



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

# **Die Statik der Hochbau-Constructions**

**Landsberg, Theodor**

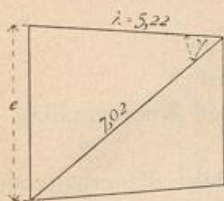
**Stuttgart, 1899**

2) Verfahren von Müller-Breslau

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-77733](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-77733)

Fig. 337.



3. Ring:  $R_2^{f_{min}} = -42182 \cdot 2,9 \cdot 0,16 = -19572 \text{ kg}$ ,

$R_2^{f_{max}} = 43948 \cdot 2,8 \cdot 0,16 = +19689 \text{ kg}$ ;

4. Ring:  $R_3^{f_{min}} = -56243 \cdot 1,77 \cdot 0,16 = -15926 \text{ kg}$ ,

$R_3^{f_{max}} = 86130 \cdot 1,13 \cdot 0,16 = +15589 \text{ kg}$ ;

5. Ring:  $R_4^{f_{min}} = -70304 \cdot 1,19 \cdot 0,16 = -13386 \text{ kg}$ ,

$R_4^{f_{max}} = 142373 \cdot 0,58 \cdot 0,16 = +13212 \text{ kg}$ ;

Mauerring:  $R_5^{f_{min}} = 0$  und  $R_5^{f_{max}} = 212677 \cdot 1,19 \cdot 0,16 = +40494 \text{ kg}$ .

Was schließlich die Spannungen in den Diagonalen betrifft, so braucht nur die am stärksten beanspruchte Diagonale berechnet zu werden, weil selbst diese noch sehr schwach wird. Gewöhnlich macht man dann alle Diagonalen gleich stark.

Die größte durch zufällige Belastung erzeugte Sparrenspannung ist durch die Diagonale zu übertragen (siehe Art. 243, S. 251); dieselbe ist  $S_5^f = -10319 \text{ kg}$ , und eine Diagonale hat demnach höchstens diese Kraft aufzunehmen. Die Spannung in den Diagonalen wird daher

$$Y_5 = \frac{10319 \cdot 7,02}{5,22} = 13877 \text{ kg}$$

fein.

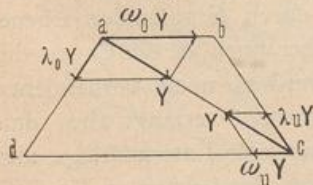
Man könnte noch für einige der oberen Diagonalen die Spannungen auffuchen, was nach dem Vorstehenden keine Schwierigkeit macht. Für die Querschnittsbestimmungen kann nun, wie bei den früheren Beispielen, eine Tabelle aufgestellt werden.

Bezeichnung des Stabes	$P_0$	$P_1$	Bezeichnung des Stabes	$P_0$	$P_1$	$P_2$
Sparren:			Ringe:			
$S_1$	-4766	-7608	$R_1$	-24396	-38932	0
$S_2$	-4346	-7966	$R_2$	+2524	+24514	-25647
$S_3$	-4402	-8400	$R_3$	+953	+19689	-19572
$S_4$	-4651	-9045	$R_4$	+183	+15589	-15926
$S_5$	-5258	-10319	$R_5$	+98	+13212	-13386
Diagonalen:			$R_6$	+20636	+40494	0
$Y$	0	13877				
	Kilogramm			Kilogramm		

2) Verfahren von Müller-Breslau.

In jedem durch zwei Sparren- und zwei Ringstäbe gebildeten Trapez des Kuppelflechtwerkes sei nur eine Diagonale vorhanden, welche sowohl Zug wie Druck aufnehmen kann. Handelt es sich um eine Construction mit gekreuzten Diagonalen, deren jede nur Zug aufnehmen kann, so nimmt man genau, wie in Art. 186 (S. 187) bei den Trägern mit Gegendiagonalen gezeigt ist, zunächst nur eine, die bei der betreffenden Belastung auf Zug beanspruchte, Diagonale als vorhanden an. Ergiebt sich durch die Berechnung, dass diese Diagonale Druck erhält, so tritt an ihre Stelle die Gegendiagonale, und das Ergebnis kann durch eine Verbesserungsrechnung leicht richtig gestellt werden.

Fig. 338.



Die in der Diagonale  $ac$  auftretende Spannung  $Y$  (Fig. 338) wird in der Ebene des betreffenden Feldes in jedem der beiden Knotenpunkte in zwei Seitenkräfte zerlegt, welche bezw. in die Richtung des anschließenden Ringstabes und diejenige des anschließenden Sparrenstabes fallen. Diese Seitenkräfte stehen in ganz bestimmtem,

246.  
Vor-  
bemerkungen.

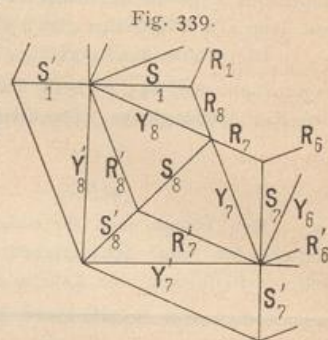
durch die Form des Trapezes vorgeschriebenem Verhältnifs zu  $Y$ . Im oberen Knotenpunkte  $a$  zerlegt sich  $Y$  in die Seitenkräfte:

$$\begin{aligned} \omega_0 Y, & \text{ welche in die Richtung des Ringstabes } ab, \text{ und} \\ \lambda_0 Y, & \text{ welche in die Richtung des Sparrenstabes } ad \end{aligned}$$

fällt. Eben so bezeichnen wir die Seitenkräfte von  $Y$  am unteren Knotenpunkte  $c$  mit  $\omega_n Y$ , bzw.  $\lambda_n Y$ .

Verfährt man in dieser Weise mit jeder Diagonale und addirt die erhaltenen Seitenkräfte zu den in den Ring-, bzw. Sparrenstäben wirkenden Spannungen  $R_1, R_2 \dots, S_1, S_2 \dots$ , so hat man bei den Untersuchungen, zunächst wenigstens, nur mit Kräften in den Ring- und Sparrenstäben zu thun; die Diagonalen sind vorläufig ausgeschaltet. Die Summenspannungen in den Sparrenstäben sollen mit  $\mathfrak{S}$ , diejenigen in den Ringstäben mit  $\mathfrak{R}$  bezeichnet werden, wobei die Zeiger die gleichen sind, wie bei den mit lateinischen Buchstaben bezeichneten Spannungen. Demnach ist (Fig. 339)

$$\left. \begin{aligned} \mathfrak{S}_8 &= S_8 + \lambda_0 Y_8 + \lambda_0 Y_7 \\ \mathfrak{S}'_8 &= S'_8 + \lambda'_n Y'_8 + \lambda'_n Y'_7 \\ \mathfrak{R}_8 &= R_8 + \omega_0 Y_8 \\ \mathfrak{R}'_8 &= R'_8 + \omega_n Y_8 + \omega'_n Y'_8 \end{aligned} \right\} \dots 345.$$



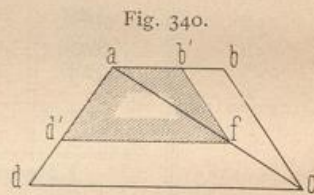
Die Werthe von  $\omega$  und  $\lambda$  kann man leicht durch Rechnung oder Zeichnung finden; graphisch, indem man das Trapezfeld in wahrer Gröfse aufzeichnet, auf der Diagonale eine beliebige Länge für  $Y$  abträgt (etwa  $\overline{af}$  in Fig. 340) und das dem Felde ähnliche Trapez  $ad'fb'$  mit  $\overline{af}$  als Diagonale konstruirt; alsdann sind seine Seiten:

$$ab' = \omega_n Y, \quad fd' = \omega_0 Y, \quad d'a = \lambda_0 Y$$

und

$$b'f = \lambda_n Y,$$

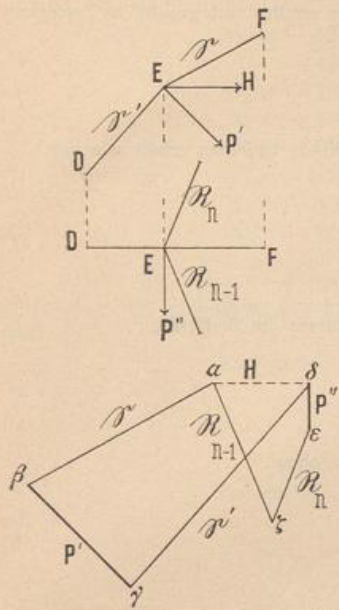
$\omega$  und  $\lambda$  haben in den Feldern der verschiedenen Zonen und allgemein auch in den Feldern derselben Zone verschiedene Werthe; diesem Umfande ist in Gleichung 345 durch die Zeiger Rechnung getragen.



247.  
Ermittelung  
der Stab-  
spannungen.

Im Knotenpunkte  $E$  (Fig. 341) wirke eine äußere Kraft  $P$  in beliebiger Richtung. Man zerlegt  $P$  in eine Seitenkraft, welche in die lothrechte Ebene des betrachteten Sparrenzuges  $DEF \dots$  fällt, die Kraft  $P'$  und in eine zu dieser Ebene senkrechte Seitenkraft  $P''$  (in Fig. 341 im Grundrifs angegeben). Fig. 341 zeigt den Sparrenzug  $DEF$  im Grundrifs und Aufrifs. Die Aufrifsebene ist durch  $DEF$  gelegt. Auch weiterhin, insbesondere bei der Berechnung des Beispiels in Art. 248, soll jeder Sparrenzug vor der graphischen Zerlegung der Kräfte in die Zeichenebene gedreht werden, wodurch sich die Arbeit wesentlich vereinfacht. Im Punkte  $E$  halten einander nunmehr die Kräfte  $\mathfrak{S}$ ,  $\mathfrak{S}'$ ,  $P'$  und  $H$  im Gleichgewicht;  $H$  ist die Mittelkraft der im Punkte  $E$  wirkenden Ringstabspannungen  $\mathfrak{R}_n$  und  $\mathfrak{R}_{n-1}$  und der Seitenkraft  $P''$ ; diese drei Kräfte wirken in einer wagrechten, durch  $E$  gehenden Ebene, also auch ihre Mittelkraft  $H$ . Diese Mittelkraft  $H$  muß aber auch in die Ebene des Sparrenzuges  $DEF$  fallen; denn die sämtlichen außerdem noch vorhandenen Kräfte  $\mathfrak{S}$ ,  $\mathfrak{S}'$  und  $P'$  fallen in diese Ebene; das Gleichgewicht verlangt also, daß auch die letzte Kraft  $H$  in diese Ebene falle. Geht man nun vom Laternenringe aus, so ist für den obersten Punkt  $\mathfrak{S}$  gleich Null; mithin sind aus der bekannten Kraft  $P'$

Fig. 341.



leicht durch Zerlegung  $H$  und  $\mathfrak{S}'$  zu finden. Im Grundriss kennt man jetzt  $H$  und  $P''$ ; daher können auch hier die beiden fehlenden Kräfte ( $\mathfrak{R}_n$  und  $\mathfrak{R}_{n-1}$ ) durch Construction eines Kraftpolygons gefunden werden. Bei den weiter unten folgenden Knotenpunkten ist aber  $\mathfrak{S}$  nach Vorstehendem bereits ermittelt, und man hat wiederum für jedes Kraftpolygon nur zwei Unbekannte.

In Fig. 341 ist  $\overline{\alpha\beta} = \mathfrak{S}$  und  $\overline{\beta\gamma} = P'$  durch vorherige Construction gefunden, bzw. gegeben; die zu  $\mathfrak{S}'$  und  $H$  gezogenen Parallelen vervollständigen das Kraftpolygon. Es ist  $\gamma\delta = \mathfrak{S}'$  und  $\delta\alpha = H$ . An  $H$  ist nunmehr in  $\delta$  die Kraft  $P'' = \delta\varepsilon$  gelegt und da die Mittelkraft von  $H$  und  $P''$  gleich derjenigen von  $\mathfrak{R}_{n-1}$  und  $\mathfrak{R}_n$  ist, so geben die durch  $\alpha$  und  $\varepsilon$  gezogenen Parallelen zu  $\mathfrak{R}_{n-1}$  und  $\mathfrak{R}_n$  die Kräfte  $\mathfrak{R}_n = \varepsilon\zeta$  und  $\mathfrak{R}_{n-1} = \zeta\alpha$ . Das Kraftpolygon  $\alpha\zeta\varepsilon\delta\alpha$  gehört zum Grundriss; man kann aber beide Kraftpolygone, wie in Fig. 341 geschehen ist, vereinen, wobei man das

eine um die Linie  $\alpha\delta$  in die Ebene des anderen gedreht denkt.

Aus den Werthen  $\mathfrak{S}$ ,  $\mathfrak{R}$ ,  $\lambda$  und  $\omega$  können nun die Werthe  $S$ ,  $R$  und  $Y$  ermittelt werden, indem man zunächst für die Knotenpunkte ohne Diagonalen die Werthe

für  $S$  und  $R$  auffucht und so eine Reihe von bekannten Gröfsen erhält, durch deren Einführung in die Gleichungen 345 alle Unbekannten bestimmbar werden.

Das vorgeführte Verfahren soll an einem Beispiele gezeigt werden.

Beispiel. Die in Fig. 342 im Grundriss und Aufriss dargestellte Kuppel über achteckiger Grundfläche, bei welcher der Durchmesser des umschriebenen Kreises 20m beträgt, sei links der lothrechten Schnittebene  $AA$  nur mit dem Eigengewicht, rechts von der Ebene  $AA$  voll belastet. Die Knotenpunktlasten betragen

248.  
Beispiel.

durch Eigengewicht allein                    insgesamt  
im Laternenring:  $G_1 = 500 \text{ kg}$ ,     $G_1 + P_1 = 1500 \text{ kg}$ ;  
im mittleren Ring:  $G_2 = 800 \text{ kg}$ ,     $G_2 + P_2 = 2500 \text{ kg}$ .

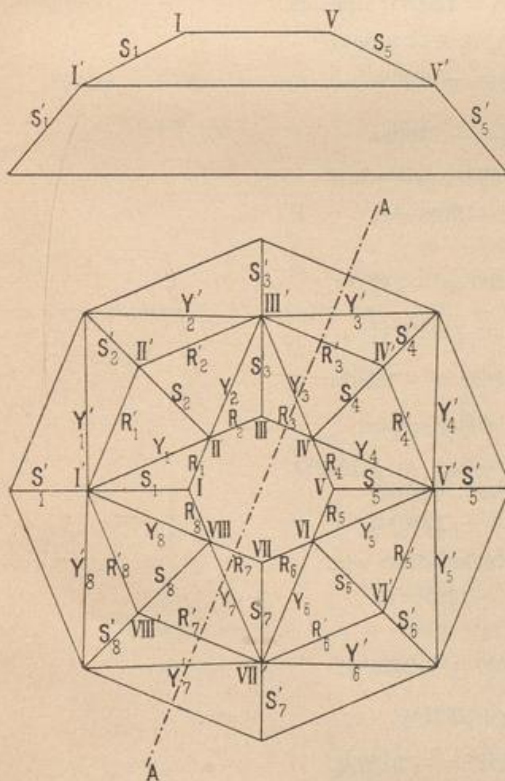
Die Lasten werden als lothrecht angenommen; die dieser Belastung entsprechenden Stabspannungen sind zu ermitteln.

Zunächst sind nach Fig. 340 die Zahlenwerthe für  $\omega_0, \lambda_n, \omega_n, \lambda_n$  der oberen Felder und  $\omega'_0, \lambda'_n, \omega'_n, \lambda'_n$  der unteren Felder ermittelt. Man erhält

$\omega_0 = 0,94,$	$\lambda_0 = 0,8,$
$\omega_n = 0,39,$	$\lambda_n = 0,8,$
$\omega'_0 = 0,96,$	$\lambda'_0 = 6,6,$
$\omega'_n = 0,67,$	$\lambda'_n = 0,6,$

Stäbe der oberen Felder. In den Knotenpunkten  $I, III, V, VII$  des Laternenringes

Fig. 342.



treffen nur je drei Stäbe zusammen; die Zerlegung wird ganz, wie in Art. 247 gezeigt ist, vorgenommen. In jedem der Knotenpunkte *I* und *III* wirkt die Last  $G = 500 \text{ kg}$ , und man erhält durch graphische Zerlegung

$$S_1 = S_3 = - 1050 \text{ kg}$$

und

$$R_1 = R_8 = R_2 = R_3 = - 1230 \text{ kg}.$$

In den Knotenpunkten *V* und *VII* wirkt die Belastung  $G_1 + P_1 = 1500 \text{ kg}$ , und man erhält wie vor

$$S_5 = S_7 = - 3150 \text{ kg}$$

und

$$R_4 = R_5 = R_6 = R_7 = - 3700 \text{ kg}.$$

Nunmehr sind die Knotenpunkte mit Diagonalen zu betrachten.

Knotenpunkt II. Es wirken: Knotenpunktlast  $G_1 = 500 \text{ kg}$ ; ferner die Stabkräfte

$$\mathfrak{S}_2 = S_2 + \lambda_0 Y_1 + \lambda_0 Y_2,$$

$$\mathfrak{R}_1 = R_1 + \omega_0 Y_1,$$

$$\mathfrak{R}_2 = R_2 + \omega_0 Y_2.$$

Die graphische Zerlegung von  $G_1$  in  $\mathfrak{S}_2$ ,  $\mathfrak{R}_1$  und  $\mathfrak{R}_2$  ergibt wie oben

$$\mathfrak{S}_2 = - 1050 \text{ kg}$$

und

$$\mathfrak{R}_1 = \mathfrak{R}_2 = - 1230 \text{ kg}.$$

Hieraus folgt

$$\omega_0 Y_1 = \mathfrak{R}_1 - R_1 = 0, \quad Y_1 = 0,$$

$$\omega_0 Y_2 = \mathfrak{R}_2 - R_2 = 0, \quad Y_2 = 0.$$

$$S_2 = \mathfrak{S}_2 = - 1050 \text{ kg}.$$

Eben so ergibt sich durch Betrachtung des Knotenpunktes VI:

$$Y_6 = Y_5 = 0 \quad \text{und} \quad S_6 = - 3150 \text{ kg}.$$

Knotenpunkt IV. Knotenpunktlast  $G_1 + P_1 = 1500 \text{ kg}$ ; demnach

$$\mathfrak{S}_4 = S_4 + \lambda_0 Y_4 + \lambda_0 Y_3 = - 3150 \text{ kg},$$

$$\mathfrak{R}_3 = R_3 + \omega_0 Y_3 = - 3700 \text{ kg}$$

und

$$\mathfrak{R}_4 = R_4 + \omega_0 Y_4 = - 3700 \text{ kg}.$$

Oben war gefunden:  $R_3 = - 1230 \text{ kg}$  und  $R_4 = - 3700 \text{ kg}$ ; demnach ist

$$\omega_0 Y_4 = - 3700 + 3700 = 0,$$

$$Y_4 = 0;$$

$$\omega_0 Y_3 = - 3700 + 1230 = - 2470 \text{ kg},$$

$$Y_3 = - \frac{2470}{0,94} = - 2627 \text{ kg};$$

$$S_4 = - 3150 + 0,8 \cdot 2627 = - 1050 \text{ kg}.$$

Knotenpunkt VIII. Knotenpunktlast  $G_1 = 500 \text{ kg}$ ; mithin

$$\mathfrak{S}_8 = S_8 + \lambda_0 Y_8 + \lambda_0 Y_7 = - 1050 \text{ kg},$$

$$\mathfrak{R}_8 = R_8 + \omega_0 Y_8 = - 1230 \text{ kg},$$

$$\mathfrak{R}_7 = R_7 + \omega_0 Y_7 = - 1230 \text{ kg}.$$

Oben ist gefunden:  $R_8 = - 1230 \text{ kg}$  und  $R_7 = - 3700 \text{ kg}$ ; daher wird

$$\omega_0 Y_8 = - 1230 + 1230 = 0,$$

$$Y_8 = 0;$$

$$\omega_0 Y_7 = - 1230 + 3700 = + 2470 \text{ kg},$$

$$Y_7 = \frac{2470}{0,94} = + 2627 \text{ kg};$$

$$S_8 = - 1050 - 0,8 \cdot 2627 = - 3150 \text{ kg}.$$

Demnach ist in den oberen Feldern

$$\begin{array}{lll}
 R_1 = -1230 \text{ kg}, & S_1 = -1050 \text{ kg}, & Y_1 = 0; \\
 R_2 = -1230 \text{ kg}, & S_2 = -1050 \text{ kg}, & Y_2 = 0; \\
 R_3 = -1230 \text{ kg}, & S_3 = -1050 \text{ kg}, & Y_3 = -2627 \text{ kg}; \\
 R_4 = -3700 \text{ kg}, & S_4 = -1050 \text{ kg}, & Y_4 = 0; \\
 R_5 = -3700 \text{ kg}, & S_5 = -3150 \text{ kg}, & Y_5 = 0; \\
 R_6 = -3700 \text{ kg}, & S_6 = -3150 \text{ kg}, & Y_6 = 0; \\
 R_7 = -3700 \text{ kg}, & S_7 = -3150 \text{ kg}, & Y_7 = +2627 \text{ kg}; \\
 R_8 = -1230 \text{ kg}, & S_8 = -3150 \text{ kg}, & Y_8 = 0.
 \end{array}$$

Stäbe der unteren Felder. In den Knotenpunkten  $II'$ ,  $IV'$ ,  $VI'$ ,  $VIII'$  setzen keine Diagonalen an. Die graphische Zerlegung erfolgt hier, genau wie in Art. 247 (S. 256) gezeigt ist. Man erhält

$$\text{Knotenpunkt } II': S_2 = -1050 \text{ kg}, \quad G_2 = 800 \text{ kg}$$

und

$$S_2' = -1700 \text{ kg};$$

$$R_1' = -150 \text{ kg} \quad \text{und} \quad R_2' = -150 \text{ kg}.$$

$$\text{Knotenpunkt } VIII': S_8 = -3150 \text{ kg}, \quad G_2 = 800 \text{ kg}$$

und

$$S_8' = -2800 \text{ kg};$$

$$R_7' = +1350 \text{ kg} \quad \text{und} \quad R_8' = +1350 \text{ kg}.$$

$$\text{Knotenpunkt } IV': S_4 = -1050 \text{ kg}, \quad G_2 + P_2 = 2500 \text{ kg}$$

und

$$S_4' = -3880 \text{ kg};$$

$$R_3' = -1950 \text{ kg} \quad \text{und} \quad R_4' = -1950 \text{ kg}.$$

$$\text{Knotenpunkt } VI': S_6 = -3150 \text{ kg}, \quad G_2 + P_2 = 2500 \text{ kg}$$

und

$$S_6' = -5050 \text{ kg};$$

$$R_5' = -550 \text{ kg} \quad \text{und} \quad R_6' = -550 \text{ kg}.$$

In den Knotenpunkten mit Diagonalen ergibt sich das Folgende.

$$\text{Knotenpunkt } I': S_1 = -1050 \text{ kg}, \quad Y_1 = 0, \quad Y_8 = 0$$

und

$$G_2 = 800 \text{ kg};$$

$$\mathfrak{S}_1' = S_1' + \lambda_0' Y_1' + \lambda_0' Y_8' = -1700 \text{ kg},$$

$$\mathfrak{R}_1' = R_1' + \omega_0' Y_1' = -150 \text{ kg},$$

$$\mathfrak{R}_8' = R_8' + \omega_0' Y_8' = -150 \text{ kg}.$$

Oben war gefunden:  $R_1' = -150 \text{ kg}$  und  $R_8' = +1350 \text{ kg}$ ; demnach ist

$$\omega_0' Y_1' = -150 + 150 = 0$$

und

$$Y_1' = 0;$$

$$\omega_0' Y_8' = -150 - 1350 = -1500 \text{ kg},$$

$$Y_8' = -\frac{1500}{0,96} = -1560 \text{ kg};$$

$$S_1' = -1700 + 0,96 \cdot 1560 = -760 \text{ kg};$$

daher

$$Y_1' = 0 \quad \text{und} \quad Y_8' = -1560 \text{ kg}.$$

$$\text{Knotenpunkt } V': S_5 = -3150 \text{ kg}, \quad G_2 + P_2 = 2500 \text{ kg}$$

und

$$Y_5 = Y_4 = 0;$$

$$\mathfrak{S}_5' = S_5' + \lambda_0' Y_4' + \lambda_0' Y_5' = -5050 \text{ kg},$$

$$\mathfrak{R}_4' = R_4' + \omega_0' Y_4' = -550 \text{ kg},$$

$$\mathfrak{R}_5' = R_5' + \omega_0' Y_5' = -550 \text{ kg}.$$

Oben war gefunden:  $R_5' = -550$  kg; demnach  $Y_5' = 0$ ;  
 $R_4' = -1950$  kg;

also

$$\begin{aligned}\omega_0' Y_4' &= -550 + 1950 = +1400 \text{ kg,} \\ Y_4' &= \frac{1400}{0,96} = +1460 \text{ kg;} \\ S_5' &= -5050 - 0,6 \cdot 1460 = -5930 \text{ kg.}\end{aligned}$$

Knotenpunkt III':  $\mathcal{E}_3 = -1050$  kg  $+ \lambda_u Y_3 = -1050 - 0,8 \cdot 2627 = -3150$  kg,  
 $G_2 = 800$  kg,

fomit

$$\begin{aligned}Y_2 &= 0 \text{ und } Y_3 = -2627 \text{ kg;} \\ \mathcal{E}_3' &= S_3' + \lambda_0' Y_2' + \lambda_0' Y_3' = -2800 \text{ kg,} \\ \mathfrak{R}_2' &= R_2' + \omega_u Y_2 + \omega_0' Y_2' = +1350 \text{ kg,} \\ \mathfrak{R}_3' &= R_3' + \omega_u Y_3 + \omega_0' Y_3' = +1350 \text{ kg.}\end{aligned}$$

Es ist

$$\omega_u Y_2 = 0$$

und

$$\omega_u Y_3 = -0,39 \cdot 2627 = -1025 \text{ kg.}$$

Oben war gefunden:  $R_2' = -150$  kg und  $R_3' = -1950$  kg; daher ist

$$\omega_0' Y_2' = 1350 + 150 = +1500 \text{ kg}$$

und

$$\begin{aligned}Y_2' &= \frac{1500}{0,96} = +1560 \text{ kg;} \\ \omega_0' Y_3' &= +1350 + 1950 + 1025 = +4325 \text{ kg,} \\ Y_3' &= \frac{4325}{0,96} = +4510 \text{ kg;} \\ S_3' + 0,6 \cdot 1560 + 0,6 \cdot 4510 &= -2800 \text{ kg,} \\ S_3' &= -6410 \text{ kg.}\end{aligned}$$

Knotenpunkt VII':  $Y_6 = 0$ ,  $Y_7 = 2627$  kg

und

$$G_2 + P_2 = 2500 \text{ kg;}$$

demnach

$$\begin{aligned}\mathcal{E}_7 &= S_7 + \lambda_u Y_6 + \lambda_u Y_7 = -3150 + 0,8 \cdot 2627 = -1050 \text{ kg,} \\ \mathcal{E}_7' &= S_7' + \lambda_0' Y_7' + \lambda_0' Y_6' = -3880 \text{ kg,} \\ \mathfrak{R}_6' &= R_6' + \omega_u Y_6 + \omega_0' Y_6' = -1950 \text{ kg,} \\ \mathfrak{R}_7' &= R_7' + \omega_u Y_7 + \omega_0' Y_7' = -1950 \text{ kg.}\end{aligned}$$

Oben ist gefunden:  $R_6' = -550$  kg,  $R_7' = +1350$  kg und  $Y_7 = 2627$  kg; also

$$Y_7 = 0,39 \cdot 2627 = 1025 \text{ kg;}$$

fomit wird

$$\omega_0' Y_6' = -1950 + 550 = -1400 \text{ kg}$$

und

$$\begin{aligned}Y_6' &= -\frac{1400}{0,96} = -1460 \text{ kg;} \\ 1350 + 1025 + \omega_0' Y_7' &= -1950 \text{ kg,} \\ \omega_0 Y_7' &= -1950 - 2375 = -4325 \text{ kg,} \\ Y_7' &= -\frac{4325}{0,96} = -4510 \text{ kg;} \\ S_7' &= -3880 + 0,6 (4510 + 1460) = -300 \text{ kg.}\end{aligned}$$

Die Spannungen in den unteren Feldern sind daher:

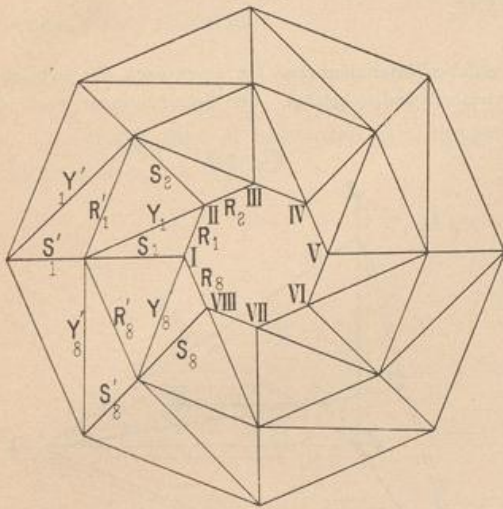
$R_1' = -150$ kg,	$S_1' = -760$ kg,	$Y_1' = 0$ ,
$R_2' = -150$ kg,	$S_2' = -1700$ kg,	$Y_2' = +1560$ kg,
$R_3' = -1950$ kg,	$S_3' = -6410$ kg,	$Y_3' = +4510$ kg,
$R_4' = -1950$ kg,	$S_4' = -3880$ kg,	$Y_4' = +1460$ kg,
$R_5' = -550$ kg,	$S_5' = -5930$ kg,	$Y_5' = 0$ ,
$R_6' = -550$ kg,	$S_6' = -5050$ kg,	$Y_6' = -1460$ kg,
$R_7' = +1350$ kg,	$S_7' = -300$ kg,	$Y_7' = -4510$ kg,
$R_8' = +1350$ kg,	$S_8' = -2800$ kg,	$Y_8' = -1560$ kg.

Die Spannungen im Fufsring können auf den gefundenen Werthen leicht ermittelt werden. Es wird empfohlen, von den 8 Auflagern eines um das andere als festes Auflager zu construiren.

Wenn kein Knotenpunkt ohne Diagonalen vorhanden ist, wenn z. B. die Anordnung nach Fig. 343 vorliegt, so ist die Ermittlung der Diagonalen-Spannungen auf gleichem Wege leicht durchführbar.

249.  
Andere  
Anordnung  
der  
Diagonalen.

Fig. 343.



Man zerlege die Knotenlast im Knotenpunkte I in die Stabkräfte

$$\mathfrak{R}_8 = R_8 + \omega_0 Y_8,$$

$$\mathfrak{S}_1 = S_1 + \lambda_0 Y_8 \quad \text{und} \quad R_1;$$

ferner die im Knotenpunkte II wirkende Belastung in die Stabkräfte

$$\mathfrak{R}_1 = R_1 + \omega_0 Y_1,$$

$$\mathfrak{S}_2 = S_2 + \lambda_0 Y_1 \quad \text{und} \quad R_2.$$

Man kennt also  $\mathfrak{R}_1$  aus der Zerlegung am Knotenpunkt II,  $R_1$  aus der Zerlegung am Knotenpunkte I; mithin kann man  $Y_1$  aus der Gleichung

$$\omega_0 Y_1 = \mathfrak{R}_1 - R_1$$

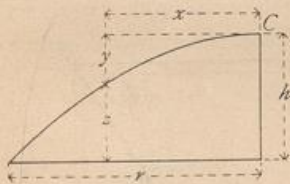
finden. In gleicher Weise ergeben sich alle Diagonalspannungen.

### 3) Erzeugende Kuppelcurve.

Die erzeugende Curve ist in den meisten Fällen eine Parabel (Fig. 344) der Gleichung  $y = \frac{hx^2}{r^2}$ , bei welcher der Anfangspunkt der Coordinaten im Scheitel C liegt, die halbe Spannweite gleich  $r$ , die Pfeilhöhe gleich  $h$  gesetzt ist, oder eine cubische Parabel der Gleichung  $y = \frac{hx^3}{r^3}$ .

250.  
Parabel-  
Kuppel.

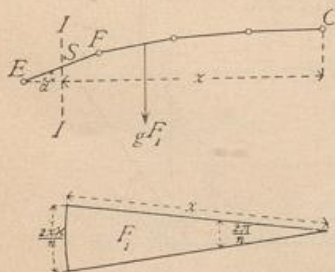
Fig. 344.



Letztere Curvenform hat den Vortheil, dass in den Zwischenringen bei gleichmäßig verteilter Belastung die Spannung Null herrscht und dass die Spannungen in den Sparren nahezu constant sind, was sich folgendermaßen ergibt.

Die Spannung im Sparrenstab EF (Fig. 345) ist durch Betrachtung des Theiles zwischen dem Scheitel C und dem durch die Sparrenmitte gelegten Schnitte II zu ermitteln. Die algebraische Summe der auf dieses Stück wirkenden lothrechten Kräfte ist gleich Null, daher, wenn die belastende Grundfläche mit  $F_1$  und die Belastung für 1 qm der Grundfläche mit  $g$  bezeichnet wird,  $S \sin \alpha = g F_1$ . Nun ist

Fig. 345.



$$F_1 = \frac{x^2 \pi}{n}, \quad \text{mithin} \quad S \sin \alpha = \frac{g x^2 \pi}{n} = S \cos \alpha \operatorname{tg} \alpha.$$

Wird statt des Vieleckes die stetig gekrümmte Curve der Berechnung zu Grunde gelegt, so ist

$$y = \frac{hx^3}{r^3} \quad \text{und} \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{dy}{dx} = \frac{3hx^2}{r^3};$$

mithin

$$S \cos \alpha \frac{3hx^2}{r^3} = \frac{g x^2 \pi}{n}, \quad \text{woraus} \quad S \cos \alpha = \frac{g \pi r^3}{3n h}, \quad 346.$$

d. h.  $S \cos \alpha$  ist constant. Da aber wegen der flachen Neigung der Kuppel der Winkel  $\alpha$  sehr klein ist, so ändert sich auch  $\cos \alpha$  sehr wenig; die Spannung ist daher im ganzen Sparren nahezu constant.