

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

**Band:** 1 (1932)

**Artikel:** Diskussion

**Autor:** Broszko, M.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-486>

### **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:** 04.10.2024

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

## M. BROSZKO,

Professor an der Technischen Hochschule, Warschau.

1. — Der vom Generalsekretariat der Internationalen Vereinigung für Brückenbau und Hochbau anlässlich der Pariser Tagung herausgegebene Vorbericht<sup>1</sup> enthält zwei Referate<sup>2</sup>, in denen auf das Knicken prismatischer Stäbe bei zentrischem Lastangriff näher eingegangen wird. Das gleiche Thema bildete bekanntlich auch auf dem vor vier Jahren in Wien abgehaltenen Brückenbaukongress den Gegenstand der Verhandlungen. Mit Rücksicht auf die sehr erheblichen Meinungsverschiedenheiten, die im Verlaufe dieser Verhandlungen zu Tage getreten, und im Wiener Kongressbericht<sup>3</sup> zum Ausdruck gekommen sind, musste die Einstellung der beiden vorangeführten Referate zu den in Wien aufgerollten strittigen Fragen von vornherein ein ganz besonderes Interesse erwecken. Eine klare Stellungnahme zu den letzterwähnten Fragen durfte dabei umso mehr erwartet werden, als die Wiener Diskussion über das Knickproblem von dem damaligen Referenten mit einem Gutachten<sup>4</sup> über die erzielten Diskussionsergebnisse abgeschlossen wurde, dessen Inhalt kaum geeignet ist zur Klärung des umstrittenen Problems beizutragen. Denn die, den Kernpunkt dieses Gutachtens bildende mathematische Begründung<sup>5</sup> der Engesser-v. Kármán'schen Knicktheorie<sup>6</sup> ist infolge eines offenkundigen Versehens, mit Rechenfehlern behaftet<sup>7</sup> und weist überdies die Eigentümlichkeit auf, dass nach der Beseitigung der Rechenfehler ein Ergebnis erhalten wird, welches sich in direktem Widerspruch mit der zu beweisenden These befindet.

In dem Pariser Vorbericht vermisst man indessen eine Berichtigung der vorerwähnten, unbestreitbar unrichtigen Beweisführung, sowie der Folgerungen, welche aus der letzteren von dem Wiener Referenten gezogen wurden. Diese Unterlassung, im Verein mit der Nichtberücksichtigung der neuesten Ergebnisse der experimentellen<sup>8</sup> und der theoretischen<sup>9</sup> Forschung,

1. Internationale Vereinigung für Brückenbau und Hochbau. Erster Kongress. Paris, 1932. 19. Mai-25. Mai. Vorbericht.

2. L. KARNER, « Stabilität und Festigkeit von auf Druck und Biegung beanspruchten Bauteilen ». Einleitendes Referat. Vorbericht S. 17/39.

M. Roš, « La stabilité des barres comprimées par des forces excentrées ». Vorbericht S. 57/93.

3. Bericht über die II. Internationale Tagung für Brückenbau und Hochbau. Wien, J. Springer, 1929. S. 282/346.

4. Ebenda. S. 338/346.

5. Ebenda. S. 338/340.

6. Th. v. KÁRMÁN, Untersuchungen über Knickfestigkeit. Mitt. üb. Forschungsarbeiten a. d. Geb. d. Ingenieurwesens. Heft 81. Berlin, 1910.

7. Bericht über die II. Internationale Tagung für Brückenbau und Hochbau. Wien, J. Springer, 1929. S. 340. Zeile 11. sowie Zeile 17. von oben. Der Fehler besteht in der irrtümlichen Einführung des KÁRMÁNSCHEN Knickmoduls  $T_k$  an Stelle des von ihm stets verschiedenen ENGESSERSCHEN Knickmoduls  $T$ .

8. W. REIN, Versuche zur Ermittlung der Knickspannungen für verschiedene Baustähle. Berlin, J. Springer, 1930.

9 A. M. BROSZKO, « Ueber die allgemeine Lösung des grundlegenden Knickproblems ».

kann irreführend wirken. Denn der Leser des Pariser Vorberichtes könnte unter den gegebenen Umständen den Eindruck gewinnen, dass sämtliche gegen die Engesser-v. Kármán'sche Theorie vorgebrachten Einwände durch die Darlegungen des Wiener Referenten widerlegt worden seien<sup>1</sup>. Ein erneutes Eingehen auf diese Einwände erscheint daher durchaus erforderlich, zumal die letzteren einer genaueren und ausführlicheren Begründung bedürfen<sup>2</sup>.

2. — Der Engesser-v. Kármán'schen Knicktheorie liegen drei physikalische Annahmen zugrunde, und die Unhaltbarkeit dieser Theorie ist dadurch bedingt, dass eine von den vorerwähnten Grundannahmen sich im Widerspruch mit den gesichertsten Erfahrungstatsachen befindet.

In den beiden ersten Engesser-v. Kármán'schen Grundannahmen wird die Behauptung ausgesprochen, dass sowohl im Gebiet der elastischen, als auch in demjenigen der plastischen Formänderungen

I) die ebenen Querschnitte des nicht ausgebogenen Druckstabes nach dessen unendlich schwacher Ausbiegung eben bleiben,

II) der funktionale Zusammenhang zwischen den durch Biegung verursachten spezifischen Längenänderungen der Stabfaserelemente und den zugehörigen Spannungen der gleiche ist wie beim reinen Druck-Zugversuch.

Das Zutreffen dieser Annahmen unterliegt keinem Zweifel<sup>3</sup>. Zur eindeutigen Lösung des Problems reichen aber dieselben nicht aus, weil die zweite Grundannahme keine eindeutige Angaben über die Form des funktionalen Zusammenhanges enthält, der zwischen den spezifischen Längenänderungen und den zugehörigen Spannungen im Querschnitt eines ausgebogenen Druckstabes besteht. Zwecks Herstellung einer eindeutigen Form des letzterwähnten funktionalen Zusammenhanges wurde von Engesser zuerst angenommen<sup>4</sup>, dass dieselbe durch den Verlauf des Druckstauchungsdiagramms gegeben sei. Auf einen diesbezüglichen Einwand Jasinski's<sup>5</sup> wurde aber von

---

Verhandlungen des 3. Internationalen Kongresses für Technische Mechanik. Stockholm, 1930. Band III. S. 51/59.

9 B. M. Broszko, « Beitrag zur allgemeinen Lösung des Knickproblems ». Abhandlungen der Internationalen Vereinigung für Brückenbau und Hochbau. Zürich, 1932. Erster Band. S. 1/8.

1. Von der Ueberzeugung geleitet, dass die Richtigkeit der ENGESSER-V. KÁRMÁNSCHEN Theorie durch den letzterwähnten Beweis erwiesen sei, hat Prof. F. HARTMANN, Wien unlängst an mehreren Beispielen darzulegen versucht, dass die mit den Vorstellungen dieser Theorie unverträglichen Forschungsergebnisse eo ipso unrichtig sein müssen (s. Z. d. Oesterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 84, 1932, S. 165.). Die kleine Schrift HARTMANN'S gewährt einen so klaren Einblick in den Ideenkreis und in die Gedankengänge eines überzeugten Verfechters der ENGESSER-V. KÁRMÁNSCHEN Theorie, dass das Durchlesen derselben allen sich mit dem Knickproblem näher befassenden Ingenieuren wärmstens empfohlen werden kann. (Anm. b. d. Drucklegung).

2. Diese Einwände sollen ausserdem dadurch eingeschränkt werden, dass die formelle Richtigkeit der mathematischen Herleitung der KÁRMÁNSCHEN Knickformel vorbehaltlos zugegeben wird.

3. Das genaue Zutreffen der ersten Grundannahme auch im Falle der plastischen Verformung ist von GRÜNIG und DOMKE auf theoretischem Wege exakt bewiesen worden. Die zweite Grundannahme ist aber an und für sich einleuchtend.

4. Z. d. Hannoverschen Ing.- u. Arch.-Ver. 35/1889/S. 455.

5. Schweiz. Bauztg. 25/1895/S. 172.

Engesser seine ursprüngliche dritte Grundannahme später durch den folgenden Ansatz ersetzt <sup>1</sup>, der daraufhin auch von v. Kármán übernommen wurde :

III) Die Form des funktionalen Zusammenhanges  $\sigma = F(\varepsilon)$ , welcher während der Ausbiegung des Druckstabes zwischen der in einem Querschnittspunkte wirkenden Spannung  $\sigma$  und der zugehörigen spezifischen Verkürzung  $\varepsilon$  besteht, ist an der Biegedruckseite durch den Ast  $ca$  des Druckstauchungsdiagrammes Abb. 1, an der Biegezugseite dagegen durch die Gerade  $cb$  gegeben, die zu dem geradlinigen Teil  $Op$  des vorerwähnten Diagramms parallel verläuft. Der funktionale Zusammenhang  $\sigma = \Phi(\varepsilon)$ , welcher die

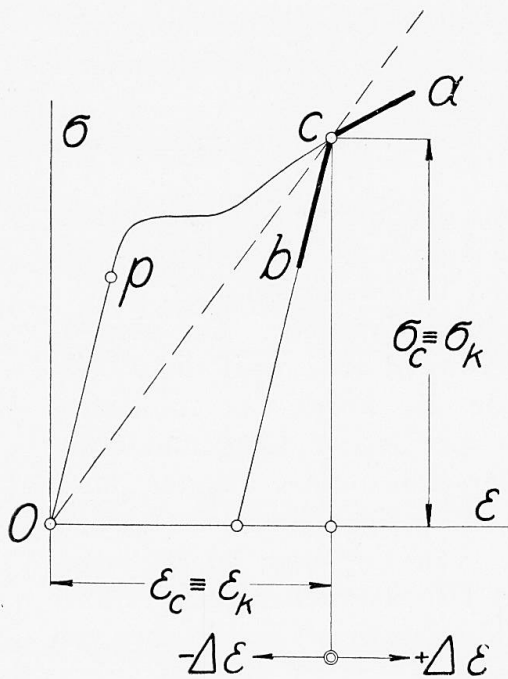


Fig. 1.

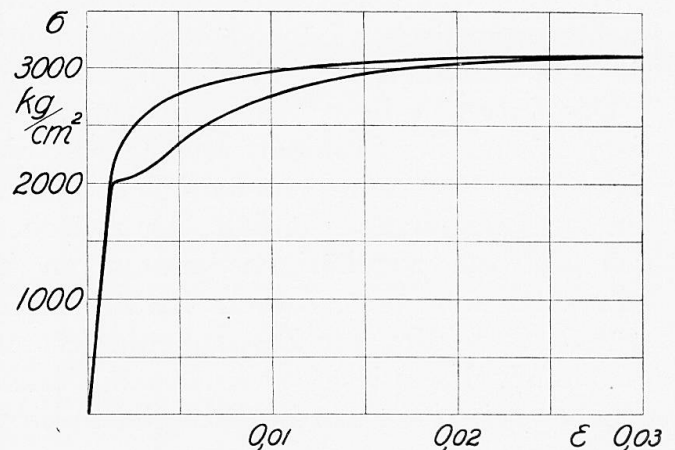


Fig. 2.

Abhängigkeit der in verschiedenen Querschnittspunkten gleichzeitig wirkenden Spannungen  $\sigma$  von den zugehörigen spezifischen Verkürzungen  $\varepsilon$  angibt, ist infolgedessen während der Ausbiegung des Druckstabes jederzeit durch den Linienzug  $bca$  bestimmt.

Durch die Einführung dieses Ansatzes wurde zwar das den Urhebern der Engesser-v. Kármánschen Theorie <sup>2</sup> vorschwebende Ziel erreicht. Denn der ergänzende Ansatz (III) reicht im Verein mit der Grundannahme (I) zur eindeutigen Bestimmung der Spannungsverteilung vollkommen aus. Es wurde aber von Engesser und v. Kármán bei der Einführung dieses Ansatzes ausser Acht gelassen, dass er mit der richtigen Annahme (II) unvereinbar ist.

Die Ursache der Unvereinbarkeit des Ansatzes (III) mit der Grundannahme (II) wird sofort klar, wenn man die in der Abb. 2 dargestellten Ewingschen Versuchsergebnisse <sup>3</sup> ins Auge fasst. Denn aus dieser Abbildung ist ersicht-

1. Schweiz. Bauztg. 26/1895/S. 26.

2. Als eigentlicher Urheber der ENGESSER-V. KÁRMÁNSCHEN Knicktheorie ist neben ENGESSER in erster Linie JASINSKI zu nennen.

3. I. A. EWING, The strength of materials. Cambridge, 1914. S. 42.

lich, dass die Form des funktionalen Zusammenhanges, welcher zwischen der Spannung und der spezifischen Längenänderung eines achsial belasteten Stabes besteht, in hohem Grade von dem Werte der spezifischen Verformungsgeschwindigkeit abhängt<sup>1</sup>. Die letztere nimmt nun, bei der Ausbiegung des Druckstabes, im Bereiche einer Querschnittsebene für jede zur Biegeebene senkrechte Faserschicht, gemäss der ersten Grundannahme, einen anderen Wert an. Infolgedessen muss die Form des funktionalen Zusammenhanges  $\sigma = F(\varepsilon)$  im Bereiche einer Querschnittsebene des ausgebogenen Stabes für jede zur Biegeebene senkrechte Faserschicht, gemäss der zweiten Grundannahme, verschieden sein. Die den Zusammenhang  $\sigma = F(\varepsilon)$  darstellenden Diagrammlinien müssen daher für verschiedene Faserschichten

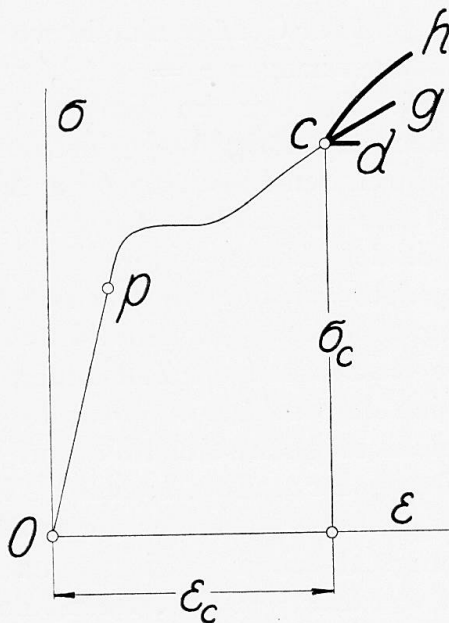


Fig. 3.

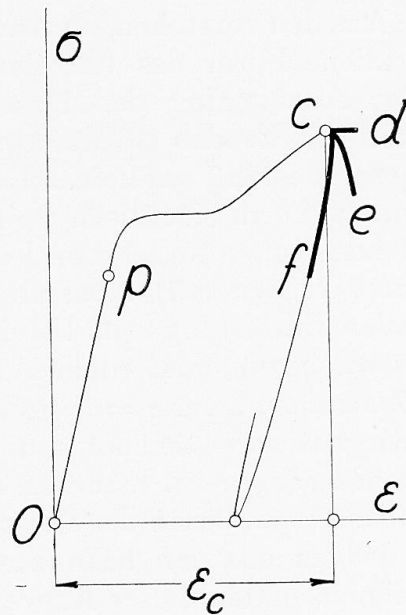


Fig. 4.

einen verschiedenen Verlauf aufweisen, und ihre Form muss sich beim Uebergang von einer Faserschicht zu der benachbarten in stetiger Weise ändern, weil ja die Verformungsgeschwindigkeit bei einem derartigen Uebergang sich in stetiger Weise ändert. An der Biegedruckseite verlaufen diese Diagrammlinien, Abb. 3. zwischen dem Diagramm  $ch$  der äussersten Faserschicht des Biegedruckraumes und dem Diagramm  $cd$  der neutralen Schicht, d. h. derjenigen Faserschicht, deren Belastungsänderung bei der Ausbiegung des Druckstabes mit der Geschwindigkeit Null vor sich geht. Diejenigen Diagrammlinien, welche den an der Biegezugseite liegenden Faserschichten zugeordnet sind, verlaufen dagegen, Abb. 4, zwischen dem Diagramm  $cd$  der neutralen Schicht und dem durch den abfallenden Zweig  $cf$  einer Hysteresisschleife gegebenen Diagramm der an der konvexen Stabseite liegenden äussersten Faserschicht. Die Gesamtheit der, den einzelnen Faserschichten im Bereich einer Querschnittsebene zugeordneten Diagrammlinien bildet daher

1. Das Verhältnis der mittleren spezifischen Verformungsgeschwindigkeiten betrug bei den EWINGSchen Versuchen 1:5000.

eine Schar unendlich vieler, in Bezug auf ihren Verlauf unter einander verschiedener Kurven, welche den durch die Linienzüge  $ch$  und  $cf$ , s. Abb. 3 und 4, begrenzten Flächenausschnitt in stetiger Reihenfolge ausfüllen. Diese aus den Grundannahmen (I) und (II) sich ergebende Folgerung ist aber mit dem Inhalt des Ansatzes (III) unvereinbar, weil in dem letzteren nur von zwei verschiedenen Formen des funktionalen Zusammenhanges  $\sigma = F(\varepsilon)$  die Rede ist, und zwar von einer an der Biegedruckseite und von einer an der Biegezugseite geltenden Form. Infolge der Unverträglichkeit mit der zutreffenden Grundannahme (II) muss daher der Ansatz (III) unbedingt unrichtig sein<sup>1</sup>. Das gleiche gilt naturgemäss auch von der Knicktheorie, die aus der richtigen Grundannahme (I) und aus dem unrichtigen Ansatz (III) abgeleitet wurde.

3. — Aus den vorstehenden Ausführungen geht zur Genüge klar hervor, dass die wirkliche Form des funktionalen Zusammenhanges  $\sigma = \Phi(\varepsilon)$ , welcher nach der Ausbiegung des Druckstabes zwischen den im Stabquerschnitt gleichzeitig wirkenden Spannungen  $\sigma$  und den zugehörigen spezifischen Verkürzungen  $\varepsilon$  besteht, auf keinen Fall mit der durch den Linienzug  $bca$ , Abb. 1, bestimmten Form identisch sein kann. Denn die diesen Zusammenhang darstellende Kurve (welche im Folgenden mit dem Namen einer « Isochrone » bezeichnet werden soll) muss allenfalls in jedem Zeitmoment je einen Punkt einer jeden Entlastungs- und Mehrbelastungscharakteristik, Abb. 4 und 3, in sich enthalten, und ausserdem muss sie ihre Gestalt mit der Zeit ändern.

Der Zusammenhang  $\sigma = \Phi(\varepsilon)$  entzieht sich der exakten Wiedergabe durch eine mathematische Gleichung, und es ist nicht möglich seinen Verlauf durch eine dem Engesser-v. Kármánschen Linienzug  $bca$ , Abb. 1; analoge Kurve genau abzubilden. Trotz der Unkenntnis des genauen Verlaufes der Isochrone können jedoch aus den bekannten Erfahrungstatsachen gewisse ganz allgemeine Eigenschaften dieser Kurve abgeleitet werden<sup>9 B, Seite 73</sup>), deren Kenntnis eine hinreichende Grundlage für die eindeutige allgemeine Lösung des grundlegenden Knickproblems abgibt. Diese Eigenschaften lassen sich zu den folgenden beiden Aussagen zusammenfassen :

III a) Im Gegensatz zu dem Engesser-v. Kármánschen gebrochenen Linienzug  $bca$ , Abb. 1, weist die Isochrone keine Unstetigkeitsstelle ihrer Krümmung auf.

III b) Im Einklang mit dem Verlauf des Engesser-v. Kármánschen Linienzuges  $bca$  zeichnet sich der Verlauf der Isochrone dadurch aus, dass die den einzelnen Querschnittspunkten im Augenblick des Ausknickens zugeordneten Werte der Grösse  $\tilde{E} = \frac{\sigma}{\varepsilon}$  ihr Maximum  $\tilde{E}_k = \frac{\sigma_k}{\varepsilon_k}$  in der neutralen Schicht aufweisen, und mit der wachsenden Entfernung von der letzteren abnehmen<sup>2</sup>.

Die auf Grund der Annahmen (I), (III a) und (III b) für den Fall der

1. Die Unrichtigkeit des Ansatzes (III) macht sich schon im Verlauf des Linienzuges  $bca$ , Abb. 1, bemerkbar, welcher letzterer im Punkte  $c$  einen unwahrscheinlichen, dem Stetigkeitsgefühl widersprechenden Knick aufweist.

2. Mit  $\sigma_k$  und  $\varepsilon_k$  wurden die der Knicklast  $P_k$  zugeordneten Werte der Spannung, bezw. der spezifischen Verkürzung bezeichnet.

drehbar gelagerten Stabenden abgeleitete <sup>1</sup>, sowohl im elastischen als auch im plastischen Bereich gültige Knickbedingung wird durch die Gleichung

$$P_K = \pi^2 \frac{(1 - \varepsilon_K) \tilde{E}_K J}{l_K^2} \tag{1}$$

ausgedrückt, in welcher  $J_K$  das kleinste Trägheitsmoment der Querschnittsfläche im Augenblick des Ausknickens und  $l_K$  die Stablänge im gleichen Augenblick bezeichnet. Diese Gleichung kann nach Einführung des auf den vorerwähnten Augenblick bezogenen Schlankheitsgrades  $\lambda_K$  auf die viel einfachere Form

$$\varepsilon_K = \frac{\pi^2}{\pi^2 + \lambda_K^2} \tag{2}$$

gebracht werden. Wird aber die durch die Knicklast verursachte Aenderung der Stababmessungen in der üblichen Weise vernachlässigt, so nehmen die vorstehenden Gleichungen die Form

$$P_K = \pi^2 \frac{E_K J}{l^2} \tag{1 a}$$

bezw.

$$\varepsilon_K = \frac{\pi^2}{\lambda^2} \tag{2 a}$$

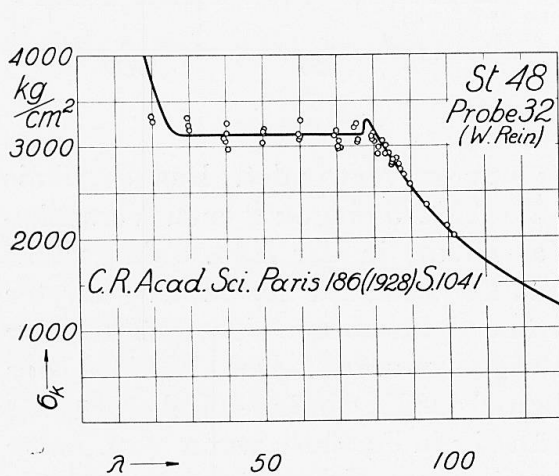


Fig. 5. — Essai = Probe = Test.

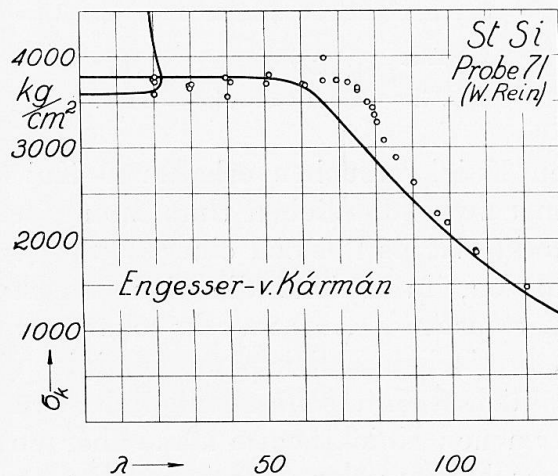


Fig. 6. — Essai = Probe = Test.

an, wobei  $l$  die Länge des nicht belasteten Stabes bezeichnet, und die Größen  $J$  und  $\lambda$  dem unbelasteten Zustand des letzteren zugeordnet sind.

4. — Die überaus gute Uebereinstimmung der auf Grund der Gleichung (2 a) ermittelten theoretischen Knickspannungslinie mit den Ergebnissen der z. Zt. zuverlässigsten Dahlemer Knickversuche <sup>2</sup> kann aus der Abb. 5 ersehen werden, wogegen aus den Abbildungen 6 und 7 ersichtlich ist, dass die aus der Engesser-v. Kármánschen <sup>3</sup>, und in noch höherem Grade die aus der

1. M. Broszko, « Sur le flambage des barres prismatiques comprimées axialement ». C. R. Acad. Sci. Paris 186/1928/S. 1041.

2. Siehe Fussnote 8, Seite 72.

3. » » 6, » 72.

ursprünglichen Engesserschen<sup>1</sup> Knicktheorie abgeleiteten Knickspannungslinien mit den vorerwähnten Versuchsergebnissen sich im augenfälligen Widerspruch befinden. Die nicht unbeträchtliche Streuung der in diese Abbildungen zwecks Ueberprüfung der einschl. Knickformeln eingetragenen Versuchspunkte ist dadurch bedingt, dass Prüfstäbe aus nominell gleichartigem Material in Bezug auf ihre elastomechanischen Eigenschaften untereinander stets differieren. Der nachteilige, die Ueberprüfungsschärfe stark herabsetzende Einfluss der letzterwähnten Unterschiedlichkeit der Prüfstäbe kann einigermaßen dadurch abgeschwächt werden, dass man zur Ueberprüfung des Verlaufes der theoretischen Knickspannungslinien die Mittelwerte der aus mehre-

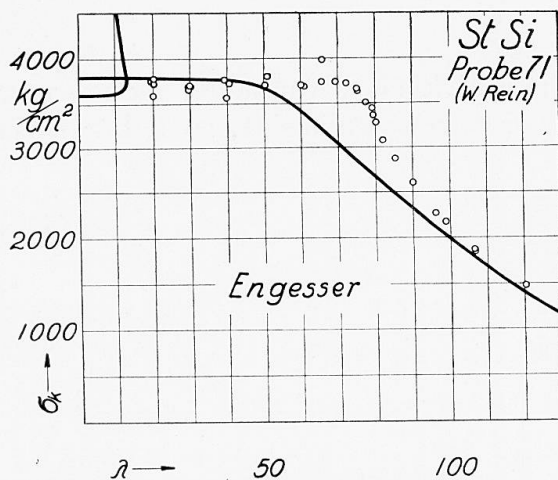


Fig. 7. — Essai = Probe = Test.

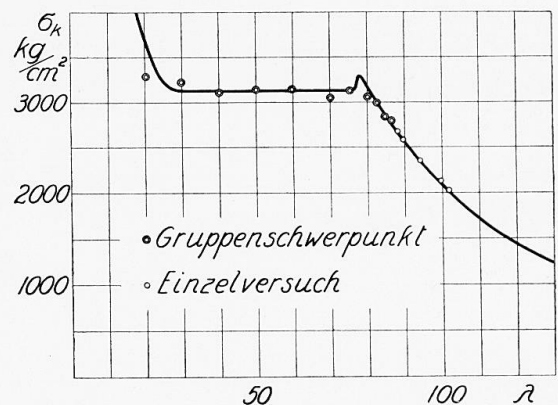


Fig. 8.

ren Knickversuchen erhaltenen Knickspannungen verwendet. Das Ergebnis einer zweckdienlichen Umordnung der in die Abb. 5 eingetragenen Versuchspunkte ist als Beispiel einer derartigen Massnahme in der Abb. 8 dargestellt worden, in welche die Gruppenschwerpunkte geeignet zusammengefasster Wertepaare ( $\lambda$ ,  $\sigma_k$ ) zwecks schärferer und übersichtlicherer Ueberprüfung der theoretischen Knickspannungslinie eingetragen wurden. Der Einfluss der stofflichen Unterschiedlichkeit der Prüfstäbe auf das Ergebnis der Ueberprüfung der neuen Knicktheorie käme aber vollständig in Fortfall, wenn man, unter Ausschaltung der Druckversuche, das unmittelbare Ueberprüfungsverfahren anwenden, d. h. die Werte der in die Gleichung (2) eingehenden Grössen  $\varepsilon_k$  und  $\lambda_k$  an Probestäben verschiedenen Schlankheitsgrades unmittelbar durch Messung bestimmen würde. Eine unmittelbare Ueberprüfung der durch die Gleichung (2) ausgedrückten Knickbedingung an Hand der vorhandenen Versuchsergebnisse ist indessen z. Zt. nicht durchführbar, weil die bisherigen genaueren Versuche durchgängig auf den von Engesser und v. Kármán gegebenen Grundlagen aufgebaut waren und in den Berichten über diese Versuche, infolge deren Einstellung, die zur unmittelbaren Ueberprüfung der Gleichung (2) erforderlichen Zahlenangaben leider nicht zu finden sind<sup>2</sup>.

1. Siehe Fussnote 5, Seite 73.

2. Umfangreiche, auf die unmittelbare Ueberprüfung der Gleichung (2) abzielenden Versuche dürften im nächsten Jahre zum Abschlusse gelangen.



In den Abbildungen 9, 10 und 11 ist schliesslich gezeigt worden, dass bei gegebenem Druckstauchungsdiagramm, Abb. 10, die Knickspannungs-Schlankheitslinie, Abb. 11, ohne jede Rechnung aus dem letzterwähnten Diagramm auf Grund der Gleichung (2 a) abgeleitet werden kann, sofern nur die durch

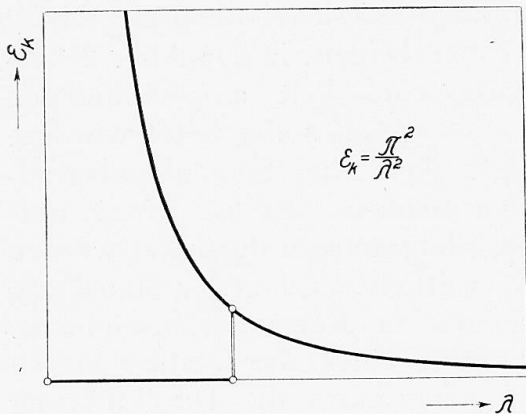


Fig. 9.

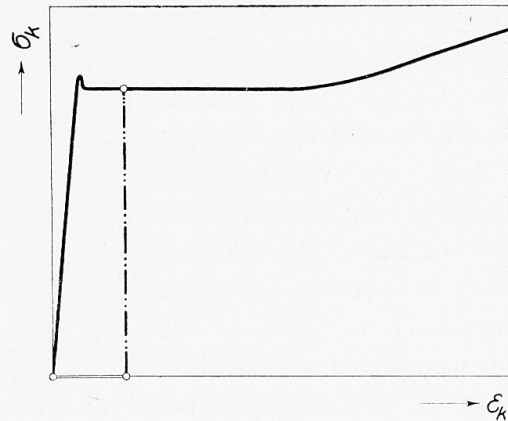


Fig. 10.

diese Gleichung bestimmte funktionale Abhängigkeit in graphischer masstäblicher Darstellung, Abb. 9 gegeben vorliegt.

5. — Für die Anwendung einer Knicktheorie ist die Kenntnis mehrerer Schlankheitsgrad-Knickspannungscharakteristiken erforderlich, die aus den Druckstauchungsdiagrammen der in Betracht kommenden Baustoffe abzuleiten sind. Es ist dabei einleuchtend, dass für einen Ingenieur, der eine in bestimmter Weise (z. B. statisch) belastete Konstruktion zu berechnen hat, die letzterwähnten Charakteristiken von einem recht problematischen Wert wären, wenn

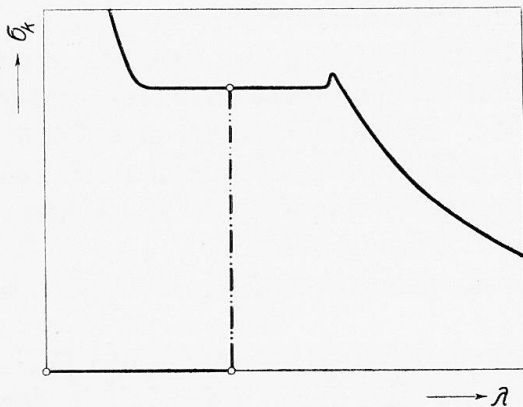


Fig. 11.

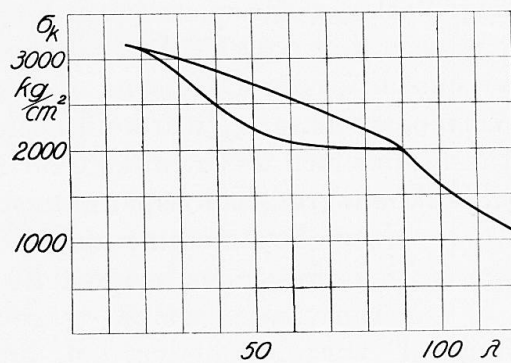


Fig. 12.

man dieselben, der bisherigen Gepflogenheit folgend, aus mit der üblichen, verhältnismässig grossen Belastungsgeschwindigkeit aufgenommenen Druckstauchungsdiagrammen ableiten würde. Denn der geometrische Verlauf des Druckstauchungsdiagramms, und daher auch der aus ihm abgeleiteten Schlankheitsgrad-Knickspannungscharakteristik hängt in hohem Grade von dem zeitlichen Verlauf der Lastaufbringung beim einschlägigen Druckversuch ab. Und zwar äussert sich der Einfluss der Zeit bei den üblichen Druckversuchen

in der Weise, dass den kleineren Belastungsgeschwindigkeiten tiefer verlaufende Druckstauchungsdiagramme entsprechen. Den tiefer verlaufenden Druckstauchungsdiagrammen sind aber tiefer verlaufende Schlankheitsgrad-Knickspannungscharakteristiken zugeordnet. Dass der Einfluss der Zeit auf den Verlauf der letzteren recht erheblich sein kann, ist aus der Abb. 12 ersichtlich, in welcher zwei Schlankheitsgrad-Knickspannungscharakteristiken abgebildet sind, die auf Grund der Gleichung (2 a) aus den beiden, in der Abb. 2 dargestellten, mit verschiedener Belastungsgeschwindigkeit aufgenommenen Druckstauchungsdiagrammen des gleichen Versuchsstoffes abgeleitet wurden.

Aus den vorstehenden Erörterungen folgt, dass die Schlankheitsgrad-Knickspannungscharakteristiken nur dann den Bedürfnissen der Praxis entsprechen können, wenn sie aus Druckstauchungsdiagrammen abgeleitet worden sind, bei deren Aufnahme ungefähr der gleiche zeitliche Verlauf der Stauchung eingehalten wurde, wie in dem zu berechnenden Konstruktionselement. Daraus ist aber ersichtlich, dass zur Gewinnung eines der letzterwähnten Anforderung entsprechenden Druckstauchungsdiagramms die Durchführung eines normalen Druckversuchs im Allgemeinen selbst dann nicht hinreichen würde, wenn dieser Druckversuch ein Dauerversuch wäre. Um zu einem funktionalen Zusammenhange  $\sigma = F(\varepsilon)$  zu gelangen, der sich als Grundlage zur Ableitung einer für die Berechnung der statischen Konstruktionen brauchbaren Schlankheitsgrad-Knickspannungscharakteristik eignen würde, müsste vielmehr für jeden Baustoff eine ganze Reihe von Druckdauerversuchen an Druckstäben von gleichen Abmessungen und aus möglichst gleichartigem Material durchgeführt werden. Jeder dieser Druckstäbe würde dabei einer anderen, mit der normalen Geschwindigkeit aufgebracht, und in der Folge konstant zu haltenden Dauerbelastung zu unterwerfen sein. Nach versuchsmässiger Ermittlung des zeitlichen Verlaufes der Stauchung während eines genügend langen Zeitintervalls würde dann für jeden dieser Druckstäbe derjenige Wert  $\varepsilon_{\max}$  der spezifischen Verkürzung durch Extrapolation zu bestimmen sein, der sich nach Ablauf einer unbeschränkt langen Belastungsdauer unter der einschlägigen Belastung einstellen würde. Durch die derart ermittelten Wertepaare  $(\sigma, \varepsilon_{\max})$  wäre ein Druckstauchungsdiagramm besonderer Art bestimmt, das sich als Grundlage zur Ableitung einer einwandfreien « statischen » Schlankheitsgrad-Knickspannungscharakteristik eignen würde.

6. — Unter Bezugnahme auf die Wiener Diskussion über die Knickfrage soll zum Schluss folgendes festgestellt werden :

a) Die Einwände, welche gegen die mathematische Herleitung der Gleichung (1) vorgebracht wurden, erweisen sich im Hinblick auf den Inhalt der Annahmen (III a) und (III b) als unhaltbar.

b) Diese Einwände sind wohl der Ueberzeugung entsprungen, dass die Annahme eines geknickten Verlaufes der Isochrone ein unantastbares Axiom bilde <sup>1</sup>.

1. Der Glaube an das strenge Zutreffen der v. KÁRMÁNSchen Grundannahme (III) erscheint umso sonderbarer, als selbst von den Verfechtern der ENGESSER-v. KÁRMÁNSchen Theorie der Geraden *b c*, Abb. 1, die Bedeutung einer nur angenäherten Abbildung des unteren Teiles der Spannungsverteilungskurve zugesprochen wird. Denn es ist nicht einzusehen, weshalb diese angenäherte Abbildung eben in der unmittelbaren Umgebung des

c) Das Unzutreffen der v. Kármánschen Grundannahme (III) ist an mehreren Stellen meines Wiener Diskussionsbeitrags mit Nachdruck hervorgehoben worden.

### Traduction.

1. — La Publication Préliminaire <sup>1</sup> publiée par le Secrétariat Général de l'Association Internationale des Ponts et Charpentes, à l'occasion du Congrès de Paris, renferme deux Rapports <sup>2</sup> qui traitent d'une manière détaillée de la question du flambage des barres prismatiques sous l'influence d'une charge centrée. Le même sujet a été, comme on le sait, également traité, il y a quatre ans, au cours du Congrès de Vienne. De très notables divergences d'opinion se sont manifestées au cours des discussions et ont été exprimées d'ailleurs dans le Compte Rendu du Congrès de Vienne <sup>3</sup>. Les points de vue exprimés dans ces deux Rapports relativement aux questions litigieuses, traitées à Vienne, devaient ainsi éveiller un intérêt particulier. On devait d'ailleurs d'autant plus s'attendre à une attitude nette par rapport à ces questions, que le Rapporteur de ce problème à Vienne a clos les débats sur la question du flambage par un résumé des résultats de la discussion <sup>4</sup> qu'on ne saurait considérer comme pouvant élucider le problème litigieux. En effet, la démonstration mathématique <sup>5</sup> du Rapporteur sur la théorie de flambage d'Engesser-Kármán <sup>6</sup>, qui forme la partie essentielle de ce Résumé, contient, par mégarde évidente, des erreurs de calcul <sup>7</sup>; elle présente d'ailleurs, en outre, ce caractère particulier que même en éliminant ces erreurs de calcul on arrive à un résultat qui se trouve en opposition directe avec la thèse à confirmer.

Cependant dans la Publication Préliminaire au Congrès de Paris on ne trouve de rectification ni de la démonstration en question, indiscutablement erronée, ni des conclusions que le Rapporteur à Vienne a tirées de cette démonstration. Cette omission, à laquelle s'ajoute la non-considération des plus récents résul-

---

Punktes C die Spannungsverteilung genau darstellen sollte, wie dies in der ENGESSER-v. KÁRMÁNSchen Theorie vorausgesetzt wird. (Anm. : Man beachte die in das Figurenmaterial des Roš'schen Referates eingetragene Bezeichnung : « Cours approximatif de la courbe tension-allongement à la décharge »).

1. Association Internationale des Ponts et Charpentes, Premier Congrès, Paris, 1932, 19-25 mai. Publication Préliminaire.

2. L. KARNER, « Stabilität und Festigkeit von auf Druck und Biegung beanspruchten Bauteilen ». Rapport d'Introduction, Publication Préliminaire, pages 17-39.

M. Roš, « La stabilité des barres comprimées par des forces excentrées ». Publication Préliminaire, pages 57-93.

3. Compte Rendu du 2<sup>e</sup> Congrès International de Construction des Ponts et Charpentes. Vienne, Julius Springer, éditeur, 1929, pages 282-346.

4. *Ib.*, pages 338-346.

5. *Ib.*, pages 338-340.

6. Th. v. KÁRMÁN, « Untersuchungen über Knickfestigkeit ». Mitteil. üb. Forschungsarbeiten a. d. Geb. d. Ingenieurwesens, n<sup>o</sup> 81, Berlin, 1910.

7. Compte Rendu du 2<sup>e</sup> Congrès International de Construction des Ponts et Charpentes. Vienne, Julius Springer, éditeur, 1929, page 340, ligne 11 et 17. L'erreur consiste dans l'introduction du module de flambage  $T_k$  de Kármán, au lieu du module  $T$  d'Engesser, qui est toujours différent du précédent.