**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung

**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

**Band:** 68 (1950)

**Heft:** 7

**Artikel:** Ueber glockenförmige Häufigkeitskurven im Dienste der Vorausberechnung und der Nachkalkulation technischer Vorgänge

**Autor:** Kummer, W.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-57967

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 10.07.2025

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

68. Jahrgang Nachdruck von Bild oder Text nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet Nr. 7

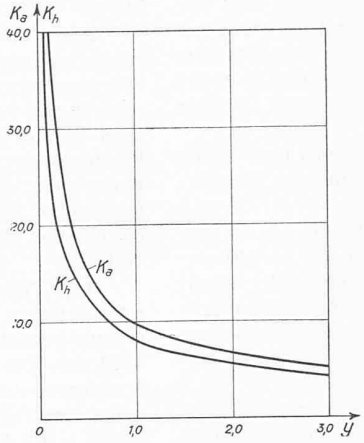
# Ueber glockenförmige Häufigkeitskurven im Dienste der Vorausberechnung und der Nachkalkulation technischer Vorgänge

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

DK 519.24

Durch den Aufsatz: «Grosszahl-Methodik als Erkenntnismittel in Technik und Wirtschaft» von Dr. Ing. *K. Daeves*[1]) ist den Lesern der «Schweizerischen Bauzeitung» kürzlich die Wichtigkeit des Gausschen Verteilungsgesetzes, d. h. des Idealtyps der *symmetrischen* glockenförmigen Häufigkeitskurve, auf dem Gebiete der Technik gezeigt worden, wobei durch die im Aufsatz erläuterte Methodik auch die empirisch als unsymmetrische Häufigkeitskurven auftretenden Verteilungen von Kollektiven technischer Vorgänge deutbar und in der Grosszahl-Forschung verwendbar werden.

Die Grosszahl-Forschung ist grundsätzlich als eine Nachkalkulation zu betrachten. Wir stellen ihr die für eine Projektierung technischer Anlagen unentbehrliche Operation der Vorausberechnung entgegen.



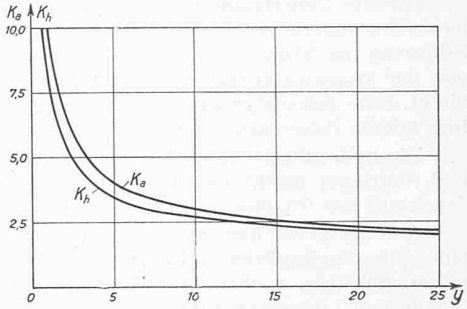




Bild 2. Vorausberechnete Schwankungsverhältnisse für grössere Relativwerte der Anlagegrösse

Bild 1 (links). Vorausberechnete Schwankungsverhältnisse für kleine Relativwerte der Anlagegrösse

Für die Vorausberechnung technischer Vorgänge, die nicht der strengen, sondern der statistischen Gesetzmässigkeit unterliegen, sind nun, wie noch begründet werden soll, Idealtypen *unsymmetrischer* glockenförmiger Häufigkeitskurven naheliegend. Ein Beispiel der Vorausberechnung hat Dipl. Ing. *H. Schellenberg* in seinem Aufsatz «Belastungsausgleich in Verteilanlagen»[2]) gegeben, wobei als Häufigkeitskurve der Idealtyp nach der von S. D. Poisson gegebenen Formel benutzt wurde. Die Formeln von Poisson, sowie von Gauss sind übrigens ohne weiteres aus der allgemeineren, ebenfalls eine unsymmetrische Glockenkurve liefernden, sogenannten Binomialformel von J. Bernoulli ableitbar.

Zur Vorausberechnung technischer, auf statistischer Gesetzmässigkeit beruhender Vorgänge werden die Formeln von Bernoulli und von Poisson besonders erfolgreich seit langem von Ingenieuren des Telephondienstes verwendet; über diese Arbeiten orientiert eingehend das 1924 (im Verlag von J. Springer, Berlin) erschienene Buch: «Der Fernsprechverkehr als Massenerscheinung mit starken Schwankungen». Im Jahre 1925 zeigte dann der Schreibende, dass diese Formeln auch geeignet sind, um das Schwankungsverhältnis im Kraftbedarf von Zentralanlagen der Energieversorgung vorauszubestimmen[3]), wenn eine Erweiterung der Grundlage durch die Einführung eines der Erfahrung zu entnehmenden Zahlenwertes im relativen Zeitmass vorgenommen wird. Die so entstandene Methode, von der auch die oben erwähnte Arbeit von *H. Schellenberg* Gebrauch macht, fand 1930 in einer Arbeit des Schreibenden «Die Effektschwankung im elektrischen Betrieb der Schweizerischen Bundesbahnen»[4]) eine, den in empirisch feststellbaren Häufigkeitskurven vorkommenden Massgrössen angepasste Formulierung, wobei für die allgemein gültige Darstellung der Effektschwankung die hier wiederholten Kurven gebildet wurden (Bilder 1 und 2). Die Methode nimmt an, dass das zentrale Werk für die Abgabe von Elektrizität, von Wasser oder von Gas, dessen Effektschwankung zu berechnen ist, Abnehmer seiner Produkte bediene, die insofern «homogen», bzw. durch geeignete Gruppierung «homogenisiert» sein sollen, als sie je ungefähr gleiche Anschlusseffekte und auch je ungefähr gleiche, auf die mögliche Verbrauchszeit bezogene Benutzungsdauern aufweisen. Dann sind die in den Bildern 1 und 2 für die Betriebszeiten eine Woche, bzw. ein Jahr, dargestellten Schwankungsverhältnisse $K$ des Effektes, als $K_h$ für die Woche und als $K_a$ für das Jahr, allgemein durch den Quotienten:

$$K = \frac{\text{Werk-Maximaleffekt}}{\text{Werk-Durchschnittseffekt}}$$

definiert. Für die Abszissen $y$ der Kurven in den Bildern 1 und 2 gilt die Definition:

$$y = \frac{\text{Werk-Durchschnittseffekt}}{\text{Abnehmer-Anschlusseffekt}}$$

die also ein relatives Mass der Anlagegrösse bilden.

[1]) SBZ 1949, Nr. 17, S. 233*. [2]) SBZ 1947, Nr. 36, S. 495*.
[3]) SBZ Bd. 86, S. 169 (3. Okt. 1925).
[4]) SBZ Bd. 96, S. 1 (5. Juli 1930).

Ausser der Vergleichung von Erfahrungswerten aus dem elektrischen Bahnbetrieb, wie in der oben erwähnten Arbeit von 1930, hat der Schreibende 1937 und 1938 auch Vergleichungen von Erfahrungswerten aus der Warmwasser-Versorgung und aus der Gasversorgung mit den nach den Kurven in den Bildern 1 und 2 bestimmbaren Zahlenwerten durchgeführt und stets eine befriedigende Uebereinstimmung festgestellt; ein bezüglicher, zusammenfassender Bericht wurde 1939 veröffentlicht[5]). Auch die oben erwähnte Arbeit von H. Schellenberg verwendet diese Kurven des Schwankungsverhältnisses, wenn auch, gemäss den Bedingungen des Beispiels, für wesentlich kürzere Betriebszeiten, als sie den Bildern 1 und 2 zu Grunde liegen.

Nun muss hier noch begründet werden, weshalb bei der Vorausberechnung der Belastungsverhältnisse technischer Anlagen, soweit es sich um statistische Gesetzmässigkeit handelt, von vornherein unsymmetrische glockenförmige Häufigkeitskurven in Betracht zu ziehen sind. Solche Anlagen werden nämlich aus Sicherheitsgründen stets eher zu gross als zu klein projektiert. Infolgedessen liegt dann der Durchschnittseffekt einer Anlage immer näher bei ihrem Leerlauf, als bei ihrer Vollbelastung. Damit erhält dann die Häufigkeitskurve der Belastung die unsymmetrische Glockenform.

# Das Kraftwerk Rupperswil-Auenstein

Fortsetzung von Seite 65

DK 621.311.21(494.22)

## 4. Maschinelle Anlagen

a. Turbinen

Wassermengen- und Gefällsverhältnisse beim Kraftwerk Rupperswil-Auenstein sprachen für den Einbau von Kaplanturbinen. Der Abschluss durch das Leitrad und durch das Laufrad gestattete, auf den Einbau von Turbinenschützen zu verzichten und nur die Anordnung von Dammbalken vorzusehen. Ein Charakteristikum der Maschinenanlage liegt darin, dass das Turbinenlaufrad rund 4,3 m tief unter dem mittleren Unterwasserspiegel liegt. Hierfür waren bestimmend:

1. Die relativ hohe spezifische Drehzahl. Um trotz der Verschiedenheit der Frequenzen (16⅔ Hz für den SBB- und 50 Hz für den NOK-Generator) beide Turbinen gleich ausführen zu können, kamen nur die Drehzahlen 83,3, 90,9 und 100 in Frage, von denen die letzte gewählt wurde, da sie bei noch gutem Wirkungsgrad die billigsten Maschinengruppen ergab.

Die zwei Kaplanturbinen sind als Lieferung einer Arbeitsgemeinschaft der Firmen Ateliers des Charmilles S. A. Genf und Escher Wyss A.-G. Zürich je für folgende Hauptdaten gebaut worden:

| | |
|---|---|
| Normalleistung: | 23 000 PS bei 10,75 m Gefälle |
| Maximalleistung: | 27 000 PS bei 12,09 m Gefälle |
| Maximale Betriebswassermenge: | 193 m³/s |
| Gefälle: | 9,75 bis 12,93 m |
| Drehzahl: | 100 U/min. |

[5]) «Monatsbulletin des Schweiz. Vereins von Gas- und Wasserfachmännern», 19. Jg., S. 257 (Dez. 1939).