

# **ALUMINIUM-SCHWEISSEN**

---

## **SCHULUNGS- UNTERLAGE**



# INHALTSVERZEICHNIS

Einleitung	4
Werkstoff	7
Einfache Legierungsbestimmung vor Ort	11
Zusatzwerkstoffe zum Aluminiumschweißen	18
Verfahren	26
Besonderheiten beim Verschweißen von Aluminiumdrähten	30
Zündvergleiche	34
SynchroPuls	35
Gase	37
Nahtvorbereitung	40
Schweißnahtfehler / Rißneigung	43
Anwendungen Automobilindustrie	49
Maschineneinstellungen, Programmtabelle	55

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlagen, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts ist nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden.

Zu widerhandlung verpflichtet zu Schadensersatz, Text und Abbildungen entsprechen dem technischen Stand bei Drucklegung.



**TECHNOLOGIE CENTER**

# EINLEITUNG

Entdeckt zu Beginn des 19. Jhdts, seit 1880 in Verwendung als Leichtmetall. Wird durch Elektrolyse von Aluminumoxyd aus Tonerde gewonnen.

## Einsatzgebiete

Der Einsatz von Aluminium und deren Legierungen anstelle von Stahlwerkstoffen gewinnt immer mehr an Bedeutung. So finden wir Aluminium in Bereichen wie

- Flugzeug- und Raumfahrt
  - Autoindustrie (Nutz- und Personenkraftwagen)
  - Schiffbau
  - Schienenfahrzeugbau
- aber auch in klassischen Stahlbaubereichen wie
- Hallenbau
  - Regalbau
  - Wintergärten
  - Fenster usw.

Im Vergleich zu Eisen weist das Metall folgende charakteristische Unterschiede auf:

Eigenschaften	Al	Fe
Atomgewicht (g/Mol)	26,98	55,84
Kristallgitter	kfz	krz
Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	2,70	7,87
E-Modul (Mpa)	$67 \cdot 10^3$	$210 \cdot 10^3$
Ausdehnungskoeffizient (1/K)	$24 \cdot 10^{-6}$	$12 \cdot 10^{-6}$
R <sub>p0,2</sub> (Mpa)	~10	~100
R <sub>m</sub> (Mpa)	~50	~200
Spezifische Wärme (J/kg.K)	~890	~460
Schmelzwärme (J/g)	~390	~272
Schmelztemperatur (°C)	660	1536
W-Leitfähigkeit (W/m.K)	235	75
E-Leitfähigkeit (m/Ω.mm <sup>2</sup> )	38	~10
Oxyde	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>
→ Schmelztemperatur (°C)	2050	1400 / 1455 / 1600



**TECHNOLOGIE CENTER**

## Vorteile von Aluminium gegenüber Stahl

- geringeres spezifisches Gewicht ( $\rho=2,7\text{g/cm}^3$ ) bei gleichzeitig hoher Festigkeit (bis zu  $450\text{N/mm}^2$ , Al 99,5 nur  $80\text{N/mm}^2$ , AlMg 3  $\sim 200\text{N/mm}^2$ )
- beständig gegen Witterungseinflüsse
- gute Zähigkeit bei Minustemperaturen
- gute bis sehr gute Eignung zur Herstellung von Stranggußprofilen

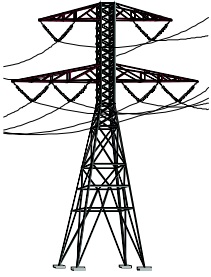
Die wichtigsten Legierungsbestandteile von Aluminium

- **Magnesium Mg:** 0,3 - 7% höhere Festigkeit, feinere Körnung
- **Mangan Mn:** 0,3 - 1,2% bessere Korrosionsbeständ. (Salzwasser), höhere Festigkeit
- **Kupfer Cu:**  $\sim 5\%$  höhere Festigkeit, weniger Korrosionsbest., wichtig für Härbarkeit
- **Silizium Si:** 12% für Guß, senkt den Schmelzpunkt auf  $577^\circ\text{C}$  jedoch mit groben Korn



**TECHNOLOGIE CENTER**

# ARTEN VON ALUMINIUM



## Elektrizitätsindustrie Al 99,5 1...

- Drähte für Leitungen
- Drähte für Transformatoren
- Kühlrippen



## Schmuckindustrie

- Ziergegenstände
- PKW-Zierleisten



## Bleche, Rohr AlMg 5...

- Tankbau, Schiffbau
- Kippermulden, Apparate



## Profile AlMgSi 6...

- Fenster, Türen, Beschläge
- Fahrzeugaufbauten



## Guß AlSi 4...

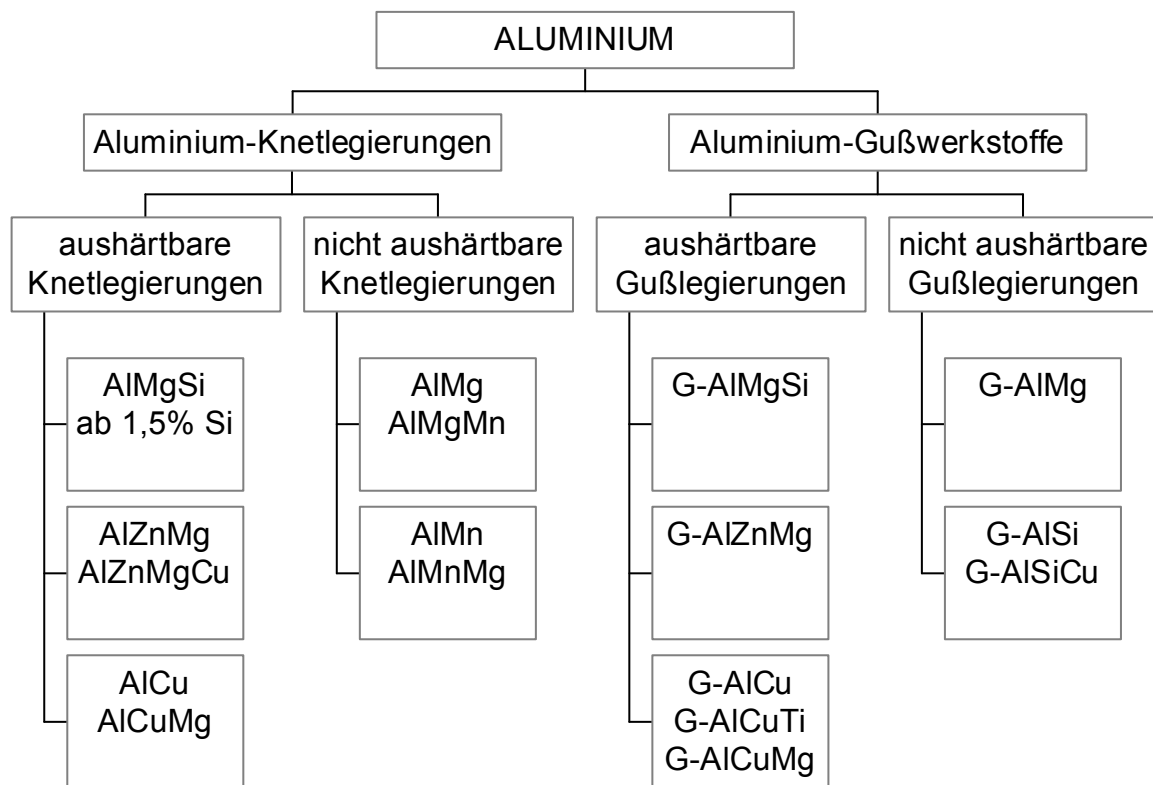
- Getriebegehäuse
- Motorblöcke
- Zylinderköpfe
- Aluminiumfelgen für PKW



**TECHNOLOGIE CENTER**

# WERKSTOFF

## Einteilung



### Reinaluminium

Dieses besitzt hohe Korrosionsbeständigkeit, jedoch geringe Zugfestigkeit (ca. 80 N/mm<sup>2</sup>), die durch Kaltverformung auf etwa 130 N/mm<sup>2</sup> gesteigert werden kann. Diese Kaltverfestigung geht jedoch beim Schweißen im Nahtbereich wieder verloren.

z.B. Reinaluminium Al 99,9 bzw. Al 99,5

⇒ **Praxistipp:** Schönste erreichbare Nahtoptik, aber geringste Festigkeit.

## Aushärtbare Knetlegierungen

Aluminiumlegierungen mit Magnesium und Silizium, Zink oder Kupfer (z.B. AlMgSi 1, AlZn 4,5 Mg1,...) können durch eine Wärmebehandlung bis auf etwa 450 N/mm<sup>2</sup> verfestigt werden.

Zum Aushärten werden diese Werkstoffe geglüht (Lösungsglühen), danach abgeschreckt und anschließend ausgelagert. Dabei kommt es zur festigkeitssteigernden Ausscheidung der Legierungselemente im Aluminiumgefüge. Das Auslagern bei Raumtemperatur kann im Laufe einiger Tage (Kaltaushärten) oder bei Temperaturen zwischen 80 °C bis 160 °C (Wärmeaushärten) in kurzer Zeit erfolgen z.B. 60h bei 60°C / 24h bei 120°C.

Durch das Schweißen **entfestigen sich ausgehärtete Aluminium-Legierungen in der Wärmeeinflußzone**. Die Schweißwärme hebt die ursprüngliche Aushärtung um so mehr auf, je größer die Wärmeeinbringung beim Schweißen ist. Durch anschließende Wärmebehandlung können sie ihre ursprünglichen Festigkeitswerte wieder erlangen. Die Legierung **AlZn 4,5 Mg1 wäre hier zu erwähnen, die nach dem Schweißen durch bloße Kaltauslagerung** einen erneuten Anstieg auf ihre ursprünglichen Festigkeitswerte erbringt.

⇒ **Praxistipp:** Aushärtbare Knetlegierungen werden meist verwendet, wenn eine Stahlkonstruktion durch Alu ersetzt wird.

## Nicht aushärtbare Knetlegierungen

Nicht aushärtbare Aluminiumwerkstoffe härten nach einer Wärmebehandlung nicht aus. Sie erhalten durch Mischkristallverfestigung ihre, gegenüber Reinaluminium, höhere Festigkeit. Durch Legieren mit Magnesium und Mangan kann die Zugfestigkeit bis auf etwa 280 N/mm<sup>2</sup> gesteigert werden.

z.B. AlMg1/ AlMg3/ AlMg 4,5 Mn.

⇒ **Praxistipp:** Werden verwendet, wenn **Korrosionsbeständigkeit** erforderlich ist (seewasserfest). Bleche, Fahrzeugbau, Riffelbleche

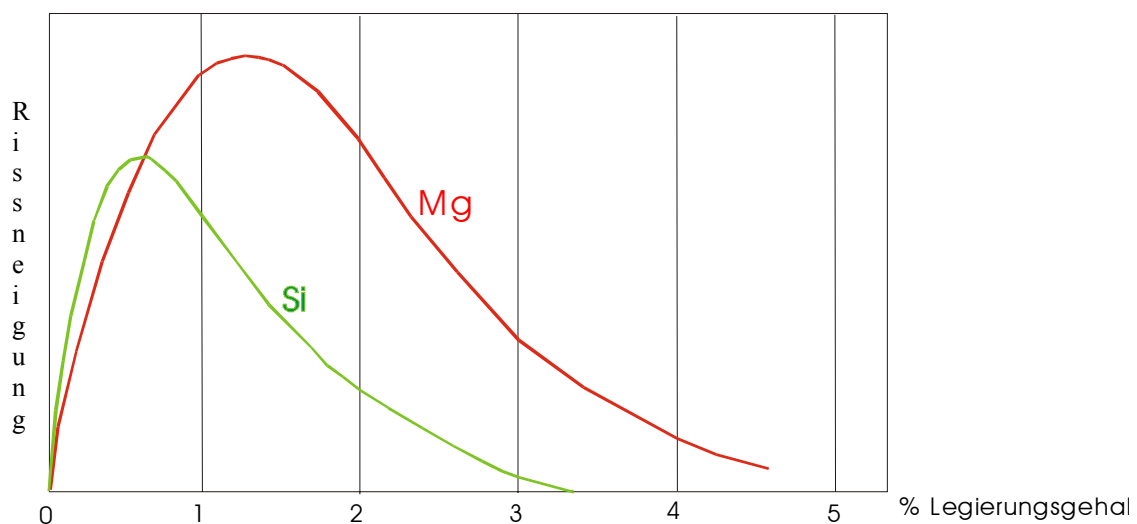




## Aluminiumgußwerkstoffe

Aluminiumgußwerkstoffe erhält man durch Zulegieren von Silizium. Bei diesen Gußlegierungen werden in der Regel meist nur Reparaturschweißungen durchgeführt (Elektroschweißen mit speziellen Stabelektroden, WIG- oder MIG-Schutzgasschweißen). Diese Reparaturschweißungen erfolgen mit Zusätzen gleicher Zusammensetzung wie der Grundwerkstoff vor allem dann, wenn die Schweißstelle keine vom Gußgefüge abweichenden Eigenschaften aufweisen soll. Schweißzusätze für diese Legierungen dürfen keinen hohen Wasserstoffgehalt aufweisen. Die Farbe der Schweißstelle ist nach dem Polieren gleich der vom Grundwerkstoff. Generell gilt, daß die Schweißnaht nach der anodischen Oxydation (eloxieren) eine etwas andere Färbung aufweist. Dies ist besonders auffällig bei Si-Zusatzwerkstoffen.

⇒ **Praxistipp:** Durch den geringen Schmelzpunkt, schnelleres Ausfließen, daher hohe Schweißgeschwindigkeit und saubere Nahtoptik.



Größte Heißrißgefahr      bei Mg von 0,5 - 2,5%  
                                     bei Si von 0,3 – 1,5%

## Rissneigung von Aluminium - Abhängig von Si-, Cu- und Mg-Gehalt

Achtung: Genannte Legierungen neigen zu höherer Rissanfälligkeit → Endkraterfüllprogramm verwenden!!

Zirkon wirkt Heißrißbildung entgegen.



TECHNOLOGIE CENTER

# Heißrißneigung von geschweißten AlMg4,5Mn-Legierungen und ihr Verhalten bei verschiedenen Belastungsarten \*)

Von Z. Buray, E. Buray-Mihályi, I. Huber und M. Mórotz \*\*)

## 1. Einleitung

Die vorteilhaften Eigenschaften der AlMg4,5Mn-Legierungen sind Anlaß für ihre vielfältige Anwendung bei geschweißten Konstruktionen. Sie haben sich bereits im Fahrzeug- und chemischen Apparatebau sowie als Behälter des LNG-Transportes bewährt. In Ungarn wurde der Legierungstyp Mitte der 50er Jahre entwickelt und an erster Stelle im Schiffbau eingesetzt [1].

Die Tendenz geht immer mehr dahin, bei der Berechnung der Bauteile die Tragfähigkeit des Werkstoffs möglichst voll auszunutzen. Das setzt jedoch eingehende Kenntnisse des Werkstoffverhaltens bei verschiedenen Belastungsarten voraus. Im Falle von AlMg4,5Mn treten insofern Schwierigkeiten auf, als die meisten Normen bzw. Vorschriften für den Magnesium- und Mangananteil dieser Legierung einen breiten Toleranzbereich zulassen (4,0 bis 4,9% Mg, 0,4 bis 1% Mn). Das kann zu unvorhersehbaren Schwankungen in den mechanischen Eigenschaften und damit zu einer ungenauen Beurteilung der Tragfähigkeit führen. Das Problem wird beim Schweißen durch die Gefügeanisotropie von Naht und Wärmeinflußzone noch verstärkt [2], wobei in dieser Arbeit jedoch nur die statischen Festigkeitswerte ermittelt wurden. So ist zu erwarten, daß die Schweißneigung des Werkstoffs durch seine unterschiedliche Zusammensetzung ebenfalls beeinflußt wird.

## 2. Versuchsprogramm

Untersucht werden sollte, wie sich die genannten Schwankungen im Magnesium- und Mangananteil von AlMg4,5Mn auswirken, und zwar hinsichtlich:

- a) Grundwerkstoff (statische Festigkeit, Ermüdungsverhalten und Brucheigenschaften),
- b) Schweißneigung (Einfluß der Zusammensetzung von Grund- bzw. Schweißzusatzwerkstoff, Schweißverfahren und Schweißparameter auf die Heißrißneigung),
- c) geschweißte Verbindungen (statische Festigkeit, Ermüdungsverhalten und Brucheigenschaften).

In die Untersuchungen einbezogen wurden fünf Legierungsvarianten (Tabelle 1). Über die Ermittlung der Schweißneigung und das Verhalten der geschweißten Verbindungen wird im folgenden berichtet.

Legierung	chemische Zusammensetzung					
	Mg %	Mn %	Cr %	Fe %	Si %	Ti %
AlMg4Mn0,4	4,0	0,47	0,18	0,20	0,06	0,01
AlMg4Mn1,0	3,95	0,99	0,18	0,19	0,15	0,03
AlMg4,9Mn0,4	4,9	0,42	0,19	0,18	0,11	0,02
AlMg4,9Mn1,0	4,85	1,0	0,19	0,21	0,17	0,02
AlMg4,7Mn0,7	4,65	0,65	0,20	0,23	0,16	0,02
SG-AlMg3	3,5	0,46	0,03	0,34	0,11	0,02
SG-AlMg4,5Mn	5,2	0,82	0,10	0,16	0,07	0,09
SG-AlMg5	5,1	0,31	0,17	0,42	0,14	0,08

Tabelle 1. Chemische Zusammensetzung der Grund- und Zusatzwerkstoffe.

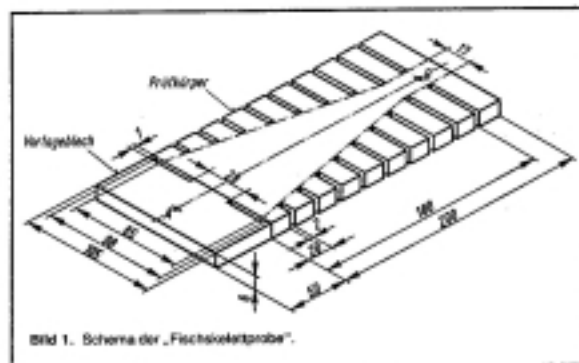


Bild 1. Schema der „Fischskelettprobe“.

## 3. Ermittlung der Schweißneigung

### 3.1. Versuchsdurchführung

Die Heißrißneigung wurde im „Fischskelettversuch“ [3] ermittelt. Hierbei handelt es sich um eine selbstbeanspruchende Probe (Bild 1) mit in Nahtlängsrichtung veränderlicher, das heißt abnehmender Steifigkeit. Die Schrumpfbewehrung quer zur Naht ist am Schweißbeginn groß, und sie nimmt bis zum Schweißnahtende kontinuierlich ab. Die Rißlänge ist somit eine Funktion der Probensteifigkeit. Die Rißempfindlichkeit  $A_r$  wird nach der Gleichung  $A_r = (g \text{ gemessene Rißlänge} / \text{Schweißnahtlänge}) \cdot 100\%$  berechnet. Um die Rißempfindlichkeit des Grundwerkstoffs zu ermitteln, werden die Proben ohne Zusatz wolfram-inertgasgeschweißt. Demgegenüber werden Wolfram- und Metall-inertgasgeschweißnähte sinngemäß unter Verwendung von Zusatzwerkstoff geprüft. Die Proben waren 6 mm dick (Bild 1). Im Falle des Wolfram-inertgasgeschweißens mit Zusatzwerkstoff ist eine U-förmige Fuge vorbereitet worden. Die Schweißparameter gehen aus Tabelle 2 hervor.

Schweißverfahren	Schweißzusatzwerkstoff	Durchmesser mm	Schweißparameter <sup>1)</sup> Schweißstromstärke A	Schweißspannung V	Schweißgeschwindigkeit m/min
Fischskelettprobe					
Wolfram-Inertgasgeschweißen	—	—	340...345 <sup>2)</sup>	15...18	0,25
Wolfram-Inertgasgeschweißen	SG-AlMg5	2,4	370...340 <sup>2)</sup>	15...18	0,25
Metall-Inertgasgeschweißen	SG-AlMg5	1,2	160...165	24...25	0,25
Stumpflucht					
Metall-Inertgasgeschweißen	SG-AlMg3	1,6	275 <sup>2)</sup>	26,5 <sup>3)</sup>	0,4
	SG-AlMg3	1,6	300 <sup>2)</sup>	26,4 <sup>3)</sup>	0,8
Metall-Inertgasgeschweißen	SG-AlMg4,5Mn	1,6	270 <sup>2)</sup>	25,8 <sup>3)</sup>	0,4
	SG-AlMg4,5Mn	1,6	290 <sup>2)</sup>	26,0 <sup>3)</sup>	0,8
Metall-Inertgasgeschweißen	SG-AlMg5	1,6	260 <sup>2)</sup>	24,8 <sup>3)</sup>	0,4
	SG-AlMg5	1,6	275 <sup>2)</sup>	25,0 <sup>3)</sup>	0,8

<sup>1)</sup> Düsendurchmesser 16 mm, Argonmenge 16 l/min. <sup>2)</sup> Durchmesser der thoriumhaltigen Wolframelektrode 6,3 mm. <sup>3)</sup> Mittelwerte.

Tabelle 2. Gewählte Schweißparameter.

\*) Vortrag gehalten anlässlich der „Internationalen Schweißtechnischen Tagung 1990“ in Wien; Nachdruck aus „Schweißen und Schneiden 6/90.“

\*\*) Dr.-Ing. Zoltán Buray, Dr.-Ing. Erika Buray-Mihályi, Dipl.-Ing. István Huber und Dr.-Ing. Miklós Mórotz, Akadémiai Kutató Intézet für Ingenieurtechnik und Entwicklungszentrum, Budapest.

# EINFACHE LEGIERUNGSBESTIMMUNG VOR ORT

Nichtmetalloxyde bilden mit Wasser Säuren, Metalloxyde bilden mit Wasser Basen. Die wäßrigen Lösungen der Metallhydroxyde heißen Laugen.

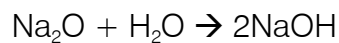
Beispiel:

Schwefeltrioxyd  $\text{SO}_3$  und Wasser reagieren zu der farblosen Flüssigkeit Schwefelsäure  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :



Beispiel:

Festes weißes Natriumoxyd, in Wasser gelöst, gibt Natriumhydroxyd (Natronlauge):



## Laugeprobe

(Abtrennung der Legierung mit Kupfer, Zink, Nickel und Silizium)

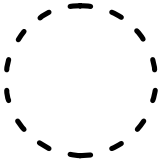
z.B. Probelösung 1: Natronlauge 25%ig (Natriumhydroxyd + Wasser;  $\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$

$2\text{NaOH}$ ) Man läßt einen Tropfen der Probelösung 3 bis 5 Minuten lang auf die blanke Oberfläche des Prüflings einwirken, spült dann mit Wasser ab und saugt die Tropfen mit Filterpapier auf.

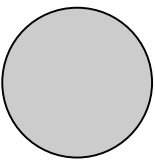
Probelösung 1 hilft bei der Legierungsbestimmung von AlSi. Es gibt 9 verschiedene Probelösungen für die entsprechenden Legierungszusammensetzungen.



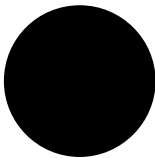
**TECHNOLOGIE CENTER**



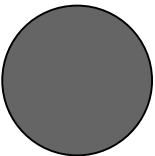
Al, AlMn, AlMg = keine Verfärbung  
Reinaluminium und Legierungen mit Magnesium und Mangan bleiben blank, der Unterschied ist nur durch die Oberflächenhärte erkennbar. ( z.B. Ritztest mit Reißnadel, Härtetest nach Brinell ) Keine Reaktion bedeutet keine Al-Legierung, sondern reines Magnesium



G-AlMg Si = Mischung AlMg + Si = hellgrau



AlCuMg, AlZnMg = schwarz abwischbar  
Enthält die Legierung Kupfer, Zink oder Nickel, so bleibt ein schwarzer Fleck zurück



G-AlSi = grau nicht abwischbar  
Bei einem Gehalt von mehr als 3% Silizium und Abwesenheit der vorher genannten Schwermetalle, entsteht ein grauer Fleck

Am sichersten ist immer eine Spektralanalyse (Bohrspäne reichen aus) z.B. bei Fa. Rübig in 4614 Marchtrenk.

## Legierungsbezeichnungen

Numerisch  
(DIN EN 573 T1)

Alphanumerisch  
(DIN EN 573 TZ)

**EN AW-5456A**

↓ ↓ ↓ ↓  
1 2 3 4

**EN AW-AlMg5Mn1(A)**

↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓  
1 2 5 6 7 6 4

- |   |   |
|---|---|
| 1 | Normabkürzung   |
| 2 | Grundmetall + Lieferform AW = Knetlegierung AC = Gußlegierung   |
| 3 | 1. Ziffer: Serienbezeichnung<br>2. Ziffer: Legierungsabwandlung |
| 4 | Variante  |
| 5 | Hauptlegierungsanteil   |
| 6 | Nenngesamt  |
| 7 | Weiteres Legierungselement                                      |

Das numerische System besteht aus 4 Ziffern und entspricht der von der Aluminium Association, USA, registrierten Bezeichnung und gibt Info über das jeweilige Hauptlegierungselement.

### Legierungsgruppen – Numerisches System

1000-Serie	Al ≥99,0%	naturhart
2000-Serie	Hauptlegierungselement = Cu	aushärtbar
3000-Serie	Hauptlegierungselement = Mn	naturhart
4000-Serie	Hauptlegierungselement = Si	naturhart
5000-Serie	Hauptlegierungselement = Mg	naturhart
6000-Serie	Hauptlegierungselement = Mg+Si	aushärtbar
7000-Serie	Hauptlegierungselement = Zn	aushärtbar
8000-Serie	Hauptlegierungselement = Sonstige Elemente	



**TECHNOLOGIE CENTER**

Ein Aluminiumwerkstoff wird vollständig durch die Legierungs- und Zustandsbezeichnung festgelegt. Letztere steht hinter der Legierungsbezeichnung und wird durch einen Bindestrich getrennt.

<b>F</b>	Herstellungszustand
<b>O</b>	Weichgeglüht
<b>H</b>	Kaltverfestigt
<b>H1x</b>	Nur kaltverfestigt, ohne zusätzliche thermische Behandlung
<b>H2x</b>	Kaltverfestigt und rückgeköhlt; geringfügig verbessertes Umformungsvermögen
<b>H3x</b>	Kaltverfestigt und stabilisiert
<b>H4x</b>	Kaltverfestigt und einbrennlackiert

Nachfolgend sind die Zustände für aushärtbare Legierungen angeführt:

<b>T1</b>	Abgeschreckt aus der Warmumformungstemperatur und kaltausgelagert
<b>T2</b>	Abgeschreckt aus der Warmumformungstemperatur, kaltumgeformt und kaltausgelagert
<b>T3</b>	Lösungsgeglüht, kaltumgeformt und kaltausgelagert
<b>T4</b>	Lösungsgeglüht und kaltausgelagert
<b>T5</b>	Abgeschreckt aus der Warmumformungstemperatur, warmausgelagert
<b>T6</b>	Lösungsgeglüht und warmausgelagert
<b>T7</b>	Lösungsgeglüht und stabilisiert
<b>T8</b>	Lösungsgeglüht, kaltumgeformt und warmausgelagert
<b>T9</b>	Lösungsgeglüht, warmausgelagert und kaltumgeformt
<b>Tx51</b>	Spannungsarm gereckt
<b>Tx52</b>	Spannungsarm gestaucht



Gegenüberstellung vergleichbarer Werkstoffbezeichnungen nach verschiedenen Systemen  
(Nicht immer genaue Übereinstimmung der Zusammensetzung)

		International		F	GB	I
DIN-Kurzzeichen (nach DIN 1700)	Werkstoff-Nr. (nach DIN 17007)	Internat. <sup>1)</sup> Legierungs-Register (AA)	ISO (R 209)	Kurzzeichen nach NF A02-004	Kurzzeichen nach BS, BS-L, DT D <sup>2)</sup>	Kurzzeichen (convezionale) nach UNI <sup>3)</sup>
Al 99,98R	3.0385	(1199)		A-99	1	
Al 99,8	2.0285	1080A	Al 99,8	A-8	1A	P-AIP 99,8
Al 99,7	3.0275	1070A	Al 99,7	A-7		P-AIP 99,7
Al 99,5	3.0255	1050A	Al 99,5	A-5	1B	P-AIP 99,5
Al 99	3.0205	1200	Al 99	A-4	1C	P-AIP 99,0
AlMn	3.0515	3103	Al-Mn 1		N3	P-AlMn 1,2
AlMnCu	3.0517	3003	Al-Mn 1 Cu	A-M1		
AlMn 0,5 Mg 0,5	3.0505	3105			N31	
AlMn 1 Mg 0,5	3.0525	3005		A-MG0,5		
AlMn 1 Mg 1	3.0526	3004		A-M1 G		P-AlMn 1,2 Mg
AlMg 1	3.3315	5005	Al-Mg 1	A-G0,6	N41	P-AlMg 0,9
Al Mg 1,5	3.3316	(5050A)	Al-Mg 1,5	A-G1,5		P-AlMg 1,5
Al Mg 2,5	3.3524	5052	Al-Mg 2,5	5052		P-AlMg 2,5
Al Mg 3	3.3535	5754	Al-Mg 3	A-G3M		(P-AlMg 3,5)
AlMg 4,5	3.3345	5082	Al-Mg 4			P-AlMg 4,4
AlMg 5	3.3355	5356A	Al-Mg 5		N6	P-AlMg 5
AlMg 2 Mn 0,3	3.3525	5221	Al-Mg 2	A-G2M	N4	
AlMg 2 Mn 0,8	3.3527			A-G2,5MC		
AlMg 2,7 Mn	3.3537	5454	Al-Mg 3 Mn	A-G3MC	N51	
AlMg 4 Mn	3.3545	5086		A-G4MC	N5/6	
AlMg 4,5 Mn	3.3547	5083	AlMg 4,5 Mn	A-G4,5MC	N8	
AlMgSi 0,5	3.3206	6060	Al-MgSi	A-GS	H9	
AlMgSi 0,8 <sup>4)</sup>	3.2316	(6005)		A-SG0,5	H10	P-AlSi 0,5 Mg
AlMgSiCu	3.3214	6061	Al-Mg 1 SiCu	A-GSUC	H20	P-AlMg 1 SiCu
AlMgSi 1	3.2315	6082	Al-Si 1 Mg	A-SGM0,7	H30	P-AlMgSi
AlMgSiPb	3.0615	(6262)		A-SGPb		P-AlSi 1 MgMn
AlCuBiPb	3.1645	2011		A-U5PbBi	FC1	
AlCuMgPb	3.1655	(2030)		A-U4Pb		P-AlCu 5,5 PbBi
AlCu 2,5 Mg 0,5	3.1305	2117	Al-Cu 2 Mg	A-U2G	2L69	
AlCuMg 1	3.1325	2017A	Al-Cu 4 Mg	A-U4G	H14	P-AlCu 4 MgMn
AlCuMg 2	3.1355	2024	Al-Cu 4 Mg 1	A-U4G1	2L97/98	P-AlCu 4,5 MgMn
AlCuSiMn	3.1255	2014	Al-Cu 4 SiMg	A-U4SG	H15	P-AlCu4,4SiMnMg
AlZn 4,5 Mg 1 <sup>5)</sup>	3.4335	7020		A-Z5G		P-AlZn 5 Mg
AlZnMgCu 0,5	3.4345	(7079)		A-Z4GU		
AlZnMgCu 1,5	3.4365	7075	Al-Zn 6 MgCu	A-Z5GU	2L95/96	P-AlZn 5,8 MgCu

<sup>1)</sup> Das Internationale Legierungsregister (International Registration Record) wird geführt bei der Aluminium Association (AA), Washington. Die Mehrzahl der westeuropäischen Länder sowie Australien und Japan stellen die Bezeichnungen für Knetwerkstoffe darauf um; Frankreich hat bereits umgestellt (NF A 02-104). Bei den nicht eingeklammerten vierziffrigen Bezeichnungen ist die Zusammensetzung mit DIN identisch.

<sup>2)</sup> Die Kennzeichnung der Halbzeugart erfolgt in BS, bei Reinaluminium durch einen vorangestellten, bei Legierungen durch einen zwischen "N" (nichtaushärtbar) bzw. "H" (aushärtbar) und der Ziffer eingefügten Kennbuchstaben: S = Blech; E = Strangpreßzeugnis; T = Rohr, gezogen; F = Schmiedestücke; G = Draht, Beispiele: S1C = Blech Al 99; HE30 = Strangpreßprofil aus AlMgSi 1.

<sup>3)</sup> In Italien auch abgekürzte Schreibweise (contressegno) üblich, wobei die Kurzzeichen für die chem. Elemente auf einen Buchstaben reduziert sind: Al = A; Mn = M; Mg = G; Cu = C; Si = S; Zn = Z; Beispiel: P-AlZn 5,8 Mg Cu wird P-A/ 5,8 GC (P- = Knetwerkstoff).

<sup>4)</sup> Strangpreßprofile für Waggons, härten aus, wird AlMgSi 0,8 für Biegeteile im kaltausgehärteten Zustand vom Hersteller geliefert, ist zu beachten, daß der Werkstoff bei Raumtemperatur selbsttätig bis zu einer bestimmten Höhe wieder aushärtet. Praxistipp: Sofort verarbeiten, sonst wird das Material zu steif, Achtung: AlMgSi 0,8 nicht genormt (nur die Strangpreßprofile sind warmausgehärtet)

<sup>5)</sup> Selbstaushärtend im Fahrzeugbau 60er (Lt. Ing. Ruip)



**Tabelle 6: Gegenüberstellung DIN EN Normen – alte DIN Normen**

<b>DIN EN 573-3</b>		<b>alte DIN Norm</b>
<b>Nummer</b>	<b>Kurzzeichen</b>	<b>Kurzzeichen</b>
1098	Al99,98	Al99,98R <sup>*)</sup>
1080A	Al99,8(A)	Al99,8
1070A	Al99,7	Al99,7
1050A	Al99,5	Al99,5
1200	Al99,0	Al99
1350A	EA99,5(A)	E-Al
2007	AlCu4PbMgMn	AlCuMgPb
2011	AlCu6BiPb	AlCuBiPb
2014	AlCu4SiMg	AlCuSiMn
2017A	AlCu4MgSi(A)	AlCuMg1
2117	AlCu2,5Mg	AlCu2,5Mg0,5
2024	AlCu4Mg1	AlCuMg2
3003	AlMn1Cu	AlMnCu
3103	AlMn1	AlMn1
3004	AlMn1Mg1	AlMn1Mg1
3005	AlMn1Mg0,5	AlMn1Mg0,5
3105	AlMn0,5Mg0,5	AlMn0,5Mn0,5
3207	AlMn0,6	AlMn0,6
5005A	AlMg1(C)	AlMg1
5505	Al99,9Mg1	Al99,9Mg0,5
5305	Al99,85Mg1	Al99,85Mg1
5605	Al99,98Mg1	AlRMg1
5110	Al99,85Mg0,5	Al99,85Mg0,5
5310	Al99,98Mg0,5	AlMg0,5
5019	AlMg5	AlMg5
5049	AlMg2Mn0,8	AlMg2Mn0,8
5051A	AlMg2(B)	AlMg1,8
5251	AlMg2	AlMg2Mn0,3
5052	AlMg2,5	AlMg2,5
5454	AlMg3Mn	AlMg2,7Mn
5754	AlMg3	AlMg3
5082	AlMg4,5	AlMg4,5
5182	AlMg4,5Mn0,4	AlMg5Mn
5083	AlMg4,5Mn0,7	AlMg4,5Mn
5086	AlMg4	AlMg4Mn
6101B	EAlMgSi(B)	E-AlMgSi0,5
6401	Al99,9MgSi	Al99,9MgSi
6005A	AlSiMg(A)	AlMgSi0,7
6012	AlMgSiPb	AlMgSiPb
6060	AlMgSi	AlMgSi0,5
6061	AlMg1SiCu	AlMg1SiCu
6082	AlSi1MgMn	AlMgSi1
7020	AlZn4,5Mg1	AlZn4,5Mg1
7022	AlZn5Mg3Cu	AlZnMgCu0,5
7072	AlZn1	AlZn1
7075	AlZn5,5MgCu	AlZnMgCu1,5
8011A	AlFeSi(A)	AlFeSi

<sup>\*)</sup> Zusammensetzung ist nicht mit DIN EN identisch



<b>DE 50</b>	(SG-Al 99,98 R)*	1199	A 99	-	-
<b>DE 51</b>	SG-Al 99,8	1080 A	A 8	G 1 A	-
<b>DE 52</b>	SG-Al 99,5	1050 A	-	G 1 B	-
<b>DE 53</b>	SG-Al 99,5 Ti	-	-	-	-
<b>DE 54</b>	SG-AlMn 1	3103	-	NG 3	-
<b>DE 55 DE 57</b>	SG-AlMg2Mn 0,8 SG-AlMg2Mn0,8Zr	(5049)	-	-	-
<b>DE 56</b>	SG-AlMg 3	5754	-	-	-
<b>DE 58</b>	SG-AlMg 5	5356	A-G 5 MC	NG 6	ER 5356
<b>DE 59</b>	SG-AlSi 5	4043	A-S5	NG 21	ER 4043
<b>DE 60</b>	SG-AlSi 12	4047	A-S12	4047 A	ER 4047
<b>DE 61</b>	SG-AlSi10Mg		-	-	-
<b>DE 63 DE 64</b>	SG-AlMg4,5Mn SG-AlMg4,5MnZr	5183 (5556)	A-G 4,5 MC	5183	ER 5183 (ER 5556)
<b>DE 65 DE 67</b>	SG-AlMg2,7Mn SG-AlMg2,7MnZr	5554	-	NG 52	ER 5554
<b>DE 68</b>	(SG-AlSi7Mg)*	-	-	-	-
<b>DE 76</b>	(L-AlSi 12)*				



# ZUSATZWERKSTOFFE ZUM ALUMINIUMSCHWEISSEN

Im DVS Merkblatt 1608 sind die Festigkeiten der Kombinationen festgeschrieben, gelten jedoch nur für den warmausgehärteten Zustand.

Al99.9	S-Al99.9									
Al99.8										
Al99.7										
Al99.5	S-Al99.5	S-Al99.5								
Al99	S-Al99.5Ti	S-Al99.5Ti								
AlMnCu	S-Al99.5Ti	S-Al99.5Ti	S-AlSi5							
	S-AlMn	S-AlMn								
AlMg1	S-Al99.5Ti	S-Al99.5Ti	S-AlMg3	S-AlMg3						
AlMg1.5	S-AlMg3	S-AlMg3								
AlMg1.8										
AlMg2.5										
AlMg3	S-Al99.5Ti	S-Al99.5Ti	S-AlMg3	S-AlMg3	S-AlMg3					
AlMg5	S-AlMg3	S-AlMg3								
AlMg2.7Mn	S-AlMg3	S-AlMg3	S-AlMg3	S-AlMg3	S-AlMg3	S-AlMg3				
AlMg2Mn0.3										
AlMg2Mn0.8										
AlMg4Mn	S-AlMg3	S-AlMg3	S-AlMg5	S-AlMg5	S-AlMg5	S-AlMg5	S-AlMg4.5Mn			
AlMg4.5Mn				S-AlMg4.5Mn	S-AlMg4.5Mn	S-AlMg4.5Mn				
AlMg4Mn	S-AlMg3	S-AlMg3	S-AlMg3	S-AlMg3	S-AlMg3	S-AlMg3	S-AlMg5	S-AlSi5		
AlMg4.5Mn	A-AlSi5	A-AlSi5	A-AlSi5	S-AlMg5			S-AlMg4.5Mn	S-AlMg3		
AlZn4.5Mg1	S-AlMg5	S-AlMg5	S-AlMg5	S-AlMg5	S-AlMg5	S-AlMg5	S-AlMg4.5Mn	S-AlMg4.5Mn	S-AlMg4.5Mn	
				S-AlMg4.5Mn	S-AlMg4.5Mn	S-AlMg4.5Mn		S-AlMg5		
↑ GRUND- WERKSTOFF	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

Übersichtstabelle

Zusatzwerkstoff- bezeichnung	Lieferbare Durchmesser		Grundwerkstoffe DIN-Bezeichnung
	MIG	WIG	
SG - Al 99,5 DIN 1732 W.Nr. 3.0259 AWS ER 1100	0,8mm 1,0mm 1,2mm 1,6mm	2,0mm 3,0mm	Al 99,5 Al 99 Al 99,8 Al 99,7
SG - AlMg 5 DIN 1732 W.Nr. 3.3556 AWS ER 5356	0,8mm 1,0mm 1,2mm 1,6mm	2,0mm 3,0mm	AlMg 5, AlMg 3, AlMgMn, AlZnMg 1 Gußlegierungen mit Magnesium als Haupt- legierungsbestandteil. G-AlMg 3, G-AlMg 3 Si, G-AlMg 5, G-AlMg 5 Si, G-AlMg 10, G-AlMg 3 (Cu), AlMgSi 1
SG - AlSi 5 DIN 1732 W.Nr. 3.2245 AWS ER 4043	0,8mm 1,0mm 1,2mm 1,6mm	2,0mm 3,0mm	AlSi 5, AlMgSi 0,5; AlMgSi 0,8; AlMgSi 1 Reinaluminium und Al-Legierungen mit weniger als 2 Gew.-% als Hauptlegierungs- bestandteilen. Al-Gußlegierungen bis ~7% Si bei mehr als 7% AlSi 12 verwenden !



TECHNOLOGIE CENTER

Tabelle 5: Glossar

Grundwerkstoffe					
1060	Al99,6	2014	AlCu4SiMg	3003	AlMn1Cu
1100	Al99,0Cu	2036	AlCu2Mg0,5	3004	AlMn1Mg1
1350A	EAl99,5(A)	2219	AlCu6Mn		
		6101	EAlMgSi	7005	AlZn4,5Mg1,5Mn
5005	AlMg1(B)	6005	AlSiMg	7020	AlZn4,5Mg1
5050	AlMg1,5(C)	6063	AlMg0,7Si	7021	AlZn5,5Mg1,5
5052	AlMg2,5	6201	EAlMg0,7Si	7039	AlZn4Mg3
5454	AlMg3Mn	6351	AlSiMg0,5Mn	7046/7146	AlZn7Mg1
5086	AlMg4	6061	AlMg1SiCu		
5083	AlMg4,5Mn0,7	6082	AlSi1MgMn		
5456A	AlMg5Mn1(A)				
5356	AlMg5Cr(A)				

Zusatzwerkstoffe					
2319	AlCu6Mn(A)	3003	AlMn1Cu	5554	AlMg3Mn(A)
		1080A	Al99,8(A)	5654	AlMg3,5Cr
4043A	AlSi5(A)	1050A	Al99,5	5183	AlMg4,5Mn0,7(A)
4145	AlSi10Cu	1450	Al99,5Ti	5356	AlMg5Cr(A)
4047A	AlSi12(A)			5556A	AlMg5Mn

Normen / Merkblätter:

- Zusatzwerkstoffe DIN 1732 Teil 1
- Schweißnahtvorbereitung DIN 8552 Teil 1
- MIG-Schweißen von Al; Merkblätter DVS 0913 und DVS 0933



TECHNOLOGIE CENTER

Grundsätzlich können mit obigen Legierungen alle schweißbaren Aluminiumgrundwerkstoffe verarbeitet werden. Zur Auswahl des für den speziellen Anwendungsfall richtigen Zusatzwerkstoffes ist möglichst eine immer artgleiche Legierung auszuwählen.

Beachten Sie, daß bei anschließender anodischer Behandlung niemals mit siliziumhaltigen Zusätzen gearbeitet werden soll, da sich ansonsten die Schweißnähte dunkel verfärben !

Die Auswahl erfolgt nach der Art des Grundwerkstoffes unter Berücksichtigung der mechanischen und chemischen Beanspruchungen.

z.B. ICE Grundwerkstoff AlMgSi 0,7; Zusatzwerkstoff AlMg 4,5Mn Zr (siehe Seite 9 Zirkon)

Schweißzusatzwerkstoff	Grundwerkstoff
Al 99,5 Ti	Al 99,8 Al 99,5 AlMn
AlMg 5	Al 99,5 AlMg 4,5 Mn AlMg 3 AlMg 5 AlMgSi 1 AlZn 4,5 Mg AlCuMg
AlSi 5	AlMgSi 1 AlZn 4,5 Mg AlCuMg G-AlSiMg G-AlSiCu
AlSi 12	G-AlSi 12 G-AlSiMg G-AlSiCu

Beachten Sie die Preisunterschiede zwischen 1,0 bzw. 1,2mm Drahtelektroden gegenüber 1,6mm. Mit hochwertigen Impulsstromquellen können Sie auf den nächstgrößeren Durchmesser umstellen. Gleichzeitig lassen sich dickere Drähte leichter fördern !

Draht Ø1,2mm hat 44% mehr Volumen als Ø1,0

- Oxydationsfläche und
- Verunreinigung von Oberfläche sinkt



**TECHNOLOGIE CENTER**

Behandlung der Drähte:

- Bei Raumtemperatur lagern
- Dürfen nicht älter als ein Jahr sein
- Nach Schweißende luftdicht verpacken (Tipp: Silikatgel od. Reis zum Feuchtigkeitsentzug beilegen)
- Vor Verschmutzung schützen

Durch diese Maßnahmen verringern Sie die Wasserstoffaufnahme (Poren, Heißrisse, Alterung, Härte) und dadurch erhöhen Sie die Qualität Ihrer Schweißung.

### **Korrosionsbeständigkeit**

Bei Schweißverbindungen an Reinaluminium und nicht aushärtbaren Legierungen wird die Korrosionsbeständigkeit kaum gemindert. Bei hoch Mg-haltigen Werkstoffen ( $>3,5\%$  Mg) ist jedoch zu beachten, daß durch die Schweißwärme keine die Korrosionsbeständigkeit verringernden Gefügeänderungen auftreten. So können sich in dem Temperaturbereich von  $100 - 230^{\circ}\text{C}$  anodische Ausscheidungen ( $\text{Al}_3\text{Mg}_2$ -Phase) auf den Korngrenzen bilden, die die Beständigkeit gegen Spannungsriß- bzw. interkristalliner Korrosion beeinträchtigen. Da hierzu jedoch relativ lange Haltezeiten in dem kritischen Temperaturbereich notwendig sind, sollten durch den üblichen Schweißprozeß Veränderungen dieser Art nicht auftreten.

Bei vielen aushärtbaren Aluminiumlegierungen wird die höchste Beständigkeit gegen Spannungsrißkorrosion durch eine Wärmeauslagerung oder sogar Überalterung erreicht. Daher werden diese Legierungen durch die Schweißwärme in ihrer Korrosionsbeständigkeit in der WEZ beeinträchtigt.

Eine Verschlechterung der Korrosionsbeständigkeit kann weiterhin durch eine Potentialdifferenz zwischen Grund- und Zusatzwerkstoff gegeben sein. Z B. reagiert bei 7000-Werkstoffen eine entsprechend beeinflusste WEZ stark anodisch gegenüber dem Grundwerkstoff und einem 5000-Zusatzwerkstoff. Die Folge ist ein verstärkter örtlicher Korrosionsangriff.



**TECHNOLOGIE CENTER**

## Schweißbarkeit

### Werkstoffspezifische Besonderheiten

Das Schweißen von Aluminium unterscheidet sich grundsätzlich vom Stahlschweißen. Die Schmelztemperatur bei Stahl liegt bei etwa 1500 °C, die von Aluminium bei 660 °C und die von Al-Legierungen bei 570 - 660°C.

- Al 99,5 658 - 659°C (nahezu Schmelzpunkt) die Poren können nicht rechtzeitig ausgasen.
- AlMg 4,5Mn 575 - 640°C (längerer Erstarrungsbereich) die Poren können durch die längere Zeit besser ausgasen.
- Die viermal höhere Wärmeleitfähigkeit verlangt ein Schweißen mit großer Wärmeeinbringung.
- Durch die etwa zweifach höhere Wärmeausdehnung vergrößern sich Spannungen und Verzug im geschweißten Bauteil.

Berücksichtigt werden muß die hoch schmelzende Oxydschicht (Schmelztemperatur etwa 2040°C), die das Bauteil einhüllt und das Schweißen behindert.

Aluminium kann nicht verspröden oder in der Wärmeeinflußzone aushärten. Im Gegenteil ist mit einem Festigkeitsverlust bei kaltverfestigten und aushärtbaren Legierungen zu rechnen.

Reinaluminium (Al 99,9; Al 99,5; usw)	gute Schweißbeignung
naturharte Legierungen (AlMg- und AlSi-Legierungen)	gute Schweißbeignung
Aushärtbare Legierungen (AlMgSi und AlZnMg)	gute Schweißbeignung
AlCu (ca. 6 % Cu und Zr) AlCuMg und AlZnMgCu (ca. 1,4 - 3,0 % Cu Heißrißbildung)	nur bedingt geeignet

Gußlegierungen sind in Abhängigkeit von vorhandenen Gußfehlern schweißbar (außer Druckguß).

Physikalische Eigenschaften gebräuchlicher Aluminiumwerkstoffe:

Werkstoff- kürzzeichen	elektr. Leitfähigkeit bei 20°C S m/mm <sup>2</sup>	Wärmeleitfähigkeit bei 20°C W/cm K	Erstarrungsbereich °C
Al 99,5	33,5...35,5	2,26...2,29	659...658
AlMg 5	14,0...19,0	1,20...1,34	625...590
AlMg 4,5Mn	15,0...19,0	1,20...1,30	640...575
AlMgSi 0,5	26,0...35,0	2,00...2,40	650...615
AlMg 1 SiCu	23,0...26,0	1,63	640...595
AlZn 4,5 Mg 1	21,0...25,0	1,54...1,67	655...610
G-AlSi 12	17,0...26,0	1,30...1,90	580...570
G-AlSi 10 Mg	17,0...26,0	1,30...1,90	600...550



**TECHNOLOGIE CENTER**

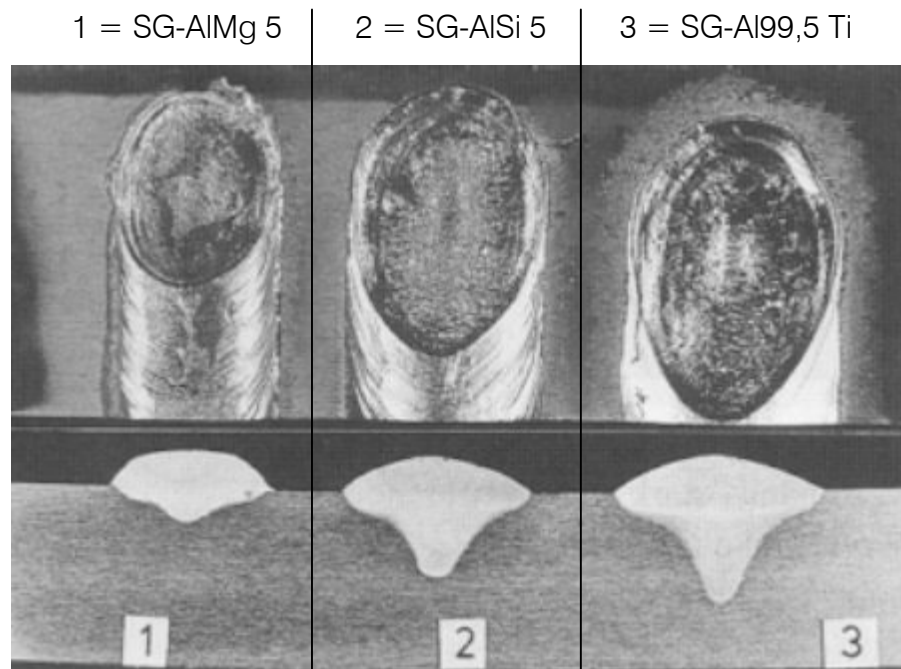
## Einfluß der elektrischen Leitfähigkeit verschiedener Drahtelektrodenlegierungen auf die Nahtgeometrie:

### Versuch:

Bei gleichbleibender

- Drahtgeschwindigkeit
- Schweißgeschwindigkeit
- Stromquelleneinstellung

Geändert wurde der Zusatzwerkstoff.



Elektr. Leitfähigkeit	Sm <sup>*)</sup> /mm <sup>2</sup>	15...19	24...32	34...36
Schweißstromstärke <sup>**) A</sup>		250	300	340
Schweißspannung V		26	28	29

1 Sm = 1/p                      p = spezifischer Widerstand  $\Omega$ /mm<sup>2</sup>

dh.: Je höher Sm, desto besser die Stromübertragung im Werkstoff.

### Ergebnis:

Das Einbrandprofil ist stark vom verwendeten Zusatz abhängig!!

<sup>\*)</sup> Siemens

<sup>\*\*) Die Änderungen der Stromstärke ergeben sich durch die unterschiedliche elektrische Leitfähigkeit der Zusatzwerkstofflegierungen.</sup>



**TECHNOLOGIE CENTER**

## Physikalische Eigenschaften

- a.) Der Ausdehnungskoeffizient ist doppelt so groß wie bei Stahl. Das bedeutet starken Verzug und hohe Eigenspannungen:

### Gegenmaßnahmen:

- Schweißfolge beachten
- Verfahrensauswahl
- Querschrumpfungen sollten möglich sein

- b.) Die Wärmeleitfähigkeit ist 4x so groß wie bei Stahl. Es besteht die Gefahr von Bindefehlern bei dicken Blechen und Gaseinschlüssen in der Schmelze. Weiters wäre das Abschreckverhalten bei AlZn 4,5 Mg 1 zu beachten.

Achtung: Bei AlZnMg Legierungen 200 – 300°C schnell durchlaufen !

Die Rm sinkt von 390N/mm<sup>2</sup>

⇒ Nach 2min auf 350N/mm<sup>2</sup>

⇒ Nach 6min auf 320N/mm<sup>2</sup>

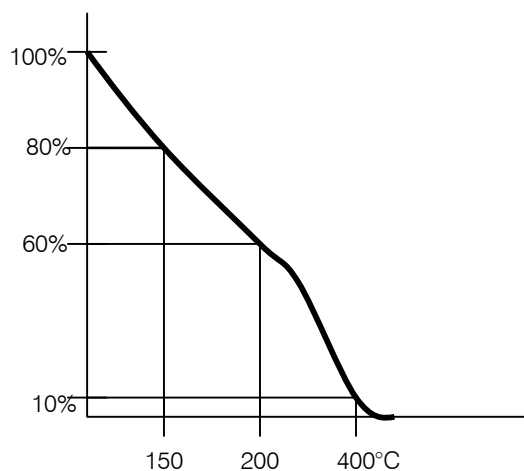
⇒ Nach 10min auf 280N/mm<sup>2</sup>

Zu langes Halten auf Temperatur ergibt Grobkörnigkeit = Gefahr von interkristalliner Korrosion

Alternative: später wieder auslagern

Gegenmaßnahmen: Lt. DVS 1608

- Vorwärmen nicht mehr als die empfohlene Temperatur  
150°C = 80% der Festigkeit bei Raumtemperatur  
200°C = 60% der Festigkeit bei Raumtemperatur  
bei 400°C nur mehr 10% der Festigkeit bei Raumtemperatur!!!





- Meßmittel verwenden

Thermometer, -stifte, -kreide oder Flußmittel mit angestrebter Reaktionstemperatur

Baustellenlösung: Fichtenholzspan (350°C = Hellbraun, 400°C = Braun, 450°C

Dunkelbraun, 500°C = Schwarz)

- Reduzierende  $C_2H_2$  Flamme verwenden
- Wärmeeintrag erhöhen
- Brennerhaltung

### Einfluß der Oxydschicht

Die Oxydschicht ( $Al_2O_3$ ) kann Bindefehler verursachen, führt zur Kerbwirkung eingeschwemmter Oxydteile (Achtung wirkt wie Schlackeneinschluß bei Stahl) und fördert die Porenbildung, da die Oxydschicht nur im unmittelbaren Bereich des MIG Lichtbogens flüssig ist und außerdem sofort erstarrt.

#### Gegenmaßnahmen:

- mechanisches Entfernen der Oxydschicht (schleifen, bürsten, schaben)
- chemisches Entfernen (beizen)
- reinigende Wirkung des Lichtbogens (Pluspolung)
- Flußmittel (Gas-, Elektroden-, UP-Pulver-, Lote, usw.)
- Bleche entgraten

### **MERKE:**

Das Schweißverfahren beeinflusst die Wärmeeinbringung, die Reinigungswirkung des Lichtbogens (AC) und die Energiekonzentration.



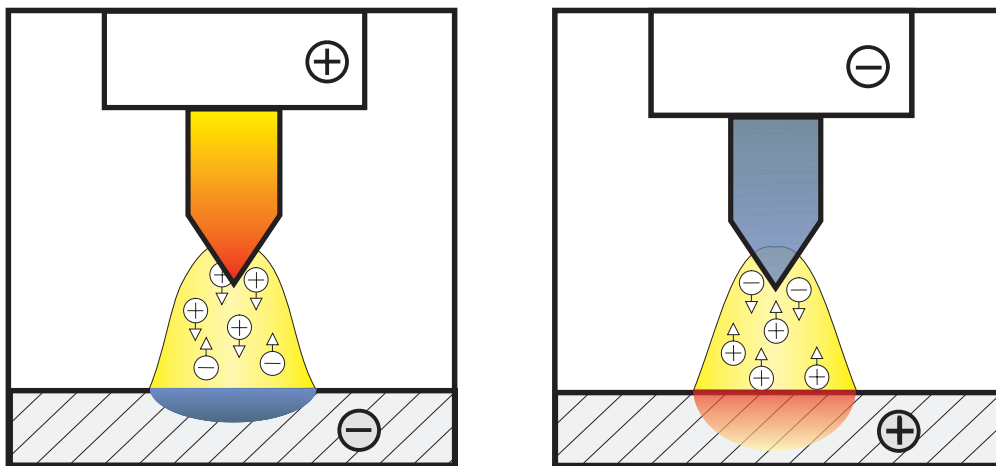
**TECHNOLOGIE CENTER**

# VERFAHREN

## WIG-Wechselstromschweißung

Bei der WIG-Schweißung von Aluminium und dessen Legierungen wird üblicherweise mit Wechselstrom (AC=Alternating Current) gearbeitet. Dies ist notwendig, da über dem Aluminiumgrundmaterial (Schmelzpunkt ca. 550 - 660° C) eine höherschmelzende Oxydschicht (Schmelztemperatur ca. 2040 - 2100°C) liegt.

Während der Plushalbperiode des Wechselstromes (bezogen auf den Schweißbrenner) wird diese entfernt, um in der darauffolgenden Minusphase eine einwandfreie Aufschmelzung des Grundmaterials zu ermöglichen.



Dieses periodische Wechseln des Schweißstromes stellt an die Stromquelle zwei Anforderungen: Einerseits ein sicheres Wiedertzünden des Lichtbogens nach dem Nulldurchgang, und andererseits sollte die dabei auftretende Schallemission der Lichtbogensäule möglichst gering sein.

Vorteile:

- kontrollierte Durchschweißung von einer Seite ohne Badsicherung
- gute Positionschweißbarkeit
- sehr gutes Nahtaussehen
- keine Nacharbeit

Nachteile:

- geringe Schweißgeschwindigkeit
- schwierige Wurzelerfassung bei Kehlnähten
- Vorwärmung ab 8 mm Wanddicke empfehlenswert
- hoher Verzug
- relativ breite Erweichungszonen

### **WIG-Gleichstrom-Heliumschweißung**

Das WIG-Gleichstromschweißen mit negativ gepolter Elektrode wurde Anfang der 40iger Jahre erstmalig in den USA unter Helium als Schutzgas patentiert.

Durch die hohe Wärmekonzentration (70% der Lichtbogenenergie sind auf das Werkstück konzentriert) entsteht sehr schnell ein kleines, dünnflüssiges Schmelzbad, aus dem die Oxide durch Oberflächenspannung herausgedrängt werden. Die Nahtoberfläche hat daher meist ein stumpfgraues Aussehen. Das WIG-Schweißen mit Gleichstrom erfolgt meist mechanisiert, es ist geeignet zum einseitigen Schweißen von I-Nähten oder X- Nähten bis 25mm in 2 Lagen

Vorteile:

- hohe Schweißgeschwindigkeit
- geringe Nahtüberhöhung
- geringer Verzug
- unerhebliche Entfestigung in der WEZ da geringer Wärmeeintrag
- geringe Poren und Bindefehlergefahr
- tiefer Einbrand

Nachteile:

- Lichtbogenlänge muß exakt eingehalten werden
- genaue Nahtvorbereitung



**TECHNOLOGIE CENTER**

## Aluminium Elektrohandschweißen

Das bei Aluminium erforderliche Flußmittel und lichtbogenstabilisierende Zusätze bilden die Umhüllung der abschmelzenden Stabelektrode. Geschweißt wird mit Gleichstrom, das Werkstück wird an den Minuspol angeschlossen.

Da die mit Elektrohandschweißen hergestellten Nähte sehr schnell erstarren, sind sie stark mit Gaseinschlüssen durchsetzt und haben so eine wesentliche schlechtere Qualität als die mit Schutzgasschweißen erzielten Nähte. Das Elektrohandschweißen hat daher für Schweißkonstruktionen keinerlei Bedeutung.

Es wird zur Reparatur von Gußstücken aus AlSi-Legierungen angewendet. Elektroden sind praktisch nur als S-AlSi 12 und S-AlSi 5 verfügbar.

Welches Schweißverfahren bei der Aluminiumschweißung zum Einsatz kommt wird von folgenden Faktoren beeinflußt:

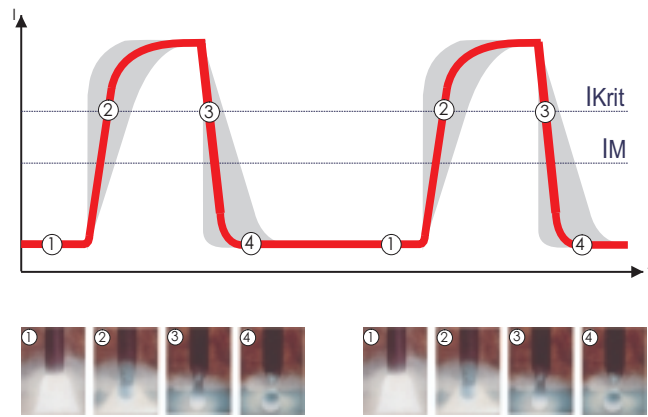
- Qualitätsanforderungen
- Wirtschaftlichkeit
- Schweißposition
- Werkstückart
- Materialstärke

## MIG-Schweißung

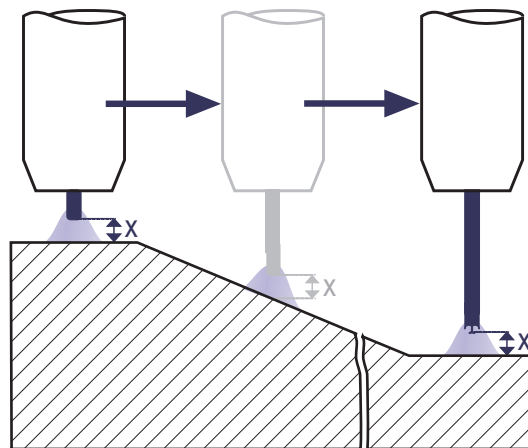
Hier kommt vorwiegend die **Impulslichtbogentechnik** zum Einsatz. Bei richtiger Parameterwahl wird genau ein Tropfen Zusatzdraht pro Impuls von der Drahtelektrode abgelöst. Das Ergebnis ist eine nahezu spritzerfreie Schweißung.

Untersuchungen haben ergeben, daß für unterschiedliche Zusatzwerkstoffe und Schutzgase differenzierte Impulsformen das Schweißergebnis deutlich verbessern. Gerade im Bereich Aluminium, wo die Materialstärken immer geringer werden, besteht die zentrale Forderung daß die Stromquelle im unteren Leistungsbereich (ca. 30A) einen besonders stabilen Lichtbogen ergibt. Ein niedrig einstellbarer Grundstrom ist dabei ebenso wichtig wie eine schnell reagierende Lichtbogenlängenregelung, d.h. bei Veränderung der freien Drahtlänge muß die Länge des Lichtbogen konstant bleiben.





Variable Impulsform



Lichtbogenlängenregelung

Vorteile im Vergleich zu TIG:

- dünne Materialstärken verschweißbar (0,8 mm)
- Einsatz von dickeren Drahtdurchmessern (bessere Fördereigenschaften)
- gute Positionsschweißbarkeit
- geringe Wärmeeinbringung
- wenig Verzug
- voll mechanisierbar

Nachteile im Vergleich zu TIG:

- höhere Porenhäufigkeit
- Durchschweißung in Position PA (Wannenposition) bei dickeren Materialstärken ohne Badsicherung eher schwierig
- Überschweißen von Heftstellen kann zu Schweißfehlern führen



**TECHNOLOGIE CENTER**

# BESONDERHEITEN BEIM VERSCHWEISSEN VON ALUMINIUMDRÄHTEN

## Brennerrüstung

- Für die Verarbeitung von weichen Aluminiumdrähten sind Schweißbrenner mit Kunststoffseele bzw. Teflonseele und entsprechenden Seeleneinsätzen im Rohrbogen notwendig.
- Für Aluminiumdrähte müssen Kontaktrohre des jeweils nächst größeren Durchmessers verwendet werden.
- Für Reinaluminium oder Si-legierte Drähte sind Push-Pull Systeme von Vorteil

## Drahtförderung:

Im Vergleich zu Stahldrähten sind Aludrähte sehr weich. Daher sind besondere Anforderungen an die Drahtförderung gestellt. Der Drahttransport muß abriebfrei erfolgen.



Ein Vier-Rollen Antrieb mit geeigneten Vorschubrollen bringt selbst bei geringen Anpreßkräften eine ausreichende Kraft auf den zu fördernden Draht. Üblicherweise werden glatte, polierte Halbrundnut-Rollen eingesetzt.

### ⇒ Praxistipp zur Druckeinstellung der Anpreßrollen

Vordere Anpreßrollen mehr Druck als hintere Anpreßrollen.

Bei durch Hand gestoppten Draht sollen die Rollen durchrutschen! Das Sprungmaß des Drahtes soll 800mm nicht unterschreiten.

### **MERKE:**

Wenn weniger als 800mm

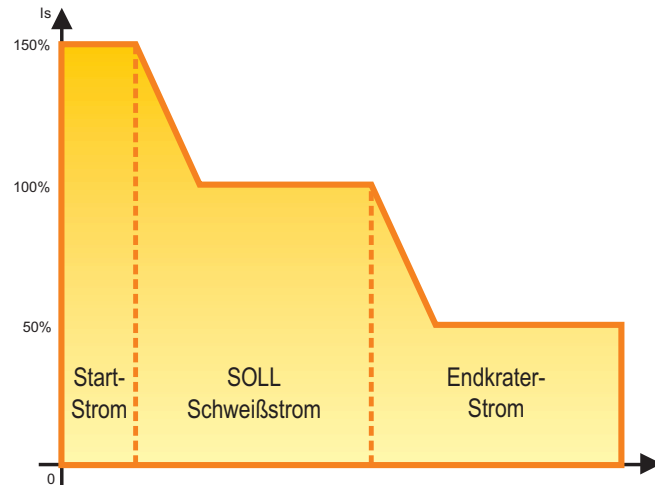
- Reibung in der Drahtführungsseele zu groß (F2 Motorstrombelastungstest)
- Reibung in den Antriebsrollen zu groß
- Reibung im Kontaktröhre zu groß

oder

- Antriebsrollen laufen versetzt
- Anpreßrollen zu viel Anpreßdruck, dadurch Deformierung des Drahtes.



## Schweißstart und Schweißende beim Aluminiumschweißen



Schweißprogramm zur Vermeidung von Kaltstellen bei Aluminium am Nahtbeginn

Aluminium hat nicht nur eine geringe Dichte, sondern ist auch ein guter Wärmeleiter. Durch diese Eigenschaft kommt es bei Schweißbeginn zu Kaltstellen. Deshalb wird zu Schweißbeginn mittels einer durch die Stromquelle unterstützten Funktion eine höhere Schweißleistung abgerufen. Dadurch wird das Grundmaterial bereits während der Zündphase aufgeschmolzen. Ist genügend Wärme ins Schmelzbad eingebracht, wird auf die nominelle Schweißleistung abgesenkt. Wenn gegen Ende der Schweißnaht die Wärme vorläuft und Gefahr für das "Durchfallen" besteht, wird auf eine geringere Schweißleistung abgesenkt.

⇒ **Praxistipp:** Einstellwerte Start/End sind **blechstärkenabhängig**. Als Universalparameter hat sich für I-S 135% mit einer Slopezeit von 1,0 sec. und I-E 50% bewährt.

Ist eine solche Funktion nicht abrufbar, müssen lt. DVS 1608 Vor- und Nachlaufbleche verwendet werden.

Bei Nahtunterbrechungen wird die Schweißgeschwindigkeit erhöht damit sich der Nahtauslauf keilförmig verjüngt.



## **Problematik beim Zünden:**

In der Zündphase tritt ein Kurzschluß auf. Bei einer konventionellen Zündung kann nun während dieses Kurzschlusses die Stromstärke auf bis zu 700 A steigen. Durch diese hohe Stromstärke, wird nun der Kurzschluß explosionsartig aufgelöst. Das Ergebnis sind Spritzer im Anfangsbereich der Schweißnaht.

Durch die Option Spatter Free Ignition (SFI) kann dies vermieden werden.

## **Vorteile der konventionellen Zündung**

- Kein Push-Pull-Antrieb notwendig
- Bei guter Zündung kurze Zündzeiten

## **Nachteile:**

- Keine reproduzierbare Zündung
- Spritzerauswurf
- Je dicker die Drähte um so höher der Zündstrom
- Enorme Kontaktrohrbelastung durch hohen Zündstrom (höchster Strom im ganzen Prozess); verringerte Kontaktrohrstandzeit

Die Stromquelle muß den zum Aufbrechen einer Kurzschlußbrücke nötigen Strom liefern können. Dieser liegt generell höher als der Pulsstrom!

## **OPTION SPATTER FREE IGNITION.**

Die Option Spatter Free Ignition (SFI) ermöglicht eine praktisch spritzerfreie Zündung des Lichtbogens. Zu Schweißbeginn wird der Draht langsam bis zur Werkstückoberfläche gefördert und bei Berührung gestoppt. Anschließend wird der Schweißstrom aktiviert und der Draht zurückgezogen. Ist die korrekte Lichtbogenlänge erreicht, wird der Draht mit der für den Schweißprozeß vorgesehenen Drahtgeschwindigkeit gefördert.

Zur Aktivierung der Option SFI gehen Sie wie folgt vor:

- SFI (Parameter Fdc - Anschleichen) im Setup-Menü anwählen
- Aus dem Setup-Menü aussteigen
- Schweißprogramm auswählen



**TECHNOLOGIE CENTER**

+ Hinweis!

Die Freischaltung der Option Spatter Free Ignition ist nur mit Software möglich. Zur Zeit werden nur Aluminiumdrähte mit 1,0 mm, 1,2 mm und 1,6 mm sowie Fronius Push-Pull Drahtvorschubsysteme (Robacta Drive und Pull-MIG) unterstützt.

### Vorteile der Spatter Free Zündung

- Praktisch spritzerfreie Zündung
- Keine Kontaktrohrbelastung durch Zündstrom (erhöhte Kontaktrohrstandzeit)
- 100% reproduzierbare Zündung
- Auch bei dicken Drähten problemlose Zündung
- Durch Push-Pull-Antrieb verbesserte Drahtförderung
- Der maximale Kurzschlußstrom, den die Stromquelle liefern muß, kann kleiner sein als der Pulsstrom (geringer als 50A, konventionell ca. 500A)

### Vergleich Zündung



konventionell



Spatter Free Ignition



**TECHNOLOGIE CENTER**

## OPTION SYNCHRO PULS

Die Option SynchroPuls wird für Schweißverbindungen mit Aluminiumlegierungen empfohlen, deren Schweißnähte ein geschupptes Aussehen erhalten sollen (vor allem im mechanisierten und automatisierten Bereich).

### Funktionsweise:

Die Option SynchroPuls beschreibt einen Impulslichtbogen, welcher zwischen zwei Leistungspunkten einer Kennlinie wechselt.

Die beiden Leistungspunkte ergeben sich aus einer positiven und negativen Änderung der Drahtvorschubgeschwindigkeit ( $v_D$ ), um einen im Setup-Menü einstellbaren Wert  $dFd$  (0 bis 2 m/min)

z.B:

$v_D = 10,0 \text{ m/min}$  und  
 $dFd = 1,5 \text{ m/min}$

=> Leistungspunkt 1: = 8,5 m/min  
Leistungspunkt 2: = 11,5 m/min

Die Frequenz  $F$  (0,5 bis 5 Hz) bestimmt, wie oft zwischen den Leistungspunkten gewechselt wird und ist ebenfalls im Setup-Menü angegeben.

Wird die Frequenz  $F = 0$  gestellt, ist die Option SynchroPuls abgeschaltet.

Die Lichtbogenlängenkorrektur für den niedrigeren Leistungspunkt erfolgt über den Parameter Lichtbogenlängenkorrektur (z.B. am Jobmasterbrenner, Vorschub, Fernregler, ...)

Die Lichtbogenlängenkorrektur für den höheren Leistungspunkt ist hingegen im Setup-Menü, über den Parameter "Arl", vorzunehmen.

Die nachfolgend dargestellte Grafik zeigt die Funktionsweise von SynchroPuls, bei Anwendung an der Betriebsart "Schweißstart Aluminium" (I-S = Startstrom, SL = Slope, I-E = Endstrom):



**TECHNOLOGIE CENTER**

- ②



## GASE ZUM ALUMINIUMSCHWEISSEN

Reines Argon liefert einen ruhigen, stabilen Werkstoffübergang, ist aber in Bezug auf Einbrandintensität und Sicherheit gegen wasserstoffbedingte Porosität den Argon-Helium Gemischen unterlegen.

Bewährt haben sich Argon-Helium Gemische mit Heliumanteilen zwischen 30 und 70% . Am häufigsten angewendet wird ein Gemisch aus 50% Helium und 50% Argon.

Zunehmender Helium-Anteil verlangt bei gleicher Lichtbogenlänge eine höhere Lichtbogen-spannung.

In jüngster Zeit wurden auch Schutzgase mit Zumischung von  $O_2$  (Sauerstoff = weniger Poren) und  $N_2$  (Stickstoff) im Vpm-Bereich angeboten. Der Vorteil dieser Schutzgase liegt auch im ruhigen Lichtbogen.  $O_2$  und  $N_2$ -Zusätze verbessern nicht die Einbrandverhältnisse.

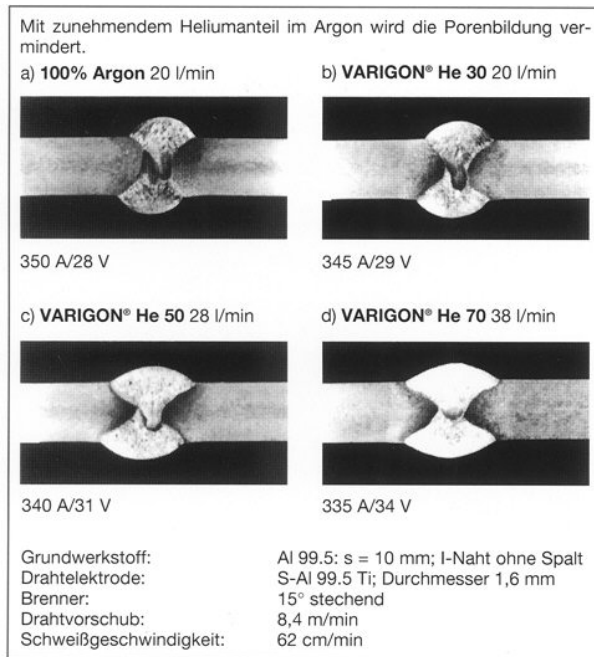
### Schutzgase

**Argon:** (I 1 nach DIN 32 526 bzw. EN 439) ist das Standardschutzgas für normale Schweißaufgaben.

**Argon 70/He 30:** (I 3 nach DIN 32 526 bzw. EN 439) wird überall dort eingesetzt, wo erhöhte Anforderungen an das Porositätsverhalten gestellt werden, für reines Aluminium und größere Wanddicken.

**Argon 50/ He 50:** (I 3 nach DIN 32 526 bzw. EN 439) wird dann verwendet, wenn sehr hohe Anforderungen an die Porenfreiheit, besonders bei reinem Aluminium, z.B. Al 99,5 oder Al 99,8 oder größeren Wanddicken gestellt werden.





Schutzgasverbrauch (bezogen auf Argon):

- Kurzlichtbogen 12 - 15 l/min
- Sprüh- und Impulslichtbogen 15 - 20 l/min

Für die Mischschutzgase gelten folgende Angaben:

Schutzgas	Korrekturfaktor*)	Mindestschutzgasmenge
Ar 70/ He 30	1,17	20 l/min
Ar 50/ He 50	1,35	28 l/min
Ar 30/ He 70	1,70	35 l/min
100% He	3,16	40 l/min

Mit zunehmenden Heliumgehalt wird das Ausgasen erleichtert (höhere Wärmeeinbringung). Die Reinheit und Mischgenauigkeiten entsprechen DIN 32 526 bzw. EN 439. Die Gase sind für alle Lichtbogenarten und Leistungsbereiche anwendbar. Andere Schweißschutzgase sind auf Anfrage lieferbar.

\*) abgelesene Gasmenge x Korrekturfaktor = tatsächliche Durchflussmenge



**TECHNOLOGIE CENTER**

## Einbrandform

Zunehmender Helium-Gehalt führt zu einer breiten und damit flacheren Naht. Der Einbrand ist nicht mehr "fingerförmig" wie bei Argon, sondern wird runder und tiefer.

Die günstigeren Einbrandverhältnisse erleichtern das sichere Durchschweißen im Wurzelbereich und erlauben eine höhere Schweißgeschwindigkeit.

**Tabelle 4:** Einfluß steigenden Helium-Gehaltes im Argon-Schutzgas

<b>Schutzgas- Zusammensetzung</b>	<b>100 % Ar</b>	<b>100 % He</b>
Lichtbogenverhalten		Etwas ruhiger
Nahtbreite		Nimmt zu, Naht wird flacher
Nahtaussehen		Wird feinschuppiger, bei Mg-Draht ⇒ grau-brauner Niederschlag ⇒ kein Nachteil
Einbrand		Wird tiefer und runder
Schweißgeschwindigkeit		Kann erhöht werden
Bindefehlerneigung		Abnehmend
Porenanfälligkeit		Abnehmend
Vorwärmung		Kann vermindert werden oder entfallen
Temperaturführung		Werkstück wird wärmer ⇒ Ausgleich durch höhere Schweißgeschwindigkeit
Schutzgaskosten		Steigen (Gesamtbilanz betrachten !)

# NAHTVORBEREITUNG

## Bearbeitung

Beim Verarbeiten und Schweißen ist größte Sauberkeit erforderlich, da sonst die Korrosionsbeständigkeit gefährdet ist und die Schweißnähte zur Porenbildung neigen. Aluminium sollte abgeschlossen von der Bearbeitung von Stahl verarbeitet werden.

Alle Werkzeuge die für Stahl verwendet werden, dürfen nicht für Aluminium verwendet werden. Die Verarbeitung und Lagerung sollte staubfrei, trocken und frei von Spritzwasser erfolgen. Saubere Kleidung und Handschuhe sind ebenso notwendig.

Aluminium ist sehr kerbschlagempfindlich (auch bei statischer Belastung) und sollte daher nicht mit einer Reißnadel angerissen oder mit Schlagstempel gestempelt werden. Zum Anzeichnen verwendet man üblicherweise einen Bleistift. Das Richten von Aluminium durch Pressen, Hämmern oder Flammrichten ist möglich, jedoch muß auf obige Feststellungen geachtet werden. Flammrichten sollte überdies nur nach Rücksprache mit dem Hersteller erfolgen. Sämtliche, vorhin genannten Punkte, gelten speziell auch für die Schweißnahtvorbereitung. Ist kein Wurzelspalt vorgesehen, sollte die Wurzelseite angefaßt werden.

Beim Schweißen mit Spalt sammeln sich die Oxydeinschlüsse in der Mitte, nachfolgendes Auskreuzen und Gegenschweißen, oder eine Badsicherung als Unterlage sind sinnvoll.

⇒ **Praxistipp:** Vorher den Nahtbereich bürsten (CrNi-Bürste) und/oder Entfetten (Aceton-Alkohol)

## Nahtformen

Die verwendeten Nahtformen werden vor allem durch die Materialdicke und die Gestaltung der Konstruktion bestimmt. Für die vollmechanisierte Schweißung sind Strangpreßprofile mit mitgepreßter Badstütze üblich. Für wasserdichte Y- oder U-Nähte sollte die Wurzellage WIG und der Rest MIG ausgefüllt werden.





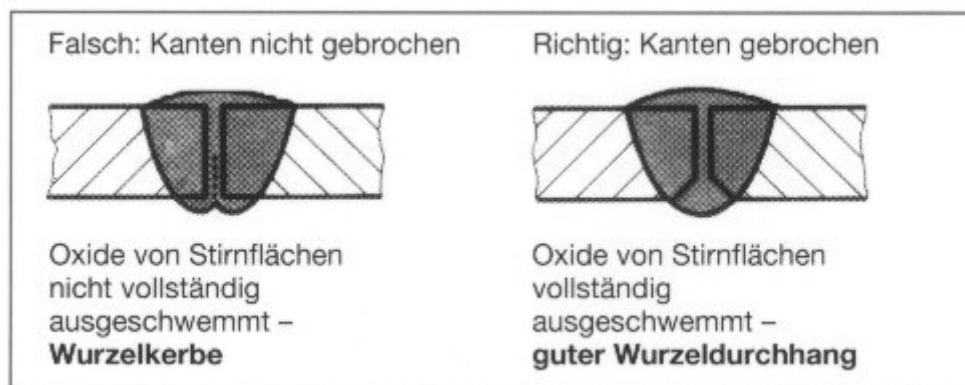
Werkstückdicke mm	Fugenform	Draht Ø mm	Schweißstrom A	Schweißgeschw. cm/min	Argonverbrauch l/min	Lagen- zahl
2	II	0,8	110	80	12	1
3	II	1,0	130	75	12	1
4	II	1,2	160	70	15	1
5	II	1,2	180	70	15	1
6	II	1,6	200	65	15	1
8	V	1,6	240	60	16	2
10	V	1,6	260	60	16	2
12	V	1,6	280	55	18	2
16	V	1,6	300	50	20	3
20	V	1,6	320	50	20	3

Richtwerte für Handschweißen:

Die Werte werden durch die Schutzgasart, den Werkstoff und die Lichtbogenart beeinflusst.

## Einstellhinweise

Nahtvorbereitung:



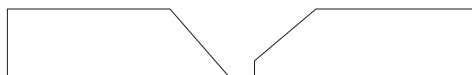
- Vermeidung von Wurzelkerben durch wurzelseitiges Brechen der Kanten  
Oxide in Aluminium verhalten sich wie Schlacke im Stahl und sind genauso zu meiden.
- Zum Kantenanarbeiten nur Formfräser verwenden, auch für Wurzelanarbeitung der Gegenlage KEINE kunststoffgebundenen Schleifscheiben verwenden → POROSITÄTSFEHLER !!
- Mit ACETON und CrNi Handbürsten reinigen

**Tafel 1: Fugenformen für das WIG- und MIG-Schweißen**

Werkstoff-Dicke s	Ausführung	Benennung	Symbol	Fugenform Schnitt	Maße			
					$\alpha \cdot \beta$ Grad	Spalt b	Steghöhe c	Schweiß- verfahren
bis 2	einseitig	Bördel- naht			—	—	—	WIG
bis 4	einseitig	Stirn- flachnaht			—	—	—	MIG WIG
bis 4	einseitig	I-Naht			—	0 bis 1	—	WIG
2 bis 4					—	0 bis 2	—	MIG
4 bis 16	beidseitig				—	0 bis 3	—	WIG MIG
4 bis 10	einseitig oder beidseitig	V-Naht			90 bis 100	0 bis 1	bis 2	WIG
6 bis 20					50 bis 70	0 bis 2		MIG
über 6	einseitig	Y-Naht			15 bis 30	3 bis 7	2 bis 4	MIG
über 10	einseitig oder beidseitig	Y-Naht			60 bis 70	0 bis 4	≈ 3	WIG
					50 bis 70		2 bis 6	MIG
über 10	einseitig	U-Naht			bis 10	0 bis 1	2 bis 4	MIG
über 10	beidseitig	DY-Naht			50 bis 70	0 bis 2	3 bis 4	MIG

Beachten Sie bitte die größeren Öffnungswinkel gegenüber Stahl!

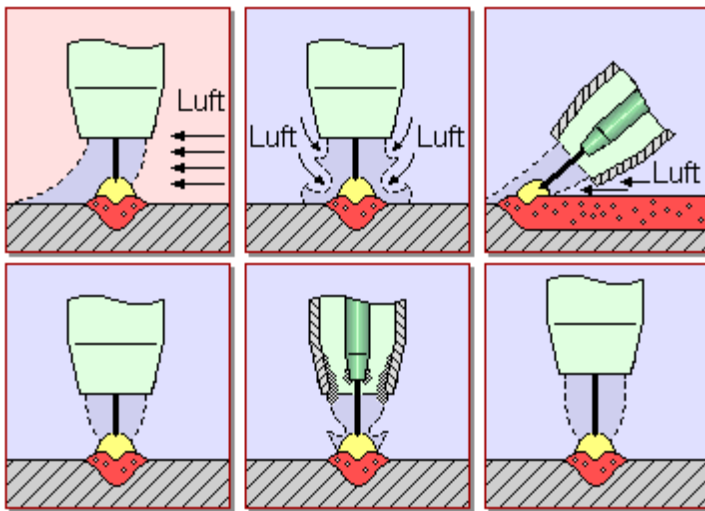
Bei Reinaluminium ist durch Schmelzpunkt die Wurzelschweißung schwerer beherrschbar,  
Lichtbogen auf Steg halten !!



# SCHWEISSNAHTFEHLER

## Folgen mangelhaften Gasschutzes

Eine mangelhafte Schutzgasabdeckung des Schweißbades führt zu Reaktionen Luft-Schweißbad, und zu **porösen Schweißnähten** mit ungenügender Stabilität.



Fehler:

Zugluft (z. Bsp. auf Baustellen) stört die Schutzgasabdeckung

Folge:

ungenügender Gasschutz, Porenbildung in der Schweißnaht

Hauptsächliche Porenursache bei Aluminium ist das Einbringen von Wasserstoff und Stickstoff (ab 0,5 % N<sub>2</sub> => große Porenanfälligkeit).

## Wasserstoffquellen

- feuchter oder verschmutzter Nahtbereich
- feuchter oder verschmutzter Zusatzwerkstoff
- Wasserstoff im Zusatzwerkstoff
- undichtes Brennersystem
- eingewirbelte Luft
- unruhiger Lichtbogen
- feuchtes Schutzgas infolge Verwendung falscher Schlauchqualität bzw. undichtes System

## Bindefehler

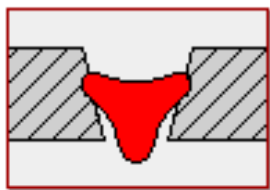
Nur der Lichtbogen (nicht das Schweißbad) besitzt ausreichende Energie, um die Fugenfläche aufzuschmelzen und eine stabile Verbindung zu erzeugen.

### Weitere Einflußkriterien

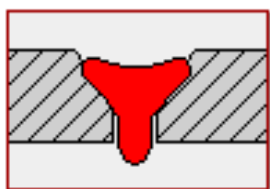
- Wärmeeinbringung
- elektrische Leitfähigkeit der Drahtelektrode
- Charakteristik im Regelverhalten der Stromquelle
- Lichtbogenart
- Schutzgaszusammensetzung

Um Bindefehler zu vermeiden, muß daher die zu schweißende Naht fachgerecht vorbereitet und bearbeitet werden.

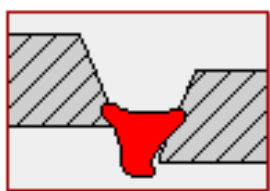
### Folgende Fehler können dabei gemacht werden:



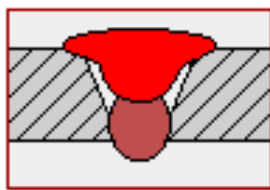
Öffnungswinkel zu klein  
Richtig: 60° bis 70°



Steghöhe zu groß  
Stegabstand zu groß



Kantenversatz zu groß



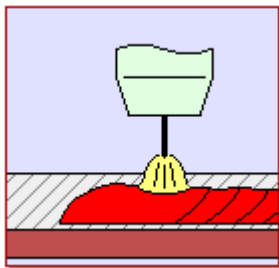
Überschweißen stark überwölbter Raupen  
Richtig: Vor dem Überschweißen untere Raupe  
muldenförmig ausschleifen



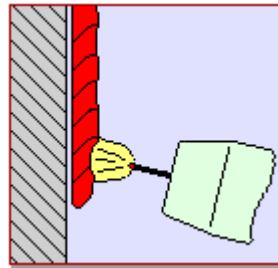
Ansatzbindefehler beim Schweißen mit geringer Lichtbogenleistung, Ansatzstelle nicht geschliffen, zu wenig überlappend geschweißt.

Richtig: Nahtende schleifen, vor dem Nahtende zünden und weiterschweißen.

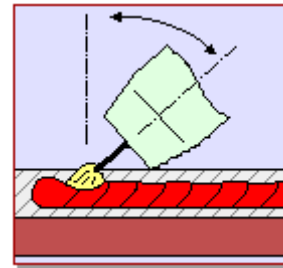
Es kann zu Bindefehlern kommen, wenn der Lichtbogen durch das vorlaufende Schweißbad die Nahtflanken oder die bereits geschweißte Lage nicht erreicht.



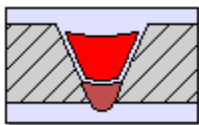
Schweißgeschwindigkeit zu gering oder Abschmelzleistung zu groß. Nicht zu dicke Einzelraupen schweißen !



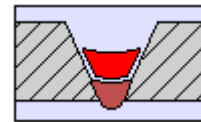
Schweißen in der Position PG (fallend). Die Abschmelzleistung muß begrenzt werden. Nicht zu langsam schweißen !



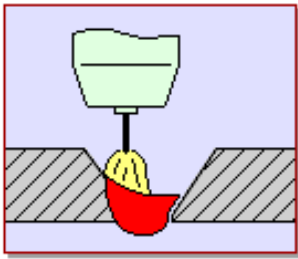
Die Brennerhaltung ist zu stark stechend.



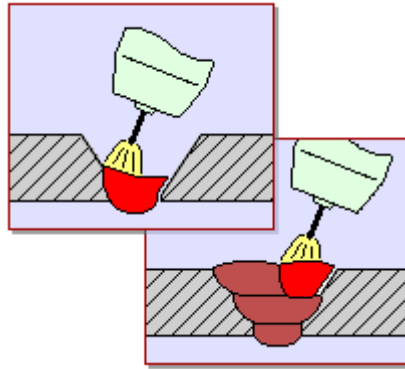
Poren bleiben im Schmelzbad. Bei Steignahrt (PF) bessere Ausgasung!



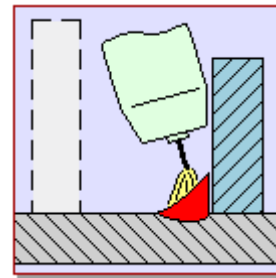
Bei fehlerhafter Brennerhaltung schmilzt der Lichtbogen die Nahtflanken nur einseitig auf. Es kommt zu Bindefehlern und somit zu instabilen Verbindungen.



Der Schweißbrenner wird außermittig gehalten.



Der Schweißbrenner wird zu einer Nahtflanke hin zu stark geneigt.



Fehlerhafte Brennerhaltung durch eingeschränkte Zugänglichkeit

## Oxydeinschlüsse

Für die Lichtbogenstabilität ist eine geringe Menge an Oxyden von Nöten, ein Zuviel bewirkt allerdings Oxydeinschlüsse, welche bei dynamischer Belastung zum Ausgangspunkt von Rissen werden.

## Risse

Zur Vermeidung von Heißrissen wird in der Regel mit überlegiertem Zusatzwerkstoff geschweißt. Endkratterisse entstehen durch das große Schrumpfmaß von Aluminium. Diese lassen sich durch ein Auslaufblech oder ein Endkraterfüllprogramm (Stromquelle muß dafür geeignet sein) vermeiden.

Saubere Nahtvorbereitung (entgraten, entfetten) helfen ebenfalls bei der Vermeidung von Rissen.

Die relative Rißneigung eines Werkstoffes wird durch den Zusatzwerkstoff beeinflusst. Durch geeignete Grund- und Zusatzwerkstoff-Kombinationen kann die Rißneigung verringert werden.

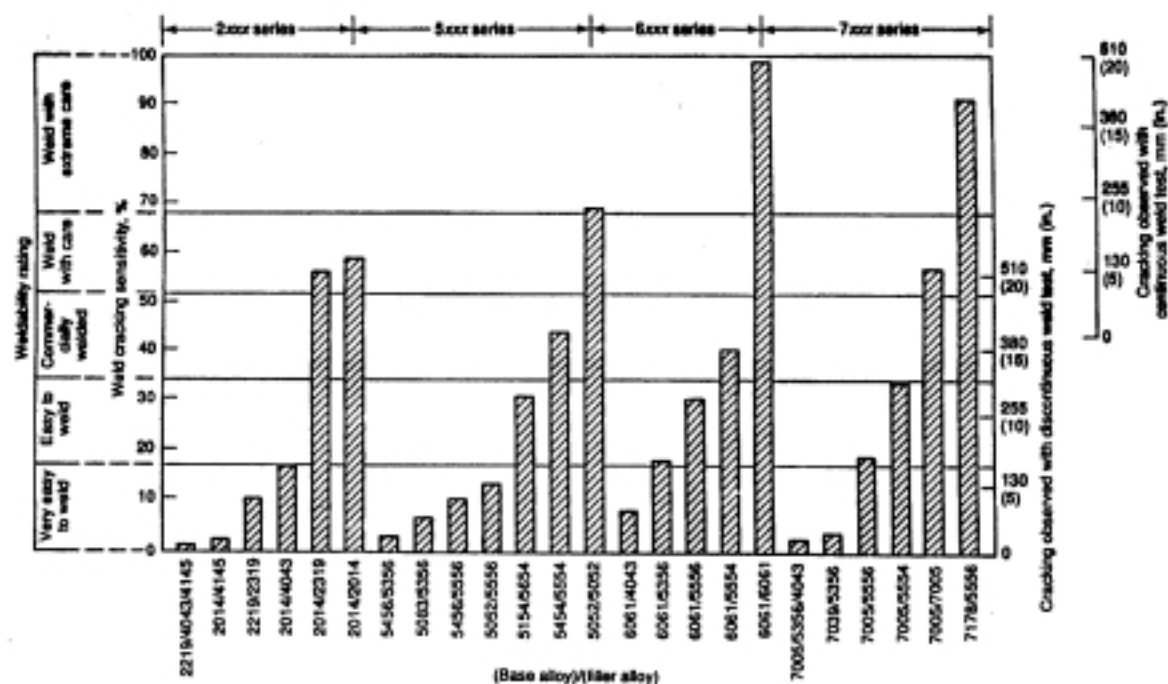


Bild 3: Relative Rißneigung ausgewählter Grund-/Zusatzwerkstoff-Kombinationen von Aluminium-Knetwerkstoffen

## Vorwärmtablelle

### Vorwärmen

Vorwärmen ist dann erforderlich, wenn aufgrund der hohen Wärmeleitfähigkeit des Aluminiums kein ausreichender Einbrand zu erzielen ist. Es ist darauf zu achten, daß kein zu starkes Dickenwachstum der Oxidschicht an den Nahtflanken durch zu lange Vorwärmzeiten oder O<sub>2</sub>-Überschuß im Brenngas erfolgt. Zu berücksichtigen ist weiterhin der Einfluß von Vorwärmtemperatur und -zeit auf die Werkstoffeigenschaften, insbesondere bei aushärtbaren Legierungen und kaltumgeformten sowie hoch Mg-haltigen Werkstoffen.

Tabelle 3: Richtwerte für Vorwärmtemperatur und Vorwärmzeit für das Schweißen von Aluminium-Knetwerkstoffen

Werkstoff	Blech- oder Wanddickenbereich in mm		max. Vorwärmtemperatur °C	max. Vorwärmzeit min
	WIG	MIG		
AlMgSi0,5 AlMgSi1 AlMgSi0,7	≥ 5 bis 12 (> 12)	> 20	180 200 220 250	60 30 20 10
AlZn4,5Mg <sup>1)</sup>	≥ 4 bis 12 (> 12)	> 16	140 160	30 20
AlMg4,5Mn <sup>2)</sup> AlMg3	≥ 6 bis 12 (> 12)	> 16	150 bis 200	10

1) Längeres Verweilen auf Temperaturen zwischen 200 und 300 °C setzt die Fähigkeit des Selbsthärtens herab.

2) IWK-Anfälligkeit beachten!



TECHNOLOGIE CENTER



Brennerarten für Stahl: Bei Aluminium immer nächstgrößeren Brenner verwenden !

Brennerart	Sauerstoffverbrauch l/h	Werkstückdicke mm
<b>Einflammenbrenner</b>		
Größe 2	160	< 15
Größe 4	500	< 15
Größe 5	800	< 15
Größe 6	1250	< 15
Größe 8	2500	< 40
Größe 10	4000	< 40
<b>Mehrflammenbrenner</b>		
Größe 9	4000	30 ... 100
Größe 11	7500	30 ... 100
<b>umschaltbare Brenner</b>		
3/2 Flammen, Größe 3	1000	5 ... 30
5/2 Flammen, Größe 3	1500	5 ... 30
3/2 Flammen, Größe 4	1500	30 ... 60
5/2 Flammen, Größe 4	2500	30 ... 60
<b>Sonderbrenner</b>		> 60

Zur überschlägigen Ermittlung der Temperatur der Richtstelle eignet sich die Beobachtung der Glühfarben der Werkstoffe, siehe Abschnitt 4.5.6. Wenn diese keine Glühfarben zeigen oder wenn sie noch nicht oder nicht deutlich genug erscheinen, kann die überschlägige Ermittlung der Temperatur der Richtstelle in vielen Fällen der Praxis ausreichend genau durch ein kurzes Anreiben geeigneter Mittel erfolgen. Die Rückstände auf der erhitzten Oberfläche verfärben sich in einem bestimmten Temperaturbereich. Dieses Verfahren ist zum Beispiel bei den Aluminiumwerkstoffen seit langem in Anwendung.

Ein Fichtenholzspan erzeugt beim Reiben über eine erwärmte Oberfläche bei 350 °C einen hellbraunen, bei 400 °C einen braunen, bei 450 °C einen dunkelbraunen und bei 500 °C einen schwarzen Strich.

Eine besser abgestufte und genauere Temperaturermittlung bieten die Farbkreiden im Temperaturbereich zwischen 65 und 670 °C. Auch hier werden die Temperaturen durch Farbumschlag entsprechend Tabelle 5 – 3 ermittelt.

Farb-Nr.	Ausgangsfarbe	Umschlagfarbe	Umschlag-Temperatur °C
2815/ 65	rosa	blau	65
2815/ 75	rosa	blaugrün	75
2815/100	rosa	blau	100
2815/120	hellgrün	blau	120
2815/150	grün	violett	150
2815/175	violett	blau	175
2815/200	blau	schwarz	200
2815/220	weiß	gelb	220
2815/280	grün	schwarz	280
2815/300	grün	braun	300
2815/320	grün	weiß	320
2815/350	gelb	rotbraun	350
2815/375	rosa	schwarz	375
2815/420	weiß	braun	420
2815/450	rosa	schwarz	450
2815/500	braun	schwarz	500
2815/600	blau	weiß	600
2815/670	grün	weiß	670

Praxistipp: Zur genaueren Temperaturmessung sind anzeigende Meßgeräte erforderlich,



**TECHNOLOGIE CENTER**



# ANWENDUNGEN DER AUTOMOBILINDUSTRIE

AUDI A2



AUDI A8



**TECHNOLOGIE CENTER**

## ALFA



## LANCIA



Quellennachweis:

DIN 17007 / SLV Duisburg GmbH

Deutscher Verband für Schweißtechnik

Metall-Schutzgasschweißen

Linde Sonderdruck Schutzgasschweißen von Alu

Aluminium-Taschenbuch (Herausgeber: Aluminiumzentrale Düsseldorf)

[www.audi.de](http://www.audi.de)

[www.lancia.at](http://www.lancia.at)

[www.alfa-romeo.at](http://www.alfa-romeo.at)



**TECHNOLOGIE CENTER**

## **ROBACTA DRIVE W/E - AUDI**

---

MIG/MAG  
Roboterschlauchpaket  
wassergekühlt

---

### **ERSATZTEIL- LISTE**

MIG/MAG  
Robot hose pack  
watercooled

---

### **LIST OF SPARE PARTS**

MIG/MAG  
Faisceau robot  
refroidissement par eau

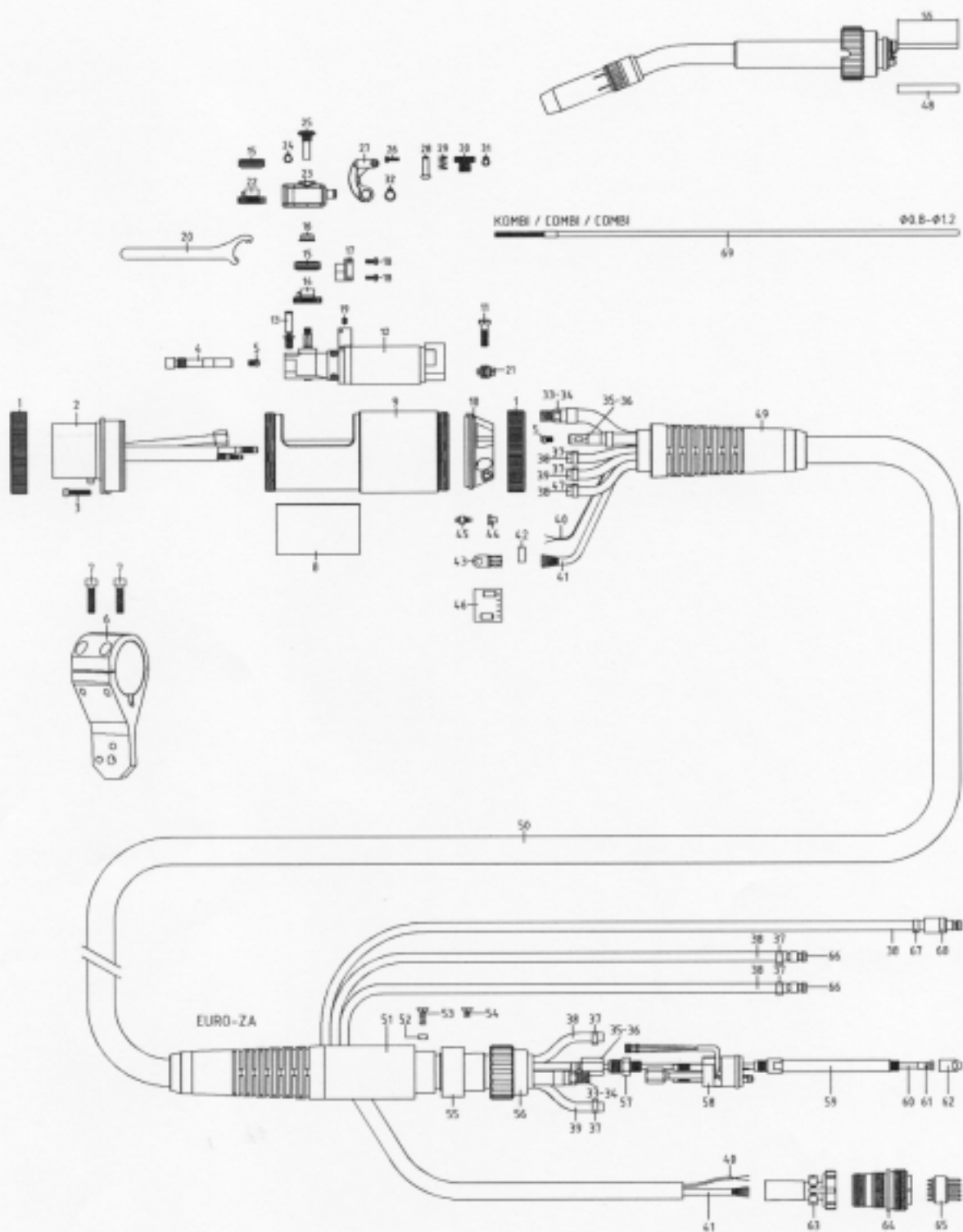
---

### **LISTE DE PIÈCES DE RECHANGE**

42.0415.0185 012000



**TECHNOLOGIE CENTER**



# ROBACTA DRIVE W/E - AUDI

Ersatzteilliste / Spare parts list / Listes de pièces de rechange / Lista de repuestos / Lista de peças sobresselentes / Lista dei Ricambi

1/3

4204150185\_01

012806



TECHNOLOGIE CENTER



POS.	BENENNUNG	ARTICLE	DENOMINATION	
	SCHLAUCHPAKET RA DRIVE EC 4,25M	HOSE PACK RA DRIVE EC-AUDI 4,25M	PAQUET TUYAU RA DRIVE EC-AUDI 4,25M	4,047,305
	SCHLAUCHPAKET RA DRIVE EC 6,75M	HOSE PACK RA DRIVE EC-AUDI 6,75M	PAQUET TUYAU RA DRIVE EC-AUDI 6,75M	4,047,307
1	ÜBERWURFMUTTER M7X1,5 RADRIE	CAP NUT M7X1,5 RA DRIVE	ECROU DE RACCORD M7X1,5	42,0400,1012
2	AUFNAHME RA DRIVE KPL	ADJUSTMENT HOUSING RA DRIVE CPL	DISP DE SERRAGE RA DRIVE CPL	34,0350,1867
3	ISK-SCHRAUBE 912 4x20 VZ	SCREW ISK 912 4X20	VIS 912 4X20	42,0401,0367
4	AUSLAUFSTÜCK D4,5 RA DRIVE	GUIDE PIECE D=4,5 RA DRIVE	BOUT 4,5 RA DRIVE	42,0001,5010
5	AUSLAUFDOSE D=0,8-1,2 RA DRIVE	GUIDE NOZZLE D=0,8-1,2 RA DRIVE	BUSE D=0,8-1,2 RA DRIVE	42,0100,1003
6	HALTESCHELLE D50 RA DRIVE	HOLDING CLAMP D50 RA DRIVE	COLLIER RA DRIVE	32,0201,0045
7	ISK-SCHRAUBE 912 M6x25	SCREW ISK 912 M6x25	VIS ISK 912 M6x25	42,0401,0314
8	DECKEL RA DRIVE	COVER RA DRIVE	COUVERCLE RA DRIVE	42,0201,0050
9	GEHÄUSE RA DRIVE	HOUSING RA DRIVE	ABRI RA DRIVE	32,0201,0047
10	MUFFENKLENME RA DRIVE	SLEEVE CLAMP RA DRIVE	PINCE RA DRIVE	32,0201,0048
11	ISK-SCHRAUBE 6912 6X20 SW	SCREW	VIS	42,0401,0885
12	MOTOR-G 42V 21:1 + OPTOKODIERER	MOTOR 42V 21:1 + ENCODER	MOTEUR-G 42V 21:1-ENCODER	43,0006,0165
13	ACHSE D9,5 RA DRIVE	AXLE 9,5 RA DRIVE	AXE 9,5 RA DRIVE	42,0001,5008
14	TRIEBRAD 2 MZ RA DRIVE	DRIVING WHEEL 2 RA DRIVE	PIGION 2 RA DRIVE	32,0403,0128
15	TRIEBRÖLLE 1,2 RA DRIVE	DRIVING ROLL 1,2 RA DRIVE	ROULEAU MOTRICE 1,2 RA DRIVE	32,0001,5025
16	SPERRZAHNMUTTER M6 VZ	NUT M6	ECROU M6	42,0407,0474
17	SPANNBLOCK RA DRIVE	TENSION BLOCK RA DRIVE	BLOC TENSION RA DRIVE	42,0201,0043
18	LINSENSCHRAUBE 7985 3x8 VZ	SCREW 7985 3x8	VIS 3x8	42,0401,0574
19	GEWINDESTIFT 913 4x6 SW C	THREADED BOLT 913 4x6 VZ	BOULON FILETE	42,0401,0693
20	TRIEBRADSCHLÜSSEL NIRO	DRIVING WHEEL SPANNER	ROULEAU MOTRICE CLE A ECROUS	42,0200,9344
21	STECKDOSE EBB 0,25mm²	PLUG EBB 0,25	Douille EBB 0,25	43,0003,0721
22	TRIEBRAD 1 MZ RA DRIVE	DRIVING WHEEL 1 RA DRIVE	PIGION 1 RA DRIVE	32,0403,0127
23	WIPPE RA DRIVE	LEVER RA DRIVE	LEVIER RA DRIVE	42,0309,7027
24	SICHERUNGSRING 471 A 6X0,7	PROTECTION RING 6X0,7	BAGUE PROTECTION 6X0,7	42,0407,0475
25	ACHSE D15 RA DRIVE	AXLE 15 RA DRIVE	AXE 15 RA DRIVE	42,0001,5013
26	LINSENSCHRAUBE 7985 3x10 VZ	FILL-HEAD CAP SCREW 3X10 VZ	VIS 7985 3X10 VZ	42,0401,0318
27	SCHWENKEBEL RA DRIVE	PIVOTED LEVER RA DRIVE	LEVIER RA DRIVE	42,0201,0042
28	DRUCKSTÜCK RA-DRIVE	PRESSURE PIECE RA DRIVE	PIECE DE PRESSION	42,0001,5012
29	FEDERDRUCK 1,25x8,30x12,00x3,5	PRESSURE SPRING	PLUME PRESSION	42,0404,0312
30	VERSTELLSCHRAUBE RA DRIVE	ADJUSTING SCREW	VIS DE REGLAGE	42,0001,5009
31	SICHERUNGSRING 471 A 5X0,6	PROTECTION RING	BAGUE PROTECTION	42,0407,0470
32	SICHERUNGSRING 471 A 8x1 SW	PROTECTION RING	BAGUE PROTECTION	42,0407,0292
33	STROMK. W 164,25M RA DRIVE	CURRENT CABLE W164,25M RA DRIVE	CABLE DE COURANT W164,25M RA DRIVE	44,0350,1918
34	STROMK. W 166,75M RA DRIVE	CURRENT CABLE W166,75M RA DRIVE	CABLE DE COURANT W166,75M RA DRIVE	44,0350,1919
35	DRAHTF.SCHL. 6/9 4,25M RA DRIVE	WIRE FEED HOSE 6/9 4,25M RA DRIVE	TUYAU FIL 6/9 4,25M RA DRIVE	44,0350,1920
36	DRAHTF.SCHL. 6/9 6,75M RA DRIVE	WIRE FEED HOSE 6/9 6,75M RA DRIVE	TUYAU FIL 6/9 6,75M RA DRIVE	44,0350,1921
37	KLEMME 10HR M. EINLAGE 9,5	HOSE CLAMP 10HR W/INSERT 9,5	COLLIER SERRAGE A/INSERT 9,5	42,0407,0284
38	SCHLAUCH GUMMI M3 5x1,5 SW X)	RUBBER HOSE 5X1,5 X)	TUYAU CAOUTCHOUC 5X1,5 X)	40,0001,0352
39	SCHLAUCH VINNY 5x1,5 SCHWARZ X)	HOSE VINNY 5x1,5 BLACK X)	TUYAU VINNY 5X1,5 NOIR X)	40,0001,0310
40	STEUERL. 2X0,5 S200 GR	CONTROLE LINE 2X0,5	CABLE DE CONTROLE 2X0,5	43,0004,1784
41	STEUERL. 7X0,34 S368 C	CONTROLE LINE 7X0,34	CABLE DE CONTROLE 7X0,34	43,0004,1785
42	QUETSCHHÜLSE D14D12x6 AW3612M	PINCH CONTACT D=14D=12x6	CONTACT POINT 12x6	42,0001,2167
43	KABELSCHUH 16 5	CABLE FITTING 16 5	RACCORD DE CABLE	41,0008,0104
44	DICHTKAPPE U1831 SCHWARZ	CAP BLACK	COFFE NOIR	42,0406,0314
45	MINIATURTASTER 9533NCD	MINIATURE-TRIGGER 9533NCD	BOUTON EN MINIATURE	43,0002,0306
46	PRINT KONV	PC-BOARD CONV	PO-PLANCH CONV	4,070,638
47	KLEMME 10HR ROSTFREI 08,0-005R	HOSE CLAMP 10HR W/INSERT 8,7	COLLIER DE SERRAGE AVEC	42,0407,0272
48	ABLÄNGROHR RA DRIVE	CUT TO LENGTH TUBE RA DRIVE	TUBE POUR ECOURTER RA DRIVE	42,0001,5014
49	SCHLAUCHMUFFE RA-DRIVE	HOSE SLEEVE RA DRIVE	MANCHON TUYAU RA DRIVE	32,0402,1007
50	SCHLAUCH SCHUTZ MG 32x1,5 SW X)	PROTECTION HOSE 32X1,5 X)	TUYAU PROTECTION 32X1,5 X)	40,0001,0386
51	SCHLAUCHMUFFE FROJEURO	HOSE SLEEVE F/E	MANCHON TUYAU F/E	32,0402,1004
52	4KANT-MUTTER 557 M5 VZ	NUT 557 M5	ECROU 557 M5	42,0400,0321
53	SENK-SCHRAUBE KS 965A 5x12 VZ	SCREW 965A 4x8	VIS 965A 5X12	42,0401,0509
54	SENK-SCHRAUBE KS 965A 4x8 VZ	SCREWING VERTICAL 963 4x8	VIS 965A 4X8	42,0401,0220
55	ZWISCHENHÜLSE F SCHLAUCHM EURO	CONNECTION SLEEVE EURO	DOUILLE EURO	42,0405,1009
56	ÜBERWURFMUTTER M33x2/D=49x34	CAP NUT M33x2/D=49x34	ECROU DE FIXATION M33x2/49x34	42,0400,0146
57	ANSCHLUSSTÜCK EURO-ZA	CONN PART AL225-E	PIECE CONNEXION RACC. EURO	42,0001,2168
58	ZENTRALA. W BINZEL KPL BREN.S.	CENTRAL CONNECTION CPL	CONNECTION CENTRALE	44,0001,0370
59	DRAHTLAUFROHR RA DRIVE AUDI	WIRE INFEED TUBE RA DRIVE AUDI	TUYAU ENTREE FIL RA DRIVE AUDI	42,0001,5200
60	DRAHTF. SEELE G 2,5x1 X)	WIRE-GUIDE IN LIN 2,5X1 X)	FIL GUIDE GR X)	40,0001,0054
61	HALTENIPPEL 4,7	RETAINING NIPPLE 4,7	RACCORD DE RETENUE 4,7	42,0001,2339
62	DRAHTDOSE RA DRIVE AUDI	WIRE NOZZLE RA DRIVE AUDI	BUSE FIL RA DRIVE AUDI	42,0001,5201
63	ZUGENTLASTUNG GEHÄUSE 20	TRACTION RELEASE	ECROU FREIN	42,0407,0081



#### ROBACTA DRIVE W/E - AUDI

Ersatzteilliste / Spare parts list / Listes de pièces de rechange / Lista de repuestos / Lista de peças sobresselentes / Lista dei Ricambi

2/3

4204150185\_01

013060



TECHNOLOGIE CENTER

POS.	BENENNUNG	ARTICLE	DENOMINATION	
64	STECKERGEHÄUSE 20	PLUG HOUSING 20	LOGEMENT PRISE	43,0003,0254
65	STECKEREINSATZ 20 14	PLUG INSERT 20 14	PRISE INTERNE 20 14	43,0003,0250
66	STECKNIPPEL EINZELPM-CAST.	STICK-NIPPEL 9X31	RACCORD FILETE 9X31	42,0001,1506
67	KLEMME 10HR M. EINLAGE 10,5	HOSE CLAMP 1EAR W INSERT 10,5	COLLIER SERRAGE AV INSERT 10,5	42,0407,0273
68	SCHLAUCHANSCHL NIPPEL 21SBTF	HOSE CONNECTION NIPPLE	RACCORD TUYAU	44,0001,0483
69	DRAHTF. EING. G/B 2X1,25 0,42M	WIRE GUIDE INSERT G/B 2X1,25 0,42M	PIECE D'ESPACEMENT G/B 2X1,25 0,42M	44,0350,1897

X)	BITTE LÄNGE ANGEBEN	PLEASE INDICATE LENGTH	INDIQUEZ LA LONGUEUR, SVP
----	---------------------	------------------------	---------------------------



ROBACTA DRIVE W/E - AUDI

Ersatzteilliste / Spare parts list / Listes de pièces de rechange / Lista de repuestos / Lista de peças sobresselentes / Lista dei Ricambi

39

4204150185\_01

01/2000



TECHNOLOGIE CENTER

# PROGRAM-TABLE VARIOSTAR 317

Aluminium AlMg5 Ø 1,0  
Set voltage stages and WFS




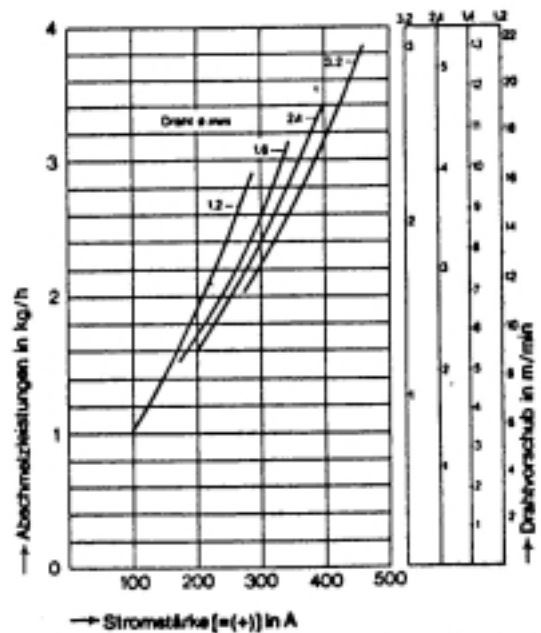
AlMg5		Argon											50Hz	Ø
	2 - 4				5 - 8								1,0	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
	6	7,5	10	12	14	16	17	17,5	17	18	18	max.		
I [A]	70	90	115	135	155	175	180	180	180	200	210	240		
U [V]	14	14,3	14,5	14,8	15,1	16,9	17,5	18,5	20	22	24,5	26		
	B													

Bild 7

Drahtvorschub und Abschmelzleistung beim MIG-Schweißen  
(nach Linde, Höllriegelskreuth)



## Auszug aus der Sonderprogrammliste TPS

Programm	Type	DIN
11	Al99,5	SG-Al99,5
2	Alloy 2319 Al	
17	AlMg4,5Mn	SG-AlMg4,5Mn
3	AlMg4,5MnZr	SG-AlMg4MnZr
16	AlMg5	SG-AlMg6
13	AlSi12	SG-AlSi12
19	AlSi5	SG-AlSi5
1	AlZn5,8Mg1,4	

Liste wird ständig aktualisiert, für genauere Informationen kontaktieren Sie Ihren Fronius Techniker.



**TECHNOLOGIE CENTER**