

Kräfte infolge der seitlichen Knicktendenz des Bogens und infolge des Winddruckes Rücksicht genommen.

Das Zugband geht durch Aussparungen in den Hängestangen und ist ohne jede Verbindung mit der Fahrbahn. Nur die auf den Bogen treffenden Querträger 0 und I sind an ihn fest angeschlossen, es ist aber durch längsverschieblichen Anschluß der Fahrbahnlängsträger an den Querträger I die Eintragung der Zugbandkräfte in die Fahrbahn verhindert.

Die Bogen mit einer parabelförmigen Achse von 15,5 m Pfeilhöhe haben kastenförmigen, unten offenen Querschnitt, dessen Höhe im Scheitel 2,10 m, in den Kämpfern 4,0 m beträgt. Er wird durch 20 mm starke, durch Beibleche verstärkte Stegbleche, sechs Winkeleisenpaare, 1250 mm breite, obere Gurtplatten und 350 mm breite, untere Gurtplatten gebildet. An jedem Anschlußpunkte der Hängestangen ist ein durchgehender Montagestoß.

Das Zugband besteht aus zwei aus je fünf Blechen und Winkeleisen zusammengesetzten Hälften, die im Anschluß an den Bogen 90 cm Abstand haben, in der Trägermitte, um die Durchbrechungen der mittleren hohen Hängestangen schmaler halten zu können, auf 40 cm zusammengezogen sind.

Der Querverband besteht aus oberen Querriegeln, welche die beiden Bogen an jeder zweiten Hängestange verbinden und aus einer unter der Fahrbahn gelegenen Windverstrebung. In der Mittelöffnung sind die Windstreben nur an die Zugbänder angeschlossen; die Querträger stützen sich gegen die Windknotenbleche.

Die Sicherheit des Bogens gegen seitliches Ausknicken wurde nach den Formeln von BLEICH untersucht und bei der vorhandenen Steifigkeit der Querrahmen eine mehr als vierfache Sicherheit nachgewiesen. Außerdem wurden aber die Hängestangen und Querrahmen, auf eine vom Winddruck und aus der Knicktendenz des Bogens herrührende wagrechte Seitenkraft gerechnet. Für letztere gilt nach der tschechoslowakischen Brückenverordnung und nach einer auch in Deutschland in Anwendung stehenden Regel, daß sie in den Knotenpunkten des Druckgurtes einer offenen Brücke mit ein Hundertstel der Gurtkraft anzunehmen sei. Nach Ansicht des Vortragenden ist diese Regel richtig dahin zu interpretieren, daß mit dieser Kraft nicht an jedem Knotenpunkte, sondern in einer Länge zu rechnen ist, für welche der Gurt selbst noch eine n-fache Sicherheit gegen seitliches Ausknicken besitzt. Bei dem auch wagrecht sehr steifen Bogen ergab sich hernach bei vierfacher Sicherheit eine Verteilung der Kraft  $\frac{1}{100} H$  auf fünf Hängestangen.

Die Brücke enthält rund 2000 t Baustahl, 40 t Stahlguß. Das gesamte Eigengewicht beträgt pro Meter Tragwand in der Hauptöffnung 10,9 bis 11,6 t, in den Krargarmen 8,2 t, im Koppelträger 7,6 t.

FÜCHSEL, Reichsbahnoberrat, Berlin:

### Schweißen im Eisenbau

Bei Übernahme des Auftrags, im Rahmen der 2. Internationalen Tagung für Brücken- und Hochbau Mitteilungen über die Anwendung der Schweißtechnik im Eisenbau zu geben, war ich mir bald darüber klar, daß es zweckmäßig sei, hier vorwiegend diejenigen Gesichtspunkte, welche der entwerfende Ingenieur und der Betriebsleiter der Eisenbauanstalt beherrschen muß, zu behandeln, und die Technik des Arbeitsverfahrens im allgemeinen als bekannt vorauszusetzen und sie nur da zu streifen, wo sie besonderen Einfluß auf die Gestaltung des Bauwerks ausübt.

Von den drei bekannten Schweißverfahren, dem mit der Azetylen-Sauerstoff-Flamme, dem mit dem elektrischen Lichtbogen und dem elektrischen Widerstandsschweißverfahren, kommt im Eisenbau vorwiegend das Schmelzschweißverfahren mit dem elektrischen Lichtbogen in Frage, weil seine Wärmewirkung auf die an die

Schweißnaht angrenzenden Werkstoffzonen verhältnismäßig eng begrenzt ist und daher im allgemeinen erträgliche Wärmespannungen hervorruft. Das Gasschmelzschweißverfahren bringt eine viel größere Erwärmung der Zonen an der Schweißnaht mit sich und ist für Montagearbeit auch weniger bequem als das Arbeiten mit dem elektrischen Lichtbogen. Außerdem ist es für stärkere Querschnitte teurer. Trotzdem ist seine Anwendung in manchen Fällen, wo an die Biegsamkeit der Verbindung besondere Ansprüche gestellt werden, und für dünne Querschnitte begründet, z. B. in Bauwerken, die aus Rohren geringer Wandstärke gefertigt werden sollen. Die elektrische Widerstandsschweißung, welcher die höchsten mechanischen Güterwerte zukommen, läßt sich nur für stumpfen Stoß, an dem beide zu verbindenden Teile sich mit gleicher Berührungsfläche gegenüberstehen, anwenden. Der Querschnitt der Schweißstelle kann voll oder röhrenförmig sein, die vorhandenen Maschinen reichen aus bis zu 20000 mm<sup>2</sup> und sind sehr leistungsfähig. Es werden z. B. für Verbindungen von 6000 mm<sup>2</sup> (Schienenquerschnitt) nur 4 Minuten Schweißzeit benötigt. Die Güterwerte der Verbindung und der beim Schweißen überhitzten angrenzenden Zonen lassen sich durch Wärmebehandlung in eigens geformten Heizkörpern (Muffeln), Normalglühen im Sinne der Din 1606, leicht steigern und auf annähernd 100% der Festigkeit und Zähigkeit des ungeschweißten Werkstoffs bringen. Die Anwendung der elektrischen

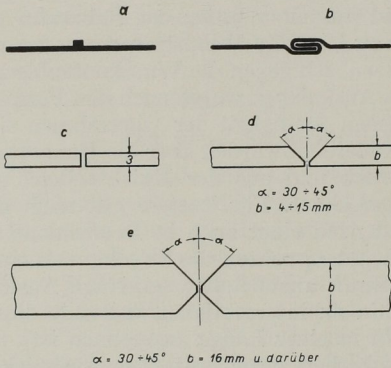


Abb. 1. Vorkommende Blechstärken und Vorbereitung für stumpfen Stoß

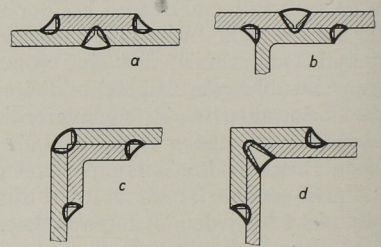


Abb. 2. Anordnungen von Kehlnähten bei Blechen und Profilleisen

Widerstandsschweißung, und zwar nach dem Abschmelzverfahren, ist daher überall da anzustreben, wo die vorerwähnten Voraussetzungen vorliegen. Zur Zeit ist ihr Arbeitsfeld noch gering; je mehr sich aber die Wahl rohrartiger Profile neben den Blechen und Formeisen einbürgert, wird sicherlich auch die elektrische Widerstandsschweißung sich im Eisenbau ein gebührendes Feld erobern. In meinen Beispielen, die ich Ihnen vorführe, sind die Schweißnähte mit dem elektrischen Lichtbogenverfahren gefertigt, wo nicht ausdrücklich anderes vermerkt ist.

Im Gegensatz zum Nieten, das nur überlappte Verbindungen oder Stoßverbindungen mit Verlaschung ermöglicht, stellt die Schweißtechnik beide Verbindungsarten, sowohl den glatten, stumpfen Stoß als auch Überlappungen und Verlaschungen, je nach der Art und Größe der zu übertragenden Kräfte, zur Anwendung bereit.

Abb. 1 behandelt den stumpfen Stoß für die zumeist vorkommenden Blechdicken von der Art *a*, *c*, *d* und *e* in den Grenzen von etwa 3 bis 25 mm Dicke. Die von der Überhitzung beim Schweißen betroffenen Zonen zu beiden Seiten der Naht haben eine Breite von etwa doppelter Blechdicke. Die hierdurch geminderte Zähigkeit kann bei Baustählen mit Kohlenstoffgehalt von der Art der Sorte St. 37 für die Belange des Eisenbaues in Kauf genommen werden. Sache des schweißkundigen

Betriebsingenieurs ist es, die Arbeitsausführung so zu leiten, daß die von der Schweißhitze hervorgerufenen Werkstoffspannungen des Bauteils in erträglichen Grenzen bleiben.

Abb. 2 zeigt die Verwendung überlappter Verbindungen durch Kehlnähte. Die angrenzenden Zonen, durch starke Linien angedeutet, geben an, wie weit der Lichtbogen „einbrennt“, d. h. wie tief eine Mischung des angeschmolzenen Werkstoffs des Baueisens und des Zusatzstoffs von der verwendeten Elektrode unter dem Einfluß der Hitze des elektrischen Lichtbogens vor sich geht — etwa 1,5 bis 2 mm. Die weiter angrenzenden Überhitzungszonen haben das gleiche Ausmaß und gleiche Bedeutung wie in Abb. 1.

Abb. 3 bringt Beispiele für den Vergleich der Anordnung von genieteten und geschweißten Verbindungen. Die verwendeten Kehlnähte sind je nach

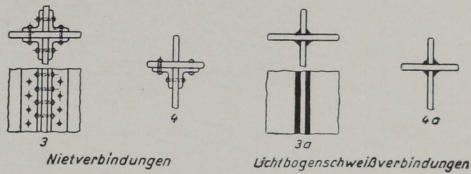
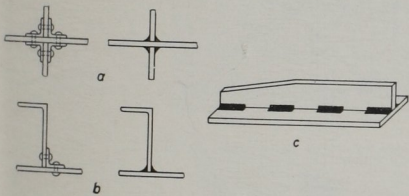
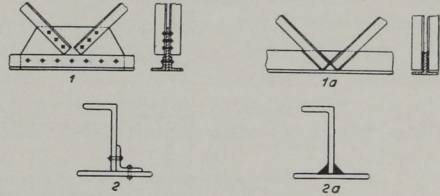


Abb. 3. Elemente von genieteten und geschweißten Verbindungen. Unterbrochene Kehlnaht

Abb. 4. Knotenpunkte und Anschlüsse in genieteter und geschweißter Anordnung

Bedarf durchlaufend oder unterbrochen. Wasser- oder dampfdichte Verbindungen erhalten durchlaufende Naht.

Abb. 4 und 5 erweitern die Beispiele der genieteten und geschweißten Knotenpunkte, wobei die Absicht, beim Schweißen ohne Knotenblech zu arbeiten, erkennbar ist. In Abb. 5c sind nur I-Profile verwendet, und zwar in der richtigen Wahl kleinerer Profile für die Diagonalen und Vertikale als für den Untergurt.

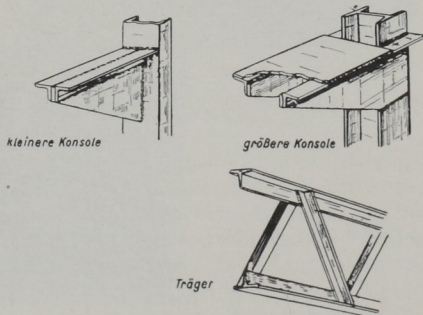
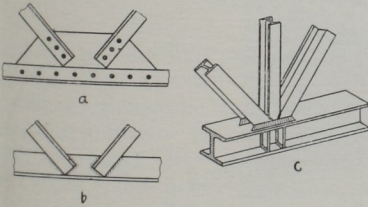


Abb. 5. Knotenpunkte geschweißt, ohne Knotenblech

Abb. 6. Profilauswahl für Konsolen und Gitterträger

Hierbei bleibt Gelegenheit, auf den oberen Flansch des Untergurts noch eine Kehlnaht längs der aufstoßenden Diagonalen anzulegen. Am Steg des Untergurts sind unter den Mitten der Anschlußdiagonalen Versteifungsbleche angeschweißt.

Abb. 6 zeigt die Anordnung von Konsolen und ein Beispiel der Profilauswahl für Gitterträger.

Abb. 7 vergleicht Eckverbindungen in genieteter und geschweißter Ausführung unter Verwendung von Kehlnaht und Stumpfstöß.

Konstrukteur wie Besteller eines Eisenbauwerks stellen nun die Frage, wie prüft man geschweißte Verbindungen der geschilderten Art. Beide werden zunächst beruhigt sein, wenn nachgewiesen wird, daß bei gleicher Beanspruchung die geschweißte besser abschneidet als die genietetete. Dies ist im allgemeinen der Fall, wie die folgenden Abbildungen belegen.

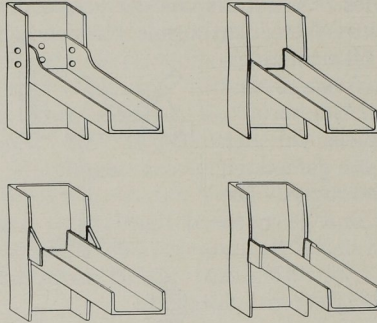


Abb. 7. Eckverbindungen für  $\square$  Eisen

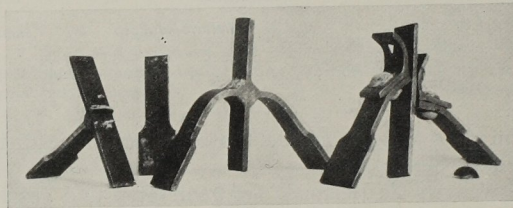


Abb. 8. Geschweißte und genietetete Verbindungen nach dem Biegeversuch, links nach dem Zugversuch

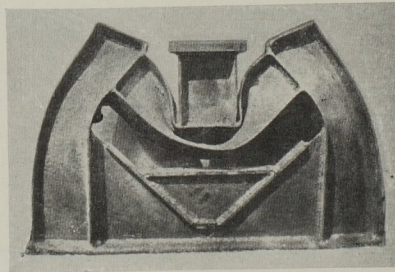


Abb. 9. Geschweißte Eisenkonstruktion nach dem Biegeversuch, ohne Anriß in den Schweißnähten

Abb. 8 zeigt Proben für den Biegeversuch in geschweißter und genieteteter Ausführung nach der Prüfung und damit die Überlegenheit der geschweißten Verbindung. In der Abbildung links sind Probenreste nach Anstellung eines Zugversuchs, bei dem der Bruch neben der Schweißstelle eingetreten ist, erkennbar.

Abb. 9 bringt ein Beispiel, wie geschweißte Einzelkonstruktionen einer Systemprüfung durch den Biegeversuch unterzogen werden sollten. Der statische Versuch ist das Mindeste, was verlangt werden kann. Wenn irgend möglich, sollte, sofern

als Betriebsbeanspruchung Stöße auftreten, auch dynamische Versuchsanordnung gewählt werden. Der Weg, die zumeist vorkommenden Einzelteile von Eisenbauwerken einer Belastungs- und Zerstörungsprüfung zu unterziehen, liefert wohl wertvolle Unterlagen für die Berechnung geschweißter Verbindungen. Doch genügt er nicht, die Sicherheit des gesamten Bauwerks zu beurteilen. Hierzu sind Untersuchungen über das Verhalten ganzer Konstruktionseinheiten durch Belastungsversuche innerhalb des Bereichs elastischer und plastischer Verformung erforderlich. Selten ist bei dem hohen Kostenaufwand für die Prüfungen der Unternehmer allein in der Lage, eine durchgreifende Konstruktionsprüfung anzustellen. Mitbeteiligung des Auftraggebers ist angemessenes Verfahren, solange die Fachlehrstühle an unseren Hochschulen noch nicht die benötigten Aufschlüsse zur Verfügung stellen. Es ist als ein großes Verdienst des Großverbrauchers an Eisenkonstruktionen in Deutschland, der Deutschen Reichsbahn, anzusprechen, in eine Arbeitsgemeinschaft mit dem Organ der Eisenbauanstalten, dem Deutschen Stahl-

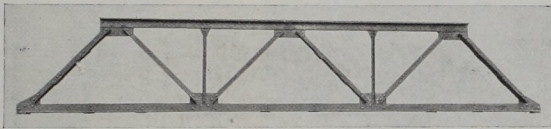


Abb. 10. Genietetes Brückenträger von 10 m Spannweite für 40 Tonnen Last

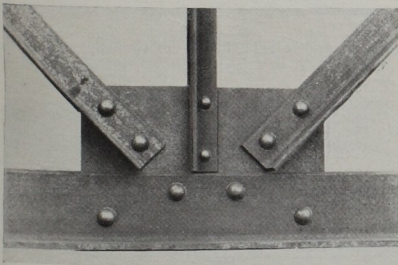


Abb. 11. Genietetes Knotenpunkt aus Abb. 10

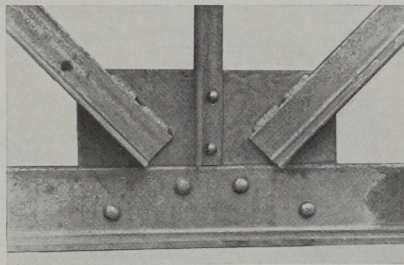


Abb. 12. Knotenpunkt des halb genietetes, halb geschweißten Brückenträgers

bauverband, einzutreten, um an Hand von praktischen Ausführungen und Prüfungen geschweißter Konstruktionen erprobte Berechnungsunterlagen für das Entwerfen ähnlicher Bauwerke zu gewinnen. Es wurde vereinbart, einen Gitterträger von 10 m Spannweite für 40 t Einzellast in Mitte Träger in verschiedenen Profilen, teils genietet, teils geschweißt, anzufertigen und genauen Belastungsversuchen an der Technischen Hochschule Dresden im Institut des Herrn Professor Gehler zu unterziehen. Die nächsten Bilder geben Einblick in den Versuchsplan und seine Durchführung.

Abb. 10 stellt den Brückenträger in genietetem Ausführung dar.

Abb. 11 stellt einen Knotenpunkt des genietetes Trägers dar.

Abb. 12 zeigt einen Knotenpunkt der für Studienzwecke gewählten Anordnung des Brückenträgers halb genietet, halb geschweißt.

Abb. 13 und 14 zeigen andere Profilwahl, I für die Gurte, I für die Diagonalen, die an ihren Enden aufgeschlitzt werden, um einfache Verbindungsmöglichkeit mit dem Gurtprofil durch Kehlnähte zu gewinnen. Diese Abbildungen geben einen Knotenpunkt im Untergurt, von zwei verschiedenen Richtungen aus gesehen, wieder.

Die Diagonalen sind soweit aufgeschlitzt, daß sie nicht nur über den senkrechten Schenkel des  $\perp$  Eisens übergezogen werden können, sondern auch noch ein Blechstück durchgeschoben und durch Kehlnähte mit den Diagonalen verschweißt werden kann. Der Steg der Diagonalen ist am oberen Schlitzende abgebohrt, damit sauberer Lochrand vorhanden ist, Haarrisse, die zu Anrissen Veranlassung geben könnten, ausgeschaltet werden. Das Blechstück ist aus Breitisen oder einer Blechtafel so ausgeschnitten, daß seine Faserrichtung der Vertikalen gleich läuft, also die um 20% höhere Zugfestigkeit in Richtung der Faser ausgenützt wird. Blechstück und Steg des Untergurts werden nicht miteinander verschweißt. Die erste Schweißarbeit ist das Verbinden der Diagonalen mit dem Untergurt durch

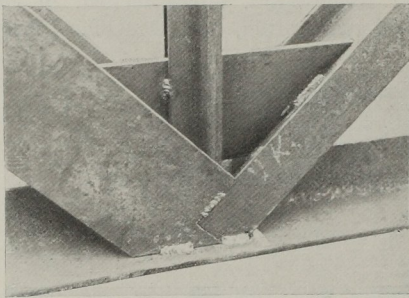


Abb. 13. Knotenpunkt mit geschlitzten Diagonalen

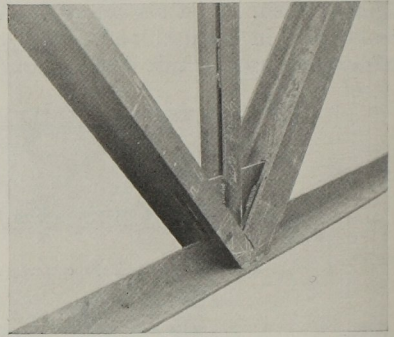


Abb. 14. Andere Schichtung des Knotenpunktes Abb. 13

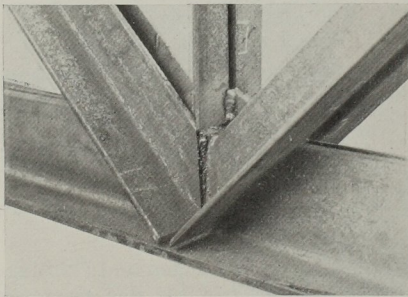


Abb. 15. Ungünstig geschweißter Knotenpunkt

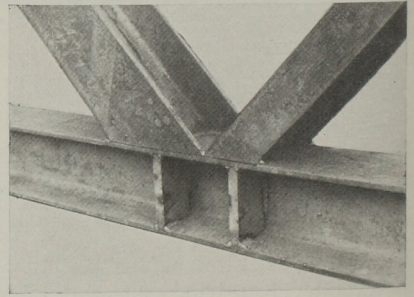


Abb. 16. Knotenpunkt eines aus I Profilen geschweißten Trägers

Kehlnähte an allen Kanten, wo Zugänglichkeit für das Anhalten einer Elektrode vorhanden ist, vorzugsweise auf Seite des stumpfen Winkels zwischen Gurt und Diagonalen und zwischen wagerechten Schenkeln des Untergurts und Außenflansch der Diagonalen. Die in Abb. 13 sichtbare Ausklinkung des Endes der linken Diagonale ist versehentlich bewirkt worden, die richtige Vorbereitung ist Zuschneiden der Diagonalenden auf senkrechten Stumpfstoß. Die nächsten Kehlnähte werden an die Stoßstellen des Blechstücks und der Stege der Diagonalen angelegt und zuletzt die Vertikale an das Blechstück angeschweißt. Entsprechend verläuft die Kraftübertragung. Wie auch in den anderen Abbildungen sind die Kehlnähte nur in solchen Längen geschweißt worden, wie sie rechnerisch benötigt werden. Für praktische Ausführung wird man eine Zugabe, die die Minderung der Güte-

werte jeder Schweißraupe an ihren Enden berücksichtigt, machen und im Bedarfsfalle unterbrochene Nähte anordnen.

Abb. 15 zeigt eine ungewöhnliche Schweißung an den Knotenpunkten, gefertigt für Studienzwecke. Die Vertikalen sind an Knotenblechen angeschweißt, die ihrerseits mit den Winkeleisen der Gurtung verschweißt sind. Sie läßt erkennen, daß hier eine große Anhäufung von Schweißhitze an der Vereinigungsstelle stattfindet und die Zähigkeitswerte des Knotenpunktes infolge der Anhäufung überhitzter Zonen zu Ungunsten der Sicherheit herabgesetzt werden.

Abb. 16 stellt einen Knotenpunkt vom Untergurt eines Gitterträgers, gefertigt ausschließlich aus  $\Gamma$ -Profilen, dar. Die Versteifungen sind zweckentsprechend angeordnet, dagegen fehlt der Platz für eine Kehlnaht auf dem oberen Flansch des Untergurteisens, wie sie in Abb. 5c richtig vorgeführt wurde. Man hätte für die Diagonalen ein Profil mit etwas geringerer Steghöhe als die Flanschbreite des Untergurts ist, wählen sollen.

Abb. 17 zeigt eine ähnliche Lösung für den Fall, daß im Untergurt nur Zugbeanspruchung auftritt. Sie ist einer amerikanischen Veröffentlichung entnommen. Die wagrechte Lage des Stegs vom Untergurt ermöglicht leichtes Anschweißen der  $\Gamma$ -Diagonalen an die Außenflansche des Untergurts und bequemes Einsetzen der Vertikalen zwischen die Innenflansche, wie dies die Abbildung erkennen läßt. Die Abbildung zeigt weiter den Anschluß des Windverbandes.

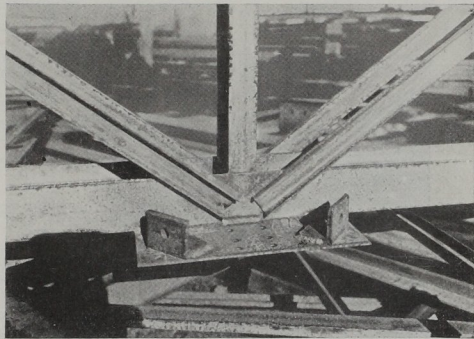


Abb. 17.<sup>1</sup> Knotenpunkt eines Trägers mit wagerecht liegendem  $\Gamma$ -Profil als Untergurt und Anschluß des Windverbandes

Bereits vor 6 Jahren wurde im Versuchsfeld der Gute-Hoffnungshütte in Oberhausen eine größere Schweißung für Zwecke des Eisenbaus gefertigt und von dem damaligen Leiter des Versuchsfelds, Dr. Ing. NEESE, jetzt Dozent an der Technischen Hochschule Braunschweig, auch geprüft. Der Bericht ist wie mehrere der behandelten Versuchsergebnisse der Technisch-Wissenschaftlichen Lehrmittelzentralstelle (TWL) zur Verfügung gestellt worden. Der Träger hatte die gleiche Spannweite von 10 m wie der in Abb. 10 und war als Doppelträger gefertigt. Er ist bei 54,5 t Belastung ohne Anriß in den Schweißstellen eingeknickt, hat 3,12-fache Überlastung ausgehalten.



Abb. 18. Geschweißte Halle (Amerika)

Die nächsten Bilder habe ich amerikanischen Veröffentlichungen entnommen, um zu zeigen, daß man auch dort in der Ausbildung der Einzelkonstruktionen gleiche Wege wie bei uns geht, in der Anordnung der Montagearbeit aber offenbar uns voraus ist.

Abb. 18 zeigt eine fertiggeschweißte Halle im Rohbau.

<sup>1</sup> Die Abbildungen 17 bis 20. amerikanische Schweißarbeiten darstellend, wurden von Herrn Dipl.-Ing. BONDI freundlichst zur Verfügung gestellt.

Abb. 19 zeigt Eckverbindungen und die Befestigung der Kranlaufbahn.

Wie schon früher betont, ist es eine der vornehmsten Aufgaben der künftigen Konstrukteure geschweißter Eisenbauten, die für die Eigenart des Arbeitsverfahrens zweckmäßigsten Profilarten zu untersuchen und festzulegen. Bei der Jahresversammlung des Deutschen Eisenbauverbandes in Danzig 1927 wurde in dem Vortrag über Schweißen vorzugsweise die Verwendung von Blechen für zusammengesetzte Trägerprofile behandelt, die von rohrartigen Profilen bereits erwähnt. Im vergangenen Jahr hat sich die Erkenntnis von der Eignung rohrartiger Querschnitte für Verwendung im geschweißten Eisenbau, nicht zuletzt wegen ihrer Festigkeitsvorteile bei Biegebbeanspruchungen, derart verbreitet, daß diesem Vorgang nicht nur die Konstrukteure, sondern auch die Erzeugerkreise, die Rohrindustrie, Beachtung schenken müssen. Auch der Eisenhandel wird bald die kommende Umwälzung in der Lagerhaltung verspüren können.

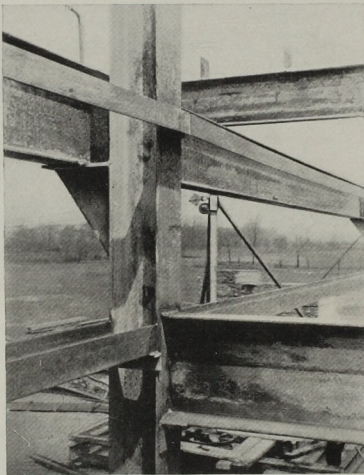


Abb. 19. Befestigung der Kranlaufbahn aus Abb. 18

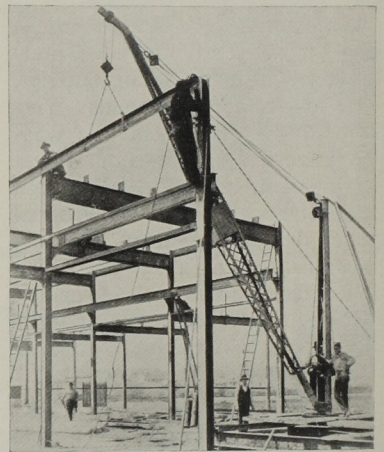


Abb. 20. Spannungsfreies Schweißen beim Aufbau der Halle nach Abb. 18

Die ersten Ausführungen mit Verwendung rohrartiger Profile sind seit etwa 8 Jahren im Flugzeugbau entwickelt worden, und zwar wegen der benötigten geringen Wandstärken unter Inanspruchnahme der Azetylen-Gasschmelzschweißung. Für die großen Wandstärken des Eisenbaus ist das elektrische Lichtbogenschweißverfahren das geeignetere.

Abb. 21 erläutert die erforderlichen Vorbereitungen für die Herstellung von Knotenpunkten, z. B. das Aufschlitzen der Rohre oder das Ausschneiden und Ausklinken von Blechen, Formgebung von Blechen, die zwischen zwei Rohre angeschweißt werden sollen. Diese Verfahren, um deren Veröffentlichung Professor Hilpert, Leiter des Versuchsfelds für Schweißtechnik an der Technischen Hochschule Berlin, sich verdient gemacht hat, sind längst schon öffentlicher Besitz durch ihre Aufnahme bei der T W L.

Abb. 22 zeigt die nach dem in Abb. 21 dargestellten Verfahren ausgeführten Schweißungen.

Abb. 23 veranschaulicht die Fertigung von Endstücken mit Ösen zur Aufnahme von Bolzen, die die weitere Kraftübertragung zu übernehmen haben. Auch hier



findet zunächst Aufschlitzen des Rohrendes statt, ein keilförmiges Schmiedestück mit Gabelenden wird eingesetzt, die Rohrenden werden angedrückt und Kehl nähte mit dem Schweißstab nach dem Gas- oder Lichtbogenschweißverfahren angelegt.

### Rechnungsgrundlagen

Die vorgeführten Bilder von Anwendungen der Schweißtechnik im Eisenbau mögen bei manchem Teilnehmer den Eindruck erweckt haben, daß den geschweißten Verbindungen ein gewisses Vertrauen entgegengebracht wird. Der Konstrukteur bedarf indes mehr als Bilder. Er muß den Sicherheitsgrad und die

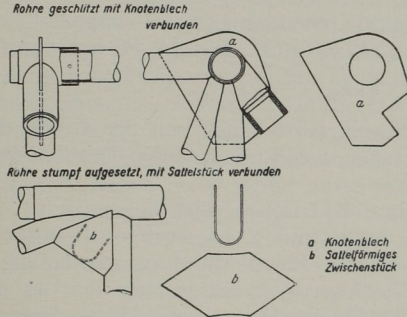


Abb. 21. Vorbereitungen für das Schweißen von Rohren zur Entwicklung eines Knotenpunktes

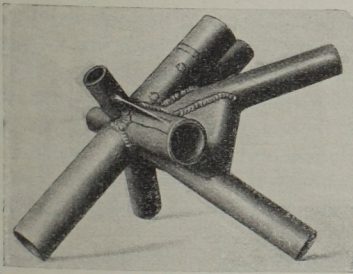


Abb. 22. Knotenpunkt aus Rohren bestehend, ohne Knotenblech

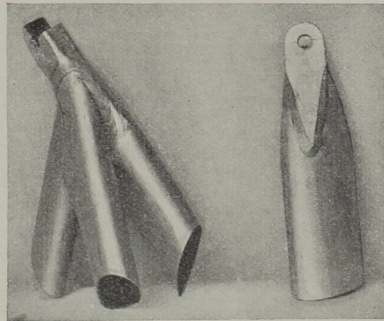


Abb. 23. Geschweißte Rohrenden für Gelenkverbindungen

Kosten kennen. Es seien darum die nötigsten Unterlagen für die Berechnung geschweißter Bauwerke angefügt.

Die Zugfestigkeit einer nach dem elektrischen Lichtbogenverfahren hergestellten Schweiße ist = 80% der des ungeschweißten Eisens zu setzen, z. B. wäre für St 37  $\sigma_B = 0,8 \times 37 = \sim 30 \text{ kg/mm}^2$ . Die Zähigkeit, gemessen am Biegewinkel beim Faltversuch nach Din 1605, würde als genügend anzusprechen sein, wenn ein Biegewinkel von wenigstens  $90^\circ$  erreicht wird. Über die Ermüdungsfestigkeit liegen bisher nur vereinzelte Untersuchungen vor. Vorsichtig gerechnet, kann sie mit 50% der Streckgrenze des ungeschweißten Werkstoffs, d. h. mit etwa  $11 \text{ kg/mm}^2$  für St. 37 angesetzt werden.

Die Dichtigkeit der Schweiße hängt von guter Ausführung ab. Ein geübter Schweißer kann 100% für Gas- und auch Lichtbogenschweißung erreichen. Um

zu errechnen, welche Kraft eine Schweißnaht von bestimmter Länge übertragen kann, muß man wissen, welche Abmessungen ihr Querschnitt hat. Für die zunächst vorkommenden Blech- und Profildicken von  $d = 3$  bis 10 mm wird ein Schweißdraht von 4 mm Durchmesser verwendet. Da auch die Arbeitsgeschwindigkeit für die gebräuchlichen Schweißmaschinen eine gegebene ist, hat die Schweißbraupe in einer Kehlnaht etwa den dreieckförmigen Querschnitt wie in nebenstehender Abb. 24, Kantenlänge = 5 mm, Abstand Scheitel von Mitte etwas gewölbter Hypothenuse  $s = 3,5$  mm. Wenn  $l$  die Länge der Naht in mm,  $s$  die für die Zugbeanspruchung maßgebende Breite ist, kann die Naht die Kraft  $P = s \cdot l \cdot \sigma_B$  übertragen, z. B. für St. 37 bei fünffacher Sicherheit  $P = \frac{3,5 \cdot l}{5} \cdot 30 = 21 \cdot l$  kg.

Für zwei Flankennähte von der Länge  $l$  (vgl. Abb. 25) beträgt die Scherkraft  $Q = 3/4 P = 1,5 s \cdot l \cdot \sigma_B$  z. B. für St 37 bei fünffacher Sicherheit  $Q = \frac{1,5 \cdot 3,5 \cdot l \cdot 30}{5} = 31,5 \cdot l$  kg.

Das Maß  $s$  der Schweißbraupe hängt von der Größe des Schweißdrahtes ab. Es wird 4 bis 5 mm betragen, wenn mit dickeren Drähten stärkere Raupen gezogen werden sollen.

Die Eigenschaft, im elektrischen Lichtbogen sich verschweißen zu lassen, besitzen alle genormten Stähle mit Kohlenstoffgehalt unter 0,2% bei Verwendung gewöhnlichen Schweißdrahtes für Verbindungsschweißungen. Sonderstähle wie St Si und die neueren hochwertigen Stahlsorten von der Art des Chrom-Kupfer-

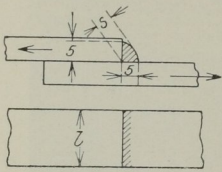


Abb. 24

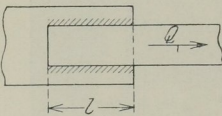


Abb. 25

Hochwertigen Stahlarten lassen sich nur mit Sonder Elektroden, die auszubilden sich einige Edelstahlwerke angelegen sein lassen, verschweißen. Es mag auch erwähnt sein, daß die Bemühungen, Elektroden so zu legieren, daß die im elektrischen Lichtbogen gezogene Schweiße schmelzbar wird, im Laufe dieses Jahres erfolgreich waren. Als erstes Lieferwerk trat das Stahlwerk Böhler & Co. mit einer Elektrode, der planmäßig eine Art Schlackenseele verliehen war, auf den Plan. Am gleichen Ort gab Oberingenieur FUCHS-KAPFENBERG in einem Vortrag im Februar 1928 den Fachleuten Deutschlands und Österreichs, die eine gemeinsame Tagung hier abhielten, die Ergebnisse der Arbeiten von Böhler bekannt und in Kapfenberg Gelegenheit zur Nachprüfung der Güterwerte.

Über die Wirtschaftlichkeit der Schweißung im Eisenbau im Vergleich zur genieteten Ausführung liegen mehrfache eingehende Untersuchungen an ausgeführten Anlagen

vor. Kurz gesagt, beträgt die Ersparnis an eingebautem Stahl und an den Lohnkosten zusammen etwa 15 bis 20% gegenüber der Nietung.

Es ist angezeigt, noch mit einigen Worten die Lage des Unternehmers gegenüber einem Auftraggeber, der geschweißte Ausführung wünscht, zu beleuchten. Aus meinen Erfahrungen, d. h. soweit sie bei der Deutschen Reichsbahn und beim Verein deutscher Ingenieure zusammenlaufen, darf ich sagen, daß es im allgemeinen nicht an fachkundigen Handwerkern und Meistern fehlt, um die beabsichtigten Schweißarbeiten auszuführen. Eine Reihe von Stellen im Reich haben es sich angelegen sein lassen, Ausbildungsgelegenheiten für das handwerksmäßige Arbeitsverfahren einzurichten oder zu fördern. Hierunter sind für die Reichsbahn die schweißtechnische Versuchsabteilung beim Reichsbahn-Ausbesserungswerk in Wittenberge, für das Handwerk und die Industrie der Verband für autogene Metallbearbeitung, eine Reihe staatlicher Maschinenbau- und Industrieschulen und städtischer Gewerbe-

förderungsinstitute zu nennen. Es ist weiter auf die wirksame Betreuung dieser Veranstaltungen durch die zuständigen Ministerien für Handel und Industrie der deutschen Länder hinzuweisen. Auf die Frage, wie es mit der Ausbildung der akademischen Jugend in der Schweißtechnik und ihrer Anwendung in den gestaltenden Fachgebieten, von denen uns hier besonders der Eisenbau interessiert, bestellt ist, muß leider gesagt werden, daß die technischen Hochschulen mit der Gewährung des benötigten Fachunterrichts sowohl beim Lehrstuhl für mechanische Technologie als auch in den Fachabteilungen: Eisenbau, Fahrzeugbau, Schiffbau, Dampfkesselbau u. a. arg in Rückstand gegenüber den Anforderungen der Eisen verarbeitenden Industrie und der Tatkraft der technischen Mittelschulen aller Grade gekommen sind. Wohl haben einzelne Dozenten an technischen Hochschulen wie Aachen, Berlin und Braunschweig die Einrichtung schweißtechnischen Unterrichts mit dankenswerter Energie durchgesetzt, zu einer planmäßigen Einreihung in den zuständigen Lehrstuhl ist es aber noch nicht gekommen und bei den Fachabteilungen fehlen Sondervorlesungen über die Anwendung des Schweißens in ihrem Fachgebiet noch gänzlich. Der Unternehmer kommt durch den Mangel an ausgebildeten Konstruktionsingenieuren in eine mißliche Lage. Seine Betriebsleiter, die für die sachgemäße Ausführung verantwortlich sind, leiden nicht selten unter dem untragbaren Zustand, daß sie die Richtigkeit der Arbeitsausführung ihrer Untergebenen nicht hinreichend beurteilen können, bisweilen gar von ihnen abhängig sind. Der Verein Deutscher Ingenieure hat in den Fachtagungen für Schweißtechnik gelegentlich seiner Hauptversammlungen der Jahre 1926 und 1928 auf die bedenkliche Lücke im Lehrplan der technischen Hochschulen hingewiesen und bereitet für diesen Winter eine neue verschärfte Kundgebung vor. Trotzdem ist es wünschenswert, daß ein Unternehmer, der vor die Aufgabe gestellt wird, ein geschweißtes Bauwerk zu entwerfen und auszuführen, schon jetzt mutig an sie herangeht. Auch in der Übergangszeit wird es ihm gelingen, die Hilfe eines fachkundigen Beraters heranzuziehen. Vor allem ist es unerläßlich, in seinem Betrieb eigene Erfahrungen zu sammeln, das eigene Personal an der Ausführung kleinerer Teilaufgaben zu schulen und bei ihm Vertrauen auf die eigene Kraft wachsen zu lassen. Recht beachtenswert erscheint das Vorgehen geschlossener Unternehmerverbände wie das des Deutschen Eisenbauverbandes, in gemeinsamer Arbeit mit ihrem Großkunden, der Deutschen Reichsbahn, praktische Studien zu betreiben, und die gewonnenen Ergebnisse seinen angeschlossenen Mitgliedern nutzbar zu machen. Mir ist bekannt, daß auch das Ausland ähnlichen Weg geht.

Professor Dr. Ing. ALFRED HAWRANEK, Brünn:

### Probleme des Großbrückenbaues

Infolge der Anwendung neuer hochwertiger Baustoffe wie Stahl 48 und Si-Stahl hat der Großbrückenbau in letzter Zeit einen neuen Vorstoß zur Bewältigung großer Spannweiten erhalten. Auch im Eisenbetonbrückenbau liegen ähnliche Bestrebungen vor, doch soll hier nur vom Stahlbrückenbau die Rede sein.

Mit den großen Spannweiten treten aber neue Probleme sowohl in konstruktiver, wie in statischer Hinsicht auf, die bei kleineren Spannweiten nicht so sehr ausschlaggebend sind und für die ausreichende Erfahrungen in baulicher Hinsicht vorliegen, die den bisherigen Erfolg auf diesem Gebiete gesichert haben.

Das Bestreben, auch bei großen Brücken wirtschaftlich und ausreichend sicher zu bauen, setzt aber voraus, Fragen sowohl theoretisch wie konstruktiv zu studieren. Sie hängen einmal mit der zweckmäßigen Wahl der nun großen Stabquerschnitte zusammen, die natürlich auch ausführbar sein müssen, so daß die Güte der Arbeit gewährleistet werden kann. Die Knicksicherheit der Stehbleche hoher Blechbogen-