

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 115/116 (1940)
Heft: 26

Artikel: Schweißgerechte Formgebung
Autor: Amstutz, Ernst
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-51199>

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: 20.02.2026

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

Oelgefüllte Hartpapierzylinder umschließen das Strahlrohr und die Kondensatorenäule. Wie aus Abb. 1 ersichtlich, sind außer diesen beiden Säulen auch die Welle für Spannungsregler und Polwender, sowie die Säulen der Erregerdynamos und der Generatoren samt der Transformatorenreihe innerhalb eines Käfigs aus feldausgleichenden Aluminium-Potentialringen ([11] und Abb. 2) und eines Resocel-Zylinders [12] in isolierendes Mineralöl getaucht. Die abschließende Aluminiumkugel [13] von $1,5\text{ m}$ Ø birgt die Ionisierungsapparatur. Ein birnenförmiger, ölfüllter Eisenmantel umhüllt das Ganze. Alle beweglichen Teilapparate sind nach unten demontierbar. Ohne das Strahlrohr ist der Tensator zur Gleichspannungsprüfung von Kabeln, oder, mit einer Röntgenröhre, für Durchstrahlungen zu medizinischen Zwecken oder zur Materialprüfung¹⁾ verwendbar.

Der Tensator ist aus einem glücklichen Zusammentreffen von Einfall und Gestaltungsgabe entstanden. Prof. Imhof hatte die Idee, und ihre Verwirklichung lag in seinen Händen. Der Vergleich seines eleganten Gebildes mit anderen modernen Höchstspannungserzeugern, deren mächtige Abmessungen noch mehr imponieren als die damit erreichten Spannungen²⁾, bestätigt, dass es bei einer technischen Neuschöpfung weniger auf die Grösse der Mittel einer Firma ankommt, als auf den Einzelnen, dem sie diese zur Verfügung stellt.

K. H. Grossmann

Schweissgerechte Formgebung

Von Dipl. Ing. ERNST AMSTUTZ, Mitarbeiter von Prof. Dr. F. Stüssi, E. T. H., Zürich.

Kaum ist das Echo auf den Einsturz der geschweißten Brücke von Hasselt³⁾ verklungen, so hört man aus Belgien von zwei neuen Verlusten⁴⁾. Ende Januar 1940 zersprangen in einer scharfen Kälteperiode an verschiedenen Stellen die Hauptträger der Brücken von *Hérentals-Oolen* und von *Kaulille* (Abb. 1) über den Albert-Kanal, beides geschweißte Vierendeelträger von ähnlichen Typ wie die Brücke von Hasselt. Der Einsturz wurde nur durch die Längsträger der Fahrbahntafel verhindert, die die Aufgabe der gerissenen Untergurte übernahmen.

Bei näherer Betrachtung scheinen mir zwei Umstände bemerkenswert zu sein:

1. Sechs von den insgesamt neun augenfälligen Rissen gehen von Schweißnähten in einspringenden Ecken beim Anschluss der Querträger, bzw. der Halbrahmen-Lamelle an den unteren Flansch des Untergurtes aus (Abb. 2). Die übrigen drei können leicht als sekundäre Folge von Ueberlastungen im gerissenen Tragwerk erklärt werden. Es ist bekannt, dass an solchen Stellen plötzlicher Querschnittsveränderung hohe Spannungsspitzen auftreten (Abb. 3), die umso grösser sind, je schroffer der Uebergang, je kleiner also der Kerbradius ist.

2. Zur Zeit der Katastrophen trugen die Brücken keine Verkehrslast sondern lediglich ihr Eigengewicht.

Da also äusserste Ueberbelastung ausgeschlossen war, können nur innere Spannungen — Schrumpfspannungen — den Bruch verursacht haben. Temperaturspannungen haben wohl kaum ein gefährliches Mass erreicht (die Fahrbahnplatte besitzt Dilatationsfugen), die Kälte hat wohl eher durch Versprödung des Schweissgutes den letzten Anstoß zum Bruch gegeben.

Schrumpfspannungen sind besonders in den Knoten zu erwarten (Abb. 3). Die Pfostenlamellen bringen durch ihre Schrumpfung beim Aufschweißen auf den Gurt starke exzentrische Druckkräfte in den Untergurt, also Zugspannungen in seinen unteren, gekerbten Flansch. Schon bei der Brücke von Hasselt konnten starke Zugspannungen in den abgebogenen Pfostenlamellen festgestellt werden; dort führten sie zum Bruch an der Ansatzstelle A der Lamelle (Abb. 3).

Merkwürdig scheint der Verlauf der Rissform a (Abb. 2), die nur bei der Brücke von Kaulille, deren Untergurte aus Breitflanschträgern bestehen, vorkommt. Sie kann jedoch aus dem geringen Verformungsvermögen des Stegmaterials in Querrichtung, wie es der Walzvorgang mit sich bringt, erklärt werden und besitzt daher hier keine weitere Bedeutung.

Ich habe schon früher⁵⁾ die Ansicht vertreten, dass nur die einfachsten Konstruktionsformen für die Schweisung gerade

³⁾ Ueber die Durchstrahlbarkeit und die Fehlererkennbarkeit von Stahl bei Röhrenspannungen bis 1 Million Volt vgl. «Stahl und Eisen» Bd. 60 (1940), Nr. 16, S. 339.

⁴⁾ So ist der hier (im laufenden Band, Nr. 10, S. 117) und ausführlich in «ETZ» 1940, H. 20 beschriebene Kaskadenspannungszeuger für 1000 kV und 5 mA der Bestrahlungsanlage Hamburg-Barmbeck rd. 7 m hoch und 4,5 m breit; die selbe Bauhöhe erreichen, bei einer Nennspannung gegen Erde von 1500 kV, die beiden Kaskadengeneratoren des Kaiser Wilhelm-Institutes für Physik in Berlin-Dahlem.

⁵⁾ «SBZ», Bd. 112, S. 80* (13. August 1938).

⁶⁾ «L'Ossature Métallique», Februar 1940.

⁷⁾ «Neuere Probleme der Schweisung im Stahlbau», «SBZ», Bd. 113, S. 256* (27. Mai 1939).

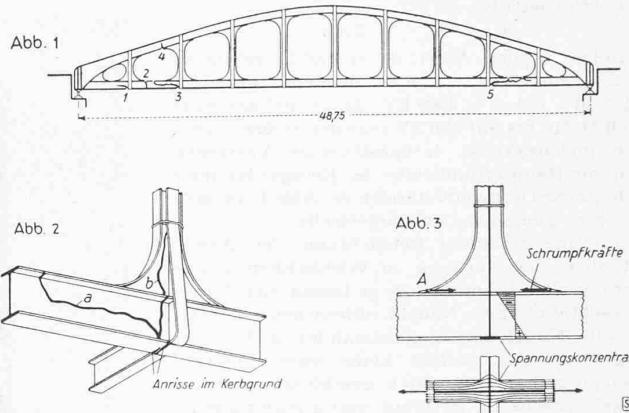


Abb. 1. Rissbildungen in der Brücke von Kaulille

Abb. 2. Typische Rissformen

Abb. 3. Schrumpfspannungen im Knoten und Spannungsverlauf im Unterflansch

gut genug sind. Einerseits vermeidet man dadurch übersteife, statisch unbestimmte Konstruktionsteile, die der Schrumpfung der zuletzt gezogenen Nähte nicht zwanglos zu folgen vermögen. Anderseits wird durch Vermeidung von Kerben ein flüssiger Spannungsverlauf erreicht. Ohne den amtlichen Untersuchungen voreignen zu wollen, darf doch wohl die Schuld an den Brücken-Katastrophen in Belgien der Nichtbeachtung dieser Grundsätze zugeschrieben werden; bedeutende Schrumpfungen, durch Kerbwirkung vielfach vergrössert, haben bereits drei Brücken zerstört und weitere könnten noch folgen.

Ein lehrreicheres Schulbeispiel, wie die scheinbar unbeschränkten Gestaltungsmöglichkeiten des Schweissverfahrens zu Fehlkonstruktionen führen können, als die Knotenausbildung bei den belgischen geschweißten Vierendeelträgern können wir uns kaum vorstellen. Wenn der Konstrukteur mit sicherem Erfolg schweißen will, muss er sich von überlieferten Ansichten frei machen. Er muss sich immer vor Augen halten, dass geschweißte Konstruktionen zu sprödem Verhalten neigen; auf einen Kräfteausgleich wie bei genieteten Bauteilen kann er daher nicht rechnen. Mit dem Hinweis auf Spannungsausgleich dürfen daher die Probleme der Schrumpfspannungen und der Spannungsspitzen nicht bagatellisiert werden. Wir können nicht ungernstraft die Vorteile der Schweisung ausnutzen und ihre Nachteile geflissentlich übersehen. Entweder suchen wir den Weg zu schweissgerechtem Konstruieren, das ist der Weg des Fortschrittes, oder wir verzichten auf das Schweissverfahren, das wäre der Weg der Bequemlichkeit.

Das mindeste, was vom Konstrukteur verlangt werden muss, ist die Beachtung einiger Kunstregeln:

Keine übersteifen Konstruktionsformen (behinderte Schrumpfung!);

Keine Kerben (Spannungsspitzen!).

Bei beiden Problemen ist die quantitative Voraussage noch schwierig. Eine Theorie der Schrumpfspannungen ist noch nicht aufgestellt und es ist fraglich, ob eine zuverlässige Berechnung je möglich sein wird. Die Spannungsberechnung von gekerbten Körpern ist zwar grundsätzlich durch die Elastizitätstheorie (Scheibentheorie) gelöst, sie konnte jedoch erst auf einige der einfachsten Fälle angewendet werden; man ist daher auf Modellmessungen (z. B. mit der photoelastischen Methode) angewiesen. Dem Konstrukteur, der in kürzester Zeit und mit einfachsten Mitteln den Spannungsverlauf in einem Konstruktionsteil annähernd feststellen will (namentlich etwa zum Vergleich verschiedener Lösungen), steht in der Ausmessung selbstverfertigter Gummimodelle ein zwar primitives aber zuverlässiges Mittel zur Verfügung.

Ein mit Tusch auf die aus Gummiplatten ausgeschnittenen Modelle aufgezeichnetes Netz wird in gespanntem und ungespanntem Zustand mit gewöhnlichem Maßstab ausgemessen, sodass man für jede Netzeite die mittlere Dehnung berechnen kann. Die treppenförmig aufgetragenen Dehnungen werden flächengleich durch eine stetige Kurve ausgeglichen. Aus dem Dehnungszustand $\varepsilon_x, \varepsilon_y$ schliesst man auf die Spannungen σ_x, σ_y :

$$\sigma_x = \frac{E}{1 - \nu^2} (\varepsilon_x + \nu \varepsilon_y)$$

$$\sigma_y = \frac{E}{1 - \nu^2} (\varepsilon_y + \nu \varepsilon_x)$$

Da es uns lediglich auf die Verteilung der Spannungen, nicht aber auf ihre Grösse ankommt (diese ergibt sich aus den Gleich-

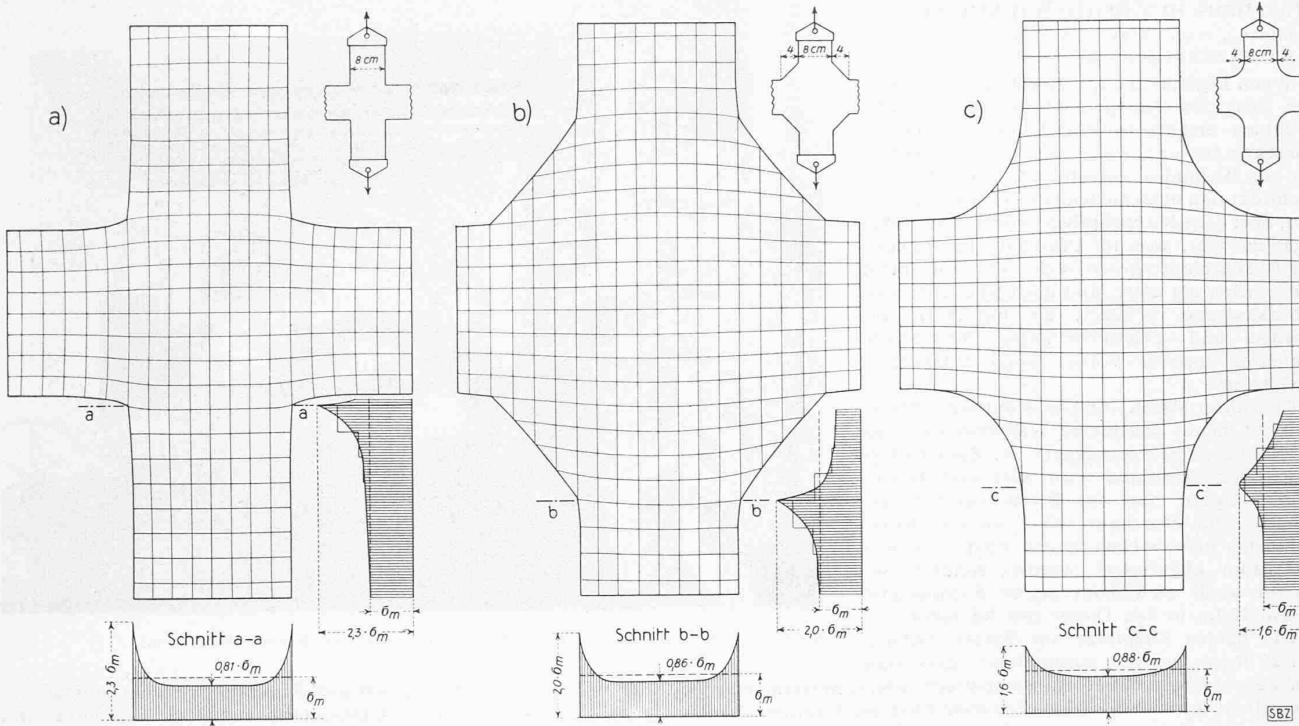


Abb. 4. Spannungsverlauf in Kreuzknoten an Gummimodellen gemessen. Die Modellaufnahmen (Netzlinien) sind photographische Negative, zum Zweck der Reproduktion gepaust und hier in $\frac{3}{10}$ natürlicher Größe wiedergegeben.

gewichtsbedingungen) ist der Elastizitätsmodul E irrelevant. Die Querdehnungszahl ν bestimme man aus einem einaxigen Zugversuch.

Solche Gummimodelle von Kreuzknoten mit verschiedenen Übergangsformen habe ich angefertigt und ausgemessen (Abbildung 4, a) bis c). Die Formziffer α , also das Verhältnis von Spitzenspannung zur mittleren Spannung, erhielt ich

- a) bei scharf einspringender Ecke zu $\alpha = 2,3$
- b) bei eingesetzten Zwickeln zu $\alpha = 2,0$
- c) bei ausgerundeter Ecke ($r = \frac{b}{2}$) zu $\alpha = 1,6$

Besonders im ersten Fall sind diese Werte sicher noch zu niedrig (theoretisch müsste hier eine unendlich grosse Spannung auftreten, praktisch ist die Ecke stets etwas ausgerundet), da das Modell immerhin schon so stark verzogen ist, dass seine Umrandung sich dem Spannungsverlauf teilweise anpasst.

Die ausserordentlich ungünstige Wirkung der plötzlichen Querschnittsveränderung, wie sie die Gurtungen der beiden zu Bruch gegangenen belgischen Brücken an der Ansatzstelle der Pfosten und Querträger aufweisen, zeigt sich in diesen Modellen deutlich (Abb. 4a). Bei geschweißten Konstruktionen muss an derartigen Stellen unbedingt ein Knotenstück mit sanft ausgerundeten Ecken (Abb. 4c) eingeschaltet werden. Die Verbesserung mit eingeschweißten Zwickeln (Abb. 4b) ist noch nicht befriedigend.

An den zahlreichen bereits erstellten belgischen Brücken gleicher Bauart wäre dies ein kaum durchführbares Flickwerk. Um dennoch zukünftige Katastrophen zu vermeiden, schlage ich vor, den gefährdeten Untergurt durch vorgespannte Zugbänder, am vorteilhaftesten aus hochwertigen Drahtkabeln, von Zugspannungen zu entlasten. Die Vorspannung des Zugbandes könnte entweder durch hydraulische Pressen und Nachstellvorrichtung oder durch ein Hebelsystem mit Spanngewicht oder endlich durch bloses Aufschneiden des Untergurtes erzeugt werden. Damit wäre auf einfache und zuverlässige Art jede Gefahr weiterer Risse an der Wurzel behoben.

Die Heizung im Radio-Studio Zürich

[Durch ein Versehen ist diese, durch Ing. H. Lier (Zürich) ausgeführte Heizung nicht in Nr. 18 lfd. Bds. beschrieben worden, weshalb dies hier nachgeholt wird. Red.]

Die Heizungsanlage im Neubau des Radiogebäudes ist als Warmwasser-Pumpenheizung ausgeführt und mit der im Altbau

bestehenden Warmwasser-Schwerkraftheizung zu einem einheitlichen System kombiniert worden. Der Gesamtwärmebedarf von Alt- und Neubau zusammen beträgt, auf eine tiefste Außen temperatur von -20°C bezogen, 500 000 kcal/h. Normalerweise findet die Wärmeerzeugung nur in der Heizzentrale des Neubaus statt, während die Kesselanlage des Altbauers zur Wärme spitzendeckung bei tiefen Außentemperaturen oder bei Störungen in der Wärmezentrale des Neubaus in Betrieb genommen werden muss. Eine Ausgleichleitung verbindet zu diesem Zweck das Heizsystem des Altbauers mit der Heizzentrale des Neubaus, die den Ausgangspunkt für die gesamte Wärmeverteilung des Alt- und Neubaus zusammen bildet. Erwähnenswert ist noch, dass die beiden Kesserräume des Alt- und Neubaus rd. 25 m voneinander entfernt sind (siehe Kellergrundriss S. 204).

Die neue Heizzentrale umfasst einen Elektro-Warmwasserkessel, System Escher Wyss, von 4500 l Inhalt, mit einem Anschlusswert von 650 kW, sowie einen mit Koks gefeuerten Warmwassergliederkessel, System Sulzer, von 23,9 m² Heizfläche. In der Kesselanlage des Altbauers sind zwei Strelbel Eca II Kessel für Warmwasserheizung von zusammen 27 m² Heizfläche auf gestellt, von denen der eine für Oelfeuerung eingerichtet ist. Alle vier in den beiden Kesselräumen installierten Kesseleinheiten sind zu einem System mit gemeinschaftlichem Wärmeausgangspunkt gekuppelt, von dem aus die gruppenweise angeordnete Wärmeverteilung für die gesamte Bauanlage erfolgt. Fünf Gruppen sind für sich abstell- und entleerbar eingerichtet:

1. Luftheizung grosses Studio, 2. Luftheizung kleines Studio und zugeteilte Räume (vgl. Text S. 207), 3. Altbau (wiederum in drei Gruppen unterteilt), 4. Neubau-Räume gegen S.-W., 5. Neubau-Räume gegen N.-O.

Für die Umwälzung des Heizwassers dienen zwei mit Elektromotoren direkt gekuppelte Zentrifugalpumpen von 25 000 bzw. 14 000 l/h Förderleistung bei 2,5 m Förderhöhe. Die Disposition der Raumheizflächen ist den architektonischen Forderungen entsprechend getroffen worden.

Die Wärmeleistung des Elektro-Warmwasserkessels ist der art gewählt worden, dass der gesamte Wärmeanschlusswert von 500 000 kcal/h elektrisch erzeugt werden kann, was während des Winters 1939/40 auch geschehen ist. Die ausgeführte Kombination von elektrischer und Koks-Heizung dürfte vom wirtschaftlichen Standpunkt aus beachtenswert sein, indem es auf diesem Wege den Elektrizitätswerken möglich wird, Überschussenergie zu Preisen abzugeben, die den mit Brennstoffen erzeugten Wärmepreisen entsprechen.