

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

Band: 2 (1936)

Rubrik: III d. Erfahrungen bei ausgeführten Bauwerken

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: 14.04.2026

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

III d

Erfahrungen bei ausgeführten Bauwerken.

Observations sur les ouvrages exécutés.

Experience with completed structures.

Die Referate dieser Gruppe stellen zusammenfassende Berichte über die Erfahrungen in den verschiedenen Ländern dar. Es erübrigt sich deshalb, von diesen Berichten Zusammenfassungen wiederzugeben.

Les rapports de ce groupe sont des résumés de l'expérience acquise dans les différents pays. Il est par conséquent superflu de donner ici des résumés de ces rapports.

The articles of this group are concise reports of experiences made in different countries. It was therefore regarded as superfluous to give summaries of these reports.

Leere Seite
Blank page
Page vide

III d 1

Erfahrungen bei ausgeführten Bauwerken in Ungarn.

Observations sur les ouvrages exécutés en Hongrie.

Experience obtained with Structures Executed in Hungary.

Baurat Dr. Ing. P. Algyay-Hubert,
Budapest.

Die verschiedenen Arten des Schweißverfahrens waren in Ungarn schon in den Vorkriegszeiten allgemein bekannt und haben in besonderen Fällen auch Anwendung gefunden. Dies gilt besonders für die Autogenschweißung (Oxiacetylin-schweißung), welche sich in diesen Zeiten eine fast ausschlaggebende Rolle gesichert hat und welche bei der Herstellung von Röhrenformstücken und bei den verschiedenen Ausbesserungsarbeiten der Maschinenteile in den Maschinenwerkstätten vielfach angewandt wurde.

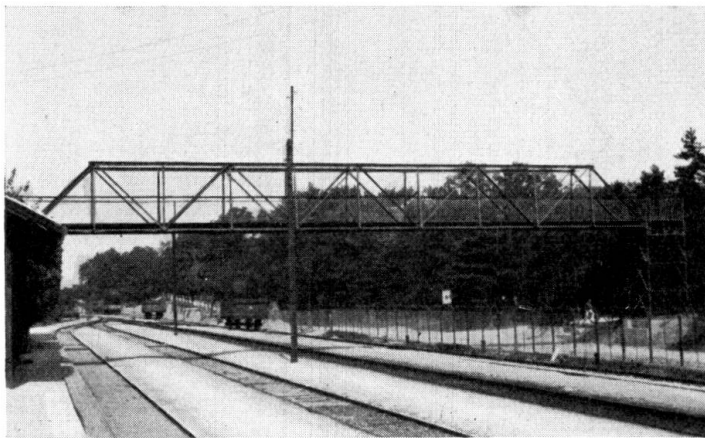


Fig. 1.

Die verschiedenen Arten des elektrischen Lichtbogenschweißverfahrens waren noch nicht vollkommen entwickelt und wegen ihrer Unwirtschaftlichkeit von wenig Bedeutung.

Schweißverbindungen an Eisenkonstruktionen wurden erst in den Nachkriegszeiten angewandt und nur mit der Einführung des elektrischen Widerstandsschweißverfahrens verbreitet. Konstruktionen, die in Ungarn in dieser Ausführung hergestellt wurden, stammen aus dem Jahre 1926.

Fig. 1 zeigt eine Überbrückung der Geleise bei der Station Balatonszemes für Fußgänger, erstellt im Jahre 1926. Der Obergurt und Untergurt sind als einfache Winkeleisenprofile ausgebildet, welche über die ganze Länge der Brücke ununterbrochen durchlaufen. Die Stäbe sind auf den Flanschen der Winkeleisen mittelst einfacher Stirn- und Flankennähte aufgeschweißt.

Hier und bei anderen gleichzeitig ausgeführten Geleisüberbrückungen haben sich bisher keine ungünstigen Erfahrungen gezeigt.

Am Anfang dieses Jahrzehntes wurden schon Schweißverbindungen bei Eisenkonstruktionen von Stahlskelettbauten, ferner bei Hallen- und Werkstattbauten vielfach angewendet, da die Einführung des elektrischen Widerstandsschweißverfahrens das Schweißen wirtschaftlich und den genieteten Konstruktionen gegenüber konkurrenzfähig gemacht hat.

Der Beginn der allgemeinen Anwendung geschweißter Konstruktionen hat natürlich die Aufstellung von Vorschriften für geschweißte Hochbauten bald notwendig gemacht. Diese Vorschriften wurden Ende des Jahres 1933 erlassen und

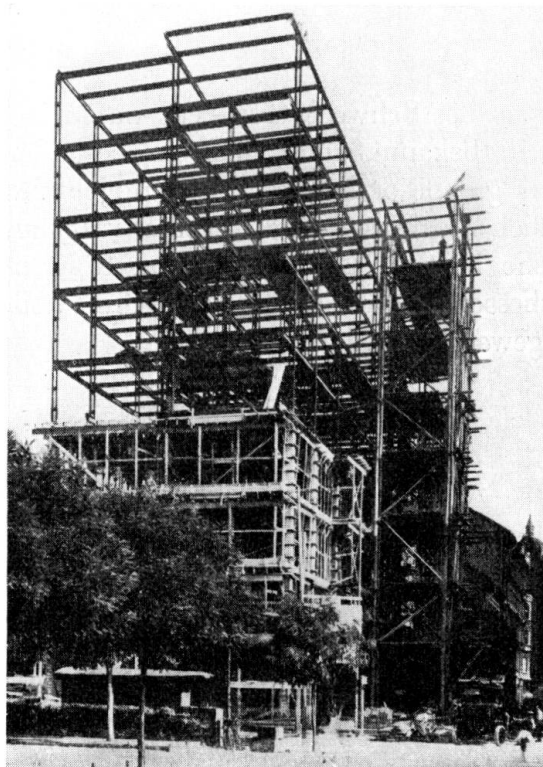


Fig. 2.

haben sich seither in der Praxis sehr gut bewährt. (Siehe: „Stahlbau“, Heft Nr. 3, 1934. *Kazinczy Gábor, Csonka Pal, Zorkoczy Béla*: „Über die neuen ungarischen Vorschriften für geschweißte Stahlhochbauten.“ Ferner: Dr. Ing. *B. Enyedi*: „Die Elektroschweißung“, Heft Nr. 11, 1934.)

Die in den Vorschriften verlangten häufigen Probeschweißungen zur Prüfung der Schweißer und die Vorsicht bei Festsetzung der zulässigen Beanspruchungen haben infolge der erreichten guten Ergebnisse Vertrauen erweckt und haben so bei Konstruktionen, welche häufig wiederholten Beanspruchungen nicht ausgesetzt sind, die allgemeine Anwendung des Schweißverfahrens ermöglicht.

Die großen Fortschritte in der Güte der Elektroden werden voraussichtlich bald die Steigerung der zulässigen Beanspruchungen ermöglichen.

Der heutige Stand und die praktischen Erfahrungen der Schweißtechnik in Ungarn lassen sich wie folgt zusammenfassen.

1. Hochbauten.

Die Vorteile der Schweißverbindungen kommen hauptsächlich bei Stahlskelettbauten, welche aus Vollwandträgern zusammengestellt werden, zur Geltung. Die Anwendung des Schweißverfahrens ist hier umso zweckmäßiger, da die unvermeidlichen Verformungen und Schrumpfungen bei der Aufstellung keine bemerkenswerten Schwierigkeiten verursachen.

Das Stahlskelett wird nämlich allgemein nach dem Zusammenbau mit Beton umhüllt, wodurch die vorerwähnten Unebenheiten verschwinden und auch gleichzeitig die Widerstandsfähigkeit der Konstruktion erhöht wird. Diese Bauten sind im allgemeinen viel einfacher und leichter ausführbar mit geschweißten als mit genieteten Verbindungen. Als Beispiel für mehrere hier ausgeführte Konstruktionen solcher Art sollen a) die Miethäuser der Landessozialversicherungsanstalt in Budapest und b) das neue Kesselhaus der Eisenwerke in Ozd angeführt werden. (Fig. 2 und 3.)

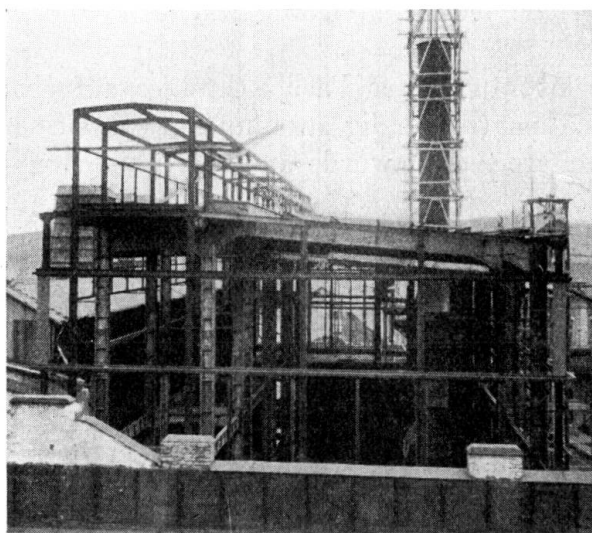


Fig. 3.

Bei Konstruktionen im Hochbau kommen sowohl die geschweißten Vollwandträger wie auch Fachwerkträger als Hauptträger häufig zur Anwendung, jedoch zeigen die Erfahrungen, daß die Vollwandträger — wegen ihrer viel geringeren Empfindlichkeit gegen Verformungen und Schrumpfungen — günstigere Ergebnisse liefern.

Im Gegensatz zu den genieteten Konstruktionen wird im allgemeinen eine Gewichtsersparnis von 15—20 % erreicht; dagegen stellt sich der Einheitspreis der geschweißten Konstruktionen in Ungarn heute noch mit 10—15 % höher, als bei genieteten Konstruktionen.

Die Anwendung des Schweißverfahrens bietet daher derzeit nur dann wirtschaftliche Vorteile, wenn es sich um sehr gründlich durchdachte und zweckmäßige Entwürfe handelt.

2. Tiefbau.

Es liegen Erfahrungen bei den für Senkkästen pneumatischer Gründungen hergestellten geschweißten Stahlkonstruktionen vor. Die bei den eisernen Senkkästen

der jetzt im Bau befindlichen großen Donau-Straßenbrücken in Budapest (Horthy Miklós-Brücke, Margarethen-Brücke) gewonnenen Erfahrungen sind sehr günstig.

Die Stahlkonstruktionen der Senkkästen sind für das Schweißverfahren besonders geeignet, weil hier keine häufig wiederholten Beanspruchungen auftreten und sogar die ständig wirkenden Maximalbeanspruchungen nach kurzer Zeit ausgeschaltet werden. Die Tragfähigkeit des Senkkastens wird nämlich nur für ein bis zwei Wochen bis zur Erhärtung des umhüllenden Betons — wenn der Senkkasten schon zum tragfähigen Baugrund abgesenkt ist — in Anspruch genommen.

Als Beispiele sollen hier einige Abbildungen über stählerne Senkkästen dienen: Fig. 4 und 5: Stahl-Senkkästen des linken Strompfeilers der jetzt im Bau befindlichen Horthy Miklós-Brücke und Fig. 6: Stahl-Senkkästen, angewandt bei der Erweiterung des mittleren Strompfeilers bei den Verbreiterungs- und Umbauarbeiten der Margarethenbrücke.¹

Das Gewicht der geschweißten Stahlkonstruktion des Senkkastens ist 25 % weniger (180 kg/m^2) als jenes der genieteten Stahlkonstruktion und bietet dadurch außer dem Vorteile leichteren Gewichtes auch eine Kostenersparnis von 10—12 %.

Der Senkkasten ist als räumlicher Fachwerkträger aufgebaut. Die Querträger wurden in den Werkstätten vollständig zusammenschweißt und fertig zur Baustelle gebracht. Die weitere Arbeit wurde an einer über zwei Schuten hergerich-

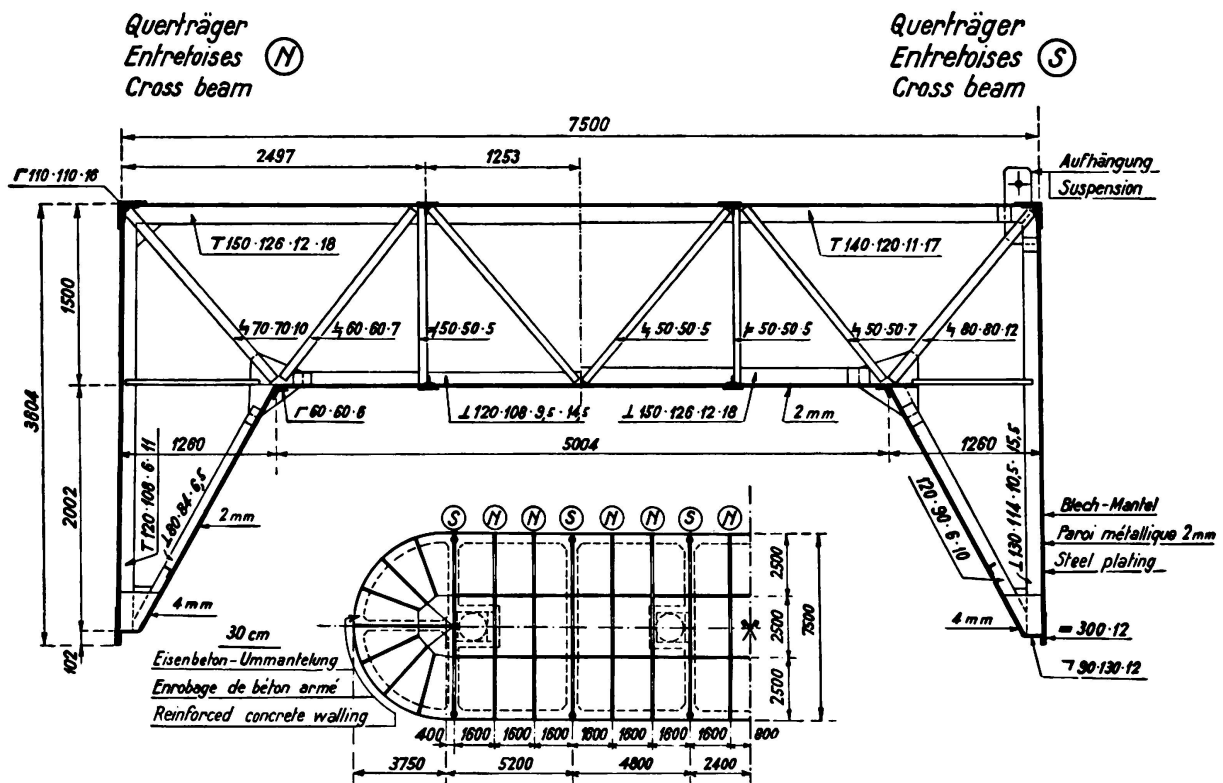


Fig. 4.

Querschnitt der geschweißten Eisenkonstruktion des Senkkastens.

¹ Entwurf: Königl. ung. Handels- und Verkehrsministerium, Donaubrückenbau-Abteilung und Dr. Ing. Béla Enyedi, Budapest. Ausführung: Ung. Waggon- und Maschinen-Fabrik, Győr, und Dipl.-Ing. B. Iszer, Budapest.

teten Arbeitsbühne an der Donau in unmittelbarer Nähe des Bauplatzes ausgeführt. Die mittleren und äußeren Längsverbindungen und die ganze Blechmantelumhüllung wurde auf dieser Arbeitsbühne fertiggestellt. Somit war die an der Baustelle ausgeführte Schweißarbeit der unmittelbaren Wirkung der Luft und besonders des Windes stark ausgesetzt.

Durch die starken Luftströmungen und die abkühlende Wirkung des Stromes war eine schnelle Erhärtung und infolgedessen eine besondere Sprödigkeit der hergestellten Nähte zu befürchten. Trotzdem konnte durch die Proben und das Ätzen der fertigen Nähte festgestellt werden, daß nachteilige Erscheinungen nicht entstanden sind. An der offenen Baustelle war der Elektrodenverbrauch doch 20—25 % höher als bei Werkstattarbeiten.

Die Herstellung der Nähte auf der Baustelle ist auch viel ungünstiger, weil sie meistens lotrechte Richtung haben. Die genannten Umstände verursachten bei der Montagearbeit an offener Baustelle wesentliche Überkosten, und zwar 20—25 % der Kosten der Werkstattarbeit.

Die Befestigung der 2 mm starken Mantelbleche und die Stöße derselben wurden auch an Ort und Stelle elektrisch geschweißt. Nach der erfolgreichen Überwindung der Anfangsschwierigkeiten gelang es, eine vollkommene wasserdichte Blechhaut herzustellen.

Die Fig. 5 und 6 zeigen einige Sonderheiten der Senkkästen der Strompfeiler der Horthy Miklós- und der Margarethen-Brücke.

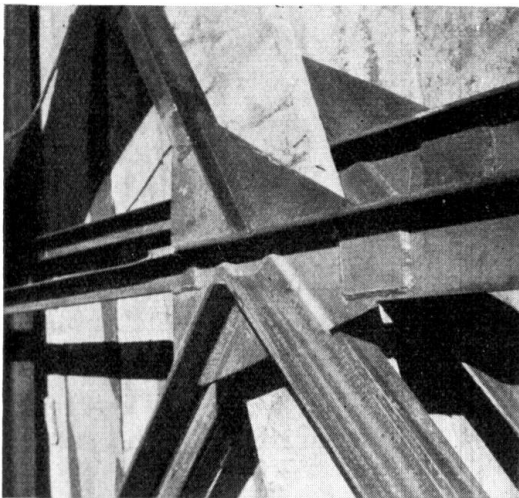


Fig. 5.

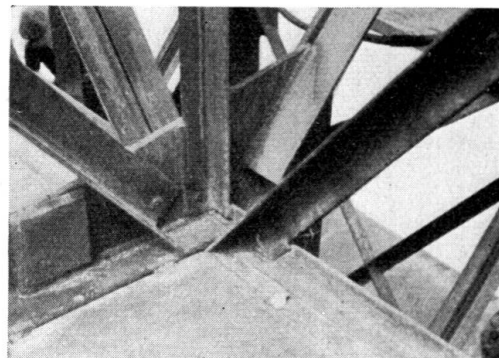


Fig. 6.

3. Brückenbau.

Die allgemeine Einführung des Schweißverfahrens in den Brückenbau wird vom größten Teil der Fachkreise mit besonderer Vorsicht behandelt. Trotzdem haben wir auch auf diesem Gebiet ausgeführte Beispiele, die aber nur als Versuche zu erachten sind.

Abgesehen von vielen kleineren Konstruktionen, ist die Stahlkonstruktion der Rábabrücke in Győr (53 m Lichtweite, Fig. 7 und 8)² und die zwei mittleren

² Entwurf: K. Ung. Handels- und Verkehrsministerium Brückenbau-Abteilung und Dipl.-Ing. Josef Lengyel. Ausführung: Ung. Waggon- und Maschinen-Fabrik, Győr.

beweglichen Öffnungen der Theißbrücke in Tiszapolgár (25 und 17,5 m Lichtweite, Schutenbrücke)³ in vollständig geschweißter Ausführung hergestellt worden. Die erste wurde von trapezförmigen Fachwerkträgern, die zweite von einwandigen Vollwandträgern aufgebaut.

Wie bekannt, ist das Verhalten von wiederholten Beanspruchungen ausgesetzten Stabverbindungen einerseits noch nicht durch Versuche eingehend geklärt, andererseits geben die bisherigen Versuche nicht vollständig beruhigende Resultate.

Das Bedenken richtet sich in erster Linie gegen geschweißte Fachwerkkonstruktionen, welche großen wiederholten Beanspruchungen unterworfen sind.

Wie bekannt, ist die Wirkung der häufig wiederholten Beanspruchungen umso ungünstiger, je mehr die Beanspruchungen infolge ständiger Belastung gegen die Beanspruchungen infolge wechselnder Belastung zurücktreten.

Da dies bei Eisenbahnbrücken kleinerer Spannweite meistens der Fall ist und außerdem zu diesem Umstände auch noch ein anderer ungünstiger Umstand

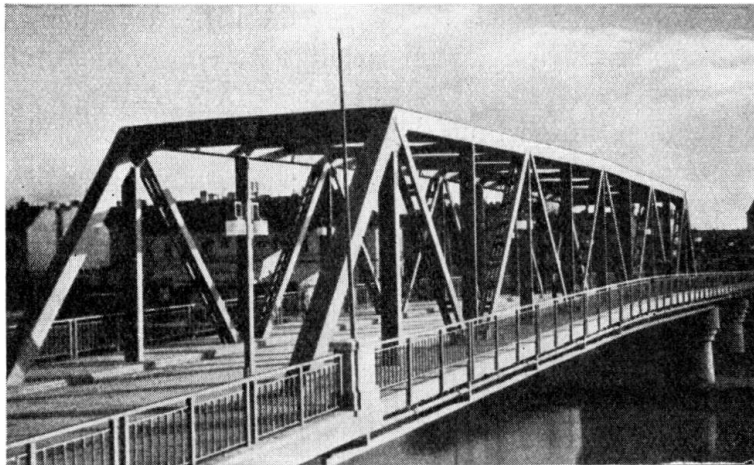


Fig. 7.

hinzutritt, daß nämlich die Nutzlast immer die Maximalbeanspruchungen verursacht, wurde in Ungarn das Schweißverfahren bei Eisenbahnbrücken bisher gänzlich abgelehnt.

Das Schweißen der Hauptträger kommt bei Brückenkonstruktionen größerer Spannweite wegen unüberwindlichen Schwierigkeiten bei den Knotenpunktausbildungen nicht in Betracht.

Bei Straßenbrücken mittlerer und kleinerer Spannweite gestaltet sich das Verhältnis von Eigengewicht zu Nutzlast zwar auch nicht günstig, jedoch ist hier als günstiger Umstand zu erblicken, daß die Nutzbelastung, die in der Konstruktion Maximalbeanspruchungen erzeugt, in der Regel nur sehr ausnahmsweise auftritt.

Trotz diesem Umstand kann geschweißten Stabverbindungen bei Fachwerkträgern von Straßenbrücken wegen des Verhaltens bei wiederholten Beanspruchungen nicht volles Vertrauen geschenkt werden und zwar umso weniger, da noch die ungünstige Wirkung der Schrumpf- und Verformungsspannungen, als auch das Fehlen eines vollkommen sicheren Prüfungsverfahrens der Nähte in Kauf genommen werden muß.

³ Entwurf: K. Ung. Handels- und Verkehrsministerium, Brückenbau-Abteilung, Ausführung: Ganz & Co., Budapest.

Die Herstellung und hauptsächlich die örtlichen Montagearbeiten der Fachwerkbrücken haben noch sehr viele und bis jetzt noch nicht befriedigend gelöste offene Fragen, welche die vorerwähnte Vorsicht rechtfertigen.

Die bisherigen Erfahrungen zeigen, daß ein ganz besonderer Wert auf die Reihenfolge der Montagearbeiten gelegt werden muß. Alle Stäbe werden infolge des Schweißens verkürzt und daher muß die Reihenfolge des Zusammenbaues so gewählt werden, daß dadurch keine schädlichen Anfangsspannungen in den Stäben auftreten. Alle Stäbe müssen um ein gewisses Maß länger erzeugt werden.

Verformungen und Schrumpferscheinungen spielen eine bedeutende Rolle und diesbezüglich sollen die folgenden zwei Haupterscheinungen berücksichtigt werden:

1. Die zuerst fertiggeschweißte Naht verursacht erheblich größere Verformungen als die später hergestellte.
2. Dünnere Elemente erleiden größere Verformungen als dickere.

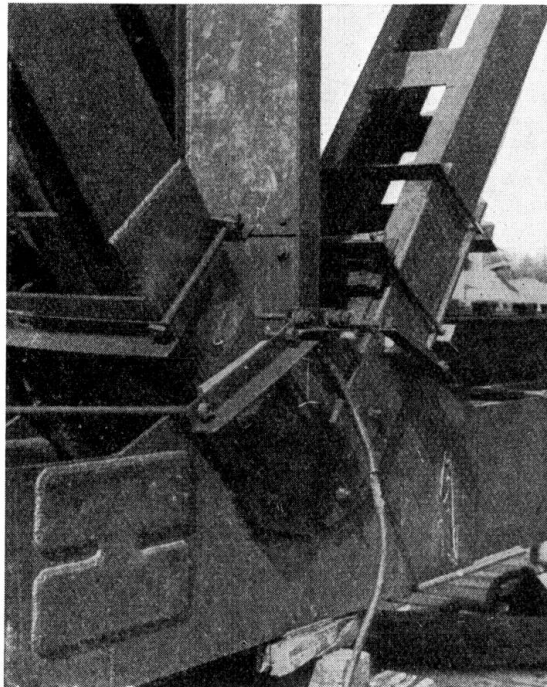


Fig. 8.

Infolgedessen müssen zuerst die dickeren und dann die dünneren Elemente der Reihe nach zusammengeschweißt werden, damit die Verformungen einander möglichst ausgleichen.

Im allgemeinen kann gesagt werden, daß es heute praktisch noch nicht möglich ist, daß Anfangsspannungen infolge Verformungen und Schrumpfungen in den Stäben vermieden werden. Besonders ist das der Fall bei Schweißen von Konstruktionsteilen an der Baustelle, was möglichst zu vermeiden oder dann mit größter Vorsicht auszuführen ist.

Die Prüfung der fertigen Nähte geschieht noch meistens mittels Ätzen oder Einbohrungen und dieses Verfahren leistet keine sichere Gewähr für den Nachweis einer homogenen und absolut gleichmäßigen Ausführung.

Nach Ansicht des Unterzeichneten sollen die Wege der Entwicklung der geschweißten Konstruktionen nicht nur in der Entwicklung der Schweißtechnik

gesucht werden. Es soll vielmehr besonders in Betracht gezogen werden, die Verwendung neuer, für das Schweißen geeigneter Stabquerschnitte zu ermöglichen und noch mehr soll das Entwerfen ganz neuartiger, für das Schweißen besonders geeigneter Konstruktionsanordnungen angestrebt werden, da die heutigen geschweißten Konstruktionen in falschem Sinne — im allgemeinen nach dem Prinzip der genieteten Konstruktionen — ausgebildet werden.

Diese neuartigen Konstruktionen müssen die vom Schweißen gebotenen Vorteile ausnützen und so gestaltet werden, daß an den geschweißten Stellen die

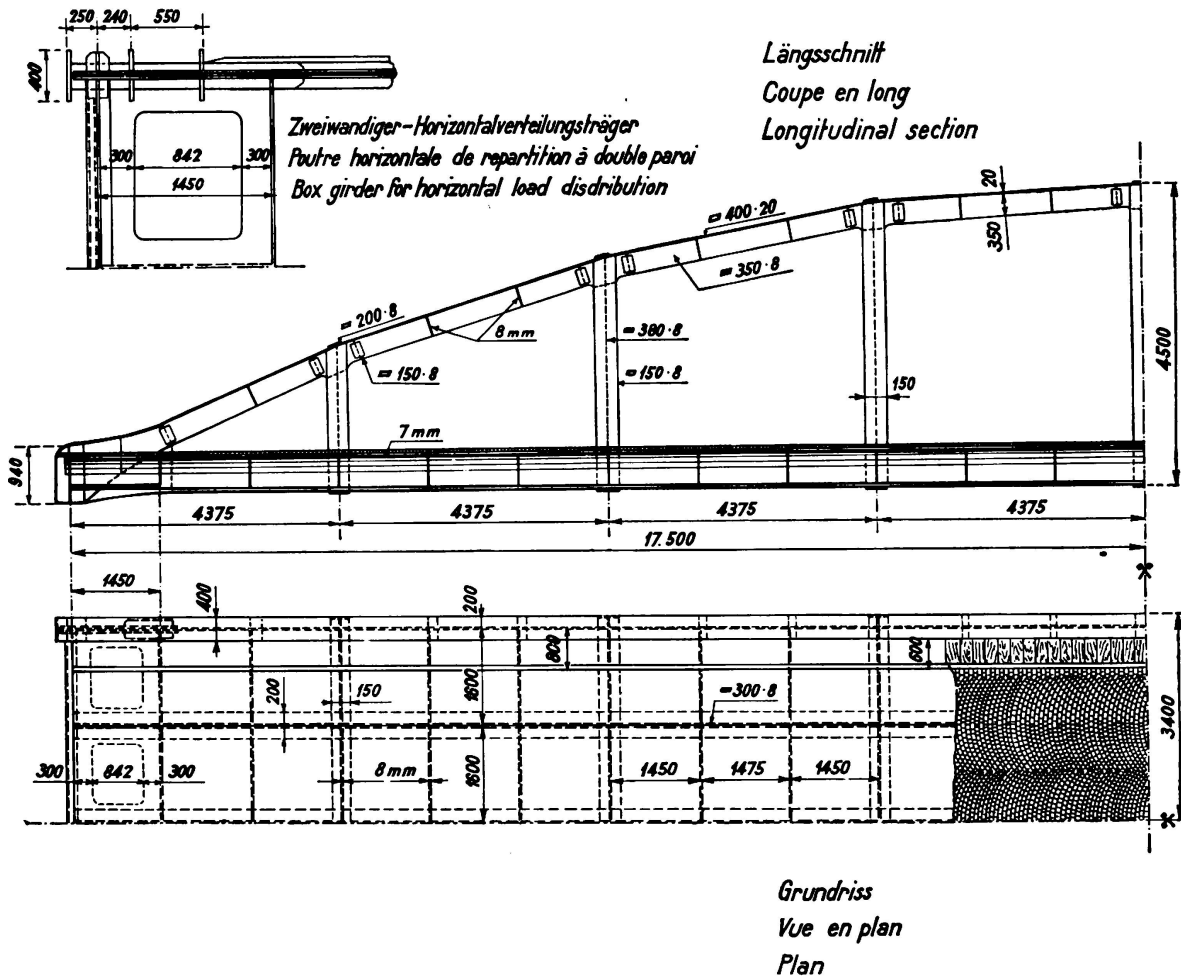


Fig. 9.

Gesamtanordnung der neuartigen Brückenkonstruktion.

für die Schweißverbindungen gefährlichen Belastungen möglichst vermieden werden.

Es sei mir erlaubt, im Folgenden als Beispiel eine von mir entworfene Brückenkonstruktion kurz zu beschreiben, deren Einzelheiten ausführlich ausgearbeitet wurden und deren Ausführung in der nächsten Zukunft in Ungarn bei einer Straßenüberführung beabsichtigt ist.

Die Konstruktion stellt wesentlich einen *Langer'schen* Balken dar (Fig. 9), bei dem der untere Versteifungsträger eine besondere Ausbildung hat.

Wie schon oben erwähnt wurde, benötigt der Anschluß der Fachwerkstäbe an die Gurten im allgemeinen die Ausbildung komplizierter — genieteten Trägern entsprechender — Knotenpunkte, welche sowohl im Entwurf, als auch in der Ausführung erhebliche Schwierigkeiten verursachen.

Nach Ansicht des Unterzeichneten sind der Langerträger, Zweigelenbogen mit Zugband und Vierendeelträger für das Schweißen besser geeignet und zur Anwendung viel zweckmäßiger und vorteilhafter als die gewöhnlichen Fachwerkträger.

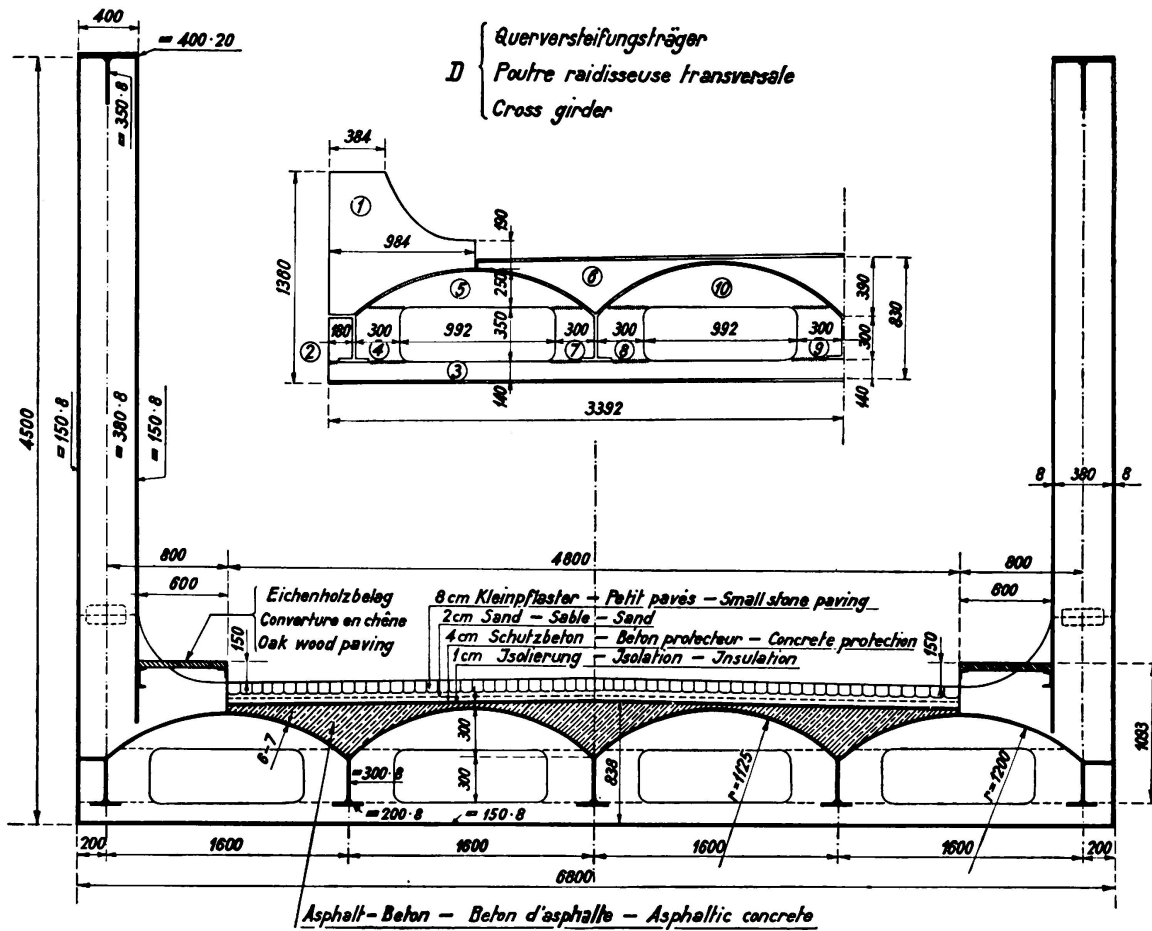


Fig. 10.

Querschnitt der neuartigen Brückenkonstruktion.

Der gedruckte Obergurt der als Beispiel hier zu beschreibenden Konstruktion hat den bekannten T-Querschnitt. Neuartig gestaltet ist aber der Untergurt. (Fig. 10).

Als einheitlicher Untergurt dient, bzw. wurde beim Entwerfen betrachtet, der ganze, über die volle Brückenbreite sich ziehende Querschnitt, bestehend aus vier nebeneinanderliegenden Buckelplatten, welche mit Stegblechen und Untergurtpfetten versehen, und durch Querverstärkungen zu einem einzigen, zusammenhängenden Querschnitt vereinigt sind. Dieser Untergurt dient, wie aus den Figuren ersichtlich, gleichzeitig als Fahrbahnlängsträger, Belageisen, unterer

Windverband und als Versteifungsträger des *Langer'schen* Hauptträgers. Die Kräftewirkung dieses neuartigen Konstruktionselementes ist etwa einem Tonnenwölbe ähnlich.

Der Obergurt überträgt die Zugkräfte an beiden Endpunkten der Brücke nach dem Untergurte. Da der Untergurt sich über die ganze Breite der Brücke ausbreitet, sind zur gleichmäßigen Verteilung der Zugkräfte auf dem Untergurte zwei sehr steif ausgebildete, horizontale Verteilungsträger an beiden Brückenden angeordnet. Die gleichmäßige Verteilung der Vertikalkräfte auf den Untergurt wird durch Querträger bewirkt.

Die dargestellte neuartige Konstruktion bietet erhebliche wirtschaftliche Vorteile, abgesehen davon, daß ihre einzelnen Elemente sehr gut und leicht schweißbar sind.

Hauptprinzip der Konstruktion ist, daß der gezogene Untergurt (gleichzeitig Versteifungsträger) — anstatt in üblicher Weise in den zwei Hauptträgerebenen als zwei massive, aus dicken Elementen konzentriert ausgebildete Querschnitte entworfen zu werden — als ein aus dünnen, gut schweißbaren Elementen bestehender und über die ganze Brückenbreite verbreiteter, einheitlicher Querschnitt ausgebildet ist. Die Ausbildung von verwickelten Knotenpunkten ist vollkommen vermieden.

Der größte Teil der Nähte ist in der Höhe der neutralen Faser angeordnet, was sehr vorteilhafte Beanspruchungen zur Folge hat. Die durchlaufenden Flankennähte zwischen Stegblech und unterer Gurtplatte sind mit dünnen Elektroden ebenfalls sehr verlässlich ausführbar.

Die Stöße des Versteifungsträgers (Buckelplatten) sind an solchen Stellen angeordnet, wo deren Beanspruchung als Fahrbahnlängsträger fast verschwindet, da die Tragfähigkeit des Querschnittes hier nicht völlig ausgenutzt ist und die für die Stumpfnähte zugelassenen kleineren Spannungen die geforderte Tragfähigkeit leisten können. Es genügen daher allein Stumpfnähte.

Zum Schlusse möchte ich zum Beweis der wirtschaftlichen Vorteile der Konstruktion die Gewichtsangaben über eine zweisepurige Straßenbrücke von 35 m Spannweite mitteilen.

In der beigefügten Tabelle sind die Stahlgewichte von verschiedenen Brückentypen zum Vergleiche angegeben. Sie wurden alle auf Grund der ungarischen Vorschriften für Straßenbrücken mit 35 m Spannweite und 6 m Brückenbreite mit Belastung erster Ordnung ausgearbeitet.

Tabelle.

Art der Konstruktion l = 35 m	Gesamtstahlgewicht der Brücke t
Genieteter Fachwerkträger	66.—
Geschweißter Fachwerkträger	57.—
Genieteter Langerträger. Normal	60.—
Geschweißter Langerträger. Normal	51.—
Geschweißter Langerträger. Neuartig	45.5

Die Ergebnisse zeigen, daß die obenbeschriebene Konstruktion außer den schweißtechnischen Vorteilen auch erhebliche Kostenersparnisse bietet.

Die Querschnitte der Buckelplatten wurden — wegen Mangel an Erfahrungsergebnissen — vorsichtig bemessen, nach mehreren Erfahrungen können weitere Gewichtsparsnisse erzielt werden.

Die beschriebene Konstruktion soll hier nur einen der vielen möglichen Gedanken darstellen, mittels welcher man bei Entwurf von Konstruktionen dem Wesen des Schweißens näherkommen möge.

Leere Seite
Blank page
Page vide

III d 2

Erfahrungen bei ausgeführten Bauwerken in Polen.

Observations sur les ouvrages exécutés en Pologne.

Experience obtained with Structures Executed in Poland.

Dr. Ing. St. Bryła,

Professor an der Technischen Hochschule, Warschau.

Die Entwicklung der geschweißten Konstruktionen in Polen fing verhältnismäßig früh, nämlich schon im Jahre 1927, an. Das Jahr 1928 brachte die erste große und verantwortliche Konstruktion, die Straßenbrücke bei Lowicz, die erste geschweißte Straßenbrücke der Welt. Gleichzeitig gab das Ministerium für Öffentliche Arbeiten die ersten amtlichen Vorschriften betreffend geschweißten Konstruktionen heraus, die bis zur Veröffentlichung der deutschen Vorschriften (1930) die einzigen amtlichen Vorschriften in dieser Richtung waren. Die Lowicz-Brücke über den Studwia-Fluß erfüllte ihre bahnbrechende Aufgabe, jedoch hatten diese Ergebnisse eher einen Einfluß auf den Brückenbau im Auslande als in Polen. Trotz der guten Erfolge, die man mit dieser Brücke erzielte, fehlte den Nachfolgern des Ministers *Moraczewski* dessen Unternehmungsgeist. Erst unter dem Einfluß der Entwicklung von geschweißten Brücken im Auslande fing man in Polen wiederum an, geschweißte Brücken zu errichten; momentan befindet sich eine geschweißte Brücke bei Mosina im Bau, die eine Spannweite von 40 m hat, aber trotzdem bleibt Polen in dieser Hinsicht hinter seinen Nachbarn zurück.

Gleichzeitig jedoch hat das Schweißverfahren in Polen im Hochbau große Fortschritte gemacht. Der größere Teil der Stahlkonstruktionen in Polen wird heute entweder ganz oder wenigstens in der Werkstatt geschweißt, und der Prozentsatz der genieteten Konstruktionen, der heute schon gering ist, verkleinert sich immer mehr.

Es haben dazu in hohem Grade die neuen Vorschriften beigetragen, die im Jahre 1932 durch das Ministerium des Innern herausgebracht wurden, welches einen Teil der Vorarbeiten und Pläne des damals abgesetzten Ministeriums für Öffentliche Arbeiten übernommen hat. Diese Vorschriften verbinden einen entgegenkommenden Standpunkt mit hohen Forderungen und umfangreicher Kontrolle.

Die Politik des Ministeriums des Innern gegenüber den geschweißten Konstruktionen, die aus diesen Vorschriften ganz klar ersichtlich war, führte sowohl zur Begünstigung von Werkstätten, die auf einem hohen technischen Leistungsgrad standen, als auch zur weiteren Hebung derselben. Diese Entwicklung erfolgte dank der Auszeichnung derjenigen Erzeugnisse, die höher als die grund-

legenden Normen standen, ohne aber denjenigen Werkstätten, die nicht auf gleicher Höhe standen, den Weg zur Existenz und Vervollkommnung zu versperren. Sie gab gleichzeitig dem Wettbewerb der geschweißten Konstruktionen mit den genieteten Konstruktionen freies Feld, indem sie immer die Wahl der sparsamsten und rationellsten Konstruktion erlaubte.

Wie aus der beigelegten Tabelle der in den letzten Jahren in Polen ausgeführten Stahlkonstruktionen hervorgeht, ist der größte Teil dieser Konstruktionen nicht nur in der Werkstatt, sondern auch auf der Montage geschweißt worden; ein gewisser Prozentsatz wurde jedoch auf der Baustelle genietet. Diese Art der Baukonstruktionen wird nämlich dort angewendet, wo die Konstruktionswerkstätten für Schweißmontage nicht eingerichtet sind oder dort, wo es keine Elektrifikation gibt und infolgedessen der elektrische Strom sehr teuer ist. Die Elektrifikation Polens befindet sich zur Zeit in ihrem Anfangsstadium und man muß oft den Strom auf der Baustätte erzeugen, was das Schweißverfahren verteuert. Die Mehrkosten betragen aus diesem Grunde gegen 50 Zł. (ca. 40 RM.) pro Tonne Stahlkonstruktion beim durchschnittlichen Preis einer Tonne, gegen 600 Zł. in Orten, wo kein elektrischer Strom vorhanden ist; auch dort wo man über Strom verfügen kann, beträgt die Verteuerung aus diesem Grunde ca. 10—20 Zł. pro Tonne. Da das Schweißverfahren auf der Baustelle eine Verkleinerung des Stahlgewichtes bedeutet, bezahlt sich das Schweißen auf der Baustelle immer, wenn der elektrische Strom zur Verfügung steht. Dort wo er nicht vorhanden ist, kann manchmal das Schweißen auf der Baustelle trotzdem wirtschaftlich sein. Die bisherige Praxis einiger Werkstätten spricht oft zugunsten des Nietens auf der Baustelle. Dieser Zustand ändert sich aber immer mehr zugunsten der rein geschweißten Konstruktionen, nicht nur infolge der immer größeren Verbreitung der Anwendung des Schweißverfahrens und größerer Wirtschaftlichkeit desselben, sondern auch infolge der geräuschlosen Ausführung. Aus diesem Grunde beabsichtigt nämlich das Ministerium des Innern das Nietens der Stahlkonstruktionen auf der Baustelle in den Städten zu verbieten.

In den geschweißten Konstruktionen werden bis jetzt allgemein dieselben gewalzten Profile angewendet wie in den genieteten. Jedoch schon bei diesem Sachverhalte erfolgt langsam eine Umwertung einzelner Profile. Der Grund liegt in der Verschiedenheit der Verbindungsart. Die genieteten Verbindungen erfordern das Vorhandensein entsprechender Flächen, auf welchen man die Niete und Laschen anbringen kann. Die Ausmaße dieser Flächen müssen außerdem genügend Raum für bequeme und sichere Stützung für Niete und Nietmaschine bieten. Diese Umstände führten zur allgemeinen Anwendung der Winkeleisen, obgleich sie meistens in Bezug auf Knickung ungünstige Querschnitte sind. Somit bildeten sie das wichtigste Profil in den Gitterträgern. Sie waren leicht an die Knotenbleche anzuschließen und zu zweit und zu viert, insbesondere in Kreuzformen miteinander zu verbinden. Die Winkeleisen spielten noch die wichtige Rolle der Verbindungselemente, insbesondere der Teile, die rechtwinklig zueinander stehen. (Befestigung der Träger an die Unterzüge und Stützen, Herstellung der Stützenfüße usw.) Manchmal bildeten sie gleichzeitig das verbindende und tragende Element, z. B. in den Blechträgern.

In den geschweißten Verbindungen fallen obige Gesichtspunkte weg. T-Eisen oder Winkeleisen lassen sich gleich leicht an die Bleche anschließen. Demzufolge

verliert mit Einführung des Schweißens das Winkeleisen seine Bedeutung unter den gewalzten Profilen. Das T-Eisen nimmt einigermaßen seine Stelle ein — ein Profil, welches bis jetzt fast nicht benutzt wurde, nachdem seine Schenkel zu klein waren, um das Anbringen stärkerer Niete und Schrauben zu ermöglichen. Es besitzt dazu eine Symmetrieachse. Die Gitterbalken können auf eine leichte und einfache Art aus T-Eisen ausgeführt werden. Nachdem dieselben aber nur in einer verhältnismäßig kleinen Anzahl von Größen hergestellt werden, ist man oft genötigt ein T-Profil aus einem, in zwei Teile zerschnittenen I-Träger herzustellen, was selbstverständlich die Arbeit verteuert. In weiterer Folge ist in den Walzwerken das Herstellen einer größeren Anzahl T-Profile und zwar einer größeren Anzahl verschiedener Größen unbedingt erforderlich, nämlich solcher Formen, die den Konstruktionsforderungen entsprechend angepaßt wären. Eine solche Forderung ist vor allem ein möglichst gleiches Trägheitsmoment $I_x = I_y$, damit das T-Eisen in allen Richtungen auf Knickung gleichwertig sei. Die Einführung des Schweißverfahrens erlaubt ferner eine weitere, allgemeine Möglichkeit der Anwendung der I- und [-Profile und erweitert sie sogar einigermaßen, weil es eine einfache Verbindung derselben (z. B. Gitterbalken), als auch die Verwendung der Träger ermöglicht. Andere gewalzte Profile sind in der Konstruktion von geringerer Bedeutung und werden verhältnismäßig selten angewendet. Das Schweißverfahren wirkt überhaupt eher auf die Verkleinerung der Anzahl Profile, da es eine leichte Zusammenstellung beliebiger Formen aus vorhandenem Material ermöglicht. Hingegen erhalten die Flachstähle und Bleche eine weitere Verwendung. Sie werden aber immer mehr in viel stärkeren Ausmaßen als die normal benutzten verwendet. Wir sehen es schon jetzt an den Gurten der Gitterbalken, der Blechträger, in Stützenfüßen und dergleichen. Auch die Rund- und Quadrateisen, die früher einfach nicht verwendet wurden, beginnen jetzt eine Rolle zu spielen, weil das Anschweißen derselben keine Schwierigkeiten bietet, Fig. 10.

Spezialprofile, die schon jetzt in Deutschland für geschweißte Blechträger gewalzt werden, sind in Polen bis jetzt nicht vorhanden. Hingegen entsteht eine Neigung zur Anwendung von Rohrformen. Bei größeren Durchmessern werden sie meistens aus den Blechen in entsprechenden Formen hergestellt. Es tauchen aber auch Vorschläge auf, daß Profile für solche röhrenartige Formen von vornherein in halbkreisartiger Form gewalzt werden sollen, wobei zwei miteinander verbundene Profile ein kreisartiges Profil bilden. Vorläufig werden solche Profile aber noch nicht gewalzt.

Die Frage der aus einzelnen Profilen zusammengesetzten Querschnitte in der geschweißten Konstruktion im Verhältnis zu den genieteten Konstruktionen unterliegt ebenfalls weitgehenden Änderungen. Gründe dafür waren hauptsächlich: Die Verbindungsart und die Anwendung des Oxyazetylenbrenners zum Zuschneiden der Querschnitte. Ebenfalls eignen sich einige Formen der aus einzelnen Profilen zusammengesetzten Elemente mehr als die anderen zur Herstellung bestimmter Verbindungen. Im allgemeinen ermöglicht und erleichtert das Schweißverfahren im hohen Grade die Konstruktionsmöglichkeiten; es gibt jedoch auch entgegengesetzte Fälle. Zu diesen gehört z. B. die Kreuzform (der Säulen oder Gitterträgerstäbe), dies umsomehr, wenn sie aus vier Winkeleisen zusammengesetzt ist, die in den genieteten Konstruktionen eine leichte Verbindung

der Winkeleisen miteinander und mit den Knotenblechen gestatten (Fig. 1). Dasselbe betrifft auch die Querschnitte Fig. 2 und 3. Diese Verbindung ist bei Anwendung von Schlitznähten durchführbar, was jedoch beträchtlich die Ausführungskosten erhöht.

Das Schweißverfahren hat andererseits das Einführen einer ganzen Reihe neuer Stützenformen ermöglicht und zwar solcher, die eine viel bessere Ausnützung des Materials oder die Verminderung der Querausmaße der Stützen bei derselben Knickfestigkeit bzw. Biegezugfestigkeit ergeben. Beispiele solcher Stützen sind in Fig. 4—7 dargestellt. Alle diese Stützen sind unausführbar bei Anwendung des Nietverfahrens und bieten beide die oben angeführten Vorteile. Zum Beispiel die Stützenform 6 ist bei dem Bau der Jagellonischen Bibliothek in Krakau angewendet worden, wo folgende Forderungen gestellt waren: Stützenmaße 140×500 mm, ein rechteckiger glatter, von allen Seiten geschlossener Querschnitt mit Innenraum für Installationschächte. Auch die runden Formen lassen sich verhältnismäßig leicht bei Anwendung des Schweißverfahrens ausführen, was neue Aussichten im Bereiche der Stahlbetonstützen eröffnet. Eine solche

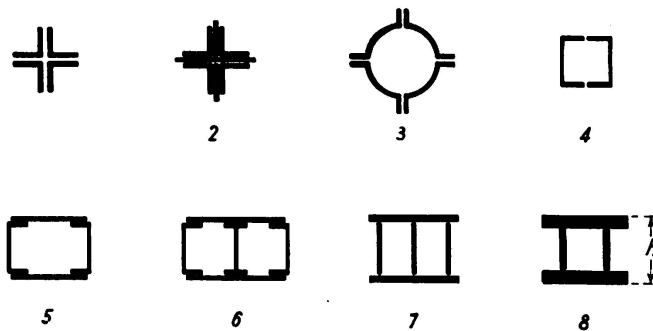


Fig. 1—8,

mit Beton ausgefüllte Stütze ist viel vorteilhafter als eine umschnürte Eisenbetonstütze. Die in Polen mit diesen Stützen durchgeführten Versuche ergaben ausgezeichnete Festigkeitswerte, welche voraussichtlich die weitere Ausnützung des Konstruktionsmaterials ermöglichen werden.

Die Möglichkeit einer viel besseren Verteilung des Werkstoffes bei Anwendung des Schweißverfahrens hat ebenfalls die neuen Querschnittsformen in Biegeträgern bewirkt. Schon die gewalzten Träger ermöglichen eine Verstärkung (was im Nietverfahren gar nicht anwendbar war) und zwar durch Anbringung von Laschen, durch das Zerschneiden und Vergrößern der Höhe als auch durch Anschweißen von Seitenrippen in den Wirkungsstellen der Einzelkraft.

Man muß betonen, daß im Gegensatz zu deutschen Versuchen, die Versuche, die in Polen mit den durch Laschen verstärkten Trägern durchgeführt worden sind, erwiesen haben, daß, was die Festigkeit anbelangt, die geschweißten Träger vorteilhafter sind als Blechträger von demselben Materialaufwand.

Die durch die Anwendung des Schweißverfahrens erzielten Fortschritte sind in erster Linie dort ersichtlich, wo der Träger ein beträchtliches Biegemoment überträgt und dabei eine geringe Höhe haben muß. In einer der Warschauer Bauten, wo das Erdgeschoß ohne irgendeine Änderung der oberen Geschosse erweitert werden sollte, ist ein in Fig. 8 dargestellter zweiwandiger Blechträger angebracht worden. Die Stärke der wagrechten Bleche war 50 mm; aus archi-

tektonischen Gründen war hier die Konstruktionshöhe auf 450 mm beschränkt. In einem anderen Falle mußte ein Treppenwangenträger eine maximale Höhe von 200 mm, eine maximale Dicke von 24 mm und doch eine große Drehungs- festigkeit haben. (Die Treppenkonstruktion ist in Fig. 9 dargestellt. Sie ist in den Punkten A an Flachstählen aufgehängt.)

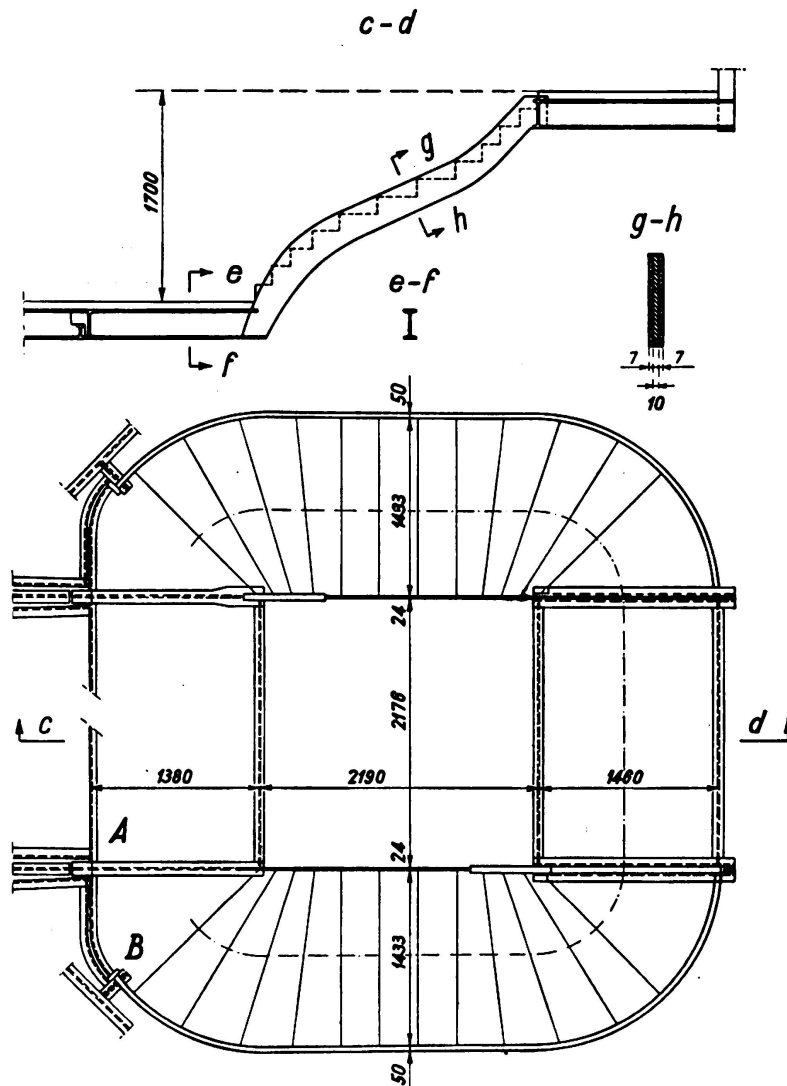


Fig. 9.

Gemäß den architektonischen Anforderungen sind hier Querschnitte 1. von einer I-Form und 2. von einer aus drei Blechen zusammengesetzten rechteckigen Form, welche miteinander durch Außen- und Schlitznähte verbunden sind. Die Auskrümmung einer aus einem dicken Blech bestehenden Wange in senkrechter und wagrechter Fläche wäre andersartig unmöglich.

Als Beispiel einer sehr vorteilhaften Bogengestaltung möchte ich hier die Jagellonische Bibliothek in Krakau (Fig. 10, vgl. auch Fig. 4) erwähnen, wo es sich um das Erzielen eines geringsten Querschnitts bei größter Festigkeit handelte. Dieser Anforderung hat ein Kastenquerschnitt aus zwei miteinander verbundenen [-Eisen Rechnung getragen, in deren Mitte die zur Aufhängung des Zugbandes dienenden Rundeisen angehängt waren.

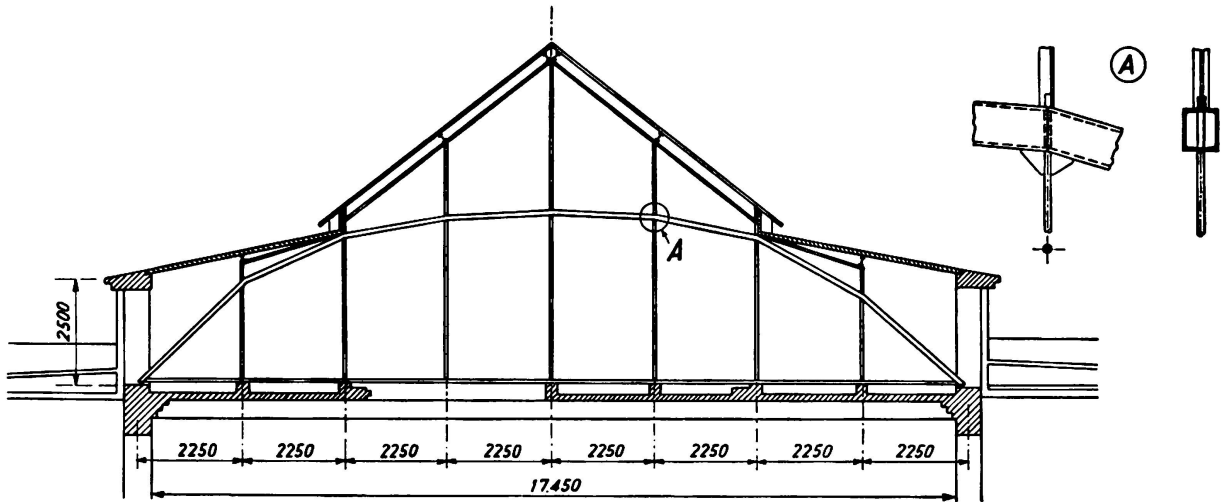


Fig. 10.

Jagellonische Bibliothek in Krakau. Detail des oberen Teiles des bogenförmigen Daches.

Man muß ebenfalls eine ganze Reihe neuer Verbindungen erwähnen, welche das Schweißverfahren im Skelettbau eingeführt hat. Dies betrifft hauptsächlich sowohl Balken- und Unterzugverbindungen als auch Stützenstöße.

Die Stützenfüße werden meistens aus starken Stahlplatten ausgeführt, die an die sonst genietete Stütze angeschweißt werden, was eine in jeder Beziehung bequemere Lösung gibt als die üblich angewendeten Stützenfußbleche (Fig. 11). Diese letzte Konstruktionseinzelheit wird übrigens in Polen oft auch in den sonst genieteten Konstruktionen angewendet.

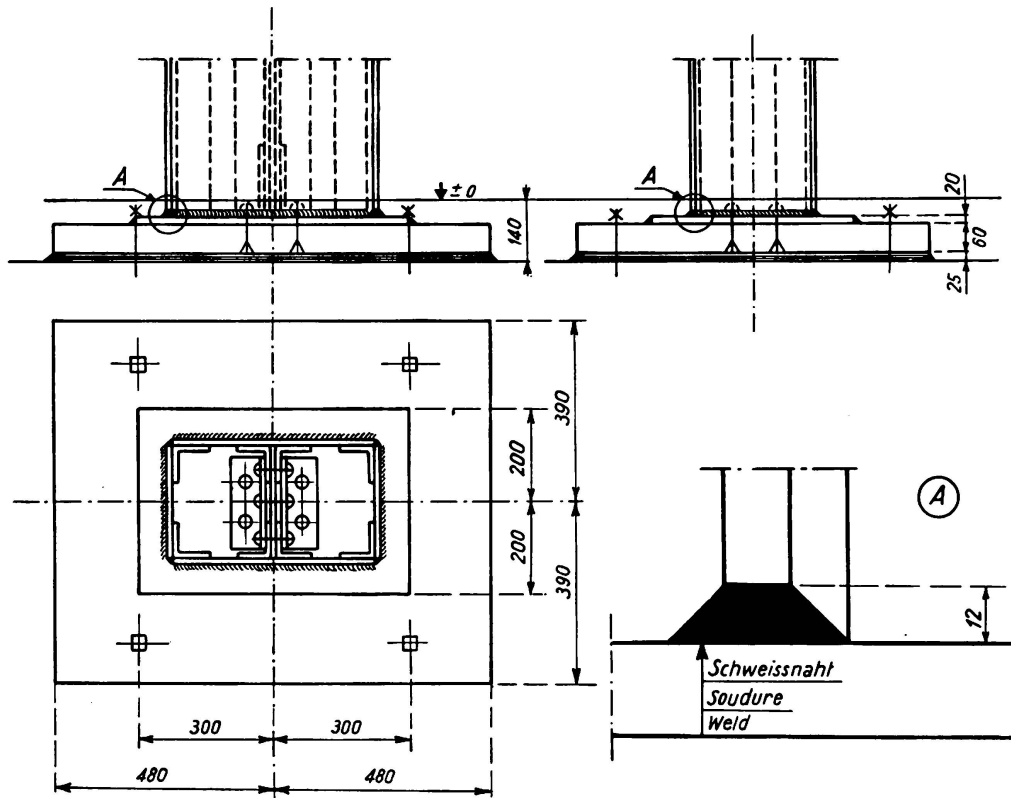


Fig. 11.

Ebenfalls werden die Querverbindungen der sonst genieteten Stahlstützen fast immer angeschweißt, weil dies eine bessere Ausnutzung der Stützenprofile erlaubt. Auch Rahmenecken werden oft geschweißt.

Die große Mannigfaltigkeit der möglichen Verbindungen derselben Stäbe verursacht, daß es vorläufig im Schweißverfahren keine sogenannte Verbindungen gibt und geben kann wie im Nietverfahren. Die Anwendung des Schneidbrenners vergrößert noch diese Möglichkeiten. Ich führe hierzu einige Einzelheiten bei Beschreibung verschiedener Gebäude an (Fig. 12—20).

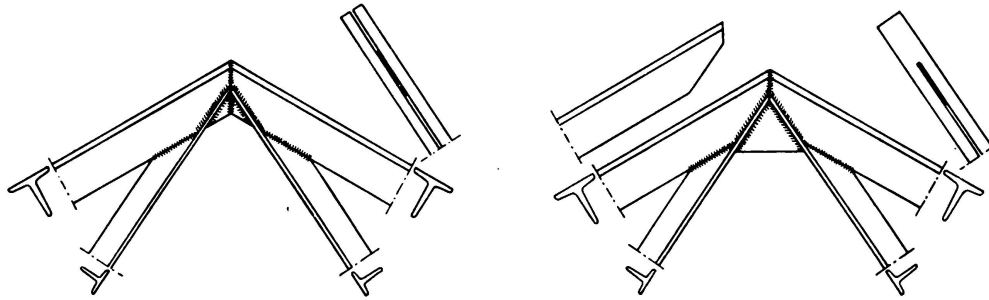


Fig. 12 und 13.

Zwei Lösungen desselben Knotens. (Es gibt noch viele andere Möglichkeiten.)

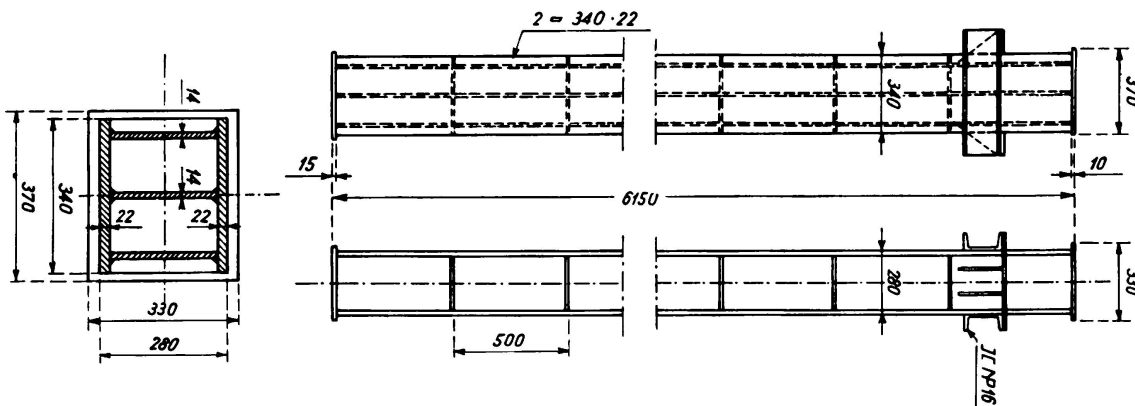


Fig. 14.

Postsparkasse in Warschau.

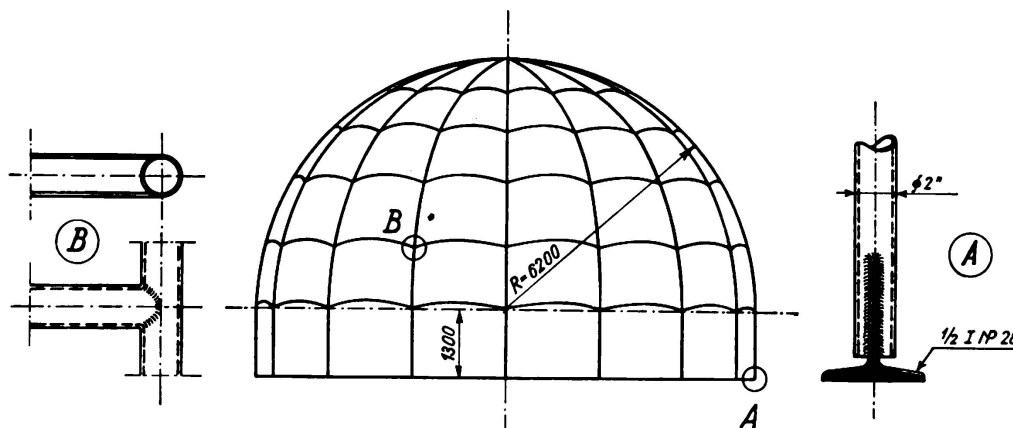


Fig. 15.

Kuppel der Postsparkasse in Warschau aus Rohrquerschnitten.

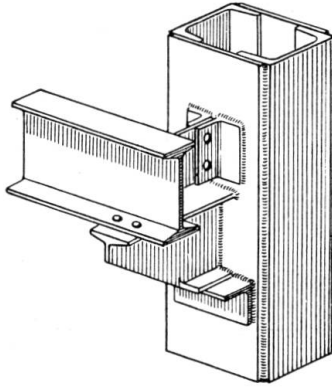


Fig. 16.
Prudentialhaus in Warschau.

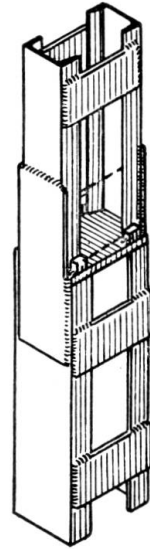
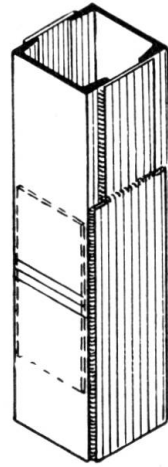


Fig. 17 und 18.
Einquartierungsfond-Gebäude in Warschau.

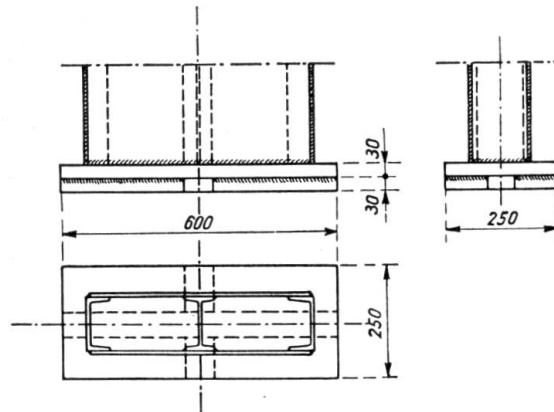


Fig. 19.
Säulenfuß der Jagel-
lonischen Bibliothek
in Warschau.

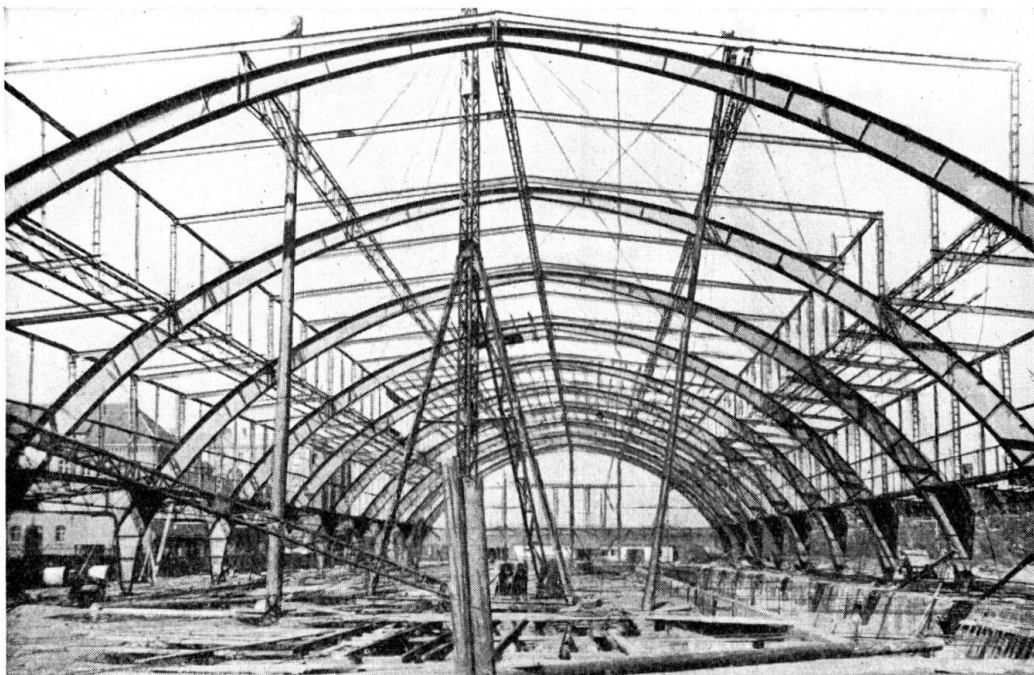


Fig. 20. Markthalle in Kattowitz.

Zum Schluß möchte ich betonen, daß das Schweißverfahren Änderungen nicht nur in der Konstruktion mit sich bringt, sondern auch in der Konstruktionswerkstätte. Die Werkstätten führen nämlich Einrichtungen ein, die ein bequemes und vorteilhaftes Schweißen z. B. mittels Drehtische nach Fig. 21 ermöglichen (z. B. die in den Werkstätten Zieleniewski benutzte Einrichtung bei Herstellung der Konstruktion der Jagellonischen Bibliothek).

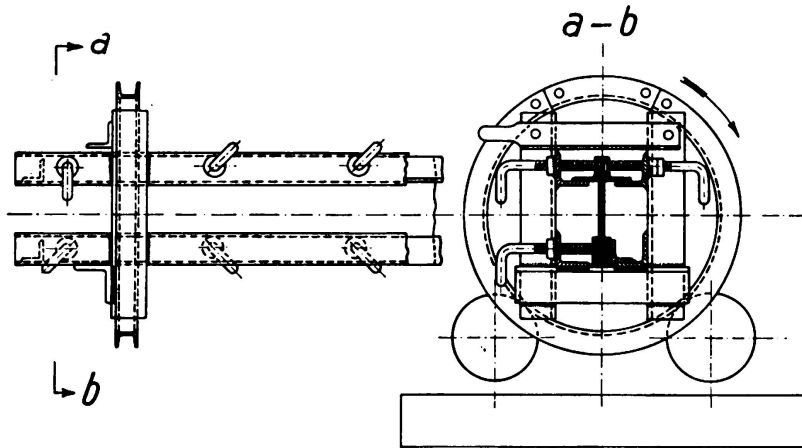


Fig. 21.

Drehtisch zum Schweißen von Säulen.

Im allgemeinen kann man betonen, daß die Anzahl der genieteten Hochbaukonstruktionen in Polen sich sehr vermindert. Eigentlich gibt es kaum mehr solche, die ohne Schweißen ausgeführt werden. Aus der folgenden Tabelle, die die wichtigsten Stahlhochbauten angibt, ist dieses leicht zu ersehen.

Größere Stahlhochbaukonstruktionen in Polen seit 1933

Erbaut im Jahre		Anzahl der Stockwerke (ohne Erdgeschoß)	Gewicht der Stahlkonstruktion	In der Werkstätte	Auf der Baustelle
1933	Das Gebäude der Postsparkasse in Warschau	8	700 T.	geschweißt	geschweißt
1933	Das Prudentialgebäude in Warschau	16	1100 T.	geschweißt	genietet
1934	Das Gebäude des Einquartierungsfonds in Warschau	6	500 T.	geschweißt	geschweißt
1934	Das Zollamt in Gdynia		250 T.	geschweißt	geschweißt
1934	Hauptbahnhof in Warschau		im Bau	genietet m. Anwendung v. Schweißung	genietet
1935	Das Gebäude der Kriegsmarine in Warschau	5	150 T.	geschweißt	geschweißt
1935	Die Jagellonische Bibliothek in Krakau	8	500 T.	geschweißt	geschweißt
1935	Markthalle in Katowice	l=39,5 M. h=19,5 M.	400 T.	geschweißt	genietet
1936	Kommunalsparkasse in Chorzów	8	180 T.	geschweißt	geschweißt
1936	Postsparkasse in Poznań	5	400 T.	geschweißt	geschweißt
1936 (im Bau)	Postgebäude in Warschau	5	500 T. (erster Teil der Konstruktion)	geschweißt	geschweißt

Leere Seite
Blank page
Page vide

III d 3

Erfahrungen bei ausgeführten Bauwerken in Belgien.

Observations sur les ouvrages exécutés en Belgique.

Experience obtained with Structures Executed in Belgium.

G. de Cuyper,

Ingénieur principal des Ponts et Chaussées, Bruxelles.

Vorliegende Abhandlung bezieht sich ausschließlich auf geschweißte *Brücken*. Bis Ende 1936 werden etwa 30 vollständig geschweißte Brücken in Belgien dem Verkehr übergeben oder im Bau sein. Es sind in der Hauptsache feste Brücken. Außer einigen Vollwandbrücken sind alle übrigen Straßenbrücken als Vierendeelträger ausgebildet.

Seit 1932, als die erste halb geschweißte, halb genietete Brücke hergestellt wurde, hat sich die Technik weiter entwickelt. Die gegenwärtige Tendenz läßt sich wie folgt zusammenfassen: So wenig Schweißung als möglich; wenn möglich Verwendung von Walzprofilen; systematische Anwendung von Stumpfschweißungen; vorsehen der Schweißnähte an Stellen, die am wenigsten beansprucht sind; Schweißung der Nahtwurzel mittels einer Elektrode von kleinem Durchmesser, ferner Verminderung der Anzahl der Schweißlagen durch Verwendung von Elektroden von großem Durchmesser; Vermeidung von Stirnnähten auf der ganzen Breite; Vermeidung des Zusammentreffens von verschiedengerichteten Flankennähten in einem Punkt; keine scharfen Ecken, sondern allmählich verlaufender Übergang mit großem Radius; geringere Bedenken gegen das Schweißen in schwieriger Lage.

Andererseits haben sich verschiedene Firmen in ihren Werkstätten Einrichtungen geschaffen, um Schweißungen in normaler Lage vornehmen zu können und um Formveränderungen zu vermeiden. Diese Verfahren sind von den betreffenden Firmen patentiert.

Die Spannweite der Brücken schwankt zwischen 35 und 90 m. Die Fahrbahnbreite beträgt 3, 6, 9 oder 12 m und die Breite der Gehwege 1—3,5 m. Über einige der Straßenbrücken fahren Lokalbahnzüge, die aus zwei Lokomotiven von je 30 t und einer Reihe von Wagen zu je 15 t bestehen.

Der verwendete Baustahl hat folgende Eigenschaften: Mindestbruchfestigkeit 42 kg/mm²; Elastizitätsgrenze 24 kg/mm²; Dehnung 20—24 %; Gütefaktor 1000; zulässige Beanspruchung 12 kg/mm² ohne Wind und 13 kg/mm² mit Wind.

Der Fahrbahnquerschnitt ist in Fig. 1 dargestellt. Die Längsträger aus Stahl sind einbetoniert. Die Verbindung zwischen Stahl und Beton wird durch kleine geschweißte Vertikal- und Horizontal-Anschlußbleche und durch Bügel gesichert. Das Ganze ist von größter Steifigkeit. Die auf den Brücken angestellten Ver-

suche haben ergeben, daß die Verteilung der Lasten gesichert ist. Übersteigt die Spannweite der Brücken 50 m, so werden Eisenbetonplatten und Längsträger durch eine Querfuge unterbrochen. In der Tat werden durch das Schwinden des Betons die Längsträger auf Druck beansprucht. Da letztere den Längenänderungen des Untergurtes nicht folgen, könnte leicht eine gefährliche Beanspruchung durch Verdrehen der Querträger entstehen.

Die Längsträger sind über den Querträgern stumpf geschweißt. Ihre Befestigung an den Querträgern erfolgt durch einfache Flankennähte von 5—8 mm Dicke.

Ist die Bauhöhe beschränkt, so gelangt die Standard-Bauweise nach Fig. 2 zur Anwendung, die sich bei Dauerversuchen als die widerstandsfähigste erwiesen hat.

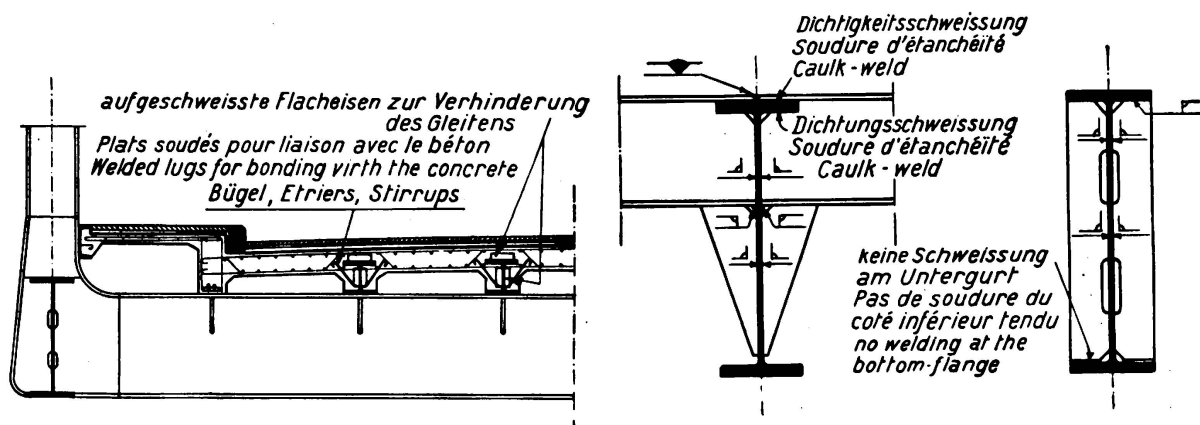


Fig. 1.

Fig. 2—3.

Die Querträger bestehen aus Differdinger-Profilen. Bei sehr breiten Brücken ohne oberen Windverband ist man jedoch manchmal gezwungen, zusammengesetzte Blechträger zu verwenden. Es handelt sich alsdann um vollwandige Träger, mit dünnen und hohen Stegblechen. Bei der Schweißung der Versteifungen sind innere Spannungen, die den Bruch des Steges verursachen könnten, zu vermeiden. Fig. 3 zeigt eine Ausführungsart der Stegversteifung.

Der Anschluß des Querträgers an die Vertikalstreben erfolgt durch allmählich verlaufenden Übergang ohne einspringende Ecken oder plötzliche Änderung des Querschnittes (siehe Fig. 1). Das Stumpfschweißen der Gurtplatten erfolgt in normaler Lage, das Schweißen des Steges in vertikaler Lage. Die Schweißung ist V-förmig mit Wurzel-Nachschweißung, oder X-förmig. Durch vorhergehende Versuche ist festzustellen, ob sich die Elektroden für diese Art Schweißung eignen. Diese Schweißungen dürfen nur von bewährten Spezialschweißern vorgenommen werden.

Der untere Windverband wird provisorisch verschraubt. Er kann erst geschweißt werden, wenn die Schweißung der Hauptträger vollendet ist.

Die Hauptträger sind Vierendeel-Träger mit 8, 10 oder 12 Feldern (siehe Fig. 4). Der Obergurt ist eine Parabel zweiten Grades. Die Pfeilhöhe beträgt gewöhnlich zwischen $\frac{1}{7}$ und $\frac{1}{8}$ der Spannweite. Diese Trägerart ist wirtschaftlich, weil die verschiedenen Trägerteile unter dem Eigengewicht und unter gleichmäßig verteilter Verkehrslast nur durch Normal- oder Querkräfte beansprucht werden. Die Biegemomente aber sind gleich Null, wenn man die durch

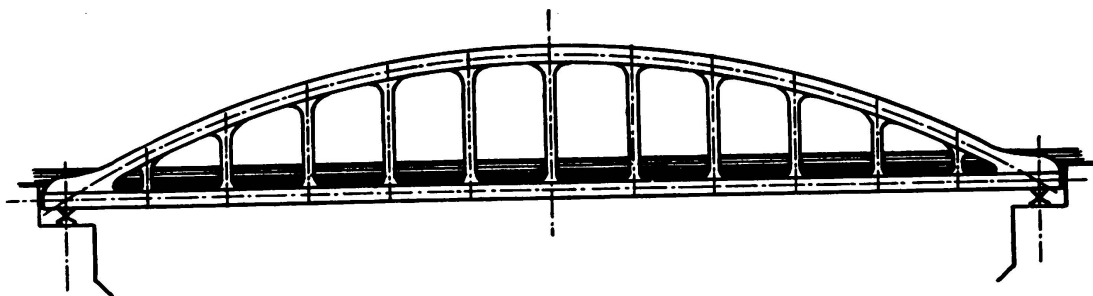


Fig. 4.

Normalkräfte hervorgerufenen Verformungen vernachlässigt. Vom ästhetischen Standpunkt aus betrachtet geben diese Brücken volle Befriedigung; sie erinnern an Bogenbrücken mit Zugband.

Professor *Vierendeel* hat für die Berechnung dieser Brücken eine vereinfachte Methode veröffentlicht. Ebenso lehren Professor *Campus* und Professor *Magnel* einfache Methoden, die ein schnelles Aufzeichnen der Einflußlinien für Momente, Normalkräfte und Querkräfte der verschiedenen Tragglieder gestatten.

Der Querschnitt des Obergurtes ist gewöhnlich ein geschweißtes I-Profil (siehe Fig. 5 a). Wo kein oberer Windverband vorhanden ist, benutzt man ein Profil nach Fig. 5 b. Für große Brücken läßt sich die Wahl eines Kastenprofils nicht umgehen (Fig. 5 c).

Der Querschnitt des Untergurtes ist normalerweise ein gewalztes I-Profil; für größere Brücken werden zwei gewalzte I-Träger nebeneinander gesetzt. Die Pfosten sind ebenfalls I-Träger mit Querversteifungen (Fig. 6).

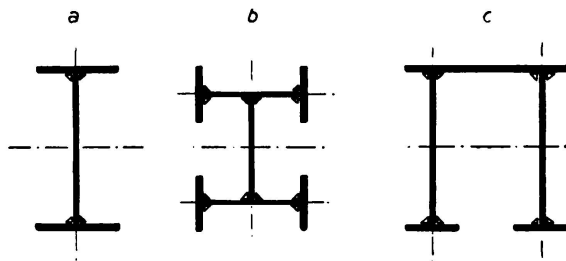


Fig. 5.

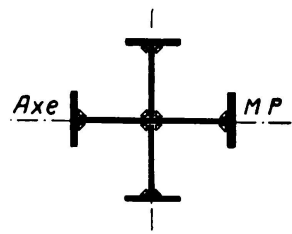


Fig. 6.

Die Breite eines halben Anschlußbleches schwankt zwischen $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ des Knotenpunktabstandes (siehe Fig. 7). Durch diese Breite ist die Steifigkeit der Knoten gewährleistet. Die Anschlußbleche sind als Viertelbogen ausgebildet.

Es wurden zahlreiche Versuche an Modellen und an den in Betrieb gestellten Brücken durchgeführt. Die Spannungsschwankungen an der Krümmung des Anschlußbleches sind nicht gleichmäßig. Eine Überbeanspruchung wurde am Anfang des Bogens festgestellt und zwar dort, wo der Krümmungsradius sich plötzlich ändert. Der Kreis ist also nicht die Idealform. Möglicherweise könnte man mit der Parabel oder der Ellipse diese leichte Erhöhung in der Spannungskurve vermeiden; der Kreis wurde jedoch aus konstruktiven Gründen beibehalten. Übrigens haben Dauerversuche gezeigt, daß die Güte der Schweißungen eine ausschlaggebende Rolle spielt. Die Anschlußbleche in Form von Viertelkreisen, selbst wenn sie unvollkommen sind, sind jedoch den gradlinigen Auflagen, wie sie mitunter

zur Ausführung gelangen, überlegen (Fig. 8). Die Winkel mit kleinen Abrundungen sind Sitz von örtlichen Überbeanspruchungen mit geringer Widerstandsfähigkeit bei Wechselbeanspruchungen.

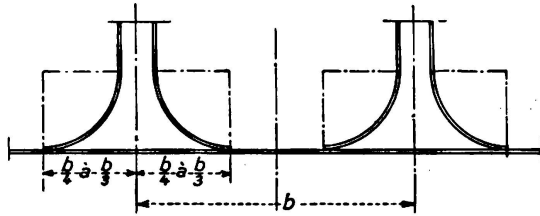


Fig. 7.

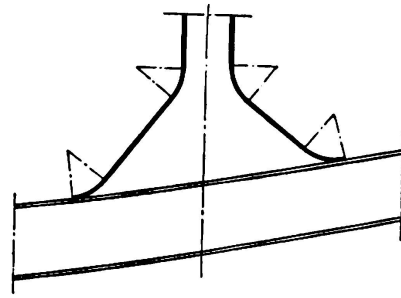


Fig. 8.

Diese Versuche haben auch gezeigt, daß sich Überbeanspruchungen an der Verbindungsstelle des gekrümmten Flansch mit dem Anschlußblech bilden (siehe Fig. 9). Um diese Überbeanspruchungen niedrig zu halten, muß das Verhältnis zwischen Breite und Stärke des Flansches unter einem Wert liegen, der sich mit dem Radius des Anschlußbleches ändert.

*Diagramm der Spannungsverteilung
Courbe des tensions
Stress-distribution-diagram*

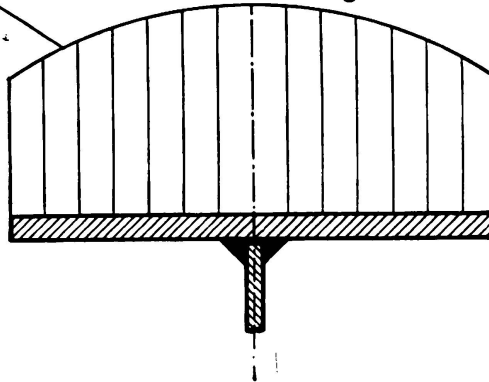


Fig. 9.

Die Beanspruchung des Steges der Anschlußbleche ist reichlich verwickelt. Versuche haben ergeben, daß dünne Stege mit mehreren radialen Aussteifungen der Sitz von bedeutenden Restspannungen sind, die als Folge des Schrumpfens auftreten. Die Verwendung dickerer Stege ohne Versteifungen ist daher vorzuziehen.

Das Schweißen in der Werkstatt bietet keine Schwierigkeiten. Die Schweißungen sind in normaler Lage ausgeführt.

Die Verbindung der gekrümmten Flanschen mit den Gurtungen bedarf besonderer Beachtung. Die Spannungen sind hier gering, etwa 2—3 kg/mm². Eine angewandte Lösung zeigt Fig. 10. Sie besteht darin, daß vorerst ein Blech von veränderlicher Dicke (Paß-Stück) aufgeschweißt wird, an welches alsdann der gekrümmte Flansch durch Stumpfnah gestoßen wird.

Was die Schweißungen bei der Montage betrifft, so verwendet man für die

Gurtungen die Stumpfschweißung und zwar entweder als V-Schweißung mit Wurzelnachschweißung, oder als X-Schweißung. Die Schweißnähte zeigen zuletzt eine ausgesprochen konvexe Oberfläche. Endkrater werden durch Verwendung kleiner Bleche an den äußeren Seiten vermieden, die nach Beendigung abgenommen werden. Jeder Abbrand des Werkstoffes wird wieder aufgefüllt. Für diese Schweißungen während der Montage verwendet man Elektroden, die ein Schweißgut abgeben, das eine Bruchfestigkeit von 45—55 kg/mm², eine Mindestdehnung von 20 % und eine Elastizitätsgrenze von 30 kg/mm² aufweist. Die Montagenähte befinden sich in der Nähe der Momentennullpunkte an den am wenigsten beanspruchten Stellen.

Hinsichtlich der Montagestöße der Pfosten neigt man jetzt dazu, die Flansche stumpf zu schweißen und die Stege mit Kehlnähten an eine Stoßplatte anzuschließen. Fig. 11 zeigt einen solchen Stoß. Logischerweise sollte dieser Stoß in Stabmitte angeordnet werden und zwar im Bereich des Wendepunktes der

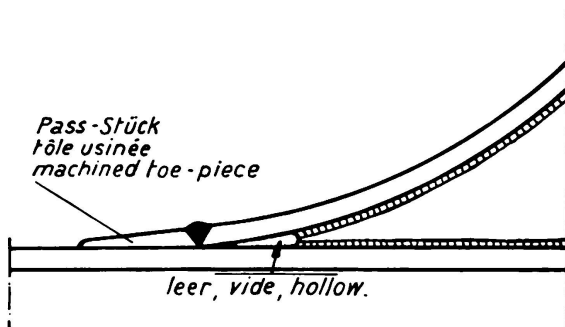


Fig. 10.

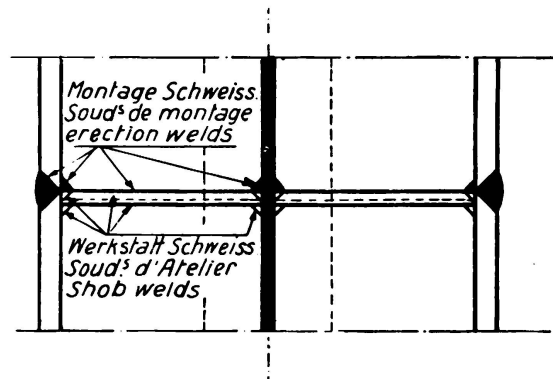


Fig. 11.

elastischen Linie. Es muß aber die Möglichkeit des Transports mit der Eisenbahn berücksichtigt werden. Deshalb sind für die Mittelstreben zwei Montagenähte vorgesehen, die im prismatischen Teil außerhalb der Anschlußkrümmungen angebracht sind. Die Maße der Streben und ihrer Stoßteile sind reichlich bemessen, weil hier die Beanspruchungen infolge Verkehrslast ihr Vorzeichen ändern können; es sind die am meisten beanspruchten Teile.

Die Ausführung der Schweißungen auf dem Bauplatz verursacht manchmal Schwierigkeiten. Die zusammensetzenden Profilträger haben nicht immer die gleichen Ausmaße. Es ist den Walztoleranzen Rechnung zu tragen. Ebenso weisen die geschweißten Walzprofile Verformungen auf, die an den beiden zusammenschweißenden Teilen nicht immer die gleichen sind. Das Schweißen der Montagenähte muß in einer bestimmten Reihenfolge geschehen, um allzu große Deformationen an den Nähten, die noch zu schweißen bleiben, zu vermeiden. Die Schweißung bei der Montage muß daher zuvor gründlich untersucht werden. Es ist für Vorrichtungen zu sorgen, die die Ausrichtung der verschiedenen Stöße vor der Schweißung gestatten.

Die Erfahrung mit geschweißten Brücken hat gelehrt, daß der Wert der Schweißung, ebenso wie bei Eisenbeton, nur auf ihrer Ausführung beruht. Die Überwachung und Kontrolle der Schweißungen und der Schweißer ist daher von größter Wichtigkeit.

Leere Seite
Blank page
Page vide

III d 4

Erfahrungen bei ausgeführten Bauwerken in Frankreich.

Observations sur les ouvrages exécutés en France.

Experience obtained with Structures Executed in France.

A. Goelzer,

Directeur de la Société Secrom, Paris.

Vorliegender Aufsatz will einige besondere geschweißte Bauten in Frankreich zusammenstellen.

Gebäude an der Rue Jeanne d'Arc in Issy-les-Moulinaux.

Dieses Gebäude gibt ein Beispiel für Stützen mit Bindeblechen, die eine einfache Schweißverbindung der Balken zwischen den Bindeblechen gestattet. Dieses System gewährleistet die Durchlaufwirkung der Balken durch die Stützen hindurch.

Kühlhaus im Bahnhof Straßburg (Fig. 1).

Das Skelett dieses Gebäudes besteht aus leichten kontinuierlichen Rahmen mit geschweißten Verbindungen.

Bahnsteigdächer im Hafenbahnhof von Le Havre und im Bahnhof von Caen.

Im Hafenbahnhof von Le Havre werden die Bahnsteigdächer durch lichtbogengeschweißte Stützen und Binder getragen. Die Konsolträger haben Gurten aus T-Profilen. Die Wandstäbe bestehen entweder aus Winkeleisen, aus einfachen T-Profilen oder Flacheisen und sind durch Schweißung zusammengesetzt. Die Bahnsteigdächer des Bahnhofs Caen bestehen in der Hauptsache aus Bindern von U-Form, die gleichzeitig Binder, Pfeiler und Armierung der Fundamente sind. Diese Ausführung besteht ebenfalls aus Fachwerken wie die vorhergehende. Die Gurten bestehen aus T-Profilen und die Diagonalen aus doppelten Winkeln, die am Steg des Gurtes angeschlossen sind.

Autobus-Garage in Thonon-les-Bains.

Das Dachgebälk besteht aus drei Bindern, einem Firstbinder und zwei Zwischenbindern mit einer Spannweite von 31,50 m und 10 m Abstand. Die Höhe der Binder beträgt 6,25 m und die überdeckte Fläche 32 m \times 30 m.

Werk in Pont-Sainte-Maxence (Oise) (Fig. 2).

Gebäude 70 m \times 40 m. Dieser Bau besteht aus einer Mittelhalle von 70 m \times 19,40 m, zwei Nebenhallen von 70 m \times 10 m, überdeckt mit Sheddächern.

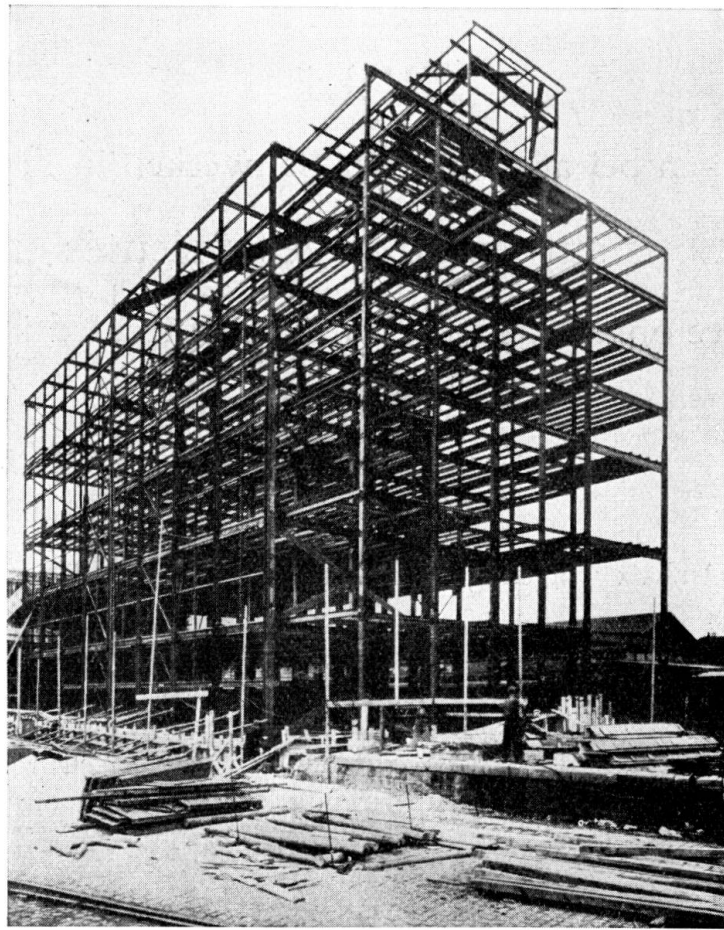


Fig. 1.

Kühlhaus auf dem Bahnhof von Straßburg.

Die lichte Höhe beträgt 11,50 m in der Mittelhalle und 7,65 m in den Shedhallen. Größte Höhe 16 m.

Das Gebäude besitzt einen Laufkran von 25 t in der Mittelhalle und zwei Laufkrane von 5 t in den Nebenhallen.

Usine des Alouettes (Werk in Lyon).

Die Fabrik ist ähnlich gebaut wie die vorhergehende.

Andere Fabrik in Pont-Sainte-Maxence (Fig. 3).

Dieses Gebäude von 140 m \times 40 m ist vollständig mit Sheddächern überdeckt. Es enthält 12 Öffnungen von 9,90 m Spannweite. Die Höhe bis zum Unterzug beträgt 7,80 m, die Gesamthöhe 11,50 m.

Werkstätten in Dünkirchen.

Das Gebäude hat eine Fläche von 27,33 m \times 11,33 m. Die Höhe bis zum Untergurt mißt 10,45 m und die Gesamthöhe 14 m. Darin befindet sich ein Laufkran von 10 t.

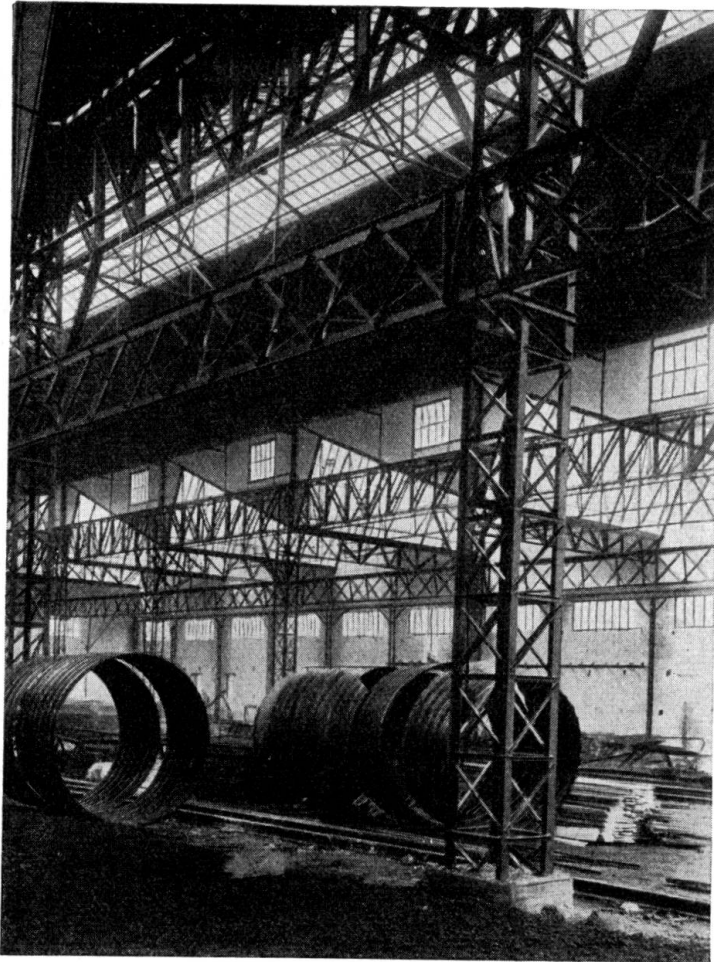


Fig. 2.

Gebäude 70 m \times 40 m. Werk in Pont-Sainte-Maxence.

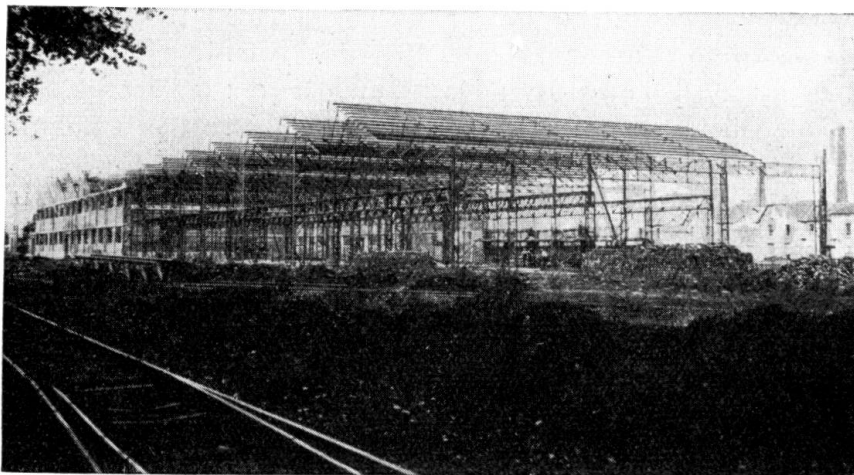


Fig. 3.

Gebäude einer andern Fabrik in Pont-Ste-Maxence.

Signalbrücke im Bahnhof Mülhausen (Fig. 4).

Die Gurte und Pfosten der Vierendeel-Träger bestehen aus I-Profilen. Die Pfosten sind direkt durch Stumpfschweißung mit den Gurtungen verbunden. Einfache abgeschnittene Knotenbleche verstärken die Verbindung und nehmen das Einspannungsmoment auf. Die Tragpfeiler wurden auf dieselbe Art ausgeführt.

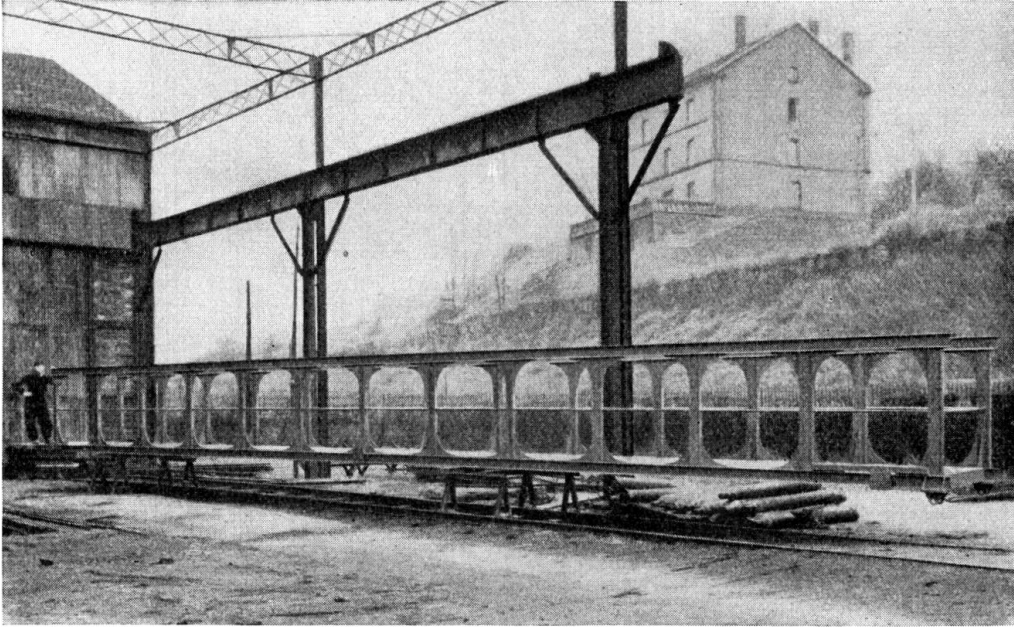


Fig. 4.

Signalbrücke im Bahnhof Mülhausen, erstellt durch die S.A. Longroy (Dez. 1935). Die oberen und unteren Längsträger sind I P N 140.

Hebezeuge.

Hier kann der Bau von 4 Kranen für den Hafen von Calais in Stahl 54 erwähnt werden. Ihre Merkmale sind: Tragkraft 10 t am Greifer, Ausladung 25 m, Höhe 35 m.

Mehrere Laufkrane wurden in geschweißter Ausführung erstellt. Wir erwähnen einen mit 25 t Tragkraft und 20 m Spannweite, der schon 7 Jahre im Betrieb ist. Die Diagonalen der Hauptträger aus I-Profilen sind mit den Gurtungen aus großen T-Profilen durch Gehrung verbunden.

Die Compagnie du Nord baute eine Lokomotiv-Drehscheibe mit einer Spannweite von 24 m im Depot Joncherolles.

Durch die Schweißung wird das Gewicht der Hebezeuge schätzungsweise um 15—20% ermäßigt.

Die Berufsausbildung für die Ausführung lichtbogengeschweißter Stahlbauten hat die Inangriffnahme von geschweißten Brücken gestattet.

Brücke in Ourscamp.

Diese Brücke führt über einen Seitenkanal der Oise mit einer Spannweite von 40,47 m. Sie besitzt eine Fahrbahn von 3,50 m und zwei Gehwege von 0,75 m.

Sie wurde als erste geschweißte Brücke für die Brücken- und Straßenverwaltung in Frankreich ausgeführt.

Dieses Bauwerk ist eine Bogenbrücke mit aufgehängter Fahrbahn. Der Querschnitt der Bogen setzt sich aus zwei horizontal liegenden I 30 mit 15 mm starken Stegblechen von 530—580 mm Höhe zusammen. Der Querschnitt der Zugglieder besteht aus zwei \square 30, die ebenfalls horizontal liegen und durch einen Steg von 450×15 mm verbunden sind.

Die Brückentafel setzt sich aus Querträgern I 45 und Längsträgern I 30 zusammen, deren Durchlaufwirkung durch oben aufgeschweißte Bindebleche gewährleistet wird. Die Fahrbahn besteht aus Tonnenblechen mit darauf liegender Betonplatte.

Die Brückentafel ist an den Bogen durch Fachwerkzugstangen aufgehängt, deren Gurten aus T-Eisen bestehen.

Der Stahlüberbau dieses Bauwerkes wurde mit Martin-Flußstahl von 42 kg/mm^2 Festigkeit ausgeführt. Das Gesamtgewicht beträgt 65 t.

Die Ausführung geschah unter der Leitung von Herrn Soleil, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées in Compiègne und Herrn Alix, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Brücke in Vaires (Fig. 5).

Die Verbreiterung dieser Brücke hat erlaubt, zwei vollständig lichtbogengeschweißte Bogen zu erstellen. Diese niedrigen und eleganten Bogen wurden mit großen rechteckigen Eisen hergestellt, die an die Gurtungen aus I-Profilen angeschweißt worden sind. Die Verbindung mit einem Längsträger aus I-Profil erfolgte durch ein geschweißtes Fachwerk.

Brücke in Saint-Denis (Fig. 6 und 7).

Die Compagnie du Nord hat soeben eine Eisenbahnbrücke erstellt, die als erste in Frankreich vollständig geschweißt wurde, dank des Wagemutes von Herrn Cambournac, Ingénieur en Chef des Travaux et de la Surveillance.

Diese Brücke wurde in der Werkstätte in zwei Teilen erstellt. Jeder Hauptträger war mit den halben Querträgern verbunden. Die Montage geschah durch Verbindung dieser beiden halben Querträger.

Das ganze Bauwerk hat ein Gewicht von 165 t. Die Werkstoffe sind Stähle hoher Festigkeit: St 54 und St 50. Die Vollwandhauptträger haben eine Länge von 63 m und eine Höhe von 2,40 m.

Brücke über den Boulevard Ney in Paris.

Dieses Bauwerk besitzt zwei Einzelfahrbahnen in Flußstahl St 42 auf Stahlgußlagern. Die Brücke besitzt drei Öffnungen (Hauptöffnung 35,20 m, zwei Seitenöffnungen zu je 22,32 m).

Die beiden Balken jeder Fahrbahn haben einen Abstand von 4,05 m von Achse zu Achse und sind durch rechtwinklige Querträger verbunden, auf denen zwei Reihen Längsträger unter den Geleisen liegen.

Die Hauptträger sind kontinuierliche Vollwandbalken mit Auskragungen. Die zwei Gurtplatten und das Stegblech sind unmittelbar durch Schweißen verbunden. Auf dem Stegblech sind Verstärkungsrippen angeordnet.

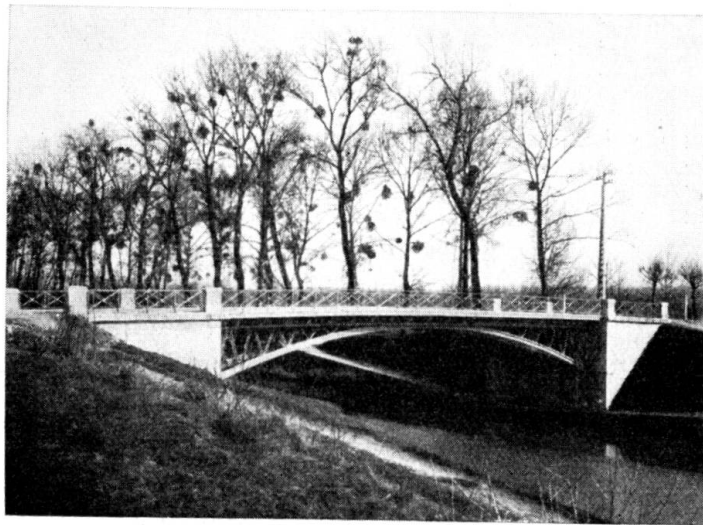


Fig. 5.
Brücke in Vaires.

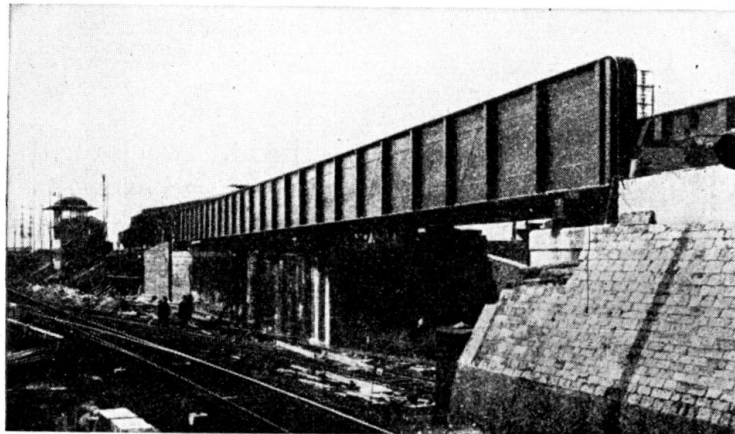


Fig. 6.
Brücke in Saint-Denis.

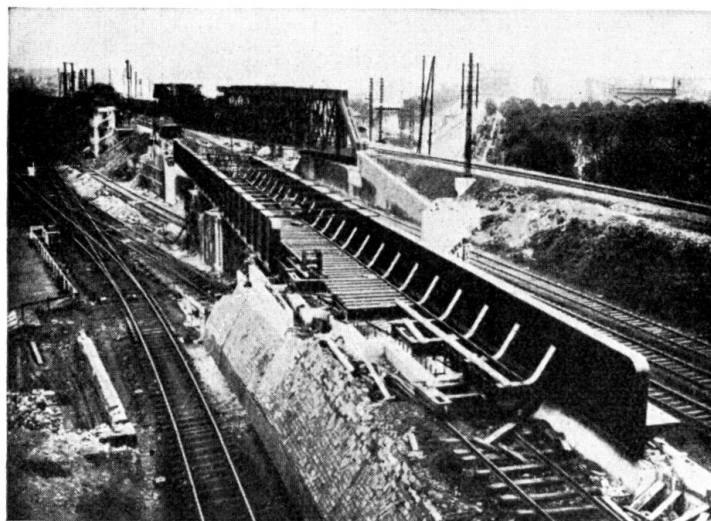


Fig. 7.
Brücke in Saint-Denis.

Wie die vorige wurde auch diese Brücke unter der Leitung von Herrn Cambournac erstellt.

Verstärkung von Eisenbahnbrücken durch Schweißung.

Auf dem Netz der Chemins de fer de l'Etat wurden verschiedene Brücken verstärkt. Wir erwähnen die Verstärkung der Unterführung der Linie von Versailles nach Rennes und der Mainvilliers-Brücke im Bahnhof von Chartres.

Alle diese Arbeiten umfassen die Verstärkung der unteren Gurtplatten der Balken mit Flacheisen, die unten mittels Flankennähten angeschweißt wurden. Wenn die Gurtungen Flanschen und damit Niete besitzen, werden in den Verstärkungslamellen entsprechende Löcher gebohrt. Diese werden dann mit Schweißgut ausgefüllt, das so die Niete und die Verstärkungsplatten verbindet. Bei dieser Art Verstärkung trifft man ebenfalls Verstärkungsstehbleche, die an die Schenkel der Winkel angeschweißt werden.

Der Viadukt über den Authion, eine Eisenbahnbrücke mit einer Spannweite von 37 m, stellt eine bemerkenswerte Ausführung dar. Die Fachwerkhauptträger mit der Höhe von 3,30 m wurden in der üblichen Weise verstärkt, die darin besteht, daß quadratische oder rechteckige Flacheisen zwischen die Nietreihen der Gurtungen geschweißt wurden. Die Diagonalen, die aus Winkeleisen und Knotenblechen bestehen, wurden mit Flach- und Vierkanteisen verstärkt.

Die Compagnie des Chemins de fer de l'Est hat an verschiedenen Stellen ihres Netzes Umbauten und Verstärkungen von Brücken vorgenommen.

Die Chemins de fer d'Alsace-Lorraine führen die Verstärkung der Hauptträger von zwei Brücken mit 50 m Spannweite über die Ill in Straßburg durch.

Schließlich verstärkt die Compagnie du Métropolitain gegenwärtig die Austerlitzbrücke über die Seine, die ein Dreigelenkbogen mit einer Spannweite von 140 m ist.

Unter den verstärkten Straßenbrücken ist die Brücke Jean-François Lépine und die Drehbrücke von Brest zu nennen.

Diese verschiedenen Arbeiten in Frankreich lassen erkennen, daß die Schweißung besonders für die schweren Bauten vorteilhaft ist. Dabei bringt eine Gewichtsverminderung von 10—30% heute wesentliche Ersparnisse.

Bei den leichten Stahlbauten sind besonders die Fragen der Handarbeit und der Arbeitseinteilung von größtem Einfluß.

Man bemerkt, daß der Gewichtsgewinn von einer bessern Ausnützung des Stahles sowohl bei den Blechen wie bei den Profilen herrührt. Die Zwischenteile verschwinden und die Stöße vereinfachen sich immer mehr bis zur Stumpfschweißung. Ebenso sind die Gurtplattenpakete verschwunden, die unbegreiflicher Weise die Schweißnähte vervielfachten. Ein Trägerflansch von veränderlicher Stärke wird jetzt durch ein einziges dickes Stück dargestellt, dessen verschieden starke Teile stumpf geschweißt werden.

Man macht auch einen ziemlich ausgedehnten Gebrauch von verzahnten Verbindungen, die Befestigungen von geringer Ausdehnung und großem Widerstand ergeben. Der Hauptzweck dieser Verbindungen besteht darin, Fachwerke mit möglichst symmetrischen Einzelteilen zu erhalten. Man vermeidet so Nebenspannungen, die die Fachwerkstäbe auf Knicken beanspruchen und ihren Sicherheitsgrad beträchtlich erniedrigen.

Die Anwendung der Schweißung erleichtert ferner den Schutz der Tragkonstruktion vor Zerstörung. In der Tat unterdrückt man die kleinen übereinanderliegenden Stücke; überdies kann man die Zwischenräume durch Schweißnähte wasserdicht abschließen.

Ferner ist auch die vollkommene Elastizität der geschweißten Bauten anzuführen, die man bei Spannungsversuchen mit Dehnungsmessern leicht feststellen kann. Diese Eigenschaft rührt davon her, daß die Schweißung kein Gleiten in den Verbindungen zuläßt.

Die Untersuchung der geschweißten Bauten im allgemeinen und der Brücken im besonderen zeigt schließlich, daß die Schweißung die Möglichkeit zu guter Linienführung gibt. Das führt zu einer Formgebung, die mit den modernen Auffassungen im guten Einklang steht.

Dieses sind nach unserer Ansicht die verschiedenen Tatsachen, die den Beginn einer wichtigen Entwicklung im Stahlbau kennzeichnen.

III d 5

Erfahrungen bei ausgeführten Bauwerken in Holland.

Observations sur les ouvrages exécutés en Hollande.

Experience obtained with Structures Executed in Holland.

Dr. Ing. P. Joosting,

Chef des Brückenbaues der Niederländischen Eisenbahnen, Utrecht.

In Holland hat sowohl die Anwendung des Gasschmelzschweißverfahrens wie die der elektrischen Schweißung in hohem Maße zugenommen. Beide Methoden haben das rege Interesse der Stahlkonstruktoren auf sich gelenkt, doch hat jede Methode ihr eigenes Arbeitsfeld.

Für Brücken- und Hochbauten hat augenblicklich die elektrische Lichtbogenschweißung wohl fast ausschließlich Bedeutung. Sie wird sowohl mit Wechselstrom als mit Gleichstrom betrieben, mit Schweißapparaten, die Stromstärken von 15 A. bis 500—600 A. leisten können und fast ausnahmslos mit umhüllten Schweißdrähten.

Dabei wird der autogene Schneidprozeß vielfach benutzt für die Vorbereitung der zu schweißenden Teile. Hierzu ist zu bemerken, daß nur das *maschinelle* Schneiden für einwandfreie Vorbereitung in Frage kommt.

Ausgezeichnete Ergebnisse sind erzielt mit dem in der letzten Zeit entwickelten Schweißautomat der Firma „Willem Smit en Co.'s Transformatorenfabrik N. V.“ in Nimwegen, die mit stark umhüllten Schweißdrähten arbeitet, die gewöhnlichen Fehler des Handschweißens vollständig beseitigt und ein sehr hochwertiges Schweißgut ergibt. In dieser Richtung wird in den kommenden Jahren noch vieles geleistet werden.

Aus der Anwendung der Lichtbogenschweißung in Holland geht deutlich hervor, daß noch nicht alle Behörden zu der Überzeugung gelangt sind, die Schweißverbindungen den Nietverbindungen in jeder Hinsicht mindestens gleichwertig zu erachten. Viele haben noch Bedenken gegen die Schweißung wegen des bedeutenden Einflusses der Geschicklichkeit des Schweißers auf die Güte der Verbindung und wegen der Schwierigkeit, die Güte der Schweißnähte in einfacher und zuverlässiger Weise zu prüfen. Sogar ein gewandter, diplomierter Schweißer wird nicht unter allen Umständen tadellose Arbeit leisten. Er wird die beste Arbeit liefern mit der Stromart, dem Schweißapparat und dem Schweißdraht, mit denen er zu arbeiten gewohnt ist.

Dennoch haben die meisten Interessenten und besonders die Stahlkonstruktoren auf Grund der Auskünfte über die bis jetzt angestellten Versuche und der gemachten Erfahrungen die Überzeugung gewonnen, daß man den Schweißverbindungen ein großes Zutrauen schenken kann, wenn sie nur mit erstklassigen

Schweißdrähten durch Firmen ausgeführt werden, die über Erfahrung, eine gut eingerichtete, von einem Schweißingenieur oder einem schweißtechnischen Fachmann geleitete Werkstatt und zuverlässige, gelernte Arbeiter verfügen.

Bei der Schweißung treten noch zwei Fragen besonders in den Vordergrund und zwar:

1. die Wärmespannungen und 2. die Dauerfestigkeit der Schweißverbindungen.

Was die Wärmespannungen betrifft, die leicht Verwerfungen der Konstruktionsteile veranlassen können, so weiß der sachkundige, technische Betriebsleiter diesen Verwerfungen auf Grund seiner Erfahrungen durch das Anbringen einer Gegenkrümmung oder durch Nacharbeitung mittels zweckmäßiger Gegenwärme entgegen zu wirken oder sie zu beseitigen, was aber unter Umständen erhebliche Kosten mit sich bringen kann.

Die Frage der Dauerfestigkeit der Verbindungen ist wohl noch nicht endgültig gelöst. Mancher fürchtet sich deshalb noch die Schweißung bei Stahlkonstruktionen anzuwenden, bei denen bedeutende Wechsellastspannungen auftreten können. Wohl aus diesem Grunde wird die Schweißung bei Hochbauten, worin Wechsellastspannungen nur in geringem Maße vorkommen, viel häufiger angewendet als bei Brücken und bei letzteren doch nur ausschließlich bei Straßenbrücken, wo zwar Wechsellastspannungen auftreten können, aber nur ausnahmsweise einen hohen Wert erreichen, da hier die Stoßwirkung der beweglichen Last weniger Bedeutung hat als bei Eisenbahnbrücken.

Inzwischen wird auch in Holland eifrig an der Lösung der Frage der Dauerfestigkeit gearbeitet und die bis jetzt erzielten Ergebnisse sind sehr ermutigend. Im Laboratorium der Niederländischen Eisenbahnen in Utrecht werden fast fortwährend Versuche über die Dauerfestigkeit der Schweißverbindungen durchgeführt, sowohl mit der Schenkschen als mit der Pulsatormaschine.

Die Niederländischen Eisenbahnen werden demnächst eine kleine Behelfseisenbahnbrücke und eine kleine feste Eisenbahnbrücke in ganz geschweißter Konstruktion bauen lassen.

Ein Bild des Standes der Lichtbogenschweißung in Holland geben die nachstehenden Beispiele ausgeführter Konstruktionen:

1. Die in den Mitteilungen 3 vom 1. Juni 1935 bereits beschriebene Straßenbrücke über die Eisenbahn bei Nuth. Stützweite 53 m. Fahrbahnbreite 6 m, zwei außenliegende Gehwege je 2,50 m breit, Vierendeel-Hauptträger mit parabelförmigem Obergurt; Fahrbahndecke in Eisenbeton, die mit den Längsträgern als Verbundquerschnitt wirken (System Alpha). Schweißdrähte „Arcos Stabilend“.

2. Die Straßenbrücke über den Bahnhof Buchten. Gerberbrücke mit Vollwandträger, ausgeführt von der „Nederlandsche Electrolasch Maatschappij N. V.“ in Leiden. Gesamtlänge 96 m, Fahrbahnbreite 6 m, zwei Gehwege je 1,20 m breit. Stahlgewicht 225 t. Fahrbahndecke in Eisenbeton System Alpha. Schweißdrähte: „Resistens“ der Firma „Willem Smit & Co.'s Transformatorenfabriek N. V.“ in Nimwegen. Durch die Schweißung ist im Stahlgewicht eine Ersparnis von 30 v. H. gegenüber einer genieteten Konstruktion erzielt. Entwurf Rijkswaterstaat.

3. Zugbrücke für Straßenverkehr über die Vecht bei Zuilen. Lichte Weite 9,00 m. Fahrbahnbreite 5,50 m, zwei Gehwege je 0,80 m. Die Behörde



Fig. 1.

hatte eine genietete Konstruktion vorgesehen; auf Ansuchen der Firma „N. V. Werkspoor“ in Zuilen, die mit der Ausführung betraut war, ist die Brücke als vollständig geschweißte Konstruktion ausgeführt. Schweißdrähte „Smit Resistens“.

4. Zugbrücke für Straßenverkehr über den „Wijnhaven“ in Rotterdam (Fig. 1). Stützweite 10,80 m, Fahrbahnbreite 6,00 m, mit zwei auf Konsolen ausgekranten,



Fig. 2.

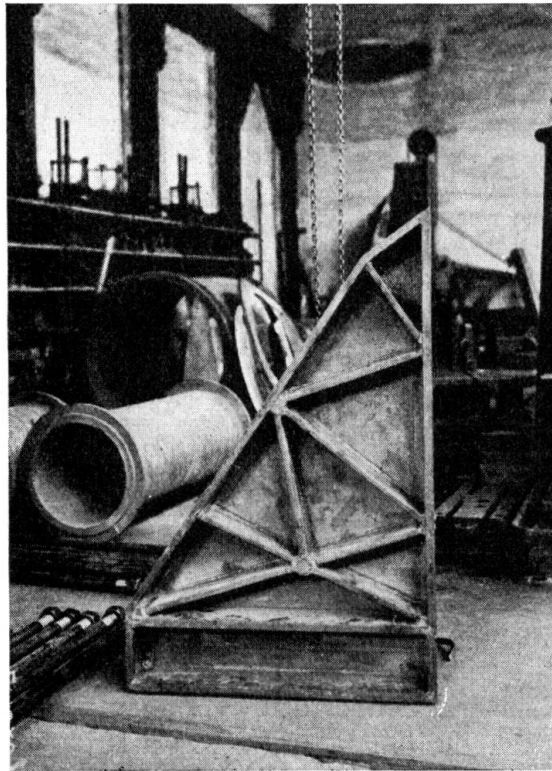


Fig. 3.

je 1,75 m breiten Fußwegen. Stahl 37. Gewicht der Stahlkonstruktion 39,5 t, Gegengewicht 41 t. Bauherr: Gemeinde Rotterdam, Entwurf Ir. *J. F. W. Burkiij*, ausgeführt von der Nederlandsche Dokmaatschappij in Amsterdam. Schweißdrähte „Smit Resistens“.

5. Die „Noorderbrug“ in Utrecht. Wiegebrücke. Lichte Weite 10 m. Fahrbahnbreite 12 m; zwei je 3,00 m breite Fußwege. Die Hauptträger haben ein I-Profil mit Gurtungen aus 300×30 mm. Sie sind angefertigt aus zwei Din. 55; Höhe im langen Brückenarm 628 mm, im Gegengewichtsarm 918 mm. Die

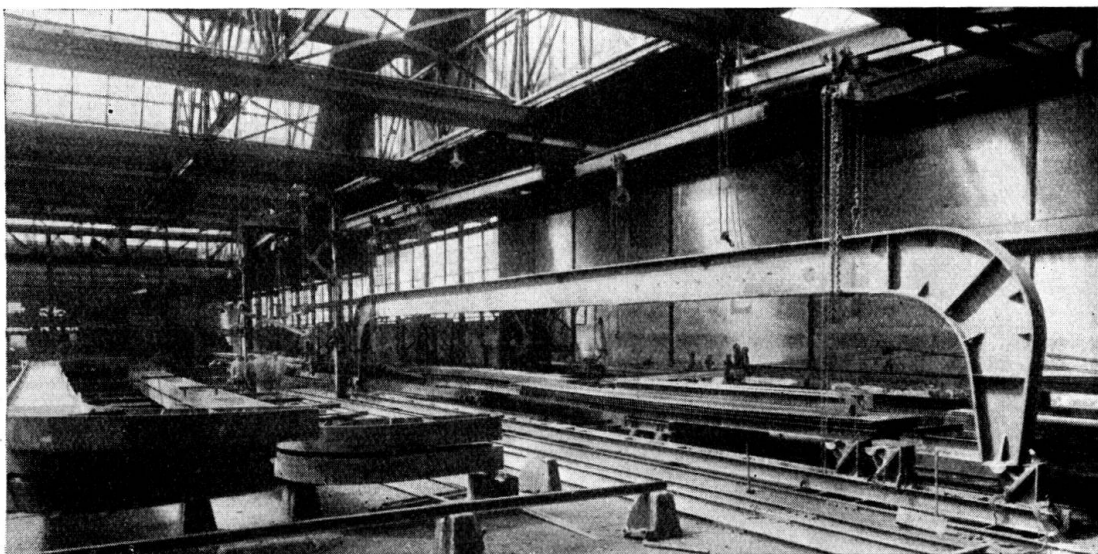


Fig. 4.

Schweißnaht liegt in halber Höhe des Steges (Fig. 2). Die Konstruktion des Rollsektors zeigt Fig. 3. Das aus Blechen und Flacheisen zusammengeschweißte Stück wird mit dem auf dem Bilde senkrechten Flansch an dem unteren Flansch des Hauptträgers befestigt. An den anderen, größtenteils schrägen Flansch wird das Rollsegment aus Stahlguß verschraubt. Die Brücke war vom „Gemeentewerken“ der Stadt Utrecht als genietete Konstruktion entworfen, wurde jedoch auf Antrag des Unternehmers (N. V. Paanevis in Utrecht) als geschweißte Konstruktion ausgeführt. Stahlgewicht 89 t, Gegengewicht 88,6 t. Schweißdrähte: „Resistens“ der Firma „Willem Smit & Co.'s Transformatorenfabrik N. V.“ in Nimwegen. Die Brücke wurde in der Werkstatt zusammengebaut und auf Kähnen zur Baustelle gebracht.



Fig. 5.

6. Feste Brücke in der „Laan van Meerdervoort“ im Haag. Stützweite 19 m. Breite 31,50 m. Hauptträger: Zweigelenkrahmen (Fig. 4) in 0,90 m Entfernung. Gewicht eines Trägers 5,8 t. Nutzlast 0,4 t je Quadratmeter und außerdem Kraftwagen mit drei Achslasten von je 20 t in 1,50 m und 6 m Entfernung. Fahrbahndecke in Beton. Bauherr und Entwurfsverfasser „Gemeentewerken“ im Haag. Ausgeführt von der Firma „de Vries Robbé en Co. N. V.“ in Gorinchem. Schweißdrähte „Smit Resistens“.

Beispiele geschweißter Hochbauten.

7. Drei Güterschuppen für die „Rooterdamsche Lloyd“ in Rotterdam (Fig. 5). Abmessungen 130×25 m, 170×25 m und 110×26 m. Dreigelenkrahmenbinder in 9,90 m Entfernung. Pfetten in 4,20 m Abstand. Dachflächen

in Bimsbetonkassettenplatten. Gewicht eines Binders 5,3 t. Ausgeführt von der Firma „de Vries Robbé & Co. N. V.“ in Gorinchem mit Schweißdrähten: „Resistens“.

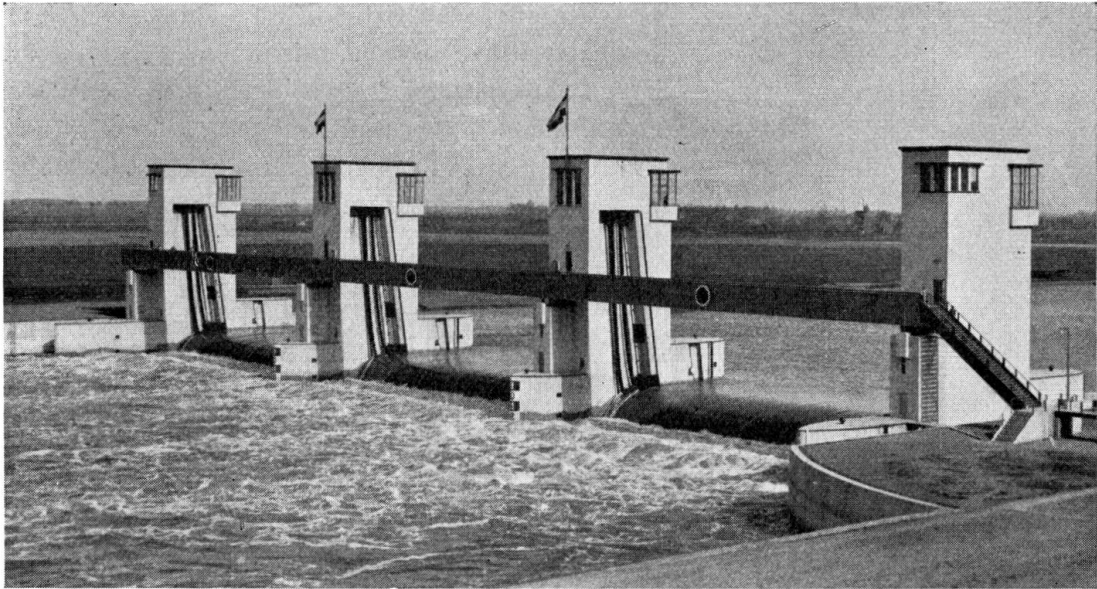


Fig. 6.

8. Stauklappen für das Wehr in der Maas bei Lith (Fig. 6). In jede der drei 38 m breiten Öffnungen ist ein Rollschütz angebracht, auf das eine Klappe drehbar befestigt ist. Jede Klappe hat eine Länge von ungefähr 30 m und eine Breite von 4 m. Die Klappe ist vollständig geschweißt und ist gegen Verdrehung gesichert

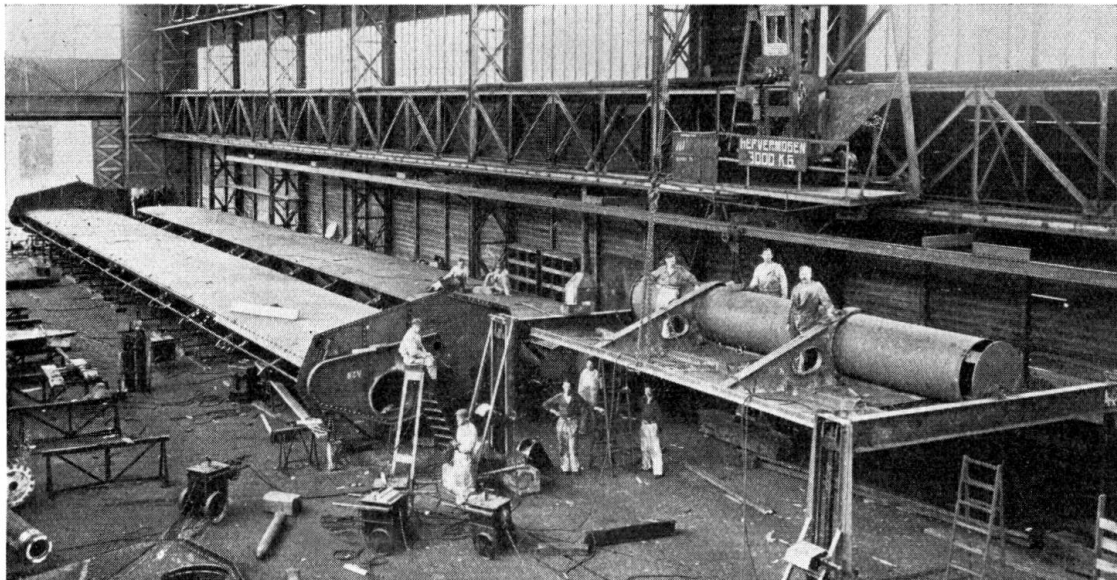


Fig. 7.

durch einen 30 m langen Zylinder von 1 m Durchmesser (Fig. 7). Der gute Anschluß an dem Rollschütz verlangte eine äußerst genaue Bearbeitung der Klappe. Durch die Schweißung war es möglich der Klappe eine vollständig glatte

Oberfläche zu geben, was für den Wasserabfluß von größter Bedeutung war. Bauherr und Entwurfsverfasser: Rijkswaterstaat-Maasverbetering. Rollschütz mit Klappe wurde von der Dortmunder Union entworfen. Die ganze Stahlkonstruktion wurde ausgeführt von der „N. V. Werkspoor“ in Zuilen bei Utrecht. Näheres in „de Ingenieur“ Nr. 42 vom 18. Oktober 1935, Seite B 219—228 und in den Mitteilungen der Herren Ir. J. W. de Vries, Ir. C. F. Egelie und Ir. P. Ph. Jansen für den XVI. Internationalen Schiffahrtskongreß in Brüssel 1935, I. Abteilung: Binnenschifffahrt. Schweißdrähte „Smit Resistens“.

Die bei der Ausführung geschweißter Brücken- und Hochbauten gemachten Erfahrungen sind folgende:

Durch Anwendung der Lichtbogenschweißung im Brücken- und Hochbau sind Konstruktionen möglich, die mit Nietverbindungen nicht zu erreichen sind.

Durch die Schweißung läßt sich gegenüber Nietung an Gewicht und vielfach auch an Kosten sparen.

Aus Blechen und Flacheisen zusammenschweißte Konstruktionen können oft mit Vorteil Gußstücke oder Schmiedestücke ersetzen.

Hierbei muß aber ins Auge gefaßt werden, daß diese Vorteile nur dann erzielt werden können:

1. wenn man Konstruktionen entwirft, die sich für die Schweißung eignen. Im allgemeinen sind die gebräuchlichen Fachwerke dazu nicht geeignet. Diese sind meistens billiger, wenn die Stäbe durch Nietung verbunden werden. Bei Vollwandträgern und Rahmentragern können die Vorteile der Schweißung sich besser geltend machen. Röhren und Zylinder, die bei genieteten Stahlbrücken- und Hochbauten verhältnismäßig selten angewendet werden, eignen sich besonders für Zusammenschweißung aus Blechen.
2. wenn man die Schweißung beschränkt auf die Teile, die ganz in der Werkstatt oder wenigstens zu ebener Erde bearbeitet werden können, wobei man sie immer in eine für die Schweißung geeignete Lage legen kann. Die Verbindungen, die bei der Aufstellung dieser Teile auf der Baustelle auf besonders dazu anzubringenden Gerüsten ausgeführt werden müssen, können bei Hochbauten am besten verschraubt werden; bei Brücken können Schraubenverbindungen in vielen Fällen nicht zugelassen werden. Man ist dann gezwungen, die Verbindungen auf Gerüsten zu schweißen und sie so zu gestalten, daß senkrecht oder Überkopf-Schweißen vermieden wird, was aber oft eine kostspielige Vorbearbeitung der Stöße verlangt und dadurch den Vorteil der geschweißten Verbindungen herabsetzt.

Regen, starker Wind, sogar mäßiger Wind haben auf die Güte der Schweißnähte einen sehr ungünstigen Einfluß. Auf der Baustelle sollen daher die Schweißstellen zweckmäßig abgeschirmt sein.

Für die Schweißung der Schienenstöße auf Brücken hat die Lichtbogenschweißung bis jetzt sich nicht bewährt. Bei Versuchen mit geschweißten Arcosstößen traten alsbald Risse auf. Man hat deshalb die Arcosstöße durch thermit-

geschweißte Stöße ersetzt, die sich bis jetzt in jeder Hinsicht bewährt haben. Sie sind aber kostspielig. Bedeutend billiger ist der durch Widerstandsschweißung stumpf geschweißte Schienenstoß, der in letzter Zeit mit gutem Erfolg von der „Deli-Spoorwegmaatschappij“ auf Sumatra angewendet wird.

III d 6

Erfahrungen bei ausgeführten Bauwerken in Deutschland.

Observations sur les ouvrages exécutés en Allemagne.

Experience obtained with Structures Executed in Germany.

Dr. Ing. O. Kommerell,

Direktor bei der Reichsbahn, im Reichsbahnzentralamt, Berlin.

I. Einleitung.

Die Anregung zum Schweißen im Stahlbau ging in Deutschland vom Verein Deutscher Ingenieure, Fachausschuß für Schweißtechnik aus, der im Jahre 1930 „Richtlinien für die Ausführung geschweißter Stahlbauten im *Hochbau*“ herausbrachte.¹ Zur selben Zeit wurde bekannt, daß in Amerika schon verschiedene *Brücken* geschweißt wurden, auch wurde ein Entwurf von amerikanischen „Richtlinien für geschweißte Brücken“ im Eng. New. Rec. 1929 vom 22. August von *G. D. Fish* veröffentlicht.² Das Interesse für das Schweißen im Stahlbau war in Deutschland durch diese Veröffentlichungen stark geweckt, wenn sie auch zunächst noch wenig befriedigten, da es den Anschein hatte, daß die Teile nur handwerksmäßig zusammengeschweißt wurden und Formeln zur *Berechnung* der Schweißnähte nur bei einachsigen Spannungszustand gegeben waren. Das Schweißen führte sich in größerem Umfang in Deutschland erst ein, als durch weitere Veröffentlichungen³ der Weg gezeigt wurde, wie man die Schweißnähte auch bei Biegung und bei zweiachsigen Spannungszuständen rechnen kann. Diese Vorschläge führten schließlich unter Berücksichtigung von *Versuchen* mit geschweißten Bauteilen (wobei die Proben zunächst nur rein statisch beansprucht wurden), im Jahre 1931 zu amtlichen in ganz Deutschland gültigen „*Vorschriften für geschweißte Stahlbauten (Hochbau und Brücken)*“. Mit dem Erscheinen dieser Vorschriften setzte nun in Deutschland eine stürmische Entwicklung ein. Damals war man der Auffassung, daß es genügt, die Bauteile der geschweißten Brücken ebenso wie bei genieteten zu berechnen und nur die Schweißnähte unter Berücksichtigung schwellerer und wechselnder Beanspruchung entsprechend dick auszuführen. Man war sich aber damals schon darüber einig, daß nur systematische Dauerfestigkeitsversuche Klarheit schaffen konnten. Die Versuche, die einen

¹ Die Elektroschweißung, Heft 1, 1930.

² Dr. Ing. *R. Bernhard*: Zeitschrift für Elektroschweißung. Heft 2, 1930 und Bautechnik, 1930, S. 117.

³ Dr. Ing. *Kommerell*: „Berechnung, bauliche Durchbildung und Ausführung geschweißter Eisenbahnbrücken“, Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 1930.

Aufwand von rd. 50 000 *RM* verursachten, habe ich in meinem Bericht zum Berliner Kongreß „Einfluß häufig wechselnder Belastungen auf geschweißte Bauwerke“ eingehend dargelegt, auch habe ich dort die neuen, auf den gewonnenen Erkenntnissen aufgebauten Berechnungsgrundlagen näher erläutert.

In dem folgenden soll zum Teil an der Hand ausgeführter Beispiele auf die gemachten *Erfahrungen* bei geschweißten Brücken eingegangen werden. Wo es notwendig erscheint, wird auf Bauweisen, die durch die Entwicklung überholt sind und bei uns nicht mehr so ausgeführt werden, besonders hingewiesen. Die Vorteile der geschweißten Bauweise gegenüber der genieteten sind kurz folgende:

1. Das Bohren von Nietlöchern und das Schlagen von Nieten fällt fast gänzlich fort;
2. Die Verschwächung des Querschnitts (durch Nietlöcher) entfällt; hierdurch und durch die Möglichkeit, zu verbindende Teile ohne Zuhilfenahme von Winkelstählen unmittelbar zusammenschweißen, ergibt sich eine Gewichtsersparnis von 15—20 %;
3. Rahmenecken, die bei der genieteten Bauweise oft sehr verwickelt werden, lassen sich viel einfacher durch Schweißen herstellen;
4. Geschweißte Bauwerke wirken ruhiger und befriedigen vom ästhetischen Standpunkt aus mehr als genietete;
5. Bei der geschweißten Bauweise kann man leichter in der Blechdicke wechseln als bei der Nietbauweise (z. B. in der Stegblechdicke);
6. Vollwandträger können in geschweißter Bauweise leicht mit größerer Stützweite ausgebildet werden als in genieteter Bauweise. Während bei uns die Grenze der Stützweite bei genieteten Blechträgern etwa bei 30 m lag, sind geschweißte vollwandige Träger schon bis 54 m Stützweite ausgeführt worden, so daß vorläufig bei uns kein Bedürfnis, Fachwerkbrücken zu schweißen, besteht.

Die Schwierigkeiten, die bei der Aufstellung von geschweißten Fachwerkbrücken infolge der Schrumpfungen der Schweißnähte entstehen, ferner die größere Empfindlichkeit der Schweißnähte bei außermittigem Kraftangriff und bei beginnenden Flankenkehlnähten und bei Stirnkehlnähten haben uns vorläufig von der Ausführung vollständig geschweißter Fachwerkbrücken abgehalten. Es ist aber nicht ausgeschlossen, daß man später bei großen Brücken dazu übergeht, die Gurtungen und die einzelnen Füllstäbe für sich in der Werkstatt zu schweißen und die Anschlüsse der Füllstäbe an die Knotenbleche auf der Baustelle zu nieten. Überhaupt kann man auch bei geschweißten Vollwandbrücken die Nietbauweise ruhig da anwenden, wo sie gegenüber dem Schweißen Vorteile bietet z. B. beim Anschluß der Querträger an die Hauptträger, bei Windverbänden usw. Da im *Hochbau* im wesentlichen nur ruhende Belastungen in Frage kommen, so können hier unbedenklich auch Fachwerke in geschweißter Bauweise ausgeführt werden.

Die bauliche Durchbildung geschweißter Vollwandbrücken wurde wesentlich beeinflusst von den Berechnungsvorschriften und insbesondere von den zulässigen Spannungen.

Während man im Anfang Kehlnähte für viel besser und zuverlässiger als Stumpfnähte hielt, haben sich die Anschauungen nach Ausführung von Dauer-

festigkeitsversuchen in Pulsatormaschinen vollständig geändert. Es rührt dies daher, daß der Kraftfluß bei Stumpfstößen ein natürlicherer ist, während die Kräfte bei Flankenkehlnähten erst umgeleitet werden müssen, wodurch Spannungsspitzen mit ihren Kerbwirkungen entstehen. Bekanntlich sind Schweißverbindungen besonders empfindlich gegen solche Kerbwirkungen.

II. Geschweißte Vollwandträger.

A. Stegbleche.

Das Schweißen bietet den Vorteil, daß man bei Vollwandträgern leicht in der Höhe und in der Dicke der Stegbleche wechseln kann, wodurch selbst bei größerer Stützweite Träger mit auf die ganze Länge durchgehenden Gurtplatten (unter Umständen Träger mit gekrümmten Gurtungen) verwendet werden können. Dies hat den Vorteil, daß Stöße in den Gurtungen nicht notwendig werden, was zugleich dem guten Aussehen solcher Bauwerke sehr förderlich ist

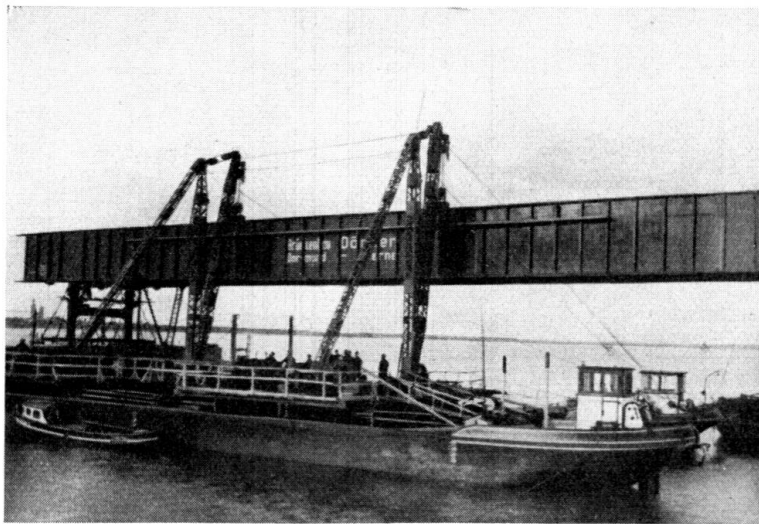


Fig. 1.

Beförderung geschweißter Vollwandträger mit 54 m Stützweite.

und die Möglichkeit bietet, die Hauptträger vollständig in der Werkstatt anzufertigen und zu schweißen. Bei der Deutschen Reichsbahn wurden Hauptträger von 54 m Stützweite in einem Stück auf große Entfernungen auf Eisenbahnwagen von der Werkstatt bis zur Baustelle befördert, von Kränen auf einem Schiff gefaßt, an Ort und Stelle gebracht und dort auf das fertige Mauerwerk abgesetzt (Fig. 1).

Des guten und ruhigen Aussehens wegen hat man bei uns oft Parallelträger mit einer auf die ganze Länge durchlaufenden Gurtplatte selbst dann den Vorzug gegeben, wenn auch in einzelnen Teilen die Querschnitte nicht voll ausgenützt waren, weil dabei durch Wegfall von Gurtplattenstößen und Gurtplatten verschiedener Dicke Kosten gespart wurden und eine große Vereinfachung eintrat. Solche Bauwerke befriedigen auch in ihrem Aussehen besser als Bauwerke mit Gurtplatten, die in der Dicke abgestuft sind. Dabei hatte man erst in jüngerer Zeit von der Möglichkeit, je nach dem Bedürfnis in der Stegblechdicke zu wechseln, Gebrauch gemacht. Ein solcher Fall tritt oft bei durchlaufenden Trägern

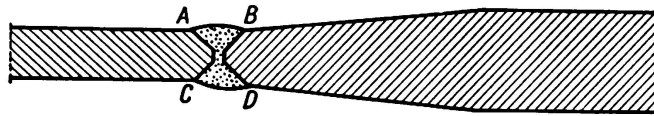


Fig. 2.

ein, wenn über Stützen große Biegemomente auftreten. Auch kann mit solch dickeren Stegblechen die Spannung in der Nähe von Gurtstößen in wünschenswerter Weise herabgemindert werden. Man kann mit Hilfe von X-Nähten leicht wie in Fig. 2 gezeigt, von einer Stegblechdicke auf die andere übergehen. Es empfiehlt sich aber, das dickere Blech in der Nähe der Stoßstelle auf das dünnere Blech abzarbeiten und durch Abschmirlen bei A, B, C, D einen allmählichen Übergang von der Schweißnaht zum Blech herzustellen. Die Ver-

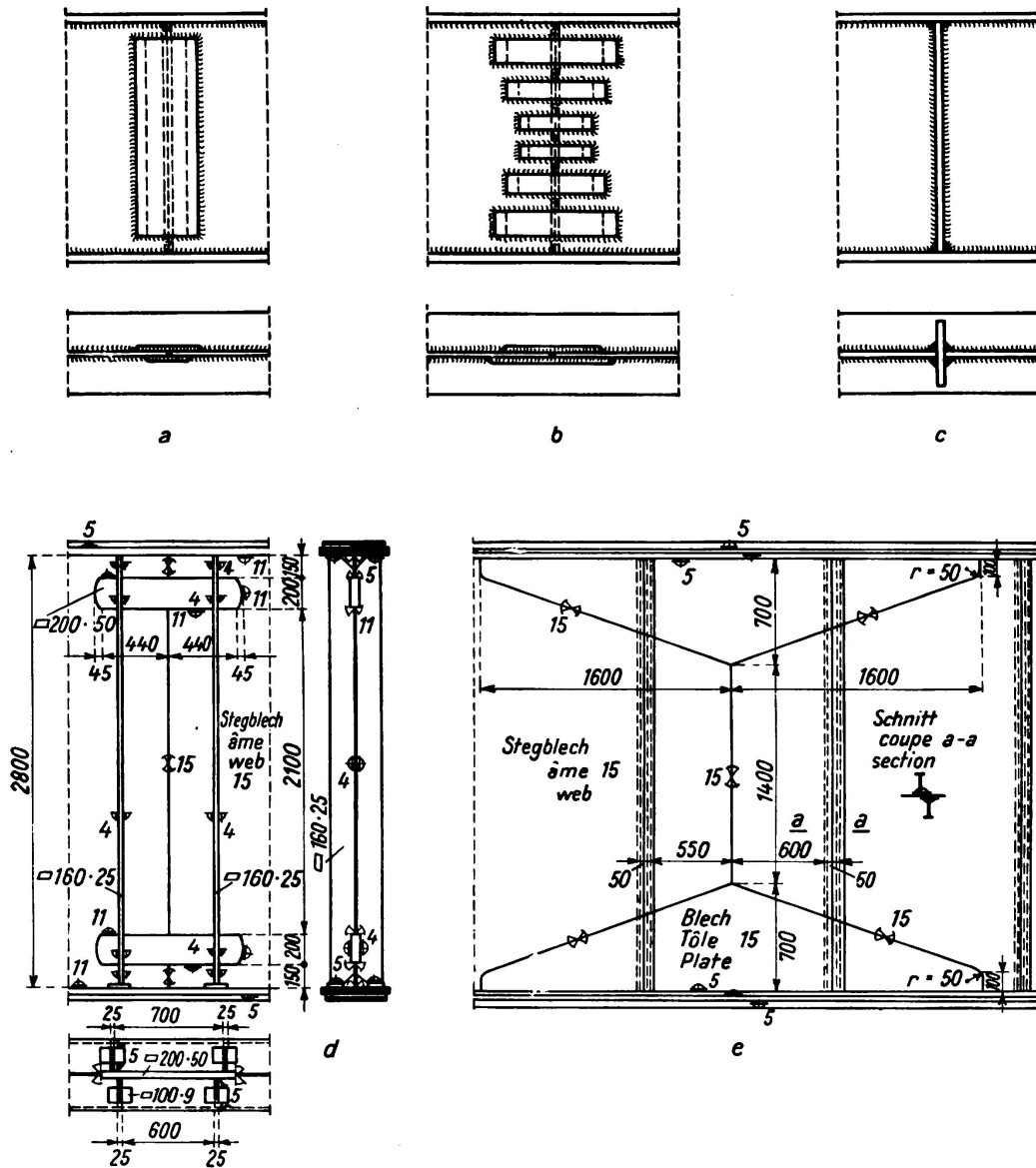


Fig. 3a — e.

Veraltete Stegblechstöße.

wendung des Stumpfstoßes beim Stegblechstoß an beliebiger Stelle wurde erst durch die neuen Berechnungsvorschriften möglich und wird jetzt ausschließlich angewendet. Vorher wurden alle möglichen, in den Figuren 3a bis e dargestellten, jetzt veralteten Bauweisen⁴ angewendet, weil früher die Stumpfnäht nur mit $0,75 \sigma_{zul}$ beansprucht werden durfte. Diese Bauweisen hatten etwas gekünsteltes an sich, ihre Ausführung war oft wegen der Schrumpfspannungen schwierig, und ihre Wirkungsweise ist nach dem heutigen Stand der Erkenntnis im Brückenbau wegen der Dauerbeanspruchung problematisch.

Einbetonierte Walzträger werden gerne sowohl bei Eisenbahn- als auch bei Straßenbrücken verwendet. Die Vorzüge dieser Bauweise sind Einfachheit in der Ausführung durch gewöhnliche Tiefbauunternehmerfirmen, geringe Unterhaltungskosten, Gleichmäßigkeit im Oberbau, weil das Schotterbett über das Bauwerk unverändert durchgeführt werden kann. Da die Entwässerung eine geneigte Betonoberfläche verlangt, so richtete sich die Bauhöhe nach der Trägerhöhe am tiefsten Punkt der Betonoberfläche. Naturgemäß ist die Betonüberdeckung bei gewalzten Trägern am höchsten Punkt der Betonüberdeckung überflüssig dick, so daß die Stützweite auf etwa 15 m bei Eisenbahnbrücken beschränkt war. Verwendet man aber geschweißte Träger, die in der Mitte höher als an den Enden sind (Fig. 4), so kann die Betonüberdeckung überall gleich sein, die Träger sind dabei wegen der Anpassung an den Verlauf der Biegemomentenlinie besser ausgenützt, so daß auch Träger größerer Stützweite bei der geschweißten Bauweise noch wirtschaftlich sein können.

B. Gurtungen.

Bei den ersten geschweißten Bauwerken verband man einfach die noch aus Winkeln und Blechen bestehenden Bauteile statt durch Nietten mittels Kehlnähten⁵ (Fig. 4a und b). Es setzte sich aber bald die Erkenntnis durch, daß vollständig neue Formen entwickelt werden müssen und, daß Winkeleisen zur Verbindung der einzelnen Bauteile entbehrt werden können. Bald wurden als Gurtungen von Vollwandträgern auseinandergeschnittene Breitflanschträger⁶ verwendet und die Stege durch eingesetzte Bleche, deren Höhe dem Momentenverlauf angepaßt war, mittels Stumpfnähten verschweißt. Auch entwickelten sich bald für die Gurtungen gewalzte *Sonderprofile* mit der Absicht, die Schweißnaht zur Verbindung des Stegs mit der Gurtung an Stellen zu legen, die nicht so hoch beansprucht sind (Fig. 5a, b, c). Um die aus Breitflachstahl bestehenden Gurtplatten mit dem Steg zu verbinden, verwendete man ursprünglich unterbrochene Kehlnähte, weil zur Aufnahme der Schubspannungen solche rechnermäßig auszureichen schienen. Versuche⁷ mit Trägern zeigten aber bald, daß die Dauerfestigkeit bei Trägern mit durchgehenden Kehlnähten wesentlich höher war als bei unterbrochenen (beginnende und endigende Kehlnähte). Deshalb dürfen nach unseren neuen Vorschriften für geschweißte vollwandige Eisenbahnbrücken unter-

⁴ Siehe *Schaper*: „Feste stählerne Brücken“, Abb. 92—97. Verlag Wilhelm Ernst, Berlin 1934.

⁵ Siehe *Bondy*: „Ausgewählte Schweißkonstruktionen“, Band 1, Blatt 79 und 80, VDJ-Verlag Berlin 1930.

⁶ *Ulbricht*: Stahl und Eisen 1931, S. 253; Bautechnik 1931, S. 263, 332, 497, 498.

⁷ *Hochheim*: Mitteilungen aus den Forschungsanstalten der Gutehoffnungshütte 1932, 1, S. 225 (siehe *Kommerell*, Erläuterungen Teil II, S. 65).

brochene Nähte und Schlitznähte nicht mehr bei Brücken ausgeführt werden. (Im Hochbau ist eine solche Vorschrift nicht notwendig.) Damit das Stegblech im Verhältnis zu den Gurtungen nicht zu dünn wird, verlangen die neuen Vorschriften den Nachweis der größten Scherspannung in der neutralen Faser und

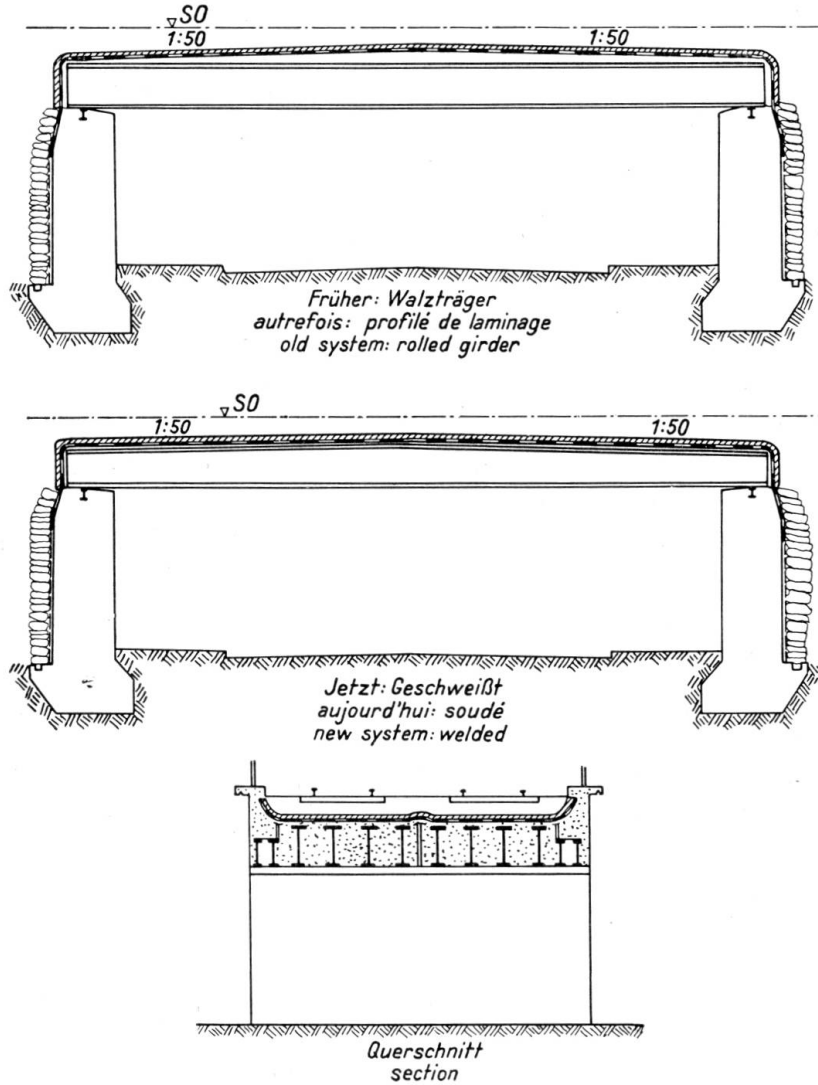


Fig. 4.

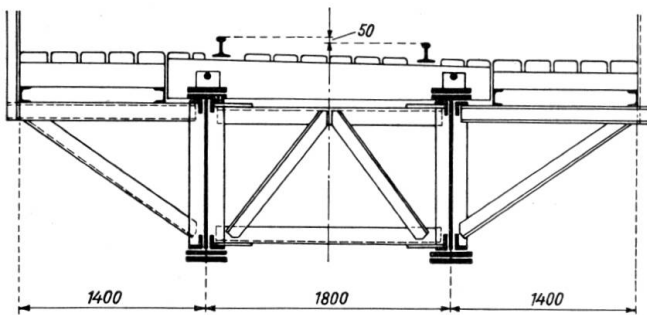


Fig. 4a.

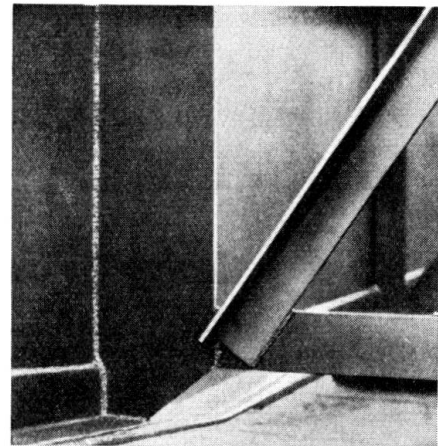


Fig. 4b.

der Hauptspannung im Stegblech am Übergang zu den Gurtungen. Die Hauptspannung wird wegen Überwiegen des Einflusses der Biegespannung um so größer, je weiter die Anschlußnähte zwischen Gurtung und Steg von der Neutralachse entfernt sind, deshalb sind die in Fig. 5 angegebenen Sonderprofile

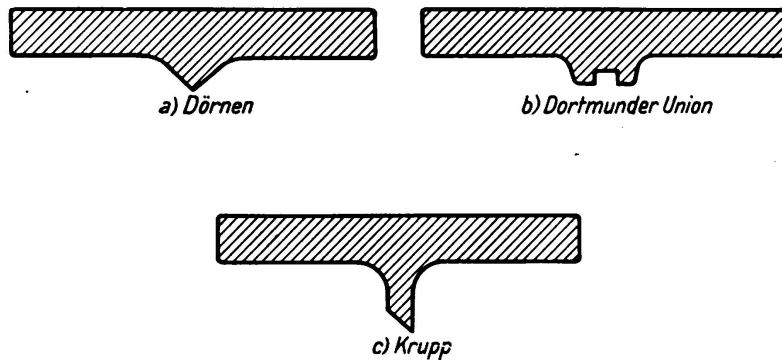


Fig. 5.
Sonderprofile
für
Gurtungen.

den gewöhnlichen Breitflachstählen mit ihren Anschlüssen durch Kehlnähte vorzuziehen. Bei gleicher Tragfähigkeit ist bei den Kehlnähten ein Kehlmaß von etwa $a = \frac{t}{2}$ notwendig (Fig. 6). Bei den Sonderprofilen Fig. 5 a und c wird weniger Schweißgut erforderlich (geringere Schrumpfspannungen). Der Kraftfluß ist ein günstigerer. Stumpfnähte können besser ausgeführt und geröntget werden. Bei den Kehlnähten besteht die Gefahr, daß nicht bis in die Wurzel durchgeschweißt wird, daß der Einbrand in den Flächen AB des Gurts und den Flächen CD und EF nicht gut oder zu tief wird.

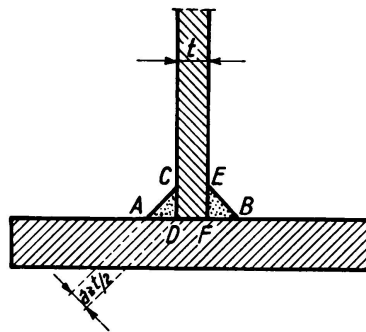


Fig. 6.
veraltet.

Für die Verbindung des Stegblechs mit dicken Gurtplatten (bei uns schon bis rund 8 cm Dicke ausgeführt) ist es wegen der bei so dicken Platten zu erwartenden hohen Schrumpfspannungen besonders wichtig, daß der Mutterwerkstoff und die Schweiße in der Lage sind, diese hohen Schrumpfspannungen durch plastische Verformungen abzubauen, sobald die Schrumpfspannungen zusammen mit der ersten Belastung die Fließgrenze erreicht haben. Der Mutterwerkstoff darf daher nicht beim raschen Abkühlen zu Härtererscheinungen neigen. Hierauf ist besonders bei legierten Stählen (St. 52) zu achten. Die fertige Schweiße soll aus demselben Grunde dehnfähig, nicht spröde sein.

Aus wirtschaftlichen Gründen ist es bei größeren Brücken notwendig, den Gurtquerschnitt der Momentenlinie anzupassen. Nach den früheren Vorschriften

war die Übertragung von Zugkräften durch Stumpfnähte allein nicht zulässig. Man konnte sich also nur durch Aufschweißen weiterer Gurtplatten mittels Kehlnähten helfen. Eine solche Bauweise wird sich auch heute nicht ganz vermeiden lassen, wenn auch die nach den neuen Vorschriften zulässige Stumpfschweißung die Möglichkeit geschaffen hat, ohne weiteres von einer dünneren Platte auf eine dickere Platte überzugehen. Es muß aber der Übergang ein allmählicher sein, weil plötzliche Querschnittsübergänge bei Dauerbeanspruchung ungünstig sind. Wenn nun auch unsere neuen Vorschriften in Gurtungen, die auf Zug beansprucht sind, den *Stumpfstoß ohne Laschendeckung* zulassen, so sind zur Zeit vorsichtshalber solche Stöße immer noch durch aufgenietete oder aufgebolzte, sogenannte Sicherheitslaschen, gedeckt worden, die im Stande sind, den ganzen Zug im Gurt auch dann aufzunehmen, wenn die Stumpfnahre reißen sollte. Ich betrachte diese Vorsichtsmaßnahme nur als vorübergehend und nicht als endgültig und glaube, daß man später, wenn weitere Erfahrungen vorliegen, und wenn man sich von der unbedingten Haltbarkeit solcher Stumpfnähte durch wiederholtes Röntgen und durch Schütteln der Bauwerke mittels Schwungmaschinen überzeugt hat, dazu übergehen wird, die Stumpfnähte in Zuggurten ohne solche Sicherheitslaschen anzuwenden. Dabei wird man den Anfang bei Brücken aus St. 37 machen, wobei man auch berücksichtigen muß,



daß nach den Vorschriften solche Stumpfnähte unter 45° (Fig. 7) angelegt, in der Wurzel einwandfrei durchgeschweißt und geröntget werden müssen. (Es empfiehlt sich, sofort die erste Schweißlage auf Risse durch Röntgen zu untersuchen.) Auch müssen die Schweißraupen durch Abschmirlgeln so sorgfältig bearbeitet werden, daß ein sanfter und allmählicher Übergang von der Schweißraupe zum Blech mit glatter Oberfläche entsteht. Bei solchen Nähten kann mit einer Ursprungsfestigkeit von 22 kg/mm^2 gerechnet werden, während die Vorschriften nur eine Spannung von $0,8 \times 14 = 11,2 \text{ kg/mm}^2$ also rund die Hälfte zulassen.

Da die Herabsetzung der zulässigen Spannung auf das 0,8fache nur für den Zuggurt gilt, so ergibt sich von selbst das wünschenswerte Versetzen der Gurtplattenstöße im Zug- und Druckgurt. Gedrückte Gurtplatten, die nicht durch Nähte unmittelbar mit dem Steg (durchlaufend) verbunden sind, müssen, wenn sie breiter als ihre 30fache Dicke sind, durch Nieten oder Bolzen verbunden werden, um ein Ausbeulen zu verhindern. (Das Nieten genügt auch bei großen Dicken vollständig und ist billiger als das Verbolzen.) Durchgehende Kehlnähte haben bei guter Ausführung dieselbe Ursprungsfestigkeit wie gute Stumpfnähte. Dagegen muß an allen Stirnkehlnähten und an allen Stellen, an denen Flankenkehlnähte beginnen oder endigen, die zulässige Spannung entsprechend den Vorschriften herabgesetzt werden. Hierauf muß nicht nur bei den durch Kehlnähte angeschlossenen Gurtplatten, sondern auch beim Anschluß anderer Bauteile wie z. B. Querträger, Windverbandsknotenblechen usw. geachtet werden.

Zu welchen ungünstigen Stoßverbindungen man infolge der alten Vor-

schriften kam, sei nur an zwei Beispielen⁸ (Fig. 8a und b) gezeigt. Um den Übergang von einer dünneren Gurtplatte zu einer dickeren herzustellen, wurde in beiden Fällen die dickere Platte so ausgeschnitten, daß die dünnere Platte mittels V-Naht mit der dickeren verschweißt, und der verbleibende Teil der dickeren Platte verwendet wurde, um durch Kehlnähte eine Verlaschung herzustellen. Nach den heutigen Anschauungen sind die dabei angewendeten V-Nähte in ihrer Dauerfestigkeit beeinträchtigt, weil sie nicht in der Wurzel nachgeschweißt werden konnten. Aus den vorher erörterten Gründen wird durch Kehlnähte die Überlaschung sogar noch verschlechtert, weil durch die Stirnkehlnähte die Dauerfestigkeit auch im Mutterwerkstoff vermindert wird. Auch

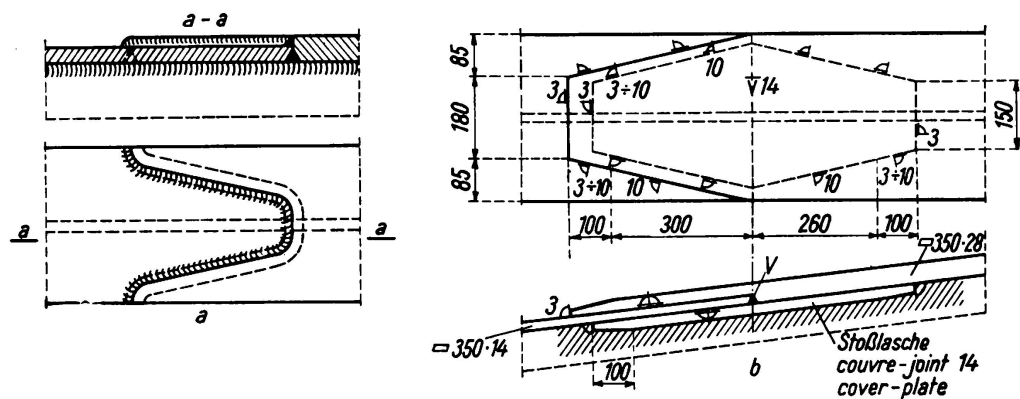


Fig. 8a/b.



Veraltete Gurtplattenstöße.

die Decklasche in Fig. 8b kann dies nicht ganz ausgleichen. Im Kuratoriumsbericht ist ein Fall erörtert, bei dem ein Stumpfstoß ohne aufgeschweißte beiderseitige Decklaschen höhere Dauerfestigkeiten ergab als mit solchen Decklaschen. Man wird also, wo es irgendwie geht, den reinen Stumpfstoß der Gurtplatten anwenden; im anderen Fall, wenn weitere Gurtplatten mittels Kehlnähten angeschlossen werden müssen, sind die Gurtplatten wie Fig. 9⁹ (siehe Fig. 27, Referat III a 1) zeigt, abzuflachen. Die Stirnkehlnaht und der Beginn der Flankenkehlnähte müssen bearbeitet werden.

Was nun die Ausführung der Nähte selbst betrifft, so ergaben *Dauerfestigkeitsversuche mittels Pulsatormaschinen*, daß bei allen Kehlnähten die Dauerfestigkeit erheblich sank, wenn nicht bis in die Wurzel geschweißt wurde. Ein guter Nahtbrand in der Wurzel ist daher besonders wichtig. Um dies zu erreichen und gleichzeitig den seitlichen Einbrand im Mutterwerkstoff nicht zu groß zu bekommen, soll der zu verwendende Schweißdraht nicht zu dick sein. Bei Verwendung zu dicker Schweißdrähte beim Beginn des Schweißens besteht die Gefahr, daß der Schweißer in dem Bestreben, ja in der Wurzel guten Einbrand zu bekommen, zu viel vom Mutterwerkstoff wegbrennt (s. Fig. 10). Bei Kehlnähten ist zu tiefer Einbrand in den Seitenwänden nicht gut, weil durch die Gefügeänderung eine gewisse Schwächung des Querschnitts eintritt, die bei

⁸ Schaper: „Feste stählerne Brücken“, Abb. 88 und 89.

⁹ Die in Kommerell, Erläuterungen Teil II, S. 73 im Bild 27V angedeutete Bearbeitung ist nicht so gut und überholt.

dynamisch beanspruchten Teilen eine Herabminderung der Dauerfestigkeit zur Folge hat. Bei bis zu 20 mm dicken Bauteilen sollte man aber keine dünneren Drähte als 3 mm \varnothing , bei dickeren Querschnitten als 20 mm Drähte nicht unter 4 mm \varnothing verwenden. Die Stromstärke muß den zu verschweißenden Bauteilen angepaßt sein. Müssen dicke Querschnittsteile zusammengeschweißt werden — und dies gilt auch bei Stumpfnähten — so läuft man bei zu geringer Stromstärke wegen zu rascher Ableitung der Wärme, Gefahr, daß die Schweiße nicht gut in den Mutterwerkstoff einbrennt. Da aber die Stromstärke auch vom Schweißdrahtquerschnitt abhängt, so hat *Dr. Dörnen* mit Erfolg  oder  förmige Querschnitte der Schweißdrähte verwendet. Wichtig ist auch, daß der Mutterwerkstoff durchweg homogen ist und keine Doppelungen — wie dies hin und wieder bei hochsilizierten Stählen vorkommt — aufweist. Bei so fehlerhaftem Werkstoff ist es in vereinzelt Fällen schon vorgekommen, daß infolge der Schrumpfungen beim Schweißen die angeschweißten Teile sich innerhalb der Einbrandzone aus dem Mutterwerkstoff loslösten. Aus diesem Grunde muß auch von dem Schweißen alter Bauwerke aus Schweiß Eisen abgeraten werden.

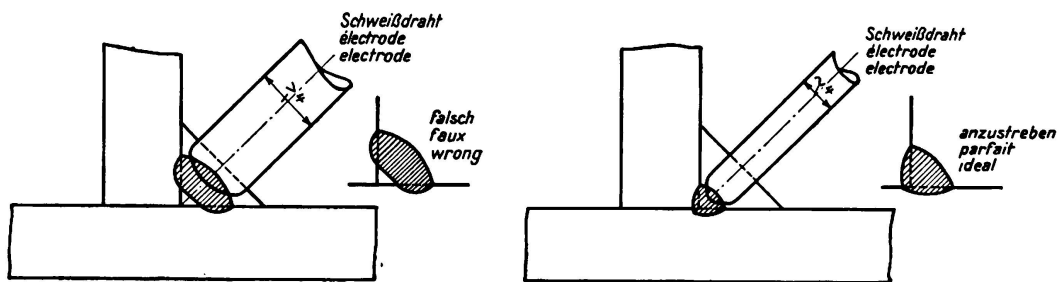


Fig. 10.

An anderer Stelle habe ich auf die Wichtigkeit des *guten Einbrands in der Wurzel bei Stumpfnähten* hingewiesen. Die Ursprungsfestigkeit in der Wurzel gut durchgeschweißter Stumpfnähte liegt bei Probestählen aus St. 37 bei $\rho_U = 18 \text{ kg/mm}^2$. Sie kann bei Fehlern in der Wurzel bis auf $\rho_U = 12 \text{ kg/mm}^2$ herabsinken. Wo es irgendwie geht, sollte daher nach dem Schweißen von einer Seite und Drehen des Werkstücks, die Wurzel vollständig von Schlacken gereinigt werden und so viel von der Schweiße und dem Mutterwerkstoff beseitigt werden, bis eine vollkommen blanke, fehlerfreie Oberfläche freigelegt ist. Dann erst darf von der Gegenseite die Wurzel verfüllt werden. Beim Beginn der Stumpfschweißung ist es im Gegensatz zu der Verschweißung bei Kehlnähten zwecklos, mit besonders dünnen Schweißdrähten vorzuschweißen. Ist nämlich die erste Schweißlage zu dünn, so ist es bei großer Dicke der zu verbindenden Querschnitte schon vorgekommen, daß die erste Schweißlage wegen der Schrumpfspannungen gerissen ist, eine solche Gefahr ist um so größer, je mehr die durch die Stumpfnäht zu verbindenden Teile dem Schrumpfen Widerstand leisten. Man tut daher gut, bei langen Bauteilen großen Querschnitts schon die erste Schweißlage auf Schrumpfrisse durch Röntgenstrahlen prüfen zu lassen. Es ist dies deshalb zweckmäßig, weil dann die Kosten für die Be-

seitigung solcher Fehler viel kleiner sind, als wenn die Fehler erst festgestellt werden, wenn die Schweißnaht schon vollständig verfüllt ist. Mit Vorteil hat man die beiden zu verschweißenden Bauteile durch Zugvorrichtungen oder Pressen während der Abkühlung der Schweißbraupe einander genähert, weil hierdurch die Reibung der zum Schweißen aufgelegten Bauteile vermindert wird, so daß sie leichter dem Schrumpfen folgen können. Bei dicken Stumpfnähten hat es sich auch als zweckmäßig erwiesen, von *einer* Seite zunächst nur etwa ein Drittel zu verschweißen, dann nach Bloßlegen der Wurzel zunächst die Gegenseite zuzuschweißen und zum Schluß erst vollständig die andere Seite zu verfüllen (s. Fig. 11). Auch ein Erwärmen¹⁰ der Bauteile bis zur Abkühlung der ersten Schweißlage vermag die Gefahr der Rißbildung zu vermindern. Zur Untersuchung der Stumpfnähte, selbst bei Dicken von 80 bis 100 mm, haben sich Röntgenstrahlen als ausgezeichnet erwiesen. Mittels der Röntgendurchleuchtung ist es gelungen, nach und nach vollständig einwandfreie Stumpfnähte zu erzielen, nachdem zuvor mehrmals die Beseitigung mangelhafter Schweißnähte verlangt wurde. Die Nachprüfung mittels Röntgenstrahlen hat sich als außerordentlich

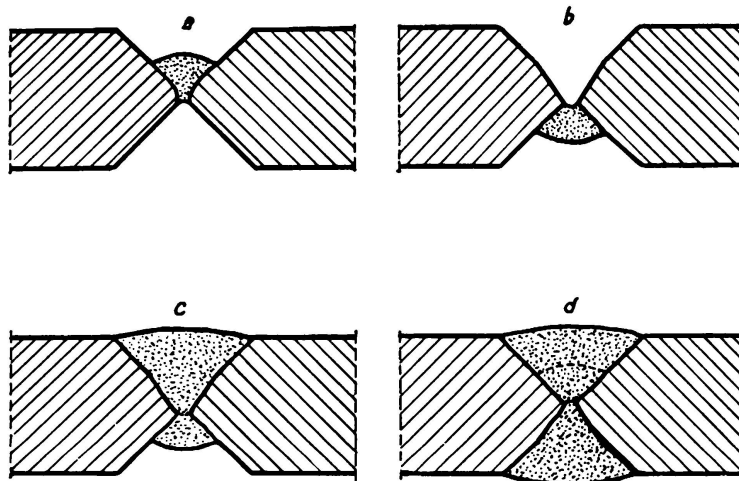


Fig. 11.

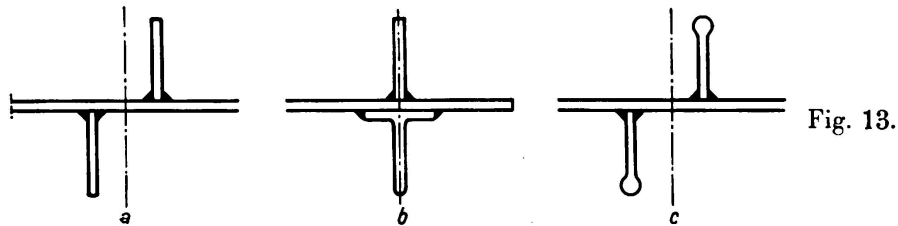
- a) Schweißen von einer Seite.
- b) Drehen und Freilegen der Wurzel. Röntgen.
- c) Ausschweißen der Wurzel und verfüllen.
- d) Drehen und verfüllen. Röntgen.

erzieherisch ausgewirkt, und man kann den Schweißern gut zeigen, auf was es dabei ankommt. Nachdem die Stahlbauunternehmen sich — wie es bei Brückenschweißungen grundsätzlich verlangt wurde — eigene Röntgenapparate beschafft hatten, haben sich die Firmen, die sich anfänglich nur ungern die Apparate beschaffen wollten, von dem großen Wert und der Bedeutung der Durchstrahlung überzeugt und gehen immer mehr dazu über, grundsätzlich schon in der Werkstatt alle wichtigen Schweißnähte zu durchleuchten, damit sie nicht Gefahr laufen, erst am fertigen Bauwerk nach Durchleuchten der Schweißnähte durch Bedienstete des Auftraggebers schlechte Schweißnähte zurückgewiesen zu bekommen.

¹⁰ Siehe Bierett „Stahlbau“ 24. April 1936.

C. Aussteifungen.

Daß sowohl die Gurtungen aus Breitflachstählen als auch aus Sonderprofilen nach Fig. 5 a, b, c sorgfältiger, nämlich *spaltlos*, gegeneinander abgestützt werden müssen, als bei genieteten Trägern, war von vornherein klar, da die dünne Naht zur Verbindung der schweren Gurtplatten mit dem verhältnismäßig dünnen Steg nicht so widerstandsfähig ist gegen seitliche Kräfte (insbesondere im Druckgurt) als die durch die Gurtwinkel erzielte gute Aussteifung. Auch verlangte man für die Stegblechsaussteifungen kleinere Abstände als bei genieteten Bauwerken. Während man im Anfang die Aussteifungen unbedenklich an beide Gurtungen anschweißte, haben die Dauerfestigkeitsversuche mit Kehlnähten senkrecht zur Krafrichtung und mit beginnenden oder endigenden Flankenkehlnähten später zu der Erkenntnis geführt, daß wegen der bedeutenden Herabsetzung der Dauerfestigkeit in solchen Fällen das Anschweißen der Aussteifungen und Trägeranschlüsse im Zuggurt im Brückenbau verboten werden müsse. Man half sich mit scharf eingepaßten Unterlagsplättchen (Fig. 12, siehe Fig. 12 V, Referat III a 1), die man nur mit den Aussteifungen selbst verschweißen darf. An Punkt A, von dem ab die Aussteifungen am Stegblech angeschweißt werden dürfen, darf die Biegespannung im Stegblech nicht größer als $\sigma = a \cdot \sigma_{zul}$ sein.



Die Stegblechsaussteifungen¹¹ werden meist aus Flachstählen Fig. 13a, \perp -Stählen (Fig. 13b) oder Wulststählen (Fig. 13c), manchmal auch aus \perp -Stählen oder Schienen gebildet. Um eine Häufung der Schweißnähte am Stegblech zu vermeiden, versetzt man die Aussteifungen (Fig. 13a und c) oder man verwendet auf einer Seite Flachstähle, auf der anderen Seite \perp - oder $\bar{\perp}$ -Stähle.

Die Nähte zur Verbindung der Aussteifungen mit dem Stegblech sollen nicht dicker als notwendig sein. Bei kleinen Brücken genügt ein Kehlnaß $a = 3$ bis 4 mm. Wegen der Schrumfspannungen, die durch die Aussteifungen beim Aufschweißen ins Stegblech kommen, schweißt man meist die Aussteifungen auf die Stegbleche, ehe diese an die Gurtung angeschweißt werden.

D. Fahrbahnträger.

1. Fahrbahnlängsträger.

Die Fahrbahnlängsträger müssen an den Querträgeranschlüssen grundsätzlich durchschießende Platten bekommen. Diese Anordnung ist beim Anschweißen der Längsträger an die Querträger noch wichtiger als beim Nieten, denn die Schweißnähte, die ähnlich beansprucht werden wie auf Kopfabreißen be-

¹¹ Siehe Schaper: „Feste stählerne Brücken“, S. 63.

anspruchte Niete sind gegen eine solche Beanspruchungsart noch empfindlicher als genietete Anschlüsse. Es treten dabei natürlich gewisse Einspannungsmomente auf, die — um eine umständliche Berechnung zu vermeiden — nach den Deutschen Vorschriften für Eisenbahnbrücken, wie folgt, zu berücksichtigen sind:

Tafel 12

1	2	3	4
Nr.	Bezeichnung	$\gamma' \cdot M_0$	
		St 37	St 52
1	Feldmoment in den Endfeldern und an den Fahrbahnunterbrechungen	1,0 M_0	1,2 M_0
2	Feldmoment in den Mittelfeldern	0,8 M_0	1,1 M_0
3	Stützmoment an Zwischenlängsträgern	0,75 M_0	0,9 M_0

M_0 ist das größte Biegemoment bei einem auf zwei Stützen frei aufliegenden Fahrbahnlängsträger.

In den Beiwerten (γ') der Tafel, Spalten 3 und 4, ist die Dauerfestigkeit berücksichtigt.

Die durchschießenden Platten an den Fahrbahnlängsträgern sind mit den Werten der Tafel, Spalten 3 und 4, Zeile 3, zu berechnen.

Die Anschlüsse sind für einen gedachten Auflagerdruck $\max A' = 1,2 (A_g + \varphi \cdot A_p)$ zu bemessen. Dabei ist $\gamma = 1$ zu setzen.

Da bei den durchschießenden Platten die zum Anschluß an die Obergurte der Fahrbahnlängsträger dienenden Kehlnähte als an den Querträgern unterbrochen zu betrachten sind (Beispiel siehe Fig. 14), so hat man es bei B und C mit beginnenden oder endigenden Kehlnähten zu tun, bei denen die zulässige Spannung entsprechend ermäßigt werden muß.

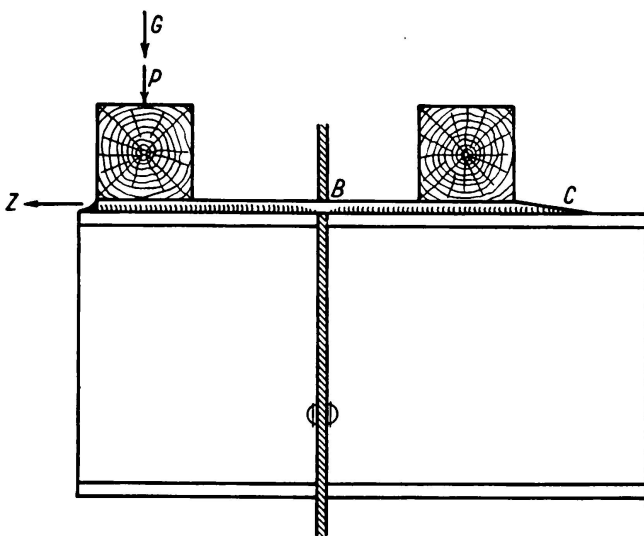


Fig. 14.

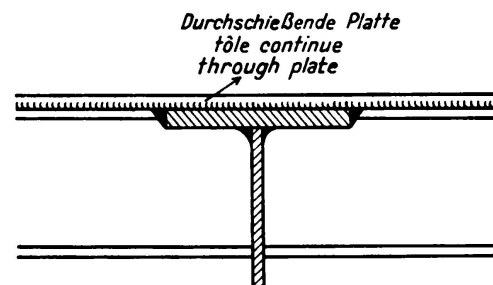


Fig. 15.

¹² Nähere Begründung siehe *Kommerell*, Erläuterungen Teil II, S. 61. Beispiele für die Berechnung siehe ebenda S. 107—117.

Liegt, wie in Fig. 15, die Oberkante der Fahrbahnlängsträger ebenso hoch wie diejenige des Querträgers, so dürfen die Längsträger mit den Querträgern durch Stumpfnähte und die durchschießenden Platten auch mit den Querträgern verschweißt werden. Namentlich bei den Stirnkehlnähten auf den Querträgern zur Verbindung der durchschießenden Platten mit den Querträgern sind ganz allmähliche Übergänge von den Nähten zum Blech zu schaffen (leichte Stirnkehlnähte).

Bei großen Brücken, bei denen die Fahrbahn erst auf der Baustelle eingebaut werden kann, geht man zweckmäßig so vor, daß zuerst der in der Brückenmitte oder in dessen Nähe liegende Querträger an die Hauptträger angeschlossen wird, dann werden die an diesen Querträger anzuschließende Längsträger angeschweißt und die durchschießenden Platten aufgebracht, sodann werden die folgenden Querträger an die fertig eingebauten Längsträger angeschweißt. Ist dies erledigt, dann erst werden diese Querträger an die Hauptträger angeschlossen. In dieser Weise wird bis zu den Endquerträgern fortgefahren, die letzten Endlängsträger werden erst auf der Baustelle auf die notwendige Länge abgelängt. Auf diese Weise entstehen möglichst wenig Schrumpfspannungen.

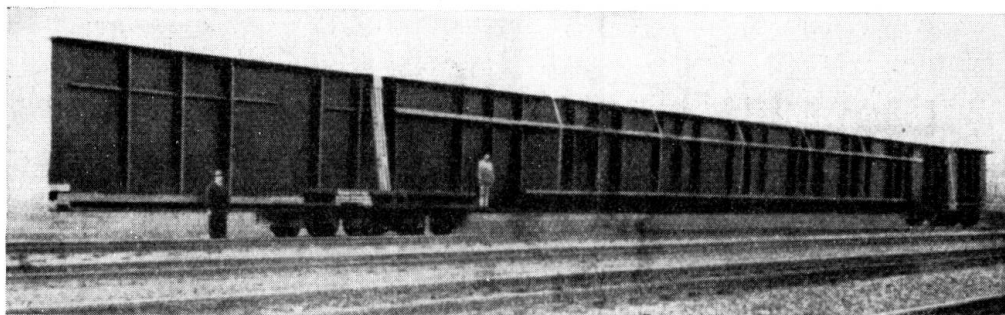


Fig. 16.

2. Querträger.

Für die Querträgeranschlüsse bei Eisenbahnbrücken gelten folgende Vorschriften:

Die Anschlüsse der Querträger an die Hauptträger sind so zu bemessen, daß ein Einspannmoment $\max M$ von mindestens 25 % des größten Feldmoments der Querträger aufgenommen werden kann.

Der Auflagerdruck der Querträger auf die Hauptträger ist nach der Formel

$$\max A' = 1,2 \cdot (A_g + \varphi \cdot A_p)$$

zu berechnen.

Das Einspannmoment des Querträgers am Hauptträger kann nicht größer sein als der Widerstand, den der Hauptträger dem Verdrillen infolge der Durchbiegung des Querträgers entgegenstellen kann. Um die etwas umständliche Berechnung nicht in jedem Fall durchführen zu müssen, wurden 25 % vorgeschrieben. Dieser Wert dürfte im allgemeinen ausreichen.¹³

¹³ Beispiele zur Berechnung eines Querträgers und des Verdrillungsmoments siehe *Kommerell*, Erläuterungen Teil II, S. 117—124.

Bei Brücken,¹⁴ deren Hauptträger in einem Stück zur Baustelle befördert werden — z. B. sind Träger mit 61,7 m Länge und 3,82 m Höhe auf der Bahn befördert worden (Fig. 16) — kann Baustellenschweißung dadurch vermieden werden, daß die Anschlußteile für die Querträger- oder Querrahmen bereits in der Werkstatt angeschweißt werden und die Zwischenstücke auf der Baustelle mit genieteten Stößen eingefügt werden (Fig. 17). Müssen alle Stöße auf der Baustelle geschweißt werden, so sind die Querträgerstöße zweckmäßig in die Nähe der Momentennullpunkte zu verlegen. Auch hierbei muß durch Beiziehen dafür gesorgt werden, daß die Schrumpfspannungen sich nicht schädlich auswirken können.

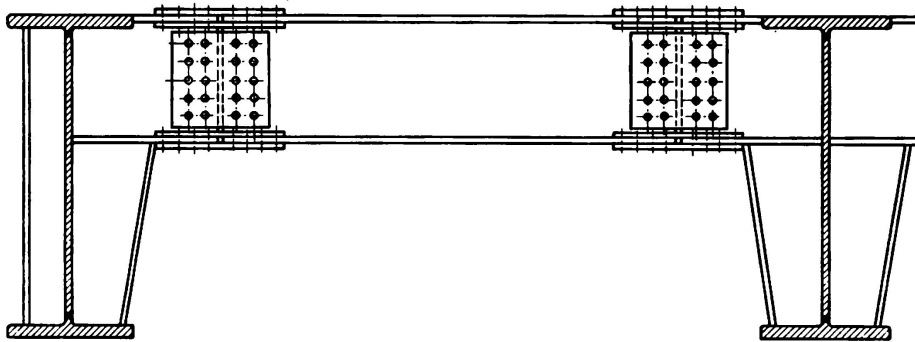


Fig. 17.

Querträger und Querrahmen dürfen an Gurtungen, die nur Druck bekommen, mit Stumpfnah angeschweißt werden (s. Fig. 18). In Wechselgurten — wie sie über den Stützen durchlaufender Träger vorkommen können — muß bei einem solchen Anschweißen die zulässige Spannung entsprechend den Vorschriften herabgemindert werden.

Trotz Ausklinkungen sind, wie in Fig. 19 angedeutet, schon Risse entstanden. Man wird also die Stumpfschweißung vorziehen.

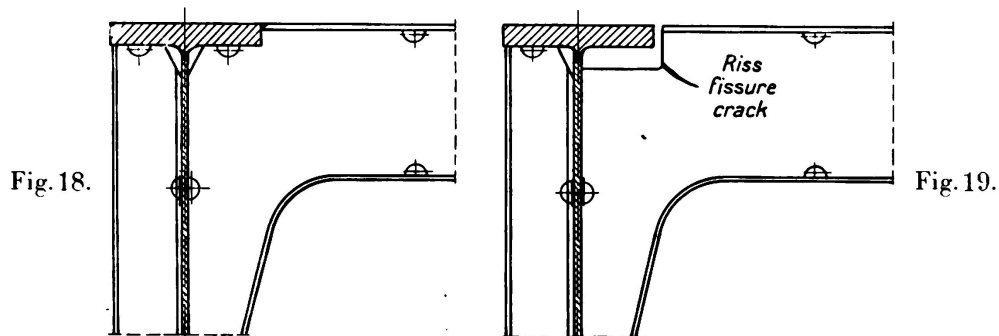


Fig. 18.

Fig. 19.

E. Wind-, Quer-, Brems- und Schlingerverbände.

Für solche Verbände gelten bei uns folgende Vorschriften:

1. Diese Verbände sind nach denselben Grundsätzen, wie bei genieteten Brücken zu berechnen. Insbesondere sind die Abmessungen der Füllstäbe

¹⁴ Siehe *Schächterle*: Der geschweißte Vollwandträger, im „Bauingenieur“, 17. April 1936, S. 135 und 136.

ohne Berücksichtigung wechselnder oder schwellender Beanspruchung zu berechnen. Die zulässigen Spannungen sind:

- bei St. 37 $\sigma_{zul} = 1000 \text{ kg/cm}^2$
- bei St. 52 $\sigma_{zul} = 1500 \text{ kg/cm}^2$

2. Bei den Anschlüssen der Füllstäbe an die Knotenbleche darf die errechnete Spannung in den Nähten höchstens

$$\sigma = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{S}{F} \leq \sigma_{zul}$$

sein, wo

- bei Stümpfnähten $\alpha = 0,8$
 - bei Stirnkehlnähten oder beim Beginn von Flankenkehlnähten $\alpha = 0,65$ bei St. 37
 - und $\alpha = 0,55$ bei St. 52
- zu setzen ist.

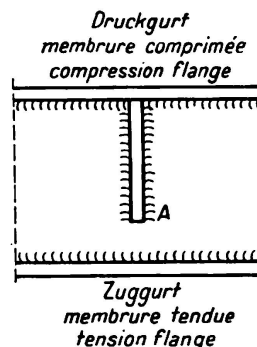
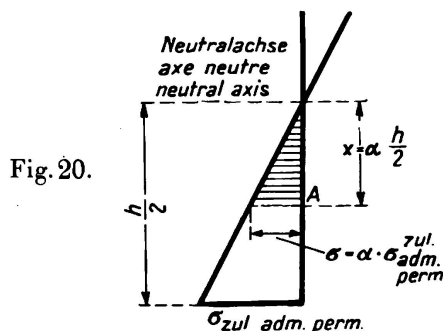
Wechselnde und schwellende Beanspruchungen werden, wie bei genieteten Brücken, einfach dadurch bei den Verbänden berücksichtigt, daß die zulässige Spannung auf $\sigma_{zul} = 1000 \text{ kg/cm}^2$ bei St. 37 und $\sigma_{zul} = 1500 \text{ kg/cm}^2$ bei St. 52 herabgesetzt wird.

3. Werden die Knotenbleche an den Gurtungen angeschweißt, so ist zu beachten, daß die Spannungen in den Gurtungen entsprechend den α -Werten herabgesetzt werden müssen.

In manchen Fällen wird man die Knotenbleche der Verbände lieber an die Gurtungen annieten (Nietschwächung im Zuggurt!). Würde man die Füllstäbe an die Knotenbleche anschweißen, so würden wegen der auftretenden Schrumpfspannungen die Spannungen unklar und unübersichtlich, es empfiehlt sich daher, die Füllstäbe der Verbände an die Knotenbleche anzunieten.

„Irgendwelche Bauteile z. B. Aussteifungen oder Trägeranschlüsse, dürfen erst von da ab durch Kehlnähte an das Stegblech im Zugteil angeschlossen werden, wo die Biegespannung im Stegblech höchstens

$$\sigma = \alpha \cdot \sigma_{zul} \quad \text{ist (Fig. 20).}$$



Der Abstand x von der Neutralachse wird

$$x = \frac{h}{2} \cdot \frac{\alpha \cdot \sigma_{zul}}{\sigma_{zul}} = \alpha \cdot \frac{h}{2}$$

Der Wert α ergibt sich aus den Tafeln 2 V und 3 V, Zeilen 14 und 16 der Vorschriften.“

Diese Vorschrift ist vollständig neu und ist sehr wichtig. Wohl hat man gewußt,¹⁵ daß die Aussteifungen nicht im Zuggurt angeschweißt werden dürfen. Ein Dauerfestigkeitsversuch in der Staatlichen Materialprüfungsanstalt in Dahlem mit einem geschweißten Blechträger, bei dem die Aussteifung nur etwas in die Zugzone hinein, also nicht ganz herabgeführt war (Fig. 21), hat gezeigt, daß hier Vorsicht am Platze ist, denn der Dauerbruch ging von Punkt A aus (beginnende Kehlnaht!).

Die im Arbeitsausschuß vertretenen Materialprüfanstalten hielten es für unbedenklich, daß die Aussteifungen oder Trägeranschlüsse im Druckgurt mit der Gurtung verschweißt werden. Dies ist sehr wichtig, weil sonst bei hohen Trägern und beim Auftreten großer Seitenkräfte, wie z. B. bei offenen Brücken, die bauliche Durchbildung am Anschluß der Gurtplatten an den Steg umständlich geworden wäre. Man hätte in vielen Fällen keilförmige Plättchen zwischen Gurtung und Aussteifung verwenden müssen.

F. Musterentwurf einer geschweißten, vollwandigen Eisenbahnbrücke.

Nachdem die neuen Reichsbahnvorschriften für geschweißte, vollwandige Eisenbahnbrücken über ein halbes Jahr eingeführt und eine größere Anzahl von Brücken nach diesen Vorschriften ausgeführt sind, werden z. Z., ähnlich wie für genietete Brücken bereits geschehen, auch Musterentwürfe für geschweißte, vollwandige Eisenbahnbrücken aufgestellt. In Fig. 22 werden die wichtigsten Teile eines zwar noch nicht genehmigten Entwurfs für eine vollwandige Brücke mit unbeschränkter Bauhöhe und durchgehender Bettung von 18 m Stützweite gezeigt. Die Trägerhöhe beträgt etwa $\frac{1}{10}$ der Stützweite, der Hauptträgerabstand 2,50 m und der Querträgerabstand bei 7 Feldern $\approx 2,57$ m. Die Hauptträgergurte gehen in einer Dicke ungestoßen durch. Auf die Möglichkeit, bei Verwendung von Wulstflachstählen die Stumpfnäht zwischen den Gurten und dem Stegblech gut röntgen zu können, ist bereits hingewiesen. Die Obergurte der rahmenartig ausgebildeten Querträger sind mit den Gurten der Hauptträger durch Stumpfnähte verbunden. Zwischen den Hauptträgeruntergurten (Zuggurten) und den Querträgern sind ebenso wie zwischen den Hauptträgeruntergurten und den Aussteifungen Plättchen vorgesehen, die nach Herstellung der Schweißung scharf einzupassen sind. Die Aussteifungen der Hauptträger bestehen an den Querträgeranschlüssen aus IP — 16 und in den Feldmitten aus geteilten I — 34 und Flachstählen. Der Entwurf ist nach den neuen Vorschriften berechnet und unter Berücksichtigung der bisherigen Erfahrungen durchgebildet worden.

III. Verstärkung alter genieteteter Fachwerkbrücken durch Schweißung.

A. Stoßverstärkung eines Untergurtstabes.

Die im Jahre 1932 ausgeführte Schweißung bezweckte die unzureichend erschienene Deckung des Stegblechstoßes durch Aufschweißen von Verstärkungs-

¹⁵ Kommerell, Erläuterungen zu den Vorschriften für geschweißte Stahlbauten, 4. Auflage, I. Teil: Hochbauten, S. 51, Berlin 1934, Wilhelm Ernst & Sohn.

laschen — 50.15 zu verstärken. Diese Verstärkung entspricht nicht mehr den aus Dauerfestigkeitsversuchen gewonnenen Erkenntnissen. Es ist zu befürchten, daß wegen der beginnenden und endigenden Flankenkehlnähte und der Stirn-

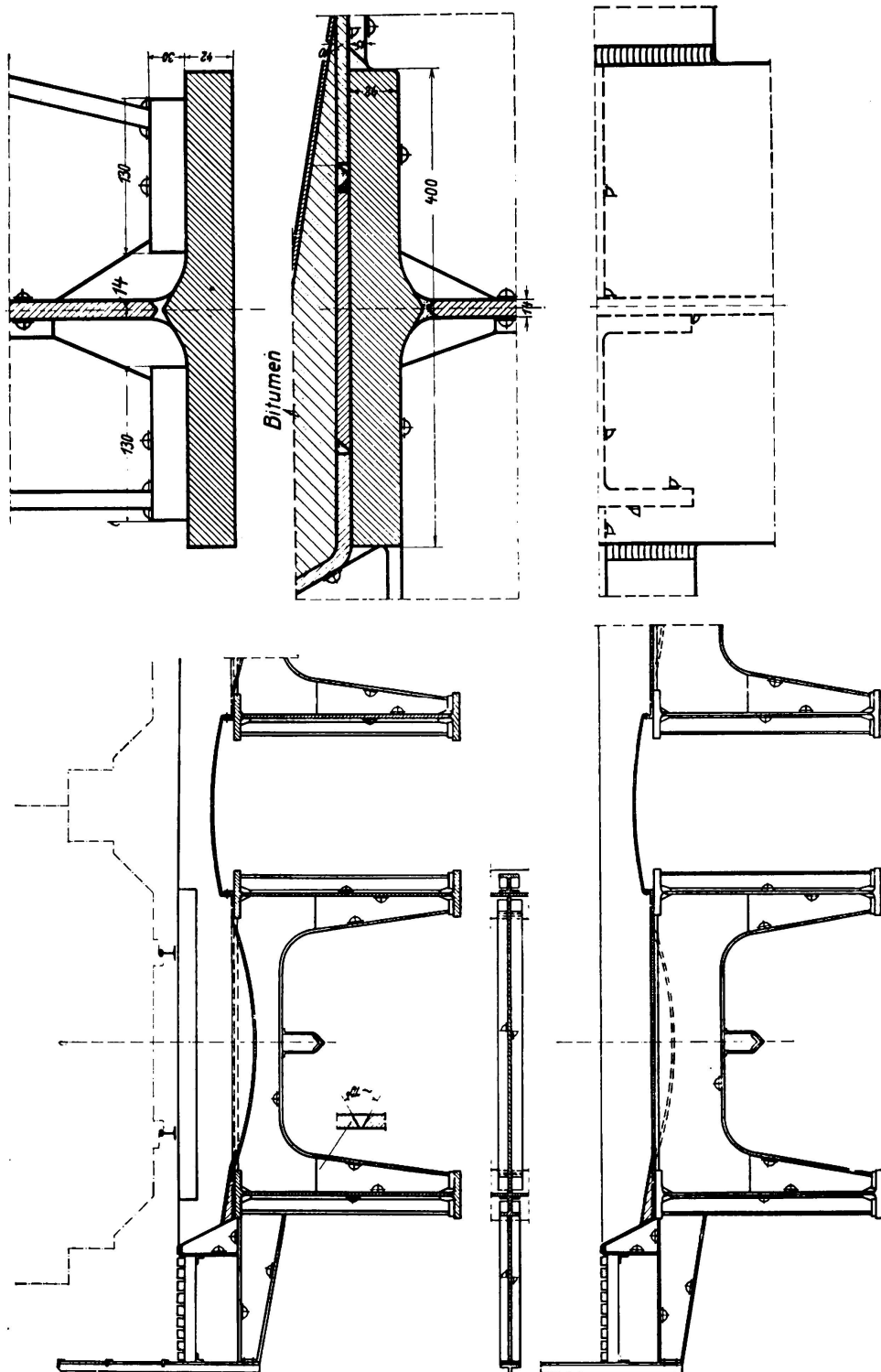


Fig. 22.

kehlnähte, die quer zur Kraftrichtung liegen, nach einiger Zeit Dauerbrüche an den Enden der Verstärkungslaschen und zwar im unverstärkten Untergurtstab eintreten. Jedenfalls kann nicht darauf gerechnet werden, daß wie bei einer

neuen Brücke $2 \cdot 10^6$ Lastwechsel bei voller Ausnutzung der zulässigen Spannungen erreicht werden. Die aufgeschweißten Verstärkungslaschen müßten nach den heutigen Erfahrungen bis in die Fachwerkknotenpunkte hineingeführt werden. Etwas verbessert könnte die vorgenommene Verstärkung dadurch werden, daß die Enden der Flankenkehlnähte und die Stirnkehlnähte zur Erzielung eines allmählichen Übergangs zur Blechebene bearbeitet werden. Aber auch dann kann günstigenfalls die Lebensdauer der Brücke nur um einige Jahre verlängert werden. (Fig. 23).

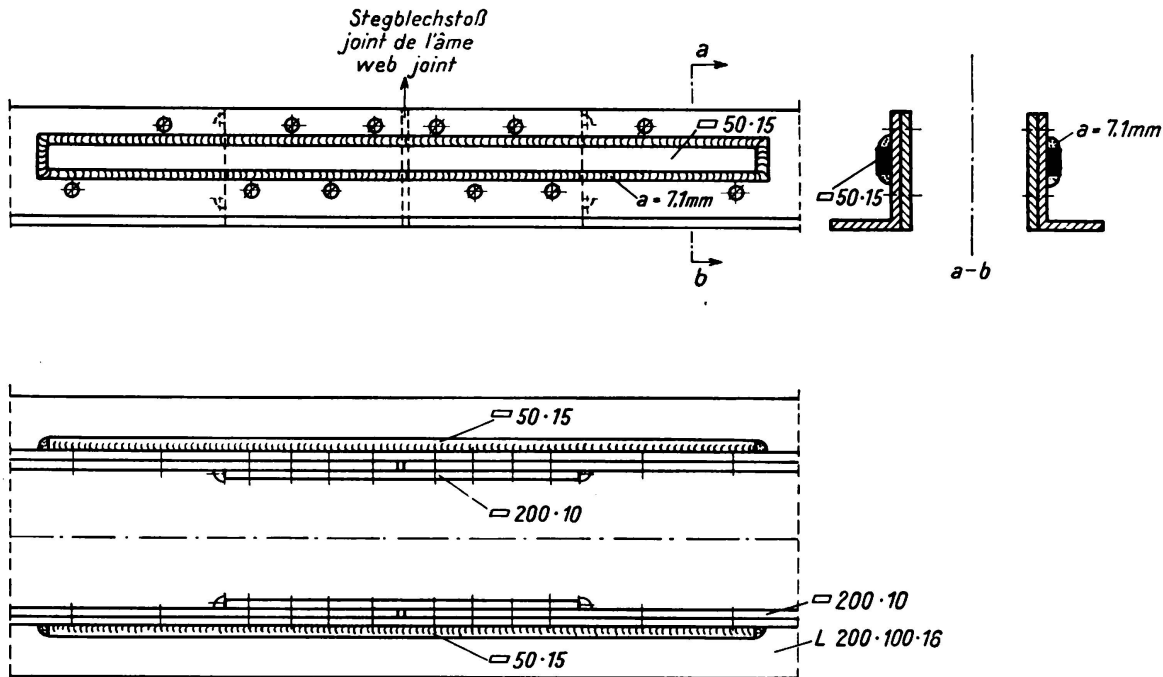


Fig. 23.

B. Verstärkung der Pfosten einer Fachwerkbrücke.

Im Jahre 1931 wurden sämtliche Pfosten der Brücke zur Erzielung größerer Sicherheit gegen seitliches Ausweichen der Druckgurte der oben offenen Brücke durch aufgeschweißte Platten — $180 \cdot 14$ verstärkt. Im allgemeinen enden diese Verstärkungsplatten etwa 10 cm unterhalb der Unterkante der 14 mm dicken Obergurtnotenbleche (Fig. 24). Die Verstärkungsplatten sind s. Z. mit beiderseitigen unterbrochenen Flankenkehlnähten, mit in den Zwischenräumen liegenden dünnen Dichtungsnahten und einer Dichtungsnaht vor dem Stirnende aufgeschweißt worden. An diesen Verstärkungen haben sich keine Schäden gezeigt.

Bei zwei Pfosten kamen die sonst gleich langen Verstärkungsplatten — $180 \cdot 14$ nahe an die Unterkanten der hier größeren Knotenbleche heran (Fig. 25 Punkt A). Da nun keine Möglichkeit mehr bestand, wie sonst eine dünne Kehlnaht zu schweißen, wurde die so entstandene Fuge A einfach überschweißt (Fig. 26). An einer Stelle ist diese Überschweißungsnaht eingerissen.

Da hier die Verstärkungsplatte — $180 \cdot 14$ mit dem Knotenblech verbunden wurde, gingen auch Spannungen aus der Verstärkungsplatte unmittelbar ins Knotenblech über. Durch die Kerbwirkung der Fuge unter der Überschweißung

ist wohl infolge der dynamischen Beanspruchung der Anriß in der Naht entstanden.¹⁶⁾

Wenn schon die Verstärkungsplatte mit dem Knotenblech verschweißt werden sollte, so hätten zur Herstellung einer ordnungsgemäßen V-Naht die Knotenblechkante schräg abgearbeitet und auch das Ende der Verstärkungsplatte für eine V-Naht vorbereitet werden müssen (Fig. 27).

Die Schadnaht mußte ausgestemmt und durch eine ordnungsgemäße V-Naht ersetzt werden.

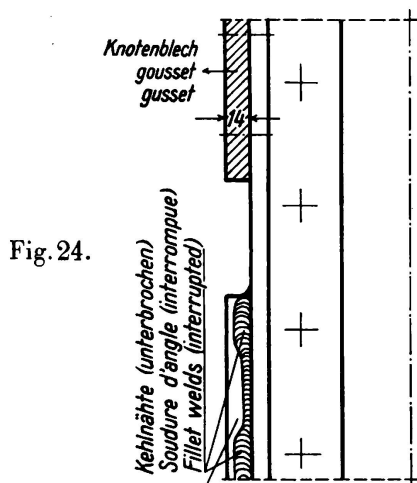


Fig. 24.

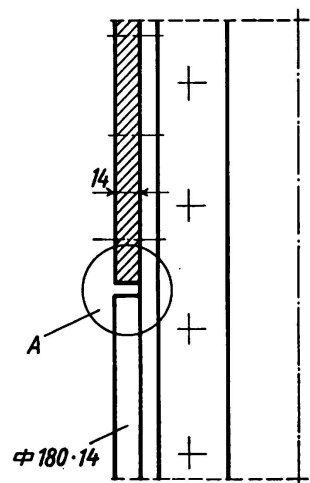


Fig. 25.

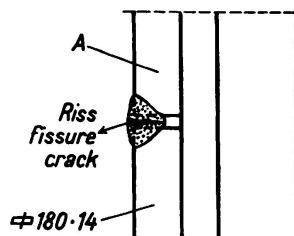
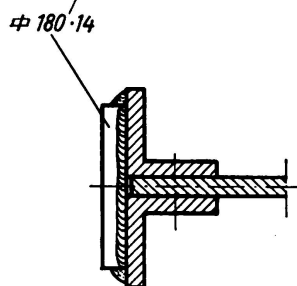
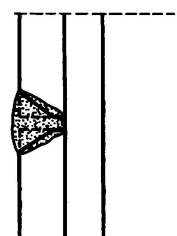


Fig. 26



Ftg. 27.

C. Verstärkung der Streben einer Fachwerkbrücke.

Wie wichtig es ist, bei Stabverstärkungen für eine einwandfreie Überleitung der von den Verstärkungsteilen aufzunehmenden Kräfte in die Knotenpunkte zu sorgen, zeigt folgendes Beispiel:

Die in Fig. 28 dargestellten Streben einer Fachwerkbrücke wurden im Winter 1930/31 durch Schweißung verstärkt. Erfahrungen lagen damals noch nicht vor, die ersten Schweißvorschriften kamen im Mai 1931 heraus. Die beiderseits auf die Stege der \square -Eisen aufgeschweißten Verstärkungsflacheisen A endeten hinter dem ersten, vorher versenkten Niet des Stabanschlusses (Fig. 28). Den Stabansschluß selbst glaubte man nach Ausweis der Rechnung genügend verstärkt zu haben, indem man das Ende des Stabes und die Beiwinkel mittels

¹⁶ Über die ungünstige Wirkung von Kerben, siehe Kommerell, Erläuterungen zu den Vorschriften für geschweißte Stahlbauten, I. Teil, 1934, S. 39, Punkt c und Bilder 13 und 14.

Kehlnähten mit dem Knotenblech verband und auch die abstehenden Schenkel der Beiwinkel mit den abstehenden Flanschen der \square -Eisen verschweißte.

Dreivierteljahr nach der Verstärkung riß, wie in Fig. 28 eingetragen, der Steg eines \square -Eisens unmittelbar vor der Stirnkehlnaht des Verstärkungsflacheisens.

Als Ursachen des Dauerbruchs sind anzusehen:

- a) *Spannungshäufung* im gerissenen \square -Eisenquerschnitt, weil die Kräfte aus dem Verstärkungsflacheisen bei dieser Lösung erst durch den schon unter Spannung stehenden \square -Eisensteg anstatt unmittelbar auf das Knotenblech geleitet wurden.
- b) *Kerbwirkung der Stirnkehlnaht*, verstärkt durch die im gleichen Querschnitt liegenden Nietschwächungen des \square -Eisens.
- c) *Hohe Schrumpfspannungen*. Da der Stab während des Schweißens an beiden Enden fest vernietet ist, so entstehen hohe Schrumpfspannungen beim Abkühlen der Schweißnähte, denen zwar durch Erwärmen des Stabes während des Schweißens begegnet werden könnte. Doch ist hierbei — da ja der Stab unter Spannung durch das Eigengewicht der Brücke steht — Vorsicht am Platze. Die durch die Schweißung entstehenden Schrumpfspannungen lassen sich kaum berechnen, da im plastischen Bereich wegen Änderung des Elastizitätsmoduls das *Hook'sche* Gesetz nicht mehr gilt. Die tatsächlichen Spannungsverhältnisse werden daher sehr unklar und unsicher.

Die Anschlüsse der übrigen Schrägstäbe der Brücke wurden sogleich mit Behebung des erläuterten Schadenfalles, wie im Bild 29 gezeigt, nachträglich derart verbessert, daß die ursprünglichen Verstärkungen mittels hochkantig gestellten Flacheisenlaschen B mit den Knotenblechen verbunden wurden.

Nach einer weiteren Betriebsdauer von 4 Jahren und 5 Monaten, im Frühjahr 1936, zeigten sich fast gleichzeitig bei 5 Schrägstäben Risse wie in Fig. 29 dargestellt, die von einer Ecke der \square -Eisen, die zwischen abgearbeitetem \square -Eisenflansch und dem stehen gebliebenen \square -Eisensteg gebildet wird, zu dem nächstgelegenen Nietloch führten.

Diese Risse sind auf Kerbwirkung zurückzuführen, da an dieser Stelle die Kräfte aus dem abstehenden \square -Eisenflansch in das Stegblech abgeleitet werden. Es tritt klar hervor, daß beim Schweißen die Kerbfahr viel größer ist als beim Nieten, denn erst durch die Verstärkungsschweißung wurden sowohl Beiwinkel als auch \square -Eisen mit dem Knotenblech vollkommen starr verbunden. Hätte man von vornherein die Verstärkungsteile bis auf die Knotenbleche heraufgeführt, und auch die Verschweißung der Beiwinkel und der Stabköpfe unterlassen, so wären möglicherweise Schäden vermieden worden.

Nach dem heutigen Stande der Schweißtechnik würde man besser die beiden \square -Eisen der Streben durch einen Steg verbinden, der, ohne die vorhandene Nietung der Stabanschlüsse wesentlich zu beeinflussen, leicht bis weit in den Knotenpunkt hineingeführt werden kann.

Bemerkenswert ist, daß sich die Kerbrisse nach Fig. 28 schon nach drei-

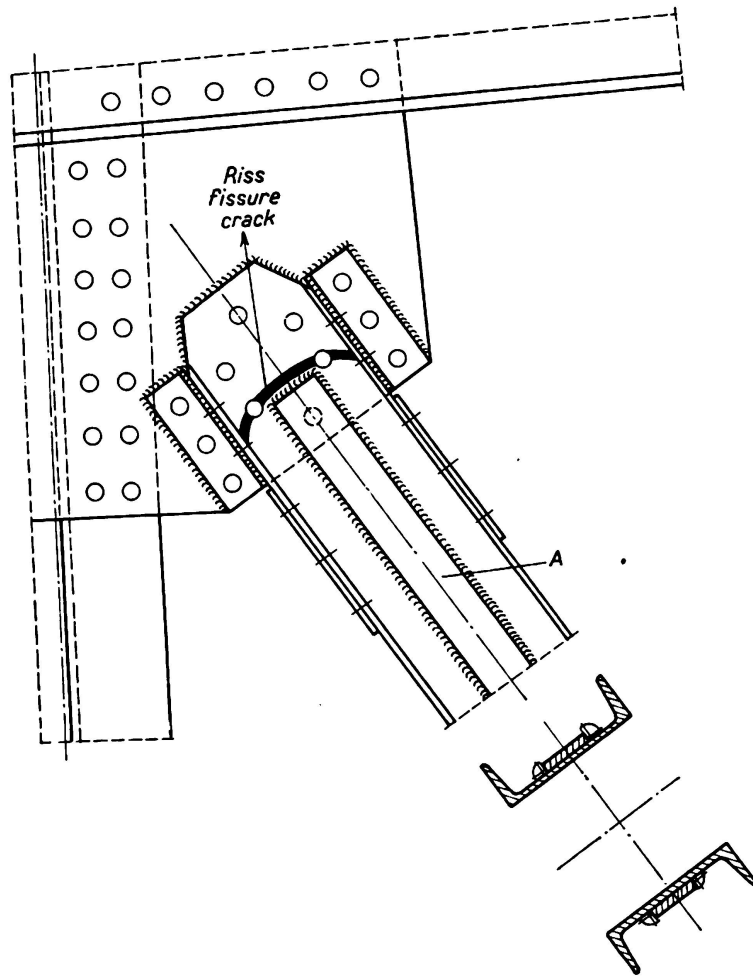


Fig. 28.

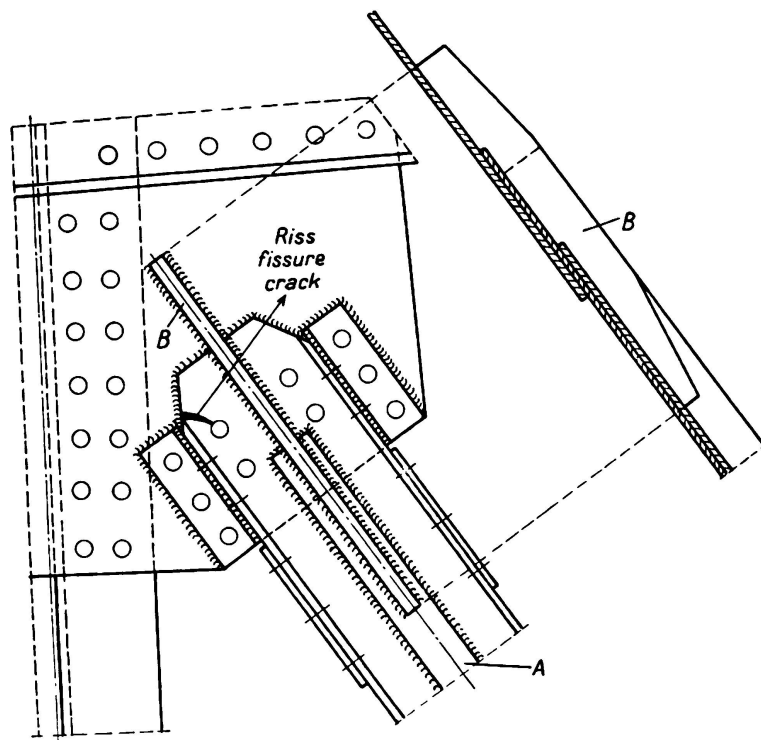


Fig. 29.

vierteljähriger Betriebsdauer, die Kerbrisse nach Fig. 29 erst nach einer solchen von 4 Jahren und 5 Monaten einstellten.

Es zeigt sich also, daß bei Verstärkung genieteter Brücken durch Schweißung große Vorsicht am Platze ist. Klarer würden die Verhältnisse, wenn die Brücke vor dem Schweißen abgestützt und die Verbindung des Stabes, wenigstens an einem Knotenpunkt, bis zur völligen Abkühlung gelöst würde. Damit geht allerdings der erhoffte Hauptvorteil beim Verstärken durch Schweißen verloren.

D. Aussteifung schlaffer Schrägstäbe durch Schweißung.

An einer älteren genieteten Brücke wurden die aus zwei Flacheisen bestehenden Zugstreben durch Schweißung zu steifen Stäben verstärkt. Bei der in den Fig. 30 und 31 gezeigten Brücke wurden zwischen die Flacheisen der Zugstreben Stegbleche eingeschweißt, aus denen zur Gewichtsersparnis bereits vor dem Schweißen Öffnungen herausgeschnitten waren. [Es muß hierbei darauf



Fig. 30.



Fig. 31.

geachtet werden, daß die Versteifungsstege möglichst weit in die Knotenpunkte hineingeführt und die dort endenden Flankenkehlnähte zur Herabminderung der Kerbgefahr sorgfältig bearbeitet werden (Allmählicher Übergang)]. Durch das Einschweißen der Verstärkungsteile haben sich die ursprünglich schlaffen Diagonalen zusammengezogen und wurden erfreulicherweise gespannt. Trotzdem bleibt die Verstärkung ein Notbehelf, um die Lebensdauer der Brücke wenigstens für einige Jahre zu verlängern. Hier gilt bezüglich der unklaren Spannungsverhältnisse das im vorhergehenden Beispiel Gesagte.

In Fig. 32 ist dargestellt, wie bei einer anderen älteren Brücke die Flacheisenstreben durch Einnieten von \square -Eisen verstärkt wurden. Die Schweißung ist nur zur Verstärkung des Nietanschlusses im Knotenpunkt verwendet worden, da das Knotenblech bereits reichlich durch Nietbohrungen geschwächt und ein Weiterführen des \square -Eisens in den Knotenpunkt nicht möglich war. Die Arbeiten wurden im Jahre 1931 ausgeführt. Man hielt, damals noch ohne praktische und Versuchserfahrungen, diese Lösung für angängig. Nach den heutigen Er-

kenntnissen dürfen sowohl die vorhandenen Zugstreben als auch deren Anschlüsse nicht noch zusätzlich durch den Schweißanschluß des Verstärkungsteils beansprucht werden (Schäden siehe unter C.). Der Verstärkungsteil, hier ein \square -Eisen, muß unmittelbar an das Knotenblech angeschlossen werden, die Futterbleche müssen vor Inanspruchnahme durch den Anschluß bereits angeschlossen sein. Wenn auch noch keine Schäden aufgetreten sind, so ist doch anzunehmen, daß infolge von Spannungshäufungen und Kerbwirkung durch die Stirnkehlnähte die Lebensdauer der Brücke eine beschränkte ist.

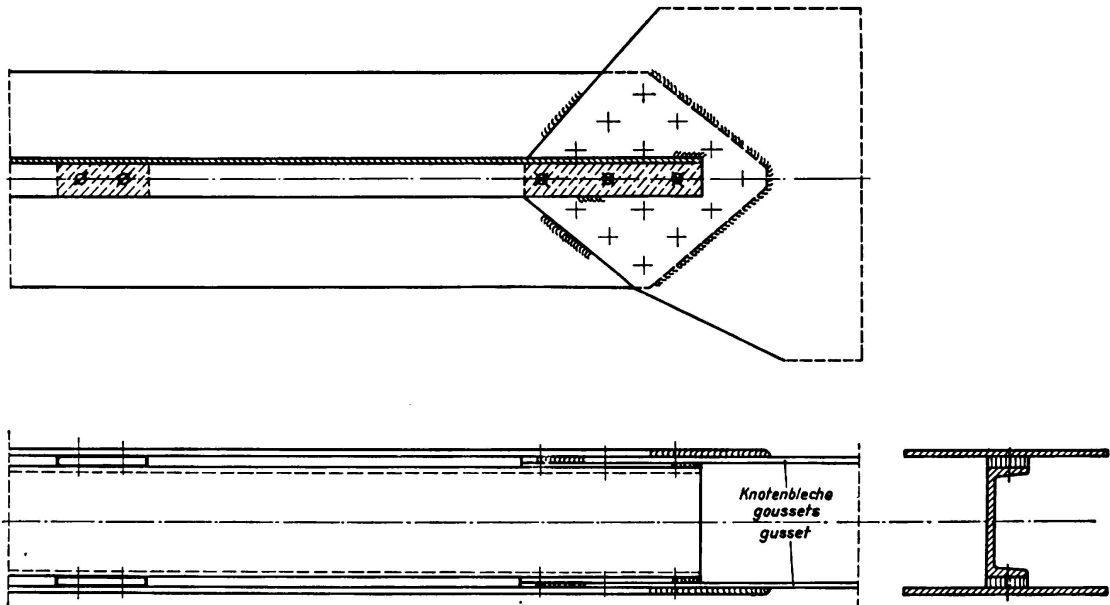


Fig. 32.

III d 7

Erfahrungen bei ausgeführten Bauwerken in Jugoslawien.

Observations sur les ouvrages exécutés en Yougoslavie.

Experience obtained with Structures Executed in Yugoslavia.

N. Lancoš,

Ingenieur, Sektionschef, Belgrad.

Die neue Bauweise konnte sich anfangs in Jugoslawien schwer durchsetzen, weil der größte Auftraggeber, der Staat, den größten Teil seines Bedarfes an Stahlkonstruktionen aus Deutschland als Sachleistungslieferung bezog. Demzufolge hatte er sehr wenig Aufträge für die einheimische Industrie übrig, die für genietete Bauweise sehr gut eingerichtet, nur einen kleinen Teil ihrer Leistungsfähigkeit ausnützen konnte und deshalb die Schweißtechnik nur für Nebenarbeit und vom theoretischen Standpunkte aus verfolgte. Zwar hat der Vorkämpfer der geschweißten Bauweise in Polen, Prof. *Bryla*, seit 1928 die Fachkreise auf die theoretischen Grundlagen der neuen Bauweise, ihre Vorteile und in Polen ausgeführte Bauten in einer Serie von Aufsätzen im „*Tehnički list*“ aufmerksam gemacht; die neue Bauweise wurde aber erst im Jahre 1931 in größerem Maßstabe angewendet.

Die ausländische Entwicklung zwang auch die einheimischen Werke, sich mit der Schweißtechnik eingehender zu befassen und diese im eigenen Betriebe einzuführen. Neben Dachkonstruktionen für Spannweiten bis zu 25 m wurden Kessel, Behälter, Maste, Rohrleitungen usw. mittels Schweißung hergestellt (Fig. 1).

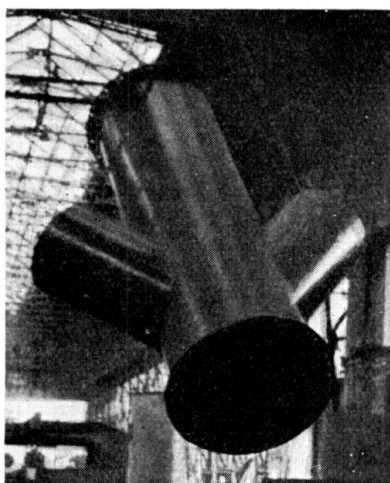


Fig. 1.

Elektrisch geschweißte Rohr-
abzweigung.

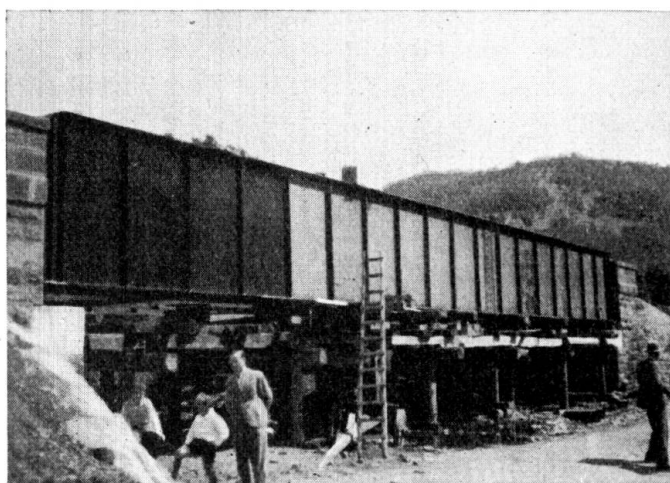


Fig. 2.

Grzabrücke.

Die bevorstehende Einstellung der Sachleistungen und die von Jahr zu Jahr knapper gewordenen Mittel, bewogen zunächst das Bautenministerium, die Möglichkeiten der Einführung der neuen Bauweise für öffentliche Bauten, besonders hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit und Ausführungsmöglichkeit in den einheimischen Werkstätten, zu prüfen. Der erste Versuch wurde anfangs 1932 mit einer kleineren Brücke im Zuge der Staatsstraße Paraćin-Zaječar, für die der Unterbau schon vorhanden war, gemacht. Die Fig. 2 zeigt die Abmessungen und die Einzelheiten dieser Brücke, die als vollwandiger Blechträger von 24,72 m zur Ausführung gelangte. Die konstruktive Durchbildung lehnt sich an die zu der Zeit übliche an. Die Fahrbahn wird durch zwischen den Querträgern gespannte Eisenbetongewölbe gebildet, deren Schub mit Hilfe von Zugstangen in die Auflager geleitet wird. Durch ihre Steifigkeit ersetzt sie den unteren Windverband. Die Brücke wurde für die Belastung für Brücken I. Kl. nach DIN 1072 berechnet; der Bemessung und konstruktiven Durchbildung lagen DIN 1073 und 4100 zugrunde. Die Brücke ist aus St. 37 erstellt; für die Lichtbogenschweißung wurden Seelenelektroden Böhler-B-Elite verwendet. Das Gewicht der Brücke beträgt 32,16 t. Die gelegentlich der Probelastung gemessenen Spannungen stimmten mit den gerechneten sehr gut überein und die elastische Durchbiegung betrug 13,05 mm.

Auf Grund der gesammelten Erfahrungen übernahm die Firma Sartid-Smederevo im folgenden Jahre die Ausführung der Brücke über die Brnjica auf der Banalstraße Golubac—Dobra, deren Hauptabmessungen durch den vorhandenen Unterbau für eine stählerne Sachleistungsbrücke von 30 m l. W. gegeben waren. Da auch Lösungen in Eisenbeton zugelassen waren, entschloß sich die Firma, die Brücke in hochwertigem Stahl auszuführen. Die Fig. 3 zeigt uns die

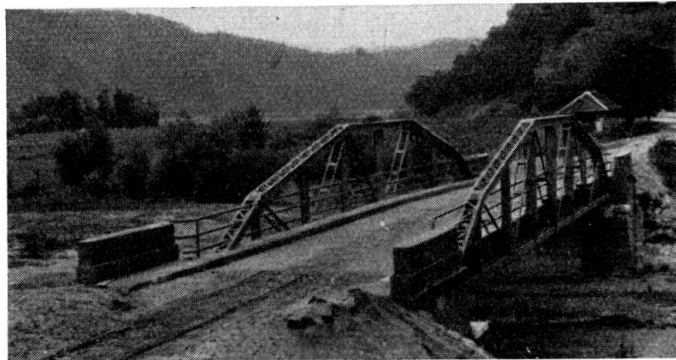


Fig. 3.

Brücke über den Brnjica Fluß.

Abmessungen und Einzelheiten dieser Brücke, die als Parabelträger von 31,20 m Stützweite und 3,90 m Systemhöhe ausgebildet worden ist. Die Gurtungen und die Diagonalen sind aus U-Profilen gebildet, die Querträger sind vollwandig und die Fahrbahn ist gleich derjenigen der Grzabrücke. Die Ausbildung des Fachwerkes lehnt sich eng an diejenige der genieteten Ausführungen an. Die Berechnung und Dimensionierung erfolgte auf Grund der deutschen Vorschriften DIN 1073 und 4100 für eine Belastung mit 18 t Dampfwalze, 12 t Lastwagen

und 460 kg/m^2 Menschengedränge. Die Brücke ist mit Ausnahme der Vertikalen in St. 52 ausgeführt, für die, um das erforderliche Trägheitsmoment zu erhalten, St. 37 verwendet werden mußte. Als Elektroden wurden verwendet: für St. 52 Seelendraht Böhler-B-Elite 18 und für St. 37 und die Dichtungsnähte Seelendraht Böhler-B-Elite. Das Gewicht der Stahlkonstruktion samt Lager beträgt $29,485 \text{ t}$. Die anlässlich der Probelastungen gemessenen Stabspannungen stimmten gut mit den gerechneten überein. Die Durchbiegung betrug nur 6 mm gegenüber der rechnermäßigen von 22 mm und verschwand nach der Entlastung vollständig.

Auch im westlichen Teile unseres Landes wurden im Jahre 1933 geschweißte Brückenkonstruktionen ausgeführt.

Im Auftrage der Stadt Maribor hat die Splošna stavbena družba eine Stahlbrücke über den linken Arm des Dravaflusses zur Verbindung des städtischen Inselbades mit dem festen Ufer errichtet. Die Brücke ist ein Fachwerkgerberträger von $21,42 + 61,20 + 21,42 \text{ m}$ Stützweite. Die Gelenke befinden sich in den ersten Knotenpunkten der Seitenöffnungen neben den Strompfeilern. Die Mittelöffnung ist als genietet, durch einen Stabbogen versteifter Fachwerkträger ausgeführt, die beiden Schleppträger sind zur Gänze geschweißte Fachwerke.

Im Jahre 1934 wurde der Brückenbauanstalt Sartid die Lieferung und Aufstellung der Brücke über die Stara Reka im Zuge der Banalstraße Gostivar—Kičevo—Bitoli in Südserbien übertragen. Es handelt sich um eine kleine Brücke von $18,90 \text{ m}$ Stützweite, $5,40 \text{ m}$ Hauptträgerabstand, die als Trapezparallelträger von $2,50 \text{ m}$ Systemhöhe ausgebildet worden ist (Fig. 4). Der Ober-

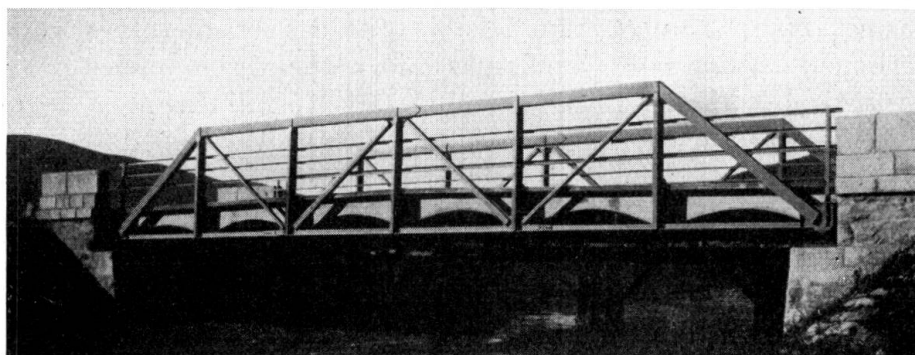


Fig. 4.

Brücke über die Stara reka.

gurt und die Diagonalen erhielten einen Kastenquerschnitt, gebildet aus zwei U-Eisen, deren zueinandergekehrte Flanschen durch Schweißung verbunden sind. Die Gurtungen der vollwandigen Querträger sind aus U-Eisen gebildet worden mit nach unten gekehrten Flanschen. Diese Ausbildung befähigt die Querträger, die Horizontalschübe der Fahrbahn, die gleich derjenigen der Brücken über die Grza und Brnjica ausgebildet ist, aufzunehmen. Die Berechnung und Durchbildung erfolgte nach DIN 1073 und 4100 für die Belastung der Straßenbrücken II. Kl. (18 t Dampfwalze). Die Haupt- und die Querträger wurden in St. 52, die Vertikalen in St. 37 ausgeführt. Als Schweißdrähte wurden die Seelenelektroden Böhler-B-Elite 18 und KV verwendet. Das Gesamtgewicht des Stahlüberbaues

beträgt 10,408 t. Die Probelastung ergab eine elastische Durchbiegung von 9,5 mm, gegenüber der berechneten von 13 mm.

Die günstigen Ergebnisse mit der geschweißten Bauweise im Brückenbau bewogen die Firma Sartid, auf ihrer Werft in Smederewo einen Donauschleppkahn in ganz geschweißter Bauweise herzustellen. Die Fig. 5 zeigt uns die Einzel-

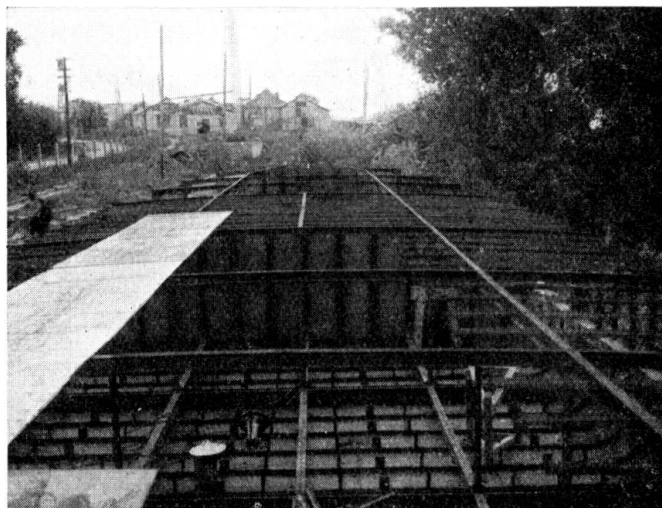


Fig. 5.
Donauschleppkahn.

heiten dieses Schleppkahnes, dessen Tiefgang unbeladen 0,3 m, bei 60 Waggon Nutzlast 1,9 m, bei 67,8 Waggon Nutzlast 2,1 m und dessen Laderaum der drei Magazine 755 m³ beträgt. Sämtliche Profile des Traggerippes wurden nach den Forderungen der Schweißtechnik ausgebildet. Die Verbindungen der einzelnen Bleche (Außenhaus 5 mm, Deck 4,5 mm stark) erfolgten in Anbetracht der geringen Blechstärken nach Vorschriften des Büro „Veritas“ durch ca. 20 mm breite Überlappung. Als Schweißdraht wurde auf Grund eingehender Versuche die blanke Elektrode „EV-37-Braun“ der Westphälischen Union Hamm verwendet. Wenn wir das Eigengewicht dieses geschweißten Schleppkahnes demjenigen in genieteter Ausführung von gleicher Tragfähigkeit gegenüberstellen, so kommen wir zum folgenden Ergebnis:

	geschweißt	genietet	Ersparnis
Schiffskörper	71 t	107 t	33,5 %
Inventar und Ausrüstung .	7 t	7 t	—
Holzeinrichtung	15 t	15 t	—
Verschiedenes	1 t	1 t	—
Insgesamt:	94 t	130 t	27 %

d. h. der Tiefgang des geschweißten Schleppkahnes ist bei derselben Nutzladung geringer, was beim niedrigen Wasserstand vom wirtschaftlichen Standpunkte von großer Bedeutung ist. Dieser erste vollständig geschweißte Donauschleppkahn ist seit 1. Mai 1935 ununterbrochen im Verkehr. Während dieser Zeit erlitt er gelegentlich eines Sturmes eine Havarie, bei welcher die Seitenwand bei einer vertikalen Schweißnaht eingedrückt wurde, ohne daß die Schweißnaht den geringsten Schaden erlitten hätte.

Die bei den vorher beschriebenen Bauten gesammelten Erfahrungen und Studien der bis dahin erschienenen ausländischen Vorschriften und Versuchsergebnisse bewogen das Bautenministerium, im Jahre 1934 eigene Vorschriften für geschweißte Stahlbauten zu erlassen, die die einheimischen Verhältnisse berücksichtigen und die neue Bauweise fördern sollen. Sie sind mit den neuen polnischen Vorschriften beinahe identisch und sind unter Mitwirkung von Prof. Dr. *Bryla* entstanden. Sie enthalten nur das, was Vorschriften unbedingt enthalten müssen und meiden alles, was in Handbücher oder Erläuterungen gehört.

Die günstigen Ergebnisse, die das Bauministerium mit der geschweißten Bauweise erzielte und die die Leistungsfähigkeit der einheimischen Werke erwiesen, bewogen auch das Verkehrsministerium, aus seiner Zurückhaltung herauszutreten und die neue Bauweise für Eisenbahnbrücken einzuführen. Der erste Versuch wurde mit der eingleisigen Unterführung der *Tratinska-Straße* in Zagreb gemacht, welche im Spätherbst 1934 an die *Splošna stavbena družba* in Maribor vergeben wurde. Gleich den bestehenden Straßenunterführungen in Zagreb wurde auch diese als Rahmenbrücke über drei Öffnungen mit Gelenken in den Seitenöffnungen ausgeführt. Die allgemeine Anordnung der Unterführung ist aus Fig. 6 ersichtlich. Die Anzahl der Stöße mußte sich nach den von ein-

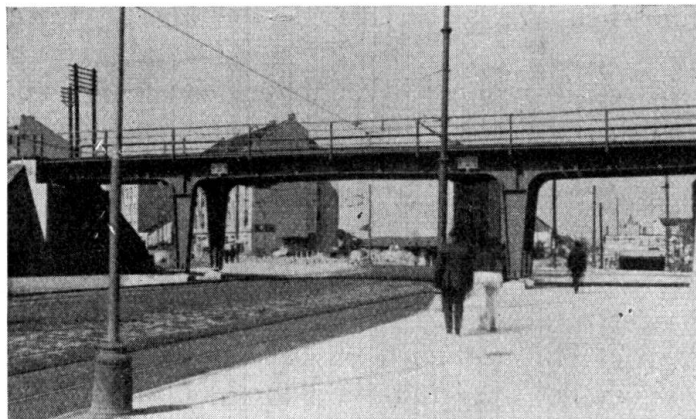


Fig. 6.

heimischen Walzwerken lieferbaren Blechabmessungen richten. Der Rahmenriegel wurde in der ganzen Länge in der Werkstätte zusammengeschweißt, der Montagestoß in die Rahmenfüße verlegt, in dem die Stehbleche gegen ein rechtwinklig zur Stehblechebene durchgestecktes Blech stoßen, mit dem sie durch Kehlnähte verbunden sind. Die Ausbildung der Montagestöße erfolgte derart, daß die Überkopfschweißungen auf das unbedingt erforderliche Maß herabgesetzt wurden. Die Kontinuität der Walzlängsträger ist durch auf die Fahrbahntafelbleche aufgeschweißte Kontinuitätsplatten gewährleistet. Die aus 12 mm starkem Blech gebildete Fahrbahntafel hat die Form einer breiten glatten Rinne, die nach den Widerlagern entwässert wird. Außerhalb der Hauptträger sind beidseitig auf Konsolen ruhende, mit Riffelblech abgedeckte Gehwege angeordnet. Die Brücke wurde seitwärts aufgestellt und nachher in ihre definitive Lage eingeschoben. Die Berechnung erfolgte nach den Vorschriften des Verkehrsministeriums, die Bemes-

sung und Ausführung der Schweißnähte nach den Vorschriften des Bauministeriums. Das Gesamtgewicht der aus St. 37 hergestellten Konstruktion beträgt einschließlich der Lager aus Stahlguß 49 t. Die Probelastung ergab eine vollkommen elastische Durchbiegung von 5,25 mm gegenüber der errechneten von 6,80 mm.

Fast gleichzeitig schritt das Verkehrsministerium zur Verstärkung der den gegenwärtigen Belastungen nicht mehr entsprechenden Brücke über die Neretva bei Gabela auf der Schmalspurbahn Mostar—Dubrovnik. Die Brücke hat zwei Öffnungen von 100,0 + 31,2 m Spannweite und die statische Nachprüfung der Brücke erwies die Notwendigkeit der Verstärkung der Diagonalen D 1—4 und D 7—10 der großen und D 11, 12 und 14 der kleinen Spannweite. Das Projekt der Verstärkung mittels Schweißung wurde in der Bauabteilung der jugoslawischen Staatsbahnen ausgearbeitet.

Aus der geschilderten Entwicklung ist ersichtlich, daß die geschweißte Bauweise in Jugoslawien in alle Gebiete des Stahlbaues mit Erfolg eingedrungen ist. Die bei diesen Versuchsausführungen mit ihr gesammelten Erfahrungen kann man folgendermaßen zusammenfassen:

1. Die Gasschmelzschweißung konnte sich nicht behaupten und mußte das Feld der wirtschaftlicheren Lichtbogenschweißung räumen.
2. Die bisherigen Ausführungen haben die Fähigkeit und Zuverlässigkeit der einheimischen Werke bei der Herstellung geschweißter Stahlbauten erwiesen.
3. Die Schweißtechnik ermöglicht in weitgehendster Weise die Ausnützung der einheimischen Walzprodukte und setzt die Einfuhr ausländischer Walzprofile auf das Mindestmaß herab, was bei den heutigen Wirtschaftsverhältnissen von größter Bedeutung ist.
4. Durch Schweißung können alte, den heutigen Verkehrsforderungen nicht entsprechende Stahlkonstruktionen wirtschaftlich und ohne Verkehrsstörungen verstärkt werden.
5. In konstruktiver Hinsicht blieb uns manche Fehlkonstruktion dank dem Studium sowohl der ausgeführten Bauwerke, als auch der Literatur des fortschrittlichen Auslandes und der vorsichtigen allmählichen Einführung der geschweißten Bauweise erspart, die uns die Ausführung der Schweißtechnik angepaßter Konstruktionen erleichterte. Der für dynamische Beanspruchung günstige Stumpfstoß hat sich, dank unserer Vorschriften, rasch eingebürgert und seine Vorzüge wurden bald erkannt, ebenso die Wichtigkeit der Abschrägung der Laschen- und Lamellenenden zwecks Erhöhung der Dauerfestigkeit. Es zeigt sich auch die Tendenz, Stoßlamellen bei Stumpfnähten zu meiden, weil sie bei dynamisch beanspruchten Stößen ungünstig wirken. Neben den üblichen Walzprofilen wurden auch halbe I-Profile für die Gurtungen der Fachwerke und als Stehblechaussteifungen bei Blechträgern verwendet.
6. Bei der Ausführung der Schweißarbeiten muß man darauf achten, daß nur geschultes und geprüftes Personal verwendet wird. Die Prüfungen werden streng und vorschriftsmäßig durchgeführt und nur diejenigen Schweißer, die die Bedingungen restlos erfüllen, zu den Schweißarbeiten zugelassen. Durch die Führung des Werkstätten- und Bauplatztagebuches

über Schweißarbeiten, die Bezeichnung der Raupen mit dem Zeichen des betreffenden Schweißers, die ständige Überwachung in bezug auf guten Einbrand, Porosität durch stellenweises Anbohren, vorgeschriebene Ausmessungen der Nähte und durch Eintragen aller dieser Daten in die Tagebücher wird das Verantwortungsgefühl der Schweißer gefördert und die Güte der Schweißung gehoben. Man soll trachten, die Baustellenschweißung auf ein Minimum herabzusetzen. Bezüglich der Verziehungen hat man der beträchtlichen Querschrumpfung durch Vorspannung entgegengewirkt. Gleichzeitiges Schweißen der Kehlnähte von beiden Seiten verursacht nur geringe Verziehungen in horizontaler Richtung. Bei langen Nähten verwendet man das Pilgerschrittverfahren von der Mitte oder von den Enden aus. Die Gefahr des Springens der Wurzelnaht bei Mehrlagenschweißungen kann man beispielsweise durch Erwärmung derjenigen Stellen, an denen nicht geschweißt wird, abwenden. Bei Stumpfschweißungen von Walzträgern müssen zuerst die dicken Flanschen und nachher die dünnen Stege verschweißt werden, um der Gefahr des Springens der Stehblechnaht auszuweichen. Sonst muß der Konstrukteur schon bei der Durchbildung der Querschnitte auf die Verziehungen Rücksicht nehmen und von Fall zu Fall besondere Maßnahmen treffen, um diese zu vermeiden. Durch Ausbildung von beweglichen Polen, Polanschluß an richtiger Stelle, Heften an Punkten so viele Kanten zusammenstoßen, richtige Neigung der Elektroden, sowie richtige Reihenfolge der Schweißung in bezug auf die Pollage wird es möglich sein, stets einen ruhigen Lichtbogen zu erhalten.

7. Neben der theoretischen wurde bald die Wichtigkeit der praktischen Ausbildung der Aufsichtsorgane erkannt und sämtlichen Ingenieuren und Technikern des Bauten- und Verkehrsministeriums, die die Schweißarbeiten zu überwachen haben, der Besuch eines Schweißkurses ermöglicht.
8. Die bisherigen Ausführungen haben die Wirtschaftlichkeit der neuen Bauweise erwiesen; je nach der Art der Konstruktion wurden Gewichtsersparnisse von 15 % und mehr erzielt.
9. Bei den Schweißdrähten hat es sich gezeigt, daß die Unterscheidung der einzelnen Sorten durch Farben ungenügend ist, um an Stellen, wo mit verschiedenen Schweißdrahtsorten gearbeitet wird, vor Verwechslungen zu schützen und daß es erwünscht ist, die verschiedenen Qualitäten durch eingewalzte Zeichen zu unterscheiden.

Diese günstigen, durch ein harmonisches Zusammenarbeiten der Auftraggeber und der Auftragnehmer erzielten Ergebnisse zeigen uns den Weg, auf welchem die Schweißtechnik in einen fast ausgesprochenen Agrarstaat eingeführt wurde und sich dort weiterentwickelt hat. Die für unsere Verhältnisse bedeutenden Aufträge, welche in der letzten Zeit den Brückenbauanstalten sowohl seitens des Verkehrs- wie auch des Bautenministeriums erteilt wurden, zeugen vom festen Willen der maßgebenden Kreise, auf diesem Wege auszuharren und unter ständiger Berücksichtigung der bahnbrechenden Arbeiten des fortschrittlichen Auslandes, die neue Bauweise zum wirtschaftlichen Vorteile des Landes weiter zu entwickeln.

Leere Seite
Blank page
Page vide

III d 8

Erfahrungen bei ausgeführten Bauwerken in Norwegen.

Observations sur les ouvrages exécutés en Norvège.

Experience obtained with Structures Executed in Norway.

A. Ledang,

Diplom-Ingenieur im Brückenbüro der Norw. Staatsbahnen, Oslo.

Vorschriften für geschweißte Stahlbauten befinden sich zur Zeit in Vorbereitung und werden im Laufe dieses Jahres zur Genehmigung vorgelegt werden. Die Ausführung geschweißter Bauwerke hat sich bisher wesentlich auf deutsche und belgische Vorschriften und Erfahrungen gestützt. Dickumhüllte Schweißdrähte haben in den letzten Jahren eine immer größere Verwendung gefunden. Als Werkstoff ist bisher ausschließlich St. 37 verwendet worden.

Von den in den letzten Jahren ausgeführten geschweißten Bauwerken sollen erwähnt werden:

1. Dachbinder und Stahlskelettbauten, vielfach in der Werkstatt geschweißt und auf dem Bauplatz genietet. Speicher von bis 120 m³ Rauminhalt, in ganzgeschweißter Ausführung.

2. Im Wasserbau sind ein Walzenwehr von 14 m Länge, ein Sektorwehr von 17 m Länge und ein 20 m langer Träger für ein Nadelwehr, sowie mehrere Schutztafeln geschweißt worden.

3. Für die Zellulose- und Papierfabriken sind 80 bis 90 größere und kleinere Schältrömmeln geschweißt worden. Die größte hat einen Durchmesser von 6 m, eine Länge von 24 m und ein Gewicht von 105 t.

4. Viele größere und kleinere Krane verschiedener Typen sind vollständig geschweißt worden. Erwähnt sei ein 20 t-Laufkran von 19,4 m Spannweite und eine Schiebebühne von 20 m Spannweite für die Norwegischen Staatsbahnen.

5. Für eine größere Straßenbrücke in Drammen wurden 18 Vollwandträger von 16 bzw. 24 m Länge geschweißt. Bei dieser Brücke sind auch die dickeren Bewehrungsstäbe mittels Stumpfstoß geschweißt. Für die Norwegischen Staatsbahnen sind fünf Überbauten von 11 m und acht solche von 17 m Länge für eingleisige Eisenbahnbrücken geschweißt worden. Die Träger des obengenannten Laufkranes und der Schiebebühne, sowie sämtliche Brückenträger sind als Vollwandträger mit Gurtungen aus Nasenprofil der Dortmunder Union hergestellt.

Die 17 m langen Brückenüberbauten sollen hier näher beschrieben werden.

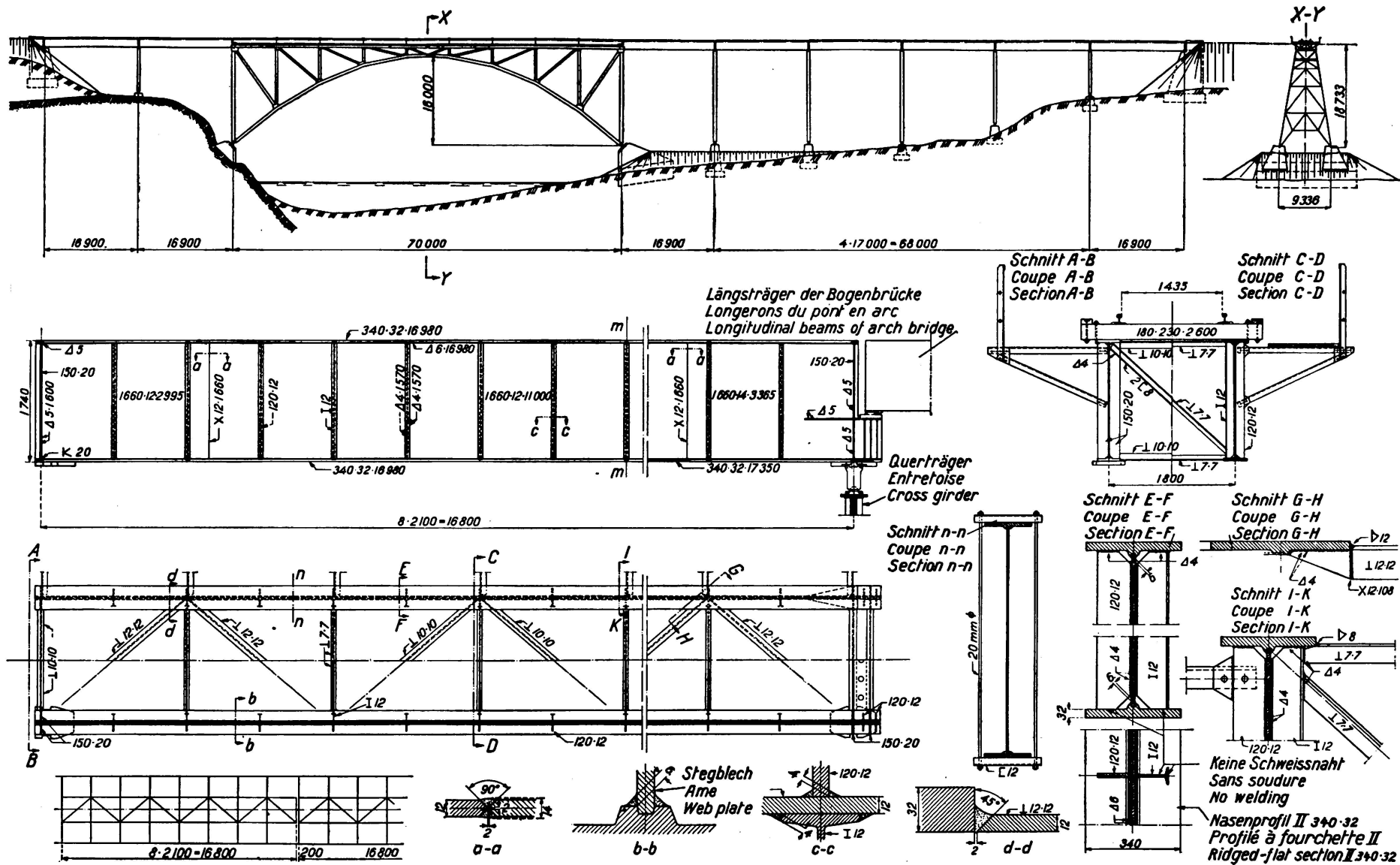


Fig. 1. Geschweißte Vollwandträger für die Eisenbahnbrücke über den Namsen (Norwegen),

Die Brücke über den Namsen

(Nordlandsbanen) besteht aus einem Dreigelenkbogen von 70 m Spannweite und den obengenannten acht Blechträgerüberbauten auf Pendelstützen (siehe Übersichtszeichnung Fig. 1). Wegen des freien Vorbaus sind die Bogenträger und die Pfeiler genietet worden. Für die acht Überbauten wurden vollständige Werkstattzeichnungen sowohl für genietete als auch geschweißte Ausführung angefertigt, wobei die Gewichte und Preisangebote auf 158,5 t/50 100 Kr bzw. 124,2 t/40 600 Kr. lauteten. Die Überbauten wurden in der Brückenwerkstatt des „Vulkan“ in Oslo geschweißt, auf Eisenbahnwagen 775 km an die Baustelle versandt und mittels eines 20 t-Kranes eingebaut. Konsolen und Geländer wurden auf der Baustelle genietet.

Die bauliche Durchbildung ergibt sich aus der Fig. 1. Die Gurtungen bestehen aus Nasenprofil II — 340×32 , etwa 17 000 mm lang. Die Stegbleche sind durch X-Nähte gestoßen und es befinden sich diese Stellen nur etwa 3 m vom Auflager entfernt, um die Zugspannung der Schweißnähte niedrig zu halten. Die Aussteifungen über den Auflagern bestehen beiderseitig aus Flacheisen 150×20 und die sonstigen Stegblechsaussteifungen außen aus Flacheisen 120×12 und innen aus I 12, um die Kehlnähte zu versetzen (Schnitt c—c). Die Füllungsstäbe aus T-Eisen sind vorzugsweise mittels Stumpfnähten angeschlossen.

Die Schweißnähte wurden mit einem dickumhüllten Schweißdraht „Fonas“, norwegischen Fabrikats, ausgeführt. Alle wichtigeren Schweißnähte wurden in waagerechter Stellung als durchlaufende Nähte gezogen. Zuerst wurden die X-Stumpfnähte der Stegblechstöße, deren Fuge mittels Schneidbrenner zugeschnitten war, vierlagig geschweißt. Die erste Lage wurde gegen eine Kupferschiene geschweißt. Die Stegbleche wurden umgedreht und die Wurzel mit dem Meißel gründlich bearbeitet, ehe die zweite Lage geschweißt wurde. Bei der Schweißung der 3. und 4. Lage wurde eine möglichst niedrige und glatte Schweißraupe mit allmählichem Übergang zum Blech erstrebt. Jede X-Naht wurde von der Unterkante des Stegblechs in der Länge von 40 cm durch zwei Röntgenaufnahmen untersucht. Die Durchstrahlung geschah längs der Bindeflächen der X-Fuge. Nach Gutheißen der Schweißnähte wurden die Stegbleche mit dem Schneidbrenner zugeschnitten und durch Abschrägung der Kanten in die Spuren der Nasenprofile eingepaßt (Schnitt b—b). An die Unterseite der Obergurtung wurden dreieckige Platten geschweißt, an die später die Stege der Winddiagonalen angeschlossen wurden (Schnitt G—H).

Sodann wurden die Blechträger mit Hilfe von in Abständen von 1,5 m angebrachten Spannvorrichtungen in aufrechter Stellung zusammengebaut (Schnitt n—n). Die Aussteifungen wurden gegen die Untergurtung eingepaßt und zum Stegblech geheftet.

Mittels Kranen wurden die Träger gedreht und sämtliche Zwischenaussteifungen an die Stegbleche geschweißt. Der flüssige Schweißwerkstoff neigte zum Auslaufen, was für vorteilhaft gehalten wurde. Diese Kehlnähte bilden somit etwa 30° mit dem Stegblech und gehen allmählich in dasselbe über (Schnitt c—c). Die auf Grund dieser Kehlnähte eingetretene Schrumpfung der Stegbleche in ihrer Längsrichtung betrug 10 bis 12 mm, und das Kriechen konnte in den Spuren der Gurtungen stattfinden.

Das Schweißen der Gurtungen an das Stegblech wurde am Untergurt angefangen. Die 6 mm dicken Kehlnähte (Schnitt b—b) wurden einlagig von zwei Schweißern wechselseitig in 2,1 m Längen unter 45° Schrägstellung des Trägers von der Mitte gegen die Enden gezogen. Um durchgehende Nähte zu ermöglichen, war für reichliche Aussparungen an den Aussteifungen gesorgt (Schnitt E—F). Nach Umkippen des Trägers erfolgte das Schweißen des Obergurts in derselben Weise, nachdem die Zwischenaussteifungen an die Gurtung geschweißt waren. Schließlich wurden nach genauen Maßen die Aussteifungen über die Auflager angebracht und an Gurtungen und Stegbleche geschweißt.

Beim Zusammenbau der Überbauten wurden die fertigen Träger richtig aufgestellt und mittels Zugbolzen gegen die genau abgelängten Querpfeiler als Distanzstücke, zusammengezogen. Nach dem Anschluß dieser Pfeiler wurden die Winddiagonalen eingepaßt und geschweißt, indem die V-Naht zwischen der Gurtung und der oberen Flansche (Schnitt G—H und d—d) zuerst gezogen wurde. Die gegen die bereits angebrachten dreieckigen Platten stoßenden Stege der Winddiagonalen wurden (Schnitt G—H) mit vertikalen X-Nähten angeschlossen.

III d 9

Erfahrungen bei ausgeführten Bauwerken in Finnland.

Observations sur les ouvrages exécutés en Finlande.

Experience obtained with Structures Executed in Finland.

F. L. Lehtinen,
Dipl. Ing., Helsingfors.

Das Lichtbogenschweißverfahren wurde in Finnland schon im Jahre 1901 in der damals einzigen Lokomotivfabrik angewandt. Man schweißte mit 20—30 V und brauchte 6 mm starke Elektroden aus Flußeisen und Märtinstahl. Es wurden Gas- und Luftbehälter sowie Lokomotiv- und Wagenarmaturen hergestellt. Diese Lokomotivfabrik besitzt heute 11 Gleichstrom- und 1 Wechselstrommaschine.

Die Lichtbogen- und die Gasschmelzschweißung sind heute im Lande weit verbreitet. Die Maschinenindustrie arbeitet hauptsächlich für die Zellulose- und Papierfabrikation als der wichtigsten Industrie des Landes. Man findet daher unter den geschweißten Konstruktionen vor allem Wehranlagen, Wehrwalzen, Wehrbrücken, Turbinen (Fig. 1 und 2), Entrindungstrommeln und Säurebehälter für die Papierfabrikation (Fig. 3).

Von Hochbauten werden hauptsächlich Überdachungen und Masten geschweißt. Fig. 4 stellt eine seit dem Jahre 1933 oftmals ausgeführte Bahnsteigüberdachung dar. Die Baustellenstöße zwischen Stiel und Binder werden genietet. Wegen dem

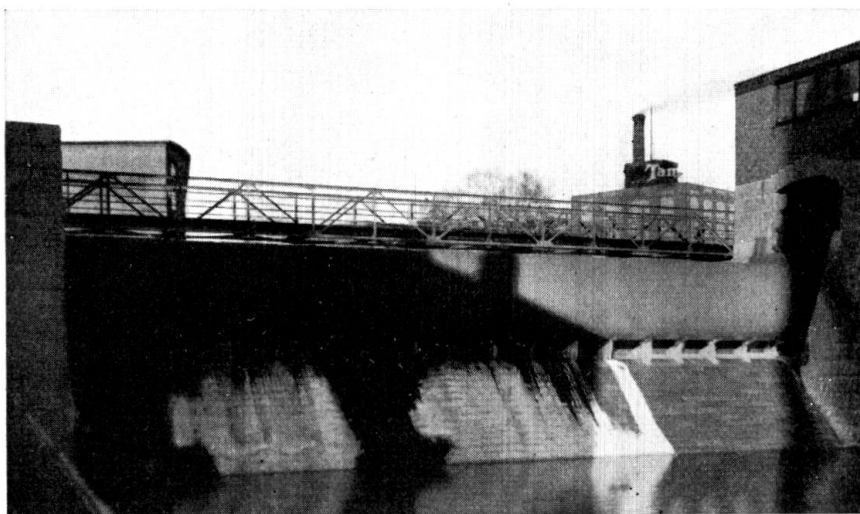


Fig. 1.

Elektrizitätswerk zu Tampere. Brücke mit 25,5 m Spannweite und 2 m Breite, Wehrwalze in ganz geschweißter Ausführung.

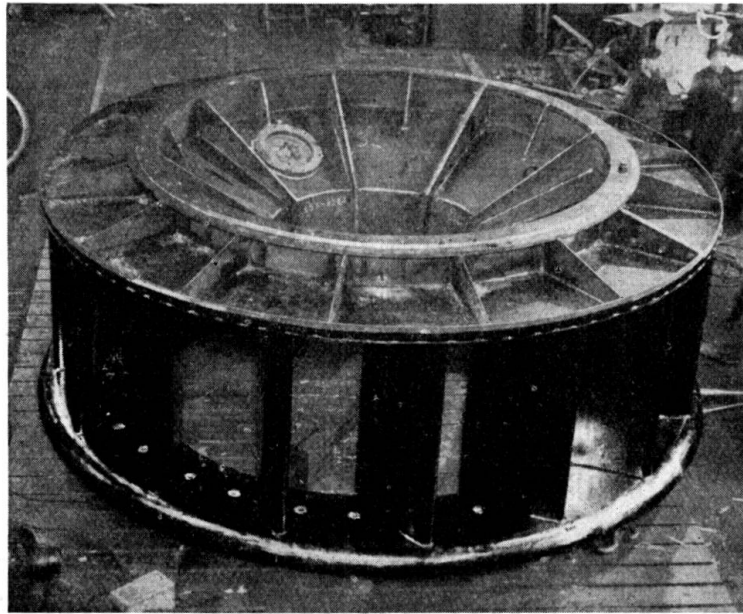


Fig. 2.
Turbinenlaufrad.

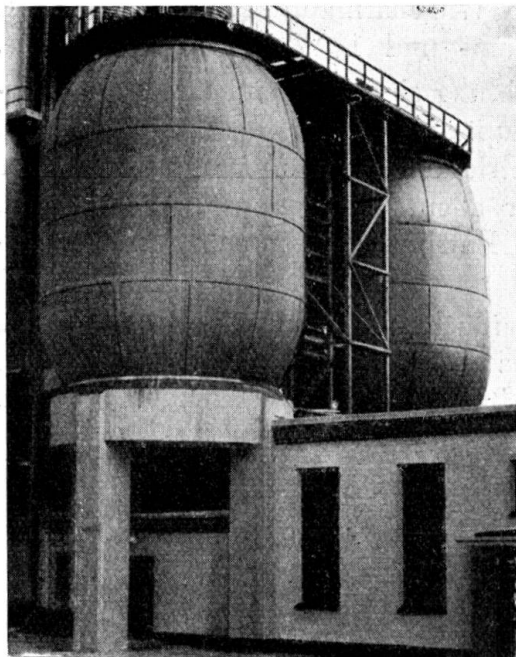


Fig. 3.
Säurebehälter einer Zellstoff-Fabrik.

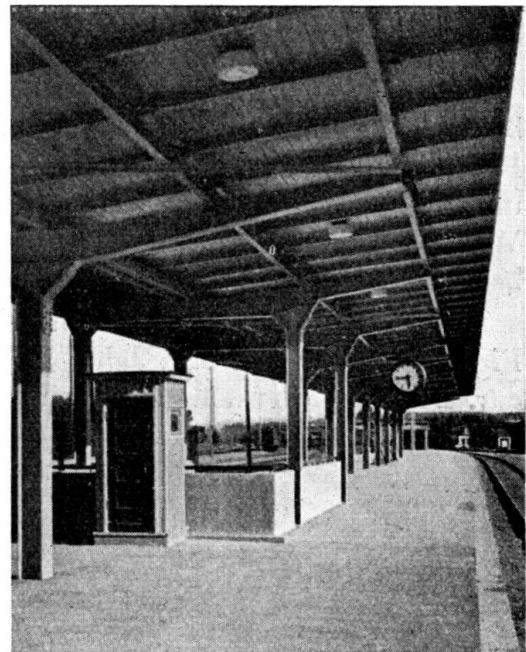


Fig. 4.
Perrondach.

rauen Klima werden die Verbindungen auf der Baustelle überhaupt selten geschweißt.

Fig. 5 zeigt die erste und bis jetzt einzige vollständig geschweißte Eisenbahnbrücke aus dem Jahre 1933 mit einer Spannweite von 12 m. Sie liegt im Zuge einer Hafenbahn mit Personen- und Güterverkehr. Der Aufbau ist gleich wie bei einer genieteten Brücke. Die Berechnung geschah nach den damaligen Bestimmungen der Deutschen Reichsbahn. Die Brücke hat sich bis jetzt gut bewährt.

Die Arbeitsverfahren zeigen nichts Besonderes. Lange Nähte werden zuerst stellenweise geheftet und dann von der Mitte aus gegen die Enden verschweißt. Zur Verbindung von starken Blechen verwendet man U- und V-Nähte; letztere mit

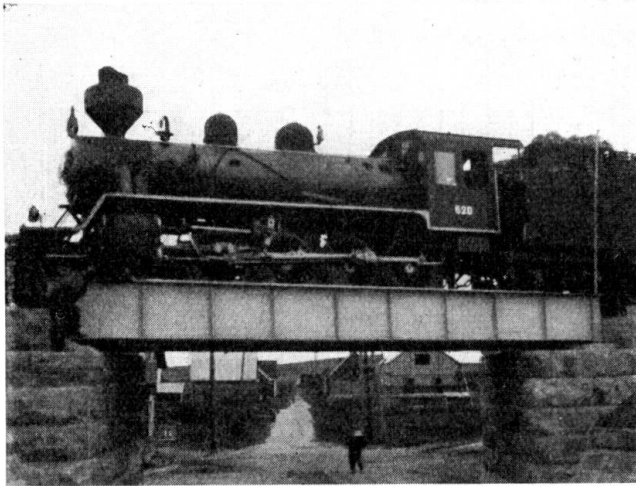


Fig. 5.
Eisenbahnbrücke mit
12 m Spannweite.

einem Öffnungswinkel von 60° . Bei diesen Nähten wird nach jeder Lage die Schweißung mit einem Lufthammer gehämmert.

Die Finnischen Staatsbahnen verwenden die elektrische Widerstandsschweißung

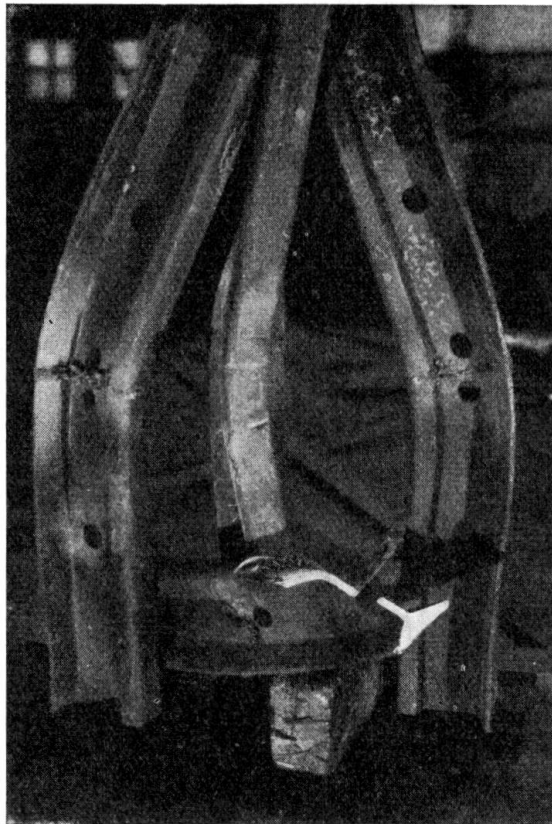
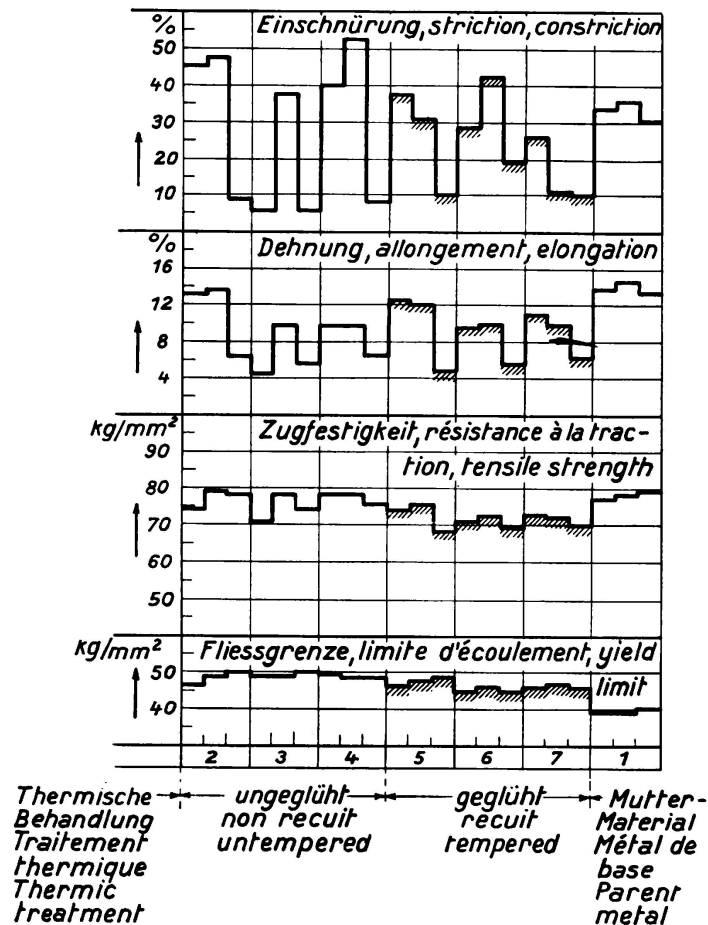


Fig. 6.
Kaltgebogene
geschweißte Schienen

nach dem Abschmelzverfahren zum Verschweißen von jährlich rund 1200 t Altschienen. Die Schweißstellen werden geblüht. Solche Schienen haben sich im Betriebe vorzüglich bewährt; bis jetzt wurde kein einziger Bruch, weder in der

Schweißung noch in ihrer unmittelbaren Umgebung, festgestellt. Fig. 6 zeigt kalt gebogene Schienen und das Diagramm die Prüfungsergebnisse.



Nachdem 1934 die gemeinsamen Richtlinien von 20 Ländern über die Schweißung herausgegeben wurden, hat die Finnische Standardkommission 1935 ihre Normen veröffentlicht. Es wurden den internationalen Normen nur einige Ergänzungen unter „Spezialfälle“ im Hinblick auf die einheimische Anwendung beigefügt.

Finnland besitzt keine besonderen Berechnungs- und Konstruktionsbestimmungen. Die allgemeinen Stahlbaubestimmungen lassen geschweißte Verbindungen zu, wenn sie von Fachleuten besonders sorgfältig ausgeführt werden.

III d 10

Erfahrungen bei ausgeführten Bauwerken in Rumänien.

Observations sur les ouvrages exécutés en Roumanie.

Experience obtained with Structures Executed in Roumania.

Dr. C. Miklósi,

Directeur de l'Usine Electrique et des Tramways de Timișoara.

1. Seit einigen Jahren hat die Schweißtechnik in Rumänien in steigendem Maße Verwendung gefunden, und zwar auch bei Bauwerken von größerer Bedeutung. Von den verschiedenen Verfahren hat vor allem die Lichtbogenschweißung große Verbreitung gefunden, wengleich die anderen Verfahren, beispielsweise die Widerstandsschweißung und die Autogenschweißung, ebenfalls Aussichten haben; letztere genießt ja auch den Schutz der karbid- und sauerstoffherstellenden Industrie.

Die rumänische Industrie verwendet die Schweißung in größerem Maße beim Bau von Eisenbahnfahrzeugen, vor allem für die vor kurzem eingeführten Triebwagen. Ferner wurden hierzulande zahlreiche elektrische Maschinen, Generatoren und Transformatoren, in geschweißter Bauart hergestellt. Auch durch die Petroleumindustrie wird die Schweißtechnik gefördert, denn sie verwendet Destillationstürme von 26 bis 30 m Höhe mit Durchmesser bis zu 4,5 m und 20 mm Wanddicke. Bei den Türmen für das Spaltverfahren (cracking) beträgt die Wanddicke bis zu 50 mm.

Nach dieser kurzen Aufzählung gehen wir auf das eigentliche Thema dieses Berichtes über, nämlich auf die in geschweißter Bauart hergestellten Brücken und Hochbauten; aber bevor wir bei bestimmten Beispielen verweilen, wollen wir einige grundsätzliche Fragen erörtern, deren Klärung sich die rumänische Stahlindustrie bis zum heutigen Tage angelegen sein ließ.

2. Bis vor etwa 10 Jahren hatte die Industrie noch mit dem Mißtrauen zu kämpfen, das der Schweißtechnik entgegengebracht wurde, weil völlig irrige Ansichten über den Widerstand gewisser Baukonstruktionen gegen häufig wiederholte Belastung herrschten. Unter diesen Anwendungen der Schweißtechnik wollen wir insbesondere die lichtbogengeschweißten Schienenstöße erwähnen. Es wurde versucht, die Verbindung dadurch herzustellen, daß eine Schweißnaht zwischen Schienenlasche und Schienenkopf, bzw. Schienenfuß gelegt wurde, was bekanntlich völlig verfehlt war, und die Schuld an dem Mißerfolge wurde dem Verfahren, d. h. der Lichtbogenschweißung in die Schuhe geschoben.

3. Dies geschah jedoch mit Unrecht, denn es konnte später¹ durch Versuche

¹ Dr. C. Miklósi, Prof. C. Teodorescu; Beitrag zur Kenntnis der Verschweißung von Schienen. — Wiss. Veröff. der Techn. Hochsch. Temesvar, 1926. — Bericht für den III. Intern. Kongreß für Straßen- und Schmalspurbahnen, Budapest 1925.

nachgewiesen werden, daß bei Stoßverbindungen der fraglichen Art sehr hohe Spannungsspitzen auftraten, und zwar vorzugsweise im unteren Teil des Einschnittes zwischen den beiden zusammenstoßenden Schienen. Der Übergang vom Querschnitt der Schiene samt der Laschen auf den nur von den Laschen gebildeten Querschnitt war völlig unvermittelt, was übrigens, wenn auch in nicht so hohem Maße, auch an den Enden der Schienenlaschen festgestellt werden konnte. Die Verfolgung dieser Gedankengänge führte zum Schluß, daß die Ursache des Versagens in der konstruktiven Anordnung, nicht aber in dem technischen Verfahren zu suchen sei.

4. Auf Grund der aus den Versuchen gewonnenen Feststellungen versuchte man, den Einschnitt, vor allem am Schienenfuß, fortfallen zu lassen oder ihn wenigstens auszugleichen; an der erwähnten Stelle war im vorliegenden Falle die Beanspruchung eine besonders große, da es sich um auf Schwellen verlegte Strecken handelte. Die gewählte Lösung bestand: 1. in der Anordnung einer Stahlplatte zwischen den vorher ausgefrästen Schienenköpfen, 2. darin, daß die zusammenstoßenden Flächen unter genügenden Druck gesetzt wurden und 3. in der Anordnung einer Platte unter den Schienenfüßen, die durch Schweißnähte

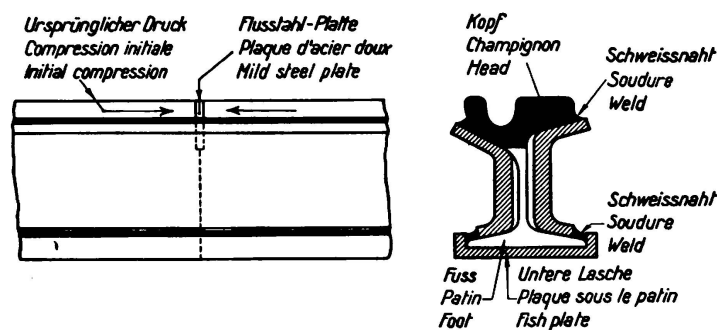


Fig. 1.
Schienenstoß mit
angeschweißten
Laschen, mit Kerbe
zwischen den
Schienen.

mit dem Schienenfuß verbunden wurde. Es ergab sich daraus eine Verbindung gemäß Fig. 1, bei der der untere Einschnitt durch die erwähnte Platte überdeckt wurde; was den unvermittelten Querschnittsübergang zwischen den Schienenköpfen betrifft, so wurde er durch den erzeugten Anfangsdruck fast wirkungslos gemacht. Der Übergang zwischen dem Querschnitt der Laschen bzw. der unteren Platte und der Schiene blieb nach wie vor unvermittelt.

Diese konstruktive Maßnahme hatte einen gewissen Erfolg, denn die nach dieser Methode ausgeführten Stoßverbindungen haben bis jetzt der Beanspruchung von mehr als 2 Millionen darüber fahrender Achsen standgehalten ohne zu brechen. Hierdurch wird also bestätigt, welche Bedeutung die ungleichmäßige Verteilung der Spannungen oder genauer ausgedrückt, die Ausbildung eines dreiachsigen Feldes lokalisierter Spannungen vom Standpunkte der Festigkeit der geschweißten Konstruktionen gegen häufig wiederholte Beanspruchungen besitzt.

5. Ein solches dreiachsiges Feld kann sich nicht nur bei unvermitteltem Querschnittsübergang ausbilden, dessen klassischer Fall durch einen Kerbeinschnitt dargestellt wird, sondern auch dann, wenn zwischen die zu verbindenden Teile ein Metall eingeschweißt wird, dessen Eigenschaften von denen des Grundstoffes abweichen. Der Verfasser hat den Fall herausgegriffen, in dem das zwischengeschweißte Metall geringere Festigkeit als das Grundmetall hat. Zu dem Zweck

wurde zwischen zwei runde Stäbe aus hartem Stahl mit 70 kg/mm^2 Bruchfestigkeit eine Platte aus weichem Stahl von 37 kg/mm^2 Bruchfestigkeit eingeschweißt. Die Schweißung wurde zwischen genau ausgerichteten Flächen aufgetragen, die vorher poliert und mit einer Alkohol- und Ätherlösung gereinigt worden waren; nachdem die Schweißstelle unter einen Druck gesetzt worden war, der einen einwandfreien Kontakt gewährleistete, wurde sie an die Sekundärseite des Schweißumformers gelegt, so daß die Temperatur auf 1000°C gebracht wurde. Die so erhaltene Schweißung fiel einwandfrei aus.²

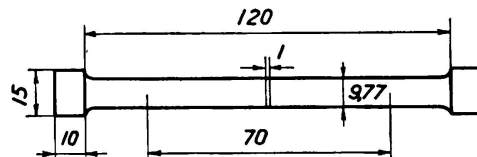


Fig. 2.
Zug-Probekörper mit dünner eingeschweißter Schicht.

6. Es lassen sich an eine solche Schweißstelle wichtige Betrachtungen knüpfen. Beim Zugversuch mit dem in Fig. 2 dargestellten Prüfkörper³ wurde eine Zugfestigkeit von 65 kg/mm^2 gefunden, die also um nur wenig geringer ist als die des harten Stahls; die bleibende Formänderung setzte bei einer Spannung von $43,5 \text{ kg/mm}^2$ ein, was der Streckgrenze des harten Stahles entspricht; endlich trat der Bruch in einer zur Zugrichtung senkrechten Ebene im Zwischenmetall ein. Daraus folgt, daß dieses Metall unter der Wirkung eines dreiachsigen Spannungsfeldes nachgegeben hatte, wobei eine dieser Spannungen auf die äußere Kraft, die beiden anderen auf das Vorhandensein des härteren Metalls zurück-

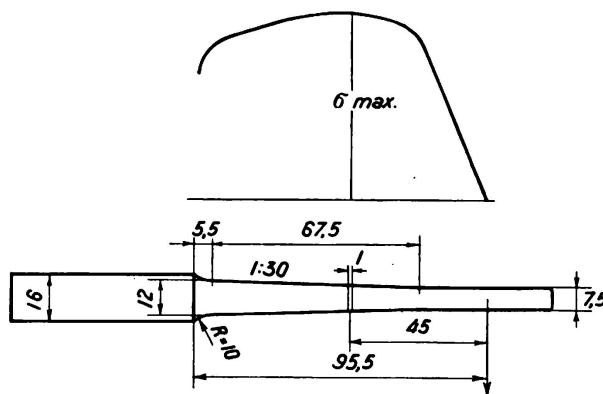


Fig. 3.
Dauerbiegeprobe mit rotierendem Stab mit dünner eingeschweißter Schicht.

zuführen waren; letzteres hat in der Tat, indem es das Zusammenziehen der Weichstahlplatte zu verhindern suchte, die fraglichen Querspannungen auf dieselbe übertragen. Eine bleibende, auf das Gleiten zurückgehende Formänderung ist nur im harten Stahl und zwar in dem Maße aufgetreten, das von dem Wert der Kohäsion der zwischengeschweißten Schicht bestimmt wurde, so daß eine Dehnung von 5,1% hervorgerufen wurde; diese Dehnung wurde auf einer Strecke zwischen Marken, die gleich dem 7-fachen des Durchmessers war, ge-

² A. Rejtö: Die Grundgesetze der Mechanik vorübergehender und dauernder Formänderungen und ihre Anwendungen. — Zeitschr. der ungarischen Akademie, 32, 1913, Heft 3.

³ Ir. St. Inst. Welding Symposium 1933, II, 645.

messen. Letzten Endes ist eine dünne Schicht aus weichem Werkstoff, die zwischen zwei Schichten aus härterem Material gelegt wird, einem Kerbeinschnitt gleichzusetzen, der Spannungsspitzen hervorruft. So setzt das Vorhandensein des Metalles geringerer Festigkeit nicht nur die statische Festigkeit bedeutend herab, sondern wirkt sich in derselben Weise wie ein Einschnitt ungünstig aus, wenn die betreffende Schweißung wiederholter Beanspruchung ausgesetzt wird, denn in diesem Falle handelt es sich darum, der örtlichen Zerstörung eines Gebildes zu widerstehen, was gewisse plastische Eigenschaften und genügende Kohäsion an der gefährdeten Stelle voraussetzt.

7. Um diese Tatsache durch den Versuch zu erhärten, hat der Verfasser rotierende Prüfkörper nach Fig. 3 auf Wechselfestigkeit geprüft. Die Stahlplatte mit 43 kg/mm^2 Zugfestigkeit wurde zwischen zwei Stücke aus Hartstahl mit 79 kg/mm^2 Zugfestigkeit eingefügt. Der Prüfkörper war konisch ausgebildet

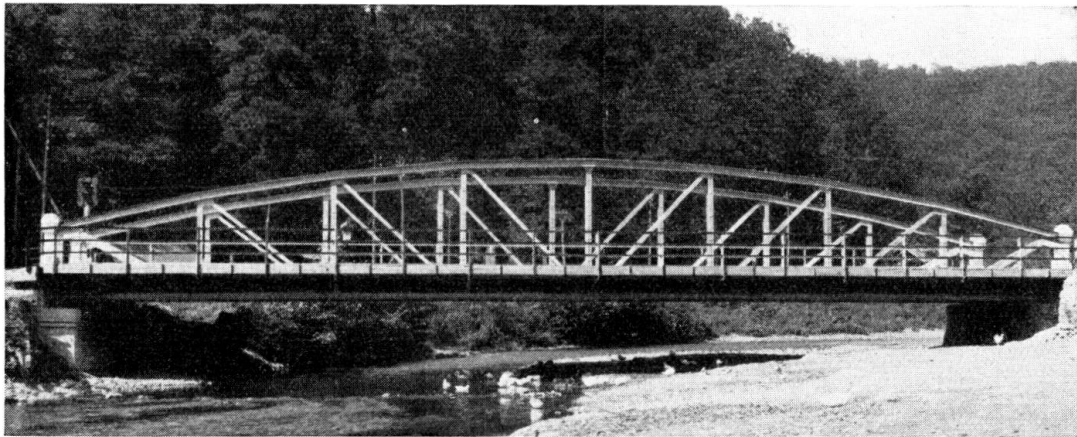


Fig. 4.

Gesamtansicht einer Straßenbrücke hergestellt von den Stahlwerken in Reşita.

und die Platte wurde an der Stelle der Höchstbeanspruchung angeordnet, wo die Kurve der Beanspruchungen sehr flach verlief. Der Bruch erfolgte in der Platte nach den folgenden Umdrehungszahlen:

Beanspruchung in kg/mm^2 : 29,2 28,0 25,2 23,3 21,9; Anzahl der Umdrehungen 228 000 430 000 2 304 000 5 760 000 10 080 000. Daraus ergibt sich, daß die Festigkeit gegen wechselnde Belastung $21,9 \text{ kg/mm}^2$ beträgt, d. h. ungefähr so groß ist wie der Wert, der den Werkstoff der Platte kennzeichnet. Der Einfluß der Platte auf die Wechselfestigkeit ist also entgegengesetzt wie beim statischen Zugversuch.

Ist der Werkstoff der zwischengelegten Platte härter als der der ursprünglich vorhandenen Stücke, so werden die plastischen Eigenschaften des ersteren gebessert, und zwar als eine Folge davon, daß er einem Querdruck ausgesetzt wird;⁴ dann verliert das Grundmetall an plastischen Eigenschaften, wenn auch in geringerem Umfange, woraus sich ergibt, daß man gut daran tut, mit einem etwas härteren Metall als die zu verbindenden Teile zu schweißen.

⁴ Karman: Festigkeitsversuche unter allseitigem Druck. Z. d. V. D. I. 55, 1911, 1749.

Nach diesen Betrachtungen wollen wir einige Bauwerke aus dem Gebiete des Brücken- und Hochbaues beschreiben.

8. Fig. 4 zeigt eine Ansicht der 1931 vom Stahlwerk Reșița gebauten Straßenbrücke. Ihre Spannweite beträgt 30 m und das Gesamtgewicht des verwendeten St. 42 36 t.

9. Für das Kraftwerk Crozăvești der Stadt Bukarest wurde im Zuge des Kühlwasserumlaufes, zwischen den Kondensatoren und den Kühltürmen, eine oberirdische Wasserleitung gebaut. Dieser 80 m lange Kanal wurde 7,5 m über Boden verlegt; sein quadratischer Querschnitt von 2×2 m genügt für die jetzige Fördermenge von $4,15 \text{ m}^3/\text{sek}$. Das Gesamtgewicht des verwendeten Stahles ist 54 t. Fig. 5 zeigt den Kanal während des Baues.

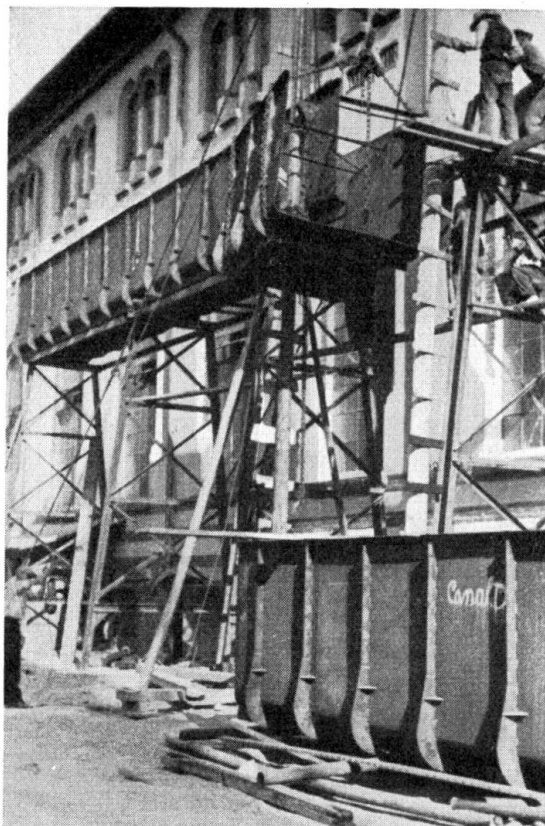


Fig. 5.
Aquaedukt in der
Montage im Werk
Crozăvești.

10. Ein weiteres Beispiel bildet das neue Kesselhaus des Kraftwerkes Temesvar, das 1936 gebaut wurde und zwei Kessel umfaßt. Hier wurde zur geschweißten Konstruktion gegriffen, weil sie vom Standpunkte einer in zwei Richtungen vorgesehenen Erweiterung wichtige Vorteile bietet hinsichtlich der Anpassungsfähigkeit an spätere, bei der Projektierung noch nicht vorauszusehende Bedürfnisse.

Das Stahlgerät besteht aus drei Hauptbindern, von denen jeder aus einem Zweigelenkrahmen und einem gelenkig angeschlossenen einhäufigen Rahmen besteht. Die Höhe der Binder beträgt 15,90 bis 17,40 m, die Spannweite 14 m bei den Hauptbindern und 4,40 m bei den einhäufigen Rahmen. Die Binder sind in Abständen von 7,50 m angeordnet (Fig. 7). Der Windverband besteht aus mehreren wagrechten Trägern in der Ebene der Außenwände und aus einem

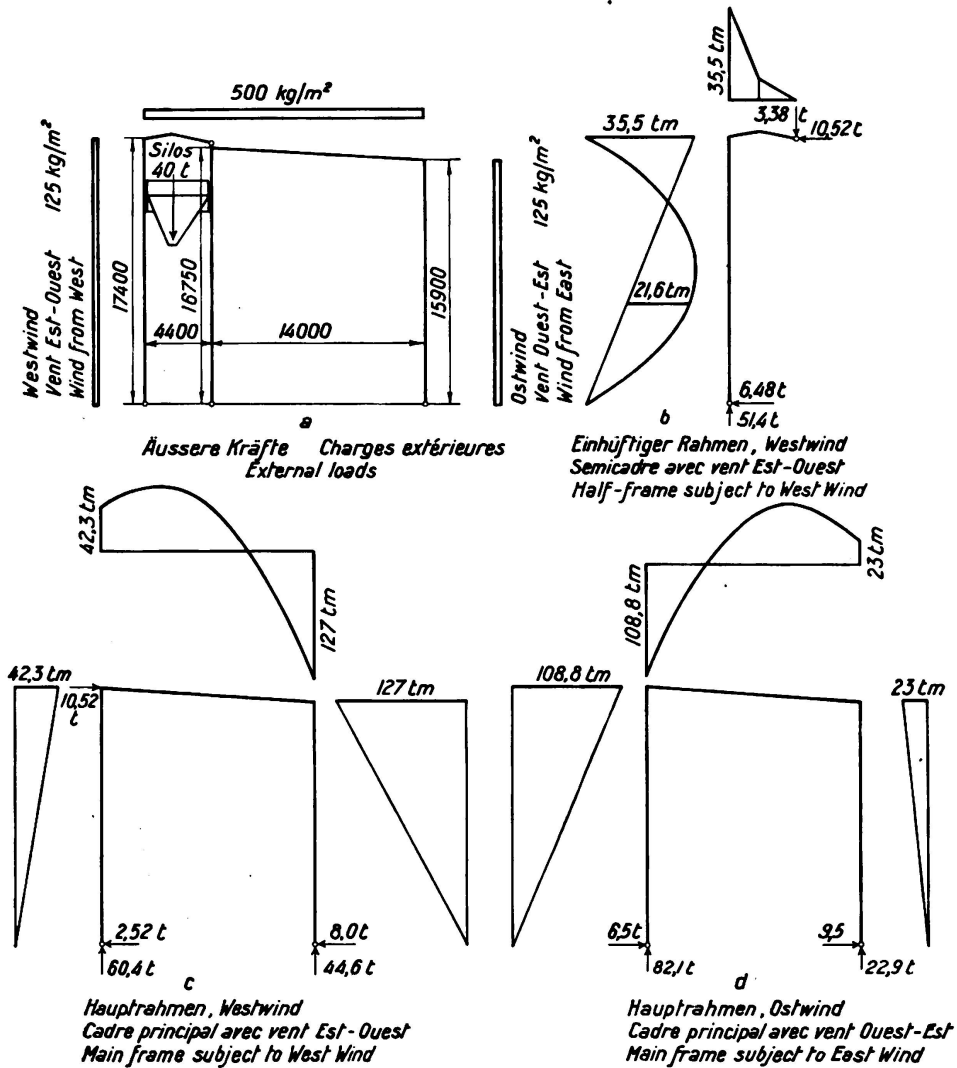


Fig. 6.

Kesselhaus im Werk Timișora. Auflagerkräfte und Biegemomente.

einzigem Träger zwischen den inneren Pfosten vor denen die Bedienungsbühne liegt. Die Kohlenbunker befinden sich im oberen Teile dieser Bühne.

Die Außenwände sind 20 cm dicke Stahlfachwerkwände, die wagrechten Träger übertragen den Winddruck auf die Binder. Bei der Bemessung hat man folgende Belastung zugrundegelegt: Gewicht des Daches einschließlich Schnee- und zufälliger Belastung 500 kg/m^2 , Winddruck 125 kg/m^2 , zwei Bunker zu je 40 t .

Der verwendete Stahl St. 37 wurde mit ummantelten Elektroden verschweißt, mittels deren Metall mit folgenden Eigenschaften aufgetragen wurde; Streckgrenze $40,8 \text{ kg/mm}^2$, Bruchfestigkeit $50,1 \text{ kg/mm}^2$, Dehnung ($1/d = 5$) 21% , Einschnürung 47% , Kerbschlagfestigkeit (Mesnager Prüfkörper) $10,1 \text{ kg/cm}^2$.

Bei diesen Werkstoffen könnte man auf Zug folgende Beanspruchungen zulassen:

Für das Grundmetall (Stahl) 1400 kg/mm^2 .
Bei Stumpfschweißung 1050 kg/mm^2 .

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
№		Querschnitte Profils Cross sections	Zeichen Designation Höhe über dem Fundament Hauteur au dessus de la fondation Height above foundation level	S	J _{max}	J _e max	S	a	s'	a'	Druck Compression Compression		Biegung Flexion Bending		Schema Schéma Type	
											N	$\sigma = \frac{N}{S}$	M	$\sigma = \frac{M}{J_e}$		
												t	kg/cm ²	tm	kg/cm	
1	Äußerer Hauptrahmen Cadres principaux extrêmes Main Frame		A	4,55	250	174'000	4300	1,0	1,0	1,0	1,0	821	328	28	650	
2			B	9,25	360	312'700	7600	2,0	1,0	2,0	1,0	821	228	58	763	
3			C	12,75	540	478'000	11'500	3,0	1,5	4,0	1,0	821	152	81	705	
4			D	15,50	320	456'000	11'000	3,0	1,0			521	163	99	900	
5			E		240	312'700	7600	2,0	1,0			8,05	335	67	882	
6			F	14,70	320	456'000	11'000	3,0	1,0			44,60	139	118	1073	
7			G	7,75	240	312'700	7600	2,0	1,0			44,60	186	60	790	
8			H	4,15	240	174'000	4300	1,0	1,0			44,60	186	31	720	
9	Einhüft. Rahmen Semicadre Half Frame		b	6,35	202	60'000	2260	1,5	1,0		51,38	254	21,6	955		
10			c	16,275	237	85'000	3120	2,2	1,0		21,38	90	23,0	930		
11			d		237	85'000	3120	2,2	1,0		10,524	44,5	30,5	976		

Fig. 7.

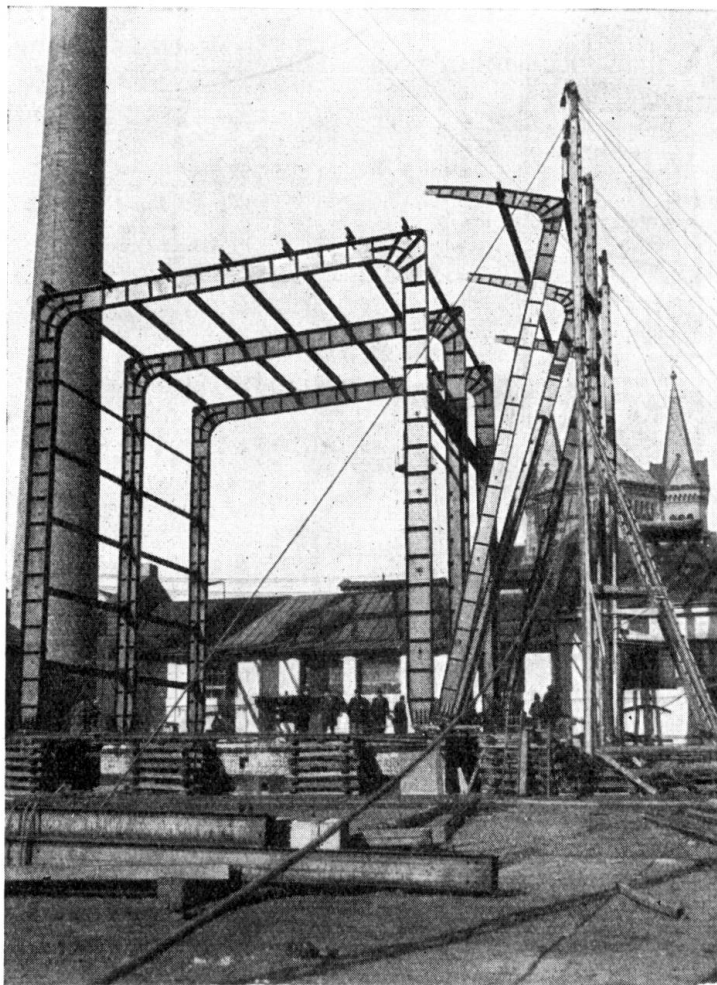


Fig. 8.
Kesselhaus im
Werk Timișora.
Aufstellen der ein-
hüftigen Rahmen.

Fig. 6 und 7 zeigen die Kräfte und den Verlauf der Biegemomente, wobei die entsprechenden Beanspruchungen in den Tabellen I und II verzeichnet sind.

Da es sich um ein Bauwerk handelt, das nahezu unveränderlicher Belastung ausgesetzt ist, wurde für die stumpfgeschweißten Träger ein unvermittelter Übergang zwischen Teilen mit verschiedener Flanschdicke ohne stufenweise Herabsetzung der Stärke des dicksten Flansches angenommen. Desgleichen wurde Kreuzschweißung zwischen Einzelteilen des Steges zugelassen. Endlich wurden auf die durch Transport- und Montagefragen begründete Bitte der bauausführenden Firma zwei Schraubenverbindungen an jedem Zweigelenkrahmen zugelassen. Bei den einhüftigen Rahmen wurde je eine Montageschweißung vorgesehen.

Das Stahlgewicht des Bauwerkes beträgt 144 t, was sich wie folgt verteilt:

3 Zweigelenkrahmen	47,20 t
3 einhüftige Rahmen	12,00 t
9 Stützen mit Lagern	0,87 t
Windverband:	
a) zwischen inneren Vertikalstäben	2,77 t
b) an den Außenwänden	7,34 t
Dachpfetten	11,81 t
Fachwerk der Wände	48,07 t
Kohlenbunker	14,26 t

Fig. 8 zeigt den Einbau der einhüftigen Rahmen mittels durch Stahlseile verspannter Schwenkmasten.

III d 11

Erfahrungen bei ausgeführten Bauwerken in Schweden.

Observations sur les ouvrages exécutés en Suède.

Experience obtained with Structures Executed in Sweden.

Major E. J. Nilsson,
Hafenverwaltung der Stadt Stockholm, Stockholm.

Einleitung.

Zu den bahnbrechenden Fortschritten unserer Zeit auf dem Gebiete der Stahlbautechnik gehört ohne Zweifel das Schweißverfahren, in erster Linie für Brücken- und Hochbauwerke. Seit Beginn der Anwendung von Flußeisen und Flußstahl für die soeben genannten Zwecke und bis zum Auftreten des Schweißverfahrens wurden überall fast ausschließlich Niet- und Schraubenverbindungen angewandt. Das Schweißverfahren brachte hierin eine radikale Änderung, die ihr Gegenstück nur im Verdrängen des Gußeisens durch den Flußstahl und im Auftreten des Betons im Wettbewerb mit dem Stahl findet.

Verbreitung des Schweißverfahrens.

Um etwa 1930 wurden in Schweden die ersten praktischen Versuche mit der Schweißung bei Ausführung von Stahlbauwerken vorgenommen. Es wurde das Skelett eines Irrenhauses in Lund in geschweißter Konstruktion errichtet, und im gleichen Jahr unternahm die Hafenverwaltung in Stockholm die Verstärkung zweier kleineren Brücken mit Hilfe des Schweißverfahrens.

Bei dem 1932—34 gelieferten Stahlüberbau der *Westbrücke* in Stockholm, Fig. 1*, wurde in einem gewissen Umfang die Fahrbahnkonstruktion, der obere Horizontalverband und die Fahrbahnsäulen mit einem Gesamtgewicht von etwa 2000 t geschweißt ausgeführt.

Etwa gleichzeitig mit der Montage des Stahlüberbaues der Westbrücke wurden die Fahrbahnträger einschließlich Verbände, der im übrigen ganz in Eisenbeton gebauten *Tranebergsbrücke*, Fig. 2, als geschweißte Stahlkonstruktion ausgeführt. Das Gesamtgewicht des Fahrbahngerippes beträgt etwa 1300 t.

Noch etwas später wurde die *Pålsundbrücke* gebaut, Fig. 3*, die zusammen mit der Westbrücke die neue Straßenverbindung zwischen dem westlichen und dem südlichen Teil von Stockholm herstellt und deren Stahlüberbau fast völlig geschweißt worden ist. Als bemerkenswert kann die bauliche Durchbildung der

* Siehe Thema VIIa.

Querträger und der Bogen angesehen werden. Die letzteren wurden fast ausschließlich auf der Baustelle geschweißt. Das Gesamtgewicht betrug etwa 1100 t.

Weiterhin wurde im Jahre 1935 mit der Herstellung und der Montage des neuen, vollständig geschweißten Stahlüberbaues, der umzubauenden *St. Eriksbrücke* in Stockholm begonnen, Fig. 4. Das Gesamtgewicht der Stahlkonstruktion beträgt etwa 1125 t.

Schließlich wurden in den Jahren 1931—35 etwa 3000 t geschweißte Stahlkonstruktionen verschiedener Art und kleinerer Abmessungen einschließlich einiger Landstraßenbrücken, sowie 30 000 t geschweißte Leitungsmaste aus Stahl angefertigt. Dazu kommen noch Schweißkonstruktionen für Hochbauten in großem Umfang, über deren Gesamtgewicht Angaben jedoch fehlen.

Als ein zuverlässiger Maßstab für die zunehmende Verwendung des Schweißverfahrens ist zweifellos der immer steigende Elektrodenverbrauch anzusehen. Der jährliche Elektrodenverbrauch in Schweden ist von 1925—30 bis jetzt von



Fig. 2.

Tranebergsbrücke.

etwa 200 auf 1300 t gestiegen. Bei einem mittleren Elektrodenverbrauch von 3% der fertigen Schweißkonstruktionen, entspricht dieser Verbrauch einer jährlichen Herstellung geschweißter Stahlkonstruktionen von nicht weniger als 40 000 t.

Erfahrungen bei den ausgeführten Schweißkonstruktionen.

Das Schweißverfahren hat sich so weit entwickelt, daß geschweißte Konstruktionen bezüglich Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegenwärtig mit mindestens dem gleichen Sicherheitsgrad ausgeführt werden können, wie genietete. Bei der Schweißung bieten sich außerdem Möglichkeiten einer Ausführung von einfacheren und rationelleren Konstruktionen, als die genieteten sind, besonders in Verbindung mit der Formung des Materials durch Schneiden.

Durch das Schweißen wird in der Regel eine Materialersparnis von 17—25% und eine Kostenersparnis von 12—15% im Verhältnis zu genieteten Konstruktionen erzielt.

Fast alle Brücken- und Hochbauten können nunmehr mit Vorteil und ohne irgendwelches Risiko mit Hilfe des Schweißens ausgeführt werden. Eine Ausnahme bildeten bis vor kurzem Fachwerkkonstruktionen wegen der Schrumpfspannungen, die während des Abkühlungsprozesses in den verschiedenen Teilen des geometrisch unveränderlichen Fachwerksystems entstehen. Man dürfte jedoch auf Grund jüngster Erfahrungen zu der Behauptung berechtigt sein, daß zur Zeit bei gewisser Vorsicht auch Fachwerkkonstruktionen ohne Bedenken nach dem Schweißverfahren ausgeführt werden können.

Notwendige Bedingungen für die Erzielung guter Festigkeitseigenschaften beim Schweißen sind, außer gewandten und geschickten Schweißern, die Wahl eines schweißbaren Grundmaterials, dem Material und der Schweißart angepaßte Elektroden, sowie eine geeignete maschinelle Ausrüstung. Diese Bedingungen können

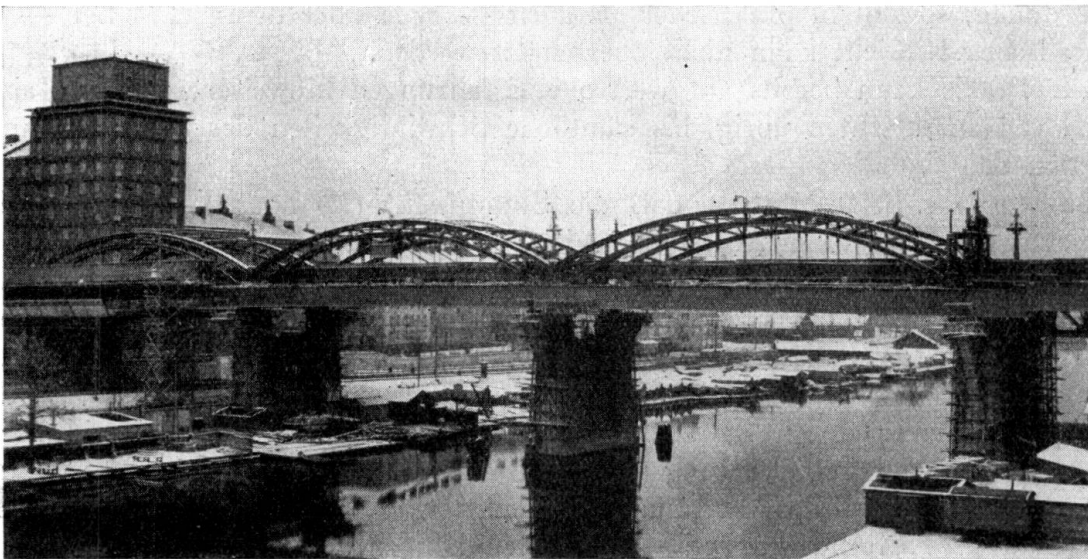


Fig. 4.

St. Eriksbrücke.

gegenwärtig ohne besondere Schwierigkeiten erfüllt werden; die Forderung eines guten schweißbaren Werkstoffes kann aber nicht kräftig genug hervorgehoben werden.

Die Abmessungen der Schweißnähte werden unter Berücksichtigung einer zulässigen Beanspruchung berechnet, die in gewisser, durch Versuche festgestellter Beziehung zu den zulässigen Beanspruchungen des Grundwerkstoffes steht. Je homogener und vollkommener die Schweißnaht ausgeführt werden kann, um so mehr darf die zulässige Beanspruchung der Schweißnaht der entsprechenden Beanspruchung des Grundwerkstoffes nahe kommen.

In vielen Fällen können heute schon bei gewissen Schweißverbindungen, die auf Druck beansprucht werden, volle 100 % der Grundmaterialbeanspruchung ohne Bedenken gestattet werden, und es kann in Frage kommen, ob nicht die Grenzen für die 100prozentige Ausnützung erweitert werden können. In Bezug auf die gegenwärtig in Schweden auf Grund bestehender Vorschriften zulässigen Beanspruchungen beim Bemessen der Schweißnähte kann als Regel behauptet werden, daß ein Überschuß an Sicherheit vorhanden ist.

Betreffs der Kontrolle fertiger Schweißnähte und der Hilfsmittel zur Sicherung einer guten Kontrolle bleibt noch viel zu tun übrig, bis eine vollkommen befriedigende Kontrolle erreicht wird. In Schweden hat man sich bisher mit Besichtigung und verschiedenen Arten von Stichproben begnügt, wie Bohren, Meißelung der Schweißnaht an verdächtigen Stellen, Ausschneiden von Probestücken mit Stichflamme und außerdem, wo möglich, durch Probelastung. Auch das Röntgenverfahren ist angewendet worden; dieses Verfahren ist jedoch sehr kostspielig und erfordert außerdem zur richtigen Beurteilung der Prüfungsergebnisse große Erfahrungen. Versuche mit Apparaten, die auf Benützung eines Magnetfeldes gegründet sind, haben bis heute zu keinen praktisch verwendbaren Ergebnissen geführt. Was die Schweißtechnik dringend benötigt, ist eine einfache, billige und handliche Anordnung, womit die fertige Schweißnaht in gründlicher und zuverlässiger Weise geprüft werden kann. Die Bedeutung einer solchen Anordnung, sowohl in praktischer als auch — gegenüber dem Schweißer — in moralischer Hinsicht kann nicht überschätzt werden.

Die Praxis kann bereits auf wertvolle Erfahrungen hinweisen, es bleibt aber noch viel auszurichten übrig, bis sämtliche Schwierigkeiten der Schweißtechnik überwunden sind.

So wurde z. B. festgestellt, daß die Stumpfnah (X- oder V-Nah) im allgemeinen der Kehlnah vorzuziehen ist, wo es sich um Verbindungen oder Befestigungen handelt, bei denen eine Kraftübertragung mit voller Inanspruchnahme des Schweißmaterials in Betracht kommt. Laschen sollen möglichst vermieden werden; wo diese aber nicht zu umgehen sind, sollen sie so ausgebildet werden, daß, wenn möglich, keine Spannungsspitzen entstehen und daß die Kraftüberführung durch die Schweißnähte eine möglichst einwandfreie wird. Ferner ist bei der Projektierung von geschweißten Bauwerken sorgfältig darauf zu achten, daß jegliche Anordnung vermieden wird, durch welche Spannungsspitzen — sog. Kerbwirkungen — entstehen können, wie z. B. beim Anschluß von Knotenblechen, Versteifungsblechen u. dergl. durch winkelrecht zur Kraftrichtung gelegten Schweißen auf Konstruktionsteile, die auf Zug beansprucht werden. Wo dies nicht zu vermeiden ist, soll die Anordnung so ausgebildet werden, daß die Kerbwirkung auf ein Minimum herabgesetzt wird. Dieses Problem muß jedenfalls noch Gegenstand weiterer Untersuchungen werden.

Das oben erwähnte gilt in erster Linie für Bauwerkteile, die durch Wechselspannungen beansprucht sind.

Eines der schwersten Probleme, die noch einer Erforschung und Lösung harren, ist der Einfluß der Wärme und die Mittel zur Beseitigung oder Milderung dieser Einflüsse. Das Werfen und andere Formänderungen, die infolge der ungleichmäßig verteilten Schrumpfspannungen während der Abkühlung entstehen, verursachen oft große Schwierigkeiten bei der Herstellung von geschweißten Bauwerken, besonders wenn diese kompliziert sind und geringe Abmessungen haben. Durch eine geeignete Reihenfolge des Schweißens und andere Maßnahmen kann der Einfluß des thermischen Effektes in vielen Fällen wohl ganz oder teilweise beseitigt, bzw. neutralisiert werden. Eine sichere Grundlage für die Beurteilung von geeigneten Mitteln zur Lösung des Verformungsproblems kann jedoch erst durch eine systematische Untersuchung über die Größe und die Verbreitung der Schrumpfspannungen, sowie über die Zu-

sammenwirkung zwischen den letzteren und den statischen Spannungen infolge Eigengewicht, Verkehrsbelastung usw. geschaffen werden.

In amtlichen Vorschriften wird im allgemeinen hervorgehoben, daß das Schweißen auf der Baustelle möglichst zu vermeiden ist. Bei sorgfältiger Überwachung, und wenn Vertikal- und Überkopfschweißungen mit ebenso gutem Erfolg ausgeführt werden können wie Horizontalschweißungen, scheint eine Ausnahmestellung des Montageschweißens nicht begründet zu sein. Es besteht kein prinzipieller Unterschied zwischen Werkstattschweißung und Schweißung auf der Baustelle, Erfahrungen bei der Pålundbrücke in Stockholm, vergl. vorher, haben gezeigt, daß eine provisorische Schweißanlage ohne besondere Schwierigkeiten mit wirtschaftlichem Vorteil auf der Baustelle angeordnet werden kann.

Durch Automatschweißen bei der Herstellung von Blechträgern und dergl., sowie durch Vereinfachung und Verbesserung alter Schweißmethoden, dürften unter Umständen noch weitere Kostenersparnisse erzielt werden können.

Um das Schweißverfahren zu seiner vollen Geltung bringen zu können, muß die konstruktive Ausbildung des Bauwerkes unbedingt schweißgerecht sein; die vollständige Erreichung dieses Zieles ist mit Rücksicht auf den Einfluß des traditionellen Nietverfahrens nur langsam möglich.

Die Herstellung neuer, für die Schweißung besser geeigneter Walzprofile nebst einer gut abgewogenen Normalisierung würden zweifellos zur noch weiteren Entwicklung der Schweißtechnik beitragen.

Sehr wünschenswert scheint es schließlich, die zielbewußten Bestrebungen, die sich in den verschiedenen Ländern gegenwärtig geltend machen, um die Schweißtechnik zu fördern und von vornherein in richtige Bahnen zu bringen, in der Richtung zu leiten, daß die Normen für geschweißte Bauwerke allmählich möglichst einheitlichen und internationalen Charakter erhalten.

Leere Seite
Blank page
Page vide

III d 12

Erfahrungen bei ausgeführten Bauwerken in der Schweiz.

Observations sur les ouvrages exécutés en Suisse.

Experience obtained with Structures Executed in Switzerland.

P. Sturzenegger,
Direktor der Eisenbau-Gesellschaft, Zürich.

Die schweizerische Stahlbauindustrie hat sich frühzeitig dem Schweißverfahren im Ersatz des bis dahin üblichen Nietverfahrens zugewendet. Dabei ist die Praxis der wissenschaftlichen und versuchstechnischen Forschung weit vorangeeilt. Für das konstruktive Gestalten waren die Erfahrungen der Schweißtechnik anderer Länder wegleitend. Die ersten Anwendungen bezogen sich auf den Hochbau mit Schweißverbindung von Ständern und Unterzügen zu Rahmengebilden. Neben dem Hochbau wurde in steigendem Maße die Anwendung der Schweißtechnik auf Vollwandkonstruktion angewandt, da das konstruktive Gestalten einfach schien und die wirtschaftlichen Vorteile geschweißter Konstruktion aus Einsparungen im Gewicht sinnfällig sich auswirkten. Versuche der Ausführung von Fachwerkkonstruktionen geschweißter Formgebung wurden vereinzelt gemacht, wobei schon frühzeitig von einzelnen Schweißkonstruktoren der Übergang von der genieteten Konstruktionsgestaltung auf eine neue Schweißformgebung gesucht wurde. Der Mangel an wissenschaftlichen Erkenntnissen und Versuchsergebnissen führte die Stahlbauindustrie zu praktischen Versuchserprobungen.

Fig. 1 zeigt eine der beiden Dienstbrücken über den Rhein für den Wehrbau des Kraftwerkes Albruch-Doggern von rund 150 m' Länge bei Öffnungsweiten von rund 30 m' bei der gerüstfreien Montage durch Längsverschieben. In Versuchen innert der Elastizitätsgrenze wurden durch Spannungsmessungen die aus Wärmeeinflüssen des Schweißens bedingten internen Schrumpfspannungen zu erkennen versucht. Weiterhin wurde, wie Fig. 2 zeigt, mit Weiterführung der Versuche über der Fließgrenze das Verhalten der gewählten Konstruktion bis zum Bruch verfolgt. Auf solchen werkeigenen Erkenntnissen aufbauend und durch Studium ausländischer Fachliteratur nahm die Ausführung geschweißter Konstruktionen stark zu, wobei es sich aber beinahe ausschließlich um Bauwerke vollwandiger Ausführung und statischer Belastungen oder geringer dynamischer Beanspruchungen, wie Straßenbrücken, handelte. Dabei waren weniger wirtschaftliche Erwägungen für die Anwendung der Schweißtechnik maßgebend als die fachtechnische Befriedigung des Ingenieurs im neuen Bauen. Dieser erfreulichen Tatsache des Strebens ingenieurmäßigen schöpferischen Denkens hat dann allerdings die sich einstellende wirtschaftliche Notlage und der Umstand nam-

hafter Verteuerung von Schweißkonstruktionen als Folge der Erkenntnisse der geringen Ermüdungsfestigkeiten von Schweißverbindungen Einhalt geboten. Namhafte Objekte dieses Zeitabschnittes sind neben einer Reihe von Geschäftshäusern



Fig. 1.

Kraftwerk Albruck-Dogern.
Dienstbrücken für den Bau der Wehranlagen.

der verschiedenen Städte und Industriezentren die Hallenbauten für die Mustermesse in Basel¹ und der Maschinenhalle der Eidgenössischen Technischen Hochschule.² Auch bei Bahnsteigüberdachungen der Schweizerischen Bundesbahnen wurden vielfach geschweißte Konstruktionen zur Ausführung gebracht, von denen

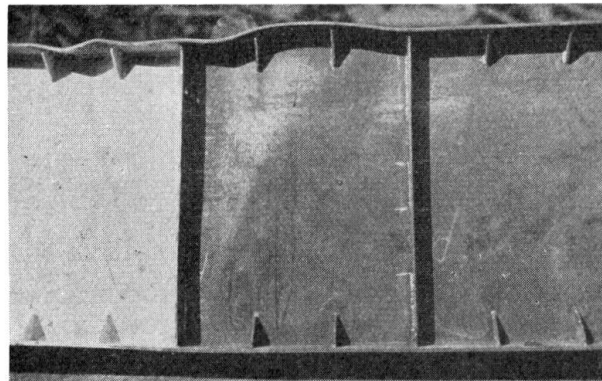


Fig. 2.

Kraftwerk
Albruck-Dogern.
Bruchversuche an Modell-
trägern der Dienstbrücken
über den Rhein.

Fig. 3 in den Kragdächern von 7 m' Ausladung für Bahnhof Genf-Cornavin eine der bemerkenswertesten Ausführungen zeigt. Im Straßenbrückenbau entstanden eine Reihe von Bauwerken geschweißter Ausführung, von denen eine der namhaftesten Anlagen die 1933 erstellte und als versteifter Stabbogen ausgeführte Mittelöffnung von 70,7 m' Spannweite über den Tessin der Brücke im Straßenzug Giubiasco-Sementina³ ist. An weiteren geschweißten Straßenbrücken sind zu

¹ Schweizerische Bauzeitung 1934, Nr. 8, Ossature Métallique 1934, Nr. 7/8.

² Schweizerische Bauzeitung 1933, Nr. 21.

³ I.V.B.H. Mitteilungen Nr. 3.

nennen die Straßenbrücke über den Brenno bei Acquarossa und über die Rhone bei Loèche je mit 40 m' Spannweite, sowie eine Straßenunterführung der S.B.B. im Bahnhof Genf.

Während in den Anfängen der Anwendung der Schweißtechnik auch die Baustellenverbindungen geschweißt ausgeführt wurden, kam die schweizerische Stahlbauindustrie aus kostentechnischen Gründen zurück auf die Werkstattschweißung und Baustellen Nietung oder -Verschraubung. Die mit der Baustellen-schweißung verbundene vermehrte Baukontrolle und die elektrischen Bauplatzeinrichtungen erwiesen sich bei den zu geringen Bauwerkgrößen als zu kostspielig; solche Baustellenorganisationen und -Einrichtungen verlohnen sich nur bei großen Bauwerken, wie sie in der Schweiz Seltenheit sind.

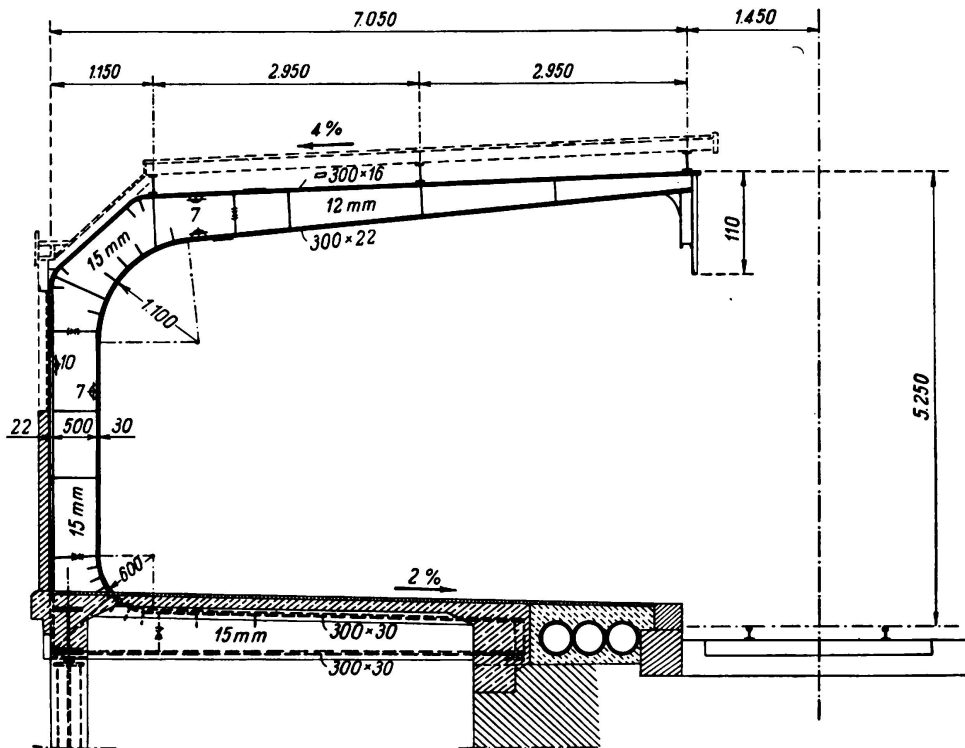


Fig. 3.

Bahnsteigüberdachung Bahnhof Genf-Cornavin S.B.B.

Die Abklärung über den Einfluß der Wärmeeinwirkung mit den sich daraus ergebenden Schrumpfspannungen wurde durch stetige Messungen an den Objekten gesucht. Daneben liefen in Vorbereitung der neuen Eidg. Verordnung hinsichtlich der Anwendung des Schweißverfahrens Untersuchungen in der Eidg. Materialprüfungsanstalt in Zürich über Festigkeitsverhältnisse und zulässige Beanspruchungen von Schweißverbindungen, (siehe Schweizerisches Archiv für angewandte Wissenschaften und Technik: Prof. Dr. Roß und A. Eichinger), sowie Erhebungen über das konstruktive Gestalten von Schweißverbindungen durch die Arbeitskommission für Schweißen im Stahlbau, Fachgruppe des Schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Vereins und der Technischen Kommission des Verbandes Schweizerischer Brückenbau- und Eisenhochbau-Fabriken (V.S.B.). Die Erkenntnisse hinsichtlich der tiefen zulässigen Spannungen an der Ermüdungs-

grenze des Materials in Verbindung mit den aus praktischen Messungen sich ergebenden zusätzlichen innern Schrumpfspannungen führten zu einer Verlangsamung in der Anwendung der Schweißtechnik, indem die Forderungen an das konstruktive Gestalten sich dermaßen kostenvertuernd auswirkten, daß die genieteten Konstruktionen wieder zu Ehren kamen.

Die Bedenken gewisser Kreise der schweizerischen Bauaufsicht gegen die zusätzlichen Schrumpfspannungen und ihre Einwirkung und deren Einflüsse auf die Sicherheit der Bauwerke sind in ihrer Auswirkung zu weitgehend. Auch gewalzte Träger enthalten teils wesentlich größere Wärmespannungen als geschweißte Träger, ohne daß sich solche schädlich ausgewirkt hätten. Hohe innere Spannungen gleichen sich erfahrungsgemäß im Laufe der Zeit aus. Bei richtiger Berechnung und konstruktiver Ausbildung geschweißter Konstruktionen dürfen Wärmespannungen vernachlässigt werden. Die Möglichkeit, durch Röntgenprüfung Fehlerquellen aufzudecken und Rückschlüsse auf die Arbeitsdurchführung zu geben, führt vielfach zu allzuweitgehenden Folgerungen. Derartige nicht restlos fehlerfreie Prüfungsergebnisse lassen nicht unmittelbar auf die Festigkeitseigenschaften einer Schweißverbindung schließen.

Die inzwischen auf Grund langer Vorbereitungen Anfangs 1935 erlassene neue Eidg. Verordnung über die Berechnung, die Ausführung und den Unterhalt von Bauten aus Stahl, Beton und Eisenbeton läßt das Schweißverfahren zur Herstellung aller Bauwerke zu. Bei der dauernden Entwicklung der Schweißtechnik beschränkt sich die Verordnung auf Festlegung der Grundsätzlichkeiten, wie Gütevorschriften für Schweißmaterial und Schweißverbindungen, zulässige Beanspruchungen von Stumpf- und Kehlnähten, Richtlinien der Herstellung der Schweißkonstruktionen, Prüfungswesen von Schweißverbindungen, -Personal und -Einrichtungen. Berechnungsverfahren und konstruktives Gestalten bleiben den Fachkenntnissen des entwerfenden Ingenieurs vorbehalten. Damit werden die Normen zu einem nicht hemmenden Überwachungsorgan und überlassen die Weiterentwicklung den Fachingenieuren in enger Zusammenarbeit mit den Erfahrungen der Werkleitungen, der Schweißfachmänner und der Forschungsinstitute.

Aus der Erkenntnis, daß die Dauerfestigkeit einer Schweißverbindung vom Störungsgrad des Spannungsverlaufes abhängig ist und daß zusätzliche Spannungshäufungen aus Wärmespannungen bei der Herstellung geschweißter Konstruktionen vermieden werden müssen, haben sich für das Bauen im Schweißverfahren nachfolgende grundlegende Forderungen entwickelt: Das Schweißmaterial soll in seinem Gütewert dem des Mutterwerkstoffes möglichst nahekommen. Dünne Elektroden sind wegen durchgreifender Vergütung dicken Elektroden vorzuziehen. Die Wurzeln für Kehlnähte sind stets mit dünnen Elektroden auszuschweißen. Stumpfnähte sind wurzelseitig nachzuschweißen, nachdem ein Ausmeißeln und Reinigen der Nahtwurzel vorangegangen ist. Bei Schweißraupen verschiedener Lagen dürfen keine Schlackeneinschlüsse noch Poren oder Hohlräume auftreten.

Solche Störungen wirken als innere Kerben auf die Dauerfestigkeit der Schweißverbindung. Zur Sicherung der Fugenweite sind die zu verbindenden Konstruktionselemente vorzuheften, worauf das weitere Ausschweißen in dünnen Lagen mit Abwechslung in der Reihenfolge der Erstellung der Nähte erfolgt, um

Verformungen gering zu halten. Die Erstellung der Nähte in dünnen Lagen gilt vorab bei Anwendung von dicken Elektroden, um zu große Erhitzung der Schweißstellen zu vermeiden. Da rasches Abkühlen in den äußern Schmelzzonen sprödes Gußgefüge schafft, werden umhüllte oder getauchte Elektroden verwendet, bei denen die Schlackenaufgabe die rasche Abkühlung verzögert. Der Wert des Hämmerns von Schweißnähten während deren Erstellung findet geteilte Beurteilung. Um die Oxydation tunlichst zu vermeiden, wird der Lichtbogen beim Schweißen kurz gehalten. Zu rasche Schweißgeschwindigkeit mit der Folge der Überhitzung und damit der Erzeugung verstärkter Wärmezusatzspannungen wird vermieden. Die Schweißnähte sind von der Oberflächenschlacke zu befreien und zu reinigen.

In besonders wichtigen Fällen ist das Nachglühen der Schweißverbindung bis an die untere Umwandlungstemperatur empfohlen. Fig. 4 zeigt in dem ge-

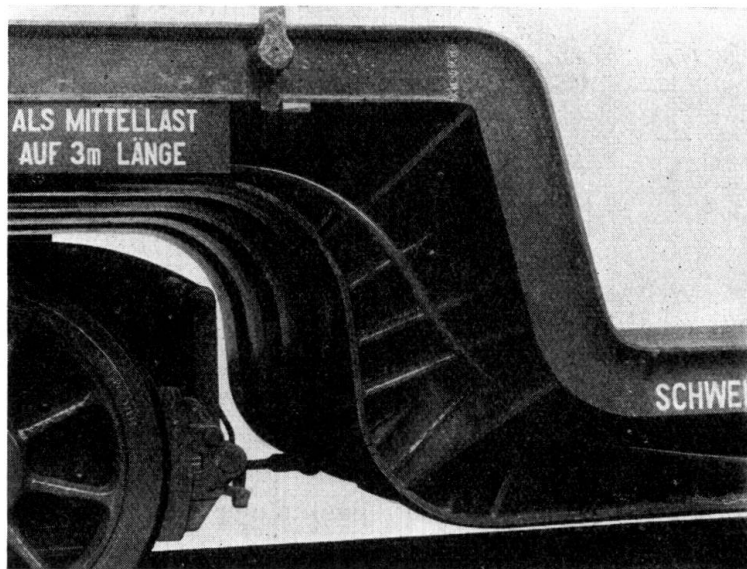


Fig. 4.

Tiefgangwagen S.B.B. 60 t Tragkraft. Geschweißtes Kropfstück.

schweißten Kropfstück eines Tiefgangwagens von 60 t Tragkraft einen Fall der Notwendigkeit solcher Nachbehandlung. Eingehende statische und dynamische Erprobungen ergaben, daß die gemessenen Spannungen angenähert den rechnerischen Beanspruchungen für statische Belastung entsprochen haben, während für dynamische Belastungen ein geringfügiger Zuwachs der effektiven Spannungen entsprechend rund 1⁰/₀₀ Auflastzunahme entstand.

In der Schweißnahtformgebung ist die leicht überhöhte Naht üblich. Die Kehl-naht wird auf dynamisch beanspruchte lebenswichtige Schweißverbindungen beschränkt. Deren Herstellung ist kostenvermehrend. Ob tatsächlich wie bei stetiger Formgebung des Mutterwerkstoffes die Vorteile eines ungestörten Spannungsverlaufes auch in der Nahtgestaltung sich einstellen, ist abklärungsbedürftig. Anfang und Ende der Läufe müssen glatt ineinander übergehen. Beim Bestreben der Vermeidung von Kerben wird von gewissen Kreisen das Überschweißen derselben begehrt. Der Wert solcher Zusatzschweißungen wird verschieden beurteilt

und bedarf der Abklärung. Das bei dynamisch beanspruchten Bauwerken zusätzlich begehrte Nachschleifen der Schweißungen zwecks Erzielung regelmäßiger und kerbenfreier Nahtform und -Übergänge ist kostenverteuernd. Der Wert dieser Maßnahme ist in Erstellerkreisen fragwürdig bewertet.

Bei der Witterung oder andern schädlichen Einflüssen ausgesetzten Bauwerken müssen alle Schweißungen durchgehend ausgeführt werden.

Hinsichtlich Schrumpfungen werden X-Nähte günstiger als U- und V-Nähte beurteilt. Die bei Baubehörden vielfach gewünschten K-Nähte nach Fig. 5 sind werkstatt-technisch schwer und kostspielig einwandfrei zu erstellen. Sie sollen nur dort angewandt werden, wo deren sonstige Vorzüge ausschlaggebend sind. Dieser Erschwernis weicht das in Deutschland übliche Wulstprofil aus, das aber in der Schweiz aus Gründen der Beschaffungsmöglichkeit und der Kosten nicht

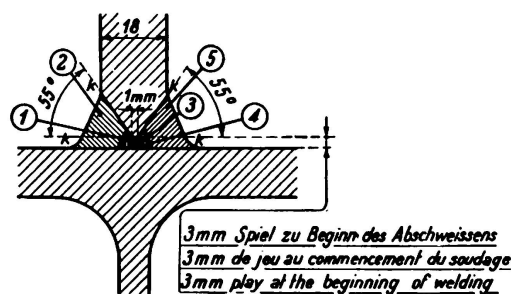


Fig. 5.

K-Naht

1 erste Schweißlage: Elektr. No. 8 oder 10

2 fertig schweißen

3 Wurzelseitig ausmeißeln

4 Wurzelseitig nachschweißen: Elektr. No. 8 oder 10

5 fertig schweißen

Bei „K“ keine Kerbe

Eingang gefunden hat. Kehlnähte sind bestmöglich zu vermeiden, indem ihnen die Vorteile der Entlastung wie im genieteten Anschluß fehlen. Exzentrische Anschlüsse auch in Einzelteilen werden als gefährlich vermieden.

Die Erkenntnis, daß Formänderungen der Einzelelemente beim Erstellen geschweißter Konstruktionen nicht nur Herstellungerschwernisse bieten, sondern auch zu Häufungen von Wärmezusatzspannungen führen, ließ die Frage der Reihenfolge des Schweißens planmäßig verfolgen, stets verbunden mit zugehörigen Messungen der Schrumpfspannungen. Auf Veranlassung der S.B.B. wurden für eine Eisenbahnbrücke der Seetalbahn an zwei Hauptträgern eingehende Untersuchungen in dieser Richtung gemacht. Bei dem einen Hauptträger wurde vorerst das Stehblech mit allen Aussteifungen versehen und erst darauf in der Reihenfolge Unter- Ober-Gurt die Gurtlamelle aufgebracht, während beim 2. Träger vorerst die Gurtungen in gleicher Reihenfolge auf das nackte Stehblech geschweißt wurde und erst darauf die äußern und innern Aussteifungen des Stehbleches aufgebracht wurden. In beiden Fällen wurde die Schweißung streng symmetrisch von Trägermitte gegen Trägerende durchgeführt. Bei den Halsnähten der Verbindung der Gurtlamellen mit dem Steg wurde versucht, den Verformungsgrad bei unmittelbarer Gegenüberschweißung bzw. leichter Versetztschweißung abzuklären. Aus den Messungen der Schrumpfspannungen war zu erkennen, daß solche von Trägermitte gegen Trägerende zunehmen. Die Gurtlamellen waren in der Längsrichtung ziemlich gleichmäßig mit Druckspannung belegt, maximal in der Stehblechachse. Im Stehblech konnte keine Gesetzmäßigkeit im Spannungsverlauf erkannt werden. Das verschiedene Schweißvorgehen bei den beiden Trägern ließ sich aus den Schrumpfspannungen nicht erkennen. Es scheint kein wesentlicher Unterschied zu bestehen. Das Verfahren,

wo das Stehblech vor Aufbringen der Gurtungen zuerst ausgesteift wurde, ergibt eine größere Steifigkeit des Trägers. Das Pilgerschritt-Verfahren ergab gegenüber der fortlaufenden Schweißung keine Vorteile. Hinsichtlich Verformung bestanden in beiden Vorgehen keine Differenzen. Kurze aber dicke Heftraupen haben sich besser als dünne und längere Heftnähte erwiesen. Gleichzeitig vorgenommene Temperaturmessungen führten beim Schweißen der Stehbleche in 60 mm Entfernung von der Naht zu höchstgemessenen Temperaturen von 170° . Die voreilende Wärme im Stehblech war mit $30\text{--}40^{\circ}$ relativ gering. Bei der Versetztschweißung der Nähte im Aufbringen der Gurtungen auf die Stehbleche ergaben sich wohl etwas stärkere Verformungen, dafür aber eine erhebliche Reduktion der Erwärmung. Diese verschiedenen Versuche lassen fest umrissene Gesetze über das Vorgehen im Zusammensetzen und Ausschweißen

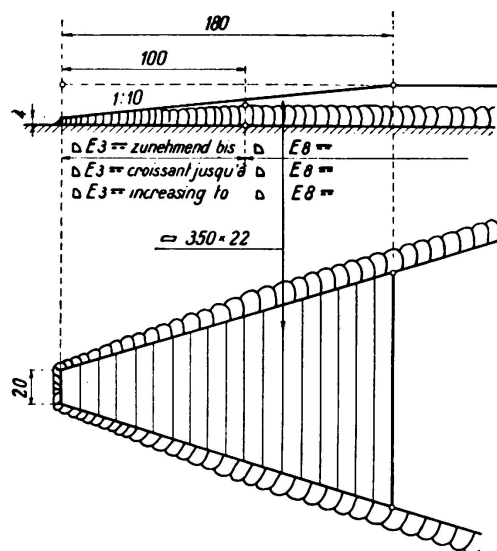


Fig. 6.
Schweißung von Lamellen-
enden

von Konstruktionen nicht erkennen. Es wird bis zu weiterer Erforschung vorab Sache der Werkleitungen sein, aus den schrittweise sich ergebenden Erfahrungen den Weg in der Reihenfolge der Schweißnahterstellung zu finden, der die geringsten Formänderungen schafft. Baustellenschweißungen sind, wenn nicht vermeidbar, sehr einfach zu halten.

Diese aus den Betriebserfahrungen gesammelten Vorbedingungen in der Erstellung von Schweißverbindungen zusammen mit den Erkenntnissen aus den groß angelegten Versuchen deutscher Wirtschafts-Verbände und Versuchsinstitute haben in der Schweiz zu einer ähnlichen Entwicklung der Einzelheiten geschweißter Konstruktionen, wie in andern Ländern, geführt. Nachdem hinsichtlich Dauerfestigkeit der Stumpfstoß seine Überlegenheit erwiesen hat, muß der entwerfende Konstrukteur sich von der Anlehnung an die Nietbauweise freimachen und für Stab und Knotenpunkte neue Formen suchen, die die allseitige Anwendung von stumpf geschweißten Anschlüssen gestattet.

Bei Verstärkungen von gewalzten Grundquerschnitten durch aufgesetzte Lamellen werden solche an ihrem Lamellenende keilförmig ausgezogen und in ihrer Stärke abgehobelt im Sinne von Fig. 6, um schroffe Übergänge mit Störungen des Spannungsverlaufes und Herabsetzung der Dauerfestigkeit zu vermeiden. Wo der Grundquerschnitt über die Dimensionen gewalzter Träger

führt, wird der Grundquerschnitt aus Steg und Gurtblechen zusammengesetzt, wobei in der Schweiz Nasen- und Wulstprofile nicht üblich sind. Nicht selten wird eine Kombination von halben Breitflanschträgern mit zwischengesetztem Stehblech angewandt, insbesondere da in dieser Verbindung die Nahtbeanspruchung im Übergang von Steg auf Gurtung im Rahmen zulässiger Spannungswerte gehalten werden kann. Diese nur auf die Querkraft bemessenen Halsnähte erhalten tatsächlich Spannungen aus den Biegemomenten der Träger. Eine Abklärung der Beanspruchung dieser Halsnähte und der Einfluß auf die Sicherheit des Bauwerkes ist Bedürfnis.

In der Verbindung von Stehblechen haben sich Stumpfstoße mit aufgesetzten Decklaschen wegen ungünstiger Dauerfestigkeit der Kehlnähte wie

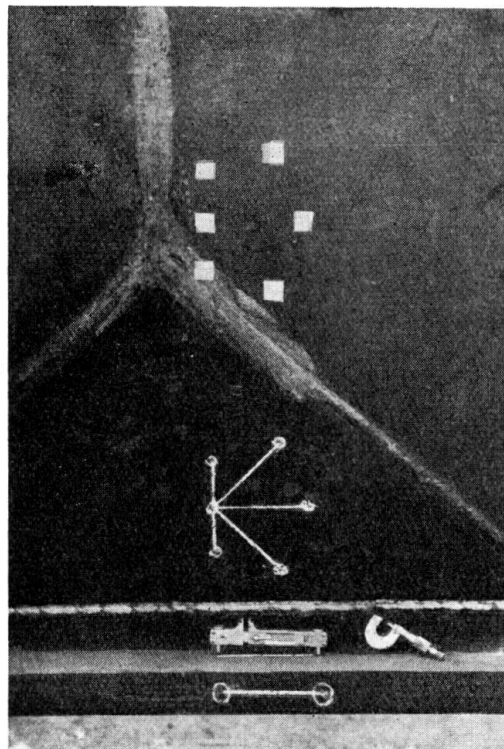


Fig. 7.

Stehblechstoß Seetalbahn
S. B. B.

auch eingesetzte Laschen mit der vergrößerten Länge der Stumpfnähte überholt. Bewährt haben sich stumpf geschweißte Stöße mit Schrägnähten nach Fig. 7, angewandt bei den Hauptträgern Bahnbrücke Seetalbahn S. B. B. oder dann gerade Stumpfnähte mit kleiner ausgehobelter Decklasche in der Zugzone nach Fig. 8, wo die zusätzliche Stoßdeckung das Maß der herabgeminderten Nahtbeanspruchung auf Zug deckt. Diese letztere Ausführung ist für die Bahnbrücke der Strecke Zürich—Baden nach Fig. 9 angewandt worden. Dieses Bild zeigt für die kürzlich erstellte Brücke von rund 26 m' Spannweite den Bauzustand der Auswechslung, bei der die neue Brücke mit der bestehenden zusammengekoppelt und so die alte Brücke aus- und die neue Brücke eingeschoben wurde. Messungen bei nach Fig. 7 ausgebildeten Stößen ergaben, daß die größten Querschrumpfungen im Mittelabschnitt der direkten Stumpfnäht auftreten, während solche in den Dreieck-Nähten zurücktreten. In Folgerung hieraus wird der Stoß Fig. 10 empfohlen.

Die einfache geradlinige Stumpfnah mit gefrästem allmählichen und kerbenfreien Nahtübergang, wie sie bei der Rügendammbücke⁴ zur Anwendung kam, hat sich in der Schweiz noch nicht durchgesetzt. Hinsichtlich der Aussteifungen der Stehbleche wird die in gleichem Querschnitt gegenüberliegende Naht der

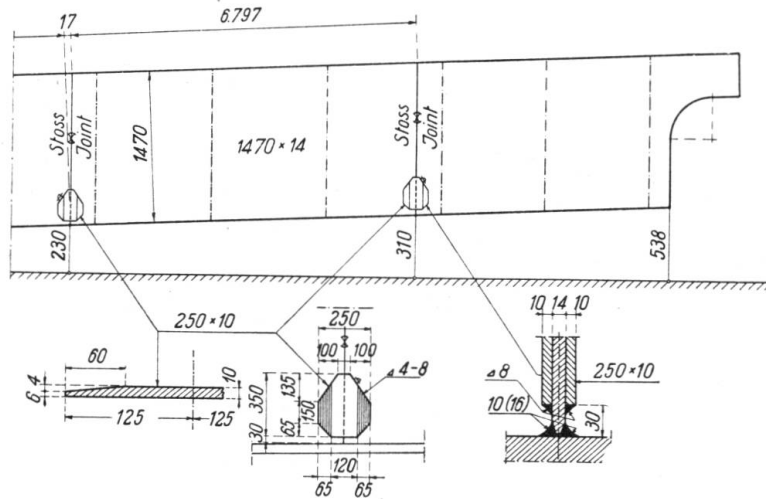


Fig. 8.

Stehblechstoß Bahnbrücke Strecke Zürich—Baden S. B. B.

Steife vermieden. Im Anschluß an die Gurtungen wird die Steife bei der Halsnietung der Gurtung ausgeschnitten. Ob auf die Verbindung der Steife mit dem Zuggurt verzichtet werden soll, sind die Meinungen geteilt, wie auch die Frage der Zweckmäßigkeit von Zwickelsteifen zwischen den eigentlichen Hauptaussteifungen noch abklärungsbedürftig ist.

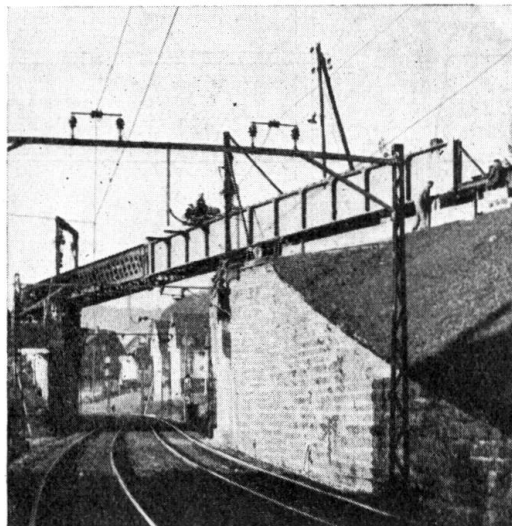


Fig. 9.

Überfahrtsbrücke S. B. B.
Strecke Zürich—Baden.

Bei der Ausbildung der Gurtquerschnitte ist das Paketieren von Lamellen wegen der Kostenvermehrung aus der Erstellung der Längsnähte ersetzt durch die Anwendung von dicken Platten als Gurtelemente. Der Schwierigkeit der Stoßausbildung solcher starker Gurtelemente wird bei kleineren Trägerlängen

⁴ Bautechnik 1935.

begegnet mit Durchführen des stärksten Querschnittes auf ganze Länge. Diese Maßnahme ist aber beschränkt aus Transportgründen der Heranschaffung des Materials und aus wirtschaftlichen Ursachen infolge der Längenüberpreise solcher Materialien. Wenn derartige Gurtstöße nicht zu vermeiden sind, so werden sie

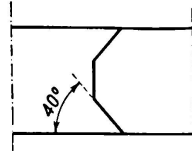


Fig. 10.

an Stellen geringerer Trägerbeanspruchung gelegt. Der in Fig. 11 dargestellte Gurtlamellenstoß a läßt Kerbwirkungen nicht vermeiden, auch wenn die durch Flankennaht angeschlossenen Zusatzlaschen zum sanften Übergang ausgehobelt werden. Desgleichen hat sich die weiter dargestellte Lösung b mit Aushobeln

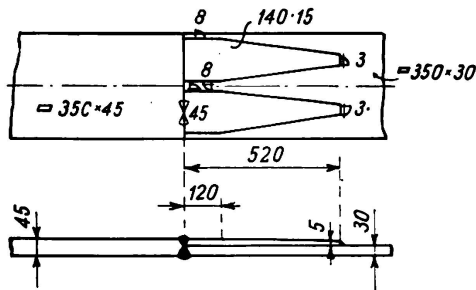


Fig. 11 a.

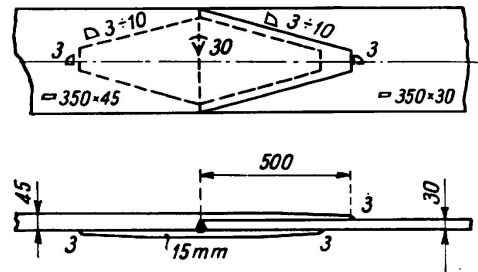


Fig. 11 b.

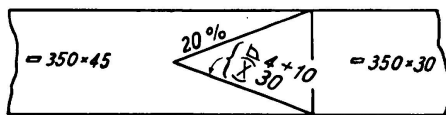


Fig. 11 c.

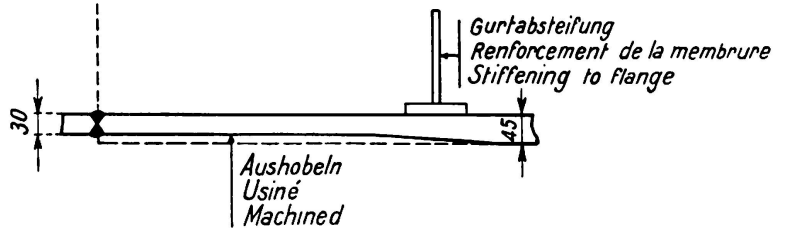
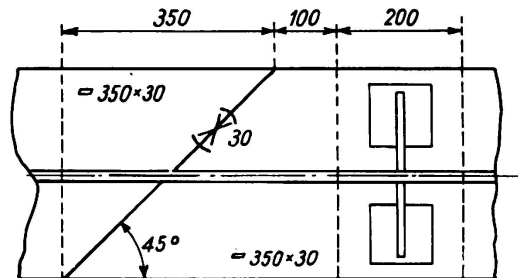


Fig. 11 d.

Fig. 11.
Gurtstöße.

der dicken Lamelle um die Stärke der dünnen Lamelle und Anschluß der Überlappung durch Kehlnähte und Quer-V-Naht, gesichert durch eine Decklasche, wegen der teuern Bearbeitung und der zu erwartenden erheblichen einseitigen Schrumpfung der V-Naht nicht bewährt. Mit Erfolg wird der weiter dargestellte

keilförmige Stoß c angewandt. Als Nachteile desselben sind der scharfe Richtungswechsel beim Schweißen im Scheitel des Keiles und die kostspielige Bearbeitung anzusprechen. In der Praxis hat sich der gerade oder schräge Stoß d nach der weiter in Fig. 11 gegebenen Ausführung mit Abhobeln der dickern Lamelle zwecks sanftern Überganges durchgesetzt. Entgegen dieser Ausführung bei dynamisch beanspruchten Bauwerken wird im Hochbau die Ausführungsform ohne Abhobeln der dicken Lamelle als genügend betrachtet. Messungen an solchen Stößen haben ergeben, daß der Arbeitsvorgang im Erstellen der X-Naht keinen großen Einfluß auf die Schrumpfspannungen hat. Um die Kraterwirkung an

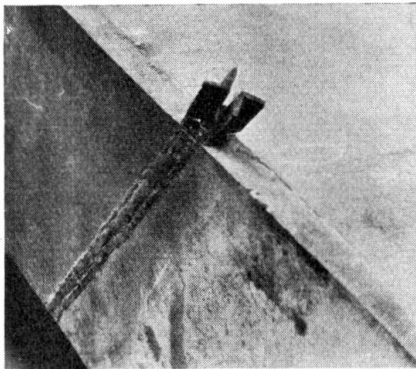


Fig. 12.
Schräger Gurtstoß.

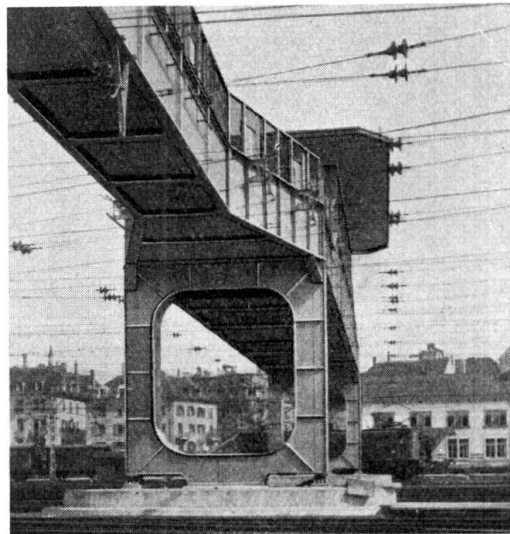


Fig. 13.
Befehlsstellwerkbrücke HB. Zürich.

den seitlichen Lamellenenden unschädlich zu machen, wurden mit Erfolg nach Fig. 12 die Schweißenden aus dem Querschnitt heraus in kleine angeheftete Abfallwinkel verlegt, die nachträglich abgesägt wurden.

Seinen unbestreitbaren Vorteil im konstruktiven Gestalten, wie in der Wirtschaftlichkeit hat das Schweißverfahren bei biegefesten Rahmenkonstruktionen, wo mit einem Mindestaufwand an Material und Konstruktionselementen die geschweißte Lösung dem Spannungsverlauf sich ausgezeichnet anzupassen vermag. Ein Bauwerk neuester Zeit, wo die Vorteile des Schweißverfahrens in Rahmenkonstruktionen zur Auswertung kamen, zeigt Fig. 13 einer Befehlsstellwerkbrücke von 75,65 m' Länge im Hauptbahnhof S. B. B. Zürich. Eine Mittelpartie von 5,3 m' Breite trägt das Reiterstellwerk, während beidseitig sich die Laufstege von 2 m' Breite anschließen. Dieses Bild zeigt die Formschönheit geschweißter Bauwerke, in deren Gesamtheit wie in deren Einzelheiten.

Wie bereits einleitend vermerkt, sind in Fachwerkausführungen geschweißter Natur nur Anfänge gemacht worden, wobei es sich vorab um Aufgaben statischer Beanspruchung handelt. Neben Dachkonstruktionen verschiedener Zweckbestimmung sind in einigen Hallenbauten Versuche geschweißter Ausführung durchgeführt worden, wie in einer Halle des Verkehrsflugplatzes Zürich-Dübendorf, wo mit der Schweißung in Ablösung von der nietkonstruktiven Ausführung die

Stumpfnahht zur Anwendung kam. Für die konstruktive Entwicklung geschweißter Fachwerkstrukturen sind einerseits wirtschaftliche Überlegungen und andererseits Erkenntnisse über den störungsfreien Spannungsverlauf bestimmend. Für die Fachwerkstäbe sind die kostspieligen Längsnahtverbindungen kombinierter Profile zu vermeiden und aus der hochentwickelten Walztechnik gewalzte Stäbe zu entnehmen, wofür auch Rücksichtnahme auf Verformung und Schrumpfspannungen sprechen. In den Knotenpunktausbildungen heißt es sich von der Nachahmung genieteter Ausführungen frei zu machen, in denen die Nietung durch Flankenschweißung ersetzt wurde. Die neuen Konstruktionsformen unter Verwendung von Stumpfnahhten werden bei zweckmäßiger konstruktiver Durch-

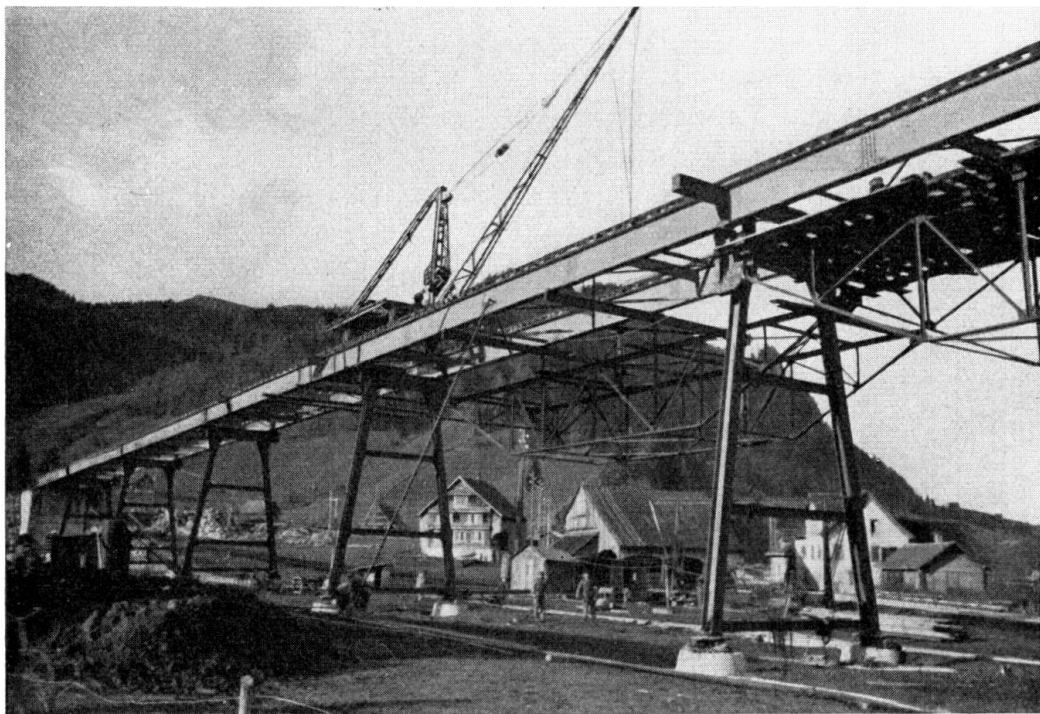


Fig. 14.

Steinbacher-Viadukt Etzelwerk A.G.

bildung des Knotenpunktes störungsfreien Kraftfluß von einem Bauteil zum andern gewährleisten.

Im Bau von Tragwerken für Übertragungsleitungen der Elektrizitätswirtschaft hat die Schweißtechnik keinen Eingang gefunden, indem diese Hochspannungsleitungen in der Schweiz aus Heimatschutzerwägungen in das Vorgebirge und Hochgebirge verwiesen sind, womit für deren Transport die Zerlegungsmöglichkeit Voraussetzung ist. In beschränktem Maße ist das Schweißverfahren für Fahrleitungstragwerke der Elektrifizierung schweizerischer Bahnen zur Anwendung gelangt.

Im Kranbau sind verschiedentlich Verladebrücken in geschweißter Ausführung erstellt worden, wobei die Befriedigung in ingenieurmäßiger Forschung nicht aber Wirtschaftlichkeitserwägungen für deren Bau bestimmend waren.

Im Behälterbau hat sich das Schweißverfahren stark durchgesetzt in der Erstellung von Bunkern und Silos verschiedenster Nutzenanwendung. Gegenwärtig

befindet sich in Zürich eine Malz- und Kohlen-Silo-Anlage von rund 4500 m³ Fassungsvermögen im Bau, bei der restlos geschweißte Rundsilos zur Anwendung kommen.

Die Anwendung der Schweißtechnik im Verstärken bestehender Brücken ist mit der Fragwürdigkeit einwandfreier Zusammenwirkung der bestehenden Nietung und der zusätzlichen Verstärkung durch Schweißen beschränkt geblieben auf einige Brückenverstärkungen der S. B. B.

In der Schweiz hat sich die vollgeschweißte Neuausführung vorab in letzter Zeit nach den Erkenntnissen über die Ermüdungsfestigkeit geschweißter Konstruktionsgebilde nicht in dem Maße wie in anderen Ländern entwickelt. Dagegen ist das Schweißen von konstruktiven Einzelheiten, mit der Sinnfälligkeit der Vereinfachung solcher, Allgemeingut der Stahlbauindustrie geworden. Ein Beispiel einer geschweißten Ausführung in Einzelheiten bilden die Viadukte über den Stausee der Eitzelwerk A.-G., von denen der in Fig. 14 dargestellte Steinbacher-Viadukt eine Länge von 412 m' bei 6 m' Fahrbahnbreite und der Willerzeller-Viadukt bei schmalerer Fahrbahnbreite von 4,5 m' eine Länge von 1115 m ausweist. Die Überbauten bestehen aus gewalzten Breitflanschträgern mit streckenweiser Aufschweißung von Gurtlamellen und Jochen mit geschweißten Rahmenecken und Kopfträgern. Die Baustellenverbindungen sind angenietet.

Leere Seite
Blank page
Page vide

III d 13

Erfahrungen bei ausgeführten Bauwerken in Dänemark.

Observations sur les ouvrages exécutés au Danemark.

Experience obtained with Structures Executed in Denmark.

C. G. Thorborg,

Ingenieur, cand. polyt., Kopenhagen.

Bis jetzt ist in Dänemark für Schweißung von Stahlkonstruktionen ausschließlich die Lichtbogenschweißung verwendet worden. Die Erfahrungen, die man im Laufe der letzten Jahre gemacht hat, sind die, daß man nun bei elektrisch geschweißten Stahlkonstruktionen keine Bedenken mehr hat und sie in vielen Fällen den genieteten Konstruktionen wegen ihres gefälligen Aussehens und ihrer Wirtschaftlichkeit vorzieht.

Die Firmen, die sich mit Schweißung beschäftigen, haben natürlich den größten Wert darauf legen müssen, die Werkstätten so einzurichten, daß sie sich für Ausführung geschweißter Konstruktionen eignen. Man stellt sich mehr und mehr darauf ein, vermittels passender Hilfsmittel die Werkstücke leicht in die günstigste Lage bringen zu können, so daß die Schweißung schnell und gut ausgeführt werden kann. Schweißung auf der Baustelle ist natürlich nicht immer in gleichen günstigen Verhältnissen auszuführen. Bei Hochbauten hat man gegen Vertikal- und Überkopfschweißung keine Bedenken.

Leichtere Gitterkonstruktionen, z. B. Fachwerkdachbinder, werden in der Regel mit T-Profilen für Kopf und Fuß ausgeführt, wobei die aus zwei Winkelstählen bestehenden Gitterstäbe mit Kehlnähten geschweißt werden. Bei solchen Konstruktionen werden das Aufspannen und die Schweißarbeit so vorgesehen und durchgeführt, daß sich die Schrumpfspannungen ausgleichen, und daß eine Verwerfung und das durch diese benötigte Nachrichten vermieden werden kann. Schweißung von Gitterstäben zum Steg der Flanschen wird etwa 10 mm von dessen freiem Rand begonnen. Für Kopf und Fuß werden in der Regel entweder durchgeschnittene I-Profile oder T-Profile von zwei zusammengeschweißten Flachstählen verwendet. Bei Zusammenschweißung dieser Flachstähle ist es bisher schwer gewesen, Verwerfungen zu vermeiden (Krümmung des Stegbleches). Diese werden — vor der Verbindung mit den übrigen Stäben — durch örtliches Anwärmen (Schweißflamme) nachgerichtet.

Bei Dachbindern, wo die Gitterstäbe mit den Flanschen durch Stumpfschweißung verbunden werden, sind größere Schwierigkeiten obengenannter Art entstanden, und die genaue Anpassung erforderte deshalb eine größere Arbeitsleistung.

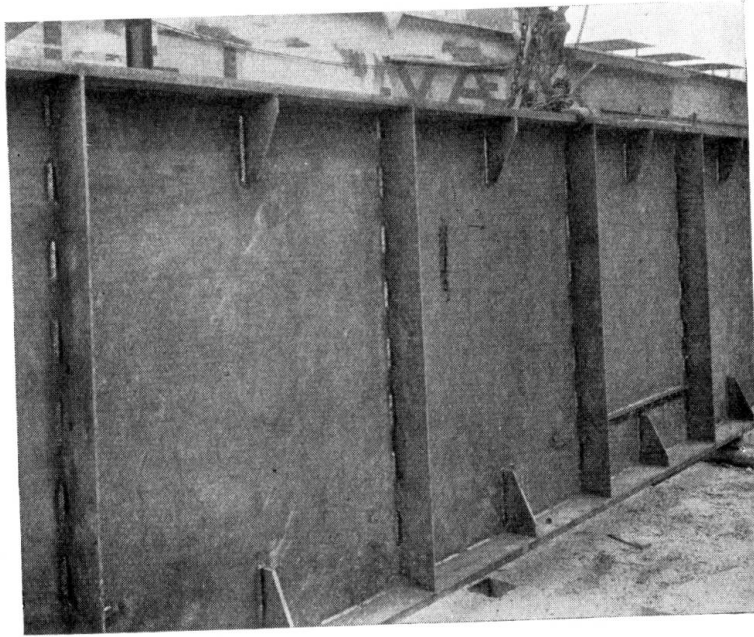


Fig. 1.

Blechträger, bei denen die Schweißnähte symmetrisch zum Stegblech gelegt werden können, bieten keine größeren Schwierigkeiten. Besonders die Nasenprofile haben eine sehr geringe Neigung zu Verwerfungen. In der Regel wird erst eine dünne Raupe auf den senkrechten Steg gelegt. (Verfahren: Schweißung zur selben Zeit an beiden Seiten im Pilgerschritt), danach wird der Träger 45° gedreht, eine Seite ganz fertig geschweißt, usw.

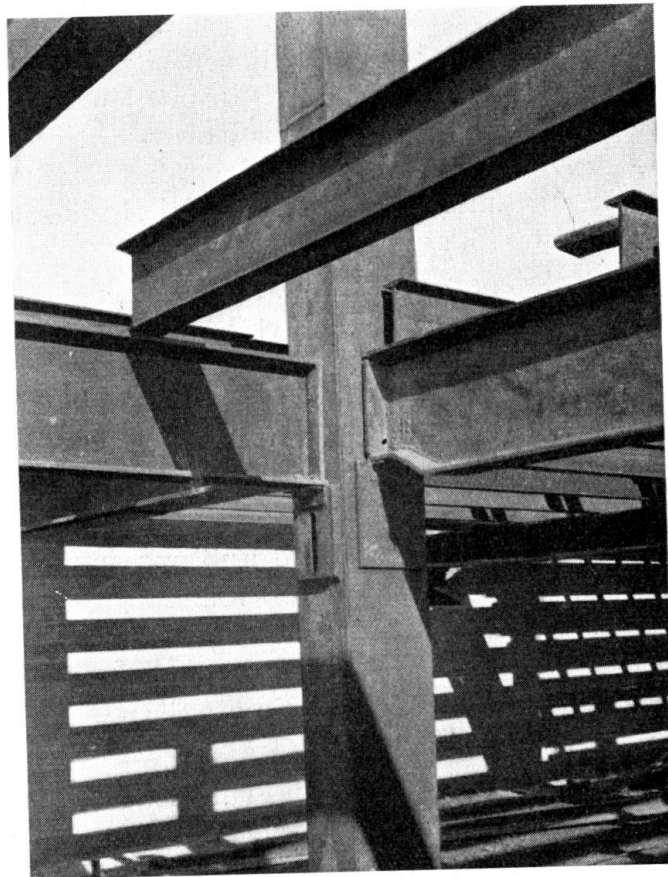


Fig. 2.

Röntgenuntersuchungen von einigen geschweißten Eisenbahnträgern (Nasenprofilen), die in dieser Weise geschweißt wurden, haben ein einwandfreies Einbrennen erwiesen. Man ist darauf bedacht, daß man vor allem bei Stumpfschweißung (x- und v-Nähte) für guten Einbrand die größte Sorge tragen muß.

Bei geschweißten mehrstöckigen Bauten mit Stützen und Trägern von gewalzten Profilen geben die Schweißspannungen wie bekannt keine größeren Schwierigkeiten. Doch ist es, wenn z. B. mehrere Knotenbleche an den Steg einer Stütze geschweißt werden, zuweilen notwendig, die Verwerfung des Steges durch Anwärmen zu beheben (z. B. mittels der Schweißflamme an der entgegengesetzten Seite des Steges, den Schweißnähten gegenüber).



Fig. 3.

In anderen Fällen wird die Verwerfung bei besonderen Aufspannmethoden bekämpft.

Zur Prüfung der Schweißer und der Elektroden werden die gewöhnlichen in den „Vorschriften für geschweißte Stahlbauten“ vorgeschriebenen Schweißprüfungen verwendet.

Zur Nachprüfung der Schweißnähte wird besonders *Schmuckler's* Methode angewendet. Für die Untersuchung einiger geschweißter Nasenprofile (ummantelte Träger für De Danske Statsbaner), die sich in Ausführung befinden, wurden Röntgenaufnahmen verwendet. Diese vorzügliche Methode wird ohne Zweifel da schnell eingeführt sein, wo es sich um Brückenbauarbeiten handelt. Hauptsächlich bei Brückenbauarbeiten wird darauf Wert gelegt, eine sorgfältige Reinigung der Schweißstelle zu erzielen. Sehr oft wird Sandstrahlgebläse verwendet, um die Schlacke vollständig zu entfernen.

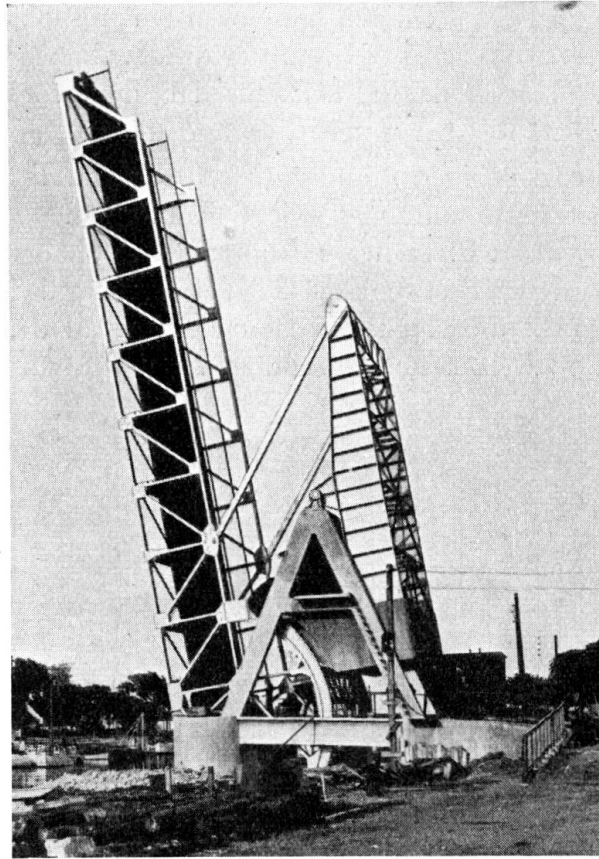


Fig. 4.

In Bezug auf die Wirtschaftlichkeit hat man ganz ausgezeichnete Erfahrungen gemacht. Außer der bedeutenden Gewichtersparnis im Verhältnis zu genieteten Konstruktionen kann festgestellt werden, daß man in vielen Fällen Ersparnisse an Werkstattlohn erreichen kann, insbesondere bei der Herstellung von Blechträgern. Besonders geeignet für Werkstattarbeit sind die Nasenlamellen.

Bei Ausführung mehrstöckiger Bauten ist es sehr oft wirtschaftlich, den größten Teil der Schweißarbeit auf der Baustelle auszuführen, weil dadurch Transportkosten eingespart werden können.

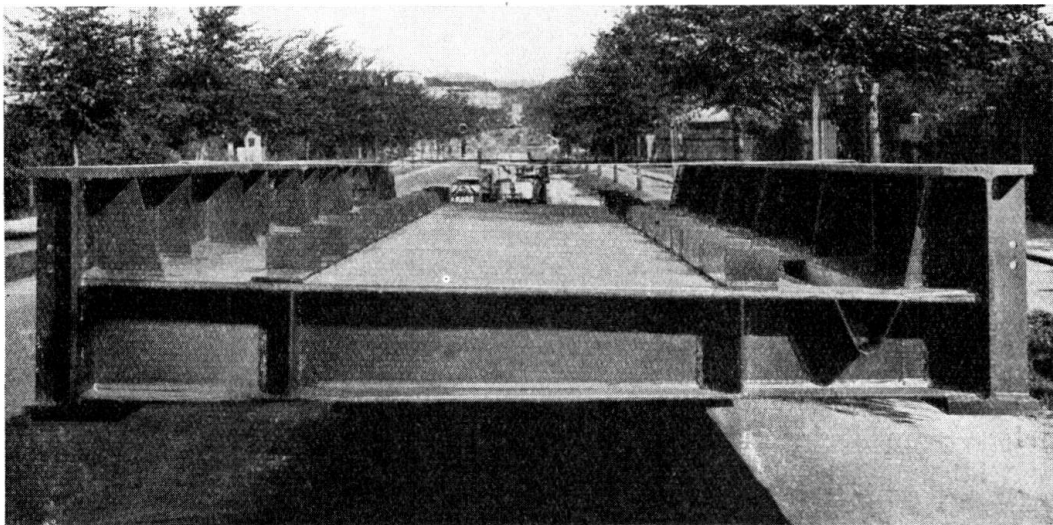


Fig. 5.

Die Unterhaltskosten (das Streichen) sind in der Regel für geschweißte Konstruktionen etwas billiger als für genietete. Endlich kann man die verhältnismäßig unbedeutende Zeichenarbeit erwähnen.

Zur Schweißung von Stahlkonstruktionen werden in Dänemark — soweit bekannt — ausschließlich umhüllte Elektroden verwendet. Die Verwendung von nackten Elektroden wird vorläufig kaum erlaubt werden.

Die beigefügten Figuren geben einige Beispiele von ausgeführten Konstruktionen. Die Fig. 1 bis 3 stellen ausgeführte Hochbaukonstruktionen vor. Die Klappbrücke, Fig. 4, wurde nur teilweise geschweißt; die Balancenarme sind aus Nasenprofilen zusammengesetzt. Fig. 5 zeigt eine kleinere, ganz in der Werkstatt elektrisch geschweißte Eisenbahnbrücke.

Die verhältnismäßig große Zahl von geschweißten Konstruktionen, die zur Zeit in Dänemark ausgeführt werden, ist ein deutliches Zeichen des stark erhöhten Interesses. Die zur Zeit herrschenden schwierigen Importverhältnisse für Stahl haben weiter dazu beigetragen, dank der großen Gewichtsersparnis, dieses Interesse zu stärken.

Leere Seite
Blank page
Page vide

III d 14

Erfahrungen bei ausgeführten Bauwerken in Österreich.

Observations sur les ouvrages exécutés en Autriche.

Experience obtained with Structures Executed in Austria.

Ing. F. Zelisko,
Ministerialrat, Wien.

In den letzten Jahren hat in Österreich eine bedeutende Entwicklung der Schweißung im Stahlbau Platz gegriffen. Insbesondere die wissenschaftliche Vertiefung der wichtigsten Fragen der Schweißtechnik kam dem entwerfenden Ingenieur zu Hilfe und bot die notwendigen Voraussetzungen, um bei der Berechnung und baulichen Durchbildung solcher geschweißter Stahlbauten dem Kräftespiel mit genügender Genauigkeit folgen zu können.

Im Jahre 1934 kamen in Österreich die ersten „Richtlinien“ (Önorm B 2332) für die „Berechnung und Herstellung geschweißter Stahlhochbauten“ heraus, die vor allem die zulässigen Spannungen im Mutterstoff und der Schweißnaht festlegten und viele wichtige Einzelheiten der baulichen Durchbildung regelten.

Die Auswirkung der Anwendung dieser „Richtlinien“ auf die Bauausführungen wurde sorgsam beobachtet und geprüft und damit die Unterlagen für die in kürzester Zeit erscheinenden neuen Normen für die Berechnung und Ausführung geschweißter Hochbauten und solcher für Straßenbrücken mit vollwandigen geschweißten Trägern gewonnen. Diese Normen, in denen die neuen Erkenntnisse auf allen Gebieten der Schweißung verwertet sind, lassen es erwarten, daß sich die Schweißung im Stahlhochbau und im Brückenbau nunmehr in Österreich in der nächsten Zeit, insbesondere auch wegen der oftmals feststellbaren Wirtschaftlichkeit der neuen Bauweise, besonders durchsetzen wird. Zugelassen werden alle Arten erprobter Schweißungen, ebenso die meisten in Österreich hergestellten Baustähle. Zu den bisher verwendeten Baustählen St. 37.11 und St. 37.12 werden noch die Baustähle St. 44.12 und St. 55.12 (im Hochbau außerdem der Handelsbaustahl St. 00.Ha) treten. Die zulässigen Spannungen wurden gegenüber jenen in den erwähnten „Richtlinien“ mit Rücksicht auf die guten Erfahrungen namhaft erhöht. Unter anderem sei erwähnt, daß die zulässige Druckspannung der Schweißnähte auf $1.0 \sigma_{zul}$, die zulässige Zugspannung der Schweißnähte für Brücken auf $0.8 \sigma_{zul}$ hinaufgesetzt werden.

Strenge Bestimmungen für die bauliche Durchbildung, die Werkstatteinrichtung, Überwachung der Schweißer und der Schweißungen und Prüfung der Schweißer sollen allen Unsicherheiten steuern.

Der folgende Überblick veranschaulicht das Vordringen der Schweißung in die verschiedenen Gebiete des Stahlbaues in Österreich.

Die im Jahre 1929 errichtete *Schleppbahnbrücke der Elin A.G. in Weiz* zählt zu den ältesten geschweißten Stahlbauten in Österreich, zugleich ist sie die älteste geschweißte Eisenbahnbrücke Europas (Fig. 1). Die Querschnittsgebung der

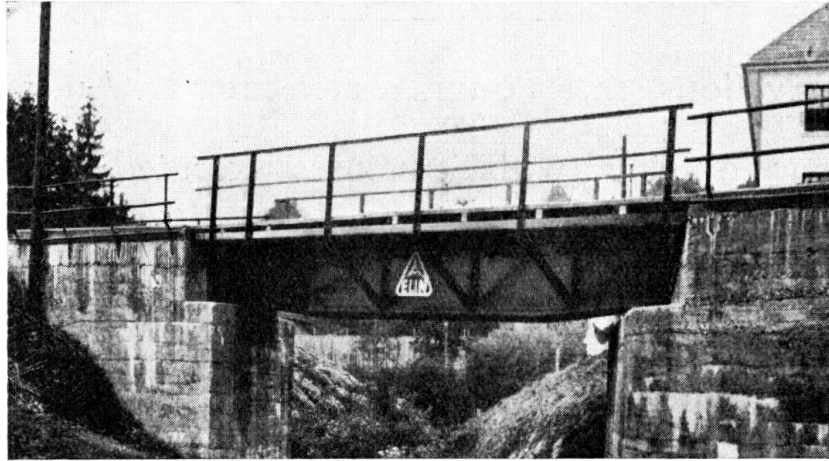


Fig. 1.

Elektrisch geschweißte Eisenbahnbrücke bei Weiz.

Vollwandträger von 9,7 m Stützweite hielt sich noch ganz an jene der genieteten Blechträger. Bruchversuche an einem elektrisch geschweißten Blechträger von 4,80 m Stützweite und ähnlicher Querschnittausbildung wie beim Brückenhauptträger (Stegblech, Gurtwinkel und Gurtplatten) nebst zahlreichen Zug- und Biegeversuchen gaben der Eisenbahnbehörde die Grundlage für ihre Vorschriften.

Schon im folgenden Jahre haben die österreichischen Bundesbahnen mit den *Perrondächern am Hauptbahnhof in Graz* (Fig. 2) einen geschweißten Stahlbau aufgeführt, der bereits alle Merkmale der neuzeitlichen Schweißtechnik aufweist. Die zumeist einstielligen Rahmen, die aus Blechen und Gurtplatten bestehen, tragen Walzträgerpfetten.

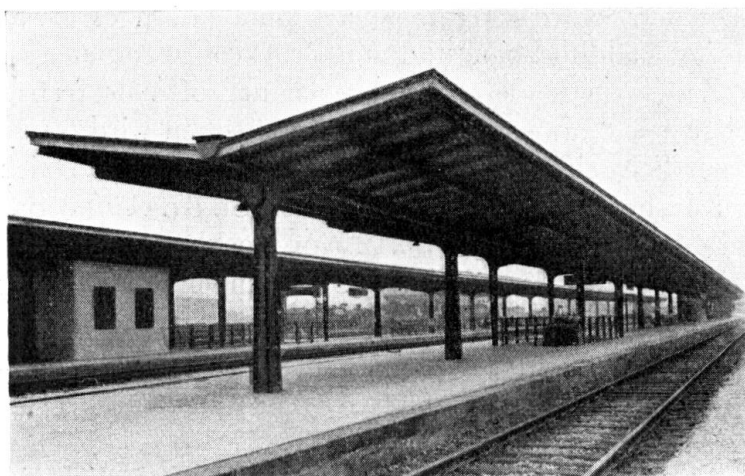


Fig. 2.

Perrondächer am Hauptbahnhof in Graz.

Ähnliches gilt von der *Operngarage in Graz*, deren Dachbinder aus elektrisch geschweißten Blechträgern (Fig. 3) bestehen.

Der gleichfalls im Jahre 1930 ausgeführte große *Melassebehälter der Spiritusfabrik und Raffinerie G. & W. Löw in Angern bei Wien*, in seinen wesentlichen Teilen mit dem Lichtbogen geschweißt, zählte damals zu den bedeutendsten



Fig. 3.

Operngarage in Graz.

bisher ausgeführten geschweißten Behältern (Fig. 4). Er hat einen Durchmesser von 28,5 m bei einer Mantelhöhe von 11,17 m und einen Fassungsraum von 7,100 m³. Dieses Bauwerk ist in mehrfacher Beziehung interessant. Da der Baugrund wenig tragfähig war — die zulässige Bodenpressung betrug kaum 1 kg/cm² —, war mit örtlichen Setzungen zu rechnen. Die oberste Bodenschichte

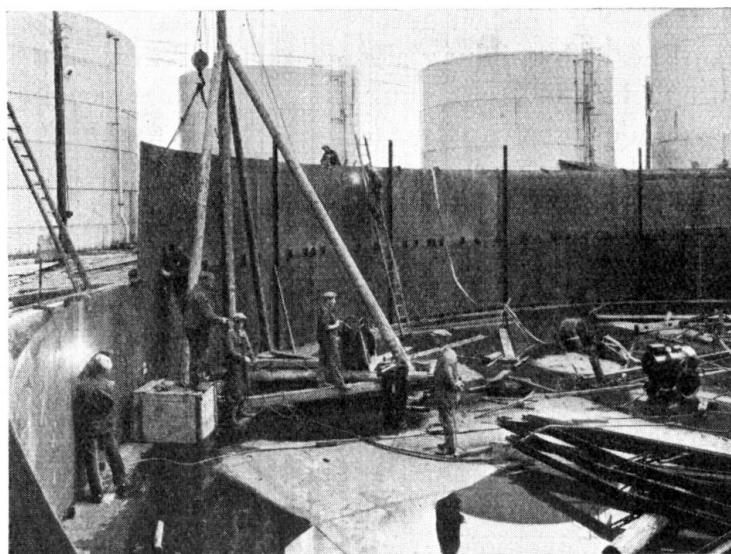


Fig. 4.

Melassebehälter der Spiritusfabrik und Raffinerie G. & W. Löw in Angern bei Wien.

wurde bis zu einer Tiefe von 2 m ausgehoben und der Behälter auf eine 22 cm starke, durch Asphaltpappe gedichtete Betonplatte aufgesetzt. Diese Betonplatte sollte bloß den Zutritt der Erdfeuchtigkeit zum Stahlboden verhindern. Trotz der überaus schlechten Bodenbeschaffenheit konnte von einer tragfähigeren Gründung abgesehen werden, weil der Behälter imstande ist, die etwaigen Zusatzspannungen, die durch ungleichmäßige Setzungen entstehen können, ohne Schaden aufzunehmen. Die lotrechten Mantelnähte wurden als V-Nähte ausgeführt, die auf der Wurzelseite der Naht geputzt und mit einer Lasche überdeckt wurden. Auf Grund zahlreicher und sorgfältig durchgeführter Festigkeitsproben erwies sich diese Schweißverbindung gegenüber anderen als die tragfähigste. Durch die Wahl dieser Verbindung an Stelle ungedeckter V-Nähte war die Möglichkeit der Ausführung schwächerer Mantelbleche gegeben, was sich in einer Gewichtersparnis gegenüber einer solchen mit stumpfgeschweißten Blechen um 12 % auswirkte. Die Dichtigkeitsproben nach Vollendung des Behälters fielen sehr gut aus. Die Bauzeit betrug einschließlich der Planung, der Durchführung der Vorversuche und der Werkstoffbeschaffung nur drei Monate, sodaß bei diesem großen Behälter nicht nur in wirtschaftlicher Beziehung, sondern auch was die Kürze der Bauzeit betrifft, die Schweißung sich als äußerst vorteilhaft erwies.

Das erste vollständig geschweißte mehrgeschoßige Stahlskelett in Österreich wurde im Herbst 1935 im ersten Wiener Gemeindebezirk im Baublock Rotenturmstraße—Lichtensteg—Rothgasse hergestellt (Fig. 5). Die wirtschaftliche Ausnützung des durch die vorgeschriebene Straßenregulierung ungemein verschmälerten Baugrundes ($4,8 \times 24,0$ m) konnte nur bei Verwendung von Stahl erfolgen. Die unteren vier Geschosse für Geschäftsräume haben eine Trakttiefe von 4,8 m, die oberen drei Geschosse für Wohnungen kragen an der Längsseite des Baues über die Baulinie um ca. 2,0 m aus. Das Stahlskelett besteht aus sechs Steifrahmen, die auch die Windlasten aufzunehmen haben. Die Riegel sind durch die aus 2 U-Eisen gebildeten Ständer durchgesteckt; die Einspannung bewirkten eingetriebene Stahlkeile. Die Wand- und Deckenträger sind mit diesen Rahmen in üblicher Weise verschraubt. Die auf die Deckenträger aufgelegten Hourdisplatten sind gegen das Verschieben durch eine 3 cm starke Aufsicht von Beton gesichert. Die bauliche Durchbildung aller einzelnen Teile und deren Verbindung ist durchaus neuzeitlich. Die Montierung des gesamten siebengeschossigen Stahlerippes konnte trotz der ungünstigen und beengten Verhältnisse an der Baustelle binnen drei Wochen durchgeführt werden. Der Entwurf stammt von Baurat h. c. Dr. Ing. *Friedrich Bleich* her, die Ausführung oblag der Firma *Waagner-Biro A.G.*

Auch Hallenbinder wurden geschweißt. Bei einer *Dachkonstruktion für das Kraftwerk Engerthstraße* der Gemeinde Wien—städtische Elektrizitätswerke kamen ca. 15 m weit gespannte dreifache Wiegmann-Polonceau-Dachbinder zur Ausführung, deren Druckgurte aus halbierten Breitflansch-I-Trägern, die übrigen Stäbe aus Winkeleisen bestehen. Den Anschluß der Strebenwinkel am Untergurt vermitteln Knotenbleche (Fig. 6).

Im Leitungsbau sind gleichfalls ansehnliche Stahlkonstruktionen geschweißt worden, wie die 18,5 m hohen *Trag- und Winkelmasten bei Ebenfurth*. Die einzelnen vergitterten Mastschüsse wurden in der Werkstätte fertig geschweißt und am Bauplatz durch Verschraubung zusammengefügt.

Bei der Errichtung von Freiluftstationen bot sich gleichfalls die Gelegenheit, die erforderlichen Rahmen zu verschweißen.

Aber nicht nur im Hochbau, sondern auch im Brückenbau setzte sich im Jahre 1930 die Schweißung durch.



Fig. 5.

Stahlskelettbau am Lichtensteg in Wien.

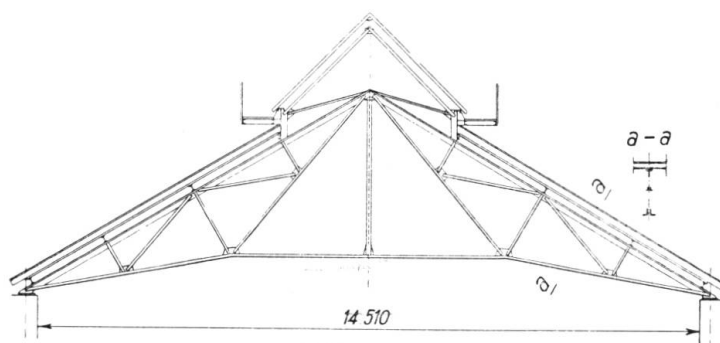


Fig. 6.

Dachkonstruktion für das Kraftwerk Engertstraße der Städt. Elektrizitätswerke in Wien.

Sechs gleich ausgebildete Straßenbrücken mit geschweißten Vollwandträgern und „Fahrbahn unten“ übersetzen in einer Stützweite von 21,0 m den Oberwassergraben des *Murkraftwerkes Mixnitz* in Steiermark. Die Hauptträger bestehen nur aus Stegblech und Gurtplatten; das Fahrbahngerippe bilden Walzträger. Die Stöße sind noch mittels aufgeschweißter Laschen gedeckt.

Besonders erwähnenswert erscheint ferner die im Vorjahre fertiggestellte *Straßenbrücke über die Mur bei Kalsdorf* (Fig. 7), deren entsprechende Gesamtwirkung nicht nur der Verwendung von Durchlaufträgern (Stützweiten $2 \times 38,5$ m), sondern besonders auch der Anwendung der Schweißung zugeschrieben werden kann.

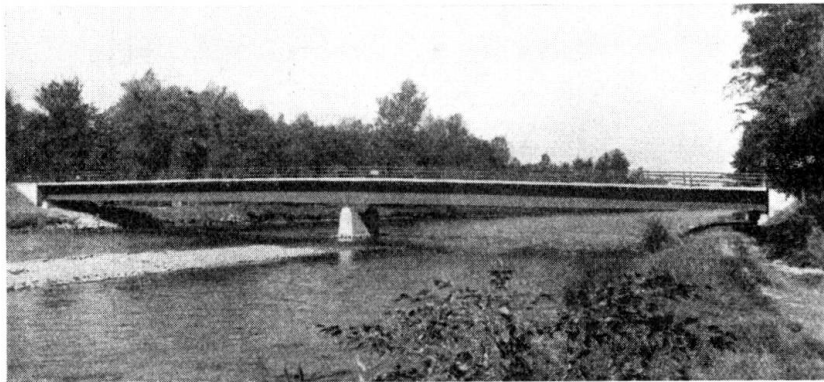


Fig. 7.

Straßenbrücke über die Mur bei Kalsdorf.

Zum Unterschiede von dieser Brücke, die bei einer Brückenbreite von 7,20 m nur zwei Hauptträger hat, zeigt die *Straßenbrücke über die Kainach bei Zwaring* (1936 erbaut) bei einer Stützweite von 31,0 m und einer Brückenbreite zwischen den Geländern von nur 6,0 m fünf geschweißte Hauptträger. Zu dieser Ausbildung zwangen die sehr gedrückten Konstruktionshöhen, die über den Widerlagern nur 0,8 m, in Brückenmitte 1,1 m betragen.

Die *Mautbrücke in Aussee*, gleichfalls eine geschweißte Vollwandträgerbrücke, mit einer Stützweite von 22,0 m „oben“ liegender Fahrbahn und einer Breite zwischen den Geländern von 7,9 m hat sechs geschweißte Hauptträger. Die zulässige Trägerhöhe über den Widerlagern war nur 0,51 m, jene in Brückenmitte nur 0,76 m.

Schließlich sollen noch drei größere Straßenbrücken erwähnt werden, die derzeit noch im Bau sind. Entwurf und Ausführung sind bereits unter Bedachtnahme auf die neu herauskommenden Normen aufgebaut.

Die *Straßenbrücke über die Mürz in Wartberg* erhält Stabbogen mit vollwandigen Versteifungsträgern. Die Stützweite mißt 44,4 m, die nutzbare Breite 8,5 m (Fig. 8). Die Haupt- und Querträger sind vollständig geschweißt; in der Fahrbahn liegen Walzträger.

Bei der *Straßenbrücke über die Traun in Steeg* (Fig. 9) kommen geschweißte Vollwandträger, die über drei Felder durchlaufen, zur Ausführung (Stützweiten $36,0$ m + $42,0$ m + $36,0$ m; Brückenbreite zwischen den Geländern 6,5 m).

Die *Hundsorfer Brücke* wird die *Gasteiner Ache* in einem Winkel von 71° und einer Stützweite von 24,0 m übersetzen. Die fünf Hauptträger sollen fertig

geschweißt an die Baustelle geschafft und dort in einer Entfernung von je 1,5 m verlegt werden. Der Anschluß der Querverbindungen soll durch Nietung erfolgen.

Die angeführten Brücken geben Zeugnis von der raschen Entwicklung der Schweißung im Straßenbrückenbau und von dem zunehmenden Vertrauen in diese Bauweise.

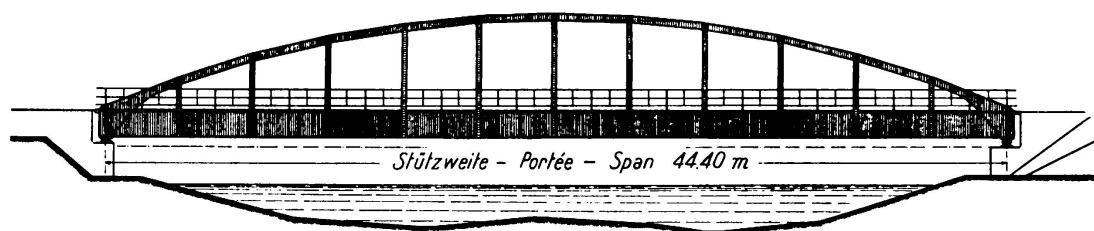


Fig. 8.

Straßenbrücke über die Mürz in Wartberg.

Die geschweißten Stahlbauten stehen demnach heute in Österreich im ersten Wettbewerb mit den genieteten. Welche Bauweise jeweils in Frage kommt, ist in der Regel vom wirtschaftlichen Standpunkte zu entscheiden.

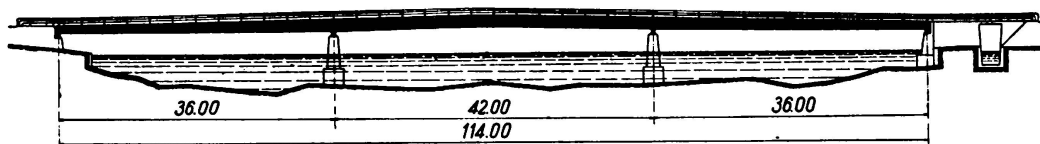


Fig. 9.

Straßenbrücke über die Traun in Steeg.

Die Anwendung der Schweißung im Stahlbau wird durch das Vorhandensein von für die Schweißung besonders geeigneten Profilen sehr gefördert. Die Lichtbogenschweißung bei hochbeanspruchten Stahlbauten setzt auch besonders geeignete Schweißdrähte voraus. Nach wie vor steht fest, daß alle Schweißarbeit möglichst in der Werkstätte durchzuführen ist; die Schweißung auf der Baustelle ist auf das Notwendigste zu beschränken.

Leere Seite
Blank page
Page vide