Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 97/98 (1931)

Heft: 2

Inhaltsverzeichnis

Band 98 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. 2**

Das Schwingrohr.

Von Prof Dr. E. MEISSNER, Zürich.

Im folgenden wird eine Vorrichtung — das Schwingrohr — untersucht, die genau dem selben Zwecke dient, wie das Schwungrad. Sie soll also eine Welle, bei der das Antriebsmoment um den Mittelwert Null herum *periodisch* schwankt, zu möglichst gleichmässigem Umlaufen veranlassen.

Das Schwungrad, das als Speicher für Bewegungsenergie die Arbeitsüberschüsse periodisch aufnimmt und wieder abgibt, kann Geschwindigkeitschwankungen nie ganz verhindern, sondern nur auf zulässige Grösse herabsetzen; aber es muss dazu bei starken Schwankungen schon recht gross und schwer gemacht werden, sodass ein Bedürfnis nach einer leichtern Vorrichtung vorliegt. Dahingehende Vorschläge sind oft gemacht worden. Einen bemerkenswerten Beitrag dazu hat kürzlich R. Grammel [1]) geliefert und durch seinen Schüler W. Benz [2]) ausarbeiten lassen. Gefederte Massen werden der Welle aufgesetzt, geraten durch die Antriebschwankungen in Schwingungen und speichern dadurch die überschüssige Energie in den gespannten Federn auf. Aber die Vorrichtung erfordert Federn von vorgegebener Charakteristik und daher von kompliziertem Bau, es treten grosse Drücke in den Führungen auf, was zu ihrer raschen Abnützung und damit zum Rütteln im Spiel führen würde; man erhält, nach W. Benz, einen sehr komplizierten Maschinenteil, dessen Herstellung teuer und dessen Betriebsicherheit durch die Federn und durch die beweglichen Massen gefährdet wäre.

Das Schwingrohr, das ich vorschlage, dürfte diese Einwände in weniger starkem Masse verdienen. Es setzt an Stelle der schwingenden Massen eine Art Schlingertank, in dem ein Quecksilberfaden schwingt, und lässt diesen nicht gegen die Spannkraft von Federn arbeiten, sondern gegen das Gewicht und den Luftdruck, bezw. einen künstlich erzeugten Ueberdruck in einem Gefäss mit komprimiertem Gas. Der Grundgedanke ist hier wie dort der gleiche: der Welle ein System mit einem weitern, zweiten Freiheitsgrad aufzusetzen und es so einzurichten, dass die Antriebschwankungen im wesentlichen nur diesen zweiten Freiheitsgrad beeinflussen. Dazu ist eine Abstimmung des Zusatzsystems auf die Störung notwendig, und dieses führt bei Grammel zu der komplizierenden Federcharakteristik. Beim Schwingrohr übernehmen die Zentrifugalkräfte selbst und ausschliesslich die Rolle der Federkräfte. Das bewirkt, dass die Eigenfrequenz des Zusatzsystems der mittlern Drehzahl der Welle proportional geht, sodass die erwähnte Abstimmung für alle Drehzahlen erreicht werden kann. Der Einfluss der Reibung beeinträchtigt allerdings auch hier den Wirkungsgrad; dagegen sind die Schwierigkeiten der Führung (Klemmen, Abnutzung, Rütteln im Spiel) beseitigt und empfindliche Teile, wie Federn, ganz vermieden. Die ganze Vorrichtung besteht aus radial gestellten Röhren, in denen sich Quecksilberfäden befinden, die mit einem Ende in ein Ueberdruckgefäss einmünden. Sie hat allerdings den Nachteil, dass sie auf eine vertikale Drehachse aufgesetzt werden muss und unter Umständen beträchtliche Quecksilbermengen erfordert. Wenn man die Reibung zwischen Quecksilber und Rohrwand vernachlässigen dürfte, so wäre damit ein idealer Ausgleich der Geschwindigkeit erzielt, indem trotz des periodisch schwankenden Antriebs die Welle gleichförmig umlaufen könnte, während das Quecksilber lebhaft schwingen würde. Was in Wirklichkeit erreicht wird, kann errechnet werden und steht, wie die Versuche zeigen, mit der Erfahrung in guter Uebereinstimmung.

*

Auf einen Körper C (Abb. 1), der um eine vertikale Achse OO drehbar ist, sollen Kräfte wirken, deren resultierendes Drehmoment $M(t)$ eine periodische Funktion der Zeit vom Mittelwert Null ist, sodass die Drehgeschwindigkeit um einen konstanten Mittelwert Ω periodisch schwankt. Die periodische Funktion $M(t)$ kann nach Fourier in eine Summe harmonischer Glieder zerlegt werden, von denen man praktisch nur ganz wenige braucht, da die Amplituden der übrigen klein sind. Um nicht zu breit zu werden, beschränken wir uns auf den Fall eines einzigen Gliedes, setzen also für die Störung an

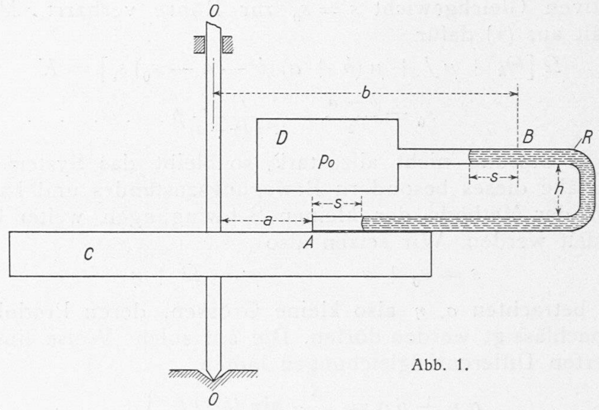

Abb. 1.

$$M(t) = S \cos (k\,\Omega\, t)$$

Auf den Körper werde jetzt das Schwingrohr R aufgesetzt, eine U-förmig gekrümmte Röhre in einer durch die Drehachse gehenden Ebene so gelegen, dass ihre Schenkel horizontal und übereinander liegen und das gekrümmte Stück nach aussen weist. Wir wollen uns etwa das unten liegende Rohrende A verschlossen denken und das obere Ende B in ein Ueberdruckgefäss D einmünden lassen, in dem der Druck p_0 herrscht. Die Röhre sei ursprünglich wie ein Barometer von A aus mit Quecksilber gefüllt; die Länge des Hg-Fadens sei L, seine Masse pro Längeneinheit sei μ. Ferner sei F der Rohrquerschnitt und Θ_k das Trägheitsmoment aller starrer Teile für die Drehachse. Die übrigen Bezeichnungen ergeben sich aus Abb. 1. Zum Drehwinkel φ von C tritt jetzt die Grösse s, die die Lage des Fadens feststellt.

Ein Fadenelement von der Länge dr im Abstand r von der Achse hat in der Richtung des Rohres die Geschwindigkeit $\dot{s}$ [3]), normal dazu $r\dot{\varphi}$. Seine Bewegungsenergie ist mithin

$$\frac{1}{2}\,\mu\, ds\,(\dot{s}^2 + r^2 \dot{\varphi}^2)$$

und die totale kinetische Energie des Systems wird

$$T = \frac{\dot{\varphi}^2}{2}\left(\Theta_k + \mu\, \Sigma\, r^2\, dr\right) + \frac{\mu\, L}{2}\, \dot{s}^2$$

Hier ist die Summe $\Sigma\, r^2\, dr$ über die gesamte Fadenlänge zu erstrecken. Bezeichnet J ihren Wert für $s = 0$, ferner a bezw. b den Abstand der Fadenenden von der Achse in dieser Lage, so errechnet man leicht

$$\Sigma\, r^2\, dr = J + (b + a)\,(b - a - s)\, s$$

[1]) *R. Grammel*, Ueber Schwungräder mit radial beweglichen Massen. Ing.-Archiv Bd. 1, 1929.

[2]) *W. Benz*, Schwungräder mit beweglichen Massen. Dissertation. Stuttgart 1930.

[3]) Punkte bedeuten Ableitungen nach der Zeit.