

Die Lichtbogenschweissung im Stahlbau in Schweden

Autor(en): **Ingwall, Carl T.**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **3 (1948)**

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-4000>

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.

Ia4

La soudure à l'arc dans la construction métallique en Suède

Die Lichtbogenschweissung im Stahlbau in Schweden

Arc welding in steel structures in Sweden

CARL T. INGWALL

Civilingenieur, Norrköping

Der heutige Entwicklungsstand der schwedischen Schweisstechnik dürfte vielleicht am besten aus einem Bericht über einige hierzulande während der letzten Jahre ausgeführte Brückenkonstruktionen hervorgehen.

1. Eisenbahnbrücke über einen grösseren Fluss mit Stahlüberbau in vollständig geschweisster Ausführung

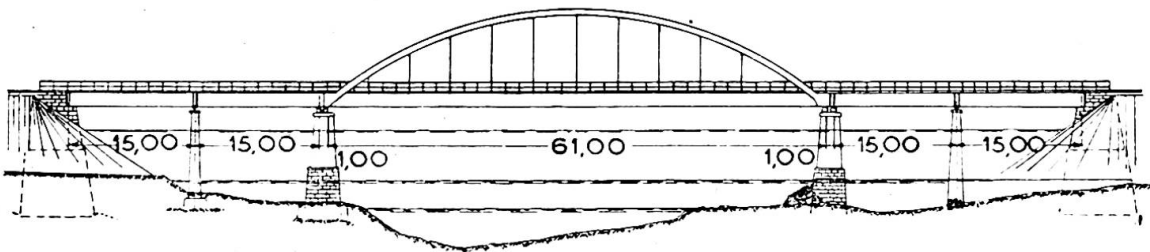


Abb. 1. Ansicht der Brücke in vollständig geschweisster Ausführung.

Diese Brücke, die früher aus drei Blechbalken mit Stützweiten von 30 + 61 + 30 Metern bestand, wurde bei der ersten Umbaustappe mit neuen Uferpfeilern in der Mitte der alten Seitenöffnungen versehen, wodurch die Stützweiten 15 + 15 + 61 + 15 + 15 Meter wurden. (Abb. 1.)

Man dimensionierte die neue Brücke sowohl für eine Eisenbahnbelastung mit Achsendrücken von 20 Tonnen (Abb. 2), als auch für eine aus drei Achsendrücken von 25 Tonnen mit gegenseitigem Abstand von 1^m50 bestehende Lastgruppe. Der dynamische Einfluss der Eisenbahn-

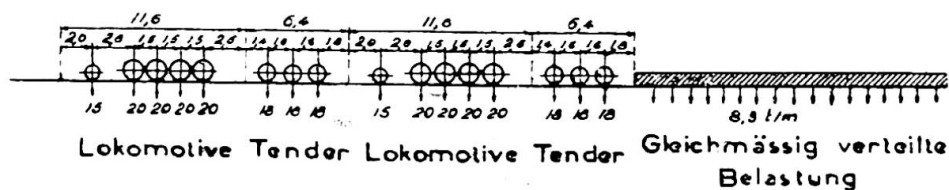


Abb. 2. Belastungsbedingungen der Eisenbahnbrücke.

belastung und der Lastgruppe wurde unter Annahme einer Geschwindigkeit von 100 km/Stunde berechnet.

Die erwähnte Lastgruppe von 3 Achsendrücken zu 25 Tonnen ist mit Rücksicht auf schwere Spezialwagen angenommen worden, damit die Sekundärkonstruktion (Längs- und Querträger) und ihre Anschlüsse die erforderlichen Festigkeiten erhielten. Die Seitenöffnungen bestehen aus geschweissten, über die neuen Uferpfeiler durchgehenden Vollwandträgern mit den Geleisen auf Holzschwellen und den Quer- und Längsträgern so angeordnet, dass die Unterkante der Schwellen in gleicher Höhe mit der Oberkante der Hauptträger ist. Damit wird der spätere Austausch der Schwellen erleichtert.

Da die Seitenöffnungen von geringerem Interesse sind, wird im folgenden nur die Bogenkonstruktion behandelt.

Die Hauptöffnung besteht aus durch Vollwandträger versteiften Stabbogen mit Hängestangen aus Rundstahl (Langer'scher Balken). Die Brücke ist in Baustahl St.44 ausgeführt und ganz geschweisst.

Die Lieferungsvorschriften verlangten die Einhaltung der folgenden Analysenforderungen :

C max.	0,20 %;
P max.	0,06 %;
S max.	0,06 %;
P + S max.	0,10 %.

Die Versteifungsträger sind wie die Hauptträger der Seitenöffnungen als I-förmige Träger mit einer Höhe von 2 000 mm und einer Gurtbreite von 400 mm ausgebildet. Die Gurtdicke beträgt 32 mm und ist somit ziemlich mässig.

Das Geleise wird auch in der Hauptöffnung von Längs- und Querträgern getragen, welche auf gleiche Weise wie in den Seitenöffnungen angeordnet sind und welche dieselben Hauptmasse haben. Die Längsträger sind auf die Querträger aufgelegt und als durchgehende Balken ausgebildet (Abb. 3).

Die Gurte bestehen aus sogenannten Nasenprofilen und die Verbindung zwischen Gurt und Steg ist als Stumpfnah ausgebildet. Bei der Herstellung der Versteifungsträger in der Werkstatt schnitt man zuerst Gurtplatten, bezw. Stegbleche zur erforderlichen Länge.

Die X-Nähte zwischen Stegblech und Gurtplatten wurden danach bei wagrecht liegendem Trägerteil geschweisst (Abb. 4). Stegbleche und Gurtplatten befestigte man zuerst auf einer Seite mit etwa 100 mm langen Hilfsnähten im Abstand von 700 mm. Dann wurde der Träger gewendet und die Naht auf der anderen Seite von 4 Schweissern gleichzeitig und symmetrisch von der Mitte aus nach den Enden hin verschweisst (Schweisnaht auf dem Bilde mit 1 bezeichnet). Darauf hat man den Träger wieder

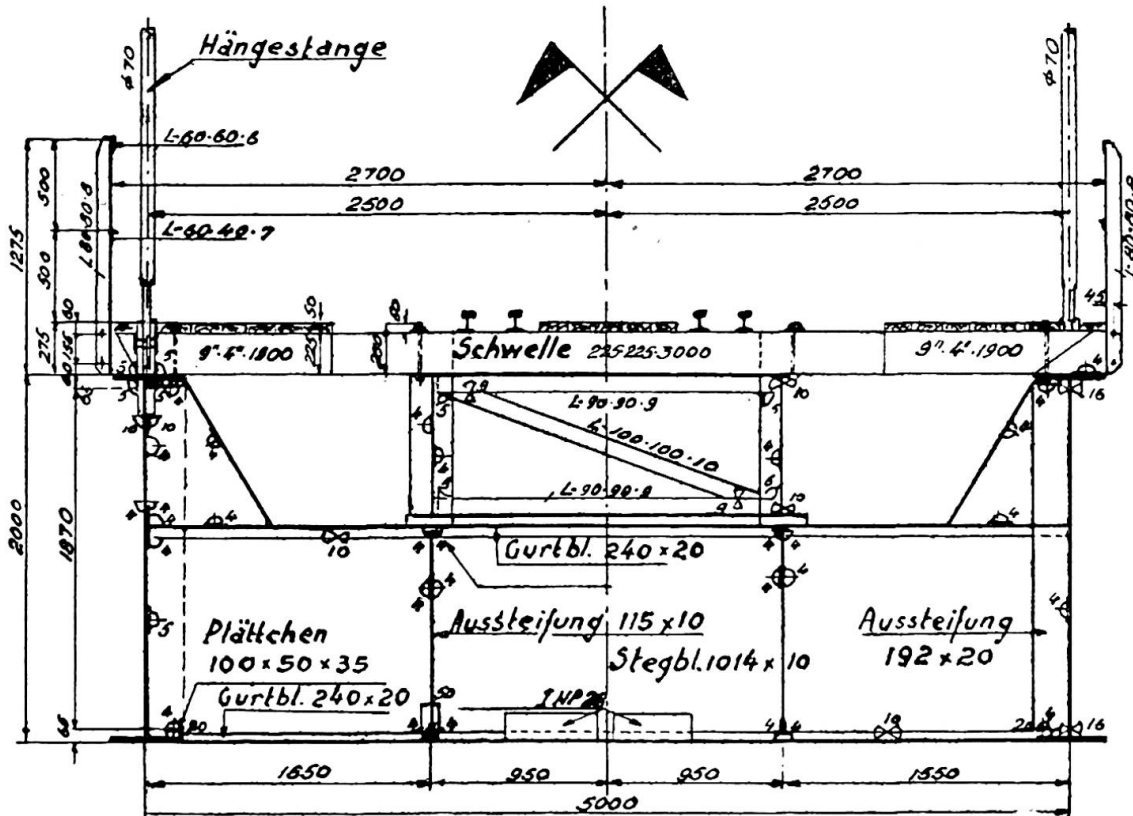


Abb. 3. Querschnitt.

gewendet und die Wurzelseite der fertig geschweißten Hälfte der X-Naht ausgekreuzt. Dabei wurden auch die Hilfsnähte entfernt. Zum Schluss verschweißte man noch die andere Hälfte der Naht (auf dem Bilde mit 3 bezeichnet).

Während dem Zusammenschweißen eines der Teile des Verstärkungsträgers wurden Dehnungsmessungen ausgeführt, hauptsächlich um festzustellen ob es möglich sei, unter den bei der praktischen Arbeit in der Werkstätte waltenden Verhältnissen die beim Ausführen der Halsschweißnähte im Trägermaterial entstehenden Spannungen zu bestimmen. Die mit Huggenberger-Tensometer ausgeführten Messungen wurden jedoch durch die übrigen, in der Werkstatt gleichzeitig vor sich gehenden Arbeiten gestört. Beim Schweißen der ersten Seite der Halsnaht entstanden keine nennenswerten Dehnungen und somit auch keine Spannungen an den Messstellen. Beim Schweißen der anderen Seite wurden dagegen, und zwar weil die schon ausgeführte Schweißnaht die Schrumpfung verhinderte, grössere Dehnungen gemessen, entsprechend Spannungen bis etwa 550 kg/cm^2 .

Die Bogen (Abb. 5) werden aus Gründen der Knicksicherheit durch zwei Stegbleche $600 \times 15 \text{ mm}$, die oben mit einer Gurtplatte $660 \times 20 \text{ mm}$ verbunden sind, gebildet. Als untere Gurtung sind zwei

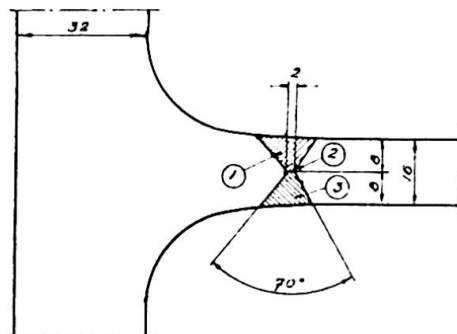


Abb. 4. Raupenfolge in einer X-Naht zwischen Stegblech und Gurtplatte.

Vierkanteisen 80 × 80 mm angeordnet, welche wegen ihrer bedeutenden Dicke im Walzwerk zum Ausgleich möglicher Walzspannungen normali-

siert wurden. Mit Rücksicht auf das Aussehen sind die Bogen kontinuierlich gekrümmt. Die Querverbände zwischen den Bogen bestehen nur aus biegungsfesten Transversalen, die mit jenen zusammen ein Rahmenwerk bilden (Abb. 6), welches als oberer Windverband wirkt.

Bei der Herstellung der Bogenenteile in der Werkstatt wurden die Stegbleche und die Gurte zuerst einzeln gestossen. Um das grosse Schweissvolumen des Stosses eines Vierkanteisens, das sich bei der Ausführung als X-Stumpfnahat ergeben hätte, zu vermeiden, hat man die Stossstelle in der in Abb. 7 dargestellten Art und Weise ausgebildet.

Als die verschiedenen Elemente in der erforderlichen Länge fertiggestellt waren, wurden sie zusammengelegt und zusammengeschweisst.

Die Auflagerung der Brücke, d.h. der Anschluss des Bogens an den Versteifungsträger, ist in der Werkstatt in einem Stück hergestellt worden (Abb. 8). Gewisse Schwierigkeiten sind beim Zusammenschweissen dieses Teiles insofern entstanden, als die Anschlüsse zwischen Stegblech und wagrechten Blechen beim Schweissen der äusseren Bleche die Tendenz hatten, zu reissen. Man entschloss sich deshalb diese Auflagerteile, insgesamt vier Stück, nach der Herstellung auf 600° C zu erwärmen, um die Schweisspannungen auszugleichen.

Die Form und Ausbildung der Hängestangen aus 70 ϕ Rundstahl und ihrer Anschlüsse geht aus Abb. 5 hervor. Die Hängestangen wurden wegen der Schwierigkeit, die Spannungen in jedem einzelnen Punkte be-

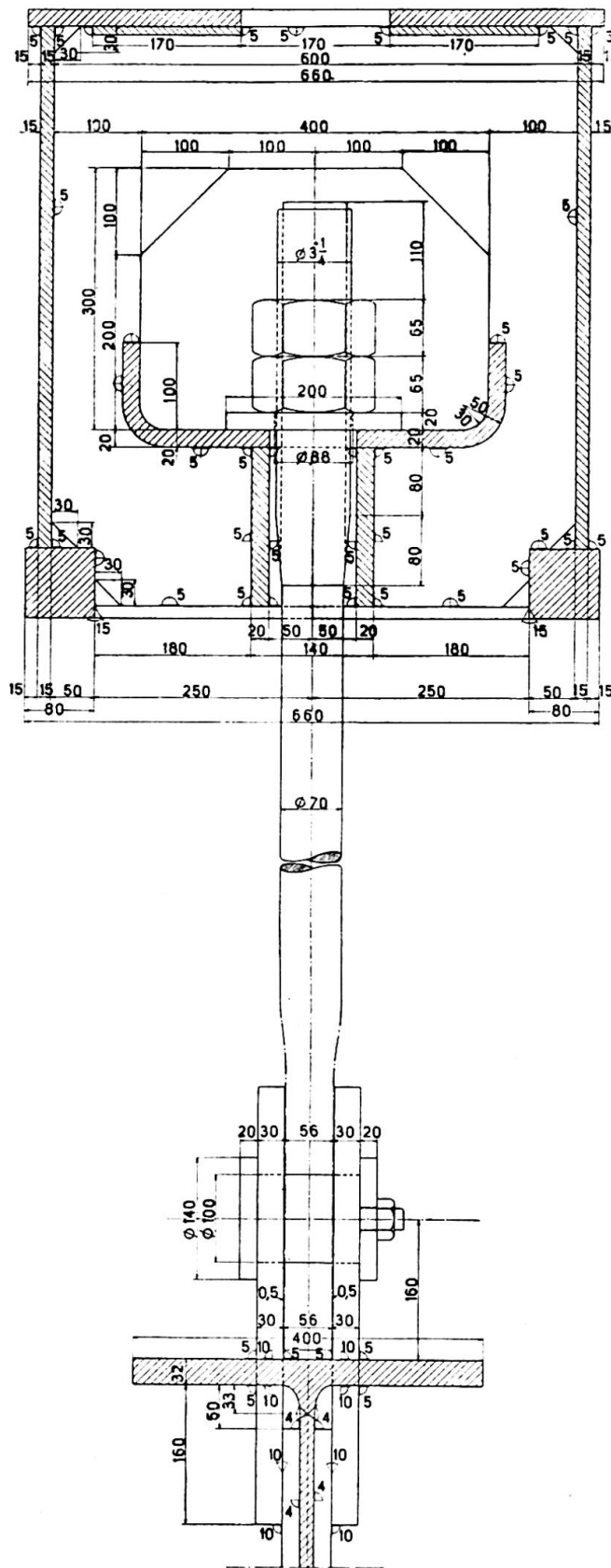


Abb. 5. Hängestangenanschluss.

rechnungsmässig festzustellen und wegen der Massabweichungen und Exzentrizitäten, die beim Schmieden und Gewindschneiden entstehen können, als unsichere Bau-Elemente behandelt. Deshalb wurde eine Hängestange mit den dazu gehörenden Anschlüssen in natürlicher Grösse hergestellt und unter Messung der Spannungszunahme in den verschiedenen Querschnitten bis zum Bruch belastet. Das Resultat zeigte eine regelmässige Steigerung der Spannungen bei steigender Last und zufriedenstellende Festigkeit der Konstruktion. Der

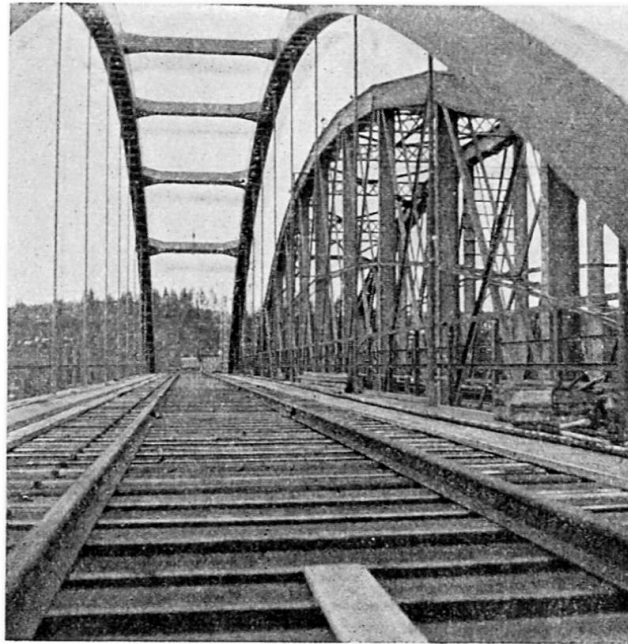


Abb. 6. Oberer Windverband zwischen den Bogen.

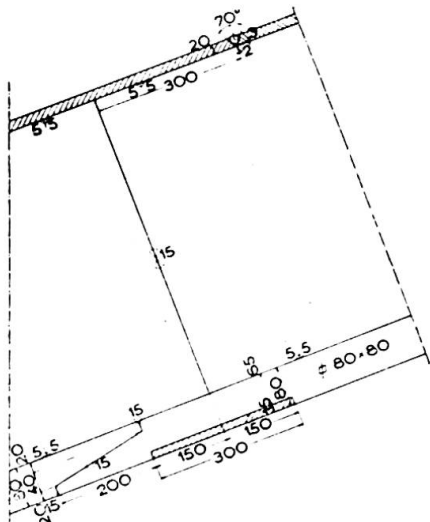


Abb. 7. Stosstelle, die ein zu grosses Schweissvolumen vermeidet.

Bruch entstand im oberen, mit Gewinden versehenen Teil der Hängestange bei einer Belastung von 200 Tonnen, was als ein befriedigendes Resultat angesehen werden muss. Die berechnete maximale Belastung der Stangen beträgt 45 Tonnen. Bei der Belastungsprobe wies der geschweisste Anschluss der Hängestange keinerlei Anzeichen des Fließens oder der Formänderung auf.

Bei der Montage wurden zuerst die Versteifungsträger verlegt und zusammengesweisst. Gleichzeitig wurden die Querträger und Längsträger an Ort und Stelle gebracht. Danach hat man die Bogen und ihren Quer-

verband auf Gerüsten montiert und zusammengesweisst. Zuletzt wurden die Hängestangen eingebaut.

Die Ausführung der Montagesösse in Versteifungsträger und Bogen geht aus Abb. 9 hervor. Diese Stösse (auf dem Bilde mit M bezeichnet) wurden ihrer grossen Bedeutung wegen mit besonderer Sorgfalt ausgeführt.

Abb. 10 zeigt die Schweissnaht des Stosses des Obergurtes

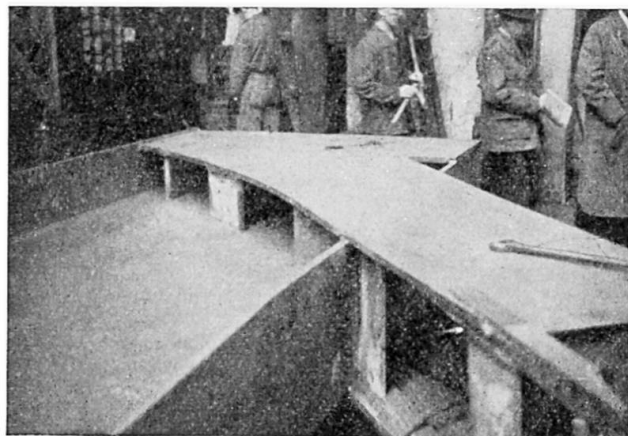


Abb. 8. Anschluss des Bogens an den Versteifungsträger.

des Versteifungsträgers, welche als U-Naht ausgeführt worden ist. Auch die Naht des unteren Gurtes ist U-förmig ausgebildet, unter Vermeidung von Ueberkopfschweissung. Einzig die Schweissung der Wurzelraupen der Gurtnähte nach dem Auskreuzen wurde als Ueberkopfschweissung ausgeführt. Die Naht des Stegstosses ist als X-Naht ausgebildet.

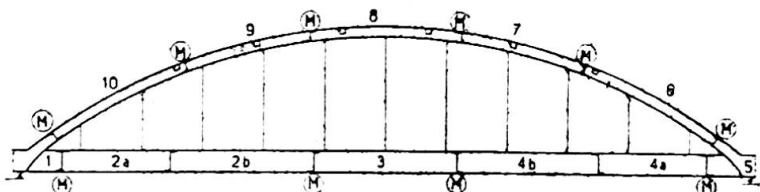


Abb. 9. Lage der Montagestösse, mit M bezeichnet.

Im Detail wurden die Montagestösse des Versteifungsträgers folgendermassen ausgeführt: Zuerst hat man die zu stossenden Trägerteile mit Hilfsblechen (Abb. 11) aneinander befestigt, mit einem Zwischenraum der Stossflächen von 2 mm, entsprechend den bei der Abkühlung nach dem Schweissen entstehenden Schrumpfungen. In der Verlängerung der beiden Enden der unter 45° zur Längsrichtung des Trägers geneigten Schweisstellen der Gurtstösse wurden Hilfsbleche angeschweisst, damit bis in die äussersten Fasern der Gurte vollwertige Nähte erhalten werden konnten (Abb. 12). Nach beendetem Schweissen wurden diese Hilfsbleche weggemeisselt und die Gurtnähte geschliffen.

Abb. 13 dient zur Erläuterung der Reihenfolge der Arbeiten beim Schweissen des Stosses. Zuerst legte man zwei bis drei Schweissraupen als Heftnähte in Ober- und Untergurt (1). Dann wurden Stegblech und Gurte *gleichzeitig* von drei Schweissern bearbeitet. Im mittleren Drittel

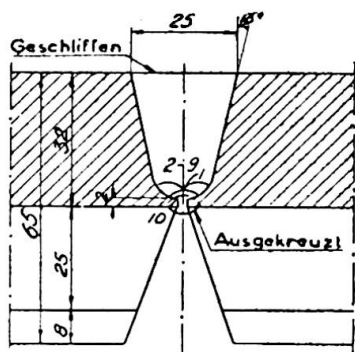


Abb. 10. Obergurtstoss.

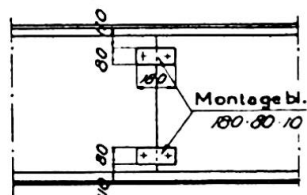
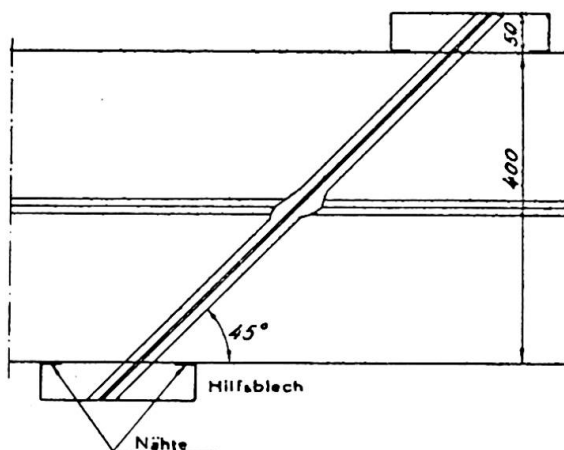


Abb. 11.
Montagestoss.

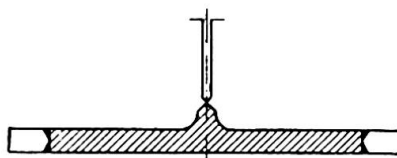


Abb. 12. Montagestoss.

des Stegbleches wurde eine Raupe von etwa $1/3$ des endgültigen Volumens der V-Naht (2) gezogen, worauf die Montagebleche entfernt wurden. Dann schweisste man das untere und darauf das obere Drittel des Stegstosses in gleicher Stärke. Nach dem Auskreuzen der Wurzelseite wurden die Schweissraupen auf der anderen Seite des Stegstosses in derselben Stärke und Reihenfolge gezogen. Darauf wurde die Naht auf der zuerst geschweissten und schliesslich auf der Gegenseite ganz gefüllt. Das Schweissen des Stegstosses führte man stets von unten nach oben durch.

Die Arbeiten 1-9 führte man abgesehen vom erwähnten Wegmeisseln der Hilfsbleche ohne Unterbruch durch. Nach der Fertigstellung der Stösse im Steg und in den Gurten wurde die noch ungeschweisste Stelle am Hals bearbeitet, in der auf der Abbildung bezeichneten Reihenfolge und Richtung. In diesem Falle waren keine besonderen Spannvorrichtungen zur Erleichterung der Schrumpfungen erforderlich. Der Träger ruhte nämlich während dem Schweissen auf Rollen in festen, geschmierten Lagerschalen. Der Widerstand gegen die Bewegung des Trägers bei der Schrumpfung war somit ziemlich gering. Es würde zu weit führen, auch über die Reihenfolge des Schweissens bei den Bogenstössen und Längsträgerstössen zu berichten, welche im Prinzip mit derjenigen des Versteifungsträgers übereinstimmt. Auch für diese Stösse und für den Anschluss der Querträger an die Hauptträger waren im voraus sorgfältige Pläne ausgearbeitet worden.

Die Ausführung der Schweissungen in der Werkstätte und auf dem Montageplatz wurde, soweit es das zur Verfügung stehende Personal erlaubte, so sorgfältig wie möglich kontrolliert. Röntgenphotographien waren dabei natürlich ein wertvolles Hilfsmittel. Die Kostenfrage setzte der Röntgenprüfung eine Grenze. Es wurden jedoch alle Querverbindungen und die unteren Hals-Schweissnähte der Versteifungsträger auf diese Weise geprüft. Im Zusammenhang mit der Frage der Zweckmässigkeit der gewählten konstruktiven Lösung wäre natürlich auch eine lückenlose Röntgenprüfung der oberen Hals-Schweissnähte sehr erwünscht gewesen. Da aber die geprüften unteren Schweisstellen gute Ergebnisse zeigten, glaubte man auf die umfassende Prüfung verzichten zu können. Die Schweisstellen in den Bogen, die nur auf Druck arbeiten, sind mit Ausnahme der Querstösse nicht mit Röntgenstrahlen geprüft worden.

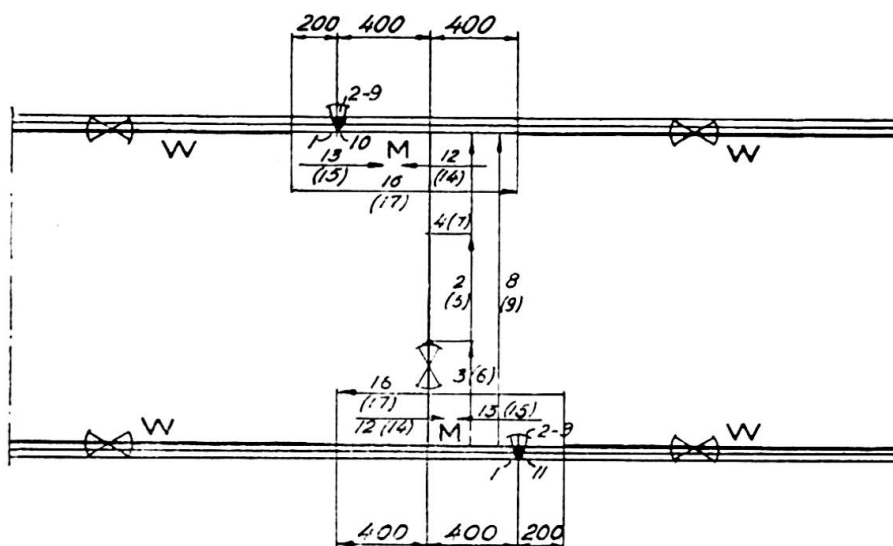


Abb. 13.
Reihenfolge der
Arbeiten beim
Schweissen der
Montagestösse.

M : Montageschweissung.

W : Werkstattschweissung.

Das beschriebene Bauwerk, die erste grössere vollständig geschweisste Eisenbahnbrücke Schwedens wurde im Jahre 1942 gebaut und ist seit Jahresbeginn 1943 einwandfrei im Gebrauch.

2. Viadukt für ein Güterzugsgeleise über einen Bahnhof



Abb. 14. Ansicht einer Eisenbahnbrücke mit konstantem Krümmungshalbmesser.

Das Erweiterungsprojekt der Bahnhofanlagen einer grösseren schwedischen Hafenstadt umfasst auch ein neues direktes Geleise für Güterzüge nach einem Rangierbahnhof, das über einen etwa 250 m langen Viadukt und Damm führt. Die Anwendung der einen oder anderen Bauweise war von den Verhältnissen im Baugrund abhängig. Der Viadukt überbrückt u.a. zwei Eisenbahnlinien, von denen eine elektrifiziert ist.

Die Fundamente bestehen aus Eisenbeton und sind in der üblichen Art und Weise ausgeführt worden. Die Zwischenstützen der durchgehenden Ueberbauten sind als Stahlpfeiler auf Fundamenten aus armiertem Beton ausgebildet.

Der Viadukt liegt in einer Kurve von 240 m Radius. Sein Stahlüberbau besteht aus drei durchlaufenden Vollwandträgern über je drei Oeffnungen und fünf durchlaufenden Vollwandträgern über je zwei Oeffnungen und ist für Lokomotiven mit 25 Tonnen Achsendruck berechnet und mit Haupt-, Längs- und Querträgern ausgebildet worden. Wegen des Aussehens sind die Hauptträger in Anpassung an die Geleisekurve auf die ganze Länge des Viadukts mit konstanter Krümmung ausgeführt worden (Abb. 14). Die Längsträger sind von Querträger zu Querträger geradlinig ausgebildet. Die Schwellen liegen direkt auf den Längsträgern. Die Ueberhöhung der Schienen wird durch Unterlageklötzchen zwischen Schwelle und Schiene gewährleistet.

Bei der Berechnung der Hauptträger hat man die durch die Krümmung der Träger in der Horizontalebene verursachten zusätzlichen Spannungen berücksichtigt.

Das Krümmen der Gurtbleche der Hauptträger wurde vor dem Zusammenschweissen von Stegblech und Gurt ausgeführt und geschah in der folgenden Weise: Man legte den Gurt auf eine Spantrichtplatte aus gegossenen, perforierten Eisenplatten flach auf und spannte ihn mit Dornen fest, welche in je 2-3 Metern Abstand in Löcher in den Platten eingetrieben wurden. Dann bog man das Werkstück mittelst einer beweglichen 50 Tonnen-Pressen durch, die zwischen die Dornen gesetzt und ebenfalls

mit diesen befestigt wurde. Die Krümmung des Gurts wurde während der Bearbeitung durch die Presse mit einer Holzschablone kontrolliert. Um eine Beschädigung der Gurtkanten durch die Dorne zu vermeiden, wurden zwischen diese und den Gurt Keile eingetrieben. Auf diese Weise wurde Stück für Stück kalt abgebogen. Die grösste Dimension eines Gurts betrug 400×43 mm.

Wie aus Abb. 15 hervorgeht waren die Gurte als Nasenprofile ausgebildet. In Uebereinstimmung mit den massgebenden Vorschriften wurden sämtliche Gurtstösse in 45° zur Hauptkraftrichtung ausgeführt, weshalb die Schweissnaht als dem Grundmaterial gleichwertig betrachtet werden kann. Abb. 16 zeigt den Anschluss des sekundären Längsträgers an den Querträger und des Querträgers an den Hauptträger. Zur Gewährleistung der Kontinuität der sekundären Längsträger über den Querträgern sind die Obergurte der Längsträger mit einer Lasche verbunden worden, welche durch einen Schlitz im Querträger geführt worden ist. Dies geschah, um im Steg des Querträgers eine Kraftüberleitung senkrecht zur Walzrichtung zu vermeiden, da man dabei Gefahr läuft, dass « pipes » und Doppelwetzungen vorkommen. In Bezug auf den Anschluss des Querträgers an den Hauptträger ist zu bemerken, dass das Schweiessen senkrecht zur Hauptkraftrichtung des Trägers vermieden worden ist und dass die Hals-Schweissnähte zwischen den Steg- und Gurtblechen des Hauptträgers nicht durch die Kehlnähte der Versteifungsbleche gestört werden.

Der Stahlüberbau ist vollständig geschweisst mit Ausnahme der Anschlüsse des Windverbandes zwischen den Untergurten der Hauptträger, wo Niete zur Verwendung kamen.

Die Zwischenstützen bestehen aus zylindrischen Stahlsäulen, die beidseits mit Lagern versehen sind. Diese können nach oben und nach unten

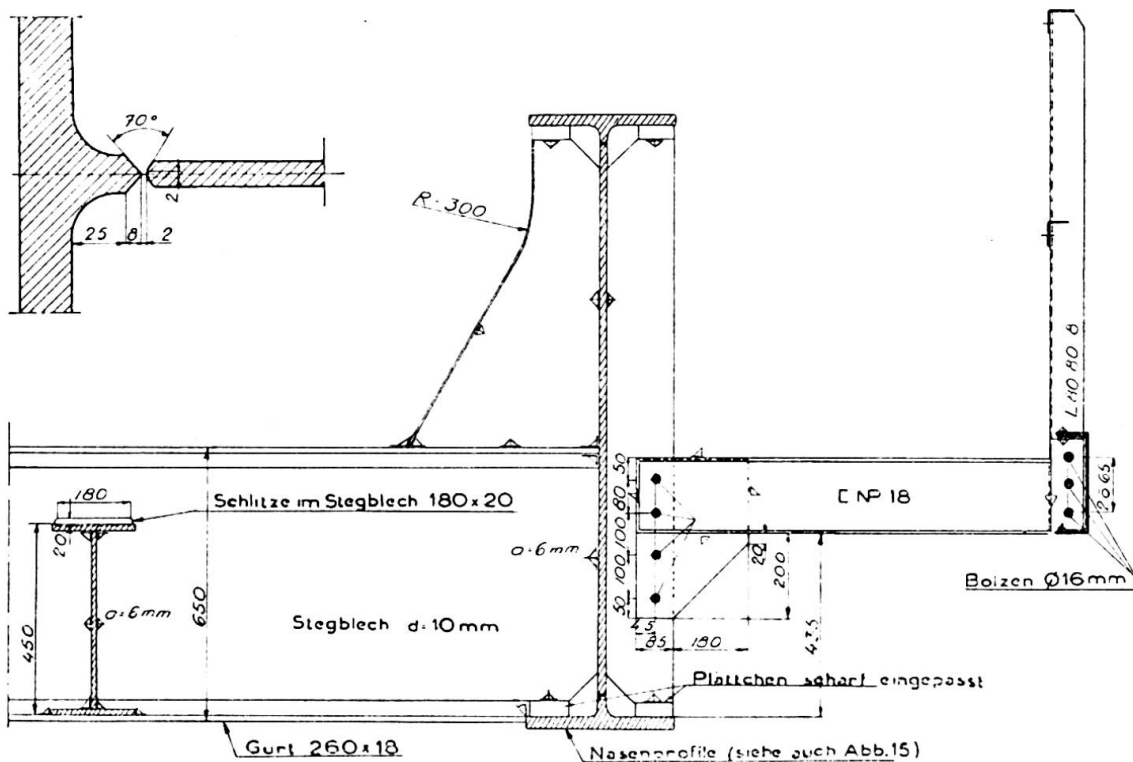


Abb. 15 und 16. Hauptträger und Anschluss der Querträger.

gerichtete Vertikalkräfte aufnehmen und ermöglichen gleichzeitig Bewegungen in der Horizontalebene. Sowohl die beweglichen als auch die festen End-Auflager sind zur Aufnahme nach oben gerichteter Kräfte ausgebildet. (Bei einer bestimmten Lage der Verkehrslast könnte sich sonst ein Brückenteil heben.) Jeder Träger wurde in der Werkstatt von Hand geschweisst und als ganzes Stück nach dem Bauplatz transportiert, wo der Zusammenbau der verschiedenen Brückenteile stattfand. Das gesamte Stahlgewicht, einschliesslich der Pfeiler, beträgt 330 Tonnen.

Die Brücke wurde im Jahre 1947 fertiggestellt.

3. Ortsbewegliche Kriegsbrücken

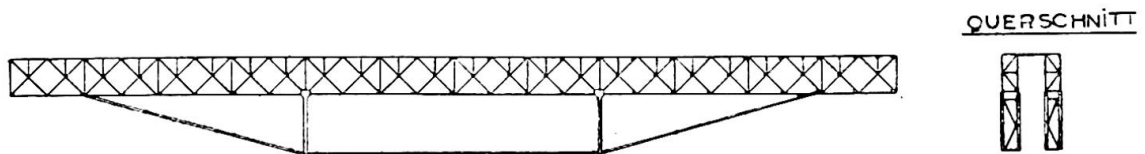


Abb. 17. Ansicht und Querschnitt der Brücke.

Für die schwedische Armee wurden während des letzten Krieges ortsbewegliche Kriegsbrücken hergestellt (Abb. 17). Diese Brücken bestehen aus vollständig geschweissten Elementen aus Rohren (Abb. 19), welche durch Kupplungsvorrichtungen (Abb. 20) in den gewünschten Längen zusammengebaut werden können. Bei grösseren Spannweiten und höheren Belastungen kann ein Zugband an die Untergurte der Brücke angebracht werden. Die Elemente messen 3 000 mm in der Länge, 1 500 mm in der Höhe und 600 mm in der Breite. Die Untergurte bestehen aus 80 mm — Rohren von 6 mm Blechstärke; die Rohre der Vertikalen und Diagonalen haben einen Durchmesser von 57 mm und eine Blechstärke von 3 mm,

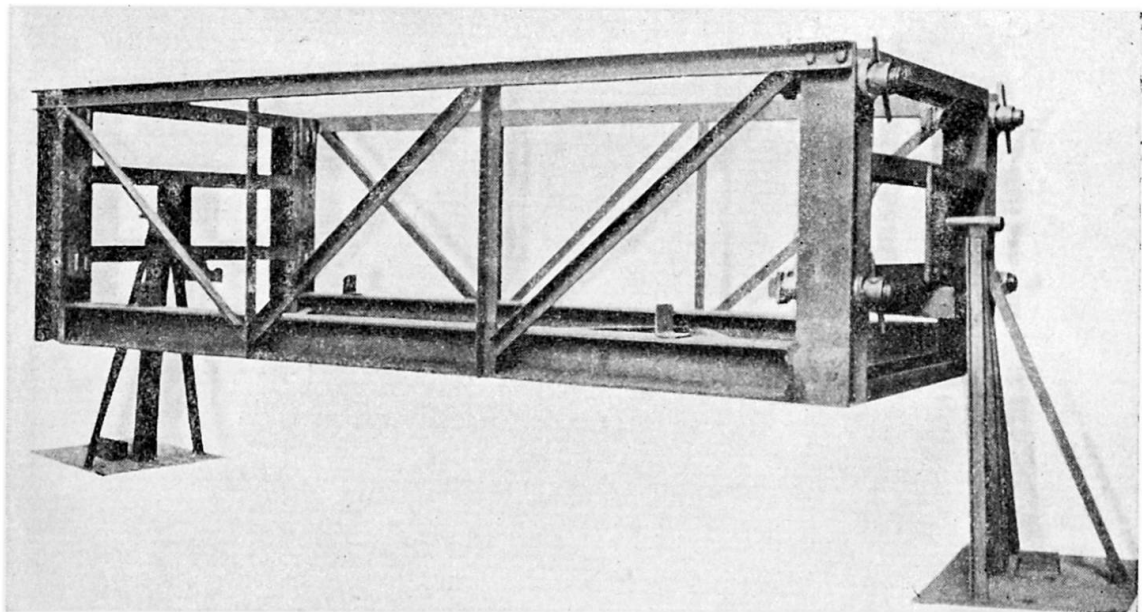


Abb. 18. Schweissvorrichtung.

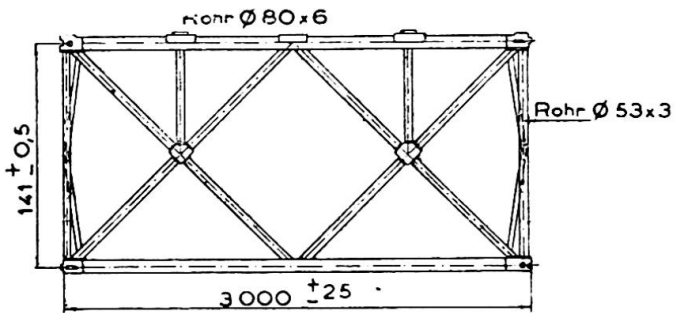


Abb. 19 (links). Aus Rohren zusammengestelltes Element.

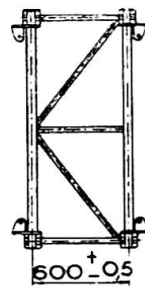
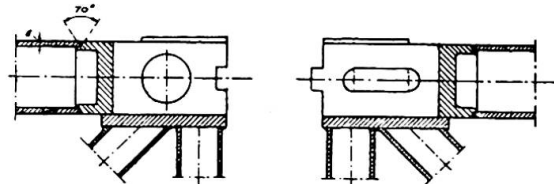
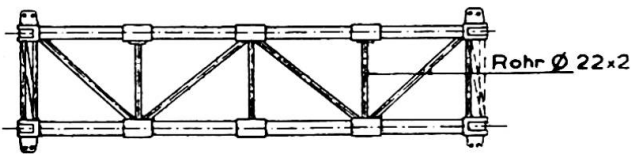


Abb. 20 (unten). Kupplungsstück.



diejenigen der querlaufenden wagrechten Streben und der Enddreiecke einen Durchmesser von 22 mm. Was die Schweisstechnik anbelangt, so sind die vorgeschriebenen, ausserordentlich engen Toleranzen von grösstem Interesse. Beispielsweise war die Toleranz des Höhenmasses sowie des Breitenmasses der Elemente $\pm 0,5$ mm. Die Länge der Elementen durfte mit $\pm 2,5$ mm variieren. Für die Gurstablängen in ein und demselben Element war aber nur eine maximale Abweichung von $\pm 1,0$ mm zulässig. Mit Hilfe von Einspannvorrichtungen (Abb. 18) und durch Anwendung einer geeigneten Schweissfolge ist es den Herstellern gelungen, diese Toleranzforderungen, die durch spezielle Messvorrichtungen (Abb. 21) kontrolliert wurden, nachzukommen. Die wichtigsten Nähte wurden als Stumpfnahte ausgeführt. Die 70°-Stumpfnaht zwischen den Kupplungsköpfen und den Gurtstäben ist auf einer Unterlage geschweisst, die durch Abarbeiten des Kupplungskopfes bis auf den Innendurchmesser des Rohres geschaffen wurde. Eine nachträgliche Wurzelschweissung war hier nämlich unmöglich. Ebenso sind die Diagonalen mittelst einer 70°-Stumpfnaht an die

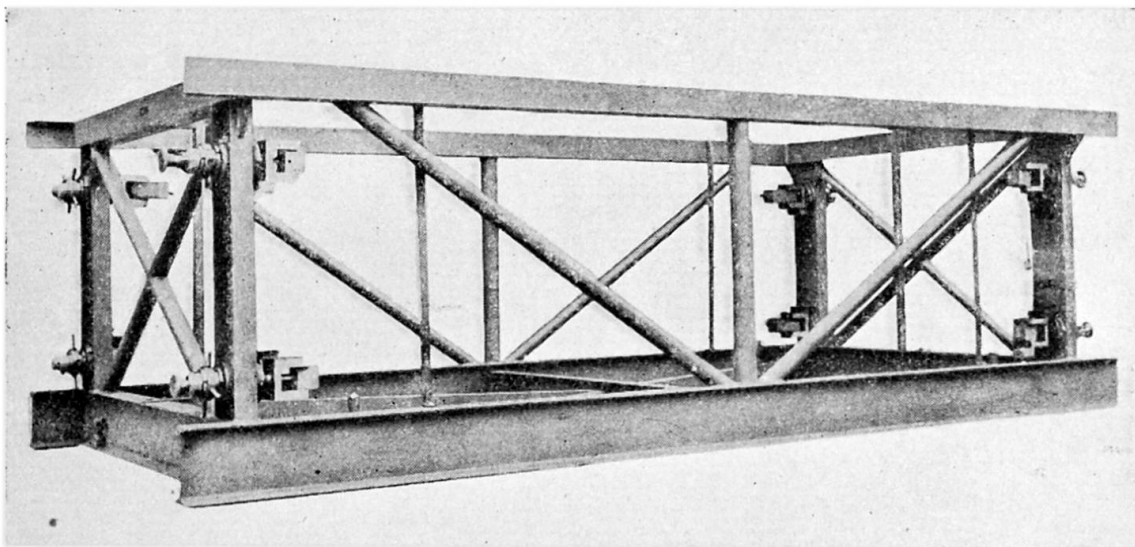


Abb. 21. Messvorrichtung zur Kontrolle der Toleranzforderung.

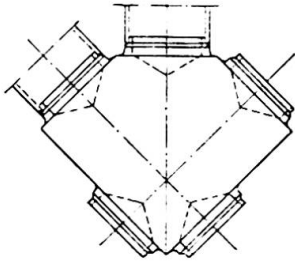


Abb. 22. Ausbildung des mittleren Knotenpunktes.

Knotenpunkte geschweisst (Abb. 22) Ihr anderes Ende, bei welchem die Schweisslänge grösser ist, ist dagegen mittelst einer Kehlnaht ($a=3,5$ mm) mit den Gurtstäben verbunden. Alle Diagonalen aus 22 mm-Rohren sind mit einer Kehlnaht ($a=2,5-3$ mm) angeschweisst. Schliesslich sei erwähnt, dass an jeden Obergurt drei Fahrbahnträger angeschweisst sind.

Der Werkstoff ist St. 52 mit folgender Zusammensetzung und Festigkeit :

Grundwerkstoff	Festigkeitsprobe			Zusammensetzung				
	Untere Streckgrenze	Bruchgrenze	Dehnung (10 D)	C	Mn	Si	P	S
	kg/mm ²	kg/mm ²	%	%	%	%	%	%
Rohrmaterial. . .	45,0	58,7	25,7	0,17	1,33	0,33	0,017	0,015
Kupplungsköpfe .	36,0	53,8	22,9	0,15	1,28	0,34	0,022	0,016

Abb. 23 zeigt die Versuchsmontage einer Brücke von 36 m Spannweite.

Als Schlussbemerkung kann hervorgehoben werden, dass es sich als möglich erwiesen hat, Konstruktionen mit sehr engen Toleranzen von \pm einige Zehntelmillimeter zu schweissen und dass Arbeitsverfahren auch wirtschaftlich vorteilhaft ist, wenn eine genügende Anzahl Werkstücke vorliegt. Sich über die Dauerhaftigkeit der Schweissung auszusprechen, ist vielleicht noch zu früh, da die erwähnten Brücken erst wenige Jahre in Betrieb stehen. Er lässt sich jedoch sagen, dass man vom Gesichtspunkt der Herstellung aus keine Bedenken zu tragen braucht, Fachwerkkonstruk-

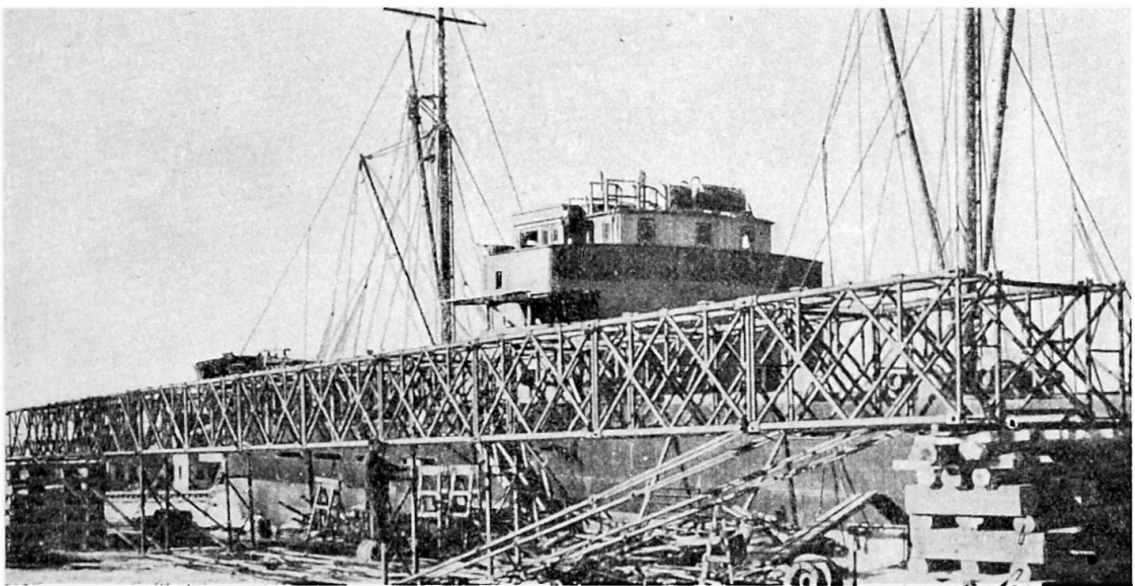
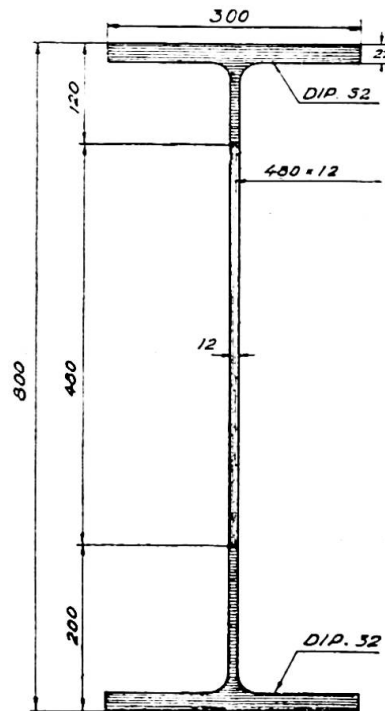


Abb. 23. Versuchsmontage einer Brücke von 36 m Spannweite.

Abb. 24. Hauptträger durch Schweissung entzweigeschnittener breitflanschtige I-Profile und gewälzte Blechen zusammengefügt.



tionen aus St. 52 zu schweissen, vorausgesetzt dass die Wahl des Grundmaterials, der Elektroden und des Schweissverfahrens richtig getroffen wird. Wenn es sich zeigt, dass die Nähte während des Zeitraums einiger Jahre den sicherlich sehr hohen Beanspruchungen widerstehen können, denen sie im erwähnten Falle ausgesetzt sind, so würde dies auf die Möglichkeit hinweisen, dass das Schweissen dynamisch beanspruchter Fachwerkstrukturen in nicht allzu ferner Zeit zulässig sein wird — auch bei Verwendung von St. 52.

4. Provisorische Strassenbrücke in Stockholm

Um dem sich stets steigenden Verkehr in der schwedischen Hauptstadt zu entsprechen, hat man in Erwartung einer grösseren Stadtplanregelung in Jahre 1946 eine provisorische Strassenbrücke über den Stockholmer Strom gebaut. Dieser Verkehrsweg wurde als durchgehende Vollwandträgerbrücke mit 10 Zwischenpfeilern ausgeführt. Die Stützweiten betragen 10^m40 bis 13^m12 . Die Träger sind aus entzweigeschnittenen breitflanschtigen I-Profilen und gewalzten Blechen durch Stumpfschweissung zusammengefügt worden (Abb. 24). Das Interessanteste bei diesem Brückenbau ist eben diese Schweissung, da sie ohne vorheriges Abschrägen der 12 mm starken Stegbleche ausgeführt wurde. Dieses Verfahren wurde durch eine im Laboratorium der Elektriska Svetsningsaktiebolaget, Gotenburg, entwickelte Tiefeinbrandelektrode (OK Rapid) ermöglicht. Bei Verwendung dieses Elektrodentyps ist es auch möglich, 16 mm Bleche ohne vorheriges Abschrägen zusammenzufügen und zwar durch eine einzige Raupe von jeder Blechseite her. Abb. 25 zeigt eine durchschnittene und geätzte I-Schweissnaht in einem 16 mm-Blech.

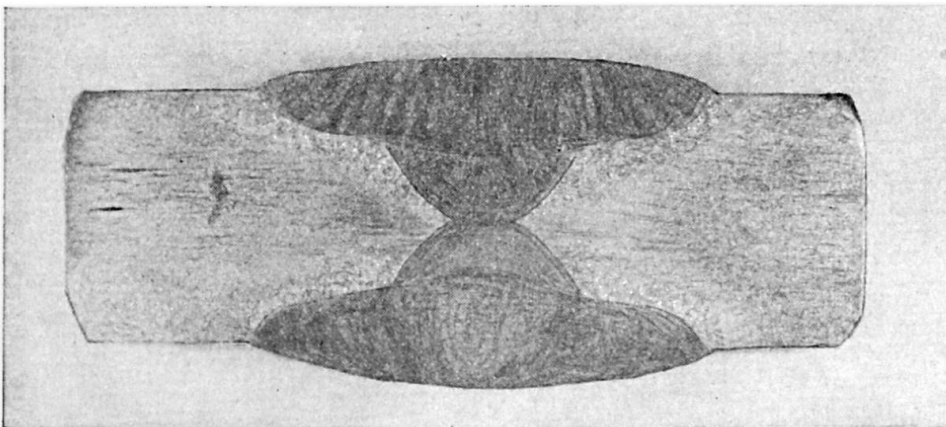


Abb. 25. Makroschliff einer I-Schweissnaht in einem 16 mm Blech, mit OK Rapid geschweisst.

Diese Brücke war das erste grössere Bauwerk, wo der neue Elektrodentyp zur Verwendung kam. Eine umfassende Röntgenkontrolle war vorgeschrieben worden. Das Resultat dieser Kontrolle war sehr zufriedenstellend, indem die durchschnittliche Note der Röntgenzeugnisse zwischen 4 und 5 lag. (Die Beurteilung geschieht nach einer fünfgradigen Skala, in welcher die Ziffer 5 den Höchstwert bezeichnet.)

Da die Bogenspannung bei der OK Rapid zweimal höher ist als bei gewöhnlichen Elektroden, wird der Energiebedarf der Schweisstelle der Zweifache, weshalb Scheissaggregate von sehr hoher Kapazität oder zwei parallelgeschaltete Aggregate gebräuchlicher Grösse erforderlich sind. Die OK Rapid ist von den verschiedenen Klassifizierungsgesellschaften für das Schweißen von Blechen bis zu 16 mm Stärke im Schiffbau geprüft und gutgeheissen worden.

Résumé

Le développement actuel de la technique de la soudure en Suède nous est présenté sous forme de rapports sur quelques ponts de construction récente.

En premier lieu, nous avons la description d'un pont-rails métallique sur un fleuve important et dont la superstructure (un arc raidi par des poutres continues à âme pleine) fut entièrement soudée. Des renseignements détaillés sont présentés sur les éléments de la construction, notamment l'exécution des soudures, ainsi que leur préparation en atelier et au chantier. Les mesures de dilatation faites pendant la soudure donnent des indications quant aux tensions subies par le matériau de base, tandis que les contrôles nombreux des cordons de soudure au moyen de rayons X permirent d'obtenir des appréciations concluantes quant à la qualité de la soudure.

Dans le deuxième exemple, un viaduc de chemin de fer courbe, ayant des poutres continues à âme pleine, l'auteur nous fournit des détails de constructions soudées, et donne le règlement pour le cintrage des tôles de semelles; il développe également la question des supports intermédiaires.

Quant aux nouveaux ponts suédois militaires, construits au moyen d'éléments en tubes d'acier entièrement soudés, il y a lieu de signaler les tolérances très restreintes atteintes pour la construction. Cet exemple de construction en treillis, en acier St 52, nous permet de conclure quant à l'économie de ce genre de construction; d'ici quelques années, on pourra juger de sa durabilité, compte tenu des sollicitations dynamiques.

Pour la construction d'un pont de route temporaire à Stockholm, cité en dernier lieu par l'auteur, on fit usage d'une nouvelle électrode à grande pénétration. Elle permet l'assemblage, sans préusinage, de tôles d'une épaisseur jusqu'à 16 mm.

Zusammenfassung

Der heutige Entwicklungsstand der Schweissttechnik in Schweden wird an Hand von Berichten über einige neueste Brückenkonstruktionen dargestellt.

Zuerst wird eine Eisenbahnbrücke über einen grösseren Fluss beschrieben, deren Stahlüberbau — ein versteifter Stabbogen und durchlaufende Vollwandträger — vollständig geschweisst ausgeführt wurde. Eingehend sind die Elemente des Bauwerks, besonders aber die konstruktive Ausbildung der Schweisstellen und ihre Bearbeitung in der Werkstatt und auf dem Bauplatz dargestellt. Während dem Schweißen ausgeführte Dehnungsmessungen erlauben Hinweise auf die Spannungen in Trägermaterial und umfangreiche Kontrollen von Nähten mit Röntgenstrahlen ergaben sichere Aufschlüsse über die Güte der Schweissarbeiten.

An Hand des zweiten Beispiels, eines aus durchlaufenden, stetig gekrümmten Vollwandträgern bestehenden Eisenbahnviadukts werden neben Einzelheiten über geschweisste Konstruktionen eine Anordnung zum Krümmen von Gurtblechen und die Frage der Ausbildung der Zwischenstützen erläutert.

Bei den neuen schwedischen Kriegsbrücken mit vollständig geschweissten Elementen aus Stahlrohren sind die bei der Herstellung eingehaltenen ausserordentlich geringen Toleranzen bemerkenswert. Als geschweisste, in St. 52 ausgeführte Fachwerkkonstruktion erlaubt dieses Beispiel Schlüsse über die Wirtschaftlichkeit dieser Bauweise, deren Dauerhaftigkeit gegenüber dynamischen Beanspruchungen sich in einigen Jahren auch beurteilen lassen wird.

Beim Bau der zuletzt beschriebenen provisorischen Strassenbrücke in Stockholm kam eine neue Tiefbrandelektrode zur Verwendung, die das Zusammenfügen von Blechen bis zu 16 mm Stärke ohne vorheriges Abschrägen ermöglicht.

Summary

The present-day state of development of welding technique in Sweden is depicted by means of reports on some of the most recent bridge constructional work.

First we have a description of a railway bridge over a fair sized river, the steel superstructure of which — a stiffened tied arch and continuous plate girders — was entirely welded. The structural components, and in particular the constructive development of the welded spots and their preparation in the workshops and on the site of works, are described in detail. Recordings of expansion during welding provide pointers as to stresses in the material of the girders and extensive controls of seams by means of Röntgen rays provided reliable estimates as to good workmanship in the welding.

From the second example, a railway viaduct built of continuous curved plate girders, we have, in addition to details of welded structures, instructions for the bending of junction plates and the question of the development of intermediary supports.

In the case of the new war-time Swedish bridges, the steel tube elements of which are entirely welded, the extremely small tolerances which were adhered to in the construction are noteworthy. As an example of welded framework constructed in Steel St. 52, this bridge enables us to form

conclusions as to the economy of this type of construction, the durability of which in view of dynamic stresses we shall also be able to judge in a few years time.

For the construction of the lastly described temporary road bridge in Stockholm a new electrode with deep penetration was used. This enables the welding of plates up to 16 mm thickness to be done without pre-machining.