

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 85/86 (1925)  
**Heft:** 8

## 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:** 08.04.2026

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

INHALT: Zur Kritik der Widerstandsformeln, insbesondere für Schmalspur. — Künstliche Verlandung als Anfangstadium von Flussregulierungen. — Aus dem Bürgerhaus-Band, I. Teil. — Von der Tätigkeit der Deutschen Studien-Gesellschaft für Automobil-Strassen-Bau. — Der Umbau und die Verbreiterung der Rheinbrücke bei Düsseldorf. — Schutz von Schwachstrom-Anlagen gegen Einwirkung von Strömen elektrischer

Bahnen. — Zur Frage eines Zürcher-„Zoo“. — Miscellanea: Betonstrassen in Nord-Amerika. „Durchbruch“ beim Zeitglockenturm in Bern. Der III. Internationale Kongress für Luftschiffahrt. Neues Wasserkraftwerk in Ulm. Aargauische Gewerbe-Ausstellung in Baden. Die Hundwilertobel-Brücke. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. S. T. S.

Band 86.

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

Nr. 8

### Zur Kritik der Widerstandsformeln, insbesondere für Schmalspur.

Von Dr. Ing. v. GRUENEWALDT, Karlsruhe.

Untersuchungen über Betriebskosten bei verschiedenen Spurweiten haben den Verfasser dieser Zeilen veranlasst, sich eingehender mit den Widerstandsformeln zu befassen, wobei es sich erwies, dass es wirklich brauchbare Formeln von einigermaßen allgemeiner Gültigkeit, insbesondere für Schmalspur, eigentlich nicht gibt. Die Formeln in der „Hütte“ und im „Taschenbuch für Bauingenieure“, die den heutigen Verhältnissen immerhin besser entsprechen als die älteren Formeln von „Haarmann“<sup>1)</sup>, sind in ihren zahlenmässigen Beiwerten z. T. jedenfalls unrichtig<sup>2)</sup>. Neue Formeln lassen sich aber nur auf Grund von Versuchen aufstellen, an denen es für Schmalspur noch fast ganz fehlt.

Im folgenden soll versucht werden, auf Grund von logischen Erwägungen, deren Unterlagen aber ungenau sind, Formeln zu entwickeln, denen immerhin eine grössere *Wahrscheinlichkeit* innewohnen dürfte, als den Formeln der „Hütte“. Einwandfreie Formeln können *nur* Versuche ergeben, die unter Berücksichtigung der verschiedenen auf den Widerstand wirkenden Faktoren durchgeführt werden.

#### Widerstandsformeln für Wagen.

Frank wie Strahl geben den Widerstand der Wagen für einen Güterzug aus teils offenen, teils geschlossenen, zum Teil beladenen und zum Teil leeren Wagen zu

$$W_w = 2,5 + 0,0005 V^2 \text{ kg/t}$$

an. Diese Formel gilt für Vollspur, und  $V$  ist als tatsächliche Geschwindigkeit vermehrt um 12 km/h zur Berücksichtigung von Seitenwind anzusehen. In Buchstaben lautet die Formel

$$W_w = a + bV^2$$

Der Wert  $b = 0,0005$  ist durch viele Versuche bestätigt und kann beibehalten werden. Der Wert  $a$  dagegen ist für Vollspur entschieden zu hoch.

Nach der Formel im „Taschenbuch für Bauingenieure“ (S. 1324) ist (nach Vornahme der erforderlichen Korrekturen, siehe Anmerkung 2)

$$a = \frac{2000}{d} (f_1 \varrho + f_2) \text{ kg/t}$$

oder nach Einstellen der Zahlenwerte für  $f_1 = 0,01$  und für  $f_2 = 0,05 \text{ cm}$

$$a = \frac{20}{d} (\varrho + 5)$$

Werden als für Güterwagen übliche Masse (in cm) angenommen

	Raddurchmesser $d$	Achsschenkeldurchmesser $2\varrho$
Vollspur . . . . .	100	11
Meterspur . . . . .	80	10
75 cm Spur . . . . .	70	9

so ergibt sich für  $a$  bei

Vollspur	$a = 2,1$
Meterspur	$a = 2,5$
75 cm Spur	$a = 2,7$

<sup>1)</sup> „Die Kleinbahnen“, Berlin 1897.

<sup>2)</sup> Es mag bei dieser Gelegenheit darauf hingewiesen werden, dass in den Handbüchern bei Erörterung des Zugwiderstands in der Regel grosse Ungenauigkeit herrscht. So werden öfters Kolbenzugkraft und Zugkraft am Triebbradumfang verwechselt. Im Taschenbuch für Bauingenieure z. B. (III. Auflage, S. 1324) sind in der Formel und den Erläuterungen dazu nicht weniger als vier Fehler: in der Formel selbst muss es heissen:  $\frac{\lambda F}{nq}$  nicht  $\frac{\lambda F'}{q}$ ; der Beiwert der rollenden Reibung  $f_2$  ist nicht gleich  $0,005$  (absolute Zahl), sondern  $0,0005 \text{ m}$ ;  $\varrho$  ist der *Halbmesser*, nicht der Durchmesser des Achsschenkels!

Der Beiwert  $b$  ist gleich

$$b = \beta + \frac{\lambda F}{nq}$$

wird von  $\beta$ , das von der Beschaffenheit der Geleise, Zahl der Schienenstösse u. dergl. abhängt und analytisch kaum zu erfassen ist, abgesehen, so muss sich  $b$  bei den verschiedenen Spurweiten verhalten wie

$$\frac{F_1}{q_1} : \frac{F_2}{q_2} : \frac{F_3}{q_3} \text{ (nicht wie } F_1 : F_2 : F_3)$$

Das Verhältnis:  $F_1 : F_2 : F_3$  ist etwa  $5 : 3 : 2$ ; das Verhältnis  $q_1 : q_2 : q_3$  bei im Durchschnitt zur Hälfte beladenen Wagen von 15 t, 12 t und 10 t Tragfähigkeit bei 9 t, 6 t und 5 t Eigengewicht, was mittlere Verhältnissen entsprechen dürfte,  $16,5 : 12 : 10$ .

Wird  $b$  bei Vollspur gleich  $0,0005$  angenommen, so ergibt sich für

$$\text{Meterspur } b = 0,000412 \text{ bzw. rd. } 0,0004$$

$$75 \text{ cm Spur } b = 0,00033 \text{ bzw. rd. } 0,0003$$

Wir erhalten also folgende Formeln für den Wagenwiderstand:

Vollspur	$W_w = 2,1 + 0,0005 V^2$	Hütte und Taschenbuch
Meterspur	$W_w = 2,5 + 0,0004 V^2$	$2,5 + 0,0005 V^2$
75 cm Spur	$W_w = 2,7 + 0,0003 V^2$	$2,6 + 0,0003 V^2$
		$2,7 + 0,0002 V^2$

#### Widerstandsformeln für (Dampf)-Lokomotiven.

Hier liegen die Verhältnisse wegen der Triebwerk-widerstände, wegen der gleitenden Reibung der rollenden Räder, des Luftwiderstandes der Zylinder, der durch die hin- und hergehende Bewegung der Maschinenteile verursachten Unregelmässigkeiten des Laufs usw. wesentlich komplizierter, doch soll auch hier versucht werden, durch einige vereinfachende Annahmen zu *wahrscheinlicheren* Formeln zu gelangen, als die in den Taschenbüchern empfohlenen es sind.

Für Vollspur gibt die Hütte

$$W_c = 2,6 c + 0,00075 \cdot c V^2 \quad 3)$$

wo  $c$  die Zahl der gekuppelten Achsen ist — Strahl schlägt vor (Z. d. V. D. I. 1913)

$$W_c = \frac{2,5 L_1 + a L_r + 0,006 F_1 V^2}{L + T}$$

worin  $L$  das gesamte Lokomotivgewicht,  $T$  das Gewicht des Tenders,  $L_1$  das auf den Laufachsen von Lokomotive und Tender ruhende Gewicht,  $L_r$  das Gewicht auf den Triebachsen.

Für Zwillingslokomotiven ist nach den Zahlenangaben von Strahl  $a$  recht genau

$$a = 4,2 \sqrt{c};$$

$0,006 F_1 V^2$  stellt nur den Luftwiderstand der fahrenden Lokomotive dar. Für eine Tenderlokomotive ohne Laufachsen (alle Achsen gekuppelt) nimmt die Strahl'sche Formel den Wert

$$W_1 = 4,2 c + \frac{0,006 F_1}{L} V^2 \text{ an.}$$

Für Nebenbahnlokomotiven kann  $\frac{0,006 F_1}{L}$  zu rund  $0,0015$  gerechnet werden; es wird also

$$W_1 = 4,2 \sqrt{c} + 0,00150 V^2$$

<sup>3)</sup> Die Veränderung des von der Geschwindigkeit unabhängigen Teiles der Widerstandsformel nach der Quadratwurzel der Zahl der Kuppelachsen ist nach Versuchen berechnet; eine physikalische Begründung ist nicht ersichtlich.