

Objekttyp: **TableOfContent**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **21/22 (1893)**

Heft 18

PDF erstellt am: **21.09.2024**

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: Ueber die Regulierung von Turbinen. II. — Aus der Baugeschichte der Stadt Luzern. III. — Ein Vorschlag. — Litteratur:

Festschrift. — Miscellanea: Ueber die Verdunstung der Metalle. — Nekrologie: † Dr. Franz Grashof. — Berichtigung.

Ueber die Regulierung von Turbinen.

Von *Aurel Stodola*, Professor am eidg. Polytechnikum in Zürich.

II.

III. Turbine mit Windkessel und verschwindend kleinen Schwungmassen.

In diesem Falle ist $T_1 = 0$, die charakteristische Gleichung wieder quadratisch, und zwar

$$(\alpha_0 + 1) T_2 T_3 \varphi^2 + \left[-\left(\alpha_0 - \frac{1}{2}\right) T_2 + (\alpha_0 + 1) \varepsilon T_3 \right] \varphi + \left[(1 - \varepsilon) \left(\alpha_0 - \frac{1}{2}\right) + \frac{3}{2} \right] = 0.$$

Die Bedingung für abnehmende Schwingungen hat die Form:

$$-\left(\alpha_0 - \frac{1}{2}\right) T_2 + (\alpha_0 + 1) \varepsilon T_3 > 0$$

oder bei Vernachlässigung von 1 neben α_0 :

$$T_3 > \frac{T_2}{\varepsilon} \dots \dots \dots (25)$$

Bei hinreichender Vergrößerung des Windkessels kann die Schwungmasse auf einen beliebigen kleinen Wert reduciert werden.

Es ist zu beachten, dass nach Voraussetzung der Windkessel in unmittelbarer Nähe des Leitapparates angeordnet sein muss, weil sonst der Trägheitswiderstand der zwischen den beiden befindlichen Wassermasse die Bewegung störend beeinflussen würde.

IV. Offene Turbine.

Dieser Fall soll als Illustration der Annahme $\varepsilon_0 = 0$ dienen, da bei offenen Turbinen diese Geschwindigkeit klein auszufallen pflegt. Es wird $T_2 = 0$, $T_3 = 0$, $\varepsilon = 0$. Die Differentialgleichungen (6) reducieren sich auf

$$T_1 \frac{dx}{dt} + (\alpha_0 + 1)x = II; \quad \dot{x} = 0; \quad y = -\alpha_0 x; \quad \text{somit ist}$$

$$x = II \left[1 - e^{-\frac{\alpha_0}{T_1} t} \right]$$

d. h. bei der offenen Turbine findet stets ein Uebergang ohne Schwingung statt.

V. Allgemeiner Fall. Turbine mit Schwungmassen und Windkessel.

Hier sind die allgemeinen Formeln (11) bis (19) zu benutzen, und man wird insbesondere aus der Bedingung (18) den zulässigen Grenzwert für irgend eine der Grössen $T_1 T_2 T_3 \varepsilon$ ausrechnen können, wenn die andern gegeben oder angenommen werden. Das meiste Interesse besitzt die Untersuchung des Einflusses der Windkesselgrösse.

Wir ordnen zu diesem Behufe den Ausdruck (18) nach Potenzen von T_3 . Da α_0 im Mittel = 50 und ε stets ein kleiner Bruch ist, können wir 1 gegen α_0 und ε gegen 1 vernachlässigen. Wir erhalten dann:

$$\alpha_0 \varepsilon [\varepsilon T_1 + \alpha_0 T_2] T_3^2 + \left[\varepsilon T_1^2 - \alpha_0^2 T_2^2 - \frac{1}{2} \alpha_0 \varepsilon T_1 T_2 \right] T_3 + \frac{1}{2} [T_1 - \alpha_0 T_2] T_1 T_2 > 0 \dots \dots (26)$$

Setzen wir

$$\left. \begin{aligned} A &= \alpha_0 \varepsilon [\varepsilon T_1 + \alpha_0 T_2] \\ B &= \frac{1}{2} \left[\varepsilon T_1^2 - \alpha_0^2 T_2^2 - \frac{1}{2} \alpha_0 \varepsilon T_1 T_2 \right] \\ C &= \frac{1}{2} [T_1 - \alpha_0 T_2] T_1 T_2 \end{aligned} \right\} \dots \dots (26a)$$

so lautet die linke Seite von (26) als Funktion von T_3 aufgefasst

$$F(T_3) = A T_3^2 + 2 B T_3 + C > 0 \dots \dots (26b)$$

Die Werte, welche T_3 erhalten darf, um der Bedingung (26b) zu genügen, hängen ab von den Wurzeln T_3' und T_3'' der Gleichung $F(T_3) = 0$, und zwar ist

$$\left. \begin{aligned} T_3' &= \frac{-B - \sqrt{B^2 - AC}}{A} \\ T_3'' &= \frac{-B + \sqrt{B^2 - AC}}{A} \end{aligned} \right\} \dots \dots (27)$$

Sind die Wurzeln T_3', T_3'' reell, so wird $F(T_3) > 0$ für alle Werte von T_3 , welche entweder grösser als T_3'' , oder (algebraisch) kleiner als T_3' sind. Werden die Wurzeln imaginär, so ist $F(T_3) > 0$ für einen beliebigen Wert von T_3 .

Die Natur der Wurzeln T_3', T_3'' hängt ab von den Koeffizienten A, B, C , und zwar wie bekannt in folgender Weise:

- I. $B^2 - AC$ ist positiv; die Wurzeln sind reell:
 1. $C < 0$, es wird T_3' negativ, T_3'' positiv. Da ein negativer Wert für T_3 keinen Sinn hat, bleibt als Bedingung: $T_3 > T_3''$.
 2. $C > 0$ und $B < 0$. Beide Wurzeln sind positiv; es muss T_3 entweder $> T_3''$ oder $< T_3'$ werden.
 3. $C > 0$ und $B > 0$. Beide Wurzeln sind negativ; es genügt, wenn $T_3 > 0$.
- II. $B^2 - AC$ ist negativ, die Wurzeln werden imaginär; T_3 ist beliebig.

Um ein Kriterium für den Zeichenwechsel obiger Koeffizienten zu gewinnen, schreiben wir:

$$B = \frac{\varepsilon}{2} \left[T_1 - \left(\frac{1}{4} + \sqrt{\frac{1}{8} + \frac{1}{\varepsilon}} \right) \alpha_0 T_2 \right] \left[T_1 + \left(-\frac{1}{4} + \sqrt{\frac{1}{8} + \frac{1}{\varepsilon}} \right) \alpha_0 T_2 \right].$$

Da der zweite Faktor stets positiv ist, hängt das Vorzeichen nur vom ersten ab; bezeichnen wir mit Φ den Ausdruck

$$\frac{1}{4} + \sqrt{\frac{1}{8} + \frac{1}{\varepsilon}},$$

so ergibt sich

$$B \cong 0, \text{ je nachdem } T_1 \cong \Phi \alpha_0 T_2.$$

Aus dem Ausdrucke für C erhellt, dass $C \cong 0$, je nachdem $T_1 \cong \alpha_0 T_2$ ist.

Schliesslich ist leicht nachzuweisen, dass $B^2 - AC \cong 0$ wird, je nachdem $T_1 \cong \Psi \alpha_0 T_2$ ist,

und zwar variiert das Verhältnis $\frac{\Psi}{\Phi}$ sehr wenig; es ändert sich von etwa $\frac{1}{1.8}$ auf $\frac{1}{2}$, während ε abnimmt von 0.1 auf 0. Da es sich hier nur um ungefähre Grenzwerte handelt, wählen wir die runde Zahl $\frac{1}{2}$ und setzen $\Psi = \frac{1}{2} \Phi$.

Dann ergibt sich folgende Zusammenstellung:

1. $0 < T_1 < \alpha_0 T_2$; die Wurzeln haben verschiedene Vorzeichen; es muss $T_3 > T_3''$ sein.
2. $\alpha_0 T_2 < T_1 < \frac{1}{2} \Phi \alpha_0 T_2$; beide Wurzeln sind positiv, also muss T_3 entweder grösser als T_3'' od. kleiner als T_3' angenommen werden.
3. $\frac{1}{2} \Phi \alpha_0 T_2 < T_1 < \infty$; beide Wurzeln sind entweder negativ oder imaginär; T_3 kann einen beliebigen positiven Wert darstellen.

Dem hier vorkommenden Ausdruck $\alpha_0 T_2$ entspricht nach Bedingung (22) die minimale Schwungmasse, mit welcher eine ohne Windkessel arbeitende Turbine ausgestattet werden kann. Wir wollen diese Schwungmasse die „normale“ nennen und dürfen hiernach obige Resultate in folgender Form aussprechen:

Die zulässige (oder notwendige) Grösse des Windkessels ist hauptsächlich bedingt durch das Verhältnis der Schwungmasse zur relativen Leitungslänge und durch die Bewegungswiderstände der Zuleitung, und zwar: