

# MAG-Schweißen: So machen es die Profis

Profi-Tipps und eine Checkliste zum Ausdrucken

- 01. Historisches
- 02. Lichtbogenarten
- 03. Schutzgase und Drahtelektroden
- 04. Schweißanlage
- 05. Einstellhinweise
- 06. Nahtausbildung
- 07. Fehlervermeidung
- 08. Zusammenfassung
- 09. Checkliste

# 01 Historisches



Das Patent für das Verfahren, was wir heute als MSG-Verfahren bezeichnen, wurde am 21. Januar 1949 an Müller, Gibson und Anderson von der Air Reduction Company (AIRCO), für eine Erfindung erteilt, das sie SIGMA (Shielded Inert) Gas-Metall-Lichtbogenschweißen nannten.

Der zur Beschreibung dieses Prozesses am häufigsten verwendete Begriff ist MSG-Schweißen (Metall-Schutzgas Schweißen). Der Begriff MIG (Metall Inert Gas) wird verwendet, wenn ein vollständig inertes Schutzgas, z. B. Argon oder Helium und deren Gemische, zum Einsatz kommt. MAG (Metall Aktiv Gas) wird verwendet, wenn das Schutzgas auch aktive Bestandteile wie Kohlendioxid und oder Sauerstoff enthält. In den USA wird häufig der Begriff GMAW (Gas Metal Arc Welding) verwendet, der sowohl die Verwendung von inerten als auch von aktiven Schutzgasen umfasst.

Ursprünglich war das Verfahren zum Schweißen von Aluminium und seinen Legierungen unter Verwendung von reinem Argon- oder Helium-Schutzgas konzipiert, wurde dann jedoch konsequent zu dem heute bekannten Verfahren weiterentwickelt, mit dem eine breite Palette von Eisen- und Nichteisenmetallen und -legierungen geschweißt werden können.

## Vorteile des Verfahrens

- ✓ Einsetzbar für fast alle gängigen Konstruktionswerkstoffe
- ✓ Verzugsarmes Schweißen im Dünoblechbereich (Kurzlichtbogen)
- ✓ Hohe Abschmelzleistung (Schweißgeschwindigkeit) bei dicken Blechen
- ✓ Gute Möglichkeiten zum Mechanisieren (Roboterschweißen)
- ✓ Wirtschaftlicher als das Elektrodenhandschweißen
- ✓ MAG- Hochleistungsschweißen möglich
- ✓ Jede geforderte Qualität der Schweißverbindung möglich
- ✓ Schweißen mit Impulslichtbogen möglich

Beim MAG-Schweißen wird die von einem Lichtbogen (meist Gleichstrom) erzeugte Wärme verwendet, um das Metall im Nahtbereich zu schmelzen, und eine stoffschlüssige Verbindung zu erzeugen. Der Lichtbogen wird zwischen einem kontinuierlich zugeführten, festen, abschmelzendem Zusatzwerkstoff in Form eines Massiv- oder Fülldrahtes und dem Werkstück gezündet, wodurch sowohl der Zusatzwerkstoff als auch das Werkstück in unmittelbarer Nähe verbunden werden. Der gesamte Lichtbogenbereich ist von einem aktiven Schutzgas abgedeckt, das das geschmolzene Schweißbad vor der Atmosphäre schützt.

Normalerweise werden Gleichstromquellen mit Konstantspannungscharakteristik zur Erzeugung des Schweißstroms verwendet, wobei der Zusatzwerkstoff meist positiv gepolt wird und das Werkstück mit dem negativen Anschluss verbunden ist. Die Drahtvorschubeinheit fördert den Zusatzwerkstoff in Form eines Drahtes von einer Spule oder aus einem Fass kontinuierlich und führt ihn mit der aufgabenabhängigen Drahtfördergeschwindigkeit durch den Schweißbrenner zur Fügestelle. Der Lichtbogen ist Zusatzwerkstoff und Lichtbogenansatzpunkt.

Im wasser- oder gasgekühlten Schweißbrenner wird der Schweißstrom mittels einer Stromkontaktdüse bzw. eines Stromkontaktrohrs aus einer Kupferlegierung auf den Draht übertragen. Ein Gasdiffusor verteilt das Schutzgas gleichmäßig mittels einer Schutzgasdüse in den Schweißbereich. Der Abstand zwischen Stromkontaktrohr relativ zur Schweißnahtoberfläche wird als Stick-Out oder Drahtelektrodenlänge bezeichnet. Der Stick-Out, auch Kontaktrohrabstand genannt, hat maßgeblichen Einfluss Schweißergebnis.

Die Eigenschaften des MAG-Prozesses hängen maßgeblich von der verwendeten Lichtbogenart ab, die von der Drahtvorschubgeschwindigkeit (Strom), Spannung und Schutzgaszusammensetzung abhängt. Sie hat einen erheblichen Einfluss auf die Schweißgeschwindigkeit und die Schweißqualität und damit auf die Wirtschaftlichkeit des Prozesses.

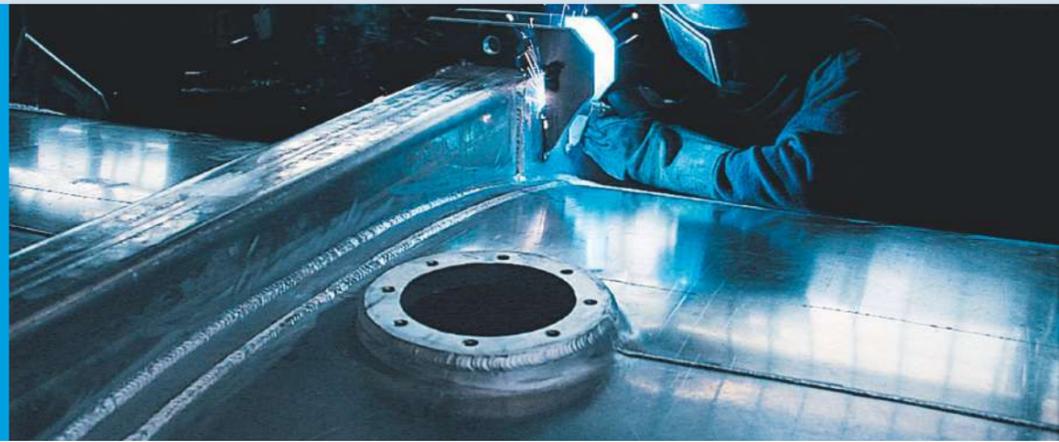
## Die häufigsten Lichtbogenarten sind:

- ☑ Kurzlichtbogen
- ☑ Übergangslichtbogen oder Mischlichtbogen
- ☑ Sprühlichtbogen
- ☑ Impulslichtbogen

Andere Lichtbogenarten wie der "rotierender Lichtbogen" sind technisch ebenfalls möglich, werden jedoch nicht in großem Umfang verwendet.

Der Arbeitsbereich, in dem jede Lichtbogenart arbeitet, hängt von der Drahtzusammensetzung, seinem Durchmesser, dem verwendeten Schutzgas, den verwendeten Drahtvorschubgeschwindigkeiten (Schweißstrom) und der verwendeten Schweißspannung ab. Eine Zusammenfassung der Eigenschaften der wichtigsten Lichtbogenarten enthält die nachfolgende Tabelle.

## 02 Lichtbogenarten



Lichtbogenart	Bemerkung	Werkstoffübergang	Spritzerbildung	Anwendung
Kurzlichtbogen	Geringe Wärmeeinbringung, geringe Abschmelzleistung	Im Kurzschluss, grobtropfig	Gering	Dünoblechbereich (bis 3 mm), Zwangslagen, Wurzelschweißung
Übergangslichtbogen	Mittlere Leistung	Zum Teil im Kurzschluss	Stärker	Mittlere Blechdicken, Zwangslagen
Sprühlichtbogen	Hohe Abschmelzleistung	Kurzschlussfrei, feinstropfig	Gering	Mittlere und dicke Bleche in PA (Füll- und Decklagen)
Impulslichtbogen	Höhere Wärmeeinbringung als beim Kurzlichtbogen	Kurzschlussfrei, 1 - Tropfen pro Impuls	Sehr gering	Großer Arbeitsbereich (dünne und dicke Bleche)

## Kurzlichtbogen

Beim Kurzlichtbogen wird der Draht geschmolzen und es bildet sich eine Kugel an dessen Unterseite (auch als Kalotte bezeichnet). Dadurch bildet sich oberhalb dieser Kalotte eine Einschnürung. Die Stromdichte an dieser Stelle erhöht sich, wodurch gleichzeitig die Temperatur deutlich ansteigt. Der so genannte Pinch-Effekt löst den daraus resultierende Tropfen ab und dieser geht ins Schweißbad über.

Der Lichtbogen hält den Strom aufrecht und erzeugt gleichzeitig genügend Wärme, um das Schweißbad geschmolzen zu halten. Während der Draht kontinuierlich weiter in Richtung Schweißbad geführt wird, wiederholt sich der Zyklus. Die Häufigkeit, mit der dies auftritt, kann bis zu 200 mal pro Sekunde betragen, die normale Frequenz beträgt 40 bis 70 mal pro Sekunde.

Der geringe Strom und der relativ kalte Draht gewährleisten einen geringen Wärmeeintrag und begrenzen die Größe des Schweißbades. Aus diesen Gründen eignet sich der Kurzlichtbogen für Zwangslagen wie steigendes Schweißen und zum Verbinden von dünnem Blechmaterial, wie auch dem Wurzelschweißen. Der hohe Stromstoß vor dem Aufbrechen des Kurzschlusses kann zu Spritzern führen. Dies kann jedoch durch Auswahl des richtigen Schutzgases und Einstellung der Betriebsparameter reduziert werden.

## Übergangslichtbogen

Der Übergangslichtbogen erfolgt bei Strömen, die im Allgemeinen höher sind als beim Kurzlichtbogen, und ist ein Zwischenmodus zwischen Kurzlichtbogen und Sprühlichtbogen. Typisch dafür ist die Bildung sehr großer Tröpfchen, die sich hauptsächlich durch die Schwerkraft vom Drahtende lösen. Die Übertragung ist oft unregelmäßig und instabil, was dazu führt, dass große Mengen an Spritzern erzeugt werden. Ergebnis können entsprechende Nahtfehler sein.

## Sprühlichtbogen

Der Sprühlichtbogen erfolgt bei höheren Strömen und Spannungen als die vorher genannten Lichtbögen und kann am leichtesten in hoch argonhaltigen Schutzgasen erreicht werden.

Beim Sprühlichtbogen wird mit zunehmender Stromdichte am Ende des Zusatzdrahtes ein Lichtbogen gebildet, der sich verjüngt und einen Strom kleiner Metalltröpfchen erzeugt, die im Allgemeinen ungefähr die gleiche Größe wie der Durchmesser des Drahtes haben.

Die Tröpfchengröße und -frequenz kann durch die Zusammensetzung des verwendeten Schutzgases beeinflusst werden. Der Lichtbogen brennt stabil, die Spritzeranzahl ist niedrig. Die Tropfen gehen sprayartig ohne Kurzschlüsse in das Schmelzbad über.

Diese Übertragungsart ermöglicht das Erreichen hoher Abschmelzleistungen und wird aufgrund der Fließfähigkeit des Schweißbades normalerweise nur für Füll- und Decklagen (PA, PB) sowie für Kehlnähte verwendet.

## Impulslichtbogen

Mit hoch entwickelten, elektronisch gesteuerten Schweißstromquellen wie Inverterstromquellen ist es möglich, einen Lichtbogen zu erzeugen, bei dem einzelne Tröpfchen erzeugt werden. Dieser Modus wird als Impulslichtbogen bezeichnet.

Der Impulslichtbogen ist kurzschlussfrei. Die Tröpfchen werden während des Hochstromimpulses übertragen, im Allgemeinen ein Metalltröpfchen für jede Stromspitze, während ein niedriger Grundstrom den Lichtbogen zwischen den Impulsen aufrechterhält.

Mit dieser Art der Übertragung können eine hervorragende Lichtbogenstabilität und vernachlässigbare Spritzer erreicht werden. Durch Variieren der Höhe und Breite des Impulses kann ein breiter Bereich von Schweißaufgaben abgedeckt werden.



Für das MAG-Schweißen von Baustählen mit Massivdrahtelektroden sind alle Schutzgase der CORGON®-Reihe und CO<sub>2</sub> geeignet. CORGON® 18 (M21-ArC-18 nach ISO 14175) ist das universelle Schweißschutzgas mit guten Schweißigenschaften und tiefem Einbrand. Es ist auch an verzünderten Oberflächen gut einsetzbar. Die geeigneten Mischgase unterscheiden sich in Schweißverhalten, Schweißdateneinstellung, Nahtformung, Einbrand und Eignung für die Schweißpositionen.

## Schutzgasverbrauch:

- ✓ Kurzlichtbogen (KLB): 10–12 l/min
- ✓ Sprüh- und Impulslichtbogen (SLB): 15–20 l/min

Die benötigte Schutzgasmenge wird entweder am Druckminderer mit Manometer (Abb.1) und entsprechend geeichter Kapillare oder mit einem Durchflussmengenmesser (Abb.2) in [l/min] eingestellt.

Die eingestellte Schutzgasmenge sollte von Zeit zu Zeit mit einem Gasmessröhrchen (Abb.3) an der Schutzgasdüse kontrolliert werden. Eine geeignete Massivdrahtelektrode zum MAG-Schweißen un- und niedriglegierter Stähle mit CORGON® 18 ist 3Si1 nach ISO 14341-A. Die mechanisch-technologischen Eigenschaften des Schweißguts sind von den Draht-Gas-Kombinationen abhängig. Diese Werte nach ISO 14341-A finden sich in den Datenblättern der Hersteller von Drahtelektroden.





## Leistung der Stromquelle

Zu schweißende Blechdicke [mm]	Empfohlene Drahtelektrode D [mm]	Einstellbereich der Stromquelle 100 % ED	Empfohlene Brennerkühlung Gas/Wasser
0,65...2,0	0,8	150...180A	Gas
Bis 3,0	0,8...1,0	180...250A	Gas (Wasser)
Bis 5,0	0,8...1,0	250A	Wasser
Bis 8,0	1,0...1,2*	350A	Wasser
Über 8,0	1,0*/1,4*/1,6*	350...450A	Wasser

\*) Gilt auch für Fülldrahtelektroden

Stromquellenauswahl nach Blechdicke (Werkstoff: Stahl)

## Bauformen

MAG-Schweißanlagen werden je nach Bedarf in unterschiedlichen Bauformen geliefert – zum Beispiel als Kompaktanlage für den Einsatz in Schweißkabinen, mit Push-Pull-Antrieb für vergrößerte Arbeitsbereiche (6–12m) oder als tragbarer Inverter (Abbildung).



Quelle: CEA S.P.A.

Linde ist ein Firmenname, der von Linde plc und den mit ihr verbundenen Unternehmen verwendet wird. Das Linde Logo, das Wort Linde und CORGON, COMPETENCE LINE, PERFORMANCE LINE sind Marken oder registrierte Marken der Linde plc oder der mit ihr verbundenen Unternehmen. Copyright © 2020. Linde plc.



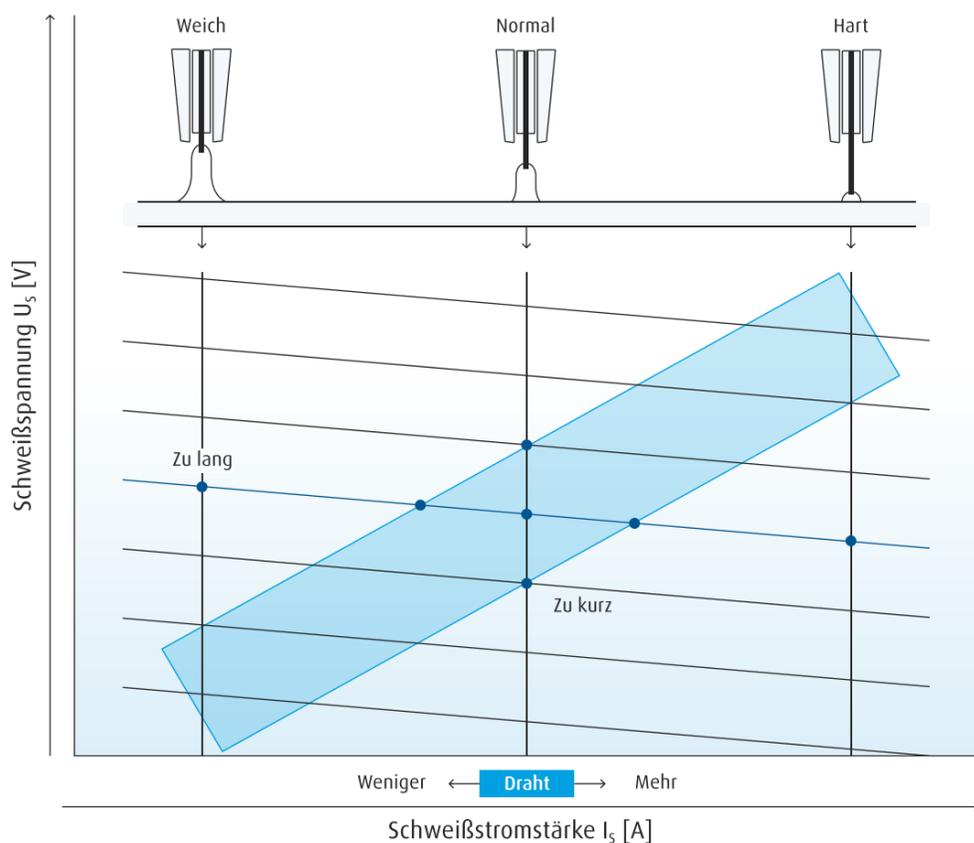
## Lichtbogenarten und Anwendungen abhängig vom Drahtdurchmesser.

Draht $\varnothing$ [mm]	Kurzlichtbogen		Zwischenbereich		Sprühlichtbogen	
	Strom [A]	Spannung [U]	Strom [A]	Spannung [U]	Strom [A]	Spannung [U]
0,8	50-130	14-18	110-150	18-22	140-180	23-28
1,0	70-160	16-19	130-200	18-24	180-250	24-30
1,2	120-200	17-20	170-250	19-26	220-340	25-32
Anwendung	Dünnbleche in allen Positionen. Mittlere Bleche in Zwangslagen. Wurzelschweißen an Blechen und Rohren, auch in Zwangslagen.		Mittlerer Blechdickenbereich in Normallage, Kehlnähte auch als Füllnaht.		Mittlere und dickere Bleche (Füll- und Decklagen sowie Kehlnähte), Position PA und PB. Vollmechanisches Schweißen mit höheren Geschwindigkeiten auch bei dünneren Blechen.	

Hinweis: Günstige Schweißigenschaften werden nur bei richtiger Abstimmung von Drahtvorschubgeschwindigkeit (Strom) und Spannung, d.h. der Wahl des richtigen Arbeitspunktes, erreicht.

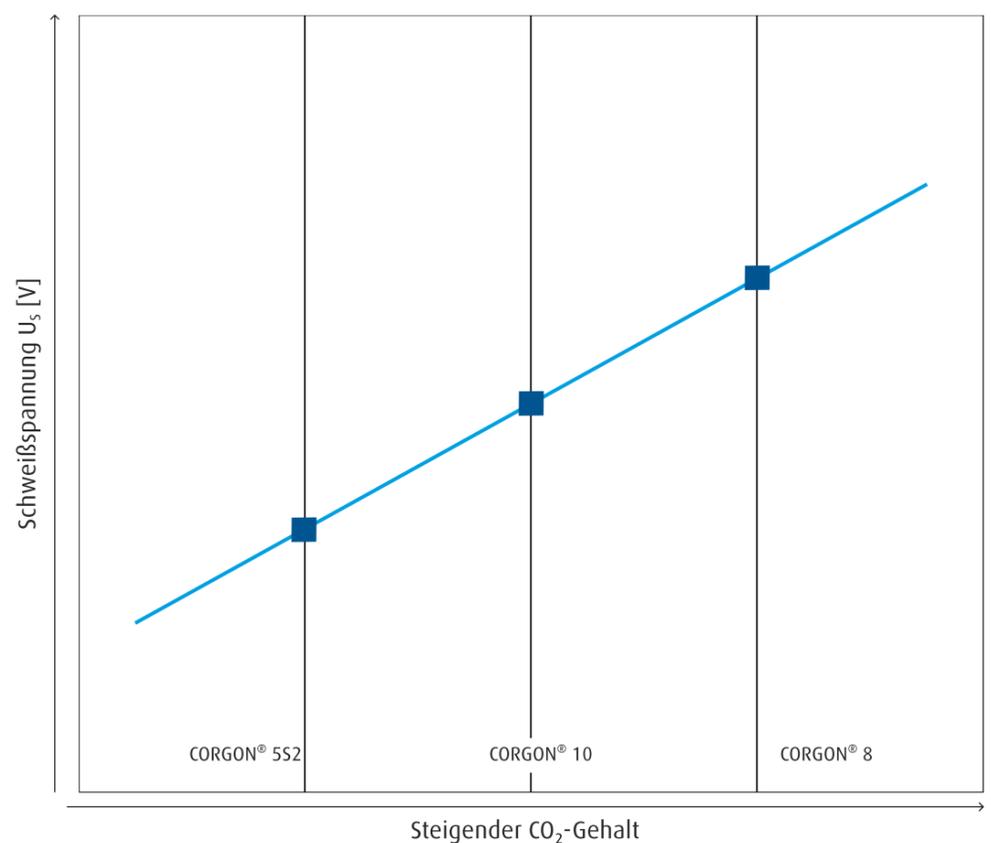
## Einfluss der Drahtvorschubänderung auf Arbeitspunkt und Lichtbogenlänge

### Lichtbogengeräusch



**Drahtvorschub konstant: Höhere Spannung  $\rightarrow$  Längerer Lichtbogen, Niedrigere Spannung  $\rightarrow$  Kürzerer Lichtbogen**

**Spannung konstant: Mehr Draht  $\rightarrow$  Kürzerer Lichtbogen (höherer Strom), Weniger Draht  $\rightarrow$  Längerer Lichtbogen (niedrigerer Strom)**

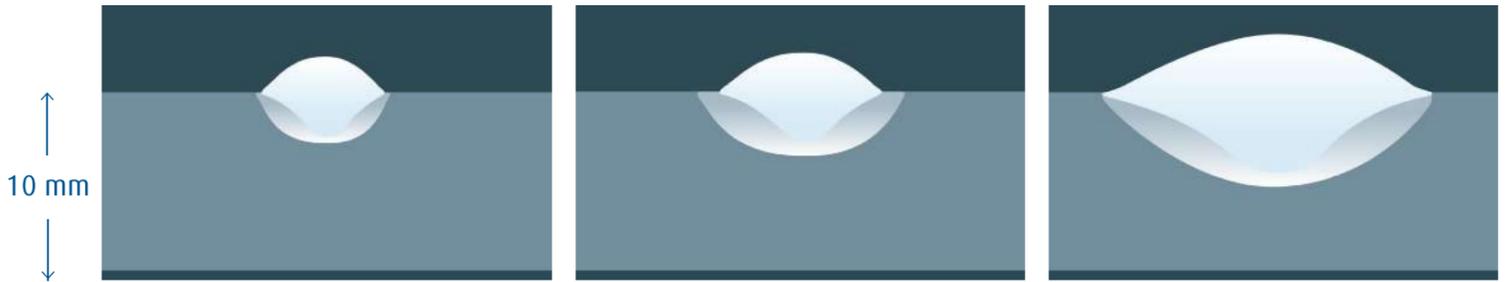


Anpassung der Schweißspannung bei Schutzgasen mit unterschiedlichem  $\text{CO}_2$ -Gehalt zum Schweißen von un- und niedriglegierten Stählen. Einstellwerte finden sich auf dem Linde-Schweißdatenschieber für die CORGON® Schweißschutzgase (Art.-Nr. 43589222).



## Lichtbogenleistung

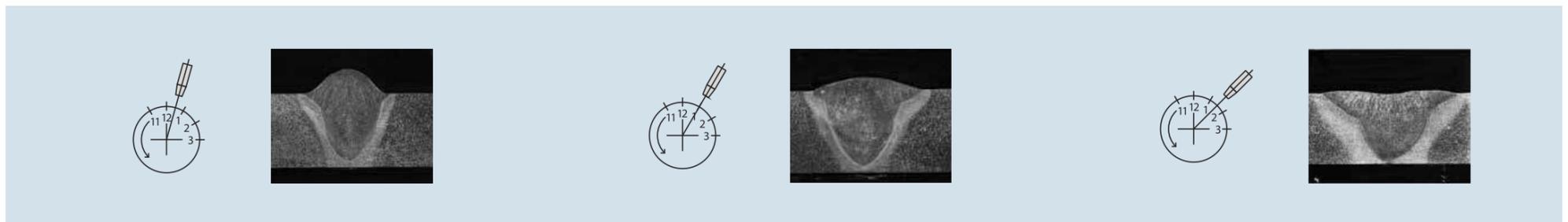
Mit zunehmender Leistung (Drahtvorschub und Spannung) wird der Einbrand gesteigert.



<b>Strom</b>	150 A	220 A	300 A
<b>Spannung</b>	19 V	23 V	30 V
<b>Drahtvorschub</b>	2,8 m/min	5,2 m/min	9,5 m/min

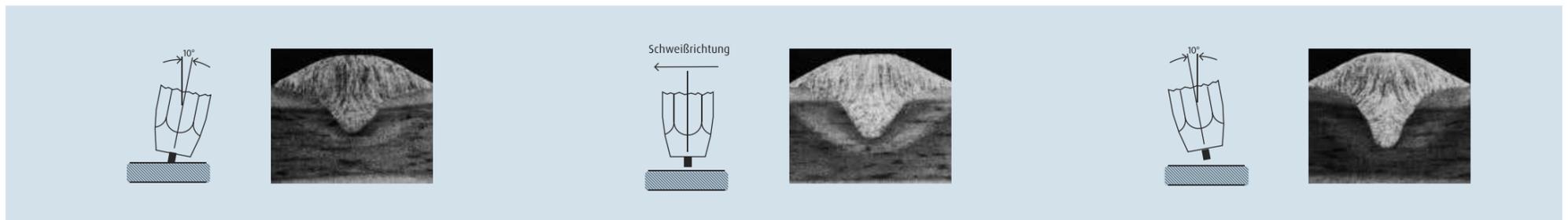
## Schweißposition (Rundnaht – Stumpfnah)

- ☑ Bei der Brennerstellung „zu nah bei 12 Uhr“ erstarrt die Naht auf der abfallenden Seite – sie schiebt sich auf und wird überwölbt.
- ☑ Bei der Brennerstellung „ca. 1 Uhr“ (abhängig auch von der Schweißgeschwindigkeit) erstarrt die Naht im Zenit und hat ein gleichmäßiges Profil.
- ☑ Bei der Brennerstellung „zu weit vor 12 Uhr“ erstarrt die Naht auf der ansteigenden Seite, flüssiges Schweißbad läuft in den Lichtbogen, wird auseinandergedrückt, breiter und unterwölbt – Bindefehlergefahr. Wichtig: Bei Stellung 3 wird der Einbrand verringert



## Brenneranstellung

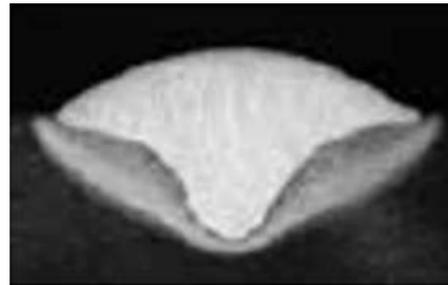
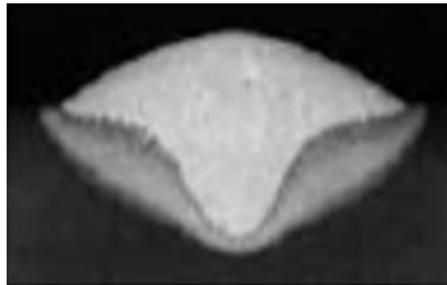
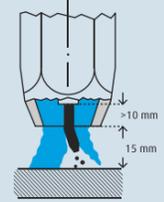
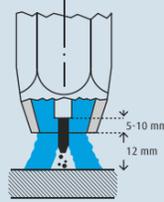
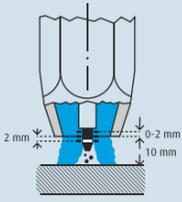
Über die Brenneranstellung („stehend“ – „neutral“ – „schleppend“) kann die äußere Nahtform beeinflusst werden.



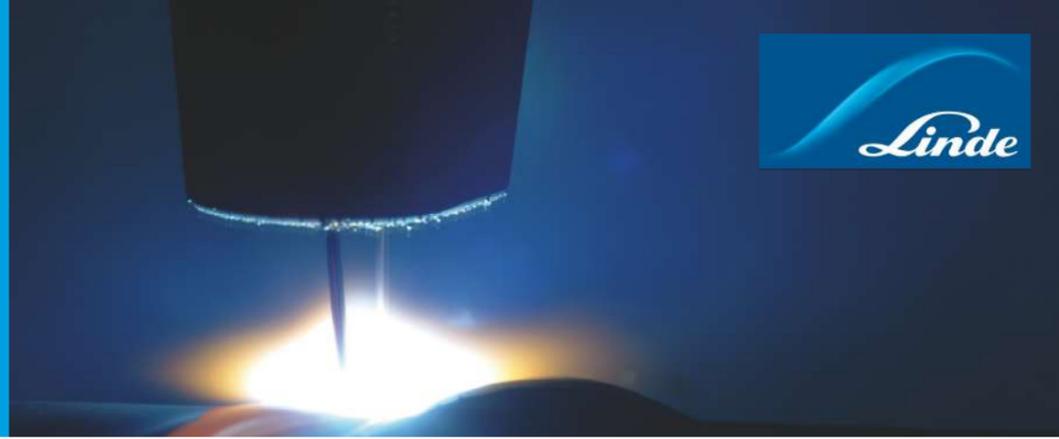


## Kontaktrohrabstand

Wichtig: Der Einbrand ändert sich deutlich, wenn der Kontaktrohrabstand geändert wird.



Einbrandtiefe	5,7 mm	5,2 mm	4,3 mm
Strom	300 A	288 A	270 A
Spannung	30 V	31 V	32 V
Drahtvorschub	9,5 m/min	9,5 m/min	9,5 m/min



## Poren durch verstopfte Gasaustrittsöffnungen

### Gasaustritt verstopft

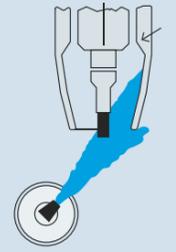
Der Sprühnebel darf nicht die Gasaustrittsöffnung erreichen, da sonst Schweißspritzer gebunden werden



Düsen-spray

### Gasaustritt frei

Nur am Düsenrand verhindert der Sprühnebel das starke Ansetzen von Schweißspritzern und erleichtert die Reinigung



Düsen-spray

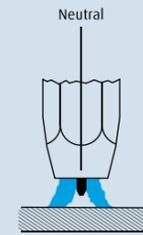
## Poren durch falsche Brennerhaltung



Falsch



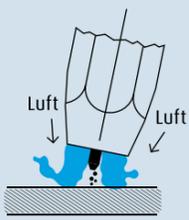
Richtig



Falsch

## Poren durch falsche Gasmenge

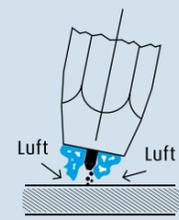
Kurzlichtbogen (KLB)	20 l/min	10 l/min	5 l/min
Sprühlichtbogen (SLB)	30 l/min	15 l/min	8 l/min



Falsch



Richtig

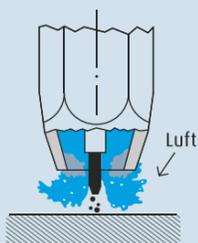


Falsch

## Poren durch Spritzer an der Schutzgasdüse

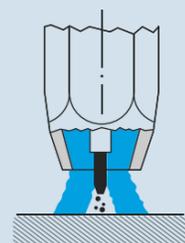
### Falsch

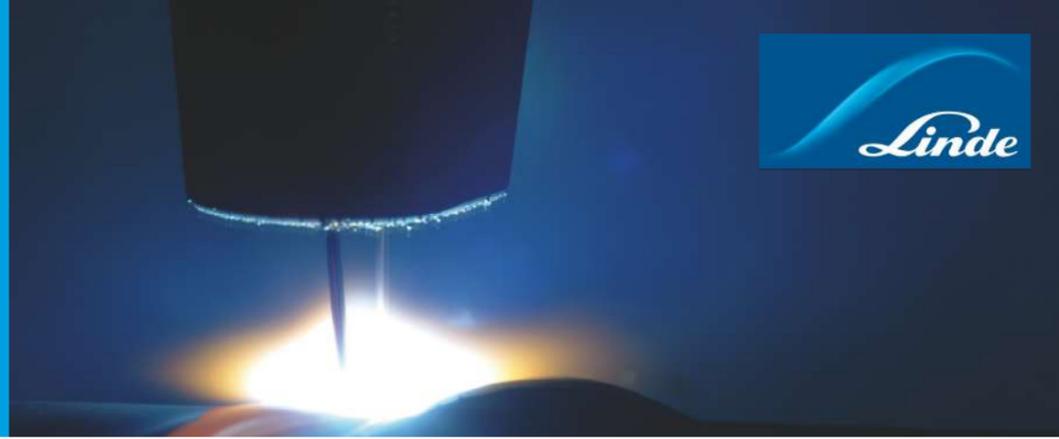
Strömung eingeengt und verwirbelt



### Richtig

Strömung laminar





- ✓ Das Metallschutzgasschweißen (MSG) ist eines der vielseitigsten und am weitesten verbreiteten Schweißverfahren.
- ✓ Beim MSG-Schweißen wird die durch einen Lichtbogen erzeugte Wärme zum Verbinden der Fügepartner verwendet
- ✓ Der Zusatzwerkstoff wird kontinuierlich dem Schweißbad zugeführt und wird dabei durch eine Gasabschirmung geschützt
- ✓ Schutzgase können vollständig inert sein oder aktive Komponenten enthalten, wobei die Wahl vom zu schweißenden Material abhängt
- ✓ Das Verfahren eignet sich zum Schweißen aller gängigen Materialien und ebenso auch weniger gebräuchlicher Materialien

## Gesundheit und Sicherheit

Während der Verwendung des MSG-Verfahrens bestehen verschiedene Arten von Sicherheitsrisiken.

### Diese schließen ein:

- Elektrisch, aufgrund falscher Verkabelung oder aufgrund schlechter Erdung.
- Emission von Rauch und gasförmigen Dämpfen .
- Lichtbogenverbrennungen, die durch die hohe UV- und IR- Strahlung verursacht werden, die durch den Prozess erzeugt wird.
- Verbrennungen durch heißes Metall, das aus dem Schweißprozess ausgestoßen wird.
- Potential von Erstickung, wenn die Arbeit in engen Räumen durchgeführt wird.

# Checkliste

- ✓ Einstellungen prüfen
  - ✓ Drahtdurchmesser passt zur Aufgabenstellung?
  - ✓ Drahtförderrollen stimmen mit Drahtdurchmesser überein
  - ✓ Passt der Zusatzwerkstoff zum Grundmaterial?
  - ✓ Ist die Draht/ Gas Kombination richtig?
- ✓ Korrekte Nahtvorbereitung
- ✓ Material metallisch blank, geschliffen, kein Rost, keine Farbe auf der Oberfläche
- ✓ Passt die gewählte Lichtbogenart zur Aufgabenstellung  
(z.B. kein Sprühlichtbogen bei Zwangslagen?)
- ✓ Schlauchpaketlänge so kurz wie möglich halten
- ✓ PVC Schläuche mit Gewebeeinlage vermeiden
- ✓ Mischgase mit geringer Aktivgaskomponente reduzieren Staub- und Rauchanteile
- ✓ Schutzgasmenge richtig eingestellt? Faustformel Drahtdurchmesser x 10 in Liter/ Minute
- ✓ Gasaustrittsöffnungen am Brenner sind frei
- ✓ Gasströmung ist laminar
- ✓ Tragen Sie die richtige Arbeitsschutzbekleidung