Objekttyp: **TableOfContent**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **117/118 (1941)**

Heft 19

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://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 Nr. 19
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet

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 schreiben[1]):

$$W_1 = (G_1 + G_2)(A + B v^2) + D v^2 \quad . \; . \; . \; . \quad (1)$$

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 verwendet[1])

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

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 tg 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:

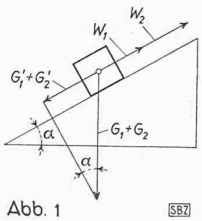

Abb. 1

$$\xi\left(\frac{G_1 + G_2}{g}\right) 10^3 \frac{dv}{dt} \frac{10^3}{(3{,}6 \cdot 10^3)^2} = (G'_1 + G'_2) - (W_1 + W_2) \quad (4)$$

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

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

$$n = \sqrt{(G_1 B + G_2 B + D)} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (6)$$

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

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

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

oder

$$v = \frac{dl}{dt} = \frac{m\left[e^{\frac{2mn}{p^2}t}(m + n v_0) - (m - n v_0)\right]}{n\left[e^{\frac{2mn}{p^2}t}(m + n v_0) + (m - n v_0)\right]} \quad (9)$$

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

$$v_\infty = \frac{m}{n} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (10)$$

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 Grenzgeschwindigkeit v_∞ von unten, im zweiten Fall von oben.

Mit der Abkürzung

$$q = \frac{m - n v_0}{m + n v_0} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (11)$$

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

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

oder

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

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

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

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

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

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

$$v = \frac{m}{n}\, \frac{u(m + n v_0) - (m - n v_0)}{u(m + n v_0) + (m - n v_0)} \quad . \; . \; . \quad (16)$$

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 benützten Werte eingesetzt[1]), während ξ zu 1,10 angenommen wurde. Die Koeffizienten K_1 und K_2 wurden ebenfalls dem Buche von Sachs entnommen[1]). 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, S. 12 bis 17.