

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 23/24 (1894)
Heft: 17

Inhaltsverzeichnis

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.01.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

INHALT: Ueber die Regulierung von Turbinen. — Die Bruchprobe der Eisenbahnbrücke in Wohlhusen. — Miscellanea: Winterbetrieb auf Zahnradbahnen. Elektrotechnischer Unterricht am eidg. Polytechnikum. Unfall an einer schwebenden Drahtseilbahn. Die 34. Jahresversammlung des deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern. — Preisaus-

schreiben: Verein deutscher Eisenbahn-Verwaltungen. — Konkurrenzen: Synagoge in Köln. — Vereinsnachrichten: Einladungsschreiben des Verbandes deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine an den Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein. Stellenvermittlung.

Ueber die Regulierung von Turbinen.

Von *Aurel Stodola*, Professor am eidgenössischen Polytechnikum.

Die über diesen Gegenstand im letzten Bande der Schweizerischen Bauzeitung veröffentlichte Studie des Verfassers stellt eine erste Uebersicht über die bei der Regulierung von Turbinen in Betracht zu ziehenden prinzipiellen Momente dar. Wie am Schlusse der Abhandlung hervorgehoben, bedarf dieselbe einer Ergänzung, namentlich in zwei Beziehungen: erstens betreffend die Wirkung einer Oelbremse, zweitens, im Zusammenhange hiemit, bezüglich der Trägheit des in Wirklichkeit nie masselosen Regulators. Im Nachfolgenden soll der Einfluss insbesondere dieser beiden Faktoren ins Auge gefasst werden.

Dank einem ausserordentlich anerkanntswerten Entgegenkommen des Hauses Escher Wyss & Cie. und des Herrn Ing. Peter, Direktor des städt. Wasserwerkes, ist der Verfasser in der Lage, auch über Versuche an einer kleinen Probeturbine zu berichten. Es wurde ein sogen. Löffelrad von 300 mm Durchmesser, System Escher Wyss & Cie., von der genannten Maschinenfabrik in ihren neuen, im Hard gelegenen Werkstätten aufgestellt, während Herr Direktor Peter dazu eine ungefähr 200 m lange Leitung aus gusseisernen Muffenröhren von 70 mm Durchmesser montieren liess, da die an der Versuchsturbine zu gewinnenden Erfahrungen eine Nutzenanlage finden sollten bei künftigen Erweiterungen der Motorenanlage im städt. Wasserwerk. Das Triebwasser wurde abwechselnd dem Fabrikreservoir und der städtischen Leitung entnommen, entsprechend einem Druck von 28 bzw. 45—60 m. Die Turbine konnte mittelst eines Prony'schen Zaumes gebremst werden; für gewöhnlich benutzte man eine feste Backenbremse, die leichter als der Prony'sche Zaum eine momentane Aenderung der Belastung zu bewirken gestattet. Es war ein Windkessel von etwa 700 mm Durchm., 1400 mm Länge vorgesehen, welcher mittelst der Dampfspeisepumpe im Kesselhaus aufgefüllt werden konnte. Durch Umschaltventile war die Möglichkeit geboten, mit kleiner oder grosser Leitungslänge zu arbeiten; die Variation der Schwungmasse erfolgte durch wechselweises Aufkeilen von kleineren und grösseren Schwungrädchen auf die Turbinenachse.

Die Versuche sollten vor allem die Wirksamkeit eines Windkessels praktisch darthun, da von mancher Seite aus der Praxis die Meinung ausgesprochen worden war, dass ein Windkessel unter allen Umständen zu zunehmenden Schwankungen führen müsse. Der Versuch bewies, dass diese Meinung eine irrige ist, dass vielmehr der Windkessel in der That schon von mässigen Grössen an ausserordentlich günstig wirkt. Die Turbine arbeitete meist mit einer Belastung von etwa 1 P. S., und es genügten schon 10—15 l Luftinhalt, um insbesondere die Druckschwankungen auf einen sehr kleinen Betrag zu reduzieren. In Uebereinstimmung mit der Theorie führte der Versuch auch auf folgende sehr interessante und wohl wenigen bekannte Erscheinung. Während bei mässigem Luftinhalt bei einer plötzlichen Absperung der Leitung durch die Regulierung der Ausgleich der Geschwindigkeit sich in Form von Schwingungen um die Gleichgewichtslage vollzog, war von einer bestimmten Grösse des Luftraumes an von solchen Schwingungen nichts mehr zu bemerken. Der Druck ging vom Anfangswerte in asymptotischer Weise in den Endwert über. Diese Erscheinung macht es plausibel, warum an einer Turbine, durch Vergrösserung des Windkessels, die Schwingungen reduziert und zuletzt ganz aufgehoben werden können. Eine ziffernmässige Ausnützung des Materials ist wegen Zeitmangel noch nicht erfolgt, auch ist dieselbe, wie man sehen wird, keineswegs einfach.

Der Versuch zeigte aber auch, dass eine Reduktion des Schwunggewichtes nur bis zu einer bestimmten Grenze möglich ist, darüber hinaus fruchtete eine Vergrösserung des Luftraumes nichts mehr. Der Grund für dieses Verhalten konnte nur darin liegen, dass, entgegen den in der ersten Behandlung des Problems gemachten Vereinfachungen,

1. der Regulator nicht masselos ist, also einen nicht vernachlässigbaren Trägheitswiderstand aufweist;
2. der Hilfsmotor nicht momentan wirkt;
3. der Windkessel nicht in unmittelbarer Nähe des Leitapparates aufgestellt werden konnte.

Der Verfasser unternahm es deshalb, die Wirkung auch dieser Faktoren rechnerisch zu untersuchen, und gelangte zu den hier mitzuteilenden Resultaten, welche, wie gleich bemerkt werden soll, durch den Versuch in glänzender Weise bestätigt wurden. Die Turbine ist mit einem leichten, rasch laufenden Federregulator versehen, wie er vom Hause Escher Wyss & Cie. seit Jahren gebaut wird, dessen Masse etwa zehnmal geringer ist, wie die eines Gewichtregulators, und deshalb zuerst, anscheinend mit Recht, für vernachlässigbar angesehen wurde. Da indessen schon Vischnegradsky in der früher citierten Abhandlung nachgewiesen hatte, dass die Trägheit der Regulatormassen durch eine Bremse kompensiert werden muss, lag es nahe, auch hier, trotz der Kombination mit Leitung und Windkessel, eine ähnliche Wirkung zu erwarten. Diese Vermutung wurde durch die Rechnung und das Experiment bestätigt. Nachdem man am Regulator eine Oelbremse angebracht hatte, **war es in der That möglich, die Schwungmassen auf das erreichbare Minimum, d. h. auf die Masse des Laufrades allein zu reduzieren.**

Man kann nun nachweisen, dass die Oelbremse nicht bloss zum Ausgleich der Massenträgheit notwendig ist, sondern, auch in Begleitung eines idealen Regulators, das beste Mittel für die Herabsetzung der Schwankungen bildet und sich dabei in einem eigentümlichen Gegensatz zum „langsam wirkenden Hilfsmotor“ befindet, von dem man doch der unmittelbaren Anschauung nach einen ähnlichen Einfluss erwarten würde.

Im folgenden wird der erste Teil dieser Arbeit als bekannt vorausgesetzt und die dort benutzte Bezeichnung auch hier beibehalten.

I. Hauptgleichungen.

1. Die Regulatormassen werden unter dem Einfluss der durch eine Geschwindigkeitsvariation hervorgerufenen „Energie“ (besser „Stellkraft“) eine Geschwindigkeit und damit eine lebendige Kraft annehmen, welche sie zwingt, über die Gleichgewichtslage hinauszuschlagen.

Der Regulator kann hier als ein beliebiger, mit Massen ausgestatteter, zwangläufiger Mechanismus gedacht werden, der um eine Achse rotiert, und dabei der Einwirkung der Schwere, der Fliehkräfte und gewisser innerer, z. B. Federkräfte unterworfen ist. Er hat der Bedingung zu genügen, dass sein Gleichgewicht innerhalb des benutzten Ausschlages ein stabiles sei.

Es bezeichne:

m , ein beliebiges kleines Massenpartikel des Regulators,

y , den Abstand dieses Partikels von der Achse,

ω_0 die Winkelgeschwindigkeit der Achse,

$F = my \omega_0^2$ die auf das Partikel wirkende Fliehkraft,

$F' = my (\omega_0 + \Delta\omega)^2$ die der Aenderung von ω_0 auf $\omega_0 + \Delta\omega$ entsprechende Fliehkraft,

E , die Stellkraft, d. h. die Kraft, welche an einem bestimmten, „Hülse“ genannten Punkt des Regulators angreifen muss, um das Gleichgewicht der Kräfte bei der Winkelgeschwindigkeit $\omega_0 + \Delta\omega$ herzustellen,