

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 123/124 (1944)
Heft: 14

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: 17.05.2025

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

INHALT: Die Berechnung der Betonauskleidung von Druckstollen. — Holzerzeugung und Holztransport bei pfleglicher Waldwirtschaft. — Wettbewerb für ein Primarschulhaus auf dem Felsberg in Luzern. — Gasforschung und Gasverwertung. — Eine nichtgehaltene G. E. P.-Bankette. — Mitteilungen: Akademischer Fortbildungskurs und Jubiläums-Generalversammlung der G. E. P. Generalversammlungen des S. E. V. und V. S. E. Marseille-Rotterdam en chaland ... Réve, utopie? Eidg. Tech-

nische Hochschule. Die wirtschaftlichste Eisenbahntrasse einer Gebirgsüberquerung. Zementationierung. Schweizerische Vereinigung für Gesundheitstechnik. Bauten aus Eisenbeton-Fertigteilen. Schweiz. Azetylen-Verein. Kunstgewerbemuseum Zürich. — Wettbewerbe: Schlachthof in Olten. Ortsgestaltung von Männedorf. Ortsplanungs-Wettbewerb Frauenfeld. Schulhaus mit Turnhalle «im Gut», Zürich. — Nekrologe: Friedrich Brändle. Albert Kuhn. — Literatur. — Vortragskalender.

Die Berechnung der Betonauskleidung von Druckstollen

Von Dipl. Ing. OTTO FREY-BAER, Baden

Das Problem der Dimensionierung von Stollenauskleidungen ist nicht neu. Eingehende Untersuchungen wurden bereits für Druckschächte ausgeführt, deren hoher Innendruck eine Blechpanzerung erforderte. Aber auch bei Druckstollen mit kleinerem Innendruck bis zu 150 m Wassersäule kann aus verschiedenen Gründen eine Betonauskleidung erforderlich sein, wobei jedoch an den Beton einer solchen Auskleidung wesentlich grössere Anforderungen gestellt werden müssen als an den Beton eines gepanzerten Querschnittes, bei dem die Dichtungsaufgabe von der Panzerung übernommen wird. Wie die nachfolgenden Ausführungen zeigen sollen, sind die in einer einfachen Betonauskleidung auftretenden Spannungen je nach dem durchfahrenen Gebirge ganz beträchtlich, sodass es grosse Schwierigkeiten verursacht, absolut rissfrei zu konstruieren. Die Rolle, die eine allfällige Rundeisenarmierung im Kräftespiel eines solchen Stollenquerschnittes übernimmt, ist besonderer Beachtung wert.

Wie bei allen unseren Berechnungen sind wir auch beim vorliegenden Problem auf gewisse Annahmen angewiesen, die von den tatsächlichen Verhältnissen mehr oder weniger abweichen. Beispielsweise müssen wir voraussetzen, dass das Gebirge ein homogener, elastischer Körper sei. Wie schon mehrfach in Stollen ausgeführte Elastizitätsmessungen gezeigt haben, ist diese Annahme nicht so roh, wie es auf den ersten Blick scheint, sie hält jedenfalls einem Vergleich mit den im Betonbau üblichen Annahmen durchaus stand. Hier wie dort sind in unseren Resultaten die Stellen nach dem Komma weniger wichtig; wir müssen vielmehr bestrebt sein, die zu erwartenden ungünstigsten Verhältnisse in richtigem Masse zu berücksichtigen.

1. Theoretische Grundlagen

Das Hooke'sche Gesetz gilt für Beton nur angenähert, für Granit jedoch ist die Abweichung von diesem Gesetz noch beträchtlicher. C. Bach¹⁾ hat für Granit gefunden:

$$\text{Druck: } -50,0 < \sigma < 0 \text{ kg/cm}^2 \quad \varepsilon = \frac{1}{250\,000} \sigma^{1,132}$$

$$\text{Zug: } 0 < \sigma < 21 \text{ kg/cm}^2 \quad \varepsilon = \frac{1}{235\,000} \sigma^{1,374}$$

Da diese Beziehungen zwischen Spannung und spezifischer Dehnung je nach Felsqualität wiederum gewissen Schwankungen unterworfen sind, muss zur Vereinfachung sowohl für den Beton als auch für den Fels das Hooke'sche Gesetz angewendet werden.

Als Berechnungsgrundlage dient die Theorie für dickwandige Rohre, wie sie z. B. in Föppl, Technische Mechanik, III. Band, Festigkeitslehre, § 58 der 12. Auflage, dargestellt ist.

Wir bezeichnen mit:

u = elastische Vergrößerung des Radius x ;

ε_t = spez. Dehnung in tangentialer Richtung;

ε_r = spez. Dehnung in radialer Richtung.

Da die Länge eines Kreisumfangs proportional mit dem Radius wächst, ist $\varepsilon_t = \frac{u}{x}$. Die Grösse eines Elementes in radialer Richtung nach erfolgter Formänderung ist $dx + \frac{du}{x} dx$

und die entsprechende spez. Dehnung beträgt somit $\varepsilon_r = \frac{du}{dx}$.

Gemäss dem erweiterten Hooke'schen Gesetze ist:

$$\varepsilon_t = \frac{1}{E} \left(\sigma_t - \frac{1}{m} \sigma_r \right) \quad \varepsilon_r = \frac{1}{E} \left(\sigma_r - \frac{1}{m} \sigma_t \right)$$

m = Poisson'sche Zahl

Durch Auflösen dieser beiden Gleichungen und Einsetzen der oben gefundenen Werte für ε_t und ε_r erhalten wir:

¹⁾ C. Bach: «Elastizität und Festigkeit»; 8. Auflage, Seite 90.

$$\sigma_t = \frac{mE}{m^2 - 1} \left(m \frac{u}{x} + \frac{du}{dx} \right)$$

$$\sigma_r = \frac{mE}{m^2 - 1} \left(m \frac{du}{dx} + \frac{u}{x} \right)$$

Werden nun an einem Element mit den Grössen in radialer Richtung von dx und in tangentialer Richtung von $x da$ und $(x + dx) da$ die Seitenkräfte angebracht und in radialer Richtung die Gleichgewichtsbedingung angeschrieben, ergibt sich die Gleichung

$$x^2 \frac{d^2 u}{dx^2} + x \frac{du}{dx} - u = 0$$

Die Lösung dieser Differentialgleichung lautet:

$$u = Bx + \frac{C}{x}$$

Die beiden Integrationskonstanten B und C müssen jeweils mittels der Randbedingungen berechnet werden.

2. Berechnung des Elastizitätsmoduls des Gebirges

Der E -Modul des Gebirges ist in der Regel kleiner als derjenige eines Handstückes vom gleichen Material. Um den E -Modul der Stollenwandung in einem bestimmten Querschnitt einwandfrei feststellen zu können, ist es unerlässlich, in diesem Querschnitt Dehnungsmessungen vorzunehmen. Es wird daher vorausgesetzt, dass die Radiusvergrößerung u bei einem erzeugten Innendruck p_i bekannt ist. Der Radius des Ausbruch-Profiles sei b , der Aussenradius des «dickwandigen Rohres» unendlich. Die Randbedingungen zur Berechnung der Integrationskonstanten lauten somit:

$$x = \infty : (\sigma_r)^{x=\infty} = 0 \quad \dots \quad (1)$$

$$x = b : (\sigma_r)^{x=b} = -p_i \quad \dots \quad (2)$$

Aus der Bedingung (1) ergibt sich $m \frac{du}{dx} + \frac{u}{x} = 0$. Darin bedeuten $u = Bx + \frac{C}{x}$ und $\frac{du}{dx} = B - \frac{C}{x^2}$. Setzt man diese

Werte für u und $\frac{du}{dx}$ ein, so erhalten wir

$$mB + B = 0; \quad B = 0$$

Die zweite Bedingung lautet:

$$-p_i = \frac{mE}{m^2 - 1} \left(-m \frac{C}{b^2} + \frac{C}{b^2} \right) = \frac{mE}{m^2 - 1} \frac{1 - m}{b^2} C$$

$$C = p_i b^2 \frac{m + 1}{mE}$$

$$(u)^{x=b} = \frac{C}{b} = \frac{p_i b (m + 1)}{mE}$$

$$E = \frac{p_i b (m + 1)}{u m}$$

Darin bedeuten:

p_i = Innerer Wasserdruck

b = Radius des Stollenprofils

u = Längenänderung des Radius (Vergrößerung positiv, Verkleinerung negativ)

m = Poisson'sche Konstante $\cong 6$

Eine kürzlich ausgeführte Dehnungsmessung in einem Stollen von 2,40 m $\varnothing$ hat bei einem Innendruck von 10 kg/cm² ein $u = 0,01875$ cm ergeben. Damit konnte der E -Modul des Felsens sehr einfach ermittelt werden:

$$E = \frac{10 \cdot 120}{0,01875} \cdot \frac{7}{6} = 75\,000 \text{ kg/cm}^2$$

3. Spannungen im unverkleideten Felsmantel bei Innendruck

Bei der Berechnung des E -Moduls des Felsmantels hat sich ergeben:

$$B = 0 \quad C = p_i b^2 \frac{(m + 1)}{mE}$$

Damit lassen sich die Spannungen leicht berechnen:

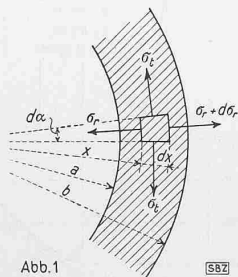


Abb. 1

582