

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 101/102 (1933)
Heft: 8

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: 15.05.2025

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

INHALT: Die Beanspruchung der Trommeln eines Wasserrohrkessels. — Zweiter (engerer) Wettbewerb für den Neubau des Kollegiengebäudes der Universität Basel. — Eidgenössisches Amt für Wasserwirtschaft. — Neuer Micheline-Schienen-Omnibus. — Die schweizerische Eisenerzeugung. — Nekrologe: Dr. Fred A. Nötzli. — Mitteilungen: Die Flugzeuge der „Crociera del Decennale“. Betriebswissenschaftliches

Institut an der E. T. H. Starkstromunfälle in der Schweiz im Jahre 1932. Zwillings- und Drillings-Dampflokomotive im Vergleichsversuch. Iporitbeton. Denkmalschutz in U. S. A. Ein Damm zwischen Rügen und dem Festland. Rheinkraftwerk Reckingen. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine.

Band 102

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. 8

Die Beanspruchung der Trommeln eines Wasserrohrkessels.

Von Dipl. Ing. A. LIEBERHERR, Winterthur.

Bei den Wasserrohrkesseln bilden die Trommeln — wenn von der Festigkeit der Einzelteile ausgegangen wird — bekanntlich den wesentlichen Teil der Anlage. Die Explosion einer Trommel bedeutet in den meisten Fällen, infolge der plötzlich frei werdenden ungeheuren Energiemengen, eine Katastrophe. Ganz abgesehen von einem solchen extremen Fall werden häufig an den Einwalzstellen der Röhren Undichtheiten beobachtet, deren Ursache im Allgemeinen entweder auf einen ungenügenden Wassenumlauf infolge fehlerhafter Anordnung der Rohre oder auf eine zu steife Konstruktion, bei der sich die Rohre nicht frei ausdehnen können, zurückzuführen ist. Oft ist die Ursache auch einer mangelhaften und zwar meist einer zu weit getriebenen Einwalzung zuzuschreiben. Die genaue Kenntnis der in den Trommeln auftretenden Beanspruchungen und Materialspannungen, sowie der Festigkeitseigenschaften des zur Verwendung kommenden Stahlbleches ist daher von grosser Bedeutung. Die Untersuchung der Eigenschaften des Bleches ist Aufgabe der Materialprüfungsanstalt und soll hier nicht weiter behandelt werden. Dagegen bildet die Berechnung der maximalen Beanspruchungen der Wandungen ein noch wenig erforschtes Gebiet, das nachstehend näher besprochen werden soll.

Die Bestimmung der Höchstspannungen in den Wandungen wird durch das Vorhandensein der zur Aufnahme der Röhren bestimmten Öffnungen erschwert. Es sind dabei folgende Umstände zu berücksichtigen: 1. Die Verminderung des totalen Querschnittes durch das Bohren der Löcher. 2. Die vom Einwalzen herrührenden zusätzlichen Spannungen. 3. Das Zusammenrücken der Spannungslinien längs der Lochränder. Ausserdem ist mit Biegungsspannungen zu rechnen, die bei langen Kesselkörpern bedeutend sein können, sowie mit Spannungen infolge Wärmedehnung.

Die in Deutschland und anderen Ländern erschienenen Veröffentlichungen kommen fast alle zum Schluss, dass die durch den inneren Druck verursachten Spannungen gegenüber den von den erwähnten Einflüssen herrührenden Beanspruchungen in den Hintergrund treten, und die Berechnungen ergeben, dass die maximalen Zugspannungen in den Lochrändern auftreten. Soweit bekannt, machen nur drei Veröffentlichungen eine Ausnahme; es sind, in chronologischer Reihenfolge, die „Mitteilungen des Kaiser-Wilhelm-Institutes für Eisenforschung“ Nr. 135 (Erich Siebel), der „Bericht Nr. 213 der zweiten Weltkraftkonferenz (Berlin)“ und das „Bulletin des Associations Françaises de Propriétaires d'Appareils à Vapeur“, Nr. 43 (V. Kammerer und G. Parmentier). In den drei Abhandlungen wird nachgewiesen, dass die Maximalspannungen nicht in so hohem Masse als bisher angenommen, über die Durchschnittswerte hinausgehen, wie sie die gewöhnliche Formel für Gefässe mit innerem Druck ergibt. Während im ersten und im dritten der erwähnten Aufsätze die Frage eingehend behandelt wird, führt der Bericht der zweiten Weltkraftkonferenz, des Platzmangels halber, bloss die Rechnungsergebnisse an, sowie Schaulinien, aus denen die Verteilung der Spannungen in den Stegen zwischen den Rohrlöchern entnommen werden kann. Zweck der nachstehenden Untersuchung ist, die von Gebrüder Sulzer im Anschluss an den Bericht Nr. 213 aufgestellte Rechnungsmethode darzustellen. Es handelt sich dabei hauptsächlich um das Zusammenrücken der Spannungslinien längs der Lochränder, sowie um die durch das Einwalzen hervorgerufenen Spannungen.

Vom Einwalzen herrührende Spannungen. Beim Einwalzen der Rohrenden erleiden die Rohre und gewöhnlich auch eine gewisse Zone des die Löcher umgebenden Bleches eine plastische Formveränderung, bei der die Elastizitätsgrenze überschritten worden ist. Rings um diese Zone bildet sich eine zweite, in der nur eine elastische Dehnung stattfindet, die sich nach beendeter Einwalzung zusammenzieht und in der erstgenannten inneren Zone tangentielle Druckspannungen erzeugt. Die Beanspruchung der inneren Zone ist von grosser Wichtigkeit, was auch in den zwei anderen vorerwähnten Veröffentlichungen hervorgehoben wird. Die Kompression bewirkt, dass die maximalen Zugspannungen nicht am Lochrand, sondern im vollen Blech auftreten. Die nachfolgenden Berechnungen sind einer Abhandlung von Dr. G. Eichelberg, ehemals Chef der Abteilung für wissenschaftliche Forschungsarbeiten der Firma Gebrüder Sulzer, jetzt Professor der E. T. H. als Nachfolger von Prof. A. Stodola, entnommen.

Die Theorie geht von folgenden Annahmen aus: 1. Vor dem Einwalzen füllt das Rohr ohne Spiel und ohne Spannung die Öffnung genau aus; 2. Das Einwalzen wird bewirkt durch einen inneren Druck p_0 , der gleichmässig über die Innenwand des Rohres verteilt ist; 3. Rohr und Blechwand bestehen aus zähem Material, dessen Festigkeit auch nach einer vorübergehenden Ueberschreitung der Elastizitätsgrenze unverändert bleibt.

Ferner ist vorausgesetzt, dass die ausserhalb des Einwalzloches gelegenen Rohrpartien keinen Einfluss auf den eingewalzten Teil ausüben. Alsdann gilt nach Abb. 1 folgende Gleichgewichtsbedingung:

$$d(r \sigma_r) = \sigma_t dr \quad (1)$$

und man erhält für die elastisch deformierte Zone die bekannten Gleichungen der Platten:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r &= \frac{-\sigma_s}{2} \frac{r_2^2}{r^2} \\ \sigma_t &= \frac{\sigma_s}{2} \frac{r_2^2}{r^2} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

In der plastisch deformierten Zone sind die Grenzspannungen auf Schub überall überschritten worden, was sich folgendermassen ausdrückt:

$$\sigma_t - \sigma_r = \sigma_s \quad (3)$$

oder

$$\sigma_t^2 + \sigma_r^2 - \sigma_t \sigma_r = \sigma_s^2 \quad (3a)$$

worin σ_s die Elastizitätsgrenze bei einaxiger Zugbeanspruchung bedeutet.

Die Gleichgewichtsbedingung (1) lässt sich analytisch integrieren, wenn die Bildsamkeitsbedingung (3) eingesetzt wird, und man erhält:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r &= \sigma_s \left(-\frac{1}{2} + \ln \frac{r}{r_2} \right) \\ \sigma_t &= \sigma_s \left(\frac{1}{2} + \ln \frac{r}{r_2} \right) \end{aligned} \right\}$$

Wird die Gleichung (3a) statt (3) benützt, so muss numerisch integriert werden; die Resultate sind indessen annähernd die gleichen. Abb. 2 zeigt die Kurven der Tangentialspannungen σ_t und der Radialspannungen σ_r für verschiedene Werte des Einwalzdruckes p_0 . Oben sind die Spannungen σ_t und σ_r während des Einwalzens, unten die Werte dieser Spannungen nach Verschwinden des Einwalzdruckes p_0 eingezeichnet. Man erkennt, dass die bleibenden

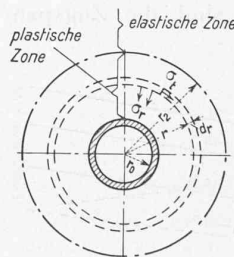


Abb. 1. Bezeichnungen.