

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 119/120 (1942)
Heft: 8

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: 04.02.2026

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

INHALT: Ueber die Bemessung h6lzerner Knickst6be mit Hilfe von Nomogrammen. — Die Saaletalsperre bei Hohenwarte in Th6ringen. — Die Beseitigung und R6ckgewinnung von Oelen aus Abw6ssern. — Probleme der modernen Flugzeugf6hrung und Navigation. — Massnahmen zur Erh6hung der Produktion der Wasserkraft-Elektrizit6tswerke. — Kirchen-Neubauten in Z6rich-Friesenberg und -Seebach. — Vergr6sserung

der St. Martinskirche in Visp. — Mitteilungen: Ein doppeltes Jubil6um. Die Eisenversorgung Japans. Bauten und Projekte der Jungen. Stiftung der LA f6r Kunst und Forschung. Gegenw6rtige Produktionsm6glichkeit der schweiz. Laufwerke. Elektrodenfabrik der Werkzeugmaschinenfabrik Oerlikon. Eidg. Kriegs-Industrie- und Arbeitsamt. Die «Pilatus-Flugzeugwerke» in Stans. — Mitteilungen der Vereine. — Vortragskalender.

Band 119

Der S. I. A. ist f6r den Inhalt des redaktionellen Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet

Nr. 8

Ueber die Bemessung h6lzerner Knickst6be mit Hilfe von Nomogrammen

Von Prof. Dr. Ing. ARVO YLINEN, Technische Hochschule Helsinki

Zur Bemessung der im Br6ckenbau und Hochbau vorkommenden h6lzernen Knickst6be wird gew6hnlich das bekannte ω -Verfahren angewandt. Hiernach wird die auf den Stab wirkende Druckkraft P mit der Knickzahl ω multipliziert und die Kraft ωP durch die Querschnittfl6che F des Stabes dividiert. Die auf diese Weise erhaltene, gedachte Spannung σ muss kleiner oder h6chstens ebenso gross wie die zul6ssige Druckspannung σ_{zul} des verwendeten Holzmaterials sein, also

$$\sigma = \frac{\omega P}{F} \leq \sigma_{zul}$$

Die Knicklast ω wird durch die Gleichung

$$\omega = \frac{\sigma_{zul}}{\sigma_{d\,zul}} = \frac{\sigma_{zul} \nu}{\sigma_K}$$

definiert, wo σ_K die Knickspannung, ν den Sicherheitskoeffizienten und $\sigma_{d\,zul} = \sigma_K/\nu$ die zul6ssige Druckspannung des Knickstabes bedeuten. Die Knickzahl ist eine Funktion des Schlankheitsgrades $\lambda = l/i$ des Stabes, wo l die Knickl6nge des Stabes und i der dem kleinsten Tr6gheitsmoment J seiner Querschnittfl6che entsprechende Tr6gheitsradius $i = \sqrt{\frac{J}{F}}$ ist.

Die erforderliche Querschnittfl6che des Stabes kann mit Hilfe des ω -Verfahrens nicht direkt berechnet, sondern sie muss durch Probieren ermittelt werden, weil die Knickzahl vom Schlankheitsgrad des Stabes abh6ngt und dieser wiederum durch Vermittlung des Tr6gheitsradius von der Querschnittfl6che und dem Tr6gheitsmoment abh6ngig ist. Da beide unbekannt sind, m6ssen die Abmessungen der Querschnittfl6che zuerst angenommen, der Schlankheitsgrad und die ihm entsprechende Knickzahl berechnet und schliesslich gepr6ft werden, ob diese Werte der obigen Ungleichung gen6gen. Ist dies nicht der Fall, so m6ssen die Abmessungen der Querschnittfl6che ge6ndert und muss die Rechnung so oft wiederholt werden, bis das gew6nschte Ergebnis erreicht ist.

Im folgenden geben wir ein Verfahren, mit dessen Hilfe die erforderliche Querschnittfl6che des Stabes direkt ohne wiederholtes Probieren bestimmt werden kann. Zu diesem Zweck nehmen wir als Ausgangspunkt die von Engesser¹⁾ verallgemeinerte Euler'sche Knickformel
$$\sigma_K = \frac{\mu \pi^2 T_K}{\lambda^2} \dots \dots \dots (1)$$

die f6r alle Werte des Schlankheitsgrades G6ltigkeit hat. In der Formel bedeutet μ den durch die Befestigungsart der Enden bestimmten Einspannkoeffizienten und T_K den Knickmodul. Der Wert des Einspannkoeffizienten schwankt innerhalb der Grenzen $1/4 \leq \mu \leq 4$. In der Praxis kommt meistens $\mu = 1$ in Frage und zwar in dem Falle, wo beide Enden des Stabes gelenkig gelagert sind. Sofern die Enden des Stabes fest eingespannt sind, ist $\mu = 4$.

Der Wert des Knickmoduls T_K schwankt je nach dem, ob es sich um ein Ausknicken im elastischen oder im unelastischen Bereich handelt. Im elastischen Bereich, wo die Knickspannung kleiner als die Proportionalit6tsgrenze σ_P des Materials ist, ist der Knickmodul T_K gleich dem Elastizit6tsmodul E des Materials. F6r Nadelholz kann man $\pi^2 E = 1\,000\,000$ kg/cm² nehmen. F6r den Fall, dass die Stabenden gelenkig gelagert sind, erh6lt man dann aus der Formel (1)

$$\sigma_K = \frac{1\,000\,000}{\lambda^2} \dots \dots \dots (2)$$

Die Formel gilt, wenn $\lambda > 100$ ist.

Im unelastischen Bereich f6llt der Knickmodul allm6hlich unter den Wert $T_K = E$ und wird Null, wenn die Druckspannung die Druckfestigkeit des Materials erreicht. In welcher Weise diese Verkleinerung vor sich geht, h6ngt von der Form des Druckstauchungsdiagramms oberhalb der Proportionalit6tsgrenze und von der Form des Querschnittes ab.

Da die Anwendung des mit Hilfe des Druckstauchungsdiagramms ermittelten Knickmoduls im Zusammenhang mit der Formel (1) in der Praxis m6hsam w6re, wird die Knickspannung

¹⁾ Engesser, F.: Ueber die Knickfestigkeit gerader St6be, in «Zeitschrift des Arch. und Ing. Vereins zu Hannover», 1889, S. 455, sowie: Ueber Knickfragen, in «Schweiz. Bauzeitung», 1895, Bd. 26, S. 24.

im unelastischen Bereich gew6hnlich mit Hilfe einer empirischen Formel angegeben. Die gebr6uchlichste von diesen ist die Formel von Tetmajer

$$\sigma_K = \alpha - \beta \lambda \dots \dots \dots (3)$$

Hierbei kann die Einwirkung der Befestigungsart der Stabenden ber6cksichtigt werden, indem man der Formel eine allgemeinere Form²⁾ gibt

$$\sigma_K = \alpha - \beta \frac{\lambda}{\sqrt{\mu}} \dots \dots \dots (4)$$

Diese enth6lt als Spezialfall auch die Formel (3), wenn man $\mu = 1$ setzt.

Die Koeffizienten α und β sind Konstanten, deren Werte von der Beschaffenheit des verwendeten Materials abh6ngen. α entspricht zun6chst der Druckfestigkeit des Materials. F6r Nadelholz kann man $\alpha = 300$ kg/cm² und $\beta = 2$ kg/cm² nehmen. Die Formel (3) erh6lt dann die Form

$$\sigma_K = 300 - 2\lambda \dots \dots \dots (5)$$

die gilt, wenn $0 \leq \lambda \leq 100$ ist.

Nachdem wir derart die Gr6sse der Knickspannung im unelastischen Bereich durch die Formel von Tetmajer definiert haben, kann der Ausdruck f6r den ihr entsprechenden Knickmodul abgeleitet werden. Durch Eliminieren von λ aus den Formeln (1) und (4) findet man

$$T_K = \frac{\alpha^2 \sigma_K}{\beta^2 \pi^2} \left(1 - \frac{\sigma_K}{\alpha}\right)^2 \dots \dots \dots (6)$$

Im elastischen Bereich ist $T_K = E$, wie oben dargelegt worden ist.

Wenn man den Ausdruck des Knickmoduls (6) in die verallgemeinerte Euler'sche Formel (1) einsetzt, k6nnen beide Seiten mit σ_K gek6rzt werden. Indem man den Klammerausdruck mit der Querschnittfl6che F erweitert, wobei $\sigma_K F$ die Knickkraft P_K ist, und die Identit6t $\lambda^2 = l^2/i^2 = l^2 F/J$ ber6cksichtigt, ergibt sich

$$1 = \frac{\alpha^2 \mu J}{\beta^2 l^2 F} \left(1 - \frac{P_K}{\alpha F}\right)^2 \dots \dots \dots (7)$$

Um die Querschnittfl6che F aus dieser Formel l6sen zu k6nnen, muss das Tr6gheitsmoment I der Querschnittfl6che als Funktion von F ausgedr6ckt werden. Hierf6r setzen wir

$$F^2 = k I \dots \dots \dots (8)$$

wo k der sogen. Profilwert der Querschnittfl6che ist. Dieser ist eine dimensionslose Gr6sse, deren Wert nur von der Form der Querschnittfl6che abh6ngt. F6r geometrisch 6hnliche Querschnittformen, wie z. B. f6r den Kreis und das Quadrat, ist er eine Konstante. Indem man das Tr6gheitsmoment aus der Gleichung (8) in die Formel (7) einsetzt und diese Gleichung mit der Gr6sse $\left(\frac{\alpha F}{P_K}\right)^2$ multipliziert, kann man sie auf die Form bringen:

$$\left(\frac{\alpha F}{P_K}\right)^2 - \left(2 + \frac{\beta^2 k l^2}{\alpha \mu P_K}\right) \frac{\alpha F}{P_K} + 1 = 0 \dots \dots (9)$$

L6st man diese Gleichung nach der Gr6sse $\frac{\alpha F}{P_K}$ auf, so erh6lt man

$$\frac{\alpha F}{P_K} = 1 + \frac{\beta^2 k l^2}{2 \alpha \mu P_K} \pm \sqrt{\left(1 + \frac{\beta^2 k l^2}{2 \alpha \mu P_K}\right)^2 - 1}$$

Die Knickkraft ist $P_K = \nu P$, wo ν den Sicherheitskoeffizienten und P die zul6ssige Druckkraft bezeichnen. Indem man $P_K = \nu P$ einsetzt, kann die Formel

$$F = \frac{\nu P}{\alpha} \left[1 + \frac{\beta^2 k l^2}{2 \alpha \nu \mu P} \pm \sqrt{\left(1 + \frac{\beta^2 k l^2}{2 \alpha \nu \mu P}\right)^2 - 1}\right] (10)$$

geschrieben werden. Wir sehen, dass der Ausdruck der Querschnittfl6che aus zwei Faktoren zusammengesetzt ist. Der erste Faktor, $\frac{\nu P}{\alpha}$ bezeichnet die erforderliche Querschnittfl6che des Stabes unter der Voraussetzung, dass keine Knickgefahr besteht. Setzt man n6mlich die Stabl6nge $l = 0$, so erh6lt man gerade $F = \frac{\nu P}{\alpha}$. Der zweite Faktor, der Ausdruck in den eckigen

Klammern, gibt an, wieviel mal die Grundfl6che $\frac{\nu P}{\alpha}$ genommen werden muss, damit der Stab aush6lt ohne auszuknicken, wenn

²⁾ Ylinen, Arvo: Die Knickfestigkeit eines zentrisch gedruckten geraden Stabes im elastischen und unelastischen Bereich. Diss. Helsinki 1938, S. 96. (Siehe die Besprechung dieses Buches in «SBZ», Bd. 118, S. 168).