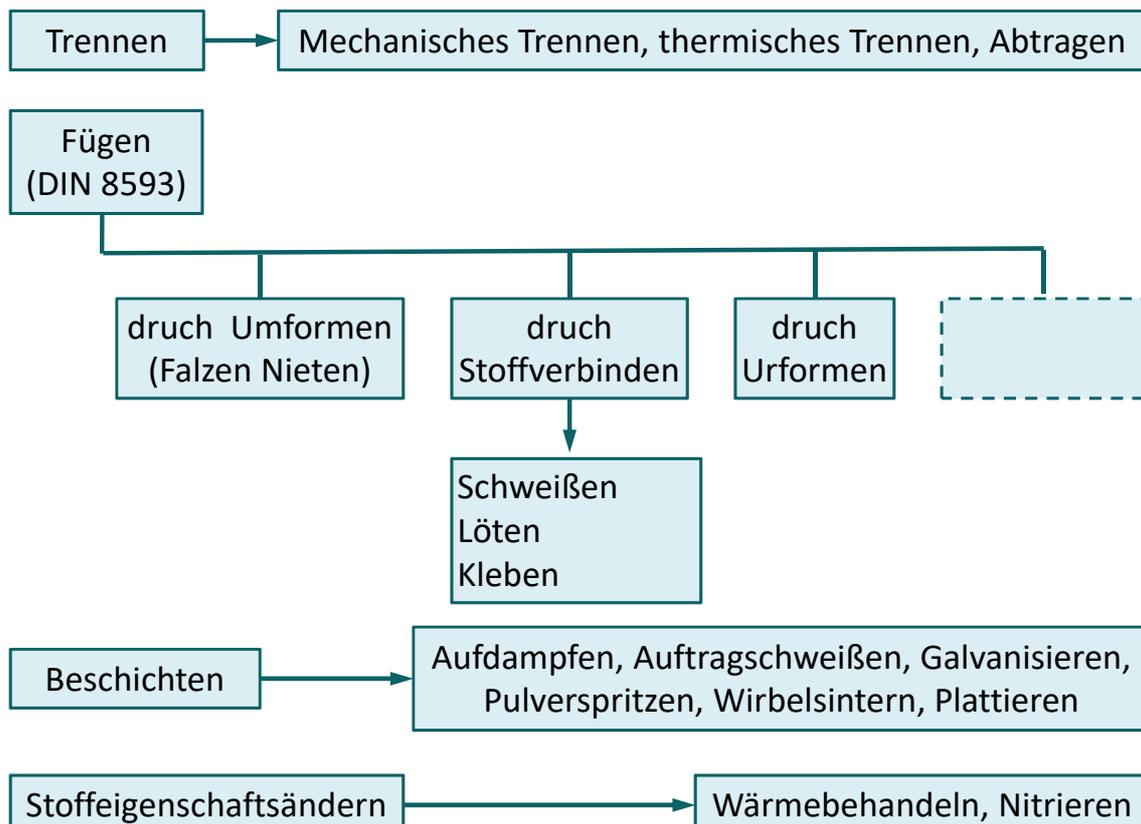
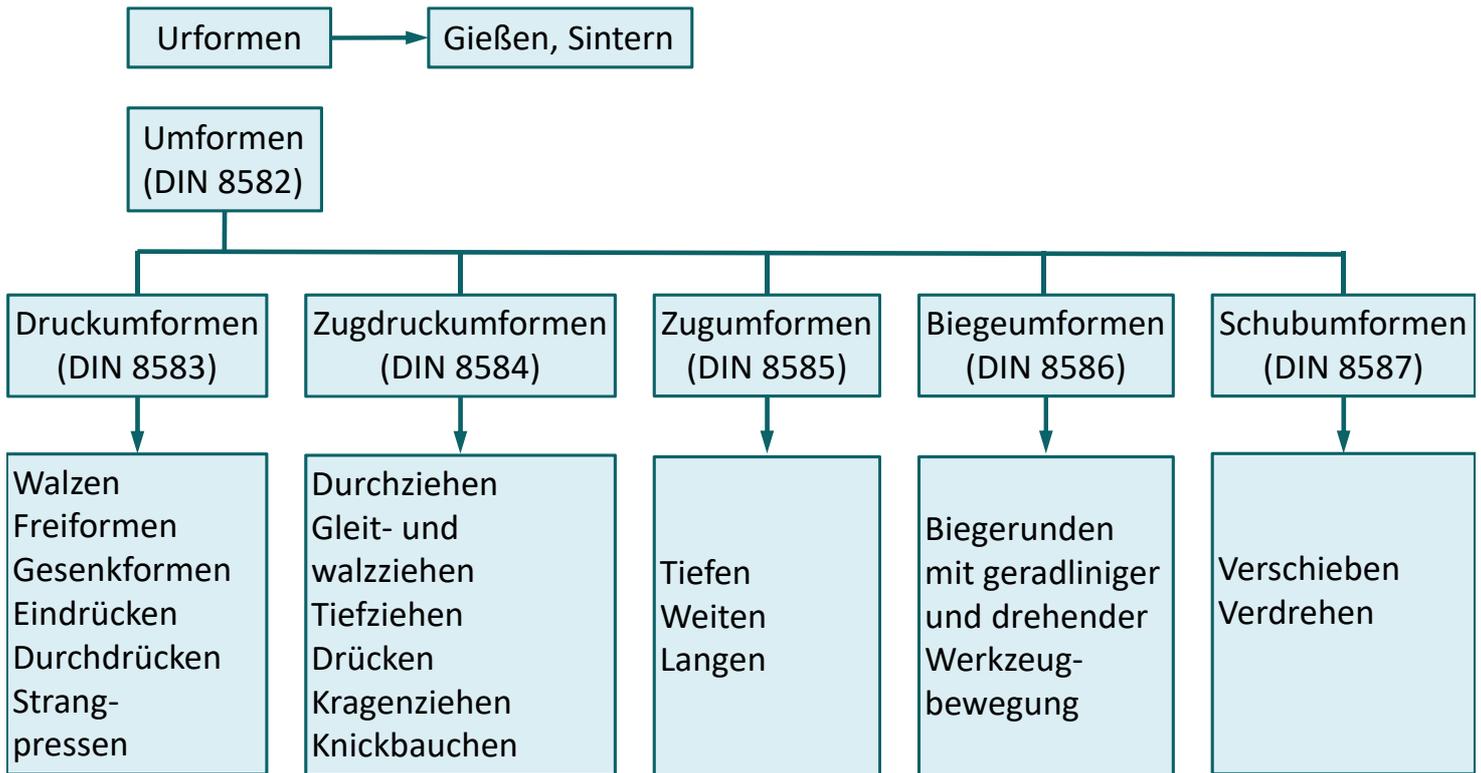


# Schweißverfahren

- Einführung in die Bedeutung des Schweißens als Technologie
- Prinzipielle Möglichkeiten zum Schweißen
  - Probleme
  - Lösungen (Schweißprozesse, Prozessgruppen)
- Schweißbarkeit
  - Fehlerarten und -ursachen
- Schweißverfahren
  - Schmelzschweißen
  - Pressschweißungen
- Lötten
- Kleben



## 1. Urformen

1. Gießen
2. Sintern
3. Sprühkompaktieren

## 2. Umformen

1. Druckumformen (DIN 8583)
2. Zugdruckumformen (DIN 8584)
3. Zugumformen (DIN 8585)
4. Biegeumformen (DIN 8586)
5. Schubumformen (DIN 8587)

## 3. Trennen

1. Zerteilen (DIN 8588)
2. Spanen mit geometrisch bestimmter Schneide (DIN 8589-0)
3. Spanen mit geometrisch unbestimmter Schneide (DIN 8589-0)
4. Abtragen (DIN 8590)
5. Zerlegen (DIN 8591)
6. Reinigen (DIN 8592)
7. Evakuieren

## 4. Fügen (DIN 8593)

1. Zusammensetzen
2. Füllen
3. An- und Einpressen
4. Fügen durch Urformen
5. Fügen durch Umformen
6. **Fügen durch Schweißen**
7. Fügen durch Löten
8. Kleben
9. Textiles Fügen

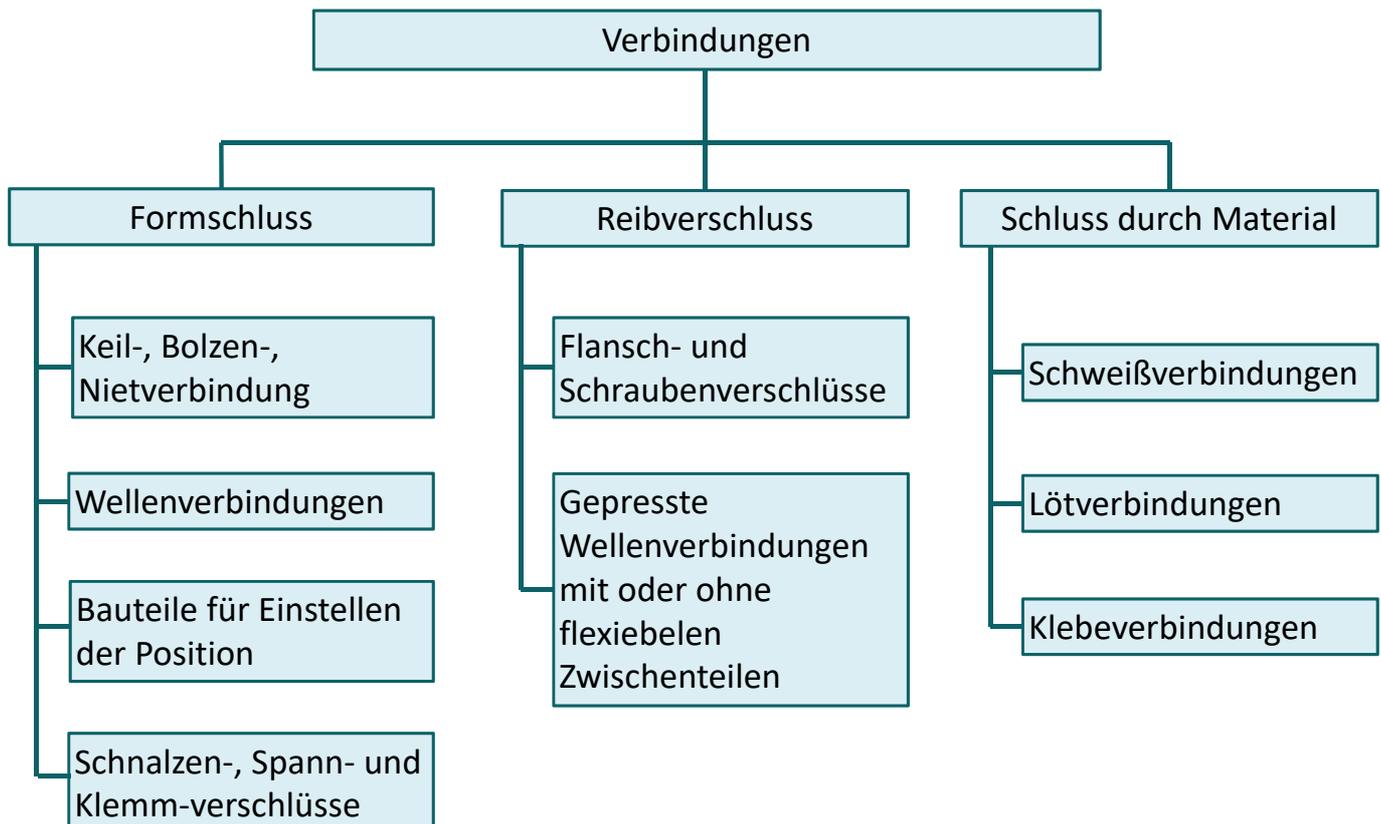
## 5. Beschichten

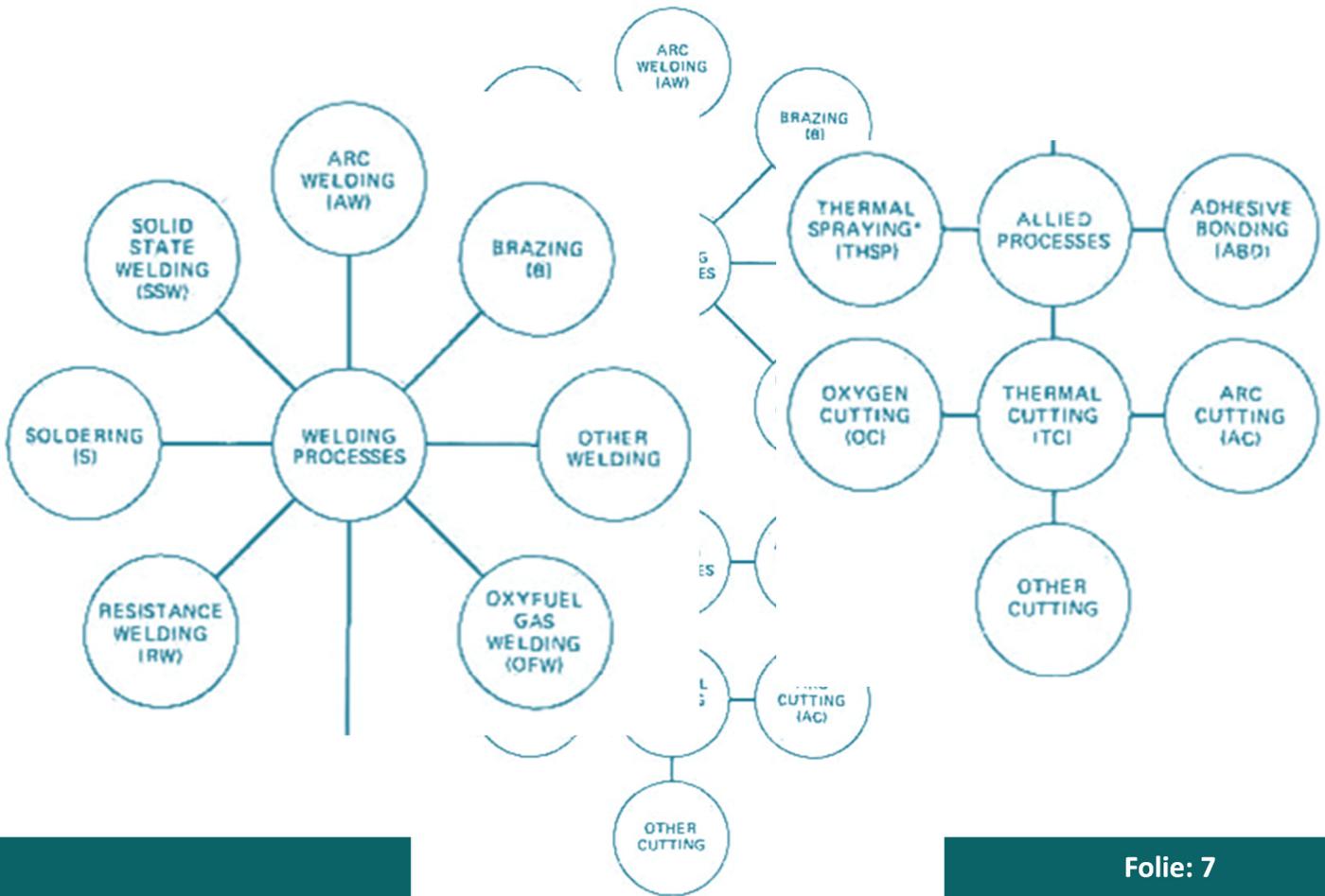
1. Lackieren
2. Verchromen

## 6. Stoffeigenschaften ändern

1. Verfestigen durch Umformen:
2. Wärmebehandeln (EN 10053)
3. Thermomechanisches Behandeln
4. Sintern und Brennen
5. Magnetisieren
6. Bestrahlen
7. Photochemische Verfahren (Belichten)

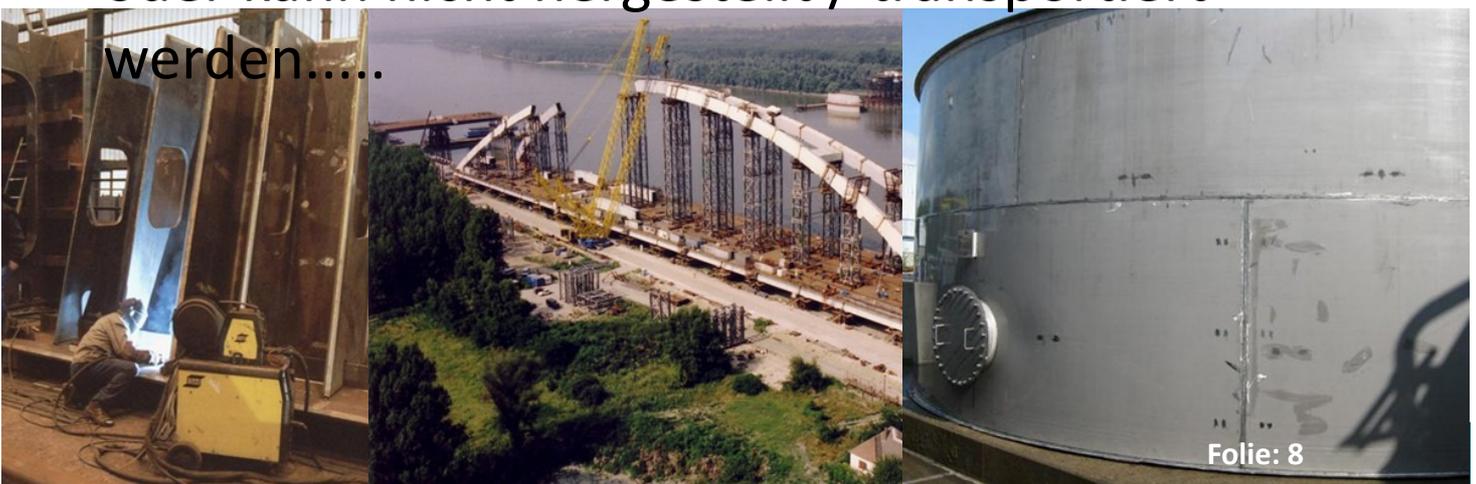
# Gruppierung der Verbindungsverfahren





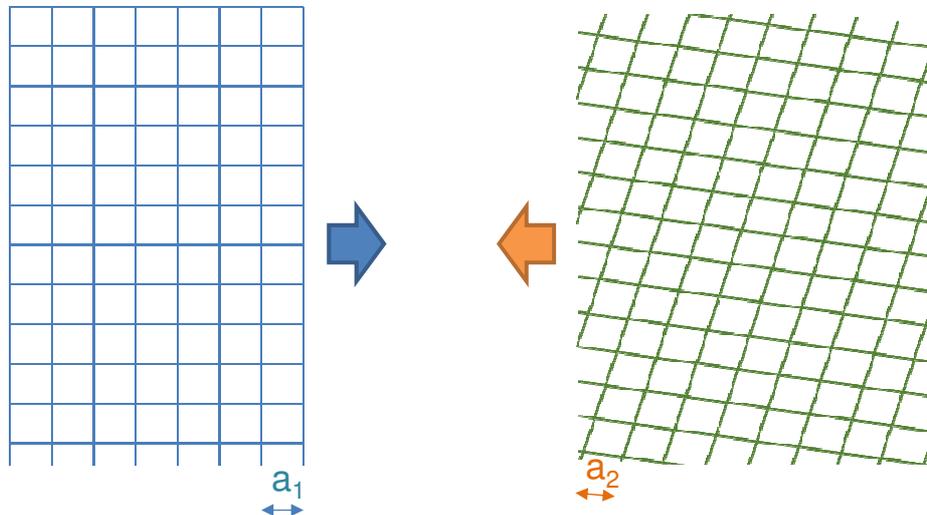
Folie: 7

- Ziel: Herstellung von primäre Metallbindungen zwischen der Bauteile, koherente Verbindung
- Warum? Die größte Ingenieurkonstruktionen sind geschweißt, bestehen aus Halbprodukte (einfachere = wirtschaftliche Herstellung) und / oder kann nicht hergestellt / transportiert werden.....



Folie: 8

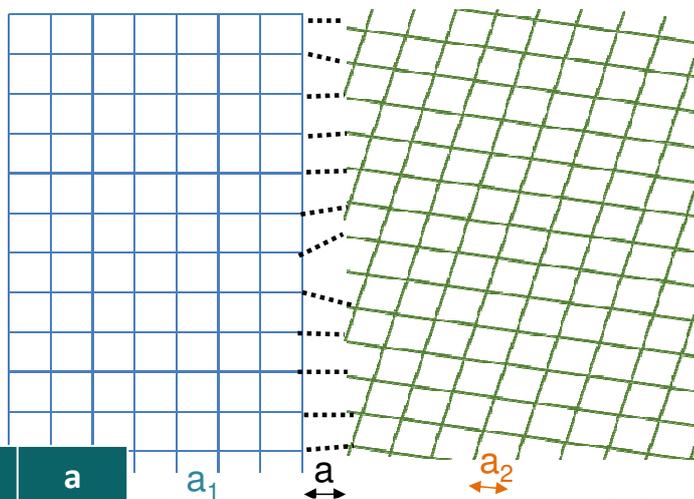
- Ziel: Herstellung von primäre Metallbindungen zwischen zwei oder mehrere Bauteile, koherente Verbindung



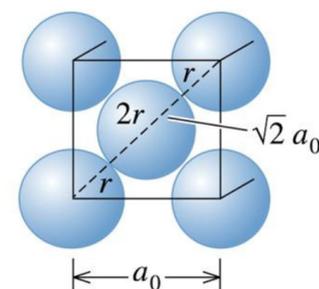
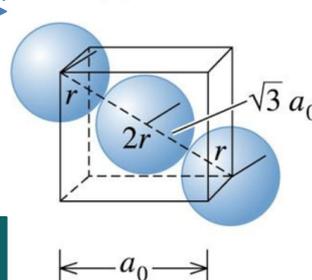
Die Atome an der Oberfläche müssen in Gitterparameter Distanz gebracht werden

Folie: 9

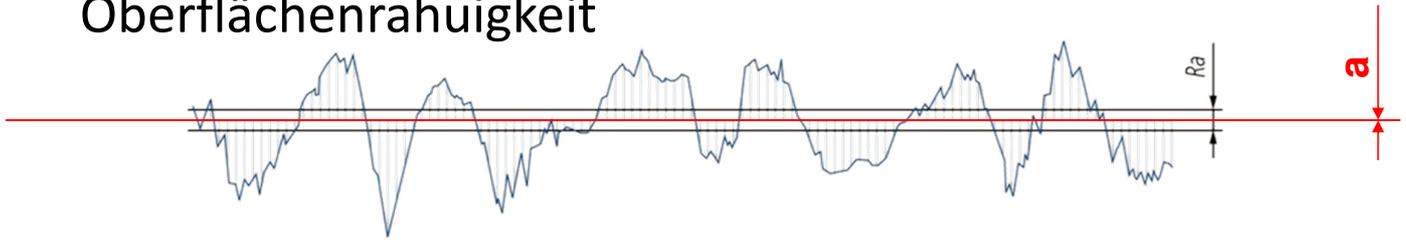
- Ziel: Herstellung von primäre Metallbindungen zwischen zwei oder mehrere Bauteile, koherente Verbindung



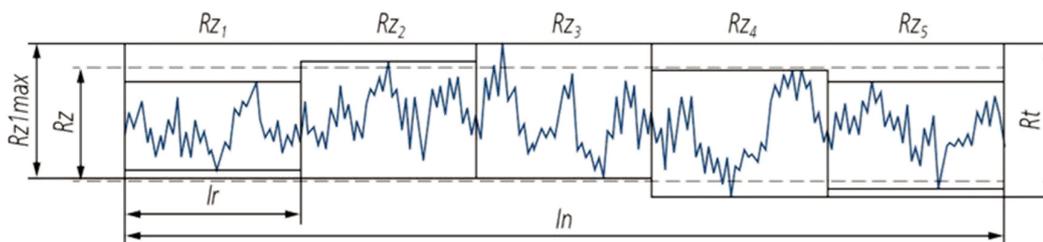
Atomradien (pm) ( $10^{-12}\text{m}$ )		a (pm)
Fe	156	1081
Ni	149	843
Cu	145	820
Al	118	668



## Oberflächenrauhigkeit



	Ra (µm) (10 <sup>-6</sup> m)	Ra (nm)
Gleilager	≤ 0,8	800
Polieren (leppelés)	0,01 ... 0,2	10...200

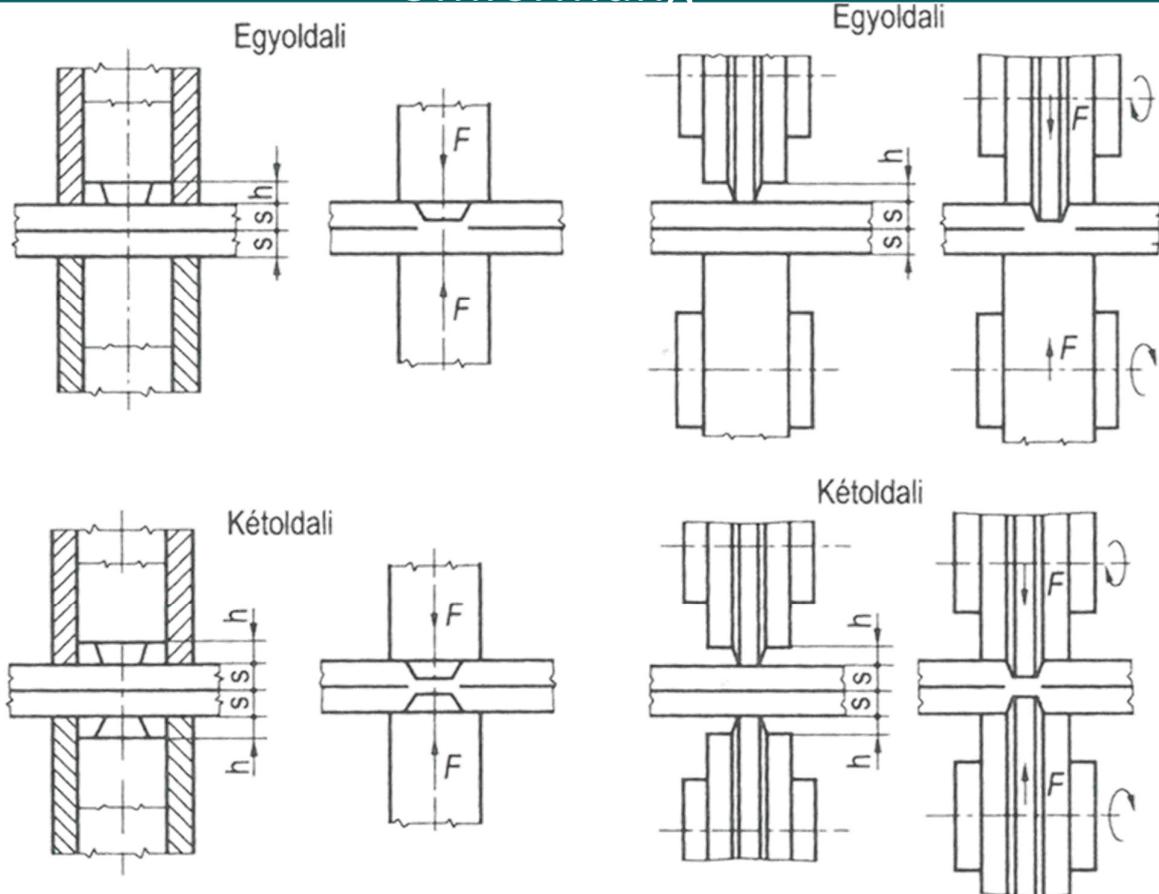


~ 1 nm sollte sein, auf der ganze Oberfläche!

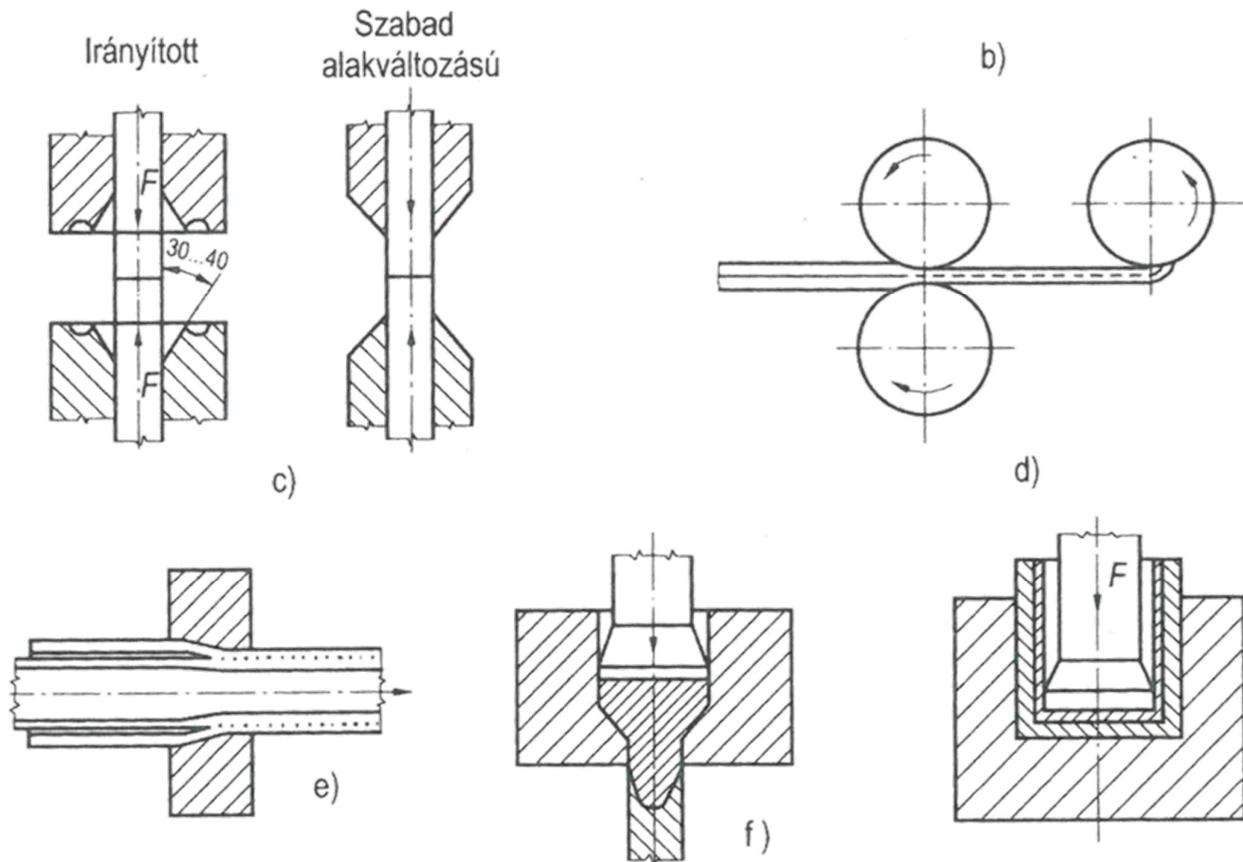
## Oberflächenrauhigkeit zwischen Bauteilen zu Überwinden

Möglichkeiten:

- Weitere Ultrapräzisionsbearbeitung - sehr umständlich = sehr teuer! £ \$ € (und auch überflüssig, denn die werden nicht arbeitende Oberflächen)
- Umformtechnologien
- Diffusion
- Schmelzen

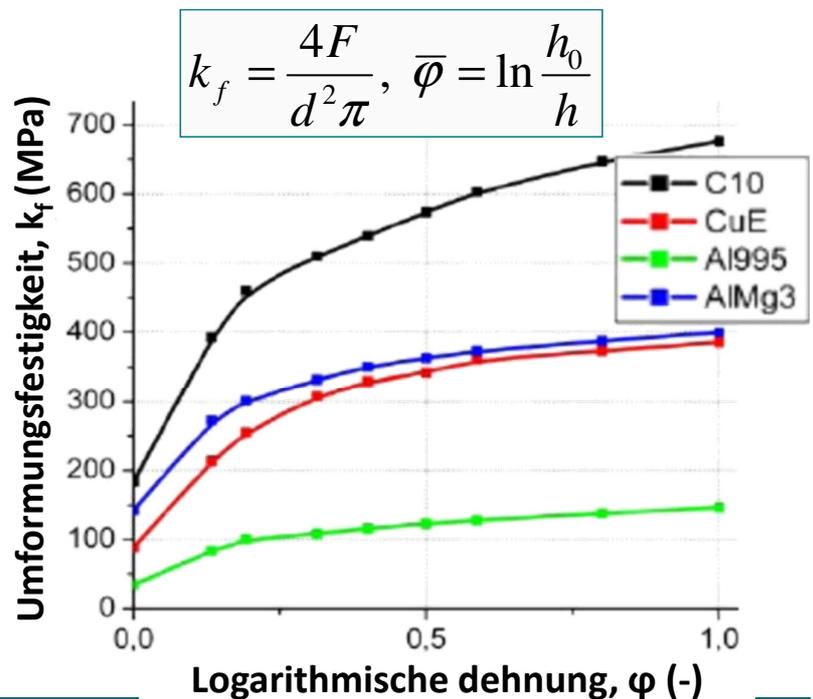
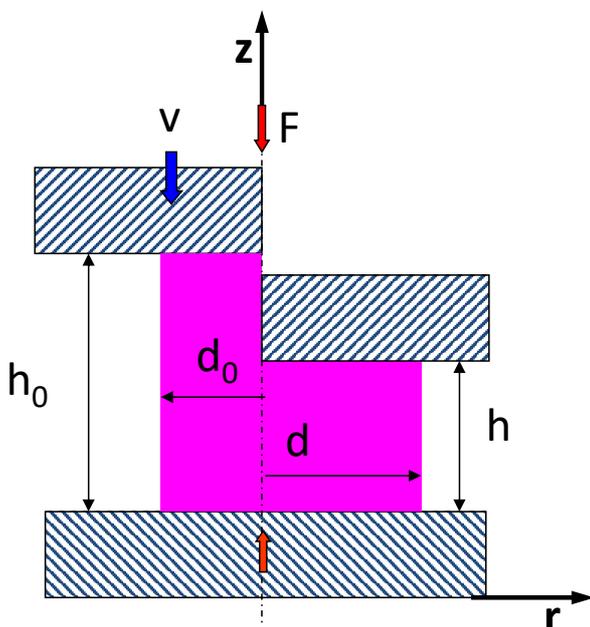


[Hegesztési zsebkönyv. Gáti József (szerk.) Cokom Kft. 2006. Miskolc]

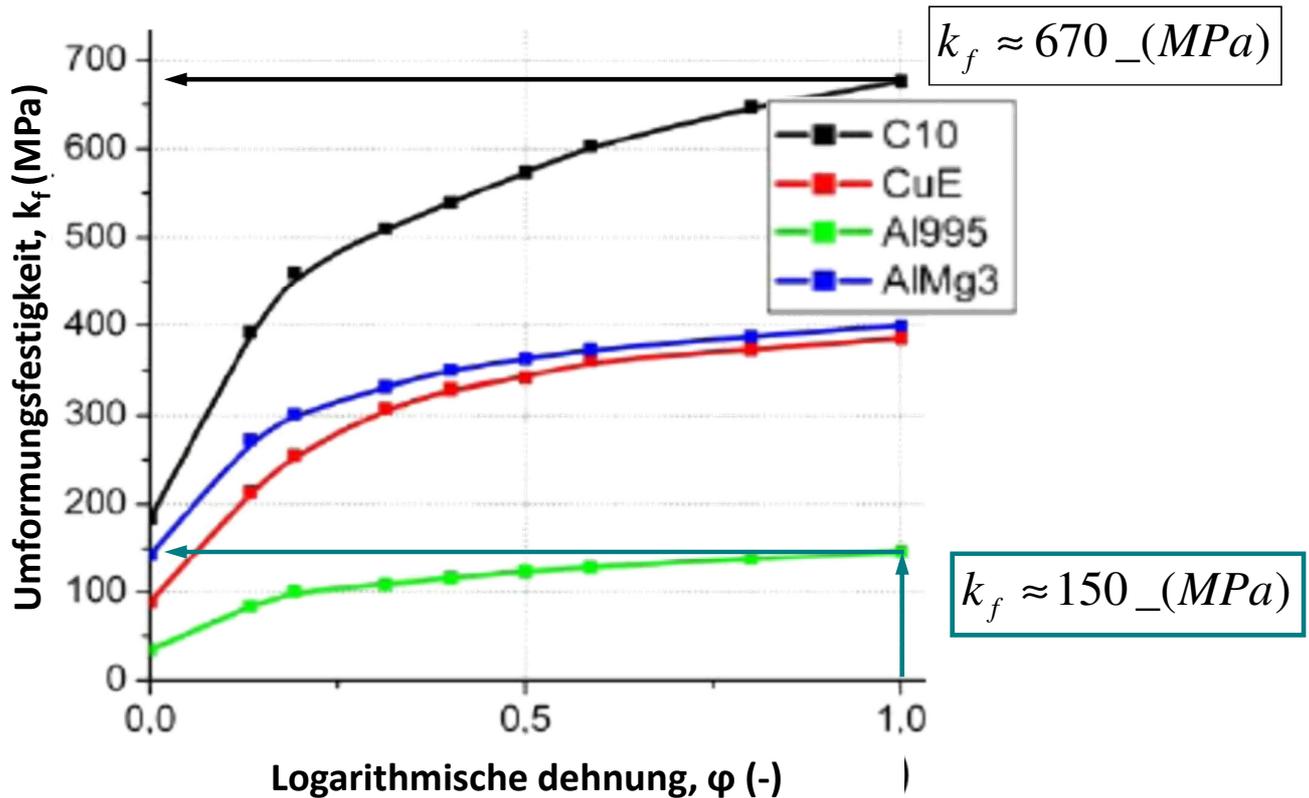


[Hegesztési zsebkönyv. Gáti József (szerk.) Cokom Kft. 2006. Budapest]

Für die Überwindung der Oberflächenrauheit  $\varphi = 0,75 - 2...$   
 Umformung nötig → Anforderungen gegen des Materials ist  
 große Umformbarkeit → meistens KFZ Struktur

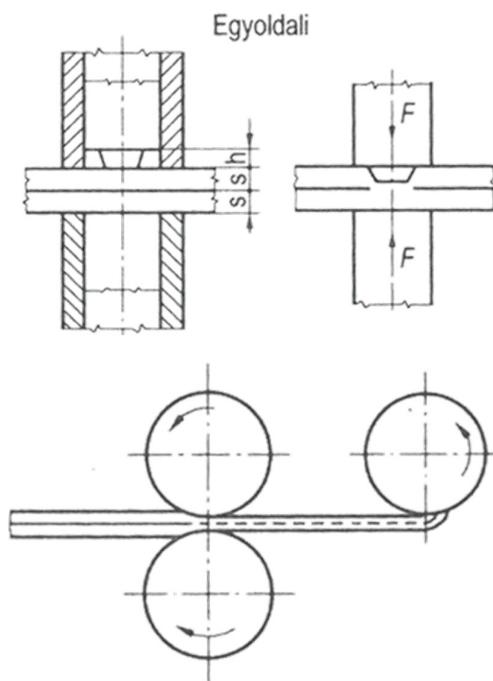


## Reines Aluminium mit $\phi=1$ Umformung



Folie: 17

## Schätzen wir die nötige Umformungskraft



Ø 10 mm Punktnaht

→ 78,8 mm<sup>2</sup> → 11 820 N → 1 206 kg, **1,2 t**

2 m breites Blech auf ~ 10 mm breite gewalzt

→ 20 000 mm<sup>2</sup> → 3 000 000 N → 305 810 kg, **306 t**

2 m × 1 m es breites Blech auf ganze Oberfläche gepreßt

→ 2 000 000 mm<sup>2</sup> → 300 000 000 N → 30 581 039 kg, **30 kt**

Folie: 18

Es existiert so eine große Schmiedemaschine



Aber die gewöhnliche Umformkraft für Pressmaschinen 1-10 kt

Problem:  
Wie Plattieren wir große Oberflächen in einem Schritt?

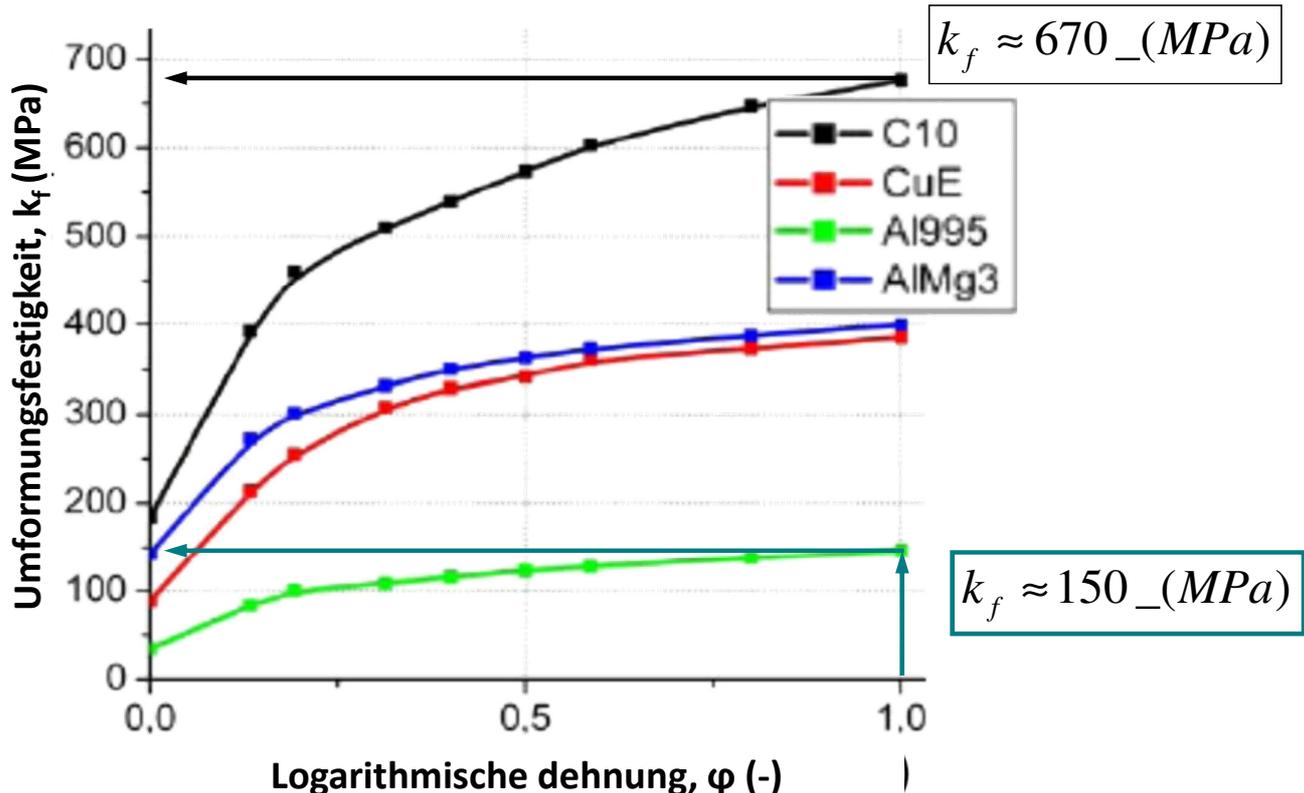
[\[https://www.google.hu/search?q=biggest+press+in+the+world&biw=1280&bih=633&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKewjjiKmpydLaAhXJ\\_ywKHWzCCV4Q\\_AUICigB#imgrc=\\_EFXQaKc3WfV-M:\]](https://www.google.hu/search?q=biggest+press+in+the+world&biw=1280&bih=633&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKewjjiKmpydLaAhXJ_ywKHWzCCV4Q_AUICigB#imgrc=_EFXQaKc3WfV-M:)

500 000 kN (50 000 t)

für C10-es stahl mit kleine Festigkeit, 137 000 t

Folie: 19

Reines Aluminium mit  $\phi=1$  Umformung



$k_f \approx 670 \text{ (MPa)}$

$k_f \approx 150 \text{ (MPa)}$

Folie: 20

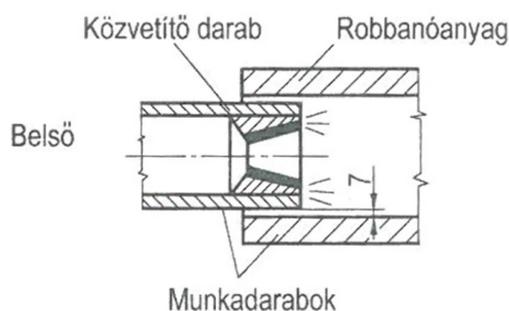
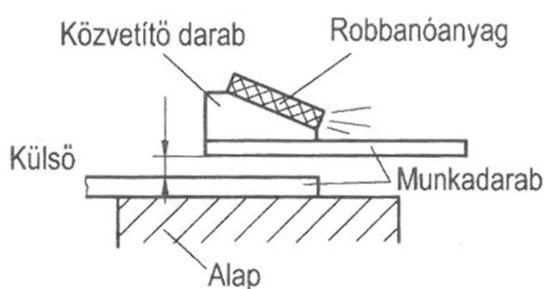
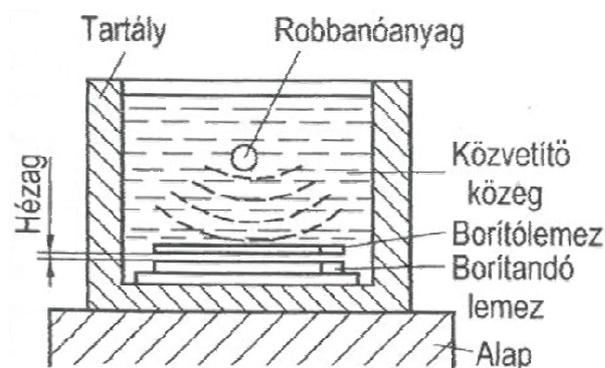
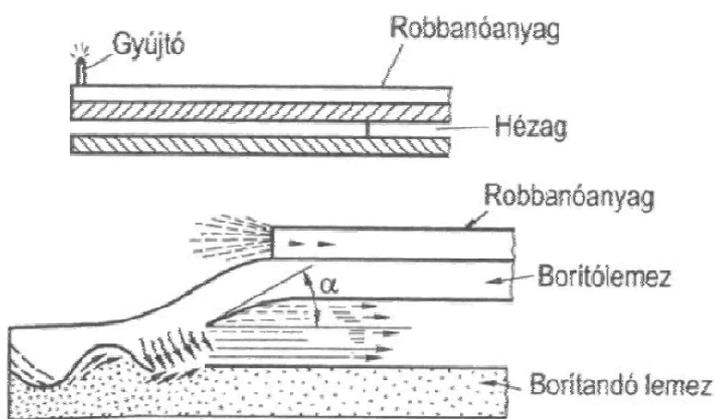
Wie plattieren / schweißen wir große Oberflächen in einem Schritt zusammen?

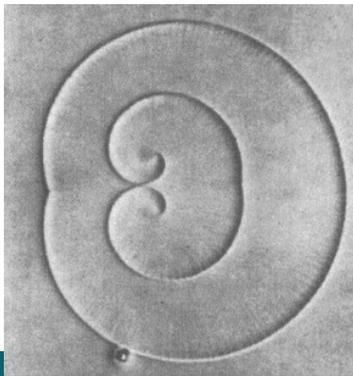
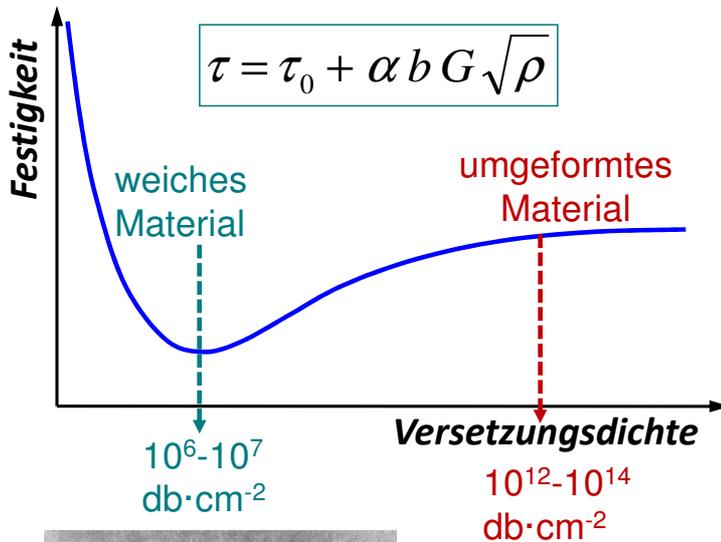


[[https://www.google.hu/search?q=gombafelh%C5%91&tbn=isch&source=iu&icx=1&fir=dN5nPNwTnXJTgM%253A%252C4GiHvKAaEsLUDM%252C\\_&usq=\\_\\_W8psP1GF\\_A9erGmqCOwwG9J8s4w%3D&sa=X&ved=0ahUKEwjhl\\_7sytLaAhUEBiwKHSooAgMQ9QEIQAD#imgrc=dN5nPNwTnXJTgM:](https://www.google.hu/search?q=gombafelh%C5%91&tbn=isch&source=iu&icx=1&fir=dN5nPNwTnXJTgM%253A%252C4GiHvKAaEsLUDM%252C_&usq=__W8psP1GF_A9erGmqCOwwG9J8s4w%3D&sa=X&ved=0ahUKEwjhl_7sytLaAhUEBiwKHSooAgMQ9QEIQAD#imgrc=dN5nPNwTnXJTgM:)]

Folie: 21

Wie plattieren / schweißen wir große Oberflächen in einem Schritt zusammen?





Frank Reed Quellen

Umformung →  
 plastische Deformation =  
 Versetzungsbewegung in  
 der Gleitsysteme →  
 Neue Versetzungen,  
 Vermehrung →  
 $10^6-10^7 \text{ St}\cdot\text{cm}^{-2} \rightarrow 10^{12}-$   
 $10^{14} \text{ St}\cdot\text{cm}^{-2} \rightarrow$   
 Festigkeit wächst und  
 Umformbarkeit sinkt →

Senken wir die  
 Versetzungsdichte!

Folie: 23

Mit Rekristallisation →

Bedingungen für Rekristallisation:

- Plastische Deformation (4 – 10%) ✓
- Rekristallisationstemperatur  $T_{\text{Rekr.}} = 0,4 - 0,6 \times T_{\text{Schmelz}} \text{ (K)}$

➤  $T < T_{\text{Rekr.}}$  Kaltpress-schweißtechnologien

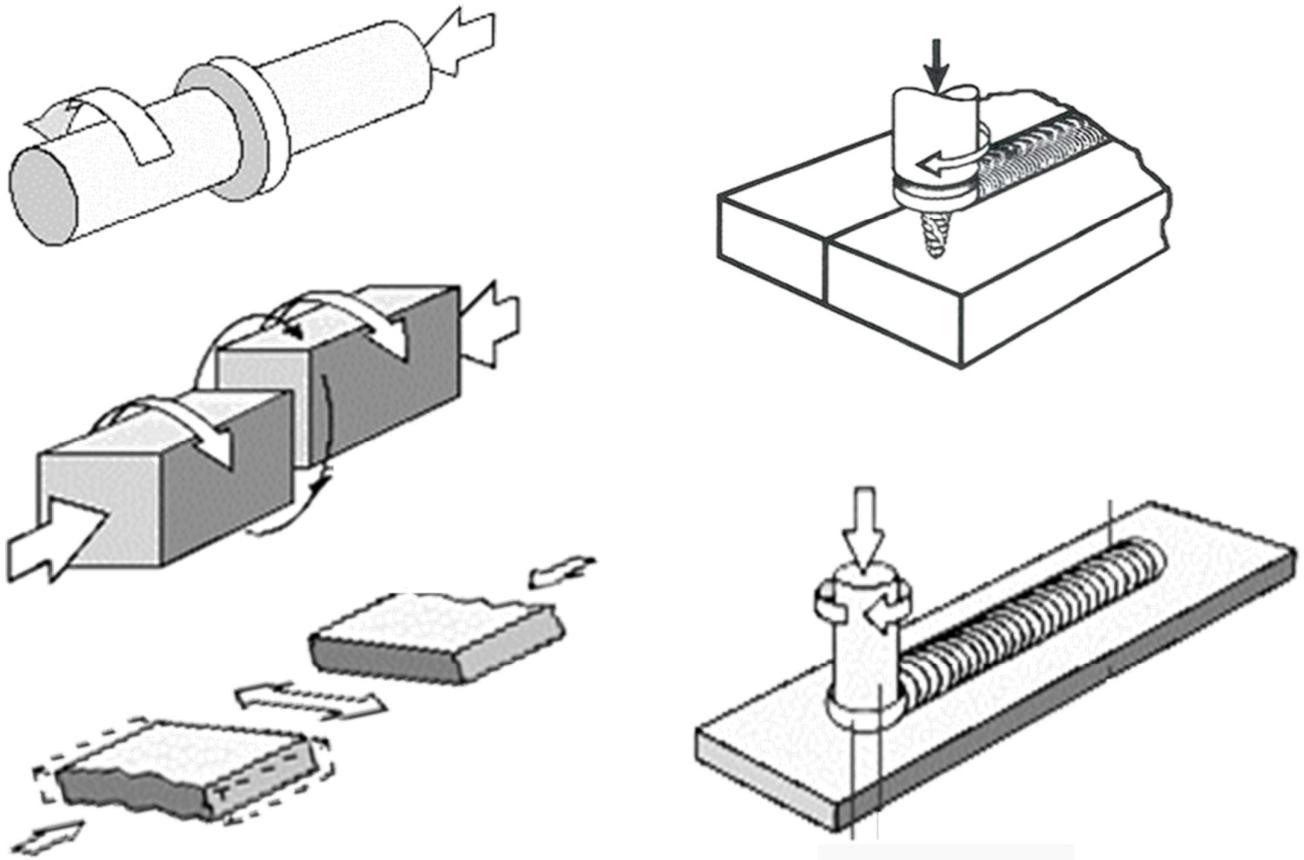
➤  $T_{\text{Rekr.}} < T < T_{\text{Schmelz}}$  Warmpress-schweißtechnologien

→ Material aufwärmen → Warmpress-schweißtechnologien:

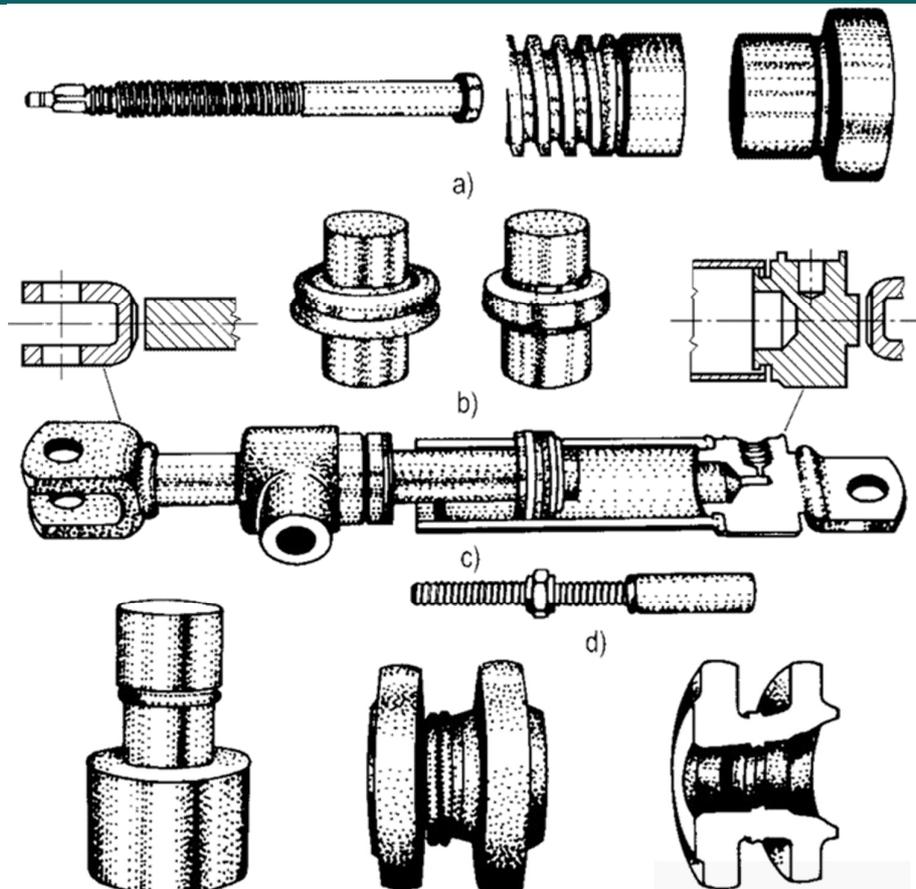
Wärmequelle kann sein:

- Verbrennungswärme (einen Teil der Gas--schweißprozesse)
- US Generator (Ultraschallschweißen)
- Widerstandswärme (einen Teil der Widerstands-schweißprozesse)
- Induktionswärme (einen Teil der Induktionsschweißprozesse)
- Reibungswärme (Reibschweißprozesse)

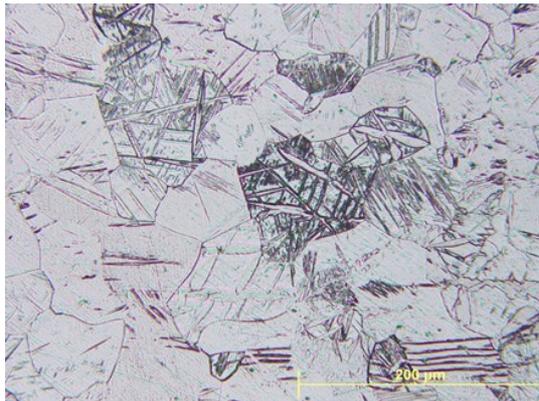
Folie: 24



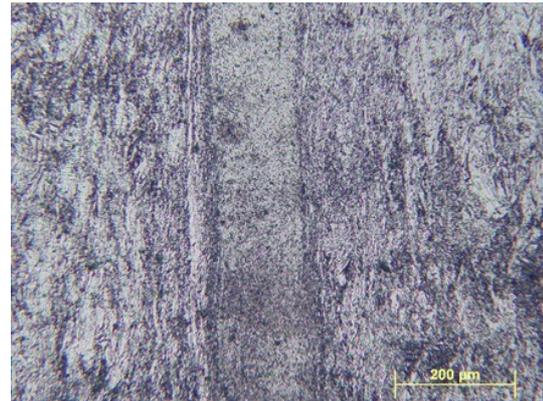
Folie: 25



Grundmaterial



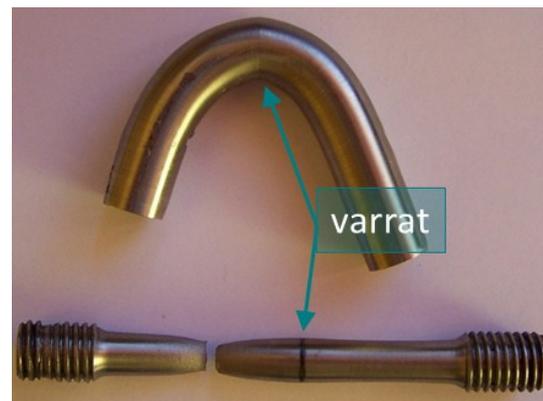
in der Schweißzohne Kornfeinerung



Hall-Petch Gleichung

$$R_{eH_{Polirist.}} = R_{eH_{Einkrist.}} + \frac{k}{\sqrt{d}}$$

+ Zähigkeitserhöhung!



Folie: 27

## Erhöhen wir die Temperatur noch!

$$(T_{Schweiß} < T_{Schmelz})$$

$T_{Schweiß} = (0,7 - 0,8) \times T_{Schmelz} (K)$   
 $P_{Schweiß} \sim R_{P0,2}$

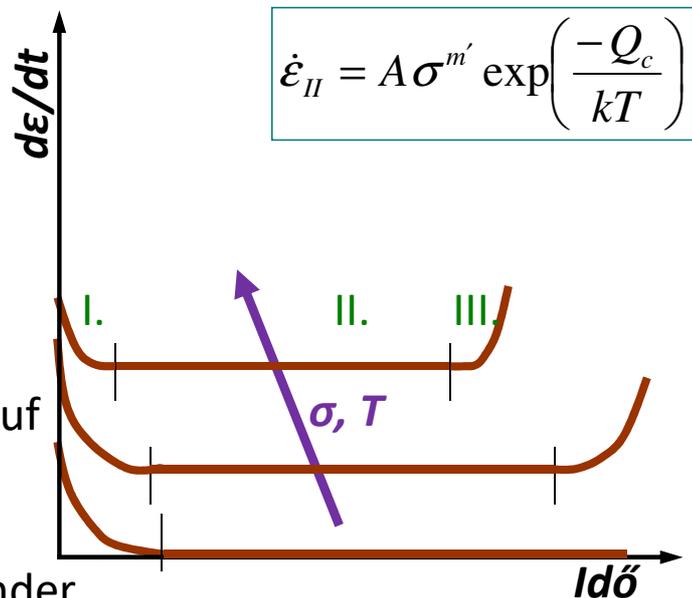
→ **Kriechen** kleine Deformation ( $\epsilon < 1\%$ )

$\epsilon \sim 1\%$  kleine Deformation → noch etwas nötig →

**Diffusion**

$$D = D_0 \exp\left(-\frac{Q}{RT}\right)$$

Atomare Bewegung, Austausch auf der Oberflächen, Oberflächenrauheit verschwindet die zwei Oberflächen diffundieren ineinander.

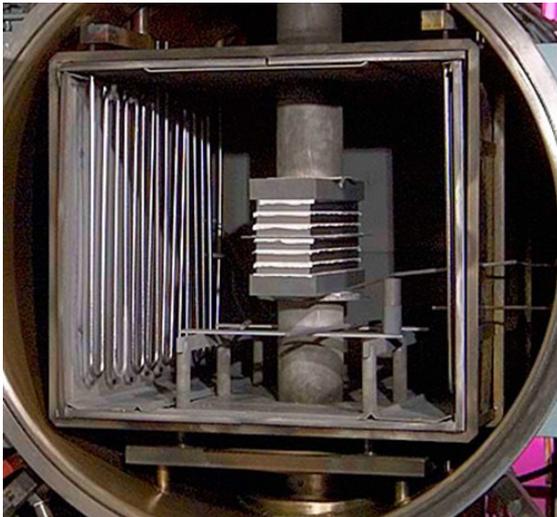


Folie: 28

Noch nötig:

- Oberflächenreinigung (Oxide, Entfetten)
- Gasschutz / Vakuum →
- Vakuumofen
- + viel Zeit: 6 – 40 h!

} → Limitierte Bauteilgröße und nicht billig! £ \$ €



[https://www.google.hu/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.refrac.com%2Fimages%2Fservices%2FDiffusionBond\\_lg.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.refrac.com%2Fservices%2FDiffusionBonding.html&docid=7knlBM0ivd0kM8tbnid=dHN8WQ6fn6](https://www.google.hu/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.refrac.com%2Fimages%2Fservices%2FDiffusionBond_lg.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.refrac.com%2Fservices%2FDiffusionBonding.html&docid=7knlBM0ivd0kM8tbnid=dHN8WQ6fn6)

<http://www.vacfurnace.com/project/vacuum-diffusion-welding-furnace/>

Folie: 29

$$(T_{\text{Schweiß}} > T_{\text{Schmelz}})$$

### Gruppe der Schmelzschweißprozesse

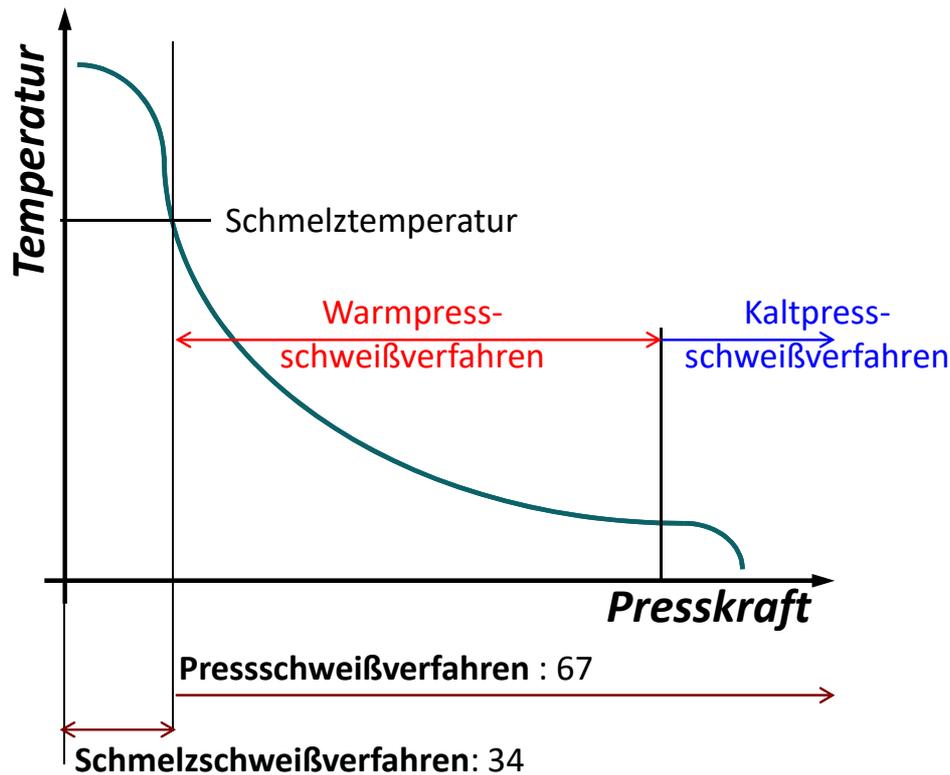
Die koherente Verbindung wird durch die Kristallisation einer gemeinsame Schmelzbad der zusammenfügende Bauteile gewährleistet.

Folgende metallurgische Aspekte müssen noch ins Betracht gezogen werden:

- Zustandsdiagramme
- Kristallisation
- ZTU Schaubilder
- Aushärtung



**Strömungslehre  
Thermodynamik  
Mechanik**



Schweißbarkeit eines Stahles ist die Geeignetheit:

- für gegebene Anwendung
- mit bestimmte Schweißparameter
- mit bestimmte Schweißzusätze

wir aus denen solche Konstruktionen herstellen können, indem die metallische Verbindungen - mit deren Auswirkung auf die ganze Konstruktion - die gewünschte Anforderungen erfüllen.

### Bestimmende Faktoren:

- chemische Zusammensetzung
- Herstellungsprozess: nur beruhigter Stahl
- Wärmebehandlungszustand: normalisiert, nachträglich Wärmebehandeln

### Einflußfaktoren:

- Materialdicke, Geometrie, Größe, Durchschnitänderung
- Spannungskonzentrator-Stellen
- Nahtausstattungen
- Herstellbarkeit
- Betriebsbedingungen

# Schmelz- schweißverfahren

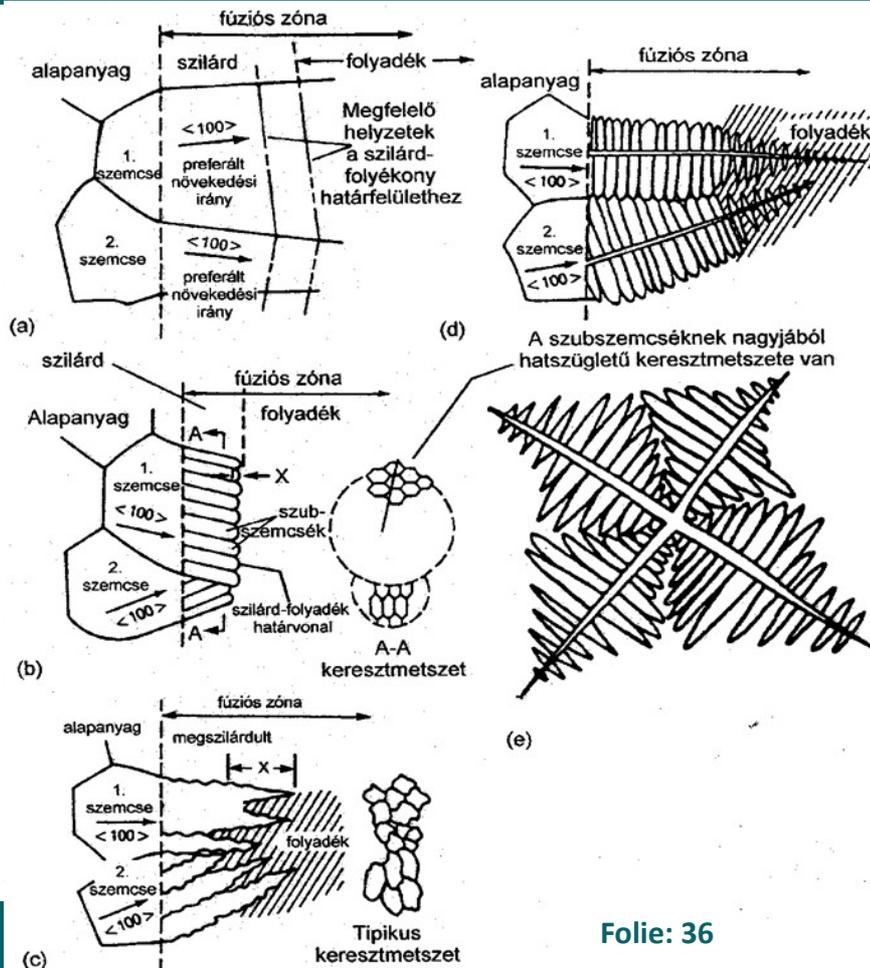
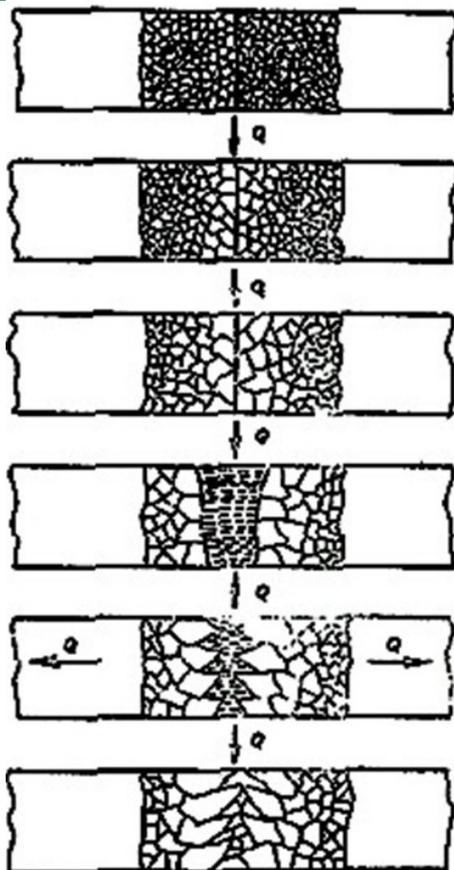
**Aktueller Stand der Normen für das Schmelzschiessen**

Qualitätsanforderungen für das Schmelzschiessen		Zerstörungsfreie Prüfungen		Annahmekriterien für ZfP		Begriffe, Definitionen	
DIN EN ISO 3834-1 bis -5, DIN FB CEN ISO/TR 3834-6		Qualifizierung Personal: DIN EN ISO 9712		Stahl: VT DIN EN ISO 5817, Aluminium: DIN EN ISO 10042		Symbolische Darstellung: DIN EN ISO 2553	
Regeln für ZfP: DIN EN ISO 17635		Regeln für ZfP: DIN EN ISO 17635		Aluminium: RT DIN EN ISO 10675-1, DIN EN ISO 10675-2		Verfahren und Nr.: DIN EN ISO 4063	
Lichtbogenschweißen: Stahl, Aluminium		Sichtprüfung: DIN EN ISO 17637		UT: DIN EN ISO 11666, DIN EN ISO 23279, DIN EN ISO 22825, DIN EN 15617		Begriffe Metallschweißen: DIN EN 14610 (ISO 887-1, -2)	
Einteilung der Werkstoffe: CEN ISO/TR 15608, 20172; ISO/TR 20173, 20174		Durchstrahlungsprüfung: DIN EN ISO 17636-1, -2		PT: DIN EN ISO 23277		Begriffe & Definitionen: DIN FB CEN/TR 14599, DIN FB ISO/TR 25901	
Empfehlungen zum Schweißen: DIN EN 1011-1 (ISO/TR 17671-1)		Ultraschallprüfung: DIN EN ISO 17640		MT: DIN EN ISO 23278		Mehrsprachige Benennung mit Bildern: DIN EN 1792, DIN EN ISO 17659	
DIN EN 1011-2, -3, DIN EN 1011-4		Eindringprüfung: DIN EN ISO 3452-1, -2, -5, -6		HT: DIN EN ISO 18265		Schweißpositionen: DIN EN ISO 6947, CEN/TR 14633	
Temperaturmessung: DIN EN ISO 13916		Magnetpulverprüfung: DIN EN ISO 17638		Schweißzusätze		Schweißtoleranzen: DIN EN ISO 13920	
Schweißprüfung: DIN EN 287-1, DIN EN ISO 9606-1; DIN EN ISO 9606-2		Wirbelstromprüfung: DIN EN 1711 (DIN EN ISO 17643)		Allg. Produktnorm: DIN EN 13479		Weitere Normen	
Bedienerprüfung: DIN EN ISO 14732		Härteprüfung: DIN EN ISO 9015-1, -2		QS-Anforderung für Herstellung: DIN EN 12074		Schweißprüfung Kupfer: DIN EN ISO 9606-3	
Schweißaufsicht: DIN EN ISO 14731		Beugungslautzeitprüfung (TOFD-Verfahren): DIN EN ISO 10883, 15626, 16627		Techn. Lieferbed.: DIN EN ISO 544		Schweißprüfung Nickel: DIN EN ISO 9606-4	
Schweißanweisung: DIN EN ISO 15609-1, -2, -6		Phased Array: DIN EN 16018		Richtlinien zur Beschaffung: DIN EN ISO 14344		Schweißprüfung Titan: DIN EN ISO 9606-5	
Qualifizierung von Verfahren: DIN EN ISO 15607, 15610, 15611, 15612, 15613		Zerstörende Prüfungen		Prüfverfahren & QS: DIN EN 14532-1, -2, -3; DIN EN ISO 15792-1, -2, -3		Schweißprüfung Gusseisen: DIN EN 287-6	
DIN EN ISO 15614-1, DIN EN ISO 15614-2, -4		Querzugversuch: DIN EN ISO 4136		Prüfmethode: DIN EN ISO 15792-1, -2, -3, DIN EN ISO 6847, 14372, 8249, 3690, DIN EN 22401		Bewertungsgruppen Hybrid: DIN EN ISO 12932	
Kalibrieren, Validieren, Verifizieren: DIN EN ISO 17662		Längszugversuch SG: DIN EN ISO 5178		Wolframelektroden: DIN EN ISO 6848		Verfahrensprüfung Kupfer: DIN EN ISO 15614-6	
Wärmebehandlung: DIN EN ISO 17663, DIN EN 10052		Kreuzzugprüfung: DIN EN ISO 9018		Zusätze zum Hartauftragen: DIN EN 14700		Verfahrensprüfung Nickel: DIN EN ISO 15614-1	
Unregelmäßigkeiten, Schweißnahtvorbereitung		Biegeprüfung: DIN EN ISO 5173		Zusätze für Gusseisen: DIN EN ISO 1071		Verfahrensprüfung Titan: DIN EN ISO 15614-5	
Gruppen Schmelzschiessen: DIN EN ISO 5817 + Ber. 1, DIN EN ISO 10042		Bruchprüfung: DIN EN ISO 9017				VP Gusseisen: DIN EN ISO 15614-3	
Gruppen Strahlschiessen: DIN EN ISO 13919-1, DIN EN ISO 13919-2		Kerbschlagbiegeversuch: DIN EN ISO 148-1, DIN EN 975, DIN EN ISO 9016				VP Auftragschweißen: DIN EN ISO 15614-7	
Thermisches Trennen: DIN EN ISO 9013		Härteprüfung: DIN EN ISO 9015-1, -2				VP Rohre in Rohrböden: DIN EN ISO 15614-8	
Nahtvorbereitung: DIN EN ISO 9692-1, -2, -4, DIN EN ISO 9692-3		Mikro- und makroskopische Untersuchung: DIN V 1739, DIN CEN ISO/TR 16060				VP Hybrid-Prozess: DIN EN ISO 15614-12	
Verbindungselemente: DIN EN 1708-1, DIN EN 1708-2, DIN EN 1708-3, DIN 2559-2, DIN 2559-3, DIN 2559-4		Heißrissprüfverfahren: DIN EN ISO 17641-1, -2, -3				VP Schw. von Stahlguss: DIN EN ISO 11970	
Geometrische Unregelmäßigkeiten Schmelz-, Preisschweißen: DIN EN ISO 6520-1, -2		Kaltrissprüfverfahren: DIN EN ISO 17642-1, -2, -3, DIN FB ISO/TR 17844				Schweißen von Gusseisen: DIN EN 1011-8	
Geometrische Unregelmäßigkeiten Themische Schmelz: DIN EN 12584 (ISO 17658)		Bestimmung Ferritanteil: DIN EN ISO 8249				Schweißen v. Plattierungen: DIN EN 1011-5	
Themische Schmelz: DIN ISO/TS 17845						Verfahren zur Beurteilung von Unregelmäßigkeiten bei metallischen Bauteilen: DIN FB CEN/TR 15235	
Schweißbarkeit: DIN FB ISO/TR 581							
Lichtbogenschweißeinrichtungen, Arbeitsschutz							
Schweißstromquellen: DIN EN 60974-1, -2, -3, -4							
Drahtvorschubgeräte, Brenner, Stabelektrodenhalter, Steckverbinder für Schweißleitungen: DIN EN 60974-5, -6, -7, -8, -9, -11, -12, -13							
Rohrleitungen, Gasschläuche, Anschlüsse, Manometer, Gebrauchsteilvorlagen, Brenner, Schutzkleidung, -handschuhe: DIN 2403; DIN EN 560, 561, 1256; DIN EN ISO 2503, 3821, 5171, 7291, 14113, 10462							
Augenschutz: DIN EN 169, 175, 379							
Schweißvorhänge: DIN EN 1598 (E DIN EN ISO 25980)							
Umwelt-Checkliste: DIN EN 14717							
Luftreinigungssysteme: DIN EN ISO 15012-1, -2							
Schweißrauche Laborverfahren: DIN EN ISO 15011-1 bis -5; DIN CEN ISO/TS 15011-6							
Schweißrauche Probenahme: DIN EN ISO 10892-1, -2							
www.musmann.org Stand: 07.09.2014							
© Nachdruck nur in vollständiger Umfang und mit Quellenangabe erlaubt (Baublog ohne Gewähr)							

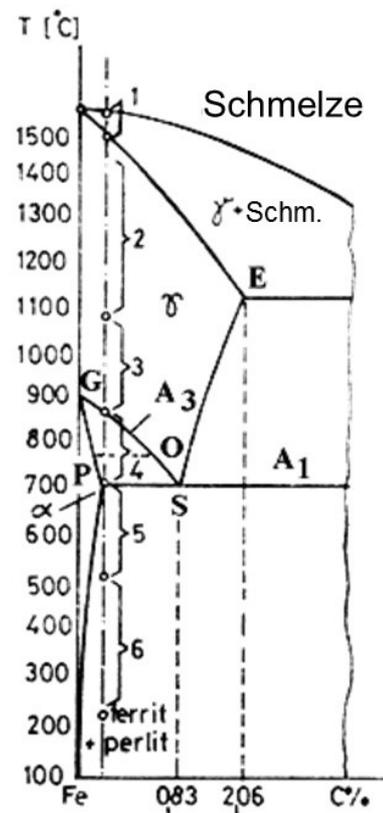
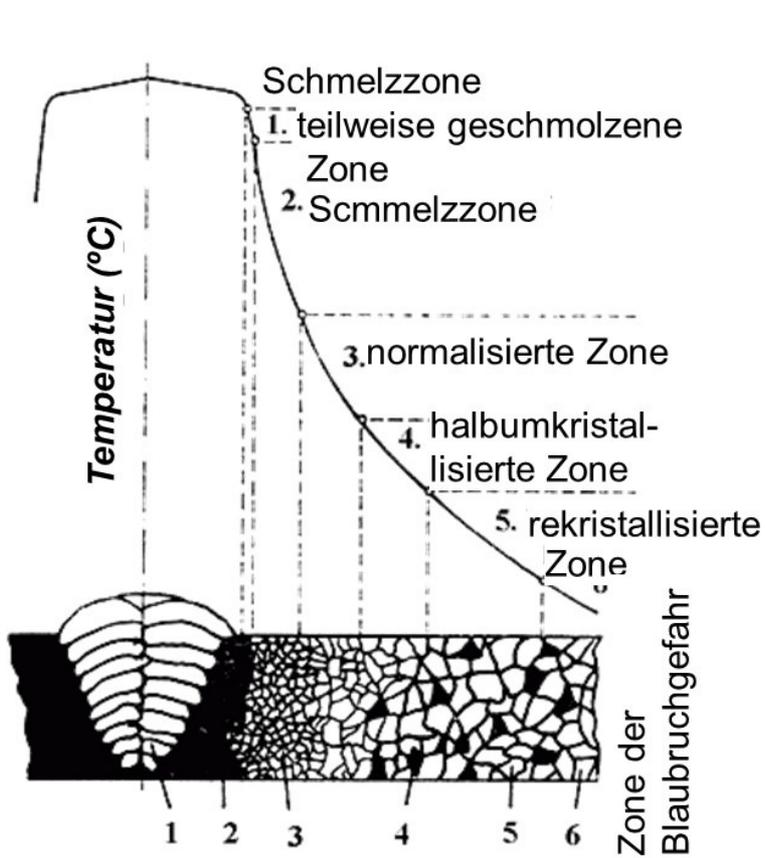
Folie: 35

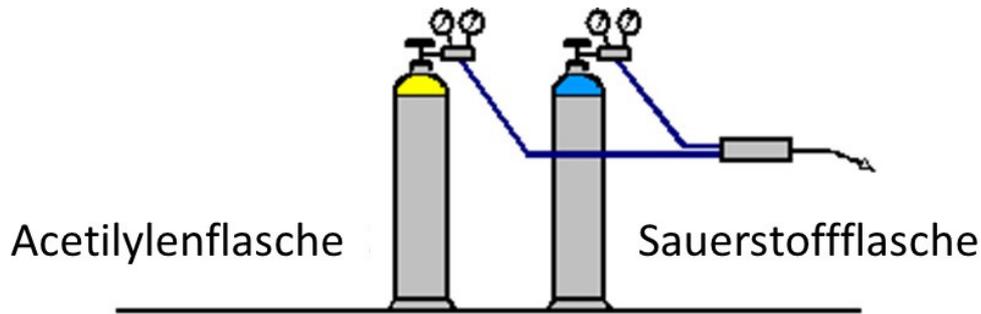


**Schweißnaht**



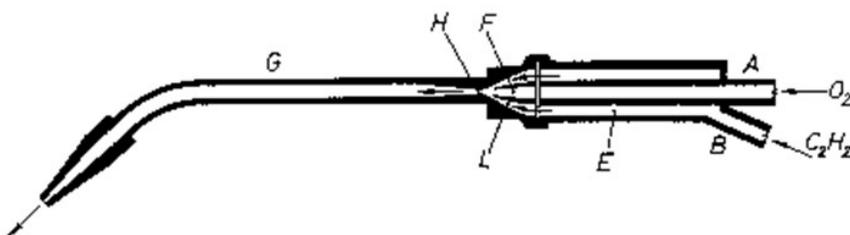
Folie: 36



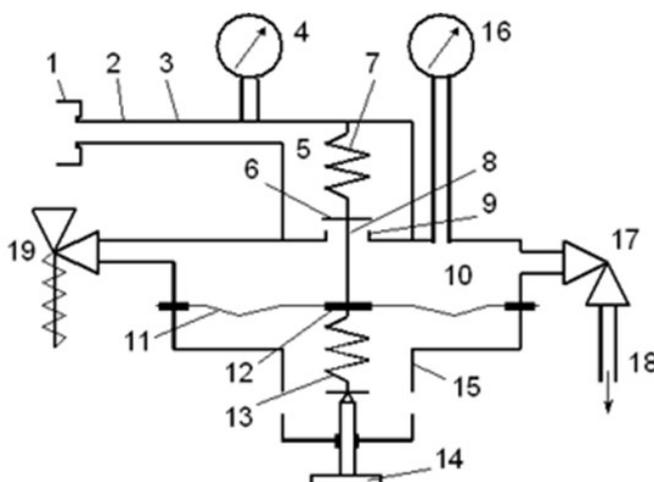


**Azetylen:**  $C_2H_2$  ist im Azeton absorbiert. Damit ist es bis 30 bar Druck komprimierbar (aus Sicherheitsgründen: 15 bar). Die Flasche ist mit porösem Material ausgefüllt (Zement, Asbest, Kohlenstoff). Das poröse Material ist infiltriert durch Azeton, um freie Volumen auszuschließen. (Im einigen  $cm^3$  freie Volumen – etwa walnussgroß – würde das Azetylen explodierend dissoziieren.) Füllung:  $16 \times 15 \times 24 \text{ l} = 5760 \text{ l}$ . Sauerstoffmenge ist  $\sim 6000 \text{ l}$ .

Folie: 39



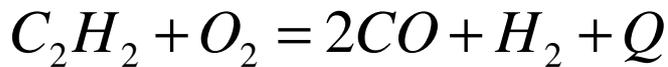
Das Brenngas und der Sauerstoff wird durch Injektoreffekt zusammengemischt.



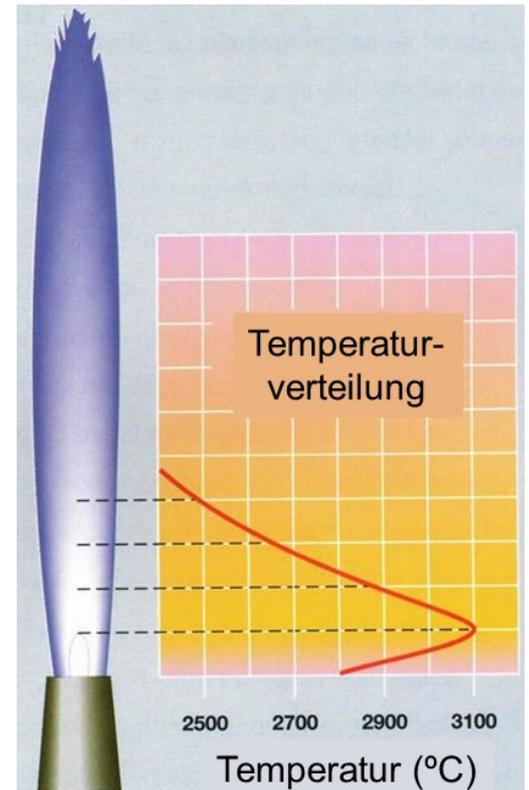
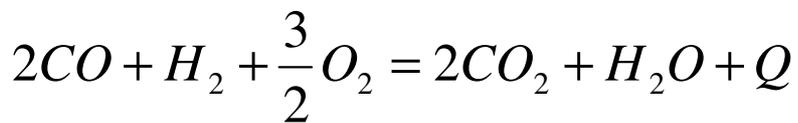
Der Gasdruck im kleinen Bohrloch strömt aus und der Druck wird in größeren Raum sich vermindern.

Folie: 40

- Die primäre Reaktion:

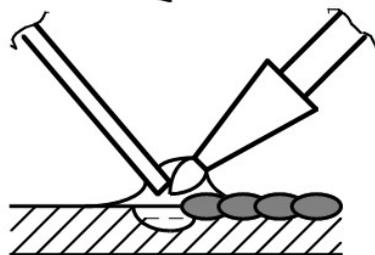


- Die sekundäre Reaktion (Sauerstoff stammt auch von der Luft):



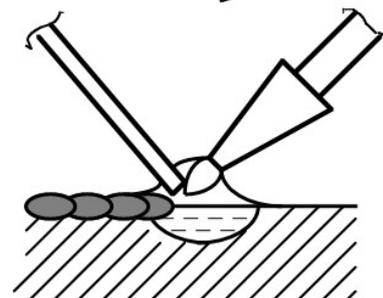
Folie: 41

Richtung des Schweißens  
←



Nach-links-Schweißen

Richtung des Schweißens  
→



Nach-rechts-Schweißen

- Nach-links-Schweißen: ist gut für dünne Bleche ( $s \leq 3 \text{ mm}$ ).
- Nach-rechts-Schweißen ist für dickere Bleche und Rohre angewendet. Beim Nach-rechts-Schweißen kann man tieferes Einschmelzen durch Erwärmen des Nachgebietes erreichen.

Folie: 42

## Neutrale Flamme

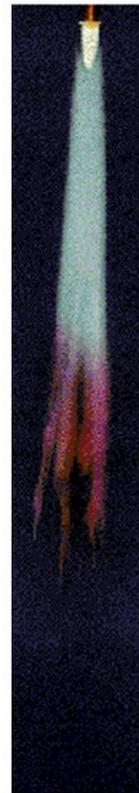
(Für Schweißen der Stähle und Cu)

## Reduzierende Flamme

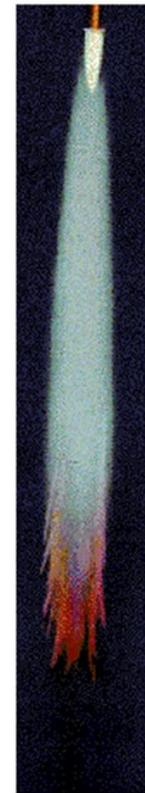
(Für Schweißen des Gußeisens,  
Al und Al-Legierungen)

## Oxidierende Flamme

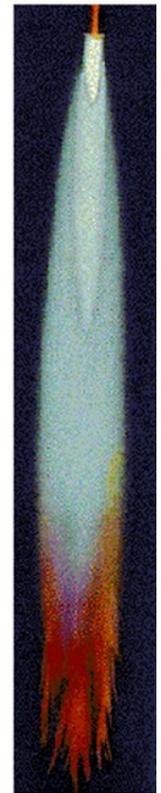
(Für Schweißen des Messings)



Neutrale



Oxidierende  
Flammen



Reduzierende

Folie: 43

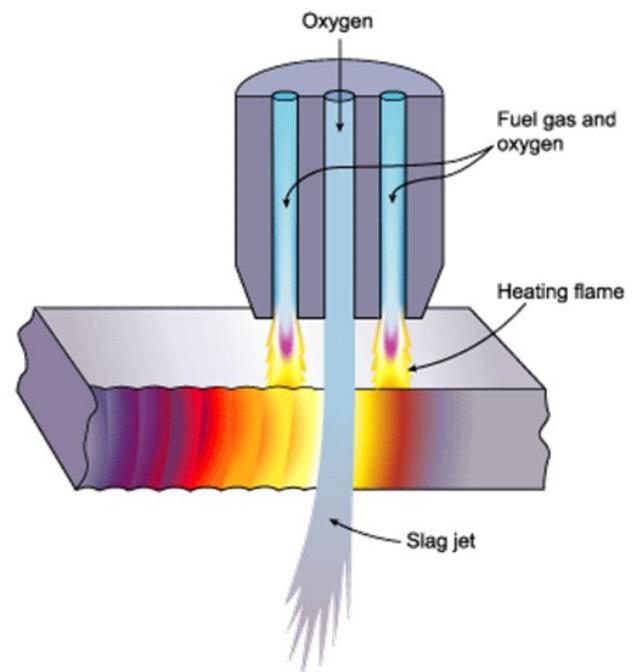
- Bei örtlichen Schweißarbeiten, bei Installationstechnik, bei zentralen Heizungs- Wasser- und Gasleitungsrohreschweißen (wo man andere Verfahren nicht oder schwer anwenden kann).
- Beim Reparaturschweißen (z.B. Karosseriereparaturarbeiten).

Videos: [1](#), [2](#)

Folie: 44

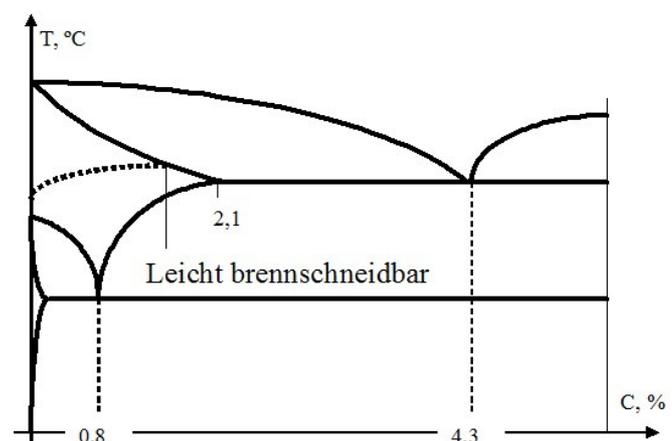
## Prozess:

- Vorwärmen auf die Entzündungstemperatur
- Verbrennen im Sauerstoff
- Ausblasen des Verbrennungsproduktes vom Schlitz.
- mehrere 100 mm in Stahl
- mit Fe-Pulver Zugabe ins O<sub>2</sub>-Strahl bis 600 mm !



Folie: 45

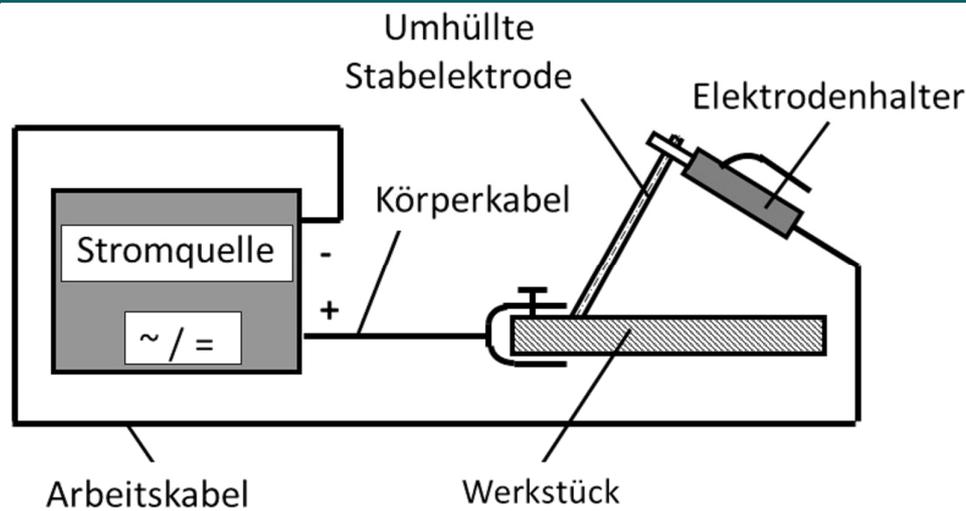
- Das Material soll im Sauerstoff brennbar sein;
- Entzündungstemperatur soll niedriger sein, als sein Schmelztemperatur;
- Schmelztemperatur der Oxyde soll kleiner sein, als die Schmelztemperatur des Materials;
- Das Verbrennungsprodukt soll dünnflüssig sein, um es ausblasen zu können.



## Gut schneidbare Materialien:

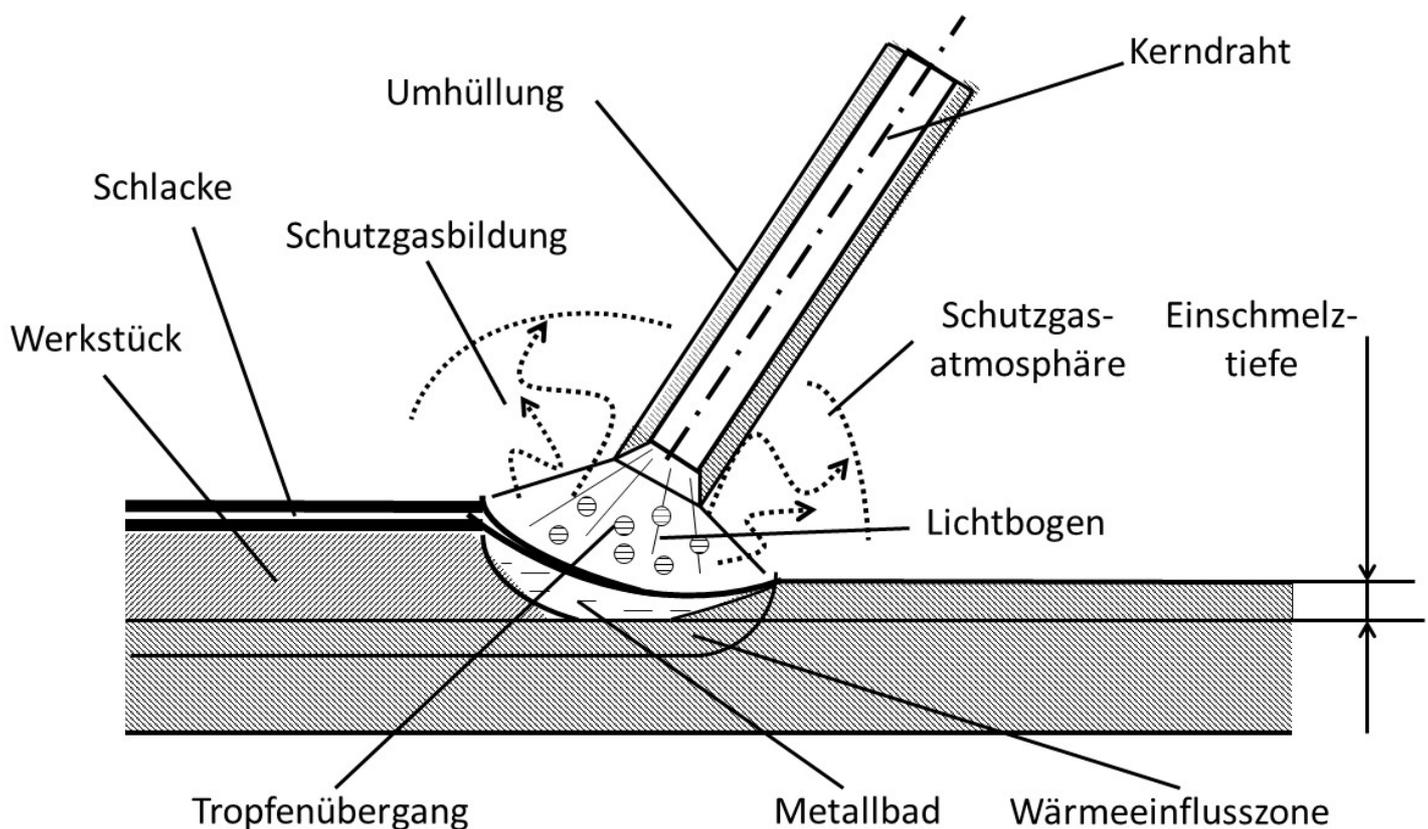
Schweißbare unlegierte und niedriglegierte Stähle.

Die Legierungselementen verschlechtern die Brennschneidbarkeit.



Schweißen durch generierter Lichtbogen zwischen der einschmelzenden umhüllten Metallelektrode und dem Werkstück, unter Schutzgasen die von der schmelzenden Umhüllung stammen. Anwendbar für Verbindungs-, Auftrag- und Reparaturschweißen.

Folie: 47



Folie: 48

- Lichtbogenstabilisation (K, Na, Ca helfen die Ionisation)
- Schutzgasbildung (organische Materialien, z.B. die Zellulose  $(C_6H_{10}O_5)_n$  und  $CaCO_3$ )
- Desoxydation, Denitration (Mn, Si, Al, V, Ti, usw.)
- Legieren (Grundmaterialabhängige Elementen, in der Form der Ferrolegierungen z.B. Fe-Si, Fe-Ti, Fe-Cr usw.)
- Schlackenbildung (Rutil, organische Materialien,  $SiO_2$ , MnO usw.)
- Sinken bzw. Regeln der Abkühlungsgeschwindigkeit
- Metallurgische Prozesse
- Erhöhung der Schmelzgeschwindigkeit (Wirkungsgrad des Ausbringens kann noch 220 % sein).

Folie: 49

- Ästhetische Nähte
- Nicht geeignet auf Positionsschweißen (Die Schlake ist dünnflüssig)
- Tiefes Einschmelzen, „heiße Elektrode“.
- Eisenoxyd ( $Fe_2O_3$ ), Manganoxyd ( $MnO_2$ ), Titanoxyd ( $TiO_2$ ), Siliziumdioxyd ( $SiO_2$ ) und Silikate bilden die Umhüllung.
- Organische Materialien und Karbonate bilden das Schutzgas.

Folie: 50

- Die Nahtoberfläche ist schön, leicht zu Schweißen, leichte Bogenentzündungsfähigkeit. Man kann auch Wechselstrom anwenden. Für Positionsschweißen ist es auch ausgezeichnet.
- Dicke Umhüllung, Elektroden mit großem Ausbringen.
- Mit etwa 50 Masse-% ist der Rutilgehalt ( $\text{TiO}_2$ ). Andere Komponenten sind Ferromangan, Ferrosilizium, Ferrotitan, Silikaten, Feldspat ( $\text{SiAlO}_4$ ), Magnesit, organische Materialien, Karbonate.
- Feine Tropfenübergang.

Folie: 51

- Wenige Schlacke, leicht abfällt, nutzbar in allen Positionen, entwickelt auf Wurzelschweißen der Rohre mit großem Diameter.
- Wie Rutilumhüllt, aber enthält 15–30 Masse-% organisches Material, meist Zellulose ( $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ )<sub>n</sub>, Mehl, Holzmehl, Dextrin.
- Unangenehmer Geruch, Schutzgasbildung in großer Menge.

Folie: 52

- Gute mechanische Eigenschaften, aber schwer zu Schweißen. Die Umhüllung ist hygroskopisch, die Elektrode soll austrocknet werden.
- Hauptkomponenten: Alkalierdmetallkarbonate, z.B. Kalzit  $\text{CaCO}_3$  (Kalkspat), Flussspat, Ferrolegierungen, Silikate und auch Einzellegierungen.
- Grobe Tropfenübergang.

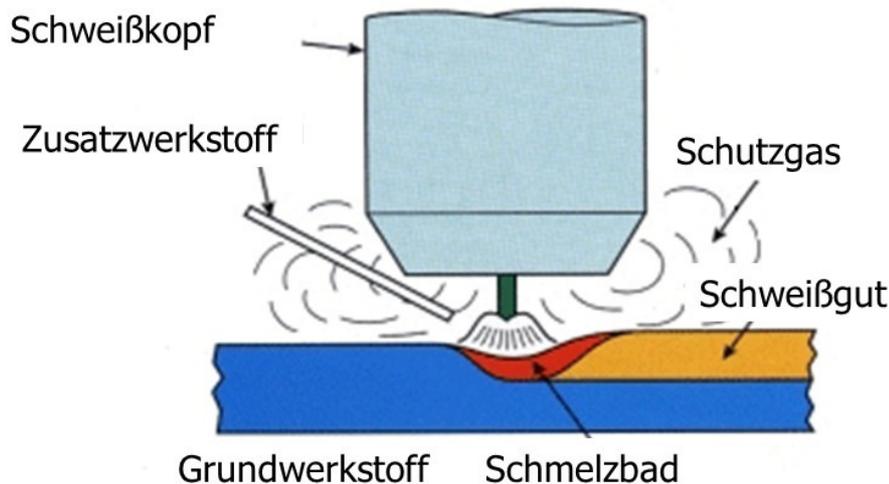
Folie: 53

Die gute Eigenschaften der einzelnen Umhüllungen sind vereinigt

Sauerumhüllt	A
Rutilumhüllt	R
Rutilumhüllt (dick)	RR
Rutilsauerumhüllt	AR
Zelluloseumhüllt	C
Rutilzelluloseumhüllt	R(C)
Rutilzelluloseumhüllt(dick)	RR(C)
Basischumhüllt	B
Rutilbasischumhüllt	R(B)
Rutilbasischumhüllt (dick)	RR(B)

Videos: [1](#), [2](#)

Folie: 54

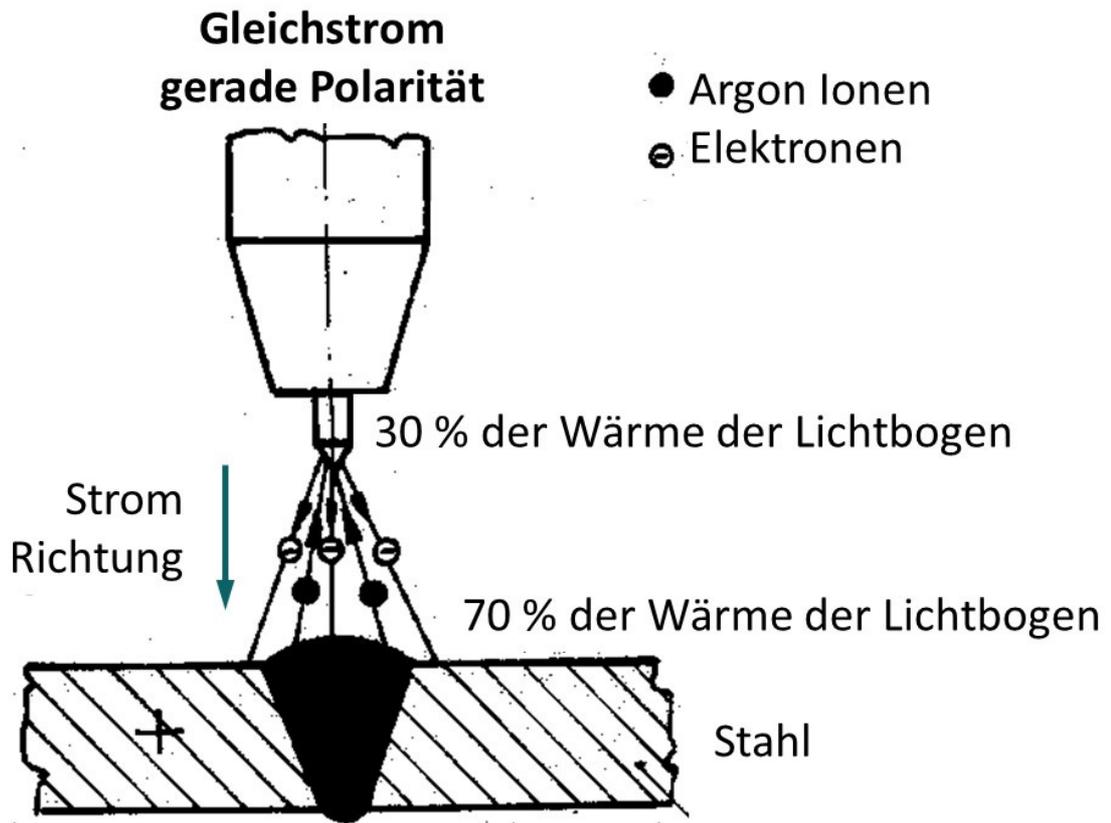


Beim WIG Schweißen ist der elektrische Lichtbogen zwischen der nicht schmelzende Elektrode und Grundwerkstoff in Argon Schutzgas gebildet. Die Bogenentzündung ist durch Funkenentladung getan.

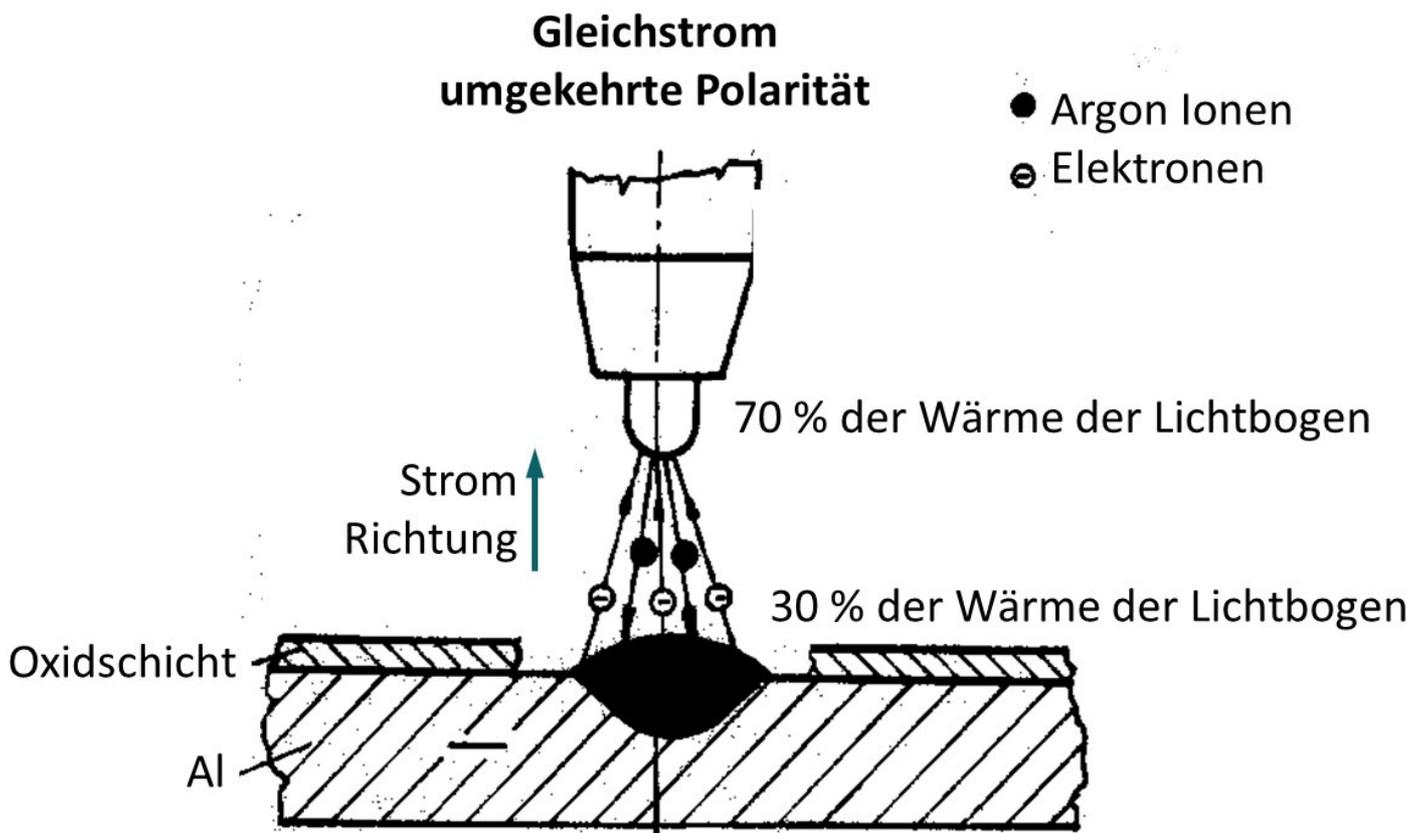
Folie: 55

- Das Wolfram schmilzt theoretisch nicht (30 Stunden)
- WIG ist im Helium Schutzgas auch angewendet
- Mit diesem Verfahren alle Materialien sind schweißbar
- Verbindungs-, Auftrags- und Schmelzpunktschweißen
- Anwendungsbereich ist breit.
- In erster Linie für legierte Stähle, Farb- und Leichtmetalle.
- Bei unlegierten und niedrig legierten Stählen ist WIG für Wurzelschweißen der Rohre angewendet.
- Hohe Stabilität, Sauberkeit, gute Qualität.
- Die Produktivität ist klein. WIG braucht Übung.

Folie: 56



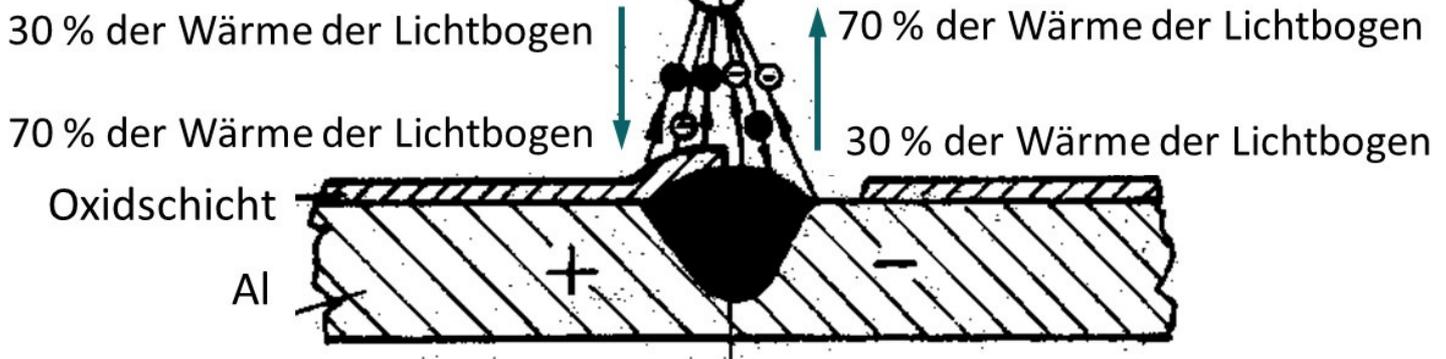
Folie: 57



Folie: 58

## Wechselstrom

- Argon Ionen
- ⊖ Elektronen



Für Schweißen der Al und Al  
Legierungen ist Wechselstrom/  
Impulstechnik geeignet.

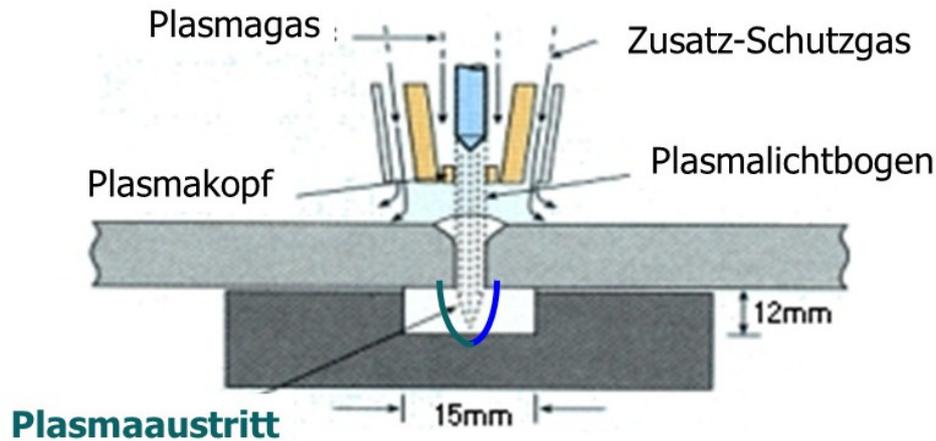
Video: [1](#), [2](#)

Folie: 59

Plasma:

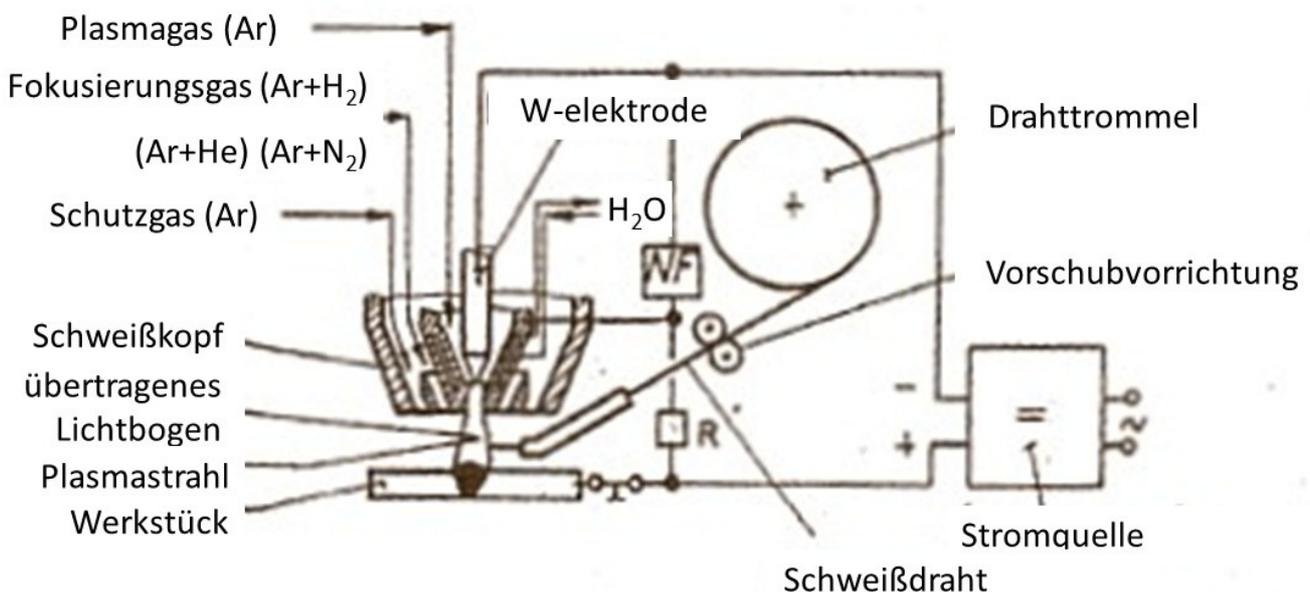
- Ein hochoverhitztes thermisches Plasma ist ein elektrisch leitende Gas, wo die dissoziierte und ionisierte Teilchen mit entsprechendem Verhältnis im thermodynamisches Gleichgewicht sind.
- Das Plasma hat hohe Energieniveau ( $30000^{\circ}\text{K}$ ), es ist geeignet für Schweißen, Schneiden und andere thermische Bearbeitungen.

Folie: 60

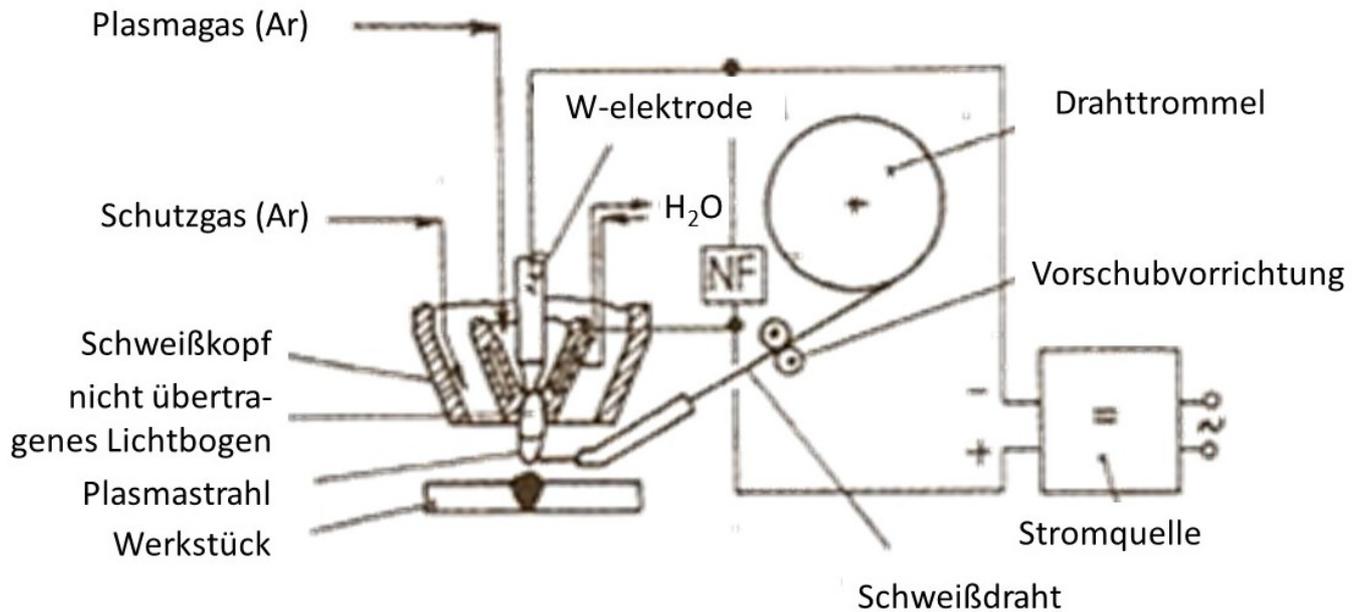


Das Plasmaschweißen versichert tiefes Einschmelzen, ist anwendbar für alle Materialien des WIG Schweißens, aber das Plasma ist auch stabil und verwendbar bei kleinen Stromstärken. ( $I \leq 50 \text{ A}$ , Mikroplasmaschweißen)

## Plasmalichtbogenschweißen

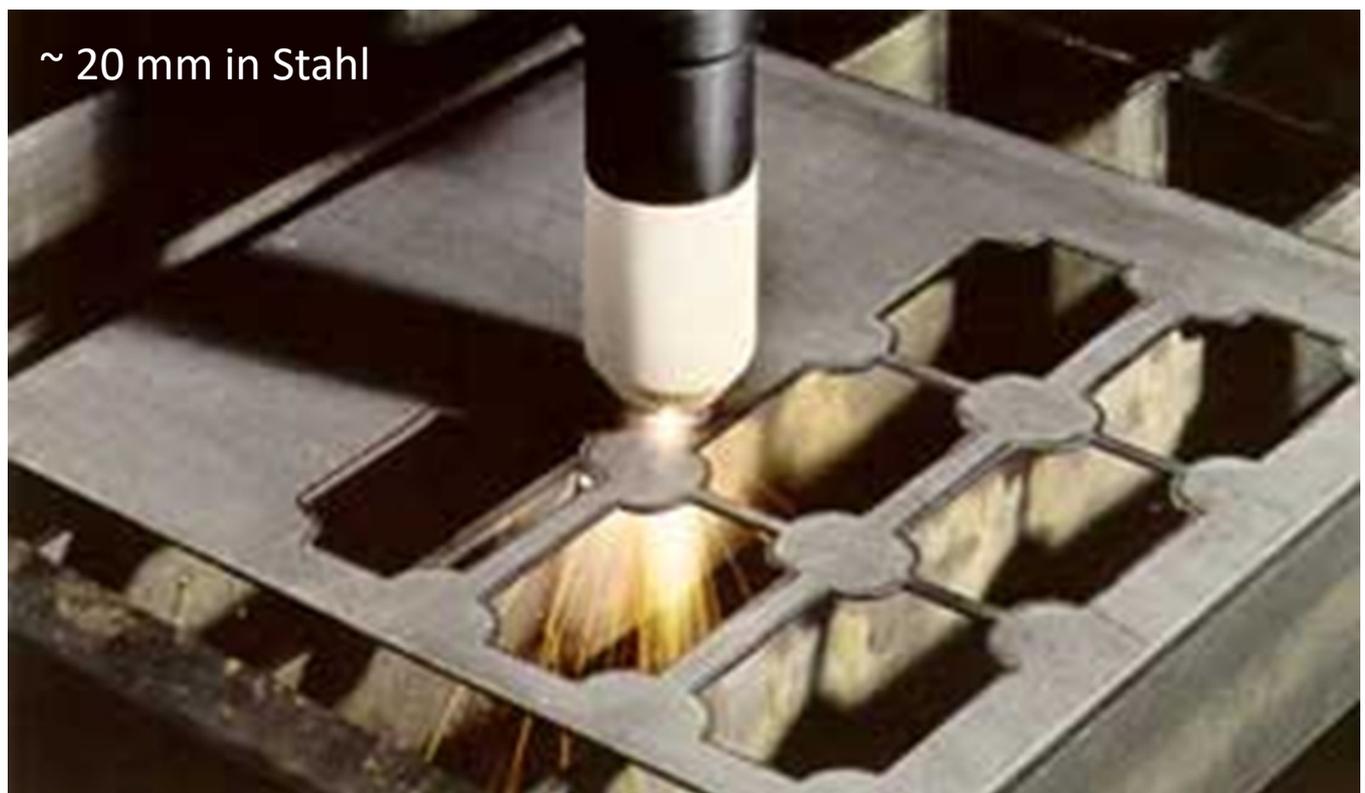


## Plasmastrahlschweißen



*Szunyogh L: Hegesztés és rokoneljárások*

Folie: 63

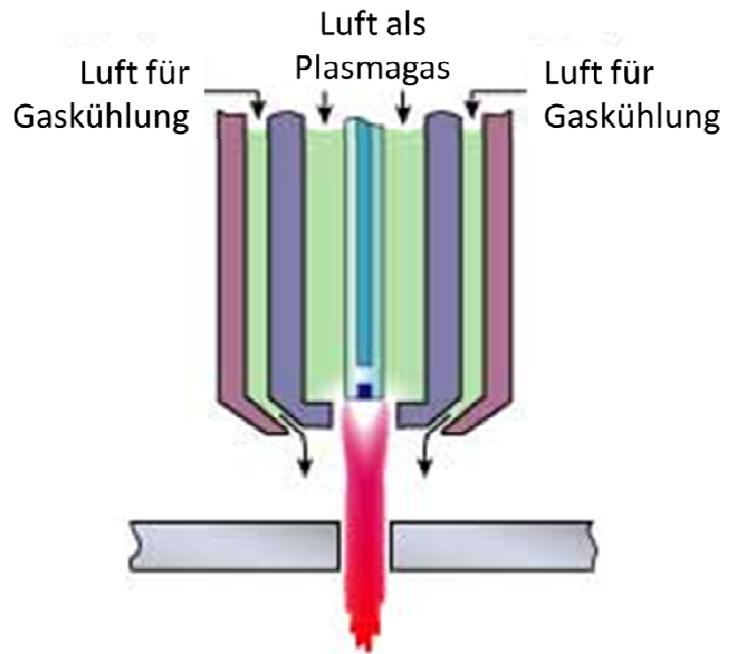


Alle Materialien sind schneidbar mit dieser Verfahren schneidbar

Folie: 64

Das Betriebsluftnetz versichert die Plasmabildende Gase (N, O)

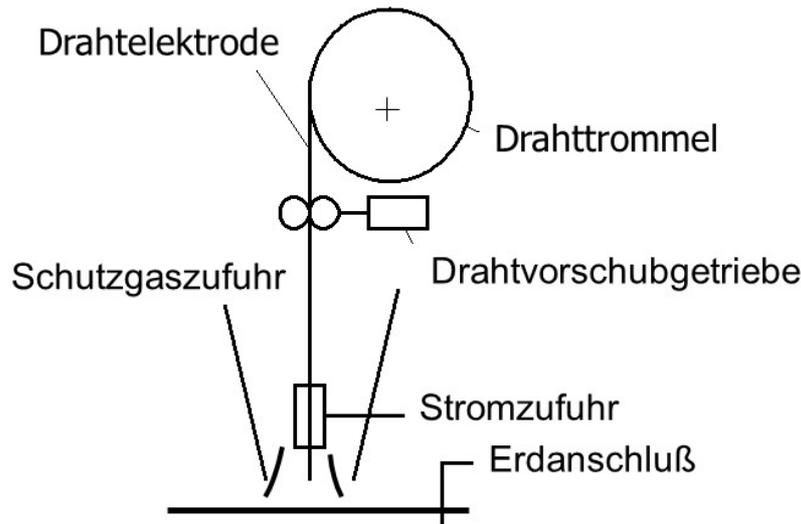
- Entstehen Nitröse Gase sehr Karzinogen!
- Atmungsschutz
- Gehörschutz
- z.B.: unter Wasser Schneiden



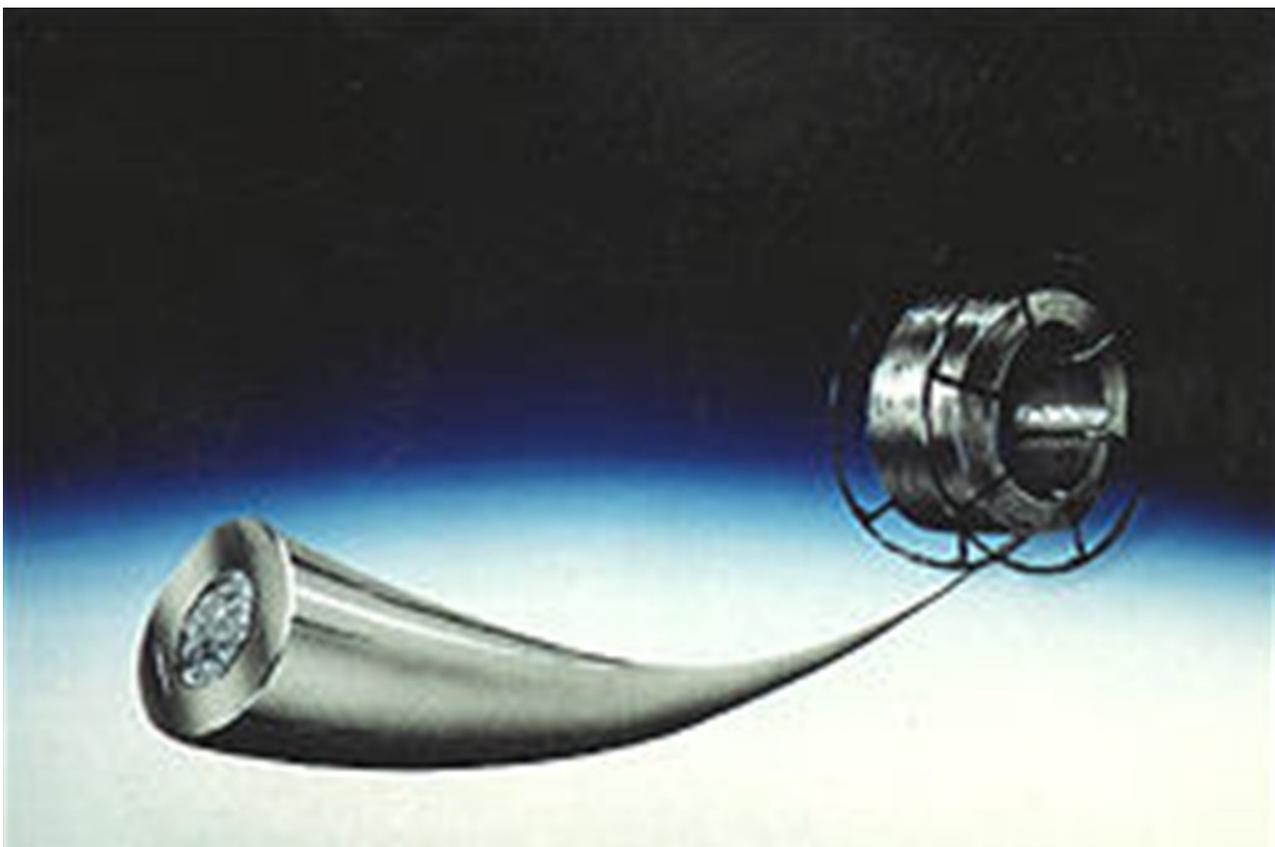
Folie: 65



Folie: 66



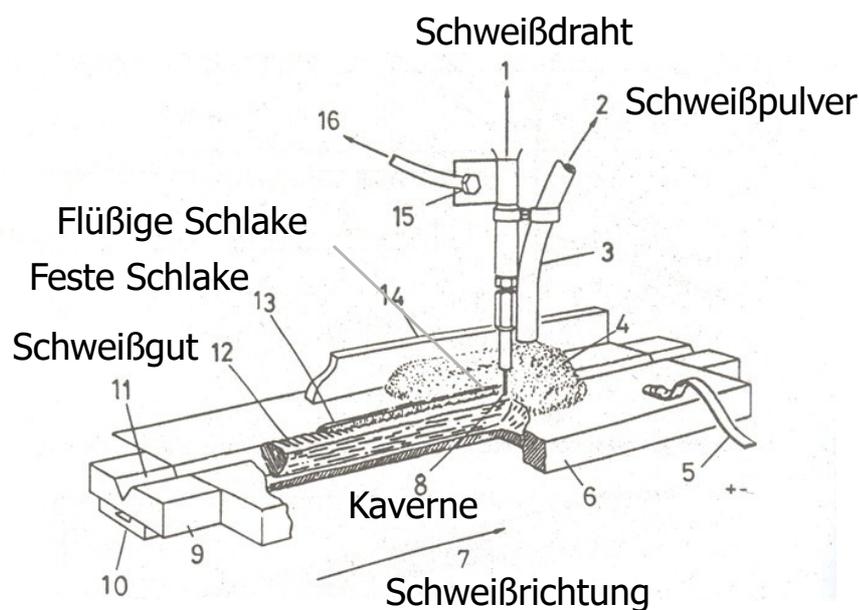
Die Materialien sind mit einem - zwischen kontinuierlich zugeführter schmelzender Drahtelektrode und dem Werkstück - gebildeten Lichtbogen unter Gasschutz ( $\text{CO}_2$ , Ar oder Gasmischung) zusammengeschmolzen .



- CO<sub>2</sub> – Schweißen
  - Für unlegierte und niedriglegierte Stähle (Massenfertigung der Stahlkonstruktionen) TTKV = 0 °C
- Mischgas-Schweißen
  - Massenfertigung der Stahlkonstruktionen TTKV = - 20°C
  - Robotertechnik
- Schweißen mit Fülldrahtelektrode
  - Massenfertigung der Stahlkonstruktionen TTKV = - 60°C
  - Legierte Stähle, Auftragschweißen
- Argon - Schweißen
  - Farb- und Leichtmetalle
  - Legierte Stähle, Auftragschweißen
  - Eine der häufigsten robotisierter Schweißverfahren

Videos: [1](#), [2](#)

Folie: 69



Schmelzschweißen mit einem zwischen Schmelzende Drahtelektrode(n) und das Werkstück bildenden unter Pulver befindenden Lichtbogen. Vom Pulver bilden sich die benötigte Metallurgische Elementen, die Schlacke.

Folie: 70



Dieses Verfahren hat große Schmelzleistung.  
 Nahtfertigung kann in der horizontal Position oder in die horizontal Position drehbare Position sein. Es ist geeignet für Verbindungs- und Auftragschweißen.  
 Vollmechanisierte Schweißverfahren.

Folie: 71

- Massenfertigung der Stahlkonstruktionen
- Unlegierte, niedriglegierte und legierte Stähle
- Kontruktionen mit großen Wanddicke
- Lange, gerade, oder kleine Wölbung habende Nähte

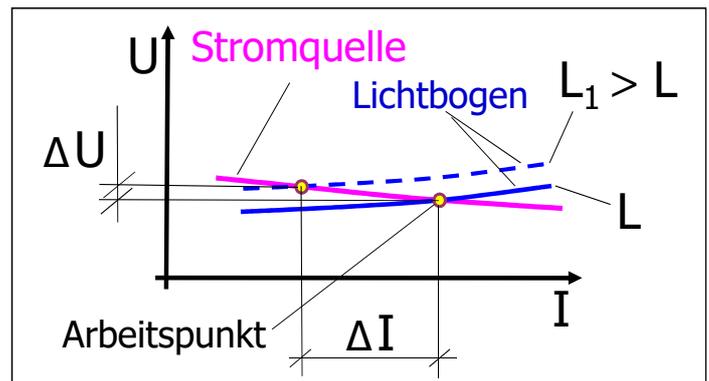
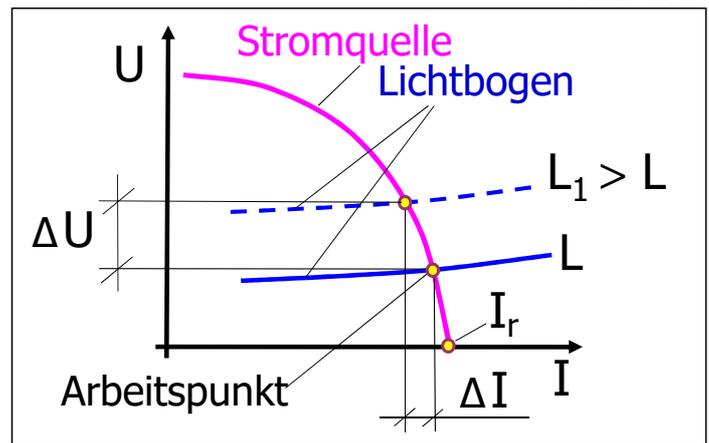
Gleich- oder Wechselstrom:

- Transformatoren
- Gleichrichter
- Generatoren

Regulation der

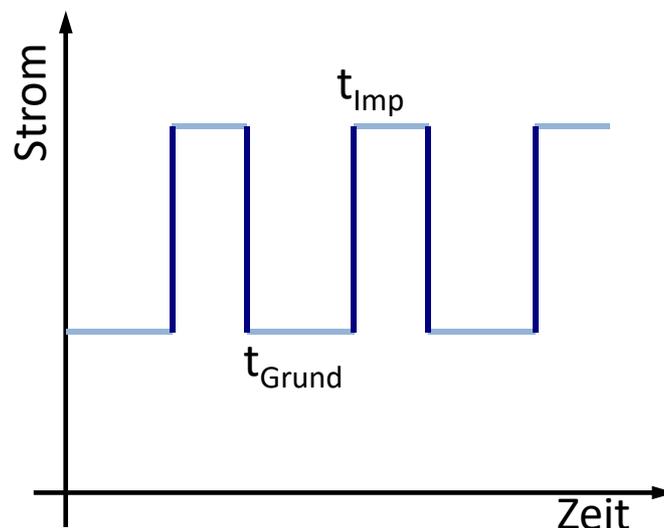
Lichtbogenlänge (L) :

$\Delta U$  (äußere) oder  $\Delta I$  (innere)



Innere

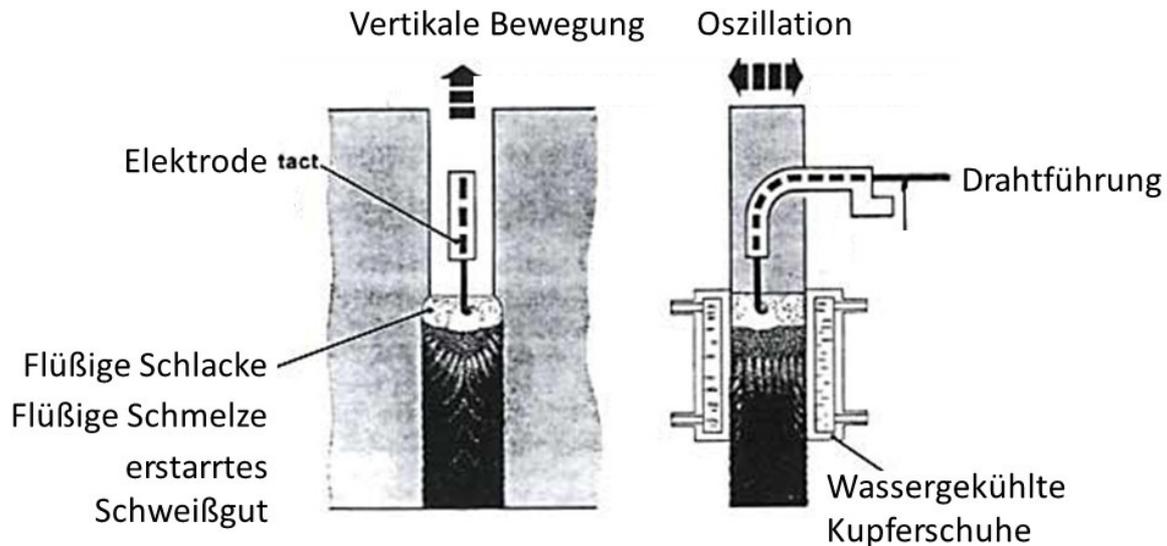
Folie: 73



$$t_{\text{Zyklus}} = t_{\text{Grund}} + t_{\text{Imp}}$$

Die Wärmeeinführung ist bei dem Impulsschweißen gut regulierbar (Tropfenablösung).

Folie: 74



Beim Elektroschlackeschweißen schließt der Stromkreis durch die Drahtelektrode(n) und die Schlacke. Die benötigte Wärmemenge stammt von direkte Widerstandsheizung.  
(Es ist kein Lichtbogenschweißverfahren.)

Folie: 75

- Massenfertigung der Stahlkonstruktionen, Maschinenbau, Schiffbau
- Schweißen der dicke Blechen Die größte schon geschweißte Wanddicke ist 2 m
- Längsnahtschweißen der Behälter
- Unlegierte, niedriglegierte und legierte Stähle
- Al und Al-Legierungen

Folie: 76

- Schweißverfahren mit großen Energiedichte
  - Elektronenstrahlschweißen
  - Lichtstrahlschweißen
    - mit kohärentem Licht – Laserstrahlschweißen
      - Laserstrahlschneiden
    - mit inkohärentem Licht – Halogenquarzlampe
- Lichtbogenschweißen mit Plattenelektrode
- Thermisches Spritzen und Pulver-Auftragschweißen

Folie: 77

Was ist zu automatisieren?

- Lichtbogenlängenregulation
- Vorschub der Zusatzdraht
- Bewegungen zum Nahtbildung
  - Hauptbewegung (entlang die Naht)
  - Nebenbewegungen (Schwingung, Kreisen)

Halbautomatisch: Die Bewegungen sind manuell.  
Robotern und NC Steuerung.

Folie: 78

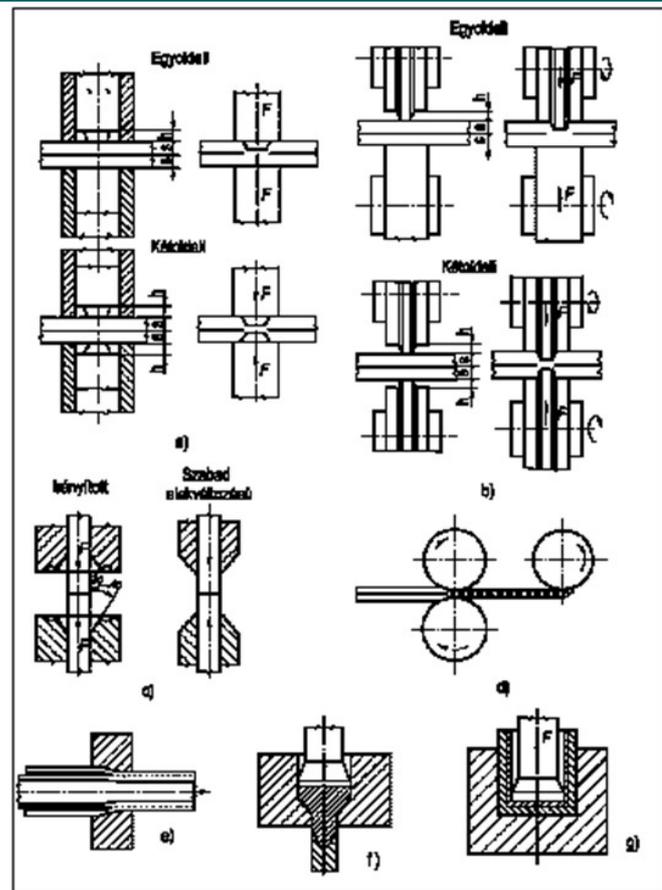
# Preßschweißverfahren

Folie: 79

Die kohäsive Verbindung entsteht unter großen Druck, ohne äußere Wärmezufuhr. Unter genügendem Druck nähern die bildenden Oberflächen einander durch plastische Deformation oder Oberflächenbewegungen im Abstand des Gitterparameter an. Die plastische Deformation oder die Oberflächenbewegungen sorgen für die Parallelität der Gitterebenen und den benötigten erregten Zustand.

Folie: 80

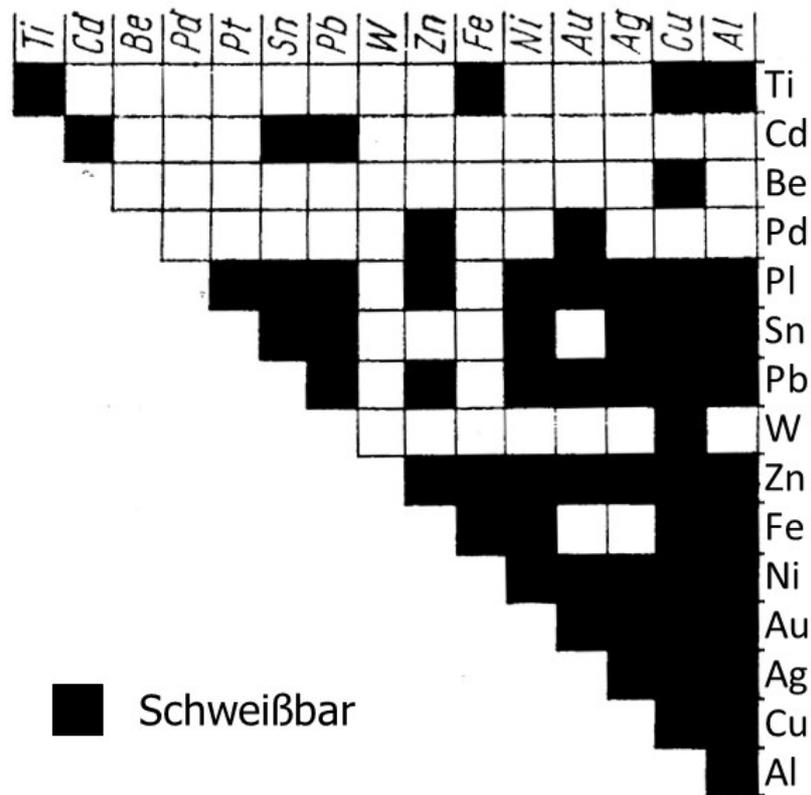
- Punktschweißen
  - einseitiges
  - zweiseitiges
- Rollennahtschweißen
  - einseitiges
  - zweiseitiges
- Stumpfschweißen
- Walzenschweißen
- Kaltpressschweißen in Ziehvorgängen
- Kaltpressschweißen in Fließpressvorgängen



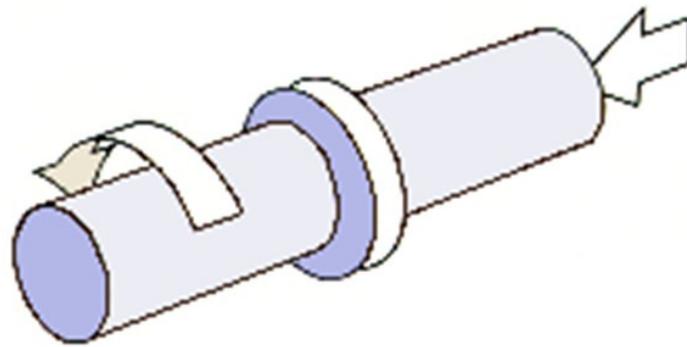
Folie: 81

- Schweißen von elektrischen Leitungen, Anschlüsse und Kontakte
- Schweißen von Stromführenden Schienen
- Schweißen von Fahrdrähte aus Kupfer
- Schweißen von Kontakte aus Edelmetall
- Schweißen von Kabelhauben
- Schweißen von Rohre und Behälter
- Herstellung von Zwiemetalle (Bimetall) (z.B. Al – Cu ).

Folie: 82



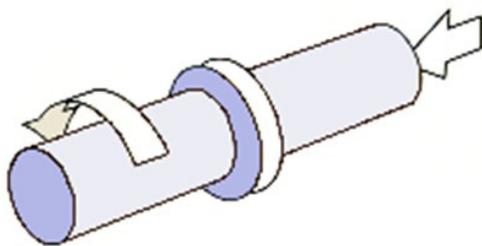
- **Prinzip:** Bildung von relative Bewegung zwischen schweißenden Werkstücke unten Aktionskraft. Die Reibung zwischen den Werkstücke erwärmt die Werkstücke, unter dem Krafteffekt bildet sich plastische Verformung. Die Bewegung schnell gebremst vom draußen (oder gebremst durch die plastische Verformung) bildet sich die Verbindung mit oder ohne Krafterhöhung.
- Die Bedingung des guten Verbindung ist die symmetrische Verformung, die mit dem symmetrischen Grat charakterisiert ist.



**Anwendung:** Das Reibschweißen ist oft im Maschinenbau und Kraftwagenherstellung angewendet.

Anwendungsbeschränkung ist, dass ein Werkstück wenigstens drehsymmetrisch sein soll. Profilschweißen ist möglich durch besondere Geräteherstellung.

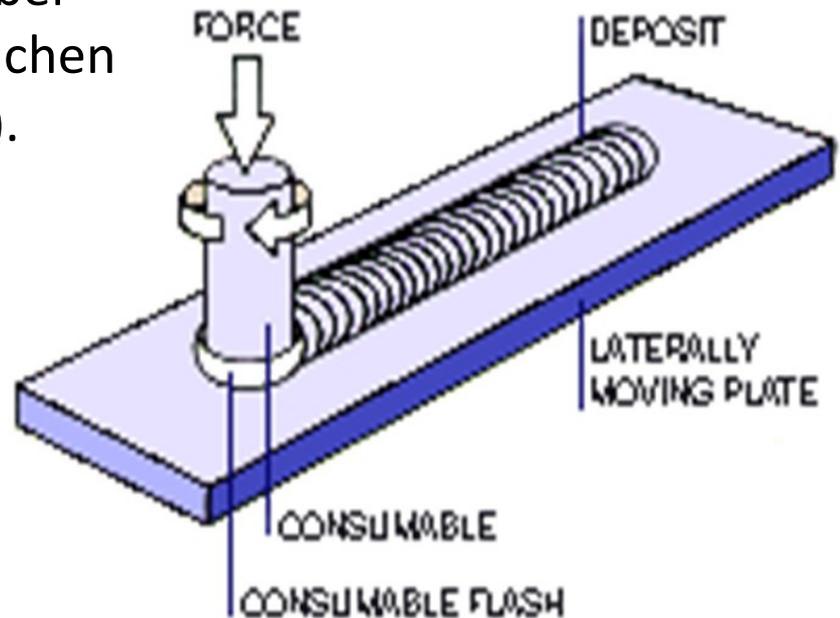
Folie: 85



- Reibschweißen mit kontinuierlichem Antrieb
  - Ein Werkstück dreht sich
  - Beide Werkstücke drehen sich, aber die Winkelgeschwindigkeit ist unterschiedlich
  - Zwischenstück dreht sich.
  
- Reibschweißen mit Schwungradantrieb
  
- Kombiniertes Reibschweißen

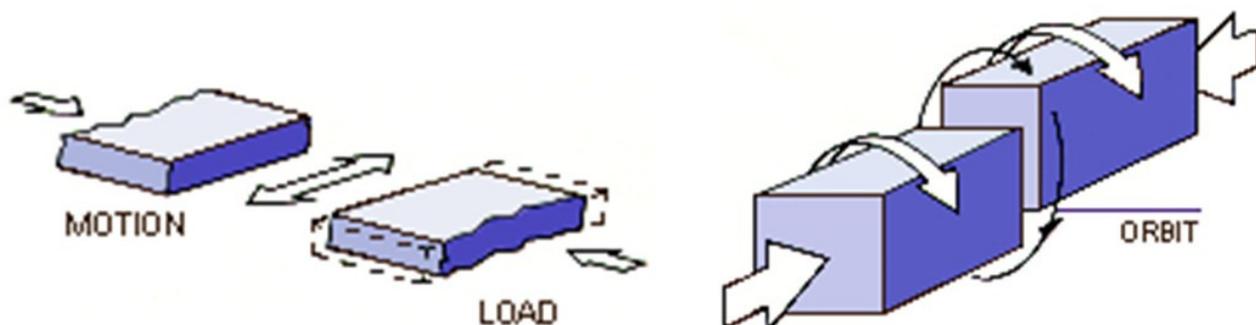
Folie: 86

Es ist anwendbar bei Ebenen und Formflächen (z.B. zylindrisch).



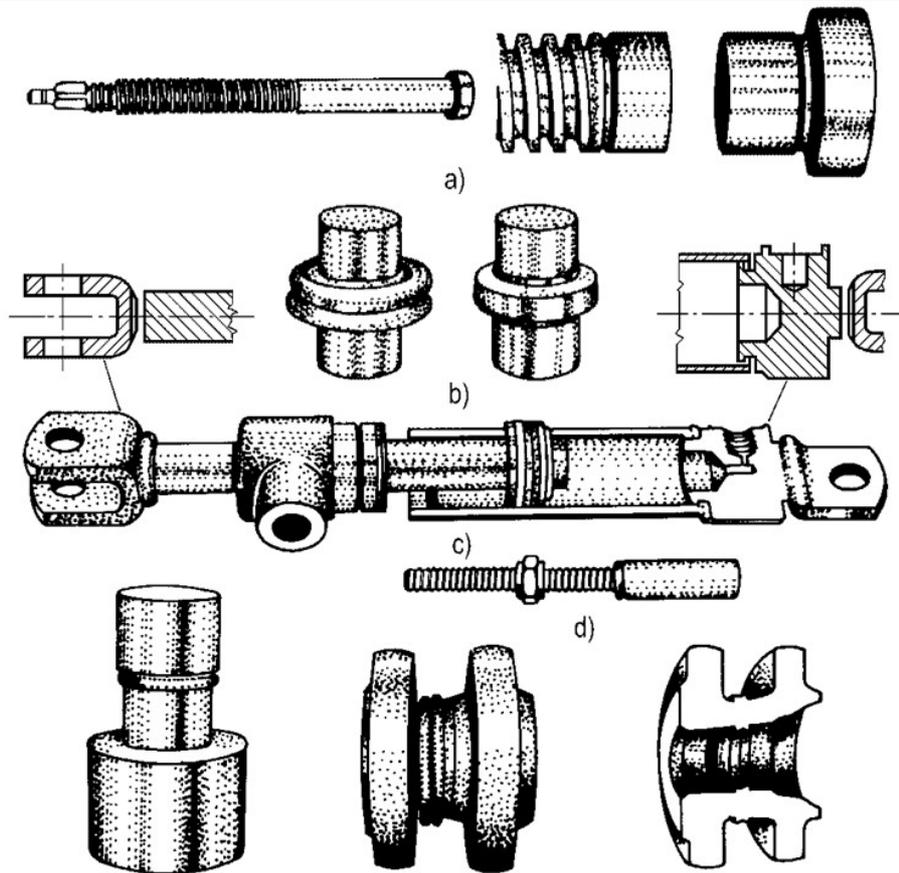
Folie: 87

## Lineares Reibschweißen mit Pendelbewegung



Für Schweißen der Profile

Folie: 88



Videos:  
[1](#), [2](#), [3](#)

Folie: 89

- Für Werkstücke mit unterschiedlicher Geometrie
- Für Werkstücke mit unterschiedlicher Materialien
- Für Wellen, Zapfen(csap), Bolzen(menetes), Rotoren usw.
- Für Rohre mit Stange, Rohre mit Rohre, Stange oder Rohre mit Scheiben
- Für Herstellung der Werkzeuge
- Überall anwendbar, wo die Aufgabe hochproduktive Herstellung der rotationssymmetrischen Teile ist.
- Profilschweißen
- Lineares Reibschweißen (mit Pendelbewegungen)

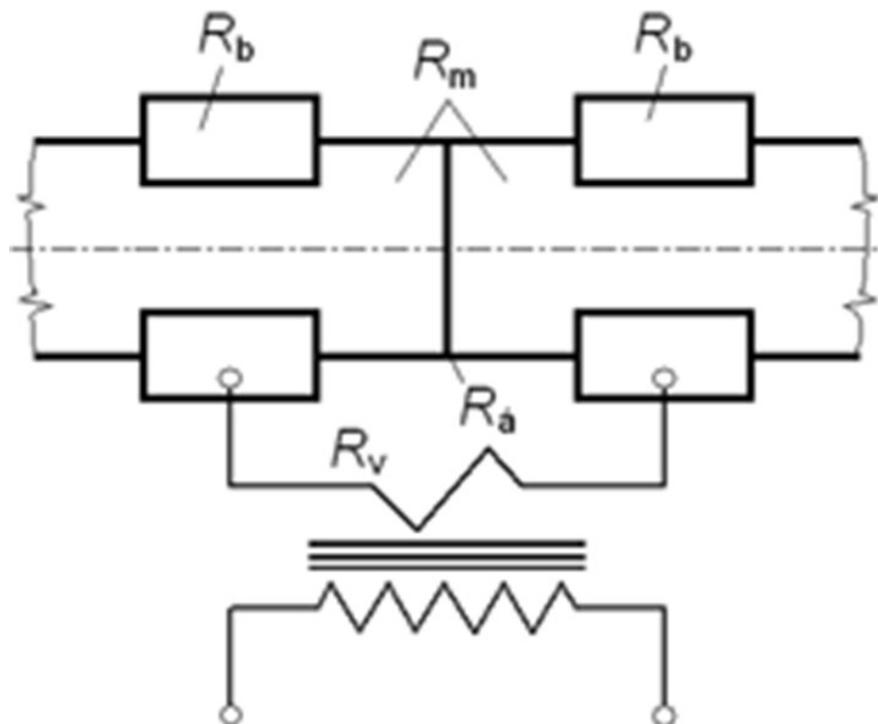
Folie: 90

- Die Wärme stammt vom Joule Wärme, die von dem durch Werkstücken fließenden elektrischen Strom gebildet ist. Die bildende Wärmemenge hängt von dem Widerstand und ( $R$ ) fließendem Strom ( $I$ ) ab:

$$Q = \int_0^{t_h} RI^2 dt$$

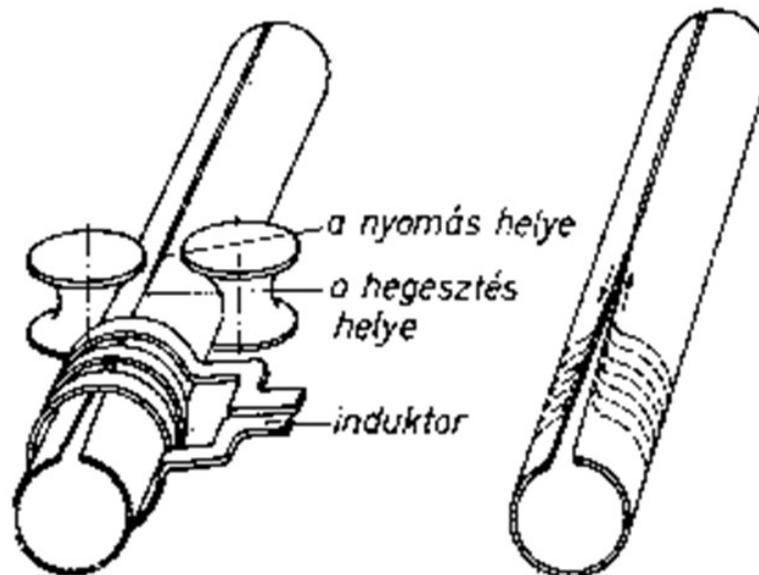
- Die Wärmebildung des Widerstandspreßschweißens kann von direktem Strom oder von induziertem Strom (indirekt) sein.

Folie: 91



Der Strom ist direkt in die Werkstücken zugeführt.

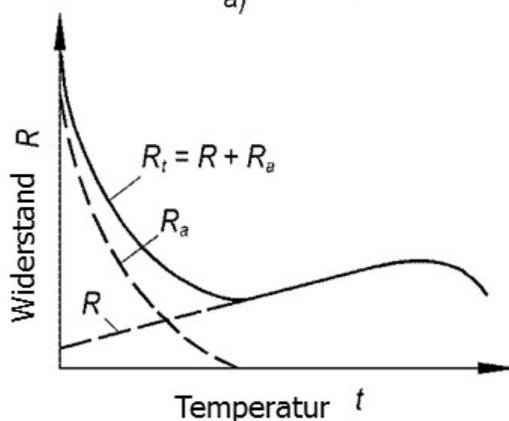
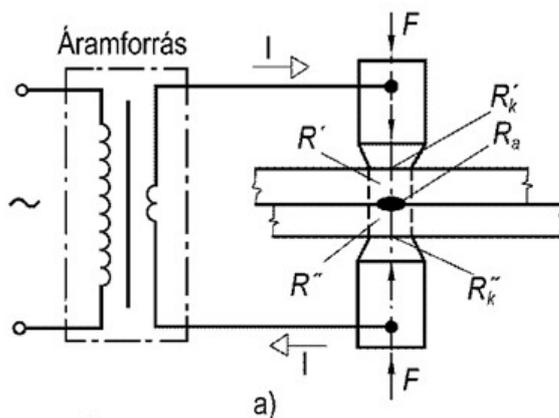
Folie: 92



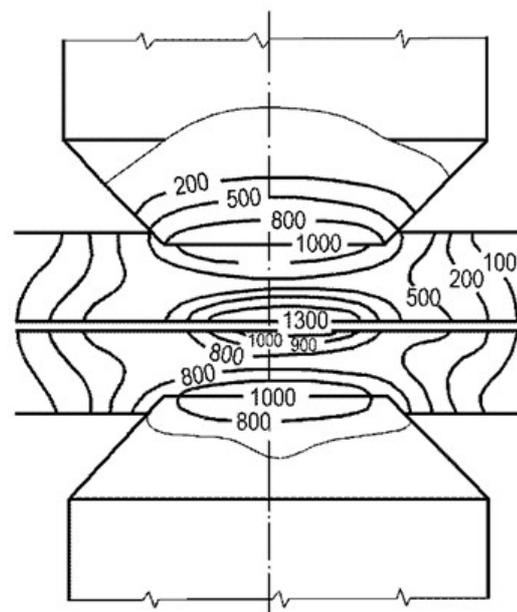
Der induzierte Strom heizt die Werkstücke auf. Der Magnetverlust der ferromagnetischen Materialien hilft bei dem Aufheizen.

Videos: [1](#), [2](#)

## Punktschweißen (Widerstandspreßschweißen)

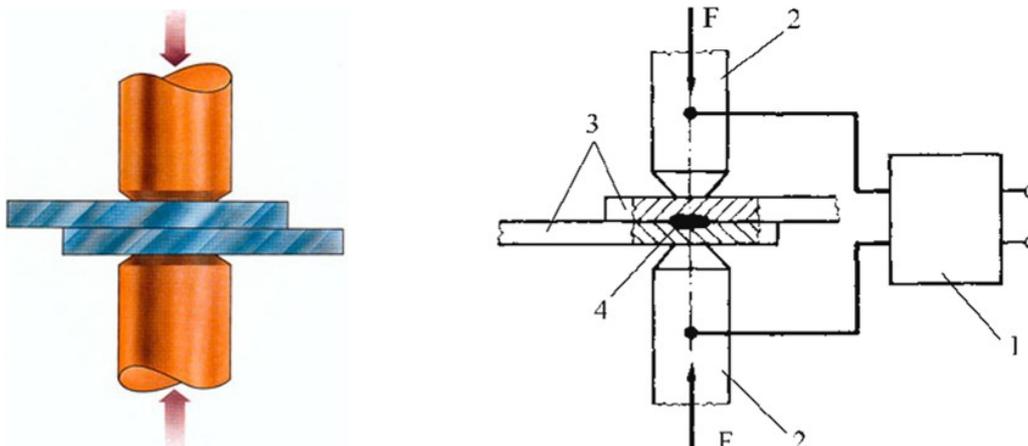


Aufbau und Wärmebildung



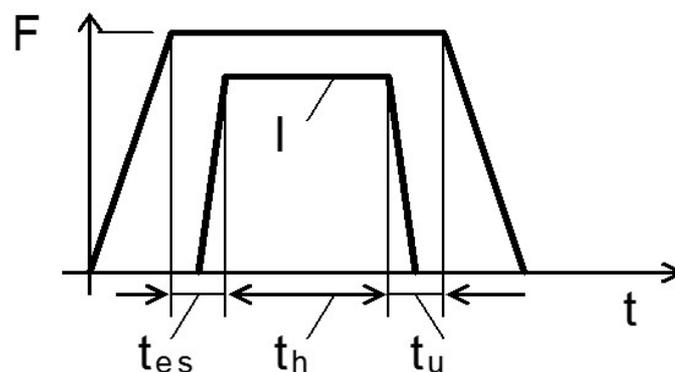
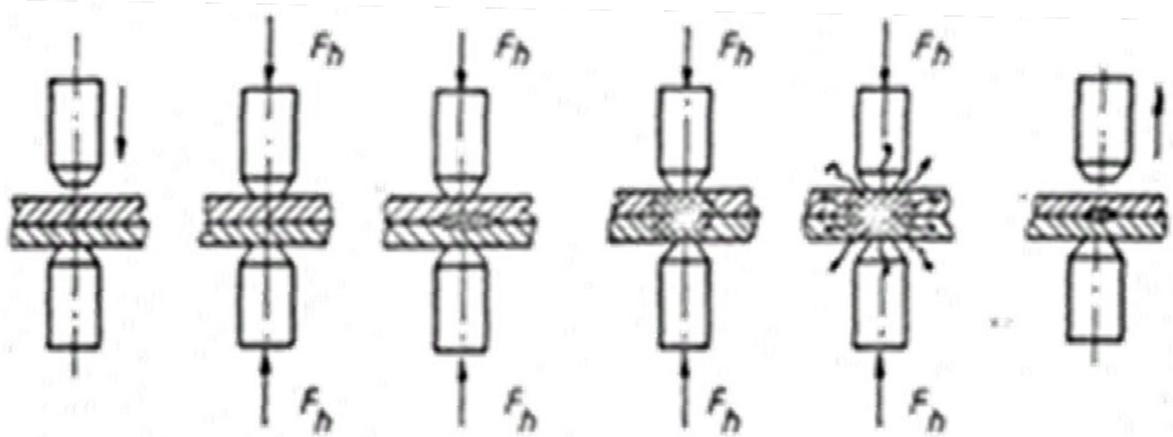
- Beim Punktschweißen und Rollennahtschweißen bildet sich die Verbindung teilweise auch durch Kristallisation.
- Bei den anderen Verfahren die Verbindung bildet sich durch plastische Verformung.
- Bei den anderen Verfahren (Buckelschweißen, Stumpfschweißen, Hochfrequenzwiderstandsschweißen mit konduktiver oder induktiver Energieübertragung) ist das geschmolzene Material in den Grat ausgedrückt.

Folie: 95



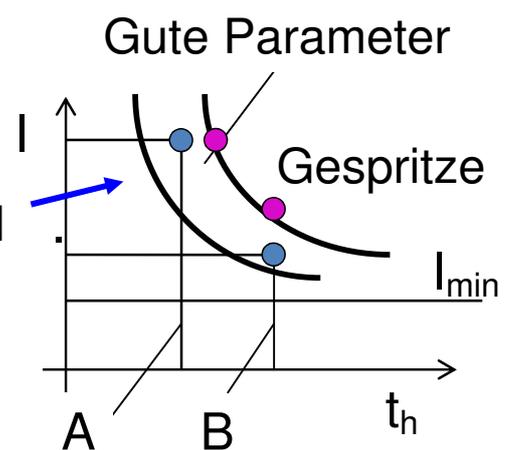
Der Stromkreis schließt sich zwischen den wassergekühlten Elektroden (Nebenschluß). Nach dem Aufschmelzen des mittleren Bereiches wird die Verbindung durch einem Kristallisationsprozeß unter Druck (von der Elektroden) gebildet werden.

Folie: 96



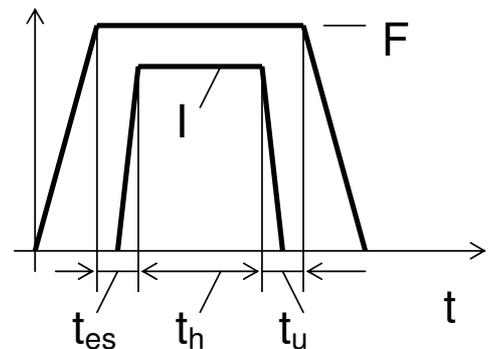
Folie: 97

- Unter Mindeststrom ( $I_{\min}$ ) kann man nicht schweißen, weil die gebildete Wärme ist nicht hoch genug.
- Großer Strom und kurze Zeit charakterisiert die **Harte Arbeitsfolge** (A). ungenügend
- Hartmethode benötigen die gut wärmeleitende Materialien und die Effektivität.
- Kleiner Strom und lange Zeit charakterisiert die **Weiche Arbeitsfolge** (B).
- Weichmethode benötigen die Materialien, die für Kaltrissbildung fähig sind.

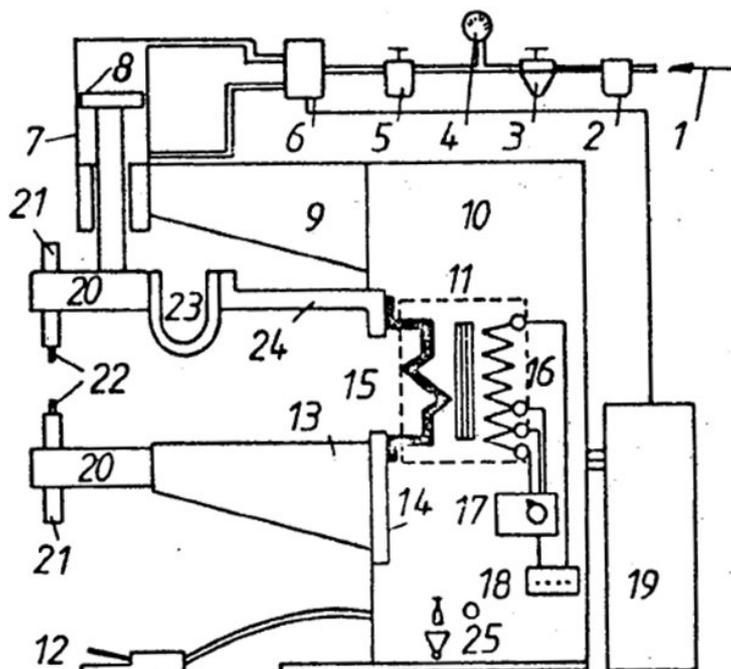


Folie: 98

- Die Elektroden sind zu den Werkstücken gedrückt ( $F$ ), nach der Startzeit ( $t_{es}$ ) ist der Strom ( $I$ ) eingeschaltet, nach der Schweißzeit ( $t_h$ ) ist der Strom ausgeschaltet und bis Endzeit ( $t_u$ ) der Druck gehalten.
- Unter Druck wird die Verbindung unter der Kristallisation mehr dicht gebildet sein.
- Hauptparameter sind:  $I$ ,  $F$  und  $t_h$ .
- Nebenparameter sind:  $t_{es}$  und  $t_u$



Folie: 99

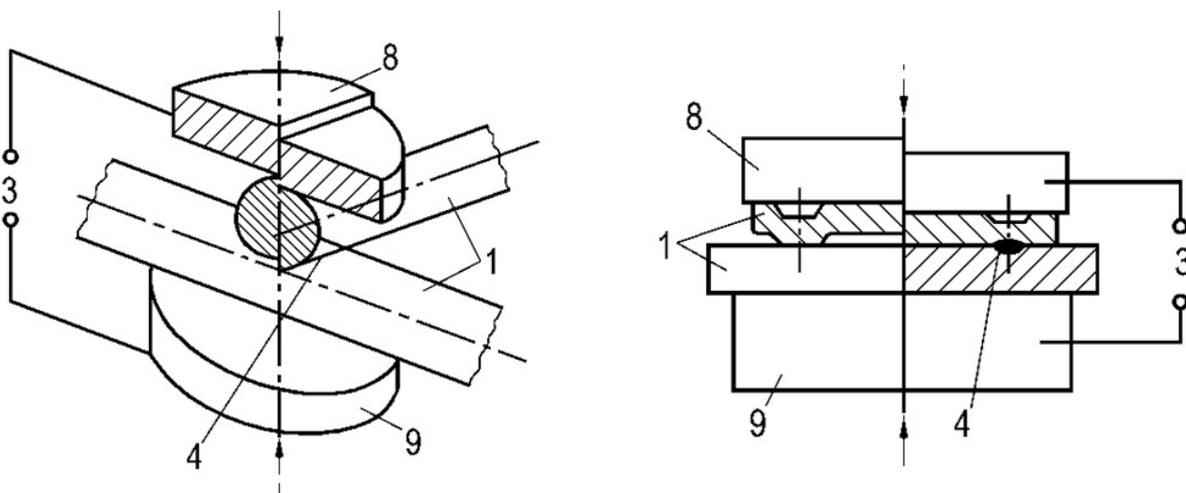


Zum Platz gebundene Anlage, bewegliche Anlagen und Schweißarmen für Roboter sind auch vorhanden.

Folie: 100

- Für Schweißen überlappter Bleche in allgemeinen
- Für Herstellung der Fahrzeugkarosserien (besonders)
- Für Plattenförmigen Konstruktionen und Blechen (allgemein)
- Für Stähle (aller Arten). Gegen Kaltrißbildung besondere Arbeitsmethode können nötig sein.)
- Für Bunt- und Leichtmetalle (Für Kupfer und Cu-Legierungen nur mit W-Elektrode)
- Für Al und Al-Legierungen (nur mit gerundeten Elektroden)
- Für verschiedene Metallkombinationen
- Eine der häufigsten robotisierter Schweißverfahren

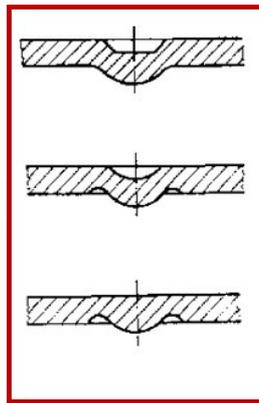
Folie: 101



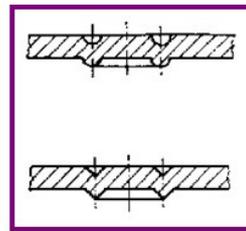
**Prinzip:** Different von Punktschweißen ist der Strom und der Druck von der Naturform oder der Kunstform (Buckel) der Werkstücke konzentriert (Großflächige Elektroden). An den Kontaktflächen wird der Buckel geschmolzen sein. Die geschmolzene Teile werden in den Grat gedrückt. Die plastische Verformung bildet die Verbindung.

Folie: 102

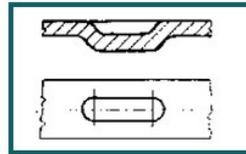
Rundbuckel



Ringbuckel

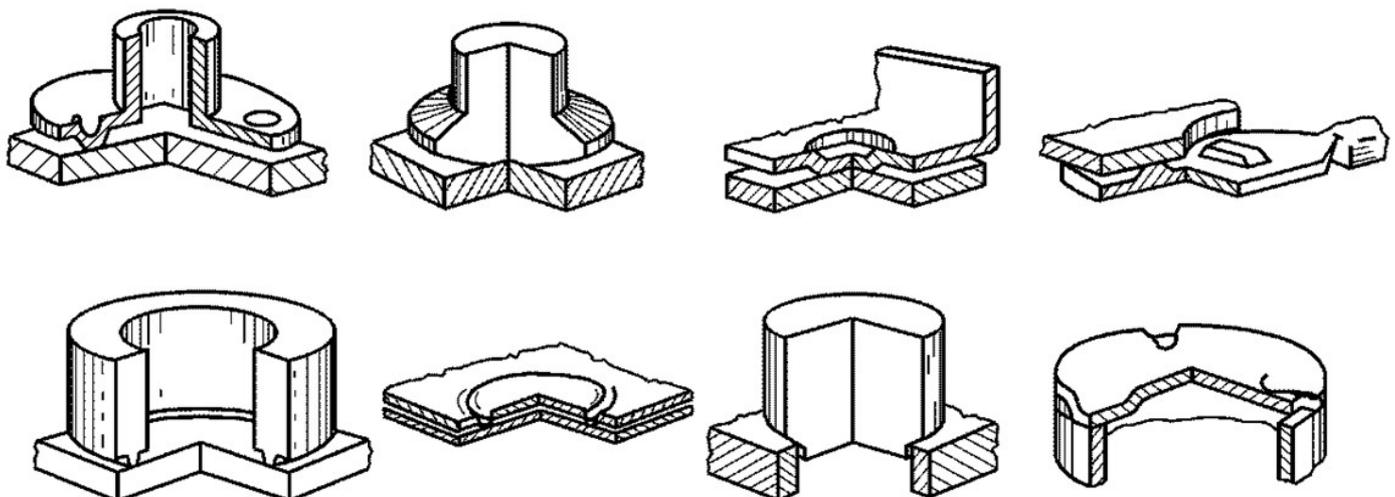


Langbuckel

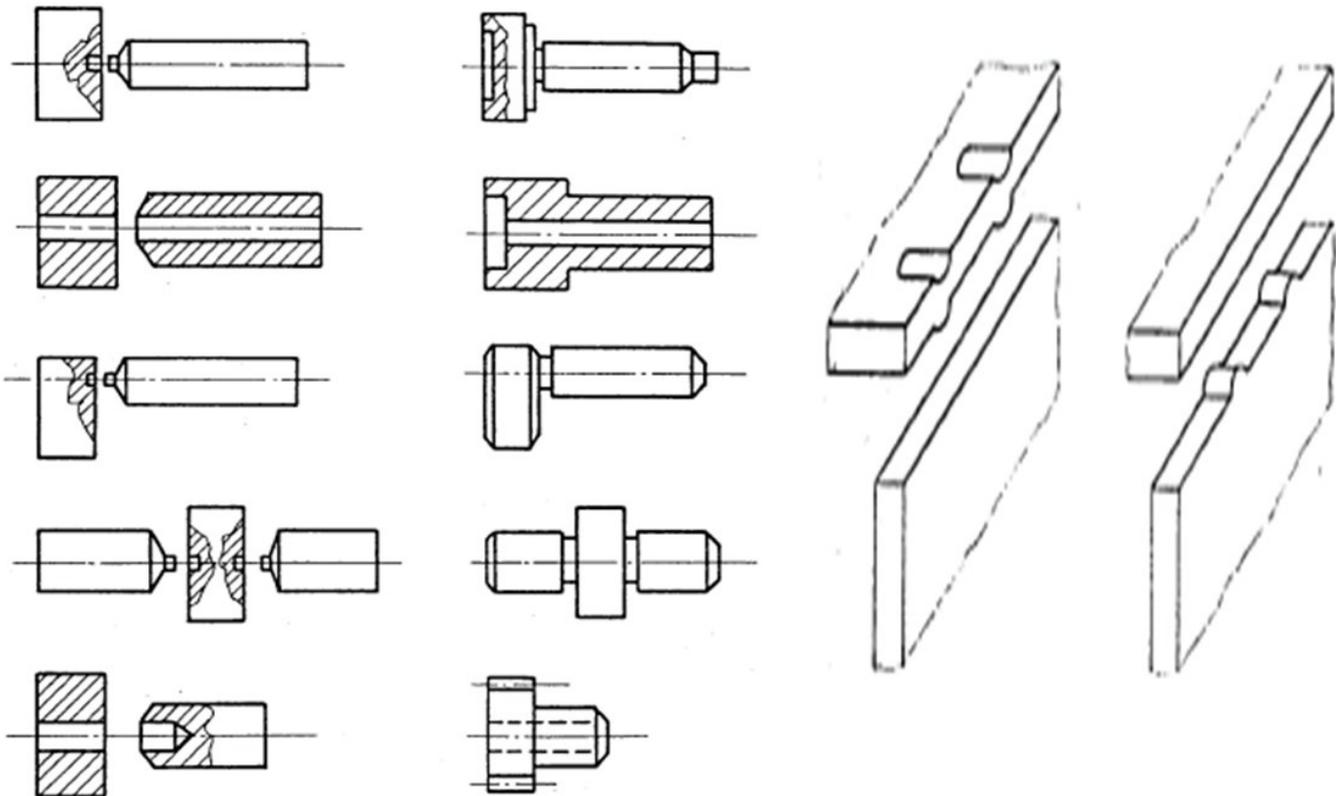


- Der Buckel soll so hergestellt sein, dass ein Wärmegleichgewicht am Platz des Schweißens gebildet wird. Der Buckel und das Kontaktmaterial soll sich gleichzeitig schmelzen.
- Der Buckel soll an der Seite gefertigt werden, wo die Werkstückmasse größer ist.
- Der Buckel soll an der Seite gefertigt werden, wo die Wärmeleitfähigkeit größer ist.
- Der Buckel soll an der Seite gefertigt werden, wo der Schmelzpunkt des Werkstücks größer ist.

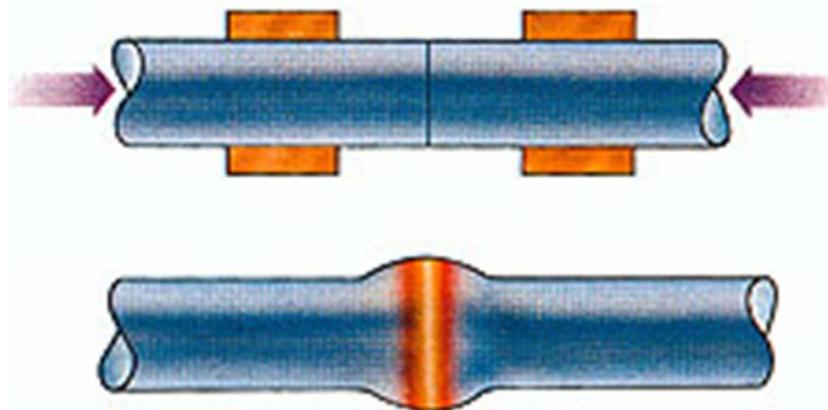
Folie: 103



Folie: 104



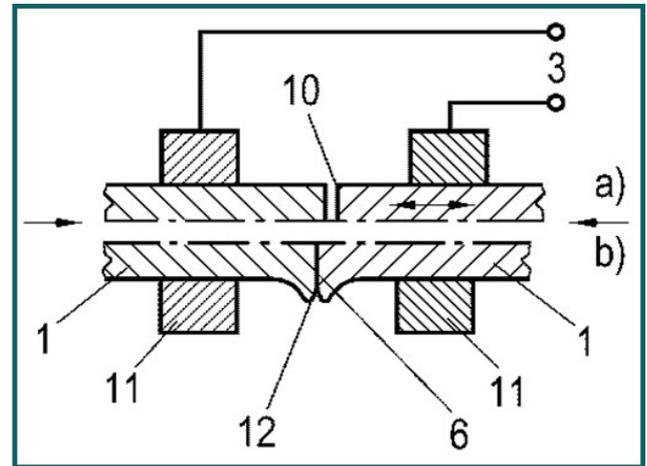
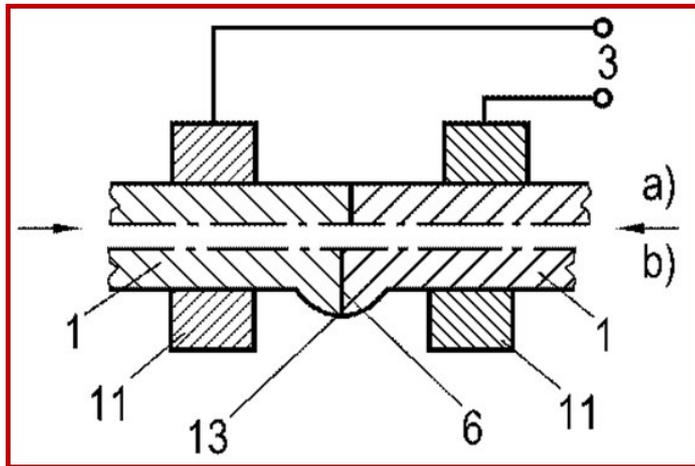
Folie: 105



**Prinzip:** Der Strom, der durch die stumpf gedruckte Materialien fließt, erwärmt (manchmal auch schmilzt) die Kontaktflächen. Erhöht den Druck werden die Werkstücke zusammengedrückt. Die Verbindung ist durch plastische Verformung gebildet. (Die geschmolzene Teile werden zum Grat gedrückt.)

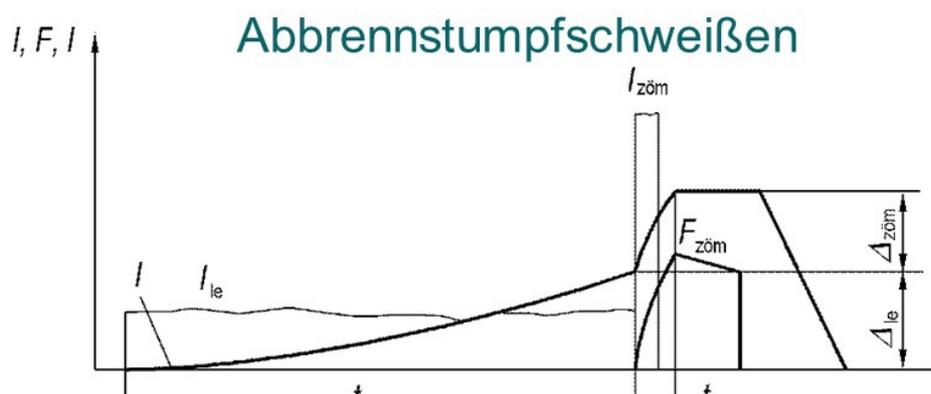
Folie: 106

- Press-stumpfschweißen
- Abbrennstumpfschweißen
- Folienstumpfnahtschweißen



Vorwärmen / stückweise Abschmelzen

Folie: 107



Folie: 108

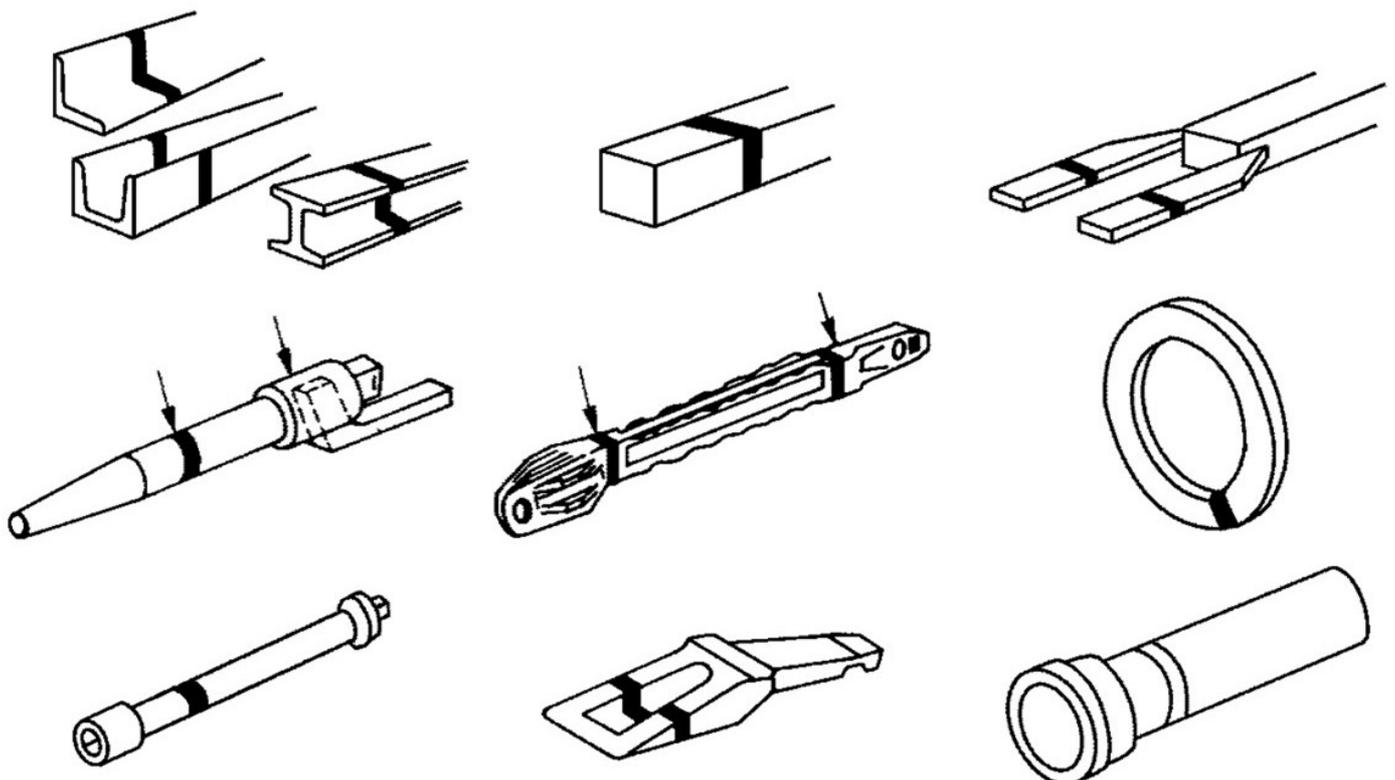


- Das Widerstandsstumpfschweißen ist anwendbar
  - Für alle Stahlarten
  - Auch für Kaltrissempfindliche Stähle
  - Für Bunt- und Leichtmetalle
  - Für verschiedene Materialpaare
- Für alle Bereiche der Industrie
- Für achsensymmetrische Teile
- Praktische Maßen des Presstumpfschweißens:
  - Stähle, Nickel: 0,3 ... 20 mm
  - Kupfer: 0,3 ... 14 mm
  - Al, Meßing, Bronze: 0,3 ... 18 mm

Folie: 109



## Typische Bauteile mit Stumpfschweißverbindungen



Folie: 110

- Diffusionsschweißen
- Lichtbogenpressschweißen Bolzenschweißen (Csaphegesztés)
  - Bolzenschweißen mit Hubzündung
  - Bolzenschweißen mit Spitzenzündung
  - Bolzenschweißen mit Ringzündung
- Pressschweißen mit magnetisch bewegtem Lichtbogen
- Kaltpressschweißen
- Sprengschweißen (robbantásos hegesztés)
- Ultraschallschweißen

Folie: 111

**Danke für Ihre  
Aufmerksamkeit!**