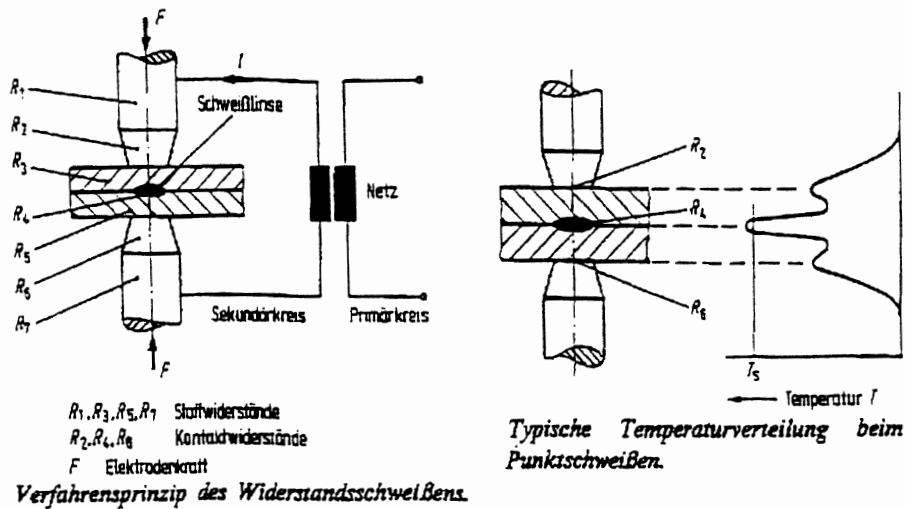


Widerstandspunktschweißen



• Pressschweißen

Beim Pressschweißen werden die zu fügenden Teile im teigigen Zustand unter Krafteinwirkung und ohne Schweißzusatz miteinander verbunden. Die Erwärmung ist örtlich begrenzt.

Wichtige Pressschweißverfahren sind z. B.:

– Widerstandsschweißen

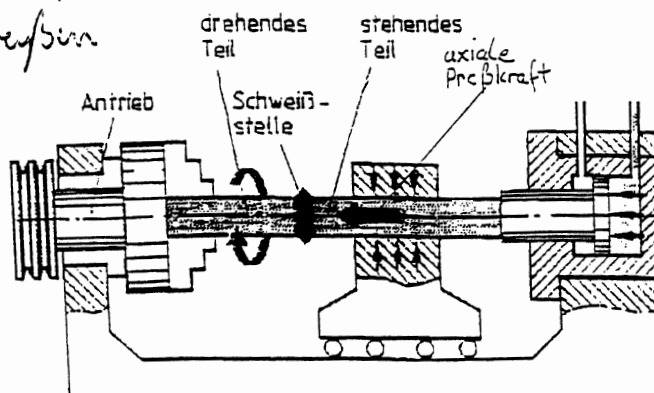
Das Widerstandsschweißen gehört innerhalb der Pressschweißverfahren zu den am häufigsten eingesetzten Schweißverfahren. Es zählt zu den elektrischen Verfahren beim Pressschweißen. Die erforderliche Wärme wird durch den Stromfluss über den elektrischen Widerstand der Schweißzone erzeugt.

Die Verfahren werden nach Art der Stromübertragung (konduktiv über Elektroden oder induktiv durch Induktoren), nach Art des Stromes (Wechsel- oder Gleichstrom) und nach dem zeitlichen Verlauf von Strom und Kraft eingeteilt (DIN 1910 Teil 5). Beim elektrischen Widerstandsschweißen unterscheidet man Punkt-, Rollnaht-, Stumpf- und Buckelschweißen sowie das Abbrennstumpfschweißen.

• Punktschweißen

Beim Punktschweißen werden vorzugsweise dünne Bleche mit einzelnen Schweißpunkten miteinander verbunden. Durch die wassergekühlten Schweißelektroden werden Teile bzw. Bleche an den Verbindungsstellen zusammengepresst. Über die Elektroden fließt kurzzeitig (0,1...0,4 s) ein sehr hoher Schweißstrom (5–25 kA). Durch den Kontaktwiderstand an der Berührungsstelle zwischen den beiden zu verschweißenden Werkstücken entsteht dadurch die Schweißwärme. Beim Punktschweißen entstehen linsenförmige Verbindungsstellen.

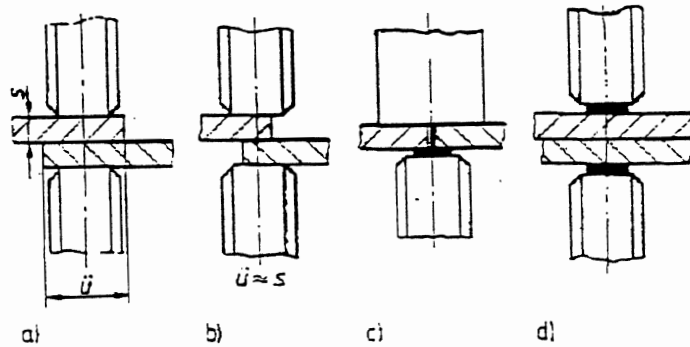
Reibschweißen



– Reibschweißen

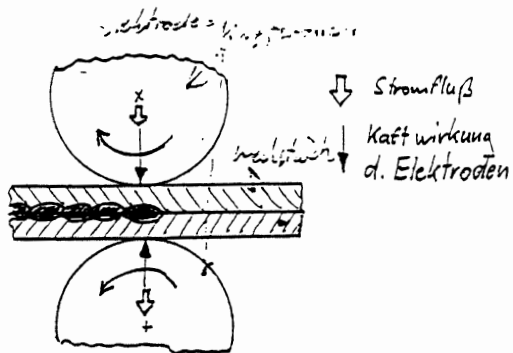
Die für das Reibschweißen benötigte Wärme wird durch die Rotation der Werkstücke bei gleichzeitigem Aufeinanderpressen der Stoßflächen erzeugt. Beim Erreichen der Schweißtemperatur wird das rotierende Teil abgebremst und gleichzeitig der Anpressdruck erhöht, wobei in dieser Stauchphase die Verbindung erfolgt. Zum Reibschweißen sind alle rohr-, stab- und scheibenförmigen Teile geeignet. Anwendung findet dieses Verfahren in der Automobilindustrie, z. B. zum Verschweißen von Antriebs-, Gelenk-, Achsenwellen sowie bei Kolbenstangen.

Rollennahtschweißen



Schweißnahtformen beim Rollennahtschweißen:

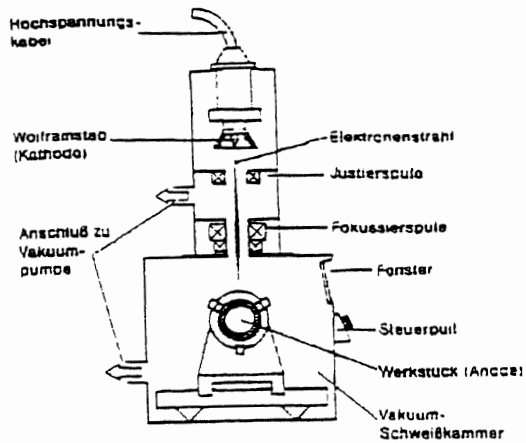
- a) Überlappnaht ($\ddot{u} \approx 3 s$),
- b) Quetschnaht ($\ddot{u} \leq s$),
- c) Folienstumpfnah ($\ddot{u} = 0$),
- d) Folienüberlappnaht.



• Rollennahtschweißen

Beim Rollennahtschweißen setzt man Rollelektroden ein. Die rollenförmigen Elektroden übertragen den Strom und zugleich die Anpresskraft auf die zu schweißen- den Teile. Durch dieses Verfahren können an überlappenden Blechen Punktfolgen und linienförmige dichte Nähte erzeugt werden. Mit dem Rollennahtschweißverfahren werden Benzintanks, Heizkörper oder Spülbecken geschweißt.

Elektronenstrahlschweißen



• Elektronenstrahlschweißen

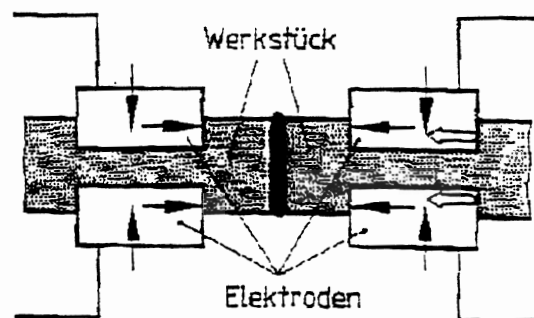
Beim Elektronenstrahlschweißen wird die Schweißtemperatur durch austretende Elektroden aus einer Glühkatode erzeugt. Die Elektronen werden durch eine Beschleunigungsspannung von 25 bis 150 kV auf ca. 2/3 der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt. Beim Auftreffen auf das zu schweißende Werkstück werden sie in einer Tiefe von ca. 50 μ abgebremst, wo ein Umwandeln der kinetischen Energie der Elektronen in Wärme erfolgt. Durch die hohe Energiedichte wird die Werkstückoberfläche aufgeschmolzen und verdampft. Dieser Dampfdruck drückt die Schmelze aus dem Spalt, sodass der Strahl in den entstandenen Dampfkapillaren tiefer eindringen kann.

Bei diesen Verfahren sind Stumpfnähte bei Stahl von 200 mm und bei Aluminium bis 320 mm Dicke möglich. Werkstücke können nahezu verzugfrei geschweißt werden, weil bei diesen Verfahren unter Vakuum geschweißt wird und keine Beeinflussung durch Schutzgase oder die Atmosphäre stattfindet.

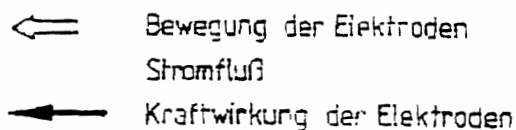
Anwendungsbereiche:

- Feinwerktechnik
- Medizintechnik
- Elektrotechnik
- Luft- und Raumfahrt
- Nukleartechnik

Abbrennstumpfschweißen



Abbrennstumpfschweißen



• Abbrennstumpfschweißen

Beim Abbrennstumpfschweißen werden meist gleichförmige Querschnitte verbunden. Der Schweißvorgang ist in drei Abschnitte gegliedert: das Vorwärmen, das Abbrennen und das Stauchen. Die zu schweißenden Teile werden in Kupfer-spannbacken eingespannt, die zugleich als Elektroden dienen und die elektrisch mit Hochstromtransformatoren (Wechselstrom) verbunden sind. Durch wiederholtes Berühren und Trennen entsteht zwischen den beiden Werkstücken ein Lichtbogen, der die Schweißtemperatur erzeugt. Nach Erreichen der Schweißtemperatur werden die Teile mit hoher Stauchkraft verbunden. An der Schweißstelle entsteht ein scharfkantiger Grat, der nur spanend entfernt werden kann.

B HOMBURG Z	Fach: Fertigungstechnik Thema: Schweißen Klasse: Industriemeister	Seite	1
		Datum	

1 Gasschmelzschweißen (G)

Vorteile:

- *Keine elektrische Energie erforderlich. Wärme wird durch das verbrennen des mitgeführten Gases mitgeliefert.*
- *Die in das Werkstück eingebrachte Wärmemenge ist gut regulierbar -> wichtig bei dünnwandigen Teilen*

1.1 Betriebsstoffe

1.1.1 Sauerstoff

Luft besteht aus ca. 20 % Sauerstoff und ca. 80 % Stickstoff.

Durch reinen Sauerstoff lässt sich die *Verbrennungsgeschwindigkeit* steigern. Man erhält eine höhere *Flammentemperatur*

Lagerung in Sauerstoffflaschen:

- Farbkennzeichnung Weiß – Grau \Rightarrow bisher Blau (TB 128)
- Anschluss des Druckminderventils mit Überwurfmutter
- Normalflasche mit Volumen von 50 l und Fülldruck von 200 bar

Erhöhter Sauerstoffgehalt in der Luft (ab ca. 25 %) erhöht die *Verbrennungsgeschwindigkeit* und senkt die *Zündtemperatur*. Lösversuche werden dadurch erheblich erschwert.

Sicherheitsregeln:

- *Gewinde am Flaschenventil muss Fett- und Ölfrei sein*
- *Ventil nur eine halbe Umdrehung öffnen (bei Gefahr schnelles schließen)*
- *Flasche gegen umfallen sichern*
- *Nie einen Raum mit Sauerstoff lüften*

1.1.2 Acetylen

Besteht aus Kohlenstoff und Wasserstoff chem. Formel: C_2H_2

Vorteile:

- *Hoher Heizwert*
- *Kostengünstige Herstellung*

Nachteile:

- *Explosionsartige Zersetzung bei Drücken über 1,5 bar*
- *Explosionsartige Zersetzung bei Temperaturen über 300°*
- *Explosionsneigung von Acetylen - Sauerstoffgemischen*

B HOMBURG Z	Fach: Fertigungstechnik Thema: Schweißen Klasse: Industriemeister	Seite	2
		Datum	

- Fülldruck der Acetylenflasche ist *19 bar*
- Normalflasche mit Volumen von *50 l*

- Farbkennzeichnung *Kastanienbraun / grau \Rightarrow früher gelb*

1 l Aceton löst ca. *25 l* Acetylen. Die Explosionsgefahr sinkt bei gelöstem Aceton erheblich. Dadurch lässt sich der Betriebsdruck auf die genannten *19 bar* erhöhen. Die Flasche wird zusätzlich mit einer porösen Masse gefüllt die das Aceton aufsaugt ---> *Erhöhung der Flüssigkeitsoberfläche --> bessere Acetylenabgabe.*

Sicherheitsregeln:

- *Keine Sonneneinstrahlung oder Fremderwärmung \Rightarrow Druckerhöhung*
- *Acetylenentnahme max. 1000 l/h (wegen Mitreißen von Aceton)*
- *Flasche nicht werfen*
- *Flasche nur stehend oder schrägliegend betreiben \Rightarrow Aceton kann auslaufen*

1.1.3 Zünden und Abste *Sauerstoff öffnen ($\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ Umdrehung)*

- Acetylen darf nicht unkontrolliert aus dem Brenner strömen
- Acetylen verbrennt ohne zusätzlichen Sauerstoff mit stark rußender Flamme

a.) Zünden der Flamme

1. *Sauerstoff öffnen ($\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ Umdrehung)*
2. *Gasventil öffnen ($\frac{1}{2}$ Umdrehung)*
3. *Gasgemisch einstellen*
4. *Flamme einstellen*

b.) Abstellen der Flamme

1. *Acetylenventil schliessen*
2. *Sauerstoffventil schliessen*

1.1.4 Einstellen der Flamme

Sauerstoffüberschuss führt zur *Oxidation /verbrennen* des Werkstoffs. Acetylenüberschuss zur *Aufkohlung* des Werkstoffs:

- *Festigkeit & Härte steigen*
- *Zähigkeit sinkt*

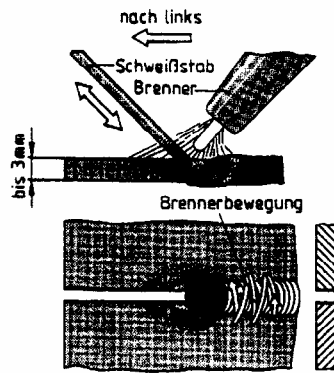
Die Gase werden im Verhältnis *1 : 1* gemischt, hierbei ergibt sich Acetylenüberschuss, der noch benötigte Sauerstoff wird *der Umluft entzogen*. Weder Sauerstoff noch Luftsauerstoff kann mit der Schmelze reagieren. Die Flamme ist *neutral* eingestellt.

B HOMBURG Z	Fach: Fertigungstechnik Thema: Schweißen Klasse: Industriemeister	Seite	3
		Datum	
		J	

1.2 Schweißrichtungen

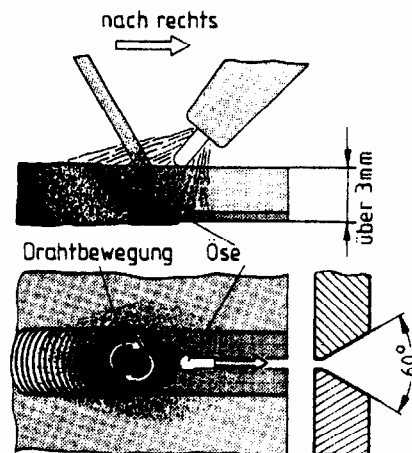
1.2.1 Nachlinksschweißen

- Die Flamme zeigt in Schweißrichtung.
- → niedrige Temperatur des Schmelzgutes.
- geringerer Verzug.
- Der Brenner führt Pendelbewegungen aus,
- der Schweißstab beschreibt tupfende Bewegungen in das Schmelzbad.



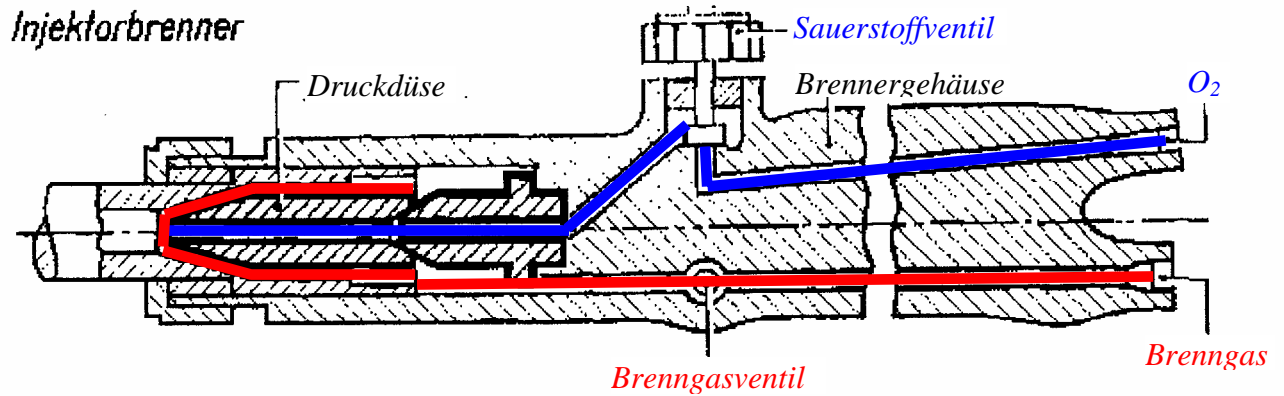
1.2.2 Nachrechtsschweißen

- Die Flamme zeigt auf die Schweißstelle
- → langsame Abkühlung der Schweißstelle ⇒ bessere Schweißbindung
- Ruhige Brennerhaltung, kreisende Bewegung des Schweißstabes
- Hohe Wärmekonzentration, zum schweißen dicker Bleche geeignet.

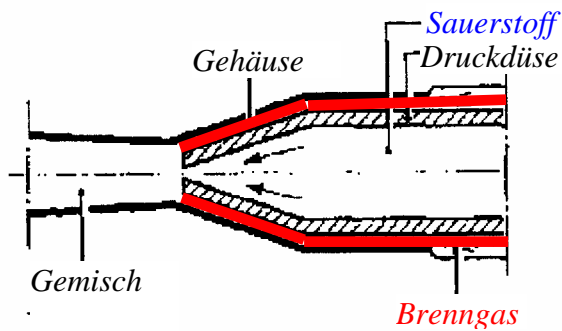


B HOMBURG Z	Fach: Fertigungstechnik Thema: Schweißen Klasse: Industriemeister	Seite	4
		Datum	

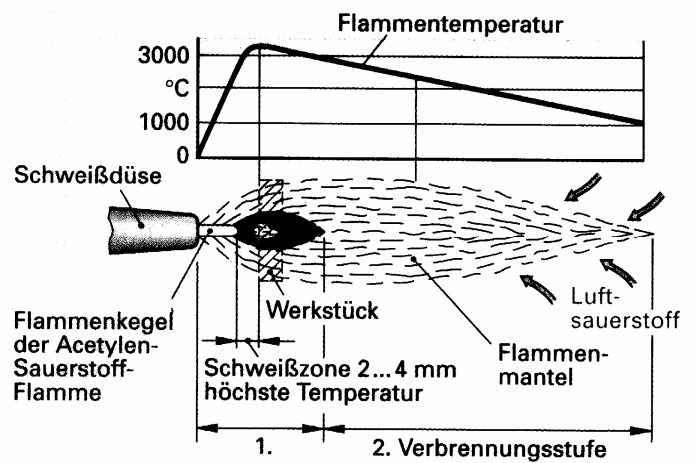
1.3 Arbeitsweise eines Schweißbrenners



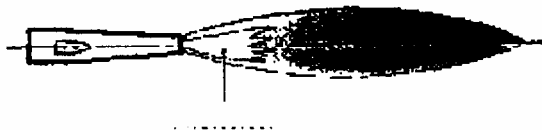
Arbeitsweise des Injektors



Neutrale Flamme



Acetylenüberschuß



Sauerstoffüberschuß



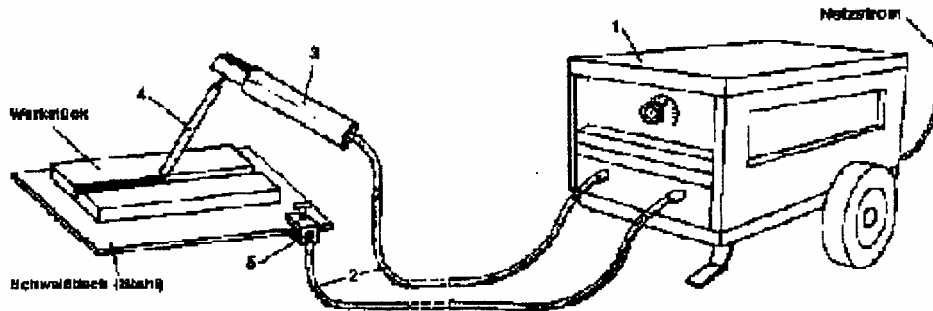
B HOMBURG Z	Fach: Fertigungstechnik Thema: Schweißen Klasse: Industriemeister	Seite	5
		Datum	
		J	

2 Lichtbogenschweißen

2.1 Metall-Lichtbogenschweißen (E)

2.1.1 Metall-Lichtbogenschweißanlage

Wie heißen die Einzelteile der Lichtbogenschweißanlage?



1. Schweißstromquelle

4. Elektrode

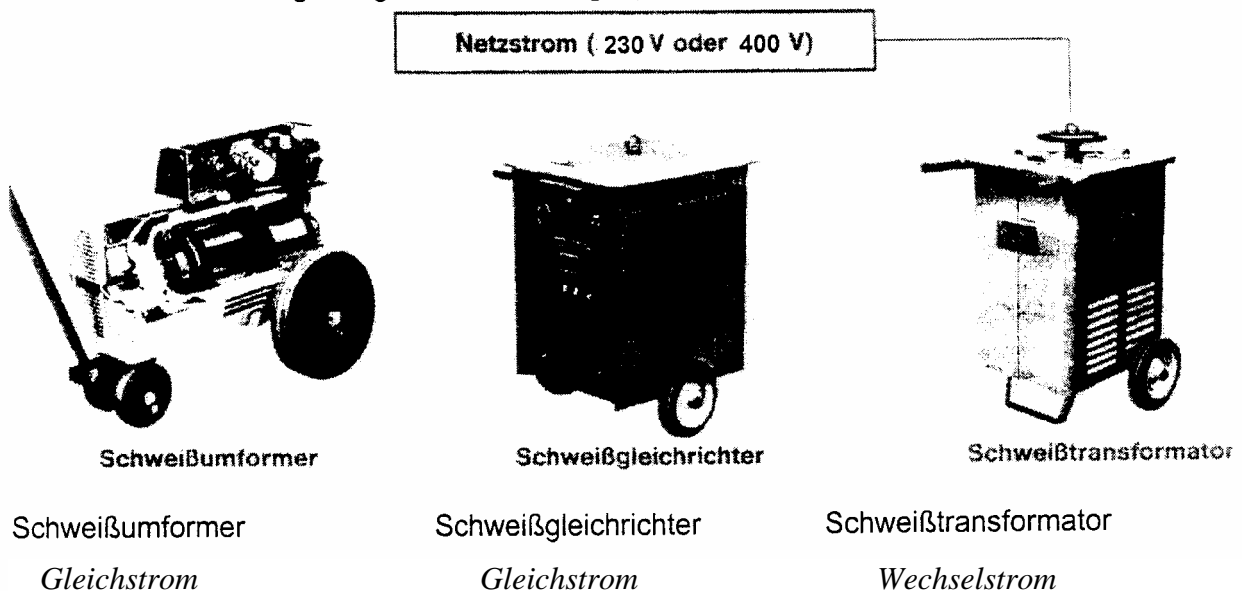
2. Schweißleitung

5. Polklemme

3. Elektrodenhalter

2.1.2 Stromquellen

a) In welchen Strom (Gleichstrom-Wechselstrom) wird der Strom aus dem Ortsnetz durch die Schweißstromanlage umgeformt bzw. umgespannt?



b) Wie hoch sind aus Sicherheitsgründen die maximalen Leerlaufspannungen?

Bei Wechselstrom 80 V

bei Gleichstrom 100 V

c) Wie hoch sind Spannung und Stromstärke während des Schweißvorganges?

Spannung 15 - 50 V

Stromstärke 60 - 100 A

B HOMBURG Z	Fach: Fertigungstechnik Thema: Schweißen Klasse: Industriemeister	Seite	6
		Datum	

2.1.3 Lichtbogen

a) Welche Arten von Lichtbogen unterscheidet man nach der Stromart?

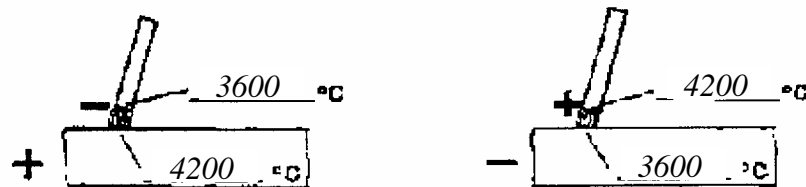
Gleichstrom -lichtbogen

Wechselstrom -lichtbogen

b) Welche Vorteile hat der Gleichstromlichtbogen gegenüber dem Wechselstromlichtbogen?

- *Brennt ruhiger*
- *Elektrode kann umgepolt werden*
- *Schweißen mit nicht umhüllten Elektroden möglich*

c) Welche Temperaturen herrschen an der Schweißstelle eines Gleichstromlichtbogens, wenn Elektrode und Werkstück wie folgt gepolt sind?



d) Wie wird der Lichtbogen gezündet und erhalten?

Der Lichtbogen wird gezündet indem man mit der Elektrode *kurz* das Werkstück

tupft nach dem Zünden gilt für den Abstand Elektrode Werkstück die Regel:

$\text{Abstand} \leq \varnothing \text{ der Elektrode}$

2.1.3.1 Stabelektrode

Welche Aufgabe hat die Stabelektrode beim Lichtbogenschweißen?

Die Stabelektrode dient als:

- *Stromleiter*
- *Zusatzwerkstoff*

Welche Aufgabe hat die Umhüllung der Stabelektrode?

- *Schlacke schützt vor Oxidation → schlechtes Abkühlen*
- *Gashülle schützt die Schmelze vor O_2 und N_2*
- *Enthält leichtionisierbare Stoffe (-) stabilisiert den Lichtbogen*

Was bedeuten die Kurzzeichen für Stabelektroden (Tabellenbuch)

E 38 2 RA 11	E 42 2 RB
Stabelektrode E mit $R_m 470/600$ N/mm^2 / $R_e 380 N/mm^2$ $47 J$ bei $-20^\circ C$ - Kerbschlagarbeit \Rightarrow RA – Rutil sauer umhüllt Ausbringung $> 105 \%$ (1) \Rightarrow Alle Schweißpositionen (1)	Stabelektrode $R_m 500 \dots 640 N/mm^2$ $R_e 420 N/mm^2$ Rutil basisch Alle Schweißpositionen außer Fallnaht

B HOMBURG Z	Fach: Fertigungstechnik Thema: Schweißen Klasse: Industriemeister	Seite	7
		Datum	

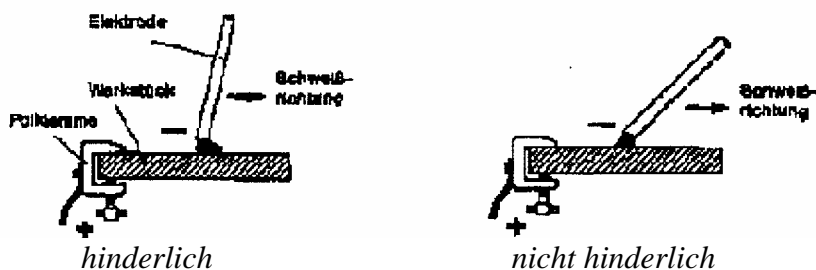
2.1.3.2 Einstellen des Schweißstromes

Wovon hängt die Einstellung der Schweißstromstärke ab?

- a) *Elektrorendurchmesser*
- b) *Werkstückdicke*
- c) *Elektrodentyp*
- d) *Umhüllungsdicke*
- e) *Schweißposition*
- f) *Werkstoff*

2.1.3.3 Blaswirkung am Lichtbogen

- a) Notieren sie unter die beiden Skizzen, ob die Richtung des Lichtbogens für die Schweißarbeit „hinderlich“ oder nicht „nicht hinderlich“ ist.



- b) Was versteht man unter der Blaswirkung am Lichtbogen?

Unter der Blaswirkung versteht man, dass der *Lichtbogen* von der eigentlichen Schweißstelle *abgelenkt* wird. Diese Erscheinung ist bei der Schweißarbeit *hinderlich*. Die Ursache dieser Ablenkung ist das *elektromagnetische Feld* das sich um Elektrode und Werkstück bildet. Die Blaswirkung tritt besonders beim *Gleichstrom* -Lichtbogen auf.

- c) Welche Möglichkeiten gibt es die Behinderungen der Schweißarbeit infolge der Blaswirkung einzuschränken?

- *Elektrode seitlich neigen, Polklemme verlegen*
- *Wechselstrom verwenden*
- *Andere Elektrode mit dickerer Umhüllung verwenden.*

2.1.4 Unfallverhütung

Welche Unfallverhütungsvorschriften müssen beim Lichtbogenschweißen beachtet werden?

- a) *Auf schadhafte Schweißkabel achten.*
- b) *PSA – Schild, Handschuhe, Schürze*
- c) *Schweißen mit entblößten Armen oder freiem Oberkörper ist gefährlich (Strahlung).*
- d) *Arbeitsplatz abschirmen (Schutz anderer Personen).*
- e) *Schlacke nach dem Erkalten entfernen.*

B HOMBURG Z	Fach: Fertigungstechnik	Seite	8
	Thema: Schweißen	Datum	
	Klasse: Industriemeister		

2.2 Schutzgasschweißen (SG)

Es wird Wolfram-Schutzgasschweißen (*WSG*) mit *nichtabbrennender* Elektrode und Metall-Schutzgasschweißen (*MSG*) mit *abbrennender* Elektrode unterschieden.

Weiterhin unterscheidet man **Inertgase** und **Aktivgase**.

Inertgase sind (Erklärung und Beispiel):

chemisch träge, nehmen am Schweißprozess nicht teil

z.B. Argon, Helium und deren Mischungen, sie sind relativ teuer

Aktivgase sind (Erklärung und Beispiel):

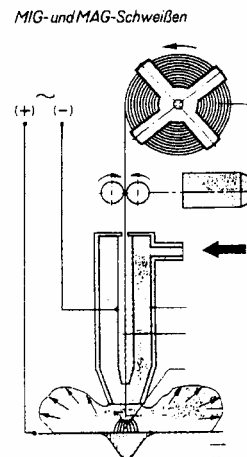
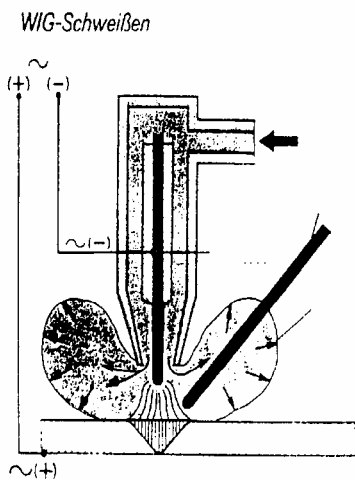
chemisch aktiv, nehmen am Schweißprozess teil, beeinflussen Werkstoffverhalten und Lichtbogenbildung, führen zusammen mit Si und Mn zur Entgasung der Schmelze → Festigkeit steigt, Zähigkeit sinkt

2.2.1 Wolfram-Schutzgasschweißen (*WSG*) :

Der Lichtbogen brennt zwischen nicht abschmelzender *Elektrode* und Werkstück.

Der Schweißzusatz wird *seitlich Außerhalb* vom Brenner *mit tupfenden Bewegungen* als Massivdraht zugeführt.

Der Schweißzusatz entspricht *der Zusammensetzung* des Grundwerkstoffes.



2.2.2 Metall-Inertgasschweißen (*MIG*):

Der Lichtbogen brennt zwischen *Werkstück und* meist *Plus* -gepolter Drahtelektrode und dem Werkstück. Als inerte Gase werden *Helium & Argon* verwendet.

Anwendung für: - *legierte Stähle*

- *NE - Metalle*

Inertgase sind verhältnismäßig teuer.

2.2.3 Metall-Aktivgasschweißen (*MAG*):

Funktioniert genauso wie das Metall-Inertgasschweißen als aktives Gas wird meistens *CO₂ & Argon* verwendet. Der reaktionsaktive Teil ist der *Sauerstoff*.

Deshalb sind *NE* -Metalle mit diesem Verfahren nicht schweißbar.

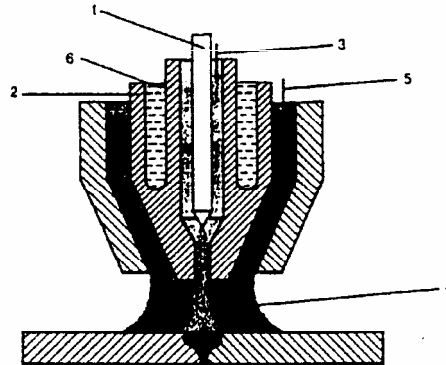
Anwendung für: - *unlegierte Stähle*

- *Stahlguss*

B HOMBURG Z	Fach: Fertigungstechnik	Seite	9
	Thema: Schweißen	Datum	
	Klasse: Industriemeister	<i>Eckert</i>	

2.2.4 Plasmaschweißen (. WP):

Mit einer Hilfsstromquelle wird zwischen Kupferdüse und Wolframelektrode ein Lichtbogen erzeugt (Pilotlichtbogen)



Beschriften Sie die Zeichnung:

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 1 Wolframelektrode | 2 Plasmalichtbogen |
| 3 Cu - Düse | 4 Schutzgas |
| 5 Plasmagas | 6 Wasserkühlmantel |

Es werden Temperaturen von 5000°C bis 30.000°C erreicht. Als Plasmagas wird ArH_2 und als Schutzgas *Argon* verwendet. Der Lichtbogen ist ein elektrischleitendes Gemisch aus *Ionen*, *Atomen*, *Molekülen* des Plasmagases und *Elektronen*.

Führung des Plasmastrahls durch die Düse:

- *Fokussierung des Lichtbogens*
- *Pilotlichtbogen zwischen Wolframelektrode und Düse erleichtert das Zünden*
- *Schutzgasmantel schützt die Schweißstelle*

Stabiles Brennen des Plasmastrahls auch bei geringer Stromstärke (0,1 A) ermöglicht *das Schweißen dünner Werkstücke, z.B. Folien (bis 0,01 mm Dicke)*

Tabelle 2: Arten und Anwendung der Schutzgase			
Kurzzeichen	Gasgruppe	Zusammensetzung	Anwendung
R	Mischgase, reduzierend	$\text{Ar} + \text{H}_2$	WIG, WP
I	Inerte Gase, in. Mischgase	Ar , He , $\text{Ar} + \text{He}$	MIG, WIG, WP
M1	Mischgase, schwach oxidierend ↓ stark oxidierend	$\text{Ar} + \text{O}_2$ $\text{Ar} + \text{CO}_2$	MAG
M2		$\text{Ar} + \text{CO}_2$ $\text{Ar} + \text{O}_2$	
M3		$\text{Ar} + \text{CO}_2 + \text{O}_2$	
C		$\text{CO}_2 + \text{O}_2$	

B HOMBURG Z	Fach: Fertigungstechnik	Seite	10
	Thema: Schweißen	Datum	
	Klasse: Industriemeister		

2.3 Elektronenstrahlschweißen (EB)

1. Wie wird die Schweißwärme beim Elektronenstrahlschweißen erzeugt?

Ein Strahl aus *Elektronen*, die mit einer Spannung (bis 175 kV) hochbeschleunigt werden, wird auf die Schweißstelle gerichtet.

Beim *Aufprall* wandelt sich die kinetische Energie (Bewegungsenergie) der Elektronen in *Wärme* um.

2. Welche Aufgaben hat die Fokussierspule?

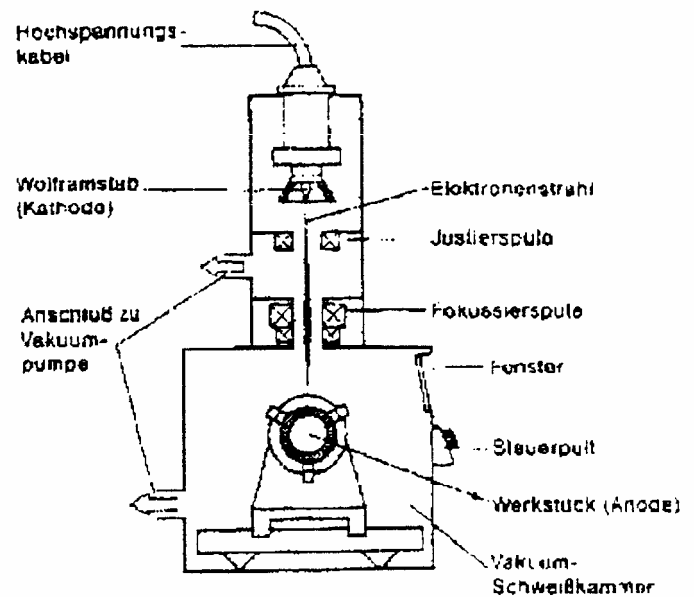
Sie bündelt den Elektronenstrahl auf einen Brennpunkt von ca. 0,1 mm Durchmesser.

3. Warum ist beim EB-Schweißen kein Schutzgas notwendig?

Der Schweißvorgang findet im Vakuum statt.

4. Welche Vorzüge hat das EB-Schweißen?

- a) *Schweißen von hochschmelzendem Werkstoff.*
- b) *Geeignet für Microschweißen und große Tiefen.*
- c) *Kein Zusatzwerkstoff notwendig (Stumpfstoss).*
- d) *Grosse Genauigkeit.*
- e) *Schmale Schmelzzone → geringe Spannung.*



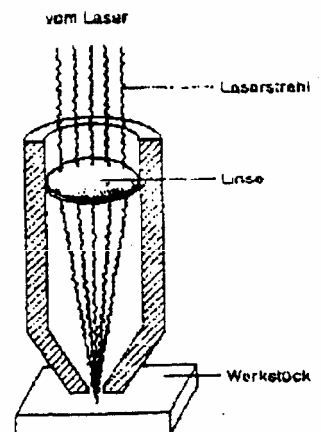
2.4 Laserstrahlschweißen

1. Wie wird die Schweißwärme beim Laserstrahlschweißen erzeugt?

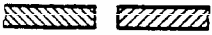



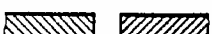

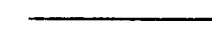
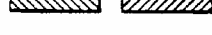












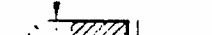

Der Laser ist eine Strahlenquelle die energiereiche *Lichtstrahlen* aussendet. diese werden von einer *Linse* auf einen Brennpunkt von ca. 0,1 mm Durchmesser

2. Wo wird Laserstrahlschweißen angewendet?

Microschweißen, Bohren von mit sehr kleinen Durchmessern, für alle metallischen Werkstoffe anwendbar.



3 Schweißnahtformen

Fugenform	Symbol	Schweißverfahren	Werkstückdicke
 			
 			
 			
 			
 			
 			
 			
 			
 			
 			
 			

4 Schweißfehler

	Merkmal	Ursache
