

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 89/90 (1927)
Heft: 16

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: 02.04.2025

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

INHALT: Wachstumsgesetze und spezifische Drehzahlen der Maschinen. — Das alte Schloss Rhaezüns, ein Ferienheim für Auslandschweizer (mit Tafeln 13/14). — Der Abbruch der alten Eisenbahnbrücke über die Sitter bei Bruggen, St. Gallen. — Pompes funèbres. — Mitteilungen: Ueber die zukünftige Entwicklung des Eisenbahn-, Signal- und Sicherungswesens. Pompes funèbres. Eine Ausstellung im Kunstgewerbemuseum in Zürich. Städtebauliche Studienreise durch die nordischen Länder. Eine

betriebswissenschaftliche Bücherstube. Betonstrassen. Arnold Böcklin-Gedächtnis-Ausstellung in Basel. Basler Rheinhafen-Verkehr. Hafenbautechnische Gesellschaft Hamburg. Ueber die Schreibweise physikalischer Gleichungen. Elektrische Anlagen Norwegens. — Wettbewerbe: Wandmosaik in der Rosenberg-Friedhofkapelle Winterthur. Gewerbeschule und Kunstgewerbemuseum in Zürich. Völkerbundgebäude Genf. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Schweizer. Ing.- u. Arch.-Verein. Sektion Bern.

Band 89.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 16

Wachstumsgesetze und spezifische Drehzahlen der Maschinen.

Von Prof. Dr. W. KUMMER, Ingenieur, Zürich¹⁾.

Eine Ausstellung mehrerer verschieden grosser Maschinen der selben Spezies macht uns einen ähnlichen Eindruck, wie eine Ausstellung mehrerer verschieden grosser organischer Wesen der selben Spezies; da bei diesen letzten normalerweise der Grössenunterschied auf einen Altersunterschied, d. h. auf einen Unterschied im Wachstum hinausläuft, vermengen wir etwa auch bei Maschinen die Begriffe „Grössenunterschied“ und „Wachstumsunterschied“. Als „Wachstumsgesetze“ der Maschinen erscheinen uns dann die funktionsmässig angebbaren Zusammenhänge zwischen den einzelnen Maschinen von verschiedener Grösse. Unter diesen Zusammenhängen sind vor allem die Beziehungen zwischen den Leistungen und den Drehzahlen der einzelnen Maschinen bemerkenswert. Da stärkere Maschinen in der Regel weniger hohe Drehzahlen aufweisen, als schwächere Maschinen derselben Spezies, so darf bezüglich der Leistungs-Drehzahl-Beziehungen ein Wachstumsgesetz von der allgemeinen Form:

$$L n^x = \text{konstant}$$

von vornherein vermutet werden, wobei die Leistung L und die Drehzahl n in beliebigen Massgrössen erscheinen können, während der Exponent x nur eine ganze oder gebrochene rationale Zahl sein kann. Dadurch, dass wir die Konstante auf der rechten Seite unserer Gleichung in der Form n_1^x schreiben, führen wir in der Grösse n_1 die *spezifische Drehzahl*, nämlich die Drehzahl bei der Leistung 1 , in die Betrachtung ein.

Solche spezifische Drehzahlen, und dazu noch in der erweiterten Kennzeichnung n_s , mit Bezugnahme nicht nur auf die Leistung 1 , sondern auch auf das ausgenützte Gefälle 1 , verwendet der Wasserturbinenbau regelmässig seit etwa zwei Jahrzehnten, wobei er natürlich auch von der entsprechenden Leistungs-Drehzahl-Beziehung Gebrauch macht. Wir haben für andere, insbesondere für die elektrischen Maschinen, wiederholt²⁾ auf entsprechende Zusammenhänge hingewiesen. In der vorliegenden Gesamtbetrachtung der Wachstumsgesetze und spezifischen Drehzahlen hoffen wir solche Zusammenhänge im weitesten Bereich bieten und als bedeutungsvoll ausweisen zu können. Vor der Durchführung dieser Betrachtung soll hier noch kurz die historische Entwicklung der Leistungs-Drehzahl-Beziehung bei den Wasserturbinen berührt werden. Die Gesetze der Arbeitsweise normal verwendeter, verlustloser Wasserturbinen sind bereits vollständig im Schlussabschnitt (Nr. 129) der 1754 der Berliner Akademie vorgelegten Arbeit „Théorie plus complète des machines, qui sont mises en mouvement par la réaction de l'eau“, von *Leonhard Euler*³⁾, enthalten; aus den bezüglichen Formeln kann man sogleich die zwei Beziehungen:

$$\begin{aligned} L &= C_1 h^{3/2} \\ n &= C_2 h^{1/2} \end{aligned}$$

herauslesen, wobei L die Leistung, n die Drehzahl, h das Gefälle und C_1 , sowie C_2 , Konstante bedeuten. Diese zwei

¹⁾ Nach dem Vortrag des Verfassers vom 8. Dezember 1926 vor dem Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. Das Protokoll findet sich auf Seite 348 von Band 88 (18. Dezember 1926). Red.

²⁾ Vergleiche Seite 308 und besonders auch Fussnote I auf Seite 311 von Band 53 (am 12. Juni 1909) der „S. B. Z.“, ferner Seite 357 bis 363 von Band I (Dezember 1910) des „Bulletin“ des S. E. V., sowie Seite 107 bis 109 von Band 79 (am 4. März 1922) der „S. B. Z.“.

³⁾ In deutscher Sprache, speziell für Techniker, mit Anmerkungen, von *E. A. Brauer* und *W. Winkelmann* herausgegeben als Nr. 182 der Sammlung „Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften“, Leipzig 1911.

Beziehungen finden sich, zwecks Schaffung von Grundlagen für die Bildung von Turbinensätzen, in dem, 1899 von *E. A. Brauer* herausgegebenen, kurzen „Grundriss der Turbinentheorie“ (auf Seite 84) verwendet. Die multiplikative Vereinigung über L mit der ins Quadrat erhobenen Beziehung über n zur Formel:

$$L n^2 = C h^{5/2}$$

scheint ihre erstmalige Veröffentlichung 1904 durch *R. Cammerer*¹⁾ gefunden zu haben, wobei für die Konstante C (n_s^2), d. h. das Quadrat der spezifischen Drehzahl n_s , d. h. der Drehzahl für die Turbine von der Leistung 1 beim Gefälle 1 gesetzt wurde. Da wir innerhalb einer Typenreihe von Turbinen und weitem, mit Gefällen in Beziehung stehenden Maschinenarten das jeweilige Gefälle stets als eine Konstante betrachten, schreiben wir die letztgenannte Gleichung in der Folge in der Form:

$$L n^2 = n_1^2$$

in der n_1 die, lediglich in Bezug auf die Leistung, „spezifische“ Drehzahl bedeutet.

Damit für alle, einer energetischen Betrachtung überhaupt hinreichend zugänglichen Maschinenarten Wachstumsgesetze und spezifische Drehzahlen nachweisbar seien, müssen stets drei allgemeine, grundlegende Abhängigkeiten erkennbar sein: Erstens ein Zusammenhang zwischen normal umgesetzter Wirkungsgrösse und einer, für die jeweilige Maschine massgebenden Raumabmessung, zweitens eine Bestimmungsregel für die genannte Raumabmessung innerhalb einer Maschinen-Typenreihe, und drittens eine Festlegung der Bewegungs-Geschwindigkeit für das, diese Raumabmessung im wesentlichen erfüllende, massgebend bewegte Maschinenorgan.

Was nun zunächst den Zusammenhang zwischen normal umgesetzter Wirkungsgrösse und massgebender Raumabmessung betrifft, so lässt sich dieser stets in der Form der Proportionalität zwischen umgesetztem Drehmoment und sogenanntem aktivem Maschinenvolumen darstellen. Dies kann bei verlustlosen Energie-Umsetzungen allgemein auf folgende Weise eingesehen werden: Bei seiner Bewegung weist der bewegte Anteil des Maschinenvolumens senkrecht zur Bewegungsrichtung s eine kraftführende Ebene auf, deren Fläche F innerhalb einer Maschinen-Typenreihe der geführten Kraft proportional ist, wobei eine Verrückung Δs gleichzeitig eine zu Δs proportionale Arbeit und auch ein Volumen $F \Delta s$ bilden lässt. Für eine Arbeitsperiode vom Wege s , die einem normalen Hin- und Hergang, bzw. einem normalen Umlauf, des massgebend bewegten Organs entspricht, kann dann wiederum eine Proportionalität zwischen Arbeit und Volumen festgestellt werden, wofür auch, wegen der Dimensionsgleichheit von Arbeit und Drehmoment einerseits, und wegen der allgemein möglichen Ueberführung von Translation in Rotation andererseits, stets die Proportionalität von Drehmoment und Volumen gesetzt werden kann. Bei einer geradlinig hin- und hergehenden Bewegung ist das betrachtete Volumen $F s$ identisch mit dem „aktiven“ Maschinenvolumen und als solches in der Regel ein Kreiszyylinder, der sich in Richtung seiner Axe hin- und herbewegt; bei einer rotierenden Bewegung ist $F s$ der ringförmige Raum am Umfang eines rotierenden Kreiszyinders, dessen Volumen dann insofern zum aktiven, dem umgesetzten Drehmomente proportionalen, Volumen wird, als $F s$ innerhalb einer Maschinen-Typenreihe zum Volumen des rotierenden Kreis-

¹⁾ „Z. V. D. I.“, 1905, Seite 380.