

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

Band: 2 (1936)

Artikel: Prüfung der geschweissten Brücken und Hochbauten

Autor: Campus, F.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-2813>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 08.02.2025

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

III c 2

Prüfung der geschweißten Brücken und Hochbauten.

Contrôle des ponts et charpentes soudés.

The Testing of Welded Bridges and Structures.

F. Campus,

Professeur à l'Université de Liège, Directeur du Laboratoire d'essais du Génie Civil.

Die geschweißten Bauwerke erfordern nicht nur eine Prüfung der Güte der Schweißungen. Sie verlangen eine aufmerksamere Prüfung des Stahls und seiner Bearbeitung als die genieteten Bauwerke. Diese Feststellung wird vielleicht nicht allgemein genug beachtet, sie erklärt viele Schwierigkeiten und Fehlschläge.

Ich fasse nicht nur die Güte des Stahls ins Auge, wie sie durch normale Versuche bestimmt wird. Sie muß sowohl durch metallographische als auch durch mechanische Schweißbarkeitsversuche ermittelt werden, die darauf abzielen, ein geeignetes Grundmetall und ein geeignetes Zusatzmetall vorteilhaft zu verbinden. Bei dieser Prüfung ist es wichtig, bereits die Konstruktionseinzelheiten des geplanten Bauwerks zu berücksichtigen.

Die besonderen Formen, in denen Bauteile aus einem als schweißfähig bekannten Stahl verarbeitet werden, verlangen eine große Aufmerksamkeit. Die Schweißbauweise hat den Vorteil, den sie aus der Verwendung von Walzprofilen, Träger oder Flacheisen von großen Abmessungen oder Stärken ziehen konnte, nicht unbeachtet gelassen. Die metallurgische Herstellung dieser Bauelemente ist recht schwierig, und die Teile können auf Grund der thermischen und mechanischen Arbeitsgänge, denen sie bei ihrer Herstellung unterworfen werden, unbekannte Eigenschaften annehmen, die ihnen ein manchmal schlechtes, häufig empfindliches Verhalten erteilen. Die spätere Anwendung der Schweißung auf diese Teile kann für dieselben eine ungünstige Reizung bedeuten. Es ist auch nicht selten der Fall, daß die Einzelteile der geschweißten Bauwerke entsprechende Vorbereitungen erfahren, häufig mit dem Brenner in manchmal verwickelte Formen zerschnitten werden. Die Vorgänge genügen, um vor dem Schweißen Störungen in den zu vereinigenden Teilen hervorzurufen. Wenn diese Fehler von großem Ausmaß sind, so sind sie vom Gesichtspunkt der Prüfung sicher und das Stück wird ausgeschieden. Schwerwiegender ist der geringfügige Fehler, der wieder korrigiert, sogar einfach verdeckt werden kann. Aber im Bereich dieser Fehler, die vor oder nach der Schweißung auftreten können, kann es unsichtbare Fehler in Form von nicht erkennbaren Rissen geben. Wie soll man anders die Bildung von sichtbaren Rissen erklären, die manchmal erst lange nach der Prüfung und der Inbetriebnahme von Bauwerken erkennbar sind. Sie

sind keineswegs eine Wirkung der Belastung oder eine Ermüdungserscheinung, sondern treten in einer den oben betrachteten Rissen ganz entsprechenden Form auf. Es ist übrigens allgemein so, daß diese Risse nicht ganz plötzlich auftreten, sondern nach Ablauf einer veränderlichen Zeit nach der sie erzeugenden Behandlung.

In den Fällen, von denen ich Kenntnis bekommen habe, ist der Riß nur ausnahmsweise in der Schweißung aufgetreten. Im allgemeinen verlief er in dem Stahl des Grundmetalls. Wie kann unter diesen Umständen die Prüfung der Güte der Schweißungen gegen einen derartigen Vorfall schützen, der sich manchmal erst viele Monate nach der Abnahme ereignet?

Es ist ersichtlich, daß die Schweißbauweise von den zu vereinigenden Teilen sowie den Hilfsmitteln für den Zusammenbau ganz bestimmte Güteeigenschaften verlangt. Herstellungsverfahren des Stahls, Walzverfahren, Abmessungen der Bauteile, etwaiges Anlassen — sowie viele einzelne Punkte, deren Bedeutung bei einem Bauwerk ebenso wesentlich ist wie die der Güte der Schweißungen. Die Bearbeitung ist von ebensolcher Wichtigkeit: Zerschneiden, mechanisches Einschneiden, Bohren usw. Zahlreiche Fälle von Rißbildung, die manchmal verspätet eintraten, waren auf diese Arbeitsgänge zurückzuführen, besonders wenn letztere Anfänge von Rißbildungen erzeugten oder bestehen ließen. Soweit man diese Arbeitsgänge nicht vermeiden kann, wird man es also vorziehen, Bohrungen anstatt Lochungen anzubringen, das Zertrennen mit der Säge anstatt mit der Schere oder mit dem Wärmeschneidverfahren vorzunehmen usw. Zumindest müssen die Kanten der Wärmeschnitte geschliffen oder gefräst, die gelochten Löcher nachgebohrt werden usw., kurz das Metall muß sorgfältig bearbeitet werden, soweit dies wirtschaftlich möglich ist. Schließlich sind diese Bedingungen — nämlich die Abmessungen und Formen der Einzelteile, die Formgebung und Bearbeitung — eng mit der Konstruktion des Bauwerks verknüpft. Infolgedessen ergeben sich die wesentlichen Elemente der Sicherheit und der Prüfung und die Wichtigkeit derselben aus der Anfertigung des Entwurfs. Die Anwendung der Schweißung bringt in den Bau der metallischen Brücken und Hochbauten eine Verwicklung hinein, die einen Umschwung darstellt, der demjenigen durch den Eisenbeton im Massivbauwesen durchaus entspricht.

Die Ähnlichkeit mit den Besonderheiten des Eisenbetons besteht in mehrfacher Hinsicht. Bezüglich der Prüfung ist diese Ähnlichkeit gut dazu geeignet, den Unterschied zwischen der Prüfung der Güte der Schweißungen und der Prüfung der geschweißten Bauwerke aufzuhellen. Die verhältnismäßig alte Erfahrung mit dem Eisenbeton trägt dazu bei, die Illusionen und Übertreibungen zu vermeiden. Man handhabt seit langem die Prüfung der Güte des Zements und des Betons. Aber die Prüfung der Bauwerke aus Eisenbeton ist ein verwickelterer Gesichtspunkt. Man kann auf sie fast all das übertragen, was oben für die geschweißten Bauwerke ausgesprochen ist, und der gegenwärtige praktische Stand der Prüfung der Bauwerke aus Eisenbeton kann in nützlicher Weise auf dem Gebiet der geschweißten Bauwerke den Bestrebungen eine Richtung geben, sowie die Forderungen abschwächen.

Die Prüfung der Güte der Schweißungen bildet trotzdem ein hervorstechendes Element der Sicherheit der Brücken und Hochbauten, bei denen diese Art des Zusammenbaues angewendet wird. In dem ersten Teil sind die Verfahren dar-

gelegt worden, über die man verfügt. Ihre praktische Anwendung auf die Brücken und Hochbauten ist mit ernstesten Schwierigkeiten behaftet, die von einer gewissen Verwickeltheit und in zahlreichen Fällen von Unmöglichkeiten herrühren. Man muß zugeben, daß die Schweißung bei den Brücken und Hochbauten nicht den Gegenstand einer ebenso vollkommenen Prüfung bilden kann, wie sie bei anderen, einfacheren Gegenständen angewendet wird, wie zum Beispiel bei Behältern, in Reihenfertigung hergestellten Teilen von geringen Abmessungen, Schienenstößen, gewissen mechanischen Sonderkonstruktionen usw. Diese Aufzählung legt übrigens den Gedanken nahe, daß eine derartige Prüfung für die Hochbauten nicht ebenso notwendig ist oder, wenn man so will, daß die wirtschaftliche Auffassung von der Schweißung der Brücken und Hochbauten davon durchdrungen sein soll, daß die Prüfung nicht absolut, sondern relativ und unvollkommen ist. Der kluge Weg besteht also darin, die Sicherheit ungeachtet dieser Unvollkommenheit anzustreben und zu gewährleisten, und dies ist durchaus möglich. Wenn man so konstruiert, was ein Sonderstudium der konstruktiven Formen und der Zusammenbauverfahren erfordert, kann man zu dem Ergebnis kommen, daß trotz ihrer Unvollkommenheit nicht die Schweißung es ist, die das am wenigsten sichere Element der Konstruktion bildet. Die obige Bemerkung bezüglich der größeren Häufigkeit der Risse in dem Grundmetall als in dem Zusatzmetall verleiht diesem Grundsatz seine ganze Bedeutung sowie seine praktische Bestätigung. Man kann ihn in einer bündigen Form aussprechen: der Bruch darf niemals in der Verbindung entstehen. Dies ist durchaus zu verwirklichen und ist verwirklicht, selbst bei den dynamischen Versuchen an gut durchkonstruierten Bauwerken. Ein derartiges Ergebnis kann durch die Nietung nicht erzielt werden.

Wenn eine derartige Auffassung, was die Zeit entscheiden muß, ausreichend sowie vorläufig zulässig ist, so bleibt es doch nützlich und notwendig, hinsichtlich der Güte der Schweißungen die höchste Gewähr zu fordern durch ein System, welches sich an das beim Eisenbeton gebräuchliche anlehnt, das in Wahrheit schon von größerer Genauigkeit ist.

Diese Verfahren sind ziemlich allgemein in Anwendung und unterscheiden sich von einem Land zum anderen und von einem Bauwerk zum anderen nur durch Ausführungseinzelheiten. Sie bestehen in einer Gesamtheit von Vorbeugungsmaßnahmen, die in einer Anweisung oder einer Vorschrift festgelegt sind und die dazu bestimmt sind, ein Netz von praktisch wirksamen und ausreichenden Garantien zu schaffen. Um ein Beispiel zu geben, will ich kurz die Vorschriften erwähnen, die bei Hochbauten angewendet wurden, welche ich in Belgien in den Jahren 1932, 1933 und 1934 geleitet habe und die in einer zu Beginn des Jahres 1932 abgefaßten Anweisung umrissen waren, welche die erste amtliche Urkunde dieser Art in Belgien darstellt. Eine später in Belgien herausgegebene Vorschrift unterscheidet sich davon kaum.

Die Grundbedingung ist eine Konstruktion, die bezüglich der Sicherheit der Verbindungen dem weiter oben ausgesprochenen Grundsatz entspricht. Dann kommt die Prüfung der Güte des Zusatzmetalls. In der in dem vorliegenden Fall zutreffenden Annahme, daß Sonderstahl verwendet wird, muß diese Prüfung gleichzeitig ein regelrechter Nachweis der Schweißbarkeit sein. Die verwendeten Stähle waren von der Güte 42/50 (Belgischer Staat) und 58/65. Für

den letzteren wurden metallographische Schweißversuche angestellt. Die Abnahmeversuche der Elektroden umfaßten:

1. Einen Zerreißversuch an zylindrischen Proben von 10 mm Durchmesser ganz aus abgelagertem Zusatzmetall mit Bestimmung der Zerreißfestigkeit, der Fließgrenze, der Dehnung, die zwischen Marken von 50 mm Abstand gemessen wurde, und der Einschnürung.

2. Einen Kerbzähigkeitsversuch an einer Mesnager-Probe in kleiner Ausführung mit einer Kerbe in der vollen Masse des aufgebrauchten Zusatzmetalls. Als Abart wurden auch Versuche an Proben ausgeführt, die eine Schweißung in V-Form aufwiesen, in welcher die Nut entweder im Scheitel des V oder gegenüber oder längs der Winkelhalbierenden des V angebracht war. Das Grundmetall bestand aus Stahl 42/50 oder aus Stahl 58/65. Diese weniger der Regel entsprechenden Versuche sprechen für die Probe, bei welcher die Nut in ein ausreichendes Volumen von Zusatzmetall in genügender Entfernung vom Grundmetall eingeschnitten ist. Die Probe mit einfacher Schweißung in V-Form kann als Nachweis der Schweißfähigkeit gelten, aber die Lage der Nut in Bezug auf das sehr kleine Volumen des Zusatzmetalls muß genau festgelegt werden.

3. Einen Biege-Versuch an einer Platte aus Stahl 42/50 von 10 mm Stärke nach der Formgebung, von 200 mm Länge und von 40 bis 70 mm (im Mittel 50) Breite, mit einer Schweißung in V-Form, welche Platte um einen Dorn von 30 mm Durchmesser gebogen wird, bis die beiden geraden Schenkel parallel sind (180°), wobei die Schweißung in der Achse der Biegung liegt und der Scheitel des V mit dem Dorn in Berührung steht.

Dieser letzte Versuch konnte fortgelassen und nur der Zulassung der Schweißer vorbehalten werden.

Die Zulassungsversuche für die gelernten und geübten Schweißer umfaßten:

1. Einen Biege-Versuch wie zuvor und für den Fall der Verwendung von Stahl 58/65 einen entsprechenden Versuch, jedoch mit einem Dorn von 75 mm Durchmesser an Stelle von 30 mm. Die Proben können flach geschweißt sein, und zwar entweder waagrecht oder senkrecht, je nach der Art der auszuführenden Arbeiten.

2. Einen etwas ausgefallenen Biege-Versuch an einer Probe in Kreuzform, ähnlich der Probe nach deutscher Vorschrift. Das Kreuz hat Schenkel von 150 mm Gesamtlänge, 100 mm Breite und 15 mm Stärke. Ein Schenkel besteht aus 2 Stücken, die je nachdem durch Schweißungen an den Kanten oder in V-Form oder in doppelter V-Form aneinandergeschweißt sind. Dieses Kreuz wird dann unter einer Presse längs der Diagonale flachgedrückt, zuerst bis die Schenkel parallel und 30 mm entfernt sind, dann bis auf 15 mm. Das Grundmetall war Stahl 42/50. Dieser Versuch ist verhältnismäßig streng, besonders für die Schweißungen in V-Form oder K-Form. Die Schweißungen dieser Kreuze waren je nachdem waagrecht oder senkrecht ausgeführt.

Nach der Zulassung wurden die Schweißer periodisch zu Kontrollversuchen angehalten, die in der Anfertigung von gewöhnlichen Biege-Proben nach 1. bestanden. Es empfiehlt sich für alle diese Biege-Proben, besonders für die Zulassung der Schweißer, eine metallographische Prüfung vorzunehmen, oder eine Reihe von Härteprüfungen mit dem Härtemesser von *Brinell* oder *Rockwell*,

oder eine Prüfung durch Zersägen oder mittels Röntgenstrahlen. Der Härteversuch ist besonders brauchbar, um die Güte des Grundmetalls festzustellen und eine etwaige thermische Behandlung der Proben aufzudecken. Die Prüfung durch Zersägen oder mit Röntgenstrahlen gibt Aufschluß über die Regelmäßigkeit und die Güte der Schweißung im einzelnen. Nachdem die Schweißer zugelassen waren, richtete man einen Nachweis der Schweißungen des Bauwerks durch die Führung einer Liste ein, welche genau die von den einzelnen Schweißern während der Dauer der Arbeit ausgeführten Schweißungen festhielt. Gleichzeitig wurden alle sonstigen Beobachtungen aufgezeichnet. Die von Zeit zu Zeit vorgenommene Überwachung der Schweißstromstärke kann nach Belieben ausgedehnt werden. Es kann nicht bestritten werden, daß diese Verfahren der Abnahme der Baustoffe, der Zulassung der Schweißer und der Überwachung der Ausführungen, wenn sie auch keine absolute Gewähr verschaffen, immerhin den Verfahren überlegen sind, die für die Prüfung der Bauwerke aus Eisenbeton gebräuchlich sind. Es ist schon lange her, daß die Betonarbeiter nicht mehr der Zulassung unterworfen sind. Selbst das Schütteln des Betons ist hinsichtlich des Personals nicht mit den gleichen Garantien umgeben, wie sie für die Schweißung der Brücken und Hochbauten gefordert werden.

Nach der Fertigstellung der Schweißungen sind zahlreiche Prüfungen möglich. Die einfachste ist die Prüfung der Abmessungen der Wulste an den Ecken, die mittels Schablonen erfolgt, welche auf bequeme Weise zu Bündeln vereinigt sind. Für die Schweißungen in V-Form und in X-Form bestimmt die Formgebung der vor der Schweißung nachgesehenen Teile die Abmessungen. Es ist zu untersuchen, ob keine gegenseitigen Verlagerungen oder keine Verformungen der zusammengebauten Teile stattgefunden haben.

Daran schließt sich die Untersuchung des Aussehens der Schweißung an, die recht trügerisch ist, wenn man nicht die Eigenheiten des Schweißers kennt. Indessen sind gewisse Punkte besonders ins Auge zu fassen: die Krater, die Ansätze, gegebenenfalls die Einschnitte in dem Grundmetall. Das Anschlagen mit dem Hammer, zwecks Tonprobe ist selbst bei Zuhilfenahme eines Stethoskops unwirksam, sofern nicht ein schwerer, mit bloßem Auge sichtbarer Fehler vorhanden ist.

Die nichtzerstörenden Prüfungsverfahren: magnetisch, mit Röntgenstrahlen usw., scheinen in der Anwendung häufig unbequem und auf der Baustelle und selbst in der Konstruktionswerkstatt nicht allgemein durchführbar zu sein. Ihre Anwendung in dem möglichen Umfang ist sicher wünschenswert. Der Bericht von *Berthold* eröffnet interessante Aussichten, aber er bedingt eine Organisation, die nicht den Gewohnheiten aller Länder entspricht und deren allgemeine Einführung ein Problem ist. Die magnetische Untersuchung scheint trügerisch zu sein. Das von *Schmuckler* vorgeschlagene Verfahren der Fräsprüfungen ist recht praktisch, aber von begrenzter Bedeutung. Es ist bei den Bauten, die ich oben erwähnt habe, angewendet worden. Da es sich um Stahl 58/65 als Grundmetall und um widerstandsfähige Schweißung handelte, war das Fräsen der Wülste schwierig. Außerdem waren die Arbeitsgänge verhältnismäßig langwierig und kostspielig. Es wurden insgesamt 73 Fräsungen ausgeführt auf 593 Tonnen Eisenkonstruktion (1 Fräsung auf je 8 Tonnen). Von diesen 73 Stichproben haben fünf bedeutende Fehler ergeben (Löcher von bemerkenswerten Abmessungen auf dem Grunde der Kehlnähte) und 9 leichte Fehler (Blasen von geringen Abmessungen). Einige

Risse sind in der Werkstatt festgestellt worden an Flanken-Kehlnähten von Flacheisen mit Trägerschenkeln bei sehr kaltem Wetter, sowie an einigen unbedeutenden Schweißungen an den Enden von Rollträgern.

Diese schon ziemlich weit getriebene Prüfung an der Baustelle sowie in der Werkstatt, die in Belgien nicht üblich ist, hat ergeben, daß trotz der getroffenen Vorsichtsmaßnahmen, die für die Baustoffe und die Arbeitskräfte Gewähr bieten sollten, die Schweißungen einen geringen Prozentsatz an Unvollkommenheiten aufwiesen. Dies rechtfertigt die vorstehend ausgesprochenen Ansichten über die Notwendigkeit, bei der Konstruktion der geschweißten Bauwerke darauf Rücksicht zu nehmen, um eine reichliche Sicherheit zu gewährleisten.

Wie eingangs dargelegt wurde, kann der Grundmetallstahl ebenso viele Fehler wie die Schweißung aufweisen, was durch die *Baumann*-Abdrücke, die Makrographien und Mikrographien und auch durch die Störungen aufgedeckt wird, die sich bei den geschweißten Bauwerken eingestellt haben: Dublieren von Blechen, innere Spannungen, harte Stellen, Anfänge von Ribildungen, Überhitzungen usw. Es ist gut, wenn der Konstrukteur sich genügend vergegenwärtigt, daß er nicht über vollkommene Baustoffe für seine Arbeiten verfügt. Diese Kenntnis ist mehr wert als die einer trügerischen Vollkommenheit, deren Verwirklichung nicht möglich ist. Sie schwächt auch die schwierige und zweischneidige Lehre von der Anpassung ab. Sie verlangt für den Entwurf und für die Ausführung der geschweißten Bauwerke technische Fachleute von hoher Bildung und großem persönlichen und beruflichen Wert. Es ist übrigens gewiß, daß die Strenge einer absoluten aber notwendigerweise nachträglichen Prüfung in der Praxis der Brücken und Hochbauten abgeschwächt werden muß durch eine gewisse Nachsicht, in vernünftiger Abwägung der in Betracht kommenden Interessen. Dies ergibt sich aus den Feststellungen von *Berthold* bezüglich der Prüfung mittels Röntgenstrahlen. Für ein sicheres und wirtschaftliches Bauwerk, wie es das Ideal des Ingenieurs ist, soll man sich mit der Prüfung der Schweißungen zur Genüge aber ohne Übertreibung befassen. Die nützlichste Prüfung ist zweifellos diejenige des Verhaltens der Bauwerke, insbesondere der Brücken, im Betrieb. Es kann eine periodische Untersuchung der Schweißungen mit jedem beliebigen Hilfsmittel umfassen, entsprechend der periodischen Untersuchung der Niete.