

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 81/82 (1923)  
**Heft:** 18

**Artikel:** Zur Stabilität von Taucherglocken  
**Autor:** Meyer-Peter, E.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-39001>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 14.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Einen Wendepunkt brachte das *Reglement von 1908*. Durch dieses wurden die seit der Gründung existierenden geschlossenen Studienpläne, die sog. Kurs-Promotionen und das Obligatorium der Notengebung abgeschafft. Die Fächerwahl wurde frei. An Stelle der Pflichtstundenpläne traten die Normalstudienpläne, deren Anlage auf Vertiefung und nicht auf Vielwissen abzielt. Das Recht auf Erteilung des Dokortitels wurde eingeführt, die Diplommoten werden bekannt gegeben u. a. m. Mit diesem Reglement war an Stelle des früheren Schulzwanges die *Studienfreiheit* getreten.

Die gemachten Erfahrungen ergaben befriedigende Resultate. Dass auch Auswüchse auftraten, soll nicht verschwiegen werden. Solche bringt aber jedes System, mit dem Unterschiede allerdings, dass man diesen bei dem einen rascher und wirksamer entgegentreten kann, als beim andern. Alle aber, die als Näherstehende sich ein Urteil bilden konnten, sind der Ansicht, dass der vor 15 Jahren betretene Weg fortgesetzt, und, wo es nötig, ausgebaut werden sollte.

Wir haben daher nach mehrjährigen Untersuchungen und Beratungen in diesem Jahre den *Entwurf eines abgeänderten Reglementes* ausgearbeitet, der noch der Genehmigung durch den Bundesrat bedarf. An Aenderungen, die dieses neue Reglement bringt, sind zu erwähnen: nur das Wesentliche erscheint im Hauptreglement, alle Details sind in die Unterreglemente (Regulative) verwiesen, die leichter den Forderungen der Zeit angepasst werden können. Der Lehrkörper besteht aus ordentl. Professoren, ausserordentlichen Professoren (bisher „Hülfslehrer“), Dozenten mit Lehrauftrag, Privatdozenten und Assistenten. Für die Professoren ist eine Altersgrenze eingeführt und die Pensionierung soll gesetzlich geordnet werden. Die Wahl des Rektors geschieht durch die ordentl. Professoren, die der Vorstände durch die Abteilungskonferenzen. Der Begriff „Zuhörer“ ist klarer gefasst. Mit dem Diplom wird ein Titel verbunden. An Stelle der Einschreibebogen und der Zeugnisse wird dem Studierenden ein Einschreibebefehl in die Hand gegeben u. a. m. Das neue Reglement soll, wie wir hoffen, mit dem kommenden Studienjahr 1924/25 in Kraft treten können. Der Zeitpunkt dürfte also annähernd zusammenfallen mit dem Abschluss der Bauperiode.

So tritt die E. T. H., dank dem Weitblick und dem Opfersinn unserer Landesbehörden, nach innen und nach aussen frisch ausgerüstet, in eine neue Phase ihrer ruhmreichen Laufbahn. Möge die Zukunft sich würdig der Vergangenheit anreihen.

Hierfür bedarf es der Mitwirkung aller, die guten Willens sind. Dazu zähle ich nicht nur und in erster Linie unsern Lehrkörper, die Studierenden und die Behörden, sondern namentlich auch die G. E. P., die uns auch dann nicht untreu werden soll, wenn nicht immer alle ihre Wünsche erfüllt werden können.

Auf eine glückliche Zukunft der E. T. H. und ein erspriessliches Zusammenarbeiten Aller, die dazu berufen sind, erhebe ich mein Glas.

## Zur Stabilität von Taucherglocken.

von Prof. E. Meyer-Peter, Zürich.

(Schluss von Seite 213)

### II. Der Hängecaisson.

Die hier in Betracht kommende Grundform ist der an einem Schwimmgerüst aufgehängte Caisson. Vom Standpunkt der Schwimmsicherheit aus unterscheidet sich dieser Typus vom vorher besprochenen dadurch, dass der Caisson nicht mehr solidarisch mit den Regulierschächten verbunden, sondern dass er frei drehbar an den Schiffen aufgehängt ist.

Zur Erleichterung der Montage der Taucherglocke und auch um für die Einsteigschächte freien Raum zu gewinnen, werden gewöhnlich zwei Schiffe verwendet, die zu beiden Seiten des Caisson liegen und durch steife Träger derart miteinander verbunden sind, dass sie sich gegeneinander weder verschieben noch verdrehen können.

A. Es soll zunächst angenommen werden (Abb. 6), das Schwimmgerüst sowohl wie der an ihm aufgehängte Caisson besitzen zwei zueinander senkrecht stehende Symmetrieachsen, die für Caisson und Schwimmgerüst identisch sind, so lange das ganze System horizontal schwimmt. Es werde ferner angenommen, dass bei horizontaler Stellung des Schwimmgerüsts auch der Caisson horizontal stehe.

In Abb. 6, die einen Querschnitt durch das System darstellt, bedeute nun:

- $G_1$  das Gewicht des Schwimmgerüsts,  $S_1$  dessen Angriffspunkt;
- $G_2$  das Gewicht des Caisson, samt Kaminen, Schleusen und Ballast, abzüglich Auftrieb der Caissonkonstruktion, der Kaminwände und des Ballastes,  $S_2$  den Angriffspunkt dieses Gewichtes;
- $\gamma \cdot V_2$  den Auftrieb der mit Druckluft gefüllten Arbeitskammer,  $D_2$  dessen Angriffspunkt;
- $V_1$  die Wasserverdrängung der beiden Pontons,  $D_1$  deren Angriffspunkt.

Der Caisson ist an den Punkten  $E'$  und  $E''$  des Schwimmgerüsts mittels Ketten aufgehängt.

Wenn sich das System um den kleinen Winkel  $\alpha$  dreht, so tritt infolge des Entweichens der Druckluft am höchsten Punkte der Caissonschnede eine nach abwärts gerichtete Zusatzkraft  $\Delta G$  hinzu, die wie vorher durch eine in der Symmetrieaxe des Caisson wirkende Kraft  $\Delta G$  und ein Kräftepaar  $\gamma \cdot v_3 \cdot x_3$  ersetzt werden kann. Diese Zusatzkraft wird ausgeglichen durch eine Vermehrung des Auftriebes der Schiffe um den Betrag  $\gamma \cdot \Delta V$  und das Kräftepaar  $\gamma v_1 \cdot x_1 - \gamma \cdot v_2 \cdot x_2$ .

Der neue Auftrieb (des Schwimmgerüsts) erhält den Wert  $A' = \gamma \cdot (V_1 + \Delta V)$ , während die nach abwärts gerichteten Kräfte die Resultierende:

$$R' = G_1 + G_2 - \gamma \cdot V_2 + \Delta G$$

ergeben, wobei  $A' = R'$  sein muss. Wir können auch hier das Stabilitätsmoment in Bezug auf den Punkt  $D_1$  anschreiben und erhalten die Strecke  $\overline{MN}$  aus dem Ausdruck:

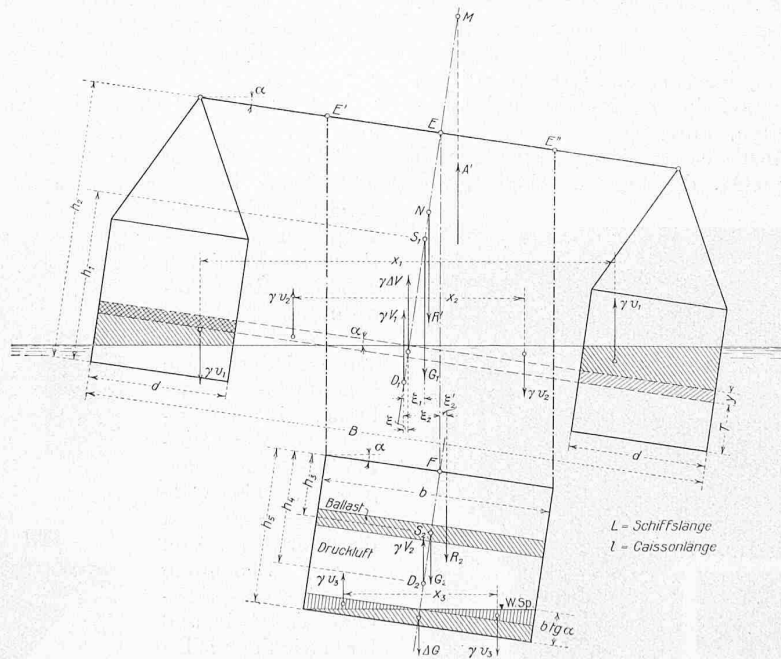


Abbildung 6.

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

$$\frac{1}{A' \cdot \sin \alpha} \left[ \gamma \cdot (\Delta V \cdot \xi + v_1 \cdot x_1 - v_2 \cdot x_2) - G_1 \cdot \xi_1 - R_2 \cdot (\xi_2 + \xi'_2) \right]$$

wobei  $R_2 = G_2 - \gamma \cdot V_2 + \Delta G$ , also die Resultierende von  $G_2$ ,  $\gamma \cdot V_2$  und  $\Delta G$  bedeute.

Es ist nun

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

$$v_1 = \frac{B^2 \cdot L}{8} \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad v_2 = \frac{(B - 2d)^2 \cdot L}{8} \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

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

$$x_2 = \frac{2(B - 2d)}{3} \left( \cos \alpha + \frac{\operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \alpha}{2} \right)$$

$$\xi_1 = \left( h_1 - \frac{T}{2} \right) \cdot \sin \alpha \quad \xi = \frac{y + T}{2} \sin \alpha$$

$$\xi_2 = \left( h_2 - \frac{T}{2} \right) \cdot \sin \alpha$$

$$-R_2 \xi'_2 = G_2 \cdot h_3 \cdot \sin \alpha - \gamma \cdot V_2 \cdot h_4 \cdot \sin \alpha + \Delta G \cdot \left( h_5 - \frac{b}{4} \cdot \operatorname{tg} \alpha \right) \cdot \sin \alpha - \gamma \cdot v_3 \cdot x_3$$

Bezeichnet man analog wie oben das Trägheitsmoment der gekuppelten Pontons in Bezug auf die Schwimmaxe mit  $J$  und das entsprechende Trägheitsmoment des Caisson mit  $J_c$  und setzt man die obigen Werte in die Gleichung ein, so ergibt sich nach einigen Umformungen und Vernachlässigung der Glieder mit  $\operatorname{tg} \alpha$ :

$$\overline{MN} = \frac{1}{2 \cdot T \cdot d \cdot L} \left[ J - J_c - \frac{G_1}{\gamma} \left( h_1 - \frac{T}{2} \right) - \frac{G_2}{\gamma} \left( h_2 - \frac{T}{2} - h_3 \right) + V_3 \left( h_2 - \frac{T}{2} - h_4 \right) \right] \quad (3)$$

Man sieht hieraus deutlich, dass, ähnlich wie bei einem Schiff mit flüssiger Ladung, das Trägheitsmoment der Pontons um jenes des Caissongrundrisses zu vermindern ist, während, wie bei einem Schwimmkran, das um den Auftrieb verminderte Caissongewicht in der Höhe der Aufhängepunkte anzubringen ist.

Es ist klar, dass das abgeleitete Gesetz auch für einen Längsschnitt durch das Schwimmgerüst sinngemäss gültig ist. Die Stabilität ist absolut unabhängig von der Tauchtiefe des Caisson, abgesehen von der durch die Kaminlänge bedingten Grösse  $V_2$ .

B. Es soll nun untersucht werden, wie sich das Schwimmgerüst verhält, wenn der Caisson selbst dem Gerüst gegenüber um den Winkel  $\beta$  geneigt ist. Dieser Fall kann eintreten bei ungleichmässigem Heben oder Senken des Caisson. Durch die Neigung des Caisson wird Druckluft am höchsten Punkte der Schneide entweichen. Die dadurch entstehende Zusatzkraft, die übrigens exzentrisch wirkt, hat dann eine Drehung des Schwimmgerüsts zur Folge, wodurch der Caisson eine noch schiefere Lage annimmt. Ist  $\beta$  der Neigungswinkel des Caisson gegenüber dem Schwimmgerüst, so soll sich dieses um den Winkel  $\alpha$  drehen, sodass der Caisson schliesslich die Neigung  $(\alpha + \beta)$  annimmt. Damit das in Abb. 7 skizzierte System in der neuen Lage verbleibt, müssen folgende Gleichgewichtsbedingungen erfüllt sein:

$$G_1 + G_2 + \Delta G = \gamma \cdot V_1 + \gamma \cdot V_2 + \gamma \cdot \Delta V$$

Das Moment der Kräfte z. B. auf den Punkt  $D_1$  muss gleich Null sein.

$$-G_1 \cdot \xi_1 - R_2 \cdot (\xi_2 + \xi'_2) + \gamma \cdot \Delta V \cdot \xi + \gamma \cdot v_1 \cdot x_1 - \gamma \cdot v_2 \cdot x_2 = 0$$

$$R_2 = G_2 - \Delta G - \gamma \cdot V_2$$

Wir erhalten die Einzelwerte dieser Gleichung aus den vorher abgeleiteten, indem wir einfach den Winkel  $\alpha$  durch  $(\alpha + \beta)$  ersetzen, soweit der Caisson in Frage kommt. Setzt man ferner  $\sin \alpha = a$ ,  $\sin(\alpha + \beta) = (a + \beta)$  und vernach-

lässigt die Glieder zweiter Ordnung, so ergibt sich: Gl. (4a)

$$a = \beta \cdot \frac{J_c - \frac{G_2}{\gamma} \cdot h_3 + V_2 \cdot h_4}{J - J_c - \frac{G_1}{\gamma} \left( h_1 - \frac{T}{2} \right) - \frac{G_2}{\gamma} \left( h_2 - \frac{T}{2} - h_3 \right) + V_2 \left( h_2 - \frac{T}{2} - h_4 \right)}$$

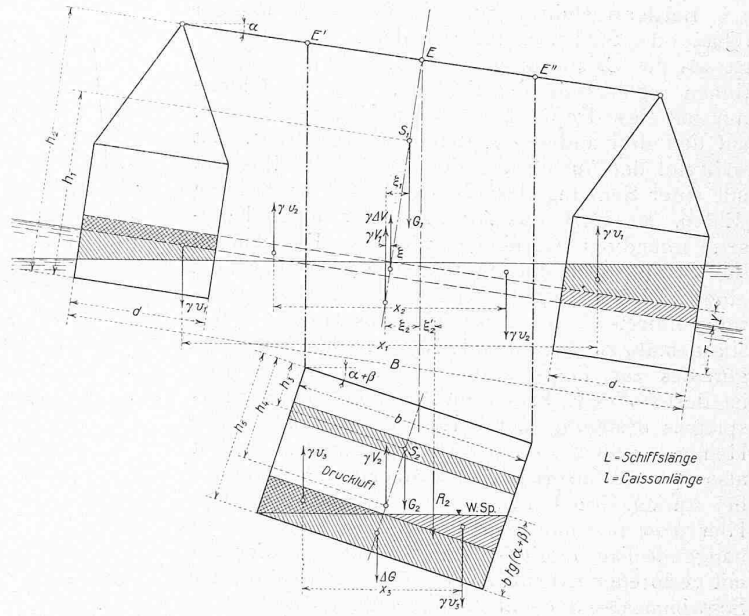


Abbildung 7.

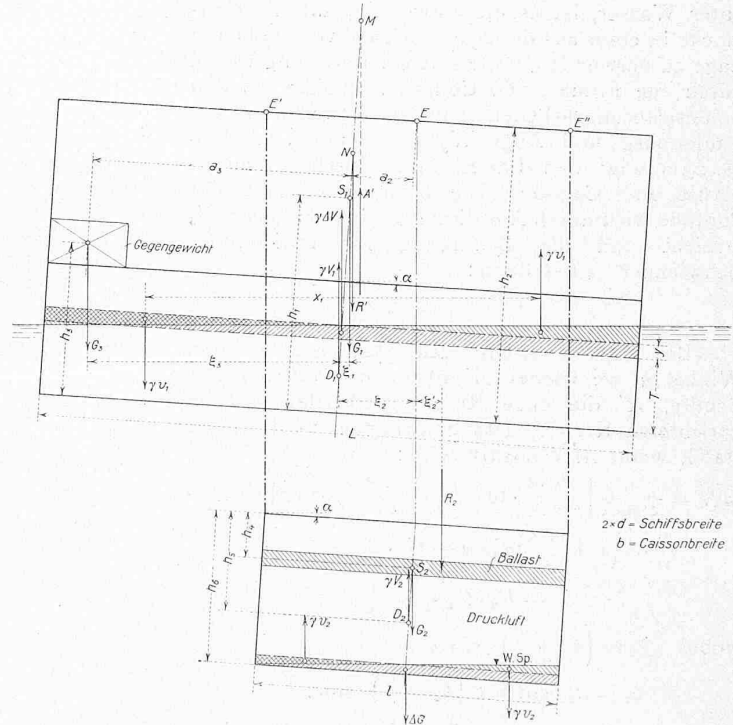


Abbildung 8.

Damit eine durch ungleichmässige Senkung des Caisson verursachte Neigung des Schwimmgerüsts rasch wieder ausgeglichen werden kann, hat es sich als zweckmässig erwiesen, wenn etwa  $\alpha = \beta$  gewählt wird; es genügt dann, nur die Hälfte der Caissonneigung durch Drehen der Hängeschrauben zu korrigieren. In diesem Falle wird  $J - 2J_c = \frac{G_1}{\gamma} \cdot \left( h_1 - \frac{T}{2} \right) + \frac{G_2}{\gamma} \cdot \left( h_2 - \frac{T}{2} - 2 \cdot h_3 \right) - V_2 \cdot \left( h_2 - \frac{T}{2} - 2h_4 \right)$  Einen Ueberblick über die konstruktive Ausbildung, die ein angenähertes Einhalten der Bedingung  $\alpha = \beta$  ermöglicht, gewinnt man bei Vernachlässigung der rechten Seite

dieser Gleichung gegenüber der linken: man erhält die Faustregel, die sich in der Praxis gut bewährt hat:

$$J > 2 J_c \quad (4b)$$

Dabei ist stabiles Schwimmen gesichert. In jeder Richtung soll also das Trägheitsmoment des Schiffsgrundrisses mehr als doppelt so gross sein, wie jenes der Caissongrundfläche.

Bei der Ausführung zusammenhängender Mauern (Quai- oder Schleusenmauern), deren Breite kleiner ist als die Caissonbreite, tritt bei den Endpositionen regelmässig der Fall ein, dass die Glocke nur auf einer Kopfseite über dem Mauerwerk steht, auf den drei anderen Seiten aber frei hängt. Ist während der Ausführung der betreffenden Position mit einer Senkung des Wasserspiegels zu rechnen (Ebbe), so muss das Aufsitzen der einen Kopfseite unbedingt vermieden werden. Da nämlich die Schiffe dem Wasser folgen, so würde sofort eine Schiefstellung der Glocke in der Längsrichtung eintreten, die dann eine aus Gleichung (4) sinngemäss zu berechnende Neigung des Schwimmergestüts zur Folge hätte. Bei solchen Arbeiten ist deshalb dem Fallen und Steigen des Wasserspiegels beständig durch Heben und Senken der Hängeschrauben zu folgen. Der Hängecaisson ist also für solche zusammenhängende Mauerblöcke bei starken Gezeiten-Unterschieden nicht geeignet. Hier kommt somit nur die an festen Gerüsten hängende Taucherglocke in Frage oder der Caisson mit verlorener Arbeitskammer, da, wie erwähnt, der Schwimmcaisson ebenfalls ungeeignet ist.

C. Bei Spezialarbeiten, so namentlich bei Anwendung von Taucherglocken für Ausbesserungen unter Wasser, ist es oft notwendig, die Taucherglocke in einer aus der Symmetrieaxe verschobenen Lage zu verwenden. Eine solche Anordnung wurde durch die Firma A. G. Conrad Zschokke bei den Sohleicherungsarbeiten an den Stauwehren von Laufenburg und Augst-Wyhlen benützt. Abb. 8 (S. 231) zeigt den Längsschnitt durch Schwimmergestüt und Caisson. Die horizontale Lage der Pontons wird durch Aufbringung einer Hüllslast  $G_3$  erreicht und die Bedingung für horizontales Schwimmen lautet dann:

$$G_1 + G_2 + G_3 - \gamma \cdot V_2 = \gamma \cdot V_1, \\ G_3 \cdot a_3 = (G_2 - \gamma \cdot V_2) \cdot a_2.$$

Bei einer Drehung des Systems um den Winkel  $\alpha$  sei wieder  $A'$  der neue Auftrieb der Schiffe,  $R'$  die neue Resultierende der abwärts gerichteten Kräfte. Das Schwimmen wird wieder stabil, wenn  $MN$  positiv wird:

$$\overline{MN} = \frac{1}{A' \sin \alpha} \left[ \gamma \frac{l^2 \cdot h}{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha \left( \frac{T}{2} + \frac{l^2 \cdot h}{8 \cdot d \cdot L} \cdot \operatorname{tg} \alpha \right) \sin \alpha + \right. \\ \left. + \gamma \cdot J \left( 1 + \frac{l^2 \alpha}{2} \right) \sin \alpha - G_1 \cdot \xi_1 + G_3 \cdot \xi_3 - \right. \\ \left. - R_2 \cdot (\xi_2 + \xi_2') \right]$$

wobei  $\xi_1 = \left( h_1 - \frac{T}{2} \right) \cdot \sin \alpha$

$$\xi_2 = a_2 \cdot \cos \alpha + \left( h_2 - \frac{T}{2} \right) \cdot \sin \alpha$$

$$\xi_3 = a_3 \cdot \cos \alpha - \left( h_3 - \frac{T}{2} \right) \cdot \sin \alpha,$$

$$- R_2 \cdot \xi_2' = G_2 \cdot h_1 \cdot \sin \alpha - \gamma \cdot V_2 \cdot h_5 \sin \alpha + \\ + \gamma \cdot \frac{l^2 \cdot h}{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha \left( h_0 - \frac{l}{4} \operatorname{tg} \alpha \right) \sin \alpha - \gamma \cdot J_c \left( 1 + \frac{l^2 \alpha}{2} \right) \sin \alpha$$

Vernachlässigt man die mit der kleinen Grösse  $\alpha$  multiplizierten Glieder und berücksichtigt man, dass

$$G_3 \cdot a_3 - G_2 \cdot a_2 - \gamma \cdot V_2 \cdot a_2 = 0$$

so wird

$$\overline{MN} = \frac{1}{\frac{G_1}{\gamma} + \frac{G_2}{\gamma} + \frac{G_3}{\gamma} - V_2} \left[ J - J_c \cdot \left( 1 + 6 \cdot \frac{a_1}{l} \right) - \frac{G_1}{\gamma} \left( h_1 - \frac{T}{2} \right) - \right. \\ \left. - \frac{G_2}{\gamma} \left( h_2 - \frac{T}{2} - h_4 \right) - \frac{G_3}{\gamma} \left( h_3 - \frac{T}{2} \right) + V_2 \left( h_2 - \frac{T}{2} - h_5 \right) \right] \quad (5)$$

Diese Gleichung unterscheidet sich von (3b) in der Hauptsache durch den starken Einfluss der Exzentrizität  $a_2$  der Caisson-Aufhängung.

D. Bei der unsymmetrischen Anordnung soll noch die Stabilität des Systems bei teilweise fehlender Druckluft untersucht werden. Dieser Fall kann praktisch beim Ver-

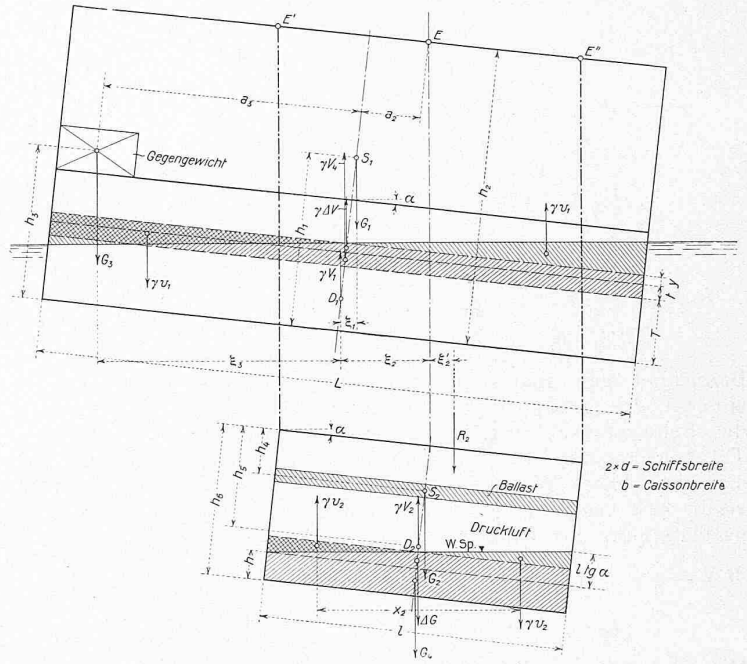


Abbildung 9.

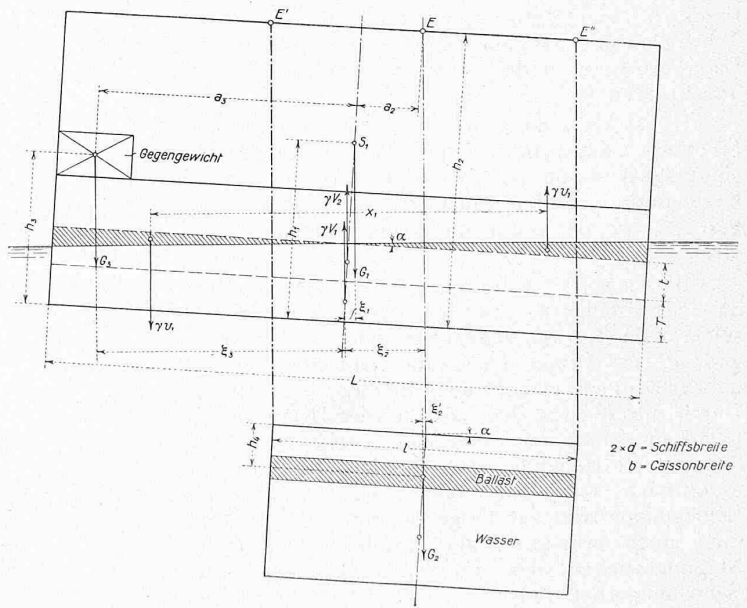


Abbildung 10.

sagen der Druckluftzufuhr eintreten. In Abbildung 9 ist ein solcher Fall dargestellt. Es wird angenommen, der Wasserspiegel sei am höchsten Punkte der Schneide infolge Druckluftmangel um den Betrag  $h$  gestiegen. Gesucht ist der Neigungswinkel, den das System infolge dieser veränderten Verhältnisse annimmt.

Die ursprünglichen Gleichgewichtsbedingungen des Systems lauten:

$$G_1 + G_2 + G_3 - \gamma \cdot V_2 = \gamma \cdot V_1, \\ G_3 \cdot a_3 = (G_2 - \gamma \cdot V_2) \cdot a_2$$

und sie gehen über in die nachstehende Form:

$G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + \Delta G - \gamma \cdot V_2 = \gamma \cdot V_1 + \gamma \cdot V_4 + \gamma \cdot \Delta V$   
 Es ist also  $G_4 + \Delta G = \gamma \cdot V_4 + \gamma \cdot \Delta V$   
 wobei wir setzen  
 $G_4 = \gamma \cdot V_4 = \gamma \cdot b \cdot l \cdot h = \gamma \cdot 2 \cdot d \cdot L \cdot t$   
 $\Delta G = \gamma \cdot \Delta V = \gamma \cdot \frac{b \cdot l^2}{2} \operatorname{tg} \alpha = \gamma \cdot 2 \cdot d \cdot L \cdot y$

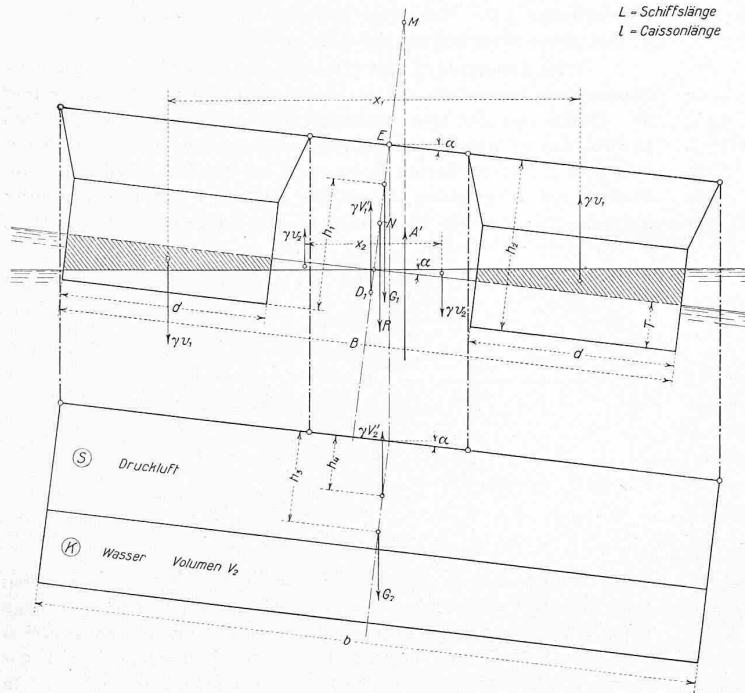


Abbildung 11.

$\gamma \cdot V_4 \cdot \frac{t+T}{2} \cdot \sin \alpha +$   
 $+\gamma \cdot \Delta V \left( t + \frac{y+T}{2} \right) \cdot \sin \alpha + \gamma \cdot J \cdot \sin \alpha \left( 1 + \frac{\operatorname{tg}^2 \alpha}{2} \right) -$   
 $- G_1 \cdot \xi_1 + G_3 \cdot \xi_3 - R_2 \cdot (\xi_2 + \xi'_2) = 0$   
 dabei ist  $R_2 = G_2 + G_4 + \Delta G - \gamma \cdot V_2$   
 $R_2 \cdot \xi'_2 = \sin \alpha \cdot \left[ -G_2 \cdot h_4 + \gamma \cdot V_2 \cdot h_5 - G_4 \left( h_6 - \frac{h}{2} \right) - \right.$   
 $\left. - \Delta G \cdot \left( h_6 - h - \frac{l}{4} \cdot \operatorname{tg} \alpha \right) + \gamma \cdot J_c \cdot \left( 1 + \frac{\operatorname{tg}^2 \alpha}{2} \right) \right]$

Nach Vernachlässigung der Glieder höherer Ordnung ergibt sich folgende Gleichung:

$$\alpha = \frac{b \cdot l \cdot h \cdot a_2}{\left\{ J - J_c \left( 1 + \frac{6 \cdot a_2}{l} \right) - \frac{G_1}{\gamma} \left( h_1 - \frac{T}{2} \right) - \frac{G_2}{\gamma} \left( h_2 - \frac{T}{2} - h_4 \right) - \frac{G_3}{\gamma} \left( h_3 - \frac{T}{2} \right) + V_2 \left( h_2 - \frac{T}{2} - h_6 \right) - b \cdot l \cdot h \cdot \left( h_2 - T - \frac{t}{2} - h_6 + \frac{h}{2} \right) \right\}} \quad (6)$$

E. Bei vollständiger Wasserfüllung der Arbeitskammer lauten die Gleichgewichtsbedingungen nach Abbildung 10

$G_1 + G_2 + G_3 = \gamma \cdot (V_1 + V_2),$   
 $\gamma \cdot V_2 \cdot \frac{T+t}{2} \sin \alpha + \gamma \cdot J \left( 1 + \frac{\operatorname{tg}^2 \alpha}{2} \right) \cdot \sin \alpha - G_1 \cdot \xi_1 -$   
 $- G_2 (\xi_2 - \xi'_2) + G_3 \cdot \xi_3 = 0$   
 $V_2 = 2 \cdot d \cdot L \cdot t, \text{ bzw. } t = \frac{V_2}{2 \cdot L \cdot d},$   
 $\xi'_2 = h_4 \cdot \sin \alpha,$

$$\alpha = \frac{V_2 \cdot a_2}{\left[ J - \frac{G_1}{\gamma} \left( h_1 - \frac{T}{2} \right) - \frac{G_2}{\gamma} \cdot \left( h_2 - \frac{T}{2} - h_4 \right) - \frac{G_3}{\gamma} \cdot \left( h_3 - \frac{T}{2} \right) + \frac{V_2}{2} \cdot (T+t) \right]} \quad (7)$$

Für den ursprünglichen Zustand ohne Zusatzlast infolge Luftmangel war nach Gleichung (5)

$$MN = \frac{1}{V_1} \left[ J - J_c \cdot \left( 1 + \frac{6 \cdot a_2}{l} \right) - \frac{G_1}{\gamma} \cdot \left( h_1 - \frac{T}{2} \right) - \frac{G_2}{\gamma} \cdot \left( h_2 - \frac{T}{2} - h_4 \right) - \frac{G_3}{\gamma} \cdot \left( h_3 - \frac{T}{2} \right) + V_2 \cdot \left( h_2 - \frac{T}{2} - h_5 \right) \right]$$

Der Neigungswinkel  $\alpha$  lässt sich demnach auch in folgender Form schreiben

$$\alpha = \frac{V_2 \cdot a_2}{\left[ V_1 \cdot MN - V_2 \left( h_2 - T - h_5 - \frac{t}{2} \right) + J_c \cdot \left( 1 + \frac{6 \cdot a_2}{l} \right) \right]} \quad (7a)$$

Für einen gewöhnlichen Schwimmkran, dessen metazentrische Höhe für den unbelasteten Zustand mit  $\overline{MN}$  bezeichnet, und an dem nun im Abstand  $a_2$  von der Mitte und in der Höhe  $h_2$  über dem Schiffsboden die Last  $\gamma \cdot V_2$  angebracht werde, würde sich der Neigungswinkel zu

$$\alpha' = \frac{V_2 \cdot a_2}{V_1 \cdot \overline{MN}' - V_2 \cdot \left( h_2 - T - \frac{t}{2} \right)} \quad (7b)$$

berechnen. Der Unterschied der beiden Formeln ist nur ein scheinbarer, da im Ausdruck für  $\overline{MN}'$  der Wert  $J_c = 0$  ist, und da  $h_5$  bei direkter Lastaufhängung an einem Seil keine Bedeutung mehr hat. Würde man die Taucherglocke am Schwimmgerüst derart aufhängen, dass sie der Neigung der Schiffe nicht folgt (Aufhängung an einem einzigen Punkte), so wäre die Analogie mit dem Schwimmkran sofort erkennbar.

### III. Kombiniertes System.

Die in Venedig verwendete Taucherglocke, die in der „Schweizerischen Bauzeitung“ veröffentlicht ist<sup>1)</sup>, stellt eine Kombination von Schwimm- und Hängecaisson dar. Außerlich durch ihre Aufhängung an Schiffen als Hängecaisson charakterisiert, erfüllt diese Konstruktion die Bedingung für die Stabilität des Schwimmens laut Gleichung (3) nicht, wenn die Arbeitskammer mit Druckluft gefüllt ist, da, wie leicht ersichtlich,  $J_c > J$ , weshalb  $\overline{MN}$  negativ wird (Abbildung 11). Infolgedessen war es unerlässlich, beim Positionswechsel die Arbeitskammer mit Wasser zu füllen, wodurch die Taucherglocke dem Wesen nach als Schwimmcaisson bezeichnet werden muss. Während das Arbeitsgewicht der Glocke  $G_2 - \gamma \cdot V_2$  beträgt, gilt für das Schwimmen

$$G_1 + G_2 - \gamma \cdot V_2 = \gamma \cdot V_1 = 2 d L T.$$

Es ist dann

$$\overline{MN} = \frac{1}{\gamma \cdot V_1} \left[ J - G_1 \cdot \left( h_1 - \frac{T}{2} \right) - G_2 \cdot \left( h_2 - \frac{T}{2} - h_3 \right) + \gamma \cdot V_2 \cdot \left( h_2 - \frac{T}{2} - h_4 \right) \right] > 0 \quad (8)$$

Rechnerisch ist demnach dieses kombinierte System wie ein Schwimmkran zu behandeln. Bei exzentrisch angreifender Zusatzlast  $G$  in der Höhe  $h$  über der Caissondecke und im Abstand  $a$  von Caissonmitte, wie sie bei länger dauernden Arbeiten infolge Schlamm- und Kiesablagerungen auf der Decke unvermeidlich sind, berechnet sich demnach die Neigung des ganzen Systems zu

$$\alpha = \frac{G \cdot a}{\overline{MN} \cdot \gamma V_1 - G \cdot \left( h_2 - T + h - \frac{t}{2} \right)}$$

wobei  $T = \frac{V_1}{2 \cdot L \cdot d}$  und  $t = \frac{G}{\gamma \cdot 2 \cdot L \cdot d}$

Es ist also von grösster Wichtigkeit, von Anfang an  $\overline{MN}$ , d. h.  $J$  gross zu wählen. Beim Dockbau in Venedig musste ferner noch damit gerechnet werden, dass das vorhandene Terrain mittels des Baggers nur bis Kote  $-19$  ausgehoben werden konnte, während die Fundationen auf  $-21,80$  abgesenkt werden mussten. Bei den beständigen Strömungen in der

<sup>1)</sup> Band 68, Seite 122 und 123, Abb. 24 und 25 (9. Sept. 1916).

Lagune, die als Folge des Gezeitenwechsels eintreten, entstand überdies schon kurze Zeit nach der Baggerung eine namhafte Schlammablagerung in der Baggergrube. Die Taucherglocken mussten also für die Herstellung der Fundation mehr als 3 m in den Boden versenkt werden, wodurch dann beim Aufziehen sehr grosse und ungleichmässige Reibungskräfte am Caissonumfang entstanden, die sich durch starke Neigungen der Schiffe bemerkbar machten. Gerade die Rücksicht auf diese exzentrisch auftretenden Zusatzkräfte war es, die zur Wahl des kombinierten Systems führten, weil es dadurch möglich wurde, das Trägheitsmoment des Schwimmergrundrisses sehr gross zu halten. In der Aushubperiode wurden die beiden Schiffe (Band 68, Seite 123, Abbildung 24 und 25), übrigens noch durch zwei seitlich angebrachte Zusatz-Pontons ergänzt und zwar nicht etwa wegen der Tragfähigkeit der Schiffe an sich, sondern eben um das ganze System gegen Zusatzkräfte unempfindlicher zu gestalten.

Zürich, im April 1923.

### Rauchgas-Prüfung auf elektrischem Wege.

Soll eine Dampfkesselfeuerung wirtschaftlich arbeiten, so muss der Heizer immer wissen, ob nicht überschüssige, Wärmeverluste verursachende Luft durch die Feuerung streicht, damit er den Zug darnach einstellen kann; wichtig ist ausserdem die Kenntnis der Abgastemperatur. Ein sicheres Mittel zur Feststellung eines allfällig vorhandenen Luftüberschusses in den Rauchgasen ist wie bekannt die Bestimmung deren Gehalts an Kohlensäure. Da nämlich die Luft rund 21% Sauerstoff enthält, so wird, da immer ein Molekül Sauerstoff auch ein Molekül Kohlensäure bildet, der Höchstgehalt der Rauchgase an Kohlensäure 21% betragen, wenigstens theoretisch, bei reiner Kohle. In Wirklichkeit beträgt er bei Steinkohle, infolge des Vorhandenseins von Wasserstoff und Kohlenwasserstoffen, höchstens 18,5% und bei Braunkohle noch weniger. Stellt man also nur 6% Kohlensäure in den Abgasen fest, so sind zwei Drittel der durchgelassenen Luft Luftüberschuss.

Die Untersuchung der Rauchgase auf ihren Kohlensäuregehalt erfolgte früher gasanalytisch durch Bindung der Kohlensäure in Alkalilauge oder Natronkalk. Auch benutzte man die Kenntnis des spezifischen Gewichts oder der Ausströmungsgeschwindigkeit des Rauchgases zu dieser Feststellung. Keine der Methoden jedoch vereinigte Genauigkeit, Stetigkeit und Fernablesung. Ein Apparat,

der alle diese Forderungen erfüllt, ist der vor einiger Zeit von der Firma Siemens & Halske eingeführte elektrische Rauchgasprüfer. Bei der Konstruktion dieses Prüfers ging man von der Tatsache aus, dass die verschiedenen Gase sich durch ihr Wärmeleitvermögen unterscheiden. Bezogen auf das Wärmeleitvermögen der Luft = 100 beträgt dasjenige von Wasserstoff 700, von Stickstoff 100, von Sauerstoff 101, von Kohlensäure 59, von Kohlenoxyd 96, von Methan 126, von Azetylen 78, von Leuchtgas etwa 260 und von Wasserdampf 130. Man sieht hieraus, dass Kohlensäure nur drei Fünftel des Leitvermögens der Luft besitzt.

Unter Benützung dieser physikalischen Konstanten wurde ein Messapparat hergestellt, der in Abbildung 1 schematisch dargestellt ist. Durch eine der zwei parallelen Bohrungen eines Metallklotzes streicht das zu prüfende Rauchgas, während die andere mit reiner Luft gefüllt ist. In beiden Bohrungen ist ein Platindraht in zentraler Lage ausgespannt, in welcher Lage er durch je eine Platin-Iridiumspirale gehalten wird, wenn er sich durch Erhitzen ausdehnt.

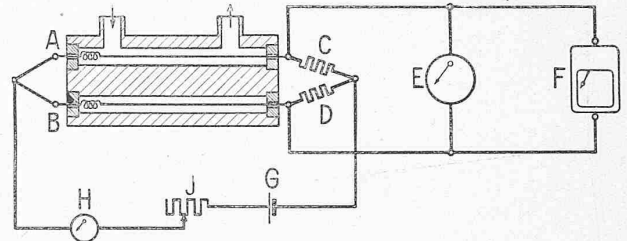


Abb. 1. Schema des elektrischen Rauchgasprüfers, System Siemens & Halske, nebst zugehörigen Instrumenten.

Beide Drähte sind an Nickelstifte gelötet, die sich in isolierenden Verschlüssen befinden. Sie sind genau gleich und werden als Zweige einer Wheatstone'schen Brücke von einer Akkumulatorbatterie G auf etwa 100° Celsius erhitzt. Durch den Widerstand J wird der Strom auf Grund einer Ablesung am Strommesser H geregelt. In die Brücke dieser Zweige ist als Zeigerinstrument ein empfindliches Galvanometer E mit grosser Skala und kräftigem Zeiger, vielfach parallel dazu noch ein Registrierapparat F eingeschaltet.

Da nun Kohlensäure drei Fünftel des Wärmeleitvermögens der Luft hat, wird der Platindraht im Rauchgas höhere Temperatur annehmen, als der von Luft umgebene. Nach dem Kohlensäuregehalt des Rauchgases richtet sich also der Temperaturunterschied der Drähte und hiernach der Unterschied ihres elektrischen Leit-

### Von der 37. Jahresversammlung der G. E. P. vom 7. bis 9. Juli 1923 in Zürich.

#### Festbericht.

(Fortsetzung von Seite 222)

Es war ein Sonntag hell und klar, ein selten schöner Tag im Jahr, jener 8. Juli, und dank dem fürsorglicher Weise für den Begrüssungsabend auf morgens zwei Uhr angesetzt gewesenen Zapfenstreich gelangten viele Ehemalige zum Frühaufgestehen und Genuss dieses Sonntagmorgens. Sei es, dass sie mit den hoffnungsgrünen Sommerwagen der prima elektrifizierten Uetlibergbahn an den Busen der Mutter Natur entflohen, sei es, dass sie in entgegengesetzter Richtung mit der auch schönen himmelblauen Forchbahn vor Zollingers Opferflamme am Zürcherischen Wehrmännerdenkmal reine Kunst genossen, oder gar andere Wege gingen, Alle kehrten sie neugestärkt und pünktlich auf 10 $\frac{1}{2}$  Uhr ins Auditorium Maximum zurück, dessen 650 Sitzplätze nicht verhindern konnten, dass noch mancher stehen musste. Was dort geredet wurde, darüber ist bereits berichtet worden<sup>1)</sup>. Pünktlich ward auch der Wissensdurst gelöscht und pünktlich ging man zur Beschäftigung mit dem andern über, wofür die „Architectura“ den Tonhalle-Pavillon mit buntem Seidenpapier bis zur Unkenntlichkeit verschönert hatte; leider konnte sie dabei das Ventilationsproblem nicht mit gleichem Erfolg lösen. Mit Rücksicht auf die dadurch nicht beseitigte, bemerkenswerte Hitze will der Chronist den frdl. Leser nicht allzulange am Bankettort festhalten; selbstverständlich entsprach der Güte der Küche auch die Qualität der oratorischen Kost (für das

<sup>1)</sup> Im Protokoll Seite 171 und 183, Rede Wysslings Seite 63, und Rede Pfleghards auf Seite 140 dieses Bandes.

Getränk bürgte der Zürcherische Staatskeller), von der hier nur zwei Proben der Nachwelt überliefert seien. Im Textteil dieser Nr. (auf Seite 227) findet sich die für die innere und äussere Entwicklung der E. T. H. aufschlussreiche Ansprache des Herrn Schulrats-Präsidenten Dr. R. Gnehm, während der Präsident des S. I. A. und nunmehrige Rektor der E. T. H., Professor A. Rohm, auch die Grüsse der übrigen vertretenen Verbände überbringend, den Ehemaligen mit folgenden Worten so eigentlich aus dem Herzen sprach:

„... Mancher unter Ihnen wird sich zwar fragen, ob es denn überhaupt nötig sei, dass der S. I. A. der G. E. P. gegenüber feierlich seine brüderlichen Gefühle ausdrücke, dies in der Meinung, dass es sonst nicht üblich sei, dass sich Mitglieder der gleichen Familie in solcher Weise anreden.

Nun, in der Tat gehören wir fast alle der gleichen Familie an, der grossen Familie der akademischen Techniker. Wenn die G. E. P. einerseits nur Absolventen der E. T. H., jedoch aller ihrer Abteilungen, der S. I. A. andererseits namentlich Ingenieure und Architekten, jedoch auch anderer Hochschulen als der Zürcherischen entstammend, aufnimmt, so verbinden uns doch zahlreiche kräftige Bande, mit denen wir gewillt sind, den Wagen des Standesbewusstseins der akademischen Techniker gemeinschaftlich den Berg emporzuziehen.

Dennoch, meine Herren Kollegen, erklären wir ohne Neid, dass wir lieber zu den Versammlungen der G. E. P., als zu jenen des S. I. A. kommen, und zwar aus Gründen des Herzens. Der S. I. A. ist ein Berufsverband, der durch die Ungunst der Zeit wohl immer stärker die wirtschaftliche Seite seiner Tätigkeit gegenüber der wissenschaftlichen wird betonen müssen.

Die G. E. P. dagegen pflegt vor allem einen Gedanken, einen Freundschaftsgedanken, sie verbindet alle ihre Mitglieder in