

Beiträge zur Berechnung und Ausbildung zusammengesetzter Vollwandträger

Autor(en): **Stüssi, F.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **121/122 (1943)**

Heft 9

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-53051>

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.

Beiträge zur Berechnung und Ausbildung zusammengesetzter Vollwandträger

Von Prof. Dr. F. STÜSSI, E.T.H., Zürich (Schluss von Seite 89)

Der Lamellenanschluss beim Blechträger

In der Stahlbaupraxis wird die theoretische Lamellenlänge durch den Vergleich der zulässigen Momente $M_{zul.} = W_n \sigma_{zul.}$ mit den vorhandenen Momenten $M_{vorh.}$ in der sogen. «Materialverteilungsfigur» (Abb. 15) bestimmt; die Lamelle ist dabei vor dem theoretischen Ende ganz oder teilweise, in diesem Fall mit mindestens zwei Nietpaaren, anzuschliessen. Bei dieser Bemessungsweise des Lamellenanschlusses, die sich im Grossen und Ganzen bewährt hat, besteht nun aber eine Unklarheit über die Grösse der wirklich auftretenden Nietkräfte und ein Widerspruch mit den Erfahrungen über die stark ungleichmässige Kraftverteilung in langen Nietreihen bei Zug- und Druckstabanschlüssen und bei Stosslaschen³⁾. Es sollen deshalb im Folgenden die Verhältnisse im genieteten Lamellenanschluss etwas näher untersucht werden, soweit dies mit den elementaren Mitteln der Bieglehre möglich ist.

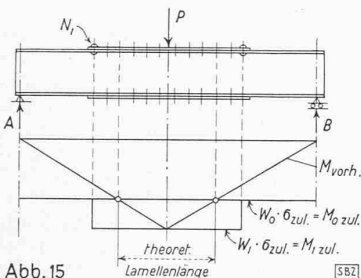


Abb. 15

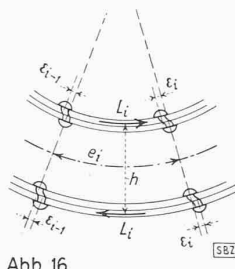


Abb. 16

In Abb. 16 ist ein verformtes Element eines symmetrischen Balkens zwischen den Nietreihen $i - 1$ und i dargestellt. Durch die Nietreihen werden die Lamellen zur Mitarbeit mit dem zu verstärkenden Träger (Grundprofil) gezwungen; das vom Grundprofil aufzunehmende Moment M_{0i} wird durch das Kräftepaar $L_i h$ von M_i auf $M_i - L_i h$ vermindert:

$$M_{0i} = M_i - L_i h \dots \dots \dots (16)$$

während die Lamellen, die wir als dünn voraussetzen wollen, durch die Kräfte L_i auf Zug bzw. Druck beansprucht werden.

³⁾ Siehe z. B. J. Arnovlečić: Zur Kraftverteilung in genieteten Stäben. «Oesterr. Wochenschrift für den öffentl. Baudienst», 1908. — P. Füllinger: Ueber die Festigkeit von Löt-, Leim- und Nietverbindungen. «Oesterr. Wochenschrift für den öffentl. Baudienst», 1919. — A. Hertwig und H. Petermann: Ueber die Verteilung einer Kraft auf die einzelnen Nietreihen einer Nietreihe. «Stahlbau», 1929.

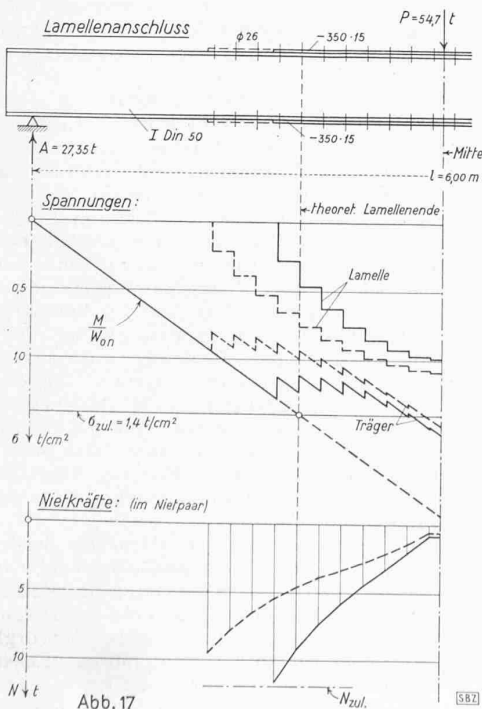


Abb. 17

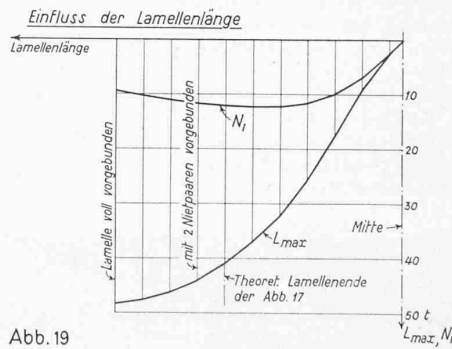


Abb. 18

Die Uebertragung der Kräfte L erfolgt durch die Niete; das Nietpaar i ist somit durch die Kraft

$$N_i = L_{i+1} - L_i \dots \dots \dots (17)$$

beansprucht.

Durch die Verformung des Elementes mit dem Krümmungsradius ρ

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M_{0i}}{E J_0}$$

verlängern sich alle Fasern der Zugseite um

$$\Delta dx = \frac{y}{\rho} dx$$

und der Abstand der Nietmitten, auf dem Grundprofilflansch, in Lamellenmitte gemessen, vergrössert sich um

$$\begin{aligned} \Delta e_i Fl. &= \frac{M_{0i} m}{E J_0} \frac{h}{2} e_i - \varepsilon_{i-1} + \varepsilon_i = \\ &= \frac{M_{i m} - L_i h}{E J_0} \frac{h}{2} e_i - \varepsilon_{i-1} + \varepsilon_i \end{aligned}$$

wenn wir mit ε die Verformungen der Niete infolge der sie beanspruchenden Kräfte N , und mit $M_{i m}$ den Durchschnittswert des Momentes über den Bereich von $i - 1$ bis i bezeichnen. Um den gleichen Betrag muss sich aber auch die Lamelle verlängern:

$$\Delta e_{iL} = \frac{L_i}{E F_L} e_i$$

Die Gleichsetzung der beiden Verlängerungen

$$\frac{L_i}{E F_L} e_i = \frac{M_{i m} - L_i h}{E J_0} \frac{h}{2} e_i - \varepsilon_{i-1} + \varepsilon_i \dots (18)$$

liefert die Grundgleichung des betrachteten Problems.

Die Nietverformung ε dürfen wir im Sinne der Elastizitätstheorie proportional zur Nietbelastung N setzen

$$\varepsilon = \frac{N}{C} \dots \dots \dots (19)$$

wobei der Verformungswiderstand C des Nietes, bzw. des Nietpaares durch Versuche zu bestimmen ist.

Für lauter gleiche Niete erhalten wir aus Gleichung (18) unter Berücksichtigung der Gleichungen (17) und (19) nach Ordnen und mit

$$J_1 = J_0 + F_L \frac{h^2}{2}$$

die dreigliedrige Gleichung

$$-L_{i-1} + \left(2 + \frac{C e_i}{E} \frac{J_1}{F_L J_0}\right) L_i - L_{i+1} = \frac{C e_i h}{2 E J_0} M_{i m} \quad (20)$$

die uns die Bestimmung der Lamellenkräfte L erlaubt. Als Randbedingung ist dabei einzuführen, dass die Lamellenkraft L vor dem ersten und nach dem letzten Nietpaar verschwindet.

Eine gewisse Schwierigkeit bietet noch die Bestimmung des Verformungswiderstandes C der Niete, da dieser nicht nur vom Niet selbst, sondern auch von den zu verbindenden Teilen, den Klemmkraften und Reibungswiderständen usw. abhängig ist. Aus den sorgfältigen Versuchen von Prof. Rudeloff⁴⁾ können wir nun für einen zweischneittigen Niet herauslesen, dass C im Mittel etwa dem Quadrat des Nietdurchmessers Φ proportional ist

$$C_2 = k_2 \Phi^2$$

und dass k etwa den Wert von $k_2 \cong 75 \text{ t/cm}^3$ besitzt. Für die in unserm Problem vorliegenden einschnittigen Niete wollen wir vorläufig, bis die Materialprüfung diese Lücke geschlossen hat, annehmen, dass der Widerstand eines einschnittigen Nietes etwas kleiner sei als der halbe Widerstand eines zweischneittigen, oder

$$C_1 \cong 30 \Phi^2 \dots (21)$$

Dabei ist Φ in cm einzusetzen, um C in t/cm^2 zu erhalten. Niete verschiedenen Widerstandes können in Gl. (20) durch entsprechende Verhältniszahlen berücksichtigt werden. Auf dieser Grundlage habe ich das in Abb. 17 dargestellte Zahlenbeispiel durchgerechnet.

⁴⁾ Rudeloff: Versuche mit Nietverbindungen und Brückenteilen, Berlin 1912.

net und zwar für «knappen» Lamellenanschluss mit nur zwei Nietpaaren vor dem theoretischen Lamellenende und für annähernd «vollen» Anschluss mit fünf Nietpaaren, wobei der Nietabstand gleichmässig mit $16 \text{ cm} \cong 6 \phi$ angenommen wurde. Das berechnete Kräftespiel ist dargestellt durch die im Träger (Grundprofil) und in der Lamelle auftretenden Spannungen, bezogen auf Nettoquerschnitte, und durch den Verlauf der Nietkräfte. Nach üblicher Spannungsberechnung ergibt sich unter der Last P gerade volle Ausnutzung des verstärkten Trägers mit $\sigma_{\text{vorh.}} = \sigma_{\text{zul.}}$.

Abb. 18 zeigt beim gleichen Beispiel, dass durch die Verkleinerung der Nietabstände (ausserhalb des theoret. Lamellenendes) die äussersten Nietkräfte verkleinert werden können. In Abb. 19 endlich ist, wieder für das gleiche Beispiel, der Einfluss einer von der Mitte aus wachsenden Lamellenlänge auf die Kräfte im äussersten Nietpaar, N_1 , und in der Lamellenmitte, $L_{\text{max.}}$, dargestellt.

Bei grösseren Nietzahlen verursacht die Auflösung des dreigliedrigen Gleichungssystems Gl. (20) einen gewissen Rechnungsaufwand, der durch eine geschlossene Lösung vermindert werden kann. Beachten wir, dass

$$\frac{+L_i - 1 - 2L_i + L_i + 1}{e^2} = L'$$

so kann die Gl. (20) mit den Abkürzungen

$$\omega^2 = \frac{C}{Ee} \frac{J_1}{F_L J_0} \quad \text{und} \quad \alpha = \frac{C}{Ee} \frac{h}{2J_0}$$

übergeführt werden in die Differentialgleichung

$$L'' - \omega^2 L + \alpha M = 0 \dots (21)$$

Solche Differentialgleichungen sind in der Baustatik nicht selten; für konstante Koeffizienten ω^2 (in dem wie in α nun der verteilte Verformungswiderstand $C:e$ vorkommt) lässt sich die Lösung der Gleichung (21) mit Exponentialfunktionen oder hier etwas bequemer mit hyperbolischen Funktionen ansprechen zu

$$L = c_1 \text{Sh } \omega x + c_2 \text{Ch } \omega x + \frac{\alpha M}{\omega^2} + \frac{\alpha M''}{\omega^4} + \dots (22)$$

wobei sich die Integrationskonstanten c_1 und c_2 aus den Randbedingungen ergeben.

So ergibt sich für einen durch eine Einzellast P in Balkenmitte belasteten Balken nach Abb. 20 mit

$$\left. \begin{aligned} x = 0 : L' &= 0 \\ x = a : L &= 0 \end{aligned} \right\} \text{ und } \left\{ \begin{aligned} M' &= -Q = -\frac{P}{2} \\ M'' &= 0 \end{aligned} \right.$$

unter Beachtung, dass $\frac{\alpha}{\omega^2} = \frac{S_L}{J_1} \left(S_L = F_L \frac{h}{2} \right)$ die Lösung

$$L_P = \frac{S_L}{J_1} \left[M_x - M_a \frac{\text{Ch } \omega x}{\text{Ch } \omega a} - \frac{Q}{\omega} \frac{\text{Sh}(a-x)}{\text{Ch } \omega a} \right] \dots (23)$$

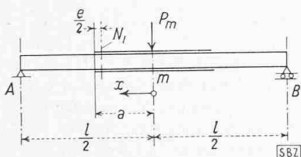


Abb.20

Daraus kann für $x = a - e$ die Beanspruchung des ersten Nietpaares und für $x = 0$ die grösste Lamellenbeanspruchung L_{max} rasch bestimmt werden.

Für gleichmässig verteilte Belastung des Balkens nach Abb. 20 ergibt sich mit $M'' = -q$, $M''' = 0$, analog

$$L_q = \frac{S_L}{J_1} \left[M_x - M_a \frac{\text{Ch } \omega x}{\text{Ch } \omega a} - \frac{q}{\omega^2} \left(1 - \frac{\text{Ch } \omega x}{\text{Ch } \omega a} \right) \right] \dots (24)$$

Aus dieser Untersuchung über den genieteten Lamellenanschluss können wir heute etwa folgende Folgerungen ziehen:

Bei genieteten Lamellen bestehen zwei Gefahren: die der Ueberlastung des ersten Nietpaares und die einer nur teilweisen Wirkung der Lamellen im massgebenden Querschnitt.

Bei rein oder vorwiegend *statisch* beanspruchten Konstruktionen (Hochbau, Strassenbrücken) dürften daraus keine wesentlichen Einbussen an Sicherheit zu erwarten sein, weil hier die Möglichkeit der Selbsthilfe, des Spannungsausgleichs vor dem Bruch besteht. Es darf also hier, abgesehen von sehr kurzen Lamellen, die sparsamere Regel des nur teilweisen Vorbindens der Lamelle vor dem theoretischen Lamellenende unbedenklich beibehalten werden.

Etwas anders stellen sich die Verhältnisse bei *dynamisch* beanspruchten Trägern, im Eisenbahnbrückenbau, wo wir mit einer Selbsthilfe vor dem Ermüdungsbruch nicht rechnen dürfen. Hier sollen die Lamellen voll vorgebunden werden mit möglichster Verkleinerung der Nietabstände der äussersten Niete.

Bei sehr kurzen Lamellen, wie sie etwa über den Stützen durchlaufender Träger zur Aufnahme der Spitzen der Stützenmomente vorkommen, sind in allen Fällen, bei statisch und bei dynamisch beanspruchten Konstruktionen, die Lamellen minde-

stens voll vorzubinden. Die angegebenen Beziehungen erlauben nun eine nähere Prüfung der Verhältnisse.

Bei Schweissnähten ist der Verformungswiderstand bedeutend grösser als bei der nachgiebigeren Nietung; hier besteht somit und in Uebereinstimmung mit den Ergebnissen von Dauerversuchen in sehr hohem Masse die Gefahr einer Ueberbeanspruchung der Nahtenden. Die hier skizzierte Untersuchung des Kräftespiels erlaubt nun aber grundsätzlich eine eingehende Beurteilung der Spannungsverhältnisse in verschieden geformten Lamellenenden und damit eine Verbesserung ihrer konstruktiven Ausbildung nicht mehr nur empirisch, sondern durch den systematisch durch die Theorie geführten Versuch.

Berichtigung. Auf Seite 89, Spalte rechts, soll es in der zweiten Formelzeile richtig heissen:

$$\varphi = \lg \frac{\text{tg } \alpha - \text{tg } \beta}{\text{tg } \alpha + \text{tg } \beta} + \dots \text{ usw.}$$

Erfahrungen in der Unfallverhütung

M. Helfenstein gibt im «Monatsbulletin SVGW» 1942, Nr. 11 einen ausführlichen Bericht über die Erfahrungen der 1918 eröffneten Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt, die nach Art. 65 KUVG über die Einführung der zur Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten nötigen Schutzmittel zu wachen hat.

Von dem Art. 98 jenes Gesetzes, der bei grobfahrlässiger Herbeiführung des Unfalls einen dem Verschuldensgrad entsprechenden (was immer darunter zu verstehen sei) Abzug an den Versicherungsleistungen vorsieht, hat man sich eine unfallverhütende Wirkung versprochen, welche Theorie nach Helfenstein nunmehr als grau erwiesen ist. (Wer nicht auf das Heilbleiben seiner Glieder achtet, pflegt eben auch nicht an die pekuniären Folgen zu denken.) In praxi scheint Art. 98 nur selten angewendet zu werden. Wenn in einem Betrieb die Missachtung der Schutzvorschriften geduldet wird, oder die Sicherheitsvorrichtungen verlottert sind, geht es nicht an, den verunfallten Pechvogel, und damit seine Angehörigen, die allgemein geübte Fahrlässigkeit auch finanziell büssen zu lassen.

Ein anderes Mittel der Unfallbekämpfung wird in der Propaganda durch Wandbilder, Vorträge, Filmvorführungen oder Ausstellungen erblickt. Es hat sich jedoch gezeigt, dass solche, zur Weckung der Kauf- oder Reiselust geeignete Methoden im Kampf gegen die menschliche Nachlässigkeit versagen. Betriebsleiter fassen das Aufhängen einer Warnungstafel gerne als bequeme Deckung auf, die sie weiterer Verantwortlichkeit enthebt. Es ist nicht damit getan, im Film oder Vortrag darauf hinzuweisen, dass vorstehende Nägel, mangelhafte Leitern oder unverdeckte Zahnradgetriebe gefährlich sind: Der Mann, der die Nägel ausziehen muss, ist zu bezeichnen; Leitern sind ständig zu kontrollieren und die Schutzverdecke so auszuführen, dass ihr Entfernen und Wiederanbringen für den Akkordarbeiter keinen fühlbaren Zeitverlust bedeutet. Auch Aufklärungsschriften, die sich nicht an den Arbeiter, sondern an die Leitung wenden, haben keinen spürbaren Erfolg: Sie pflegen ungelesen ad acta gelegt zu werden. — Zu verwerfen sind nach Helfenstein Wettbewerbe unter Arbeiterschaften um die geringste Unfallhäufigkeit, da sie zur Verheimlichung von Unfällen verleiten und ein Ergebnis prämiieren, das auch von solchen Faktoren — Einrichtungen, Aufsicht, Beschäftigungsgrad usw. — abhängt, auf die die Arbeiterschaft keinen Einfluss hat.

Aussicht auf Erfolg haben Massnahmen, die sich bezahlt machen. Schutzvorrichtungen werden heute nicht mehr lediglich zur Beschwichtigung inspizierender Aufsichtsbeamter angeschafft, sondern im Hinblick auf die damit erzielbaren Einsparungen. Die Anstalt bemisst den Prämiensatz nach dem Risiko: Jede die Unfallgefahr erhöhende Betriebsumstellung erhöht auch die Unfallprämie. Gefahrverminderung infolge Aufsicht und Schutzvorkehrungen gibt Anspruch auf Erniedrigung des Prämiensatzes. Diese unterbleibt jedoch, solange die aus den Unfällen des Betriebes entstehenden Auslagen nicht durch seine Prämienszahlungen getilgt sind. Diese strenge Prämiendisziplin, die ungesäumte Anpassung der Prämie an die gesteigerte Gefährdung, hat sich als ein sehr wirksames Mittel erwiesen.

Zu dieser disziplinarischen gesellt sich jedoch eine beachtenswerte technisch-beratende, organisatorisch-konstruktive Tätigkeit der Anstalt. Sie verfügt über eigene Werkstätten und Versuchslabore, in denen Schutzvorrichtungen entworfen, verbessert und geprüft werden. Die von ihr geschaffenen Schutzmittel liefert die Anstalt dem Betriebsinhaber auf Probe, lässt sie durch ihre Monteure anbringen und klärt über ihre Handhabung auf.

Die bei der Unfallverhütung zu beachtenden Grundsätze sind ebenso selbstverständlich wie wichtig: Es ist verfehlt, erst nach