

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 77/78 (1921)  
**Heft:** 13

## **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:** 21.02.2026

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

INHALT: Ueber Betriebskurven und Betriebsicherheit verschiedener Verfahren der Nutzbremmung bei elektrischen Bahnen. — Zur Architektur der Grossfunken-Station Nauen. — Neue Eisenbetonvorschriften in Oesterreich. — Miscellanea: Zentral-Kommission für den Rhein. — Ein neues Gaskalorimeter. — Simplon-Tunnel II, Monats-Ausweis Februar 1921. — Konkurrenzen: Gussbetonhäuser. — Literatur: Théorie du

Coup de Bélier (Besprechung). — Eingegangene literarische Neuigkeiten. — Vereins-Nachrichten; Eingabe des S. I. A. und der G. E. P. an den Bundesrat betreffend zweckmässiger Bestellung von Fachkommissionen. — Vorläufiger Bericht über die Delegierten-Versammlung des S. I. A. am 19. März d. J. in Freiburg. — Referat über den Vortrag Prof. Prasil im Zürcher Ing. und Arch.-Verein. — Stellenvermittlung.

Band 77.

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

Nr. 13.

## Ueber Betriebskurven und Betriebsicherheit verschiedener Verfahren der Nutzbremmung bei elektrischen Bahnen.<sup>1)</sup>

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

Ueber Betriebskurven und Betriebsicherheit verschiedener Verfahren der elektrischen Bremsung der Züge von Gleichstrombahnen, von Einphasenbahnen und von Drehstrombahnen hatten wir uns in den Jahren 1907 und 1908 schon einmal eingehender in der „Schweiz. Bauzeitung“ geäussert.<sup>2)</sup> Unsere damaligen Darlegungen sind inzwischen durch die technische Entwicklung zu einem grossen Teil entwertet worden, während die grundsätzliche Bedeutung der dabei behandelten Fragen geblieben ist. Die im abgelaufenen Jahrzehnt eingetretene Entwicklung betrifft insbesondere die Ausbildung der Nutzbremmung auf Gleichstrombahnen und auf Einphasenbahnen, sowie das Zurücktreten der Bedeutung des Verfahrens der Gegenstrombremsung auf Einphasenbahnen, von dem wir seinerzeit einen grösseren Erfolg erwartet hatten.<sup>3)</sup> In letzter Zeit haben Unfälle, bezw. verhütete Unfälle, eine Behandlung der Fragen der Betriebsicherheit bei den neuen Verfahren der Nutzbremmung auf Gleichstrombahnen und auf Einphasenbahnen neuerdings wünschbar erscheinen lassen. Da die Betriebsicherheit in hohem Masse mit den Betriebskurven zusammenhängt, sind letztere zunächst zu untersuchen. Zu diesem Behufe betrachten wir die drei grundsätzlich verschiedenen Arten der Betriebskurven generatorisch arbeitender Bahnmotoren, die den Schemata des „Bahnmotors mit Sondererregung“, des „Gleichstrommotors mit Serieerregung“ und des „Einphasenmotors mit Serieerregung“ entsprechen. Unsern bezüglichen Betrachtungen liegen derart vereinfachte Motortypen zu Grunde, dass angenommen wird, die in ihnen auftretenden Energieverluste seien vollständig durch einen Widerstand im Hauptstromkreis darstellbar. Diese vereinfachende Auffassung erlaubt, kurz und klar das Wesentliche zum Ausdruck zu bringen.

### 1. Die Kurven des Bahnmotors mit Sondererregung.

Als „Bahnmotor mit Sondererregung“ bezeichnen wir einen Maschinentyp, den wir schematisch durch die fremderregte Gleichstrommaschine veranschaulichen, während er praktisch sowohl durch die Gleichstrom-Nebenschluss-Maschine, als auch durch die Drehstrom-Asynchronmaschine, in deren Teilgebiet der wirklichen praktischen Verwendung<sup>4)</sup>, vertreten wird.

In Abbildung 1 ist links der Armatur-Stromverlauf für motorisches, rechts für generatorisches Verhalten dargestellt, während Schaltung, Drehrichtung und Richtung der Spannungen links und rechts übereinstimmen. Als Spannungsgrössen kommen in Frage die Fahrspannung  $E_0$  und die gegen elektromotorische Kraft  $E$ , die unter sich, mit dem Armaturstrom  $J$  und mit dem elektrischen Armaturwiderstand  $r$  durch:

$$E = E_0 \mp r J$$

<sup>1)</sup> Eingereicht am 15. Dezember 1920.

Red.

<sup>2)</sup> Vergleiche Band I, S. 217 und 233 (26. Oktober und 2. November 1907), sowie Band LII, S. 33 (18. Juli 1908).

<sup>3)</sup> Eine Anwendung der Gegenstrombremsung auf Einphasenbahnen ist nur bei der Valle Maggia-Bahn erfolgt, wie in Band LVIII im Hauptartikel auf Seite 29 (11. Juli 1911) und in der Miscellanea-Notiz auf S. 43 (11. Juli 1911) nachzulesen ist. Der Nachteil dieses Bremsverfahrens liegt darin, dass entweder ein viel zu grosser Bremswiderstand erforderlich ist, oder dass eine störende Gleichstromerregung auftritt.

<sup>4)</sup> Dieses Teilgebiet ist durch relativ kleine (bis 0,05) positive und negative Schlüpfungswerte gekennzeichnet; vergl. Band LII, S. 33 (18. Juli 1908).

verknüpft sind, wobei das Vorzeichen — für motorisches, das Vorzeichen + für generatorisches Verhalten gilt. Wird durch die Konstante  $C$  die Unveränderlichkeit des magnetischen Kraftflusses in der Maschine zufolge konstanter Sondererregung ausgedrückt, so gilt bei Einführung der Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  pro sek der Armatur:

$$E = C \omega$$

Aus den zwei Beziehungen folgt:

$$J = \frac{C \omega \mp E_0}{r}$$

Zwischen der elektromagnetischen Energie  $EJ$  der Armatur und der mechanischen Energie  $\omega D$  an der Welle, bei Verwendung des Formelzeichens  $D$  für das Drehmoment in  $\text{mkg}$ , gilt die Beziehung:

$$EJ = 9,81 D \omega$$

Hieraus folgt bei Ersatz von  $E$  durch  $C \omega$ :

$$J = \frac{9,81 D}{C}$$

Die Gleichsetzung der rechten Seiten der zwei für  $J$  erhaltenen Formeln ergibt:

$$E_0 \mp \omega C = r D \frac{9,81}{C}$$

und damit bereits die den Zusammenhang von  $D$  und  $\omega$  festlegende Gleichung für die wichtigste Betriebskurve, deren Form allerdings noch praktischer zu gestalten ist. Ein ausgezeichneter Fall ihrer Gültigkeit besteht dann, wenn bei Betrieb als Motor die sogen. „normale“ Leistung:

$$E_n J_n = 9,81 D_n \omega_n$$

umgesetzt wird, wobei der normale Wirkungsgrad:

$$\eta_n = \frac{E_n}{E_0} = \frac{E_0 - r J_n}{E_0} = \frac{C \omega_n}{E_0}$$

herrscht. Hierfür gilt:

$$E_0 - \omega_n C = r D_n \frac{9,81}{C}$$

und ist  $C$  mittels  $\eta_n$  und  $\omega_n$  ausdrückbar gemäss:

$$C = E_0 \frac{\eta_n}{\omega_n}$$

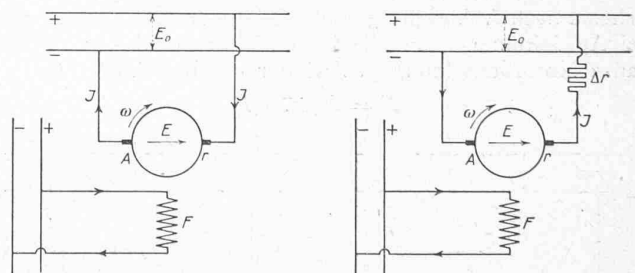


Abb. 1. Bahnmotor mit Sondererregung im Falle von Gleichstrom mit Armatur  $A$ , Feld  $F$  und Hauptstromwiderstand  $r$ , als Motor (links) und als Nutzbremse (rechts) mit Sicherheitswiderstand  $\Delta r$ .

Aus den Betriebsgleichungen, für das Verhalten im allgemeinen und für das Verhalten bei Normalleistung als Motor, folgt das Verhältnis:

$$\frac{E_0 \mp \omega C}{E_0 - \omega_n C} = \frac{D}{D_n}$$

das sich bei Einsetzen der Beziehung:

$$C = E_0 \frac{\eta_n}{\omega_n}$$

in die praktisch brauchbare Form:

$$D (1 - \eta_n) = D_n \left( 1 - \frac{\eta_n}{\omega_n} \omega \right)$$