

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 hölzerner Knickstäbe mit Hilfe von Nomogrammen. — Die Saaleitalsperre bei Hohenwarte in Thüringen. — Die Beseitigung und Rückgewinnung von Oelen aus Abwässern. — Probleme der modernen Flugzeugführung und Navigation. — Massnahmen zur Erhöhung der Produktion der Wasserkraft-Elektrizitätswerke. — Kirchen-Neubauten in Zürich-Friesenberg und -Seebach. — Vergrösserung

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

Ueber die Bemessung hölzerner Knickstäbe mit Hilfe von Nomogrammen

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

Zur Bemessung der im Brückenbau und Hochbau vorkommenden hölzernen Knickstäbe wird gewöhnlich 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 Querschnittsfläche F des Stabes dividiert. Die auf diese Weise erhaltene, gedachte Spannung σ muss kleiner oder höchstens ebenso gross wie die zulässige 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 zulässige Druckspannung des Knickstabes bedeuten. Die Knickzahl ist eine Funktion des Schlankheitsgrades $\lambda = l/i$ des Stabes, wo l die Knicklängen des Stabes und i der dem kleinsten Trägheitsmoment J seiner Querschnittsfläche entsprechende Trägheitsradius $i = \sqrt{\frac{J}{F}}$ ist.

Die erforderliche Querschnittsfläche 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 abhängt und dieser wiederum durch Vermittlung des Trägheitsradius von der Querschnittsfläche und dem Trägheitsmoment abhängig ist. Da beide unbekannt sind, müssen die Abmessungen der Querschnittsfläche zuerst angenommen, der Schlankheitsgrad und die ihm entsprechende Knickzahl berechnet und schliesslich geprüft werden, ob diese Werte der obigen Ungleichung genügen. Ist dies nicht der Fall, so müssen die Abmessungen der Querschnittsfläche geändert und muss die Rechnung so oft wiederholt werden, bis das gewünschte Ergebnis erreicht ist.

Im folgenden geben wir ein Verfahren, mit dessen Hilfe die erforderliche Querschnittsfläche des Stabes direkt ohne wiederholtes Probieren bestimmt werden kann. Zu diesem Zweck nehmen wir als Ausgangspunkt die von Engesser¹⁾ verallgemeinerte Euler'sche Knickformel

$$\sigma_K = \frac{\mu \pi^2 T_K}{\lambda^2} \quad (1)$$

die für alle Werte des Schlankheitsgrades Gültigkeit 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 $\frac{1}{4} \leq \mu \leq 4$. 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 Proportionalitätsgrenze σ_P des Materials ist, ist der Knickmodul T_K gleich dem Elastizitätsmodul E des Materials. Für Nadelholz kann man $\pi^2 E = 1000000 \text{ kg/cm}^2$ nehmen. Für den Fall, dass die Stabenden gelenkig gelagert sind, erhält man dann aus der Formel (1)

$$\sigma_K = \frac{1000000}{\lambda^2} \quad (2)$$

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

Im unelastischen Bereich fällt der Knickmodul allmählich 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, hängt von der Form des Druckstauchungsdiagramms oberhalb der Proportionalitätsgrenze und von der Form des Querschnitts ab.

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

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

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

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

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

Diese enthält 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 abhängen. α entspricht zunächst der Druckfestigkeit des Materials. Für Nadelholz kann man $\alpha = 300 \text{ kg/cm}^2$ und $\beta = 2 \text{ kg/cm}^2$ nehmen. Die Formel (3) erhält dann die Form

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

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

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

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

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, können beide Seiten mit σ_K gekürzt werden. Indem man den Klammerausdruck mit der Querschnittsfläche F erweitert, wobei $\sigma_K F$ die Knickkraft P_K ist, und die Identität $\lambda^2 = l^2/I^2 = l^2 F/J$ berücksichtigt, ergibt sich

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

Um die Querschnittsfläche F aus dieser Formel lösen zu können, muss das Trägheitsmoment I der Querschnittsfläche als Funktion von F ausgedrückt werden. Hierfür setzen wir

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

wo k der sogen. Profilwert der Querschnittsfläche ist. Dieser ist eine dimensionslose Grösse, deren Wert nur von der Form der Querschnittsfläche abhängt. Für geometrisch ähnliche Querschnittsformen, wie z. B. für den Kreis und das Quadrat, ist er eine Konstante. Indem man das Trägheitsmoment aus der Gleichung (8) in die Formel (7) einsetzt und diese Gleichung mit der Grösse $\left(\frac{\alpha F}{P_K}\right)^2$ multipliziert, kann man sie auf die Form bringen:

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

Löst man diese Gleichung nach der Grösse $\frac{\alpha F}{P_K}$ auf, so erhält

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

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

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

geschrieben werden. Wir sehen, dass der Ausdruck der Querschnittsfläche aus zwei Faktoren zusammengesetzt ist. Der erste Faktor, $\frac{\nu P}{\alpha}$ bezeichnet die erforderliche Querschnittsfläche des Stabes unter der Voraussetzung, dass keine Knickgefahr besteht.

Setzt man nämlich die Stablänge $l = 0$, so erhält man gerade $F = \frac{\nu P}{\alpha}$. Der zweite Faktor, der Ausdruck in den eckigen Klammern, gibt an, wieviel mal die Grundfläche $\frac{\nu P}{\alpha}$ genommen

werden muss, damit der Stab aushält ohne auszuknicken, wenn

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

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