

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

Band: 2 (1936)

Artikel: Verstärkung der Austerlitzbrücke der Pariser Stadtbahn durch elektrische Licht-Bogenschweissung

Autor: Fauconnier, M.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-2851>

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: 30.01.2026

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

V 14

Verstärkung der Austerlitzbrücke der Pariser Stadtbahn durch elektrische Licht-Bogenschweißung.

Renforcement du Viaduc d'Austerlitz par soudure à l'arc électrique.

Strengthening of the Austerlitz Viaduct in Paris by Electric Arc Welding.

M. Fauconnier,

Directeur des Travaux Neufs de la Compagnie du Métropolitain de Paris.

Die Linie Nr. 5 der Hoch- und Untergrundbahn in Paris überquert die Seine in der Nähe des Bahnhofs Austerlitz mit einer Stahlkonstruktion von 140 m Spannweite; diese Spannweite ist die größte von allen Brücken in Paris.

Das Bauwerk wurde als Dreigelenk-Bogen ausgebildet. Die Kämpfer-Gelenke sind nicht auf den Widerlagern, sondern befinden sich an den Enden von 14 m auskragenden Konsolen. Das Bauwerk zeigt ein leichtes Aussehen, das ihm

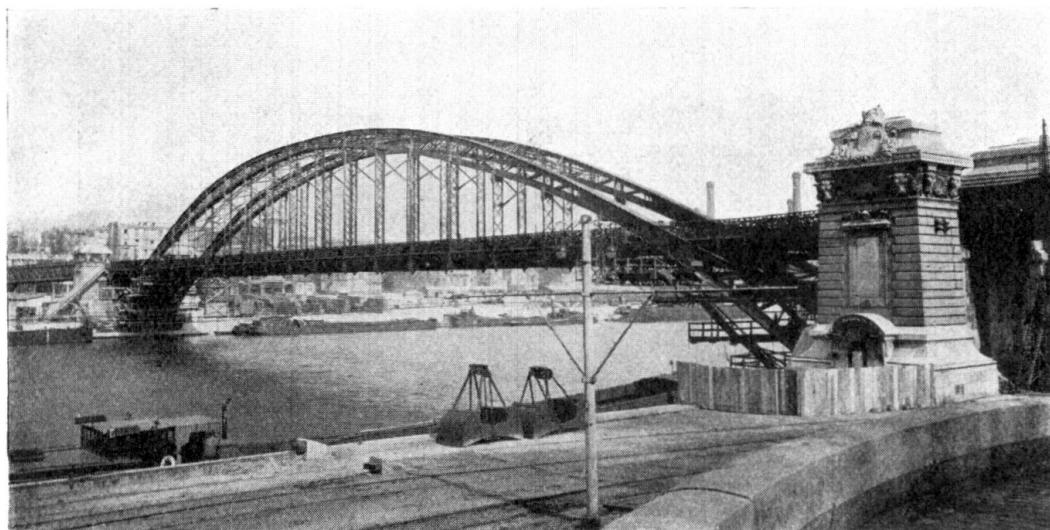


Fig. 1.
Austerlitzbrücke.

mit Recht die Bewunderung der Fachwelt eingetragen hat (Fig. 1). Sein Gewicht beträgt 820 Tonnen.

Unglücklicherweise ist seine Berechnung unter Annahme eines leichten Zuges von 121 t Gewicht und 50 m Länge gemacht worden. Heute, dreißig

Jahre nach seiner Herstellung, hat der Normalzug der Hoch- und Untergrundbahn eine Länge von 105 m und ein Gewicht von 420 t. Die Verkehrslast ist also mehr als verdreifacht worden.

Die Gesellschaft läßt augenblicklich die Verstärkung des Bauwerks durchführen. Unseres Wissens ist eine solche Arbeit noch nie durchgeführt worden:

- die Querschnitte des Bogens werden um 60 % vergrößert;
- das Gewicht des Bauwerks steigt von 800 auf 1000 t;
- der Bogen ist ein Dreigelenkbogen und seine Spannweite ist beträchtlich;
- die Konsolen müssen so geändert werden, daß die Drucklinie durch den Kern geht;
- der Verkehr kann während der Verstärkungsarbeiten nicht unterbrochen werden;
- 700 Züge befahren täglich das Bauwerk.

Die Verstärkungsglieder (Stäbe von 70×140 , verschiedene Profile) werden zwischen den Nietreihen angeordnet; die Konstruktionsglieder des ursprünglichen Bauwerks werden unversehrt beibehalten.

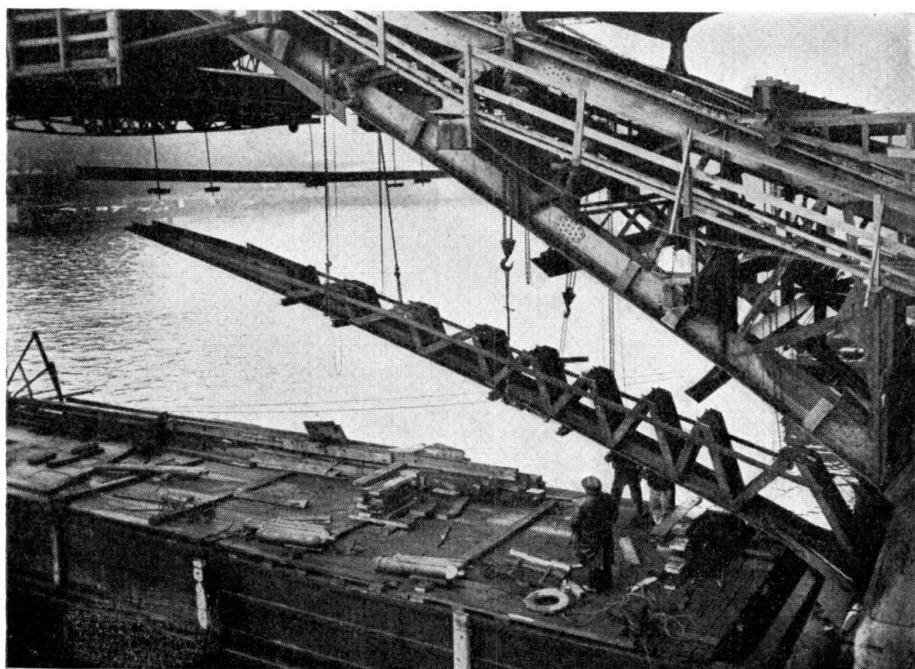


Fig. 2.
Verstärkung der Kämpferkonsole.

Für die Konsole wird die Bedingung, daß die Drucklinie innerhalb des Kerns bleiben soll dadurch erfüllt, daß unter der unteren Gurtung ein zusätzliches Eisenfachwerk angeschweißt wird, das vorher angefertigt und in einem Arbeitsgang eingebaut wird (Fig. 2).

Für die Berechnung ist man von der folgenden einfachen Annahme ausgegangen: Die neu hinzugekommenen Querschnitte werden nur durch die Verkehrslast beansprucht; die alte Konstruktion nimmt allein das Eigengewicht und einen Teil der Verkehrslast auf. Ein unmittelbarer Versuch hat uns gezeigt, daß diese Annahme richtig war.

Man könnte glauben, daß die durch die Schweißung ausgelösten inneren Spannungen zu berücksichtigen wären. In Wirklichkeit ist das aber ein Irrtum, denn die inneren Spannungen sind lokalisiert und bei dem hochgradig zähen Stahl 37 haben sie das Bestreben, sich allmählich auszugleichen.

Das Material des bestehenden Bauwerks ist ein besonders weicher Martin-Stahl mit geringem Kohlenstoffgehalt, weniger als 0,10 %. Er ist also vollkommen schweißbar. Seine Bruchfestigkeit beträgt 42 kg/mm^2 und seine Dehnung 32 %. Absichtlich ist das Material für die Verstärkung noch weicher gewählt worden im Hinblick auf eine einwandfreie Schweißbarkeit: 37 kg/mm² Bruchfestigkeit, 34 % Dehnung. Seine chemische Zusammensetzung soll genau den folgenden Bedingungen gerecht werden:

$$\begin{aligned} C &\leq 0,10 \% \\ Mn &\leq 0,40 \% \\ Si &\leq 0,20 \% \\ P &\leq 0,04 \% \\ S &\leq 0,04 \% \end{aligned}$$

Seine Kerbzähigkeit soll über 10 mkg/cm^2 liegen (Mesnager-Probe).

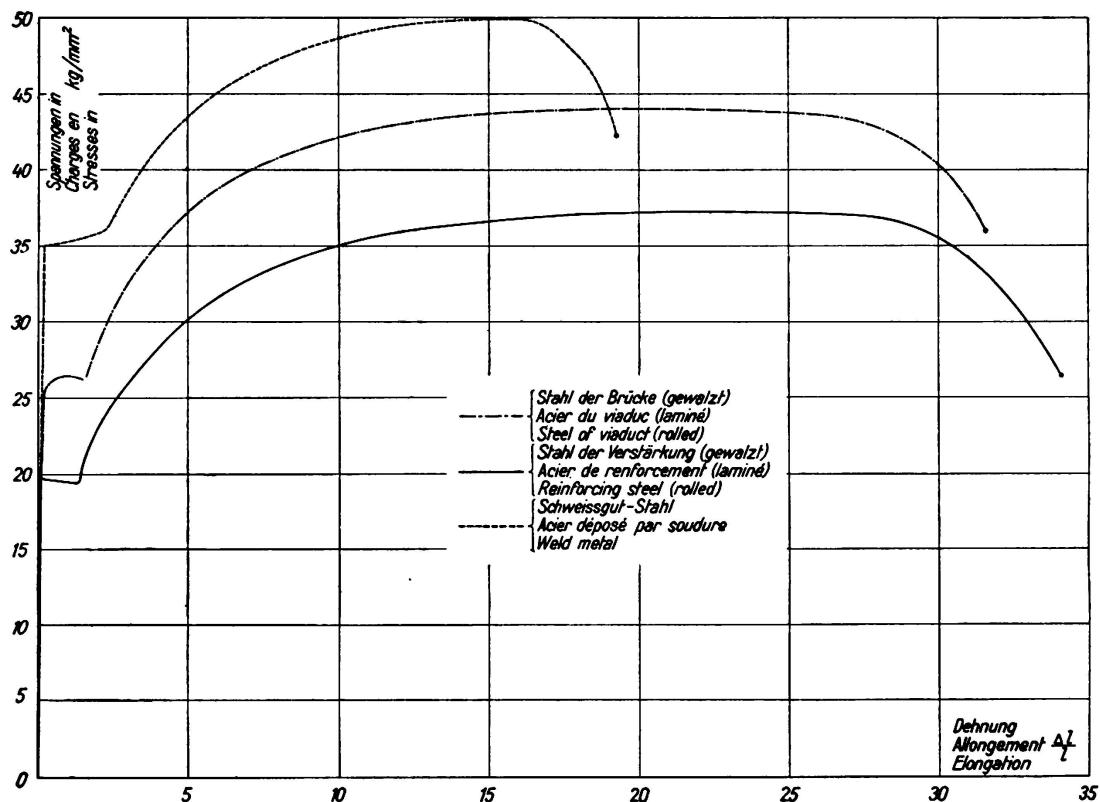


Fig. 3.
Dehnungs-Spannungs-Diagramm der Stähle.

Die obere Kurve der Fig. 3 entspricht dem von den Elektroden geschmolzenen Stahl: 48 kg/mm^2 Bruchfestigkeit und 20 % Dehnung; die vorgeschriebene kleinste Kerbzähigkeit beträgt 8 mkg/cm^2 (Mesnager).

Der Verlauf der drei Diagramme ist ähnlich (Fig. 3).

Eine wichtige Feststellung ergibt sich: jede Dehnung des Stahls, die zwischen 1% und 15% liegt, geht ohne Spannungserhöhung vor sich.

Nun zieht sich bei der Bogenschweißung das geschmolzene Metall um 10 bis 15% zusammen, wenn es vom halbteigigen Zustand ohne praktische Festigkeit in den endgültigen Zustand mit normaler Festigkeit von $45-50 \text{ kg/mm}^2$ übergeht.

Es ist also wichtig, wenn man an unter Spannung stehenden Teilen arbeitet, daß das Grundmetall in der Nachbarschaft der Schweißnaht dieser Formänderung folgen kann.

Dank dieser Eigenschaft des Flußstahls, die aus den Diagrammen klar hervorgeht, wird, wie erwünscht, der endgültige Zustand erhalten, ohne daß in

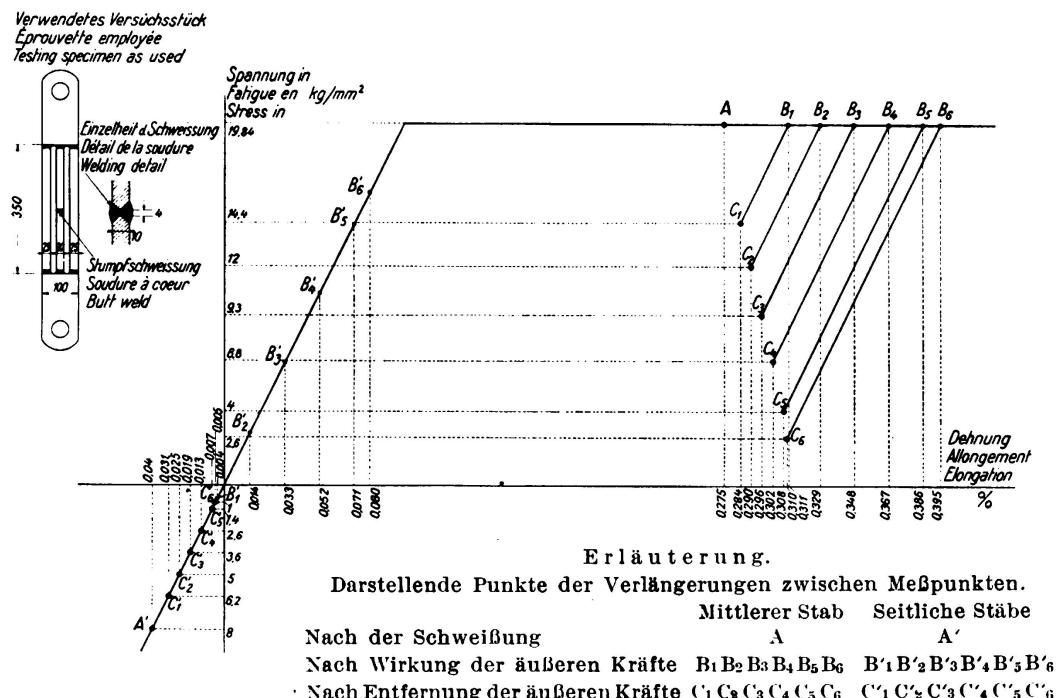


Fig. 4.

Verlauf der inneren Spannungen unter dem Einfluß der äußeren Kräfte.
Dehnungsdiagramm.

irgend einem Augenblick oder in irgend einem Punkt der Wert der Spannungen die Elastizitätsgrenze überschreitet.

Wir haben systematisch zahlreiche Messungen der inneren Spannungen vorgenommen: die Meßwerte kommen meistens auf 14 kg/mm^2 , überschreiten jedoch die Elastizitätsgrenze niemals.

Man könnte sich immerhin fragen, ob die Wirkung der äußeren Kräfte (Eigengewicht und Verkehrslasten) in Verbindung mit den inneren Spannungen nicht die Gesamtbeanspruchung dieser Teile auf einen unzulässigen Wert erhöht. Dr. Ing. Kommerell und G. Fisch haben an Hand des Spannungs-Dehnungsdiagramms gezeigt, daß eine derartige Befürchtung unbegründet ist.

Wir haben für einfache Formänderungen (Zug und Druck) die Verkleinerung der inneren Spannungen unter der Wirkung der äußeren Kräfte nachgewiesen. Die folgende wichtige Tatsache ist nämlich festgestellt worden: wenn eine be-

liebige äußere Kraft vorübergehend an einem geschweißten System angreift, derart, daß in einem Element dieses Systems eine beliebige bleibende Dehnung sich einstellt, so entsteht bei der Entlastung eine innere Entspannung, die eine Senkung des Betrags der Schweißspannung in diesem Element bewirkt.

Die verwendete Probe bestand aus drei Stäben, von denen der mittlere eine Stumpfnaht aufwies. Sie ist in Fig. 4 dargestellt.

Die durch die Schweißung hervorgerufene Schrumpfung veranlaßt einfache Formänderungen, die mit dem Meßapparat von *Huggenberger* leicht meßbar sind; sie bestehen lediglich in einer Dehnung des so auf Zug beanspruchten mittleren Teils und einer Verkürzung der auf Druck beanspruchten seitlichen Stäbe.

Die Untersuchung der Einwirkung von äußeren Kräften auf diese Probe erfolgte in einer Zerreißmaschine, in die die Probe mittels Ausgleichsvorrichtungen (welche die Biegsbeanspruchung vermeiden sollten) eingesetzt wurde.

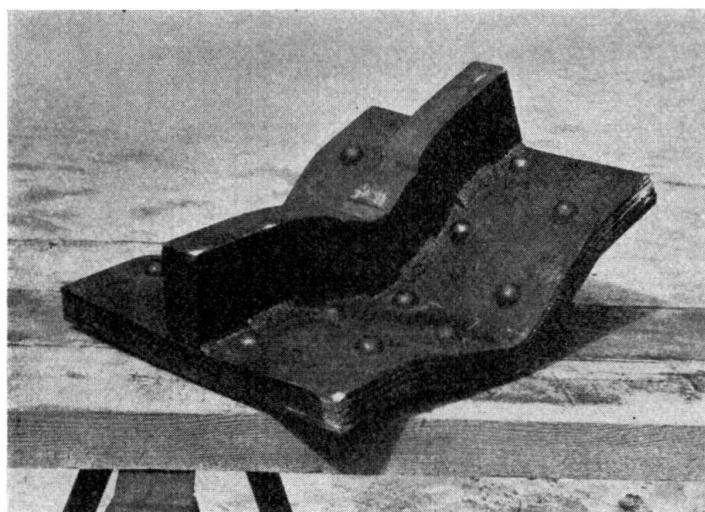


Fig. 5.

1. Versuch auf Homogenität.

(Verformung ohne Bruch unter einem Druck von 700 Tonnen.)

Die verschiedenen Versuchsstadien sind in dem Diagramm der Fig. 4 dargestellt. Die erzielte Genauigkeit war bemerkenswert. Wie man sieht, konnte in dem mittleren Stab durch die Einwirkung der äußeren Kraft die Zugbeanspruchung von $19,8 \text{ kg/mm}^2$ auf $2,6 \text{ kg/mm}^2$ zurückgeführt werden, wobei die bleibende Dehnung sich von 0,275 % auf 0,310 % erhöhte. Beim Weiterführen des Versuchs konnten die inneren Spannungen vollständig zum Verschwinden gebracht werden. Keinerlei Rissebildung ist beobachtet worden.

Damit sich diese Verminderung der inneren Spannungen in der Praxis einstellen kann, müssen die Zähigkeit des Grundmaterials, des Verstärkungsmaterials und des Schweißgutes möglichst groß und von der gleichen Größenordnung sein.

Diese Homogenität muß angestrebt werden.

Diese Homogenität ist durch einen merkwürdigen Versuch bewiesen worden. Auf einem Gurt aus fünf genieteten Blechen wurde ein Flacheisen von $60 \text{ mm} \times 130 \text{ mm}$ mit in mehreren Lagen ausgeführten Schweißnähten von

16×16 befestigt. Diese starken Nähte waren unzusammenhängend: an den Nieten war nur eine kleine Naht von 5×5 vorhanden.

Diese Verbindung hat einer Belastung von 700 Tonnen widerstanden, ohne zu brechen. Die Fig. 5 zeigt die unvorstellbare Formänderung des Teils und macht jeden Kommentar überflüssig: die Homogenität ist tatsächlich erreicht.

Zum Vergleich ist derselbe Versuch mit einer durchgehenden Naht von 8×8 (an den Nieten auf 5×5 verringert) wiederholt worden. An Stelle der 700 t, die bei dem vorigen Versuch ohne Bruch ausgehalten wurden, erfolgte diesmal bei 170 t der Bruch der Schweißnaht (Fig. 6).

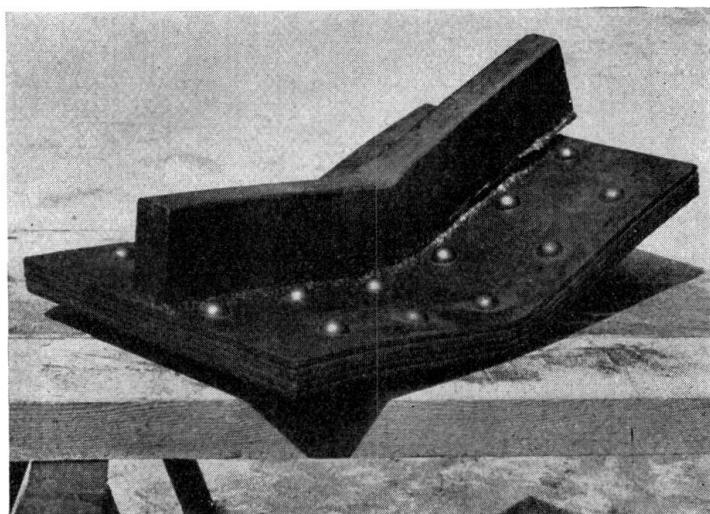


Fig. 6.
2. Versuch auf Homogenität.
(Bruch unter einem Druck von 170 Tonnen.)

Zusammenfassend ist also zu sagen, daß die an der Pariser Hochbahn im Gange befindliche Arbeit auf schweißtechnischem Gebiet denkbar schwierig ist, da sämtliche Verbindungen mit Konstruktionsteilen hergestellt werden müssen, die sich unter Eigengewichtsspannung und unter der sich ständig ändernden Spannung infolge Verkehrslasten befinden.

Die Arbeit ist schon weit vorgerückt, und ihr Erfolg beruht zum wesentlichen Teil auf der besonderen Güte der verwendeten Elektroden (Type L 40 der Soudure Autogène Française) und insbesondere auf der Wahl eines äußerst zähen Verstärkungsmaterials (St. 37 von vorgeschriebener chemischer Zusammensetzung).