

Objekttyp: **TableOfContent**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **119/120 (1942)**

Heft 8

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

<http://www.e-periodica.ch>

INHALT: Ueber die Bemessung h"olzerner Knickst"abe mit Hilfe von Nomogrammen. — Die Saaletalsperre bei Hohenwarte in Th"uringen. — Die Beseitigung und R"uckgewinnung von Oelen aus Abw"assern. — Probleme der modernen Flugzeugf"uhrung und Navigation. — Massnahmen zur Erh"ohung der Produktion der Wasserkraft-Elektrizit"atswerke. — Kirchen-Neubauten in Z"urich-Friesenberg und -Seebach. — Vergr"osserung

der St. Martinskirche in Visp. — Mitteilungen: Ein doppeltes Jubil"aum. Die Eisenversorgung Japans. Bauten und Projekte der Jungen. Stiftung der LA f"ur Kunst und Forschung. Gegenw"artige Produktionsm"oglichkeit 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 f"ur 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 h"olzerner Knickst"abe mit Hilfe von Nomogrammen

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

Zur Bemessung der im Br"uckenbau und Hochbau vorkommenden h"olzernen Knickst"abe wird gew"ohnlich 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 Querschnittfl"ache F des Stabes dividiert. Die auf diese Weise erhaltene, gedachte Spannung σ muss kleiner oder h"ochstens ebenso gross wie die zul"assige 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 zul"assige Druckspannung des Knickstabes bedeuten. Die Knickzahl ist eine Funktion des Schlankheitsgrades $\lambda = l/i$ des Stabes, wo l die Knickl"ange des Stabes und i der dem kleinsten Tr"agheitsmoment J seiner Querschnittfl"ache entsprechende Tr"agheitsradius $i = \sqrt{\frac{J}{F}}$ ist.

Die erforderliche Querschnittfl"ache 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 abh"angt und dieser wiederum durch Vermittlung des Tr"agheitsradius von der Querschnittfl"ache und dem Tr"agheitsmoment abh"angig ist. Da beide unbekannt sind, m"ussen die Abmessungen der Querschnittfl"ache zuerst angenommen, der Schlankheitsgrad und die ihm entsprechende Knickzahl berechnet und schliesslich gepr"uft werden, ob diese Werte der obigen Ungleichung gen"ugen. Ist dies nicht der Fall, so m"ussen die Abmessungen der Querschnittfl"ache ge"andert und muss die Rechnung so oft wiederholt werden, bis das gew"unschte Ergebnis erreicht ist.

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

die f"ur alle Werte des Schlankheitsgrades G"ultigkeit 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 Proportionalit"atsgrenze σ_P des Materials ist, ist der Knickmodul T_K gleich dem Elastizit"atsmodul E des Materials. F"ur Nadelholz kann man $\pi^2 E = 1\,000\,000$ kg/cm² nehmen. F"ur den Fall, dass die Stabenden gelenkig gelagert sind, erh"alt man dann aus der Formel (1)

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

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

Im unelastischen Bereich f"allt der Knickmodul allm"ahlich 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, h"angt von der Form des Druckstauchungsdiagramms oberhalb der Proportionalit"atsgrenze 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 m"uhsam w"are, wird die Knickspannung

¹⁾ Engesser, F.: Ueber die Knickfestigkeit gerader St"abe, 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 gew"ohnlich mit Hilfe einer empirischen Formel angegeben. Die gebr"auchlichste von diesen ist die Formel von Tetmajer

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

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

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

Diese enth"alt 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 abh"angen. α entspricht zun"achst der Druckfestigkeit des Materials. F"ur Nadelholz kann man $\alpha = 300$ kg/cm² und $\beta = 2$ kg/cm² nehmen. Die Formel (3) erh"alt dann die Form

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

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

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

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

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, k"onnen beide Seiten mit σ_K gek"urzt werden. Indem man den Klammerausdruck mit der Querschnittfl"ache F erweitert, wobei $\sigma_K F$ die Knickkraft P_K ist, und die Identit"at $\lambda^2 = l^2/i^2 = l^2 F/J$ ber"ucksichtigt, ergibt sich

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

Um die Querschnittfl"ache F aus dieser Formel l"osen zu k"onnen, muss das Tr"agheitsmoment I der Querschnittfl"ache als Funktion von F ausgedr"uckt werden. Hierf"ur setzen wir

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

wo k der sogen. Profilwert der Querschnittfl"ache ist. Dieser ist eine dimensionslose Gr"osse, deren Wert nur von der Form der Querschnittfl"ache abh"angt. F"ur geometrisch "ahnliche Querschnittformen, wie z. B. f"ur den Kreis und das Quadrat, ist er eine Konstante. Indem man das Tr"agheitsmoment aus der Gleichung (8) in die Formel (7) einsetzt und diese Gleichung mit der Gr"osse $\left(\frac{\alpha F}{P_K}\right)^2$ multipliziert, kann man sie auf die Form bringen:

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

L"ost man diese Gleichung nach der Gr"osse $\frac{\alpha F}{P_K}$ auf, so erh"alt 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 zul"assige 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 Querschnittfl"ache aus zwei Faktoren zusammengesetzt ist. Der erste Faktor, $\frac{\nu P}{\alpha}$ bezeichnet die erforderliche Querschnittfl"ache des Stabes unter der Voraussetzung, dass keine Knickgefahr besteht. Setzt man n"amlich die Stabl"ange $l = 0$, so erh"alt man gerade $F = \frac{\nu P}{\alpha}$. Der zweite Faktor, der Ausdruck in den eckigen

Klammern, gibt an, wieviel mal die Grundfl"ache $\frac{\nu P}{\alpha}$ genommen werden muss, damit der Stab aush"alt 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).