Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 121/122 (1943)
Heft: 19

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: 12.12.2025

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

INHALT: Zur Theorie der «Schienenatmung». — Das Bausparen in der Schweiz. — Ideenwettbewerb für einen Bebauungsplan und eine Bauordnung der Gemeinde Pfäffikon-Zürich, — Korrosionserscheinungen in Solekühlanlagen. — Ein Mehrfamilienhaus am Hang in Zürich-Enge. — Einfamilienhaus in Ringlikon (Zürich-Uetliberg). — Schweizer Mustermesse Basel, 1. bis 11. Mai 1943. — Mitteilungen: Die Regionalplanung von Marseille. Eine Luftfahrtausstellung in Basel. Die Embru-Hauszeitschrift. — Wettbewerbe: Bebauungsplan Zollikon.
Vortragskalender.
An unsere Leser.

Band 121 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

Zur Theorie der «Schienenatmung»[1])

Von Prof. Dr. F. STÜSSI, E.T.H., Zürich

1. Wenn sich in einer Schiene die Temperatur t gegenüber einem spannungslosen Ausgangszustand t_0 erhöht, so sucht sie sich auszudehnen. Dieser Ausdehnung wirkt zunächst der Widerstand R der Laschen entgegen; vor der Ueberwindung des Laschenwiderstandes R tritt keine Verschiebung ein, weil die Schienenverkürzung infolge des Längsdruckes $N_1 = R$ die Temperaturausdehnung aufhebt:

$$\alpha_t \Delta t_1 - \frac{N_1}{E F} = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Die Schiene bleibt somit in Ruhe. Der der Temperaturänderung Δt_1 entsprechende Laschenwiderstand R ist somit gegeben durch die Beziehung

$$R = \alpha_t E F \Delta t_1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1a)$$

wobei α_t die Temperaturausdehnungszahl, E den Elastizitätsmodul und F den Schienenquerschnitt bedeuten.

Wächst nun die Temperatur t weiter über $t_1 = t_0 + \Delta t_1$ hinaus, so beginnt eine zweite Phase des Kräfte- und Verformungsspiels, das wir nachstehend unter der Voraussetzung symmetrischer Verhältnisse untersuchen wollen (Abb. 1). Den nun einsetzenden Verschiebungen ξ setzt die Bettung einen Widerstand p entgegen, der offenbar mit wachsender Verschiebung ξ zunimmt. Solange die Verschiebungen ξ verhältnismässig klein bleiben, ist es naheliegend und gerechtfertigt, diesen Widerstand p proportional zu den Verschiebungen ξ anzunehmen:

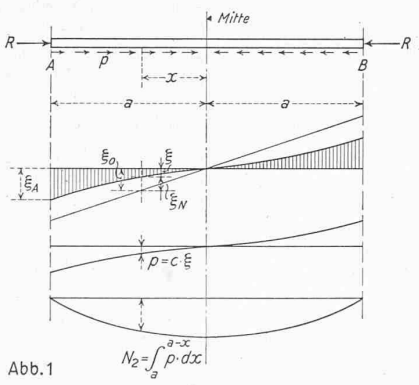

Abb. 1

$$p = c\,\xi \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Der Proportionalitätsfaktor c ist dabei durch Versuche zu bestimmen.

Die Bettungswiderstände p summieren sich von den Enden her zu einer Längskraft N_2 auf:

$$N_2 = \int_a^{a-x} p\,dx \quad \text{oder} \quad p = -\frac{d N_2}{d x} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Durch den Index 2 soll der Unterschied von N_2 gegenüber der in der ersten Phase auftretenden Längskraft $N_1 = R$ gekennzeichnet werden. Die gesamte Schienenlängskraft in der zweiten Phase ist gleich der Summe von N_1 und N_2.

Die Längskraft N_2 bewirkt eine Verkürzung der Schienenelemente dx um

$$d\,\xi_N = \frac{N_2}{E F}\,d x \qquad \xi'_N = \frac{N_2}{E F} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

oder

$$\xi''_N = \frac{N'_2}{E F} = -\frac{p}{E F} = -\frac{c\,\xi}{E F} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Die wirkliche Verschiebung ξ setzt sich zusammen aus der Verschiebung ξ_0 bei freiem Spiel ohne Schotterwiderstand

$$\xi_0 = \alpha_t \Delta t_2 x \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

und der Verkürzung ξ_N infolge der Längskraft N_2. Setzen wir

$$\xi = \xi_0 - \xi_N \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

in Gleichung (5) ein, so ergibt sich die Grundgleichung des Problems:

$$\xi''_N - \frac{c}{E F}\,\xi_N + \frac{c}{E F}\,\xi_0 = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

Die Lösung dieser Gleichung kann mit der Abkürzung $\omega^2 = \frac{c}{E F}$ und wegen $\xi''_0 = 0$ mit Hülfe hyperbolischer Funktionen angeschrieben werden zu:

$$\xi_N = C_1 \operatorname{Sh} \omega x + C_2 \operatorname{Ch} \omega x + \xi_0 = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

[1]) Zum Thema «Schienenatmung» vgl. Bd. 119, S. 293*. Red.

Die Konstanten C_1 und C_2 sind aus den Randbedingungen zu bestimmen. Für die zu untersuchenden symmetrischen Verhältnisse wird

in Schienenmitte: $x = 0 : \xi_N = 0$
am Schienenende: $x = a : N_2 = 0$ d. h. $\xi'_N = 0$

Wir erhalten somit:

für $x = 0$: $\xi_N = 0 = C_1 0 + C_2 1 + 0$ woraus $C_2 = 0$
für $x = a$: $\xi'_N = 0 = \omega C_1 \operatorname{Ch} \omega a + \alpha_t \Delta t_2$

$$\text{woraus } C_1 = -\frac{\alpha_t \Delta t_2}{\omega \operatorname{Ch} \omega a}$$

Diese Werte in Gleichung (9) eingesetzt, liefern

$$\xi_N = \xi_0 - \frac{\alpha_t \Delta t_2}{\omega \operatorname{Ch} \omega a} \operatorname{Sh} \omega x$$

Vergleichen wir diesen Wert mit Gleichung (7), so ergibt sich die Lösung für ξ

$$\xi = \frac{\alpha_t \Delta t_2}{\omega \operatorname{Ch} \omega a} \operatorname{Sh} \omega x \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

Die grösste Verschiebung tritt am Schienenende A mit $x = a$ auf:

$$\xi_{max} = \xi_A = \frac{\alpha_t \Delta t_2}{\omega} \operatorname{Th} \omega a \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

Die Längskraft N_2 ergibt sich wegen Gleichung (4) zu

$$N_2 = E F \xi'_N = E F \alpha_t \Delta t_2 \left(1 - \frac{\operatorname{Ch} \omega x}{\operatorname{Ch} \omega a}\right) \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

und ihr Grösstwert $N_{2\,max}$ für die Schienenmitte, $x = 0$, beträgt:

$$N_{2\,max} = E F \alpha_t \Delta t_2 \left(1 - \frac{1}{\operatorname{Ch} \omega a}\right)$$

Wir haben bis jetzt nicht berücksichtigt, dass die Bettungswiderstände p nicht im Schienenschwerpunkt, sondern in einem Abstand e_u unter ihm angreifen. Dadurch treten Momente $N_2 e_u$ in der Schiene auf, die sie zu verbiegen suchen und zwar bei Temperaturzunahme nach oben. Den Momenten $N_2 e_u$ entspricht eine (bei Temperaturzunahme nach oben gerichtete) Belastung

$$q_t = -e_u N_2'' = -e_u E F \xi_N''' = e_u E F \frac{\omega^2 \alpha_t \Delta t_2}{\operatorname{Ch} \omega a} \operatorname{Ch} \omega x$$

die an der ungünstigsten Stelle, $x = a$, den Wert

$$q_{t\,max} = e_u c \alpha_t \Delta t_2$$

annimmt. Solange das Schienengewicht g grösser ist als $q_{t\,max}$ (und dies dürfte in Wirklichkeit immer der Fall sein), tritt kein Abheben der Schiene ein. Die angegebene Untersuchung des Temperaturspiels ohne Rücksicht auf die Exzentrizität e_u ist somit zutreffend.

2. Betrachten wir nun die Verschiebungen eines einzelnen Punktes, z. B. des Schienenendpunktes A, während einer Temperaturänderung gegenüber der Ausgangstemperatur t_0, so zeigt sich folgendes (Abb. 2):

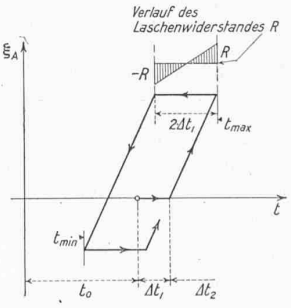

Abb. 2

Der Punkt A bleibt in Ruhe, bis die Laschenreibung R überwunden ist. Gleichzeitig wird die Schiene durch die über die ganze Schienenlänge konstante Längskraft $N_l = R$ beansprucht. Bei weiter steigender Temperatur beginnt sich nun der Punkt A nach Gleichung (11), d. h. proportional zur Temperaturzunahme zu verschieben, bis die Höchsttemperatur t_{max} erreicht ist. Nimmt nun die Temperatur wieder ab, so muss zuerst die Laschenreibung R abgebaut und dazu noch die Laschenreibung $-R$ überwunden werden, bevor eine Rückverschiebung des Endpunktes A einsetzen kann. Diese Rückverschiebung verläuft nun ihrerseits linear zur Temperaturabnahme bis zur Erreichung der Tiefsttemperatur t_{min}, die selbstverständlich auch unter der Ausgangstemperatur t_0 liegen kann. Setzt hier nun wieder eine Temperaturzunahme ein, so muss zuerst die Laschenreibung $-R$ abgebaut und dazu die Laschenreibung R überwunden werden, bevor in einem neuen Zyklus das Verschiebungsspiel wieder einsetzt.