Ueber Lagerdrücke schwingender Glocken

Autor(en): **Schneider, G.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **109/110 (1937)**

Heft 20

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-49145

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: Ueber Lagerdrücke schwingender Glocken. — Ideenwettbewerb über die Gestaltung des Zürichseeufers zwischen Tonhalle und Theater. — Bericht über die XIII. Tagung der Internationalen Eisenbahn-Kongress-Vereinigung. — Mitteilungen: Stromlinienform und Werbung. Die kosmische Strahlung und das Positon. Glas und Baustoff auf der Weltausstellung Paris. Email. Elektr. Energieverbrauch 1936 in schweizerischen Haushaltungen usw. Wärmepreise für Holz und Kohle. Alte Hauptwache in Bern. Insektentöter. — Wettbewerbe: Kantonspital Schaffhausen. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Band 110 Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 20

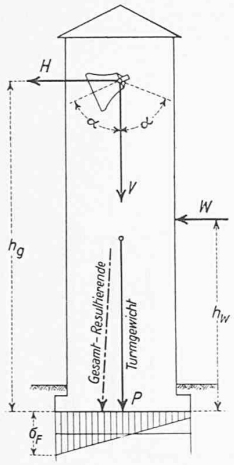


Abb. 1

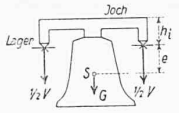


Abb. 2

Ueber Lagerdrücke schwingender Glocken

Fundament und Mauerwerk der Glockentürme werden durch das Eigengewicht des Turmes, durch den Winddruck auf die äussern Turmflächen und durch die beim Läuten der Glocken auftretenden Kräfte beansprucht (Abb. 1). Wenn bei starkem Wind die schwingenden Glocken in der Windrichtung ausschlagen, treten im Fundament und im Turmmauerwerk die Höchstwerte der Druckbeanspruchung auf.

Jede Glocke ist an einem mit ihr fest verbundenen Querbalken, dem Joch aufgehängt, dessen Enden je in einem Lager drehbar aufliegen (Abb. 2). Glocke und Joch zusammen bilden somit ein physikalisches Pendel, sodass die aus dem Glockenschwung sich ergebenden Lagerdrücke berechnet werden können wie die Lagerdrücke eines physikalischen Pendels, d. h. eines um eine horizontale Axe unter dem Einfluss der Schwerkraft schwingenden Körpers. Der Einfluss des Klöppels, dessen Gewicht nur wenige Prozente des Gewichtes von Glocke und Joch zusammen ausmacht, ist in nachfolgender Berechnung vernachlässigt.

Die Formeln für die Lagerdruckkomponenten eines physikalischen Pendels lauten (Abb. 3):

$$A_x = -mg\cos\varphi - me\,\omega^2, \quad \text{worin } \omega^2 = +\frac{2\,mge}{J}(\cos\varphi - \cos\alpha); \quad (1)$$

$$A_y = +mg\sin\varphi + me\,\varepsilon, \quad \text{worin } \varepsilon = -\frac{mge}{J}\sin\varphi; \quad (2)$$

Es bedeuten:

A_x, A_y = Lagerdruckkomponenten bezüglich eines mit dem Körper fest verbundenen und mit ihm schwingenden Axenkreuzes XY,

g = Erdbeschleunigung,

m = Masse,

$G = mg$ = Gewicht des schwingenden Körpers,

ω = Winkelgeschwindigkeit,

ε = Winkelbeschleunigung,

e = Abstand des Schwerpunktes von der Drehaxe 0,

J = Massenträgheitsmoment bezügl. der Drehaxe,

α = grösster Ausschlagwinkel der X-Axe,

φ = momentaner Ausschlagwinkel.

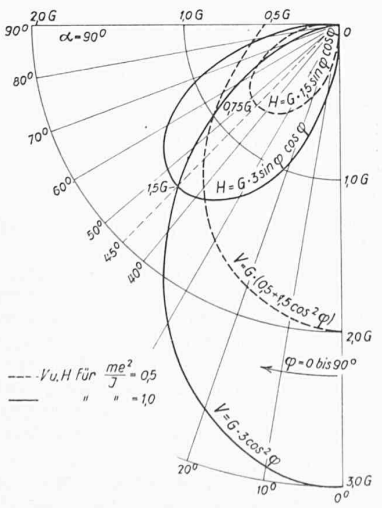


Abb. 5

Für ein ruhendes Axenkreuz, dessen vertikale Axe v und dessen horizontale Axe h durch den Aufhängepunkt 0 gehen, können die nach diesen Axen gerichteten Lagerdruckkomponenten V und H aus A_x und A_y berechnet werden.

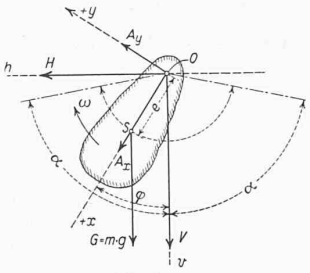


Abb. 3

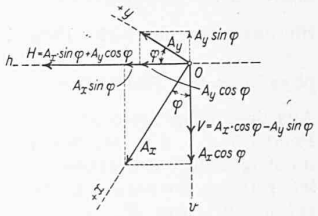


Abb. 4

Es ist nach Abb. 4 und Gl. (1) und (2) die Vertikalkomponente:

$$V = A_x\cos\varphi - A_y\sin\varphi =$$

$$G\left[1 + \frac{me^2}{J}(3\cos^2\varphi - 2\cos\alpha\,\cos\varphi - 1)\right]; \text{ (absolut)} \quad (3)$$

die Horizontalkomponente:

$$H = A_x\sin\varphi + A_y\cos\varphi =$$

$$G\,\frac{me^2}{J}(3\cos\varphi\sin\varphi - 2\cos\alpha\sin\varphi) \quad \text{(absolut)} \quad (4)$$

Die Gleichungen (3) und (4) enthalten den Wert $\frac{me^2}{J}$. Wenn J_s das Trägheitsmoment des Körpers bezüglich seines Schwerpunktes S bedeutet, so ist $J = J_s + me^2$, und somit:

$$\frac{me^2}{J} = \frac{me^2}{J_s + me^2} = \frac{1}{\frac{J_s}{me^2} + 1} \quad (5)$$

— eine vom Abstand e abhängige, zwischen 0 und 1 liegende Zahl. Dem Minimalwert $\frac{me^2}{J} = 0$ entsprechen

$$V_{min} = +G, \quad H_{min} = 0 \quad \ldots\ldots \quad (6)$$

Dem Maximalwert $\frac{me^2}{J} = 1$ entsprechen

$$V_{max} = +G\,(3\cos^2\varphi - 2\cos\alpha\cos\varphi) \quad \ldots \quad (7)$$

und

$$H_{max} = +G\,(3\cos\varphi\sin\varphi - 2\cos\alpha\sin\varphi). \quad \ldots \quad (8)$$

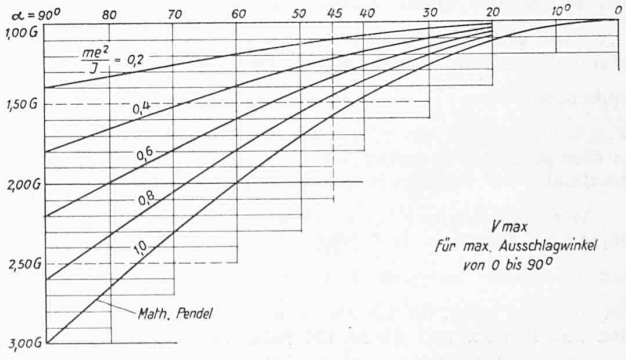


Abb. 6a, oben

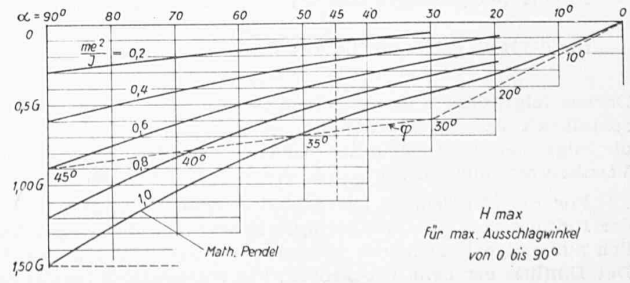


Abb. 6b, unten

Da für ein *mathematisches Pendel*, d. h. für einen Massenpunkt von der Masse m an einem gewichtlosen Faden von der Länge e, $J_S = 0$ und somit $\frac{me^2}{J} = 1$ ist, so gelten die Formeln (7) und (8) für die Lagerdruckkomponenten eines mathematischen Pendels.

Dem Polardiagramm Abb. 5 können zu jedem momentanen Ausschlagwinkel die nach den Gleichungen (3) und (4) für einen maximalen Ausschlagwinkel von $\alpha = 90^0$ berechneten Lagerdrücke für das mathematische Pendel vom Wert $\frac{me^2}{J} = 1$, und für ein physikalisches Pendel vom Wert $\frac{me^2}{J} = 0{,}5$ entnommen werden. Aus dem Diagramm ist zu erkennen, dass für das mathematische Pendel $V_{max} = 3\ G$ ist, dass bei $\varphi = 45^0$ $H_{max} = V = 1{,}5\ G$ und dass im Augenblick des grössten Ausschlages $\varphi = \alpha = 90^0$, $H = V = 0$ ist. Für das erwähnte physikalische Pendel dagegen ist $V_{max} = 2\ G$ bei $\varphi = 0^0$, und $H_{max} = 0{,}75\ G$, bei $\varphi = 45^0$. Im Augenblick des grössten Ausschlages, d. h. wenn $\varphi = \alpha = 90^0$, ist $H = 0$ und $V = 0{,}5\ G$.

Die graphischen Tabellen 6a und 6b geben die maximalen Vertikal- und Horizontal-Komponenten des mathematischen und des physikalischen Pendels für maximale Ausschlagwinkel von 0 bis 90°. Der Maximalwert der Vertikalkomponenten (Tab. 6a) tritt ein, wenn sich die schwingende Glocke in ihrer tiefsten Lage, der Ruhelage, befindet, d. h. wenn $\varphi = 0^0$ ist. Der Maximalwert der Horizontalkomponente (Tab. 6b) stellt sich ein bei $\varphi = 45^0$ bei einer schwingenden Glocke mit einem maximalen Ausschlagwinkel von $\alpha = 90^0$, bezw. bei einem Winkel $\alpha < 45^0$, wenn der maximale Ausschlagwinkel $\alpha < 90^0$, wie dies durch die Linie φ in Figur 6b dargestellt ist.

Die Aufhängung der Glocken im Glockenturm geschieht entweder nach gewöhnlichem System, in der Folge «Tiefhängung» genannt, oder durch «Hochhängung». Bei der Tiefhängung ist das in Abb. 2 mit h_i bezeichnete Mass möglichst klein, bei der Hochhängung dagegen verhältnismässig grösser, sodass der Schwerpunkt S der Glocke bei hochgehängter Glocke näher bei der horizontalen Lageraxe liegt, als bei tiefgehängter. Da somit bei hochgehängten Glocken das Mass e kleiner als bei tiefgehängten, und dementsprechend, wie aus Gleichung (5) ersichtlich, der Wert $\frac{me^2}{J}$ ebenfalls kleiner ist, so folgt daraus, dass bei hochgehängten Glocken kleinere Lagerdrücke entstehen, als bei gleich schweren, aber tiefgehängten Glocken. Bei hochgehängten Glocken liegt der numerische Wert von $\frac{me^2}{J}$ unterhalb 0,5, bei tiefgehängten Glocken jedoch zwischen 0,5 und 1.

Für eine Glocke vom Gewicht G, die mit einem maximalen Ausschlag von $\alpha = 80^0$ schwingt, bestimmen sich die beim Läuten auftretenden maximalen horizontalen und vertikalen Kräfte nach Tabellen 6a und 6b wie folgt: wenn die Glocke tief aufgehängt ist, sodass der dieser Aufhängung entsprechende Wert $\frac{me^2}{J} = 0{,}8$ sei, so beträgt beim Läuten $V_{max} = 2{,}3\ G$, und $H_{max} = 1{,}0\ G$. Wenn die gleiche Glocke hoch aufgehängt ist, sodass der entsprechende Wert $\frac{me^2}{J} = 0{,}4$ sei, entsteht beim Läuten ein $V_{max} = 1{,}65\ G$, und ein $H_{max} = 0{,}5\ G$, d. h. bei Hochhängung ist in diesem Falle die maximale Vertikalkraft um 28 % und die maximale Horizontalkraft um 50 % kleiner als bei Tiefhängung.

Wie verhalten sich die maximalen Lagerdruck-Komponenten einer 2,5 t schweren, *tief* gehängten Glocke zu jenen einer 5 t schweren, aber *hoch* gehängten Glocke, wenn der Wert $\frac{me^2}{J} = 0{,}8$ für die tief-, bezw. 0,4 für die hoch gehängte Glocke ist? Nach den Tabellen 6a und 6b ist bei maximalem Ausschlag $\alpha = 80^0$

für die tief gehängte Glocke: $V_{max} = 2{,}5\ t \times 2{,}3 = 5{,}75\ t$
$H_{max} = 2{,}5\ t \times 1{,}0 = 2{,}5\ t$

für die hoch gehängte Glocke: $V_{max} = 5{,}0\ t \times 1{,}65 = 8{,}25\ t$
$H_{max} = 5{,}0\ t \times 0{,}5 = 2{,}5\ t$

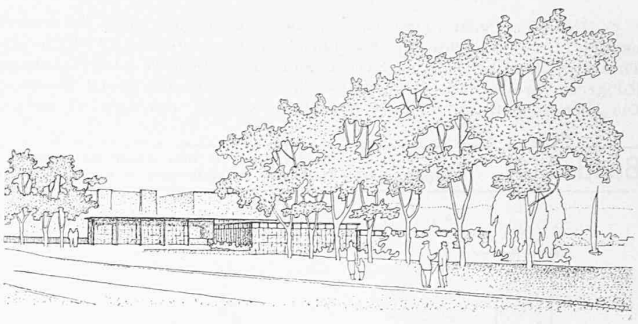
Daraus folgt, dass trotz doppeltem Gewicht die maximale Horizontalkraft der hoch gehängten Glocke *gleich gross* ist wie diejenige der tief gehängten Glocke, und dass die maximale Vertikalkraft nur um 2,5 t, d. h. um 43 % grösser ist.

Für die Beurteilung der Stabilität von Glockentürmen ist der Einfluss von V_{max} von geringer Bedeutung, da V_{max} gewöhnlich nur einige Prozent des gesamten Turmgewichtes ausmacht. Der Einfluss der beim Glockenschwung auftretenden maximalen Horizontalkräfte dagegen ist bedeutend grösser, weshalb eine möglichst genaue Ermittlung des Wertes vom H_{max} für jede Glocke im Turm erwünscht ist.[1])

Neu zu erstellende Glockentürme sind so zu bemessen, dass sie dem Winddruck und den hier erwähnten, maximalen Kräften aus Glockenschwung genügen. Bei bestehenden Türmen, in die an Stelle des bisherigen Geläutes ein schwereres Geläute eingebaut werden soll — wie dies in den letzten Jahren mancherorts geschehen ist — wird man sich Rechenschaft geben müssen, ob der bestehende Turm in seinem bisherigen Zustand dem Glockenschwung der neuen Glocken standhält. Falls dies nicht zutreffen sollte, ist entweder der alte Turm zweckmässig zu verstärken, oder es ist zu untersuchen, ob durch zweckmässige Hochhängung der neuen Glocken die Glockenschwungkräfte so tief gehalten werden können, dass sie den bestehenden Turm nicht über das zulässige Mass hinaus beanspruchen.

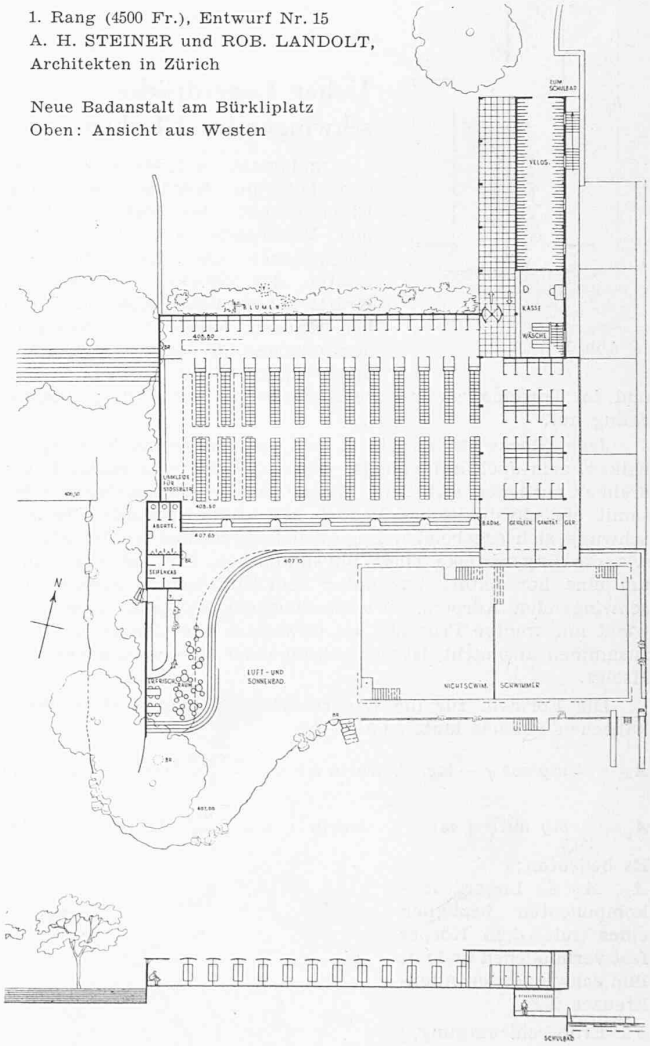
Zürich, im Juli 1937. G. Schneider, Dipl. Ing.

[1]) Für die Bemessung des Glockenstuhls kann es nötig werden, nicht nur H_{max} und V_{max} zu kennen, sondern die momentanen H und V für jedes beliebige φ. Der Verfasser hat auch dafür graphische Tabellen aufgestellt, die im «Bulletin Technique» vom 17. Juli 1937 veröffentlicht sind.



1. Rang (4500 Fr.), Entwurf Nr. 15
A. H. STEINER und ROB. LANDOLT,
Architekten in Zürich

Neue Badanstalt am Bürkliplatz
Oben: Ansicht aus Westen



Grundriss und Schnitt West-Ost. — Masstab 1 : 600