

**Gemeinsame Veranstaltung des BTZ mit MSS-  
Magdeburger Schweißtechnik GmbH am  
24.11.2003, 16.00 Uhr**

---

Themen:

Widerstandsschweißen mit Mittelfrequenztechnik - jetzt auch im  
Karosseriebau

Schweißen von Kupferlegierungen und MSG-Löten

MIG-Schweißen von Aluminium, MSG Löten -Anforderungen an  
die Schweißgerätetechnik

**Widerstandsschweißen mit Mittelfrequenztechnik -  
jetzt auch im Karosseriebau**

---

Alexander Baeger  
Elektroschweißtechnik Dresden

**ELEKTRO-SCHWEISSTECHNIK-DRESDEN GmbH**

---

**Widerstandsschweißen mit  
Mittelfrequenztechnik**

-

**jetzt auch im Karosseriebau**



## Firmenvorstellung

Elektro-Schweißtechnik-Dresden, gegründet 1931, ist eins der ältesten Unternehmen der Widerstandsschweißtechnik. Wir konstruieren, fertigen und vertreiben Produkte und Anwendungsverfahren für modernste Schweißtechnologien.

Im Karosseriebaubereich sind wir seit vielen Jahren Handelspartner der Firma TECNA®Italien.



Sonderschweißmaschinen und  
-anlagen nach Kundenvorgabe



verschiedene Standard-  
Punkt- und Buckelschweiß-  
maschinen



Punktschweißzangen für  
Reparaturbereich



Schweißwerkzeuge



Sekundärteile

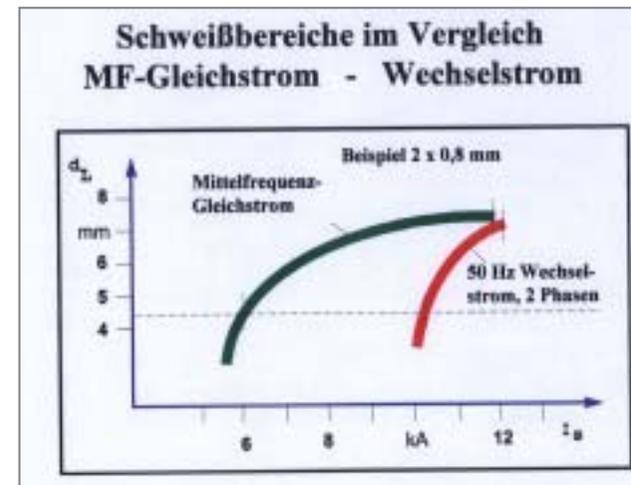
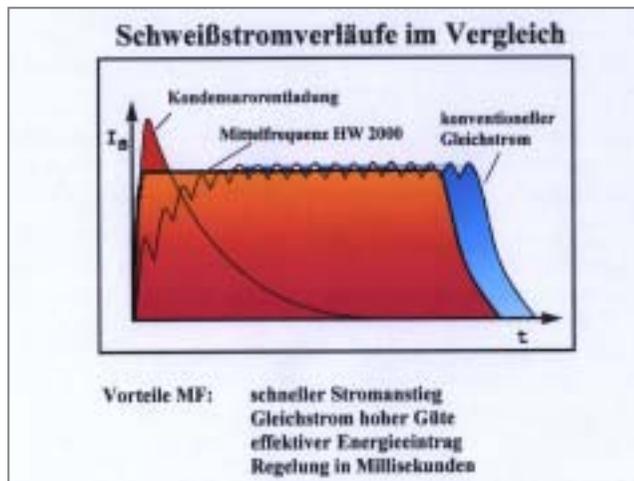


Schweißmaschine vor der Überholung



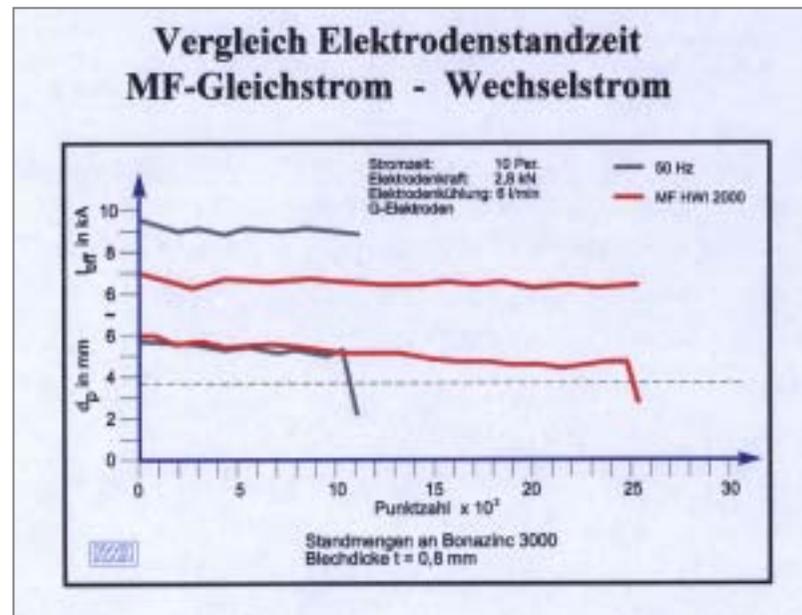
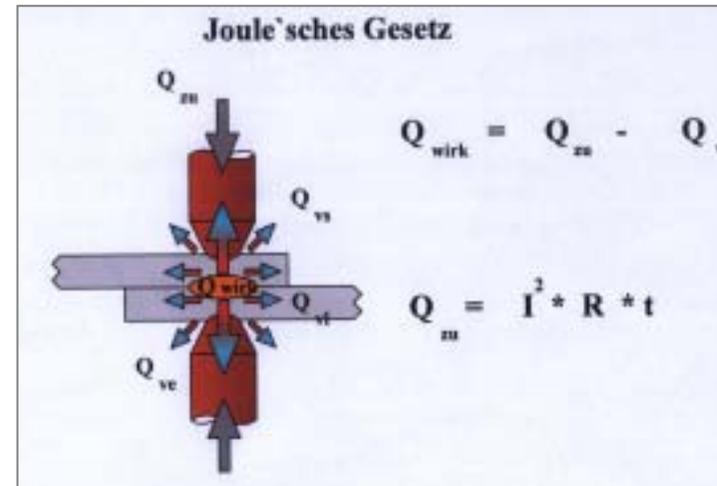
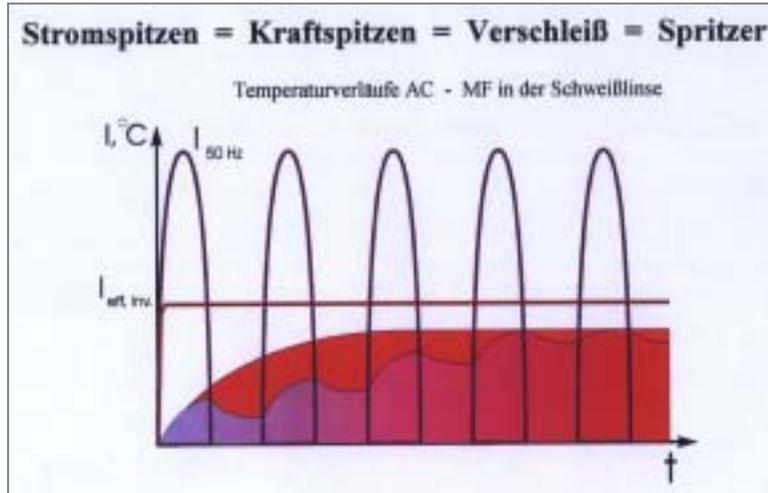
Schweißmaschine nach der Überholung

# Mittelfrequenz – Die neue Schweißtechnologie



Das Mittelfrequenz-Schweißverfahren ist die Antwort auf steigende Anforderungen an Qualität, Quantität und Geschwindigkeit. Die Überlegenheit gegenüber herkömmlichen Schweißmethoden wird deutlich durch:

- höhere Gleichstromgüte
- flexible Anwendung
- Punktgenaue Energieumsetzung
- geringe induktive Verluste





# Mittelfrequenz-Technologie im Automobilbereich

Erhöhte Anforderungen an die Karosseriestruktur hinsichtlich Leichtbau, Stabilität und Sicherheit erfordern den Einsatz neuer Stahlgüten. In den letzten Jahren wurde für die Herstellung und Verarbeitung ein enormer Entwicklungsaufwand betrieben.

Das Verschweißen von höherfesten Stählen erfordert durch deren Legierungen und den dadurch entstandenen Eigenschaften extreme Anforderungen an das Schweißverfahren. Im Bereich der Widerstandsschweißtechnik wurde hierfür die **Mittelfrequenz-Technologie** entwickelt.

## Vorteile:

- weniger Wärmeeinzug im zu verschweißenden Material
- geringer Verzug
- ohne Zusatzwerkstoffe
- weniger Nacharbeiten
- Kostengünstiger gegenüber anderen Schweißverfahren
- symmetrische Netzbelastung

# Anwendungsbeispiele für den Einsatz von Karosserieschweißcentern





Von vielen Automobilherstellern freigegebenes und empfohlenes Karosserieschweißcenter ist das **TECNA SPOT 9000 INVERTER MF**.

Folgende Freigaben liegen uns vor:

- Daimler Chrysler
- BMW
- Renault
- Opel
- Volkswagen/Audi

**Technische Daten TECNA SPOT 9000 INVERTER MF (Art. 3650)**

Anschlussleistung	25 kVA
Anschlussspannung	400V/3~/50Hz
Netzabsicherung	35 A träge
Schweißstrom max.	9 kA

Druckluft	6-8 bar
Elektrodenkraft	240 daN
Schweißkabellänge	2400 mm
Gewicht	120 kg

## Schweißen von Kupferlegierungen und MSG-Löten

---

Ing. Robert Lahnsteiner  
MIGWELD GMBH

# LICHTBOGENSCHWEISSEN VON KUPFER UND KUPFERLEGIERUNGEN

Robert Lahnsteiner  
MIG WELD GmbH Deutschland  
Landau/Isar

# LEGIERUNGSTYPEN AUS SCHWEISSTECHNISCHER SICHT

- Reinkupfer (+)
  - Kupfer mit geringen Legierungsbestandteilen
- Zinkhaltige Kupferlegierungen (-)
  - Kupfer-Zink-Legierungen (Messing)
  - Kupfer-Zink-Nickel-Legierungen (Neusilber)
- Zinkfreie Kupferlegierungen (+)
  - Kupfer-Nickel-Legierungen
  - Bronzen
- Bleihaltige Kupferlegierungen (--)

# BRONZEN

- Zinn-Bronzen
  - ~ 12 % Sn = Gusszinnbronze
  - ~ 20 % Sn = Glockenbronze
- Aluminium-Bronzen
  - ~ 5 % Al = Aluminiumwalzbronze
  - ~ 10 % Al, Fe = Aluminiummehrstoffbronze
  - ~ 8 % Al, Ni = Aluminiumnickelbronze
- Silizium-Bronzen
- Phosphor-Bronze (~ 7 % Sn, P)
- Bleizinn-Bronze (~ 10 % Sn, Pb)

# ZUSATZWERKSTOFFE

Legierungsgruppe	Typische Legierungen	Zusatzwerkstoff
Reinkupfer (+)	Oxydfrei, oxydhaltig (<0,1%), Phosphor-deoxidiertes- Kupfer	SG-CuSn
Messing (Cu-Zn) (-)	< 30% Zn	SG-CuSi3, SG-CuAl9Fe
	~ 40 % Zn	Nicht empfohlen
Silizium-Bronze (+)	3 % Si	SG-CuSi3
Aluminium-Bronze (+)		SG-CuAl8, SG-CuAl10Fe
Neusilber (Cu-Zn-Ni) (-)	20 % Zn, 15 % Ni	SG-CuSi3
	45 % Zn, 10 % Ni	Nicht empfohlen
Rotguß (Cu-Sn-Zn) (-)	Niedriger Bleigehalt	SG-CuSi3, SG CuAl10Fe
	Bleihaltig	Nicht empfohlen

# WERKSTOFFEIGENSCHAFTEN

Dichte	8,94 kg/dm <sup>3</sup>
Schmelzpunkt	1083°C
Siedepunkt	~ 2300°C
Elektr. Leitfähigkeit	58 Sm/mm <sup>2</sup> für SE-Cu
Wärmeleitfähigkeit	~7 fach von Stahl
Wärmedehnung	~2 fach von Stahl
Großes Lösungsvermögen für Gase bei hohen Temperaturen!	

# SCHWEISSEN VON KUPFER

- Autogenes Schweißen mit Flussmittel gut möglich
- Lichtbogenhandschweißen ist möglich, jedoch kaum angewendet
- MIG und WIG sind die hauptsächlich eingesetzten Verfahren
- Anstelle von Argon wird oft Helium oder Ar/He-Gemische eingesetzt. Stickstoff ist möglich.

# SCHWEISSEN

- Bei Temperaturen über 500°C kann Wasserstoff in das Kupfer diffundieren
- Bei sauerstoffhaltigem Kupfer ist die Bildung von Wasserdampf möglich. Dies kann zu Poren und Rissen führen (Wasserstoffkrankheit)

# REINKUPFER

- Reinkupfer wird unterteilt in:
  - Oxydfreies Kupfer
  - Oxydhaltiges Kupfer (<0,1 %)
  - Phosphor-deoxidiertes Kupfer
- Oxydfreies und P-deoxidiertes Kupfer lässt sich besser schweißen
- SG-CuSn ist der bestgeeignete Zusatzwerkstoff

# KUPFER MIT GERINGEN LEGIERUNGSELEMENTEN

- Der Zusatz von Schwefel oder Tellur verbessert die spänende Verarbeitbarkeit von Kupfer. Wird allgemein als nicht schweißbar angesehen.
- Zusätze von Chrom, Zirkon oder Beryllium verbessern die mechanischen Eigenschaften von Kupfer. Chrom- und Berylliumhaltige Legierungen neigen zu Rissen in der WEZ. Beryllium ist gesundheitsschädlich!

# MESSING UND NEUSILBER

- Problematisch ist der Abbrand von Zink!
- Nur Legierungen mit niedrigen Zinkgehalten sind schweißbar.
- Hohe Schweißgeschwindigkeiten reduzieren den Zinkabbrand.
- Stickstoff als Schutzgasbestandteil ist nicht empfohlen.
- Bei Zinkgehalten von weniger als 20 % ist Vorwärmen empfohlen.
- Nachwärmen kann Spannungsrisse vermeiden.

# BRONZEN

- Gelten im allgemeinen als gut schweißbar mit Ausnahme von Phosphor-Bronzen und bleihaltigem Rotguss.

# ALUMINIUM-BRONZEN

- Generelle Unterscheidung in Zweistoff- (Cu-Al) und Mehrstoffbronzen (Cu-Al-Fe). Zweistoffbronzen gelten als besser schweißbar.
- Vorwärmen ist wegen der geringeren Wärmeleitfähigkeit meist nicht erforderlich.
- Durch den Aluminiumanteil muss beim WIG-Schweißen AC verwendet werden!

# SCHUTZGASE

- Argon
- Helium
- Stickstoff
- Argon/Helium-Gemische
  - > 50 % Heliumanteil empfohlen
- Argon/Stickstoff-Gemische
  - < 30 % Stickstoff für Sprühlichtbogen

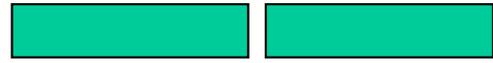
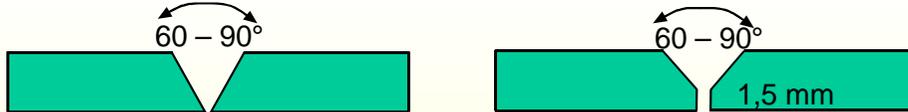
# WIG-STROMQUELLEN

- DC-Stromquellen mit hohem Schweißstrom und hoher Einschaltdauer
- AC-Stromquellen für Aluminiumbronzen
- Gut wassergekühlte Schweißbrenner

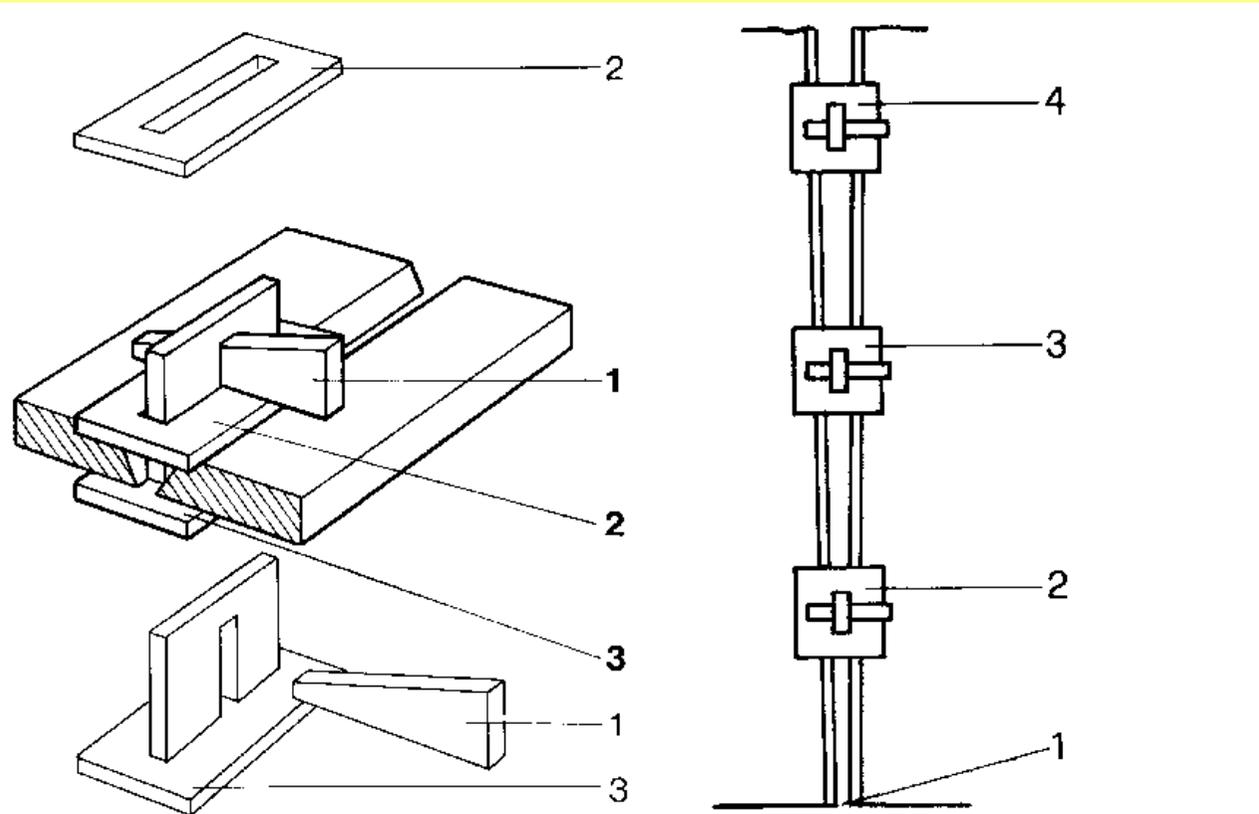
# MIG-STROMQUELLEN

- Mindestens 400 A und hohe ED
- Vier-Rollenantrieb - Halbrundnut
- Impulsschweißanlagen empfohlen
- Hohe Zündströme
- Kunststoffseelen

# NAHTVORBEREITUNG

Blechdicke	Nahtvorbereitung	Raupen
1,5 mm		1
3 mm		1
6 mm		0-1,5 mm Spalt 1 - 2
12 mm		0-1,5 mm Spalt 2 - 4
18 mm		0-1,5 mm Spalt 4 - 8

# HEFTEN



Klemmkeil zur Fixierung einer Nahtfuge mit Stoß

- 1 = Keil
- 2 = Klemmplatte
- 3 = T-Stück

Zum beidseitig-gleichzeitigen Schweißen geklemmter Stoß

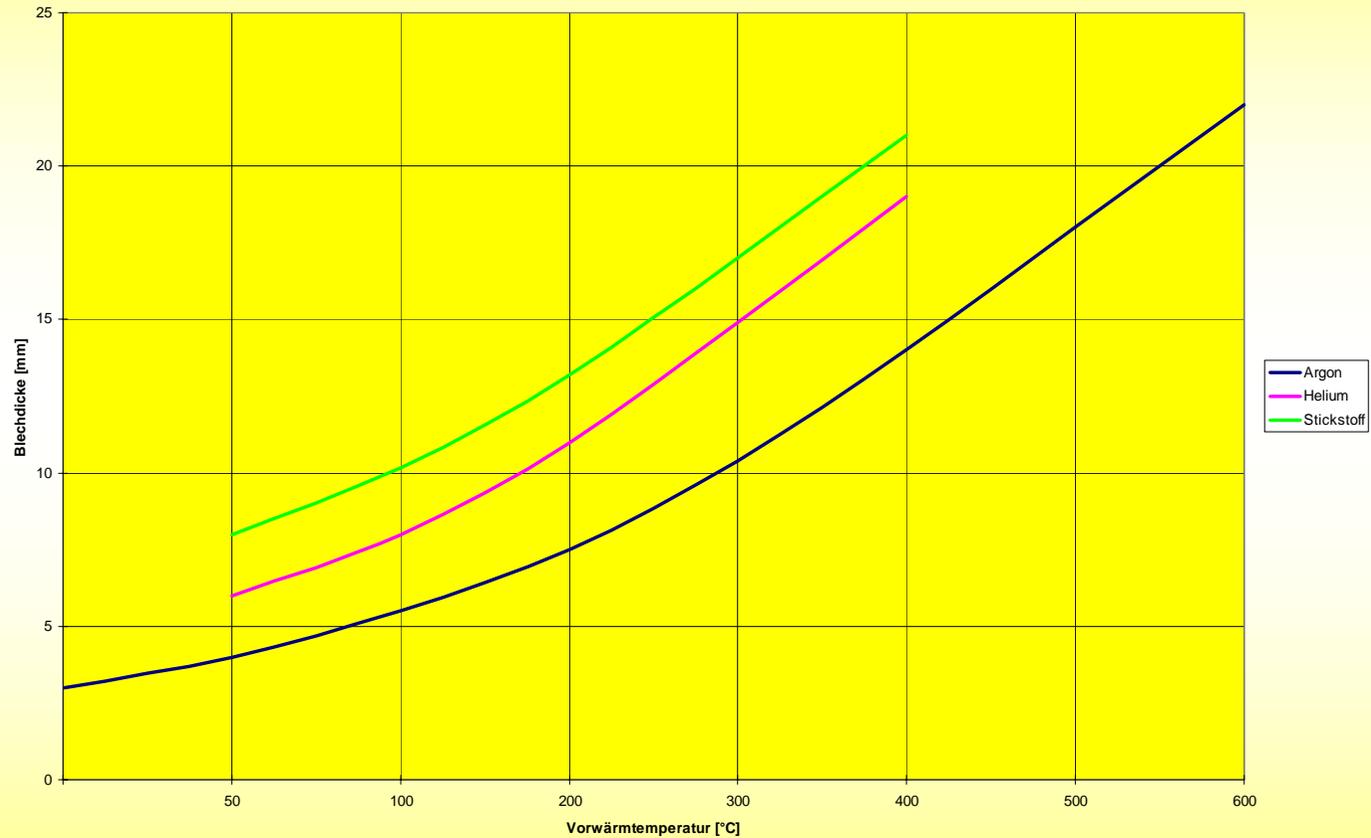
- 1 = Schweißanfang,
- 2,3 und 4 = Anordnung der Klemmkeile

Quelle: DKI

# VORWÄRMEN

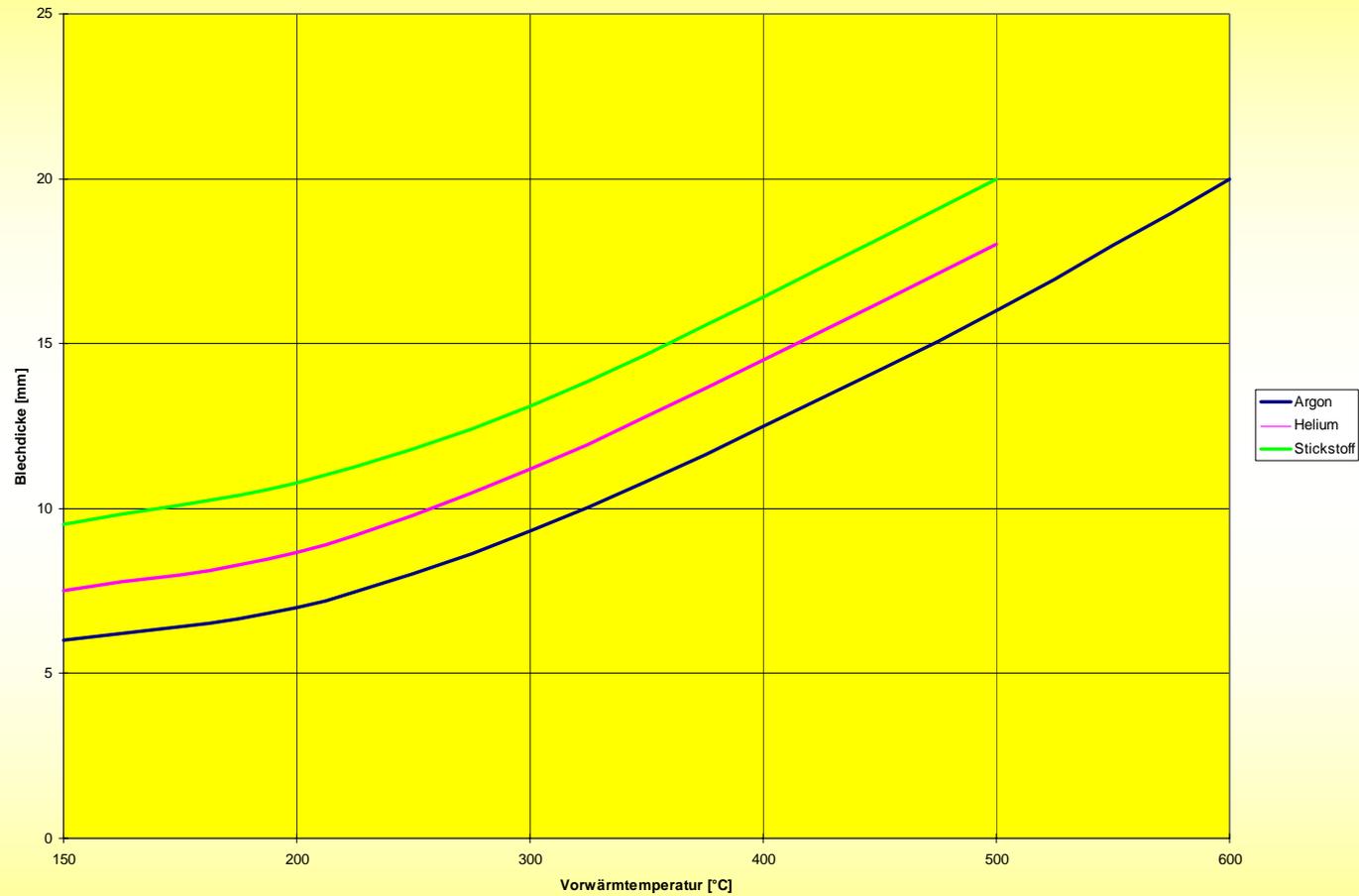
- Ausdehnungskoeffizient von Kupfer ist wie austenitischer Stahl
- Aber die Lichtbogenwärme erfasst schnell ein großes Werkstückvolumen
- Wärmeleitfähigkeit=Elektr. Leitfähigkeit/58
- Beispiel: 0,09 % P halbieren die elektr. Leitfähigkeit
- Bei höheren Legierungsanteilen kann die Vorwärmtemperatur deutlich geringer oder nicht mehr erforderlich sein!

# VORWÄRMTEMPERATUR WIG



Nach DKI

# VORWÄRMTEMPERATUR MIG



Nach DKI

# FLUSSMITTEL

- Für das Gasschweißen erforderlich
- Beim WIG-Schweißen ab 300° C Vorwärmtemperatur empfohlen
- Schutz der Wurzelseite
- Arbeitsschutz beachten!

# FESTIGKEIT

- MIG-Schweißen mit CuSn ergibt im Schweißzustand bis zu 240 MPa Zugfestigkeit
- Grobstängeliges Schweißgefüge ist meist unbedenklich
- Eventuell Warmhämmern

# MISCHVERBINDUNGEN

- Kupfer - C-Stahl
- Kupfer - Cr-Ni-Stahl mit Nickelpufferung
- Kupfer - Aluminium mit Bimetallen

# ARBEITSSCHUTZ

- Strahlung: Aufgrund hoher Schweißströme starke Strahlung
- Schweißrauch: MAK und TRK-Werte beachten. Vorsicht bei Beryllium, Arsen, Zink, Cadmium, Blei, Chrom
- Gase: Ozon!
- Unbedingt gute Absaugvorrichtungen verwenden!
- Wärmeisolierende Schutzkleidung

# ANWENDUNGEN

- Elektrotechnik
- Behälter- und Apparatebau
- Stahlwerke
- Sanitäreinrichtungen
- Reparaturschweißungen an Gußteilen

# SANITÄREINRICHTUNGEN



Schweißen von Kupfer

R. Lahnsteiner

# MIG-LÖTEN VON VERZINKTEN DÜNNBLECHEN UND PROFILEN

Robert Lahnsteiner  
MIG WELD GmbH Deutschland  
Landau/Isar

# MERKMALE VON FEUERVERZINKTEN FEINBLECHEN

- Grundmaterialdicke 0,4 - 3mm lieferbar
- Lieferform: Tafeln oder Bänder
- Zinkschicht wird in  $\text{g/m}^2$  angegeben
- Begriff “sensimierverzinkt” = andere Bezeichnung für feuerverzinkt

# MERKMALE VON FEUERVERZINKTEN FEINBLECHEN

- gebräuchliche Schichtdicken sind  $140\text{g/m}^2$  ,  $275\text{g/m}^2$  ,  $450\text{g/m}^2$
- Umrechnungsfaktor von  $\text{g/m}^2$  in  $\mu = 7,1$   
z.B.:  $275\text{g/m}^2 : 7,1 = 38\mu = 19\mu$  pro Seite

# MERKMALE VON ELEKTROLYTISCH VERZINKTEN FEINBLECHEN

- Grundmaterialdicke 0,5 - 3mm lieferbar
- Lieferform: Tafeln oder Bänder
- Zinkschicht wird in  $\mu$  (0,001mm) angegeben
- Zinkauflage kann einseitig/zweiseitig oder unterschiedlicher Auflage sein
- gebräuchliche Schichtdicken sind 2,5 / 5 / 7,5 / 10  $\mu$ /Seite

# MERKMALE GALVANNEALING

- Variante des Feuerverzinkens
- Zink-Eisen-Legierungsschicht
- Mattgraues Aussehen
- Gute Schweißbarkeit, Lackierbarkeit und Umformbarkeit

# MERKMALE ALUMINIEREN

- Überzug mit Aluminium im Schmelztauchverfahren
- Dicke der Beschichtung 120 g/m<sup>2</sup>
- Ähnlich wie verzinkte Bleche zu löten

# MERKMALE BONAZINK

- Verzinktes Feinblech wird mit Zinkstaublack und organischer Dünnschichtversiegelung beschichtet
- Verbessert den Korrosionsschutz
- Lässt sich gut löten

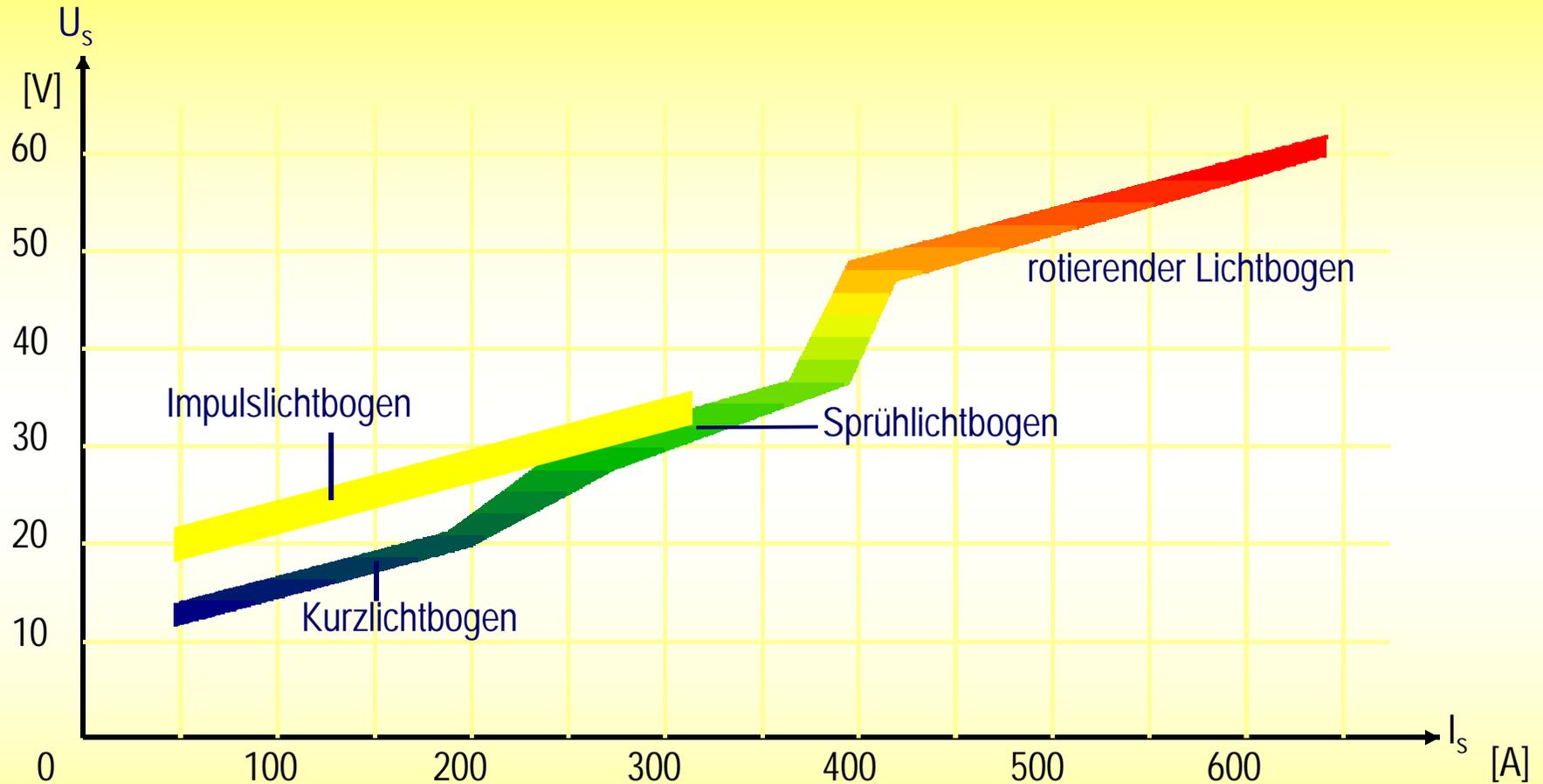
# SCHMELZPUNKT / SIEDEPUNKT

Material	Schmelzpunkt	Siedepunkt
Zink	419 °C	908 °C
Stahl	1500 °C	---
CuSi 3	910 -1025 °C	---

# VORTEILE MSG-LÖTEN

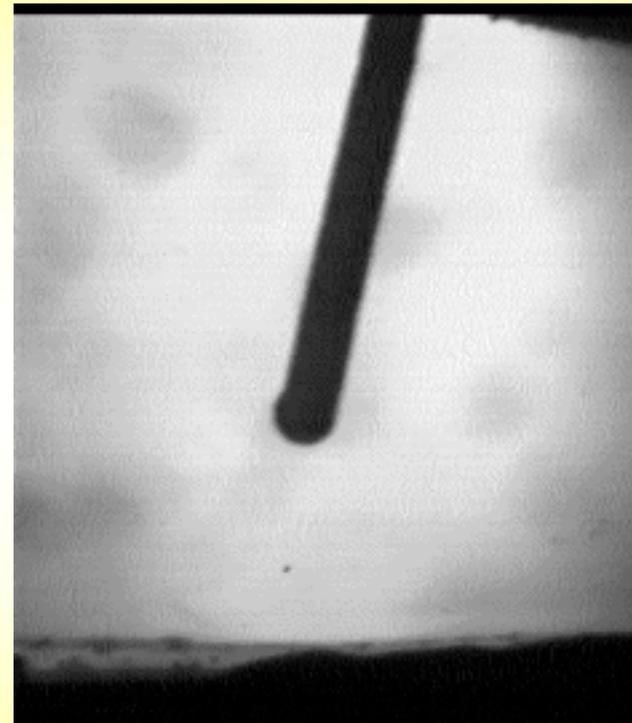
- keine Korrosion der Lötnaht
- minimaler Spritzerauswurf
- geringer Abbrand der Beschichtung
- niedrige Wärmeeinbringung
- kathodische Schutzwirkung

# MSG-LICHTBOGENBEREICHE

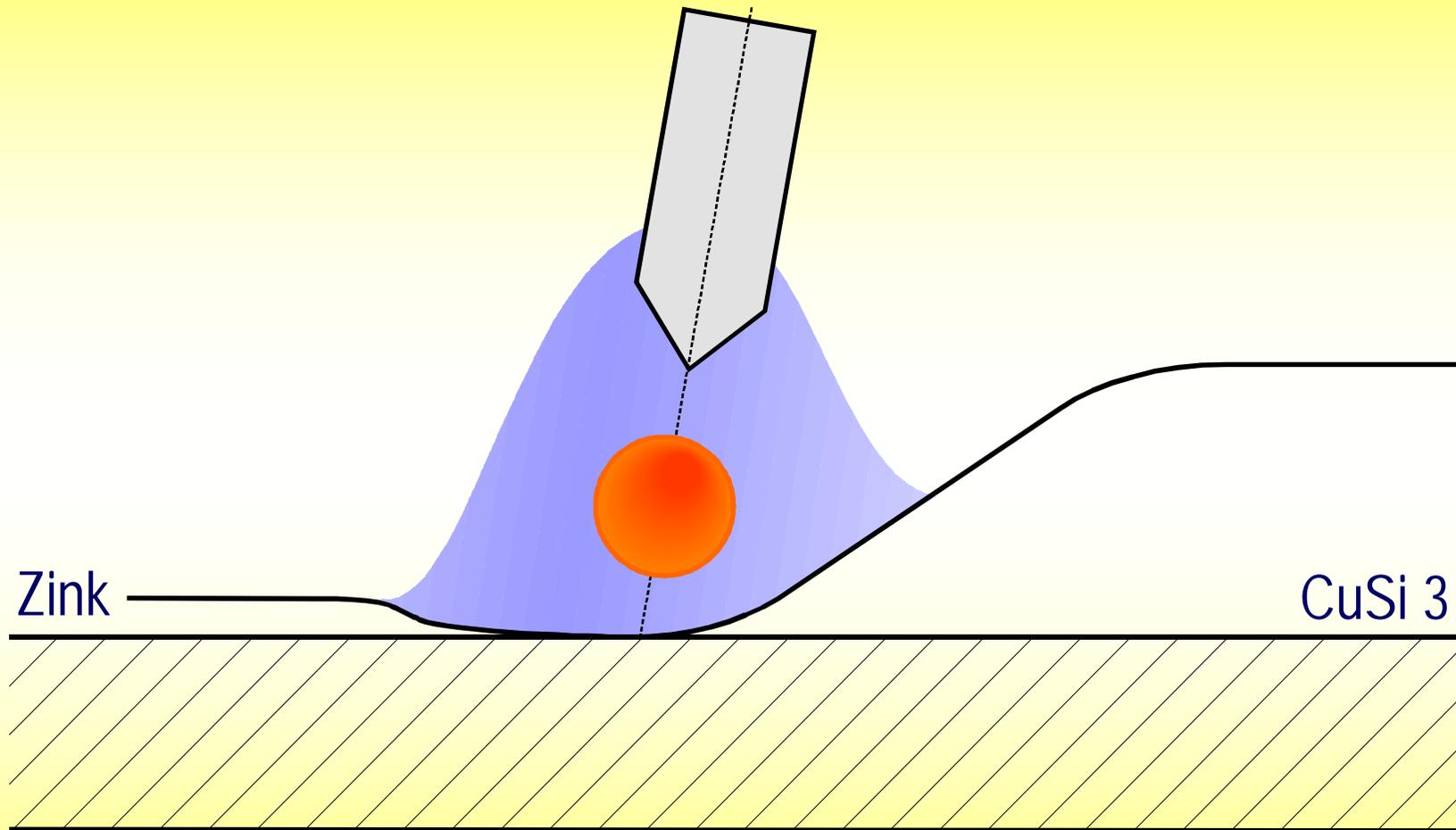


# IMPULSLICHTBOGEN

- CuSi3
- Galvanisch verzinktes  
Feinblech



# BRENNERANSTELLUNG



# ZUSATZWERKSTOFFE

- SG-Cu Si 3 (2.1461)
- SG-Cu Al 8 (2.0921)
- (SG-Cu Sn) (2.1006)
- (SG-Cu Sn 6) (2.1022)



# SG-CuSi3 DIN 1733

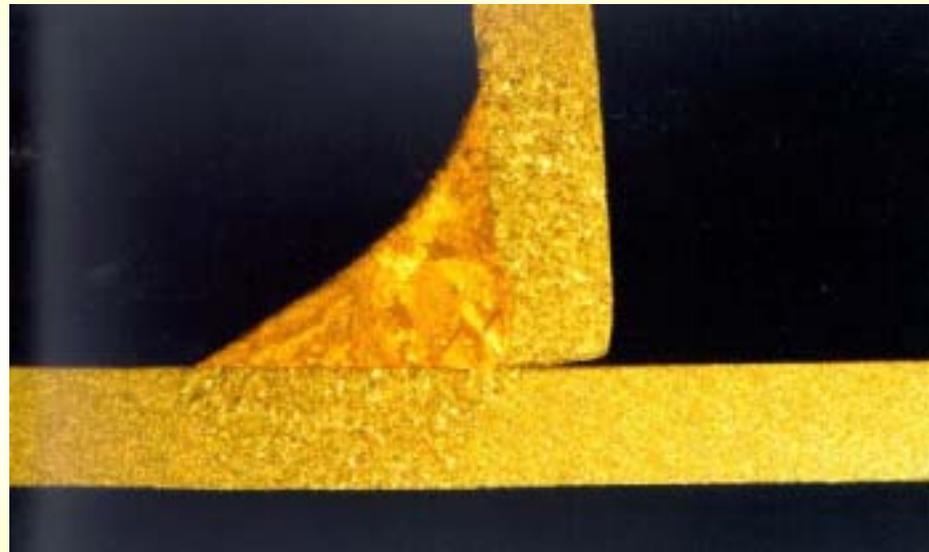
Cu	Si	Sn	Zn	Mn	Fe
>94,00	2,80-4,00	<0,20	<0,20	0,75-1,50	<0,30

- Zugfestigkeit: 330 - 370 MPa
- Streckgrenze: > 147 N/mm<sup>2</sup>
- Dehnung: (l=5d): 40%
- Härte (Brinell): 80-90 HB
- Schmelzbereich: 910-1025°C
- Lötpositionen: PA, PB, PC, PD, PF

# SCHUTZGAS

- Schweißargon
- Argon mit geringen Beimengungen von  $O_2$  oder  $CO_2$
- Beimengungen können den Lichtbogen stabilisieren
- Schutzgasmenge ca. 10 l/min

# MAKROSCHLIFF



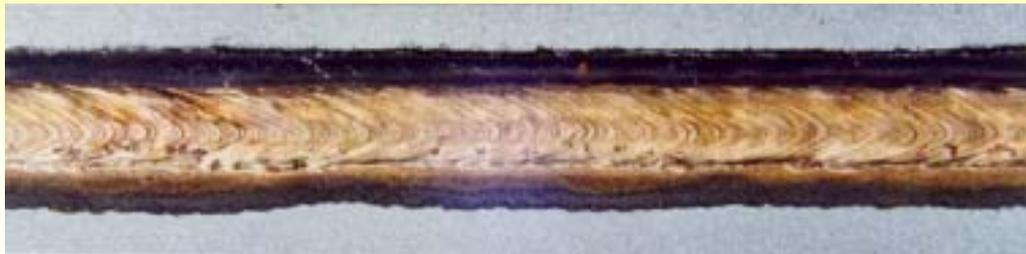
# MIKROSCHLIFF



# MIKROSCHLIFF



# ÜBERLAPPNAHT



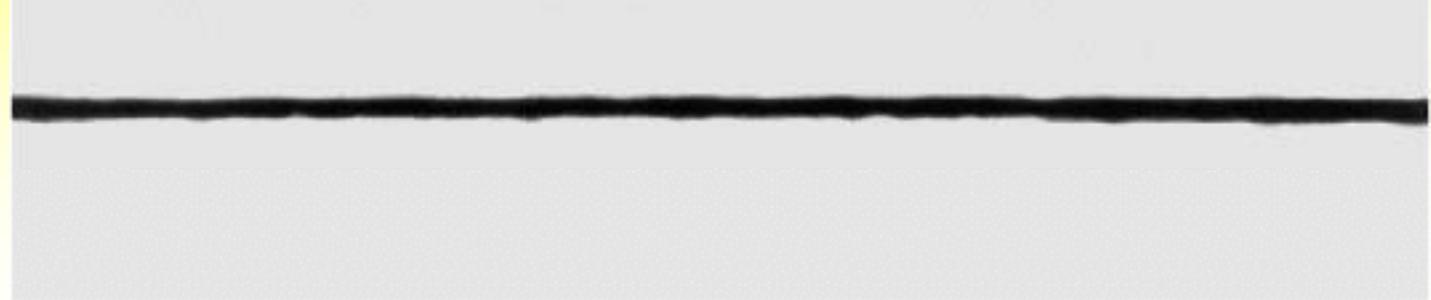
Vorderseite



Rückseite

# POROSITÄT

CuSi 3      Impulslichtbogen



SG2      Kurzlichtbogen



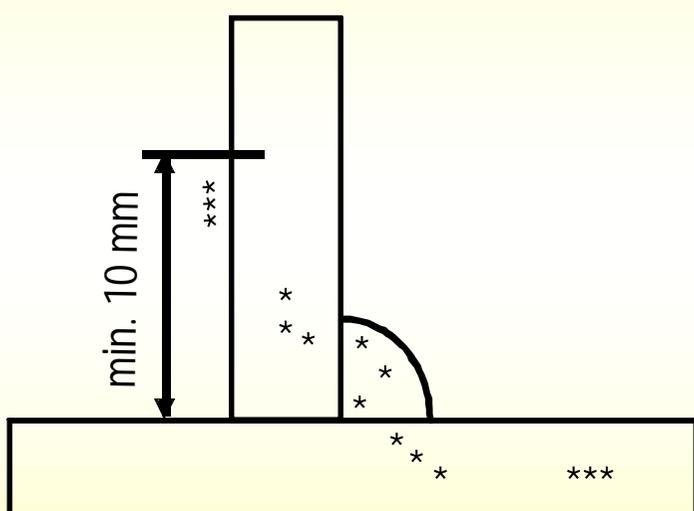
Quelle: Fachhochschule Schweinfurt

# HÄRTEPRÜFUNG

Härteprüfung an Schweißverbindungen nach DIN EN 1043-1

Prüfverfahren : Vickers (DIN 50133); Prüfkraft: 49,03 N (HV5)

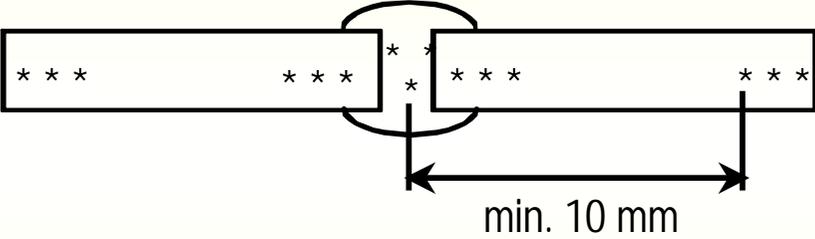
Lage der Eindrücke	GW	Ü	SG	Ü	GW
Härtereihe 1	103	103	118	107	103
Härtewerte	103	103	118	107	102
HV5	103	110	117	110	100
Mittelwert	103	105	118	108	102



# HÄRTEPRÜFUNG

Lage der Eindrücke	GW	Ü	SG	Ü	GW
Härtereihe 1	100	123	123	118	100
Härtewerte	100	118	125	127	100
HV5	103	118	127	123	100
Mittelwert	101	120	125	123	100



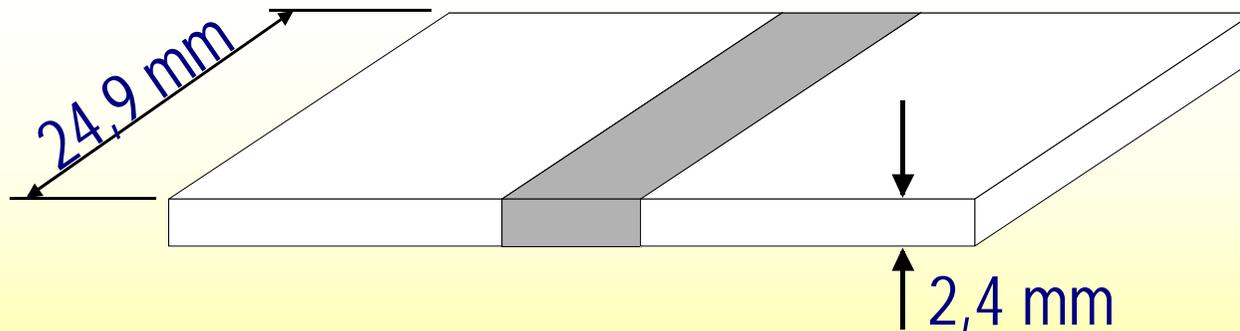
1) GW = Grundwerkstoff, Ü = Übergang, SG = Schweißgut

# ZUGVERSUCH

Streckgrenze: 266 Mpa

Zugfestigkeit: 340 Mpa (Bruch im Grundwerkstoff)

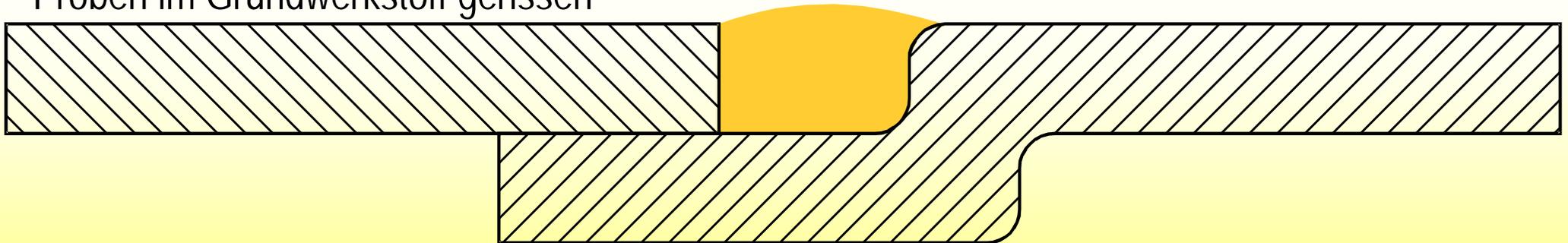
Testtemperatur: 20° C



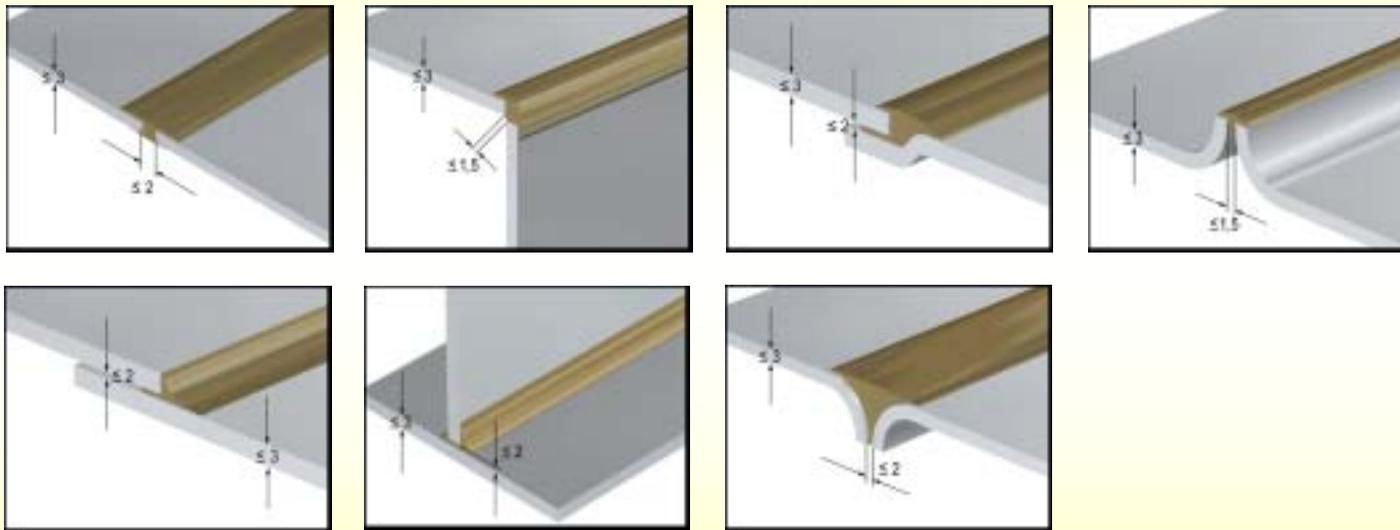
# ZUGVERSUCH

Zusatzwerkstoff	Durchmesser	Lichtbogenart	Schutzgas	Zugfestigkeit [Mpa]
SG 2	0,8 mm	Kurzlichtbogen	Ar/CO <sup>2</sup> 82/18	321*
SG-CuSi3	1,0 mm	Impulslichtbogen	Ar	309,5*
* Bruch im Grundwerkstoff				

\* Proben im Grundwerkstoff gerissen



# NAHTFORMEN



# KORROSIONSUNTERSUCHUNGEN

- Korrosions-  
untersuchungen an  
verzinkten Blechen  
nach DIN 50017



# KORROSIONSUNTERSUCHUNG

- CuSi3 1,0 mm
- Grundwerkstoff 1 mm, CP 800, feuerverzinkt 10  $\mu\text{m}$



# KORROSIONSUNTERSUCHUNG

- Für optimale Korrosionsbeständigkeit ist die Streckenenergie so gering wie möglich zu halten. (z.B.  $< 700 \text{ J/cm}$  für 1 mm Blech)

# MERKBLATT DVS 0938-1

- Grundlagen, Verfahren, Anforderungen an die Anlagentechnik
- In Vorbereitung ist Teil 2 „Anwendungshinweise“

# AUTOMOBILBAU

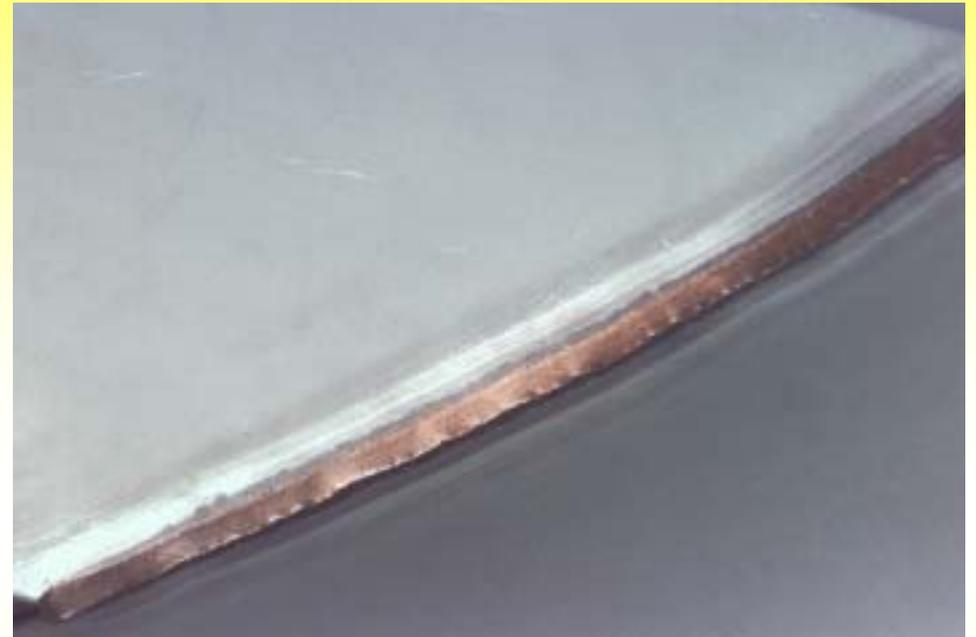


MIG-LÖTEN VON VERZINKTEN  
DÜNNBLECHEN UND PROFILEN

R. Lahnsteiner

**MIG WELD**  
MIR SIND AUF DRAHT!

# AUTOMOBILBAU



AUDI TT

D-Säule mit Seitenteil rechts hinten

Verbindungs­lötung

# AUTOMOBILBAU



Audi A4, A6

B-Säule Crash-Verstärkung

# FAHRRADRAHMEN



MIG-LÖTEN VON VERZINKTEN  
DÜNNBLECHEN UND PROFILEN

R. Lahnsteiner

**MIG WELD**  
MIR SIND AUF DRAHT!

# ROHR-BLECH VERBINDUNG



MIG-LÖTEN VON VERZINKTEN  
DÜNNBLECHEN UND PROFILN

R. Lahnsteiner

**MIG WELD**  
MIR SIND AUF DRAHT!

# ROHRLÖTUNG

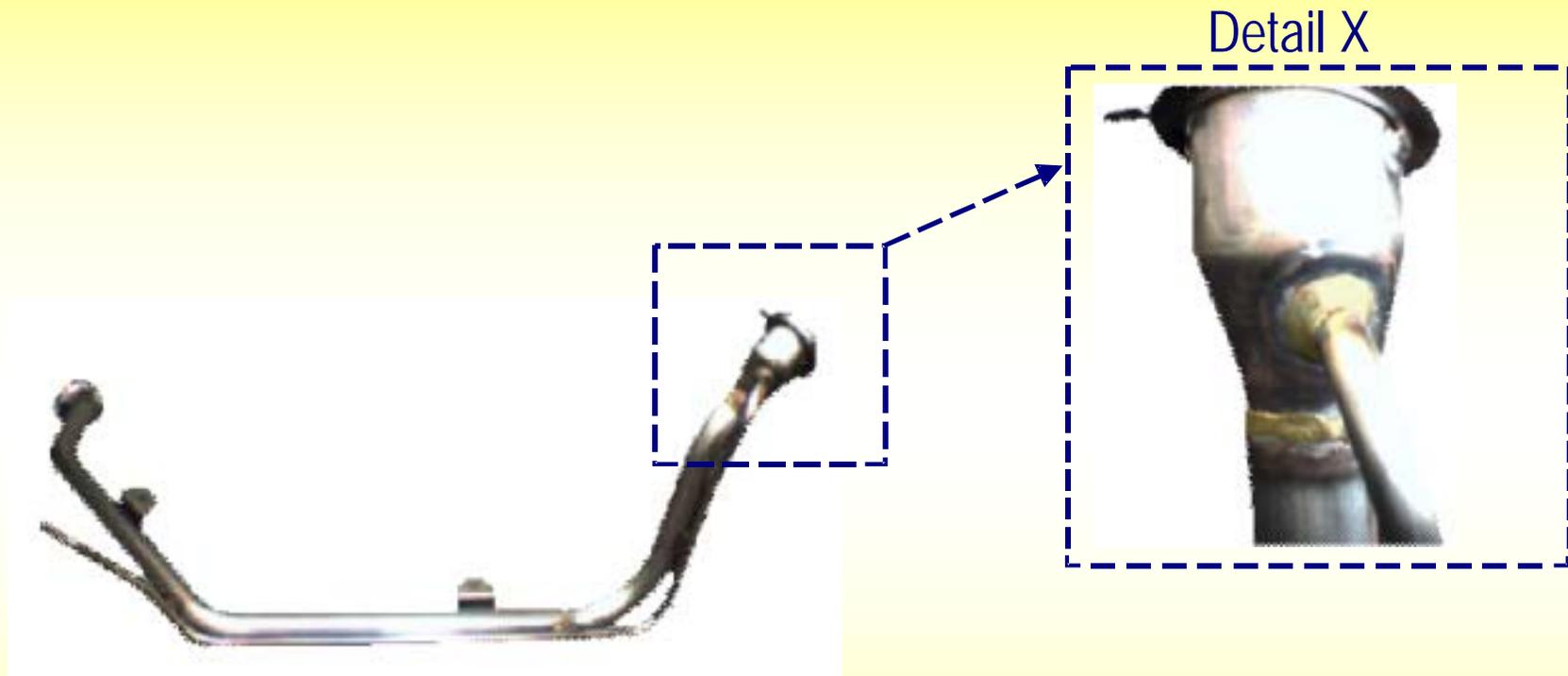


MIG-LÖTEN VON VERZINKTEN  
DÜNNBLECHEN UND PROFILN

R. Lahnsteiner

**MIG WELD**  
MIR SIND AUF DRAHT!

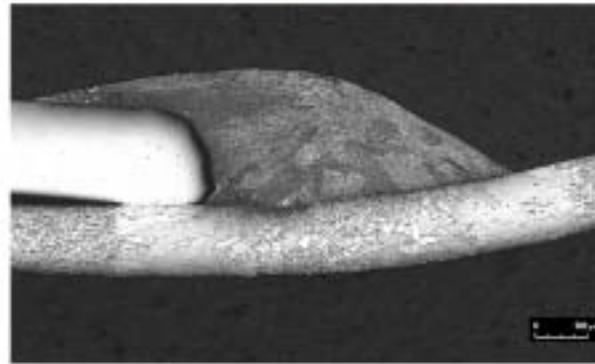
# TREIBSTOFFLEITUNG



# TANKEINFÜLLSTUTZEN



Zusatzwerkstoff  
CuAl8



# ZUSAMMENFASSUNG

- Durch das MIG-Löten kann
  - Verzinktes Feinblech sicher gefügt werden
  - Der Verzug reduziert werden
  - Die Korrosionsbeständigkeit verbessert werden
  - Die Festigkeit des Grundwerkstoffes erzielt werden
- MIG-Löten ist ein etabliertes Verfahren

## **MIG-Schweißen von Aluminium, MSG Löten - Anforderungen an die Schweißgerätetechnik**

---

Dipl. Ing. Klaus Peter Schmidt  
FRONIUS



# Neue Verbindungstechniken in der Automobilindustrie/Karosseriebau

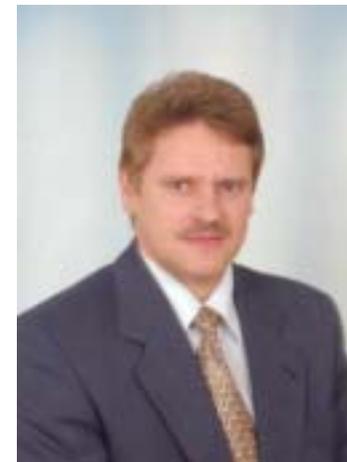
- **MSG-Schweißen von Aluminium**
- **MSG-Löten**

Dipl.-Ing. Klaus-Peter Schmidt

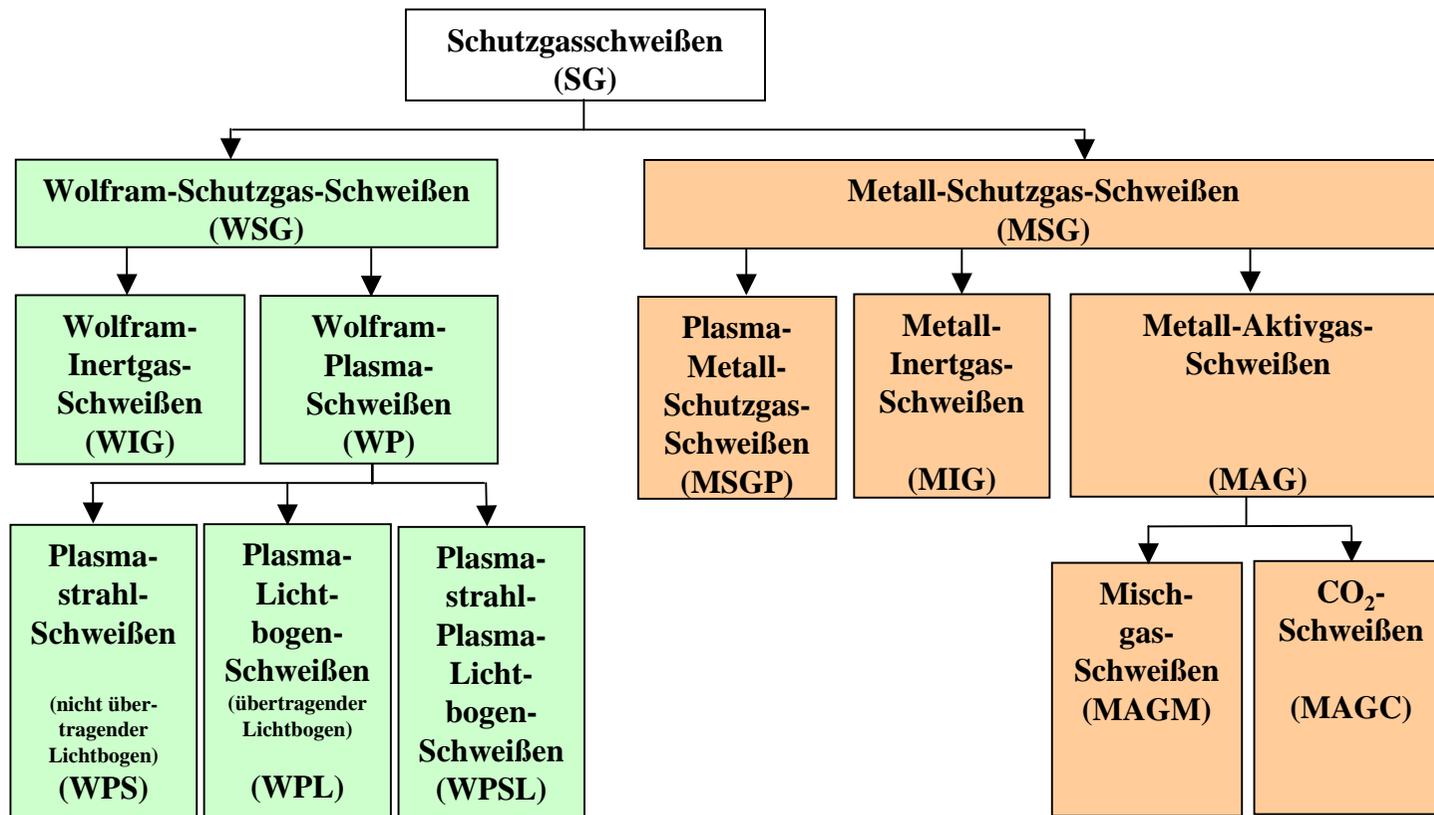
FRONIUS Deutschland GmbH

Liebigstraße 15

67661 Kaiserslautern



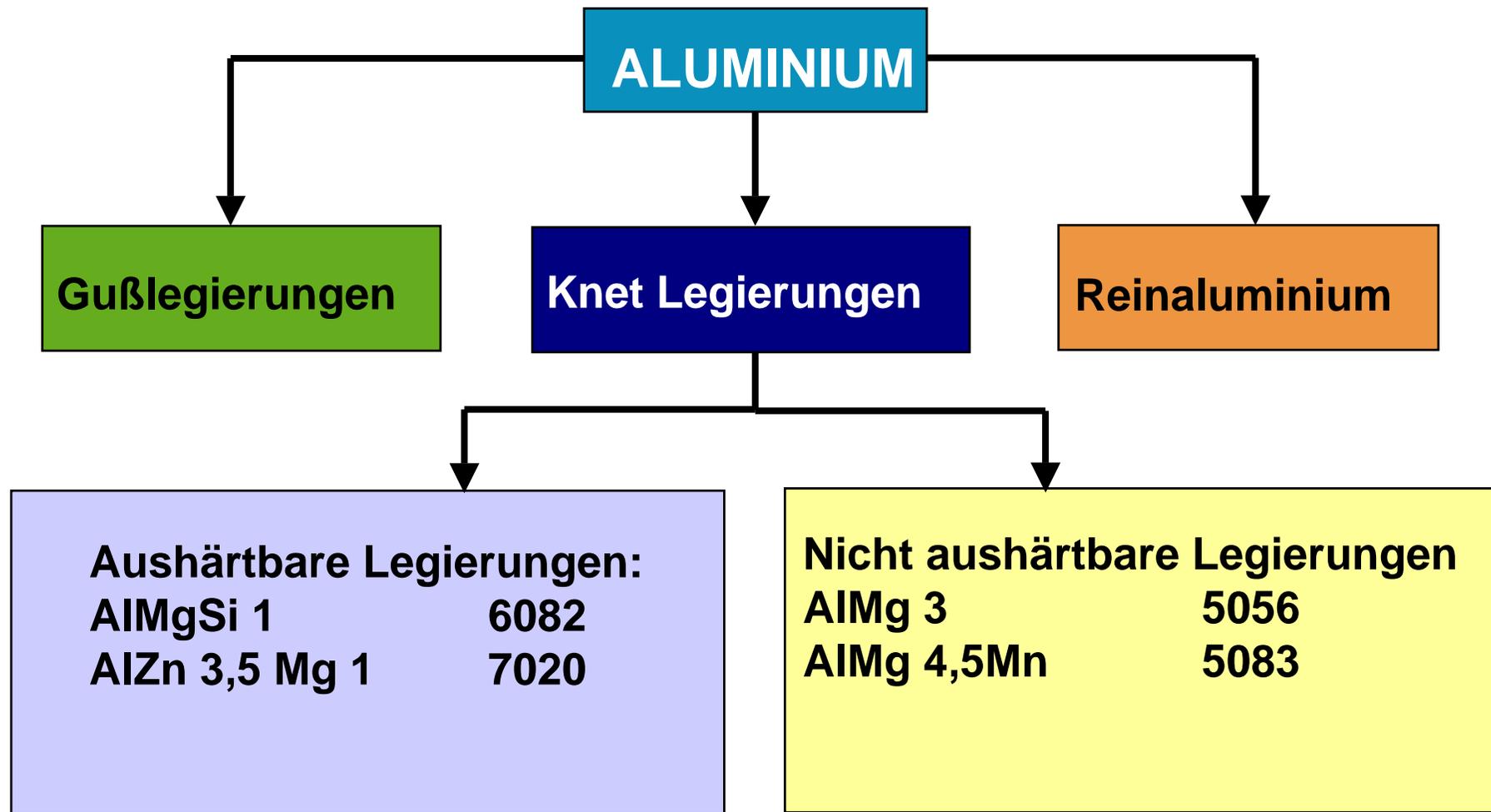
# Übersicht der Schweißverfahren:



# Stahl im Vergleich zu Aluminium:

	AlMg 3	St 360
Dichte g/cm <sup>3</sup>	2,7	7,85
Zugfestigkeit RmN/mm <sup>2</sup>	160	360
Schmelzbereich C°	595-640	1460-1530
Elektr. Leitfähigkeit m/T mm <sup>2</sup>	20	6
Therm. Leitfähigkeit W/K m	150	53
Therm. Ausdehnung 1/°C	2,3	1,15

# Einteilung von Aluminium:

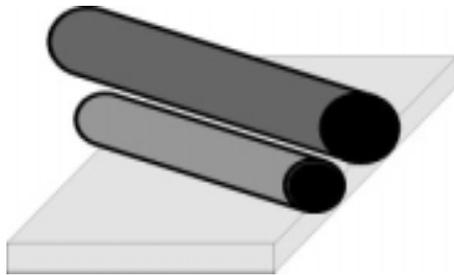


# Anwendung von Aluminium:



**Elektroindustrie**

**Al 99,5**



**Bleche, Rohre,  
Profile**

**AlMg  
AlMgSi**



**Guß**

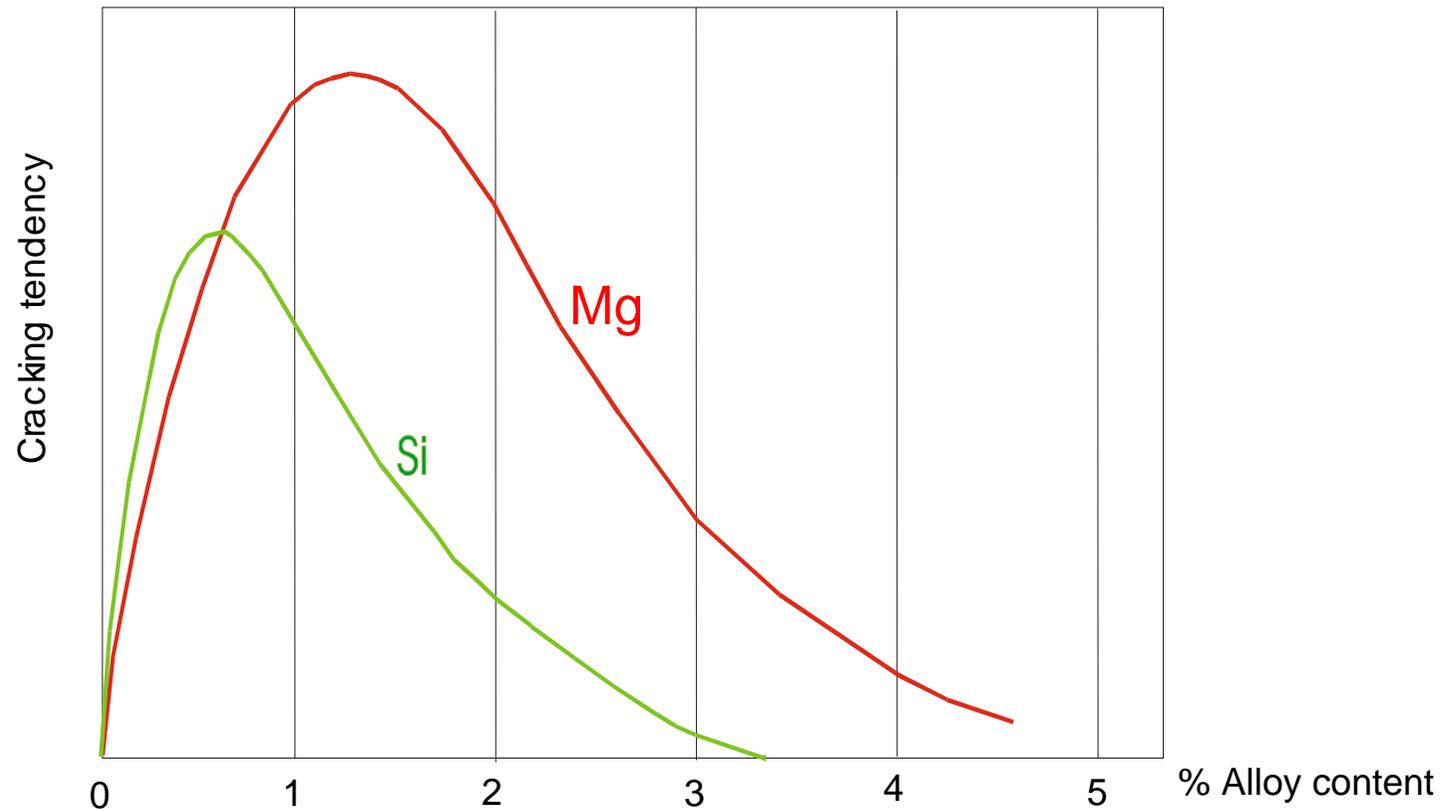
**AlSi**

# Legierungselemente von Aluminium

Magnesium (Mg):	0,3 - 7%	höhere Festigkeit, feineres Gefüge
Mangan (Mn):	0,3 - 1,2%	bessere Korrosionsbeständigkeit (Salzwasser), höhere Festigkeit
Kupfer (Cu):	< 5%	höhere Festigkeit, wichtig für die Aushärtung, geringere Korrosionsbeständigkeit
Silizium (Si):	< 12%	Guß, beeinflusst das Fließverhalten

# Rissneigung von Aluminium:

## Abhängig vom Mg- und Si-Anteil



# Zusatzwerkstoffe für Aluminium:

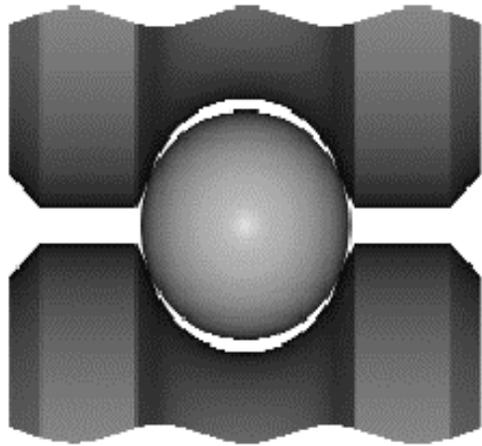
Al99.9 Al99.8 Al99.7	S-Al99.9									
Al99.5 Al99	S-Al99.5 S-Al99.5Ti	S-Al99.5 S-Al99.5Ti								
AlMnCu	S-Al99.5Ti S-AlMn	S-Al99.5Ti S-AlMn	S-AlSi5							
AlMg1 AlMg1.5 AlMg1.8 AlMg2.5	S-Al99.5Ti S-AlMg3	S-Al99.5Ti S-AlMg3	S-AlMg3	S-AlMg3						
AlMg3 AlMg5	S-Al99.5Ti S-AlMg3	S-Al99.5Ti S-AlMg3	S-AlMg3	S-AlMg3	S-AlMg3					
AlMg2.7Mn AlMg2Mn0.3 AlMg2Mn0.8	S-AlMg3	S-AlMg3	S-AlMg3	S-AlMg3	S-AlMg3	S-AlMg3				
AlMg4Mn AlMg4.5Mn	S-AlMg3	S-AlMg3	S-AlMg5	S-AlMg5	S-AlMg5	S-AlMg5	S-AlMg4.5Mr			
AlMg4Mn AlMg4.5Mn	S-AlMg3 A-AlSi5	S-AlMg3 A-AlSi5	S-AlMg3 A-AlSi5	S-AlMg3 S-AlMg5	S-AlMg3	S-AlMg3	S-AlMg3	S-AlMg5 S-AlMg4.5Mr	S-AlSi5 S-AlMg3	
AlZn4.5Mg1	S-AlMg5	S-AlMg5	S-AlMg5	S-AlMg5	S-AlMg5	S-AlMg5	S-AlMg5	S-AlMg4.5Mr S-AlMg5	S-AlMg4.5Mr	S-AlMg4.5Mr
  BASE MATERIAL	Al99.9 Al99.8 Al99.7	Al99.5 Al99	AlMn AlMnCu	AlMg1 AlMg1.5 AlMg1.8 AlMg2.5	AlMg3 AlMg5	AlMg2.7Mn AlMg2Mn0.3 AlMg2Mn0.8	AlMg4Mn AlMg4.5Mn	AlMgSi0.5 AlMgSi1.0	AlZn4.5Mg1	

# MSG – Aluminiumschweißen:



- ‘ einfache Handhabung
- ‘ hohe  
Schweißgeschwindigkeit
- ‘ universell einsetzbar
- ‘ einfache Automatisierung
- ‘ schweißbar in allen  
Positionen

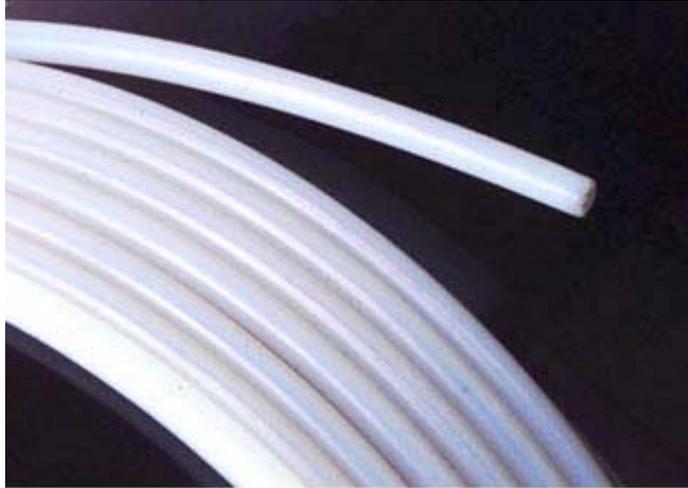
# Vorschubrollen für MIG – Aluminium:



## Halbrundprofil

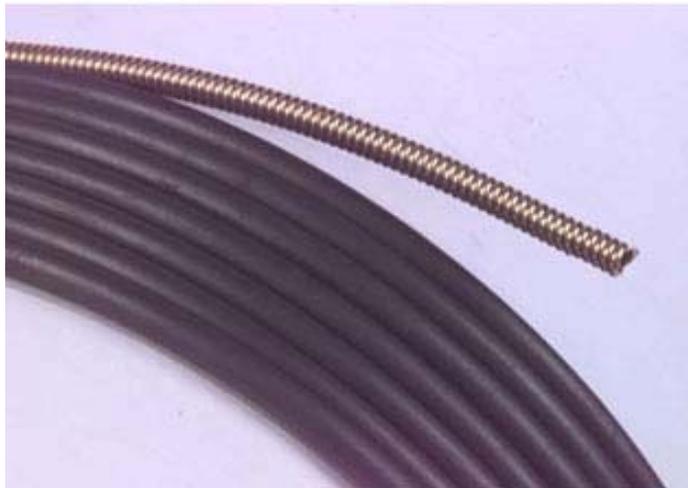
- keine Deformierung des Drahtes
- für alle weichen Drähte
- für jeden Durchmesser extra Drahtförderrollen
- 4-Rollenantrieb ist von Vorteil

# Kunststoffseelen für MSG – Aluminium:



## Teflon

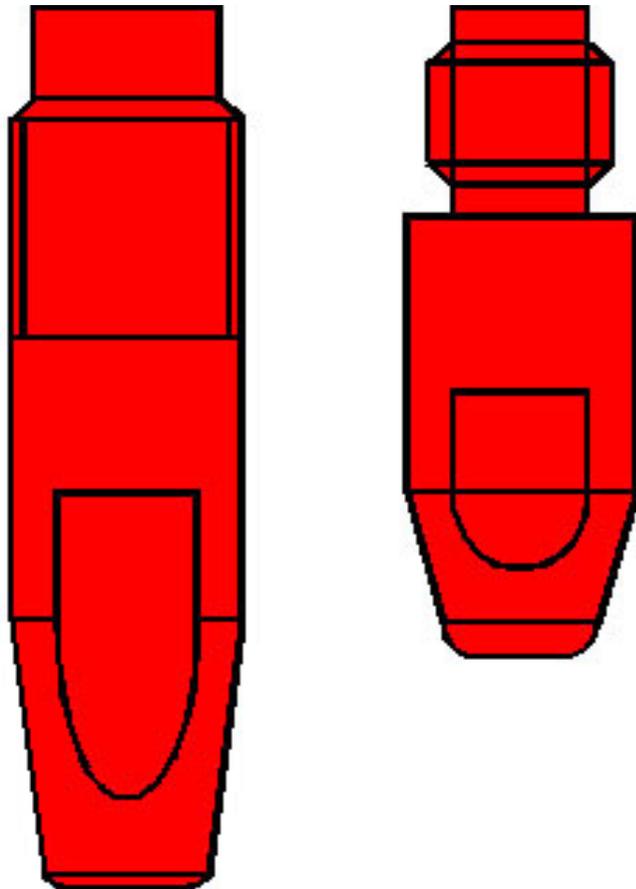
- ‘ beste Fördereigenschaften
- ‘ unempfindlich gegen hohe Temperaturen
- ‘ hoher Verschleiß



## Graphit Kombiseele

- ‘ geringer Verschleiß, da relativ hart
- ‘ empfindlich gegen hohe Temperaturen
- ‘ Bronzespirale im Brennerhals verwenden

# Kontaktrohre für MSG – Aluminium:

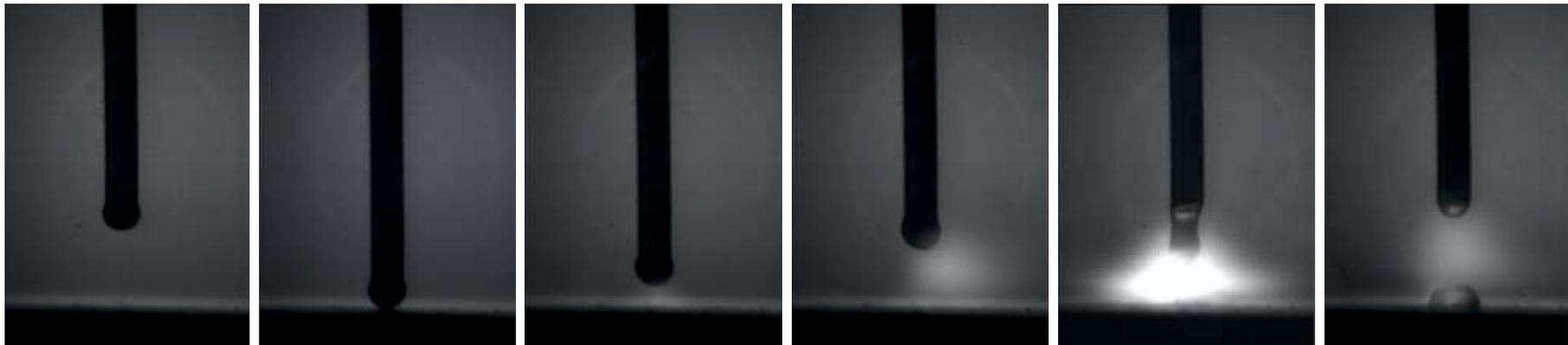
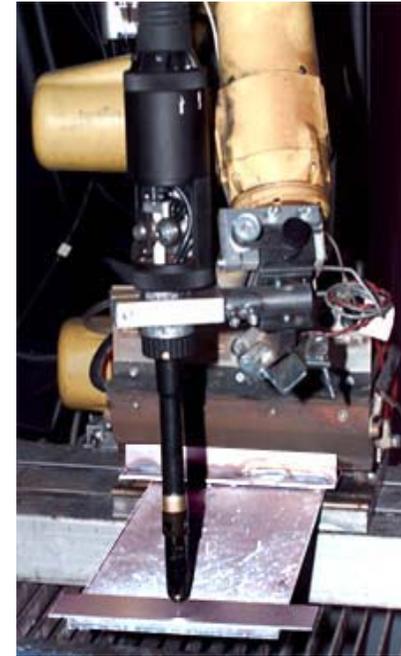


- CuCrZr-Legierungen
- Masse ist wichtig
- höhere Standzeit
- besserer Stromkontakt
- bessere Fördereigenschaften
- für höhere Leistungsbereiche eine größere Bohrung verwenden

# Konventionelle Aluminiumzündung:



# Spritzfreies Aluminiumzünden:

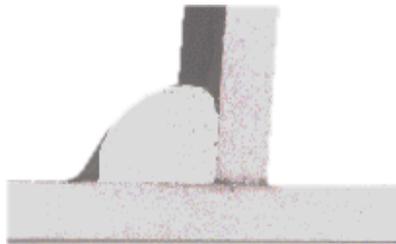
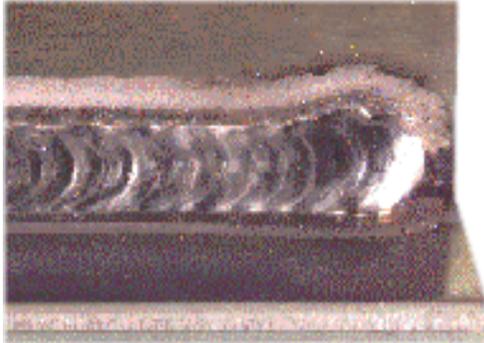


# Vorteile der SFI Zündung:

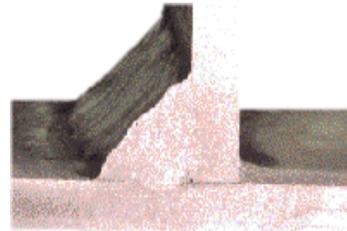
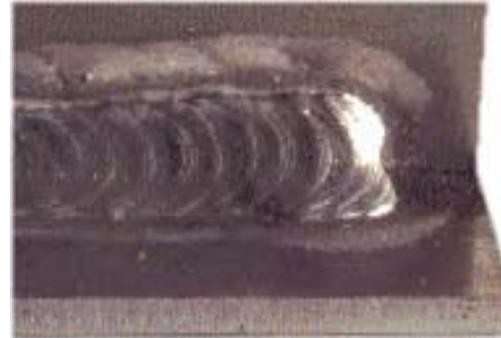
- ‘ Konventionelle Zündung ca. 500 Ampere
- ‘ SFI-Zündung ca. 20 Ampere
- ‘ bedeutend höhere Lebensdauer des Kontaktrohres
- ‘ 100% reproduzierbare Zündung
- ‘ kein Problem bei Zündung mit langem Stickout

# Startprogramm bei MSG-Aluminium:

Konventionell

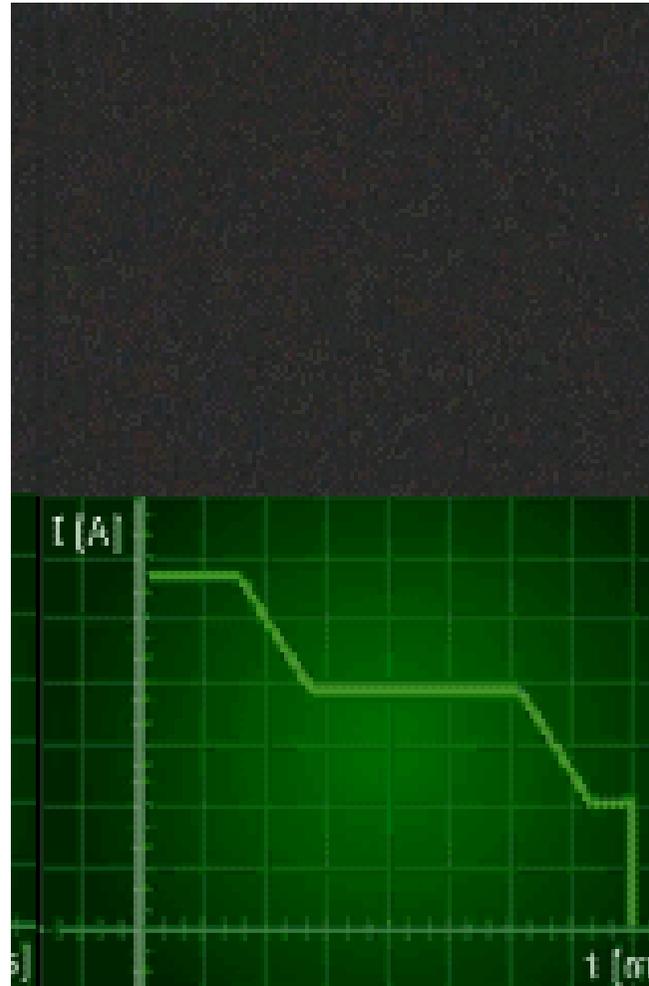


Startprogramm



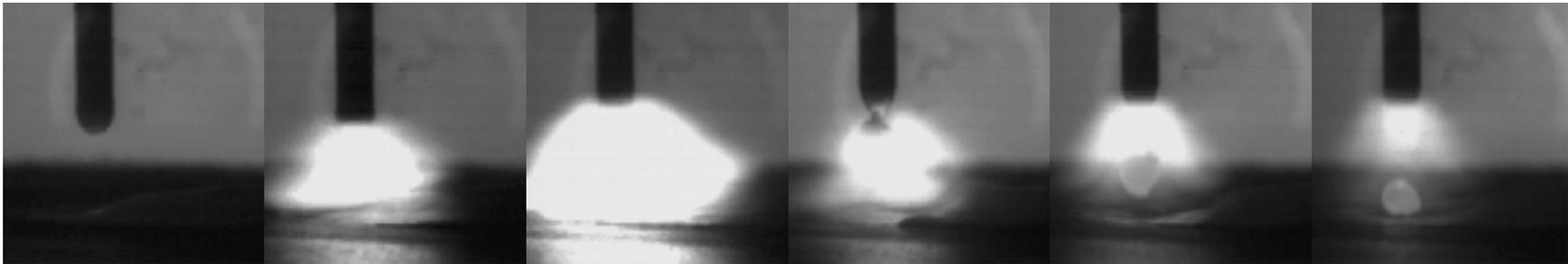
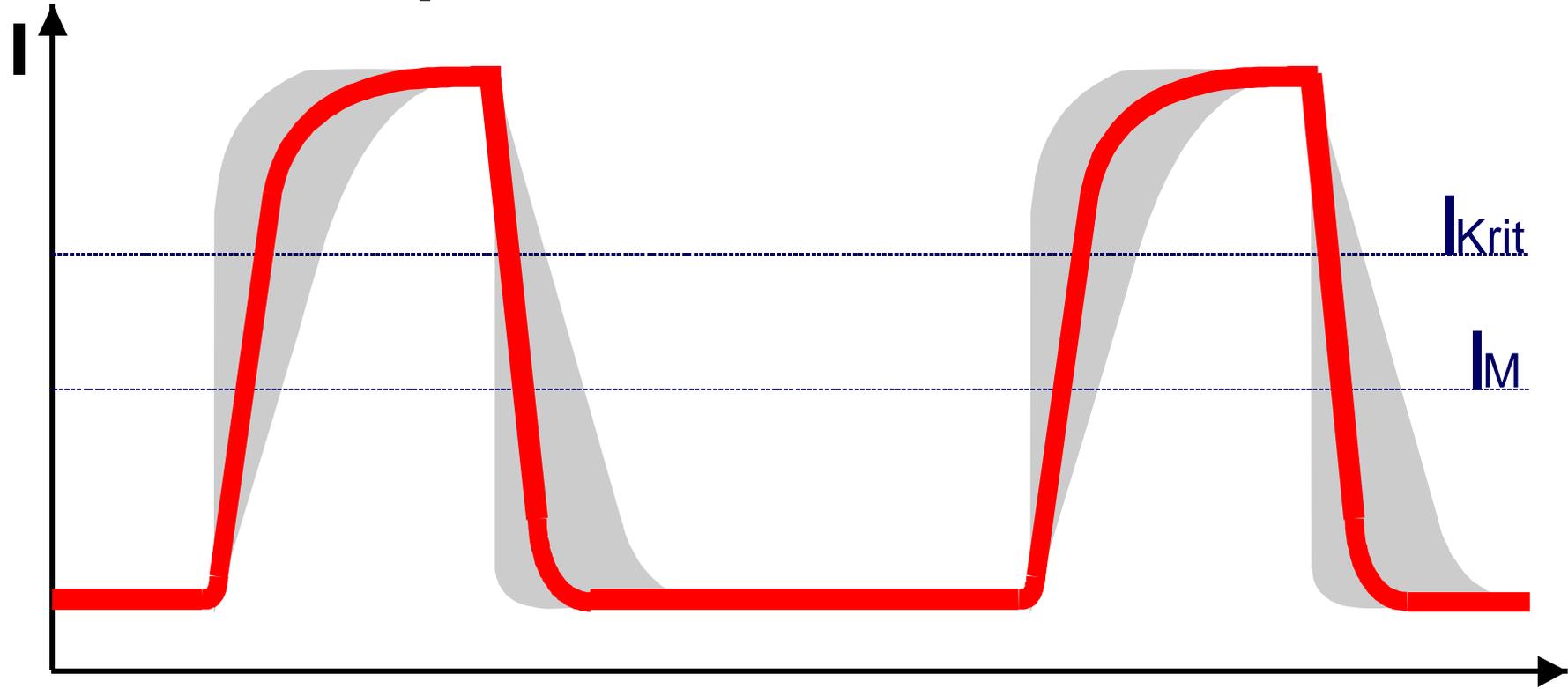
Grundmaterial : AlMg 3  
Zusatzwerkstoff : AlMg 4,5 MnZr Ø1,2  
Gas : Argon 4,6

# Ablauf der **Spezial 4 – Takt** Funktion:



Spezial 4-Takt

# Variable Impulsform:



# Vorteile des Synchronpulses:



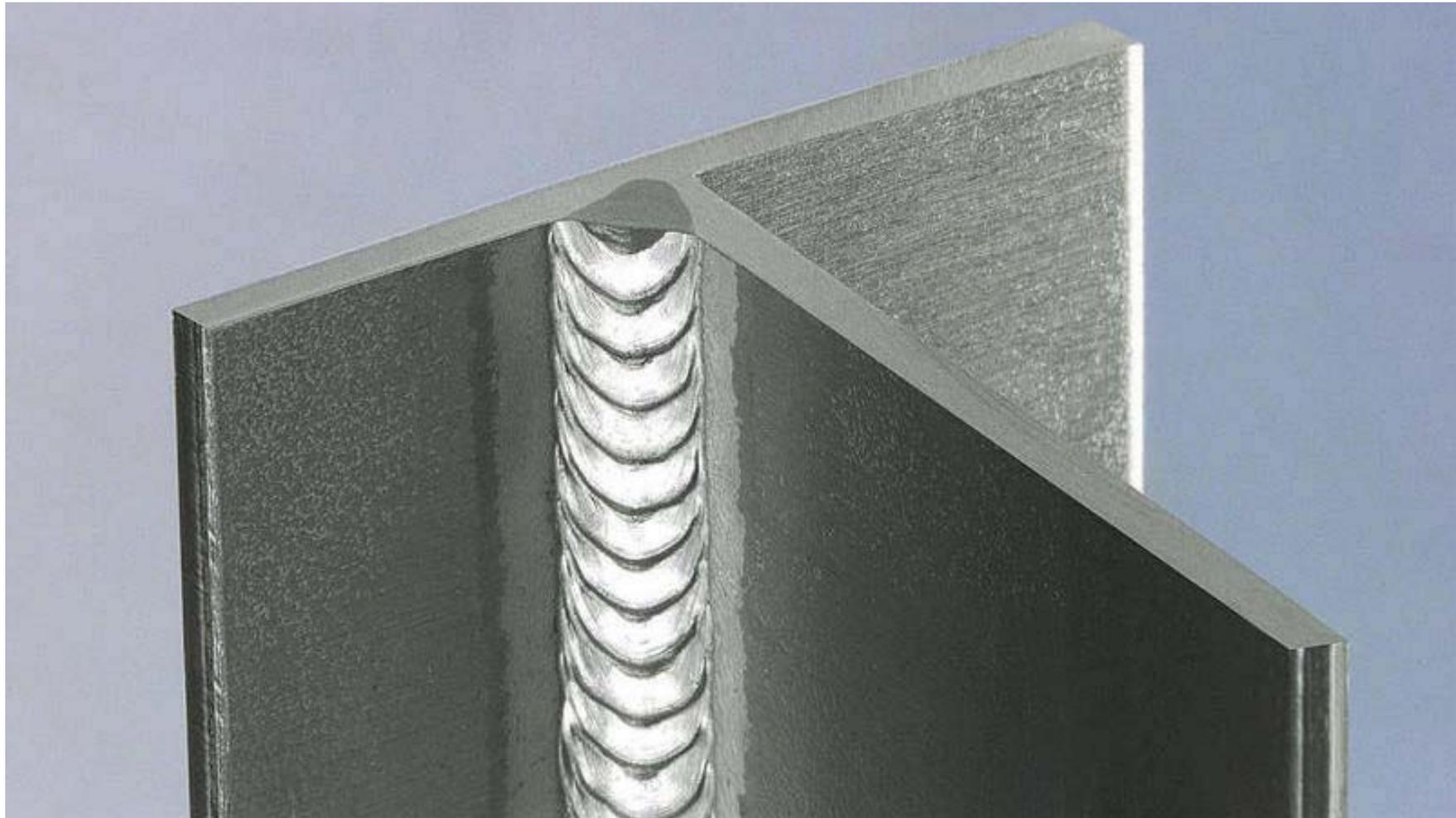
hohe Frequenz ( 5Hz )



niedrige Frequenz ( 1Hz )

- ‘ optimiertes Nahtaussehen
- ‘ Spaltüberbrückbarkeit
- ‘ Vermeidung der Pendelung:  
speziell bei automatisierter  
Anwendung (Beispiel: AUDI)
- ‘ einstellbare Eindringtiefe
- ‘ für Sonderanwendungen  
(dünn / dick- Verbindung)

# Nahtaussehen durch den Synchropuls



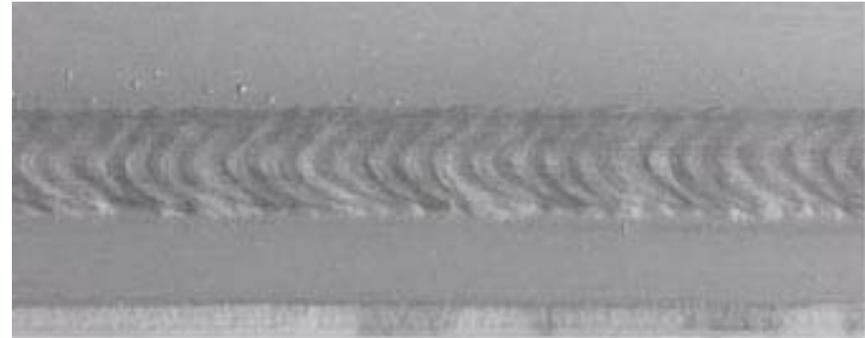
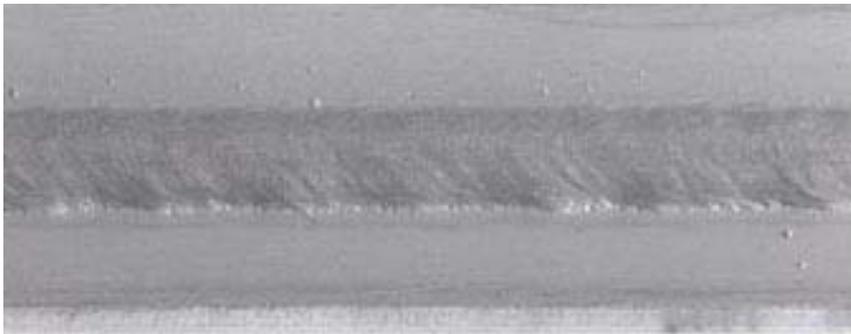
# Nahtaussehen:

AlMg 3 Blech / AlMg5

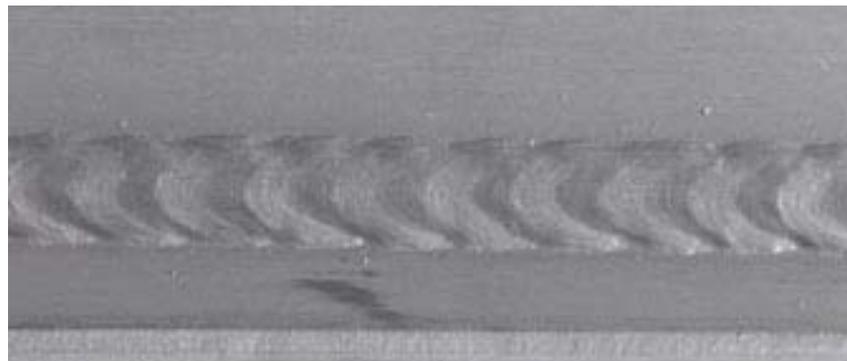
Draht

F = OFF

F = 5 Hz



F = 2 Hz



# Gase zum Aluminiumschweißen:

## Argon:

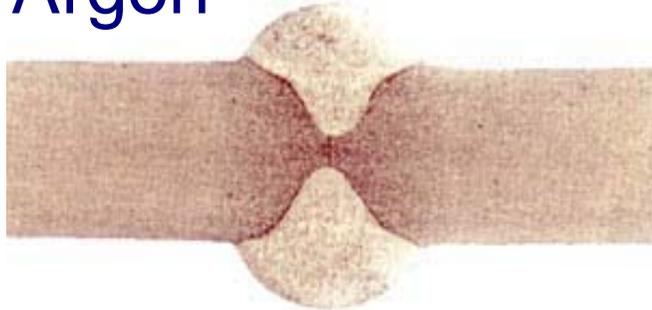
- ‘ meist verwendet
- ‘ guter Lichtbogenträger
- ‘ gute Zündeigenschaften
- ‘ tiefer (fingerförmiger) Einbrand

## Helium:

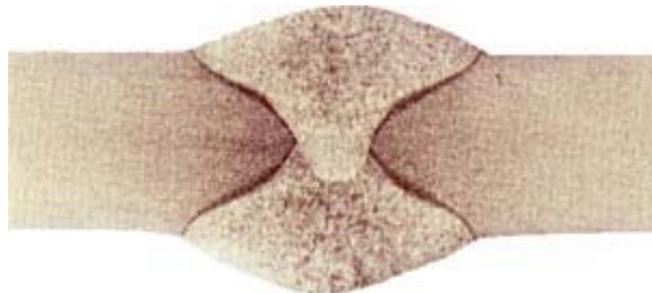
- ‘ 9x besserer Wärmeträger
- ‘ schnellere Schweißgeschwindigkeit
- ‘ weniger Poren
- ‘ breiter, tiefer Einbrand

# Vorteil von Helium beim MSG-Aluminiumschweißen:

Argon



Ar/He 50/50



- besserer Einbrand
- Vorwärmeeffekt
- höhere Schweißgeschwindigkeit
- weniger Poren

# Reinigen von Aluminium:

- ‘ entfernen von Öl und Fett mit Alkohol
- ‘ CrNi- Drahtbürste verwenden
- ‘ spezielle Aluminiumfeilen verwenden
- ‘ Stahl und Aluminium trennen!
- ‘ **Sauberkeit** im Arbeitsbereich!

# Vorwärmen von Aluminium:

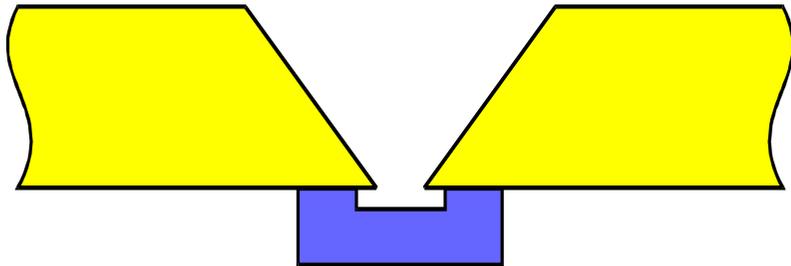
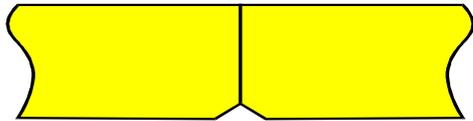
- ‘ Vorwärmung zwischen 100°C und 200°C
- ‘ mit Autogenflamme vorwärmen
- ‘ nie Propan oder Butan verwenden (Poren!)
- ‘ vorwärmen ab ca. 10mm Materialstärke

# Was ist beim MSG-Aluminiumschweißen zu beachten:

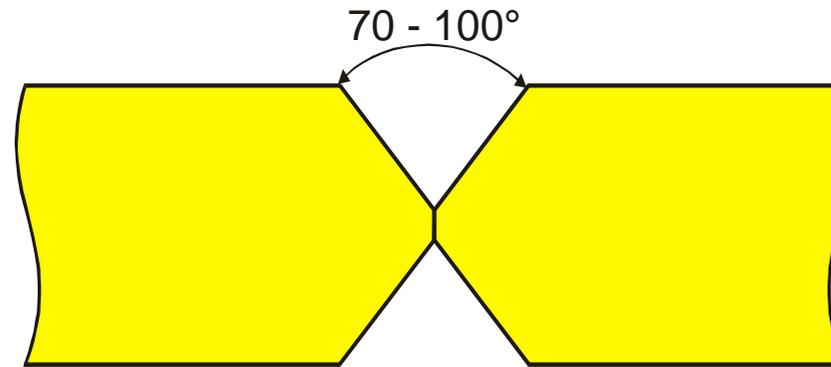
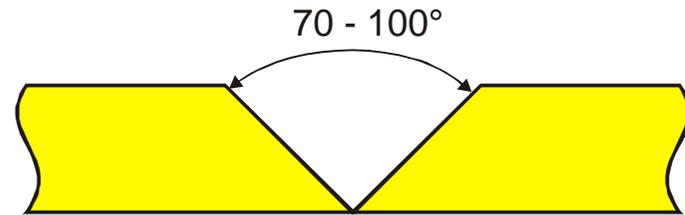
- Reduzierung von Wasserstoff (Poren)
- Normalerweise keinen Spalt verwenden
- Schweißen mit Spalt nur mit Badstütze (CrNi oder Keramik)
- keine Kupferunterlage verwenden
- größere Öffnungswinkel verwenden (70 - 100°)

# Nahtvorbereitung bei Aluminium:

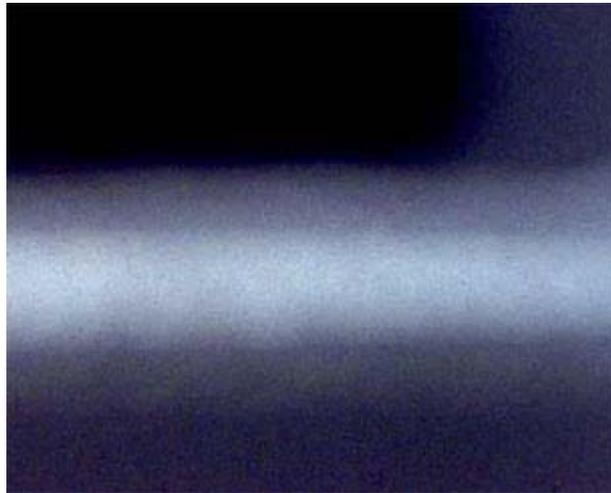
< 4 mm



> 4 mm



# Schweißen ohne Poren:



Grundmaterial: AlMgSi 1 6082 12mm

Zusatz: AlSi 5 Ø 1,2mm

Gas: 15 l/min Argon

130°C vorgewärmt

4-Lagen

KEINE Poren!

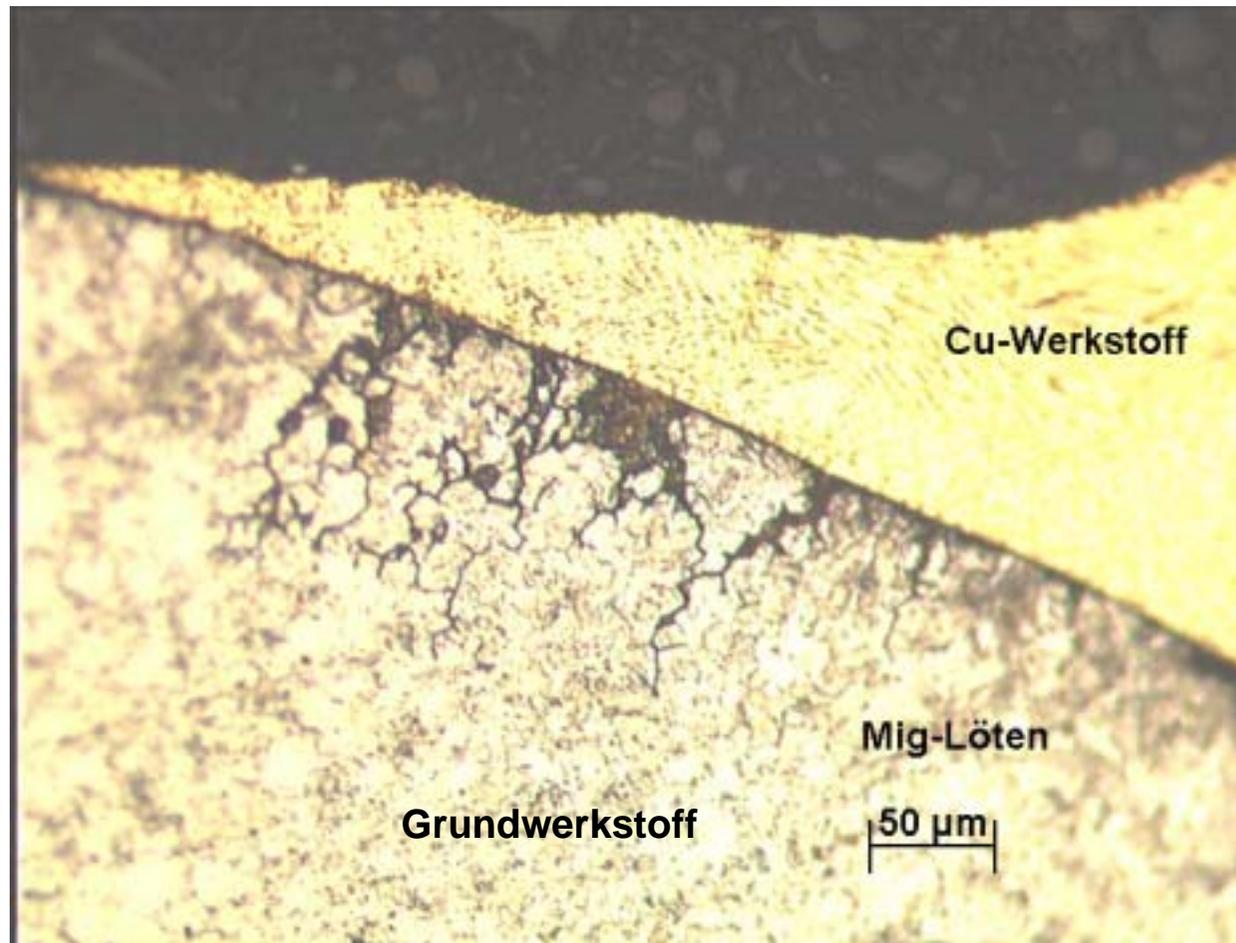
# Abgrenzung des Lichtbogen-Schweißens gegenüber dem Lichtbogen-Löten:

Beim **Schweißen** werden gleiche oder zumindest ähnliche metallische Grundwerkstoffe vereinigt, indem diese im Bereich der Schweißstelle verflüssigt oder plastisch verformt werden.

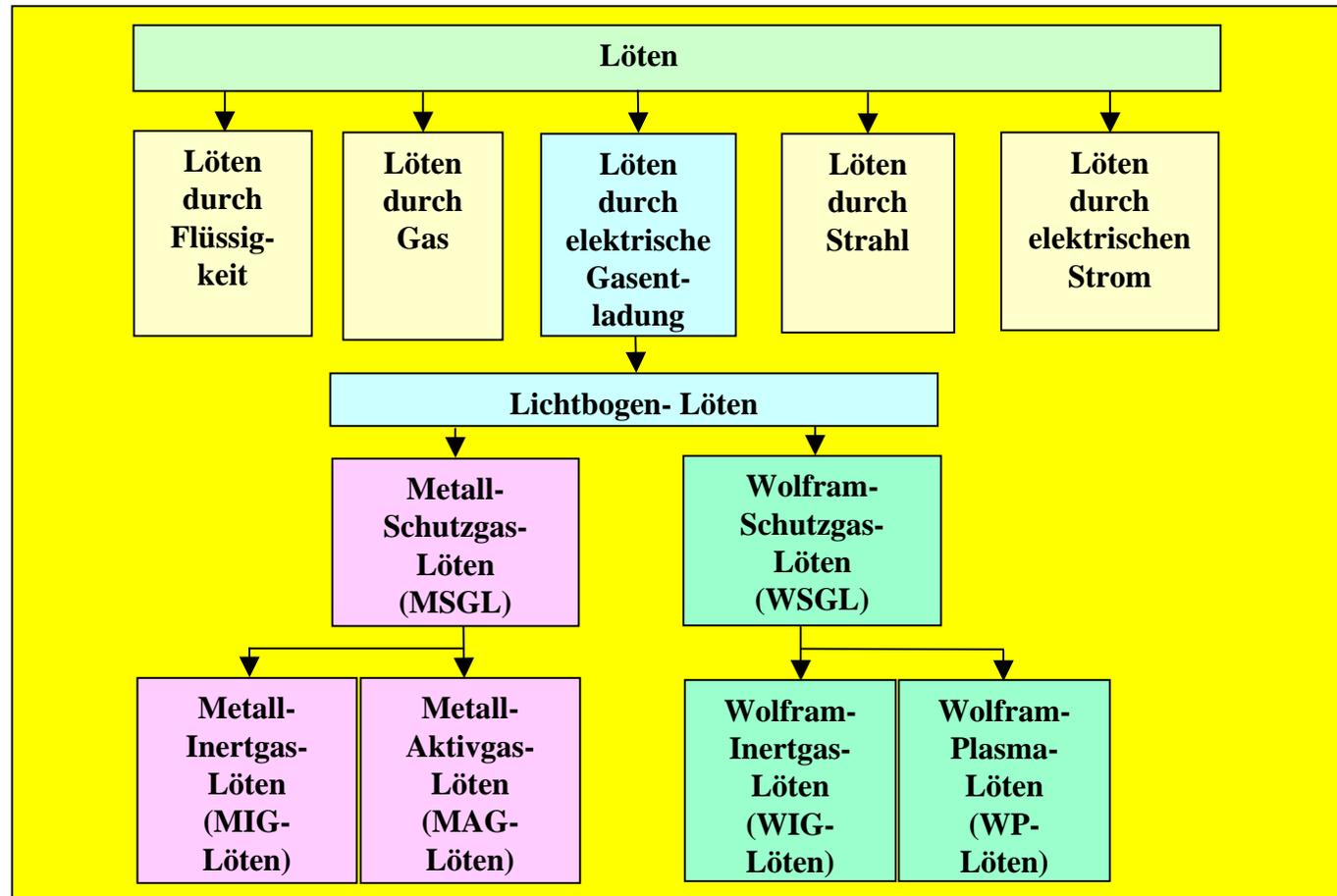
Beim **Löten** werden Teile aus gleich- oder verschiedenartigen metallischen Werkstoffen dadurch verbunden, dass nur der Zusatzwerkstoff, d.h. das Lot verflüssigt wird. Die Verbindung erfolgt durch Adhäsionskräfte und durch Diffusion des Lots an den Grenzflächen.

(in Anlehnung an DIN 1910 und DIN 8505)

# Lichtbogen-Löten:



# Einteilung der Prozesse für das Lichtbogen-Löten:



Übersicht aus dem DVS-Merkblatt 948

# Einteilung der Lichtbogenarten für das Löten:

Auch beim Metall- Schutzgas- Löten werden die bekannten Lichtbogenarten verwendet:

- ∅ Kurzlichtbogen (Kurzzeichen: k)
- ∅ Mischlichtbogen (Kurzzeichen: ü)
- ∅ Sprühlichtbogen (Kurzzeichen: s)
- ∅ Impulslichtbogen  
bzw. Pulslichtbogen (Kurzzeichen: p)

# Verwendbare bzw. lötbare Werkstoffe:

## Werkstoffe:

- ‘ un-, niedrig- und hochlegierte Stähle
- ‘ rostfreier Stahl
- ‘ hochfeste Materialien

## Oberflächenbeschichtung:

- ‘ unbeschichtete Oberflächen
- ‘ verzinkte Oberflächen
- ‘ organische Beschichtungen

# Verzinkte Dünobleche:

- durch verzinkte Bleche gibt es weniger Korrosionsschäden
- Zink hat gute Korrosionseigenschaften und hat einen niedrigen Preis
- es sind elektrolytische oder schmelztauchverzinkte Bleche verfügbar
- bereits verzinkte Werkstücke können nach der Ver- bzw. Bearbeitung wieder durch eine Schmelztauchverzinkung verzinkt werden
- Dicke der Zinkschicht: 1 – 20  $\mu\text{m}$  (Lötbarkeit)

# Probleme beim Lichtbogen-Löten von verzinkten Blechen:

- ‘ Im Lichtbogenbereich kommt es zur Verbrennung und Verdampfung von Zink.
- ‘ Der Zinkdampf gerät in den Lichtbogen und setzt die Stabilität durch Vermischung mit dem Schutzgas herab.
- ‘ Folge: unruhiger Lichtbogen und Spritzerbildung
- ‘ Zinkdämpfe, die im Schweißgut eingeschlossen werden, führen zur Porenbildung.
- ‘ Die geschilderten Probleme verstärken sich mit zunehmender Dicke der Zinkschicht ( $< 20 \mu\text{m}$ ).

# Zielsetzung des Lichtbogen-Lötens:

- ‘ verlässliche und optisch ansprechende Verbindungen
- ‘ flexible Methoden dank hervorragender Schweißtechnologien
  - Drahtelektroden (Massiv- und Fülldrahtelektroden),
  - neue Schweißprozesse und
  - digitale Schweißstromquellen
- ‘ preisgünstige Verbindung: **die Lötverbindung**
- ‘ Nutzen für den Anwender:  
es sollte nahezu keine Nacharbeit erforderlich sein

# Schweißen von verzinkten Dünoblechen:

- Zink schmilzt bei 420 °C und verdampft bei 906 °C
- Temperatur des MSG-Lichtbogens ca. 3000 – 4000 °C
- Zinkdämpfe und Oxide führen zu Poren, Bindefehlern und Rissen und verursachen einen instabilen Lichtbogen
- der Schweißrauch sollte abgesaugt werden => Zinkfieber

Vorderseite:



Rückseite:



Vorder- und Rückseite einer Überlappnaht

# Kupfer-Massivdrähte zum Lichtbogenlöten:

- übliche Cu-haltige Drähte sind:
  - CuSi 3: Siliziumbronze (Kupfer mit 3 % Silizium)
  - CuAl 8: Aluminiumbronze (Kupfer mit 8 % Aluminium)(Durchmesser: 0,8; 1,0; 1,2 und 1,6 mm)
- Cu-haltige Drähte haben einen niedrigen Schmelzpunkt
- es erfolgt keine Aufschmelzung des Grundmaterials
- die Verbindung erfolgt durch die Diffusion
- die Benetzbarkeit und die Ausbreitung des Lotes auf das Grundmaterial ist sehr wichtig
- die Verbindung entspricht der Definition **Löten**

# Schmelz- und Verdampfungs-Temperaturen:

Material:	Schmelzen:	Verdampfen:
Zink	420 °C	906 °C
Stahl	1500 °C	--
CuSi 3- Drahtelektrode	910-1025 °C	--
CuAl 8- Drahtelektrode	1030-1040 °C	--

# Vorteile der Kupfer-Drahtelektroden:

- ‘ **keine Korrosion der Schweißnaht**
- ‘ **geringer Zinkabbrand**
- ‘ **kathodische Schutzwirkung neben der Schweißnaht**
- ‘ **minimale Spritzerbildung**
- ‘ **geringe Wärmeeinbringung**
- ‘ **einfache Nahtbearbeitung**

# Fülldrähte zum Lichtbogenlöten:

- **Fülldrähte haben höhere Zugfestigkeit und Streckgrenze als Kupferdrähte:**

	CuSi 3 Kupferdraht	Fontarfill Fülldraht (Kupferbasis)	Mecufil Fülldraht (Kupferbasis)
Zugfestigkeit	392 N/mm <sup>2</sup>	500 – 580 N/mm <sup>2</sup>	500 – 580 N/mm <sup>2</sup>
Streckgrenze	147 N/mm <sup>2</sup>	360 N/mm <sup>2</sup>	360 N/mm <sup>2</sup>

# Schutzgase nach DIN EN 439:

Welche Schutzgase werden üblicherweise zum MSG-Löten verwendet:

- Schweißargon 100 % (I 1)
  - Mixgas 98 % Ar / 2 % CO<sub>2</sub> (M 12)
  - Mixgas 99 % Ar / 1 % O<sub>2</sub> (M 13)
- } günstige Beeinflussung der  
Oberflächenspannung,  
Verbesserung der Benetzbarkeit

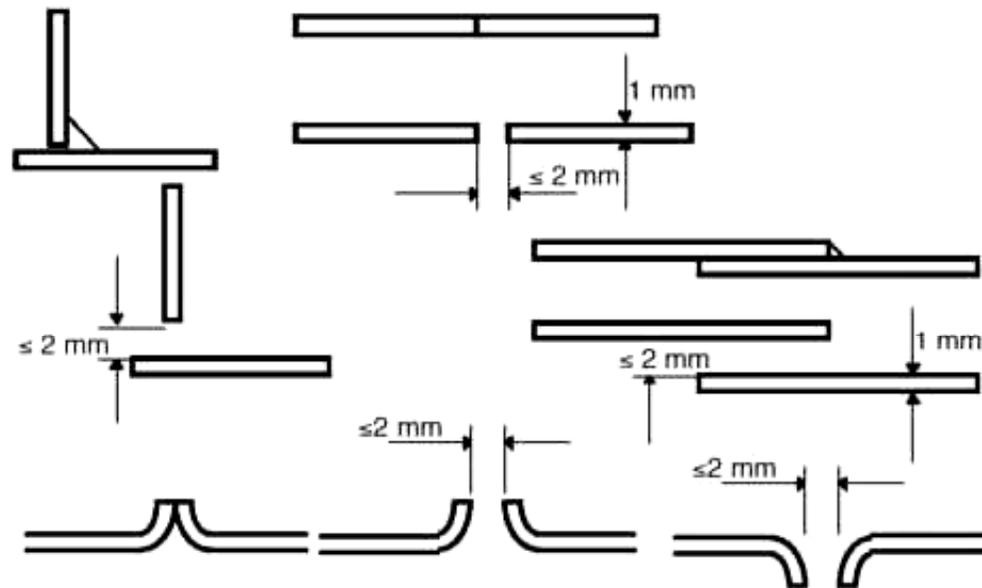
Einfluß der Schutzgase bzw. der -gemische:

- Ar-CO<sub>2</sub>-Gemische  
bringen bei gleicher Abschmelzleistung gegenüber der Verwendung von Schweißargon etwas mehr Wärme in den Grundwerkstoff. Der Nahtübergang zum Grundwerkstoff wird etwas flacher, gleichzeitig wird die Nahtoberfläche etwas grobschuppiger.
- Ar-O<sub>2</sub>-Gemische:  
Der Nahtübergang zum Grundwerkstoff neigt zum „Einrollen“, die Nahtoberfläche wird dagegen glatt und feinschuppiger.

# Nahtformen und Toleranzen:

- alle Nahtformen und Schweißpositionen wie beim MSG-Schweißen:

- Stumpfnah
- Kehlnah
- Bördelnah
- Überlappnah



- gute Spaltüberbrückbarkeit !

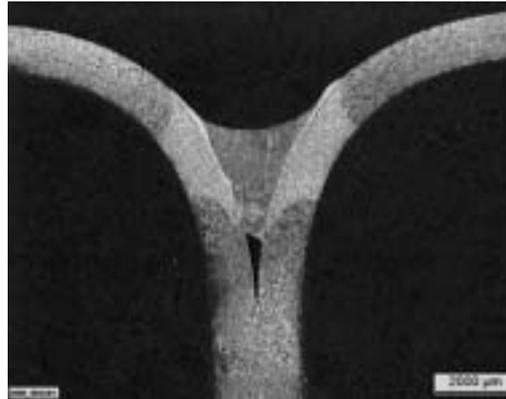
Übersicht aus dem DVS-Merkblatt 948

# Metallurgie: Lötverbindungen

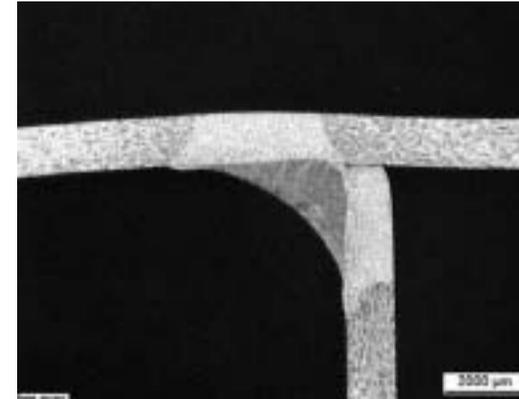
*Kehlnaht am Überlappstoß:*



*Bördelnaht:*



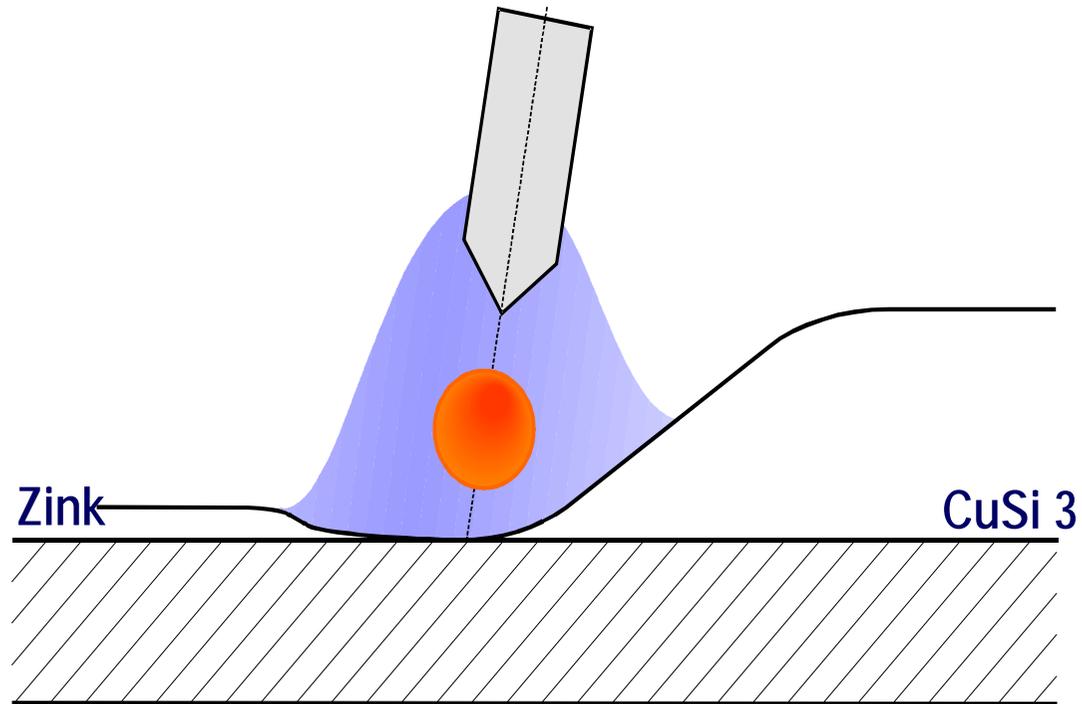
*Kehlnaht am T-Stoß:*



- Naht / Werkstück- Übergang
- WEZ

Quelle: Voest Alpine Stahl Linz

# Brenneranstellung beim MSG-Löten:



- Leicht stechende Brenneranstellung empfohlen

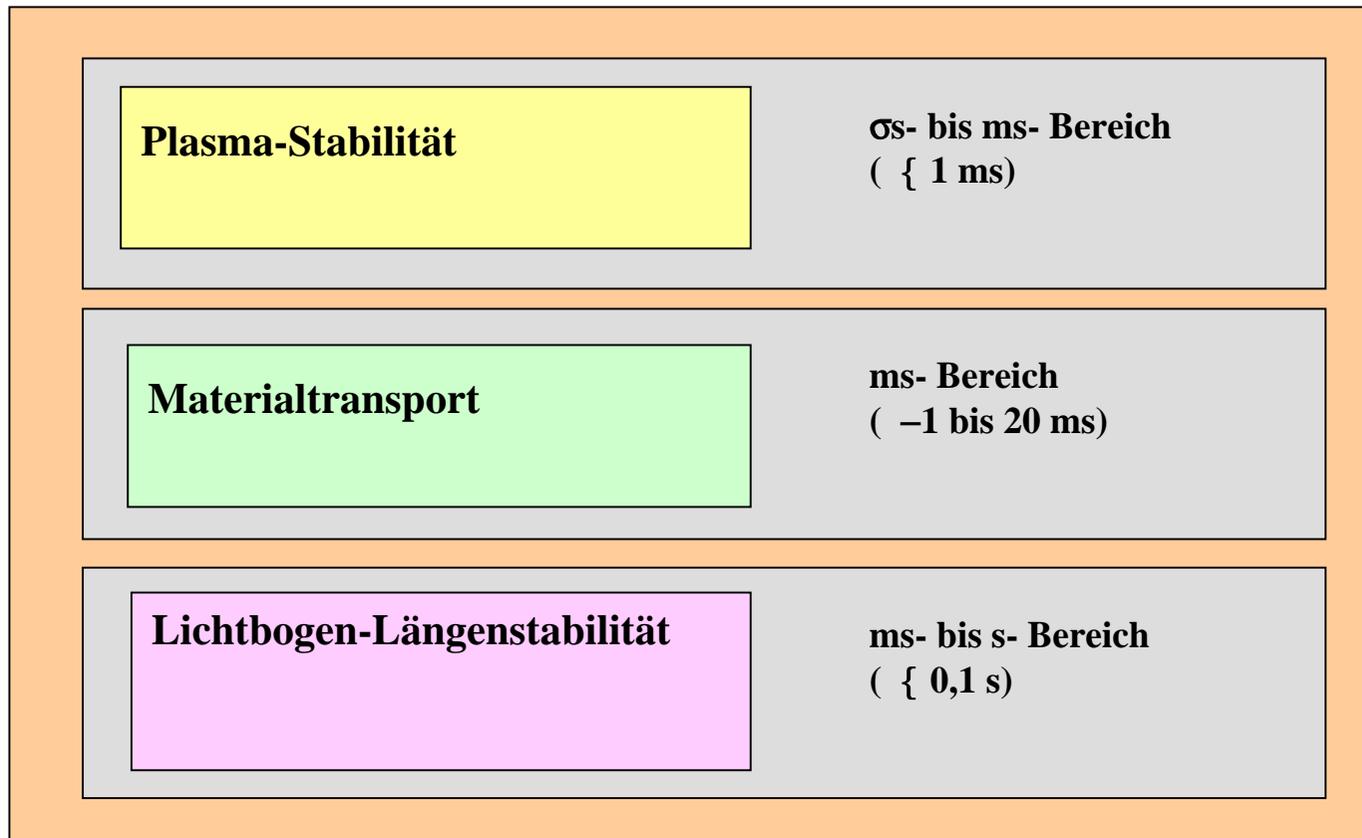
# Anforderungen an die Lichtbogen-Stromquellen:

Die Stromquellen für das MSG-Schweißen und Lichtbogen-Löten müssen unterschiedliche Anforderungen erfüllen, damit eine einwandfreie Schweißung ermöglicht wird. Hierzu zählen:

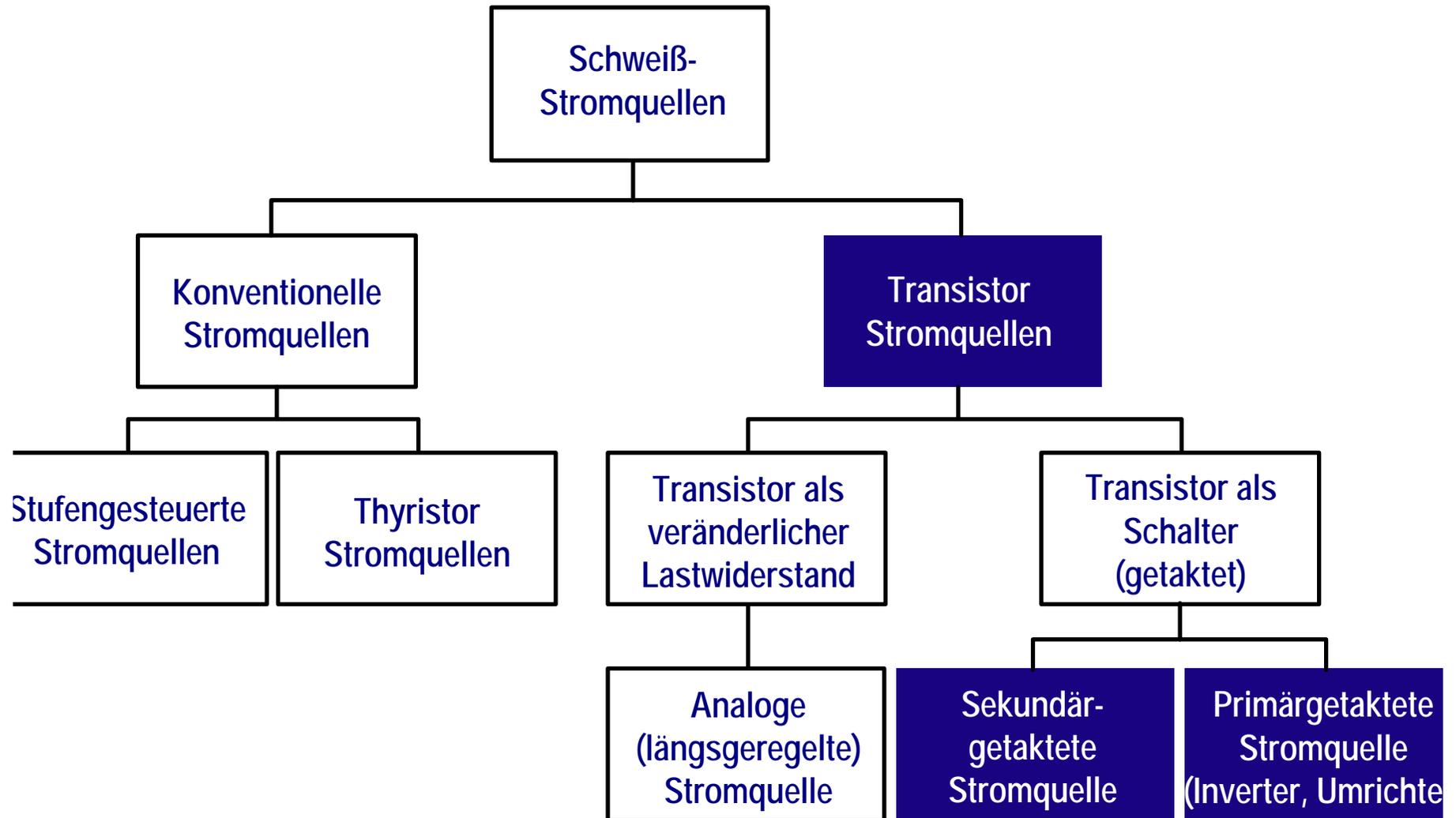
- das Bewirken einer guten Plasma-Stabilität, auch im unterem Leistungsbereich=> Invertergeräte mit 100 kHz
- die richtige Reaktion auf die Tropfenablösung und Kurzschlüsse während des Materialtransports und
- die richtige Reaktion auf mögliche Abstandsänderungen der Elektrode zum Schmelzbad =>genaue und schnelle Lichtbogenlängen-Regelung ist erforderlich.

Diesen Anforderungen sind unterschiedliche Zeitbereiche zugeordnet, in denen sich die Stromquelle entsprechend optimal verhalten muss.

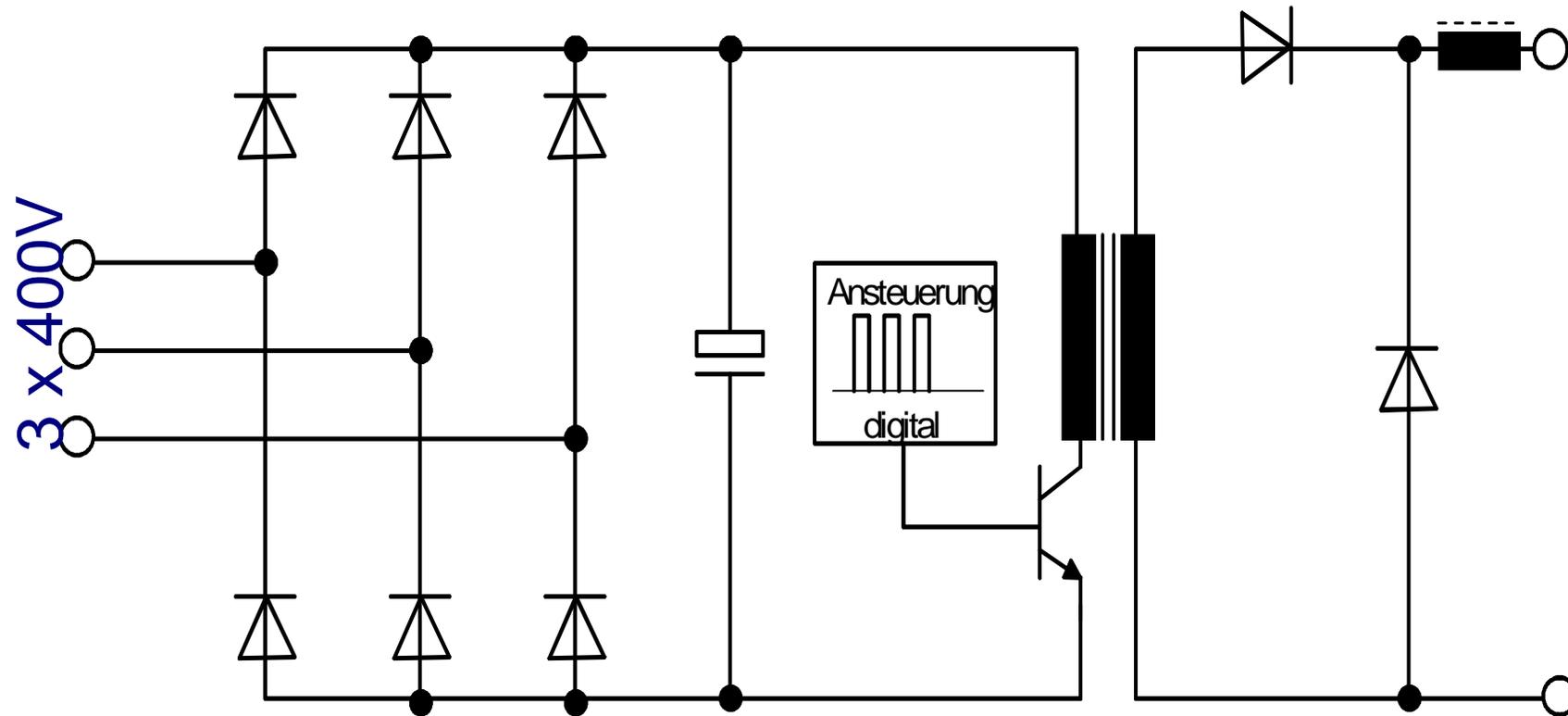
# Allgemeine Anforderungen eines Lichtbogen- Schweiß- prozesses an die Lichtbogen-Schweißstromquellen:



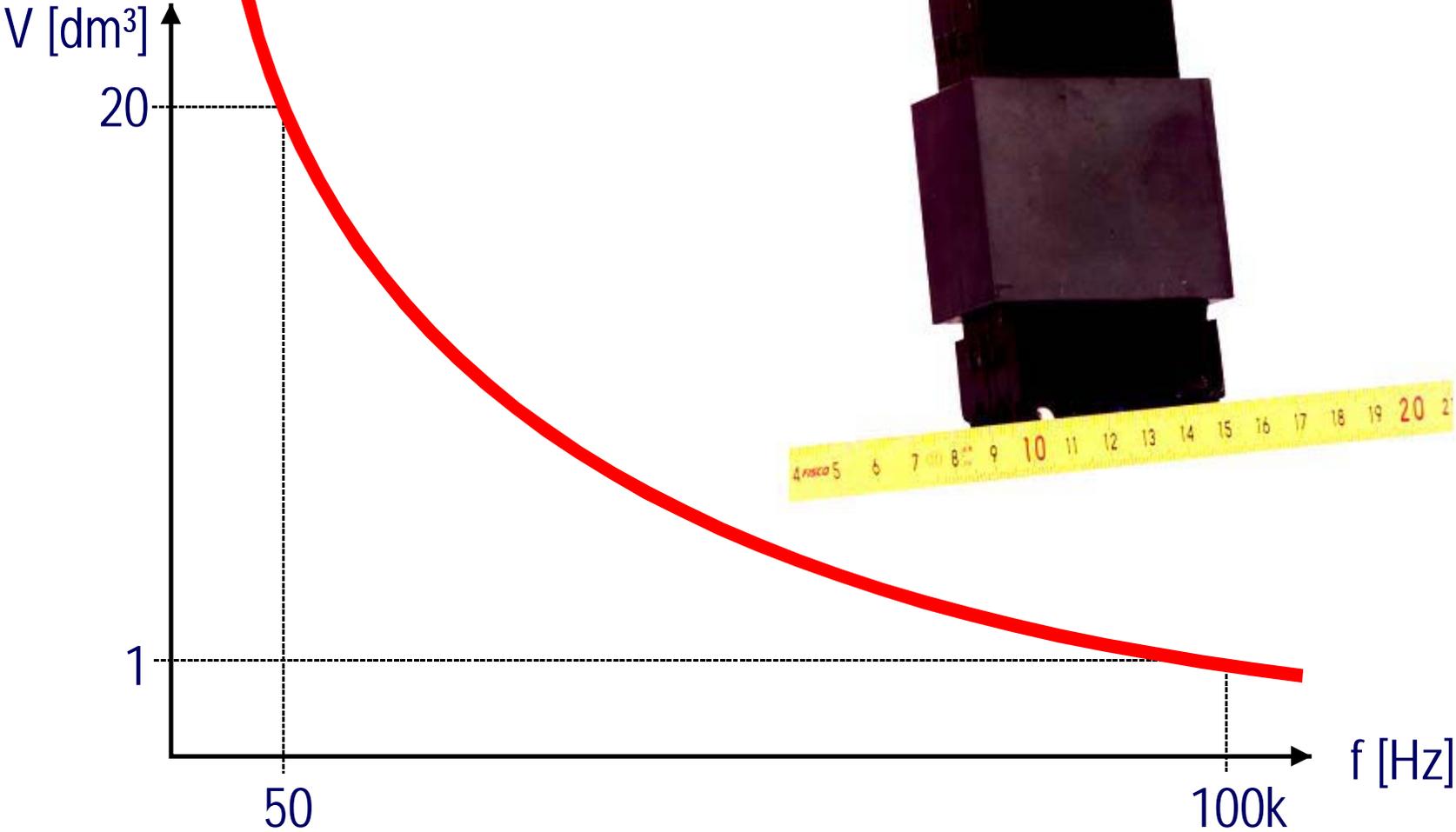
# Bauarten der Schweißstromquellen:



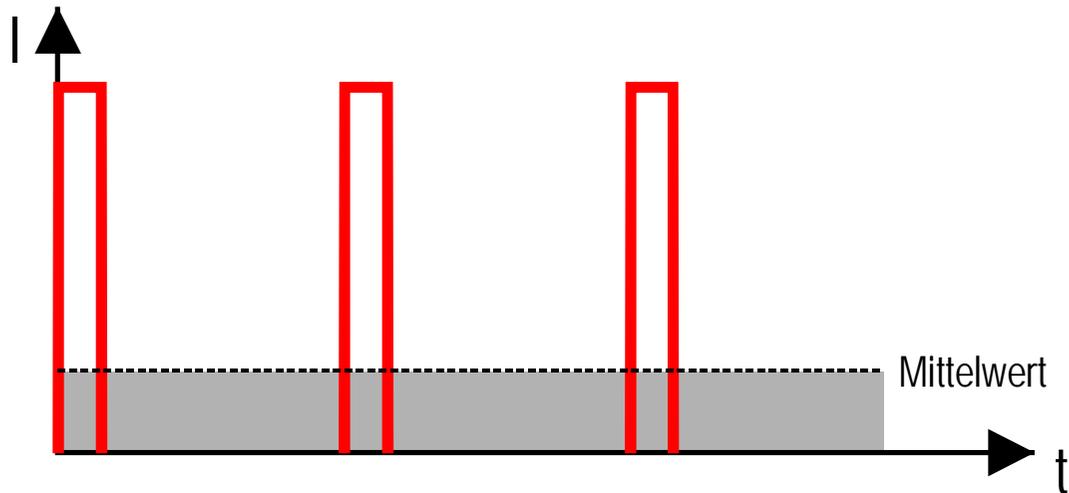
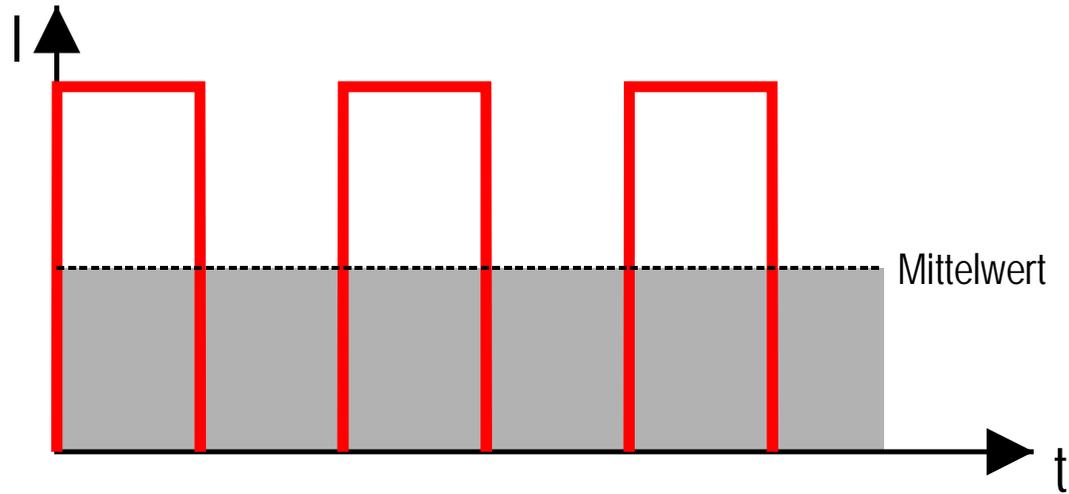
# Primärgetaktete Stromquelle:



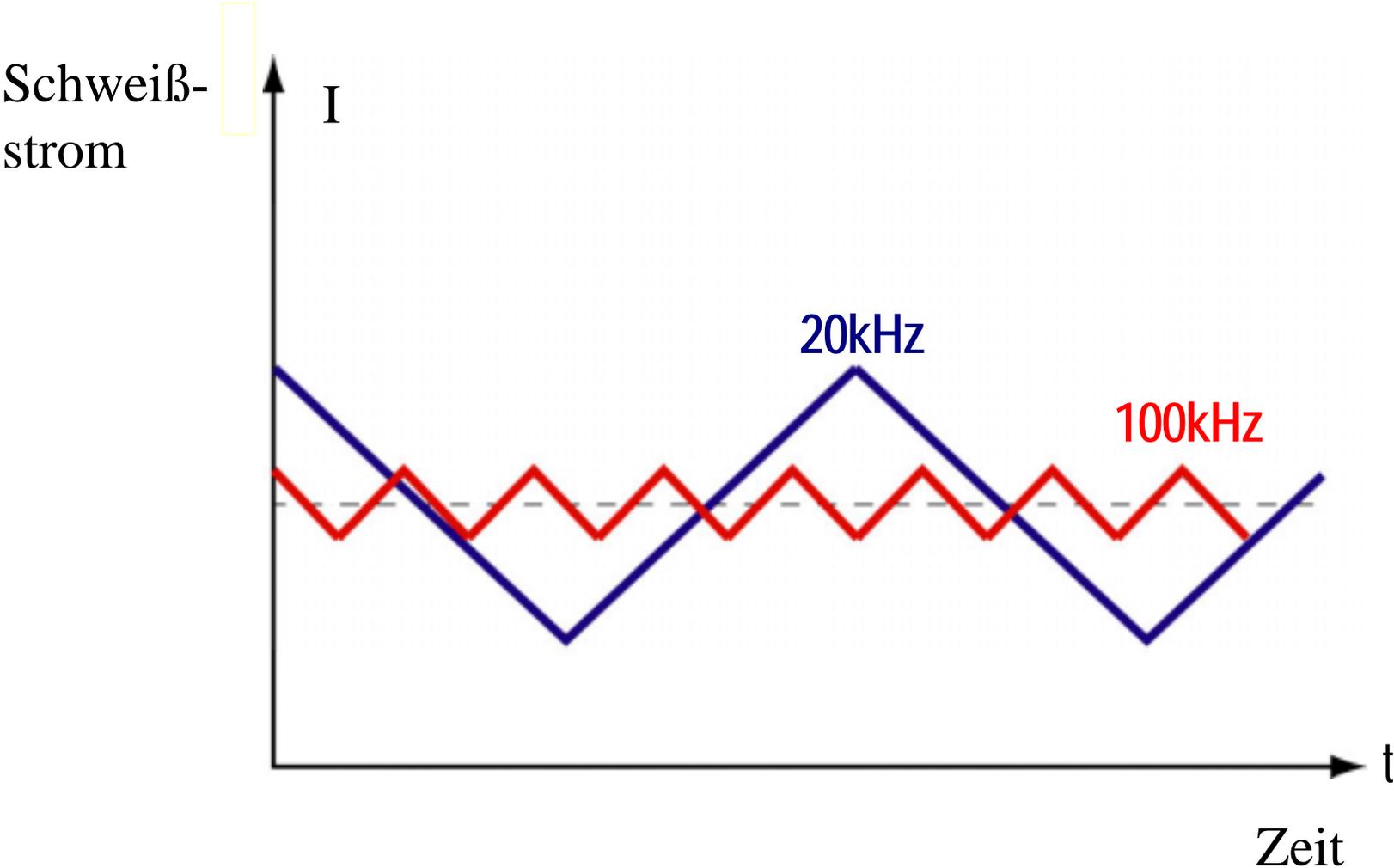
# Haupttransformator:



# Pulsweitenmodulation – PWM:



# Stromwelligkeit:



# Digitale Revolution: **TRANS (PULS) SYNERGIC**



## **TPS 2700**

270 Ampere  
27 kg



## **TS/TPS 4000**

400 Ampere  
37 kg



## **TS/TPS 5000**

500 Ampere  
38 kg

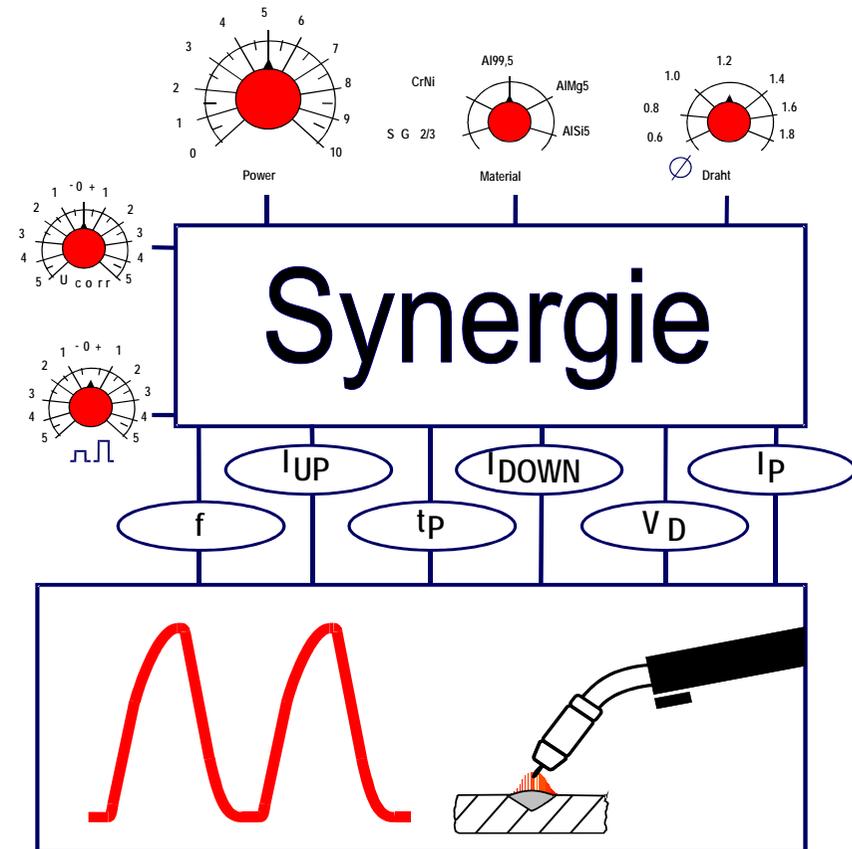


# LOCAL NET:



# Synergic-Betrieb:

- Große Anzahl von Parametern für optimalen Normal- und Impulslichtbogen vorprogrammiert („Einknopf-Bedienung“)





# Drahtvorschubgeräte bzw. – koffer:



VR7000



VR4000C



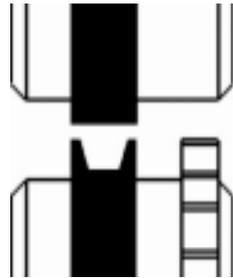
VR4000Yard



VR 2000 (D200)

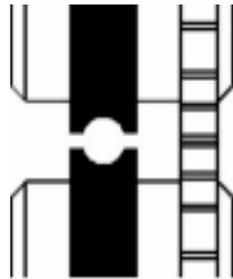
# Nutformen:

Trapeznut



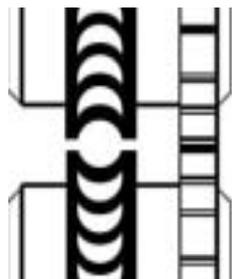
- ‘ Fe
- ‘ Cr Ni
- ‘ Un-, niedrig- oder hochlegierte Massivdrähte

Halbrundnut  
glatt



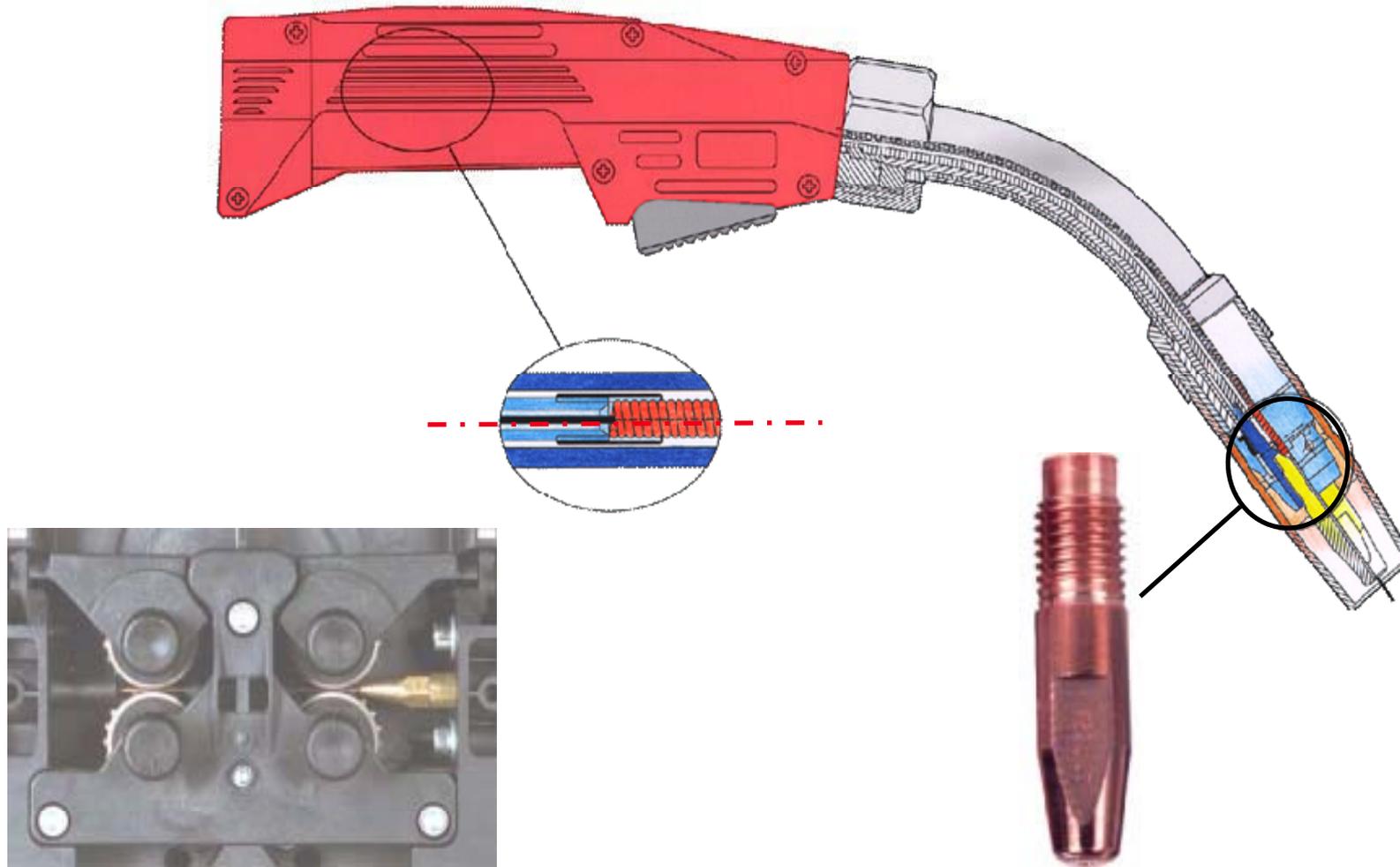
- ‘ Aluminium
- ‘ Cu Si 3 / Cu Al 8
- ‘ Bronzedrähte

Halbrundnut  
gerillt



- ‘ Voll- und Fülldrähte verschiedener Legierungen
- ‘ Cr Ni
- ‘ Große Drahtdurchmesser

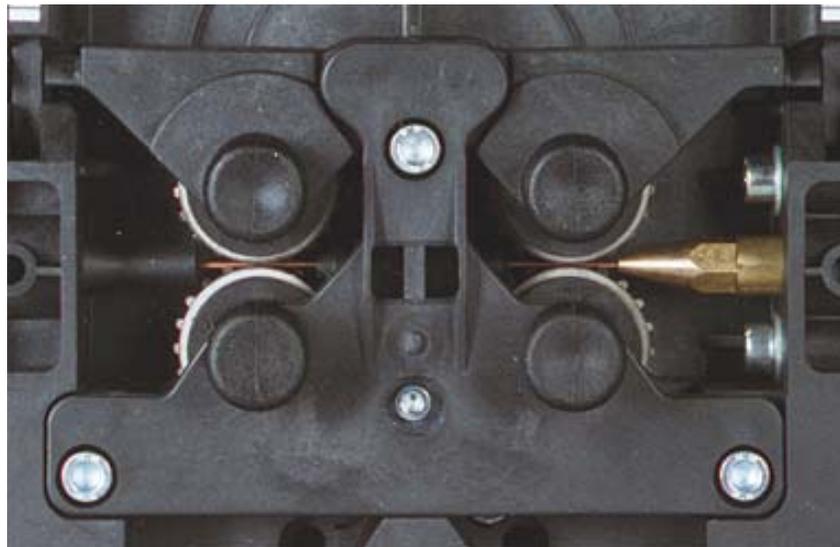
# Optimierte Drahtförderung:



Ausrüstung: Alu

# Drahtförderung:

- ‘ Kupferdrähte sind sehr weich
- ‘ Vier-Rollen-Antrieb wird empfohlen
- ‘ Teflon- oder Kunststoff-Grafit-Seele im Schlauchpaket
- ‘ festes, großzügig dimensioniertes Kontaktrohr



# JOBMASTER:



- integrierte Fernregelung
- digitale Parameteranzeige
- Parameterabruf
- Job - Abruf

# Fernbedienungseinheit (Programmiergerät): RCU 5000i



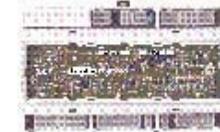
RCU 5000 i

# Roboter Komplettsysteme:

Drahtvorschub



Interface



Schweißbrenner



Stromquelle



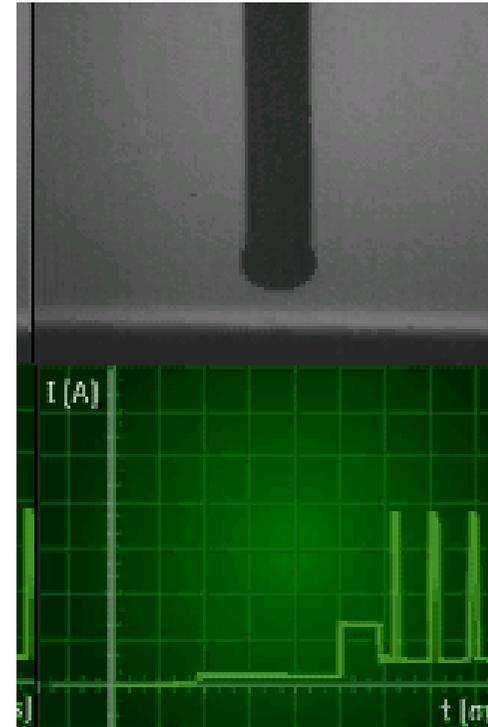
# Schweißprogramm - UPDATE



# Vergleich zwischen den Schweißanlagen: konventionell / digital

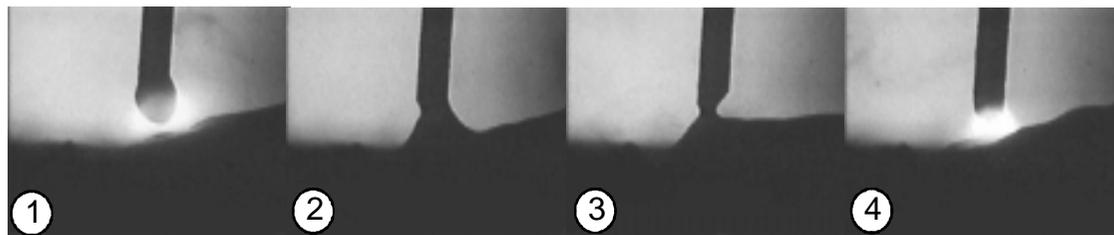
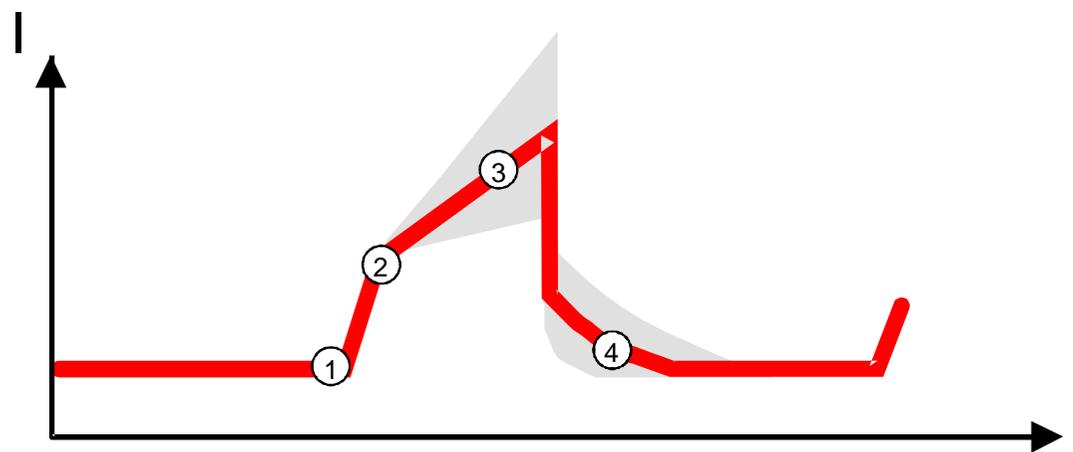
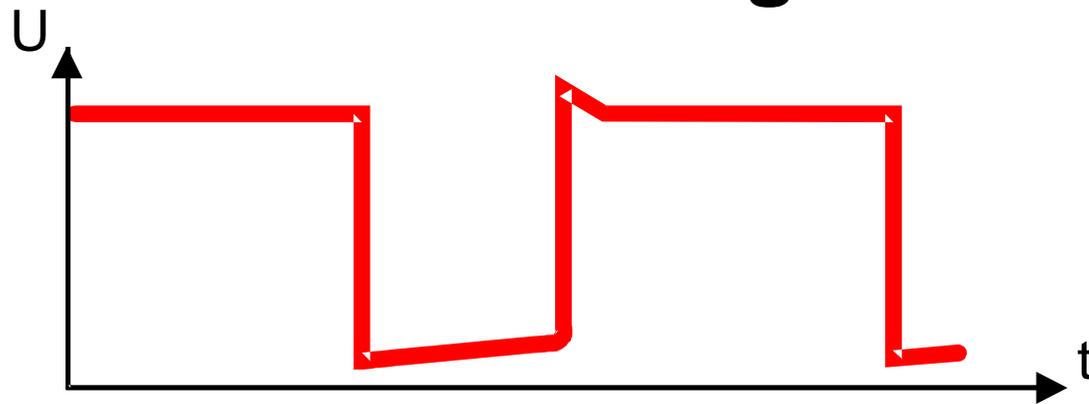


konventionell:  
Thyristor

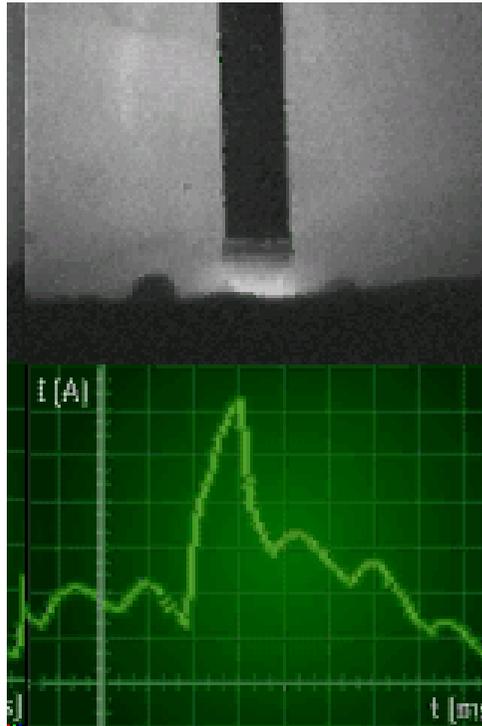


digital:  
Spatter – free (SFI)

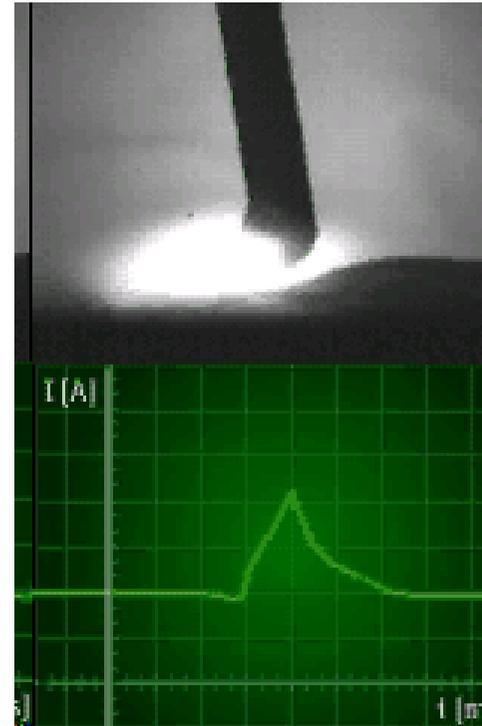
# Optimierter Kurzlichtbogen:



# Kurzlichtbogen:

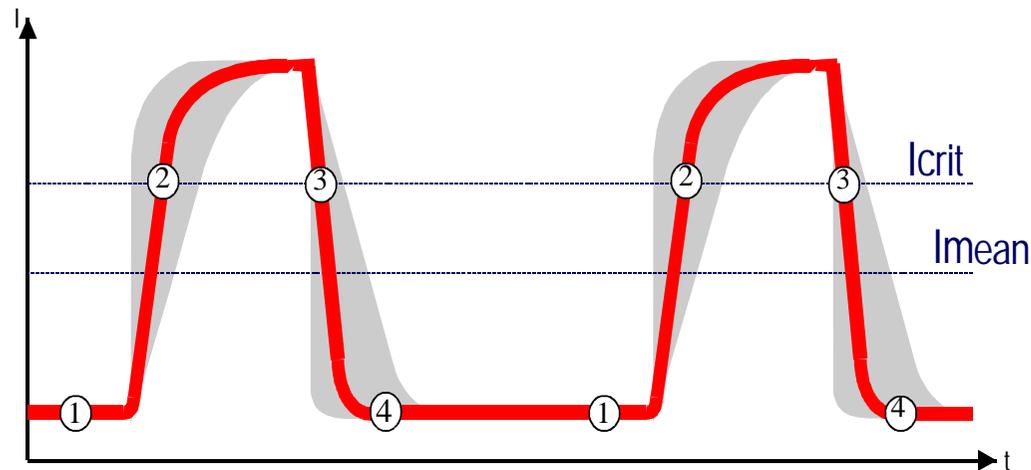


konventionelle  
Thyristoranlage



digitale  
Schweißanlage

# Impulslichtbogen: variable Pulsform

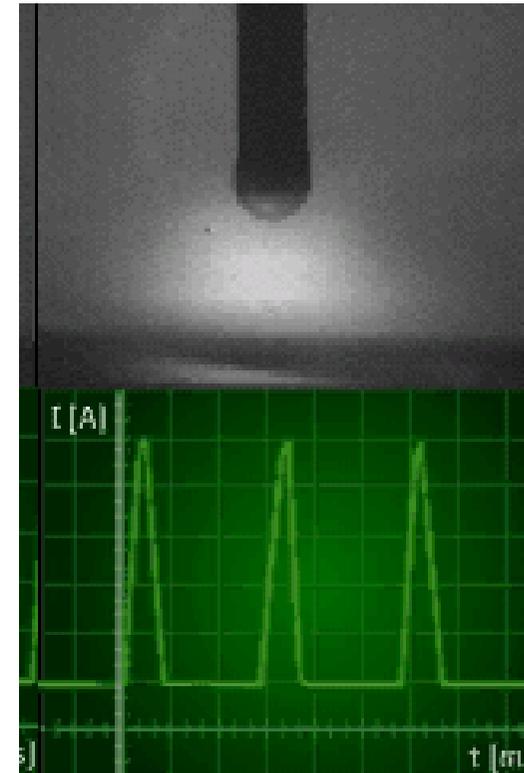


## Typische Parameter zum MSG- Löten

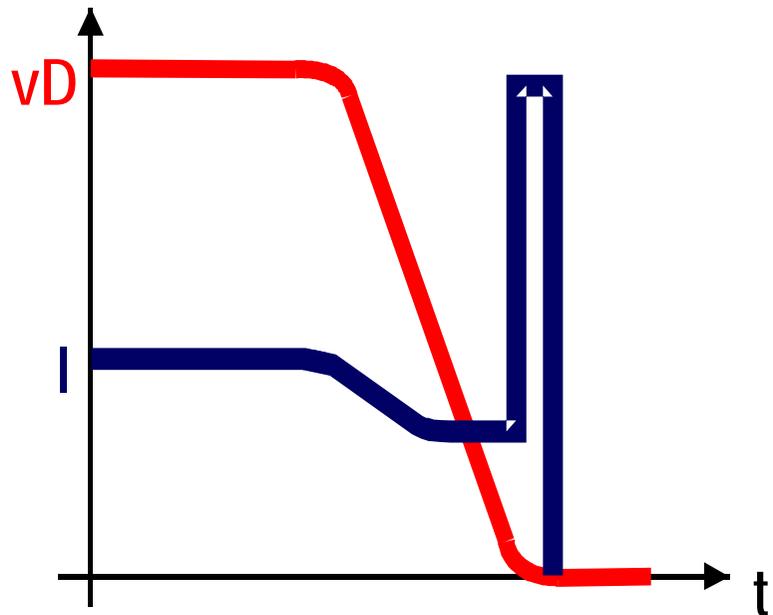
- Strom: 40 – 130 A (Mittelwert des Impulslichtbogens)
- Lötgeschwindigkeit: 70 – 100 cm/min

# Perfektes Pulsen: *der gesteuerte Tropfenübergang*

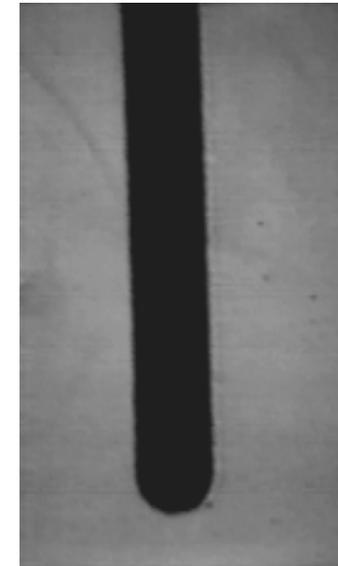
- ‘ kontrollierter, kurzschlussfreier Werkstoffübergang mit exakt einem Tropfen pro Impuls
- ‘ spritzerarm
- ‘ verschiedene Impulsformen für unterschiedliche Draht-Gas-Kombinationen



# Schweißende (Endpuls):

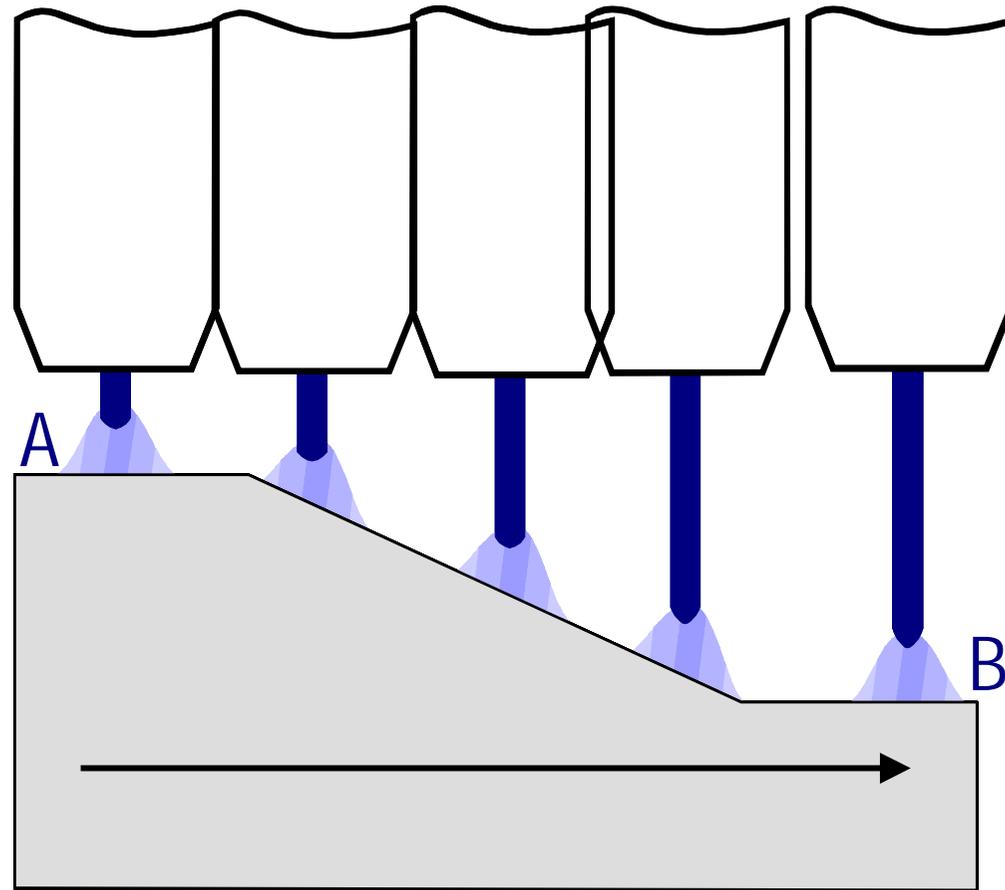


konventionell



digital

# Lichtbogenlängenkontrolle:



Distanz:

A: 8 mm

B: 35 mm

- Änderung des Abstandes zwischen Kontaktrohr und Werkstück

# Zusammenfassung:

## Die neue Schweißgeräte Technologien bringen:

- ‘ höchste Präzision
- ‘ verbesserte Zündung
- ‘ optimierter Kurzlichtbogen
- ‘ variable Impulsformen
- ‘ schnelle Lichtbogenlängenregelungen
- ‘ flexible Einsatzmöglichkeiten

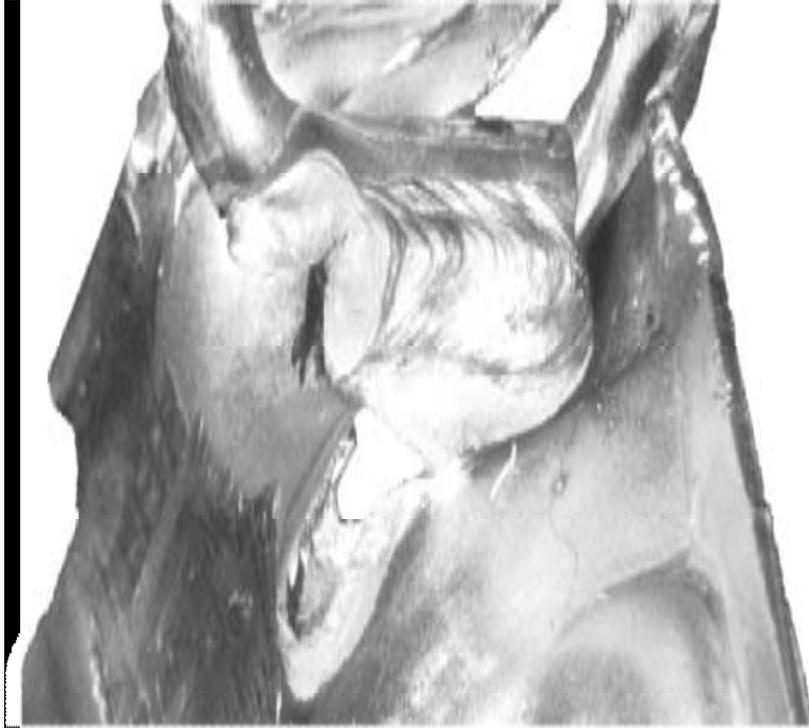
# Automobilindustrie: MIG-Löten von Strukturbauteilen



Audi A4, A6

B-Säule Crash-Verstärkung

# Automobilindustrie:



# Automobilindustrie:



Chrysler Voyager A-Beam

# Automobilindustrie:



# Automobilindustrie:



5mm Spalt

Opel Zafira

# Kosmetische Naht im Automobilbau

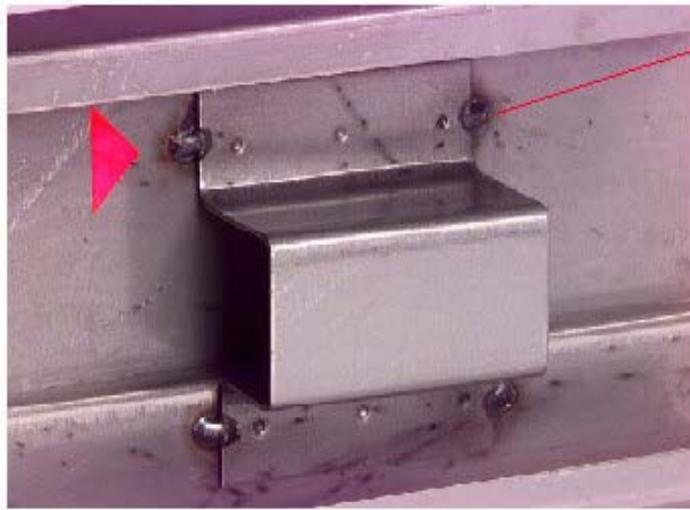


# MIG-Löten von Trocknungsöfen:

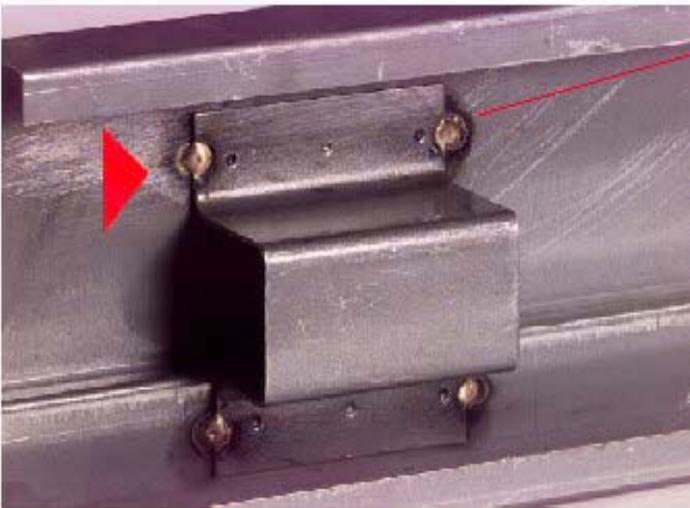


MIG-Löten von aluminieren Stahlblechen mittels TPS 4000.  
Zusatzwerkstoff: CuAl 8, Drahtdurchmesser 1,2 mm.

# Türzarge:



MAG-Schweißen  
Spritzer und Zinkabbrand



MIG-Löten ohne  
Spritzer und Zinkabbrand

# Mehrlenkerachse

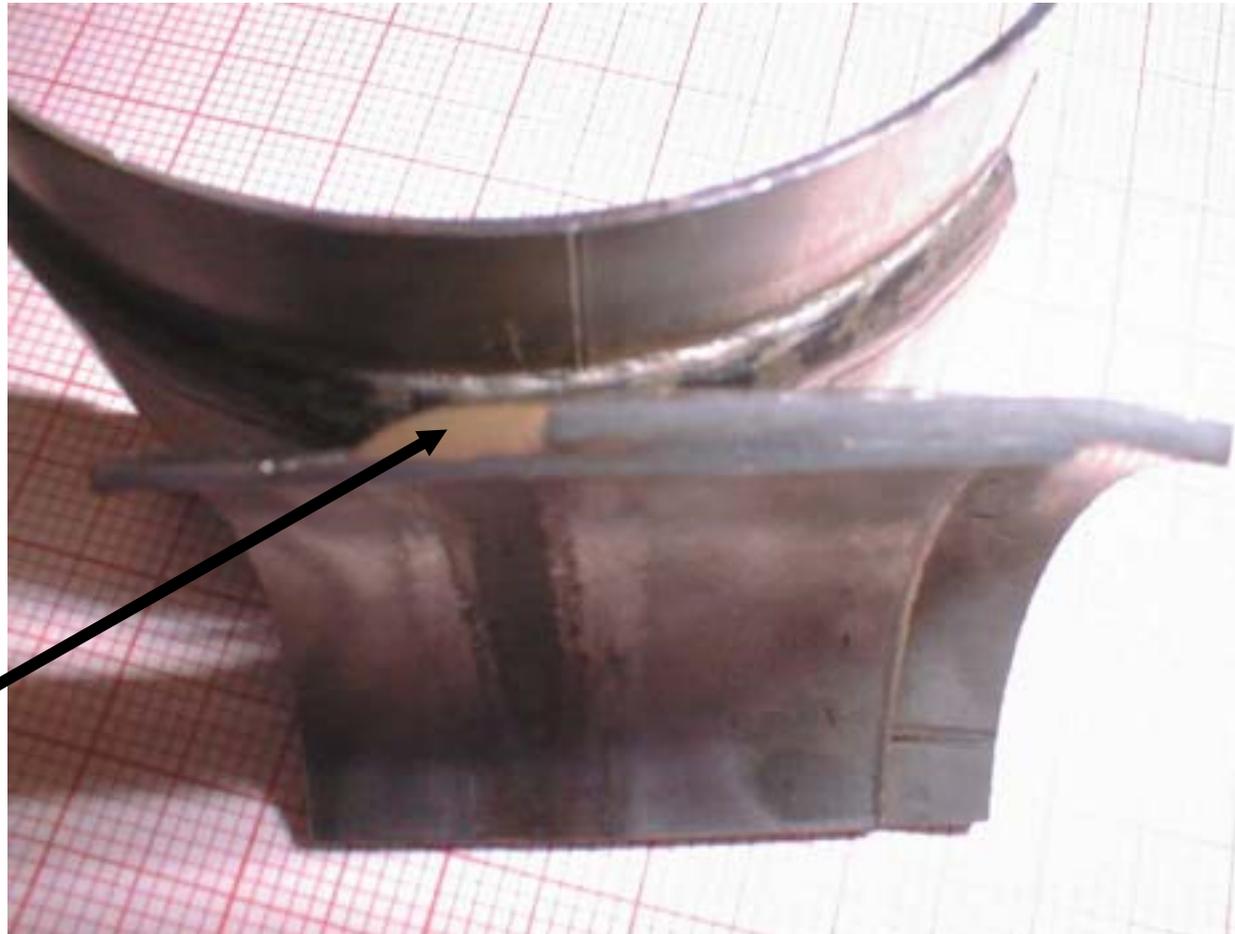


- 1.2 mm G3 Si1
- Schweißgeschw. 130cm/min
- 360 Amp.

# Vergleich an Abgasanlagen:



# Vergleich an Abgasanlagen:



Löt-  
verbinding

# Schlauchklemme:



**Vielen Dank für Ihr Interesse!**



**schweißt besser**

