

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 117/118 (1941)
Heft: 19

Artikel: Die Geschwindigkeiten talwärts fahrender Eisenbahnzüge beim Versagen der Bremsen
Autor: Degen, Alfred
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-83548>

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: 17.03.2025

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

INHALT: Die Geschwindigkeiten talwärts fahrender Eisenbahnzüge beim Versagen der Bremsen. — Zur Güterzugentgleisung am 29. Juli 1941 am Piano Tondo-Tunnel. — Wettbewerb für ein Schulhaus in Zürich-Affoltern. — Der Leicht-Geländewagen «Tempo». — Ingenieur und Techniker. — Mitteilungen: Kunststoffe als Austauschwerkstoffe. Bauverbote

als Heimatschutz. Triebwagenbetrieb mit Naturgas in Dänemark. Gestaltung stabiler Drosselkurven bei Kreiselpumpen. Schweizer Kirchenbauten. Die Erste Schweiz. Ausstellung für Neustoffe. — Nekrologe: Moritz Naeff. Bernhard Gugler. — Wettbewerbe: Kinderkrippe und Kindergarten «Matte», Bern. — Literatur. — Mitteilungen.

Band 118

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet

Nr. 19

Die Geschwindigkeiten talwärts fahrender Eisenbahnzüge beim Versagen der Bremsen

Von Dipl. Ing. ALFRED DEGEN, Basel

Ein Versagen der Bremsen bei talwärts fahrenden Eisenbahnzügen ist schon hin und wieder im In- und im Ausland vorgekommen. So sind unsere Bundesbahnen in den letzten zwei Jahren von derartigen Unfällen betroffen worden (bei Domodossola am 11. August 1939 und bei Giornico am 29. Juli 1941), bei denen ausser grossem Sachschaden auch Tote und Verletzte zu beklagen waren. Es ist daher von allgemeinem Interesse, zu zeigen, was für eine Geschwindigkeit ein bergab fahrender Zug beim Versagen der Bremsen erreichen kann. Die entwickelte Berechnungsmethode wird bei ähnlichen Unfällen anwendbar sein, kann aber auch zur Feststellung der Geschwindigkeiten entlaufener Wagen benutzt werden.

Für den Laufwiderstand von Eisenbahnzügen kann man schreiben¹⁾:

$$W_1 = (G_1 + G_2)(A + Bv^2) + Dv^2 \dots (1)$$

Dabei bedeutet G_1 das Gewicht der Lokomotive und G_2 jenes der angehängten Wagen (beide in t), v die Zugsgeschwindigkeit in km/h. A und B stellen auf Grund von Versuchen ermittelte Erfahrungswerte dar, während mit der Grösse D der Einfluss des Seiten- und des Gegenwindes berücksichtigt wird. Für den zusätzlichen Laufwiderstand in Kurven sei die viel benutzte Formel von Röckl verwendet¹⁾

$$W_2 = (G_1 + G_2) \left(\frac{K_1}{R_m - K_2} \right) \dots (2)$$

wobei K_1 und K_2 wiederum Erfahrungswerte bedeuten, während R_m den Kurvenradius in m darstellt. Aus Abb. 1 folgt nun, wenn s die Steigung in ‰ bedeutet

$$(G_1 + G_2) 10^3 = (G_1 + G_2) 10^3 \sin \alpha \approx (G_1 + G_2) s \quad (3)$$

Die Ersetzung des \sin durch den \tan ist bei den verhältnismässig kleinen Neigungen, wie sie bei reinen Adhäsionsbahnen auftreten, der zulässig; bei $s = 30$ ‰ dadurch entstehende Fehler von $0,47$ ‰ ist verschwindend. Aus Abb. 1 folgt weiter nach dem Gesetz von Newton, wobei sämtliche Geschwindigkeiten v und dv in km/h, sämtliche Gewichte G_1 und G_2 in t, die Steigung s in ‰, die Zeiten t und dt in h und der Kurvenradius R_m in m einzusetzen sind:

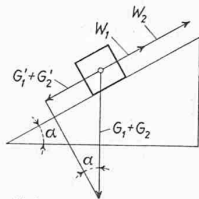


Abb. 1

$$\xi \left(\frac{G_1 + G_2}{g} \right) 10^3 \frac{dv}{dt} \frac{10^3}{(3,6 \cdot 10^3)^2} = (G_1 + G_2) - (W_1 + W_2) \quad (4)$$

Mit dem Faktor ξ wird der Einfluss der rotierenden Massen (Motoranker) berücksichtigt. Seine Grösse beträgt $\xi = 1,05$ bis $1,2$ ¹⁾; $g = 9,81$ m/sec² ist die Erdbeschleunigung. Mit den Hilfsgrössen

$$m = \sqrt{(G_1 + G_2) \left(s - A - \frac{K_1}{R_m - K_2} \right)} \dots (5)$$

$$n = \sqrt{(G_1 B + G_2 B + D)} \dots (6)$$

$$p = \sqrt{\frac{(G_1 + G_2)}{127,14}} \xi \dots (7)$$

folgt aus Gl. (4) mit der Anfangsbedingung, dass für $t = 0$, $v = v_0$ sei:

$$t = \int_{v_0}^v \frac{p^2 dv}{m^2 - n^2 v^2} = \frac{p^2}{2mn} \lg \left[\frac{(m + nv)(m - nv_0)}{(m - nv)(m + nv_0)} \right] \quad (8)$$

oder

$$v = \frac{dl}{dt} = \frac{m \left[e^{\frac{2mn}{p^2} t} (m + nv_0) - (m - nv_0) \right]}{n \left[e^{\frac{2mn}{p^2} t} (m + nv_0) + (m - nv_0) \right]} \quad (9)$$

l ist die durchfahrene Strecke in km, $e = 2,718 \dots$ die Basis der natürlichen Logarithmen. Als Grenzggeschwindigkeit ergibt sich aus Gl. (8) für $t = \infty$:

$$v_\infty = \frac{m}{n} \dots (10)$$

Je nachdem v_0 kleiner oder grösser als v_∞ ist, haben wir eine beschleunigte oder eine verzögerte Bewegung; im ersten Fall nähert sich v der Grenzggeschwindigkeit v_∞ von unten, im zweiten Fall von oben.

Mit der Abkürzung

$$q = \frac{m - nv_0}{m + nv_0} \dots (11)$$

wird mit der Anfangsbedingung, dass für $t = 0$ auch $l = 0$ sei:

$$l = \int_0^t \frac{m e^{\frac{2mn}{p^2} t}}{n \left[e^{\frac{2mn}{p^2} t} + q \right]} dt - \int_0^t \frac{m q}{n \left[e^{\frac{2mn}{p^2} t} + q \right]} dt \quad (12)$$

$$\text{oder} \quad l = \frac{p^2}{2n^2} \lg \left[\frac{\left(e^{\frac{2mn}{p^2} t} + q \right)^2}{e^{\frac{2mn}{p^2} t} (1 + q)^2} \right] \dots (13)$$

Nach den Gl. (9) und (13) sind v und l Funktionen der zeitabhängigen Grösse

$$u = e^{\frac{2mn}{p^2} t} \dots (14)$$

Zur Bestimmung von u als Funktion von l dient die aus Gl. (13) folgende, in u quadratische Beziehung

$$u^2 + \left[2q - (1 + q)^2 e^{-\frac{2ln^2}{p^2}} \right] u + q^2 = 0 \dots (15)$$

Mit u ist auch v gemäss Gl. (9) berechnet:

$$v = \frac{m}{n} \frac{u(m + nv_0) - (m - nv_0)}{u(m + nv_0) + (m - nv_0)} \dots (16)$$

Um die abgeleiteten Beziehungen auf die beiden Unfälle von Domodossola und Giornico anwenden zu können, sollte der genaue Verlauf des Bahntracé mit sämtlichen Gefällen und Kurven bekannt sein. Die Rechnung wäre dann zahlenmässig für jeden Abschnitt mit gleich bleibenden Neigungs- und Krümmungsverhältnissen einzeln durchzuführen. Die Anfangsbedingungen für einen neuen Teilabschnitt würden sich immer aus den Daten des vorangehenden ergeben. Da die betreffenden Angaben nicht zur Verfügung standen, wurde die ganze Strecke zwischen zwei Stationen bei den nachfolgenden Auswertungen immer als ein einheitliches Stück mit einem mittleren Gefälle behandelt.

Die wirklichen Distanzen l zwischen den einzelnen Stationen wurden den amtlichen Kursbüchern Ausgabe 1922 und Sommer 1941 entnommen, desgleichen die Meereshöhen der einzelnen Stationen. Daraus lässt sich das mittlere Gefälle s zwischen zwei Stationen bestimmen. Die Zugsgewichte der verunglückten Züge sind der Tagespresse und die Lokomotivgewichte der Rollmaterialstatistik entnommen. Für die Koeffizienten A , B und D wurden die von den SBB für Güterzüge benutzten Werte eingesetzt¹⁾, während ξ zu $1,10$ angenommen wurde. Die Koeffizienten K_1 und K_2 wurden ebenfalls dem Buche von Sachs entnommen¹⁾. Die als Unterlage für die Auswertung der Unfälle von Domodossola und von Giornico dienenden Zahlenwerte sind nachfolgend zusammengestellt:

Unfall bei:	Domodossola	Giornico
A =	3,0	3,0
B =	0,0005	0,0005
D =	0,054	0,054
R _m =	300	300
K ₁ =	500	500
K ₂ =	30	30
G ₁ =	123	131
G ₂ =	1070	300

Die Auswertung unter Verwendung der in der Tabelle angeführten Grössen liefert die Abb. 2 (Domodossola) und 3 (Giornico). In Bezug auf die Anfangsbedingungen zu Beginn der Fahrt in Iselle, bzw. in Airolo (Grösse v_0) zeigt die eingehende

¹⁾ Nach K. Sachs, Elektrische Vollbahnlokomotiven, 12 bis 17.