

WERKSTATTBÜCHER

HERAUSGEBER H.HAAKE

HEFT 74

R. HESSE

PRAKTISCHE REGELN FÜR DEN ELEKTROSCHWEISSER



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

WERKSTATTBÜCHER

FÜR BETRIEBSBEAMTE, KONSTRUKTEURE U. FACHARBEITER
HERAUSGEGEBEN VON DR.-ING. H. HAAKE VDI

Jedes Heft 50—70 Seiten stark, mit zahlreichen Textabbildungen
Preis: RM 2.— oder, wenn vor dem 1. Juli 1931 erschienen, RM 1.80 (10% Nachschuß)
Bei Bezug von wenigstens 25 beliebigen Heften je RM 1.50

Die Werkstattbücher behandeln das Gesamtgebiet der Werkstattstechnik in kurzen selbständigen Einzeldarstellungen; anerkannte Fachleute und tüchtige Praktiker bieten hier das Beste aus ihrem Arbeitsfeld, um ihre Fachgenossen schnell und gründlich in die Betriebspraxis einzuführen.

Die Werkstattbücher stehen wissenschaftlich und betriebstechnisch auf der Höhe, sind dabei aber im besten Sinne gemeinverständlich, so daß alle im Betrieb und auch im Büro Tätigen, vom vorwärtsstrebenden Facharbeiter bis zum leitenden Ingenieur, Nutzen aus ihnen ziehen können.

Indem die Sammlung so den einzelnen zu fördern sucht, wird sie dem Betrieb als Ganzem nutzen und damit auch der deutschen technischen Arbeit im Wettbewerb der Völker.

Einteilung der bisher erschienenen Hefte nach Fachgebieten

I. Werkstoffe, Hilfsstoffe, Hilfsverfahren

	Heft
Das Gußeisen. 2. Aufl. Von Chr. Gilles	19
Einwandfreier Formguß. 2. Aufl. Von E. Kothny	30
Stahl- und Temperguß. Von E. Kothny	24
Die Baustähle für den Maschinen- und Fahrzeugbau. Von K. Krekeler	75
Die Werkzeugstähle. Von H. Herbers	50
Nichteisenmetalle I (Kupfer, Messing, Bronze, Rotguß). Von E. Hinzmann	45
Nichteisenmetalle II (Leichtmetalle). Von R. Hinzmann	53
Härten und Vergüten des Stahles. 4. Aufl. Von H. Herbers	7
Elektrowärme in der Eisen- und Metallindustrie. Von O. Wundram	69
Die Brennstoffe. Von E. Kothny	32
Öl im Betrieb. Von K. Krekeler	48
Farbspritzen. Von R. Klose	49
Rezepte für die Werkstatt. 3. Aufl. Von F. Spitzer	9

II. Spangebende Formung

Die Zerspanbarkeit der Werkstoffe. Von K. Krekeler	61
Hartmetalle in der Werkstatt. Von F. W. Leier	62
Gewindeschneiden. 3. Aufl. Von O. M. Müller	1
Wechselrädereberechnung für Drehbänke. 3. Aufl. Von G. Knappe	4
Bohren. 2. Aufl. Von J. Dinnebier und H. J. Stoewer	15
Senken und Reiben. 2. Aufl. Von J. Dinnebier	16
Räumen. Von L. Knoll	26
Das Sägen der Metalle. Von H. Hollaender	40
Die Fräser. 2. Aufl. Von P. Zieting und E. Brödner	22
Das Einrichten von Automaten I (Die Automaten System Spencer und Brown & Sharpe). Von K. Sachse	21
Das Einrichten von Automaten II (Die Automaten System Gridley [Einspindel] und Cleveland und die Offenbacher Automaten). Von Ph. Kelle, E. Gothe, A. Kreil	23
Das Einrichten von Automaten III (Die Mehrspindel-Automaten, Schnittgeschwindig- keiten und Vorschübe). Von E. Gothe, Ph. Kelle, A. Kreil	27
Das Einrichten von Halbautomaten. Von J. v. Himbergen, A. Bleckmann, A. Wassmuth	36
Die wirtschaftliche Verwendung der Mehrspindelautomaten. Von H. Finkelnburg	71

WERKSTATTBÜCHER

FÜR BETRIEBSBEAMTE, KONSTRUKTEURE UND FACH-
ARBEITER. HERAUSGEBER DR.-ING. H. HAAKE VDI

HEFT 74

Praktische Regeln für den Elektroschweißer

Anleitungen und Winke
aus der Praxis für die Praxis

Von

Ing. Rud. Hesse

Tetschen/Sudetengau

Mit 105 Abbildungen und 7 Tabellen
im Text



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1939

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
1. Die elektrischen Schweißverfahren	3
2. Schweißanlage — Schweißplatz	5
3. Schutzvorrichtungen für den Schweißer	7
4. Strom — Spannung — Kurzschluß	8
5. Bestimmung der Polarität	8
6. Zündspannung — Schweißspannung — Lichtbogen	9
7. Stromstärke — Einbrand	9
8. Dehnung — Schrumpfung — Spannungen	11
9. Blaswirkung des Lichtbogens	14
10. Schweißelektroden	14
11. Schweißverbindungen	16
12. Zündung, Haltung und Führung der Elektrode	18
13. Flußstahlschweißung	25
14. Auftragschweißung	28
15. Gußeisen — Kaltschweißung	29
16. Gußeisen — Warmschweißung	31
17. Gußeisen — Halbwarmschweißung	32
18. Schweißen mit Schweißkohle und Blasmagnet	32
19. Schweißen der Nichteisenmetalle	34
20. Das elektrische Schneiden	37
21. Einige Angaben über die wichtigeren Metalle	38
22. Erklärungen einiger oft vorkommender Begriffe	40
23. Ausbildung und Eigenschaften des Schweißers	41
24. Fehler, die der Schweißer vermeiden soll	42
25. Die Kennzeichnung der Schmelzschweißnähte in Zeichnungen	47

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.

ISBN 978-3-662-41750-8

ISBN 978-3-662-41895-6 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-41895-6

Vorwort.

Das vorliegende Büchlein wendet sich an alle jene, die das Elektroschweißen erlernen wollen. Es ist daher in erster Linie dazu bestimmt, dem angehenden Schweißer die wichtigsten Grundbegriffe der Elektroschweißung in allgemeinverständlicher Form zu vermitteln. Vor allem sollen ihm die kurzgefaßten Erläuterungen, Anleitungen und praktischen Winke dazu dienen, möglichst rasch einen Überblick über die wesentlichsten Maßnahmen bei der Durchführung von Schweißungen zu gewinnen, ohne sich hierbei auf ein langes Studium der zahlreichen Bücher und theoretischen Abhandlungen stützen zu müssen.

Das Büchlein kann selbstverständlich einen Anspruch auf Vollständigkeit nicht erheben, da die Elektroschweißung mit ihren vielseitigen Anwendungsgebieten sich noch in lebhafter Entwicklung befindet. Sollten die Anregungen aber dem angehenden Elektroschweißer zur weiteren handwerksmäßigen Ausbildung in seinem Berufe nützlich sein, dann ist der Zweck dieses Büchleins erfüllt.

Der fortgeschrittene Elektroschweißer, der in das heute bereits sehr umfangreich gewordene Gebiet der Elektroschweißung tiefer eindringen will, muß allerdings das einschlägige Schrifttum zu Hilfe nehmen, da ihn die kurzen Angaben, zumeist ohne fachtechnische Begründung, wohl kaum befriedigen dürften.

Die vorliegende zweite Auflage des zuerst in Prag erschienenen Büchleins wurde in den einzelnen Abschnitten wesentlich erweitert; ferner wurde ein neuer Abschnitt über die Technik des Schweißens eingefügt, um die Brauchbarkeit der Broschüre für den angehenden Schweißer weiter zu erhöhen. Ebenso wurde die Anzahl der Abbildungen ganz bedeutend vermehrt und die Kennzeichnung der Schweißnähte in Zeichnungen gemäß den Normen DIN 4100 dargestellt.

Aus der Praxis geschaffen, der Praxis zu dienen, will auch diese zweite Auflage des Büchleins nichts anderes als ein nützlicher Behelf für den werktätigen Schweißer in allen jenen Fragen sein, die sich bei der Arbeit ergeben.

1. Die elektrischen Schweißverfahren.

Die elektrischen Schweißverfahren teilt man in zwei große Gruppen ein:

a) die Widerstandsschweißung,

b) die Lichtbogenschweißung.

a) Die elektrische Widerstandsschweißung¹ gliedert sich in drei Untergruppen, und zwar:

1. Stumpfschweißung, 2. Punktschweißung, 3. Nahtschweißung.

Das Arbeitsgebiet der elektrischen Widerstandsschweißung unter Benutzung von Schweißmaschinen verschiedenster Bauart ist in erster Linie nur die Erzeugung von Massenartikeln, jedoch findet die Punktschweißung, und besonders die Stumpfschweißung, in wachsendem Maße auch für andere Zwecke Verwendung.

b) Bei der elektrischen Lichtbogenschweißung², die man mit Hilfe der Kohle- oder Metallelektrode ausführt, wird die Eigenschaft des Lichtbogens, elektrische Energie in Wärme umzuwandeln, ausgenutzt; man unterscheidet folgende Lichtbogenschweißverfahren:

¹ Werkstattbuch Heft 13 und 73.

² Werkstattbuch Heft 43.

1. Das ZERENER-Verfahren (Abb. 1), geschützt im Jahre 1889, bei dem der elektrische Lichtbogen zwischen zwei schräg zueinander stehenden Kohlelektroden gezogen und mittels eines Blasmagneten auf die Schweißstelle geblasen wird. Dieses Verfahren wird mit Rücksicht auf die Oxydbildung in der Schweißbe, die verhältnismäßig verwickelte und schwere Konstruktion der Elektrodenhalter sowie die Schwierigkeiten beim Nachschub der Kohlelektroden heute nur selten noch angewendet.

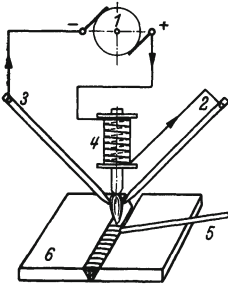


Abb. 1. ZERENER-Verfahren.
1 = Schweißdynamo; 2 u.
3 = Kohlelektroden; 4 =
Elektroblassmagnet; 5 = Zu-
satzstab; 6 = Werkstück.

2. Das BENARDOS-Verfahren (Abb. 2), geschützt im Jahre 1885, bei dem der elektrische Lichtbogen zwischen dem Werkstück und einer Kohlelektrode gezogen wird, unter gleichzeitiger Verwendung eines Metallstabes als Zusatzwerkstoff. Es wird angewendet:

- zum Schneiden,
- zum Faßschweißen,
- zum Schweißen von Nichteisenmetallen,
- zum Dünoblechschweißen.

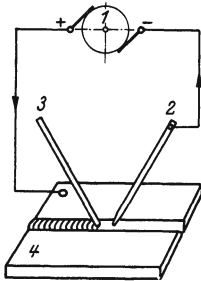


Abb. 2. BENARDOS-Ver-
fahren.

1 = Schweißdynamo; 2 =
Kohlelektrode; 3 = Zu-
satzstab; 4 = Werkstück.

3. Das SLAVIANOFF-Verfahren (Abb. 3), geschützt im Jahre 1891, bei dem der elektrische Lichtbogen zwischen Werkstück und einer Metallelektrode gezogen wird; es steht infolge seiner allgemeinen Anwendbarkeit unter allen elektrischen Schweißverfahren heute an erster Stelle. Die nachstehenden Ausführungen beziehen sich auf dieses Verfahren.

4. In den letzten Jahren wurden noch Lichtbogenschweißverfahren entwickelt, bei welchen der Lichtbogen von einer Schutzgasflamme umgeben ist. Durch das Schweißen im Schutzgas wird der schädliche Einfluß der Sauerstoff- und Stickstoffaufnahme aus der Luft im Schmelzflusse verhindert und dadurch eine hohe Festigkeit und Dehnung der Schweißnaht erreicht. Heute finden nachstehende Schutzgasverfahren, die ausschließlich mit Wechselstromtransformatoren besonderer Bauart arbeiten, praktische Verwendung, und zwar:

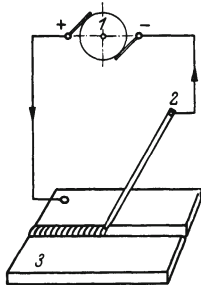


Abb. 3. SLAVIANOFF-Ver-
fahren.

1 = Schweißdynamo; 2 =
Metallelektrode; 3 =
Werkstück.

Das Arcatomverfahren, aufgebaut auf den Forschungen des Amerikaners LANGMUIR, bei welchem der Lichtbogen zwischen zwei unter einem spitzen Winkel zueinander stehenden Wolframelektroden in einem Schutzmantel aus Wasserstoffgas gezogen wird. Der Lichtbogen wird hierbei nach dem Verfahren von ZERENER, jedoch ohne Blasmagnet, unabhängig vom Werkstück gebildet. Die Wolframelektroden, deren Schmelzpunkt bei 3300° liegt, sind einem sehr geringen Abbrand unterworfen. Geschweißt wird entweder mit oder ohne Zusatzdraht.

Das Arcogenverfahren, bei welchem zum Unterschied vom Arcatomverfahren der Lichtbogen zwischen einer Metallelektrode und dem Werkstück (SLAVIANOFF-Verfahren) in einer gewöhnlichen Azetylen-Sauerstoff-Schutzgasflamme gezogen wird. Es werden hierzu starkumhüllte Elektroden besonderer Ausführung, sogenannte Doppel Elektroden mit isoliertem blanken Kühldraht, verwendet, um einer Überhitzung des Schmelzflusses vorzubeugen.

Es hat sich jedoch als notwendig gezeigt, dieses Verfahren noch weiter auszubauen, so daß derzeit an der Vervollkommnung der Apparatur gearbeitet wird.

2. Schweißanlage — Schweißplatz.

Die elektrische Lichtbogenschweißung wird sowohl mit Gleichstrom als auch mit Wechselstrom ausgeführt, und man unterscheidet demnach folgende Schweißanlagen:

a) Gleichstromanlagen, wie:

Motorgeneratoren, bei welchen ein Elektromotor mit einer Schweißdynamo direkt gekuppelt ist;

Eingehäuseumformer, bei welchen der Elektromotor und die Schweißdynamo derart zusammengebaut sind, daß sie nur einen umlaufenden Teil besitzen;

Schweißdynamos, die entweder mittels Riemen oder Benzinmotor usw. angetrieben werden;

Schweißgleichrichter, die aus einem Drehstromschweißtransformator bestehen, dessen Wechselstrom in Gleichstrom gleichgerichtet wird.

b) Wechselstromanlagen, wie:

Schweißtransformatoren verschiedenster Bauart, die nur zwischen zwei Phasen, also einphasig, angeschlossen werden;

Drehstrom-Wechselstrom-Schweißmaschinen, das sind umlaufende Umformer, die an das Drehstromnetz dreiphasig angeschlossen werden und dieses somit gleichmäßig belasten. Der Umformer liefert auf der Schweißstromseite Wechselstrom, bei welchem die Periodenzahl des Drehstromes von 50 auf zumeist 150 je Sekunde erhöht wird.

Zu a) und b). Eine Schweißanlage gewöhnlicher Bauart kann nur eine Schweißstelle mit Strom versorgen, weil die eingestellte Spannung beim Ziehen des Lichtbogens, also bei Kurzschluß, praktisch auf Null herabsinkt.

Ein Schweißumformer kann auch mehrere Schweißstellen mit Strom versorgen, jedoch ist in diesem Falle die Anwendung eines allerdings unwirtschaftlichen Widerstandes notwendig.

Die vom Lieferanten der Schweißanlage beigegebene Bedienungsvorschrift ist genau zu beachten.

Beim Anschluß des Schweißumformers ist auf die richtige Drehrichtung, die zumeist durch einen roten Pfeil angegeben ist, zu achten; die Drehrichtung des Schweißumformers bei Drehstrommotoren kann durch einfaches Vertauschen zweier beliebiger Leitungsanschlüsse an der Maschine geändert werden.

Jede Schweißanlage muß mittels eines Hebelschalters unter Zwischenschaltung richtig bemessener Sicherungen vom Leitungsnetz abschaltbar sein.

Jede Schweißanlage muß geerdet sein, um bei Isolations- und anderen Fehlern die meist gefährlich hohe Netzspannung zur Erde abzuleiten.

Das Anschließen fahrbarer Schweißanlagen an das Leitungsnetz oder an die Schalttafel darf niemals „unter Strom“ vorgenommen werden.

Auf einen guten metallischen Kontakt sämtlicher Schweißkabelverbindungen ist zu achten, und außerdem ist darauf zu sehen, daß auch die Muttern bei den Kabelanschlüssen fest angezogen sind.

Alle Anschlüsse der Kabel müssen mit eingelöteten Kabelschuhen versehen sein.

Das Schweißkabel mit Elektrodenhalter und das Werkstückanschlußkabel müssen immer in einwandfreiem Isolationszustande sein, da sonst sehr leicht ein Kurzschluß eintreten kann.

Alle Lagerstellen des Schweißumformers müssen mit Vaseline oder Öl gefüllt sein.

Vor Anlauf des Schweißumformers ist der Regler stets auszuschalten. Außer-

dem ist darauf zu achten, daß nicht etwa der Elektrodenhalter auf den Schweiß-
tisch oder auf das zu schweißende und an das Schweißaggregat bereits angeschlos-
sene Werkstück gelegt wird.

Die Berührung des Elektrodenhalters bei neuzeitlichen Schweißmaschinen
mit niedriger Leerlaufspannung ist ungefährlich.

Mit Rücksicht auf die höhere Leerlaufspannung bei Schweißtransforma-
toren muß jede Berührung der blanken Teile des Elektrodenhalters vermieden
werden, da zwischen Werkstück und Elektrodenhalter die Leerlaufspannung
herrscht; demnach darf das Auswechseln der Elektroden beim Schweißen mit
Wechselstromtransformatoren niemals mit der nackten Hand, sondern immer nur
mit Handschuhen vorgenommen werden.

c) Zur Schweißplatzausrüstung gehören:

1 eiserner Schweißtisch, der an den einen Pol der Schweißanlage angeschlossen
wird. Der Schweißtisch soll nicht zu hoch sein, damit der Schweißer auch sitzend
arbeiten kann.

1 Schweißkabel entsprechenden Kupferquerschnittes, biegsam, mit Elektroden-
halter und angelötetem Kabelschuh. Zum Schutze gegen mechanische Beschädi-



Abb. 4. Schweißhaube mit aufklappbarem
Schutzglas.

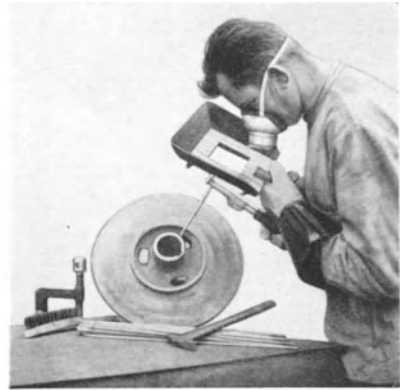


Abb. 5. Respirator mit auswechselbarer
Einlage.

gungen ist das Kabel entweder mit einem Gummi- oder Lederüberzug zu versehen.

1 Werkstückanschlußkabel mit zwei angelöteten Kabelschuhen.

1 Anschlußzwinge.

1 Schutzspiegel mit farbigem Schutz- und weißem Deckglas.

2 Reserveschutzgläser.

1 Schweißhaube mit aufklappbarem Schutzglas. Abb. 4 zeigt die Verwendung
der Schweißhaube beim Schweißen eines Dünnblechrohres mit Schweißkohle —
Blasmagnet und Zusatzdraht.

1 Respirator — Atmungsschutz — mit auswechselbarer Einlage für Bronze-
Messing-Schweißung. Abb. 5 zeigt die Benutzung des Respirators und des
Schutzspiegels bei einer Bronzeschweißung.

1 gewöhnliche Schutzbrille mit weißen Gläsern, seitlich geschlossen.

1 Paar Lederhandschuhe mit Stulpen.

1 Lederschürze.

1 Blech- oder Holzkasten zur Aufbewahrung der Schweißelektroden.

1 gewöhnlicher Hammer.

1 leichter Spitzhammer.

1 Stahldrahtbürste, einige Meißel und eine Feuerzange.

Der Schweißplatz soll durch Schutzwände in dunkler Farbe von dem übrigen Arbeitsraum abgegrenzt werden.

Zweckmäßig ist es, beim Schweißplatz eine Warnungstafel mit der Aufschrift anzubringen:

„Nicht mit ungeschützten Augen in den Lichtbogen sehen!“

3. Schutzvorrichtungen für den Schweißer.

Der Elektroschweißer muß sich gegen die vom Lichtbogen ausgehenden Strahlen, gegen glühende Metallspritzer, gegen strahlende Wärme und gegen Dämpfe und Gase in zweckmäßiger Weise schützen, will er sich nicht der Gefahr aussetzen, Verletzungen zu erleiden.

Die vom Lichtbogen ausgehenden Strahlen werden eingeteilt in:

- a) ultraviolette Strahlen,
- b) ultrarote Strahlen,
- c) Lichtstrahlen.

Sowohl die ultravioletten als auch die ultraroten Strahlen können an ungeschützten Körperteilen, wie Augen und Händen, Schäden hervorrufen.

Die Lichtstrahlen blenden das Auge außerordentlich stark, wenn sie dieses aus nächster Nähe auch nur einen Augenblick unmittelbar treffen.

Der Elektroschweißer darf für Schutzspiegel nur solche farbige Schutzgläser verwenden, die

a) die schädlichen ultravioletten und ultraroten Strahlen absorbieren (aufsaugen), und

b) die Lichtstrahlen jedoch nur so weit abschwächen, daß eine gute Beobachtung und Unterscheidung der abschmelzenden Elektrode von der flüssigen Schlacke möglich ist.

Vor dem Schutzglas ist ein nach Bedarf jederzeit auszuwechselndes Deckglas aus gewöhnlichem Fensterglas einzusetzen, um das Schutzglas gegen die ätzende Wirkung der glühenden Metallspritzer zu schützen.

Die Augen werden gegen seitlich eindringende Strahlen am zweckmäßigsten durch eine mit gewöhnlichem Fensterglas versehene, jedoch seitlich geschlossene Brille, wie sie auch vom Autogenschweißer verwendet wird, geschützt.

Fast alle Anfänger reißen die am Werkstück festklebende Elektrode ab, ohne den Schutzspiegel vorzuhalten, so daß die Augen durch den im Augenblick des Abreißens entstehenden Lichtbogen unnötigerweise „verblitzt“ werden.

Der Schweißer soll aber auch auf seine Mitarbeiter Rücksicht nehmen und sie durch Aufstellen von Schutzwänden vor der unmittelbaren Einwirkung der Lichtstrahlen schützen.

„Verblitzte“ Augen oder eine durch seitlich eingedrungene Strahlen hervorgerufene Augenentzündung werden durch Einträufeln von Tropfen einer Lösung, bestehend aus:

Zinc. sulfur. . . .	0,01	}	Bezeichnung: Augentropfen,
Aqua destil. . . .	10,00		

und Aufstreichen einer 2 proz. Borsalbe auf die Ränder der Augenlider behandelt.

Die Hände sind gegen die Einwirkung der schädlichen Strahlen und gegen glühende Metallspritzer sowie Schlackenteilchen durch Lederhandschuhe zu schützen.

Ein Schutz gegen die strahlende Wärme ist eigentlich nur bei der Gußeisen-warmschweißung — am besten durch Asbestschürzen — nötig.

Beim Schweißen von Kupfer, Bronze und Messing, deren Dämpfe nachteilig sind, muß ein Respirator getragen werden. Die auswechselbare Einlage des Respi-

rators wird in einer Mischung, bestehend aus Essig und Wasser, ungefähr je zur Hälfte, angefeuchtet.

Für eine sehr gute Lüftung des Schweißraumes — wenn möglich mittels eines Ventilators — ist Vorsorge zu treffen.

Beim Auskreuzen der Schweißfugen bei Gußeisen, bei Schmirgellarbeiten und beim Abklopfen der Schlacke ist eine Schutzbrille zu benutzen.

Die alte ärztliche Weisheit:

„Verhüten ist leichter als Heilen!“

gilt insbesondere für den Elektroschweißer.

4. Strom — Spannung — Kurzschluß.

Die Begriffe „Strom und Spannung“ kann man am einfachsten mit einer Wasserleitung vergleichen; „Strom“ entspricht der aus einer Wasserleitung ausfließenden „Menge“ Wasser und „Spannung“ dem in einer Wasserleitung herrschenden „Druck“.

Je größer der Wasserdruck, desto größer ist die ausfließende Wassermenge; also: je höher die Spannung, desto größer ist demnach auch die Stromstärke.

Man bezeichnet den nur in einer Richtung — nämlich vom positiven zum negativen Pol — fließenden Strom als Gleichstrom; den dauernd seine Richtung wechselnden Strom bezeichnet man als Wechselstrom, zumeist 50 Perioden in der Sekunde.

Bei Wechselstrom kann man einen positiven und einen negativen Pol nicht mehr unterscheiden, da die Polarität der Anschlußstellen ständig wechselt.

Ein Kurzschluß tritt auf, sobald die Elektrode das Werkstück berührt, wobei die Spannung auf Null sinkt und die Stromstärke den höchsten Wert erreicht.

Der Schweißvorgang besteht aus einer unendlich schnellen Folge von betriebsmäßig auftretenden Kurzschlüssen. Bei jedem Kurzschluß geht flüssiges Metall von der Elektrode auf das Werkstück über.

5. Bestimmung der Polarität.

Vor Beginn des Schweißens muß geprüft werden, ob das Schweißkabel auch richtig an jenen Pol angeschlossen ist, der für die betreffende Schweißung in Betracht kommt. Für den Fall, daß die Anschlußklemmen am Schweißumformer nicht mit + und — bezeichnet sein sollten, ist die Polarität festzustellen.

Der Minuspol hinterläßt auf angefeuchtetem Polreagenzpapier — in jeder Apotheke oder Drogerie erhältlich — einen roten Punkt; der Pluspol färbt das Reagenzpapier nicht.

In Ermangelung eines Polreagenzpapiers dient als leichteste und billigste Erkennungsart der Kohlelichtbogen, und zwar in folgender Weise:

Wenn die Kohleelektrode an den Minuspol und das Blech an den Pluspol angeschlossen ist, brennt der Lichtbogen ruhig und reißt auch bei sehr rascher seitlicher Handbewegung nicht ab. Es hat den Anschein, als ob der Strom wie Wasser aus der Kohle sprühen würde; die Kohle brennt gleichmäßig ab.

Wenn dagegen die Kohleelektrode an den Pluspol angeschlossen ist, brennt der schwieriger zu ziehende Lichtbogen unruhig und reißt schon bei geringer seitlicher Handbewegung sehr leicht ab, weil der Strom nicht aus der Kohle zum Werkstück, sondern vom Werkstück zur Kohle sprüht. Die Kohle brennt außerdem sehr ungleichmäßig ab.

Die für den Minuspol bestimmten Elektroden ergeben am Pluspol eine bedeutend höhere Schweißraupe und schmelzen ziemlich rasch ab, während der

Grundwerkstoff nicht so stark flüssig wird, was dem erfahrenen Schweißer sofort auffällt.

6. Zündspannung — Schweißspannung — Lichtbogen.

Unter Zündspannung versteht man jene Spannung, die zum Zünden des Lichtbogens bei einer bestimmten Elektrodenstärke nötig ist. Als Schweißspannung bezeichnet man jene Spannung, die während des Schweißens zwischen Elektrode und Werkstück herrscht. Die Schweißspannung ist von der Länge des Lichtbogens abhängig: je länger der Lichtbogen, desto höher die Schweißspannung.

Der Lichtbogen soll meist möglichst kurzgehalten werden, damit die Schweißspannung ebenfalls möglichst niedrig ist, und zwar:

bei der Schweißung mit Flußstahlelektroden	11····25 Volt,
bei der Gußeisenhalbwarmschweißung	25····35 „
bei der Gußeisenwarmschweißung	45····65 „

bei starkumhüllten Elektroden ist die Spannung im Lichtbogen oftmals höher als 25 Volt.

Im Gleichstromlichtbogen beträgt die Temperatur an der positiven Elektrode über 3500°, während die Wärmeentwicklung an der negativen Elektrode um einige hundert Grade niedriger ist.

Bei Wechselstrom, der sekundlich viele Male seine Pole wechselt, herrscht an beiden Elektroden eine durchschnittlich gleichmäßige Temperatur.

Ein zu langer Lichtbogen hat starke Porenbildung und Oxydeinschlüsse zur Folge.

Ein mittlerer Lichtbogen zeigt bereits beginnende Porenbildung und Oxydeinschlüsse.

Nur ein kurzer Lichtbogen ergibt eine Schweiße ohne Porenbildung und Oxydeinschlüsse.

Die richtige Länge des Lichtbogens soll höchstens gleich der verwendeten Elektrodenstärke sein, weil dadurch die Aufnahme von Sauerstoff und Stickstoff der Luft in die Schweiße verringert werden kann.

Die Sauerstoffaufnahme hat zur Folge, daß sich im flüssigen Werkstoff Eisenoxyd bildet, welches teilweise in die Schweiße übergeht und die Festigkeit derselben wesentlich herabsetzt.

Die Stickstoffaufnahme hat zwar keine Verminderung der Festigkeit zur Folge, wohl aber eine Herabsetzung der Dehnung und Zähigkeit der Schweiße.

Es kann dem angehenden Schweißer nicht oft genug nahegelegt werden, gleich von allem Anfang an den Lichtbogen möglichst kurz zu halten, um die nachteiligen Veränderungen in der Schweiße, die durch den ungehinderten Zutritt der Luft entstehen, auf ein Mindestmaß zu verringern.

Nur beim elektrischen Schneiden wird der Lichtbogen sehr lang gehalten.

7. Stromstärke — Einbrand.

Das Schweißen mit der richtigen Stromstärke ist ebenso wichtig wie das Halten eines möglichst kurzen Lichtbogens. Der Schweißer soll gleich von Anfang an das Einstellen der richtigen Stromstärke durch aufmerksame Beobachtung der Schweiße lernen und die für die einzelnen Elektrodendurchmesser nachstehend angegebenen Stromstärken nur als Anhaltswerte betrachten.

Bei Flußstahlelektroden und einer Schweißspannung von 11 bis höchstens 25 Volt gelten die in der Tabelle 1 angegebenen Stromstärken als Anhaltswerte,

Tabelle 1. Richtwerte für Elektroden-Durchmesser und Stromstärken.

Blechstärke in mm	Elektroden-Durchmesser in mm	Stromstärke in Amp.
2... 3	2	30... 70
3... 5	3	65... 120
6... 12	4	110... 180
12... 20	5	160... 250
über 20	6	180... 300

da unter Berücksichtigung der Wärmeableitung durch das Werkstück starkwandige große Arbeitsstücke eine höhere Stromstärke erfordern als dünnwandige kleine Gegenstände.

Die in der Tabelle 1 angegebenen Anhaltswerte gelten nur für Waagrechtsschweißung, während die Senkrecht- und Überkopfschweißung die Einstellung einer höheren Stromstärke erfordert, die beispielsweise wie folgt zu wählen ist:

Wenn man Eisenbleche von 6 mm Stärke unter Verwendung von 4 mm starken Elektroden mit 140 Ampere in waagerechter Lage schweißt, so sind bei der Senkrechtschweißung 150 Ampere und bei der Überkopfschweißung 160 Ampere erforderlich.

Folgende Schweißversuche, die jeder angehende Schweißer einmal machen soll, sind zur Beurteilung der richtigen Stromstärke sehr anschaulich:

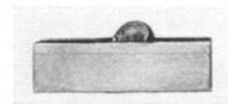
a) Man schweißt zunächst mit zu niedriger Stromstärke und beobachtet hierbei, daß

1. dem Blech (Werkstück) zu wenig Wärme zugeführt und mithin die Schweißstelle auch zu wenig flüssig wird;
2. der Lichtbogen sehr schwierig zu halten ist und demnach sehr oft abreißt;
3. die Schweißraupe sehr ungleichmäßig wird und ein unschönes Aussehen zeigt, und
4. schließlich der Einbrand derart schlecht ist, daß solche Schweißraupen nicht aufgeschweißt sind, sondern auf dem Bleche nur „kleben“ und mühelos entfernt werden können.

Eine solche Schweißraupe ist selbstredend wertlos. Die Schweißraupe Abb. 6 trägt alle Kennzeichen einer mit zu geringer Stromstärke ausgeführten Schweißung,



Abb. 6. Schweißraupe, mit zu niedriger Stromstärke hergestellt.

Abb. 7.
Schliffbild zu Abb. 6.

und aus dem Schliffbild Abb. 7 ist zu ersehen, daß überhaupt kein Einbrand erzielt wurde. Es wurde mit einer Elektrode von 4 mm Durchmesser bei 70 Ampere geschweißt.

b) Daran anschließend schweißt man mit zu hoher Stromstärke und beachtet hierbei, daß

1. das Blech viel zu stark erwärmt wird;
2. die Schweißraupe viel zu flach wird, also zu stark auseinanderfließt;
3. die Oberfläche der Raupe Porenbildung aufweist;
4. der Einbrand eine zu große Tiefe erreicht;

5. die Elektrode außerordentlich stark spritzt und zu rasch abschmilzt;
 6. die Schweißnaht überhitzt oder, wie man sagt, verbrannt wird und schließlich

7. die Elektrode auf die ganze Länge zum Glühen kommt.

Eine solche Schweißraupe ist ebenfalls unbrauchbar. Die Abb. 8 zeigt das Aussehen einer mit zu hoher Stromstärke ausgeführten Schweißung, und aus dem Schliffbild Abb. 9 ist die zu große Einbrandtiefe zu ersehen. Es wurde mit einer Elektrode von 4 mm Durchmesser bei 200 Ampere geschweißt.

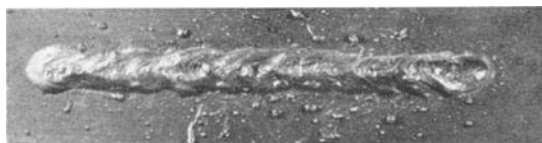


Abb. 8. Schweißraupe, mit zu hoher Stromstärke hergestellt.

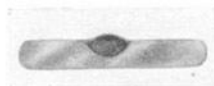


Abb. 9.
Schliffbild zu Abb. 8.

e) Zuletzt schweißt man mit der richtigen Stromstärke und beobachtet hierbei, daß

1. der Lichtbogen bei richtiger Haltung der Elektrode nicht abreißt;
2. die Elektrode ruhig und gleichmäßig abschmilzt;
3. die Schweißraupe eine glatte porenfreie Oberfläche und ein gutes Aussehen zeigt;
4. die Einbrandtiefe gut ist.

Eine mit richtig eingestellter Stromstärke ausgeführte Schweißung ist aus der Abb. 10 und der genügende Einbrand aus dem Schliffbild Abb. 11 ersichtlich. Es wurde mit einer Elektrode von 4 mm Durchmesser bei 140 Ampere geschweißt.

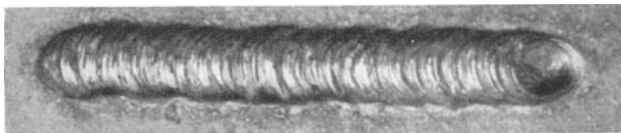


Abb. 10. Schweißraupe, mit richtiger Stromstärke hergestellt.



Abb. 11.
Schliffbild zu Abb. 10.

Unter Einbrandtiefe versteht man den Grad der Verschmelzung des Elektrodenwerkstoffes mit dem Werkstück.

Die Güte der Schweißnaht ist ganz wesentlich von der guten Verschmelzung an den Rändern abhängig.

Ob eine Elektrode bei richtiger Einstellung der Stromstärke und Halten eines kurzen Lichtbogens genügende Einbrandtiefe ergibt, prüft man nicht durch eine Auftragsschweißung, sondern am zuverlässigsten durch Schweißung der Kehlnaht eines T-Stoßes, bei welchem das eine Blech waagerecht liegen muß. Bei dieser Schweißung muß auch in der Spitze der Kehle ein gleichmäßiger Einbrand vorhanden sein.

8. Dehnung — Schrumpfung — Spannungen.

Beim Schweißen wird durch die Wärmezufuhr zunächst eine Dehnung und durch das Erkalten der Schweißnaht dann eine Schrumpfung am Werkstück hervor-

gerufen. Von der Kenntnis und Beachtung der hierbei entstehenden und als Spannungen bezeichneten Erscheinungen hängt das Gelingen mancher Schweißung

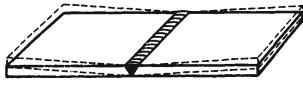


Abb. 12.
Verformung quer zur Schweißnaht.



Abb. 13. Verformung in Richtung der Schweißnaht.

(Abb. 12). Durch die Schrumpfung in der Naht tritt eine Verformung des Flacheisens — durch gestrichelte Linien angedeutet — ein, die bei stärkeren Blechen

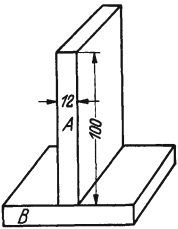


Abb. 14. Blech A senkrecht auf Blech B gestellt.

und Mehrlagenschweißung geringer, bei schwächeren, schmalen Blechen und Einlagenschweißung größer ist.

Die in der Längsrichtung auftretenden Schrumpfspannungen sind nicht geringer als die Querschrumpfungen. Da sie aber einen größeren Widerstand finden, erzeugen sie auch kleinere Verformungen.

Beispiel: Auf ein Flacheisen von etwa 40×6 mm ist eine Schweißbraupe mit einer 4 mm starken Elektrode in Zickzackführung aufzutragen (Abb. 13). Da sich die Schweißbraupe beim Abkühlen in der Längsrichtung der Auftragung zusammenzieht, wird das ursprünglich gerade Flacheisen die

gestrichelte Form annehmen. Bei schwächeren Blechen ist die Krümmung viel größer als bei stärkeren Blechen.

In welcher Weise die Schrumpfspannungen bei der einseitigen Kehlnaht

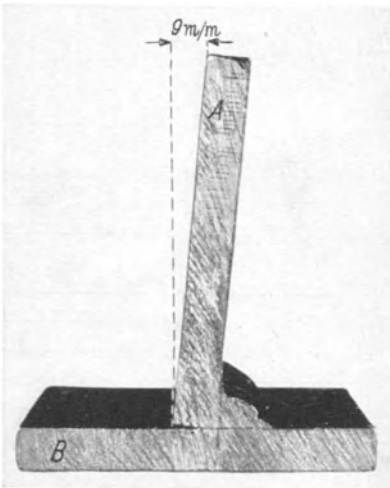


Abb. 15. Schrumpfung bei einseitiger Kehlnaht.

in Erscheinung treten, soll nachfolgender Schweißversuch zeigen: Das Blech A (Abb. 14) wurde senkrecht gut aufliegend auf das Blech B gestellt. Da es weder durch eine Spannvorrichtung, noch durch kurze Heftnähte am Anfang und am Ende der Naht in dieser Lage festgehalten war, konnte es sich frei bewegen. Nun wurde die einseitige Kehlnaht mit einer dünn umhüllten Elektrode geschweißt. Wie aus der Abb. 15 ersichtlich ist, verzog sich infolge Schrumpfung der Kehlschweißnaht das lose aufgestellte Blech A sehr stark nach der Seite der Kehlnaht hin. Die Abweichung von der Senkrechten betrug im vorliegenden Falle 9 mm bei einer Höhe von 100 mm des 12 mm starken Bleches. Die Abbildung zeigt weiter deutlich den keilförmigen Spalt, um welchen das Blech A, das vor dem Schweißen auf dem Blech B satt aufstand, sich abgehoben hat.

Verziehungen dieser Art können durch folgende Maßnahmen vermieden werden:

a) Man hält das Blech *A* durch auf beiden Seiten zweckmäßig verteilte kurze Heftnähte in der richtigen, in diesem Falle in der senkrechten Lage. Diese Maßnahme wird in der Praxis wohl am häufigsten angewendet.

b) Man verwendet eine Spannvorrichtung, um das Blech *A* in der Lage, die es nach dem Schweißen haben muß, zu halten.

Wie aus vorstehenden Ausführungen ersichtlich ist, können Spannungen keinesfalls vermieden werden. Es muß aber das Bestreben eines jeden Schweißers sein, durch Beachtung nachstehender Maßnahmen die Spannungen möglichst niedrig zu halten.

1. Die Schweißfugen und der Spalt an der Nahtwurzel bei Stumpfnähten dürfen in keinem Falle breiter sein, als eben zur guten, möglichst abschnittswisen Durchschweißung des Schweißquerschnittes unbedingt erforderlich ist. Nähere Angaben über die Herrichtung der Schweißfugen s. in Abschn. 13.

2. Der Schweißer muß unbedingt darauf sehen, daß er den Querschnitt der Nähte nicht größer als vorgeschrieben macht.

3. Da bei Verwendung einer starken Elektrode und Schweißung in nur einer Lage größere Schrumpfungen und damit auch Verziehungen auftreten, soll — wenn irgend tunlich — die Mehrlagenschweißung mit einer dünnen Elektrode ausgeführt werden.

4. Die zu schweißenden Werkstücke müssen möglichst genau zusammengepaßt werden, wobei durch zweckmäßig verteilte kurze Heftnähte oder unter Verwendung von Vorrichtungen die einzelnen Stücke in der richtigen Lage zueinander zu halten sind.

5. Bei Eisenkonstruktionen sollen die Kehlnähte — entweder durchlaufend oder unterbrochen — nicht in einem Zuge geschweißt werden, sondern derart, daß die einzelnen Schweißabschnitte möglichst weit voneinander entfernt liegen, weil dadurch die Gefahr des Verziehens sehr gering wird.

6. Nach der Art des Werkstückes soll tunlichst von „innen nach außen“ geschweißt werden, damit das Ende der Schweißfuge möglichst lange offen bleibt und sich frei dehnen kann.

Zur Erläuterung des Punktes 4: „zweckmäßig verteilte kurze Heftnähte“, und des Punktes 5: „abschnittsweise Schweißung an möglichst weit voneinander liegenden Stellen“ sei beispielsweise der Schweißvorgang bei der doppelseitigen Kehlnaht eines längeren T-Stoßes (Abb. 16) angeführt:

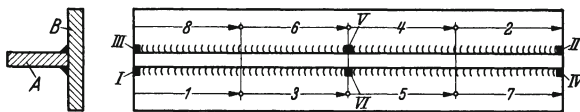


Abb. 16. Doppelseitige Kehlnaht an einem längeren T-Stoß.

Die Arbeitsweise beim T-Stoß ist ähnlich jener, die in Abschn. 24 für die abschnittsweise Schweißung langer Stumpfnähte (Abb. 101) angegeben ist. Zunächst wird der Steg *A* mit dem Blech *B* durch kurze Heftnähte in der durch die Ziffern I...VI angeführten Reihenfolge verbunden. Nach dem Heften soll man prüfen, ob die beiden Bleche sich in der richtigen Lage zueinander befinden. Die Reihenfolge der einzelnen Schweißabschnitte ist durch die Zahlen von 1 bis 8 angegeben und die Pfeile deuten die Richtung an, in welcher zu schweißen ist. Die Länge der Schweißabschnitte, die weder zu lang noch zu kurz sein sollen, hängt von der Blechstärke ab. — Im allgemeinen wird man die einzelnen Abschnitte 150...250 mm lang wählen.

9. Blaswirkung des Lichtbogens.

Als „Blaswirkung“ wird die Beeinflussung der Richtung des Lichtbogens, hervorgerufen durch die beim Durchfließen des Stromes vom Werkstück zur Elektrode entstehenden elektromagnetischen Kraftlinien, bezeichnet. Die Blaswirkung, oder wie man auch sagt: das Blasen des Lichtbogens, tritt am deutlichsten beim Schweißen mit der Schweißkohle in Erscheinung, da der Kohlelichtbogen länger gezogen werden kann und auch ruhiger als der Metalllichtbogen brennt.

Die Blaswirkung des Lichtbogens kann man durch folgenden Versuch, den jeder Schweißer einmal machen sollte, einwandfrei beobachten:

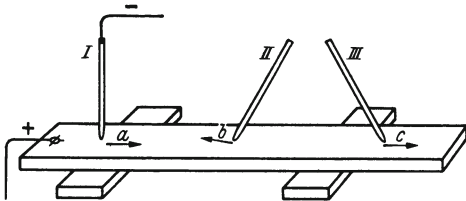


Abb. 17. Blaswirkung des Lichtbogens.

Zwecks Vermeidung störender anderer Einflüsse lege man ein Flacheisen von etwa 50×6 mm auf eine isolierende Unterlage, z. B. Mauerziegel, und schließe den Pluspol an das Flacheisen an (Abb. 17). Nun ziehe man den Kohlelichtbogen, Stellung I, wobei die Elektrode senkrecht zum Flacheisen zu halten ist. Hierbei wird

man beobachten, daß der Lichtbogen in der Richtung a , also vom Stromanschluß weg, geblasen wird.

Ändert man die Haltung der Elektrode mit der Spitze schräg gegen den Stromanschluß, Stellung II, so wird der Lichtbogen in der Richtung b geblasen.

Wird die Elektrode schließlich mit der Spitze schräg gegen das Ende des Flacheisens gehalten, Stellung III, so wird der Lichtbogen in der Richtung c , also ebenfalls von der Stromanschlußstelle weg, geblasen.

Aus diesem Schweißversuch folgt mithin, daß man durch verschiedene Haltung der Elektrode gegen das Flacheisen bei unverändertem Stromanschluß und gleicher Schweißrichtung in der Lage ist, die Blaswirkung des Lichtbogens zu ändern.

Die Blaswirkung zeigt sich oftmals störend, wodurch das Legen einer einwandfreien Schweißraupe sehr erschwert wird, wie dies beispielsweise beim Schweißen senkrecht zueinander stehender Blechkanten vorkommt.

Das Abschwächen der störenden Blaswirkung, also das Ablenken des Lichtbogens in die gewünschte Richtung, erfordert einige Erfahrung und kann zumeist nur durch Schweißversuche festgestellt werden, wie folgt:

Zunächst ist die Elektrodenhaltung — die Neigung der Elektrode gegen das Werkstück — zu ändern, da sie in den meisten Fällen zu dem gewünschten Erfolge führt. — Weiter kann durch Heftnähte am Anfang, in der Mitte und am Ende der Naht oftmals die störende Blaswirkung abgeschwächt werden, und schließlich kommt das Verlegen des Stromanschlusses am Werkstück in Betracht.

Bei der Wechselstromschweißung wird der Lichtbogen viel weniger abgelenkt als bei Gleichstrom, wovon man sich durch einen einfachen Versuch unter Verwendung einer Metallelektrode überzeugen kann, da das Halten eines langen Lichtbogens mit der Kohlelektrode nicht möglich ist.

10. Schweißelektroden.

Für die Lichtbogenschweißung werden zwei Arten von Elektroden verwendet:

- a) die Kohlelektroden,
- b) die Metallelektroden.

a) Als Kohlelektroden werden sowohl Homogen- als auch Graphitkohlen

verwendet. Graphitkohlen haben gegenüber Homogenkohlen den Vorteil, daß sie mit einer wesentlich höheren Stromstärke belastet werden können.

Kohleelektroden werden bei Gleichstrom an den Minuspol gelegt.

b) Metallelektroden werden hergestellt aus:

1. Flußstahl,
2. legiertem Stahl,
3. Gußeisen,
4. Nichteisenmetallen.

Hinsichtlich der Herstellungsart der Metallelektroden unterscheidet man weiter:

α) nackte Elektroden,

β) dünnumhüllte Elektroden, zu welchen auch die Seelendrähte, die einen nichtmetallischen Kern besitzen, gehören,

γ) starkumhüllte Elektroden,

δ) umwickelte Elektroden.

Für die Ausführung verschiedener Schweißarbeiten sind verschiedene Elektrodenarten erforderlich, d. h. man muß je nach der Art der Schweißung und den Anforderungen, die an diese gestellt werden, die hierfür geeignete Elektrode wählen. Die richtige Wahl der Elektrode ist von ganz besonderer Wichtigkeit für die Güte einer Schweißung. Beispielsweise darf eine für verschleißfeste Auftragsschweißung bestimmte Elektrode nicht etwa für Verbindungsschweißungen genommen werden. Infolge unrichtiger Wahl der Elektroden können Fehlschläge vorkommen, die aber zu vermeiden sind, wenn der Schweißer die Anwendungsgebiete und Eigenschaften der von ihm verwendeten Elektrodenmarken laut Angaben der Elektrodenlieferfirmen kennt.

Nackte Elektroden werden für Verbindungsschweißungen nur dann verwendet, wenn keine besonderen Ansprüche hinsichtlich Dehnung und Zähigkeit gestellt werden, sowie für Auftragsschweißungen einfacher Art.

Dünnumhüllte und Seelenelektroden benutzt man für Eisenkonstruktionen, Behälter, Maschinen usw., weiter für Überkopfschweißungen und schließlich für Schweißungen mit Wechselstrom, da sie ein leichteres Halten des hier besonders unruhigen Lichtbogens ermöglichen.

Starkumhüllte oder umwickelte Elektroden kommen in Betracht für Schweißungen, bei welchen höchste Anforderungen in bezug auf Festigkeit, Dehnung und Kerbzähigkeit gestellt werden, demnach für schwere Eisenkonstruktionen, Kessel- und Apparatebau, weiter für Schweißungen, die nachträglich geschmiedet und gebördelt werden, Dichtschweißungen an Behältern sowie Schweißungen dünner Bleche.

Die Nichteisenelektroden zur

Aluminium-, Bronze-, Messing-, Kupfer- und Monelschweißung sowie die Elektroden aus nichtrostenden und säurefesten Stählen sind nur als umhüllte Elektroden zu schweißen.

Elektroden aus Gußeisen werden nur für die elektrische Warmschweißung und Halbwarmschweißung verwendet.

Es soll stets nur mit trockenen und rostfreien Elektroden geschweißt werden, weshalb sowohl nackte als auch umhüllte Elektroden unbedingt trocken gelagert werden müssen.

Flußstahlelektroden werden bei Gleichstrom in der Regel an den Minuspol angeschlossen. Hingegen sind die mit dem Pluspol zu schweißenden Elektroden auch richtig an den Pluspol anzuschließen, worüber die Anleitungen der Elektrodenfirmen Aufschluß geben.

11. Schweißverbindungen.

a) Man unterscheidet folgende Arten von Schweißverbindungen:

1. Die Stumpfnah (Abb. 18), bei welcher die zu verbindenden zwei Teile in einer Ebene liegen, und die Blechkanten von rund 6 mm Blechstärke aufwärts entweder in V- oder in X-Form abgeschrägt sind. Nähere Angaben hierüber siehe im Abschn. 13. Die Stumpfnah wird stets als durchlaufende Nah ausgeführt.

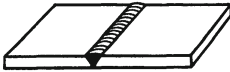


Abb. 18. Stumpfnah.



Abb. 19. Kehlnah.

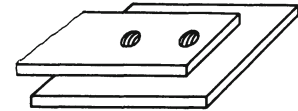
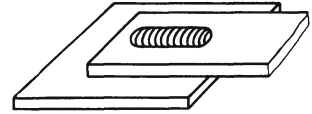


Abb. 20. Schlitznah oder Lochnah.

2. Die Kehlnah (Abb. 19), die das Grundelement jeder anderen Schweißverbindung darstellt und bei welcher keine besonderen Vorarbeiten an den zu verbindenden Teilen erforderlich sind.

3. Die Schlitznah oder Lochnah (Abb. 20), bei der die Verbindung mit der Unterlage durch das Einschweißen von Schlitzten oder Löchern erzielt wird und wobei die Schlitzte oder Löcher entweder senkrecht oder abgeschrägt zu der Unterlage hergerichtet sein können. Die Lang- oder Rundlöcher sind so groß vorzuarbeiten, daß die Kehlnahschweißung oder die ganze Ausfüllung der Schlitzte einwandfrei durchgeführt werden kann.

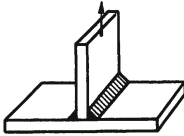


Abb. 21. Stirtnah.

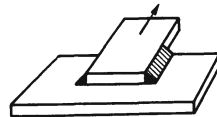


Abb. 22. Flankennah.

b) In bezug auf die Beanspruchung der Kehlnah unterscheidet man:
1. Die Stirtnah (Abb. 21), bei welcher die Beanspruchung quer zur Kehlnah erfolgt.

2. Die Flankennah (Abb. 22), bei welcher die Beanspruchung in der Längsrichtung der Kehlnah erfolgt.

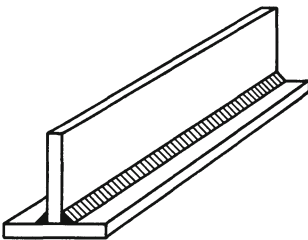


Abb. 23. Durchlaufende Kehlnah.

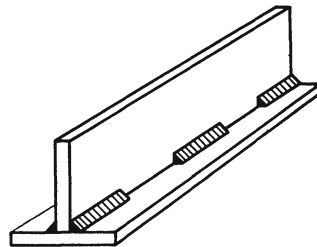


Abb. 24. Unterbrochene Kehlnah.

c) Je nach der Ausführung der Schweißnah unterscheidet man:

1. Durchlaufende Kehlnah (Abb. 23).
2. Unterbrochene Kehlnah (Abb. 24).

Aus den Abb. 25...35 sind einige in der Praxis öfters vorkommende Schweißverbindungen zu ersehen.

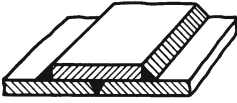


Abb. 25. Verstärkung einer Stumpfnah durch eine einseitig aufgeschweißte Lasche.

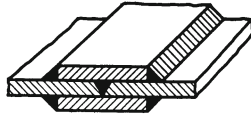


Abb. 26. Verstärkung einer Stumpfnah durch beidseitig aufgeschweißte Laschen.

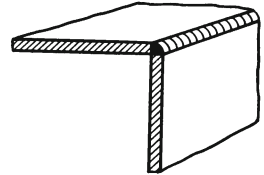


Abb. 27. Winkelstoßschweißung zweier Bleche mit außen liegender Kehlnah.

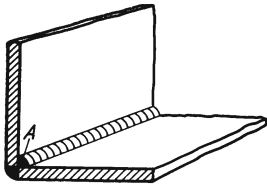


Abb. 28. Der Winkelstoß ist durch eine innen liegende Kehlnah *A* verstärkt. Bei allen Winkelstoßschweißungen müssen die Bleche genau hergerichtet werden.

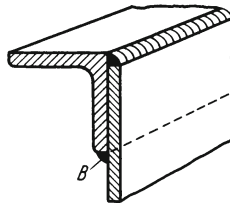


Abb. 29. Anschweißen eines Versteifungswinkelleisens an ein Blech. Die außen liegende Kehlnah *B* kann entweder durchlaufend oder unterbrochen geschweißt werden.

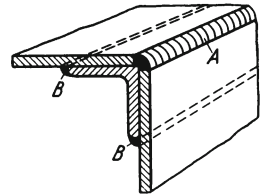


Abb. 30. Die Winkelstoßschweißung ist durch ein innen liegendes Winkelleisen verstärkt. Die beiden Kehlnähte *B* werden je nach der Art der Konstruktion entweder durchlaufend oder unterbrochen geschweißt.

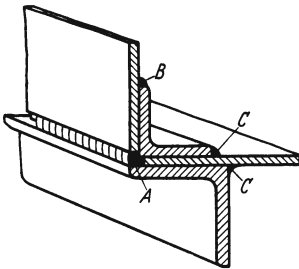


Abb. 31. Eckverbindung zweier Winkelleisens mit einer Seitenwand und einer Stirnwall durch eine Schweißnaht *A*. Die Kehlnah *B* zwischen Winkelleisens und Stirnwall wird durchlaufend geschweißt, während die beiden Kehlnähte *C* unterbrochen sind.

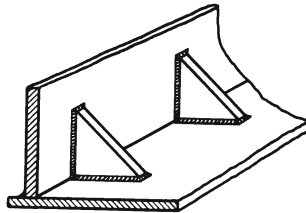


Abb. 32. Verstärkung einer Kehlnahschweißung durch Einschweißen von Versteifungsblechen.

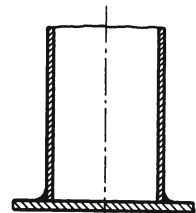


Abb. 33. Aufschweißen eines Blindflansches auf ein Rohr.

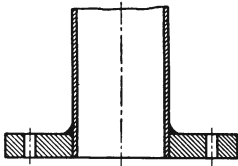


Abb. 34. Anschweißen eines Rohres an einem Flansch.

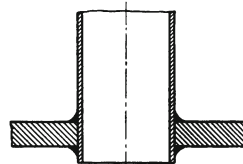


Abb. 35. Einschweißen eines Rohres in den Boden oder Mantel eines Gefäßes.

Die Abb. 36 zeigt einige Ausführungsbeispiele, bei welchen die bisherigen Verbindungen mittels Schrauben und Nieten bei Eisenkonstruktionen durch Schweißung ersetzt wurden.

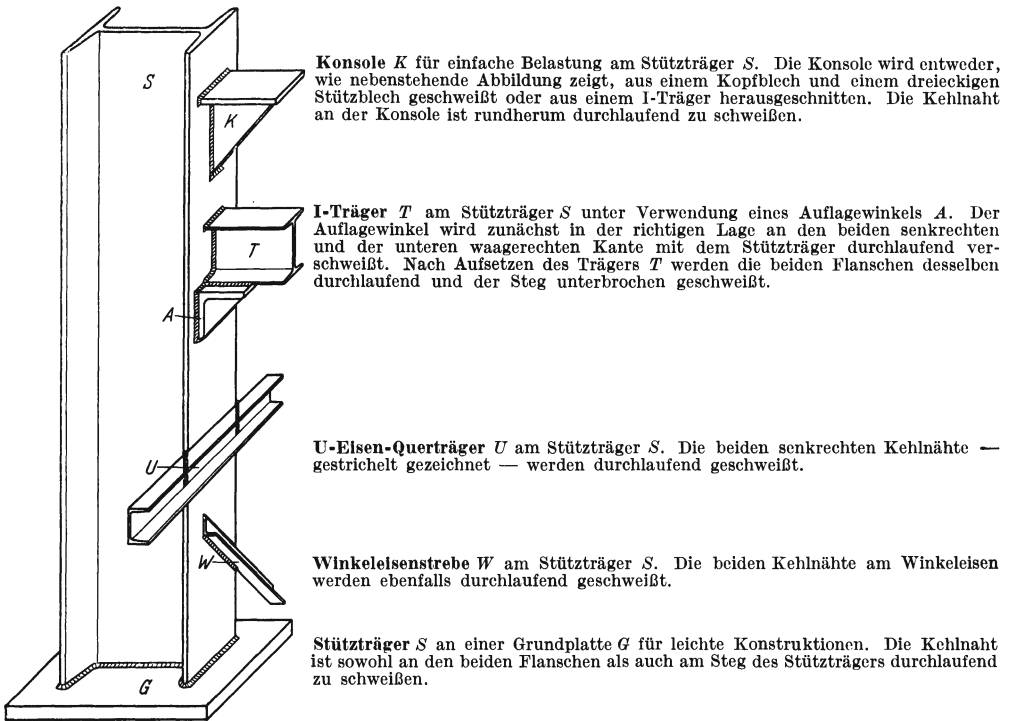


Abb. 36. Schweißen von Eisenkonstruktionen.

12. Zündung, Haltung und Führung der Elektrode.

Die richtige Haltung und Führung der Elektrode beeinflusst die Güte und das Gelingen einer Schweißung ebenso, wie die richtige Einstellung der Stromstärke.

Die Haltung und Führung der Elektrode nach schriftlichen Anleitungen allein zu lernen, kann nicht empfohlen werden, da hierfür nur allgemeine Regeln angegeben werden können, die in der Praxis öfters Änderungen erfahren. Es sei daher an dieser Stelle ausdrücklich darauf hingewiesen, daß der Anfänger die ersten, grundlegenden Kenntnisse, die er zur Ausübung des Schweißerhandwerkes braucht, entweder durch den Besuch eines Schweißkurses oder durch Anlernen bei einem Lehrschweißer sich erwerben soll.

Aus nachstehenden Ausführungen sind einige der wichtigsten, grundsätzlichen Richtlinien zu ersehen, die sich auf das Schweißen mit blanken oder dünnumhüllten Elektroden beziehen.

a) Auftragsschweißung. Die Auftragsschweißung in waagerechter Lage ist jene, mit der jeder angehende Schweißer seine ersten Übungen am Schweißtisch beginnt. Der Schweißer soll hierbei sitzen, möglichst den rechten Ellenbogen leicht aufstützen und Elektroden 4 mm Durchmesser verwenden, da mit dünneren Elektroden das Zünden und Halten des Lichtbogens etwas schwieriger ist.

Bei Gleichstrom erfolgt die Zündung oder, wie man auch sagt, das Ziehen des Lichtbogens in der Regel durch „Tupfen“. Hierbei berührt man mit der

Elektrode stoßartig das Werkstück an der zu schweißenden Stelle und zieht im nächsten Augenblick die Elektrode wieder etwas zurück, wodurch der Lichtbogen entsteht. Der Lichtbogen soll möglichst kurz gehalten werden.

Bei Wechselstrom geschieht die Zündung zumeist durch „Streichen“. Die Bewegung der Elektrode am Werkstück ist ähnlich jener, die man beim Anzünden eines Streichholzes ausführt.

Die Zündungsübungen sind so lange fortzusetzen, bis der Schweißer in der Lage ist, den Lichtbogen rasch und sicher an der gewünschten Stelle zu ziehen, worauf zur eigentlichen Auftragsschweißung übergegangen wird.

Die Haltung der Elektrode bei der Auftragsschweißung muß in zwei Richtungen erfolgen:

1. quer zur Schweißrichtung und
2. längs der Schweißrichtung.

Betrachten wir zunächst die Haltung der Elektrode beim Legen der ersten Raupe (I in Abb. 37 u. 38).

Quer zur Schweißrichtung — durch den Pfeil A bezeichnet — wird die Elektrode E_1 senkrecht gehalten, wie dies aus Abb. 37 ersichtlich ist. Von vorne gesehen steht die Elektrode E_1 in diesem Falle also senkrecht zum Blech. Diese

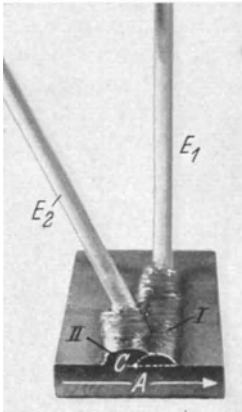


Abb. 37. Haltung der Elektrode quer zur Schweißrichtung.

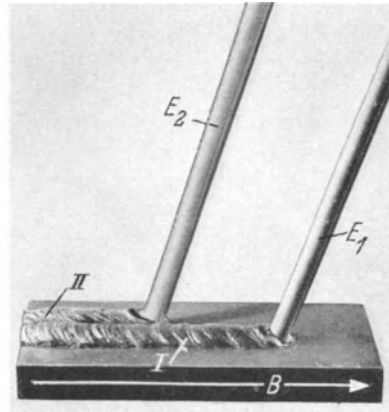


Abb. 38. Haltung der Elektrode längs der Schweißrichtung.

Haltung der Elektrode E_1 quer zur Schweißrichtung darf während der Schweißung nicht geändert werden, damit ein genügender Einbrand erreicht wird.

Längs der Schweißrichtung — durch den Pfeil B bezeichnet — wird die Elektrode E_1 gegen das Blech geneigt (Abb. 38). Die Neigung soll so stark sein, daß der Lichtbogen immer auf jene Stelle gerichtet ist, an der eine innige Verbindung der abschmelzenden Elektrode mit dem Werkstück stattfinden muß. Hierbei soll der Lichtbogen ein wenig auf die ungeschweißte Stelle blasen, damit diese vorgewärmt wird. Wenn aber bei dieser Haltung der Elektrode der Lichtbogen dennoch stark auf die Raupe zurückbläst, dann ist die Elektrode E_1 in die entgegengesetzte Richtung zu neigen, also gegen den Anfang der Raupe zu, oder mit anderen Worten: die Neigung der Elektrode E_1 in der Schweißrichtung muß der jeweils auftretenden Blaswirkung des Lichtbogens entsprechend geändert werden.

Der angehende Schweißer soll bei den Anfangsübungen die Neigung der Elektrode entweder nach der einen oder der anderen Richtung ab und zu ändern.

Auf diese Weise lernt er sehr bald nicht nur das Blasen des Lichtbogens kennen, sondern gleichzeitig auch die richtige Haltung der Elektrode in der Schweißrichtung.

Die Elektrode E_1 ist bei den ersten Schweißübungen nur geradlinig, also ohne seitliche Bewegung, zu führen. Die Raupe wird dabei ziemlich schmal ausfallen.

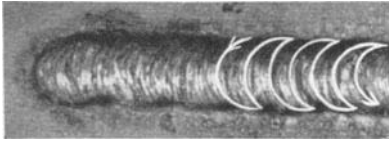


Abb. 39. Schweißraupe mit Zickzackführung.

Im Anfang soll stets von links nach rechts geschweißt werden.

Ist der Schweißer einmal so weit, daß er eine Raupe, ohne kleben zu bleiben, geradlinig legen kann, dann versucht er die erste Raupe in Zickzackführung zu schweißen. Die Abb. 39 zeigt die erste Lage einer Schweißraupe und die Zickzacklinien geben die Führung der

Elektrode an, die bei dieser Schweißung angewendet wurde. Die Zickzackbewegung darf zwecks Erzielung eines gleichmäßig guten Einbrandes nicht zu rasch erfolgen.

Verfügt der Schweißer über genügende Sicherheit im Halten und Führen der Elektrode beim Schweißen der ersten Raupe, so beginnt er mit dem Schweißen der Raupe II (Abb. 37 u. 38). Die Haltung der Elektrode E_2 quer zur Schweißrichtung erfährt gegenüber jener der Elektrode E_1 eine Änderung insofern, als sie schräg gegen die erste Raupe gestellt wird. Die Schrägstellung hängt von der Höhe der ersten Auftragsraupe ab. Je höher die erste Raupe aufgetragen wurde, desto schräger muß die Haltung der Elektrode E_2 sein, damit auch an der Stelle C_1 ein genügender Einbrand erreicht wird. — Im übrigen ist die schräge Haltung der Elektrode E_2 auch aus den im Abschn. 24 angegebenen Gründen erforderlich.

Hinsichtlich der Haltung der Elektrode E_2 in der Längsrichtung der Schweißraupe gelten die bereits für die Legung der ersten Raupe angegebenen Maßnahmen zur Ablenkung der Blasrichtung. — Die Führung der Elektrode E_2 erfolgt in der bereits für die Schweißung der ersten Raupe ausführlich beschriebenen Weise, also entweder geradlinig oder zickzackartig.

Bezüglich Schweißung der weiteren, anschließenden Raupen sind vorstehende Angaben sinngemäß zu beachten.

Hat der Anfänger die entsprechende Sicherheit und Fertigkeit in der Raupenlegung von links nach rechts erlangt, so sind die Übungen auf das Schweißen von rechts nach links, vom Körper weg und schließlich auf den Körper zu auszudehnen.

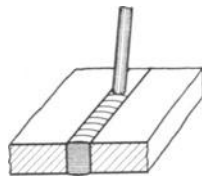


Abb. 40. Stumpfnah in nur einer Lage.

Alle diese Arbeiten muß der angehende Schweißer einwandfrei ausführen können, da die Schweißverbindungen, wie Stumpfnah und Kehlnah, sich auf den Grundregeln für die Auftragsschweißung aufbauen.

b) Stumpfnah. 1. Stumpfnah in nur einer Lage. Die Haltung der Elektrode ist die gleiche wie bei der ersten Raupe der Auftragsschweißung (Abb. 40). Die Führung der Elektrode ist geradlinig, mithin ohne seitliche Bewegung.

Hierbei ist besonders darauf zu achten, daß der ganze Querschnitt der Schweißfuge gut durchgeschweißt wird, um schädliche Kerbwirkungen zu vermeiden.

2. Stumpfnah in mehreren Lagen, z. B. Dreilagenschweißung. Beim Legen der Grundraupe (Abb. 41) ist die Haltung und geradlinige Führung dieselbe wie bei der Stumpfnah in nur einer Lage. Wichtig ist hierbei die gründliche Durchschweißung an der Nahtwurzel aus den bereits angegebenen Gründen.

Beim Schweißen der zweiten Lage (Abb. 42) ist die Haltung der Elektrode dieselbe wie bei der Grundraupe. Die Elektrode wird jedoch nicht geradlinig, sondern zickzackartig geführt, um einen genügenden Einbrand auch an den Rändern zu erzielen, was besonders wichtig ist.

Beim Schweißen der Deckraupe (Abb. 43) ist die Haltung und Führung der

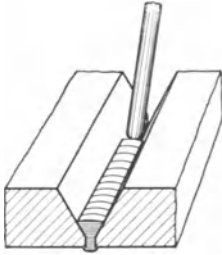


Abb. 41. Grundraupe.

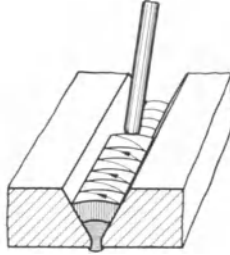


Abb. 42. Zweite Lage.

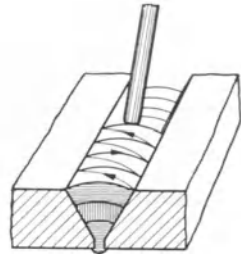


Abb. 43. Deckraupe.

Elektrode dieselbe wie bei der zweiten Lage, wobei durch die Zickzackbewegung ein guter Einbrand und ein allmählich verlaufender Übergang an den oberen Rändern der Schweißfuge erreicht werden muß.

c) **Kehlnaht.** Wie die Elektrode beim überlappten Stoß quer zur Schweißrichtung zu halten ist, zeigt die Abb. 44. Diese Haltung muß beibehalten werden, damit nicht nur an beiden Seiten der Kehlnaht, sondern auch in der Spitze der Naht ein gleichmäßig guter Einbrand erzielt wird.

In der Längsrichtung der Kehlnaht muß man die Elektrode jedoch anders halten, und zwar derart, daß durch ihre Neigung das störende Blasen des Lichtbogens abgeschwächt wird.

Zum leichteren Verständnis der richtigen Elektrodenhaltung soll der Anfänger nachstehenden Schweißversuch an einem überlappten Stoß, wie in der Abb. 45 dargestellt, machen.

Zwei Flacheisen, je etwa 50×10 mm und 200 mm lang, werden so auf den Schweißstisch gelegt, daß sie einen überlappten Stoß bilden. Nimmt man statt einer Metallelektrode eine Kohlelektrode, so ist die wechselnde Richtung des Lichtbogens am deutlichsten zu beobachten, weil — wie schon früher erwähnt — der Kohlelichtbogen länger gezogen werden kann und auch ruhiger brennt.

Bei A tritt ein sehr starkes Blasen des Lichtbogens vom Ende des überlappten Stoßes gegen die Mitte zu auf. Je mehr man sich von A gegen B nähert, desto schwächer wird die Blaswirkung, die in der Mitte

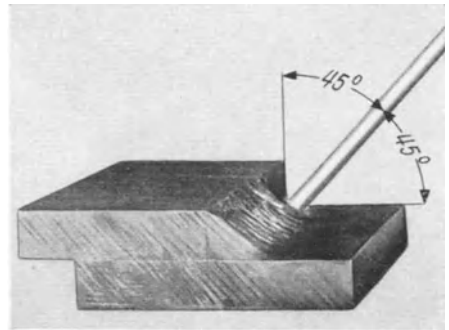


Abb. 44. Überlappter Stoß.

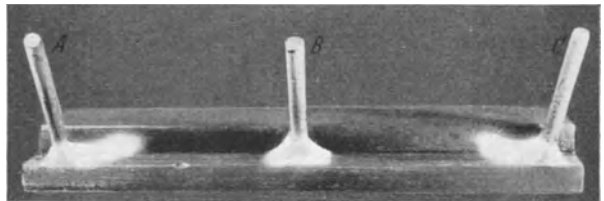


Abb. 45. Blasrichtung des Lichtbogens.

Bei A tritt ein sehr starkes Blasen des Lichtbogens vom Ende des überlappten Stoßes gegen die Mitte zu auf. Je mehr man sich von A gegen B nähert, desto schwächer wird die Blaswirkung, die in der Mitte

bei *B* sich nicht mehr zeigt. Von *B* aus gegen *C* tritt das Blasen wieder in verstärktem Maße auf, und zwar diesmal von *C* in der Richtung nach der Mitte *B*. Gegen das Ende der Kehlnaht zu wird der Lichtbogen immer unruhiger, er beginnt außerordentlich stark zu flackern.

Wie aus vorstehendem Versuch ersichtlich, bläst der Lichtbogen von beiden Enden des Stoßes gegen die Mitte zu.

Damit der Lichtbogen stets auf jene Stelle gerichtet ist, an der eine gute Ver-

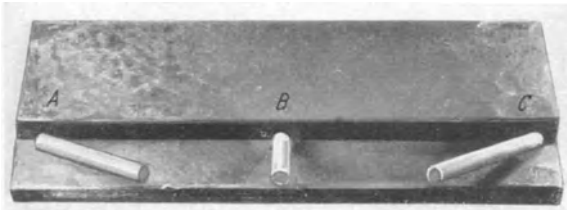


Abb. 46. Haltung der Elektrode zur Vermeidung des Blasens.

schmelzung erzielt werden muß, ist der wechselnden Blaswirkung durch die in der Abb. 46 ersichtliche Haltung der Elektrode in der Schweißrichtung wie folgt Rechnung zu tragen:

1. Zur Erzielung eines genügenden Einbrandes gleich am Anfang der Kehlnaht bei *A* muß die Elektrode sehr stark in der Schweißrichtung — also gegen die Mitte zu — geneigt werden. Die Neigung soll so stark sein, daß der Lichtbogen beim Zünden um die Kante des Stoßes herumschlägt.

2. Die anfangs sehr starke Neigung der Elektrode geht dann allmählich in die senkrechte Haltung bei *B* über, da in der Mitte eine störende Blaswirkung sich nicht mehr bemerkbar macht.

3. Wird gegen das Ende der Naht *C* weiterschweißt, dann muß die Elektrode wieder nach innen — mithin in der Richtung nach *B* — geneigt werden.

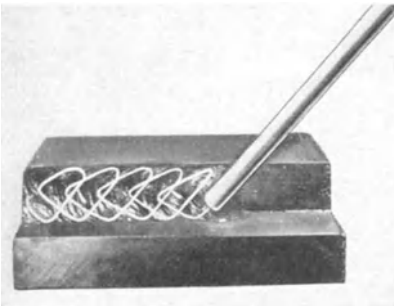


Abb. 47. Dreieckartige Führung der Elektrode.

Bei den verschiedenen Neigungen der Elektrode muß jedoch die Elektrodenhaltung quer zur Schweißrichtung — wie aus der umstehenden Abb. 44 ersichtlich — stets beibehalten werden.

Man führt die Elektrode bei leichten Kehlnähten geradlinig. Bei vollen Kehlnähten in nur einer Lage erfolgt die Führung zumeist dreieckartig, wie dies durch die Linien in Abb. 47 angedeutet ist.

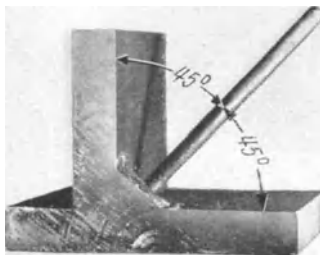


Abb. 48. T-Stoß.

Auf Grund vorstehender Regeln für das Schweißen des überlappten Stoßes wird der Anfänger den bei Eisenkonstruktionen so vielfach angewendeten T-Stoß (Abb. 48) ohne weiteres schweißen können, da hierfür grundsätzlich die gleichen Richtlinien gelten. Dabei muß die richtige Haltung der Elektrode quer zur Schweißrichtung aus bereits bekannten Gründen beibehalten werden. In der Längsrichtung der Kehlnaht hingegen muß das von beiden Enden der Kehle auch beim T-Stoß auftretende starke Blasen des Lichtbogens gegen die Mitte zu durch entsprechende Neigung der Elektrode berücksichtig

werden, wie dies durch den Schweißversuch am überlappten Stoß aus-

fürlich beschrieben wurde. Die Führung der Elektrode bei leichten Kehlnähten — geradlinig — oder bei vollen Kehlnähten in einer Lage — dreieckartig — ist ebenfalls dieselbe wie beim überlappten Stoß.

d) **Senkrechtschweißung.** Bei starken Blechen schweißt man Kehl- und Stumpfnähte stets von unten nach oben. Schwächere Bleche werden jedoch von oben nach unten geschweißt. Bezüglich der Haltung der Elektrode, sowohl quer zur Schweißrichtung als auch längs der Schweißrichtung, gelten die für die Kehlnaht unter *c* angegebenen, allgemeinen Richtlinien, die für die Senkrechtschweißung sinngemäß anzuwenden sind.

Wie aus der Abb. 49 ersichtlich, muß man demnach durch entsprechende Neigung der Elektrode längs der Schweißrichtung das von *A* und *C* nach der Mitte *B* zu auftretende Blasen des Lichtbogens abschwächen, um dadurch nicht nur am Anfang, sondern auch am Ende der Naht einen guten Einbrand zu erzielen.

Die Auftragsschweißung an senkrechter Wand ist aus den beiden Abb. 50 und 51 zu ersehen: Abb. 50 zeigt die Haltung der Elektrode E_1 — erste Raupe — und E_2 — zweite Raupe — quer zur Schweißrichtung, und Abb. 51 die Elektrodenhaltung längs der Schweißrichtung.

e) **Überkopfschweißung.** Je nach der Lage des T-Stoßes ist die Elektrode quer zur Schweißrichtung entweder nach Abb. 52 oder nach Abb. 53 zu halten. Beim Schweißen von Stumpfnähten kommt die Elektrodenhaltung nach Abb. 40 in Betracht.

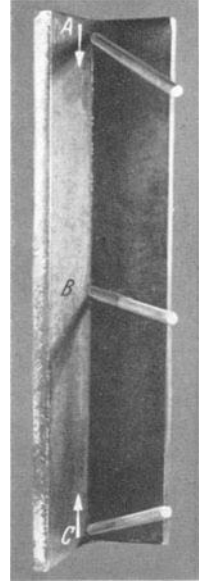


Abb. 49. Haltung der Elektrode bei Senkrechtschweißung.

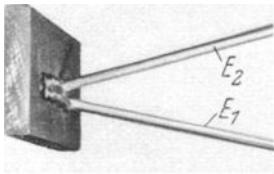


Abb. 50. Querhaltung.

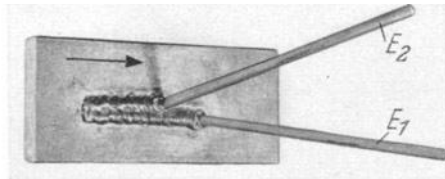


Abb. 51. Längshaltung.

Längs der Schweißrichtung ist die Elektrode stets so zu halten, daß durch ihre Neigung die nach der Mitte der Naht zu auftretende Blaskwirkung abgeschwächt wird. Die für die Kehlnaht unter *c* gemachten ausführlichen Angaben hinsichtlich der Ablenkung des Lichtbogens in die gewünschte Richtung sind demnach auch bei der Überkopfschweißung zu beachten.

Bei der Überkopfschweißung ist die Haltung der Elektroden E_1 — erste

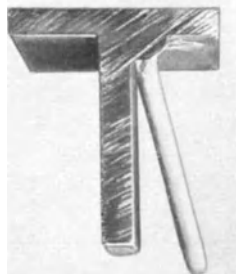


Abb. 52.
Querhaltung über Kopf.

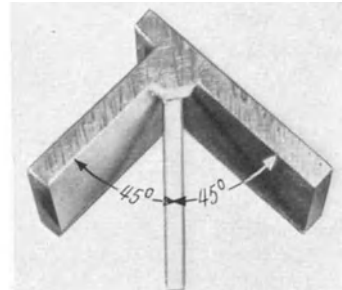


Abb. 53.
Querhaltung über Kopf.

Raupe — und E_2 — zweite Raupe — quer zur Schweißrichtung aus der Abb. 54 und längs der Schweißrichtung aus Abb. 55 ersichtlich.

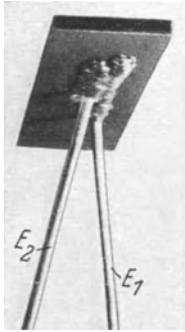


Abb. 54. Querhaltung über Kopf.

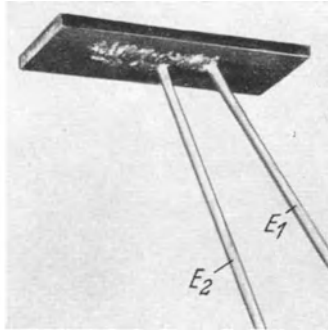


Abb. 55. Längshaltung über Kopf.

Erfordert schon die Senkrechtschweißung eine gewisse Fertigkeit, so ist diese bei der Überkopfschweißung in viel größerem Maße erforderlich.

Der Lichtbogen ist bei allen Überkopfschweißungen, gleichgültig, ob es sich um eine Kehlnaht-, Stumpfnah- oder Auftragsschweißung handelt, immer möglichst kurz zu halten.

Wichtig ist es auch, daß der Schweißer beim Überkopfschweißen nach Tunlichkeit

eine bequeme Stellung einnimmt. Er soll — wo immer es angeht — hierbei sitzen und den Arm nicht freihalten, sondern aufstützen, da er sonst in kurzer Zeit ermüdet.

Es gibt verschiedene Arten der Elektrodenführung. Für die erste Raupe ist die geradlinige und für die folgenden Raupen die zickzackartige Führung, die aber sehr gleichmäßig sein muß, zu empfehlen. Diese Führungsarten sind einfach und haben sich in der Praxis bewährt.

f) **Führung und Haltung starkumhüllter Elektroden.** Die vorstehenden Ausführungen bezogen sich lediglich auf das Schweißen mit blanken, dünnumhüllten und Seelenelektroden.

Für das Schweißen mit starkumhüllten Elektroden gelten folgende allgemeine Regeln:

1. Quer zur Schweißrichtung ist die Haltung die gleiche, wie bei blanken oder dünnumhüllten Elektroden.

2. Längs der Schweißrichtung läßt man durch entsprechende Haltung der Elektrode den Lichtbogen gerade nur so stark auf die Schweißnaht zurückblasen, daß die flüssige Schlacke sich auf die Naht legt und nicht in die Schweißfuge fließt, da in diesem Falle sonst Schlackeneinschlüsse in der Naht entstehen, die eine gleichmäßige Verschmelzung an allen Stellen unmöglich machen. Hierbei hängt also die Neigung der Elektrode in der Schweißrichtung von der Stärke und Richtung der Blaswirkung ab.

Daß man die Neigung der Elektrode in der Längsrichtung stetig ändern muß, wurde unter c bei der Kehlnaht ausführlich angegeben und ist auch hier sinngemäß zu beachten.

Beim Schweißen an senkrechter Wand führt man die Elektrode stets von unten nach oben, damit die sich bildende Schlacke gut abtropfen kann.

g) **Haltung und Führung der Nichteisenelektroden.** Für das Schweißen der Nichteisenmetalle, wie Aluminium, Monel, Bronze, Messing und Kupfer gelten außer den später im Abschn. 19 angegebenen Regeln vorweg folgende Richtlinien:

1. Die Haltung der Elektrode quer zur Schweißrichtung und längs der Schweißrichtung bei der für die Nichteisenmetalle in Betracht kommenden Waagerechtschweißung ist dieselbe, wie unter a bei der Auftragsschweißung bereits ausführlich angegeben.

2. Bei Aluminium ist die Elektrode senkrecht zur Naht zu halten. Die Elektrodenführung ist nur geradlinig, mithin ohne seitliche Bewegung.

3. Bei den übrigen Nichteisenelektroden ist die Führung zumeist geradlinig, kann aber je nach Lage und Art des Werkstückes auch zickzackartig erfolgen.

13. Flußstahlschweißung.

Rost- und Ölrückstände sowie sonstige Verunreinigungen — insbesondere Miniumanstriche — sind vor dem Schweißen gründlich zu entfernen, eine Vorbereitungsarbeit, die äußerst wichtig ist und von keinem Schweißer übersehen werden soll.

Bei Blechen bis rund 6 mm Stärke ist eine Abschrägung der Kanten nicht erforderlich. Die Stumpfschweißung der Bleche wird bei einem Abstand von 1...3 mm voneinander durchgeführt.

Bei Blechen von rund 6 mm Stärke aufwärts bis 20 mm muß die Schweißfuge in V-Form und — wenn ein beiderseitiges Schweißen des Werkstückes möglich ist — in X-Form durch Abschrägen der Blechkanten vorbereitet werden, wie dies in Skizzen (Abb. 56) angegeben ist.

Die in Millimetern angegebene Breite der Schweißfuge, die entweder durch autogenen Schnitt, Auskreuzen oder Hobeln hergestellt wird, entspricht bei allen vorgenannten 6 Blechstärken einem Winkel von 70 Grad.

Bei dünnen Blechen legt man unter die Schweißfuge am besten einen Kupferstreifen und bei stärkeren Blechen eine Eisenschiene entsprechenden Querschnittes, um ein Durchfließen des Elektrodenwerkstoffes zu verhindern.

Bleche von 6 mm Stärke aufwärts werden zweckmäßigerweise in zwei oder mehr Lagen geschweißt.

Die Reihenfolge der Schweißraupen bei Mehrlagenschweißung ist aus der Abb. 57 zu ersehen, wobei die erste Lage — also die Grundraupe — zwecks gründlicher Durchschweißung an der Nahtwurzel mit einer dünneren Elektrode und die folgenden Lagen mit einer stärkeren Elektrode geschweißt werden.

Die Abb. 58 zeigt die Stumpfschweißung zweier 12 mm starker Bleche in drei Lagen, die mit einer dünnumhüllten Elektrode ausgeführt wurde.

Bei Mehrlagenschweißung ist jedesmal vor dem Auflegen der folgenden Schweißraupe die Schlacke mit Spitzhammer und Drahtbürste gründlich zu entfernen.

Bei Verwendung von starkumhüllten Elektroden

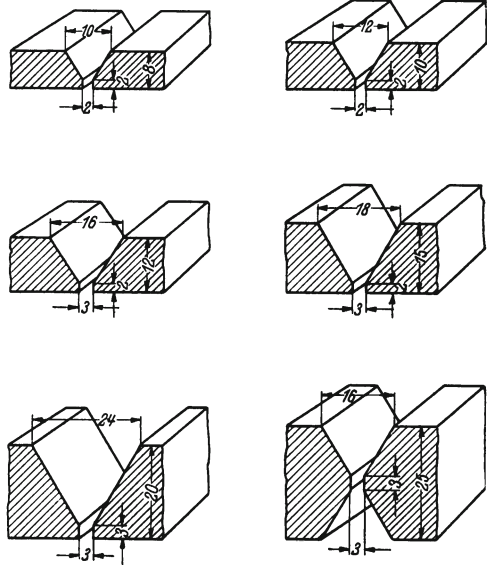


Abb. 56. Abschrägen der Blechkanten.

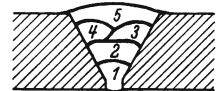


Abb. 57. Lage der Raupen.

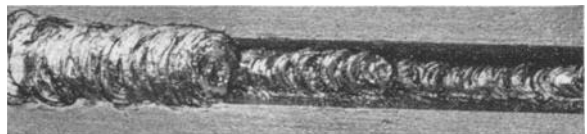


Abb. 58. Stumpfschweißung, 12 mm, in drei Lagen mit dünnumhüllter Elektrode.

(Schmelzmantelelektroden), bei welchen die Schweißbraupe durch eine dicke Schlackenschicht vor allzu raschem Abkühlen geschützt wird, darf die Schlacke erst nach natürlichem Erkalten der Schweißnaht entfernt werden.

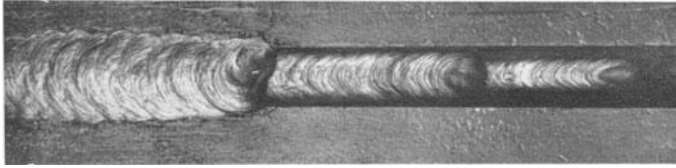


Abb. 59. Wie Abb. 58, aber mit starkumhüllter Elektrode.

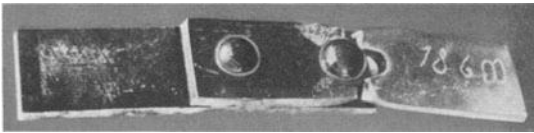


Abb. 60. Zugversuch mit einer Nietverbindung.



Abb. 61. Zugversuch mit einer Schweißverbindung.

Maße auf als beim Schweißen einer Lage; ihre Bedeutung wurde bereits im Abschn. 8 behandelt.

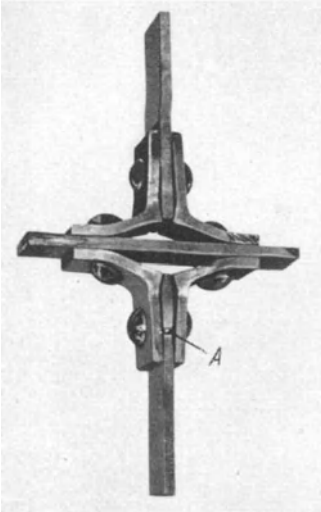


Abb. 62. Verformte Nietverbindung.
A = Riß.

Die Nietverbindung Abb. 62 wurde bei einer Zugbeanspruchung von 17500 kg nicht nur sehr stark verformt, sondern ist an der Stelle A gerissen. Die Schweißverbindung Abb. 63 hingegen konnte bei einer

Aus der Abb. 59 ist eine Stumpfschweißung zweier 12 mm starker Bleche in drei Lagen ersichtlich, die mit einer starkumhüllten Elektrode durchgeführt wurde. Die

Deckraupe zeigt eine gleichmäßige Oberfläche und einen allmählich verlaufenden Übergang an den Kanten der Schweißfuge.

Die Mehrlagenschweißung hat gegenüber der Schweißung in nur einer Lage den Vorteil, daß durch die oberen Lagen ein Nachglühen der unteren Schweißbraunen erfolgt, wobei eine Vergütung der Schweißnaht eintritt. Schrumpfspannungen treten bei der Mehrlagenschweißung in geringerem Maße auf als beim Schweißen einer Lage; ihre

Eine fachgemäß ausgeführte Stumpfschweißung unter Verwendung zweckentsprechender Elektroden ist der Nietung sowohl hinsichtlich Festigkeit als auch durch wesentliche Ersparnisse an Werkstoff und Arbeitszeit weit überlegen. Die in Abb. 60 dargestellte Nietverbindung, Blechstärke 60×10 mm, ist bereits bei einer Zugbeanspruchung von 18600 kg gerissen. Dagegen wurde die Stumpfschweißung Abb. 61, die denselben Werkstoffquerschnitt 60×10 mm aufweist, mit 21700 kg belastet, mithin um 3100 kg mehr als die Nietverbindung, wobei die Schweißstelle nicht zerrissen werden konnte. Die beiderseits der Naht hervorgerufene Einschnürung der Bleche ist deutlich zu erkennen.

Ein weiteres Beispiel, welches die bedeutenden Vorteile und die Einfachheit der Schweißverbindung gegenüber der Nietung veranschaulicht, ist aus den Abb. 62 und 63 zu ersehen.

Die Nietverbindung Abb. 62 wurde bei einer Zugbeanspruchung von 17500 kg nicht nur sehr stark verformt, sondern ist an der Stelle A gerissen. Die Schweißverbindung Abb. 63 hingegen konnte bei einer

um 3700 kg höheren Belastung von 21200 kg nicht zerstört werden. Bei beiden Kreuzstoßverbindungen betrug der Werkstoffquerschnitt ebenfalls 60×10 mm.

Für den Überlappungsstoß Abb. 64 gibt die Tabelle 2 Anhaltswerte hinsichtlich der Breite der Überlappung. Jedenfalls soll man die Überlappung nicht breiter wählen als nötig ist, da sonst zuviel Werkstoff verbraucht wird.

Tabelle 2.

Blechstärke S in mm	Überlappung B in mm
5...10	20...30
10...15	30...50
15...20	50...70

Bei der Schweißung des T-Stoßes sind keinerlei Vorarbeiten erforderlich. Die Abb. 65 zeigt die doppelseitige Kehlnahtschweißung eines T-Stoßes aus 12 mm starken Blechen, die mit einer starkumhüllten Elektrode ausgeführt wurde. Die feinschuppige und gleichmäßige Oberfläche der Kehlnaht ist deutlich zu erkennen.

Bei Waagrechtsschweißungen ist stets der „Rechtsschweißung“, also von links nach rechts, der Vorzug zu geben.

Die Senkrechtschweißung führt man bei schwächeren Blechen von oben nach unten und bei stärkeren Blechen von unten nach oben aus (vgl. Abschn. 12d).

Vor dem Verschweißen von Rissen sind die Schweißfugen entsprechend auszukreuzen, und zwar so tief, bis der Span sich nicht mehr teilt. Risse, die man mit freiem Auge nicht wahrnehmen kann, nennt man Haarrisse. Der Verlauf solcher Haarrisse läßt sich in einfacher Weise wie folgt feststellen:

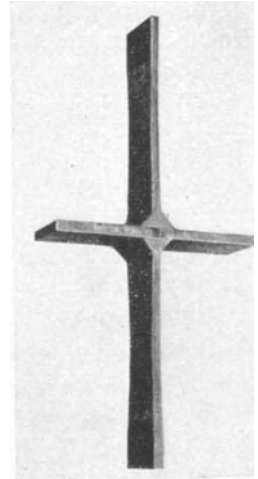


Abb. 63. Schweißverbindung.

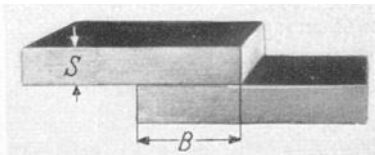


Abb. 64. Überlappung.

Abb. 65.
Doppelseitige Kehlnahtschweißung.

Zunächst werden Unreinigkeiten im Bereiche der mutmaßlichen Risse mit Schaber, Bürste usw. entfernt. Sodann trägt man reichlich Petroleum auf und läßt dieses einige Zeit in die Risse eindringen, worauf das überschüssige Petroleum wieder sauber abgewischt wird. Nun wird eine Mischung aus Schlämmkreide und Brennspritus angerührt und dieser nicht zu dicke Brei aufgestrichen. Der Brennspritus verdunstet ziemlich rasch, die Schlämmkreide trocknet ein und saugt das in den Haarriß eingedrungene Petroleum auf, wodurch der Verlauf des Risses in Form eines fettigen Streifens sehr deutlich zum Vorschein kommt.

Bei einzuschweißenden oder überlappt aufzuschweißenden Flickern dürfen die Ecken niemals scharf sein, sondern müssen stets gut abgerundet werden.

Sind an einem Werkstück Schäden, wie Risse, Brüche vorhanden, deren Ur-

sache in der Ermüdung des Werkstoffes liegt, so führt eine Schweißung zu keinem Erfolge, da — obwohl der geschweißte Riß oder Bruch hält — neue Schäden schon nach kurzer Zeit an anderen Stellen auftreten.

Aufgerissene Heftnähte dürfen nicht überschweißt werden, sondern sind vorher zu entfernen, weil der vorhandene Anriß im Grunde der Schweißung weitergeht und früher oder später zum offenen Riß führt.

Auf einem warmen Werkstück ist der Lichtbogen viel ruhiger zu halten und ein besserer Fluß zu beobachten als auf einem kalten Werkstück.

14. Auftragsschweißung.

Wenn das Werkstück möglichst kalt bleiben muß, ist die Auftragsschweißung mit dem Lichtbogen das zweckmäßigste Verfahren. Man unterscheidet die Auftragsschweißungen

- a) in solche, die gewöhnlichen Beanspruchungen unterworfen sind und
- b) in solche, bei denen eine hohe Verschleißfestigkeit gefordert wird.

Je nach dem Verwendungszweck des Werkstückes hat man für die Auftragsschweißung die hierzu geeigneten Elektroden zu wählen.

a) Für Auftragsschweißungen, bei welchen keine besonderen Anforderungen hinsichtlich Verschleißfestigkeit gestellt werden, vielmehr eine leichte Bearbeitung der Schweißung in Frage kommt, verwendet man Flußstahlelektroden normaler Zusammensetzung, z. B. bei der Auftragung von neuem Werkstoff an abgenutzten Stellen.

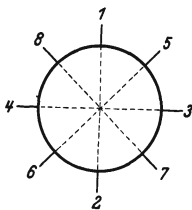


Abb. 66. Reihenfolge der Raupen beim Auftragsschweißen an Wellen.

Bei der Ausbesserung von Wellen ist die in der Abb. 66 angegebene Reihenfolge der Schweißraupen einzuhalten, wobei die einzelnen Schweißlagen nicht zu hoch aufgetragen werden dürfen, um eine übermäßige Erwärmung des Werkstückes zu vermeiden. Die Schweißraupen müssen glatt und mit Rücksicht auf die nachherige Bearbeitung — Abdrehen, Abhobeln, Abschleifen — gleichmäßig hoch und gut anschließend an die vorhergehenden Raupen aufgetragen werden. Vor Auftragen der zweiten Schweißlage ist die Schlacke sorgfältig zu entfernen.

b) Für Auftragsschweißungen an Werkstücken, die einer überaus starken Abnutzung unterliegen und bei welchen demnach eine hohe Verschleißfestigkeit gefordert wird, verwendet man Elektroden besonderer Zusammensetzung, die bei Gleichstrom stets an den Pluspol angeschlossen werden. Der aufgetragene Werkstoff kann wegen seiner großen Härte nur mit der Schleifscheibe bearbeitet werden.

Unter Festigkeit einer Auftragsschweißung ist die Verschleißfestigkeit zu verstehen. Im gewöhnlichen Sprachgebrauch decken sich die Begriffe hohe Festigkeit — Verschleißfestigkeit — und Härte.

Die Härte wird meist mittels der Kugeldruckprobe nach BRINELL bestimmt und in kg/mm^2 angegeben.

Bei größerem Querschnitte des Werkstückes und Auflegen nur einer Schweißraupe wird diese infolge der raschen Abkühlung besonders hart; demnach besitzt bei Auftragungen in mehreren Lagen die oberste Schweißraupe stets eine größere Härte als die unteren Lagen.

Die Härte der Auftragsschweißung schwankt außerdem je nach der chemischen Zusammensetzung des Werkstoffes.

15. Gußeisenkaltschweißung.

Das hauptsächlichste Anwendungsgebiet der Gußeisenkaltschweißung bildet die Ausbesserung gebrochener Gußstücke, wobei das Werkstück — wie schon die Bezeichnung „Kaltschweißung“ sagt — nicht vorgewärmt wird.

Die durch die Kaltschweißung erzielten Ersparnisse sind oftmals ganz bedeutend, weshalb dieses Verfahren, vom wirtschaftlichen Standpunkte aus betrachtet, einen äußerst wertvollen Behelf bei der Instandsetzung beschädigter Werkstücke darstellt. Die Kaltschweißung erfordert jedoch zur Erzielung befriedigender Ergebnisse weitaus mehr Erfahrung als die Flußstahl- und Stahlgußschweißung.

Es ist bekannt, daß Gußeisen von Natur aus nur geringe Dehnung hat und außerdem oft durch Eigenspannungen gefährdet ist. Beim Gießen von Gußstücken, die verschieden starke Querschnitte aufweisen, treten infolge der ungleichmäßigen Abkühlung an den Stellen der Querschnittsänderungen die sogenannten Gußspannungen auf, so z. B. zwischen den Speichen und der Nabe oder dem Kranz bei Riemen- und Seilscheiben, dann bei Hohlkörpern mit Kühlmantel usw. Die Gußspannungen bilden oftmals die Ursache von Schäden.

Die Schadensursache bei Rissen und Brüchen soll immer festgestellt werden, da hiervon in vielen Fällen die Art der Vorbereitung zum Schweißen abhängt.

Schäden, die infolge ungewöhnlicher Beanspruchung des Werkstückes entstanden sind, oder deren Ursache in einer mangelhaften Konstruktion mit zu schwacher Wandstärke liegt, sind wohl fast immer durch Schweißung zu beheben, wobei sehr oft gleichzeitig eine Verstärkung der Schweißnähte durch Laschen vorgenommen wird.

Dagegen ist Gußeisen, welches längere Zeit hohen Temperaturen und Gasen ausgesetzt war oder Öl und Säure angenommen hat, in den meisten Fällen nicht schweißbar.

Man unterscheidet bei der Gußeisenkaltschweißung

a) Schweißungen, bei welchen die Schweißstellen nur Ansprüchen hinsichtlich der Festigkeit zu genügen haben, z. B. gebrochene Arme bei Riemen- und Seilscheiben, Fundamentrahmen usw.; für solche Schweißungen verwendet man Flußstahlelektroden.

b) Schweißungen, bei welchen außer Festigkeit insbesondere Dichtigkeit der Schweißstellen gefordert wird, wie dies bei allen auf Druck beanspruchten Hohlkörpern der Fall ist. Für derartige Schweißungen verwendet man — je nach Wandstärke — entweder Flußstahlelektroden als Grundraupen und Monelektroden als Deckraupe oder nur Monelektroden allein.

Bei Verwendung einer Flußstahlelektrode nimmt diese aus dem schmelzenden Gußeisen Kohlenstoff auf, wodurch sich eine hochgekohlte, dem Stahl ähnliche Übergangszone bildet, die nur durch Schleifen zu bearbeiten ist.

Die Monelektrode hingegen, die aus einer Nickel-Kupfer-Legierung besteht, ergibt einen weichen, bearbeitbaren Übergang zwischen Gußeisen und Schweiß. Außerdem läßt sich die Schweißnaht gut hämmern und verstemmen. Die bei der Monelschweißung zu beachtenden allgemeinen Richtlinien sind im Abschn. 19 angegeben.

Vor dem Schweißen meißelt man in der Regel die Gußhaut auf ungefähr 2 mm Tiefe ab, legt eine Proberaupe auf und entfernt diese sodann wieder mit dem Meißel, um sowohl die Schweißbarkeit des Gußeisens als auch die Einbrandtiefe festzustellen. Die Vorarbeiten zur Kaltschweißung sind überhaupt sehr sorgfältig auszuführen. Risse sind — je nach der Lage — entweder an dem einen

Ende oder an beiden Enden abzubohren, um ein Weiterreißen beim Schweißen zu verhindern.

Bei abgebrochenen Stücken ist stets eine Paßfläche — möglichst über die ganze Länge des Bruches — stehenzulassen, damit die anzuschweißenden Stücke genau in ihre ursprüngliche Lage gebracht werden können. Um die angepaßten Teile in der richtigen Lage zu halten, werden sie entweder kurz geheftet oder mit Schrauben, Laschen usw. eingespannt.

Bei Werkstücken mit geringeren Wandstärken, die keiner besonders großen Beanspruchung unterworfen sind, genügt zumeist das Ausfüllen der Schweißfuge in V-Form.

Bei größeren Wandstärken werden zur Erhöhung der Festigkeit der Schweißnaht in die Schweißfuge Stiftschrauben eingesetzt, deren Anordnung von dem Verlauf der Risse, soweit diese zugänglich sind, und deren Durchmesser von der Wandstärke des Werkstückes abhängig ist. Man darf jedoch nicht zu viele Stiftschrauben setzen, da sonst die Wandung des Werkstückes unnötig geschwächt wird. Für diese Stiftschrauben gilt Tabelle 3.

Tabelle 3. Stiftschrauben für Schweißnähte.

Wandstärke in mm	Stiftschrauben (Whitworth-Gewinde)		
	Englische Zoll	Äußerer Durchmesser in mm	Kerndurchmesser in mm
15	$\frac{5}{16}$	7,94	6,13
20	$\frac{3}{8}$	9,52	7,49
25	$\frac{7}{8}$	11,11	8,79
30	$\frac{1}{2}$	12,7	9,99

Die Abb. 67 veranschaulicht die Anordnung und die Stärke der Stiftschrauben nebst ihrer Entfernung voneinander bei einer Wandstärke von 30 mm. — Es ist darauf zu achten, daß die Stiftschrauben nicht locker, sondern stramm sitzen.

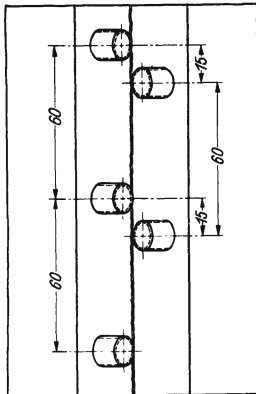
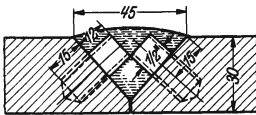


Abb. 67. Schweißnaht mit Stiftschrauben.

Es gibt verschiedene Verfahren, nach welchen die Schweißung selbst durchgeführt wird. Ein in der Praxis bewährter Schweißvorgang ist folgender:

Man schweißt nicht in einem Zuge, sondern abschnittsweise. Die Länge der einzelnen Abschnitte — je ungefähr 40... 50 mm — richtet sich wieder nach der Art des Werkstückes und der Wandstärke. — Bei langen Schweißnähten ist es vorteilhaft, wenn die einzelnen Abschnitte möglichst weit voneinander entfernt liegen. Zunächst werden die im Bereiche des ersten Abschnittes befindlichen Stiftschrauben zusammenschweißt, worauf die Schweißfuge im ganzen Querschnitt auf die Länge dieses Abschnittes ausgefüllt wird. Unter Einschaltung von Schweißpausen muß man sehr langsam schweißen, damit die Temperatur der nächsten Umgebung der Schweißstellen höchstens handwarm wird.

Zur Erhöhung der Festigkeit werden oftmals Laschen oder Bandagen aus Flußstahl, die der Form des Werkstückes gut angepaßt sein müssen, eventuell unter Verwendung von Schrauben, aufgesetzt. Es werden sowohl die Kehlnähte bei derartigen Verstärkungen als auch die Schraubenmutter verschweißt.

Falls bei einem Werkstück ein abgebrochener Teil nicht mehr verwendbar ist, kann man diesen durch ein passendes Stück aus Flußstahl ersetzen. In einem

solchen Falle werden die Stiftschrauben nur in das gußeiserne Werkstück gesetzt, da die gegenüberliegende Kante der Schweißfuge ohnedies ganz aus Flußstahl besteht.

Tritt der Fall ein, daß mit Rücksicht auf die Lage der Risse keine Stiftschrauben in die Schweißfuge gesetzt werden können, dann werden die Stiftschrauben — ebenfalls stramm sitzend — knapp neben der Schweißfuge angeordnet, wie dies aus der Abb. 68 für eine Wandstärke von 20 mm ersichtlich ist. Die Gußhaut ist beiderseits der Schweißnaht auf ungefähr 2 mm Tiefe und entsprechende Breite durch Abmeißeln zu entfernen. Der Schweißvorgang ist ungefähr der gleiche, wie oben bereits angegeben. Im unmittelbaren Bereich der gegenüberliegenden Stiftschrauben wird die Schweißnaht auf eine kurze Strecke aufgebaut, bis die beiden Schrauben miteinander verschweißt sind. Dann wird die Fuge in bekannter Weise quer zur Schweißrichtung ausgefüllt.

Wenn bei einem Hohlkörper eine Prüfung durch Wasserdruck nicht vorgenommen werden kann, wird zur Feststellung der Dichtheit der Schweißnähte die sehr einfache Petroleumprobe wie folgt angewendet:

Die Schweißnähte werden zunächst sauber gebürstet. Sodann streicht man an der Außenseite des Werkstückes Schlämmkreide, gemischt mit Brennspritus, in breiiger Form auf und läßt diesen Anstrich trocknen. Die Innenseite der Schweißnähte wird hierauf mit Petroleum gut angefeuchtet. Sind poröse Stellen vorhanden, die fast immer in der Übergangszone vom Werkstück zur Schweißung vorkommen, so zeigen sie sich dann als fettige Flecke auf der Schlämmkreide.

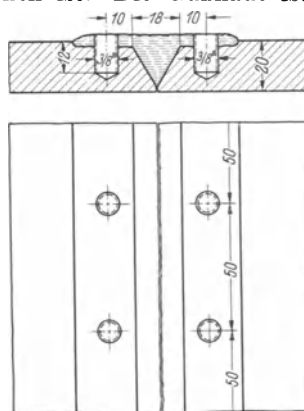


Abb. 68. Stiftschrauben außerhalb der Schweißnaht.

16. Gußeisenwarmschweißung.

Die Warmschweißung kommt bei der Ausbesserung großer Werkstücke, wie Lokomotiv- und Pumpenzylinder u. dgl. in Betracht und erfordert viel Erfahrung.

Die am Werkstück aufzuschweißenden Teile oder auszufüllenden Risse werden unter Verwendung von Formkohleplatten eingeformt, wobei für Bearbeitung entsprechend zuzugeben ist. Das so vorbereitete Werkstück wird langsam auf dunkle Rotglut erwärmt.

Die Gußeisenelektrode — aus siliziumreichem Werkstoff — ist an den Pluspol anzuschließen.

Zum Warmschweißen sind je nach Größe der Werkstücke Stromstärken von 400···1000 Ampere bei einer Schweißspannung von 45···65 Volt erforderlich. Das Schmelzbad ist gut flüssig zu halten, damit die Schlacken an die Oberfläche treten und abgeschöpft werden können.

Die Warmschweißung muß ohne Unterbrechung ausgeführt werden, wozu oft mehrere Schweißer nötig sind, die sich während des Schweißens gegenseitig ablösen.

Nach beendetem Schweißen ist das Werkstück abermals sorgfältig zu glühen und nachher mit Formsand oder Asche gut abzudecken, damit es ganz gleichmäßig und langsam abkühlt.

Bei einer sachgemäß ausgeführten Warmschweißung besitzt die Schweißung selbst keine harten Stellen und zeigt dasselbe Gefüge wie das Werkstück.

17. Gußeisenhalbwarmschweißung.

Die Halbwarmschweißung wird hauptsächlich zur Ausbesserung kleinerer Maschinenteile angewendet, die sich nach allen Seiten frei ausdehnen können und bei denen mithin die Gefahr von Spannungerscheinungen gering ist.

Bei der Halbwarmschweißung werden ebenfalls siliziumreiche Gußeisen-
elektroden verwendet, die man an den Pluspol anschließt.

Die unter Gußeisenwarmschweißung angegebenen Maßnahmen, wie:

Vorbereitung der Schweißfugen, eventuell Einförmung mit Formkohleplatten,

Schweißvorgang,

Nachglühen und

Abdecken mit Sand oder Asche,

gelten sinngemäß auch für die Halbwarmschweißung, wobei jedoch das Gußstück nicht wie bei der Warmschweißung auf Rotglut, sondern nur auf ungefähr 300° vorzuwärmen ist, was am besten im Holzkohlenfeuer geschieht.

Zur Halbwarmschweißung kleinerer Werkstücke kommt man mit Stromstärken bis rund 200 Ampere aus (Tabelle 4).

Tabelle 4.
Anhaltswerte für Gußeisenhalbwarmschweißung.

Elektroden- durchmesser in mm	Schweißspannung in Volt	Stromstärke in Amp.
4	25	110
6	30	150
8	35	200

Eine richtig ausgeführte Halbwarmschweißung ergibt dichte, weiche und leicht zu bearbeitende Schweißstellen bzw. Übergangsstellen zwischen Grundwerkstoff und Schweiße.

18. Schweißen mit Schweißkohle und Blasmagnet.

Wie bereits im Abschn. 9 — Blaswirkung des Lichtbogens — angeführt, unterliegt der im Lichtbogen fließende elektrische Strom magnetischen Einwirkungen.

Die Blasspule ermöglicht es, Form und Richtung des Kohlelichtbogens in einer für das Schweißen günstigen Weise zu beeinflussen. Das Schweißen mit dem Kohlelichtbogen unter Verwendung einer Homogenschweißkohle und einer Blasspule eignet sich in erster Linie für Dünoblecharbeiten mannigfaltigster Art. Gegenüber der Gasschweißung dünner Bleche hat dieses Schweißverfahren den Vorteil, daß die beim Gasschweißen unvermeidlichen Verwerfungen in wesentlich geringerem Maße auftreten.

Die Schweißkohle mit Blasspule (Abb. 69) ist bei Gleichstrom stets an den Minuspol anzuschließen, da bei Anschluß der Schweißkohle an den Pluspol die Gefahr besteht, daß das Werkstück übermäßig viel Kohlenstoff aus der Kohle aufnimmt.

Die Blasspule kann auch bei Wechselstrom verwendet werden, obzwar die Schweißkohle hierbei nicht so gleichmäßig und spitz abbrennt wie bei Gleichstrom.

Der Lichtbogen ist immer möglichst kurz zu halten.

Für die Dünoblechschweißung kommen folgende Schweißverbindungen in Betracht:

1. Stumpfnah,
2. überlappte Nah,

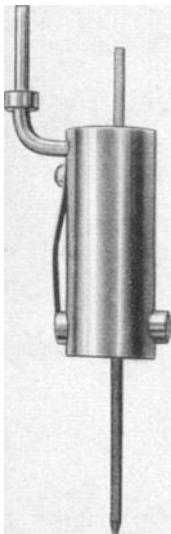


Abb. 69. Schweißkohle mit Blasspule.

3. Bördelnaht,
4. Winkelstoß.

Der bei Eisenkonstruktionen so vielfach angewendete T-Stoß kann bei Dünblechschweißungen nicht ausgeführt werden, da infolge der erforderlichen größeren Wärmezufuhr ein Durchbrennen der Bleche unvermeidlich sein würde. In der

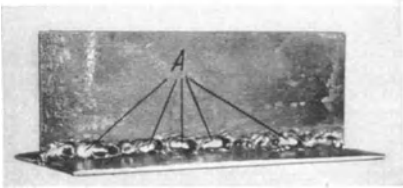


Abb. 70. T-Stoß mit durchgebrannten Stellen A.

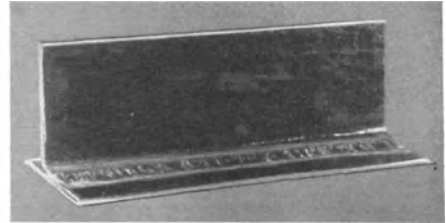


Abb. 71. T-Stoß für Dünblechschweißung.

Abb. 70 ist ein T-Stoß zu sehen, bei dem das senkrecht stehende Blech an vielen Stellen „A“ durchgebrannt ist. Das anzuschweißende Blech muß erst um 90° abgekantet (umgebördelt) werden, so daß dann eigentlich eine überlappte Naht entsteht, deren Schweißung ohne weiteres möglich ist, wie dies Abb. 71 zeigt.

Bei allen vorgenannten Schweißverbindungen müssen die Bleche sehr genau zugeschnitten sowie zusammengepaßt werden, da sonst ein Durchbrennen der Bleche nur allzu leicht vorkommt; das nachträgliche Zuschweißen von Löchern bereitet aber große Schwierigkeiten.

Vor Beginn des Schweißens sind die Nähte in Abständen von $50 \cdots 60$ mm, je nach der Größe und Art des Werkstückes, kurz zu heften, damit die Bleche in der richtigen Lage gehalten werden.

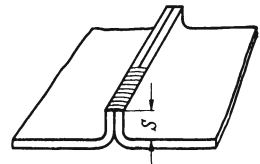


Abb. 72.
Bördelnahtschweißung.
s = Bördelhöhe = doppelte Blechstärke.

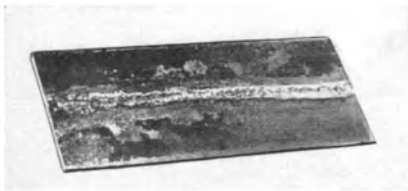


Abb. 73. Stumpfnah.

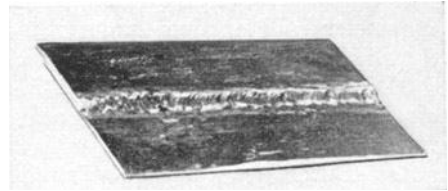


Abb. 74. Überlappte Naht.

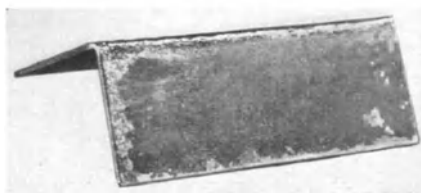


Abb. 75. Winkelstoß.

Zur Unterstützung eines gleichmäßigen und guten Schweißflusses wird auf die Schweißfuge etwas Wasserglas mittels eines Pinsels aufgestrichen.

Bleche bis 2 mm Stärke werden bei stumpfer und überlappter Naht immer ohne Zusatzdraht geschweißt. Bei $2\frac{1}{2}$ und 3 mm starken Blechen kann man einen Zusatzdraht von 2 mm Durchmesser verwenden.

Bei Bördelnaht- und Winkelstoßschweißungen werden bei allen Blechstärken bis 3 mm nur die Bördel bzw. die Kanten niedergeschmolzen. Ein Zusatzdraht ist demnach nicht erforderlich. Die Höhe S (Abb. 72) des niederzuschmelzenden Bördels soll ungefähr gleich der Höhe der doppelten Blechstärke sein.

Beim Schweißen ohne Zusatzdraht wird die Rechtsschweißung — von links

nach rechts — und beim Schweißen mit Zusatzdraht die Linksschweißung — von rechts nach links — angewendet.

Nachdem bereits eine T-Stoßverbindung gezeigt wurde (Abb. 70 u. 71), sind in den Abb. 73···75 noch einige Dünnblechschweißverbindungen an 1,5 mm Blechen zu sehen.

Das richtige Einstellen der Stromstärke hat durch eine Probeschweißung und Beobachtung des Kohlelichtbogens sowie des Schmelzflusses zu geschehen. — Als Anhaltswerte gelten die Daten der Tabelle 5.

Tabelle 5. Anhaltswerte für Dünnblechschweißungen.

Blechstärke in mm	Schweißkohlendurchmesser in mm	Schweißspannung in Volt	Stromstärke in Amp.
0,75	3	18···22	30···35
1,00	3	18···22	40···45
1,50	5	18···22	45···50
2,00	6	18···22	50···55
2,50	6	18···22	55···60
3,00	7	18···22	60···65

Das Schweißen dünner Bleche mit Kohle und Blasspule erfordert trotz des verhältnismäßig langsamen Abbrandes der Schweißkohle eine besonders ruhige und sichere Hand.

19. Schweißen der Nichteisenmetalle.

a) **Allgemeines.** Die Nichteisenmetalle, wie Aluminium, Bronze, Messing, Kupfer und Monel, schweißt man auch mit der Kohleelektrode, besser aber noch mit der Metallelektrode. Die Metallelektrode ist stets an den Pluspol und die Kohleelektrode an den Minuspol anzuschließen.

Die Nichteisenmetalle eignen sich nur für Waagerechtschweißung.

Die Schweißfugen werden in ähnlicher Weise wie bei Flußstahlschweißungen als Stumpfnah mit geraden oder abgeschrägten Kanten hergerichtet. Die Schweißfuge ist mit einem Kupfer- oder Eisenblechstreifen zu unterlegen, damit beim guten Durchschweißen ein Durchfließen des Elektrodenwerkstoffes verhindert wird. Außerdem verlieren Aluminium, Bronze, Messing und Kupfer im hoch erhitzten Zustande ihre Festigkeit nahezu ganz, ein weiterer Grund dafür, daß die Werkstücke gut unterlegt werden müssen.

Bei größeren Werkstücken wird durch ein leichtes Vorwärmen, zumal an jener Stelle, wo mit der Schweißung begonnen wird, der Schweißvorgang wesentlich erleichtert und günstig beeinflusst.

Nach Tunlichkeit ist die Rechtsschweißung, also von links nach rechts, auszuführen.

Heftschweißen sind vor Durchführung der eigentlichen Schweißung sehr sorgfältig von Schlackenresten zu reinigen. Gerissene Heftnähte sind unbedingt zu entfernen. Die Schweißfuge ist möglichst in einer Lage auszufüllen.

Mit Rücksicht auf die hohe Wärmeleitfähigkeit der Nichteisenmetalle muß die Stromstärke gegenüber Flußstahlelektroden gleichen Durchmessers erhöht werden. Die richtige Stromstärke kann man am besten bei guter Beobachtung der Schweißung einstellen. Anhaltswerte bei einer Schweißspannung von 20···25 Volt gibt Tabelle 6.

Tabelle 6. Anhaltswerte für Stromstärken bei 20...25 Volt.

Blechstärke in mm	Elektroden­durchmesser in mm	Aluminium	Bronze — Messing — Monel
		Stromstärke in Amp.	
2...3	2	80...90	70...80
3...4	3	120...130	110...130
4...5	4	160...170	140...150
5...6	5	190...210	170...180
6...10	6	220...230	190...220

b) Aluminium. Neben Reinaluminium sind auch die Kupfer-Zink-Silizium-Aluminium-Legierungen gut schweißbar — z. B. Ausbesserungen an Aluminiumgußkörpern, wie sie bei Automobilen usw. vorkommen —; auch das Schweißen der walz- und ziehbaren Aluminiumlegierungen ist heute möglich, wenn auch mit gewissen Schwierigkeiten verbunden (vgl. Abschn. 21 d).

Aluminium überzieht sich schon an der Luft mit einem sehr dünnen, farblosen Oxydhäutchen, das vor dem Schweißen mit einem Schaber oder einer Drahtbürste entfernt werden muß.

Die derzeit auf den Markt gebrachten Aluminiumelektroden sind nur für Gleichstromschweißung geeignet. Der Lichtbogen muß sehr kurz gehalten werden.

Die Elektrode muß bei senkrechter Haltung möglichst in gerader Linie, also ohne seitliche Bewegung und gleichmäßig schnell gezogen werden, da die Bleche sonst sehr leicht durchbrennen. Durchgebrannte oder mangelhafte Stellen sind nicht sofort während der Schweißung, sondern erst nach Beendigung derselben und nach Abkühlung des Werkstückes auszubessern.

Man verwendet als Unterlage unter die Schweißfuge — insbesondere bei dünnen Blechen — Streifen aus Kupfer- oder Eisenblech.

Die Schlackenreste sind mit Wasser und Drahtbürste sorgfältig zu entfernen, da sonst im Laufe der Zeit Anfrassungen an der Schweißnaht entstehen können.

Die Stumpfschweißung, wobei die entsprechend unterlegten Bleche mit geraden Schweißkanten in einem Abstände von ungefähr zwei Drittel der Blechstärke zu halten sind, ist die einfachste und ergibt die besten Erfolge. Eine Stumpfschweißung von zwei 6 mm starken Blechen ist aus Abb. 76 ersichtlich.

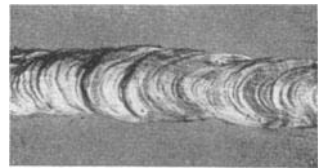


Abb. 76. Stumpfschweißung von 6 mm Aluminiumblech.

Die gewöhnliche Kehlnahtschweißung, wie sie bei Flußstahl allgemein angewendet wird und bei welcher die zu verbindenden Teile stumpf aufeinander stoßen, kann bei Aluminium nicht so ohne weiteres ausgeführt werden, da — wie die Abb. 77 zeigt — die Kehlnaht nur allzu leicht wieder aufreißt. Eine solche Schweißung ist unbrauchbar. Dieser Nachteil läßt sich aber vermeiden, wenn die einzuschweißenden Versteifungsbleche oder Zwischenwände bei Aluminiumbehältern usw. vorher gebördelt werden, wie dies in Abb. 78 dargestellt ist. Die Schweißung einer solchen Naht bereitet keine Schwierigkeiten und ist einwandfrei. Wenn die Möglichkeit besteht, daß zwischen Bördel und Blech Feuchtigkeit eindringen kann, oder wenn aus irgendeinem Grunde das Bördeln vermieden werden soll, führt man die Verbindung derart durch, daß man eine Schweißfuge, bei welcher die Abschrägung 45° beträgt, herrichtet.

Abb. 79 zeigt eine solche Kehlnahtschweißung, wobei das anzuschweißende Blech senkrecht steht; aus Abb. 80 ist die Schweißung bei waagrecht liegendem

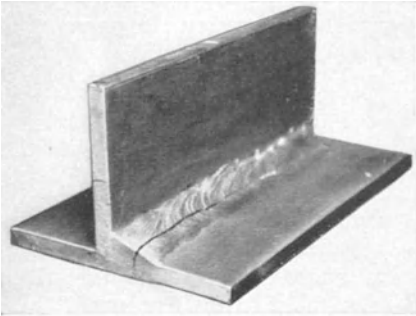


Abb. 77. Gerissene Kehlnaht.

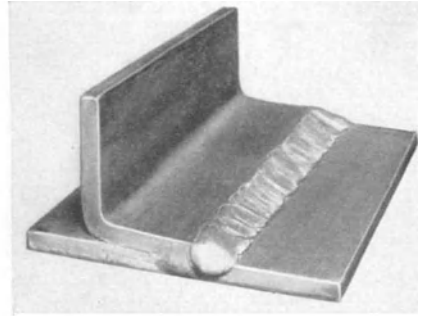


Abb. 78. Einwandfreie Aluminiumschweißung.

Blech ersichtlich. Damit auch eine einwandfreie Verschweißung in der Nahtwurzel erzielt wird, muß sowohl der Elektrodendurchmesser als auch die Stromstärke und die Haltung der Elektrode richtig gewählt werden, was am einfachsten durch eine Probeschweißung geschieht. Bei der in der Abb. 79 dargestellten Kehlnaht an 6 mm starken Blechen wurde eine Elektrode 5 mm Durch-

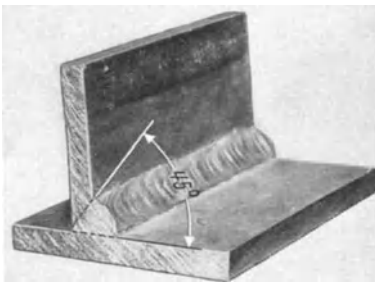


Abb. 79. Kehlnahtschweißung von Aluminium.

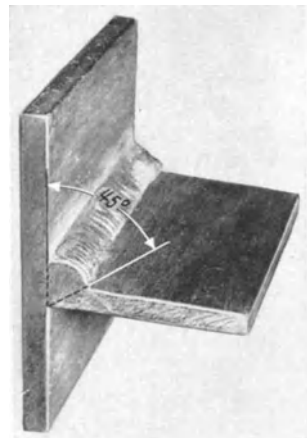


Abb. 80. Kehlnahtschweißung von Aluminium.

messer mit 250 Ampere geschweißt. Die Schweißung nach Abb. 80 wurde bei einer gleichen Blechstärke mit nur 210 Ampere ausgeführt, da bei einer höheren Stromstärke die Wurzel der Kehlnaht durchbrennt und somit der eingeschweißte Werkstoff durchtropft.

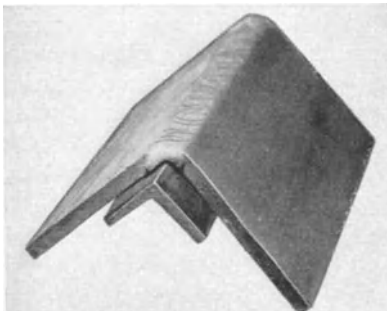


Abb. 81. Winkelstoßschweißung von Aluminium.

Die Winkelstoßschweißung ist, wie aus der Abb. 81 ersichtlich, ohne weiteres ausführbar, nur muß man, um ein Durchtropfen des flüssigen Metalles zu verhindern, unter die Schweißfuge eine Unterlage, am zweckmäßigsten ein Winkeleisen, legen.

c) Monel. Wie bereits im Abschn. 15 angeführt, wird Monelmetall mit besonderem

Vorteil bei der Gußeisenkaltschweißung angewendet. Die Ausbesserung gebrochener und auf Dichtheit beanspruchter Maschinenteile sowie solcher Werkstücke, bei welchen eine Nachbearbeitung der Schweißnähte nötig ist, werden daher unter Verwendung von Monelektroden ausgeführt. Die Übergangsstellen von der Schweißung zum Grundwerkstoff sind weich und die Schweißnaht läßt sich sehr gut bearbeiten und verstemmen.

Nachstehende Maßnahmen sind zur Erzielung einwandfreier Monelschweißungen zu beachten:

Dem Durchmesser der umhüllten Elektrode sowie der Größe des Werkstückes entsprechend ist die Stromstärke richtig einzustellen.

Die Schweißung hat abschnittsweise zu erfolgen, und zwar sollen bei langen Schweißnähten die einzelnen Abschnitte möglichst weit voneinander entfernt liegen.

Die Elektrodenhaltung ist dieselbe wie bei der Flußstahlschweißung, d. h. der Lichtbogen ist stets auf jene Stelle zu richten, an welcher ein genügender Einbrand erzielt werden muß, wobei die Elektrode entweder geradlinig oder zickzackartig geführt wird.

Die Schweißraupen sollen — je nach der Wandstärke — in Längen von 30 mm bis höchstens 50 mm gezogen werden.

Durch ein leichtes, rasches Hämmern der noch warmen Schweißnaht wird eine Verringerung der Spannungen sowie größere Dichtheit der Naht erzielt.

Zur Vermeidung gefährlich werdender Schweißspannungen soll langsam geschweißt werden, damit die Temperatur in der nächsten Umgebung der Schweißnaht höchstens handwarm wird.

d) Bronze und Messing. Bei Bronzeauftrags- oder Reißschweißungen an Rotgußlagern, Büchsen usw. müssen Verunreinigungen, insbesondere die Schmierölrückstände, gründlich entfernt werden.

Beim Schweißen muß unbedingt ein Atmungsschutz (Respirator) mit angefeuchteter Einlage getragen werden, da die sich bildenden Dämpfe sehr schädlich sind und das sogenannte „Messingfieber“ hervorrufen. Bei Fieberanfällen sind zweckmäßigerweise 1····2 Aspirin-tabletten 0,5 zu nehmen. Überdies ist für eine sehr gute Lüftung des Schweißraumes — wenn möglich mittels eines Ventilators — Vorsorge zu treffen.

Bei Bronzschweißungen kann man durch nachträgliches Ausglühen und Abschrecken in kaltem Wasser die Festigkeitseigenschaften der Schweißnaht verbessern.

e) Kupfer. Das Schweißen von Kupfer bereitet in Anbetracht seiner hohen Wärmeleitfähigkeit, die ungefähr sechsmal so groß ist wie beim Eisen, gewisse Schwierigkeiten. Je nach der Größe und Art des Werkstückes muß die Stromstärke entsprechend hoch eingestellt werden, was am besten durch aufmerksame Beobachtung der Schweißung geschieht.

Die Kupferschweißung kommt derzeit wohl nur für Auftrags- und leichte kleinere Verbindungsschweißungen in Betracht.

Für die Kupferschweißung finden zumeist umhüllte Bronzeelektroden geeigneter Zusammensetzung Verwendung.

Für Kupferschweißungen jedoch, von denen große Festigkeit und Dehnung gefordert werden, z. B. bei Feuerbüchsen für Lokomotiven, kommt derzeit nur die Gasschweißung in Betracht.

20. Das elektrische Schneiden.

Beim elektrischen Schneiden wird der Werkstoff lediglich nur abgeschmolzen, während er beim autogenen Schneiden verbrennt.

Außer Flußstahl kann man auch Grauguß und Kupfer, die sich beide autogen nicht schneiden lassen, elektrisch schneiden.

Das elektrische Schneiden wird sowohl mit der Kohlelektrode als auch mit einer Flußstahlelektrode, die unter dem Namen „Schneidelektrode“ auf den Markt gebracht wird, ausgeführt.

Die Kohlelektrode — entweder Homogen- oder Graphitkohle — schließt man an den Minuspol an. Die Flußstahlschneidelektrode hingegen wird an den Pluspol angeschlossen.

Im Gegensatz zum elektrischen Schweißen muß beim Schneiden der Lichtbogen sehr lang gehalten werden.

Man schneidet immer von „unten nach oben“, damit das ausgeschmolzene Metall gut aus der Fuge abtropfen kann.

Beim elektrischen Schneiden werden die Schnittflächen niemals so sauber wie beim autogenen Schneiden.

Das Elektroschneiden wird deshalb hauptsächlich zur Verschrottung von Eisenkonstruktionen und Gußteilen angewendet.

Beim Schneiden von Kupfer sind infolge der großen Wärmeleitfähigkeit desselben wesentlich höhere Stromstärken als bei Flußstahl und Gußeisen nötig.

21. Einige Angaben über die wichtigeren Metalle.

a) Eisen und Stahl. Das Eisen für industrielle Zwecke teilt man in zwei Hauptgruppen ein:

1. in nichtschmiedbares Eisen, Roheisen genannt, und
2. in schmiedbares Eisen, Stahl genannt.

Unter Roheisen versteht man jene im Hochofen aus Erzen gewonnenen Legierungen des Eisens, deren Kohlenstoffgehalt 1,7% übersteigt und die weder schmiedbar noch schweißbar sind.

Gußeisen oder Grauguß wird durch Umschmelzen von grauem Roheisen zu meist im Kupolofen gewonnen. Gußeisen ist ein spröder, nicht schmiedbarer, wohl aber schweißbarer Werkstoff, bei dem ein Teil des Kohlenstoffgehaltes in Form von Graphit — an der Bruchfläche ohne weiteres erkennbar, daher Grauguß — ausgeschieden ist.

Unter schmiedbarem Eisen versteht man jene Legierungen des Eisens, deren Kohlenstoffgehalt weniger als 1,7% beträgt.

Nach den DIN-Normen werden als Stahl sämtliche schmiedbare Eisensorten jeglicher Härte bezeichnet. Je nach der Zusammensetzung der Stähle unterscheidet man:

1. Kohlenstoff- oder gewöhnliche Stähle, und
2. legierte Stähle.

Für die beiden früheren Benennungen „Flußeisen“ und „Flußstahl“ wurde die einheitliche Benennung „Stahl“ eingeführt, wobei die bisherigen handelsüblichen Bezeichnungen, wie z. B. Schrauben- und Nieteneisen, Flach- und Rund-eisen, Winkel- und U-Eisen, Eisenbleche usw., auch weiterhin beibehalten werden.

Gewöhnliche Stähle mit geringem Kohlenstoffgehalt sind leichter schweißbar als Stähle mit höherem Kohlenstoffgehalt.

Legierte Stähle werden je nach der besonderen Zusammensetzung benannt, wie z. B. Manganstahl, Nickelstahl, Chromnickelstahl usw. Für die Schweißung legierter Stähle sind stets die bezüglichen Vorschriften der Lieferfirmen zu beachten.

Man versteht unter Stahlguß jenen Stahl, der unmittelbar in die Formen gegossen wird (Stahlformguß). Stahlguß ist sowohl schmiedbar als auch schweißbar.

Man bezeichnet als Temperguß Abgüsse aus weißem Roheisen bestimmter Zusammensetzung, die einem längeren oder kürzeren Glühprozeß unterworfen werden und dabei infolge Kohlenstoffabgabe schmied- und schweißbar werden. Die Schweißbarkeit des Tempergusses ist jedoch von der Länge des Glühprozesses abhängig.

b) Kupfer ist neben Eisen das wichtigste Metall, findet vielseitige Anwendung in der Industrie und kommt entweder als Hüttenkupfer oder als Elektrolytkupfer, welches nahezu chemisch reines Metall darstellt, in den Handel; die hauptsächlichsten Eigenschaften des Kupfers sind:

Es ist weich, sehr dehnbar und hat eine ungefähr sechsmal so große Wärmeleitfähigkeit als Eisen.

Es läßt sich im Schmiedefeuer weder schweißen noch härten und ist außerdem sehr schlecht gießbar.

Es hat eine lachsrote Farbe. Zeigt die Bruchfläche jedoch eine ziegelrote Farbe, dann ist es überhitzt oder, wie man sagt: „verbrannt“. Ein solches Kupfer kann nicht mehr gebrauchsfähig gemacht werden.

Kupfer ist sowohl mit der Kohle- als auch mit der Metallelektrode schweißbar.

c) Bronze — Messing. Unter Zinnbronze oder einfach Bronze versteht man eine Kupfer-Zinn-Legierung; sie wird jedoch Phosphorbronze genannt, wenn sie durch Phosphor desoxydiert ist.

Rotguß oder Rotmetall ist eine Kupfer-Zinn-Zink-Legierung.

Spezialbronze ist eine Bronze, die nebst Zinn weitere Legierungszusätze enthält, soweit sie nicht unter die Bezeichnung von Rotmetall fällt, z. B. Manganbronze, Aluminiumbronze, Bleibronze usw.

Messing ist eine Kupfer-Zink-Legierung, die aber weniger Kupfer enthält als Bronze. Tombak ist ebenfalls eine Kupfer-Zink-Legierung, jedoch mit höherem Kupfergehalt als Messing.

Unter Spezialmessing versteht man ein Messing, welches weitere Legierungszusätze, wie Nickel, Mangan, Eisen usw., enthält.

Bronze und Messing kann man sowohl mit der Kohle- als auch mit der Metallelektrode schweißen.

d) Aluminium. Als Hüttenaluminium wird reines, aus den Rohstoffen hüttenmännisch erzeugtes Aluminium mit einem Reinheitsgrade von 98···99,5% bezeichnet; es wird für Walz- und Zieherzeugnisse sowie zu Guß- und Legierungszwecken verwendet.

Außer Reinaluminium sind auch die Al-Legierungen, die für die Leichtmetallwirtschaft Deutschlands große Bedeutung haben, nach Überwindung der anfänglichen erheblichen Schwierigkeiten schweißbar. Gute Erfolge hat man dadurch erzielt, daß die Elektrode der chemischen Zusammensetzung des zu schweißenden Werkstoffes angepaßt wird bzw. der gleichen Legierungsgattung angehört.

Sofern Metallelektroden verwendet werden, kann man das Aluminium und seine Legierungen bisher nur mit Gleichstrom schweißen (vgl. Abschn. 19 a).

Die Wärmeleitfähigkeit des Aluminiums ist ungefähr dreimal so groß wie beim Eisen.

e) Magnesium. Dieses Metall, das vollständig aus deutschen Rohstoffen gewonnen wird, zeichnet sich durch sein geringes Gewicht und seine verhältnismäßig große Festigkeit aus. Als Gußwerkstoff (Elektronguß) erbringt es z. B. gegenüber Grauguß bei gleicher Festigkeit eine Gewichtsersparnis von 60···70%. Das Lichtbogenschweißen von Magnesium befindet sich noch in der Entwicklung.

f) Monelmetall ist eine Nickel-Kupfer-Legierung mit hohem Nickelgehalt und wird in Kanada unmittelbar aus Nickel-Kupfer-Erzen gewonnen.

Die hauptsächlichsten Eigenschaften des Monelmetalles sind:

Es ist zäh und streckbar wie Stahl, leicht bearbeitbar, gieß- und schmiedbar.

Es besitzt Widerstandsfähigkeit verschiedenen Chemikalien gegenüber.

Es hat eine silberglänzende Farbe und ist dem Reinnickel sehr ähnlich.

Es ist sowohl mit der Kohle- als auch mit der Metallelektrode schweißbar.

Monelmetall wird bei der Gußeisenkaltschweißung mit ganz besonderem Vorteil angewendet.

g) Schmelztemperaturen. Im Mittel kann man als Schmelztemperaturen in Graden Celsius annehmen:

Gewöhnlicher Stahl (Flußeisen) . . .	1500	Bronze	900
Legierter Stahl	1450	Messing	900
Monelmetall	1360	Aluminium	660
Gußeisen	1200	Zink	420
Kupfer	1080	Zinn	230

22. Erklärungen einiger oft vorkommender Begriffe.

Das Volt (V) ist die Einheit der Spannung und das Ampere (A) die Einheit der Stromstärke.

Das Watt (W) ist die Einheit der elektrischen Leistung ($1 \text{ W} = 1 \text{ V} \times 1 \text{ A}$). Gewöhnlich wird mit dem tausendfachen Wert, dem „Kilowatt“ (kW) gerechnet.

Die elektrische Arbeit, die von einem Kilowatt während einer Stunde geleistet wird, entspricht einer Kilowattstunde (kWh).

Die Pferdestärke ist die Einheit der mechanischen Leistung und entspricht theoretisch einer elektrischen Leistung von 736 Watt (0,736 Kilowatt).

Man rechnet in der Praxis unter Berücksichtigung der Verluste bei Umsetzung von elektrischer in mechanische Leistung:

1 Kilowatt (kW) = 1,25 Pferdestärke (PS),

1 Pferdestärke = 0,8 Kilowatt.

Eine Atmosphäre entspricht einem Druck von einem Kilogramm auf eine Fläche von einem Quadratcentimeter.

Anode bezeichnet den Pluspol und Kathode den Minuspol.

Man versteht unter Festigkeit die Widerstandsfähigkeit eines Metalles gegen Zug, Druck, Biegung und Verdrehung. Die Festigkeit bei Metallen wird in Kilogramm, bezogen auf ein Quadratmillimeter Querschnitt, angegeben.

Man bezeichnet ein Metall als dehnbar, wenn es sich hämmern, schmieden, walzen läßt.

Man bezeichnet ein Metall als zäh, wenn es auch bei stoßweiser Beanspruchung nur unter Annahme starker Formveränderung zerstört werden kann. Hingegen bezeichnet man ein Metall als spröde, wenn es nur geringe, stoßweise Beanspruchung zu ertragen vermag.

Unter Kerbzähigkeit versteht man den Widerstand eines Probestabes gegen plötzlichen Schlag. Die Kerbzähigkeit wird in Kilogramm auf 1 cm^2 ausgedrückt.

Unter Härte versteht man den Widerstand, den ein Metall dem Eindringen eines Stoffes beim Bohren, Drehen, Feilen usw. entgegensetzt.

Der Schmelzpunkt gibt diejenige Temperatur an, bei welcher ein Metall beim Erhitzen in den flüssigen Zustand übergeht.

Unter Wärmeleitfähigkeit versteht man die Geschwindigkeit, mit welcher die Wärme ein Metall durchfließt (die Wärmeleitfähigkeit des Kupfers ist ungefähr sechsmal und die des Aluminiums dreimal so groß wie beim Eisen).

Das spezifische Gewicht gibt diejenige Zahl an, um wievielfach schwerer das betreffende Metall als der gleiche Rauminhalt Wasser ist.

Man versteht unter Oxydation die Verbindung eines Metalles mit Sauerstoff. Desoxydation kennzeichnet eine Sauerstoffentziehung, also das Gegenteil von Oxydation.

Unter einer Legierung versteht man eine Mischung von mehreren Metallen durch Zusammenschmelzung, z. B. Messing ist eine Kupfer-Zink-Legierung.

Unter Korrosionen versteht man Anfressungen (Rostgruben), die durch chemische Einflüsse verursacht wurden.

23. Ausbildung und Eigenschaften des Schweißers.

Das elektrische Lichtbogenschweißen ist ein Handwerk, das, wie jedes andere, erlernt sein muß.

Die erste Ausbildung soll der angehende Elektroschweißer entweder durch den Besuch eines Ausbildungslehrganges oder durch Anlernung unter Aufsicht eines Lehrschweißers erhalten. — In einem Schweißkurs werden zumeist nur die Anfangsgründe gelehrt. Der Anfänger muß daher trachten, durch fleißige Übung die erforderlichen Fertigkeiten sich anzueignen.

Elektroschweißer, die nur eine oberflächliche Ausbildung erhalten haben und dann selbständig das Schweißhandwerk ausüben, laufen Gefahr, Fehlschläge zu bekommen, insbesondere dann, wenn sie an sehr schwierige Arbeiten herantreten, denen sie nicht gewachsen sind. Dadurch kann die Lichtbogenschweißung in Mißkredit kommen.

Schweißer, die zu Schweißungen an Stahlkonstruktionen im Hochbau herangezogen werden, haben die Prüfungen im Sinne des § 6 der Vorschriften für geschweißte Stahlhochbauten, (DIN 4100) Ausgabe 1934, abzulegen.

Eine besondere Gruppe bilden die Kesselschweißer. Aus den weiter unten angeführten „Richtlinien für die Ausbildung und Prüfung von Kesselschweißern“ geht hervor, daß man zu unterscheiden hat zwischen:

- a) selbständigen Schweißern, das sind jene Schweißer, die selbständig und unter eigener Verantwortung dem Auftraggeber gegenüber Schweißarbeiten ausführen;
- b) Werkstättenschweißern, das sind solche Schweißer, die als abhängige Betriebsangehörige im Auftrag, unter Anleitung und Verantwortung eines anerkannten Fachmannes (Schweißingenieur, Schweißmeister) Schweißarbeiten ausführen.

Schweißer, die als Dampfkesselschweißer Verwendung finden, müssen an einem Sonderlehrgang teilgenommen haben. Der theoretische und praktische Ausbildungsplan ist für beide Gruppen in den Richtlinien festgelegt.

Auf Grund der „Richtlinien für die Ausbildung und Prüfung von Kesselschweißern“ — als Verordnung herausgegeben vom Reichswirtschaftsminister vom 30. November 1938 — dürfen nur solche Schweißer mit Schweißarbeiten an Dampfkesseln beschäftigt werden, welche die vorgeschriebenen Prüfungen mit Erfolg abgelegt haben.

Die wichtigsten Eigenschaften eines Elektroschweißers müssen sein:

- Fleiß und Ausdauer,
- gute Beobachtung,
- eine sichere, ruhige Hand,
- Gewissenhaftigkeit,

sowie der Wille, nicht nur zu lernen, sondern auch stets bestrebt zu sein, sich weiter auszubilden.

24. Fehler, die der Schweißer vermeiden soll.

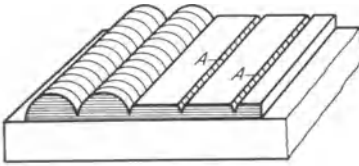


Abb. 82.

Es ist falsch, bei Auftragsschweißungen die einzelnen Schweißraupen so aneinander zu legen, wie dies die Abb. 82 zeigt, weil beim Abhobeln, Abdrehen oder Abschleifen der Schweißnaht keine gleichmäßige, fehlerlose Oberfläche entsteht, sondern die Stellen *A* als Riefen sichtbar bleiben, wodurch eine solche Schweißung unbrauchbar wird.

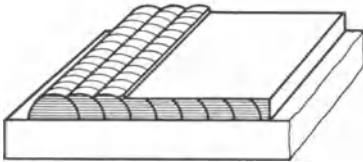


Abb. 83.

Es ist richtig, bei Auftragungen die Schweißraupen derart zu legen (Abb. 83), daß die folgenden Raupen ohne Zwischenraum an die vorhergehenden gut anschließen, was durch richtige Haltung, also entsprechende Neigung der Elektrode, erreicht wird. Die nachträgliche Bearbeitung der Auftragsschweißung wird in diesem Falle eine brauchbare Oberfläche zeigen.

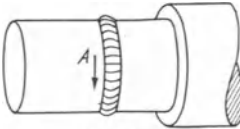


Abb. 84.

Es ist falsch, das Auftragen der Schweißraupen auf einer Welle (Abb. 84) in der Richtung des Umfanges *A* auszuführen, weil, wie die Erfahrung lehrt, durch diese Art der Raupenlegung sehr leicht Wellenbrüche vorkommen können.

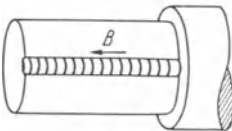


Abb. 85.

Es ist richtig, das Legen der Raupen (Abb. 85) nur in der Längsrichtung *B* der Welle vorzunehmen, bei gleichzeitiger genauer Einhaltung der im Abschn. 14 bereits angegebenen Reihenfolge der einzelnen Schweißraupen, weil sonst ein Verziehen — Werfen — der Welle eintritt. Mit Rücksicht auf das nachherige Abdrehen ist es notwendig, daß die Schweißraupen auf der Wellenstirnseite diese ein wenig übergreifen.



Abb. 86.

Es ist falsch, bei Mehrlagenschweißungen die einzelnen Schweißraupen in der durch Ziffern bezeichneten Reihenfolge zu legen (Abb. 86), da an den Stellen *A* ungebundene Schweißungen, also Hohlräume entstehen, wodurch die Festigkeit der Schweißnaht ganz wesentlich herabgesetzt wird.



Abb. 87.

Es ist richtig, die Reihenfolge der einzelnen Schweißraupen, wie sie durch Ziffern in der Abb. 87 angegeben sind, einzuhalten. Man beginnt demnach mit der Schweißung stets am Rande der Schweißfuge, da — wie bereits im Abschn. 7 erwähnt — die Güte einer Schweißung ganz wesentlich von dem guten Einbrand an den Blechrändern abhängig ist.

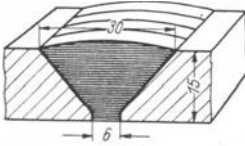


Abb. 88.

Es ist falsch, die Schweißkanten so abzuschrägen, wie es beispielsweise an 15 mm starken Blechen in der Abb. 88 dargestellt ist, weil das Ausfüllen einer so breiten Schweißfuge einen nutzlosen Mehraufwand an Arbeitszeit, Strom und Elektroden erfordert und außerdem große Schrumpfspannungen entstehen.

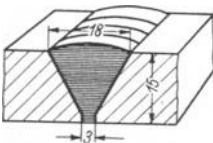


Abb. 89.

Es ist richtig, die Schweißfuge nur so breit abzuschrägen (Abb. 89), als dies zum guten Durchschweißen des Querschnittes erforderlich ist. Ausführliche Angaben für die gebräuchlichen Blechstärken von 8, 10, 12, 15 und 20 mm sowie 25 mm wurden bereits im Abschn. 13 gemacht.

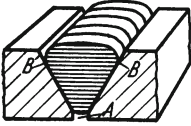


Abb. 90.

Es ist falsch, die Nahtwurzel *A* (Abb. 90) nicht gründlich durchzuschweißen und die oberen Blechränder bei *B* nicht gut verlaufend zu verschweißen, weil in beiden Fällen Kerben entstehen, die — manchmal schon bei verhältnismäßig geringer Belastung — die Ursache eines Bruches der Schweißnaht bilden.

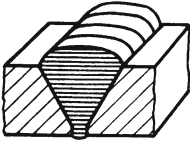


Abb. 91.

Es ist falsch, den Wulst der Deckraupe übermäßig hoch aufzutragen (Abb. 91.) Eine überhöhte Naht bedeutet eine Kerbe und erniedrigt somit die Festigkeit gegen wechselnde Belastung.

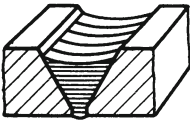


Abb. 92.

Es ist falsch, wenn die Deckraupe die Form der Abb. 92 aufweist, weil dadurch die Schweißfuge nicht vollständig ausgefüllt wird und mithin eine Schwächung des Blechquerschnittes zur Folge hat.

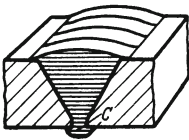


Abb. 93.

Es ist richtig, die ganze Schweißfuge gut durchzuschweißen (Abb. 93), wobei die Grundraupe mit einer dünnen Elektrode zu legen ist, damit auch die Nahtwurzel richtig ausgefüllt wird. Einen etwaigen Fehler an der Nahtwurzel behebt man durch das Legen einer wurzelseitigen Raupe *C*, wobei jedoch die fehlerhaften Stellen an der Nahtwurzel vorher angekreuzt werden müssen.

Die wulstförmige Erhöhung der Deckraupe richtet sich nach der Blechstärke und soll ungefähr bis 3 mm betragen. Die Deckraupe ist bei stärkeren Blechen nicht in der Längsrichtung der Schweißnaht, sondern quer zu dieser zu legen, und zwar durch richtige Führung der Elektrode, wobei auf einen gleichmäßig verlaufenden Übergang an den oberen Kanten der Schweißfuge ganz besonders zu achten ist.

Jeder Schweißer soll sich durch Vornahme von Biegeproben selbst davon überzeugen, welch überaus schädlichen Einfluß die Kerbwirkung auf die Festigkeit einer sonst gut ausgeführten Stumpfschweißnaht hat, er wird dann gewiß sein besonderes Augenmerk auf einen allmählich verlaufenden Übergang der Deckraupe mit dem Blech sowie auf die gründliche Verschweißung an der Nahtwurzel richten.

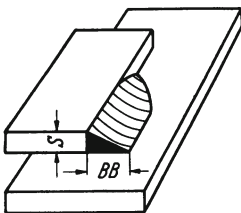


Abb. 94.

Es ist falsch, die Kehlnaht so breit zu schweißen, wie dies in der Abb. 94 mit *BB* angegeben ist, weil dadurch keine Erhöhung der Festigkeit erzielt wird. Abgesehen davon, daß eine derartige Schweißung nicht fachgemäß ist, ist sie außerdem infolge Mehraufwand an Zeit, Strom und Elektroden auch unwirtschaftlich.

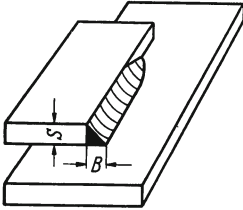


Abb. 95.

Es ist richtig, die Kehlnaht so zu schweißen, wie dies die Abb. 95 zeigt, weil die natürliche Form der Kehlnaht, also das gleichschenklige Dreieck, die größte Festigkeit ergibt. Die Kehlnahtbreite B soll gleich der Höhe S sein. Bei Festigkeitsnähten ist die Kehlnaht niemals hohl, sondern stets voll zu schweißen.

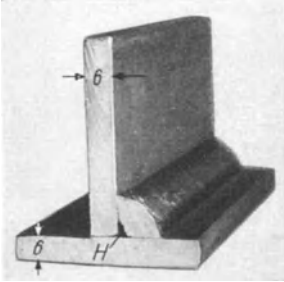


Abb. 96.

Es ist falsch, eine Kehlnaht mit zu geringer Stromstärke zu schweißen, weil dann der in der Abb. 96 dargestellte Fehler eintritt. Es entsteht bei H eine Stelle ohne Einbrand — ein kleiner Hohlraum —, gerade dort, wo die größte Beanspruchung der Kehlnaht liegt. Die Spitze der Kehlnaht muß daher ebenfalls einen guten Einbrand aufweisen, was durch richtig bemessene Stromstärke erreicht wird. Die fehlerhafte Kehlnaht wurde mit einer Elektrode von 3 mm Durchmesser und mit einer Stromstärke von 95 Amp. geschweißt. Richtig ist in diesem Falle: 4-mm-Durchmesser-Elektrode und 140 Amp.

Es ist falsch, eine Kehlnaht mit zu hoher Stromstärke zu schweißen. Es entsteht dann am senkrechten Blech eine Randkerbe K , wie dies Abb. 97 zeigt.

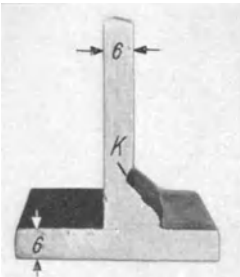


Abb. 97.

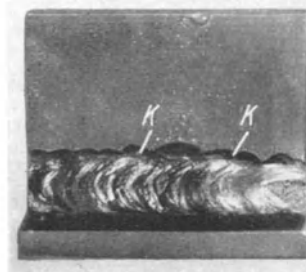


Abb. 98.

Die im Querschnitt dargestellte Randkerbe tritt nicht stellenweise auf, sondern verläuft entlang der Kehlnaht, wie aus der Abb. 98 zu ersehen ist. Auf die Gefährlichkeit der Kerbwirkung wurde schon mehrfach hingewiesen. Außerdem erfährt das Blech eine Schwächung des Querschnittes, wodurch die

Festigkeit herabgesetzt wird. Die mangelhafte Kehlnaht wurde mit einer Elektrode von 4 mm Durchmesser und mit einer Stromstärke von 160 Amp. geschweißt. Richtig ist in diesem Falle: 4-mm-Durchmesser-Elektrode und 140 Amp.

Diese beiden Beispiele sollen dem Schweißer neuerlich in Erinnerung bringen, wie wichtig es zur Erzielung einwandfreier Schweißungen ist, nicht nur die Stärke der Elektrode richtig zu wählen, sondern auch mit der richtig eingestellten Stromstärke zu schweißen.

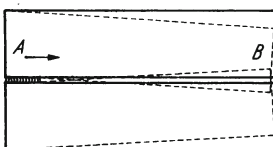


Abb. 99.

Es ist falsch, zwei lose gelagerte Bleche durch eine Schweißnaht zu verbinden, wie dies Abb. 99 zeigt. Beginnt man bei A mit der Rechtsschweißung, so öffnen sich zunächst die Bleche bei B , um dann nach kurzer Zeit infolge Schrumpfung der Naht sich übereinander zu legen, wie dies die gestrichelten Linien andeuten. Ein Ausrichten der Bleche in die ursprüngliche Lage ist ganz unmöglich, weshalb die Schweiße wieder ausgekreuzt werden muß.

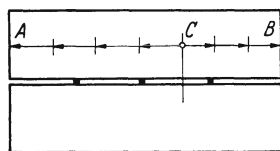


Abb. 100.

Es ist richtig, die Schweißung in der nachfolgenden Art (Abb. 100), die wohl zumeist angewendet wird, auszuführen. Der Abstand der beiden Bleche voneinander richtet sich nach der jeweiligen Blechstärke. Nach dem Heften — ungefähr $4 \cdot 6$ kurze Heftnähte auf den laufenden Meter — schweißt man zunächst vom Punkt C in der Richtung nach B und dann erst das zweite Ende von C nach A . Um einer zu hohen Erwärmung — besonders bei schmalen Blechen — vorzubeugen, schweißt man nicht in einem Zuge, sondern in kurzen Abschnitten bei gleichzeitiger Einschaltung richtig bemessener Schweißpausen. Etwa gerissene Heftnähte sind vor dem Durchschweißen der Naht auf jeden Fall zu entfernen.

Der vorstehend angegebene Arbeitsvorgang bezieht sich nicht nur auf die Stumpfschweißung ebener Blechplatten allein, sondern wird auch bei zylindrisch oder kegelig eingerollten Mantelblechen mit dem gleichen Vorteil angewendet.

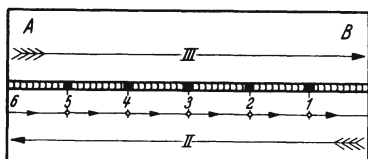


Abb. 101. Schweißung langer Stumpfnähte.

Um die unvermeidlichen Spannungen, die beim Schweißen langer Stumpfnähte auftreten, auf ein Mindestmaß zu verringern, wird sehr häufig eine zweite Art der abschnittweisen Schweißung angewendet, die in Abb. 101 dargestellt ist. Zunächst werden die beiden Bleche wieder kurz geheftet. Sodann beginnt man mit dem Schweißen bei 1 in der Richtung nach B . Hierauf wird von 2 bis an den ersten Nahtabschnitt geschweißt, dann von 3 gegen 2 und so fort, bis die ganze Nahtlänge fertiggestellt ist. Der letzte Abschnitt von 6 nach 5 kann auch von innen nach außen, d. h. von 5 nach 6, geschweißt werden.

Die Länge der einzelnen Schweißabschnitte ist der jeweiligen Blechstärke anzupassen. Beispielsweise wählt man bei 12 mm starken Blechen die einzelnen Abschnitte erfahrungsgemäß $120 \cdot 180$ mm lang.

Kommt eine Mehrlagenschweißung in Betracht, was bei Blechen von 6 mm Stärke aufwärts der Fall ist, so wird die zweite Lage in einem Zuge als durchlaufende Naht, und zwar von B nach A (Pfeilrichtung II) geschweißt. Falls noch eine dritte Lage geschweißt werden soll, beginnt man mit dieser bei A und schweißt durchlaufend nach B (Pfeilrichtung III).

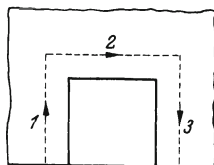


Abb. 102.

Es ist falsch, bei einem auf drei Seiten einzuschweißenden Flicker (Abb. 102) bei 1 zu beginnen und die Schweißung über 2 nach 3 in einem Zuge, oder auch in abschnittweiser Schweißung fortzusetzen, weil in diesem Falle die Arbeit zu einem Mißerfolg führt.

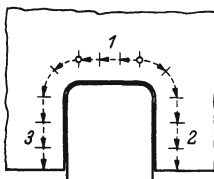


Abb. 103.

Es ist richtig, zunächst die scharfen Ecken star. abzurunden und den Flicker gut einzupassen, wobei jedoch soviel Spielraum vorhanden sein muß, daß eine gründliche Durchschweißung in der Nahtwurzel möglich ist (Abb. 103).

Mit Rücksicht auf die Schrumpfung muß der Flicker auf der freien Seite über das Blech vorstehen. Nach leichtem Heften an allen drei Seiten ist die Naht zu-

nächst in der Richtung 1 zu schweißen, und zwar in der angegebenen Reihenfolge, erst dann folgen die Nähte in den Richtungen 2 und 3. Damit der Flicker sich nicht allzu stark erwärmt, ist die Schweißung nicht in einem Zuge, sondern in kurzen Abschnitten unter Einschaltung richtig bemessener Schweißpausen durchzuführen. Bei Mehrlagenschweißung ist es zweckmäßig, die Grundraupe wegen der Gefahr des Aufreißen nicht länger als höchstens 100 mm zu legen und sodann die Schweißfuge im ganzen Querschnitt voll auszufüllen, ehe die Grundraupe weitergeschweißt wird. Gerissene Heftnähte sind vor dem Durchschweißen der Naht zuverläßlich auszukreuzen.

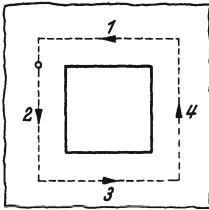


Abb. 104.

Es ist falsch, einen allseits geschlossenen Flicker mit scharfen Ecken einzusetzen und in der Reihenfolge einzuschweißen, wie dies nebenstehende Abb. 104 zeigt, weil die Schweißnaht infolge der auftretenden Schrumpfung unbedingt aufreißen wird.

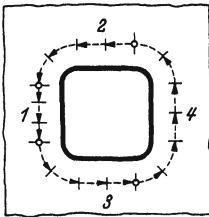


Abb. 105.

Es ist richtig, die Ecken gut abzurunden, den Flicker in der oben angegebenen Art sorgfältig einzupassen und an mehreren Stellen leicht zu heften (Abb. 105). Die Schweißung erfolgt dann in der angegebenen Reihenfolge.

Die bereits bei der dreiseitigen Schweißung eines Flickers (Abb. 103) angeführten Maßnahmen, wie Schweißen in kurzen Abschnitten, Einschaltung von Schweißpausen, Auskreuzen etwa gerissener Heftnähte, sind auch bei dieser Arbeit genau zu beachten.

Unter Erfahrungen versteht man praktisch erworbene Kenntnisse. Vielfach werden diese auf Grund von Fehlschlägen gewonnen, weil man lernt, wie eine Sache nicht zu machen ist.

Der Schweißer soll sich der Verantwortung, die mit der Ausübung seines Berufes verbunden ist, stets bewußt sein und seine Arbeiten nach reiflicher Überlegung und bestem Wissen und Gewissen ausführen. Die anfangs unvermeidlichen Fehlschläge werden dann zur Quelle seiner Erfahrungen. Er wird auch trachten, vorkommende Fehler ohne wesentlichen Aufwand an Zeit und Werkstoff wieder zu beheben, und so ein erfahrener, guter Schweißer werden.

25. Kennzeichnung der Schmelzschweißnähte in Zeichnungen

ist durch das Normblatt DIN 4100 festgelegt, das nachstehend als Tabelle 7 wiedergegeben ist.

Tabelle 7. Sinnbilder für Schweißnähte (nach DIN 4100).

Maße in mm

Art	Sinnbild in Anwendung für		
	Ansicht bzw. Aufsicht		Querschnitt
Stumpfnähte			
V-Naht			
X-Naht			
Bezeichnung: Nach Nahtdicke a und Länge l z. B.: V-Naht 12(a) · 300(l)			
Werden die Schweißwulste zwecks Überdeckung durch einen Bauteil (z. B. Flacheisen) abgearbeitet, so erhalten die Sinnbilder statt Kreisbögen gerade Striche.			
Kehlnähte			
Volle Kehlnaht durchlaufend			
Leichte Kehlnaht			
Volle Kehlnaht unterbrochen			
Bezeichnung: Die Kehlnähte werden nach der Kehle a und der Länge l der Naht bezeichnet Beispiel: Kehlnaht 10(a) · 300(l) Bei unterbrochenen Kehlnähten ist das Maß der Unterbrechung von Mitte zu Mitte Schweiße in der Zeichnung anzugeben			
Schlitznähte			
Langloch-Schlitz eckig			
Langloch-Schlitz abgerundet			
Rundloch			
Bezeichnung: Die Schlitznähte werden nach der Nahtdicke a und der abgewinkelten Nahtlänge l bezeichnet. Beispiel: Schlitz eckig } 7(a) · 150(l) „ abgerundet } Rundloch } 7(a) · 95(l)			
<p>1. Oft wird es sich empfehlen, in den Zeichnungen die verschiedenen vorkommenden Nahtformen in größerem Maßstabe herauszuzeichnen, zusammenzustellen und in der Zeichnung an den einzelnen Stellen auf diese Zusammenstellungen hinzuweisen. Bei den in größerem Maßstabe aufgezeichneten Nähten bietet sich auch Gelegenheit anzugeben, ob die Schweißung mit verschiedenen dicken Schweißdrähten und in wieviel verschiedenen Lagen sie ausgeführt werden soll.</p> <p>2. Baustellenschweißungen sind in den Zeichnungen durch Hinzufügen des Buchstabens „B“, Überkopfschweißungen durch „Ü“ zu kennzeichnen.</p>			

Wiedergegeben mit Genehmigung des Deutschen Normenausschusses. Verbindlich ist die jeweils neueste Ausgabe des Normblattes im Normformat A 4, das beim Beuth-Vertrieb GmbH., Berlin SW 68 erhältlich ist.

Einteilung der bisher erschienenen Hefte nach Fachgebieten (Fortsetzung)

III. Spanlose Formung

Heft

Freiformschmiede I (Grundlagen, Werkstoff der Schmiede, Technologie des Schmiedens). 2. Aufl. Von F. W. Duesing und A. Stodt	11
Freiformschmiede II (Schmiedebeispiele). 2. Aufl. Von B. Preuss und A. Stodt	12
Freiformschmiede III (Einrichtung und Werkzeuge der Schmiede). 2. Aufl. Von A. Stodt	56
Gesensschmiede I (Gestaltung und Verwendung der Werkzeuge). 2. Aufl. Von H. Kaessberg	31
Gesensschmiede II (Herstellung und Behandlung der Werkzeuge). Von H. Kaessberg	58
Das Pressen der Metalle (Nichteisenmetalle). Von A. Peter	41
Die Herstellung roher Schrauben I (Anstauchen der Köpfe). Von J. Berger	39
Stanztechnik I (Schnitttechnik). Von E. Krabbe	44
Stanztechnik II (Die Bauteile des Schnittes). Von E. Krabbe	57
Stanztechnik III (Grundsätze für den Aufbau von Schnittwerkzeugen). Von E. Krabbe	59
Stanztechnik IV (Formstanzen). Von W. Sellin	60
Die Ziehtechnik in der Blechbearbeitung. 2. Aufl. Von W. Sellin	25

IV. Schweißen, Löten, Gießerei

Die neueren Schweißverfahren. 3. Aufl. Von P. Schimpke	13
Das Lichtbogenschweißen. 2. Aufl. Von E. Klosse	43
Praktische Regeln für den Elektroschweißer. Von Rud. Hesse	74
Widerstandsschweißen. Von Wolfgang Fahrenbach	73
Das Löten. 2. Aufl. Von W. Burstyn. (Im Druck)	28
Modelltischlerei I (Allgemeines, einfachere Modelle). 2. Aufl. Von R. Löwer	14
Modelltischlerei II (Beispiele von Modellen und Schablonen zum Formen). 2. Aufl. Von R. Löwer	17
Modell- und Modellplattenherstellung für die Maschinenformerei. Von Fr. und Fe. Brobeck	37
Kupolofenbetrieb. 2. Aufl. Von C. Irresberger. (Vergriffen)	10
Handformerei. Von F. Naumann	70
Maschinenformerei. Von U. Lohse	66
Formsandaufbereitung und Gußputzerei. Von U. Lohse	68
Das ABC für den Modellbau. Von E. Kadlec	72

V. Antriebe, Getriebe, Vorrichtungen

Der Elektromotor für die Werkzeugmaschine. Von O. Weidling	54
Die Getriebe der Werkzeugmaschinen I (Aufbau der Getriebe für Drehbewegungen). Von H. Rögnitz	55
Die Zahnformen der Zahnräder. Von H. Trier. (Im Druck)	47
Einbau und Wartung der Wälzlager. Von W. Jürgensmeyer	29
Teilkopfarbeiten. 2. Aufl. Von W. Pockrandt	6
Spannen im Maschinenbau. Von Fr. Klautke	51
Der Vorrichtungsbau I (Einteilung, Einzelheiten und konstruktive Grundsätze). 3. Aufl. Von F. Grünhagen	33
Der Vorrichtungsbau II (Typische Einzelvorrichtungen, Bearbeitungsbeispiele mit Reihen planmäßig konstruierter Vorrichtungen). 2. Aufl. Von F. Grünhagen	35
Der Vorrichtungsbau III (Wirtschaftliche Herstellung und Ausnutzung der Vorrichtungen). Von F. Grünhagen	42

VI. Prüfen, Messen, Anreißen, Rechnen

Werkstoffprüfung (Metalle). 2. Aufl. Von P. Riebensahm	34
Metallographie. Von O. Mies	64
Technische Winkelmessungen. 2. Aufl. Von G. Berndt	18
Messen und Prüfen von Gewinden. Von K. Kress	65
Das Anreißen in Maschinenbau-Werkstätten. 2. Aufl. Von F. Klautke	3
Das Verzeichnen im Kessel- und Apparatebau. Von A. Dorl	38
Technisches Rechnen I. 2. Aufl. Von V. Happach	52
Der Dreher als Rechner. 2. Aufl. Von E. Busch	63
Prüfen und Instandhalten von Werkzeugen und anderen Betriebsmitteln. Von P. Heinze	67