$$1. \ldots\ldots k_1 . F_e = k\frac{\delta}{4}$$

$$2. \ldots\ldots k\frac{\delta}{4} \cdot \frac{3}{4}\delta = M_{max}$$

woraus:

$$I. \ldots\ldots\ldots \delta = 2{,}31\sqrt{\frac{M_{max}}{k}}$$

$$II. \ldots\ldots\ldots F_e = \frac{1}{4}\frac{k}{k_1}\delta$$

II. Monier-Gewölbe für gleichmässig vertheilte Belastung, ganz und einseitig.

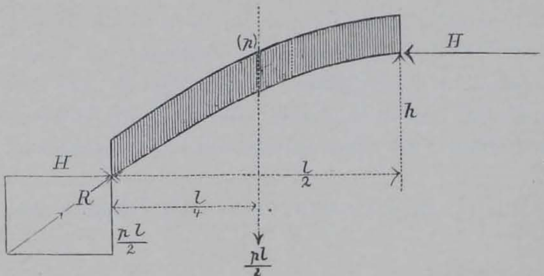
A. Kappengewölbe.

1. Volle Belastung.

a) Parabelbogen.

Für gleichmässig vertheilte volle Belastung ist der Parabelbogen Stützlinie. Ist also das Moniergewölbe nach einem Parabelbogen geformt, und bezeichnet p die Belastung für die Flächeneinheit Grundriss, l die Spannweite, h die Pfeilhöhe (Abb. 2), so erhält man aus der Kräftepaargleichung am halben Gewölbe den Seitenschub H, also aus Gleichung

Abb. 2.



$$Hh = \frac{pl}{2} \cdot \frac{l}{4} \quad \text{oder}$$

$$1. \ldots H = \frac{pl^2}{8h}$$

Der grösste Druck findet am Kämpfer statt, und ist daselbst

$$R = \sqrt{\left(\frac{pl}{2}\right)^2 + H^2} \text{ oder}$$

$$2. \ldots R = \frac{pl}{2}\sqrt{1 + \frac{l^2}{16\,h^2}}$$

Bezeichnet wie unter I:

δ die Dicke der Platte,

k die zulässige Druckspannung des Cementmörtels,

k_1 diejenige des Schmiedeeisens,

F_e den Eisenquerschnitt, so wird mit Gl. 2,

$$(\delta - F_e)\,k + F_e \,.\, k_1 = \frac{pl}{2}\sqrt{1 + \frac{1}{16}\frac{l^2}{h^2}}$$

Setzt man $F_e = \frac{1}{n}\delta$, so wird

$$\delta = \frac{pl}{2}\,\frac{\sqrt{1 + \frac{1}{16}\frac{l^2}{h^2}}}{k + \frac{1}{n}(k_1 - k)}$$

Wir nehmen das Verhältniss $\frac{l}{h}$ konstant = 10; alsdann wird

$$\text{I.} \; \ldots \ldots \; \delta = 1{,}35 \; pl \, \frac{1}{k + \frac{1}{n}(k_1 - k)}$$

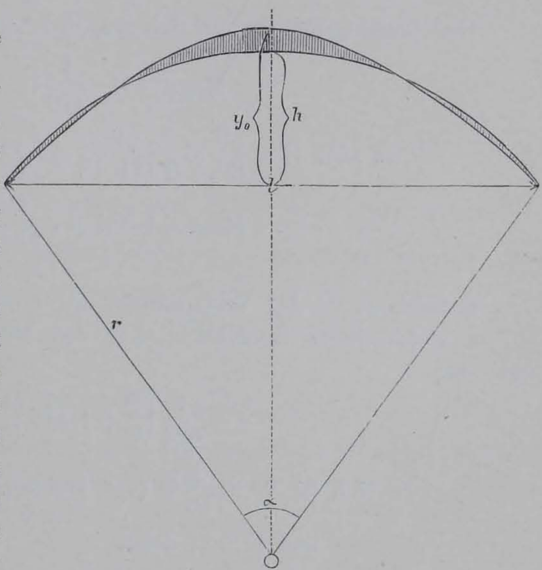
$$\text{II.} \; \ldots \ldots \; F_e = \frac{1}{n} \delta$$

b) Kreisbogen.

Volle gleichmässig vertheilte Belastung.

Die unter a ermittelten Werthe gelten nur unter der gemachten Voraussetzung eines Parabelbogens. Wird letzterer in der Praxis durch einen Kreisbogen ersetzt, so treten noch Biegungsmomente auf, die mit wachsendem Pfeilverhältniss $\frac{h}{l}$ zunehmen. Um die Grösse derselben festzustellen, ist zu beachten, dass die Parabelstützlinie mit hinreichender Genauigkeit aus der Bedingung sich ableiten lässt, dass dieselbe um ebenso viel nach oben wie nach unten vom Kreisbogen abweicht (Abb. 3) in der Art, dass die algebraische Summe der senkrecht gestrichelten Momentenflächen gleich Null ist. Hiernach muss der Flächeninhalt des Parabelabschnitts mit der Pfeilhöhe y_0 gleich dem des Kreisabschnitts sein. Die Bedingung lautet daher:

Abb. 3.



$$\frac{2}{3} l \cdot y_0 = \frac{r^2}{2} \alpha - \frac{1}{2} (r - h)$$

$$\text{Da aber } \sin \alpha = \frac{l\,(r-h)}{r^2} \text{ und } r = \frac{l^2}{8h} + \frac{h}{2}$$

so wird

$$\frac{2}{3} l \cdot y_0 = \frac{1}{2} \left(\frac{l^2}{8h} + \frac{h}{2}\right)^2 \left[\text{arc sin} = \frac{l\left(\frac{l^2}{8h} - \frac{h}{2}\right)}{\left(\frac{l^2}{8h} + \frac{h}{2}\right)^2}\right] - \frac{1}{2}\left(\frac{l^2}{8h} - \frac{h}{2}\right) \text{ oder}$$

$$\frac{y_0}{l} = \frac{3}{4} \left(\frac{l}{8h} + \frac{h}{2l}\right)^2 \left[\text{arc sin} = \frac{8\frac{l^3}{h^3} - 32\frac{l}{h}}{\left(\frac{l^2}{h^2} + 4\right)^2}\right] - \frac{3}{4}\left(\frac{l}{8h} - \frac{h}{2l}\right)$$

für $\frac{l}{h} = 10$ gesetzt, erhält man

$$\frac{y_0}{l} = \frac{3}{356}(10+0,4)^2\left(\text{arc}\sin = \frac{8[10-0,4]}{[10+0,4]^2}\right) - \frac{3}{32}(10-0,4)$$

$$= \frac{3}{256} \cdot 108,16 \cdot 0,79 - \frac{3}{32} \cdot 9,6$$

$$= 1,0013 - 0,9$$

$$= 0,1013; \text{ also}$$

$$y_0 - h = l\,(0,1013 - 0,10)$$

$$= 0,0013\; l = \frac{1}{770}\, l.$$

Das Biegungsmoment im Scheitel, welches das grösste, ist somit

$$M_{max} = H \cdot \frac{1}{770}\, l;$$

da aber $H = \frac{pl^2}{8y_0} = \frac{pl}{8 \cdot 0,1013} = 1,234$ pl, so wird

$$1. \;.\;.\;.\;.\;.\; M_{max} = 1,234\, pl \cdot \frac{1}{770}\, l = \frac{1}{624}\, pl^2$$

Bezeichnet W das Widerstandsmoment und F den Querschnitt, so ist bei gleichzeitiger Berücksichtigung des Mitteldrucks H die grösste Spannung

$$\sigma = \frac{1}{624}\frac{pl^2}{W} + 1,234\,\frac{pl}{F}$$

Nun ist $W = \frac{3}{16}\,\delta^2$ (vgl. Monierplatte Gl. 2)

und $F = \delta$; daher

$$2. \;.\;.\;.\;.\;.\; \sigma = \frac{1}{117}\frac{pl^2}{\delta^2} + 1,234\,\frac{pl}{\delta}$$

Setzt man $\sigma =$ der zulässigen Beanspruchung k, so ergiebt sich δ aus Gleichung

$$\delta^2 - 1,234\,\frac{pl}{k}\,\delta = \frac{1}{117}\frac{pl^2}{k}, \text{ woraus}$$

$$\text{I.} \;.\;.\;.\;.\; \delta = \frac{pl}{k}\left(0,617 + \sqrt{0,38 + \frac{1}{117}\frac{k}{p}}\right)$$

Der Eisenquerschnitt kann, wenn auch etwas zu gross, wie bei der Monierplatte angenommen werden, und zwar ist danach

$$\text{II.} \;.\;.\;.\;, \; F_e = \frac{1}{4}\frac{k}{k_1}\,\delta$$

2. Einseitige Belastung.

Die ungünstigste einseitige Belastung liegt dann vor, wenn nahezu die Hälfte des Bogens belastet ist; ist dann p_1 die Last für die Flächeneinheit Grundriss, so wird der Seitenschub hinreichend genau $= \frac{p_1\, l^2}{16\,.\,y_0}$ und

$$M_{max} = \frac{p_1\, l^2}{64}; \text{ daher die grösste Beanspruchung}$$

$$\sigma_1 = \frac{p_1\, l^2}{64\,.\,W} + \frac{p_1\, l^2}{16\, y_0\,.\,F}; \text{ für volle Belastung war}$$

$$\sigma = \frac{1}{624}\,\frac{pl^2}{W} + \frac{p\, l^2}{8\, y_0\, F}; \text{ soll } p_1 \text{ so gewählt werden, das } \sigma_1 = \sigma \text{ wird, so muss}$$

$$p_1 \left(\frac{1}{64} + \frac{1}{16}\,\frac{1}{y_0}\cdot\frac{W}{F}\right) = p \left(\frac{1}{624} + \frac{1}{8}\,\frac{1}{y_0}\,\frac{W}{F}\right)$$

da aber $\frac{W}{F} = \frac{3}{16}\,\delta$ und $\frac{1}{y_0} = \frac{1}{0{,}1013\, l}$, so wird

$$\text{III.} \;\ldots\ldots\; \frac{p^1}{p} = \frac{\frac{1}{624} + \frac{1}{4{,}32}\,\frac{\delta}{l}}{\frac{1}{64} + \frac{1}{2{,}16}\,\frac{\delta}{l}}$$

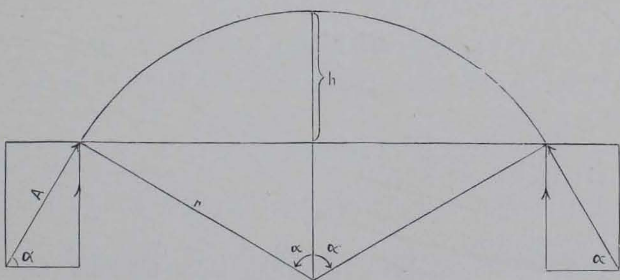
Man kann nun für den vorliegenden Zweck hinreichend genau für $\frac{\delta}{l}$ einen unveränderlichen Durchschnittswerth $= \frac{1}{120}$ einführen; es wird dann

$$\text{IV.} \;\ldots\ldots\; \frac{p^1}{p} = \text{rd. } \frac{1}{5}.$$

B. Kuppelgewölbe.

Die Rundeisenstäbe werden nach Richtungen der Trajektorien der Hauptspannungen eingelegt, folgen also (nach der Schwedler'schen Theorie) den Meridianen und Parallelkreisen.

Abb. 4.



Bezeichnet:

p das Gewicht der Flächeneinheit Kuppeloberfläche mit Einschluss der Auflast, die in radialer Richtung durchweg gleich hoch aufliege,

A die Meridianspannung für die Längeneinheit Parallelkreis (Druck positiv),