

Zeitschrift:	Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber:	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band:	75/76 (1920)
Heft:	11
Artikel:	Die relative Energie-Ersparnis durch die Nutzbremsung bei elektrischen Bahnen
Autor:	Kummer, W.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-36432

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: 03.02.2026

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

INHALT: Die relative Energie-Ersparnis durch die Nutzbremsung bei elektrischen Bahnen. — Zwei Bernische Wohnhäuser: I. Das Wohnhaus W. Farner in Langenthal. — Der kombinierte Oel- und Dampfmotor von Still. — Die Wasserkraftanlage „Gösgen“ an der Aare. — Nochmals zur Erweiterung des Hauptbahnhofs Zürich. — Technische Kommission des Verbandes Schweiz. Brückenbau- und Eisenhochbau-Fabriken. — Adolf Saurer. — Miscellanea: Seife aus Braunkohlenteer. Neue Erdgasquelle in

Neuengamme bei Hamburg. Ingenieur Theodor Bell. — Nekrologie: A. Trautweiler. — Konkurrenz: Neue Brücke über den Limfjord zwischen Aalborg und Nørresundby (Dänemark). Schulhaus Oberburg. Neubau der Schweizer. Volksschule in Zürich. — Vereinsnachrichten: Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein.

Tafeln 8 und 9: Wohnhaus Walter Farner in Langenthal.
Tafel 10: Adolf Saurer.

Band 75. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 11.

Die relative Energie-Ersparnis durch die Nutzbremsung bei elektrischen Bahnen.

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

Die Möglichkeit der Energierückgewinnung bei fahrenden Zügen elektrischer Bahnen wird neuerdings in der Projektierung der Elektrifizierung bisheriger Dampfbahnen stärker betont als noch vor wenigen Jahren; ein Beispiel eines bezüglichen Projektes bildet das vor Jahresfrist bekannte gewordene Vorprojekt der Elektrifizierung von 3000 km der französischen Orléans-Bahn, das sich auf rund 40 % der Linienlänge des Netzes dieser Verwaltung bezieht.¹⁾ In diesem wie in vielen andern, weniger eingehend bekanntgegebenen Elektrifizierungsprojekten wird anscheinend die durch die Nutzbremsung erzielbare Energie-Ersparnis ohne weiteres mit vollem Gewicht als Ersparnis an Jahreskosten bewertet. Demgegenüber haben wir vor nahezu zwei Jahren in der „Schweizerischen Bauzeitung“ dargelegt²⁾, dass eine Beurteilung der Energierückgewinnung hinsichtlich der Energiejahreskosten neben der relativen Energie-Ersparnis auch die relative Erhöhung des Schwankungsverhältnisses der Leistungen berücksichtigen müsse, wobei ein wirtschaftlicher Erfolg der Rückgewinnung immerhin noch verbleibt und im Falle des Energiebezugs aus Wärmekraftwerken grösser ausfällt als beim Energiebezug aus Wasserkraftwerken. Die relative Energie-Ersparnis definierten wir in unserer Darlegung mit $\frac{\Delta A}{A}$, wobei A die Jahresenergie in kWh für Betrieb einer Linie ohne Rückgewinnung, $A - \Delta A$ dagegen die Jahresenergie in kWh für Betrieb derselben Linie mit Rückgewinnung darstellte; wir bemerkten weiter, dass die bisherige Praxis Ergebnisse zeigte, für die

$$\frac{\Delta A}{A} = 0,10 \text{ bis } 0,20$$

gelte. Da heute vielfach in Projekten mit höheren Werten der relativen Energie-Ersparnis gerechnet wird, haben wir versucht, die relative Energie-Ersparnis zahlenmäßig a priori abzuschätzen, wofür wir die folgenden Beziehungen aufstellen:

Die durchschnittliche, in kg/t am Radumfang entwickelte Zugkraft \bar{z} für 1 t Zuggewicht stellt ohne weiteres auch die pro Einheit der in tkm gemessenen Verkehrsarbeit ausgedrückte Energie am Radumfang in Tausenden mkg dar, d. h. es gilt, wenn wir mit a_1 diese Energiegrösse in Wattstunden pro tkm (Wh/tkm) ausdrücken wollen:

$$a_1 = \frac{9,81}{36} \cdot \bar{z}$$

Für eine stationäre Zugsbewegung, d. h. für eine Zugsfahrt bei konstanter Geschwindigkeit ist dann \bar{z} nur abhängig von der durch Geschwindigkeit und Bahnkrümmung beeinflussten Widerstandszahl und vom Neigungswinkel der in Betracht gezogenen Bahnstrecke. Denken wir uns nun eine Bahnstrecke mit konstantem Neigungswinkel α und ebenfalls auf ihrer ganzen Länge konstant angenommener Krümmung, die bei der Talfahrt das einmal ohne Rückgewinnung, das anderemal mit Rückgewinnung befahren werde. Da sowohl bergwärts wie talwärts stets mit derselben konstanten Geschwindigkeit gefahren werde, so ist die für horizontale Strecken definierte Widerstandszahl w für alle Fahrten die gleiche. Für eine Hin- und Herfahrt auf dieser Strecke ohne Rückgewinnung gilt dann:

$$2 \cdot \bar{z} = 2 \cdot w \cdot \cos \alpha + 1000 \cdot \sin \alpha.$$

¹⁾ Vergl. «Génie civil», Bd. LXXIV, S. 4 (4. Januar 1919).

²⁾ Vergl. «Schweiz. Bauzeitung», Bd. LXXI, S. 191 (4. Mai 1918).

Wird dagegen bei der Talfahrt mit vollständiger Rückgewinnung gearbeitet, so ist

$$2 \cdot \bar{z}' = 2 \cdot w \cdot \cos \alpha.$$

Da \bar{z}' durch a_1 , \bar{z}' durch a'_1 ersetzt werden kann, so ergibt sich die relative Energie-Ersparnis durch die Nutzbremsung:

$$\frac{\Delta a_1}{a_1} = \frac{a_1 - a'_1}{a_1} = \frac{\bar{z} - \bar{z}'}{\bar{z}} = 1 - \frac{\bar{z}'}{\bar{z}} = 1 - \frac{2 \cdot w \cdot \cos \alpha}{2 \cdot w \cdot \cos \alpha + 1000 \cdot \sin \alpha}$$

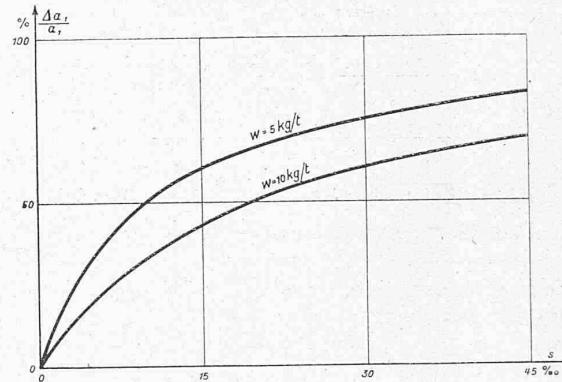
$$= 1 - \frac{1}{1 + \frac{\tg \alpha}{2 \cdot w} \cdot 1000}$$


Abb. 1. Die relative Energie-Ersparnis am Radumfang.

In Abbildung 1 ist die Grösse $\frac{\Delta a_1}{a_1}$ in Abhängigkeit von der in Promille auszudrückenden Steigung

$$s = 1000 \cdot \tg \alpha$$

für die zwei Widerstandszahlen $w = 5 \text{ kg/t}$ und $w = 10 \text{ kg/t}$ gemäss der Beziehung:

$$\frac{\Delta a_1}{a_1} = 1 - \frac{1}{1 + \frac{s}{2 \cdot w}}$$

durch Schaulinien dargestellt. Für eine völlig gerade Strecke entspricht dann 5 kg/t einer Fahrgeschwindigkeit von rd. 50 km/h, während 10 kg/t einer Fahrgeschwindigkeit von etwa 90 km/h angepasst ist, wobei für Bergfahrt und Talfahrt die Geschwindigkeit jeweils genau die gleiche bleibt. Für die Annahme höherer Fahrgeschwindigkeiten auf der Talfahrt als auf der Bergfahrt, wie dies in dem oben erwähnten Vorprojekte der Orléans-Bahn zutreffen scheint, muss die relative Energie-Ersparnis kleiner ausfallen als bei unserer Annahme gleicher Geschwindigkeit auf der Talfahrt wie auf der Bergfahrt, für die sie einheitlich nach einem bestimmten Schema durch die jeweilige Steigung festgelegt vorausgesetzt wird. Die Wahl vergrösserter Geschwindigkeiten auf der Talfahrt benachteiligt die Rückgewinnung in wirtschaftlicher Hinsicht weiter auch noch durch eine weitere Erhöhung des Schwankungsverhältnisses der Leistungen.

Die Energie-Ersparnis, auf die es in Wirklichkeit aber ankommt, ist nicht diejenige am Radumfang, sondern jene an den Speisepunkten der Fahrleitung, bezw. jene an den Sammelschienen der Kraftwerke, für die der Begriff $\frac{\Delta A}{A}$ aufgestellt wurde. Für die Tonne Zuggewicht und für die Wattstunde als Arbeitseinheit soll dafür $\frac{\Delta a_1^*}{a_1^*}$ gesetzt werden. Wenn η den Wirkungsgrad zwischen Radumfang und Fahrleitungs-Speisepunkten, bezw. zwischen Radumfang und Sammelschienen der Zentralen bezeichnet, so folgt dann für Hin- und Herfahrt ohne Rückgewinnung:

$$2 \cdot a_1^* = \frac{9,81}{3,6} \cdot \frac{1}{\eta} \cdot (2 \cdot w \cdot \cos \alpha + 1000 \cdot \sin \alpha)$$

Für die entsprechende Arbeitsgrösse a_1^{**} im Falle der Rückgewinnung auf der Talfahrt schreiben wir mit Benutzung der Wirkungsgrade η' und η'' :

$$2 \cdot a_1^{**} = \frac{9,81}{3,6} \left[\frac{1}{\eta'} (2 \cdot w \cdot \cos \alpha + 1000 \cdot \sin \alpha) - \eta' \cdot 1000 \cdot \sin \alpha \right]$$

Man begeht keinen grossen Fehler, wenn man

$$\eta'' = \sim \eta$$

setzt und

$$2 \cdot a_1^{**} = \frac{9,81}{3,6} \left[\frac{1}{\eta} (2 \cdot w \cdot \cos \alpha + 1000 \cdot \sin \alpha) - \eta \cdot 1000 \cdot \sin \alpha \right]$$

schreibt, wobei für $\alpha = 0$ richtigerweise die Arbeitsgrösse a_1^{**} gleich a_1^* wird, obwohl der Ausdruck für a_1^{**} physikalisch nicht völlig befriedigt. Die relative Energie-Ersparnis an den Fahrleitungs-Speisepunkten infolge der Rückgewinnung ergibt sich dann zu:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta a_1^*}{a_1^*} &= \frac{a_1^* - a_1^{**}}{a_1^*} = 1 - \frac{a_1^*}{a_1^{**}} \\ &= 1 - \frac{2 \cdot w \cdot \cos \alpha + 1000 \cdot \sin \alpha - \eta \cdot \eta' \cdot 1000 \cdot \sin \alpha}{2 \cdot w \cdot \cos \alpha + 1000 \cdot \sin \alpha} \\ &= 1 - \frac{2 \cdot w + \operatorname{tg} \alpha \cdot (1 - \eta \cdot \eta') \cdot 1000}{2 \cdot w + \operatorname{tg} \alpha \cdot 1000} \end{aligned}$$

In Abbildung 2 ist die Grösse $\frac{\Delta a_1^*}{a_1^*}$ in Abhängigkeit von der in Promillen auszudrückenden Steigung:

$$s = 1000 \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

für die zwei Widerstandszahlen $w = 5 \text{ kg/t}$ und $w = 10 \text{ kg/t}$ gemäss der Beziehung:

$$\frac{\Delta a_1^*}{a_1^*} = 1 - \frac{2 \cdot w + s \cdot (1 - \eta \cdot \eta')}{2 \cdot w + s}$$

und für die Zahlenwerte:

$$\eta \cdot \eta' = 0,60 \text{ sowie } \eta \cdot \eta' = 0,30$$

durch Schaulinien dargestellt. Die durch die bisherige Praxis erhaltenen Werte:

$$\frac{\Delta A}{A} = 0,10 \text{ bis } 0,20$$

beziehen sich als Quotienten $\frac{\Delta a_1^*}{a_1^*}$ auf Speisepunkte, die in den bezüglichen Anlagen zugleich als Sammelschienen von Kraftwerken erscheinen, sowie auf zeitlich grössere

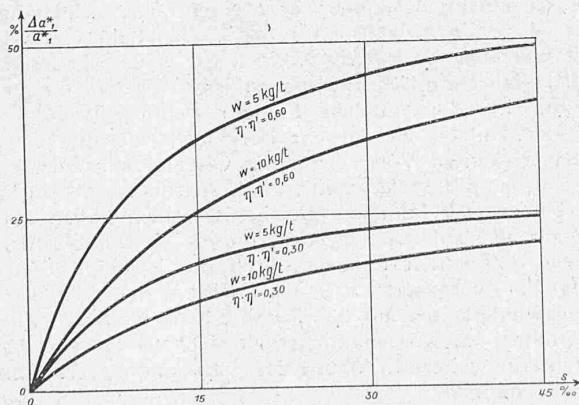


Abb. 2. Die relative Energie-Ersparnis in der elektrischen Energie-Verteilungs-Anlage.

Verschiebungen bergfahrender und talfahrender Züge, womit die Wirkungsgrad-Produkte:

$$\eta \cdot \eta' = 0,30$$

der Praxis ordentlich entsprechen dürften. Zu beachten ist weiter auch, dass gemäss unsrern Ansätzen in der Widerstandszahl w auch der Energie-Aufwand für die Anfahrten, soweit er nicht beim Anhalten zurückgewonnen wird, was bisher nicht der Fall war, inbegriffen sein muss. Damit wird dann einer Widerstandszahl $w = 5 \text{ kg/t}$ nur noch eine Fahrgeschwindigkeit von etwa 40 km/h und

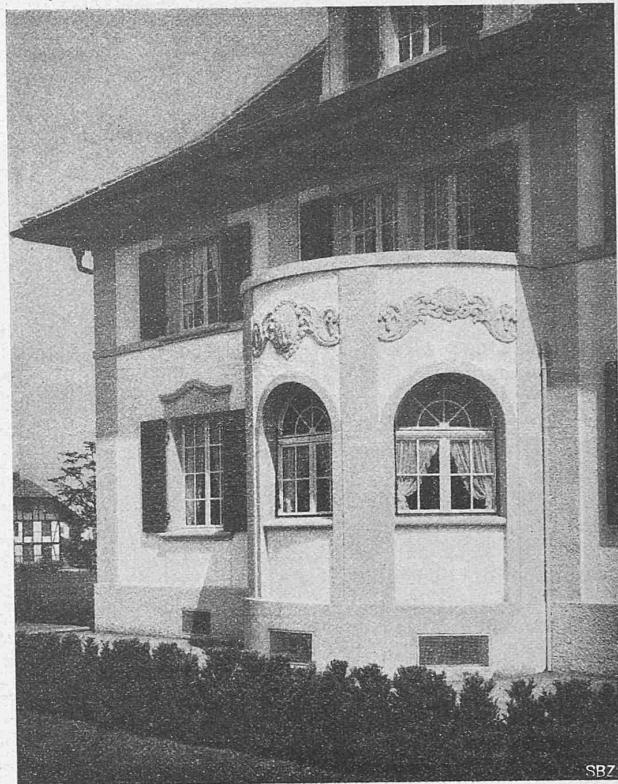


Abb. 5. Mittelteil der Südfront am Hause W. Farner.

einer Widerstandszahl $w = 10 \text{ kg/t}$ nur noch eine Fahrgeschwindigkeit von etwa 80 km/h entsprechen können.

Wenn man also in neuen Elektrifizierungsprojekten mit hohen Werten der relativen Energie-Ersparnis $\frac{\Delta A}{A}$ rechnen will, so muss man offenbar den Zahlenwert $\eta \cdot \eta'$ verhältnismässig hoch annehmen. Es kann dies praktisch nur bei einem sehr dichten Verkehr zutreffend sein, d. h. für einen Fall, für den vorerst die technische Bewährung der Nutzbremsung noch abzuwarten ist.

Zwei Bernische Wohnhäuser von Arch. Hector Egger, Langenthal.

I. Das Wohnhaus W. Farner in Langenthal.

(Mit Tafeln 8 und 9.)

Der Bauplatz dieses Hauses lag etwas tiefer als die Strassenkrone, sodass das Haus, um ihm die richtige Höhenlage zu geben, auf eine Terrasse gestellt werden musste (Lageplan Seite 123). Der Blumengarten wurde, von der Strasse möglichst abgerückt, in die mittlere Längsaxe des Gebäudes gegen Osten verlegt, in der auch das gegen den Hauptbau offene, auf die nachbarliche Grenze gebaute Gartenhaus liegt (Tafel 8). Blumengarten und Gartenhaus liegen auf dem Niveau des natürlichen Geländes, sodass sich von der Terrasse aus der tiefer gelegene Blumengarten mit dem mit roten Melser-Platten belegten Mittelweg sehr gut darbietet.

Bezüglich der Raumeinteilung des Gebäudes sei auf die Grundriss-Abbildungen verwiesen. Der Bauherr legte Wert auf eine geräumige Wohnhalle, von der aus die übrigen Zimmer direkt zugänglich zu machen waren; diese Halle ist der eigentliche Hauptraum der ganzen Anlage. Durch eine in die Anrichte verlegte Nebentreppe wird der Verkehr des Dienstpersonals mit den oberen Stockwerken von der Halle ferngehalten.

Der innere Ausbau der Räume ist einfach, aber in gutem Material. Halle und Esszimmer haben braun gebeiztes Eichentäfer erhalten, das Esszimmer außerdem eine