

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 89/90 (1927)
Heft: 25

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: 16.05.2025

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

INHALT: Die Darstellung der Kennlinien der Turbomaschinen aus den Grössen des Nennbetriebes. — Die Eisenbahn-Notbrücke zwischen Buchs und Schaan. — Wettbewerb für die Schweizerische Landesbibliothek in Bern. — Von der XXXIX. Generalversammlung der G. E. P. — Heimatschutz und moderne Architektur. — Mitteilungen: Ueber die Entwicklung der amerikanischen Elektrostaht-Erzeugung.

Ausfuhr elektrischer Energie. Zum Direktor der Aegyptischen Technischen Hochschule in Cairo. Dauerhaftigkeit von Holzpfählern. Senkung der Nordseeküsten. Eidgen. Techn. Hochschule. Elektrifikation der S. B. B. — Nekrologie: A. Bloch. — Korrespondenz. — Wettbewerbe: Bezirksspal Thierstein und Altersheim Dorneck Thierstein in Breitenbach. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Sektion Bern.

Band 90.

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

Nr. 25

Die Darstellung der Kennlinien der Turbomaschinen aus den Grössen des Nennbetriebes.

Von Prof. Dr. W. KUMMER, Ing., Zürich.

In einer Reihe von Aufsätzen, die wir im Laufe von zwanzig Jahren in dieser Zeitschrift veröffentlichten, haben wir gezeigt, wie man die Kennlinien, d. h. die charakteristischen Kurven des Verhaltens wichtiger physikalischer Grössen im Betriebe von Elektromotoren aus den Grössen des Nennbetriebes dieser Motoren ableiten kann, wobei wir namentlich deren Verwendung zum Antrieb und zur Bremsung elektrischer Fahrzeuge in Betracht zogen¹⁾. Dabei galt als besonders wichtig stets die sogen. mechanische Kennlinie, durch die das Drehzahlverhalten der Motoren bei verschiedener Belastung dargestellt wird. Die analytischen Gleichungen dieser und weiterer jeweils wünschenswerter Kennlinien enthielten grundsätzlich nie andere Parameter oder Konstante als solche, die aus den Grössen des sogen. Nennbetriebes, d. h. aus den Grössen, die auf dem Firmaschild eines Motors genannt werden, und für die der Motor gebaut ist, unmittelbar gebildet sind. Durch „Kennlinien“ werden eben wichtige Betriebseigenschaften von Maschinen, wie z. B. das Drehzahlverhalten von Motoren bei beliebiger Belastung, auf einfachste Weise zum Ausdruck gebracht. Die Wissenschaft, die sich mit der Darstellung der Kennlinien beschäftigt, ist die „Maschinenlehre“; ihr liegt ob, allgemein gültige Kennlinien möglichst übereinstimmend mit den im Einzelfall empirisch erhältlichen Betriebskurven vorauszuberechnen, wobei jedoch unwesentlichen Feinheiten der Uebereinstimmung die Einfachheit des Verfahrens der Vorausbestimmung nicht geopfert werden darf²⁾. Für elektrische Maschinen schufen wir in unsern Aufsätzen Bestimmungsregeln der Kennlinien, durch die diese schliesslich gewissermassen rein unelektrisch dargestellt wurden; mit unserer Darstellung wollten wir namentlich dem Wissensbedürfnis derjenigen zahlreichen Leser entgegenkommen, die nicht ausgesprochene Spezialisten des Elektromaschinenbaues sein wollen, obgleich auch diese letzten unsere Darstellung als brauchbare Annäherungsbeziehung gewürdigt haben dürften.

Im vorliegenden Aufsatz wünschen wir nun den Nachweis dafür zu erbringen, dass sich auch die Kennlinien der Turbomaschinen aus den Grössen des Nennbetriebes solcher Maschinen darstellen lassen, wobei wir also von einer Darstellungsweise Gebrauch machen, die der vorher auf die Elektromotoren verwendeten durchaus analog ist. Die wichtigste Kennlinie der Turbomaschinen ist die sogen. Drosselkurve, die bei der Nenndrehzahl den Zusammenhang des in der Zeiteinheit den Rotor der Turbomaschine durchströmenden Flüssigkeitsvolumens Q mit der im Längmass ausgedrückten Flüssigkeits-Drucksäule H zum Ausdruck bringt. Bekanntlich erlangt man aus der Euler'schen Arbeitsgleichung, für verlustfreie Energieumsetzung, diesen Zusammenhang in der linearen Form:

$$H = K_1 + K_2 Q$$

Durch die Erweiterung in die Form:

$$H = K_1 + K_2 Q - K_3 Q^2$$

finden die mit der Flüssigkeitströmung zusammenhängenden Reibungsverluste eine im wesentlichen zutreffende Berücksichtigung. Mit der Beschränkung auf Turbo-Arbeits-

maschinen (Pumpen, Ventilatoren, Kompressoren), für die die Kenntnis der Drosselkurven von der höchsten praktischen Bedeutung ist, kann man für den Zustand des Nennbetriebes, mit den Grössen Q_n und H_n , einen innern oder „indizierten“ Wirkungsgrad η_n bei Nennbetrieb, in dem die Lagerreibung und allfällige weitere „äussere“ Maschinenverluste also nicht berücksichtigt sind, durch eine Beziehung:

$$\eta_n = \frac{H_n}{H_n + K_3 Q_n^2}$$

definieren. Damit erscheint aber die Gleichungs-Konstante K_3 durch Nennbetriebsgrössen festgelegt in der Form:

$$K_3 = \frac{H_n}{Q_n^2} \frac{1 - \eta_n}{\eta_n}$$

Aber auch die Gleichungs-Konstante K_1 erscheint sofort durch Nennbetriebsgrössen feststellbar. Bei geschlossenem Auslass der Turbomaschine, d. h. bei $Q = 0$, entwickelt die Maschine bei der Nenndrehzahl eine Flüssigkeits-Drucksäule H_0 , die mit K_1 identisch ist und zu H_n durch einen Verhältnisswert δ in die Beziehung gebracht werden kann:

$$H_0 = K_1 = \delta H_n$$

Das Druckverhältnis:

$$\delta = \frac{H_0}{H_n}$$

stellt weiterhin auch ein Zahlenverhältnis:

$$\delta = \frac{\psi_0}{\psi_n}$$

dar, wenn man die sogen. „Druckziffer“ ψ benutzt, die in den „Regeln für Leistungsversuche an Ventilatoren und Kompressoren“¹⁾ eingeführt wurde, und die für die Betriebszustände $Q = 0$ und $Q = Q_n$ die respektiven Werte ψ_0 und ψ_n annimmt. Die letzte Gleichungs-Konstante K_2 ergibt sich aus dem für $Q = Q_n$ gültigen Gleichungswert:

$$H_n = \delta H_n + K_2 Q_n - \left(\frac{H_n}{Q_n^2} \frac{1 - \eta_n}{\eta_n} \right) Q_n^2$$

zu:

$$K_2 = \frac{H_n}{Q_n} \left(1 - \delta + \frac{1 - \eta_n}{\eta_n} \right)$$

Damit sind nun, unter Benützung der Grössen des Nennbetriebes, alle Gleichungs-Konstanten bestimmt, und die Kennlinien-Gleichung folgt nunmehr in der Form:

$$\frac{H}{H_n} = \delta + \left(1 - \delta + \frac{1 - \eta_n}{\eta_n} \right) \frac{Q}{Q_n} - \frac{1 - \eta_n}{\eta_n} \frac{Q^2}{Q_n^2}$$

Die durch diese Gleichung im Koordinatensystem QOH dargestellte Parabel hat nur im ersten Quadranten, bei positiven Werten von Q und H , technische Bedeutung; sie kann in diesem Quadranten einen Extremwert von H aufweisen, der beim Sonderwert von Q , der gleich:

$$Q_n \frac{1 - \delta \eta_n}{2 \cdot (1 - \eta_n)}$$

ist, auftritt, wobei:

$$1 > \delta \eta_n$$

sein muss. Für $\delta \eta_n = 1$ liegt der Extremwert von H auf der H -Axe, während er für $\delta \eta_n > 1$ technisch nicht in Betracht fällt. Den drei Fällen entsprechen im wesentlichen auch die drei verschiedenen Schaufelungsmöglichkeiten der Turborotoren. Wenn $\delta \eta_n$ wesentlich grösser als 1 ist, sind die Schaufeln rückwärts gebogen, während sie vorwärts gebogen sind, wenn $\delta \eta_n$ wesentlich kleiner als 1 ist; für

¹⁾ Aufgestellt vom Verein deutscher Ingenieure und dem Verein deutscher Maschinenbau-Anstalten im Jahre 1912.

¹⁾ Den ersten bezüglichen Aufsatz findet der Leser der „S. B. Z.“ in Band 49, Seite 247 ff. (18/25. Mai 1907).

²⁾ Die Nichtbeachtung dieser eigentlich selbstverständlichen Bedingung ist einer der Gründe, dass vor ungefähr einem Menschenalter die damalige „theoretische“ Maschinenlehre ihre frühere Wertschätzung im wesentlichen eingebüsst hat.