

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 89/90 (1927)
Heft: 21

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: 22.02.2026

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

INHALT: Die praktische Berechnung der Biegebeanspruchung in kreisrunden Behältern. — Schaffhausen als Industriestadt. — Baubudget 1928 der Schweizer Bundesbahnen. — Wettbewerb für Musterhäuser an der Wasserwerkstrasse in Zürich. — Mitteilungen: Die 2 C 1-Einheits-Schnellzug-Dampflokomotiven der Deutschen Reichsbahn. Bau von Eisenbeton-Brücken mit beweglichem oberem Lehr- und Arbeits-

gerüst. Ausfuhr elektrischer Energie. Zur Erweiterung der Oberlor-Durchfahrt in Aarau. Eidgen. Technische Hochschule. Die Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Buchs. — Wettbewerbe: Kirchgemeindehaus Evang. Tablat. Bebauungsplan für Sitten. — Korrespondenz. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Basler Ingenieur- und Architekten-Verein. S. T. S.

Band 90.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 21

Die praktische Berechnung der Biegebeanspruchung in kreisrunden Behältern mit gewölbten Böden und Decken und linear veränderlichen Wandstärken.

Von Dr. Ing. PETER PASTERNAK, Privatdozent an der Eidgen. Techn. Hochschule in Zürich.

(Schluss von Seite 262.)

IV. Kegelschale konstanter Wandstärke.

Am Schlusse meiner Abhandlung in der Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik habe ich den Weg angedeutet, auf dem man genauere Formeln für die Einflusszahlen der elastischen Randbewegungen einer dünnen, nicht allzu flachen Kegelschale unveränderlicher Wandstärke finden kann.

Es ergeben sich auf jenem Wege für die $J E$ -fachen Einflusszahlen, in gleicher Form wie bei der Kugelschale, folgende Werte:

$$a_{11} = \frac{s}{\omega_1}, \quad a_{12} = \frac{s^2 \sin \alpha}{2 \omega_1}, \quad a_{22} = \frac{s^3}{2} \sin^2 \alpha \quad (44)$$

$s = 0,76 \sqrt{h r}$ ist wieder die lineare Randcharakteristik, wo r = zweiter Hauptkrümmungsradius, also die Länge der Mantellinie des Rand-Normalenkegels bedeutet. Ist α der halbe Öffnungswinkel dieses Kegels, so findet man die Korrekturzahl ω_1 aus

$$\omega_1 = 1 + \left(\frac{s}{4r} - \nu \right) \operatorname{ctg} \alpha \quad (44a)$$

Das obere Zeichen gilt für den untern (grössern), das untere für einen eventuell vorhandenen oberen (kleinern) Randkreis. Der Unterschied gegenüber der Korrekturzahl ω_1 der Kugelschale besteht im Auftreten des Ausdrucks $\frac{1}{4} \frac{s}{r}$ anstelle von $\frac{1}{2} \frac{s}{r}$.

Die elastischen Randbewegungen a_{20} , a_{10} infolge stetig verteilter Belastungen berechnen sich auch hier, genau genug, mit Hilfe der statisch bestimmten Membrankräfte T_{10} , T_{20} aus der Ringdehnung und der Verträglichkeitsbedingung, die für den Fall der Kegelschale lautet

$$d = -\operatorname{ctg} \alpha [e_2' t + (e_2 - e_1)]^{16)} \quad (45)$$

darin ist t die vom Kegelscheitel aus gemessene Länge der Mittelflächen-Mantellinie.

Besondere Belastungsfälle.

a) Eigengewicht g t/m² Schalenoberfläche

$$\left. \begin{aligned} T_{10} &= \frac{V}{2 \pi r \sin^2 \alpha} = \frac{g r}{2 \cos \alpha}; \quad T_{20} = g r \cos \alpha \\ a_{20} &= -\frac{T_{20} - \nu T_{10}}{r} \frac{s^4}{4} \sin \alpha = -\frac{g s^4}{8} (\sin 2 \alpha - \nu \operatorname{ctg} \alpha) \\ a_{10} &= -\frac{h^3}{12} \operatorname{ctg} \alpha [e_2' t + (e_2 - e_1)] \\ &= -\frac{g s^4}{8 r} [(2 + \nu) \cos 2 \alpha + (1 - \nu)] \end{aligned} \right\} \quad (46)$$

b) Gleichförmig verteilte Belastung auf Horizontalprojektion p t/m²

$$\left. \begin{aligned} T_{10} &= \frac{p r}{2}; \quad T_{20} = p \cos^2 \alpha \\ a_{20} &= -\frac{p s^4}{8} [\cos 2 \alpha + (1 - \nu)] \\ a_{10} &= -\frac{p s^4}{8 r \operatorname{tg} \alpha} [(2 + \nu) \cos 2 \alpha + 1 - \nu] \end{aligned} \right\} \quad (47)$$

Man beachte, dass die Randedrehungen der Kegelschale infolge der g und p nach *innen* und nicht (wie bei der Kugelschale) nach *aussen* geschehen.

¹⁶⁾ Man findet diesen Ausdruck unmittelbar durch Spezialisierung der allgemeinen Verträglichkeitsbedingung. — Eine Zurückführung von a auf die Komponenten X und Z der äusseren Belastungen bietet bei der Kegelschale keine Vorteile.

Geschlossene Formeln für die Einflusszahlen der Kegelschale mit linear veränderlicher Wandstärke habe ich noch nicht aufstellen können.

Bei den sehr dünnen Kegeldächern mit kleiner Nutzlast ($p \approx 0,1$ t/m²) kann $\omega_1 = 1$ gesetzt, also mit den einfachern Ausdrücken

$$a_{11} = s, \quad a_{12} = \frac{s^2}{2} \sin \alpha, \quad a_{22} = \frac{s^3}{2} \sin^2 \alpha \quad (48)$$

für die Einflusszahlen gerechnet werden.¹⁷⁾

Rechnet man, zur Abschätzung der Zwängungskräfte, in erster Annäherung mit starrer Einspannung, so ergeben sich für die Randkräfte mit Hilfe der vereinfachten Einflusszahlen und weiter oben angegebenen a_{10} und a_{20} -Werte, folgende geschlossenen Formeln

a) infolge Eigengewicht

$$\left. \begin{aligned} M &= -g \frac{s^2}{2} \left[\cos \alpha - \left(\cos 2 \alpha + \frac{1}{2} \right) \frac{s}{r} \right] \\ H &= + \frac{g s}{2} \frac{\sin 2 \alpha - (\cos 2 \alpha + \frac{1}{2}) \frac{s}{r}}{\sin^2 \alpha} \end{aligned} \right\} \quad (49)$$

b) infolge gleichförmig verteilter Nutzlast p t/m² auf Horizontalprojektion

$$\left. \begin{aligned} M &= -\frac{p s^2}{4} \left[1 + \cos 2 \alpha - \frac{1 + 2 \cos 2 \alpha}{\operatorname{tg} \alpha} \frac{s}{r} \right] \\ H &= + \frac{p s}{2} \left[\frac{(1 + \cos 2 \alpha) \sin \alpha - \cos \alpha (1 + 2 \cos 2 \alpha) \frac{s}{r}}{\sin^2 \alpha} \right] \end{aligned} \right\} \quad (50)$$

Man rechnet etwas zu ungünstig, wenn die den s/r proportionalen Subtrahenden weggelassen werden. Der Fehler beträgt nur wenige Prozente, da s/r nach Voraussetzung sehr klein ist.

Die der Abschätzung dienenden bequemeren Ausdrücke lauten also

$$\left. \begin{aligned} M &= -\frac{g s^2}{2} \cos \alpha, \quad H = +g s \operatorname{ctg} \alpha \quad (51a) \\ M &= -\frac{p s^2}{4} (1 + \cos 2 \alpha), \quad H = +\frac{p s}{2} \frac{1 + \cos \alpha}{\sin \alpha} \quad (51b) \end{aligned} \right\}$$

Auf ähnliche Weise kann man natürlich auch für die Zwängungskräfte der starr eingespannten Kugelschale unveränderlicher Dicke geschlossene Formeln erhalten, deren Aufstellung mit Hilfe der vereinfachten Einflusszahlen und der angegebenen Formeln für a_{10} und a_{20} dem Leser überlassen wird.

ZAHLENBEISPIEL 5.

In dem kreisrunden Eisenbeton-Wasserbehälter (für rund 600 m³) mit Kugelboden und Kegeldach, gemäss Abb. 8 sollen die Meridianbiegemomente infolge der monolithischen Anschlüsse ermittelt werden. Die Ringmomente werden ihrer Kleinheit wegen vernachlässigt.

In Einhaltung der im Eisenbetonbau für die Erschliessung der statischen Unbestimmtheit geltenden Grundlage wird die Berechnung der Zwängungskräfte unter Annahme eines isotropen Baumaterials und unter Vernachlässigung der Bewehrung durchgeführt. Nach erfolgter Bemessung könnte zwar die Bewehrung mit einem Dehnungsmass $n = 5 \div 10$ in einer zweiten Kontrollberechnung Berücksichtigung finden; doch kann meistens eine solche unterbleiben, da sich das Kräftespiel nur wenig ändert.

¹⁷⁾ Diese einfachen Formeln gelten angenähert für beliebig geformte Rotationsschalen. Vergl. meinen Beitrag an den Referatenband des Intern. Kongresses für Mechanik Zürich 1927.