Objekttyp: **TableOfContent**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **93/94 (1929)**

Heft 22

PDF erstellt am: **24.05.2024**

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: Druckstösse in Pumpensteigleitungen. — Die Siedelung Karlsruhe-Dammerstock. — Internationale Vereinigung für Brückenbau und Hochbau. — Das Aare-Kraftwerk Klingnau. — Mitteilungen: Fortsetzung der Elektrifikation der Schweizerischen Bundesbahnen. Ausfuhr elektrischer Energie. Schweizer. Bundesbahnen. Diskussionsversammlung des S. E. V. in Olten. Die Gesamtlänge der Eisenbahnen der Erde. Gegossene Aluminiumrahmen für Automobile. Gewerbeschulhaus und Kunstgewerbemuseum in Zürich. Diskussionsvorträge aus der Elektrotechnik an der E. T. H. — Nekrologe: Stephan Löffler. — Preisausschreiben: Sicherheitsvorlagen für Niederdruck-Azetylenentwickler. — Wettbewerbe: Verwaltungsgebäude der Kantonalbank in Solothurn. Protestantische Kirche in Landeron. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine: Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Band 94 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. 22

Druckstösse in Pumpensteigleitungen.

Von O. SCHNYDER, Ingenieur der L. von Rollschen Eisenwerke Klus.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass in den Steigleitungen von Zentrifugalpumpen bei rascher Aenderung der Fördermenge die Betriebsicherheit der Anlagen heruntersetzende Druckschwankungen auftreten können, wie auch dass sich diese durch richtiges Eingreifen des Absperrorganes und genügendem Schwungmoment der Maschinengruppe innert mässigen Grenzen halten lassen. Es ist Sache der Theorie, wegweisend für das anzunehmende Schliess- und Oeffnungsgesetz des Absperrorganes zu wirken und über die zu erwartenden Druckschwankungen Aufschluss zu geben. In der Festschrift zu Prof. Dr. A. Stodolas 70. Geburtstag[1]) hat Prof. Dr. E. Hahn (Nancy) in „Etude sur les coups des béliers dans les conduites de refoulement des pompes centrifuges" die Druckvorgänge auf Grund der Theorie von Allievi einer Analyse unterzogen. Die vorliegende Abhandlung soll hierzu, unter Berücksichtigung der neueren Arbeit von Löwy und namentlich durch Heranziehung anschaulicher graphischer Methoden, wie sie bereits Kreitner für Rohrleitungen mit freiem Auslauf durchgebildet hat, einen Beitrag liefern.

Der Berechnung der Druckstösse stehen nun folgende Beziehungen zur Verfügung:

1. Die Abhängigkeit der Arbeitshöhe H_P des Kreiselrades von der Schluckmenge Q und der Drehzahl n. Es ist $H_K = F(Q, n)$ oder wenn an Stelle von Q die Geschwindigkeit c_P am Einlauf in die Steigleitung, und der Drehzahl n die Winkelgeschwindigkeit ω eingeführt wird: $H_K = F(c_R, \omega)$.

Eine Relation, die auch auf den nicht stationären Betrieb mit guter Annäherung ausgedehnt werden darf, da gewöhnlich die in der Pumpe befindliche Wassermenge gegenüber der in der Rohrleitung zu klein ist, um eine belangbare Massenwirkung zu erzeugen. Nehmen wir c und ω im Pumpbereich positiv an, so bedecken die Werte $c < 0$, $\omega < 0$ das Wirkungsfeld des Rades als Turbine, $c < 0$, $\omega > 0$ das der Bremse. Das Verhalten des Rades in den beiden ersten Gebieten ist durch umfangreiche Literatur und Bremsversuche bekannt, während man zur Erfassung des dritten Bereiches, worüber veröffentlichte Versuchsergebnisse nur von W. Aebi vorliegen, auf hydrodynamische Spekulationen angewiesen ist. Abb. 1 zeigt die Charakteristik eines normalen Rades bei unveränderlicher Arbeitshöhe, Abb. 2 jene für konstante Winkelgeschwindigkeit. Sieht man von geringfügigen Abweichungen ab, die in mechanischen Einflüssen ihre Ursache haben, so sind die beiden Kurvenbilder einander in dem Sinne verwandt, dass jedem Punkt P der $(H = k)$-Kurve mit den Koordinaten ω, c, ein Punkt P' der $(\omega = k)$-Kurve mit den Koordinaten H_P, c' durch die Aehnlichkeitsbeziehungen $H_P = H_K \frac{\omega_K^2}{\omega^2}$ und $c' = H_K \frac{\omega_K}{\omega}$ zugeordnet ist. Wobei zu beachten bleibt, dass sich die beiden Uebertragungsgesetze nur auf gleichsinnige Drehrichtungen erstrecken.

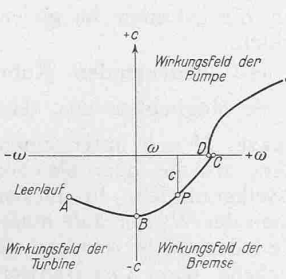

Abb. 1.

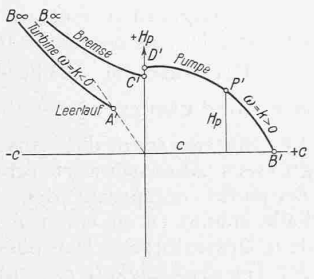

Abb. 2.

2. Die Bewegungsgleichung der rotierenden Maschinengruppe. Bedeuten Θ das auf die Rotationsaxe bezogene Massenträgheitsmoment, M_A das treibende, M_W das widerstehende Moment, so beträgt die zeitliche Aenderung des Dralles

$$\Theta \frac{d\omega}{dt} = M_A - M_W \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

3. Der Druckhöhenverlust H_W im Drosselorgan. Er lässt sich als Funktion der Stellung ψ und der Geschwindigkeit c ansetzen zu

$$H_W = c^2 h(\psi) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

4. Die partiellen Differentialgleichungen für die nicht stationäre Strömung der kompressiblen Flüssigkeit in der elastischen Rohrleitung

$$\frac{\partial c_R}{\partial t} + c_R \frac{\partial c_R}{\partial x} = -g \frac{\partial H_R}{\partial x} - \lambda c_R^2$$

$$\frac{\partial c_R}{\partial x} = -\frac{g}{a^2} \frac{\partial H_R}{\partial t}$$

die bei Vernachlässigung des Reibungsausdrucks λc^2 und des quadratischen Gliedes $c \frac{\partial c}{\partial x}$ bei konstanter Druck-Fortpflanzungsgeschwindigkeit a, das allgem. Integral besitzen:

$$H_R = H_0 + F\left(t - \frac{x}{a}\right) - f\left(t + \frac{x}{a}\right) . \quad . \quad . \quad (3)$$

$$c_R = c_0 + \frac{g}{a} F\left(t - \frac{x}{a}\right) + \frac{g}{a} f\left(t + \frac{x}{a}\right) . \quad . \quad (4)$$

5. Die Randbedingung am Einlauf in die Steigleitung. Sie ist je nach den Umständen verschieden. Tritt kein Abreissen der Wassersäule auf, d. h. bleibt $H_R > 0$, so gilt

$$\text{falls } c > 0 \quad H_R = H_P - H_W \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5\,a)$$

$$\text{falls } c < 0 \quad H_R = H_P + H_W \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5\,b)$$

und bei vollständig abgeschlossenem Absperrorgan

$$c_R = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5\,c)$$

6. Die Randbedingung an der Mündung $x = l$ der Leitung. Hier lässt sich bei genügend grossem Auslaufbecken, indem nur unbedeutende Wasserspiegelschwankungen auftreten, die Druckhöhe als konstant betrachten.

$$\underset{x=l}{H_R} = H_K$$

Der Zusammenhang zwischen den beiden gegensinnig verlaufenden Druckwellen $F\left(t - \frac{x}{a}\right)$ und $f\left(t + \frac{x}{a}\right)$ ergibt sich aus Gleichung 3

$$H_K = H_K + F\left(t - \frac{L}{a}\right) - f\left(t + \frac{l}{a}\right)$$

$$f\left(t + \frac{l}{a}\right) = F\left(t - \frac{l}{a}\right) . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

Die Reflexionswelle f besitzt den Wert der Primärwelle F in einem um die Reflexionszeit $2\,l/a$ frühern Zeitpunkt. Bezeichnen wir die Aufeinanderfolge der Druckphasen

$$0 < t < 2\frac{l}{a}, \quad \frac{2\,l}{a} < t < \frac{4\,l}{a}, \quad 2\,(i-1)\frac{l}{a} < t < \frac{2\,l}{a}$$

mit 1 , 2 und $i - 1$

und die Druckhöhenschwankung $H_R - H_0$ in der i-Phase mit $H\zeta_i$, dann schreiben sich die Gleichungen (3), (4) und (6) in der Form

$$H\zeta_i = +F_i - f_i \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

$$c_R\, i = c_0 + \frac{g}{a}(F_i + f_i) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

$$f_i = +F_{(i-1)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

und man findet durch Elimination der Primärwelle F aus den Gl. (7) und (8) die Gleichung

$$H\xi_i = +\frac{a}{g}(c_0 - c) - 2\,f_i \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

[1]) Vergl. Band 93, S. 244 (11. Mai 1929).