**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung

**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

**Band:** 121/122 (1943)

**Heft:** 19

**Artikel:** Zur Theorie der "Schienenatmung"

Autor: Stüssi, F.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-53091

## 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:** 02.12.2025

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 Bau-ordnung 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.

Der S. I. A. 1st 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 Band 121

Nr. 19

# 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  $t_{\scriptscriptstyle 0}$  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  $N_1 \equiv R$  die Temperaturausdehnung aufhebt:

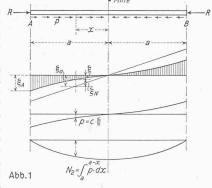
$$\alpha_t \, \varDelta \, t_1 = \frac{N_1}{E \, F} = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Die Schiene bleibt somit in Ruhe. Der der Temperaturänderung  $\Delta t$ , entsprechende Laschenwiderstand R ist somit gegeben durch die Beziehung

 $R = \alpha_t \, E \, F \, \varDelta \, t_1$ modul und F den Schienenquerschnitt bedeuten.

Wächst nun die Temperatur t weiter über  $t_1=t_0+\varDelta\,t_1$  hinaus, so beginnt eine zweite Phase des Kräfte- und Verfor-

mungsspiels, das wir nachstehend unter der Voraussetzung symmetrischer Verhältnisse untersuchen wollen (Abb. 1). Den nun einsetzenden Verschiebungen & setzt die Bettung einen Widerstand p entgegen, der offenbar mit wachsender Verschiebung  $\xi$  zunimmt. Solange die Verschiebungen ξ verhältnismässig klein bleiben, ist es naheliegend und gerechtfertigt, diesen



Widerstand p proportional zu den Verschiebungen  $\xi$  anzunehmen:  $p = c \, \xi \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$ 

Der Proportionalitätsfaktor c ist dabei durch Versuche zu bestimmen.

Die Bettungswiderstände p summieren sich von den Enden her zu einer Längskraft N2 auf:

$$N_2 = \int_0^{a-x} p \, dx$$
 oder  $p = -\frac{dN_2}{dx}$  . . . (3)

Durch den Index  $^{u}$  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, bewirkt eine Verkürzung der Schienenelemente dx um

$$d\xi_N = \frac{N_2}{EF} dx \qquad \xi'_N = \frac{N_2}{EF} \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

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

Die wirkliche Verschiebung  $\xi$  setzt sich zusammen aus der Verschiebung  $\xi_0$  bei freiem Spiel ohne Schotterwiderstand

und der Verkürzung  $\xi_N$  infolge der Längskraft  $N_2$ . Setzen wir 

 $\xi''_N = \frac{c}{EF} \xi_N + \frac{c}{EF} \xi_0 = 0 \dots (8)$ 

Die Lösung dieser Gleichung kann mit der Abkürzung  $\omega^2 = rac{c}{E\,F}$  und wegen  ${\xi^{\prime\prime}}_0 = 0$  mit Hülfe hyperbolischer Funk-

tionen angeschrieben werden zu: 
$$\xi_N = C_1 \operatorname{Sh} \omega \, x + C_2 \operatorname{Ch} \omega \, x + \xi_0 = 0 \ . \ . \ . \ (9)$$

1) Zum Thema «Schienenatmung» vgl. Bd. 119, S. 293\*.

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.  $\xi'_N=0$ 

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

woraus 
$$C_1 = -rac{lpha_t \, {\it \Delta} \, t_2}{\omega \, {
m Ch} \, \omega \, a}$$

Diese Werte in Gleichung (9) eingesetzt, liefern 
$$\xi_N = \xi_0 - \frac{a_t \, \varDelta \, t_2}{\omega \, \mathrm{Ch} \, \omega \, a} \, \mathrm{Sh} \, \omega \, x$$

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

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

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

$$\xi_{\text{max}} = f_A = \frac{\alpha_t \, \varDelta \, t_2}{\omega} \, \text{Th} \, \omega \, \alpha \, \ldots \, . \quad . \quad (11)$$

Die Längskraft  $N_2$  ergibt sich wegen Gleichung (4) zu

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

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

$$N_{2\,\,\mathrm{max}} = E\,F\,lpha_t\,arDelta\,t_2\left(1 - rac{1}{\,\,\mathrm{Ch}\,\omega\,a}
ight)$$

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,  $e_u$ 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

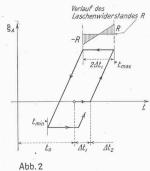
$$q_t = -\,e_u\,N_2{''} = -\,e_u\,E\,F\,\xi_N{'''} = e_u\,E\,F\,rac{\omega^2\,lpha_t\,arDelta\,t_2}{\mathop{
m Ch}\omega\,a}\,\mathop{
m Ch}\omega\,x$$

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

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

annimmt. Solange das Schienengewicht g grösser ist als  $q_{t\,\mathrm{max}}$ (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.

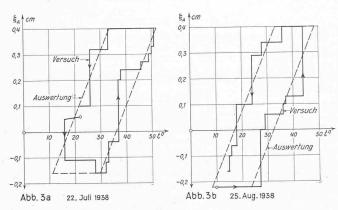
2. Betrachten wir nun die Verschiebungen eines einzelnen Punktes, z. B. des Schienenendpunktes A, während einer Temperaturänderung gegenüber der Ausgangstemperatur  $t_0$ , so zeigt sich folgendes (Abb. 2):



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  $t_{
m max}$  erreicht ist. Nimmt nun die Temperatur wieder ab, so muss zuerst die Laschenreibung R abgebaut und dazu noch die Laschen-

reibung - 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  $t_{\scriptscriptstyle 0}$  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.

Dieses Verschiebungsspiel nach Abb. 2 stellt nun eine besondere Anforderung an die versuchstechnische Untersuchung der «Schienenatmung». Es hat nämlich keinen Sinn, die Verformungen der Schiene nur in einem bestimmten Zeitpunkt (als Momentan-Aufnahme) zu messen, sondern es gibt uns nur die sich über die ganzen Temperaturzyklen erstreckende Aufnahme das richtige Bild über das Verhalten der Schiene und damit die Möglichkeit, die Unbekannte der Theorie, nämlich den spezifischen Schotterwiderstand c, zu finden. Solche stetige Beobachtungen durch selbstregistrierende Apparate sind m. W. zum ersten Mal in der Promotionsarbeit Toneatti2) angegeben worden und zwar für die Verschiebungen  $\xi_A$  der Endpunkte einer 120 m langen geschweissten Schiene. Allerdings sind diese Beobachtungen nicht als Temperatur-Verschiebungsdiagramme aufgezeichnet, sondern sowohl Temperatur wie Verschiebungen sind je für sich in Funktion der Zeit registriert, doch lassen sich diese Aufnahmen leicht umzeichnen. Dies ist in den Abbildungen



3a und 3b für zwei beliebige Tage durchgeführt: Diese Diagramme zeigen, abgesehen von der ruckweisen Registrierung der Verschiebungen, das charakteristische Bild der Abb. 2. Sie bestätigen somit den grundsätzlichen Verlauf des skizzierten Verschiebungsspiels. Die Neigung der  $\xi_A - \varDelta t_2$ -Linie erlaubt die Feststellung

$$\xi_A^{cm} = 0.025 \Delta t_0$$

 $\xi_A^{cm} = 0{,}025\,{\it \Delta}\,t_2$  Aus dem Vergleich mit Gleichung (11) ergibt sich

0,025 
$$=$$
  $\frac{lpha_t}{\omega}$  Th  $\omega$   $a$ 

woraus sich mit  $lpha_t = 0.012 \cdot 10^{-3}$  und a = 6000 cm

$$\frac{\text{Th }\omega a}{\omega a} = 0.3472$$
  $\omega a = 2.861 \text{ und } \omega = 0.477 \cdot 10^{-3}$ 

oder mit F = 58,5 cm<sup>2</sup>, E = 2100 t/cm<sup>2</sup> der spezifische Schotter-

$$c = \omega^2 EF = 0.477^2 \cdot 10^{-6} \cdot 2100 \cdot 58,5 = 0.028 \text{ t/cm}^2$$

ergibt. Damit ist das Kräftespiel der zweiten Phase bestimmbar. Nach Gleichung (12a) ergibt sich noch die grösste Längskraft

$$N_{2 \text{ max}} = 0.012 \cdot 10^{-3} \cdot 2100 \cdot 58.5 \left(1 - \frac{1}{\text{Ch} \, 2.861}\right) \varDelta \, t_2 = 1.306 \, \varDelta t_2$$

Der Vergleich verschiedener Diagramme nach Abb. 3 aus den Aufzeichnungen der Promotionsarbeit Toneatti zeigt, dass die beiden  $\xi_A = \varDelta t_2$ -Linien eines Tagesspiels nicht immer genau den gleichen Abstand von einander besitzen, dass also die Grösse der Laschenreibung R bzw. 2R sich verändern kann. Dies ist leicht verständlich, weil je nach dem Anspannungszustand der Laschenschrauben der Laschenwiderstand sich verändern wird; bei frisch angezogenen Schrauben wird R am grössten sein und im Verlauf einiger Temperaturspiele abnehmen, um beim neuen

Anziehen der Schrauben wieder auf einen Maximalwert anzusteigen. Es muss deshalb vorsichtigerweise hier auf eine Bestimmung und Diskussion des Laschenwiderstandes  $R \equiv N_1$  verzichtet werden.

Für den aus den Versuchen Toneatti ermittelten Wert des spezifischen Schotterwiderstandes c = 0,028  $m t/cm^2$  und für  $\it \Delta t_2 =$ 10° sind in Abb. 4 die Verschiebungen ξ und  $\xi_A$  für verschiedene Schienenlängen aufgetragen und mit & verglichen. Es zeigt sich, dass bei einer Steigerung der Schienenlänge über  $2a = 50 \, \mathrm{m}$  hinaus die grössten

2) P. Toneatti: Das Verhalten des Langschienengeleises unter dem Betrieb. Diss. E.T.H. 1939.

Verschiebungen  $\xi_A$  für eine bestimmte Temperaturänderung  $\varDelta t_2$ nicht mehr stark anwachsen. Abb. 5 zeigt den entsprechenden Verlauf der Längskräfte  $N_2$  und  $N_{2\,\mathrm{max}}$ .

In Abb. 6 ist der Einfluss der Grösse des spezifischen Schotterwiderstandes c auf die Verschiebung  $\xi_A$  des Schienenendpunktes A für  $\varDelta\,t_2=10\,^{\scriptscriptstyle 0}$  und für verschiedene Schienenlängen dargestellt. Abb. 7 endlich zeigt den entsprechenden Verlauf von  $N_{\mathrm{2\ max}}$  (Seite 233).

3. Erst durch die vollständige Kenntnis des Kräfte- und Verformungsspiels einer Langschiene ist es möglich, die bisher noch unbeantwortet gebliebenen Fragen im Proplemkomplex der Langschiene abschliessend zu beantworten. Zu diesem wird auch diejenige nach den Beanspruchungen der Verbindungsmittel zwischen Schiene und Schwelle sowie die der Stabilität der Schienen gehören. Es erscheint wünschenswert, dass die von Dr. Toneatti begonnenen, aber nicht ausgeschöpften Beobachtungen von den interessierten Kreisen weitergeführt und an verschiedenen Geleisebauarten und über längere Zeitdauer sich erstreckend wiederholt und vervollständigt werden, wobei auch die Gültigkeitsgrenze der Theorie, d. h. der Grenzwiderstand p, für den die Hypothese der Gl. (2) noch mit genügender Genauigkeit gilt, zu bestimmen sein wird.

#### Das Bausparen in der Schweiz

Von S. PUPPATO, Direktor der «Tilka» A. G., Zürich

[Nachdem das Bausparen in seiner wilden Form, deren Bekämpfung auch die SBZ ihre Spalten zur Verfügung gestellt hatte1), durch das Eingreifen des Bundes 1935 unterbunden worden ist, hat es rasch an Bedeutung verloren, weil eben das gut ausgebaute schweizerische Hypothekarbankwesen im allgemeinen genügend Finanzierungsmöglichkeiten bietet. Wir geben aber gerne einem führenden, verdienten Vertreter des Bauspargedankens das Wort zu einer Art abschliessendem Rückblick, der zeigt, was aus den Trümmern einer vor einem Jahrzehnt gross erscheinenden Idee noch gemacht werden konnte.

Die ursprüngliche Form jeder Bauspartätigkeit war in allen Ländern, wo sie verwirklicht wurde, das kollektive System. Allerdings bedingt diese Sparform nicht nur ein einheitlich ausgerichtetes Sparziel, sondern, was wesentlicher ist, auf das Kollektiv eingestellte psychologische Voraussetzungen. Da diese Bedingung erfahrungsgemäss jedoch nur von einem Bruchteil der beteiligten Personen erfüllt wird, die Mehrzahl dagegen ihre Mitwirkung mit der stillschweigenden Hoffnung verbindet, zu den «Ersten» zu gehören, die ein Darlehen erhalten, wird die kollektive Grundlage illusorisch. Infolge dieses zutage getretenen Mangels hat sich das schweizerische Bausparen seit 1935, d. h. nach Inkrafttreten der gesetzlichen Regelung, immer mehr vom kollektiven System entfernt und den Weg des freien Bausparens beschritten. Dieses Bausparen ist frei von jeder Bindung an eine Schicksalsgemeinschaft mit Dritten, es unterliegt lediglich dem subjektiven Willen als Triebkraft.

Mit diesem Uebergang zum freien Bausparen befindet sich das schweizerische Bausparwesen<sup>1</sup>) seit 1938/39 in seiner dritten Entwicklungsphase, deren Ziel nach vorausgegangener Konsolidierung im Auf- und Ausbau der gewonnenen strukturellen Grundlagen erblickt werden muss. Dabei wird als wirtschaftlichem Aufgabenfeld nach wie vor, neben der üblichen Wohnbaufinanzierung, insbesondere der Siedelungsbewegung Aufmerksamkeit entgegengebracht. Dieser Bewegung schenkt man neuerdings auch bei uns in vermehrtem Masse öffentliches Interesse, während man sie vor allem in den angelsächsischen Ländern mit dem Bausparwesen geradezu identifiziert.

Was die Fremdgeldinstrumente anbetrifft, die dem freien Bausparen zugrunde liegen, so galt es, zwischen diesen und dem

1) Siehe SBZ Bd. 103, S. 243\* (W. Stäubli; 1934), ferner Bd. 105, S. 304; Bd. 107, S. 262; Bd. 108, S. 176; Bd. 112, S. 142.

