

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 85/86 (1925)  
**Heft:** 14

## Inhaltsverzeichnis

### 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:** 26.01.2026

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

INHALT: Analytische Bestimmung des Schwankungsverhältnisses im Kraftbedarf elektrischer Bahnen und ähnlicher Zentralanlagen. — Lange Druckrohrleitungen aus Eisenbeton. — Zur Höchstdruck-Dampf-Entwicklung. — Ausführungen und Erfahrungen auf dem Gebiete des Automobilstrassen-Baues. — Wettbewerb für ein neues Aufnahmegebäude der S. B. B. in Freiburg. — Miscellanea: Lokomotivleistung, Zuglast

und Fahrzeit. Ueber Eisenbahnunfälle. Vollbahnelektrifizierung in Britisch-Indien. Vortragskurs über neuzeitliches Planungswesen und die Siedungsaufgaben der Gegenwart. Die Berechnung der im Kugellager auftretenden Grösstbeanspruchung und die Prüfung von Stäben. Holzgittermaste für 110 kV-Leistungen. Friedhof-Ausstellung in Bern. — Preisausschreiben. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Schweiz. Ing.- u. Arch.-Verein.

Band 86.

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

Nr. 14

## Analytische Bestimmung des Schwankungsverhältnisses im Kraftbedarf elektrischer Bahnen und ähnlicher Zentralanlagen.

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

In einer Arbeit „Neuere Studien über die Schwankungen des Kraftbedarfs elektrischer Bahnen“, die wir auf Seite 199 und 214 von Band 67 (im April 1916) dieser Zeitschrift veröffentlichten, haben wir gezeigt, wie sich die Eigenart der Schwankung im Kraftbedarf elektrischer Bahnen aus Projektierungsarbeiten entnehmen lässt; die Diskussion der Eigenart dieser Schwankungen führte dann auf die Aufstellung einer Kurve des Schwankungsverhältnisses des Kraftbedarfs in Abhängigkeit vom Jahresverkehr elektrischer Bahnen (Abbildung 3 auf Seite 215 von Band 67), die demnach mittels eines reinen Probiervfahrens gewonnen worden war. Handelt es sich darum, diese Kurve analytisch zu bestimmen, so muss offenbar die Theorie des Zufalls, bzw. die Wahrscheinlichkeitslehre, zu Hilfe genommen werden. Zu diesem Schritt hat man heute umso weniger Bedenken zu hegen, als seit einigen Jahren die Anwendung der Wahrscheinlichkeitstheorie auf Probleme des Telephonwesens zu praktisch wertvollen analytischen Berechnungsmethoden geführt hat. Natürlich können diese Berechnungsmethoden nicht ohne weiteres auch auf unsern Fall übertragen werden, da hier andere Begriffe und Ueberlegungen in Betracht kommen.

Bekanntlich ist die Theorie des Zufalls nur dann anwendbar, wenn man von einem rechnerisch zu erfassenden Ereignis zum Voraus nicht entscheiden kann, ob es eintreten werde oder nicht, wenn also sein Eintreten nur als möglich, in keiner Weise aber als notwendig erscheint. Für die Ermittlung des Kraftbedarfs elektrischer Bahnen und ähnlicher Zentralanlagen spielt nun die in irgend einem Zeitpunkt spontan eintretende Häufung von Einzelleistungen zu einer kumulierten Maximalleistung die Rolle des der Theorie des Zufalls zu unterwerfenden Ereignisses. Wenn in der Einheitszeit (*ein Tag* bzw. *ein Jahr*) auf einem Bahnnetz  $N$  Züge verkehren, wobei jeder Zug als eine fortwährend variierende Effektgrösse aufgefasst wird, und wenn wir die Einheitszeit in lauter Teile vom Zeitmass  $t$  teilen, so kann  $t$  nicht nur die durchschnittliche Fahrzeit eines Zuges, sondern zugleich auch die Wahrscheinlichkeit dafür darstellen, dass ein bestimmter Zugs- effekt gerade auf ein Zeiteilchen entfällt; im Sinne der Wahrscheinlichkeitsrechnung ist dann  $t$  die Wahrscheinlichkeit des Eintretens dieses Einzelereignisses, während  $1-t$  die Wahrscheinlichkeit seines Nichteintretens darstellt. Eine  $x$ -fache Kumulation dieses Einzelereignisses verzeichnet nun:

$$\frac{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot x \cdot \dots \cdot (N-x)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot \dots \cdot N}$$

mögliche Fälle, denen

$$t^x (1-t)^{N-x}$$

günstige Fälle gegenüber stehen. Die Wahrscheinlichkeit  $w_x$  der Kumulation von  $x$  Einzelereignissen, bzw. einzelnen Zugs- effekten, beträgt somit:

$$w_x = \frac{t^x (1-t)^{N-x}}{\frac{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot x \cdot \dots \cdot (N-x)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot N}} \\ = \frac{N!}{x! (N-x)!} t^x (1-t)^{N-x}$$

oder, in kürzerer Form geschrieben:

$$w_x = \binom{N}{x} t^x (1-t)^{N-x} \quad (1)$$

womit die bekannte Gleichung von J. Bernoulli hergeleitet ist. Die Wahrscheinlichkeit  $w_x$  erscheint als eine Zeit, und

zwar als diejenige Zeit, während der gerade  $x$  Einzelereignisse (Zugseffekte) kumuliert sind. Der maximale Wert  $w_x$ , den  $w_x$  annehmen kann, erfolgt für ein  $x'$  gleich dem Produkt  $Nt$ . Wir schreiben:

$$x' = Nt = y.$$

Andererseits gibt es auch einen Wert  $w_{x''}$ , der gleich derjenigen äusserst kurzen Zeit  $\tau$  ist, bei der gerade noch  $x''$  Einzelereignisse (Zugseffekte) sich gemäss den mechanischen und elektrischen Verlusten, die auftreten, kumulieren können. Da die  $x'$  Einzelereignisse (Zugseffekte), die sich mit der maximalen Wahrscheinlichkeit  $w_{x'}$  kumulieren, dem tatsächlichen Leistungsdurchschnitt, die  $x''$  Einzelereignisse (Zugseffekte) aber dem tatsächlichen Leistungsmaximum entsprechen, so stellt der Quotient:

$$K = \frac{x''}{x'} = \frac{x''}{y} = \frac{x''}{Nt}$$

das gesuchte Schwankungsverhältnis dar. Diesen, mit Hilfe der Formel von Bernoulli festzustellenden Wert von  $K$  verwenden wir für die Schwankung im *täglichen Betrieb*, wobei  $N$  und  $t$  sich auf die Zeiteinheit „*ein Tag*“ beziehen, und wobei  $w_x$  und  $\tau$  in derselben Zeiteinheit gemessen erscheinen.

Wenn man aber  $N$  und  $t$  auf die Zeiteinheit „*ein Jahr*“ bezieht, wobei der Zahlenwert:

$$y = Nt$$

zwar ungeändert bleibt, strebt für

$$\lim N = \infty, \lim \frac{1}{t} = \infty$$

die Gleichung (1) einer Form:

$$w_x = \frac{e^{-y} y^x}{x!} \quad (2)$$

zu, die der bekannten Gleichung von S. D. Poisson entspricht. Auch in diesem Fall erlangt  $w'$  seinen maximalen Wert bei:

$$x' = Nt = y$$

und weist  $w''$  wiederum die gleiche, äusserst kurze Zeit  $\tau$  aus (die nun aber mit der Einheit „*ein Jahr*“, also nicht mehr mit der Einheit „*ein Tag*“, gemessen wird), bei der gerade noch  $x''$  Einzelereignisse (Zugseffekte) zur Kumulation gelangen; analog stellt der Quotient:

$$K = \frac{x''}{x'} = \frac{x''}{y} = \frac{x''}{Nt}$$

wieder das gesuchte Schwankungsverhältnis dar, nun aber für den *Jahresbetrieb*, statt für den Tagesbetrieb.

Die Grösse  $y$ , die sowohl für den Tagesbetrieb, als auch für den Jahresbetrieb aus dem Nenner des Schwankungsverhältnisses auftritt, und die als Mass des Leistungsdurchschnitts eingeführt erscheint, stellt zugleich auch das Mass des im Tage, bzw. im Jahre bewältigten Verkehrs dar; sie dient uns deshalb als *Verkehrsmassstab*. Indem man sich ein bestimmtes Bahnnetz mit einem von Jahr zu Jahr wachsenden oder überhaupt veränderlichen Verkehr belegt denkt, gelangt man zur Frage nach der Abhängigkeit der zwei Schwankungsverhältnisse  $K$  vom Verkehrsmassstab  $y$ , bzw., soweit als es sich um  $K$  im Jahresbetrieb handelt, zur Frage nach der analytischen Bestimmung derjenigen Kurve, die wir in unserer Abhandlung von 1916 auf Grund des Probiervfahrens ermittelt hatten. Für ein gegebenes  $y$  und für ein sachgemäss gewähltes  $w_{x'} = 1$  können die Kurven:

$$K = f(y)$$