

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 85 (1967)
Heft: 16

Artikel: Torsionszustände des gekrümmten Balkens
Autor: Benedetti, C. / Messerli, K.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-69436>

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: 12.02.2026

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

Dem Beispiele der Gasverbund Mittelland AG folgend, ist im Januar 1966 die *Gasverbund Ostschweiz AG (GVO)* gegründet worden. Ihr gehören zur Zeit 12 Partnerstädte und Gemeinden der Nordostschweiz an. Im September 1966 hat die Gesellschaft dem Bund das Konzessionsgesuch für den Bau und den Betrieb der projektierten Gasfernleitung eingereicht; sie konnte im abgelaufenen Jahre bereits mit den Vermessungsarbeiten sowie mit dem Erwerb der Durch-

leitungsrechte beginnen. – Die Fernleitungsnetze der beiden Verbundsysteme (GVM und GVO) werden die ideale Voraussetzung bilden für den Bau von Verbindungen zu den europäischen Fern- und Erdgastransportnetzen, die auch gegen die Schweizergrenzen vordringen und unserem Lande die Möglichkeit bieten, zu gegebener Zeit ein weiteres, wertvolles Mittel zur Deckung des steigenden Energiebedarfs einzusetzen.

Torsionszustände des gekrümmten Balkens

DK 624.072.6

Von Dr. C. Benedetti, Ing., Rom, und K. Messerli, dipl. Bauing., Bern

A. Übersicht

Zweck der vorliegenden Untersuchung ist die Erweiterung der Statik des geraden Balkens auf diejenige des in seiner Ebene gekrümmten Balkens. Insbesondere werden die Torsionszustände des gekrümmten Balkens mit Hohlquerschnitt (offener und geschlossener Hohlquerschnitt) hergeleitet. Man erkennt dabei, dass die Gleichungen, die dieses Problem beherrschen, immer und für jeden Balkentyp Sonderfälle einer einzigen Differentialgleichung IV. Ordnung sind. Es ist vorgesehen, die Integration dieser Gleichung in einem späteren Aufsatz zu behandeln.

B. Bezeichnungen

M	Biegemoment
Q	Querkraft
T	Torsionsmoment
T_τ	Schubanteil der Torsion
T_σ	Flanschbiegungsanteil der Torsion
p	gleichmässig verteilte Belastung
m_t	gleichmässig verteiltes äusseres Torsionsmoment
B	Biegesteifigkeit
C	Torsionssteifigkeit der Schubspannungen
A	Torsionssteifigkeit der Längsspannungen
E	Elastizitätsmodul
G	Schubmodul
r	Krümmungsradius der Balkenaxe = Ort der Schubmittelpunkte
s	Bogenlänge der Balkenaxe = Abszisse der Balkenaxe
φ	Verdrehungswinkel
$\varphi', \varphi'' \dots$	Ableitungen von φ nach s
w	Durchbiegung der Balkenaxe (senkrecht zur Balkenebene)
w'	Neigung der Balkenaxe
w''	Krümmung der Balkenaxe
O	Drehzentrum = Schubmittelpunkt
O_1	primäres Drehzentrum oder Schubmittelpunkt bei Kastenquerschnitten
O_2	sekundäres Drehzentrum oder Schubmittelpunkt bei Kastenquerschnitten
i	Index der Scheibe i des Querschnittes
a_i	Abstand der Scheibe i von O_1
a'_i	Abstand der Scheibe i von O_2
d_i	Scheibenstärke
b_i	Scheibenlänge
ξ_i	Durchbiegung der Scheibe i in ihrer Ebene infolge φ allein
β_i	Winkel zwischen der Scheibe i und der Balkenebene
η_i	Totale Durchbiegung der Scheibe i in ihrer Ebene
η_i	Komponente der Durchbiegung w der Balkenaxe auf die Ebene der Scheibe i
η''	Krümmung der Balkenaxe
$\Delta\sigma$	Änderung der Längsspannungen im Profil des Querschnittes statisch unbestimmter Schubfluss, welcher längs dem Profil des Hohlquerschnittes fliesst
u	Abwicklung des Profils des Hohlquerschnittes

C. Herleitung der Torsionsgleichungen

1. Der allgemeinste Zustand von Verdrehung und Verbiegung eines Balkens mit *Hohlquerschnitt* wird, neben den bekannten Voraussetzungen der Elastizitätstheorie, beherrscht vom Prinzip der *Form-erhaltung des Querschnittes*, das bei reiner Biegung mit dem Prinzip des Ebenbleibens des Querschnittes identisch ist.

Die Verdrehung φ eines Querschnittes um einen Punkt im Endlichen bewirkt für jedes Element, in welches der Querschnitt ideell zer-

legt wird, *Verschiebungen* w (ausser den Verdrehungen φ gleicher Grösse für jedes Element um dessen Schwerpunkt). Diese Verschiebungen bestimmen im Längssinn, d. h. parallel der Balkenaxe, die Krümmungen w'' und ein Biegemoment.

Somit hat sich gezeigt, dass Torsionsbeanspruchungen ausser den Schubspannungen τ auch *Längsspannungen* σ hervorrufen.

2. Die infolge der Torsion in einem Balken aufgespeicherte elastische Energie kann in zwei Anteile gespalten werden, welche in Funktion von τ und σ stehen.

In gleicher Weise kann der Vektor Torsion T als Resultierende zweier Anteile, T_τ und T_σ , aufgefasst werden, d. h. $T = T_\tau + T_\sigma$. T_τ ist der Schubanteil, T_σ der Flanschbiegungsanteil der Torsion.

Die Theorie der Torsion ist nach den oben erläuterten Voraussetzungen für den geraden Balken entwickelt worden. Der Zweck der vorliegenden Arbeit ist die Ausdehnung dieser Theorie auf die Torsion des gekrümmten Balkens.

3. Vorerst sind die Ausdrücke, mit welchen die Statik und die Elastizität eines *nicht hohlen* Elementes beherrscht wird, in den gekrümmten Bereich zu transformieren.

Diese Gleichungen werden hier hergeleitet, und zwar für die Deformationen anhand von Bild 1 und für das Gleichgewicht der Kräfte mit Hilfe von Bild 2.

Zusammenhänge der Deformationen am gekrümmten Element (Bild 1)

Variation der totalen Verdrehung $\Delta\varphi^*$:

$$-\varphi + (\varphi + \Delta\varphi) \cos \alpha - (w' + \Delta w') \sin \alpha = \Delta\varphi^*$$

$$\Delta\varphi \cdot 1 - \frac{w'}{r} \Delta s = \Delta\varphi^*$$

$$\frac{\Delta\varphi}{\Delta s} - \frac{w'}{r} = \frac{\Delta\varphi^*}{\Delta s}$$

$$\lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{\Delta\varphi^*}{\Delta s} = \frac{d}{ds} \varphi^* = \varphi' - \frac{w'}{r}$$

Totale Krümmung η^{**} (Variation der totalen Neigung $\Delta\eta^{**}$):

$$-w' + (w' + \Delta w') \cos \alpha + (\varphi + \Delta\varphi) \sin \alpha = \Delta\eta^{**}$$

$$\Delta w' \cdot 1 + \frac{\varphi}{r} \Delta s = \Delta\eta^{**}$$

$$\frac{\Delta w'}{\Delta s} + \frac{\varphi}{r} = \frac{\Delta\eta^{**}}{\Delta s}$$

$$\lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{\Delta\eta^{**}}{\Delta s} = \frac{d}{ds} \eta^{**} = \eta^{**'} = w'' + \frac{\varphi}{r}$$

Nota: Es ist nicht möglich, eine analoge Relation für Δw anzuschreiben, und darum kann η^{**} nicht in w und φ ausgedrückt werden; deshalb müssen die Torsionsgleichungen im «Gekrümmten» in T' und nicht in T geschrieben werden.

Gleichgewichts-Gleichungen am gekrümmten Element (Bild 2)

Gleichgewicht bezüglich der Querkraft Q

$$Q - p \Delta s - (Q + \Delta Q) = 0$$

$$-p \Delta s - \Delta Q = 0$$

(1)

$$\lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta s} = \frac{dQ}{ds} = -p$$

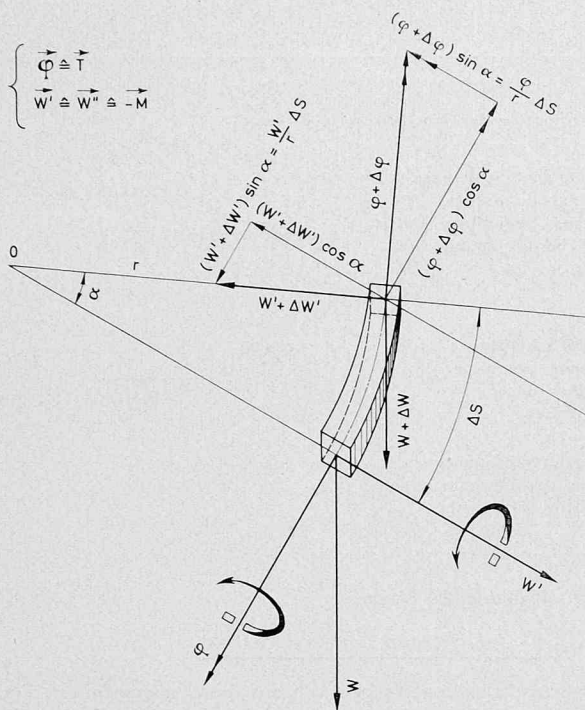


Bild 1. Zusammenhänge der Deformationen am gekrümmten Element

Gleichgewicht bezüglich des Biegemoments M :

$$M - (M + \Delta M) \cos \alpha + (T + \Delta T) \sin \alpha + (Q + \Delta Q) \Delta s = 0$$

$$-\Delta M \cdot 1 + \frac{T}{r} \Delta s + Q \Delta s = 0 \quad \frac{\Delta M}{\Delta s} = Q + \frac{T}{r}$$

$$\lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{\Delta M}{\Delta s} = \frac{dM}{ds} = Q + \frac{T}{r}$$

(2)

Gleichgewicht bezüglich des Torsionsmoments T :

$$T - (T + \Delta T) \cos \alpha - (M + \Delta M) \sin \alpha - m_t \Delta s = 0$$

$$-\Delta T \cdot 1 - \frac{M}{r} \Delta s - m_t \Delta s = 0 \quad \frac{\Delta T}{\Delta s} = - \left(m_t + \frac{M}{r} \right)$$

$$\lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{\Delta T}{\Delta s} = \frac{dT}{ds} = - \left(m_t + \frac{M}{r} \right)$$

(3)

Es gelten zusammenfassend die folgenden Gleichungen:

		für den geraden Balken (A)	für den gekrümmten Balken (B)
Durchbiegung	(1)	w	w
Neigung	(2)	$w' = \frac{\partial w}{\partial s}$	w'
Krümmung	(3)	$w'' = \frac{\partial^2 w}{\partial s^2}$	$w'' + \frac{\varphi}{r}$
Relative Verdrehung	(4)	$\varphi' = \frac{\partial \varphi}{\partial s}$	$\varphi' - \frac{w'}{r}$
Biegung	(5)	$M = -B w''$	$M = -B \left(w'' + \frac{\varphi}{r} \right)$
Torsion	(6)	$T = C \varphi'$	$T = C \left(\varphi' - \frac{w'}{r} \right)$
Beziehungen zwischen den Schnittkräften	(7)	$\frac{\partial Q}{\partial s} = -p$	$\frac{\partial Q}{\partial s} = -p$
	(8)	$\frac{\partial M}{\partial s} = Q$	$\frac{\partial M}{\partial s} = Q + \frac{T}{r}$
	(9)	$\frac{\partial T}{\partial s} = -m_t$	$\frac{\partial T}{\partial s} = - \left(m_t + \frac{M}{r} \right)$

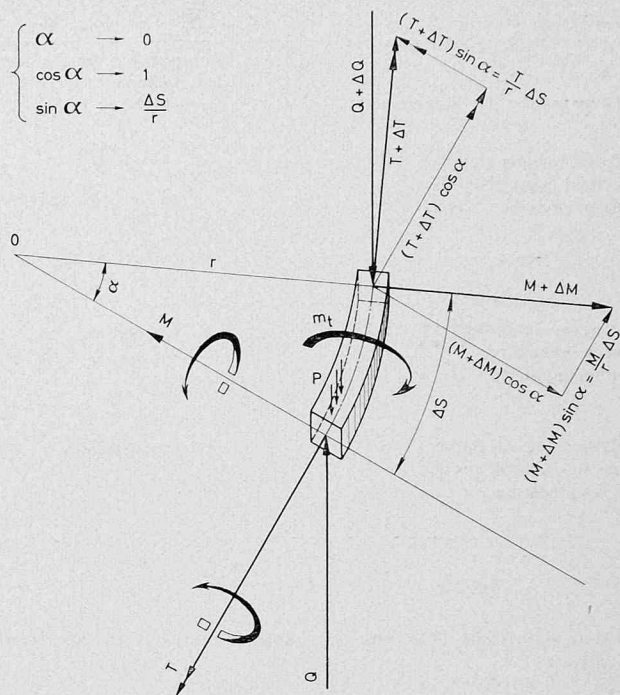


Bild 2. Gleichgewichts-Gleichungen am gekrümmten Element

4. Die vorliegenden Gleichungen (B) bilden die Grundlagen für die folgenden Ausführungen. Es sei vorausgeschickt, dass streng genommen jede Ableitung nach s , ausser der Veränderlichkeit der Deformationen w und φ auch der Veränderlichkeit der geometrischen und elastischen Grössen des Balkens Rechnung tragen müsste, d. h. von B , C , A und r . Im Hinblick auf eine einfachere Darstellung wird jedem Querschnitt ein bestimmter Wert dieser Grössen zugeordnet und in dessen Umgebung ihre Veränderlichkeit vernachlässigt, da sie praktisch genügend schwach ist (in der Baustatik üblich).

5. Das Prinzip der Formerhaltung verlangt, dass die Verdrehung φ gleiche Intensität über den ganzen Querschnitt aufweise und damit auch für alle Elemente, aus denen sich der Querschnitt zusammensetzt.

Die Verschiebungen ξ , abhängig von den Verdrehungen φ , sind indessen voneinander verschieden und an die Geometrie der Elemente gebunden. Andererseits ist die Resultierende einer Rotation und einer Translation immer zurückführbar auf eine Rotation gleicher Intensität um ein bestimmtes Zentrum, genannt das momentane Drehzentrum. Wegen dem Formerhaltungs-Prinzip müssen alle diese Zentren der verschiedenen Scheiben in einem einzigen, charakteristischen Punkt des Querschnittes zusammenfallen, dem *Rotationszentrum*. Dieser ist ferner der Angriffspunkt der Querkraft, die den Balken verformt, ohne den Querschnitt zu verdrehen und als solcher *Schubmittelpunkt* genannt.

Die Beweisführung wird als bekannt vorausgesetzt. Man geht davon aus, um die Lage des Rotations-Zentrums zu ermitteln. Es genügt dabei, die Gleichungen für das Gleichgewicht zwischen einer beliebigen Querkraft und den resultierenden zugehörigen Schubkräften in den Scheiben des betrachteten Querschnittes anzuschreiben.

6. Es sei darauf hingewiesen, dass das Resultat des obigen Rechnungsganges nicht ändert, ob nun die Gleichungen (A) oder (B) dazu verwendet werden, da das Gleichgewicht nicht von der Grösse der totalen Querkraft abhängig ist.

Daraus ist zu ersehen, dass der Schubmittelpunkt ein charakteristischer Punkt des Querschnittes ist und damit nur von dessen Geometrie abhängt, nicht aber von der Krümmung der Balkenaxe. Er ist dabei so definiert, dass bei seiner Bestimmung die Schubverformungen gegenüber den Biegeverformungen vernachlässigt werden.

7. Von der Krümmung der Balkenaxe hängt jedoch die Intensität der Verdrehung und der zugehörigen Verschiebungen ab: In Tabelle 1 werden die Krümmungs-Unterschiede in der Ebene der Scheibe i hergeleitet, die sich aus

- a) der Komponente der Balkenaxen-Deformation auf die Scheibenebene $\bar{\eta}_i$ und
- b) der resultierenden Deformation der Scheibe in ihrer Ebene, η_i , ergeben.

Die Verdrehung φ erzeugt demnach in der Scheibe i eine Veränderung der Krümmung gegenüber dem unverdrehten Zustand:

Tabelle 1.

Deformation der Balkenaxe	Komponente der Deformation der Balkenaxe auf die Ebene der Scheibe i	Totale Deformation der Scheibe i in ihrer Ebene
Durchbiegung der Balkenaxe gegenüber ihrer ursprünglichen Lage (B 1) w	$\bar{\eta}_i = w \cos \beta_i$	Verschiebung der Scheibenaxe in der Scheibenebene, wobei die Deformation aus Schubfluss (falls vorhanden) berücksichtigt wird $\eta_i = w \cos \beta_i + \xi - \frac{1}{G} \int \frac{S}{d_i} du$ $= w \cos \beta_i + a_i \varphi - \frac{1}{G} \int \frac{S}{d_i} du$
Neigung der Balkenaxe gegenüber ihrer ursprünglichen Lage (B 2) w'	$\bar{\eta}'_i = w' \cos \beta_i$	Neigung der Scheibenaxe in der Scheibenebene gegenüber ihrer ursprünglichen Lage $\bar{\eta}'_i = w' \cos \beta_i + a_i \left(\varphi' - \frac{w'}{r} \right) - \frac{S}{G d_i}$ B 4
Krümmung der Balkenaxe herrührend aus der Durchbiegung w (B 3) $w'' + \frac{\varphi}{r}$	$\bar{\eta}''_i = w'' \cos \beta_i + \frac{\varphi}{r} \cos \beta_i$	Krümmung der Scheibenaxe, herrührend aus der Durchbiegung w in der Ebene der Scheibe $\eta''_i = w'' \cos \beta_i + \frac{\varphi}{r} \cos \beta_i$ $a_i \left(\varphi'' - \frac{w''}{r} \right) - \frac{S'}{G d_i}$

$$\Delta \eta''_i = \eta''_i - \bar{\eta}''_i = a_i \left(\varphi'' - \frac{w''}{r} \right) - \frac{S'}{G d_i}.$$

Dazu gehört die Differenz der Längsspannungen an den Scheibenenden [1]:

$$\Delta \sigma = -E b_i \Delta \eta''_i = -a_i b_i E \left(\varphi'' - \frac{w''}{r} \right) - \frac{E b_i}{G d_i} S'.$$

Aus (B 5) erhält man:

$$-\frac{w''}{r} = \frac{\varphi}{r^2} + \frac{M}{r B}.$$

Somit wird

$$\Delta \sigma = -a_i b_i E \left(\varphi'' + \frac{\varphi}{r^2} + \frac{M}{r B} \right) - \frac{E b_i}{G d_i} S'.$$

Man weiss, dass $T'_\sigma \sim \Delta \sigma$ ist [1].

Wird obige Gleichung für alle n Scheiben, aus denen sich der Querschnitt zusammensetzt, angeschrieben, so erhält man S' in

Funktion von φ'' , $\frac{\varphi}{r^2}$ und $\frac{M}{r B}$.

Leitet man den Ausdruck $\Delta \sigma$ nach dem Einsetzen von S' zweimal ab, so erhält man, zusammengefasst,

$$T'_\sigma = -A \left(\varphi'' + \frac{\varphi}{r^2} + \frac{M}{r B} \right).$$

Mit $M' = Q + \frac{T}{r}$ (vgl. B 8) und $M'' = Q' + \frac{T'}{r} = -p + \frac{T'}{r}$ wird

$$T'_\sigma = -A \left(\varphi'' + \frac{\varphi}{r^2} - \frac{p}{r B} + \frac{T'}{r^2 B} \right).$$

Aus dem Fluss von S' um das Rotationszentrum (oder irgend einen Punkt des Querschnittes) resultiert der Schubanteil der Torsion (Moment)

$$T'_\tau = C \left(\varphi'' + \frac{\varphi}{r^2} + \frac{M}{r B} \right)$$

oder $T'_\tau = C \left(\varphi'' + \frac{\varphi}{r^2} - \frac{T'}{B} - \frac{m_t}{B} \right),$

mit $T' = T'_\tau + T'_\sigma$

wird $T' = C \left(\varphi'' + \frac{\varphi}{r^2} - \frac{T'}{B} - \frac{m_t}{B} \right) - A \left(\varphi'' + \frac{\varphi}{r^2} - \frac{p}{r B} + \frac{T'}{r^2 B} \right).$

Geordnet ergibt sich:

$$(I) \quad T' \left(1 + \frac{C}{B} + \frac{A}{r^2 B} \right) + \left(\frac{C}{B} m_t - \frac{A}{r B} p \right) = -A \varphi'' + \left(C - \frac{A}{r^2} \right) \varphi'' + \frac{C}{r^2} \varphi$$

$$\text{oder} \quad T' \left(1 + \frac{A}{r^2 B} \right) - \frac{C M + A p}{r B} = -A \varphi'' + \left(C - \frac{A}{r^2} \right) \varphi'' + \frac{C}{r^2} \varphi,$$

d. h. eine Gleichung des Typus:

$$(Ia) \quad a \varphi'' + b \varphi' + c \varphi = k_1 + k_2 T' = f$$

Durch Rückentwicklung ergeben sich aus dieser allgemeinsten Torsionsgleichung die Spezialfälle:

Gerader Balken $(r \rightarrow \infty)$

$$T' = C \varphi'' - A \varphi'' \quad \text{oder}$$

$$(II) \quad T = C \varphi' - A \varphi'$$

Gekrümmter Balken mit Vollquerschnitt $(a_i \equiv 0, A = 0)$

$$T' = C \left(\varphi'' + \frac{\varphi}{r^2} + \frac{M}{r B} \right) \quad \text{oder}$$

$$(III) \quad T' \left(1 + \frac{C}{B} \right) + \frac{m_t}{B} C = C \left(\varphi'' + \frac{\varphi}{r^2} \right)$$

Gerader Balken mit Vollquerschnitt $(a_i \equiv 0, r \rightarrow \infty)$

$$T' = C \varphi'' \quad \text{oder}$$

$$(IV) \quad T = C \varphi'.$$

Die Gleichung IV ist die bekannte Torsionsgleichung nach der Theorie von De Saint-Venant für gerade Balken mit Vollquerschnitt. Die Gleichung III ist die Erweiterung von Gl. IV für gekrümmte Balkenaxe (für Vollquerschnitt). Die Gleichung II stellt die bekannte Torsionsgleichung von Timoshenko [2] für gerade Balken mit Hohlquerschnitt dar. Die Gleichung I ist die entsprechende Form für gekrümmte Balken mit Hohlquerschnitt und die allgemeinste Form.

Die Integration der Gleichung ist möglich ausser durch die bekannten Methoden der Differentialgleichungen 4. Ordnung auch durch Zuhilfenahme der Affinität mit den Gl. (A 7, (A 8), angeschrieben in der Form $M'' = -p$.

Mit $\varphi'' = \psi$ erhält man aus (Ia)

$$\psi'' = \frac{f}{a} - \frac{b}{a} \psi - \frac{c}{a} \varphi,$$

welche erlaubt, ψ als Biegemoment μ auf einer gestreckten Hilfsaxe s zu interpretieren, belastet mit den auf der rechten Seite aufgeführten Gliedern, d. h.

$$\psi = \mu \left(-\frac{f}{a} \right) + \mu \left(\frac{b}{a} \psi \right) + \mu \left(\frac{c}{a} f \right).$$

Ist ψ bekannt, resultiert $\varphi'' = \psi$ aus der wiederholten Anwendung des aufgeführten Kriteriums

$\varphi = \mu(-\psi)$, was die gesuchte Lösung darstellt.

Bei Lösung sind die Randbedingungen zu berücksichtigen, die die Funktion φ und deren Ableitungen beherrschen.

Literatur

- [1] *Schleicher, F.*: Taschenbuch für Bauingenieure, I. Band. Biegung und Verdrehung des zusammengesetzten Vollwandträgers, von *F. Stüssi*. Springer-Verlag, 1955.
- [2] *Stüssi, F.*: Tragwerke aus Aluminium. Springer-Verlag, Berlin 1955.
- [3] *Bechert, H.*: Zur Berechnung der Kreisringfundamente «Beton- und Stahlbetonbau», Juni 1958.

Adressen der Verfasser: Dr. Ing. *Calogero Benedetti*, Roma, Viale Pinturicchio 89 und *Kurt Messerli*, dipl. Bauing., Effingerstrasse 6a, 3011 Bern.

Mitteilungen

Vergiftungen und Erstickungen bei unterirdischen Arbeiten im Tiefbau. Mit diesem Thema befassen sich die Schweizerischen Blätter für Arbeitssicherheit Nr. 78/79 vom Januar/März 1967, welche die Schweizerische Unfallversicherungsanstalt in Luzern herausgibt. Viele schwere Unfälle beweisen, dass die mit unterirdischen Arbeiten verbundenen Vergiftungs- und Erstickungsgefahren zu wenig bekannt sind und oft unterschätzt oder missachtet werden. Bei den giftigen Gasen handelt es sich vor allem um Kohlenmonoxid, nitrose Gase, Kohlendioxid, Schwefelwasserstoff- und Schwefeldioxid. Sie entstehen hauptsächlich beim Sprengen und beim Betrieb von Explosionsmotoren. Die Vergiftungsgefahr lässt sich mit Gasspürgeräten beurteilen und durch verschiedene Massnahmen abwenden, besonders durch Entlüftung und Belüftung. Zu Erstickungen kommt es bei Verarmung der Atemluft an Sauerstoff. Ein Sauerstoffmangel kann zum Beispiel verursacht werden durch die menschliche Atmung, durch Flammen oder durch die Bildung von Gasen, welche den relativen Sauerstoffgehalt der Luft herabsetzen. Der Erstickungsgefahr lässt sich durch genügende Lüfterneuerung begegnen. Mit einem Sauerstoffmangel ist besonders auf Baustellen zu rechnen, die lange unbelüftet waren, ferner in nicht belüfteten alten Stollen und Schächten und in schwach belüfteten unterirdischen Räumen, in denen plötzlich grössere Mengen giftige Gase aus dem Gestein austreten können. Wer solche Stellen betritt, muss sich vorher vergewissern, ob die Luft noch genügend Sauerstoff enthält und ob die Belüftung stark genug bemessen ist. Wenn es zu Vergiftungen oder Erstickungen gekommen ist, muss unverzüglich Erste Hilfe geleistet werden. Wie diese zu erfolgen hat und welche Atemschutzgeräte dabei zu tragen sind, wird ausgeführt. Zahlreiche Beschreibungen von Unfällen (u. a. eine ausführliche Darstellung des Unglückes von Robiei) und deren Ursachen, 11 Tabellen und 20 Bilder veranschaulichen die instruktiven Ausführungen.

Eidg. Technische Hochschule. Vom 1. Juni bis 31. Dez. 1966 hat die ETH folgenden Kandidaten der Abteilungen II, III A, III B und VIII den Dokortitel verliehen:

Abteilung für Bauingenieurwesen: *Anderheggen, Edoardo*, dipl. Bauing. ETH, belgischer Staatsangehöriger. *Einstein, Herbert*, dipl. Bauing. ETH, von Zürich.

Abteilung für Maschineningenieurwesen: *Lenz, Hans Peter*, Dipl.-Ing. TH Aachen, deutscher Staatsangehöriger. *Flatt, Peter*, dipl. Masch.-Ing. ETH, von Basel und Thalwil ZH. *Widmer, Fritz*, dipl. Masch.-Ing. ETH, von Ellikon a. d. Thur ZH. *Giesen, Franz*, Dipl.-Ing. TH Aachen, deutscher Staatsangehöriger.

Abteilung für Elektrotechnik: *Lalive d'Epinay, Alain-Gian*, dipl. El.-Ing. ETH, von Fribourg. *Terens, Lucien*, dipl. El.-Ing. ETH, luxemburgischer Staatsangehöriger. *Wunderlin, Willy*, dipl. El.-Ing. ETH, von Möhlin AG. *Iselin, Christoph*, dipl. El.-Ing. ETH, von Basel. *Doser, Rolf*, dipl. El.-Ing. ETH, von Aarau und Laufenburg AG. *Mansour, Mohamed Abdelrahman*, B. Sc., M. Sc. Electrical Engineering Alexandria University, Bürger der VAR. *Mahle, Christoph*, dipl. El.-Ing. ETH, österreichischer Staatsangehöriger. *Scott, Larry*, M.S.E.E., University of California, Berkeley, amerikanischer Staatsangehöriger. *Horvat, Ivan*, dipl. Ing. der Universität Zagreb (Jugoslawien), jugoslawischer Staatsangehöriger. *Villalaz, Carlos*, dipl. El.-Ing. ETH, panamaischer Staatsangehöriger. *Deak Miklos*, dipl. El.-Ing. Technische Universität Budapest, ungarischer Staatsangehöriger.

Abteilung für Kulturtechnik und Vermessung: *Nebiker, John Herbert*, B. Sc. in Civil Engineering, von Pratteln BL und Belmont (Massachusetts). *Habib, Abdel-Fattah Abdel-Maksoud*, B. Sc. Universität Kairo, Bürger der VAR.

Neuer Grenzleistungstransformator. Für einen im Ruhrgebiet zu errichtenden 345-MW-Kraftwerksblock mit Steinkohlefeuerung erhielt die AEG u. a. den Auftrag zur Lieferung des Maschinentransformators. Erstmals in Deutschland wird hierfür ein Drehstromtransformator für $245 \pm 12\%$ /21 kV mit der bedeutenden Leistung von 420 MVA

gebaut. Im Vergleich zu zwei parallel geschalteten Transformatoren halber Leistung oder dem Einsatz von drei Einphasenpolen, die zu einer Drehstromgruppe geschaltet werden, bietet die Lösung mit einer einzigen 420-MVA-Drehstromeinheit die Vorteile der geringeren Anlage- und Betriebskosten, der niedrigeren Leistungsverluste und nicht zuletzt des kleineren Platzbedarfs (DK 621.314).

Müll- und Abwasser-Behandlung. Die Fachleute dieser Gebiete werden die Zeitschrift «Bauen und Wohnen» im allgemeinen nicht studieren. Deshalb möchten wir sie hinweisen auf das Heft 3, 1967, das folgende Anlagen mit Plänen und Bildern beschreibt: Cheneviers-Genf, Frankfurt am Main, Basel (im Bau), Nürnberg (im Bau), Lausanne-Vidy, Aire-Genf.

Buchbesprechungen

Constructions en Béton Précontraint. Classes. Etats Limites. Volume I: Etude de la Section. Par *Y. Guyon*. Collection de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics. 362 p. avec 193 fig. et 22 tableaux. Paris 1966, Editions Eyrolles. Prix relié 128 F.

Die Grundlage dieses Buches ist die vom Verfasser im «Centre des hautes études du Béton armé et du Béton précontraint» gehaltene Vorlesung. Arbeiten verschiedener Ausschüsse werden berücksichtigt, insbesondere die des Ausschusses FIP-CEB (Fédération Internationale de la Précontrainte – Comité Européen du Béton) und der ASP (Association Scientifique de la Précontrainte). Diese Arbeiten befassen sich zum grössten Teil mit der in den letzten Jahren beobachteten Ausdehnung des Spannbetonbereiches für Konstruktionen, bei denen die Verlängerungen infolge Zugspannungen nicht mehr völlig ausgeschlossen sind. Das Resultat dieser Entwicklung ist eine Einteilung der Betonbauwerke in vier Klassen; die jeweiligen Grenzzustände der Zugfaser bestimmen diese Klassen.

Zu Klasse I gehören diejenigen Konstruktionen, welche jeden Zug ausschliessen; zu Klasse II diejenigen, welche jede Rissbildung des Zugbetons ausschliessen; zu Klasse III die vorgespannten Stahlbetonkonstruktionen und zu Klasse IV die nicht vorgespannten Stahlbetonkonstruktionen. Der Verfasser behandelt in seinem Werk natürlich nur die Probleme der drei ersten Klassen. Er schlägt uns neben den auf der Elastizitätstheorie beruhenden Bemessungsverfahren solche vor, die auf Bruch- und Risszustand beruhen. Die Anwendung dieser Methoden setzt aber voraus, dass die Schnittkräfte bekannt sind. Der Autor verweist den Leser für alle Fragen, die statisch unbestimmte Systeme betreffen, auf den zweiten Band seines vorhergehenden Werkes «Béton Précontraint». Die Vorlesung bezweckt die Lösung von Problemen aus der Festigkeitslehre und ist in gewisser Weise die Fortsetzung der früheren Werke des Autors über das gleiche Thema; schon deshalb verdient das Buch unsere Aufmerksamkeit.

Der Stoff wird methodisch entwickelt. Nach einer Darstellung der allgemeinen Begriffe und Charakteristiken der verwendeten Baustoffe und der Vorspannsysteme, die heutzutage benutzt werden, führt uns Professor Guyon in die Berechnung der Vorspannungsverluste ein. Vier Kapitel behandeln die Querschnittsbemessung mit den Gebrauchsformeln der Festigkeitslehre. Danach beginnt der interessanteste Teil der Vorlesung, wo der Autor die Grenzzustände der Rissbildung, des Biegebruchs und der dazugehörigen Sicherheitskoeffizienten festsetzt. Nun folgen einige praktische Anwendungen der Bemessung mit Hilfe von Bruchberechnungen und Grenzzustandsberechnungen für die Klassen I und II. Das letzte Kapitel ist dem vorgespannten Stahlbeton gewidmet (Klasse III).

Professor Guyon behandelt die meisten Probleme, die sich einem praktisch tätigen Ingenieur stellen – aber mehrere dieser Entwicklungen sind nur begrenzt interessant, da daraus keine rationell anwendbaren Berechnungsmethoden hervorgehen. Andererseits wird der Leser, mindestens am Anfang, durch die verwendeten Bezeichnungen verwirrt, da diese von den in der Schweiz üblichen sehr verschieden sind und auch den Empfehlungen der FIP-CEB nicht entsprechen. Trotzdem sollte man dem Autor dankbar sein, dass er die gleichen Bezeichnungen wie in seinen vorhergehenden Werken beibehalten hat, um dabei jeder Verwechslung bei dem Leser, der alle Werke konsultiert, vorzubeugen. Das Werk von Professor Guyon wird für die Bearbeitung eines Projektes immer nützlich sein, da es eine Anzahl interessanter, jedoch nicht sofort anwendbarer Erklärungen enthält. Ausserdem macht es das Kräftespiel, das bei einer vorgespannten Konstruktion auftritt, leichter verständlich. Aus diesem Grunde ist es besonders noch unerfahrenen Ingenieuren zu empfehlen.

J.-P. Morhardt, dipl. Bauing. ETH, Locarno