

Zeitschrift: IABSE reports of the working commissions = Rapports des commissions de travail AIPC = IVBH Berichte der Arbeitskommissionen

Band: 11 (1971)

Artikel: Das überkritische Verhalten von Aluminium-Vollwandträgern mit Querstreifen (II. Bericht (1971) aus der "Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine", Universität Karlsruhe)

Autor: Steinhardt, O. / Schröter, W.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-12061>

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: 05.04.2026

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

Das überkritische Verhalten von Aluminium-Vollwandträgern mit Quersteifen (II. Bericht (1971) aus der "Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine", Universität Karlsruhe)

Post-Critical Behaviour of Aluminium Plate Girders with Transverse Stiffeners (2nd Report 1971)

Comportement post-critique des poutres à âme pleine en aluminium, munies de raidisseurs transversaux (2ème rapport 1971)

O. STEINHARDT W. SCHRÖTER
 Prof.Dr.-Ing., Dr.sc.techn.h.c. Dipl.-Ing., Wiss.Ass.
 Karlsruhe, BRD

Zur Weiterentwicklung des unter Punkt 6 (A) des I. Karlsruher Versuchsberichtes angedeuteten Berechnungsansatzes wurde der in Bild 12 dargestellte 6-feldrige symmetrische Vollwandträger mit zwei unterschiedlichen Gurtquerschnitten (als Träger 6 A und 6 B) untersucht. (Auf die Mehrfeldrigkeit sollte hierbei größerer Wert gelegt werden, da bei nur 2 Feldern die Lasteintragungspunkte in Trägermitte und die Lastabtragungspunkte an den Auflagern natürliche Störzonen enthalten.)

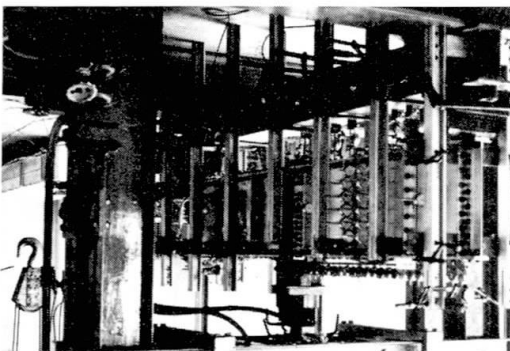


Bild 12a: Versuchsträgeraufbau

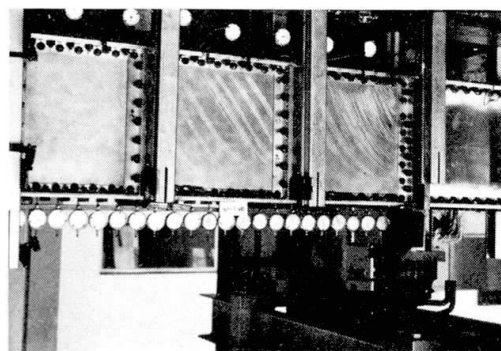


Bild 12b: Reißlackfiguren

Es wurden folgende Abmessungen gewählt: Stützweite $l = 2800$ mm, Stegblechhöhe $b = 450$ mm, Stegblechdicke $t = 2,0$ mm, Stegblechverhältnis $\alpha = a/b = 1$, Pfostenquerschnitte 2 L 40·40·3 mit Futter $\varnothing 40 \times 10$, Gurtquerschnitt (Träger 6 A) 2 $\varnothing 70 \cdot 5$ bzw. Gurtquerschnitt (Träger 6 B) 1 $\varnothing 70 \cdot 5$ mit jeweils 2 L 30·30·3, wobei der am Steg anliegende Schenkel zur Verminderung des Gurtträgheitsmomentes zwischen den HV-Schrauben (M12) jeweils eingesägt war. Weiterhin erfolgte, entsprechend dem 1. Schritt des theoretischen Ansatzes, ein Anschluß der Zwischenpfosten nur an den Gurten. Als Material für die Gurte und Pfosten kam wieder AlMgSi0,5 (F22) und für den Steg AlMg3 (F23) zur Anwendung. An der einen Trägerhälfte wurden geometrische Verformungen gemessen, sowie anhand von Reißlackfiguren erste Angaben über den Verlauf der Spannungstrajektorien ermittelt. In dem mittleren Stegfeld der zweiten Hälfte waren im Bereich der Gurte und in diagonaler Anordnung Dehnungsmeßstreifen angebracht, um Spannungen zu ermitteln.

Für den Träger 6 A ergab sich die theoretische Beullast (für allseitig gelenkige Lagerung der Stegränder) $P_{Kr}^{theor.} = 1,75$ Mp und aus dem Versuch eine elastische Grenzlast $P_{Gr}^{el} = 7,5$ Mp, die zu einem überkritischen Bereich ($n^+ = P_{Gr}^{el}/P_{Kr}^{theor.} = 4,3$) führen. Für den Träger 6 B ergeben sich die entsprechenden Werte: $P_{Kr}^{theor.} = 1,38$ Mp, $P_{Gr}^{el} = 7,0$ Mp, ($n^+ = 5,1$). Den Verlauf der Beulfiguren und die dazugehörigen Beultiefen in [mm] im Stegfeld II für die drei Laststufen $P = 2$ Mp, 4 Mp, 7 Mp gibt das Bild 13 wieder.

In Fortsetzung der theoretischen Untersuchungen für einen geeigneten Berechnungsansatz, der das Wechselspiel zwischen Stegdehnung und Gurtverformung für den Querkraft-Anteil Q^{++} aufhellen soll, erfolgt nach Bild 14 eine vereinfachte Betrachtung eines Vollwandträgers mit Stegblech ohne Befestigung an den Zwischensteifen ("Fall A"): Hierbei wird als Belastung für die Gurte der Ansatz

$$q(x) = q_0 + q_1 \cdot \left(1 - 2 \cdot \sin^2 \frac{\pi \cdot x}{a}\right) \quad (1)$$

gewählt. Die Normalkräfte können in diesem Zusammenhang, wie aus Vergleichsrechnungen hervorging, ihres geringen Anteiles wegen unberücksichtigt bleiben. Mit der bekannten Beziehung $EJv^{IV}(x) = q(x)$ und

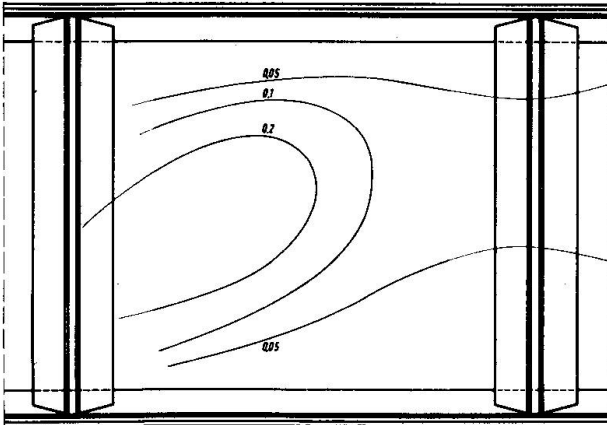
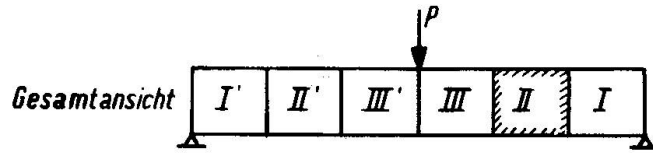


Bild 13a: Träger 6A, $P=2Mp$

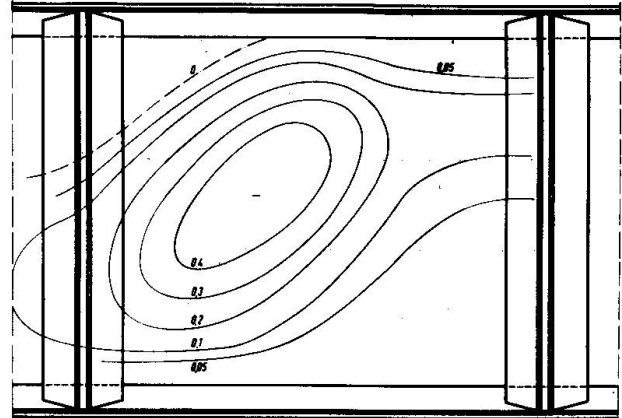


Bild 13d: Träger 6B, $P=2Mp$

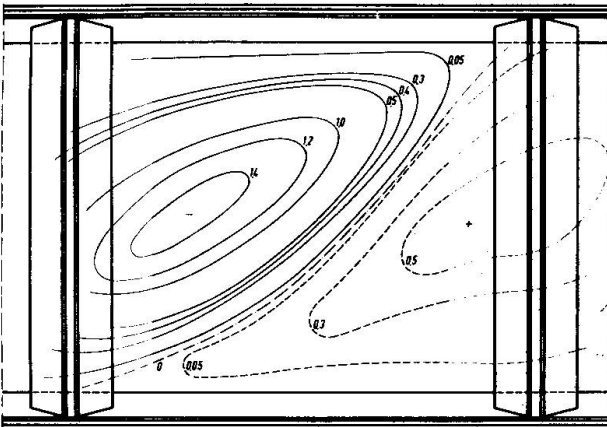


Bild 13b: Träger 6A, $P=4Mp$

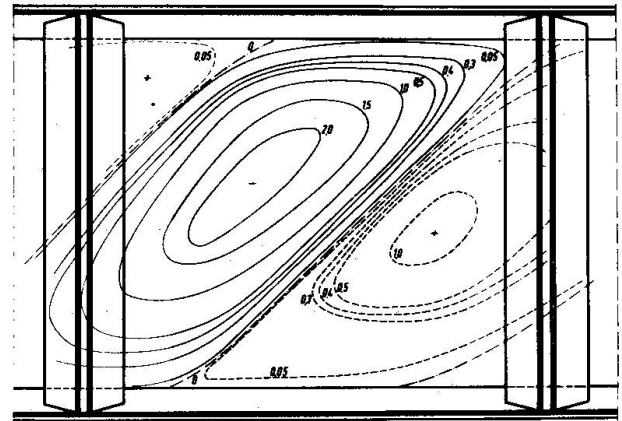


Bild 13e: Träger 6B, $P=4Mp$

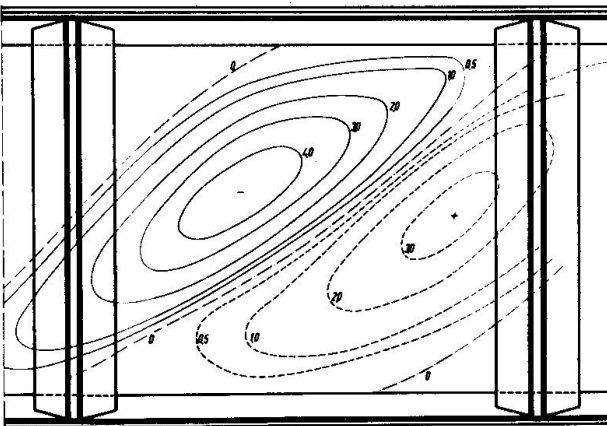


Bild 13c: Träger 6A, $P=7Mp$

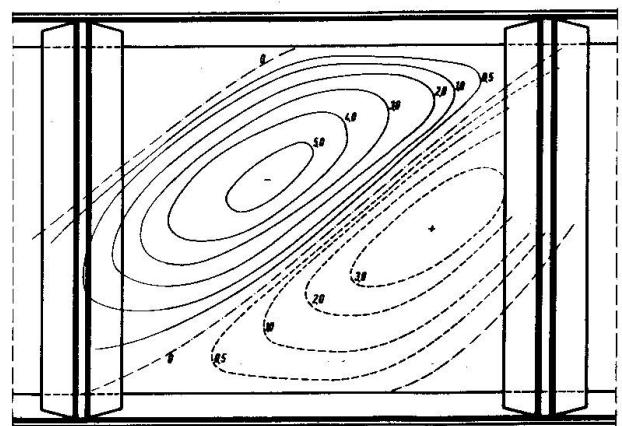


Bild 13f: Träger 6B, $P=7Mp$

Bild 13: Beulfiguren Feld II, Träger 6A, 6B Beultiefen in [mm]

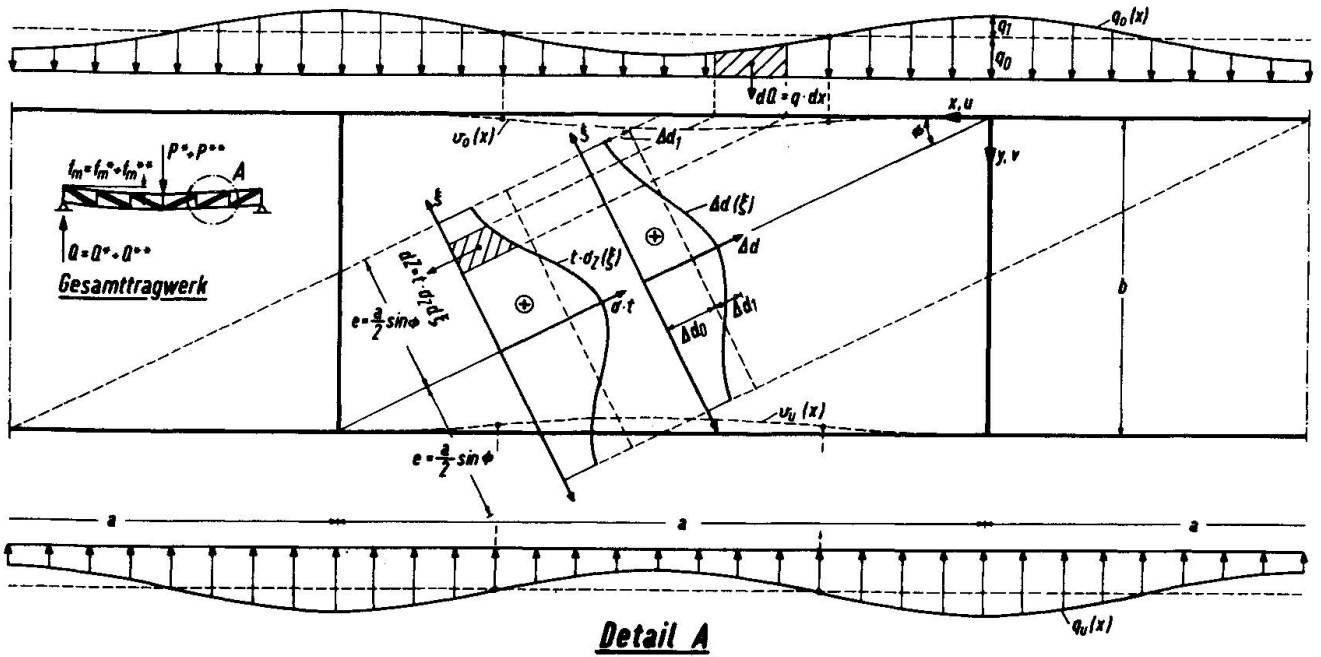


Bild 14: Kräftespiel und Verformungen an Zugfeld und Gurten für Teilbelastung Q^{++}

den Randbedingungen $v(0) = v'(0)$, $v'(a/2) = v'''(a/2)$ ergibt sich hierzu die Durchbiegungs-Funktion für die Gurte zu

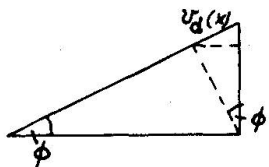
$$v(x) = \frac{a^4}{24E \cdot J} \cdot q_0 \left[\left(\frac{x}{a}\right)^4 - 2 \cdot \left(\frac{x}{a}\right)^3 + \left(\frac{x}{a}\right)^2 \right] - \frac{2}{E \cdot J} \cdot \left(\frac{a}{2\pi}\right)^4 \cdot q_1 \cdot \sin^2 \frac{\pi \cdot x}{a} \quad (2)$$

die mit ausreichender Genauigkeit durch die Funktion

$$v(x) = [C_0 \cdot q_0 - C_1 \cdot q_1] \cdot \sin^2 \frac{\pi \cdot x}{a} \quad (3)$$

mit $C_0 = \frac{1}{24EJ} \cdot \left(\frac{a}{2}\right)^4$ und $C_1 = \frac{1}{8EJ} \cdot \left(\frac{a}{\pi}\right)^4$ angenähert werden kann.

Ein Teil der Gurtverformung wird durch die Verkürzung der Stegblech-



höhe infolge Ausbeulens kompensiert. Für das Diagonalszugfeld ergibt sich deshalb mit

$$v_d(x) = v(x) \cdot \sin \phi$$

und $d = a / \cos \phi$ die Verformung

$$\Delta d(\xi) = \frac{\sigma_2(\xi) \cdot a}{E \cdot \cos \phi} \quad (4)$$

die sich bei Einführung der Größe $e = \frac{1}{2} \cdot a \cdot \sin \phi$ zu (5)

$$\Delta d(\xi) = \Delta d_0 + \Delta d_1 - 2 \cdot \Delta d_1 \cdot \sin^2 \frac{\pi \cdot \xi}{2 \cdot e} \quad (6)$$

umformen läßt. Hierbei resultiert Δd_1 aus den Gurtverformungen zu

$$\Delta d_1 = 2 [C_0 \cdot q_0 - C_1 \cdot q_1] \cdot \sin \phi \quad (7)$$

womit aus Formel (4) mit (6) und (7) sich die Spannung zu

$$\sigma_Z(\xi) = \frac{E \cdot \cos \phi}{a} \cdot [\Delta d_0 + 2 \cdot (C_0 \cdot q_0 - C_1 \cdot q_1) \cdot \sin \phi - 4 \sin \phi (C_0 \cdot q_0 - C_1 \cdot q_1) \cdot \sin^2 \frac{\pi \cdot \xi}{2 \cdot e}] \quad (8)$$

ergibt. -

In den Gleichungen (3) und (8) sind die 3 Unbekannten q_0 , q_1 und Δd_0 enthalten. Hierzu werden die 3 Gleichgewichtsgleichungen herangezogen:

$$\int_0^{a/2} q(x) dx = \int_0^{a/2} [q_0 + q_1 (1 - 2 \cdot \sin^2 \frac{\pi x}{a})] dx = \frac{1}{2} Q^{++} \quad (9)$$

$$t \cdot \int_0^e \sigma_Z(\xi) \cdot d\xi = \frac{1}{2} Q^{++} \cdot \frac{1}{\sin \phi} \quad (10)$$

Neben diesen beiden integralen Betrachtungen muß auch am Differential das Gleichgewicht $dZ = dQ / \sin \phi$ bestehen; hieraus ergibt sich nach Bild 14 mit $dZ = t \cdot \sigma_Z(\xi) \cdot d\xi$ und $dQ = q(x) \cdot dx$

$$q(x) \cdot dx = t \cdot \sigma_Z(\xi) \cdot \sin^2 \phi \cdot dx \quad (11)$$

Die Unbekannten ergeben sich aus den Gleichungen (9), (10) und (11) zu:

$$\begin{aligned} q_0 &= \frac{Q^{++}}{a} \\ \Delta d_0 &= \frac{Q^{++} \cdot a}{E \cdot t \cdot e \cdot \sin 2\phi} \\ q_1 &= \frac{q_0 \cdot C_0}{\frac{1}{2A \cdot \sin \phi} + C_1} \quad \text{mit} \quad A = \frac{E \cdot t \cdot \sin^2 \phi \cdot \cos \phi}{a} \end{aligned} \quad (12)$$

Mit der so erhaltenen Querbelastung der Gurte überlagert mit der Normalkraftbeanspruchung, die aus der gesamten Beanspruchung infolge $Q = Q^+ + Q^{++}$ und dem Biegemoment M resultiert, lassen sich für den möglichen Fall des Gurt-Versagens - **A u s b i l d u n g v o n F l i e ß g e l e n k e n** - Festigkeitsbetrachtungen anstellen,

dabei bereitet die wirklichkeitsnahe Erfassung des Gurtträgheitsmomentes (bei evtl. Einbeziehung einer mittragenden Breite des Steges) noch Schwierigkeiten. - Außerdem kann der weiterhin mögliche Fall des Versagens - F l i e ß e n i m B e r e i c h d e r Z u g d i a g o - n a l e n - mit Hilfe der Formel (8) untersucht werden.

Die Fortsetzung der Versuche soll darüber Klarheit verschaffen, ob eine Abgrenzung der Lastanteile Q^+ gegenüber Q^{++} zu erfolgen hat. Wie auch aus Bild 10 (τ_{xy} -Spannungen für Träger 2) des I. Berichtes zu ersehen ist, scheint die Schubtragfähigkeit des Steges mit Erreichen der kritischen Beullast (P_{Kr}^{theor}) nicht erschöpft zu sein, sondern vermag sich auch noch in die Nähe der elastischen Grenzlast zu erhalten.