

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 95/96 (1930)
Heft: 11

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: 08.02.2026

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

INHALT: Wärme- und Schwindspannungen in eingespannten Gewölben. — Was soll uns ein „Burgbuch“? (Mit Tafeln 4 bis 7.) — Pumpen für 12000 l/s Fördermenge des Speicher-Kraftwerks Niederwartha bei Dresden. — Mitteilungen: Metallholz, ein neuer Werkstoff. 75. Jubiläum der Eidgenössischen Technischen Hochschule.

Band 95

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. 11

Wärme- und Schwindspannungen in eingespannten Gewölben.

Von Prof. Dr. M. RITTER, Zürich.

Die übliche Berechnungsweise der Wärme- und Schwindspannungen in gelenklosen Gewölben bedarf heute der Revision. Neue statische Erwägungen, aber auch neue Messungen der Materialkonstanten und der Wärmeschwankungen liegen vor; außerdem sind von verschiedenen Seiten konstruktive Massnahmen bekannt gegeben worden, um den ungünstigen Einfluss des Schwindens bei Beton-Gewölben herabzusetzen. Diesen Fortschritten entsprechend wird nachstehend versucht, die Theorie in erweiterter Fassung darzulegen und ihre Grundlagen erneut zu prüfen.

1. ALLGEMEINE THEORIE.

Wir behandeln zunächst den Fall der vollständigen Einspannung beider Kämpfer, ausgehend von den bekannten Voraussetzungen, die in der Baustatik für schwach gekrümmte, ebene, schlanken Stäbe üblich sind. Durch eine Wärmeänderung oder den Einfluss des Schwindens bei Beton entstehen die Auflagerreaktionen R_1 und R_2 , die einander das Gleichgewicht halten. Als statisch bestimmtes Grundsysteem sei der einfache Balken gemäß Abb. 1 gewählt; alsdann lassen sich R_1 und R_2 zerlegen in X_1, X_3, A , sowie X_1, X_3, B , wobei A und B die Auflagerdrücke am einfachen Balken sind, wenn X_1, X_2, X_3 daran als äußere Kräfte angreifen. X_1 und X_2 sind Momente, X_3 zwei entgegengesetzte gleiche Kräfte (Bogenkräfte), die unter den Hebelarmen t_1 und t_2 an den Kämpfern wirken bzw. mit diesen durch starre Scheiben verbunden zu denken sind.

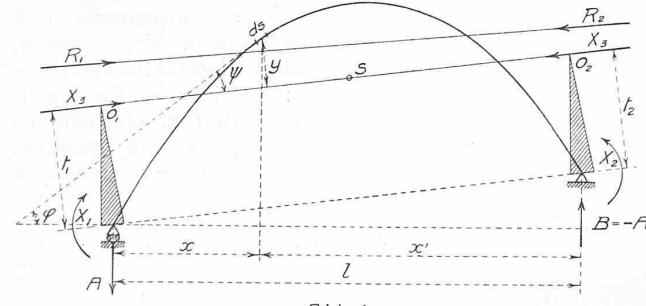


Abb. 1.

Die Größen X_1 , X_2 und X_3 ergeben sich aus den Elastizitätsbedingungen, die besagen, dass bei der Formänderung die Drehung α des linken Kämpfers und die Drehung β des rechten Kämpfers Null sind und sich auch die Spannweite nicht ändert. An Stelle der letzten Bedingung wird zweckmäßig die Änderung δ der Distanz $O_1 O_2$ der Endpunkte der starren Scheiben eingeführt. Aus den Elastizitätsbedingungen folgen die Elastizitätsgleichungen, am übersichtlichsten nach dem Gesetz der Superposition, in der Form

$$\begin{aligned}\alpha &= \alpha_t + X_1 \alpha_1 + X_2 \alpha_2 + X_3 \alpha_3 = 0 \\ \beta &= \beta_t + X_1 \beta_1 + X_2 \beta_2 + X_3 \beta_3 = 0 \\ \delta &= \delta_t + X_1 \delta_1 + X_2 \delta_2 + X_3 \delta_3 = 0\end{aligned}$$

Die angewandte Bezeichnung erhellt ohne weiteres aus den Gleichungen; es bedeuten

α_t und β_t die Drehungen der Kämpfer infolge der Wärmeänderung oder dem Schwinden des Beton im Grundsysteem ($X = 0$),

δ_t die Änderung der Distanz $O_1 O_2$ im Grundsysteem ($X = 0$),

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ die Drehung des linken Kämpfers infolge $X_1 = 1$, bzw. $X_2 = 1$, $X_3 = 1$, usw.

Ausstellung „Farbe“ in Chur. Basler Rheinhafenverkehr. — Nekrolog: Benjamin Rosenfeld. Ed. Riggibach. Otto F. Bruman. — Literatur. — Wettbewerbe: Turnhallen mit Turnplatz in Schaffhausen. — Mitteilungen der Vereine: Techn. Verein Winterthur. — Schweiz. Techn. Stellenvermittlung. — Sitzungs- u. Vortrags-Kalender.

Wie man leicht einsieht, ist δ_t mit den Drehwinkeln α_t und β_t durch die Beziehung

$$\delta_t = \alpha_t t_1 + \beta_t t_2 + \Delta l$$

verknüpft, wobei Δl die Änderung der Spannweite l im Grundsysteem, in Richtung der Angriffsstrecke von X_3 gemessen, darstellt. Nach dem Satze von Maxwell ist $\alpha_2 = \beta_1$, $\alpha_3 = \delta_1$ und $\beta_3 = \delta_2$.

In bekannter Weise vereinfachen wir die Elastizitätsgleichungen, indem wir über die Hebelarme t_1 und t_2 so verfügen, dass α_3 und β_3 gleich Null sind. Die Gleichungen lauten dann einfacher

$$\begin{aligned}\alpha_t + X_1 \alpha_1 + X_2 \alpha_2 &= 0 \\ \beta_t + X_1 \beta_1 + X_2 \beta_2 &= 0 \\ \delta_t + X_3 \delta_3 &= 0\end{aligned}$$

Die Auflösung ergibt

$$X_1 = \frac{\beta_1 \alpha_2 - \alpha_1 \beta_2}{\alpha_1 \beta_2 - \beta_1 \alpha_2}, \quad X_2 = \frac{\alpha_1 \beta_1 - \beta_1 \alpha_1}{\alpha_1 \beta_2 - \beta_1 \alpha_2}, \quad X_3 = -\frac{\delta_t}{\beta_3} \quad (1)$$

Zur Ermittlung der Werte α_t , β_t und δ_t muss die Formänderung aller Trägerelemente im Grundsysteem infolge der Wärmeänderung oder dem Schwinden des Betons bekannt sein. In allgemeiner Form wird diese Formänderung für ein Bogenelement der Länge ds definiert durch den Formänderungswinkel $d\varphi_t$ (positiv, wenn die obere Kante gegenüber der unteren verkürzt wird) und die spezifische Längenänderung ε_t der Bogenaxe (positiv als Verlängerung). Alsdann erhält man mit den Bezeichnungen der Abb. 1 nach bekannten Methoden, z. B. mit Hilfe der Arbeitsgleichung, die Ausdrücke

$$\begin{aligned}\alpha_t &= \int \frac{x'}{l} d\varphi_t + \int \frac{\varepsilon_t \sin \varphi}{l} ds \\ \beta_t &= \int \frac{x}{l} d\varphi_t - \int \frac{\varepsilon_t \sin \varphi}{l} ds \\ \delta_t &= \int y d\varphi_t + \int \varepsilon_t \cos \varphi ds\end{aligned}$$

worin die Integrale auf den ganzen Bogen auszudehnen sind.

Wir beschränken uns in der Folge auf den symmetrischen Bogen mit wagrechter Kämpferverbindungslinie und nehmen ferner an, dass in symmetrischen Punkten auch die Formänderungen $d\varphi_t$ und ε_t gleich seien. Dann verschwindet in den Formeln für α_t und β_t der zweite Summand, da jedem Wert $\varepsilon_t \sin \varphi$ ein symmetrischer $-\varepsilon_t \sin \varphi$ entspricht und wir erhalten

$$\alpha_t = \beta_t = \int \frac{x}{l} d\varphi_t = \frac{1}{2} \int d\varphi_t$$

Betrachtet man die Formänderungswinkel $d\varphi_t$ als Gewichte, an der Bogenaxe angreifend, und bestimmt man den Abstand v ihres Schwerpunktes von der Angriffsstrecke von X_3 , so folgt weiter

$$\delta_t = v \int d\varphi_t + \int \varepsilon_t \cos \varphi ds$$

Der Symmetrie wegen wird jetzt $X_1 = X_2$, künftig mit M bezeichnet; X_3 liegt wagrecht und sei daher gleich H gesetzt (Horizontalschub). Die Ausdrücke (1) gehen mit $\alpha_t = \beta_t$, $\alpha_1 = \beta_2$ und $\cos \varphi ds = dx$ über in

$$M = -\frac{\int d\varphi_t}{2(\alpha_1 + \alpha_2)}, \quad H = -\frac{v \int d\varphi_t + \int \varepsilon_t dx}{\delta_3} \quad (2)$$

Die Nennerwerte lassen sich nach bekannten Methoden, z. B. mit Hilfe der Arbeitsgleichung darstellen. Wir begnügen uns damit, die Resultate zu vermerken. Bezeichnet E den Elastizitätsmodul und G den Schubmodul des Baustoffes, F den Querschnitt, J das massgebende Trägheitsmoment an der Stelle x, y , F' die reduzierte Querschnittsfläche, so wird für den symmetrischen Bogen

$$\alpha_1 + \alpha_2 = \int \frac{x'^2}{l^2} \frac{ds}{EJ} + \int \frac{x' x'}{l^2} \frac{ds}{EJ} = \frac{1}{2} \int \frac{ds}{EJ} \quad (3)$$

und

$$\delta_3 = \int y^2 \frac{ds}{EJ} + \int \cos^2 \varphi \frac{ds}{EF} + \int \sin^2 \varphi \frac{ds}{GF'}$$