

# Der Einfluss einer Ungleichartigkeit der Fehlerhebel auf die Tragfähigkeit einer Stahlstütze

Autor(en): **Fritsche, J.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **2 (1936)**

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-2771>

## **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.

# Der Einfluß einer Ungleichartigkeit der Fehlerhebel auf die Tragfähigkeit einer Stahlstütze.

L'influence des erreurs de centrage sur la résistance des  
colonnes métalliques.

The Effect of Unequal Eccentricities on the Carrying Capacity  
of a Steel Column.

Dr. techn. J. Fritsche,

Professor an der Deutschen Techn. Hochschule, Prag.

Im wirklichen Stahlbauwerke ist die Eintragung der Kraft in den Druckstab in den meisten Fällen recht unklar und unbestimmt und die Annahme eines mittigen Druckes oder eines solchen mit gleichen Außermittigkeiten an den beiden Stabenden ist lediglich als ein Mittel zu werten, um für die Tragfähigkeit einen Vergleichsmaßstab zu schaffen und den Einfluß von Querschnittsform, Stablänge und Größe der Außermittigkeit der Druckkraft zu erkennen. Diese letztere Größe ist für den Druckstab des Fachwerkes oder den des Stahlskelettes durch seine steife Verbindung mit den Nachbarstäben und durch die Einzelheiten der konstruktiven Ausbildung dieser Verbindung bestimmt und sie kann genau nur dann angegeben werden, wenn man die sogenannten Nebenspannungen des Fachwerkes ermittelt. Die Berechnung derselben würde in jedem Falle sehr mühselige und zeitraubende Zahlenrechnungen erfordern, die vom entwerfenden Ingenieur nicht verlangt werden können; außerdem ist aber auch sehr fraglich, ob ihr Einfluß auf die Sicherheit des Tragwerkes mit Rücksicht auf das plastische Verhalten des Werkstoffes mit dem der Grundspannungen unmittelbar verglichen werden darf.

Die ungefähre Größe der Nebenspannungen und ihre Verteilung im Stabwerke darf heute als bekannt gelten;<sup>1</sup> das Ergebnis der theoretischen Untersuchungen ist übrigens auch durch Dehnungsmessungen an fertigen Bauwerken überprüft worden. Man weiß daher, daß die Außermittigkeiten des Lastangriffes an den Stabenden meist verschieden sind, und daß die Stützlinie des Druckgurtes in der Regel sogar die Stabachse schneidet. Die Lösung dieses allgemeineren Problems macht unter der Voraussetzung unbegrenzten, elastischen Verhaltens des Werkstoffes keine besondere Schwierigkeiten; es liegt ein gewöhnliches Spannungsproblem vor und es könnte daher auch die Sicherheit eines derartig

---

<sup>1</sup> M. Roš: Nebenspannungen infolge vernieteter Knotenpunktverbindungen eiserner Fachwerkbrücken. Bericht der Gruppe V der Technischen Kommission des Verbandes Schweiz. Brücken- und Eisenhochbaufabriken, Juni 1922.

beanspruchten Stabes bei Angabe einer zulässigen Spannung einwandfrei festgelegt werden. Erst die Berücksichtigung der plastischen Verformungsvorgänge macht die Aufgabe verwickelt; dann entsteht ein Problem mit kritischen Lasten und eine Bemessung mit einer zulässigen Spannung kann eine gleiche Sicherheit aller Stäbe nicht mehr gewährleisten.

Bei der rechnerischen Behandlung aller Plastizitätsaufgaben spielt die Fließbedingung eine maßgebende Rolle; diese F.B. ist der analytische Ausdruck für die Umstände, unter denen der Baustahl aus dem elastisch festen in den plastisch verformbaren Zustand übergeht. Bei gleichmäßigen Spannungszuständen besteht heute bereits Übereinstimmung über ihren Aufbau, es ist aber noch fraglich, ob sie in derselben Form auch auf ungleichmäßige Spannungszustände übertragen werden darf. Eine neuere Hypothese nimmt an, daß die Kenntnis des örtlichen Spannungszustandes für die Vorhersage von Fließerscheinungen nicht ausreicht und nur die Betrachtung des Spannungszustandes in einem größeren Gebiete eine Entscheidung der Frage nach der Fließgefahr ermöglicht. Auf Grund dieser „neueren F.B.“ läßt sich nun rechnermäßig recht weit an die tatsächliche Tragfähigkeit eines mit verschiedenen Fehlerhebeln gedrückten Stabes unter Berücksichtigung der wirklichen Querschnittsform herankommen.

Bei gleichen Fehlerhebeln an den Stabenden tritt das Größtmoment in der Stabmitte auf; es fällt daher mit dem Orte von  $y_{\max}$  zusammen. Das Tragvermögen der Stütze ist erschöpft, wenn diese Stelle durch den plötzlich einsetzenden Fließvorgang in ihrer Widerstandsfähigkeit so weit geschwächt wird, daß sie bei einer Laststeigerung keinen wesentlichen Beitrag mehr zum Gleichgewicht zwischen angreifenden Kräften und inneren Widerständen leisten kann. Die seitlichen Ausbiegungen wachsen dann sehr rasch an und können erst beim Einsetzen einer Werkstoffverfestigung zu einem neuerlichen Stillstande gelangen. Bei ungleichen Fehlerhebeln wandert  $y_{\max}$  von der Stabmitte weg gegen das Stabende mit dem größeren Fehlerhebel zu (Fig. 1). Solange es sich innerhalb der Stablänge  $l$  befindet, ist gegen früher kein wesentlicher Unterschied. Wenn aber das Max. der elastischen Linie erst außerhalb der Stablänge auftritt und der Stab den Größtwert seines Biegemomentes am Stabende mit dem Betrage  $P_{p_1}$  erreicht, treten ganz andere Erscheinungen auf (Fig. 2). Die Erfüllung der F.B. am Stabende bedeutet dann noch nicht die Erschöpfung seines Tragvermögens, denn der Stab kann unter der Last noch nicht weggehen, weder seitlich, noch in dem Sinne, daß unzulässige Stauchungen in der Richtung der Stabachse auftreten. Fließen am gestützten Stabende kann keine Instabilität des Gleichgewichtes hervorbringen, denn der Stab muß dabei im wesentlichen noch Form und Lage beibehalten, da eine Änderung dieser Größen ohne Kraftaufwand nicht möglich ist. Der in seiner ganzen Länge ausschließlich elastisch verformte Stab steuert noch die Verformung an der Fließstelle, die Erfüllung der F.B. kann daher in diesem Falle nur eine Bereitschaft zu plastischer Verformung bedeuten.

Bei wachsender Belastung wird die Stütze nun unter anderen Randbedingungen weiter verformt und es ist auf Grund des früher Gesagten einleuchtend, daß das Tragvermögen erst dann seinen Grenzwert erreicht hat, wenn das Größtmoment am Stabende gleichzeitig auch durch ein Max. der elastischen Linie gekennzeichnet ist; ihre Tangente muß dann dort gleichlaufend mit der Kraftrichtung sein.

Es ist naturgemäß schwierig, die sich nun abspielenden Vorgänge richtig und zutreffend wiederzugeben und es ist verständlich, daß dies überhaupt nur ungefähr möglich ist. Bezeichnet man mit  $P_1$  die Last, bei der am Stabende die F.B. erfüllt ist, so überlagert sich nun zu dem Spannungszustande an der Fließstelle die Druckkraft  $P - P_1$  und es ist auf Grund der allerdings mit Verdrehen bis zum Fließen und darauf folgenden Zug durchgeführten Versuche von *Hohenemser*<sup>2</sup> und *Prager*<sup>3</sup> zu schließen, daß bei der Biegung bis zum

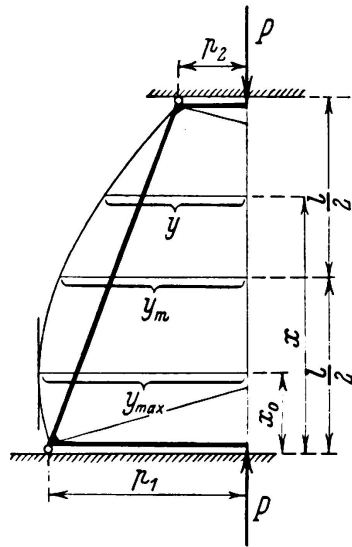


Fig. 1.

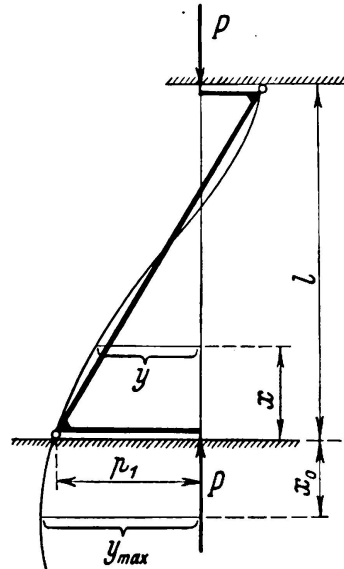


Fig. 2.

Fließen und darauf folgenden Druck das vom Querschnitt aufnehmbare Biegemoment allmählich vermindert wird. Damit könnte sich die Laststeigerung nur mehr in einen Stab eintragen, bei dem sich am Stabende ein Fließgelenk ausgebildet hätte. Das Fließen zentriert daher in einem gewissen Sinne die Laststeigerung, indem durch das Versagen der Fließstelle das Stabendmoment der Laststeigerung  $(P - P_1)p_1$  und ein ständig wachsender Teil des schon aufgenommenen Fließmomentes  $P_1p_1$  auf andere Weise vom Tragwerk verarbeitet werden muß. Das Versagen des Biegungswiderstandes am Stabende kann dadurch zum Ausdruck gebracht werden, daß man zu den bisherigen äußeren Kräften an der Fließstelle zwei Momente hinzufügt, die dort die Krümmung der elastischen Linie den neuen Randbedingungen anzupassen haben. Die Steigerung des Stabendmomentes beim Wachsen von  $P$  über  $P_1$  hinaus verhindert ein entgegengesetzt drehendes Moment von der Größe  $(P - P_1)p_1$  und die Verminderung des Fließmomentes durch die dazutretende Längskraft kann durch ein Moment  $\Delta M$  bewirkt werden, das sich aus der angenommenen Fließbedingung berechnen läßt. Aus Platzmangel ist es nicht möglich, hier die recht umfangreichen Berechnungen anzuführen; sie sind ausführlich in meiner

<sup>2</sup> *K. Hohenemser*: Neuere Versuchsergebnisse über das plastische Verhalten der Metalle. Zeitschrift für angew. Math. u. Mech. 1931, S. 423.

<sup>3</sup> *K. Hohenemser* und *W. Prager*: Beitrag zur Mechanik des bildsamen Verhaltens von Flußstahl. Zeitschrift für angew. Math. u. Mech. 1932, S. 1.

in der Zeitschrift „Der Stahlbau“ erschienenen Arbeit dargestellt worden.<sup>4</sup> Die Fig. 3 und 4, die dieser Veröffentlichung entnommen sind und die sich auf den Fall einseitiger und entgegengesetzt gleicher Außerzmittigkeit des Last-

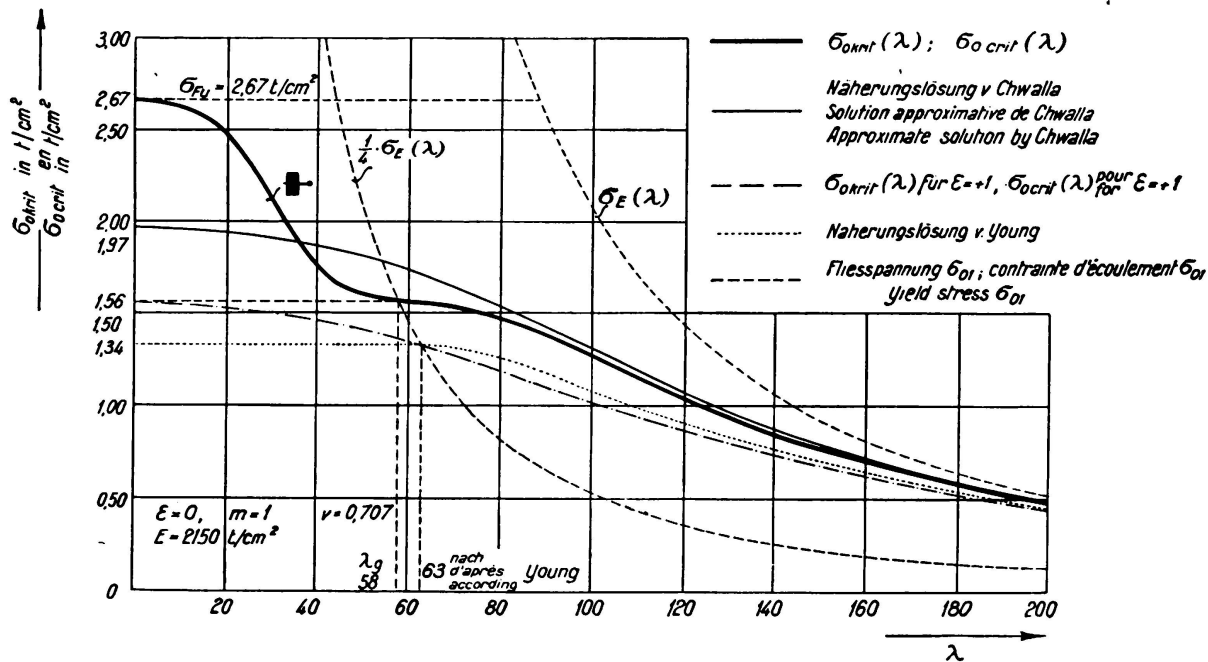


Fig. 3.

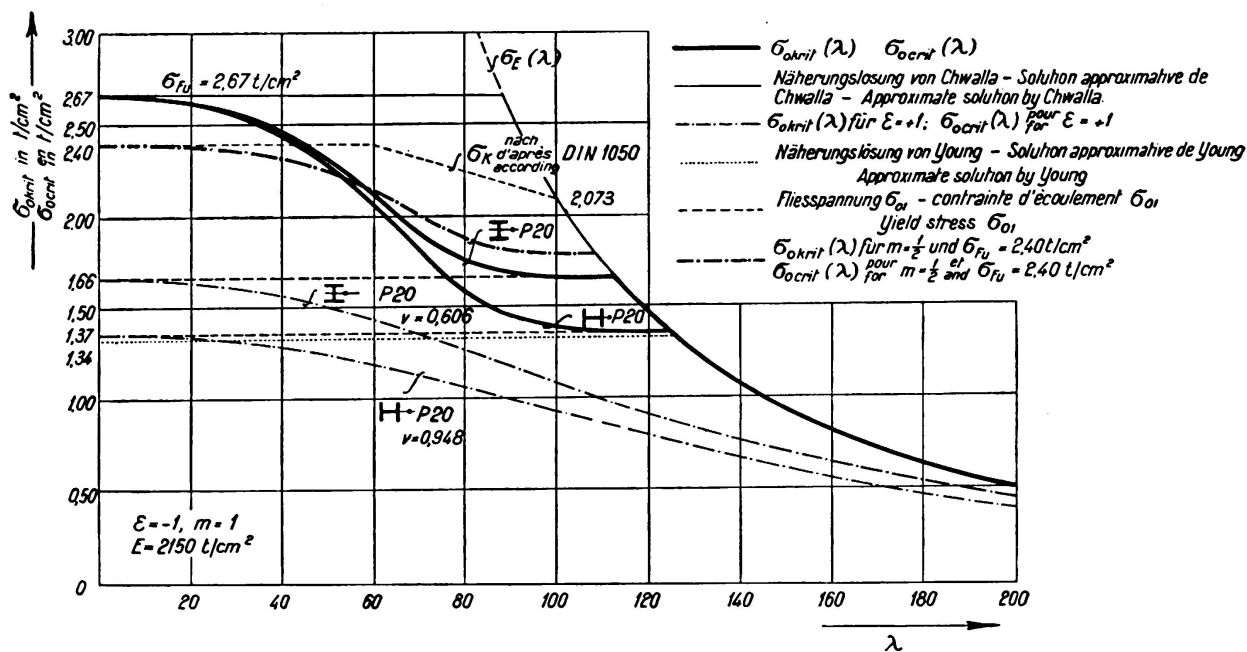


Fig. 4.

angriffes beziehen, zeigen die gewonnenen Ergebnisse. Es stellen sich ganz beträchtliche Abweichungen gegenüber den bisher untersuchten Fällen des mittigen und des außermittigen Druckes mit gleichen Fehlerhebeln ein.

<sup>4</sup> J. Fritsche: Der Einfluß einer Ungleichartigkeit der Fehlerhebel auf die Tragfähigkeit außermittig gedrückter Stahlstützen. Der Stahlbau 1936, Heft 23 und 24.

Wie schon bemerkt, liegen die Verhältnisse für den in ein Stabsystem biegesteif eingebauten Druckstab so, daß sich  $\varepsilon = p_2 : p_1$  dem Betrage  $-1$  nähert. Die Fälle mit  $\varepsilon > 0$  oder  $\varepsilon = 1$  bilden eine seltene Ausnahme; außerdem sind in solchen Fällen die Außermittigkeiten gewöhnlich klein, so daß es nicht gerechtfertigt ist, das Bemessungsverfahren von Druckstäben auf solche Ausnahmefälle zu gründen. Für  $\varepsilon = -1$  kommen nun die Linien  $\sigma_{o\text{ krit}}(\lambda)$  recht nahe an die Linien  $\sigma_K(\lambda)$  heran, die die Tragfähigkeit bei mittigem Drucke zum Ausdruck bringen und es erscheint mir daher gerechtfertigt, bei der Festlegung einer „Knickspannungslinie“ zur Berechnung gedrückter Fachwerksstäbe von diesem Linienzuge auszugehen, wie dies z. B. bei den reichsdeutschen Be-

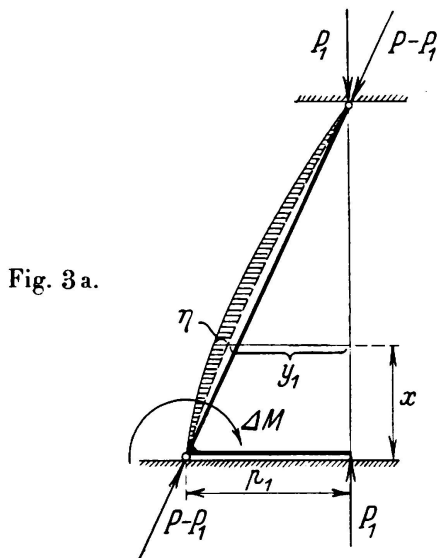


Fig. 3 a.

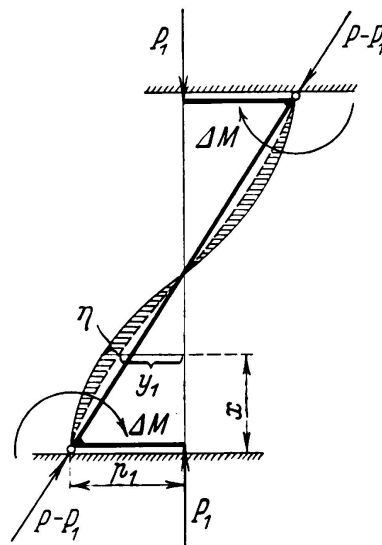


Fig. 4 a.

rechnungsvorschriften nach DIN 1050 geschieht. Es würde sich dann nur noch darum handeln, Größtwerte der vorkommenden Außermittigkeiten zu berechnen oder auf Grund von Messungen zu schätzen und diese bei der Festlegung einer für alle Druckstäbe gültigen Linie  $\sigma_{\text{krit}}(\lambda)$  zu berücksichtigen.  $p$  selbst wird dabei gewöhnlich nicht eingeführt, sondern das Verhältnis von  $p$  zur Kernweite  $k$  des Querschnittes, das man mit  $m$  bezeichnet.  $m = 1$  liegt sicher bereits zu hoch, man dürfte eher mit  $m = 0,5$  an die tatsächlich vorliegenden Verhältnisse herankommen. Damit würde sich dann eine „Knickspannungslinie“ ergeben, die von der nach DIN 1050 nur wenig abweicht, nur würde es sich empfehlen, von der Euler-Linie früher als bei  $2073 \text{ kg/cm}^2$ , etwa bei  $1800 \text{ kg/cm}^2$ , abzuzweigen.

Versuche zur Überprüfung der vorliegenden Rechenergebnisse liegen meines Wissens nicht vor; es ist auch nicht leicht, solche Versuche auszuführen, da zu diesem Zwecke zunächst eine Lagerung des Versuchsstabes gefunden werden muß, die ebenso die Zentrierung der Last von gewissen Belastungsgrenzen ab ermöglicht, wie dies beim steif eingebauten Fachwerkstab eintritt. Es handelt sich darum, die veränderlichen Randbedingungen eines Systemstabes im Festigkeitslaboratorium beim Einzelstab nachzuahmen. Wie weit dies überhaupt möglich ist, entzieht sich zunächst meiner Kenntnis und es wäre sehr erwünscht, derartige Versuchsanordnungen kennen zu lernen, da sie einen weiteren Einblick in das tatsächliche Verhalten des Druckstabes im Bauwerk ermöglichen.