

**Zeitschrift:** IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH  
Kongressbericht

**Band:** 1 (1932)

**Artikel:** La stabilité de l'âme et des ailes des barres comprimées

**Autor:** Bleich, F.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-496>

### **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:** 08.02.2025

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

Diese Ueberlegungen waren es, die mich veranlassten, über die unter Annahme der Orthotropie abgeleiteten Formeln zu berichten, obwohl ich die Einwände kannte, die auf Grund der Versuche von Roš und Eichinger gegen die die Grundlage bildende Differentialgleichung erhoben wurden<sup>1</sup>.

Ich habe mich in meinem Bericht auf die Versuche bezogen, die anlässlich des Baues der Quebecbrücke durchgeführt wurden. Herr Schleicher bezweifelt die Beweiskraft dieser Versuche, mit dem Hinweis, dass für die Versuchsstäbe stahlartiges Material von  $4,79 \text{ t/cm}^2$  Festigkeit mit einer Streckgrenze von rd.  $3,0 \text{ t/cm}^2$  verwendet wurde, während meine Formeln für übliches Flusseisen von  $\sigma_B = 4,5 \text{ t/cm}^2$  gelten. Das Material, das Tetmajer für seine Versuche benützte, wies Festigkeiten zwischen  $3,74 \text{ t/cm}^2$  und  $4,28 \text{ t/cm}^2$  und Streckgrenzen zwischen  $2,82 \text{ t/cm}^2$  und  $3,07 \text{ t/cm}^2$  mit  $\sigma_S = 2,99 \text{ t/cm}^2$  im Mittel auf. Beide hier erwähnten Werkstoffe zeigen sehr nahe beieinander liegende Streckgrenzen, sodass ich mich wohl berechtigt glaubte, die amerikanischen Versuche zum Vergleich mit den in meinem Bericht angeführten Formeln heranzuziehen. Der Hinweis des Herrn Schleicher, dass der Elastizitätsmodul  $E$  des amerikanischen Materiales  $2000 \text{ t/cm}^2$  betrug, während Tetmajer diesen Modul i. M. mit  $2150 \text{ t/cm}^2$  festgestellt hat, ist ohne Bedeutung, da die Formeln für den unelastischen Bereich unabhängig vom Modul  $E$  sind und dieser Modul nur ihren Geltungsbereich begrenzt. Im übrigen bin ich der Meinung, dass die in der Diskussion angeschnittenen Fragen nur durch ausführliche Plattenversuche endgültig geklärt werden können.

Zum Schlusse möchte ich auf ein Versehen in meinem Berichte aufmerksam machen. Die Ausgangsgleichung (2) gilt bei den angegebenen Randbedingungen nur für eine ungerade Anzahl von Halbwellen, d. i. für  $n = 1, 3, 5, \dots$ . Sie liefert daher nur die eine Hälfte der möglichen Knickspannungen. Die andere Hälfte die den spiegelsymmetrischen Verformungen entspricht, gewinnt man aus dem ergänzenden Ansatz

$$(2') \quad w = \sin \frac{n \pi x}{a} [A \cosh k_1 y + C \cos k_2 y]$$

Die Rechnungsergebnisse sind trotzdem richtig, da die für den Ansatz (2) gültige Beschränkung im Laufe der Rechnung stillschweigend fallen gelassen und beliebige Wellenzahlen  $n = 1, 2, 3, \dots$  zugelassen wurden.

### Traduction<sup>2</sup>.

Les règles de calcul que contient le tableau figurant dans mon rapport sont déduites d'une équation différentielle dans laquelle il est tenu compte de cette hypothèse que la plaque se comporte d'une manière orthotrope sous l'influence des efforts de traction ou de compression s'exerçant dans une direction déterminée au-dessus de la limite d'élasticité. Les essais bien connus de Roš et d'Eichinger mettent en évidence un comportement quasi isotrope même en cas de dépassement de la limite d'élasticité. De récents essais, sur lesquels Hohen-

1. Siehe: E. Chwalla, Bericht über die II. Intern. Tagung für Brückenbau und Hochbau. Wien, 1929. S. 322.

2. Les observations ci-dessus se réfèrent en partie à des mémoires publiés plus loin.

emser attire l'attention<sup>1</sup>, permettent d'ailleurs de constater, dans certains cas, des écarts par rapport à l'isotropie. Si l'on admet la quasi-isotropie, l'équation différentielle établie par Roš et Eichinger constitue un point de départ parfaitement scientifique pour la solution du problème de la stabilité des plaques, cette équation faisant intervenir le module de flambage des plaques, tel qu'il a été établi. Si l'on remplace le module de flambage des plaques par le module de Kármán-Engesser, ainsi que M. Schleicher l'a proposé, on obtient pour la plaque, dans le domaine plastique, une capacité de charge inférieure de quelques centièmes seulement; on ne peut donc que se rallier à cette proposition, qui permet d'aboutir à des formules de calcul plus simples.

Il ne faut toutefois pas perdre de vue que pour des éléments de très faible longueur, tels que ceux que l'on emploie assez fréquemment dans la construction des ponts et pour des degrés d'élançement compris entre 20 et 40, la formule de M. Schleicher qui implique la même sécurité contre le voilement que contre le flambage de l'élément dans son ensemble, conduit lorsque les ailes sont écartées à des rapports  $\frac{b}{\delta}$  tels que pour  $\frac{l}{i} = 30$  par exemple,  $\frac{b}{\delta} = 6$  et pour  $\frac{l}{i} = 40$ ,  $\frac{b}{\delta} = 8$ . On obtient les mêmes chiffres pour les âmes des sections de membrures ayant une forme en T. En fait, pour des éléments de faible longueur, les conditions effectives à la périphérie, sur les petits côtés comprimés de la plaque, ne sont pas sans exercer une certaine influence sur la capacité de charge de cette plaque, qu'elles améliorent dans des proportions appréciables.

Ce sont ces considérations qui m'ont conduit à étudier les formules établies en se basant sur l'hypothèse de l'orthotropie; je n'ignore pas cependant l'objection qui s'est élevée contre l'équation différentielle qui en constitue la base, objection qui repose sur les résultats des essais de Roš et d'Eichinger<sup>2</sup>.

Je me suis basé, dans mon rapport, sur les résultats d'essais qui ont été effectués à l'occasion de la construction du Pont de Québec. M. Schleicher émet quelque doute sur la légitimité des conclusions que l'on peut en tirer; il considère en effet que l'on a utilisé pour la constitution des éprouvettes destinées à ces essais un métal accusant une charge de rupture de 47,9 kg par mm<sup>2</sup> et une limite d'écoulement de 30 kg par mm<sup>2</sup> environ, tandis que les formules que j'indique s'appliquent à un acier ordinaire accusant un  $\sigma_B = 45$  kg par mm<sup>2</sup>. Le métal que Tetmajer a employé pour ses essais accusait les caractéristiques suivantes :

Charge de rupture entre 37,4 et 42,8 kg par mm<sup>2</sup>;

Limite d'écoulement entre 28,2 et 30,7 kg par mm<sup>2</sup>;

avec  $\sigma_s = 29,9$  kg par mm<sup>2</sup>, en moyenne. Les deux limites d'écoulement indiquées ci-dessus sont très voisines; c'est pourquoi je me suis cru fondé à établir une comparaison entre les résultats des essais américains et les formules indi-

1. K. HOHENEMSER et W. PRAGER, Beitrag zur Mechanik des bildsamen Verhaltens von Flusstahl. — Z.A.M.M., 1932, p. I.

2. Voir à ce sujet : E. CHWALLA, Compte Rendu du deuxième Congrès International des Ponts et Charpentes, Vienne, 1929, p. 322.

quées dans mon rapport. M. Schleicher signale que le module d'élasticité  $E$  du métal utilisé en Amérique atteignait 20.000 kg par  $\text{mm}^2$ , alors que Tetmayer est arrivé, en moyenne, pour ce module à une valeur de 21.500 kg par  $\text{mm}^2$ . Ceci est toutefois sans importance, car les formules qui s'appliquent à la zone plastique ne dépendent pas du module d'élasticité  $E$  et ce module n'intervient que pour limiter leur zone d'application. D'ailleurs, j'estime que les questions soulevées dans la discussion ne sont susceptibles d'être définitivement éclaircies que par des essais de plaques très poussés.

Pour terminer, j'attirerai l'attention sur une erreur contenue dans mon rapport. L'équation de départ (2) n'est valable, dans les conditions indiquées pour les bords de la plaque, que pour un nombre impair de demi-ondulations, c'est-à-dire pour  $n = 1, 3, 5, \dots$  Elle ne donne donc que la moitié des contraintes de flambage possibles. On obtient l'autre moitié, qui correspond à des déformations symétriques, par l'opération complémentaire.

$$w = \sin \frac{n \pi x}{a} [A \cosh k_1 y + C \cos k_2 y]$$

Les résultats des calculs n'en sont pas moins exacts, car la restriction valable pour la mise en équation de (2) a été implicitement laissée de côté dans le cours du calcul et on a admis des nombres d'ondulations arbitraires  $n = 1, 2, 3, \dots$

#### Participants à la discussion.

*Diskussionsteilnehmer.*

#### Participants in the discussion.

Dr.-Ing. F. SCHLEICHER,

Professor an der Technischen Hochschule Hannover.

I. — Weitere Versuche über die Knickung von gleichmässig gedrückten Stahlplatten.

Eine interessante Versuchsreihe ist gelegentlich des Baues der Hängebrücke zwischen Philadelphia und Camden durchgeführt worden <sup>1, 2</sup>.

Es handelt sich um mit Winkeln gesäumte Rechteckplatten von  $b = 88,9$  cm Gesamtbreite, bzw.  $b' = 58,5$  cm zwischen den Saumwinkeln,  $a = 305$  cm Länge und Blechdicken  $h = 0,95$  bis  $3,80$  cm. Die Platten waren an den Längsrändern lose geführt, das Material war Silizium-Mangan-Stahl von  $\sigma_S = 3,165$  t/cm<sup>2</sup> Quetschgrenze und  $\sigma_B = 5,6$  bis  $6,7$  t/cm<sup>2</sup> Zerreissfestigkeit.

Mit  $E = 2100$  t/cm<sup>2</sup>,  $m = 10/3$  ergibt sich die Knickspannung  $\sigma_K$  für das Seitenverhältnis  $\alpha = 3,43$  und mit  $n = 3$  Halbwellen zu

$$1) \quad \sigma_K = 7750 \left( \frac{h}{b} \right)^2 \text{ in t/cm}^2.$$

1. W. SCHACHENMEIER, Die Delaware-River-Brücke zwischen Philadelphia und Camden. Die Bautechnik 1927, Seite 513.

2. Clement E. CHASE, Research and experimental tests in connection with the design of the bridge over the Delaware River between Philadelphia and Camden. Journal of the Franklin Institute, Vol. 200, Oct. 1925, p. 417.