

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 91/92 (1928)  
**Heft:** 17

## 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:** 13.03.2025

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

INHALT: Ueber die günstigste Gestalt des vollen, gewölbten Bodens zylindrischer Kesseltrommeln gleicher Dicke und ihre Festigkeitsberechnung. — Das Bürgerhaus in der Schweiz; Band XIX, Kanton Thurgau (mit Tafeln 25 bis 28). — Schnellschuss-Keilbremsen von Seilbahnwagen. — Mitteilungen: Einsturz der „Tour Charlemagne“ zu Tours. Ein neuer, schnelllaufender Saurer-Omnibus. Eidgenössische

Technische Hochschule. Verwendung von Kältemaschinen in Rohrpostanlagen. Verein deutscher Ingenieure. Eidgenössische Kommission für Mass und Gewicht. — Nekrologie: Max Trzinski. Prof. Dr. A. Fliegner. — Wettbewerbe: Altersasyl der Stadt Luzern. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. S. T. S.

Band 91.

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

Nr. 17

## Ueber die günstigste Gestalt des vollen, gewölbten Bodens zylindrischer Kesseltrommeln gleicher Dicke und ihre Festigkeitsberechnung.

Von Dr. sc. techn. A. HUGGENBERGER, Ingenieur, Zürich,

Wissenschaftlicher Mitarbeiter des Schweizerischen Vereins von Dampfkessel-Besitzern.

Die neuzeitlichen Bestrebungen, den Betriebsdruck der Dampfkraftanlagen zu erhöhen, hat zur Folge, dass u. a. der Konstruktion der Dampfkessel und Behälter, sowie der übrigen Kesselbauelemente vermehrte Aufmerksamkeit zugewendet werden muss. Noch bis vor kurzer Zeit bestand die Berechnungsweise des Kesselkonstruktors ausschliesslich in der Anwendung sog. Faustformeln, die sich auf empirische Grundlagen stützten. Die Unsicherheit, die der empirischen Berechnungsweise naturgemäss innewohnt, versuchte man in der Weise zu überbrücken, dass die Bauteile gefühlsmässig stark genug bemessen wurden, um nach menschlichem Dafürhalten den geforderten Sicherheiten zu genügen. Hand in Hand mit der Erhöhung des Dampfdruckes ist auf dem Gebiete des Kesselbaues eine Verfeinerung der Rechnungs- und Konstruktionsweise, wie auch der Werkstatt-Technik deutlich erkennbar.

Besonders hohe Anforderungen werden heute u. a. an die Kesseltrommeln und ihre Elemente gestellt. In neuester Zeit wird der zweckmässigen Formgebung der gewölbten Böden mit Rücksicht auf eine möglichst wirtschaftliche Ausnützung der Festigkeit des Baustoffes erhöhte Aufmerksamkeit zugewendet.

Unter der Voraussetzung, dass es sich um gepresste, d. h. um Bodenschalen von gleicher Blechdicke handelt, sind bei ihrer Formgebung folgende Gesichtspunkte zu berücksichtigen, wobei unsere Betrachtungen stets auf den mit der Zylinderschale verbundenen Boden Bezug haben.

1. Die Gestalt der Meridiankurve der Bodenschale ist derart festzulegen, dass die grössten Beanspruchungen an der Boden- und an der Zylinderschale gleich gross und möglichst klein ausfallen.

2. Vom Standpunkt der Werkstatt-Technik ist es wünschenswert, wenn Boden- und Zylinderschale gleiche Dicke aufweisen. Diese Forderung ist besonders dann angebracht, wenn Boden- und Zylinderschale mittels autogener Schweissung oder elektrischer Lichtbogenschweissung stumpf miteinander zu einem Behälter oder Kessel verbunden werden. Den nachfolgenden Betrachtungen ist die Bedingung gleicher Blechdicke von Boden- und Zylinderschale zu Grunde gelegt.

3. Die Tiefe des Bodens darf mit Rücksicht auf die Herstellung und den Einbau des Kessels oder Behälters nicht zu gross ausfallen.

4. Die Konstruktion der Meridiankurve des Bodens soll für den Konstruktionstisch einfach und mit Zirkel und Lineal durchführbar sein.

5. Der Meridian des Bodens soll so gestaltet sein, dass er eine einfache und zutreffende Berechnung des Spannungsverlaufes sowie die Ermittlung einer handlichen Formel zur Berechnung der grössten Beanspruchungen des Behälters bzw. Kessels ermöglicht.

Wir wollen vorerst das Näherungsverfahren zur Berechnung der Spannungen eines zylindrischen mit stetig gewölbter Bodenschale versehenen Behälters gleicher Dicke kurz erörtern<sup>1)</sup>, das für die nachfolgenden Betrachtungen über die günstigste Bodenform die Grundlage bildet.

<sup>1)</sup> Siehe: Ueber die Festigkeit der gewölbten Böden und der Zylinderschale. Im Auftrag des Schweiz. Vereins von Dampfkessel-Besitzern herausgegeben von E. Höhn. II. Teil von Dr. sc. techn. A. Huggenberger. Verlag Springer, Berlin, 1927, mit ausführlichem Literaturnachweis.

### I. NÄHERUNGSWEISE BERECHNUNG DES SPANNUNGSVERLAUFES STETIG GEKRÜMMTER BODENSCHALEN.

Die Ergebnisse der Dehnungsmessungen, die der Schweizerische Verein von Dampfkessel-Besitzern im Jahre 1923<sup>1)</sup> erstmals durchführte, boten durch den wellenförmigen Verlauf der Dehnungen ein neuartiges und ungewohntes Bild und veranlassten mich, an Hand der Versuchsergebnisse, die wir an einem Behälter mit elliptischen Böden gewonnen hatten, der rechnerischen Untersuchung dieser Festigkeitsaufgabe näher zu treten. Die für die Schalentheorie klassische Arbeit von Meissner<sup>2)</sup> und die daran anschliessenden Arbeiten von Bolle<sup>3)</sup> und Wissler<sup>4)</sup> enthalten die strengen Lösungen für die Festigkeitsberechnung gewölbter korbogenförmiger Böden. Diese Lösungen führen jedoch zu verwickelten und zeitraubenden Rechnungen und sind für den Gebrauch am Konstruktionstisch nicht geeignet. Es musste deshalb nach einer möglichst einfachen Näherungslösung gesucht werden, wobei die erwähnten Versuchsergebnisse wertvolle Anhaltspunkte boten.

Die inhomogene Differentialgleichung vierter Ordnung des Schalenproblems setzt sich zusammen aus einer Partikularlösung des inhomogenen Gleichungssystems und der allgemeinen Lösung des homogenen Gleichungssystems. Der Verzerrungs- und Spannungszustand in einer dünnwandigen Schale (Haut), der durch den Flüssigkeitsdruck  $p$  allein erzeugt wird, ist annähernd gleichbedeutend mit dem Verzerrungs- und Spannungszustand, der einer Partikularlösung entspricht. Die Grössen, die dieser Lösung zukommen, sind nachfolgend durch einen hochstehenden Querstrich gekennzeichnet. Ist die Schale nur an ihrem Rand durch Kräfte und Momente belastet und ist der Flüssigkeitsdruck  $p=0$ , so entspricht dieser Verzerrungs- und Spannungszustand der Lösung des homogenen Gleichungssystems. Für die Schale als Haut betrachtet, sind die Gleichungen zur Berechnung der Hautspannungen bekannt. Es ist

$$\bar{\sigma}_{01} = \frac{p}{4h} R_2; \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$\bar{\sigma}_{02} = \frac{p}{2h} R_2 \left( 1 - \frac{1}{2} \frac{R_2}{R_1} \right) \quad \dots \dots \dots (2)$$

wo  $p$  der Flüssigkeitsdruck in  $\text{kg/cm}^2$ ,

$2h$  die Blechdicke in  $\text{cm}$ ,

$R_1$  der Krümmungshalbmesser der Meridiankurve in  $\text{cm}$ ,

$R_2$  der Krümmungshalbmesser der Schalenmittelfläche im Schnitt senkrecht zur Meridiankurve in  $\text{cm}$ ,

$\bar{\sigma}_{01}$  die Längungsspannung in Richtung des Meridians = Meridianlängungsspannung in  $\text{kg/cm}^2$ ,

$\bar{\sigma}_{02}$  die Längungsspannung senkrecht zum Meridian = Ringlängungsspannung in  $\text{kg/cm}^2$ .

In enger Anlehnung an das homogene Differentialgleichungssystem der randeingespannten Zylinderschale vereinfachen wir das für die rotationsymmetrische Schale geltende allgemeine Differentialgleichungssystem, wobei uns der Umstand zu statten kommt, dass die Lösung durch Funktionen von der Form  $e^{-kx} \sin kx$  usw. gekennzeichnet

<sup>1)</sup> Anhang zum 55. Jahresbericht 1923, Seite 81 u. f.

<sup>2)</sup> Meissner, E., Phys. Zeitschrift 1913, S. 343 u. f.

<sup>3)</sup> Bolle, E., Festigkeitsberechnung von Kugelschalen. Diss. Orell-Füssli, Zürich 1916. Siehe auch „S. B. Z.“ Bd. 66. S. 105 und 111.

<sup>4)</sup> Wissler, H., Festigkeitsberechnung von Ringflächenschalen. Diss. Orell-Füssli, Zürich 1916.