Es ist aber noch eine weitere Berichtigung anzubringen, die sich aus dem elastischen Verhalten des zur Herstellung des Hohlzylinders verwendeten Werkstoffes ergibt.

Der Hohlzylinder (s. Abb. 10) dehnt sich unter Druck. Die Formel für die Dehnung des Inneren eines Hohlzylinders, der wie im vorliegenden Falle nur radial beansprucht wird, lautet nach GRASHOF [5]

$$\varepsilon_1 = \frac{p}{E}\,\frac{r_i^2}{r_a^2 - r_i^2}\left(\frac{m+1}{m}\cdot\frac{r_a^2}{r_i^2} + \frac{m-1}{m}\right) = \frac{p}{E}\cdot K, \qquad (9)$$

wobei p der Innendruck, E der Elastizitätsmodul, r_i der innere, r_a der äußere Radius des Hohlzylinders und m das Verhältnis der Längsdehnung zur Querkontraktion $\left(\sim 10/3 = \frac{1}{\mu}\right.$ POISSONsche Zahl$\left.\right)$ ist.

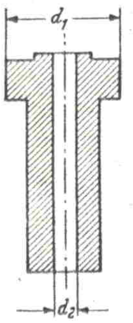

Abb. 10. Form eines Hohlzylinders bei der STÜCKRATHschen Druckwaage $d_1 = 2r_a$ und $d_2 = 2r_i$.

Die Formel (9) hat zur Voraussetzung, daß die Dehnungen innerhalb der Proportionalitätsgrenze bleiben.

Da die Flächendehnung gleich dem Doppelten der Längsdehnung gesetzt werden kann, so kann für den Querschnitt des Hohlzylinders in Erweiterung des Ansatzes (7a) geschrieben werden:

$$q_0 = q_0 + \Delta' q_0 + \Delta'' q_0, \qquad (10\text{a})$$

wo

$$\Delta'' q_0 = +2\,\varepsilon_1 q_0$$

ist. Alsdann wird

$$p'' = p + p\left(\frac{\Delta w}{w} - \frac{\Delta' q_0}{q_0}\right) - p\cdot 2\,\varepsilon_1 = p + k_0 + k_1, \qquad (10\text{b})$$

$$\left.\begin{aligned} k_1 &= -2\,\varepsilon_1 p = -\frac{p^2}{E}\cdot\frac{2\,r i^2}{r_a^2 - r_i^2}\cdot\left(1{,}3\,\frac{r_a^2}{r_i^2} + 0{,}7\right) \\ &= -\frac{K\cdot p^2}{E}. \end{aligned}\right\} \qquad (10\text{c})$$

Es kommt also noch ein in p quadratisches Glied hinzu.

Damit sind die Berichtigungen für die manschettengedichteten Kolbenmanometer (Manschette am Kolben) erledigt.

a_2) AMAGATscher Kolben.

Außer der Berichtigung $\Delta' q_0$ ist ebenfalls eine Dehnungskorrektion $\Delta'' q_0$ anzubringen. Letztere setzt sich aber im Fall a_2 aus 2 Teilen zusammen: Der Dehnung des Hohlzylinders und der Formänderung des Kolbenquerschnittes. Im Falle der elastischen Druckbeeinflussung des Kolbens sind wiederum 2 Beiträge zu beachten. Einmal wird der Kolben unter der Einwirkung der belastenden Gewichtsstücke verformt und außerdem, weil durch den Spalt zwischen Kolben und Zylinderinnenwand Flüssigkeit austritt, durch einen zentripetalen Druck zusammengedrückt. Das Letztere ergibt eine Querschnittsverringerung des Kolbens.

Die Verformung durch die Einwirkung der belastenden Gewichtsstücke kann sich im Sinne sowohl einer Vergrößerung wie einer Verringerung des Kolbenquerschnittes zeigen, je nach der Richtung, in der die Gewichtsstücke wirken, ob sie am Kolben ziehen oder ihn stauchen.

Es ist allgemein anzusetzen:

$$q = q_0 + \Delta' q_0 + \Delta'' q_0, \qquad (11\text{a})$$

wo

$$\Delta'' q_0 = \frac{+2\,\varepsilon_1 q_0 \pm 2\,\varepsilon_2 q_0 - 2\,\varepsilon_3 q_0}{2} = \frac{(\varepsilon_1 \pm \varepsilon_2 - \varepsilon_3)\,q_0}{2}. \qquad (11\text{b})$$

ε_1 rührt von der Hohlzylinderdehnung her, ε_2 vom Stauchen oder vom Strecken des Kolbens und ε_3 vom Komprimieren des letzteren. Die 3 Anteile also verteilen sich auf Zylinder sowie Kolben, und zwar ε_1 auf Zylinder, ε_2 und ε_3 auf Kolben. Für den wirksamen Querschnitt aber kommt beim AMAGATschen Kolben das arithmetische Mittel in Betracht, daher die 2 im Nenner der Formel (11b).

Es ist

$$\varepsilon_2 = \frac{p}{E}\cdot\mu, \qquad (11\text{c})$$

$$\varepsilon_3 = \frac{1-\mu}{E}\cdot p. \qquad (11\text{d})$$

ε_2 und ε_3 zusammen bewirken eine Querschnittsänderung von

$$\left.\begin{aligned} \pm\,\varepsilon_2 - \varepsilon_3 &= \pm\,\frac{p}{E}\cdot\mu - \frac{p}{E}\,(1-\mu) \\ &= \begin{cases} -\dfrac{p}{E}\,(1-2\mu) = -\dfrac{\varkappa}{3}\cdot p \\ -\dfrac{p}{E} \end{cases} \\ &(\varkappa = \text{kubischer Kompr. Koeff.}). \end{aligned}\right\} \qquad (11\text{e})$$

Daraus ergibt sich

$$p'' = p - p\,(\varepsilon_1 \pm \varepsilon_2 - \varepsilon_3) = p + k_3, \qquad (12\text{a})$$

$$\left.\begin{aligned} k_3 &= -p\,(\varepsilon_1 \pm \varepsilon_2 - \varepsilon_3) = \frac{p^2}{E}\,(k \pm \mu - 1 + \mu) \\ &= \begin{cases} -\dfrac{p^2}{E}\,(k-1) \\ -\dfrac{p^2}{E}\,(k - 1 + 2\mu). \end{cases} \end{aligned}\right\} \qquad (12\text{b})$$

a_3) BRIDGMANscher Kolben (s. Abb. 11).

Bei A: wirksame Querschnittsänderung:

$$-\frac{2\varkappa}{3}\cdot p = -\frac{2}{3}\cdot\frac{1-2\mu}{E}\cdot p, \qquad (13)$$

bei B: für Kolbenradius r_0:

$$r = r_0\left(1 + \frac{p\,\mu}{E}\right), \qquad (14\text{a})$$

für Zylinder: Zylinderradius R:

$$R = R_0\,(1 - a\,p). \qquad (14\text{b})$$

Dabei ist a eine vom Elastizitätsmodul des Zylindermaterials und von den Abmessungen abhängige Größe.

Spalt s_0 zwischen Kolben und Zylinder wird bei p_0 geschlossen; also

$$r_0\left(1 + \frac{p_0}{E}\right) = (r_0 + s_0)\,(1 - a\,p_0); \qquad (14\text{c})$$

$$a = \frac{E\,s_0 - p_0\,r_0\,\mu}{E\,p_0\,(r_0 + s_0)}, \qquad (14\text{d})$$

effektiver Radius

$$\frac{r+R}{2} = \frac{r_0 + R_0}{2}\left(1 + \frac{\mu - 2\,a\,E}{2E}\,p\right). \qquad (14\text{e})$$