

Objekttyp: **TableOfContent**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **107/108 (1936)**

Heft 13

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.library.ethz.ch)

<http://www.e-periodica.ch>

INHALT: Der Einfluss von Dampfäumen auf die Regulierung von Dampfmaschinen. — Das Bürgerhaus in der Schweiz, Bd. XXVIII. — Ueber Trockentechnik in der Landwirtschaft. — Jahresversammlung des S.V.G.W. in Biel. — Mitteilungen: Eisenbahnbrücke über den grossen Wehrgraben bei Hallstatt. Zur Aufstellung von Hallers Waldmann-Denkmal. Wanderausstellung für Radfahrwege. Die Fundamente der neuen Strassenbrücke

über die Waal bei Nymwegen. Die weitest gespannte Eisenbeton-Bogenbrücke. Das Projekt der rechtsufrigen Wallenseestrasse. Umbau im E.W. Wynau. Raumakustische Probleme. — Nekrologe: Heinrich Dorpmüller. D. Schindler-Huber. — Wettbewerbe: Neue Strassenbrücke über das Sittertobel («Kräzernbrücke») bei St. Gallen-Bruggen. Kirche in Clarens. — Literatur. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Band 108

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. 13

## Der Einfluss von Dampfäumen auf die Regulierung von Dampfmaschinen

Von Ing. Dr. techn. FRANZ WEISS, Wien

Der Einfluss von dampfgefüllten Räumen auf den Regelvorgang wird untersucht, ein rechnerisches Verfahren zur Bestimmung der Drehzahlsteigerung angegeben und die Richtigkeit des Verfahrens durch Versuche überprüft.

Die Drehzahlsteigerung einer Dampfmaschine bei Lastabschalten darf, wenn keine Störung im Betrieb eintreten soll, nicht zu gross werden. Bei ihrer Berechnung dürfen grosse Dampfäume, die z. B. bei grosser Entfernung der Regulierventile von der Turbine oder innerhalb des Turboaggregates bei langen Rohrleitungen vom Hochdruck- zum Niederdruckzylinder bei Zwischenüberhitzung entstehen, wegen der Arbeitsfähigkeit des Dampfes nicht vernachlässigt werden. Sie haben auch Einfluss auf die Stabilität der Regulierung. Ausserdem ist die Kenntnis des Druckverlaufes zwischen den einzelnen Stufen der Turbine bei Veränderung der Belastung zur Bestimmung des Druckunterschiedes bei der Berechnung der Festigkeit und Durchbiegung der Zwischenböden notwendig.

### Grundbezeichnungen.

- $y$  = Abstand der augenblicklichen Muffenstellung von der neuen Gleichgewichtslage.
- $y_{\max}$  = Ganzer Muffenhub entsprechend dem Ungleichförmigkeitsgrad des Reglers.
- $s$  = Abstand des Steuerschiebers aus der Mittellage.
- $s_{\max}$  = Grösster Ausschlag des Steuerschiebers aus der Mittellage nach unten oder oben.
- $m$  = Augenblicklicher Abstand des Hilfsmotorkolbens von der neuen Gleichgewichtslage.
- $m_{\max}$  = Ganzer Weg des Hilfsmotorkolbens von Leerlauf bis Vollast.
- $G$  = Der Ueberschuss der dem Dampfraum durch das Steuerventil augenblicklich zufließenden Dampfmenge über die zufließende Dampfmenge  $G_a$  in der neuen Gleichgewichtslage.
- $G_1$  = Der Ueberschuss der aus dem Dampfraum in die Turbine abfließenden Dampfmenge über die durchströmende Dampfmenge  $G_a$  in der neuen Gleichgewichtslage.
- $G_0$  = Dampfmenge, die dem Leerlauf entspricht.
- $G_{\max}$  = Dampfmenge, die der Vollast entspricht.
- $p$  = Augenblicklicher Ueberdruck im Dampfraum über den Druck in der neuen Gleichgewichtslage.
- $p_{\max}$  = Der Druck im Dampfraum, der der Vollast entspricht.
- $M$  = Die Differenz des augenblicklichen Kraftmomentes und des Kraftmomentes in der neuen Gleichgewichtslage.
- $M_{\max}$  = Das Kraftmoment, das der Vollast entspricht.
- $\eta = \frac{y}{y_{\max}}, \sigma = \frac{s}{s_{\max}}, \mu = \frac{m}{m_{\max}}, \psi = \frac{p}{p_{\max}}$
- $\delta = \frac{\omega_0 - \omega_u}{\omega_m} = \text{Ungleichförmigkeitsgrad.}$
- $\varphi = \frac{\Delta\omega}{\omega_m} = \text{Geschwindigkeitsabweichung.}$
- $T_a$  = Anlaufzeit der Turbine.
- $T_s$  = Schlusszeit des Hilfsmotors.
- $T_l$  = Anlaufzeit des Dampfraumes  $V$ .
- $\frac{G_0}{G_{\max}} = L = \text{verhältnismässiger Leerlauf.}$

### Grundgleichungen.

Wenn kein Dampfraum vorhanden ist, gelten bei massenlosem Regler und starrer Rückführung bei mittelbarer Regelung folgende Gleichungen<sup>1)</sup>:

- Motorgleichung  $\varphi' = \frac{\mu}{T_a} \dots \dots \dots (1)$
- Hilfsmotorgleichung a)  $\mu' = \pm \frac{1}{T_s}$ , b)  $\mu' = \frac{\sigma}{T_s} \dots \dots (2)$
- Reglergleichung  $\delta \eta + \varphi = 0 \dots \dots \dots (3)$
- Steuergleichung  $\sigma = \eta - \mu \dots \dots \dots (4)$

Aus diesem System linearer Differentialgleichungen kann man bei vorgeschriebenen Anfangsbedingungen Lösungen er-

rechnen und den Verlauf aller Grössen in Abhängigkeit von der Zeit bestimmen.

Die Motorgl. (1) gilt jedoch nicht, wenn Dampfäume vorhanden sind. Es soll nun der einfachste Fall eines Dampfraumes zwischen Steuerventil und Turbine untersucht werden. Weiter sei, der Einfachheit halber, reine Drosselregulierung und eine Kondensationsturbine vorausgesetzt. Aus der Bilanz zwischen dem Dampfraum zu- und abströmenden Dampfmenge gewinnt man eine Bedingung für die Aenderung des Druckes im Dampfraum. Der Steuerprofilkegel sei so konstruiert, dass eine lineare Abhängigkeit zwischen der sekundlich zuströmenden Dampfmenge und dem Hilfsmotorhub besteht. Die sekundlich vom Dampfraum in die Turbine abströmende Dampfmenge ist bei einer Kondensationsturbine proportional dem Druck im Dampfraum. Wenn  $G_a$  die in der neuen Gleichgewichtslage sekundlich durchströmende Dampfmenge bezeichnet, so ist nach Abb. 1 die dem Dampfraum zufließende Dampfmenge:

$$G_a + G = G_a + \frac{m}{m_{\max}} (G_{\max} - G_0) = G_a + \mu (G_{\max} - G_0),$$

sofern der Druck im Dampfraum dem Druck bei Beharrungszustand entspricht. Während der Regulierung kann er aber von diesem abweichen; dann ändert sich die dem Dampfraum zufließende Dampfmenge entsprechend. Bei Ueberschreiten der kritischen Geschwindigkeit im Steuerventil ist eine Aenderung des Druckes im Dampfraum ohne Einfluss auf die zufließende Dampfmenge zu erhalten, ist der obige Ausdruck mit einem, wie sich zeigen wird, nur wenig veränderlichen Faktor  $v$  zu multiplizieren, der während eines kleinen Zeitraumes als konstant angesehen werden kann. Wenn die kritische Geschwindigkeit erreicht ist, ist der Faktor  $v = 1$ . Die aus dem Dampfraum abfließende Dampfmenge ist  $G_a + kp$ . Die Differenz der dem Dampfraum zu- und abfließenden Dampfmenge gibt die sekundliche Zunahme  $\Delta G$  an Dampfgewicht im Dampfraum. Es gilt daher folgende Gleichung:

$$[v \mu (G_{\max} - G_0) - kp] dt = \Delta G dt = V d\gamma$$

Wir dürfen bei Drosselregulierung die Gültigkeit der isothermen Gasgleichung  $\frac{p}{\gamma} = \text{const.}$  annehmen, d. h.  $\frac{d\gamma}{\gamma_{\max}} =$

$\frac{dp}{p_{\max}}$ . Wird diese Beziehung eingesetzt und werden ausserdem die Grundbezeichnungen  $\mu, \psi, T_l$  und  $L$  eingeführt, so lautet die Bedingungsgleichung für den Druck im Dampfraum:

$$v \mu (1 - L) - \psi = T_l \psi' \dots \dots \dots (1a)$$

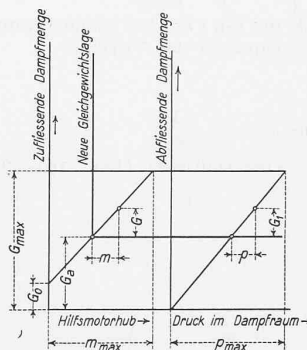
Der Ueberschuss  $G_1 = kp$  (Abb. 1) der vom Dampfraum in die Turbine abströmenden Dampfmenge über  $G_a$  leistet die zu einer Drehzahlsteigerung notwendige Arbeit. Für das überschüssige Moment  $M$  ergibt sich, falls die Momentlinie zwischen Leerlauf und Vollast als linear angenommen wird entsprechend der Belastungslinie der Turbine:

$$G_1 = kp = \frac{G_{\max} - G_0}{M_{\max}} M$$

Andrerseits ist  $M$  der Winkelbeschleunigung  $\vartheta = \omega_m \varphi'$  proportional:

$$\frac{M}{M_{\max}} = \frac{\vartheta}{\vartheta_{\max}}$$

Abb. 1. Dem Dampfraum zufließende Dampfmenge in Abhängigkeit vom Hilfsmotorhub und abfließende Dampfmenge in Abhängigkeit vom Druck.



oder, bei Einführung der Anlaufzeit  $T_a = \frac{V}{\vartheta_{\max}}$ :

$$M = M_{\max} T_a \frac{d\varphi}{dt}$$

Damit wird  $kp = (G_{\max} - G_0) T_a \varphi'$ , oder:

$$\psi = (1 - L) T_a \psi' \dots \dots \dots (1b)$$

Man erhält daher statt der Motorgl. (1) die zwei Gl. (1a) und (1b) und hiemit, wenn  $v$  konstant ist, ein System linearer Differentialgleichungen mit konstanten Koeffizienten.

<sup>1)</sup> Vergl. Tolle. Regelung der Kraftmaschinen, 5. Aufl., S. 756 bis 763.