Zur Stabilität von Taucherglocken

Autor(en): **Meyer-Peter, E.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **81/82 (1923)**

Heft 17

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-38995

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

INHALT: Zur Stabilität der Taucherglocken. — Wettbewerb für ein Bankgebäude in Basel der Schweizerischen Nationalbank. — Führung und Lauf des Lokomotivrades im Geleise. — Von der 37. Jahresversammlung der G. E. P. vom 7. bis 9. Juli 1923 in Zürich. — Eidgenössisches Amt für Wasserwirtschaft. — Miscellanea: Wasserversorgung von Apulien. Schweizerische kunstgewerbliche Ausstellung in Schweden 1924. Wiederverwendung von an den Enden abgenützten Eisenbahnschienen. Der Besuch der deutschen Technischen Hochschule im Wintersemester 1922/23. Dampfturbinen mit Zahnrad-Getriebe, Bauart Brown Boveri. Normalien des Vereins Schweizerischer Maschinen-Industrieller. — Nekrologie: Adolf Klose. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. — S. T. S.

Band 82. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 17.

Zur Stabilität von Taucherglocken.

von Prof. *E. Meyer-Peter*, Zürich.

Anlässlich meines Vortrages über die Dockarbeiten in Venedig in einigen Sektionen des Schweizer. Ingenieur- und Architektenvereins wurde kurz die Frage der Schwimmsicherheit von Taucherglocken berührt. Bei dem hauptsächlich beschreibenden Charakter eines solchen Vortrages konnte von einer eingehenden Behandlung des Gegenstandes natürlich nicht die Rede sein, weshalb hier versucht sein soll, einige den Bauingenieur bei der Verwendung beweglicher Caissons interessierende Fragen kurz zusammenzufassen. Dies mag umso eher gerechtfertigt sein, als die für die Schwimmsicherheit von Schiffen gefundenen und allgemein bekannten Gesetze bei der Verwendung beweglicher Caissons nicht selten übersehen werden, und weil in der Literatur über diesen Gegenstand nur spärliche Angaben zu finden sind.

Die beweglichen Caissons gelangen, abgesehen von den an festen Gerüsten aufgehängten, deren Schwimmsicherheit natürlich nicht in Frage kommt, hauptsächlich in zwei prinzipiell verschiedenen Grundformen zur Verwendung. Man spricht vom *Schwimmcaisson* (caisson automobile), dessen Höhenlage dadurch verändert wird, dass mit der eigentlichen Arbeitskammer fest verbundene und bis über den Wasserspiegel reichende Regulierschächte durch Druckluft oder Zentrifugalpumpen teilweise leergepumpt werden, was eine Vermehrung des Auftriebes der ganzen Konstruktion zur Folge hat, und vom *Hängecaisson* (caisson mobile), der, wie schon sein Name aussagt, an einem Schwimmgerüst mittels Ketten, Schrauben und dergl. aufgehängt ist.

I. Der Schwimmcaisson.

A. Es bedeuten in der Abbildung 1:

K die mit Druckluft gefüllte Arbeitskammer des Caisson;
S die mit Wasser gefüllte sog. Schwimmkammer oder Gleichgewichtskammer;
R die teilweise ausgepumpten Regulierschächte des Caisson;
G das Gewicht der Gesamtkonstruktion (samt Ballast) nach Abzug der Wasserverdrängung der ins Wasser tauchenden Konstruktionsteile und des Ballastes;
E den Schwerpunkt dieser Gesamtkonstruktion;
V_1 den Hohlraum der bis zur Tiefe T entleerten Regulierschächte:
D_1 den Schwerpunkt dieses Hohlraums;
V_2 den Hohlraum der Arbeitskammer und deren Einsteigschächte, soweit sie ins Wasser tauchen;
D_2 den Schwerpunkt dieses Hohlraums;
b die Breite, l die Länge des Caisson;
d die Breite, L die Länge der Regulierschächte;
h die Höhe der Arbeitskammer,
h' die Höhe der Gleichgewichtskammer;
e die Höhenlage des Schwerpunktes E der Gesamtkonstruktion über der Caissonschneide;
H die gesamte Schwimmtiefe,
γ das spez. Gewicht des Wassers.

Diese Hauptmasse sind bei gegebener Caissonkonstruktion bekannt, und es berechnet sich die Wasserspiegeldifferenz ausserhalb und innerhalb der Regulierschächte wie folgt:

$$2 \cdot \gamma \cdot T \cdot L \cdot d = \gamma \cdot V_1 = G - \gamma \cdot V_2$$

$G - \gamma \cdot V_2$ ist das sogenannte Arbeitsgewicht des Caisson,

$$T = \frac{\frac{G}{\gamma} - V_2}{2 \cdot L \cdot d}$$

Bei einer kleinen Drehung des Systems um den Winkel α tritt nun ausser der bekannten Verschiebung des Schwerpunktes D_1 der Wasserverdrängung der Schächte (wie etwa bei Schiffen mit unverschieblicher Ladung) und der Verschiebung des Schwerpunktes des Systems (wie etwa bei Schiffen mit flüssiger Ladung) auch noch eine Vermehrung des Systemgewichtes hinzu. Die Druckluft entweicht nämlich bei einer Drehung des Caisson aus der Arbeitskammer am höchsten Punkt k der Schneide und wird durch Wasser ersetzt, dessen Spiegel sich in die Horizontalebene durch diesen Punkt einstellt. Der Auftrieb $\gamma \cdot V_2$ der Arbeitskammer wird also verkleinert, oder was dasselbe ist, es tritt zu den bereits genannten Kräften G, $\gamma \cdot V_1$ und $\gamma \cdot V_2$ noch eine Zusatzkraft ΔG hinzu, die durch eine gleichgrosse zusätzliche Auftriebskraft $\gamma \cdot \Delta V$ an den Regulierschächten aufgenommen werden muss.

Im übrigen gestaltet sich nun die Berechnung des Stabilitätsmomentes ganz analog wie bei einem starren schwimmenden Körper, wenn man noch bedenkt, dass z. B. die Zusatzkraft ΔG, deren Angriffspunkt im Schwerpunkt des mit Wasser gefüllten Dreiecks liegt, zerlegt werden kann in eine in der Schwimmaxe wirkende gleich grosse Kraft ΔG und ein Kräftepaar $\gamma \cdot v_3 \cdot x_3$.

Bezeichnet man den neuen Auftrieb mit

$$A' = \gamma \cdot V_1 + \gamma \cdot \Delta V$$

und das neue Caissongewicht mit

$$G' = G + \Delta G - \gamma \cdot V_2 = G + \gamma \cdot \Delta V - \gamma \cdot V_2,$$

wobei $A' = G'$ ist, so schneidet die erste Kraft die

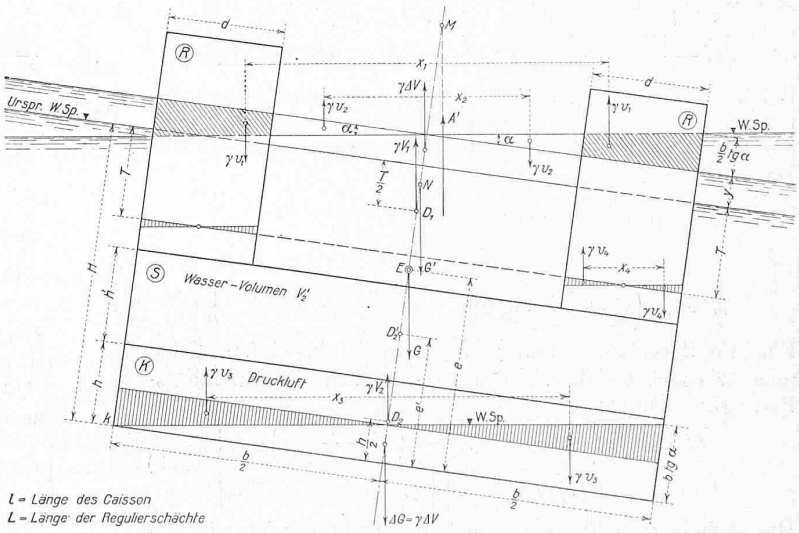


Abbildung 1.

Schwimmaxe in M, die zweite in N. Die Stabilität ist gesichert, insofern M höher liegt als N, oder solange die metazentrische Höhe

$$\overline{MN} = \frac{M_{st}}{A' \cdot \sin \alpha} > 0$$

wenn M_{st} das Stabilitätsmoment bedeutet.[1]) Dieses wird am bequemsten in Bezug auf den Punkt D_1 angeschrieben;

[1]) Man könnte ebensogut $\overline{MN'} = \frac{M_{st}}{\gamma V_1 + \gamma \Delta V + \gamma V_2}$ als metazentrische Höhe des Gesamtsystems ansprechen. Die obige Bezeichnung wurde aus Gründen einheitlicher Benennung sämtlicher untersuchter Fälle gewählt.

für die gezeichnete Abbildung 1 sind linksdrehende Momente als positiv bezeichnet.

$$\overline{MN} = \frac{M_{st}}{A' \cdot \sin\alpha} = \frac{1}{A'} \cdot \left\{ \frac{\gamma \cdot v_1 \cdot x_1}{\sin\alpha} - \frac{\gamma \cdot v_2 \cdot x_2}{\sin\alpha} + \gamma \cdot \Delta V \cdot \frac{y+T}{2} + \right.$$
$$+ G \cdot \left(H - \frac{T}{2} - e\right) - \frac{2 \cdot \gamma \cdot v_4 \cdot x_4}{\sin\alpha} - \gamma \cdot V_2 \left(H - \frac{T+h}{2}\right) +$$
$$\left. + \gamma \cdot \Delta V \cdot \left(H - \frac{T}{2} - \frac{b}{4} \cdot \operatorname{tg}\alpha\right) - \frac{\gamma \cdot v_3 \cdot x_3}{\sin\alpha} \right\}$$

Nun ist $v_1 = \frac{b^2 \cdot l}{8} \cdot \operatorname{tg}\alpha$

$$x_1 = \frac{2}{3} \cdot b \cdot \left(\cos\alpha + \frac{\operatorname{tg}\alpha \cdot \sin\alpha}{2}\right)$$

$$\frac{v_1 \cdot x_1}{\sin\alpha} = \frac{b^3 \cdot L}{12} \cdot \left(1 + \frac{\operatorname{tg}^2\alpha}{2}\right) \text{ und analog}$$

$$\frac{v_2 \cdot x_2}{\sin\alpha} = \frac{(b-2d)^3 \cdot L}{12} \cdot \left(1 + \frac{\operatorname{tg}^2\alpha}{2}\right)$$

Bezeichnet man mit J_r das Trägheitsmoment des Regulierschacht-Grundrisses als Ganzes genommen in Bezug auf die zur Bildebene senkrecht stehende Symmetrieaxe, so wird

$$J_r = \frac{b^3 - (b-2d)^3}{12} \cdot L$$

also $$\frac{v_1 \cdot x_1}{\sin\alpha} - \frac{v_2 \cdot x_2}{\sin\alpha} = J_r \cdot \left(1 + \frac{\operatorname{tg}^2\alpha}{2}\right)$$

ferner ist $$\Delta V = \frac{b^2 \cdot l}{2} \cdot \operatorname{tg}\alpha = 2 \cdot d \cdot L \cdot y$$

woraus $$y = \frac{b^2 \cdot l}{4d \cdot L} \cdot \operatorname{tg}\alpha$$

Wir bezeichnen ferner mit J_c das Trägheitsmoment der Caisson-Grundrissfläche in Bezug auf ihre senkrecht zur Bildebene stehende Symmetrieaxe; dann ist

$$\frac{v_3 \cdot x_3}{\sin\alpha} = J_c \left(1 + \frac{\operatorname{tg}^2\alpha}{2}\right).$$

Ist J_r' die Summe der Trägheitsmomente der einzelnen Regulierschacht-Grundrisse in Bezug auf ihre Symmetrie-Axe, so wird

$$2 \cdot \frac{v_4 \cdot x_4}{\sin\alpha} = J_r' \left(1 + \frac{\operatorname{tg}^2\alpha}{2}\right)$$

Also Gleichung (1)

$$\overline{MN} = \frac{\gamma}{A'} \cdot \left[(J_r - J'_r - J_c) \left(1 + \frac{\operatorname{tg}^2\alpha}{2}\right) + \frac{G}{\gamma} \left(H - \frac{T}{2} - e\right) - \right.$$
$$\left. - V_2 \left(H - \frac{T+h}{2}\right) + \frac{b^2 \cdot l}{2} \cdot \operatorname{tg}\cdot\alpha \left(H + \frac{b^2 \cdot l}{8 \cdot d \cdot L} \cdot \operatorname{tg}\alpha - \frac{b}{4} \operatorname{tg}\alpha\right) \right]$$

Bei kleinen Neigungen des Systems, die durch Veränderung von beweglichen Lasten entstehen, können Glieder, die $\operatorname{tg}\alpha$ in zweiter Potenz enthalten, vernachlässigt werden. Dies ergibt

$$\overline{MN} = \frac{\gamma}{A'} \cdot \left[J_r - J'_r - J_c + \frac{G}{\gamma} \cdot \left(H - \frac{T}{2} - e\right) - \right.$$
$$\left. - V_2 \cdot \left(H - \frac{T+h}{2}\right) + \frac{b^2 \cdot l}{2} \cdot \operatorname{tg}\alpha \cdot H \right] \quad (1a)$$
$$A' = \gamma \cdot \left(V_1 + \frac{b^2 \cdot l}{2} \cdot \operatorname{tg}\alpha\right)$$

Für die Berechnung von $\overline{MN}$ ist auch das letzte Glied noch vernachlässigbar, sodass schliesslich die Stabilitäts-Bedingung lautet:

$$\overline{MN} = \frac{1}{V_1} \cdot \left[J_r - J_r' - J_c + \frac{G}{\gamma} \left(H - \frac{T}{2} - e\right) - \right.$$
$$\left. - V_2 \cdot \left(H - \frac{T+h}{2}\right) \right] > 0 \quad (1b)$$

Das Arbeitsgewicht einer solchen Taucherglocke wird in der Praxis etwa 0,3 bis 0,5 t/m² Caissongrundfläche betragen, entsprechend der Gleichung $\frac{G - \gamma \cdot V_2}{F} = 0{,}3$ bis 0,5 t/m², wobei $F = b \cdot l$ gleich der Grundfläche des Caissons ist. Infolgedessen wird der Ausdruck

$$\frac{G}{\gamma} \left(H - \frac{T}{2} - e\right) - V_2 \cdot \left(H - \frac{T+h}{2}\right)$$

gegenüber J_c verhältnismässig klein sein, weshalb sich schliesslich die Stabilitätsbedingung in übersichtlicher Weise in der folgenden vereinfachten und angenäherten Form schreiben lässt:

$$\overline{MN} = \frac{1}{V_1} \cdot (J_r - J_r' - J_c) > 0 \quad (1c)$$

In der gezeichneten Anordnung ist aber $J_c > J_r$; mit anderen Worten, das Gleichgewicht eines solchen Schwimmcaisson ist als labil zu bezeichnen, wenn die Arbeitskammer mit Druckluft, die Gleichgewichtskammer mit Wasser gefüllt ist.

B. Gesetzt den Fall, die skizzierten Regulierschächte seien durch eine auf dem ganzen Umfang des Caisson errichtete wasserdichte Wand (Hausse) ersetzt, und der durch

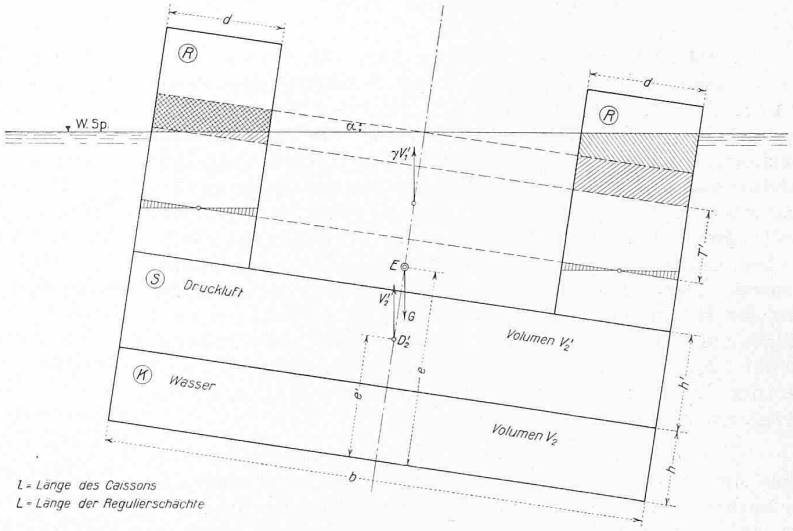


Abbildung 3.

sie umschlossene Raum sei völlig leergepumpt (Abb. 2). Dann wird $J_r' = 0$ $J_r = J_c$ und die Stabilitätsbedingung lautet:

$$\overline{MN} = \frac{1}{V_1} \cdot \left[\frac{G}{\gamma} \cdot \left(H - \frac{T}{2} - e\right) - V_2 \cdot \left(H - \frac{T+h}{2}\right) \right] > 0$$

Es ist nun

$$G - \gamma \cdot V_2 = \gamma \cdot T \cdot F$$
$$\frac{G}{\gamma} = V_2 + F \cdot T$$
$$V_2 = F \cdot h$$

Also $$\overline{MN} = \frac{F}{V_1} \cdot \left[(h+T) \left(H - \frac{T}{2} - e\right) - h \cdot \left(H - \frac{T+h}{2}\right) \right]$$

da $H = h + T$ so wird

$$\overline{MN} = \frac{F}{V_1} \cdot \left[\frac{T^2}{2} + T \cdot h - T \cdot e + \frac{h^2}{2} - h \cdot e \right]$$

Setzt man $T = \delta \cdot h$ und $e = \varepsilon \cdot h$, so wird:

$$\overline{MN} = \frac{F \cdot h^2}{2 \cdot V_1} \cdot (\delta + 1) \cdot (\delta + 1 - 2 \cdot \varepsilon)$$

In der Praxis ist nun stets

$\varepsilon > 1$, d. h. der Schwerpunkt des Gesamtgewichts befindet sich höher als die Caissondecke,

$\delta < 1$, d. h. das Arbeitsgewicht ist kleiner als 2 t/m²,

sodass $\delta + 1 - 2\varepsilon$ stets negativ wird.

Das Schwimmen eines Caisson mit aufgesetzter Hausse und Druckluft in der Arbeitskammer ist also in allen praktisch in Betracht kommenden Fällen labil.

C. Die Unmöglichkeit, eine Taucherglocke mit Druckluft in der Arbeitskammer zum Schwimmen zu bringen — von der Vergrösserung der Grundfläche der Regulierschächte zwecks Erzielung der Schwimmsicherheit muss aus praktischen Gründen abgesehen werden, — hat nun eben zur Ausbildung der sog. Schwimm- oder Gleichgewichtskammer geführt. Diese Kammer ist direkt über der Arbeitskammer angebracht und ist auf allen Seiten vollständig abgeschlossen (Abbildung 3). Ihr Volumen V_2' kann annähernd gleich, aber auch etwas grösser gehalten werden als das des Hohlraumes der Arbeitskammer, wobei aber immerhin noch $G > \gamma \cdot V_2'$ sein muss, während das verbleibende Uebergewicht $G - \gamma \cdot V_2' = \gamma \cdot V_1'$ beim Schwimmen durch die Wasserverdrängung der teilweise entleerten Regulierschächte ausgeglichen wird. Das Entleeren der Gleichgewichtskammer

geschieht durch Einblasen von Druckluft, wobei das Wasser durch am Boden der Kammer angebrachte verschliessbare Oeffnungen entweicht. Wird nun gleichzeitig mit dieser Operation die Druckluft in der Arbeitskammer infolge Ablasens durch Wasser ersetzt, so gestalten sich die Stabilitäts-Bedingungen wesentlich anders.

Das Glied J_c verschwindet vollständig aus den Gleichungen 1, 1a, 1b, weil bei abgeschlossenen Bodenöffnungen

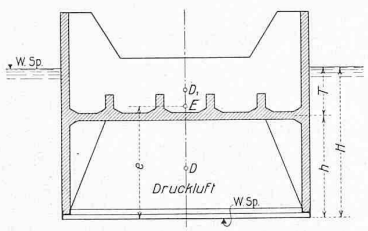


Abbildung 2.

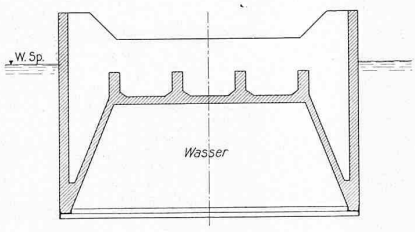


Abbildung 4.

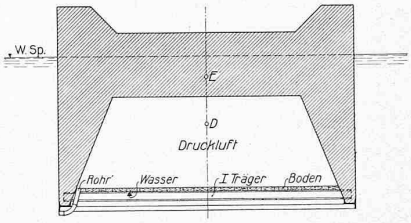


Abbildung 5.

der Gleichgewichtskammer keine Aenderung der Grösse und des Angriffspunktes des Schwimmkammer-Auftriebes eintritt.

In Abbildung 3 bedeute V_2' das Volumen der Gleichgewichtskammer, V_1' das Volumen der teilweise entleerten Regulierschächte. Die für praktische Zwecke genügend genaue Gleichung 1b geht dann über in die Form:

$$\overline{MN} = \frac{1}{V_1'} \cdot \left[J_r - J'_r + \frac{G}{\gamma} \left(H - \frac{T'}{2} - e \right) - \right.$$
$$\left. - V'_2 \left(H - \frac{T'}{2} - e' \right) \right] > 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Wirkt auf das System ein Drehmoment M, das durch Verschiebung einer Last, Winddruck usw. erzeugt verden kann, so wird es sich um den Winkel $\alpha = \frac{M}{\gamma \cdot V_1' \cdot \overline{MN}}$ drehen[1]). Ist die Grösse des auftretenden Momentes bekannt, so kann $\overline{MN}$ bestimmt werden, wenn noch die Grösse des zulässigen Neigungswinkels angenommen wird. Auf Grund der Gleichung (2) ist es also möglich, jeden gewünschten Grad der Stabilität zu erreichen.

Bei Beobachtung der vorstehend erläuterten Regeln ist die Schwimmglocke für grosse Druckluftarbeiten ein äusserst geeignetes Instrument, weil ihre Hebung nach beendigter Mauerung in der Arbeitskammer und nachdem die Druckluft von der Arbeitskammer in die Gleichgewichtskammer übergeleitet ist, in einfacher Weise durch Auspumpen der Regulierschächte erfolgt. Indessen ist ihr Anwendungsbereich nicht unbeschränkt: bei gegebenem Gesamtgewicht G und gegebenen Hohlräumen V_2 und V_2', wobei stets

$$G > \gamma \cdot V_2 \text{ und } G > \gamma \cdot V_2',$$

und gegebenen Abmessungen der Regulierschächte ist die geringste Schwimmtiefe

$$T' = \frac{\frac{G}{\gamma} - V_2'}{2 \cdot d \cdot L}$$

Die geringste Eintauchung $H_{\min}$ tritt ein bei vollständig ausgepumpten Schächten $H_{\min} = h + h' + T'$, sodass es von vornherein ausgeschlossen ist, die Glocke mit vollem Gewicht über eine gewisse Tauchtiefe zu heben. Bei diesen Berechnungen darf übrigens nicht übersehen werden, dass das Gewicht der Gesamtkonstruktion G mit abnehmender Eintauchung H zunimmt, da hierbei ein geringerer Teil der Konstruktion ins Wasser taucht.

Wie gezeigt wurde, ist es unmöglich, die Glocke bei mit Druckluft gefüllter Arbeitskammer schwimmend zu halten. Infolgedessen ist das Arbeiten nur unter Wahrung eines Uebergewichtes $G - \gamma \cdot V_2$ möglich, wobei die Glocke standsicher auf dem Grunde oder auf dem Mauerwerk aufgelagert sein muss. Die Herstellung vereinzelter hoher Betonblöcke ist also ausgeschlossen, dagegen können fortlaufende Mauern, deren Breite geringer als die Caissonbreite ist, erstellt werden, wenn die Stirnwände der Glocke stets auf der Mauer aufruhen. Ist eine der Kopfwände der Mauer senkrecht aufzuführen, so ist die Verwendung einer Schwimmglocke für die Endposition ausgeschlossen.

Es sei hier noch erwähnt, dass aus diesem Grunde seinerzeit in La Pallice [1]) und Genua die Glocke im Innern durch Schraubenwinden unterstützt wurde, wobei das Heben des Caisson während der Aufmauerung eines Blockes jeweils vom Innern der Arbeitskammer aus durch Anziehen dieser Stützschrauben geschah, ohne dass dabei die Schwimmkammer zur Verwendung kam. Diese diente nach den beschriebenen Grundsätzen jeweils nur zum Versetzen der Glocke von einer Position in die andere, wobei in La Rochelle der Flutwechsel den Positionsänderungen wertvoll zu statten kam. Es ist aber zu bemerken, dass seit der Entwicklung der Eisenbetonkonstruktionen der Bau einzelner Blöcke vorteilhaft durch Eisenbetoncaissons mit verlorener Arbeitskammer ausgeführt wird, wie sie z. B. in Dieppe verwendet wurden [2]). Beim Dockbau in Venedig handelte es sich zunächst um die Herstellung einer 10 m dicken Platte von rund 52 auf 280 m Grundfläche, für welche Arbeit die Schwimmglocke mit einer nachstehend zu beschreibenden Abänderung das geeignete Instrument darstellte. Die Endpositionen mussten indessen mit dem Hängecaisson erstellt werden.

D. Die Caissons mit verlorener Arbeitskammer, die für die Bauten in Dieppe zur Verwendung gelangten, sind übrigens auch bei grossen Brückenbauten, in der Schweiz beim Kraftwerk Mühleberg, zur Ausführung gelangt. Sie unterscheiden sich von den gewöhnlichen festen Caissons nur dadurch, dass sie nicht wie diese an der Verwendungsstelle selbst auf festen Gerüsten oder künstlichen Anschüttungen gebaut werden, sondern an oft entfernten Baustellen, woselbst sie zunächst zu Wasser gebracht werden (Stapellauf oder Ausfahrt aus Dock, Baugrube u. dergl.), um sodann schwimmend an die Versenkungstelle geschleppt zu werden (Abbildung 4).

Aus dem unter B Gesagten geht hervor, dass es hier nicht angängig ist, durch Einblasen von Druckluft in die Arbeitskammer die Tauchtiefe zu vermindern. Die Arbeitskammer ist mit Wasser zu füllen, weshalb dann für das Schwimmen des Caissons nur die Wasserverdrängung der Hausse oberhalb der Decke in Betracht kommt, unter Umständen noch die als Hohlkörper ausgebildeten Konsolen der Arbeitskammer. Dadurch ist die Schwimmtiefe solcher Caissons im allgemeinen beträchtlich, wenigstens bei Verwendung von Eisenbeton.

Beim Dockbau in Venedig wurden einzelne solcher Betoncaissons dadurch mit verringertem Tiefgang zum Schwimmen gebracht (Abbildung 5), dass etwas über der Schneide ein wasserdichter Boden über die ganze Grundfläche gezogen wurde. Die Arbeitskammer selbst wurde mit Druckluft gefüllt. Der erwähnte Boden hatte zum Zweck, zu verhindern, dass bei einer Neigung des Caisson Druckluft an der höchsten Stelle der Schneide entweicht. Die besprochene Zusatzkraft ΔG und die Verschiebung des Systemgewichtes kommt durch diese Anordnung in Wegfall; das Schwimmen wird stabil, sobald die Bedingung $\overline{ED} < \frac{J}{V}$ erfüllt ist. Beim Vorhandensein von geeigneten Sicherheits-Vorrichtungen wird die Beanspruchung des Caisson-Bodens auf Biegung infolge einseitigen Ueberdruckes äusserst gering. (Schluss folgt.)

[1]) Bezw. im Sinne der Anmerkung 1) $\alpha = \frac{M}{\gamma (V_1 + V_2) \overline{MN'}}$

[1]) „S. B. Z.", Band 68, Seite 92, Abbildung 2 (26. August 1916).
[2]) „S. B. Z.", Band 68, Seite 93, Abbildungen 6 und 7.