

berührenden Kugel jeweilig bezeichnet\*). Die Kräfte  $t$  und  $u$  sind aus dem Früheren ermittelbar.

Auf Anwendungen des abgestumpften Kegelbodens werden wir sogleich zurückkommen. Für  $\sigma$  hat man noch für Wasser 1, sodann für

Erdöl (Petroleum) . . . .	0,80	Glycerin, bei 0° C. . . .	1,260
Leinöl, bei 12° C. . . . .	0,94	Bier, bei 0° C. . . . .	1,028
Schwefelkohlenstoff, bei 0° C.	1,27	Alkohol abs., bei 20° C. . .	0,792

Auf die Eigenschaften der zu bergenden Flüssigkeiten ist sehr zu achten. So darf man z. B. bei Spiritus, d. i. wässerigem Alkohol, kein anderes Abdichtungsverfahren, als das mittelst Stemmens der Nietung anwenden; jede der bei dünnen Blechen üblichen Einlagen, wie sie z. B. bei Gasbehältern im Gebrauch sind, wird vom Spiritus aufgelöst.

### §. 357.

## Zusammengesetzte Behälterformen.

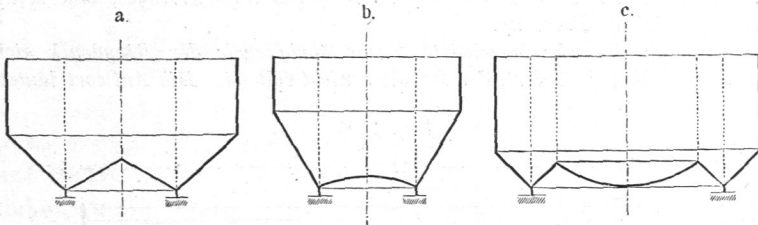
Bei den besprochenen Behältern treibt die zur Gefässachse rechtwinklige Kraft  $s \sin \alpha$  den Auflagerring entweder auseinander oder presst ihn zusammen, je nachdem die Fälle  $a, c, e$  oder  $b, d, f$  vorliegen. Dieser Umstand lässt sich nach Prof. Intze's Vorschlag recht glücklich verwerthen, indem man durch Verbindung von Böden mit entgegengesetzten Querkräften letztere ins Gleichgewicht setzen und dadurch den Auflagerring von radial wirkenden Kräften völlig entlasten kann. Dieses Ergebniss kann auf mancherlei Art erzielt werden, so durch Zusammensetzung des Behälters aus zweien der Arten  $d$  und  $f$ , s. Fig. 1103 *a*, oder durch diejenige aus den Arten  $e$  und  $b$ , wie bei Fig. 1103 *b*, oder aus drei Gefässformen, wie unter  $c$  dargestellt u. s. w., wobei dann die senkrechten Innenwände wegfallen können \*\*). Die

\*) Lässt man in den beiden Formeln  $D_0$  in Null übergehen, so gelangt man zu Ausdrücken für die spitzen Kegelböden der Fälle  $c$  und  $d$  (vergl. die Punktirung bei  $e$ ). Die Formeln für die Gewichte könnte man auch symmetrisch gestalten; die gewählte Form wurde aber vorgezogen, weil  $H$  beidemale die grösseren der beiden Wandhöhen bezeichnet, was für die numerischen Berechnungen angenehm ist.

\*\*\*) Die zusammengesetzten Gefässformen dieser Art sind Prof. Intze unter D. R.-P. 23187 und 24951 patentirt. Sehr schöne Ausführungen von Intze'schen Wasser-, Oel- und Gasbehältern wie Gasbehälterbecken hat die Fabrik von F. A. Neumann in Aachen geliefert.

skizzirten Bauarten gewähren ausser dem angeführten noch den weit grösseren Vortheil, dass bei ihnen der Auflagering klein von Durchmesser gehalten werden kann, sodass der tragende Mauerkörper eine beschränkte Grösse erhält.

Fig. 1103.



Bei der Zusammensetzung der Böden hat man, um die Befreiung des Auflageringes von Querkräften herbeizuführen, die Bedingung:

$$s' \sin \alpha' - s'' \sin \alpha'' = 0 \dots \dots \dots (387)$$

zu erfüllen. Diese einfache Gleichung ist rechnerisch nicht immer kurz aufzulösen, weshalb ein Beispiel vorgeführt sei.

*Beispiel.* Gesucht für einen Wasserbehälter von den in Fig. 1104 (a. f. S.) angegebenen Formen und Abmessungen der Halbmesser  $R''$  des kugeligen Stützbodens. Das erste Glied der Gleichung gehöre dem äusseren, das zweite dem inneren Theile des Behälters an. Für das erste Glied gilt dann für  $s'$  Formel (385), worin  $D_0 = 12$ ,  $D = 4$ ,  $H = 6$ ,  $f = 2,4$ , woraus  $\text{tg } \alpha' = 4 : 2,4 = 1,667 \sim \text{tg } 59^\circ$ . Hierfür ist der Sinus  $= 0,8572$ , der Cosinus  $= 0,5150$ , und es kommt  $R' = 0,5 D : \sin \alpha' = 2 : 0,515 = 3,883$  und nun  $s' \sin \alpha' = 0,8572 \gamma \cdot 0,5 D (R' : D_0) \{[(D_0 : D)^2 - 1] H - \frac{1}{3} f [2 (D_0 : D)^2 - (D_0 : D) - 1]\} = 0,8572 (\gamma \cdot 0,5 D) (3,883 : 12) (8 \cdot 6 - 0,8 \cdot 14) = (\gamma \cdot 0,5 D) 0,8572 \cdot 0,323 (48 - 11,2) = (\gamma \cdot 0,5 D) 0,2769 \cdot 36,8 = 10,19 (\gamma \cdot 0,5 D)$ . — Für das zweite Glied erhalten wir gemäss Formel (378)  $s'' \sin \alpha'' = \sin \alpha'' \gamma 0,5 R'' (H - 0,5 f'')$ , worin ausser  $R''$  auch  $\alpha''$  unbekannt, weshalb wir  $\beta''$  einführen und haben:  $s'' \sin \alpha'' = \gamma \cos \beta'' R'' (3 - 0,25 R'' (1 - \cos \beta''))$ . Dies in die Bedingungsgleichung eingesetzt, liefert:

$$10,19 \cdot 0,5 D \gamma - \cos \beta'' R'' (3 - 0,25 R'' (1 - \cos \beta'')) \gamma = 0.$$

Es ist aber  $0,5 D : R'' = \sin \beta''$ ; es folgt daraus:

$$\text{tg } \beta'' - \frac{3 - 0,25 R'' (1 - \cos \beta'')}{10,19} = 0.$$

Einen ersten Näherungswerth für  $\beta''$  erhalten wir, wenn wir den zweiten Summanden des zweiten Gliedes vorerst vernachlässigen. Es kommt dann:  $\text{tg } \beta'' = 3 : 10,19 = 0,2954 = \text{tg } 16^\circ 25'$ . Der richtige Werth muss etwas kleiner sein. Wählen wir  $\beta'' = 16^\circ 20'$ , so ist die Tangente  $= 0,2930$ ,

der Sinus = 0,2812, der Cosinus = 0,9596. Dies liefert  $R'' = 0,5 D : \sin \beta'' = 2 : 0,2812 = 7,11m$ , wie in die Figur eingetragen, und damit:

$$10,19 \cdot 0,2930 - (3 - 0,25 \cdot 7,11 \cdot 0,0404) \sim 0.$$

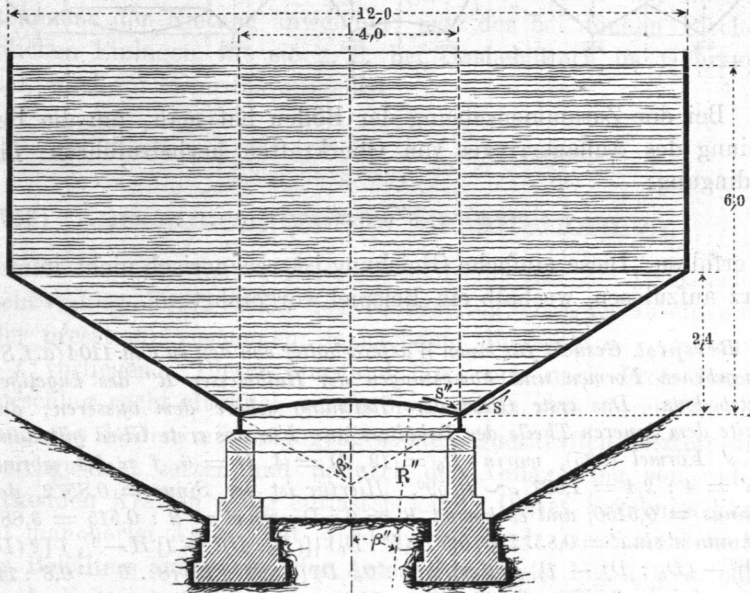
Ausgerechnet ergibt dies:

$$2,986 = 2,928 = 0,058,$$

oder, wegen  $\gamma = 1000$  den Werth  $1000 \cdot 0,058 = 58 \text{ kg}$  als nach innen gerichteten Restdruck auf den laufenden  $m$  des Auflagerringes, eine völlig vernachlässigbare Pressung.

Es bleibt die sehr berechtigte Frage übrig, wie der Ringdruck sich stellt, wenn  $H$  sich ändert, der Behälter nicht voll ist. Die Antwort lautet,

Fig. 1104.



dass dann nothwendig Veränderungen im Ringdruck entstehen.  $H$  sei auf  $3 \text{ m}$  herabgegangen. Dann erhalten wir für das erste Glied der Gleichung:  $\gamma \cdot 0,5 D \cdot 0,2769 (24 - 11,2) = \gamma \cdot 2 \cdot 0,2769 \cdot 12,8 = 7,088 \gamma$  und für das zweite Glied:  $\gamma \cdot 0,9596 \cdot 7,11 (1,5 - 0,25 \cdot 7,11 \cdot 0,0404) = 6,823 \cdot 1,428 \gamma = 9,743 \gamma$ . Es ergibt sich daher ein Restdruck von der Grösse:

$$7,088 \gamma - 9,743 \gamma = -2,655 \gamma'$$

oder  $2655 \text{ kg}$  auf den laufenden  $m$  als nach aussen gerichtete Pressung, was recht bedeutend ist. Es empfiehlt sich hiernach, den betrachteten Behälter so viel als thunlich gefüllt zu erhalten, wenn man den Auflagerring vor Seitendruck bewahrt wissen will. Auch kann man die Einrichtung so treffen, dass bei einer mittleren Füllung die Druckfreiheit vorhanden ist, worauf bei einer grösseren Füllung Druck nach innen, bei einer kleineren solcher nach aussen entsteht.

Die zusammengesetzten Behälterformen bewähren sich unter anderem vorzüglich für die Becken der Gasbehälter, bei welchen überdies der Wasserstand nahezu unveränderlich ist, so dass der Auflagerring bei ihnen seitendruckfrei gehalten werden kann \*).

§. 358.

### Hochdruckhalter oder Akkumulatoren.

Damit die besprochenen Behälter in Haltungen wirken können, werden sie so hoch aufgestellt, in Häusern, auf Thürmen, auf Höhen, dass die Flüssigkeit in den Leitungen den erforderlichen Druck erfährt. Ein Wasserbehälter bildet dann mit dem zugehörigen Pumpwerk und der Leitung zusammen eine Haltung; ein Ueberlauf dient als Sicherheitsvorrichtung gegen Ueberfüllung des Behälters. In Erdölbezirken gilt Entsprechendes von den schon wiederholt erwähnten Oelbehältern. An den Wasserstationen der Eisenbahnen dienen kleine Haltungen mit schmiedeeisernem Behälter zum Speisen der Lokomotiven. Meistens sind diese Anlagen mit Dampfpumpen ausgerüstet, mitunter werden sie auch mittelst Windrädern betrieben, häufig so in den Ver. Staaten. Bei diesen Stationshaltungen könnte manchmal in Frage kommen, ob man nicht die erforderliche Pressung unter Vermittlung von Luftdruck statt durch Wassersäule ertheilen solle. Man hätte zu diesem Behuf den Behälter, welcher, wie oben gezeigt, ohnedies wegen des Stemmens aus überflüssig starken Blechen herzustellen ist, nur oben dicht zu schliessen und brauchte ihn dann nicht auf einen Thurm oder ähnlichen Unterbau zu stellen.

Ueberhaupt ist es dem Entwerfenden im allgemeinen freigestellt, auf welche Weise er den Druck in die Haltung bringen will. Für Haltungen mit hohem Wasserdruck für Kraftzwecke bedient man sich nach Armstrong's Vorgang schon längere Zeit der Gewichtsbelastung an Stelle der freien Wassersäule. Solche Haltungen werden Akkumulatoren genannt; wir haben sie, entsprechend den gewählten anderweitigen Bezeichnungen, Hochdruckhalter oder auch wohl kurz Druckhalter zu nennen (vergl. S. 876). Bei diesen wird der Behälter in der Regel sehr klein gemacht, aber dem Pumpwerk eine solche Leistungsfähigkeit gegeben, dass es für das grösste vorauszusehende Erforderniss ausreicht. Der

\*) Schöne Ausführung mit halbkugeligem Stützboden in Wurzen, eine andere, mit konoidischem Stützboden in Emmerich.