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

Band: 2 (1936)

Artikel: Versuche mit durch Schweissung verstärkten Walzträgern

Autor: Bryla, St.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-2840

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: 07.08.2025

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

V 3

Versuche mit durch Schweißung verstärkten Walzträgern.

Essais sur poutres laminées renforcées par soudage.

Experiments on Rolled Sections Strengthened by Welding.

Dr. Ing. St. Bryla,
Professeur à l'Ecole Polytechnique de Varsovie, et

Dr. Ing. A. Chmielowiec, Lwów.

Die Versuchsträger hatten eine Höhe von 30 cm und eine Spannweite von 2,00 m. Die Einzellast wurde in der Mitte des Trägers aufgebracht. Folgende Typen wurden untersucht (Fig. 1 und 2):

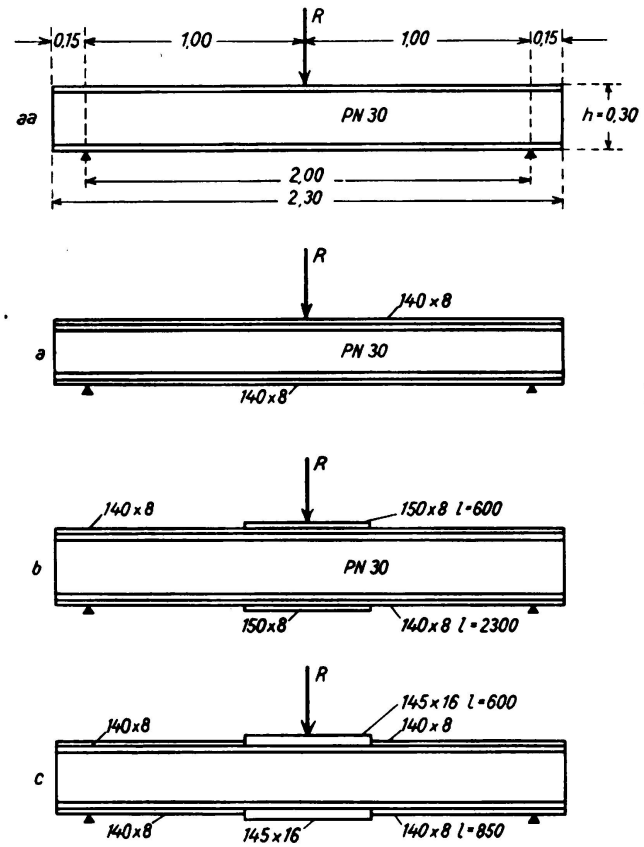

Fig. 1.

— Type aa: Träger Normalprofil 30;
— Type a: Normalprofil 30, verstärkt durch eine Gurtplatte 140 · 8;
— Type b = Type a, auf eine Länge von 600 mm in Trägermitte verstärkt durch eine Gurtplatte 150 · 8;

— Type c = Type b mit dem Unterschied, daß an Stelle von zwei Gurtplatten 140 · 8 in der Mitte des Trägers eine Gurtplatte von 145 · 16 aufgebracht wurde (Fig. 3). Alle diese Typen wurden einmal ohne Versteifungen (Gruppe I) und einmal mit angeschweißten Versteifungen (Gruppe II) untersucht (Fig. 4). An die Gruppe II reihen sich zwei Typen von zusammengesetzten Trägern mit vollwandigem Steg an, h = 300 mm (Fig. 5 und 6):

— Type d: mit genieteten Gurtlamellen und

— Type e: mit geschweißten Gurtlamellen.

Tafel I gibt die Gewichte der Träger (Spalte 5) und die Ergebnisse R der Versuche (Spalte 4) an, nämlich die von den Trägern im Augenblick des Abbrechens der Versuche aufgenommenen Lasten, die Bruchlasten. In den Fällen, in denen mit der gleichen Type derselben Gruppe mehrere Versuche gemacht wurden, ist R der arithmetische Mittelwert aus den verschiedenen Versuchsergebnissen. Spalte 6 der Tafel I gibt die Bruchlast je Gewichtseinheit an, also den Wert r = R : G oder die spezifische Bruchlast. Auf Grund der Tafel I sind die Tafeln II, III und IV berechnet worden, nämlich die Steigerung der Bruchlast und der spezifischen Bruchlast von einer Trägertype zur anderen. Die Anbringung einer Gurtlamelle steigert die Bruchlast in stärkerem Maße als die spezifische Bruchlast. Diese Steigerung ist in der Gruppe II größer als in der Gruppe I. Im Gegensatz dazu ist die Anbringung einer kurzen Gurtlamelle (Type b) vorteilhafter in der Gruppe I. Die Type c ist die wirtschaftlichste, sie ergibt unabhängig von der Gruppe für R und r um etwa 10% höhere Werte. Die Anschweißung von Gurtplatten an einen Träger ist

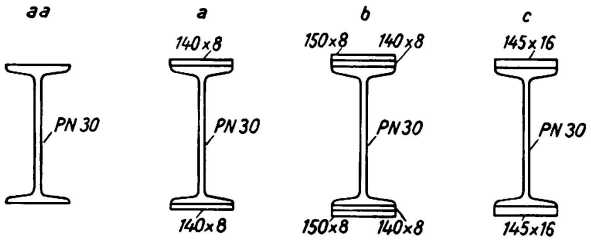

Fig. 2.

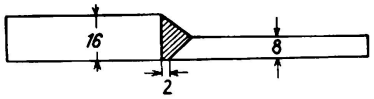

Fig. 3.

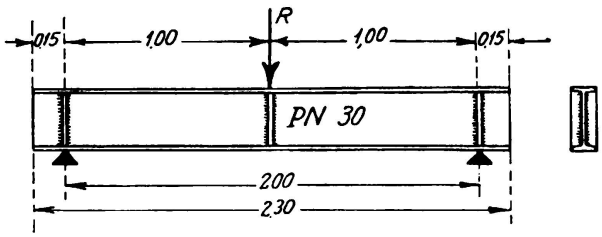

Fig. 4.

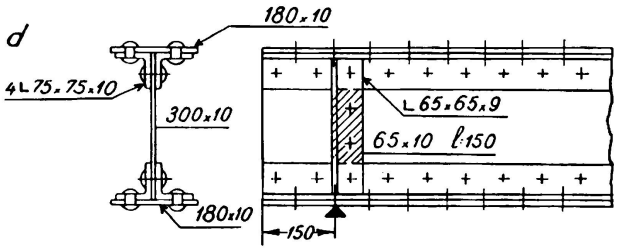

Fig. 5.

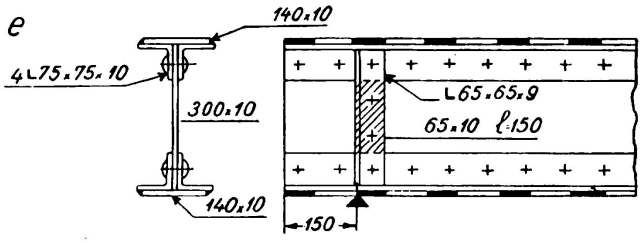

Fig. 6.

dann besonders vorteilhaft, wenn man die Festigkeit des Trägers erheblich steigern will, ohne seine Höhe allzusehr zu vergrößern.

Tafel I.

1	2	3	4	5	6
Gruppe	Type	Zahl der Versuche	R in t	G kg	r = R : G
I Träger ohne Versteifungen	aa	1	39,9	124,75	320
	a	3	54,7	165,25	330
	b	1	62,5	176,55	354
	c	1	68,5	176,55	388
II Träger mit Versteifungen	aa	3	48,4	133,58	362
	a	9	71,3	174,08	409
	b	2	76,75	185,38	414
	c	1	84,5	185,38	455
	d	2	79,0	256,6	308
	e	2	74,9	242,2	309

Tafel II.

Gruppe	I	II
$R_a - R_{aa}$	37,2 %	47,4 %
$R_b - R_a$	14,25 „	7,65 „
$R_c - R_a$	25,3 „	18,5 „
$R_c - R_b$	9,6 „	10,0 „

Tafel III.

Gruppe	I	II
$r_a - r_{aa}$	3,12%	13,0%
$r_b - r_a$	7,3 „	1,5 „
$r_c - r_a$	17,5 „	11,2 „
$r_c - r_b$	9,6 „	9,9 „
$r_b - r_{aa}$	10,6 „	14,4 „
$r_c - r_{aa}$	21,2 „	26 „

Tafel IV.

Gruppe	I	II
$r_{aa} - r_e$	2,8%	17 %
$r_a - r_e$	5,4 „	32,4 „
$r_b - r_e$	11,5 „	34 „
$r_c - r_e$	20,2 „	47 „

Die beiden Typen d und e haben wirtschaftlich fast den gleichen Wert, nämlich r = 308 bzw. 309. Dieser Wert liegt wesentlich unter demjenigen der Walzträger. Aus Tafel IV ist zu ersehen, daß die nicht mit Versteifungen versehenen Walzträger schon um 2,8 % bis 20 % wirtschaftlicher sind als die mit Versteifungen versehenen Blechträger. Was die versteiften Walzträger anbetrifft, so geht deren wirtschaftliche Überlegenheit von 17 bis 47 %. Es muß ferner den Lohnkosten Rechnung getragen werden, die für die Blechträger wesentlich höher sind. Bei der Nietbauweise zieht man häufig die Blechträger den Walzträgern vor (beispielsweise für die Längs- und Querträger), denn es ist schwierig, Walzträger durch Nietung miteinander zu verbinden (Anschluß der Längsträger an die Querträger). Diese Schwierigkeit tritt bei der Schweißbauweise nicht auf. Hier ist es also eher angebracht, verstärkte oder nicht verstärkte Walzträger und keine Blechträger zu verwenden: die Ausführung wird dadurch vereinfacht, das Gewicht verringert und die Festigkeit gesteigert. Dies ist einer der bedeutenden Vorteile der geschweißten Stahlkonstruktionen gegenüber den genieteten.

Die Spannung

$$\sigma = \frac{M}{J} \cdot v = \frac{M}{W}$$

sollte im Augenblick des Bruchs des Trägers einen Wert erreichen, der gleich der Bruchfestigkeit des Stahls ist, wenn die Zerstörung des Trägers von der Biegung ausginge und wenn der Stahl genau das *Hooke*sche Gesetz befolgte. Infolge des Vorhandenseins der Zähigkeit des Stahles erhöhen sich das Biegungsmoment M und die Bruchlast um fast 15 % bei den Doppel-T-Trägern und wir haben

$$M = \frac{R \cdot L}{4} = 1{,}15\, W \sigma \quad \text{oder} \quad \sigma = \frac{R \cdot L}{4 \cdot 1{,}15\, W} = \frac{R}{B}.$$

Für $$L = 200\ \text{cm}, \quad B = \frac{1{,}15\, W}{50\ \text{cm}}.$$

Tafel V gibt die Spannungen σ nach den obigen Formeln an. Wenn das verwendete Material vollständig homogen wäre und wenn die Träger alle aus einem Stück beständen und alle durch Biegung zerstört worden wären, so hätten die Werte σ der Tafel V alle gleich der Fließgrenze des Metalls sein müssen. Bei den aus einem Stück bestehenden Trägern (Type aa) und den fast aus einem Stück bestehenden Trägern (Type a) ist das Material besser ausgenutzt, als bei den aus mehreren Teilen zusammengesetzten Trägern der Typen d, e, b und c.

Tafel V.

Type	W cm³	B cm²	σ kg/mm² Gruppe I	σ kg/mm² Gruppe II
aa	653	15,07	26,4	32
a	958	22,05	24,8	32,4
b	1292	29,80	21	25,8
c	1292	29,80	23	28,4
d	1246	28,68		27,6
e	1154	26,50		28,2

Die Gründe dafür, daß die letzteren niedrigere Werte ergeben, als die andern Typen, sind folgende: Bei der Type b ist es möglich und wahrscheinlich, daß der gefährliche Querschnitt nicht in Trägermitte lag. Vielmehr war er von demselben um etwa 250 mm entfernt, an welcher Stelle die kurzen Gurtplatten noch nicht wirksam sind. Die bei den Trägern ohne Versteifungen erhaltenen Werte sind bedeutend niedriger als diejenigen der Träger der Gruppe II mit Versteifungen. Man kann daraus schließen, daß die Träger ohne Versteifungen nicht durch Biegung zerstört worden sind. Vielmehr hat die Zerstörung des Stegs den Bruch der Träger verursacht. Die auf den oberen Flansch des Walzträgers aufgebrachte Einzellast erzeugt quer gerichtete Beanspruchungen, d. h. senkrechte Pressungen unterhalb der Last. Diese sind am größten im oberen Teil des Stegs dicht unterhalb des Flansches. Wenn sie die Quetschgrenze überschreiten, wird der Steg zerstört.

Um die Querbeanspruchungen σ_z zu berechnen, nimmt Professor *Huber* an,[1] daß der gedrückte Flansch einen Träger darstellt, der auf einer elastischen

[1] Prof. *M. T. Huber*, Etudes des poutres en double T. Comptes rendus des séances de la Société Technique de Varsovie, 1923.

Unterlage ruht. Wenn I_s das Trägheitsmoment dieses Trägers, h_1 die Höhe und δ die Stärke des Stegs des Walzträgers bezeichnen, so gilt

$$\sigma_z = \frac{R\alpha}{2\delta}, \qquad \alpha^4 = \frac{0{,}4\,\delta}{I_s \cdot h_1}.$$

Um der starren Verbindung zwischen dem Steg und dem Flansch Rechnung zu tragen, muß diese Beanspruchung um 8 % herabgesetzt werden, in Analogie zu der gleichmäßig verteilten Last. Für ein Walzprofil NP 30 ist $\delta = 1{,}08$ cm und $h_1 = 26$ cm; es ergibt sich daher

$$\sigma_z = \frac{R}{A}, \qquad A = 6{,}55\sqrt[4]{I_s}.$$

Tafel VI gibt die Werte von σ_z nach den obigen Formeln an. Diese Werte sind viel größer als die Biegungsspannungen σ der Träger ohne Versteifungen (Tafel V, Gruppe I), woraus hervorgeht, daß es die Querbeanspruchungen sind, welche bei den Trägern ohne Versteifungen den Bruch herbeigeführt haben.

Tafel VI.

Träger ohne Versteifungen.

Type	J_s cm⁴	A cm²	σ_z kg/mm²
aa	5,05	9,85	40,50
a	16,57	13,26	41,28
b	39	16,40	38,10
c	39	16,40	41,80

Tafel VII.

Träger mit Versteifungen.

Type	1,59 A cm²	σ_z kg/mm²
aa	15,70	32,5
a	21,14	33,8
b	26,0	29,55
c	26,0	32,75

Es mag erstaunlich erscheinen, daß die Werte von σ_z die Quetschgrenze überschreiten. Wir erklären uns dies dadurch, daß der Versuch nicht genau in dem Augenblick abgebrochen wurde, in dem die Spannung σ_z die Quetschgrenze erreichte; die Belastung wurde noch erhöht, und infolge der Formänderungen hat sich die konzentrierte Last auf ein ziemlich breites Band verteilt, so daß die Spannungen im Mittelpunkt verringert wurden.

In der Annahme, daß die an der Angriffsstelle der Kraft R angebrachten Versteifungen die Last gleichmäßig auf die beiden Gurte verteilen,[1] erhält man die Querbeanspruchungen 1,59fach kleiner. Also

$$\sigma_z = \frac{R}{1{,}59\,A}.$$

Tafel VII gibt die Beanspruchungen in den Trägern mit Versteifungen nach der obigen Formel an. Auch hier sind die Werte größer als die der Tafel V, Gruppe II. Indessen sind die Unterschiede nicht ausreichend, um die Möglichkeit des Bruchs der Träger durch Biegung auszuschließen.

Man erkennt das auf den nachfolgenden Figuren. Die untere Gurtung des Trägers ohne Versteifungen (Fig. 7) ist unbeschädigt; die senkrecht gerichteten

[1] Vgl. *Bryla*: Influence des raidisseurs d'âme soudés aux poutrelles sur leur résistance. Annales de l'Académie des Sciences Techniques. Warschau 1935, I, Seite 152.

Spannungen sind hier gleich Null. Die obere Gurtung sowie der Steg haben sich gefaltet. Bei den Trägern mit Versteifungen (Fig. 8, 9 und 10) sind beide Gurtungen an der Angriffsstelle der Einzellast deutlich gebrochen, woraus hervorgeht, daß die Biegungsspannungen gleichfalls zu der Zerstörung der Träger beigetragen haben. In Fig. 8 und 9 hat sich der Flansch der oberen Gurtung

Fig. 7.

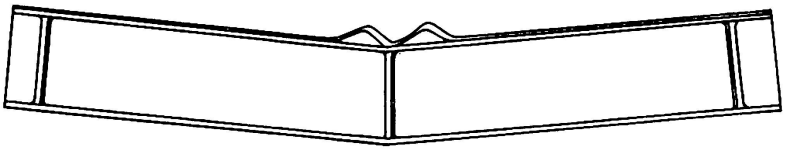

Fig. 8.

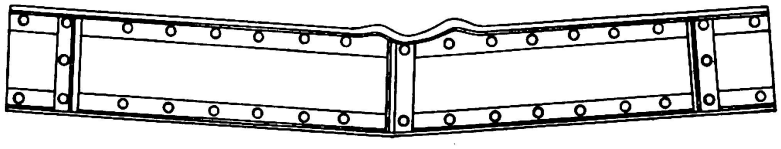

Fig. 9.

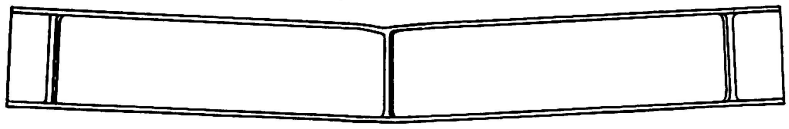

Fig. 10.

gefaltet und in Fig. 8 sind die Schweißnähte gerissen. Es ist dies die Wirkung der Querbeanspruchungen, aber auch eine Knickerscheinung an der gedrückten Gurtplatte, die zwischen den unterbrochenen Schweißnähten ausknicken kann. So erklärt sich auch, weshalb bei einem Träger mit durchgehenden Schweißnähten die Gurtplatten sich nicht verbogen haben (Fig. 10).

Schlußfolgerungen.

Durch Hinzufügen einer Gurtplatte am Walzträger erhöht sich die Bruchlast R (Tafel I). Die spezifische Bruchlast, d. h. die Bruchlast je kg Gewicht des Trägers — $r = R : G$ — steigt weniger rasch an. Die Blechträger sind den Walzträgern unterlegen, ob diese durch Gurtplatten verstärkt sind oder nicht. Zwei einzelne Gurtplatten sind einer Platte von der doppelten Stärke unterlegen. Bei den Trägern ohne Versteifungen sind es die senkrechten Drücke unterhalb des Angriffspunktes der Einzellast und nicht die Biegungsspannungen, welche die Zerstörung der Träger durch Zerdrücken des Stegs herbeigeführt haben, vgl. Tafel V und VI und Fig. 7. Bei den Trägern mit Versteifungen haben auch die Biegungsspannungen zu der Zerstörung beigetragen, vgl. Tafel V und VII und Fig. 8, 9 und 10.