

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 88 (1970)  
**Heft:** 11

**Artikel:** Die Deformation der Laufringe an Zementdrehöfen und deren Auswirkung auf den Ofenmantel: einige Bemerkungen zum Beitrag von Dr. H. Mettler  
**Autor:** Barp, B. / Schuch, M.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-84451>

### **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:** 29.01.2025

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

# Die Deformation der Laufringe an Zementdrehöfen und deren Auswirkung auf den Ofenmantel

DK 666.94.041.57.001.2

Einige Bemerkungen zum Beitrag von Dr. H. Mettler (SBZ 1969, H. 20, S. 392–397)

Von B. Barp und M. Schuch, Zürich

## Einleitung

Bei grossen Drehöfen wird die Ausmauerung durch einen Blechmantel gehalten, der das Gewicht an mehrere Verstärkungsringe überträgt. Diese sogenannten Laufringe werden durch die Stützkraft der Rollen deformiert; im anschliessenden Rohr klingt diese Störung rasch ab. Die Erfahrung zeigt, dass die Ausmauerung im Bereich der Laufringe am raschesten zerstört wird.

In der Veröffentlichung von H. Mettler erschienen zwei Aussagen, die nicht ohne weiteres angenommen werden können. Einerseits ist es das Kriterium für die Ermüdung bzw. die Lebensdauer der Ausmauerung, andererseits die mathematische Behandlung der Biegemomente und Deformationen im Laufring.

## Kriterium für die Ermüdung der Ausmauerung

Ebenso wie die Originalarbeit gehen auch wir von der Annahme aus, dass die am Laufring berechneten elastischen Verschiebungen, nämlich die Radialdeformation und die Krümmungsänderung direkt auf die Ausmauerung übertragen werden. Aus der Werkstoffkunde ist bekannt, dass für metallische und eine grosse Zahl nichtmetallischer Werkstoffe die Ermüdung unter wechselnder Belastung von der mittleren Spannung und der Spannungsamplitude abhängig ist.

Es erscheint also zweckmässig, das Biegemoment im Laufring bzw. die dazu proportionale Krümmungsänderung als Kriterium einzuführen, weil sich daraus eine mittlere Biegespannung und eine Biegespannungsamplitude ableiten lassen.

H. Mettler verwendet das Integral der Krümmung über den Umfang als Kriterium, ohne dies zu begründen. Der Hinweis, das verwendete Integral sei proportional zu einer Deformationsarbeit ist irreführend, da dies dimensionsmässig unmöglich ist.

## Berechnung des Biegemoments

Unser zweiter Einwand richtet sich gegen eine Näherung bei der Berechnung des Biegemomentes, die im Gegensatz zur Fachliteratur steht. Deshalb werden die entsprechenden Gleichungen hier neu hergeleitet.

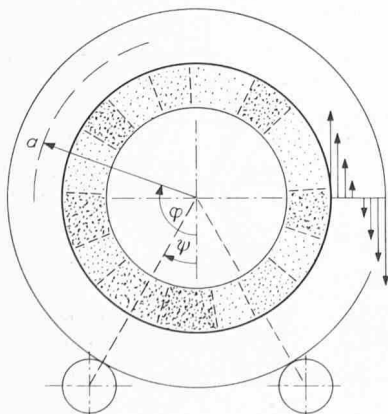
Die Bezeichnungen sind gleich wie in der Originalarbeit:

$r$  Radius (allgemein)

$w$  Radialdeformation

$\varrho$  Krümmung

$EJ$  Biegesteifigkeit des Rings (übrige siehe Bild 1)



Links:

Bild 1. Anordnung der Laufringe und der Rollen

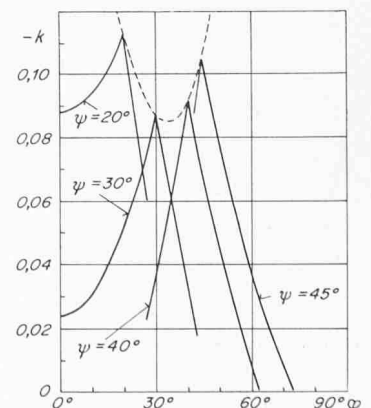
Rechts:

Bild 2. Verlauf des Biegemomentes  $M(\varphi) = G \cdot a \cdot k$ , worin

$$k = \frac{-1}{\pi \cos \psi} \sum_{n=2}^{\infty} \frac{\cos n \varphi \cdot \cos n \psi}{(n^2 - 1)}$$

$a$  = mittlerer Radius des Rings

$G$  = Gewicht (massgebende Ringbelastung)



Die Krümmung des Ringes kann aus der Radialdeformation mit der allgemeinen Beziehung

$$\varrho = \frac{r^2 + 2\dot{r}^2 - r\dot{r}^2}{(r^2 + \dot{r}^2)^{3/2}}$$

berechnet werden, wobei  $r = a + w$  und  $\dot{r} = \frac{dr}{d\varphi}$  ist.

Im folgenden setzt Mettler näherungsweise  $\varrho$  proportional  $w$  und statt der Gleichung

$$\frac{\partial}{\partial \psi} \int_0^{\pi} |\varrho| d\varphi = 0 \quad (2-4)$$

wird der Ausdruck gesetzt:

$$\frac{\partial}{\partial \psi} \int_0^{\pi} |w| d\varphi = 0 \quad (2-5)$$

Dies ist eine unbrauchbare Näherung, denn die Kurve  $w(\varphi)$  hat einen wesentlich anderen Verlauf als die Kurve für  $\varrho$ .

Leitet man  $\varrho$  mit den bei der Berechnung gekrümmter Balken üblichen Vernachlässigungen<sup>1)</sup> ab, so erhält man Gleichung (2-6):

$$M(\varphi) = \frac{EJ}{a^2} \left( w + \frac{d^2 w}{d\varphi^2} \right)$$

Das Biegemoment im Ring ist also nicht proportional zu  $w$ , sondern zu  $w + \frac{d^2 w}{d\varphi^2}$ . Das Biegemoment verläuft nicht kontinuierlich wie die Kurve für  $w$ , sondern es hat an den Auflagern Spitzen mit grossem  $\frac{d^2 w}{d\varphi^2}$ . Oder anders ausgedrückt, die Gleichung (2-6) hat ihre Extremwerte nicht an den gleichen Stellen wie die Gleichung für  $w$  (2-5), was sich durch den Reihenansatz (2-7), welcher für die Berechnung des Biegemomentes verwendet wird, beweisen lässt.

Die Ergebnisse dieses Ansatzes stimmen mit den allgemein bekannten Berechnungsmethoden überein und sind in Bild 2 dargestellt.

Die Ergebnisse dieses Ansatzes stimmen mit den allgemein bekannten Berechnungsmethoden überein und sind in Bild 2 dargestellt.

<sup>1)</sup> z.B. nach Hütte 1, Kapitel gekrümmte Biegestäbe

In seiner Dissertation hat Mettler nur die Verformung (Gleichung 2–5) zur Bestimmung der günstigsten Rollenstellung benützt. Das als neues Kriterium hinzugekommene Biegemoment (2–6) lässt sich mit dem ursprünglichen Kriterium nicht in Einklang bringen.

### Ergebnis

Die Krümmungsänderung bzw. das Biegemoment sollten als Kriterium für die beste Anordnung der Rollen beibehalten werden, weil sie ein Mass für die Wechselbeanspruchung

der Ausmauerung sind. Die kleinsten Biegemomente und den kleinsten Unterschied zwischen deren Extremwerten erhält man für  $\psi = 30$  bis  $35^\circ$  (siehe Bild 2). Bei grossen Öfen ist die Stellung der Laufrollen nicht nur für die Ausmauerung von Bedeutung, denn mit zunehmendem  $\psi$  wird die Stützkraft der Rollen und die Breite der Fundamente grösser. Der Vorschlag, die Rollen unter  $45^\circ$  anzuordnen, muss deshalb abgelehnt werden.

Adresse der Verfasser: *B. Barp*, dipl. Ing., und *M. Schurch*, dipl. Ing., Forschungsabteilung der Escher Wyss AG, Zürich.

## Auf Trinidad wird Asphalt aus einem See gewonnen

DK 553.985.1

Trinidad, eine Insel vor der Küste Venezuelas, von wenigen tausend Menschen bewohnt, birgt eines der seltsamsten und weitgehend unbekanntesten Naturwunder der Welt. Es ist der Asphaltsee von *La Brea* (*Brea* bedeutet auf Spanisch «Teer»). Aus diesem See, der in seiner Gesamtheit eine zähe, trögflüssige Masse darstellt, wird ein nicht unbeträchtlicher Teil des auf der Erde vor allem für den Strassenbau verwendeten Asphalts gewonnen.

So bedeutsam dieser Naturschatz für das wirtschaftliche Leben der Insel auch sein mag: die Arbeit, die hier geleistet werden muss, zählt mit zu den härtesten auf der ganzen Welt. Für die Neger und Mulatten, die hier täglich die Asphaltbrocken aus dem See holen – Asphalt wird ähnlich gestochen wie Torf – kocht wahrhaftig die Hölle. Untertags steigen die Temperaturen am See auf 50 bis  $60^\circ\text{C}$  an. Nicht einmal nachts wird es um den Asphaltsee kühler, denn er hält die Hitze des Tages noch lange gespeichert. Der See behält sein unheimliches Leben, denn an allen Stellen, an denen tagsüber Asphalt gestochen wurde, quillt aus der Tiefe die schwarze Masse unter Glucksen und Brodeln wieder nach. Am Morgen liegt die Oberfläche des Sees dann wieder glatt und scheinbar unberührt vor den Arbeitern.

Bisher wurden aus dem Asphaltsee auf Trinidad fast 25 Mio t gefördert. Sein Spiegel hat sich aber nur um wenige cm gesenkt. Untersuchungen haben ergeben, dass der Asphaltsee mehr als 100 m tief ist. Die riesigen Asphaltvorräte kommen aber aus unbekanntenen Tiefen an die Oberfläche. Man hat an ihren Ursprung bisher nicht vordringen

können. Versenkte Messinstrumente blieben regelmässig stecken. Überhaupt ist die Entstehung des Asphaltsees auf Trinidad den Wissenschaftlern bis heute ein grosses Rätsel geblieben. Der See muss irgendwann in Urzeiten entstanden sein, denn man hat darin bereits die Knochen von Sauriern und urweltliche Baumstämme gefunden. Die meisten Fachleute sind der Ansicht, dass sich ein mächtiges Lager von Erdöl und Erdgas bei einer Naturkatastrophe mit feiner Vulkanasche vermischt hat und durch Jahrhunderte, ja vielleicht Jahrtausende hindurch als brodelnde und kochende Masse einen ehemaligen Vulkankrater füllte.

Unter den schwarzen Bewohnern von Trinidad hat der Asphaltsee stets als ein «Tor zur Hölle» gegolten. Noch vor nicht allzu langer Zeit wurden den angeblich im See hausenden Dämonen sogar Menschenopfer dargebracht. Tiere, in erster Linie Hühner und Ziegen, werden auch heute noch geopfert. In jeder Neumondnacht wird am Ufer des Sees ein schwarzer Hahn geschlachtet, dessen Blut unter dem Murmeln uralter Beschwörungen über die brodelnde, schwarze Masse des Asphaltsees verteilt wird. Wenn es aber wieder Tag wird, beginnt von neuem die harte Arbeit jener 300 bis 500 Asphaltstecher, die hier ihr schweres Brot verdienen. Die grossen Asphaltbrocken, die man fördert, werden in Öfen geschmolzen, und die zähflüssige Masse wird in Fässer abgefüllt. Mit einer Seilbahn befördert man sie dann zum Hafen, meist direkt auf die bereits wartenden Schiffe.

Adresse des Verfassers: *Werner Brander*, in Firma ITG, Dürnborg 22, 4132 MuttENZ.

## Neue Lokomotiven Re 6/6 der SBB

DK 621.335.2

Der Einsatz der vierachsigen Drehgestell-Lokomotiven Re 4/4 II, die demnächst hier eingehend beschrieben werden sollen, brachte eine fühlbare Beschleunigung der Schnellzüge auf den Flachlandstrecken der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB). Nun sollen auch auf der Gotthardlinie schnellere Verbindungen geschaffen werden. Da die Höchstgeschwindigkeit der Lokomotiven Ae 6/6 (Beschreibung SBZ 71 [1953], H. 6, S. 73 und H. 7, S. 91) mit nur 110 km/h für Schnellzüge auf den Talstrecken den heutigen Bedürfnissen nicht mehr voll entspricht, ist vorgesehen, von den Ende 1968 bestellten 59 Lokomotiven Re 4/4 II deren 20 mit Getrieben von geänderten Übersetzungsverhältnis auszurüsten, wodurch sich einerseits die Höchstgeschwindigkeit von 140 auf 125 km/h verringert und andererseits die maximale Anhängelast bei 26‰ Steigung von 460 auf 580 t vergrössert. Diese für Bergstrecken geeigneten Triebfahrzeuge erhalten die Bezeichnung Re 4/4 III. Sie stellen eine Übergangslösung dar.

Um dem dringenden Bedürfnis nach Verbesserung des Schnellzugsverkehrs auch in Zukunft entsprechen zu können, hat sich die Generaldirektion der SBB nach einem Bericht im «SBB-Nachrichtenblatt» 46 (1969), H. 12, S. 10, zur Anschaffung neuer Lokomotiven Re 6/6 mit drei zweiachsigen Triebdrehgestellen nach Bild 1 entschlossen und vorerst vier Prototypen Nr. 11601–04 in Auftrag gegeben. In Tabelle 1 sind die Hauptdaten der vier für den Bergdienst bestimmten Lokomotiven zusammengestellt. Wie ersichtlich, betragen beim neuen Fahrzeug die Höchstgeschwindigkeit 140 km/h und die Anhängelast bei 26‰ Steigung und einer Geschwindigkeit von 80 km/h 800 t. Das erlaubt, die Schnellzüge auch auf den Bergstrecken mit seltenen Ausnahmen mit *einer* Lokomotive zu führen. Der Wegfall der Vorspannleistungen verringert beträchtlich die Kosten der Zugförderung und erleichtert die Betriebsabwicklung. Ausser der grösseren Anhängelast ergibt sich für die Strecken Zürich—Chiasso und Luzern—Chiasso eine