung p für die Einheit der Stablänge, senkrecht zur Stabachse wirkend, wird

$$M^0 = -\frac{p s^2}{8},$$

und für Dreieckbelastung nach Abb. 21 c

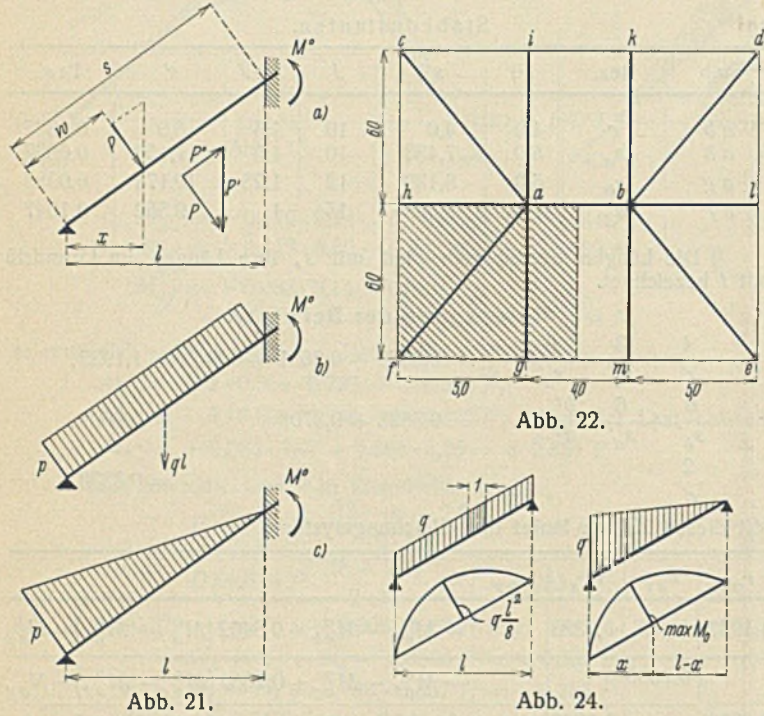
$$M^0 = -\frac{7}{120} \cdot p s^2.$$

Zerlegt man p wieder lotrecht und parallel zum Träger, so wird die lotrechte Komponente, bezogen auf 1 m Grundrißlänge,

$$q = p \cdot \frac{s^2}{l^2}$$

und $M^o = -\frac{q l^2}{8}$ und $M^o = -\frac{7}{120} \cdot q l^2$.

Die Lasten P'' usw. gehen wieder unmittelbar in die Auflagerpunkte (vgl. Abb. 8 u. 10).



Damit erhält man für die Belastungsglieder:

$$\begin{aligned} N_{ax} &= -4,375 + 0,6402(-19,571) = -16,904 \text{ g} \\ N_{ay} &= +12,0 + 0,7682 \cdot 19,571 = +27,034 \text{ g} \\ N_{bx} &= 0 \\ N_{by} &= +2,250 \text{ g} \end{aligned}$$

hieraus die Drehwinkel

$$\begin{aligned} v_{ax} &= +0,90902(-16,904) = -15,366 \text{ g} \\ v_{ay} &= +1,04102 \cdot 27,034 = +28,144 \text{ g} \\ v_{bx} &= -0,25394(-16,904) = +4,293 \text{ g} \\ v_{by} &= +1,04102 \cdot 2,25 = +2,342 \text{ g} \end{aligned}$$

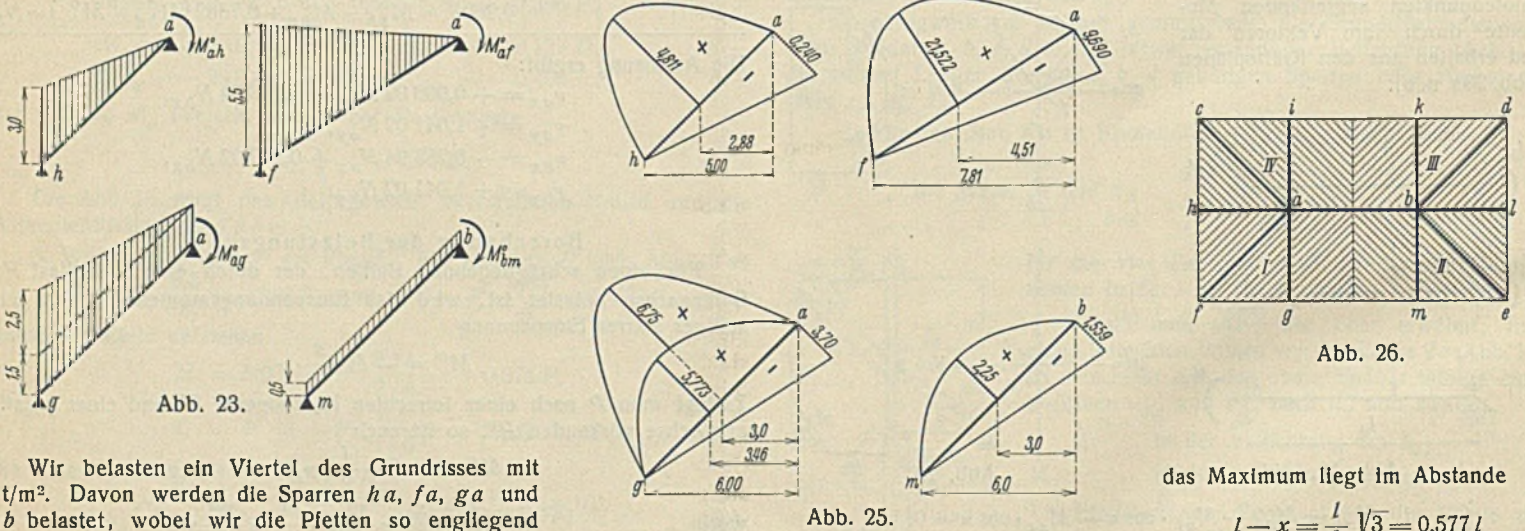
und die Einspannungsmomente

$$\begin{aligned} M_{ab} &= +0,1667[-4 \cdot 15,366 + 2 \cdot 4,293] = -8,813 \text{ g} \\ M_{ag} &= -12,0 + 0,0983[3 \cdot 28,144] = -3,700 \text{ g} \\ M_{af} &= -19,571 + 0,1047[3(15,366 \cdot 0,6402 + 28,144 \cdot 0,7682)] = -9,690 \text{ g} \\ M_{ah} &= -4,375 + 0,0897[3 \cdot 15,366] = -0,240 \text{ g} \\ M_{ac} &= +0,1047[-3(-15,366 \cdot 0,6402 + 28,144 \cdot 0,7682)] = -3,701 \text{ g} \\ M_{ai} &= +0,0983[-3 \cdot 28,144] = -8,300 \text{ g} \\ M_{ba} &= +0,1667[-2(-15,366) - 4 \cdot 4,293] = +2,260 \text{ g} \\ M_{bm} &= -2,75 + 0,0983[3 \cdot 2,342] = -1,559 \text{ g} \\ M_{be} &= +0,1047[3(4,293 \cdot 0,6402 + 2,342 \cdot 0,7682)] = +1,428 \text{ g} \\ M_{bl} &= +0,0897[3 \cdot 4,293] = +1,155 \text{ g} \\ M_{bd} &= +0,1047[3(4,293 \cdot 0,6402 - 2,342 \cdot 0,7682)] = +0,298 \text{ g} \\ M_{bk} &= +0,0983[-3 \cdot 2,342] = -0,684 \text{ g} \end{aligned}$$

Die vier Gleichgewichtsbedingungen (17) werden von diesen Werten befriedigt.

Für die unbelasteten Stäbe ist die Momentenfläche durch das Einspannungsmoment allein gegeben, bei den belasteten ist noch die M_o -Fläche hinzuzufügen. Diese besteht bei Rechteckbelastung aus einer Parabel vom Pfeil $\frac{q l^2}{8}$, infolge Dreieckbelastung entsteht

$$M_o = \frac{q l^2}{6} \cdot \omega'_D$$



Wir belasten ein Viertel des Grundrisses mit $g \text{ t/m}^2$. Davon werden die Sparren ha, fa, ga und mb belastet, wobei wir die Pfetten so englegend annehmen wollen, daß ihre Einzelkräfte durch gleichmäßige Belastung ersetzt werden dürfen. Dann sind die Belastungshöhen für die Sparren

$$\begin{aligned} ha: q (\text{Dreieck}) &= \frac{6}{2} \cdot g, \\ fa: q (\text{Dreieck}) &= \frac{6+5}{2} \cdot g, \\ ga: q (\text{Dreieck}) &= \frac{5}{2} \cdot g, \text{ hierzu } q (\text{Rechteck}) = \frac{3}{4} \cdot \frac{4}{2} \cdot g, \\ mb: q (\text{Rechteck}) &= \frac{1}{4} \cdot \frac{4}{2} \cdot g. \end{aligned}$$

Dadurch wird

$$\begin{aligned} M_{ah}^o &= -\frac{7}{120} \cdot 3,0 \text{ g} \cdot 5^2 = -4,375 \text{ g} \\ M_{af}^o &= -\frac{7}{120} \cdot 5,5 \text{ g} \cdot 7,81^2 = -19,571 \text{ g} \\ M_{ag}^o &= -\frac{7}{120} \cdot 2,5 \text{ g} \cdot 6,0^2 - \frac{1}{8} \cdot 1,5 \text{ g} \cdot 6,0^2 = -12,0 \text{ g} \\ M_{bm}^o &= -\frac{1}{8} \cdot 0,5 \text{ g} \cdot 6,0^2 = -2,25 \text{ g} \end{aligned}$$

und hat den Wert

$$M_o \text{ max} = \frac{q l^2}{27} \sqrt{3} = \frac{q l^2}{15,59} = 0,06415 q l^2$$

Die Größtwerte der M_o -Fläche in den einzelnen Balken sind dann folgende:

$$\begin{aligned} \text{in } ha: (\text{Dreieckbelastung}) M_o \text{ max} &= 3,0 \cdot 5^2 \cdot 0,06415 = 4,811 \text{ g} \\ \text{in } fa: (\text{Dreieckbelastung}) M_o \text{ max} &= 5,5 \cdot 61 \cdot 0,06415 = 21,522 \text{ g} \\ \text{in } ga: (\text{Dreieckbelastung}) M_o \text{ max} &= 2,5 \cdot 6^2 \cdot 0,06415 = 5,773 \text{ g} \\ \text{und (Rechteckbelastung)} M_o \text{ max} &= 1,5 \cdot \frac{6^2}{8} = 6,75 \text{ g} \\ \text{in } mb: (\text{Rechteckbelastung}) M_o \text{ max} &= 0,5 \cdot \frac{6^2}{8} = 2,25 \text{ g} \end{aligned}$$

Damit sind die Biegemomente für alle Stäbe bekannt, für halbseitige Belastung I + II oder I + IV kann man hiernach aus der Symmetrie die Momente sofort angeben, ebenso für Vollbelastung I + II + III + IV, dabei wird z. B. $M_{ab} = 2(-8,813 + 2,260) = -13,106 \text{ gtm}$.

Aus den Einspannungsmomenten kann man die Querkräfte berechnen, eine eindeutige Berechnung der Normalkräfte und daraus des Gleich-

gewichts der äußeren Kräfte ist aber zunächst nicht möglich, weil das Grundsystem ein fünffach statisch unbestimmtes räumliches Fachwerk ist. Man kann nun nach Annahme von Querschnitten F dieses Fachwerk berechnen, indem man die Lasten auf die Knoten verteilt. Es würden sich dabei für die Knotenpunkte a und b je drei Verschiebungskomponenten ξ, η, ζ ergeben, weil die Stäbe nun nicht mehr undeformbar sind. Damit wären auch die Stabdrehwinkel der Stäbe gegeben, und es würden

sich für die Einspannungsmomente durch Berücksichtigung des Gliedes in den Grundformeln (16) $M_{ab} = -\frac{1}{c} \cdot 6 \vartheta_{ab}$, $M_{af} = +\frac{1}{s_d} \cdot 3 \vartheta_{af}$ usw. kleine Verbesserungen an den Momenten ergeben.

Praktisch wird es genügen, die Normalkräfte aus den Knotenlasten auf Grund einer wahrscheinlichen Annahme über die Lastverteilung näherungsweise zu berechnen.

Alle Rechte vorbehalten.

Das Stahlskelett des Staatsarchives in Königsberg (Pr.).

Von Dipl.-Ing. Otto Zimpel, Elbing.

In den Jahren 1929/30 wurde in Königsberg (Pr.) für das Staatsarchiv ein Neubau errichtet, der eine eigenartige, von den üblichen Ausführungen abweichende Stahlkonstruktion aufweist.

Das Gebäude liegt Ecke Salzastraße an der Adolf-Hitler-Straße, einem mit Grünanlagen ausgestatteten, breiten Straßenzuge des neuen Stadtteiles (vgl. Abb. 1). Es besteht aus zwei in ihrem Aufbau grundsätzlich voneinander verschiedenen Flügeln, und zwar aus einem Massivbau an der Salzastraße, welcher die Verwaltungsräume, einen Benutzersaal und die Wohnung des Direktors enthält, und einem Stahlskelettbau an der Adolf-Hitler-Straße, in welchem das umfangreiche Aktenmagazin untergebracht ist. Letzterer ist allerdings kein reiner Stahlskelettbau, da drei Umfassungswände aus wirtschaftlichen Gründen



Abb. 1. Übersicht und Lageplan.

massiv gemauert wurden, hingegen werden die Decken, die Nutzlasten des Raumes und seine Vorderwand von Stahlträgern und -Stützen getragen, wodurch die wesentlichen Merkmale eines Skelettbauwerks gegeben sind.

Bevor auf Einzelheiten der Konstruktion näher eingegangen werde, sei auf den großen Unterschied hingewiesen, der die vorliegende Konstruktion vor anderen Skelettbauten auszeichnet: Das Stahlgerüst eines Büro- oder Warenhauses z. B. soll so beschaffen sein, daß dem Benutzer des Hauses jede beliebige und leicht abänderliche Austellung des Raumes möglich ist, da seine Verwendung bei der Projektbearbeitung selten in allen Einzelheiten festliegt und auch vielfach wechselt. Es wird daher immer weite Räume freigeben müssen, welche im Idealfalle durch gar keine oder wenigstens nur durch eine geringe Zahl von Stützen beschränkt sind. Aus dieser Forderung heraus entstand ja schließlich unser Skelettbau. Im vorliegenden Falle liegt hingegen ein vollkommen anderes Bedürfnis vor. Der Verwendungszweck des Raumes ist von vornherein gegeben, es sollen Akten aufbewahrt werden, d. h. es sollen Gegenstände, deren Abmessungen genau bekannt sind, so gestapelt werden, daß jeder einzelne leicht erreichbar ist; eine andere Verwendung kommt nicht in Frage. Man könnte zunächst versuchen, die Aufgabe durch einen Massivbau zu lösen, wird jedoch sofort erkennen, daß die nötigen Mauern im Inneren des Gebäudes viel Platz und Licht wegnehmen und außerdem besonders teuer werden, da sie nur die Decken zu tragen haben und nicht gleichzeitig wie im normalen Massivhaus als Trennwände wirken. Ihr Eigengewicht würde natürlich auch die Gründung verteuern. Diese Nachteile ließen sich vermeiden bei einem Skelettbau in Eisenbeton oder Stahl der üblichen Art. Aber auch hier wird ein nicht unerheblicher Teil des Raumes durch die Stützen und vorspringenden Unterzüge bzw. durch eine große Deckenstärke der Benutzung verlorengehen und die Deckenkonstruktion durch die großen Nutzlasten teuer werden. Von einer dritten Möglichkeit ist beim vorliegenden Bauwerk Gebrauch gemacht, nämlich die Aktengestelle selbst so stark auszubilden, daß sie die anteiligen Lasten aller darüberliegenden Stockwerke aufzunehmen vermögen. Ein Raumverlust durch Stützen tritt praktisch nicht ein, da ihr Querschnitt bei Herstellung aus Winkeln nicht wesentlich größer ist als jener der sonst erforderlichen Pfosten der Aktengestelle; Decken und Deckenträger erhalten Mindestabmessungen, weil ihre Spannweite ganz gering ist und das Aktengewicht die Decken nicht mehr belastet, sie werden daher billig und

leicht, was wiederum den Preis der Gründung günstig beeinflusst. Allerdings werden die Stützen teurer, ihre große Anzahl erfordert mehr Werkstattarbeit und zufolge der größeren Schlankheit mehr Gewicht, jedoch wird sich der letzte Umstand nicht im Verhältnis der Schlankheitsgrade auswirken, da das geringere Deckengewicht (= rd. 35% der Gesamtlast) auch kleinere Stützenlasten und -querschnitte ergibt. Die Mehrkosten für

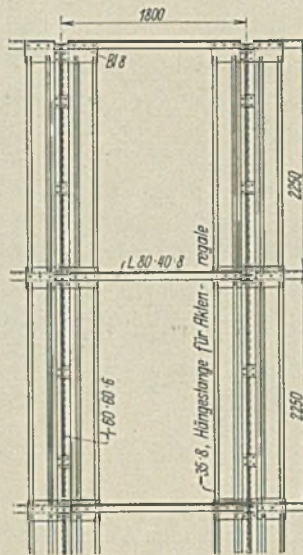


Abb. 3. Längsverbinding von zwei Mittelstützen in den beiden obersten Stockwerken.

die Stützen erscheinen aber um so weniger von Bedeutung, als ihnen eine beträchtliche Einsparung an Kosten der Aktengestelle gegenübersteht, deren Bestandteil sie ja bilden.

Selbstverständlich ist diese Ausführung nur in Stahl möglich, jeder andere der gebräuchlichen Baustoffe scheidet schon wegen des größeren Raumbedarfes der Stützen aus. Das vorliegende Bauwerk zeigt also die klare Überlegenheit des Stahlskelettes gegenüber anderen Bauweisen, obwohl die grundlegenden Konstruktionsbedingungen denen der üblichen Anwendungsgebiete des Stahlskelettbauwerks gerade entgegengesetzt liegen.

Das Magazingebäude besitzt über dem Keller noch sechs Geschosse von je 2,25 m Höhe, 43,72 m lichter Länge und 8,62 m lichter Breite. Die Aktenregale sind mit Rücksicht auf die natürliche Belichtung quer gestellt und lassen sich zueinander für ihre Bedienung einen Durchgang von rd. 1,0 m lichter Breite frei. Dieses Maß schien erforderlich, um das Rücken zum Aufnehmen der untergelegenen Akten nicht zu behindern, die geringe Stockwerkshöhe läßt auch die obengelegenen Akten ohne Zuhilfenahme von Leitern od. dgl. erreichen. An den beiden Längswänden führen Laufgänge entlang. In der Mitte jedes Aktengestelles befindet sich dem vorbeschriebenen Konstruktionsgrundsatz entsprechend je eine Stützenreihe. Ihre Austellung zeigt Abb. 2. Der in der Abbildung linksgelegene etwas zurückspringende Gebäudeteil weist nur fünf Geschosse auf. Stützen wurden in demselben nicht gestellt, weil sein Erdgeschoß als Durchfahrt zum Hof dient.

Die normale Stützenreihe besteht aus sieben Stützen aus Winkelprofilen in Doppel- bzw. Kreuzform, welche in jedem Stockwerk durch die Deckenträger aus $\square 6\frac{1}{2}$ miteinander verbunden sind. Diese Stützen reichen von der Kellerdecke bis zum Dachboden, die Innenstützen sind in jedem zweiten Stockwerk gestoßen, die Stütze an der Vorderwand mußte wegen der vorkragenden Deckenträger in jedem Stockwerk gestoßen werden. Die Verbindung der mittleren Innenstützen in der Längsrichtung erfolgt durch Winkel $40 \cdot 80 \cdot 8$, welche an verhältnismäßig große, durch

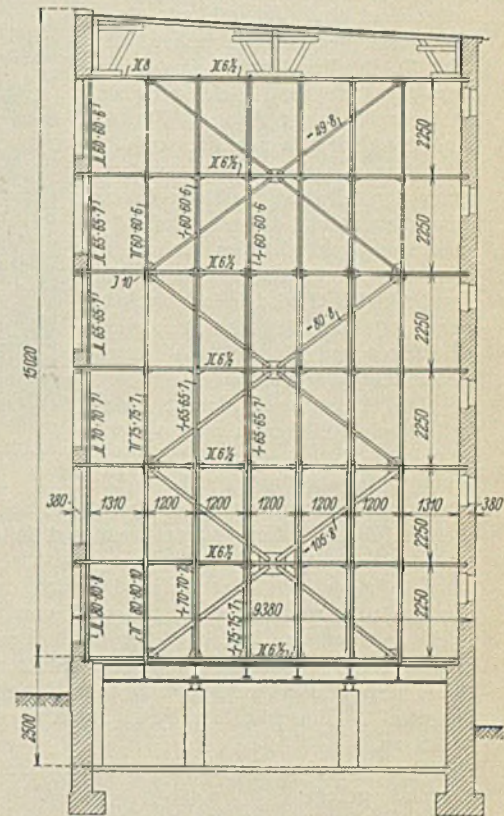


Abb. 4. Stützenanordnung mit Windverband.

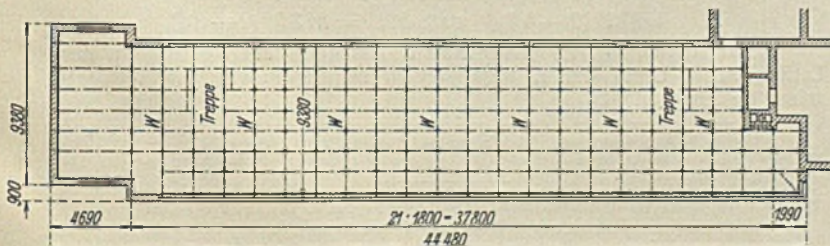


Abb. 2. Grundriß des Magazinflügels.

das Stützenprofil gesteckte Bleche von 8 mm Stärke anschließen. Die Winkel verschwinden in der Decke, die Bleche hingegen ragen aus ihr oben und unten so weit heraus, daß an sie je zwei Hängestangen aus $\phi 35 \cdot 8$ angeschraubt werden konnten (vgl. Abb. 3). An den letzteren sind die Regalböden befestigt, welche zur Aufnahme der Akten bestimmt sind. Die Tragkonstruktion der Aktengestelle beschränkt sich also hier auf zwei Hängestangen. Das Aktengewicht belastet nicht die Decke, sondern die Längsverbindungen, durch die es zentrisch auf die Stützen übertragen wird. Anteile der Deckenlast nehmen die Längsträger nicht auf. Bei den seitlichen Innenstützen tritt an Stelle des $L 40 \cdot 80 \cdot 8$ ein $C 10$, welches zur Erzielung einer größeren Längssteifigkeit des Bauwerkes über drei Felder durchgeführt wurde. Es liegt deshalb sichtbar unter der Decke und vermittelt so einen architektonisch wirksamen Abschluß der seitlichen Laufgänge gegen die Aktengestelle.

Die Windkräfte auf die Längswände werden über die steifen Decken in senkrechte Windverbände abgeleitet, welche in jeder dritten Stützenquerreihe zwischen den Innenstützen angeordnet sind (vgl. die mit einem W versehenen Stützenreihen der Abb. 2). Die konstruktive Ausbildung des Verbandes und gleichzeitig der Stützenreihe zeigt Abb. 4. Für die Aufnahme der Windkräfte auf die Giebelwand waren in Berücksichtigung der teilweise massiven Umfassungsmauern und des anschließenden massiven Gebäudeteiles keine besonderen Vorkehrungen notwendig. Das Stahlskelett wird jedoch auch an der Aussteifung teilnehmen können, da Stützen und Längsträger biegeunverwundert miteinander verbunden sind.

Das Magazingebäude ist unterkellert; ein Kellerraum mit so dichtgestellten Stützen wie im Magazinraum wäre aber unbrauchbar. Die Magazinstützen mußten daher durch eine schwere Trägerlage abgefangen werden, die auf den Außenmauern und in der Mitte auf im Verhältnis wenigen Eisenbetonstützen aufgelagert ist.

Die eigentliche Decke hat lediglich den Verkehr zu den Aktengestellen zu vermitteln, d. h. sie wird von einzelnen Personen betreten oder von einem kleinen, zur Beförderung von Akten dienenden Wagen befahren. Sie spannt von Stützenquerreihe zu Stützenquerreihe, also 1,80 m weit und ist aus Eisenbeton mit 8 cm Grundstärke hergestellt. Einschließlich Putz, Estrich und Linoleumbelag mißt sie rd. 12 cm.

Der statischen Berechnung wurden u. a. die folgenden Belastungen zugrunde gelegt:

Nutzlast der Aktengestelle	500 kg/m ³
Eigengewicht der Decke	250 kg/m ²
Nutzlast der Decke	150 "

oder an Stelle dieser Nutzlast eine Last von 200 kg für den Aktenwagen, gleichmäßig verteilt auf seine Grundfläche von $1,25 \cdot 0,4$ m.

Die Hauptansicht des Gebäudes zeigt Abb. 5. Die durchlaufenden Fensterbänder des Magazinflügels wurden durch Anordnung der Tragstützen an der Innenseite der Straßenwand möglich. Die Fensterbrüstungen, aus Eisenbetonformstücken hergestellt, ruhen auf den vorkragenden Deckenträgern (vgl. Abb. 4).

Die Magazingeschosse sind unabhängig vom Haupttreppenhaus im Büroflügel durch zwei Treppen im Magazinraum miteinander verbunden. An diesen sind Kanäle für die Belüftung angebaut, deren Träger in Abb. 2 zu erkennen sind. Das eine Kanalsystem führt die Frischluft zu, das andere die verbrauchte Luft ab. Die Überdachung (Dachstuhl und Dachschalung) ist aus Holz. Vorkehrungen für die Schall- und Wärmeisolierung waren nicht notwendig.

Die Regale sind in die Stützenprofile hineingeschoben, alle diesen Vorgang behindernden Nietköpfe sind versenkt, dadurch gehen auf eine Länge von 1200 mm nur 16 mm, d. s. 1,3%, der Benutzung verloren. Gefordert war, daß jeder Regalboden in jedem beliebigen, zugehörigen Feld eingesetzt werden konnte. Natürlich stellte diese Bedingung im Hinblick auf die gewählte Regalanordnung und den geringen Spielraum hohe Anforderungen an die Genauigkeit der Werkstatt- und Aufstellungsarbeiten des Stahlskeletts.

Die Aufstellung bot keine Schwierigkeiten. Es wurde geschosswise aufgestellt, die Einzelstücke der Skelettkonstruktion sind so leicht, daß sie

von Hand versetzt werden konnten, besondere Hebezeuge waren nicht erforderlich. Hingegen war auf der Baustelle eine umfangreiche Nietarbeit zu leisten, da nicht nur die Werkstatt-, sondern auch die Montageverbindungen durch Nieten erfolgen mußten.

Der Stahlverbrauch für das Magazingebäude beträgt 117,7 t, hiervon entfallen 29,1 t auf die Trägerlage über dem Keller und 88,6 t auf das eigentliche Stahlskelett. Danach waren für den Hauptraum des Magazins (ohne zurückspringenden Teil über der Durchfahrt) 19,4 kg Stahl pro m³ umbauten Raum oder 43,6 kg Stahl pro m² Nutzfläche erforderlich. — Die Trägerlage wurde von der Firma König & Co., Königsberg (Pr.), das Stahlskelett von der Firma Union-Gießerei, Königsberg (Pr.) jetzt Stahlbauabteilung der Firma F. Schichau G. m. b. H., Elbing, geliefert und aufgestellt.

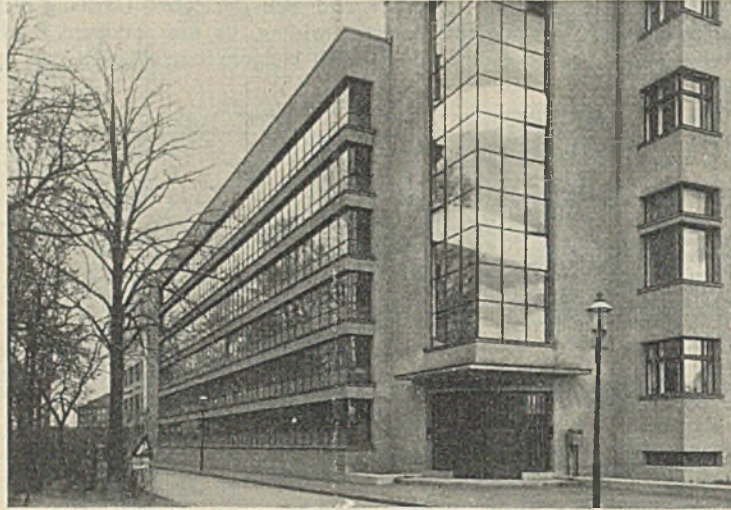


Abb. 5. Ansicht des Magazingebäudes von der Adolf-Hitler-Straße.

Verschiedenes.

Abänderungsvorschläge zu DIN 4100.¹⁾ In seinem im „Stahlbau“, Heft 6, erschienenen Aufsatz „Über den augenblicklichen Stand des Schweißens von Stahlbauten“ schlägt Herr Direktor Dr.-Ing. Kommerell vor, den Voranschluß von Gurtlamellen von ihrer Breite abhängig zu machen. Nach einem Gegenvorschlag in Heft 11 soll er nach der Fläche der anzuschließenden Lamelle bemessen werden, was folgerichtiger ist. Zur Beurteilung dieser Frage muß noch darauf hingewiesen werden, daß für den Anschluß einer Lamelle ebenso wie am Auflager des Trägers die Stärke der Halsnaht zum Anschluß der Gurtung an das Stegblech maßgebend ist.

Man wird im allgemeinen die Halsnaht in der Stärke auf die ganze Trägerlänge durchführen, die sich für die Grundlamelle aus der Querkraft am Auflager errechnet. Es ergibt sich dann, daß die notwendige Anschlußlänge s für eine weitere Lamelle in der Halsnaht wesentlich größer ist als die Anschlußlänge an die vorhergehende Lamelle, so daß also für die Momentendeckungslinie die Länge s maßgebend ist. Bezeichnet man den Querschnittszuwachs der Gurtung mit ΔF , die Stärke einer Halsnaht mit a und das Verhältnis des für die Schweißung maßgebenden Wechselmomentes zum Grundmoment mit ν , dann erhält man mit einer geringfügigen Vernachlässigung die Beziehung:

$$s = \frac{\nu \Delta F}{2 \cdot a \cdot \alpha} = 0,77 \frac{\nu \cdot \Delta F}{a},$$

die sich aus der für die Zusatzlamelle erforderlichen Schubkraft in den Halsnähten herleitet. Die zulässige Schubspannung in den Nähten ist hierbei mit $\alpha \cdot \sigma_{zul} = 0,65 \cdot \sigma_{zul}$ angesetzt. In einer Zuschrift auf Seite 87 in Heft 11 ist darauf hingewiesen, daß die Schweißnaht außerdem die Längs-

spannung des Grundmaterials erhält. Sie muß nämlich dessen Formänderungen mitmachen, wie die Abhandlung Dr. Girkmanns in Heft 12 und 13 deutlich veranschaulicht.

Die Anschlußlänge nach obiger Formel ist im allgemeinen 2,5 bis 3mal so lang, als sie sich für das Anbinden an die darunterliegende Lamelle konstruktiv ergibt, und wird deshalb wohl immer maßgebend sein. Es würde sich empfehlen, eine Mindestvoranschlußlänge von etwa $s/5$ vorzuschreiben, womit zugleich der bisher geforderte Voranschluß erreicht wird. Außerdem ist hierdurch eine Vorschrift für abgestufte Lamellen aus einem Querschnitt gegeben, für die bis jetzt noch keine bestand.

Dr.-Ing. K. Miesel.

Berichtigung

zum Aufsatz: „Das Kraftgrößenverfahren und das Formänderungsgrößenverfahren für die Berechnung statisch unbestimmter Gebilde“ in Nr. 19 der Zeitschrift.

Formel 14 b) S. 147 muß lauten:

$$M_{ke} = M \xi' (2 - 3 \xi') \quad \text{statt} \quad M_{ke} = M 3 \xi' (2 - 3 \xi'),$$

$$M_{ek} = M \xi (2 - 3 \xi) \quad \text{statt} \quad M_{ek} = M 3 \xi (2 - 3 \xi).$$

Herrn Architekten E. Wiedemann, Assistent für Baustatik an der Lettlandischen Universität in Riga, sei für seinen Hinweis auf dies Versehen bestens gedankt.

Hertwig.

INHALT: Berechnung von Walmdächern aus ebenen biegeunverwunderten Stäben. — Das Stahlskelett des Staatsarchives in Königsberg (Pr.). — Verschiedenes: Abänderungsvorschläge zu DIN 4100. — Berichtigung.

Für die Schriftleitung verantwortlich: Oeh. Regierungsrat Prof. A. Hertwig, Berlin-Charlottenburg. Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin W8.

Druck der Buchdruckerei Oeßröder Ernst, Berlin SW 68.

¹⁾ Wir veröffentlichen diesen Beitrag als einen Nachtrag der in Heft 11 u. 12/13 erschienenen Abänderungsvorschläge. Die Schriftleitung.

Ende des Jahrgangs 1933.

SKRESLONO Z INWENTARZA
Biblioteki Głównej i Ojnt
POLITECHNIKI WROCLAWSKIEJ



BIBLIOTEKA GŁÓWNA
Politechniki Śląskiej

P.769/1933

Druk: Drukarnia Gilwice, ul. Zwycięstwa 27, tel. 230 49 50