

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 117/118 (1941)
Heft: 19

Inhaltsverzeichnis

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: 26.11.2024

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

INHALT: Zur Berechnung von Wärmeaustausch-Apparaten. — Das Nivellierinstrument mit Wendelibelle. — Nationale Verkehrspolitik in der Schweiz. — Wohn- und Geschäftshaus «Schönau» an der Dolderstrasse in Zürich. — Erfahrungen beim Betonieren im Kraftwerkbau. — Mitteilungen: Elektrifikation der spanischen Eisenbahnen. 100 Jahre Geschichte der «M. A. N.» Zwei Preisausschreibungen für motorisierte Schneepflüge.

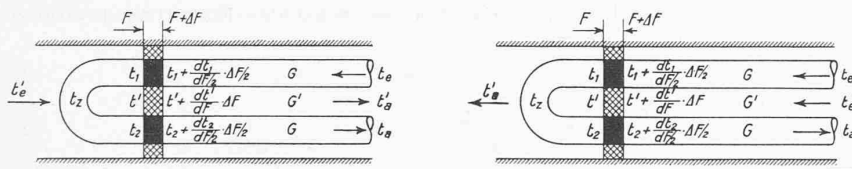
Wiederaufbau Finnlands. Dienstbotenräume im Wohnungsbau. Arbeitsbeschaffung für Architekten in Bern. Pénitencier de Bochuz. Neue Gotthardlokomotive von 6000 PS. 40 Jahre Schweiz. Aeroclub. Eidg. Technische Hochschule. — Wettbewerbe: Turnhallenbau in Zollikon (Zürich). — Nekrologe: Friedrich Gerwer. — Literatur. Mitteilungen der Vereine. — Vortragskalender.

Band 117 Der S. I. A. ist 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 Nr. 19

Zur Berechnung von Wärmeaustausch-Apparaten

Von Dipl. Ing. F. BALDAUFF, SLM Winterthur

Neben Wärmeaustauschapparaten nach dem Prinzip des reinen Gegen- oder Gleichstromes, in denen die beiden durch die wärmeübertragende Wand getrennten Medien in entgegengesetzter oder gleicher Richtung strömen, gibt es auch solche, in denen das eine Medium durch ein oder mehrere parallel geschaltete U-förmige Rohre geführt wird, während das andere aussen herum längs dieses Rohrbündels strömt. Bezüglich des Wärmeaustausches entsteht also in jedem einzelnen Element ein Wechsel zwischen Gleich- und Gegenstrom, wie dies aus Abb. 1 und 2 hervorgeht. Im Folgenden soll das im Innern des U-Rohres strömende Medium als inneres, das aussenherum strömende als äusseres Medium bezeichnet werden. Wie im Fall des reinen Gegenstromes Abb. 3, oder des reinen Gleichstromes, Abb. 4, ist es auch hier nicht gleichgültig, ob man das äussere Medium von der Seite des U-Rohrbogens oder von der Seite der beiden U-Rohrschenkel eintreten lässt. Die beiden Probleme müssen also einzeln behandelt werden. Die Lösung der Aufgabe nach Abb. 1 wurde bereits von Th. Müller¹⁾ angegeben, doch wird seine Ableitung durch Einführung zusätzlicher Variabler weniger übersichtlich, und die Endtemperaturen sind in einer für die Praxis unbequemeren Form dargestellt²⁾.



Wärmeaustausch in U-Rohren mit Zufluss des äusseren Mediums:

Abb. 1 von der Seite des Rohrbogens und Abb. 2 von der Seite der Rohrschenkel

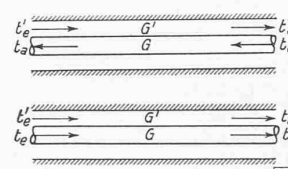


Abb. 3 (oben) Gegenstrom
Abb. 4 (darunter) Gleichstrom

I. Berechnung des Temperaturverlaufes in Wärmeaustausch-Apparaten nach Abb. 1 und 2

Hier soll nun auf einfache Art die Berechnung des Temperaturverlaufes für die beiden Fälle nach Abb. 1 und 2 gleichzeitig abgeleitet, und sollen die Endtemperaturen mit Hilfe von Kurventafeln in eine für die Praxis leicht verwendbare Form gebracht werden, unter Voraussetzung eines stationären Wärmeaustausches und einer turbulenten Strömung längs der wärmeübertragenden Fläche. Weiter soll die Wärmedurchgangszahl k als konstant längs des gesamten Verlaufes angenommen werden³⁾.

- G = Gewicht der strömenden Medien in kg/h.
- c = ihre mittlere spezifische Wärme bei konstantem Druck in kcal/kg °C.
- k = mittlere Wärmedurchgangszahl in kcal/m²h °C.
- F = Wärmeübertragungsfläche längs des U-Rohres in m².
- F_{tot} = Gesamte Wärmeübertragungsfläche in m².
- t_e = Eintrittstemperatur in °C.
- t_a = Austrittstemperatur in °C.
- Δt = Unterschied der Eintritts- und der Austrittstemperatur des selben Mediums.
- Δt_e = Temperaturdifferenz zwischen Eintritt des warmen Mediums und Eintritt des kalten Mediums.
- t_z = Temperatur des inneren Mediums am Rohrbogen.
- t = Temperatur eines der Medien an irgend einer Stelle F der Wärmeaustauschfläche.
- t_1 = Temp. an irgend einer Stelle des ersten U-Rohrschenkels,
- t_2 = desgleichen im zweiten U-Rohrschenkel.
- $\varepsilon = G/G'$.
- Q = Uebertragene Wärmemenge in kcal/h.

¹⁾ Die Wärmeübertragung im Lokomotivrauchrohr. «Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens», 1934, Heft 15 und 16.

²⁾ In Müllers Abhandlung dient die Aufgabe allerdings nur als Sprungbrett zur Berechnung der Verhältnisse im Lokomotivrauchrohr. (Im Lokomotivrauchrohr müssen die Rauchgase oder das äussere Medium aussen an die U-förmigen Ueberhitzerrohre, noch Wärme nach aussen an das Kesselwasser abgeben.)

³⁾ Hinsichtlich der Bestimmung der Wärmedurchgangszahlen sei auf die einschlägige Literatur verwiesen. (Vgl. z. B. M. ten Bosch, «Die Wärmeübertragung», Verlag Springer, 3. Auflage.)

Durch die Bezeichnung mit Strich' z. B. G' , c' , t' , im Gegensatz zu G , c , t , sollen die beiden Medien voneinander unterschieden werden.

Zur Aufstellung der Differentialgleichungen für den Temperaturverlauf wollen wir für die in Abb. 1 und 2 schraffierten und schwarz angelegten Volumenelemente die Wärmebilanz anschreiben: Der Unterschied der beiden Wärmemengen, die durch das strömende Medium einerseits in ein solches Element zugeführt, andererseits aus ihm abgeführt werden, wird durch die wärmeübertragende Wand mit der Umgebung ausgetauscht.

So wird für das schwarze Volumenelement im ersten U-Rohrschenkel unter Vernachlässigung der unendlich kleinen Grössen zweiter Ordnung:

$$G c \frac{dt_1}{dF} = \frac{k}{2} (t_1 - t') \dots \dots \dots (1)$$

und für das schwarze Element im zweiten U-Rohrschenkel:

$$- G c \frac{dt_2}{dF} = \frac{k}{2} (t_2 - t') \dots \dots \dots (2)$$

Diese beiden Gleichungen gelten für die Abb. 1 und 2. Zur parallelen Behandlung der beiden Fälle sollen im Folgenden die Gleichungen, die sich auf Abb. 1 beziehen, mit Index a , die auf Abb. 2 bezüglichen Gleichungen mit Index b angeschrieben werden. So folgt aus der Wärmebilanz für das kreuzweise schraffierte Volumenelement:

$$- G' c' \frac{dt'}{dF} = \frac{k}{2} (2t' - t_1 - t_2) \dots \dots \dots (3a)$$

$$\text{bzw. } G' c' \frac{dt'}{dF} = \frac{k}{2} (2t' - t_1 - t_2) \dots \dots \dots (3b)$$

Durch Integration folgt aus diesen drei ersten Gleichungen die Wärmebilanz für eine Teilfläche F vom Rohrbogen aus gemessen:

$$G' c' (t' - t'_e) = G c (t_1 - t_2) \dots \dots \dots (4a)$$

$$G' c' (t'_a - t') = G c (t_1 - t_2) \dots \dots \dots (4b)$$

und aus (1) und (2) erhält man

$$G c \frac{d(t_1 + t_2)}{dF} = \frac{k}{2} (t_1 - t_2) \dots \dots \dots (5)$$

Im Folgenden setzen wir:

$$\left. \begin{aligned} t_1 + t_2 &= y \\ t' - t'_e &= u \end{aligned} \right\} (6a) \quad \left| \quad \left. \begin{aligned} t_1 + t_2 &= y \\ t'_a - t' &= v \end{aligned} \right\} (6b)$$

Dann wird Gl. (5) unter Berücksichtigung von (4):

$$\frac{dy}{dF} = \frac{k G' c'}{2 G^2 c^2} u \quad (7a) \quad \left| \quad \frac{dy}{dF} = \frac{k G' c'}{2 G^2 c^2} v \quad (7b)$$

Nach Addition und Subtraktion von $k t'_e$ in (3a) und $k t'_a$ in (3b) erhält man

$$\frac{du}{dF} = \frac{k}{2 G' c'} (y - 2u - 2t'_e) \dots \dots \dots (8a)$$

$$\frac{dv}{dF} = \frac{k}{2 G' c'} (y + 2v - 2t'_a) \dots \dots \dots (8b)$$

Die Gleichungen (7) und (8) bilden zwei lineare simultane Differentialgleichungen. Durch Einsetzen von (7) in die nach F abgeleitete Gleichung (8) erhält man eine weitere lineare Differentialgleichung zweiter Ordnung mit konstanten Koeffizienten für den Temperaturverlauf des äusseren Mediums.

$$\frac{d^2 u}{dF^2} + \frac{k}{G' c'} \frac{du}{dF} - \frac{k^2}{4 G^2 c^2} u = 0 \dots \dots \dots (9a)$$

$$\frac{d^2 v}{dF^2} - \frac{k}{G' c'} \frac{dv}{dF} - \frac{k^2}{4 G^2 c^2} v = 0 \dots \dots \dots (9b)$$

Die allgemeine Lösung hat die Form:

$$u \text{ bzw. } v = C_1 e^{\gamma_1 F} + C_2 e^{\gamma_2 F} \dots \dots \dots (10)$$