

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 53 (1962)
Heft: 16

Artikel: Die Entwicklung der Elektroschweissung in der Schweiz
Autor: Kindschi, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-916963>

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: 22.02.2026

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

Faktor $e^{-\beta t}$ zum Nullpunkt hin parallel verschoben werden müssen.

Zusammenfassung

Die einfachen mathematischen Zusammenhänge, die bei verlustlosen Leitungen für die als Wanderwellen bezeichneten Ausgleichsvorgänge gültig sind, bilden die Grundlage für ein einfaches, graphisches Verfahren zur Bestimmung des zeitlichen Verlaufes dieser Wanderwellen. An Hand kleiner praktisch durchgeföhrter Beispiele wurde das Prinzip dieses Bergeron-Verfahrens an allen wichtigen Schaltungskombinationen erläutert. Dabei konnte auch gezeigt werden, dass nichtlineare Ausgangsgrößen ebenso einfach zu behandeln sind wie die bei Berechnungen üblicherweise zu Grunde gelegten Rechteckfunktionen. Bei der graphischen Durchführung des Bergeron-Verfahrens wird eine Anwendungsgrenze durch den Arbeitsaufwand gesetzt, wenn die Leitungsverluste bei nicht verzerrungsfreien Leitungen berücksichtigt werden sollen. Da aber das Prinzip des Verfahrens durch einfache mathematische Zusammenhänge dargestellt werden kann, wird mit Sicherheit das Bergeron-Verfahren durch die numerische Auswertung unter Einsatz von Digitalrechnern in den kommenden Jahren eine erhebliche Ausweitung seines Anwendungsbereites erfahren.

Literatur

- [1] Löwy, R.: Druckschwankungen in Druckrohrleitungen. Wien: Springer 1928. S. 84.
- [2] Schnyder, O.: Druckstöße in Pumpensteigleitungen. Schweiz. Bauztg. 94(1929)22, S. 271...273; 23, S. 283...286.
- [3] Schnyder, O.: Über Druckstöße in Rohrleitungen. Wasserkraft und Wasserwirtsch. 27(1932)5, S. 49...54; 6, S. 64...70.
- [4] Bergeron, L.: Variations de régime dans les conduites d'eau. C. R. Trav. Soc. Hydrotechn. France 31(1932), S. 605...623.
- [5] Bergeron, L.: Etude des variations de régime dans les conduites d'eau. Solution graphique générale. Rev. gén. Hydraul. 1(1935)1, S. 12...25; 2, S. 69...77.

- [6] Schnyder, O.: Über Druckstöße an verzweigten Leitungen mit besonderer Berücksichtigung von Wasserschlossanlagen. Wasserkraft und Wasserwirtsch. 30(1935)12, S. 133...142.
- [7] Bergeron, L.: Etude des coups de bâlier dans les conduites. Nouvel exposé de la méthode graphique. Techn. mod. 28(1936)2, S. 33...38; 3, S. 75...82.
- [8] Bergeron, L.: Propagation d'ondes le long des lignes électriques. Méthode graphique. Bull. Soc. franç. Electr. 5. Ser., 7(1937)82, S. 979...1004.
- [9] Bergeron, L.: Méthode graphique générale de calcul des propagations d'ondes planes. Mém. Soc. Ing. civ. France 90(1937)4, S. 407...497.
- [10] Blondel, A.: L'évolution des méthodes de calcul des phénomènes transitoires. XIV: Etude directe de la propagation et de la réflexion des ondes: méthode graphique. Rev. gén. Electr. 41(1937)19, S. 587...589. XV: Méthode de L. Bergeron. S. 589...594.
- [11] Haller, P. de: Über eine graphische Methode in der Gasdynamik. Techn. Rdsch. Sulzer -(1945)1, S. 6...24.
- [12] Bergeron, L.: Du coup de bâlier en hydraulique au coup de foudre en électricité. Paris: Dunod 1950.
- [13] Mauduit, A.: Installations électriques à haute et basse tension. 2. Aufl. Paris: Dunod 1950. S. 835...861.
- [14] Satche, P. und V. Grosse: Le calcul des tensions de rétablissement et des surtensions internes par la méthode de Bergeron. Conférence Internationale des Grands Réseaux Électriques (CIGRE), 13. Session 1950, Bd. 2, Rapp. 128.
- [15] Herlitz, I. und N. Knudsen: Protection contre les surtensions du matériel électrique relié par câble à une ligne aérienne. Conférence Internationale des Grands Réseaux Électriques (CIGRE), 14. Session 1952, Bd. 3, Rapp. 324.
- [16] Bulla, W.: Das Bergeron-Diagramm für Wanderwellen. E und M 71(1954)2, S. 37...41.
- [17] Jurecka, W.: Das Stosslinienverfahren zur Bestimmung von Druckschwankungen in Wasserrohrleitungen und von Spannungsschwankungen in elektrischen Leitungen. ÖZE 7(1954)2, S. 49...52, 3, S. 79...83.
- [18] Mauduit, A.: Méthode graphique de Bergeron pour l'étude de la propagation des ondes le long des lignes électriques. Rev. gén. Electr. 63(1954)4, S. 191...221.
- [19] Louvet, A., M. Magnien, E. Maury und J. Pericart: Contribution au calcul des surtensions de coupure d'une longue ligne à 380 kV. Conférence Internationale des Grands Réseaux Électriques (CIGRE), 16. Session 1956, Bd. 3, Rapp. 415.
- [20] Frey, W. und P. Althammer: Die Berechnung elektromagnetischer Ausgleichsvorgänge auf Leitungen mit Hilfe eines Digitalrechners. Brown Boveri Mitt. 48(1961)5/6, S. 344...355.

Adressen der Autoren:

o. Prof. Dr. H. Prinz, Institut für Hochspannungs- und Anlagen-technik, Technische Hochschule München, Arcisstr. 21; Dipl.-Ing. W. Zaengl, München, Mainzerstr. 18 und Dipl.-Ing. O. Völcker, München, Herzogstr. 63.

Die Entwicklung der Elektroschweissung in der Schweiz

Von A. Kindschi, Basel

621.791(494)

Der Aufsatz gibt einen allgemeinen Überblick über den heutigen Stand der Schweißtechnik. Als eindrücklicher Vergleich ist ein Rückblick auf die Entstehungsgeschichte der Elektro-Schweißverfahren und deren Prinzipien gemacht worden. Die Entwicklungen der Apparate des Auslandes, die sehr eng mit den Bedingungen der schweizerischen Schweißtechnik verknüpft sind, werden im Aufsatz ebenfalls erwähnt. Die Bedeutung der Elektroschweissung für die Schweiz ist geschildert. Eine Kurve gibt die Entwicklung der Schweißapparate im Versorgungsnetz der Stadt Basel an, und in einer Schätzung wird die mutmassliche Zahl der heute in der Schweiz angeschlossenen Schweißapparate aller Kategorien, deren Anschlusswert und Energieverbrauch angegeben.

1. Lichtbogenschweissen

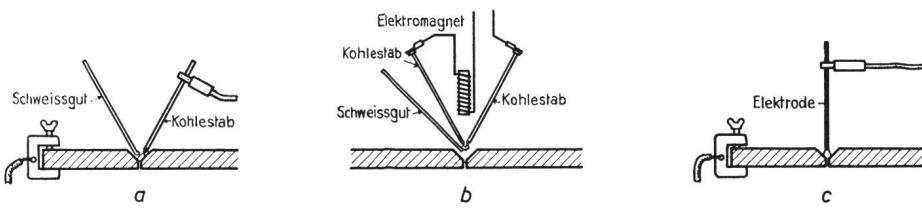
Beim Durchblättern der Literatur über das Schweißen ist es interessant, festzustellen, dass schon im Jahre 1842 ein englisches Patent auf ein Verfahren erteilt wurde, nach welchem Iridiumpulver auf eine Metallplatte mit Hilfe des elektrischen Lichtbogens aufgeschweisst werden konnte. Versuche, den elektrischen Lichtbogen als Lötlampe zu verwenden, sind aus dem Jahre 1872 bekannt. Schweißversuche, d. h. Metalle mittels Lichtbogen zu verbinden, wurden dann in Deutschland um das Jahr 1881 angestellt, aber nennenswerte Erfolge erzielte erst Nikolas von Benardos

Aperçu général de l'état actuel de la technique du soudage. A titre de comparaison, l'auteur fait l'historique du soudage électrique et de ses principes. Il mentionne également le développement des appareils à l'étranger, qui est très étroitement lié à la technique suisse du soudage électrique, dont l'importance est considérable. Une courbe indique le développement des appareils de soudage dans le réseau urbain du Service de l'électricité de Bâle. L'auteur estime le nombre des appareils électriques de soudage de tous genres, actuellement utilisés en Suisse, leur puissance installée et leur consommation d'énergie électrique.

in Petersburg, der als eigentlicher Erfinder der Lichtbogenschweissung gilt. Er meldete seine Patente in Deutschland in den Jahren 1885 und 1887 an.

Nach seinem Verfahren wurde der eine Pol einer elektrischen Energiequelle an das Werkstück und der andere an einen Kohlenstab als Elektrode angeschlossen. Durch Berühren und Wiederentfernen der Elektrode vom Werkstück entsteht zwischen dem Werkstück und dem Kohlenstab ein Lichtbogen. Dieser muss durch entsprechende Haltung der Lichtbogendistanz unterhalten werden und liefert so, dank seiner hohen Hitze, die Schmelzwärme. Fremdes Schweißgut muss dabei zugeschmolzen werden.

Fig. 1
Die Entwicklung
der Lichtbogenschweißung
a Methode Benardos, 1885; b Methode Zerener, 1889; c Methode Slavianoff, 1892; d Schweißen mit Schutzgas; e Schweißen mit atomarem Wasserstoff; f Schweißen mit umhüllter Elektrode



Im Jahre 1889 patentierte Dr. Zerener ein Verfahren, nach dem der Flammenbogen zwischen zwei Kohlenstäben gebildet wird, während Slavianoff 1892 die beiden Verfahren vereinfachte und den Lichtbogen mit einer Metallelektrode, die gleichzeitig als Zusatzmaterial dient, einleitete.

In der Folge wurden dann noch die Verfahren mit Schutzgas entwickelt und erst viel später hatte man sich zu dem einfachen und zuverlässigen Schweißen mit der umhüllten Elektrode durchgerungen.

In Fig. 1 sind die verschiedenen Entwicklungsetappen dargestellt. Es ist daraus gut verständlich, dass die Verfahren nach Benardos und Zerener durch das einfache Prinzip von Slavianoff ersetzt wurden. Weniger verständlich ist wohl die Tatsache, dass dieses Prinzip wieder verlassen und die unhandlichen und kostspieligen Verfahren mit Schutzgas entwickelt wurden. Der tiefere Grund dafür lag darin, dass sich das Verfahren von Slavianoff, d. h. das Schweißen mit der nackten Elektrode, sehr gut für unbeanspruchte Elemente anwenden liess, bei beanspruchten Konstruktionen aber zu metallurgischen Fehlschlügen führte. Vor allem wiesen die Schweissnähte eine wesentliche Festigkeitseinbusse auf, weil beim Übergang des flüssigen Elektrodenmaterials ins Schmelzbad wichtige Bestandteile, wie Kohlenstoff und Mangan, ausschieden. Auch wurden aus der Luft Sauerstoff und Stickstoff aufgenommen, wodurch die Festigkeitseigenschaften sich verschlechterten. Um diesem Nachteil beizukommen, versuchte man mit einer Schutzgashülle jeden Einfluss von Sauerstoff und Stickstoff auf das Schmelzbad und auf die Elektrode mit Sicherheit auszuschalten.

Diese Gasschweissverfahren befriedigten aber in ihrer praktischen Anwendung in Bezug auf Handlichkeit und Apparaturen nicht und so wurde durch unermüdliches Forschen und Suchen die umhüllte Elektrode geschaffen. Man kehrte zurück zum Prinzip von Slavianoff, und erreichte mit einer Paste, die durch Eintauchen, Aufpressen oder Umwickeln auf die legierten Schweißstäbe aufgetragen wurde, in metallurgischer Hinsicht das angestrebte Ziel. Die besonderen metallischen und nichtmetallischen Umhüllungsstoffe der Paste bilden beim Verbrennen die erwünschte Schutzgashülle, legen eine schützende Schlackenschicht über die gelegte Naht und veredeln das Schmelzbad, alles Vorteile, die die Güte der Schweissnaht günstig beeinflussen. Damit hatte man das, heute noch übliche, bewährte und einfache Handschweissverfahren gefunden. Diese Entwicklung dauerte allerdings Jahrzehnte, denn erst um das Jahr 1925 kam in der Schweiz die erste brauchbare umhüllte Elektrode auf den Markt. Die Paste war mit Asbestschnur auf den Stab aufgewickelt, wobei zur Auflegierung noch ein Aluminium-

oder Neusilberfaden mitgewickelt wurde. Diese Elektrode konnte nur mit Gleichstrom verschweisst werden. Ein Jahr später war aber auch die Wechselstromschweissung möglich und so stand der Entwicklung der Elektroschweissung nichts mehr im Wege. Trotzdem schleppte sie sich bescheiden und unerkannt im Schatten der autogenen Schweissung dahin und hatte Mühe, Boden zu gewinnen. Unter anderem schenkte man der Ausbildung der Schweisser viel zu wenig Beachtung. Es wurde viel geschweisst ohne eigentliche Kenntnisse der Schweissvorgänge. Durch die dabei logischerweise auftretenden Misserfolge verärgert, benützten die Handwerker oft nur noch zur Not den Elektroschweissapparat. Erst als von einigen Stellen erkannt wurde, dass nicht nur der Ingenieur und Techniker dieses Gebiet von Grund auf kennen müsse, dass eine gründliche Schulung und Auslese der Schweisser selbst, ebenso bedeutsam sei, begann die Elektroschweissung Vertrauen zu gewinnen. Es kann nicht eindrücklich genug darauf hingewiesen werden, dass die elektrische Schweissung mit äusserster Sorgfalt und Sachkenntnis angewendet werden muss.

Fig. 2 gibt das Prinzipschema über den Schweissvorgang und die heute üblichen elektrischen Energiequellen wieder. Der Lichtbogen wird nach diesem Prinzip durch Berühren des Werkstückes mit dem Elektrodenende und anschliessendem Abheben (Lichtbogenlänge gleich ungefähr Elektrodendicke) gebildet. Diese Lichtbogenlänge muss exakt gehalten werden, was ein ständiges Ausgleichen des Elektrodenabbrandes erfordert und deshalb vom Schweisser nicht nur praktisches Können, sondern zur Erzielung hoher Schweissqualität auch höchste Ausdauer, gewissenhafte Arbeit, vor allem aber einen ruhigen, ausgeglichenen

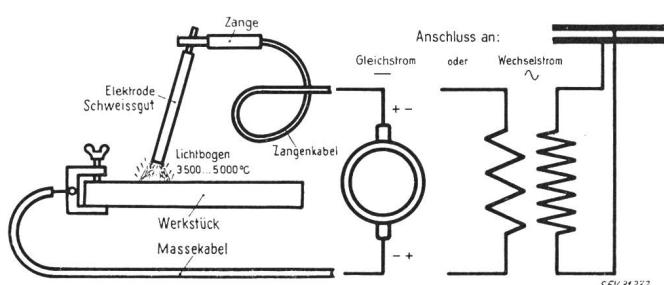


Fig. 2
Prinzipschema

Charakter und gute Kenntnisse der Schweißvorgänge verlangt.

Diese Erkenntnis veranlasste vor Jahrzehnten verschiedene Fabrikanten von Schweißapparaten und Elektroden, durch Kurse die Schweisser auszubilden, um damit die Elektroschweissung zu fördern. Auch das Elektrizitätswerk Basel richtete im Jahre 1936 in gleicher Absicht ein ständiges Ausstellungs- und Vorführungslokal für das Elektroschweißen ein. Während 20 Jahren führte es jährlich einige Schweißkurse für das metallverarbeitende Gewerbe und für die Fachschulen durch und erfasste so in 93 Kursen 1800 Teilnehmer.

Schweißen ist eine Vertrauenssache. Jede Schweißnaht ist mitbestimmend für Qualität und Sicherheit der ausgeführten Konstruktion. Typische Beispiele zeigten dies eindrücklich genug. Es sei nur u. a. an den Brückeneinsturz bei Hasselt, Belgien, erinnert, wo 1938 die 74,5 m lange Straßenbrücke über den König-Albert-Kanal zufolge unsachgemäß ausgeführter Schweißung einstürzte. Als Ursache wurden unzulässige, scharfe Kerben in den Einbrandzonen festgestellt, die jeder gut geschulte Schweisser vermieden hätte. Solche Vorkommnisse boten den Gegnern willkommene Gelegenheit, öffentlich gegen die Elektroschweissung Stellung zu nehmen, denn im Konstruktionsbau, wo bis anhin genietet und geschraubt wurde, sowie auch in Kreisen der Acetylenschweissung sah man mit Besorgnis in der Elektroschweissung einen Rivalen aufkommen.

Der zweite Weltkrieg hat dann das Seine dazu beigetragen, um die Elektroschweissung zu fördern. Mit einem Schlag wurden die Grundlagen unseres Wirtschaftslebens vollständig verändert. Es hiess umstellen, umlernen, anpassen, die Rohstoffe begannen knapp zu

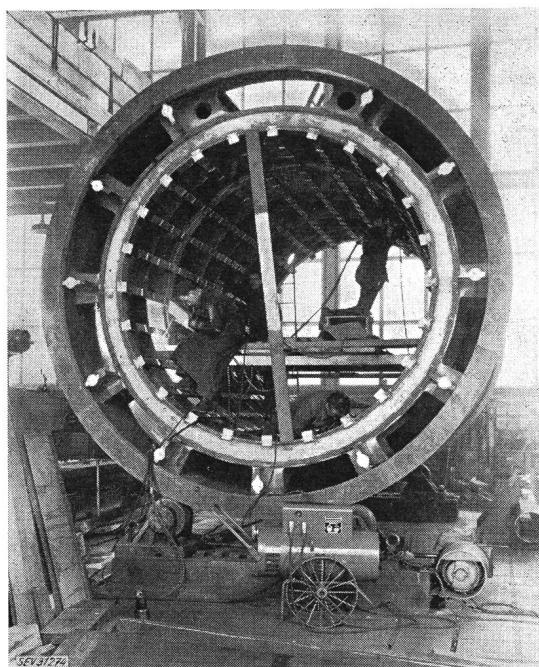


Fig. 4
Schweißarbeit an einem Statorgehäuse

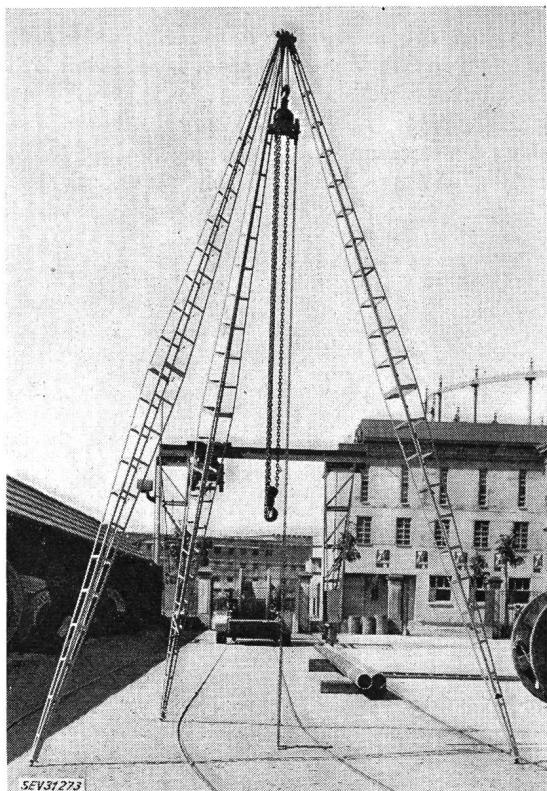


Fig. 3
Dreibein
aus Winkel- und Flacheisen zusammengeschweisst

werden und es galt, mit Material und Energie äußerst haushälterisch umzugehen. So wurde die Elektrode, das Streichholz der Maschinenindustrie, wie sie ein bedeutender Wirtschaftsführer treffend bezeichnete, vermehrt eingesetzt. Es bewahrheitete sich, dass jeder Schlosser solche Streichhölzer in Schachteln kaufen könne, um mit diesen unscheinbaren Stäbchen gewaltige Brände anzuzünden, Brände der Arbeit, Brände der Entwicklung und Brände des Erfolges. Elektrisch schweißen heisst billiger und schneller arbeiten, sowie leichter bauen bei gleicher Festigkeit. Diese Tatsache wurde nun eindrücklich erkannt und so wurden immer neue Feuerstellen gelegt. Auch die kleinsten Arbeitsstellen traten mit diesem Streichholz des 20. Jahrhunderts an Stelle der riesigen Giessereien und Schmieden, die früher in langwieriger und mühevoller Arbeit konstruktiv beschränkte und schwere Maschinenteile herstellten. Durch Verschweissen einfacher Eisenelemente konnten gleichwertige, leichtere und billigere Erzeugnisse auf den Markt gebracht werden, was sich für unseren Außenhandel sehr wertvoll auswirkte. Beinahe jedes Stück Metall liess sich dank der Schweißtechnik wieder verwenden und zu nützlichen Geräten zusammenschweißen (Fig. 3). Betrachten wir einmal heute all die gewaltigen Maschinen und Konstruktionen, so stellen wir fest, dass es ein «Zusammenspiel» einzelner Metallteile ist (Fig. 4), das dem Konstrukteur jede Freiheit in Bezug auf die Formgebung gewährt, im Gegensatz zu gegossenen Werkstücken. Auch die einheimische Kraft, die Elektrizität, konnte hier zum Nutzen des Landes eingesetzt werden und bewies einmal mehr ihre hohe Qualität und vielseitige Anwendbarkeit.

Heute wird die Elektrizität in mannigfacher Art und Weise für die Verbindung von Metallen eingesetzt. Die wichtigsten Verbindungen sind dabei wohl die Lichtbogen- und Widerstandsschweissung. So kommt der Elektroschweißen in der gesamten metallverarbeitenden Industrie eine geradezu überragende Bedeutung zu. Sie hat in den beiden letzten Jahr-

zehnten Formen angenommen, die die kühnsten Erwartungen übertrafen. Ein Verfahren, das sich derart entwickeln konnte, muss seine besonderen Vorteile haben. Die Lichtbogenschweissung darf denn auch die wertvollen Eigenschaften für sich beanspruchen, dass der Schweißlichtbogen eine ausserordentlich starke Schmelzwirkung bei 3500 °C hat. Die von ihm getroffene Metalloberfläche schmilzt deshalb im Bruchteil einer Sekunde. Diese Eigenschaft erlaubt die Schweissung grösster Materialstärken ohne Vorwärmung bei jeder Witterung. Sie ergibt auch kleinste Werkstoffdehnungen und Schrumpfspannungen im Werkstück und beschränkt dadurch die Nacharbeiten auf ein Minimum. Die augenblickliche Verflüssigung der Materialoberfläche wirkt sich besonders beim Schweissen von rostfreiem Material geradezu ideal aus. Das Widerstandsschweissen ersetzt auch konkurrenzlos die Feuerschweissung.

Mit der steigenden Anwendung der Elektroschweissung in allen Sparten der metallverarbeitenden Industrie haben sich auch die Verfahren selbst entwickelt, vervollkommen und sich für gewisse Sondergebiete herangebildet. In den letzten Jahren wurde stark das Ziel verfolgt, die Wirtschaftlichkeit und Produktivität besonders durch Mechanisierung und Automatisierung zu steigern. Obwohl die Handschweissung immer noch stark vorherrscht (es dürfen gewichtsmässig etwa 10...11mal mehr Elektroden verbraucht werden als Automatendraht), haben das Schutzgas- und Automatenschweissen sehr stark an Interesse gewonnen.

Die Entwicklung bei der Handschweissung zeigte sich in der Verbesserung der Elektroden und der Stromquellen. Bei den Handelektroden legte man grossen Wert auf eine günstigere Zusammensetzung der Umhüllungstoffe, um bessere Verschweissbarkeit, Verminderung der Spritzverluste und leichtere Entfernung der Schlacken zu erzielen. Spezialelektroden wurden für Stahl, Guss und Nichteisenmetalle aller Art geschaffen, so dass auch auf diesem Gebiet ein unermüdliches Forschen und Entwickeln festzustellen ist.

Für die Schutzgasschweissung sind die Drähte verbessert worden, damit beim Nachschub in der Kontaktdüse weniger Störungen auftreten. Auch den Pulvereigenschaften für die Unterpulverschweissung wurde vermehrte Aufmerksamkeit geschenkt.

Die Schweissapparate ihrerseits haben in Wirkungsweise und Aufbau ebenfalls grosse Fortschritte zu verzeichnen. Die Regulierung ist durchwegs stufenlos, die Schweisseigenschaften sind wesentlich verbessert und die Einschaltdauer erhöht worden. (Die Einschaltzeit, ED, gibt an, bei welchen Stromstärken dauernd geschweisst werden darf, ohne die Maschine durch zu hohe Erwärmung zu gefährden).

Geschweisst wird mit Gleich- und Wechselstrom. Alle diese Energiequellen müssen eine spezielle, möglichst trägeheitslose Charakteristik aufweisen, d. h. der Flammbojen muss trotz der Kurzschlüsse, die während dem Schweissvorgang auftreten, auch nach der Zündung stabil bleiben. (Kurzschlüsse treten einmal bei der Einleitung des Flammenbogens auf und jedesmal, wenn der flüssige Metalltropfen von der abschmelzenden Elektrode zum Werkstück übergeht und so eine metallische Brücke bildet.)

Es gibt Maschinen, die thermisch und akustisch gegen Überlastung geschützt sind, sie können fernreguliert werden, konstruktiv sind sie eleganter, witterungs-

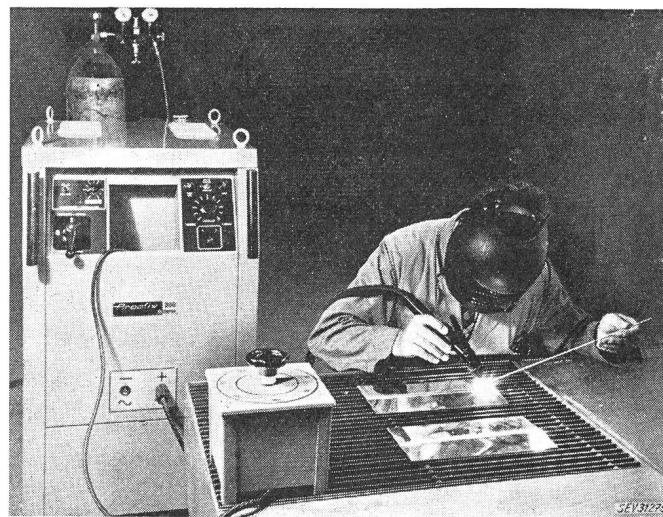


Fig. 5
Arcofix-Schweissanlage
Gleich- und Wechselstromquelle für Argonarc-Punktschweissen, für Handelektroden und für Argonarc-Automatenschweissung

beständiger und vor allem leichter gebaut. Zum Beispiel eine Gleichstrommaschine von etwa 375 A wog im Jahr 1930 650 kg, 1940 410 kg und heute nur noch etwa 185 kg. Die Umformer sind auch geräuschloser geworden. Während man früher nur Transformatoren oder Umformer kannte, sind heute kombinierte Gleich- und Wechselstromapparate für die Schutzgas- und Handelektrodenschweissung auf dem Markt (Fig. 5).

Fig. 6 zeigt die neueste Argonarc-Anlage mit eingebauter Gleich- und Wechselstromquelle für Strombereiche von 22...320 A, stufenlos elektrisch regulierbar. Der Gleichstrom wird mittels Selen- oder Siliziumgleichrichtern erzeugt. Auf der Figur ist der wasser gekühlte Brenner sichtbar.

Mit den gebräuchlichen neuzeitlichen Schweissmaschinen, die allgemein für alle Netzspannungen zwischen 190 und 500 V gebaut sind, lassen sich Schweissströme von 15 bis etwa 800 A stufenlos oder dann sehr feinstufig einstellen. Die Lichtbogenspannung beträgt 10...40 V, die Leerlauf- oder Zündspannung bei Gleichstrom 60...70 V und bei Wechselstrom 60...100 V.

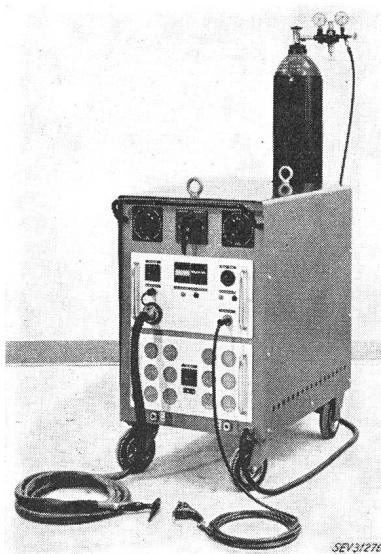


Fig. 6
Argonarc-Anlage
mit eingebauter Gleich- und Wechselstromquelle, auch für Elektrodenschweissung geeignet

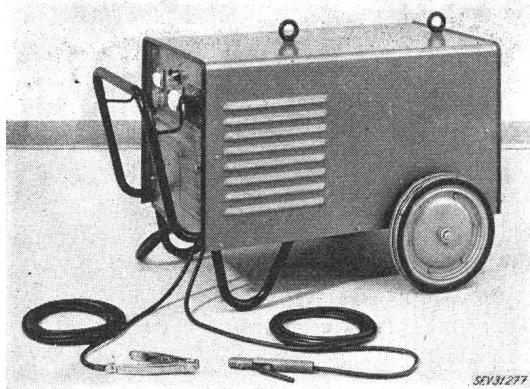


Fig. 7
Schweissgleichrichter
mit Selen- oder Siliziumzellen

Sowohl bezüglich Anschaffung und Unterhalt als auch im Energieverbrauch sind Umformergruppen teurer als Transformatoren, dafür aber universeller in der Anwendung. Das Verhältnis Transformatoren zu Umformer dürfte schätzungsweise 80 zu 20 betragen. Vor etwa 30 Jahren versuchte man durch Gleichrichter die schweren Umformergruppen zu ersetzen. Wegen der hohen Empfindlichkeit der Röhrengleichrichter beim Transport und im Betrieb fanden sie aber keine grosse Verbreitung, da die Schweissapparate immer mehr auch auf Baustellen verwendet wurden. Heute sind jedoch wieder Gleichrichter mit Selen- oder Silizium-Gleichrichtersätzen bis zu 500 A im Handel, die dreiphasig an 220/380/500 V angeschlossen werden können und mit denen alle Elektroden verschweisbar sind (Fig. 7).

Für Baustellen oder Orte, wo keine elektrische Energie zur Verfügung steht, können Gleichstrom-Maschinen eingesetzt werden mit Benzinmotoren als Antrieb (Fig. 8). In Werkstätten, wo laufend an mehreren Arbeitsplätzen geschweisst wird, werden aus wirtschaftlichen Erwägungen vorteilhaft Mehrstellen-Schweissanlagen eingesetzt. Solche Anlagen werden mit Generatoren bis 3000 A für 30...60 Schweissplätze gebaut.

Einige typische Verfahren, die sich im Zuge der Entwicklung herangebildet, mehr oder weniger eingeführt, und zum Teil noch üblich sind, seien hier kurz besprochen.

Bei folgenden halbautomatischen Verfahren werden z. B. umhüllte Elektrodenstäbe verschweisst:



Fig. 8
Fahrbare benzinelektrische Schweissgruppe
mit angeschlossener flexibler Welle und Schleifscheibe

Elin-Hafergut: Es wird eine umhüllte Elektrode in eine vorbereitete Naht eingelegt und mit Kupferbacken abgedeckt. Die Kabelanschlüsse erfolgen einerseits am Ende der Elektrode, und anderseits am Werkstück. Nach eingeleiteter Zündung brennt die Elektrode, die bis zu 2 m lang ist, ab und hinterlässt eine einwandfreie Schweissung.

Kjellberg Fig. 9: Normale Elektroden werden in die, im spitzen Winkel zueinander stehenden Nuten in einen Schweisskopf eingelegt und an das stromführende Kabel angeschlossen. Die eine Elektrode brennt dann mit genau eingestelltem Vorschub automatisch ab. Der Schweisser legt die zweite Elektrode ein, die dann den Lichtbogen ohne Unterbrechung übernimmt. Elektroden- oder Werkstückbewegung, Lichtbogenlänge usw. wird durch Schalt- und Regelorgane automatisch gesteuert.

Je tiefer die Elektroschweissung in die Gebiete der Serienfabrikation und Rationalisierung im Maschinenbau eindrang, um so mehr wurden die halb- und ganz-automatischen Schweissverfahren entwickelt, bei denen nicht mehr Stabelektroden verschweisst werden, sondern der Schweissdraht von einer Drahttrommel automatisch nachgeschoben wird.

Automatisierung bedeutet auch hier, die Funktion, die der Schweisser bei der Handschweissung auszuführen hat, ganz oder teilweise durch eine gesteuerte Maschine voneinander zu lassen. Die menschlichen Fehlerquellen werden dadurch vermieden, die Schweissgeschwindigkeiten erhöht und die Qualität verbessert. Alle Vorgänge werden exakt gesteuert; die Bewegung der Werkstücke oder der Elektrode, die Zündung des Lichtbogens, die Schweissgeschwindigkeit und die Lichtbogenhaltung bzw. Elektrodenabbrand.

Diese modernen Automaten bewirken günstigere Produktionskosten. Es ist erwiesen, dass die Arbeitszeiter sparsam schon bei halbautomatischer Schweissung 50...70 % beträgt und sich bei den Vollautomaten auf ein Vielfaches steigert.

Beim halb- und vollautomatischen Schweissverfahren mit Nachschub des Elektrodendrahtes darf die wichtige Aufgabe der Umhüllung auch nicht ausser

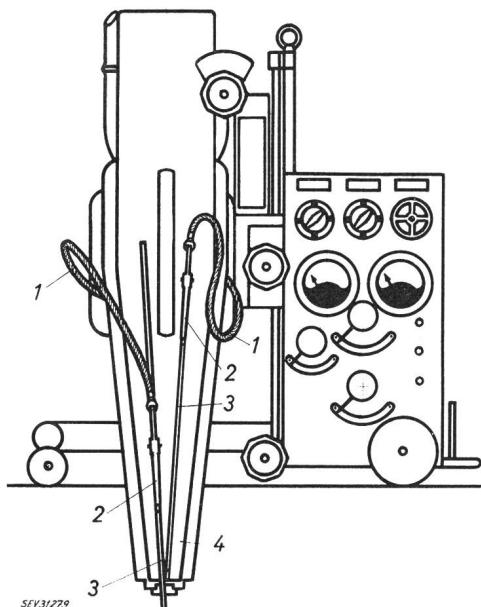


Fig. 9
Das Kjellberg-Verfahren
1 Stromzuführungskabel; 2 Stromklemme; 3 Elektroden; 4 automatisch gesteuerter Schweisskopf

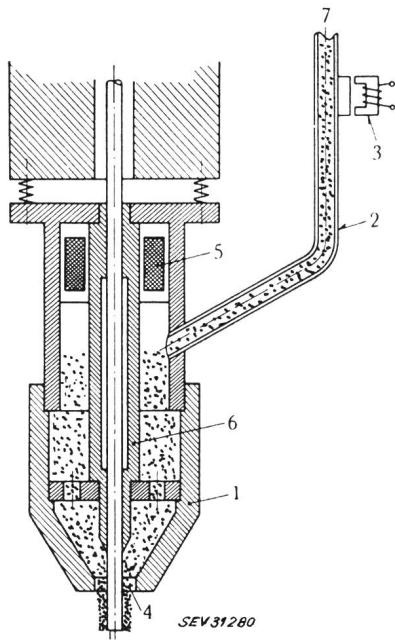


Fig. 10
Einrichtung für die Umhüllung des Nacktdrahtes mit Schweißpulver

1 Düse; 2 Zuführungsrohr für Pulver; 3 Vibrationsmagnet; 4 Düsenöffnung; 5 Sperrspule zum Unterbinden des Pulverflusses in den Schweißpausen; 6 Drahtzuführungsrohr mit Schleifkontakt; 7 Schweißpulverfluss aus dem Pulverbehälter

acht gelassen werden, und so wurden Wege gesucht, um der Schweißnaht den nötigen Schutz und die Auflegierung durch die Umhüllung zu erhalten. In einigen Figuren ist dargestellt, wie diesem Umstand Rechnung getragen wird. Die Umhüllung wird entweder in Form von Segmenten durch spezielle, zweiteilige Mantelketten vor der Zündung des Lichtbogens automatisch an den Schweißdraht gelegt und umschliesst ihn vollkommen oder, wird nach Fig. 10, als magnetisierbares Schweißpulver gleichmäßig mit dem Draht verhaftet.

Fig. 11 zeigt die sog. Gitterelektrode, bei der die Umhüllungsstoffe zwischen den Spiralanständen mehrerer, um den Elektrodendraht gewickelter, dünner Drähte liegen. So wird die Umhüllungsmasse beim Vorschub durch die Führungsbacken vor dem Abbröckeln geschützt.

Eine andere Methode besteht darin, dass ein nackter Elektrodendraht vorgeschoben, und die Umhüllungsmasse in Form von Pulver automatisch auf die Schweißnaht gestreut wird (Fig. 12). «Der Pulverwall» muss den Lichtbogen vollständig decken. Das nicht verschmolzene Schweißpulver wird abgesaugt und wieder verwendet. Dieses Unterpulverschweissen hat sich gut eingeführt und wird mit Erfolg angewendet.

Bei den Automaten wird an Stelle der Umhüllungsstoffe auch mehr und mehr Schutzgas verwen-

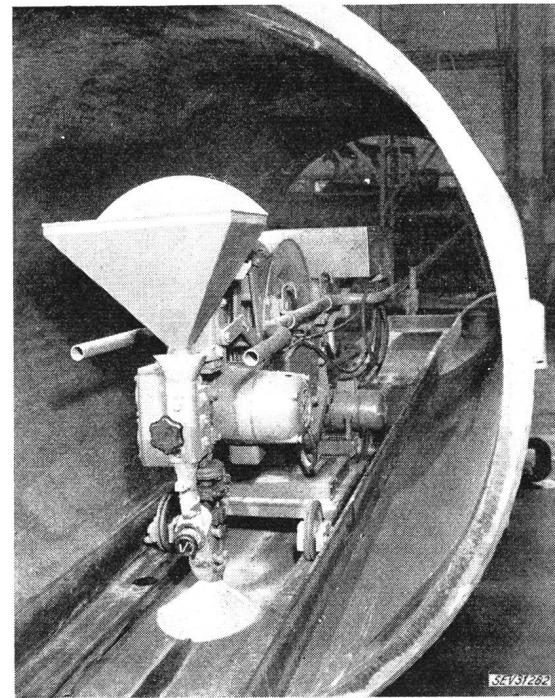


Fig. 12
Schweissen einer Rohrlängsnahrt mit einem Schweißautomaten nach dem Unterpulver-Verfahren

det. Hauptsächlich auf dem Gebiet der nichtrostenden Stähle hat sich die Schutzgasschweissung bewährt. Die Verfahren wurden vervollkommen und vereinfacht, so dass heute der Lichtbogen nur noch zwischen einer Elektrode und dem Werkstück gezündet wird. Es wird mit oder ohne Zusatzdraht geschweisst. Als Schutzgas dienen Argon, CO₂ oder Helium. Der Lichtbogen wird bei einigen Verfahren mittels hochfrequentem Strom gezündet. Zur Anwendung kommen diese Verfahren auch bei Kupfer, Aluminium, Magnesium und deren Legierungen sowie bei dünnen Stahlblechen z. B. Karosseriearbeit). Die im Laufe der Zeit erzielte Vereinfachung bei der Hand-Schutzgas-Schweissung zeigen Fig. 5 und 6 deutlich. Der frühere, unhandliche Elektrodenhalter wie dies Fig. 13 zeigt, mit 2 Elektroden, Stellrad usw. ist einem leichten gas- oder wassergekühltem Brenner gewichen. Diese Argonarc-Brenner von nur 300 g Gewicht und für Schweißströme bis 500 A haben eine neuartige Schutzgasströmung, die eine Gas einsparung von 20...40 % erlaubt.

Schutzgasschweissgeräte sind heute in mannigfacher Art im Einsatz. Es existiert ein Schweißautomat, bei dem mit nacktem Draht und CO₂ als Schutzgas ge-

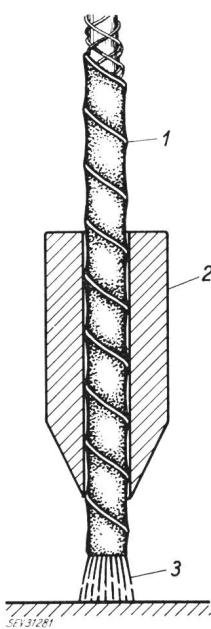


Fig. 11
Gitterelektrode
1 Kontaktdraht; 2 Kontaktdüse;
3 Lichtbogen

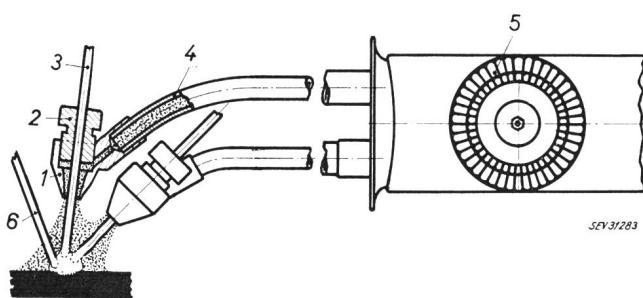


Fig. 13
Elektrodenhalter (Brenner des Arcatom-Verfahrens)
1 Gasdüse; 2 Elektrodenhalter; 3 Wolframelektroden; 4 Gas- und Stromzuführungsrohr; 5 Stellrad; 6 Schweissgut

schweiss wird. CO_2 kommt zufolge seiner oxydierenden Eigenschaft nur für Stahlschweissungen in Frage. Dieses Verfahren arbeitet mit hohen Stromdichten, die bei 100...300 A/mm² liegen. Verschweisst werden Drähte zwischen 0,9 und 2,0 mm mit der Möglichkeit 1,2...14,7 kg/h Schmelzgut zu schmelzen. Wegen der starken Löscheigenschaft des CO_2 -Gases kann nur Gleichstrom benutzt werden. Geschweisst wird mit sichtbarem Lichtbogen.

Ein anderes Verfahren, das ebenfalls mit der Kohlensäure als Schutzgas arbeitet, hat als Elektrode einen Draht, in dem Schlackenbildner und Desoxydationsmittel derart eingefalzt sind, dass die Drahtoberfläche trotzdem metallisch glatt ist und deshalb dem Automaten einen raschen Vorschub gestattet. Die Schlacke erfüllt ihren schützenden Zweck wie bei der umhüllten Elektrode und der Kohlensäurestrom verhindert zunächst den Zutritt von Sauerstoff und Stickstoff ins Schmelzbad.

Interessehalber sei ein moderner Automat in seinen Funktionen kurz beschrieben. Der Schweissautomat in Fig. 14 stellt ein hoch entwickeltes, äusserst vielseitig anwendbares Gerät dar. Er ist eingerichtet für Schweißen unter Pulver, ohne Pulver, mit umhüllten Elektroden, mit magnetischem Schweisspulver und mit Schutzgas CO_2 . Die Elektrode rollt doppelt geführt von einem Haspel ab und wird durch ein Getriebe automatisch vorgeschoben. Ein Leonhardsystem reguliert den Vorschub derart, dass die Lichtbogenspannung konstant auf dem eingestellten Wert gehalten werden kann. Dieses System erlaubt eine genaue Feineinstellung und ergibt einen kontinuierlichen gleichmässigen Schweissvorgang.

Aus der Fülle der Schweissgeräte seien noch einige erwähnt, die zum Teil für Sonderanwendungen geschaffen wurden.

Fig. 15 zeigt eine Schweisspistole für Gleichstrom, in deren Gehäuse der Vorschubmechanismus mit Motor und die leicht auswechselbare Drahtrolle sowie der Geschwindigkeitsregler eingebaut sind. Verschweisst werden Stahl-, Chromnickelstahl-, Aluminium- und Kupferdraht von 0,5...1,6 mm Durchmesser mit Drahtgeschwindigkeiten von 150...3350 cm/min. Diese Pistole kann auch für Argon und CO_2 Schutzgas verwendet werden.

Es ist auch ein Handapparat für Bolzenschweissung mit vollautomatischer Steuerung entwickelt worden.

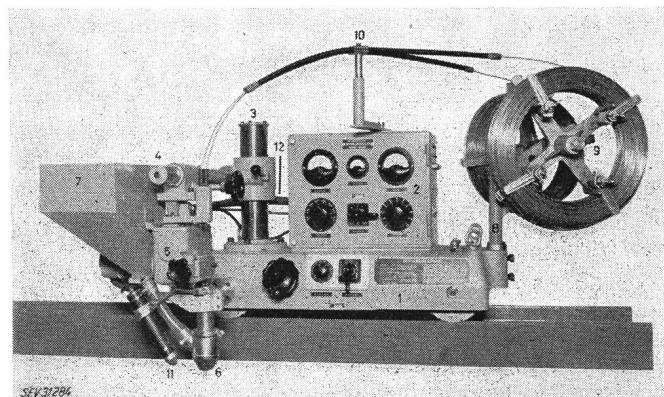


Fig. 14

Schweissautomat für 1200 A Gleichstrom

1 Wagen; 2 Steuerkasten; 3 Säule; 4 Ausleger mit Verstellvorrichtung; 5 Drahtvorschubgetriebe; 6 Schweissdüse; 7 Pulverbehälter; 8 Drahtspulzylinder; 9 Drahtspul; 10 Drahtführung; 11 Lichtzeiger; 12 Schweissstromzuleitung



Fig. 15

Schweisspistole

für Schweißströme bis 300 A mit eingelegter Drahtspule.
Aktionsradius 17 m ab Stromquelle

Dieses Lichtbogenpreßschweissverfahren wird vorteilhaft im Schiffs- und Maschinenbau eingesetzt. Die zu verschweisenden Bolzen haben eine angedrehte Spitze und werden im Apparat eingesetzt. Durch Berühren mit dem Werkstück fliesst der Strom durch den Bolzen, nachdem am Handgriff eingeschaltet wird. Die Spitze schmilzt ab, der Lichtbogen wird eingeleitet und in das entstehende Schmelzbad wird der Bolzen hineingepresst.

Ein anderes Bolzenschweissverfahren, bei dem es keine automatische Steuerung mehr braucht, arbeitet nach folgendem Prinzip:

Am Bolzenende wird eine sog. Bolzenschweisspatrone eingesetzt. Dies ist ein Ring aus halbleitendem schlackenbildendem Stoff, um den eine Manchette aus Karton gewickelt ist, damit die Patrone am zu verschweisenden Bolzen haftet. Wird nun der eingespannte Bolzen mit der Patrone auf das Werkstück gesetzt, fliesst beim Einschalten der Stromquelle ein ansteigender Hilfsstrom durch die Patrone. Der Lichtbogen wird gezündet. Bolzenende und die Kontaktstelle des Werkstückes werden sofort flüssig und der Bolzen wird nach dem Wegschmelzen der Patrone durch die Feder der Pistole in das Schmelzbad gedrückt. Die schlackenbildenden Stoffe der Patrone beeinflussen dabei wertvoll die Güte der Schweissung. Die Dauer des Schweissverfahrens ist von der Abschmelzzeit der Patrone abhängig. Es kann mit einer Gesamtdauer des Schweissvorganges von ungefähr 1 s gerechnet werden. Als Stromquelle sind Wechselstrom oder Gleichstromapparate mit einer Leerlaufspannung von mindestens 70 V möglich. Mit diesem Apparat können normalerweise Bolzen von 20...200 mm Länge und 7,5...17 mm Durchmesser verschweisst werden, wobei auch Abweichungen in Form und Abmessungen möglich sind (Fig. 16).

Ganz neue Verfahren finden im Ausland bereits Anwendung. Man spricht von einem Elektronenstrahl-schweissen, das sich durch eine sehr hohe Leistungsdichte auszeichnet und für kleine wie für grosse Querschnitte mit Erfolg angewendet wird.

2. Widerstandschweissen

Trotzdem Edison schon vor etwa 80 Jahren das Stumpfschweissen anwendete, ist wie beim Lichtbo-

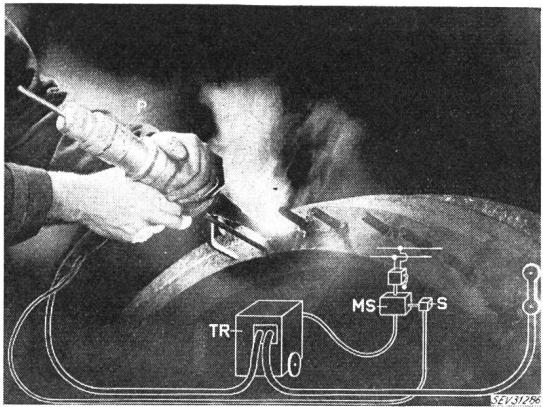


Fig. 16
Bolzenschweissgerät

P Bolzenschweisspistole; TR Stromquelle (meist ein normaler Schweißtransformator); S Schaltgerät; MS Magnetschalter

genschweissen auch in der Geschichte des Widerstandschweissens eine jahrzehntelange Anlaufzeit festzu stellen. Der Weltkrieg 1914 — 1918 weckte erst das Interesse an diesem Verfahren und so baute damals H. A. Schlatter in Thalwil die erste Widerstandschweissmaschine der Schweiz.

Seither hat sich dieses Verfahren rasch und äusserst vielseitig in der Praxis eingeführt und ist heute aus der metallverarbeitenden Industrie nicht mehr wegzudenken.

Im Prinzip ist die Widerstandschweissung mit der Verbindung der Metallteile nach der heute praktisch nur noch selten angewendeten Feuerschweissung durch Esse, Amboss und Hammer zu vergleichen. Die Wärme wird an den Berührungsstellen der zu verbindenden Metallteile durch den Übergangswiderstand bei Stromdurchfluss erzeugt. Die erzeugte Wärme hängt vom Schweißstrom, vom Widerstand der Berührungsstellen und der Zeit des Stromflusses ab. Sie wird so geregelt, dass das Material der Verbindungsstelle den plastischen (knetbaren) Zustand angenommen hat. Das «Ineinanderkneten» (Hammer und Amboss) wird durch Pressdruck von der Maschine im geeigneten Moment besorgt.

Die Vorteile der Widerstandschweissung sind: Erwärmung vom Kern des Materials aus, geringe Strahlungsverluste, scharf begrenzte und leicht zu beobachtende Wärmezonen, keine Verzunderung und Verbrennung des Materials, sauberer und billiger Betrieb.

Die Widerstandschweissung gliedert sich in die Punktschweissung, die Naht- oder Rollenschweissung, Reliefschweissung und die Stumpfschweissung.

Beim *Punktschweissverfahren* sind wertvolle Erfahrungen verwertet worden. Insbesondere hat sich dieses Verfahren bei der fortschreitenden Rationalisierung durch voll- und halbautomatisch arbeitende Maschinen ein grosses Feld erobert.

Nach diesem Prinzip werden die zu verbindenden Metallteile so zwischen zwei meist zangenförmige Elektroden gelegt, dass die untere Elektrode als Auflage dient. Die obere, bewegliche Elektrode wird dann mit einem Pressdruck, der sich nach der Art des Werkstücks und dessen Oberfläche richtet, auf die zu verbindende Stelle gepresst. Dadurch fliesst der Strom durch die Berührungsstellen der Werkstücke und erzeugt zufolge des Übergangswiderstandes die notwendige Wärme. Unter dem Elektrodenpressdruck verschweissen diese Werkstücke, worauf der Strom

ausgeschaltet und die Elektrode abgehoben wird. Es gibt auch Punktschweisszangen, die beweglich an einem Stromführungskabel luft- oder wassergekühlt, im Besonderen für Blecharbeiten, automatisch elektrisch gesteuert eingesetzt werden können. Fig. 17 zeigt eine moderne, automatische Gitterschweissmaschine. Ähnliche automatische Maschinen sind für die verschiedensten Anwendungen in Draht und Blech erzeugenden Betrieben auf dem Markt. Es gibt auch nach dem Punktschweissverfahren Maschinen mit Drehtisch und automatischer Werkstückzuführung an die Schweissstelle für grosse und kleine Werkstücke. So können z. B. mit einem Hochleistungsautomaten 5000 Kontakte pro Stunde auf Kontaktfedern aufgeschweisst werden, was gegenüber dem Nieten bis zu 50 % Materialersparnis ergibt.

Bei der *Naht- oder Rollenschweissung* wird der gleiche Erwärmungsvorgang durch stromführende Rollen verursacht. Dies ergibt eine kontinuierliche geschlossene Naht. Mit Ausnahme der Maschinen kleiner Stromstärken sind die Elektroden der Punkt- und Nahtschweissmaschinen wassergekühlt.

Gesteuert werden heute diese Maschinen meist elektronisch. Die gefühlsmässige Bedienung durch einen Schweißer war zu stark von dessen Zuverlässigkeit und Können abhängig, weshalb zur Erzielung hoher Schweissqualität der Weiterentwicklung der elektronischen Steuerung grösste Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Der Werkstoff, sein Zustand, die Stromstärke, der Temperaturverlauf, die Schweisszeit, Pressdruck und Abkühlungsverhältnisse sind in enger Beziehung zueinander und so müssen die Steuerungen bezüglich Schaltgenauigkeit und Kombinationsmöglichkeiten der Steuerprogramme hohe Ansprüche erfüllen. Fig. 18 zeigt links ein elektronisches Steuergerät. Solche Geräte können nach dem Baukastensystem mit verschiedenen Einheiten aufgebaut werden und gliedern sich in die drei grundsätzlichen Steuerteile, d. h. in die Zeitgeber, welche das Schweissprogramm mit dem zeitlichen Ablauf einzelner Funktionen bestimmen, die Zündstufen, welche den Zündeneinsatz und den Zeitpunkt der Zündung des Ignitrons festlegen, sowie die Druckkontrolle. Bei Lastausgleichsgeräten kommen Einrichtungen für die notwendige Aussteuerung der Frequenz und die Blindstromübernahme hinzu.

Das *Reliefschweissverfahren* wird hauptsächlich bei leichten Blecharbeiten (Massenartikel) angewendet.

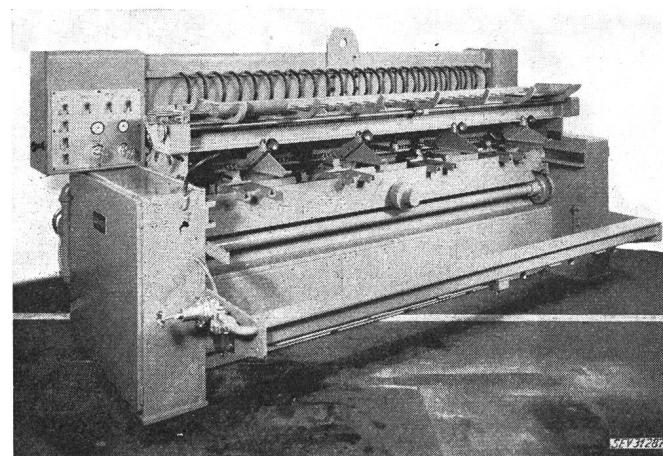


Fig. 17
Automatische Gitterschweissmaschine
für die Herstellung von Baustahlgittern in Matten nach dem
Punktschweissverfahren

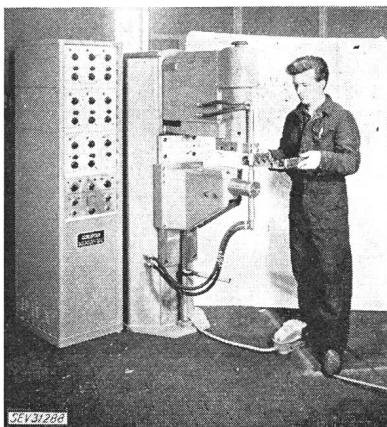


Fig. 18

Elektronisches Steuergerät

mit 9 Zeiteinheiten für jedes praktisch anwendbare Programm.
Daneben eine Punktschweissmaschine

det. An einem der Bleche werden Buckel eingedrückt, die bei der Auflage auf das andere Blech kleine Be- rührungsstellen bilden. Beim Stromübergang erhitzen sich diese und werden mit Pressdruck verschweisst.

Beim *Stumpfschweißen* wurden früher allgemein die erhitzenen Flächen nur unter Stauchdruck verbun- den. Es bildete sich dabei ein Wulst, der entfernt wer- den musste, abgesehen davon, dass die Verbindung nie einwandfrei war. Der an den Verbindungsflächen an- haftende Schmutz wurde meist mitverschweisst und beeinträchtigte die Güte der Schweisung. Bei kleinen Querschnitten hat das Preßstumpfschweißen immer noch seine Berechtigung, weil dort diese Nachteile nicht so stark zum Ausdruck kommen. Bei grösseren Arbeitsstücken dagegen wird neuerdings das Abbrenn- schweißen angewendet. Entgegen der früheren Me- thode, lässt man die eingespannten Teile langsam auf- einander zulaufen und wenn die Flächenteilchen ein- ander berühren, beginnt bereits der Stromfluss; nach kurzer Erwärmungszeit sprühen diese Teilchen explo- sionsartig heraus. Die Schlittengeschwindigkeit kann so eingestellt werden, dass sie dem zu verbindenden Material Rechnung trägt und im richtigen Erwär- mungsmoment bis zum Stauchdruck erhöht, das ge- schmolzene, unreine Material herausdrückt. Durch dieses Vorgehen wird auch der Sauerstoff der Luft abgehalten, so dass eine schlacken- und porenfreie Schweisung entsteht. Der Stauchgrat kann dann leicht entfernt werden.

Für grosse Querschnitte z. B. von Rundstahl von 40 mm Durchmesser aufwärts, genügt das Abbrenn- schweißen nicht mehr, weil eine zu kleine Schichttiefe durch die Erhitzung erfasst werden kann. Deshalb werden hier die Stücke vorgewärmt, d. h. die beiden unter Spannung stehenden Arbeitsstücke werden wiederholt bis zur Berührung zusammengeföhrt und nach einigen Sekunden Kontakt wieder getrennt. Dabei wird jedesmal unreines Material abgebrannt. Schliesslich sind die Flächen genügend abgeschmolzen und die Stoss-Enden so erhitzt, so dass sie endgültig verbunden werden können.

Alle diese Vorgänge werden automatisch geregelt und ergeben, infolge der metallurgischen Forschungen, hochwertige Schweissqualität.

Die Energiequellen, d. h. Transformatoren, sind beim Widerstandsschweißen in den Maschinen direkt eingebaut und haben meistens einphasigen Anschluss.

Sie können aber auch mit Hilfe einer neuartigen Steu- erung mit Lastenausgleich an Drehstrom angeschlos- sen werden, was den Wünschen der energieliefernden Werke in Bezug auf die Netzelastung Rechnung trägt. Angeschlossen werden die Maschinen primär an Spannungen bis 500 V und haben sekundär kleine Spannungen von 0,5...10 V, dagegen hohe Stromstär- ken bis 100 kA und mehr.

Dank der unermüdlichen Forschungen auf dem Ge- biet der Metallurgie und der Entwicklung der elek- trischen Steuerungen der Maschinen, werden heute beinahe alle vorkommenden Metallsorten und Quer- schnitte elektrisch verbunden. So gibt es Stumpf- schweissmaschinen, die Stahldrähtchen von 0,07 mm², aber auch solche die Stahlschienen bis zu 50 000 mm² miteinander verschweissen.

Die in Fig. 19 ersichtliche Abbrennstumpfschweiss- maschine weist neuartige Konstruktionsmerkmale auf. Es wird mit relativ hohen spezifischen Strom- dichten und Stauchkräften geschweisst, d. h. die Stauchung setzt schlagartig mit hoher Stauch-Anfangsge- schwindigkeit ein. Für diese Stauchgeschwindigkeit wird Druckluft verwendet. Der Vorschub und Rück- zug des Schlittens beim Vorwärmem und Abbrenn- prozess erfolgt durch ölhdraulische Presse. Der ganze Vorgang: Geradebrennen, Vorwärmem, Abbrennen, Stauchen, Ausspannen und Schlittenrückzug wickelt sich vollständig automatisch ab.

Auch das Abgraten geschieht äusserst rasch, indem nach erfolgter Schweissung ein Abgratkasten, der an der Stirnseite dem Profil entsprechende Messer trägt, hydraulisch in die Spannvorrichtung des Schlittens eingerückt wird. Hierauf wird der Kasten festgespannt, der Vorschub eingeschaltet und mit voller Kraft der Grat weggeschert. Die Maschine ist elektronisch ge- steuert und mit symmetrischem Lastausgleich auf alle 3 Pole des Drehstromnetzes angeschlossen.

Heute darf gesagt werden, dass elektronische Ge- räte entwickelt worden sind, die alle in der Praxis verwendeten Metalle nach dem Widerstandsschweiss- verfahren einwandfrei verschweissen.

Nebst der Ignitronsteuerung werden nun auch Tran- sistorensteuerungen verwendet, ebenso wurden die hy-draulischen Steuerungen verfeinert und weiterent-

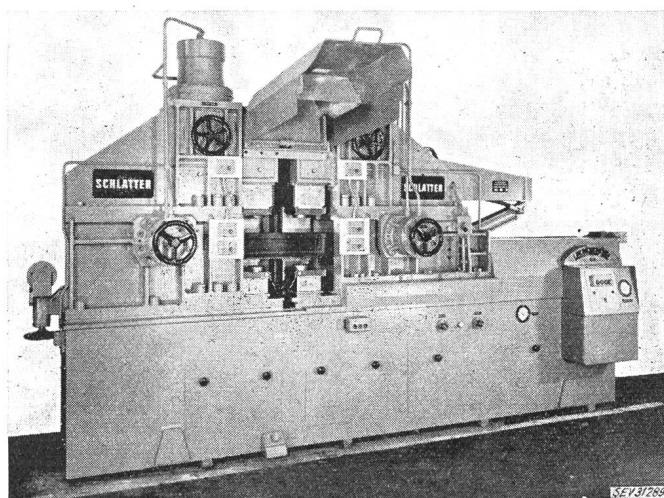


Fig. 19

Automatische Schienen-Abgrenn-Stumpfschweissmaschine
mit Vorrichtung zum Abstossen des Schweissgerätes für Schienen
bis 10 000 mm² Querschnitt

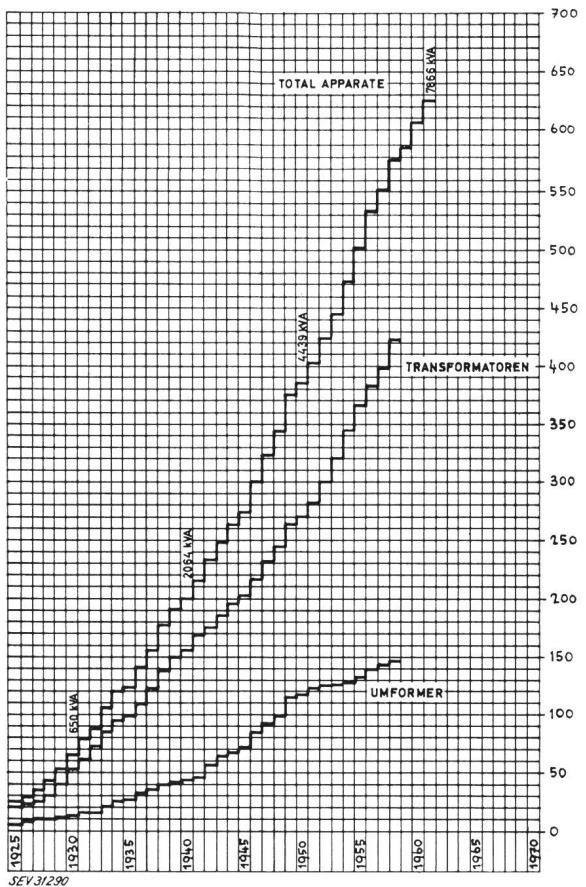


Fig. 20

Zahl der angeschlossenen Schweissanlagen 1925...1962
des Elektrizitätswerkes Basel

wickelt. Es wird neuerdings auch Gleichstrom für das Punktschweissen verwendet mit dem Vorteil, dass kein induktiver Spannungsabfall entsteht und die Armausladung an keine Grenzen mehr gebunden ist.

Auf dem Gebiet der elektrischen Widerstandsschweissung hat sich die Automation sehr stark entwickelt. In der Massenfabrikation sind heute voll- und halbautomatische Schweißmaschinen eingesetzt, die außerordentlich vielseitig verwendet werden und ein rationelles Arbeiten gestatten.

In Amerika hat das Ultraschallschweissen Bedeutung erlangt. Dünne Blechfolien werden damit auf Bleche beliebiger Dicke ohne grosse Anpressdrücke und Erwärmung aufgeschweisst.

3. Schlussbetrachtung

Von den energieversorgenden Elektrizitätswerken, wird die Zunahme der Schweißapparate mit gemischten Gefühlen registriert. Speziell der Anschluss einphasiger Transformatoren ist wegen den störenden Einflüssen auf das Lichtnetz in der Umgebung nicht beliebt, wie auch z. B. die grossen Widerstandsschweißmaschinen mit ihrer unverhältnismässig hohen Belastung und dem relativ kleinen Energiekonsum.

Leider sind gesamtschweizerisch keine statistischen Angaben über die Entwicklung der elektrischen Schweissanlagen erhältlich. Aus Fig. 20 ist hingegen die Entwicklung der elektrischen Schweissanlagen beim Elektrizitätswerk Basel ersichtlich. Es waren dort auf Ende 1961 total 625 Apparate aller Kategorien mit einem Anschlusswert von 7866 kVA angeschlossen. In der übrigen Schweiz dürften die Schweißgeräte in ähnlicher Weise zugenommen haben. Um aber trotzdem den mutmasslichen Stand der heute in der Schweiz angeschlossenen Schweißapparate aller Gattungen erfassen zu können, sind an Hand der einschlägigen Betriebe Schätzungen gemacht worden. Diese sind das Resultat von Erhebungen an verschiedenen Orten und Städten durch Nachfragen und durch Besprechungen mit Fachleuten des Elektrodenhandels. Somit dürften heute ungefähr 55 000...57 000 elektrische Schweißapparate angeschlossen sein mit einem Anschlusswert von etwa 550 000...570 000 kVA.

Über den Energieverbrauch aller Schweißgeräte kann keine Schätzung gemacht werden, hingegen dürfte interessieren, dass heute in der Schweiz etwa 150...170 Millionen Elektroden pro Jahr von Hand verschweisst werden. Im Mittel könnte dies einem Energieverbrauch von etwa 30...34 Millionen kWh gleichkommen. Rechnet man noch den Verbrauch der Schweißautomaten mit etwa 2,5 Millionen kWh dazu, so darf die Elektroschweissung als ein beachtlicher Energiekonsument angesprochen werden.

Auch tariflich ist die Elektroschweissung für die Elektrizitätswerke nicht uninteressant. Beim EW Basel wird die kWh mit 15 Rp. verrechnet. Betriebe mit gut ausgenützten Schweissanlagen, in denen besondere Schweißer beschäftigt werden, erhalten die kWh zum Wärmetarif von 7 Rp. Die Kompensierung der Apparate wird auf $\cos \varphi = 0,80$ vorgeschrieben.

Grossanlagen werden in der Industrie an das 500-V-Netz mit separaten Transformatorenstationen angeschlossen, grössere Werkstätten an 500 oder 380 V, wobei bei grossen Leistungen separate Transformatoren und vor allem genügend grosse Kabelquerschnitte vorgesehen werden.

Abschliessend darf man feststellen, dass die Elektroschweissung für die Schweiz unzweifelhaft eine sehr wichtige Rolle spielt. Abgesehen von der grossen volkswirtschaftlichen Bedeutung des ganzen Inlandshandels gesellt sich zum Export von Schweißmaschinen und Elektroden noch der Vorteil, dass dank der Anwendung der Elektroschweissung auch die Konkurrenzfähigkeit der metallverarbeitenden Industrie mit dem Ausland gewährleistet ist. Dies trat nie deutlicher in Erscheinung als zu Zeiten der Materialknappheit, wo jede Gewichtseinsparung für den Export ausschlaggebend war und jedes unscheinbare Metallstück nutzbringende Verwertung fand.

Adresse des Autors:

A. Kindschi, Bruderholzallee 126, Basel.