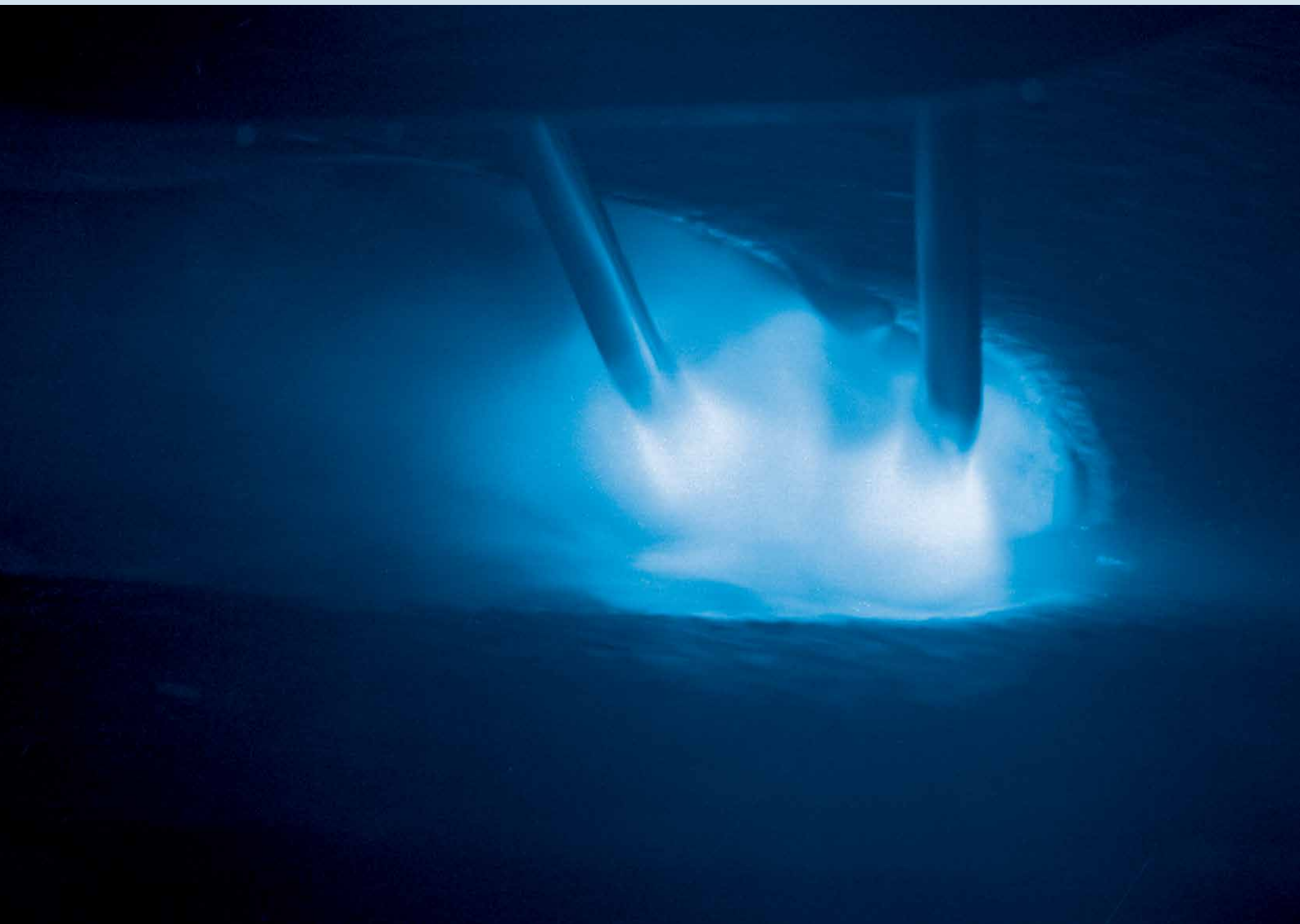




# Schweissen verbindet.

Schweiss-, Schneid- und Schutzgase.



# Inhaltsverzeichnis.

- 4 Eigenschaften von Schutzgaskomponenten
- 6 Schutzgase zum MAG-Schweissen
- 9 Lichtbogenarten
- 11 Schutzgase zum MAG-Hochleistungsschweissen
- 14 Schutzgase zum MAG-Schweissen nicht rostender Stähle
- 16 Schutzgase für das MIG-Schweissen
- 19 Schutzgase zum MSG-Löten
- 20 Schutzgase für das WIG-Schweissen
- 24 Oxidation vermeiden durch Wurzelschutzgase
- 26 Schutzgase für das Laserstrahlschweissen
- 28 Gase für das Laserschneiden
- 30 Schutzgase zum Plasmaschweissen
- 31 Gase für das Plasmaschneiden
- 32 Schutzgase für das Bolzenschweissen mit Hubzündung
- 33 Gase für die Autogentechnik
- 37 Die richtigen Schutzgase für jedes Schweissverfahren
- 38 Zusammensetzung der Linde-Schutzgase
- 39 Literaturhinweise

# Schweissschutzgase von Linde.

## Für hochwertige und wirtschaftliche Schweissnähte.

**Linde-Schweissschutzgase für die Verfahren MIG-MAG und WIG sind in zwei Kategorien erhältlich, die wir Competence-Line und Performance-Line nennen. Nachfolgend möchten wir Ihnen kurz die kennzeichnenden Merkmale dieser Produktlinien vorstellen.**

### Competence-Line

Diese Kategorie umfasst alle Schweissschutzgase, die für vorwiegend manuelle Anwendungen der Schweissverfahren MIG-MAG und WIG eingesetzt werden und mit denen sich in Verbindung mit modernen Schweissmaschinen und den geeigneten Zusatzwerkstoffen hochwertige Schweissnähte erzeugen lassen. Diese Schutzgase sind seit längerer Zeit auf dem Markt etabliert und haben sich bewährt. Sie ermöglichen ein zuverlässiges und reproduzierbares Arbeiten und werden von vielen Geräteherstellern empfohlen. Schutzgase der Competence-Line basieren auf dem Edelgas Argon mit weiteren Bestandteilen, die für saubere Schweissnähte mit gutem Einbrand verantwortlich sind. Hierbei handelt es sich um Zusätze von Sauerstoff, Kohlendioxid oder Stickstoff.

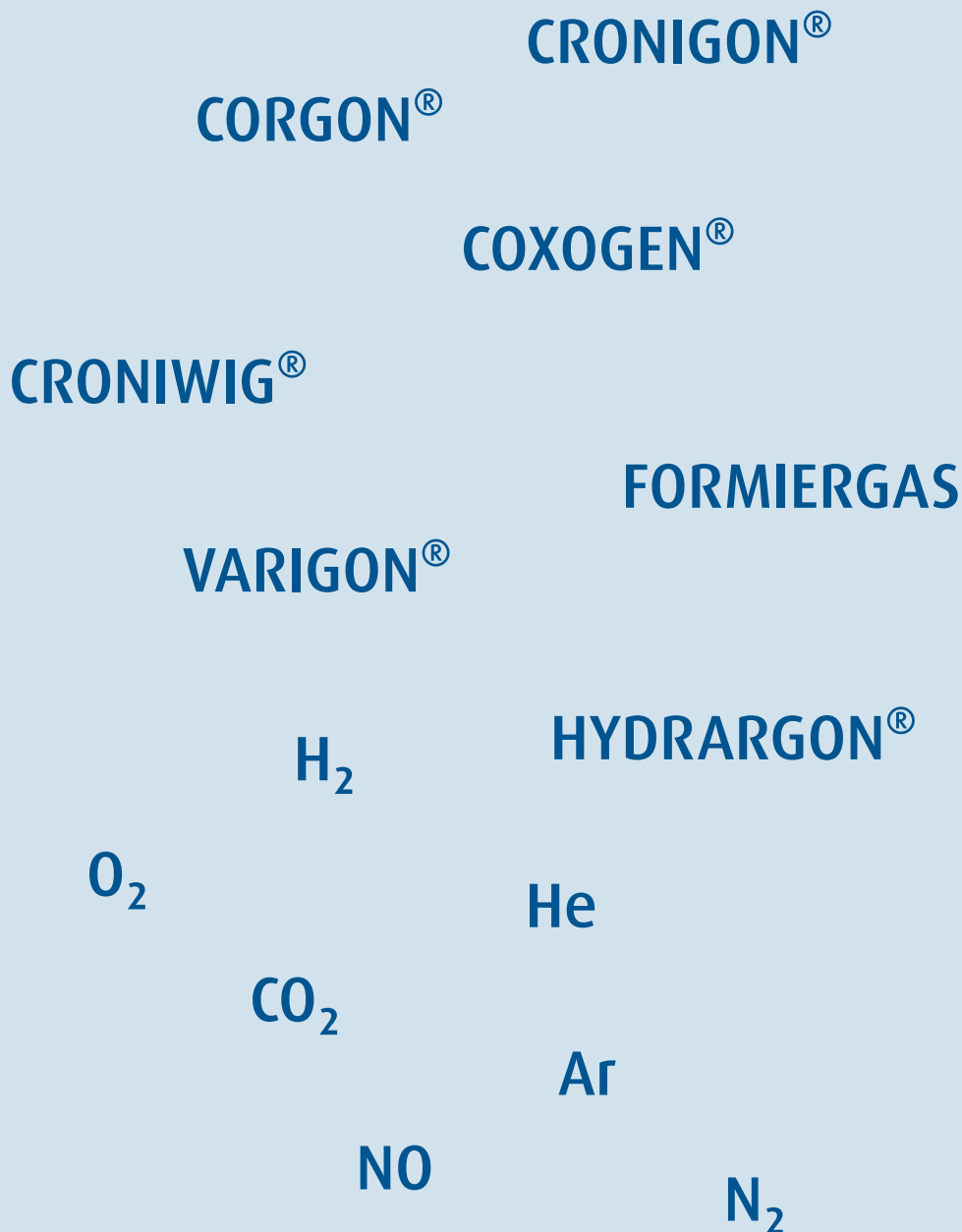
### Performance-Line

In der Schweissttechnik sind – wie in allen anderen Bereichen auch – immer mehr auch wirtschaftliche Überlegungen im Spiel. Diesem Trend folgend wurden vermehrt Schutzgase entwickelt, welche die Wärmebilanz im Lichtbogen entscheidend verbessern und somit höhere Schweissgeschwindigkeiten und einen tieferen Einbrand ermöglichen. Hierfür haben sich Zusätze von Helium oder Wasserstoff aufgrund ihrer hervorragenden Wärmeleitung als besonders wirksam erwiesen. Die Schweissschutzgase, die wir unter der Bezeichnung Performance-Line herstellen und liefern, sind daher vor allem für MIG-MAG- und WIG-Schweissungen konzipiert, bei denen mit höheren Schweissgeschwindigkeiten teils manuell, jedoch bevorzugt vollmechanisch oder automatisiert gearbeitet wird. Wo es auf Qualität und Leistung gleichzeitig ankommt, sind diese Schutzgase genau die Richtigen. Weiterhin sind diese Schutzgasmischungen auch die Antwort auf immer weiter spezialisierte Zusatzwerkstoffe, die mit Standard-schutzgasen nicht immer optimal geschweisst werden können. Selbstverständlich können auch Spezialmischungen entwickelt werden, die auf den jeweiligen Kundenbedarf individuell abgestimmt sind.

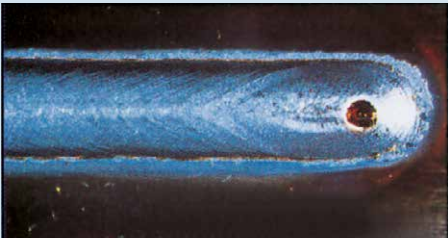
Fragen Sie die Spezialisten von Linde, und Sie können mit kompetenter Beratung und Unterstützung rechnen. Unsere Schweisskurse in Ecublens, Winterthur und Dagmersellen, die wir auch nach Ihren individuellen Anforderungen konzipieren können, eröffnen Ihnen ein zeitgemässes schweisstechnisches Know-how.

## Eigenschaften von Schutzgaskomponenten.

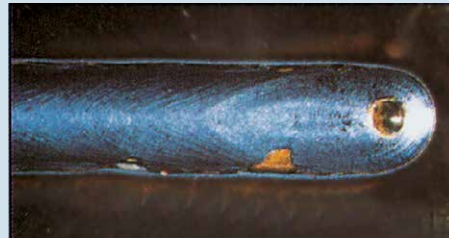
Die Schweißschutzgase sind aus wenigen, wirkungsvollen Komponenten zusammengesetzt. Das Know-how zur Wirkungsweise und die richtige Mischung sind das Geheimnis für hochqualitative Schweißnähte.



## Chemische Eigenschaften



Schlackebildung bei unterschiedlichen  $\text{CO}_2$ -Anteilen,  
Argon + 5 %  $\text{CO}_2$



CORGON® 18



CORGON®-Mischgase für sicherheitsrelevante  
Bauteile in der PW-Produktion

## Schutzgase gezielt einsetzen

Mithilfe von Schutzgasen kann der Schweißprozess vielfältig beeinflusst und anwendungsspezifisch optimiert werden. Deshalb sollten die Schutzgase ganz gezielt gemäss ihren Eigenschaften eingesetzt werden. Hierzu ist es erforderlich, dass die Gasart bzw. das Gasgemisch entsprechend den gewünschten Wirkungseffekten ausgewählt wird. Die Optimierungsmöglichkeiten umfassen nahezu alle für den Schweißprozess relevanten Faktoren:

### Physikalische Gaseigenschaften

Physikalische Gaseigenschaften wirken auf Werkstoffübergang, Einbrandtiefe, Einbrandform, Schweißgeschwindigkeit und Zündverhalten. Gase mit geringerer Ionisationsenergie, wie beispielsweise Argon, erleichtern das Zünden und das Stabilisieren des Lichtbogens im Vergleich zu Gasen mit höherer Ionisationsenergie wie Helium. Dagegen ist Helium beim Laserstrahlschweißen besser zur Kontrolle des Plasmas und somit zur Kontrolle der Einschweisstiefe geeignet. Die Dissoziationsenergie mehratomiger Zumischkomponenten erhöht den Wärmeeintrag in den Grundwerkstoff durch die bei der Rekombination frei werdende Energie.

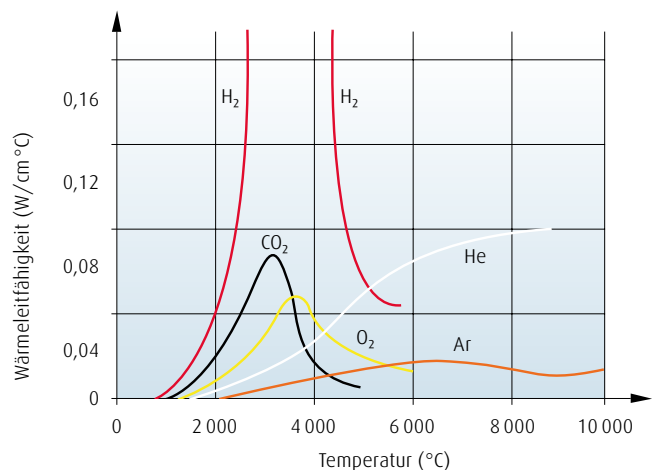
### Wärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit beeinflusst Nahtformung, Schweißbadtemperatur, Benetzungsverhalten, Schweißbadentgasung und Schweißgeschwindigkeit. So lassen sich Schweißgeschwindigkeit und Einbrandverhalten beim MIG- und WIG-Schweißen von Aluminiumwerkstoffen durch Helium-Zugabe beachtlich steigern. Beim WIG-Schweißen rostbeständiger Stähle wird der gleiche Effekt durch die Zugabe von Wasserstoff erzielt.

### Chemische Eigenschaften

Chemische Eigenschaften beeinflussen das metallurgische Verhalten und die Nahtoberfläche der Schweißnaht. So führt Sauerstoff beispielsweise zu Abbrand von Legierungselementen und zu dünnflüssigen Schmelzbädern, zu viel Kohlendioxid dagegen zu Zubrand von Kohlenstoff bei legierten Werkstoffen.

Argon und Helium verhalten sich metallurgisch neutral, während Wasserstoff reduzierend wirkt.



Grafik 1: Wärmeleitfähigkeit technischer Gase bei hohen Temperaturen

Tabelle 1: Physikalische Eigenschaften verschiedener Gase

Gas	Dissoziationsenergie in eV/Molekül	Ionisationsenergie in eV/Molekül
$\text{H}_2$	4,5	13,6
$\text{O}_2$	5,1	13,6
$\text{CO}_2$	4,3	14,4
$\text{N}_2$	9,8	14,5
He		24,6
Ar		15,8
Kr		14,0

## Schutzgase zum MAG-Schweissen.

Viele Konstruktionen und Maschinen bestehen aus Baustählen. Ihre Belastbarkeit hängt von erstklassigen Schweissnähten ab, die häufig mit dem MAG-Verfahren erzeugt werden. Das richtige Schweissgas ist dabei von entscheidender Bedeutung.

### Das Prinzip des MAG-Schweissens

Das Prinzip des MAG-Schweissens von Baustählen besteht darin, einen Stahldraht durch eine Schweisspistole zu führen und im Lichtbogen aufzuschmelzen. Dabei ist der Draht zugleich stromführende Elektrode und Schweisszusatzwerkstoff. Der Lichtbogen und das Schmelzbad werden durch das Schutzgas geschützt. Neben inerten Gasen, in der Regel Argon, enthält es auch aktive Bestandteile, vor allem Kohlendioxid und Sauerstoff, in Mengen, die der jeweiligen Schweissaufgabe gerecht werden müssen.

### Das MAG-Schweissen unlegierter Baustähle

Für das MAG-Schweissen von unlegierter Baustähle werden verschiedene, nachfolgend aufgeführte Schutzgase von Linde mit gutem Erfolg eingesetzt:

Competence-Line	Performance-Line
COXOGEN® 5/5	CRONIGON® He20
CORGON® 15/5	
COXOGEN® 10	
COXOGEN® 15	
CORGON® 18	

Diese Schutzgase sind auch für Rohrstähle, Feinkornbaustähle sowie für niedrig legierte Einsatz- und Vergütungsstähle aller Art geeignet.

### Schweisszusätze

Schweisszusätze als Massivdrähte sind in der Norm EN ISO 14341 und als Fülldrähte in EN ISO 17632 beschrieben. Für höher feste Feinkornbaustähle bietet das DVS-Merkblatt 0916 nützliche Schweisszusatz-Empfehlungen.



Tabelle 2: Eigenschaften von Schutzgastypen

Eigenschaften	Ar/CO <sub>2</sub>	Ar/O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
Einbrand in Normalposition	gut	gut	gut
Eignung für Zwangslagen (s, f)	sicherer mit zunehmendem CO <sub>2</sub> -Gehalt	kann kritisch werden wegen Vorlaufens des dünnflüssigen Schweißbades (Gefahr von Bindefehlern)	sehr sicher
Thermische Brennerbelastung	geringer werdend mit zunehmendem CO <sub>2</sub> -Gehalt	hoch, Leistung kann wegen zu heissen Brenners eingeschränkt werden	gering wegen guter Wärmeleitfähigkeit
Oxidationsgrad	steigend mit zunehmendem CO <sub>2</sub> -Gehalt	hoch z. B. bei 8 % O <sub>2</sub>	hoch
Neigung zu Porosität	geringer werdend mit zunehmendem CO <sub>2</sub> -Gehalt	am empfindlichsten	sicher
Spaltüberbrückbarkeit	besser werdend mit abnehmendem CO <sub>2</sub> -Gehalt	gut	schlechter als bei den Mischgasen
Spritzerauswurf	steigend mit zunehmendem CO <sub>2</sub> -Gehalt	spritzerarm	grösster Spritzerauswurf, steigend mit zunehmender Leistung
Wärmeeinbringung	grösser werdend mit zunehmendem CO <sub>2</sub> -Gehalt	am geringsten	hoch
	Abkühlgeschwindigkeit niedriger, Rissgefahr durch Aufhärtung geringer	Abkühlgeschwindigkeit hoch, Rissgefahr durch Aufhärtung grösser	Abkühlgeschwindigkeit gering, Rissgefahr durch Aufhärtung gering
Lichtbogenart <sup>1</sup>	KLB ÜLB SLB ILB/CO <sub>2</sub> -Anteile max. 20–25 % HL-KLB	KLB ÜLB SLB ILB HL-KLB RLB	KLB LLB

Die hier dargestellten Eigenschaften der verschiedenen Schweißschutzgase bestimmen ihren Einsatz in der Praxis. Die Universalität der ArCO<sub>2</sub>-Gemische bzw. der ArCO<sub>2</sub>-Sauerstoffgemische hat zu deren dominierender Anwendung geführt. Helium-Zusätze erweitern den Anwendungsbereich.

<sup>1</sup> siehe S. 10



Einsatz von CORGON® 15/5 beim MAG-Roboterschweissen



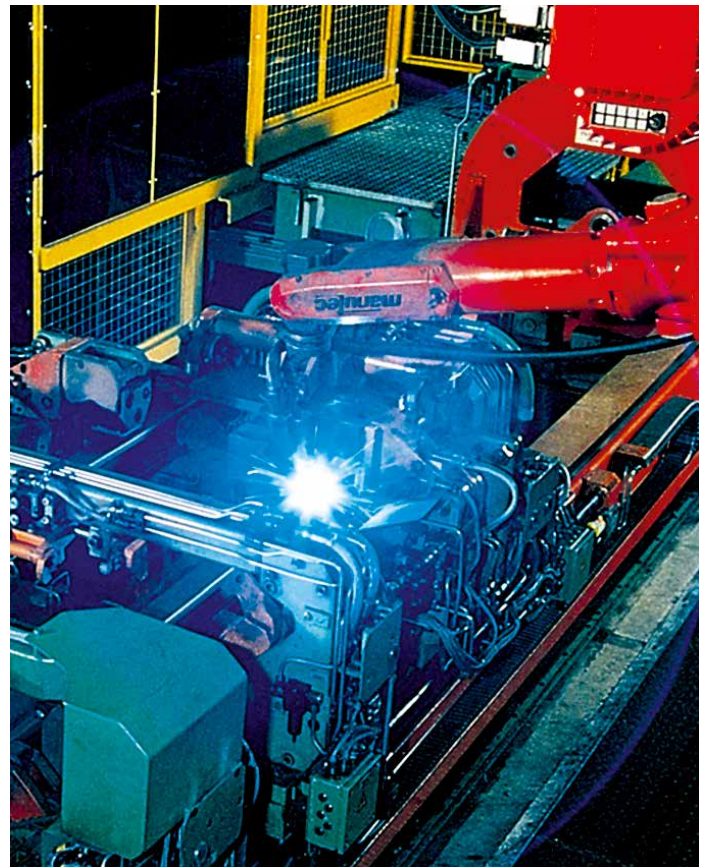
Manuelles MAG-HL-Schweissen im schweren Maschinenbau mit CORGON® He-Gemischen

### Eigenschaften der Schutzgase

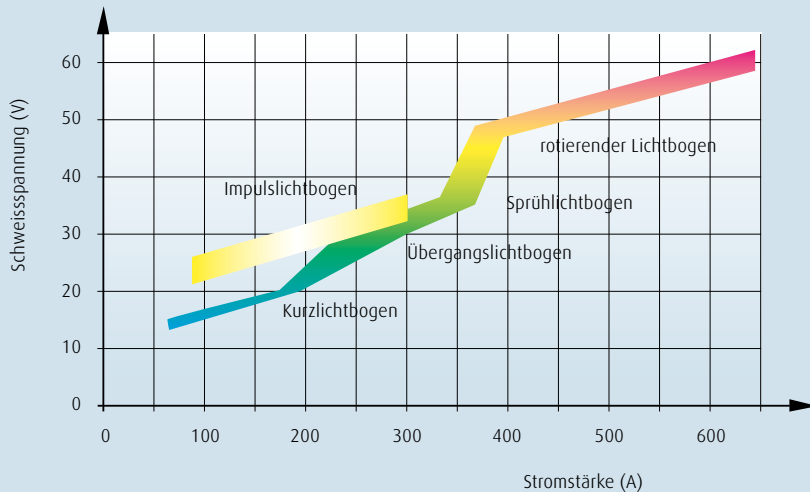
Die Eigenschaften der Schutzgase zum MAG-Schweissen unterscheiden sich je nach deren Zusammensetzung. Ausserdem beeinflusst ihre Zusammensetzung die mechanisch-technologischen Eigenschaften des Schweißgutes und die Nahtgeometrie.

Entscheidend werden die mechanisch-technologischen Güterwerte vom Stickstoff- und Sauerstoffgehalt des Schweißgutes geprägt, da diese Gase mit gewissen chemischen Elementen aus dem Werkstoff zu Nitriden und Oxiden reagieren. Verbleiben diese in der Metall-Matrix, können sie als nicht metallische Einschlüsse die Zähigkeit des Werkstoffs herabsetzen.

Der Sauerstoffgehalt des Schweißgutes wird besonders durch das Schutzgas beeinflusst. Reines CO<sub>2</sub> wurde als Schutzgas zu Beginn der Schutzgasteknik häufig verwendet. Es induziert jedoch einen Sauerstoffgehalt von 600 bis 800 ppm im Schweißgut. Die zusätzlich im Draht frei werdenden Sauerstoffmengen spielen dabei keine Rolle mehr. Das Schweißgut hat bei diesen Sauerstoffkonzentrationen sehr viele oxidische Einschlüsse und weist grobnadeligen Ferrit im Schweißgut auf. Die Kerbschlagarbeit des Schweißgutes für die Werkstoff-Zähigkeit ist dabei eher mässig. Argonreiche Mischgase führen dagegen zu einem geringeren Sauerstoffgehalt von 350 bis 450 ppm im Schweißgut. Hierdurch sind wenige oxidische Einschlüsse im Schweißgut vorhanden, und es bildet sich feinnadeliger Ferrit im Gefüge aus. Die Kerbschlagarbeit erreicht höhere Werte. In Kombination mit einem sehr niedrigen Stickstoff-Anteil, welcher aber in erster Linie von der verwendeten Drahtelektrode beeinflusst wird, ergibt sich eine sehr gute Kerbschlagzähigkeit auch bei tiefen Prüftemperaturen.



Einsatz von CORGON® 18 beim Roboterschweissen von Hubmasten



Grafik 2: MSG-Lichtbogenbereiche (schematisch)

## Lichtbogenarten.

Die Metall-Schutzgas-Technik mit abschmelzender Drahtelektrode ermöglicht durch die Wahl von Schutzgas und Schweißparametern verschiedene Lichtbogentypen, die sich in der Art des Werkstoffübergangs deutlich voneinander unterscheiden. Entscheidend für die richtige Wahl der Lichtbogenart sind Blechdicke, Schweißposition und Schutzgastyp.



#### 1. Reihe

links: Kurzlichtbogen

Mitte: Übergangslichtbogen (ÜLB)  
oder Langlichtbogen (LLB)

rechts: Sprühlichtbogen (SLB)

#### 2. Reihe:

Mitte: Hochleistungs-Lichtbogen (HL) rotierend

rechts: Impulslichtbogen (ILB)



## Lichtbogenarten – Wirkung und Anwendungsbereiche

### Kurzlichtbogen (KLB)

Der Kurzlichtbogen (KLB) wird für dünne Bleche, Zwangslagen- und Wurzelschweißungen im niedrigen Leistungsbereich verwendet. Der Werkstoffübergang erfolgt mit geringer Spritzerbildung im Kurzschluss.

### Übergangslichtbogen (ÜLB)

Der Übergangslichtbogen (ÜLB) wird für mittlere Leistung beim MAG-Schweißen mittlerer Blechdicken unter Argon-Mischgasen bevorzugt. Der Werkstoffübergang erfolgt grobtropfig, teilweise im Kurzschluss, jedoch mit geringerer Spritzerbildung als beim LLB unter Kohlendioxid.

### Langlichtbogen (LLB)

Im Langlichtbogen (LLB) werden mit hohen Leistungen grössere Wanddicken unter Kohlendioxid MAG-geschweisst. Der Werkstoffübergang ist grobtropfig und spritzerbehaftet.

### Sprühlichtbogen (SLB)

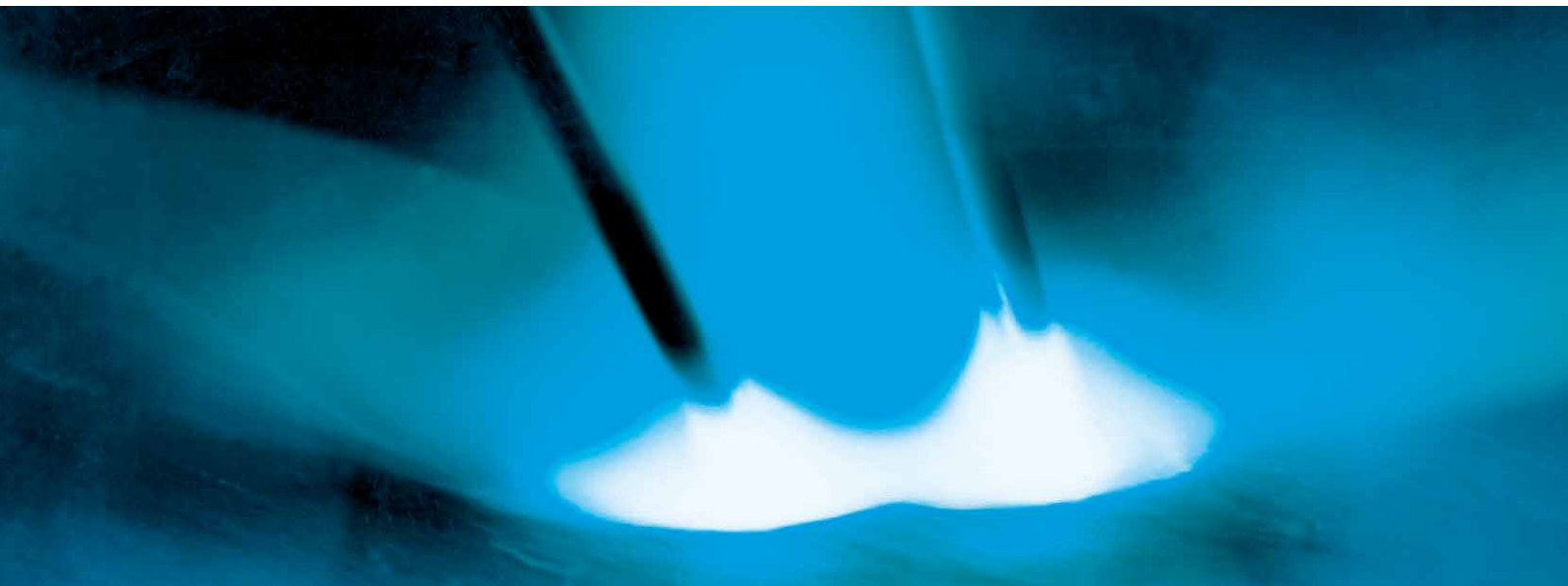
Der Sprühlichtbogen (SLB) erlaubt unter Argon-Mischgasen grosse Abschmelzleistungen und höhere Schweissgeschwindigkeiten bei grösseren Wanddicken. Der Werkstoffübergang erfolgt feintropfig, ohne Kurzschlüsse und ist sehr spritzerarm. Mit CO<sub>2</sub> als Schweissgas ist der Sprühlichtbogen nicht möglich.

### Hochleistungs-Lichtbogenarten (HL)

Die Hochleistungs-Lichtbogenarten (HL) werden für sehr hohe Abschmelzleistungen und Schweissgeschwindigkeiten unter speziellen Argon-Mischgasen mit Helium-Anteilen verwendet. Je nach Schutzgaszusammensetzung stellen sich unterschiedliche Lichtbogenarten und Werkstoffübergänge ein: Man kann einen Hochleistungs-Kurzlichtbogen (HL-KLB), einen Hochleistungs-Sprühlichtbogen (HL-SLB) und einen rotierenden Lichtbogen (RLB) voneinander unterscheiden.

### Impulslichtbogen (ILB)

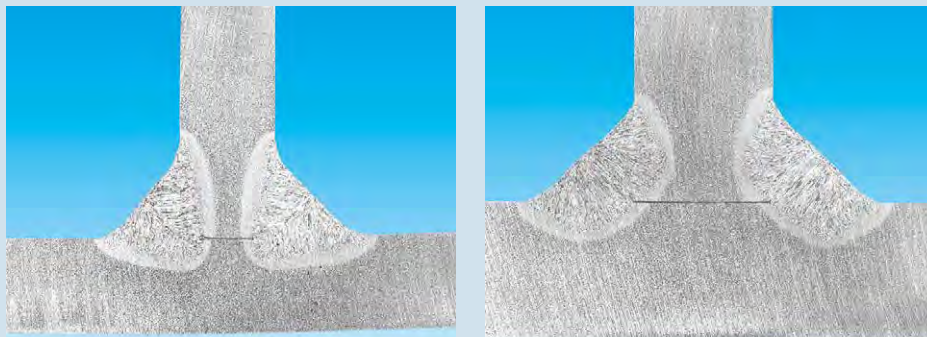
Der Impulslichtbogen (ILB) ist generell für alle Leistungsbereiche beim MIG- und MAG-Schweißen unter argonreichen Mischgasen einsetzbar. Bevorzugt wird er für den mittleren Leistungsbereich anstelle des Übergangslichtbogens verwendet. Der Werkstoffübergang erfolgt kurzschlussfrei, mit definierter Tropfenbildung pro Impuls. Der Impulslichtbogen weist die geringste Spritzerbildung im Vergleich zu allen anderen Lichtbogenarten auf. Der Einsatz des Impulslichtbogens unter CO<sub>2</sub> ist nicht möglich, da Kohlendioxid einen punktförmigen Lichtbogenansatz bewirkt und die Tropfen-Einschnürung (Pinch-Effekt) unterdrückt wird. Der Schweissguttropfen wird durch eine nach oben gerichtete Kraftkomponente hochgedrückt, und es erfolgt ein nicht gewünschter grobtropfiger Werkstoffübergang.



**Schutzgase zum MAG-Hochleistungsschweißen.**  
Hohe Produktivität und erstklassige Qualität der Schweißnaht:  
Beim MAG-Hochleistungsschweißen erreicht man beides  
mit prozessangepassten Schutzgasen.



### Einbrandverhalten abhängig vom Drahtvorschub



Gabelstapler-Hubmasten werden wirtschaftlich und mit sehr hoher Nahtqualität mit heliumhaltigen Schutzgasen geschweisst.

Das MAG-Hochleistungsschweißen wird seit einigen Jahren erfolgreich im schweren Maschinen-, Brücken- und Fahrzeugbau verwendet und erhöht die Abschmelzleistung gegenüber dem konventionellen Sprühlichtbogen beachtlich. Neben speziellen Schutzgasen werden Stromquellen mit hoher Leistung und einem präzise geregelten Drahtvorschub benötigt.

Die nachfolgenden Schutzgase wurden speziell für das MAG-Hochleistungsschweißen entwickelt, ein MAG-Verfahren mit erhöhten Drahtvorschubwerten und erhöhter Abschmelzleistung.

Competence-Line	Performance-Line
CORGON® S5	CORGON® He30

#### CORGON® S5

CORGON® S5 als sauerstoffhaltiges Schutzgas stabilisiert den rotierenden Hochleistungslichtbogen (bewirkt einen breiten Flankeneinbrand) in einem weiten Leistungsbereich.

#### CORGON® He30

CORGON® He30 als 3-Komponenten-Schutzgas wird mit Vorteil dann eingesetzt, wenn mit Sprühlichtbogen oder Impulslichtbogen im HL-Bereich gearbeitet wird. Dieses Schutzgas ist auch im MAG-Tandem-Verfahren einsetzbar.

Tabelle 3: Schweißparameter anhand von zwei Beispielen

Beispiel 1		Beispiel 2
10 mm	Blechdicke	15 mm
1,2 mm	Drahtdurchmesser	1,2 mm
5,5 mm	a-Mass	7 mm
PA (w)	Schweißposition	PA (w)
15 m/min	Drahtvorschub	25 m/min
8,0 kg/h	Abschmelzleistung	13,3 kg/h
365 A	Schweißstrom	446 A
37,5 V	Schweißspannung	44,5 V
0,45 m/min	Schweißgeschwindigkeit	0,50 m/min



**Schutzgase zum MAG-Schweißen nicht rostender Stähle.**  
Die Verarbeitung korrosionsbeständiger Edelstähle ist eine besondere Herausforderung: Mit den richtigen Schweisschutzgasen wird diese Aufgabe technisch und wirtschaftlich optimal gelöst.



#### MAG-Schweißen eines plattierten Trägers mit CRONIGON®

Die korrosionsbeständigen Stähle haben je nach Legierungsbestandteilen und Wärmebehandlung unterschiedliche Gefüge, wodurch die mechanischen Eigenschaften, die Korrosionsfestigkeit und die Schweißbarkeit beeinflusst werden. Die verschiedenen Stahlsorten werden nach ihren Gefügen zusammengefasst. Die austenitischen Stähle haben sehr gute Korrosionseigenschaften und lassen sich gut kalt umformen. Die ferritischen Stähle sind sehr gut in schwefelhaltigen Atmosphären einsetzbar und gelten als hitzebeständig. Die martensitischen Stähle zeichnen sich besonders durch ihre hohe Härte aus. Duplex-Stähle haben ein zweiphasiges Gefüge aus Austenit und Ferrit und vereinen gute korrosionschemische Eigenschaften mit interessanten mechanisch-technologischen Dispositionen. Das MAG-Schweißen aller hoch legierten Stähle und Ni-Basis-Werkstoffe erfordert spezifische Schweißzusätze und speziell auf diese Werkstoffe abgestimmte Schweißschutzgase.

### Schutzgase

Schutzgase für das MAG-Schweißen hoch legierter Stähle sind:

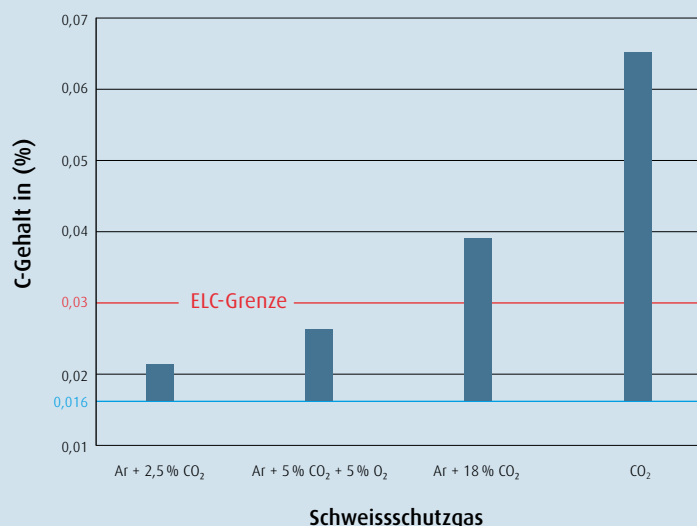
Competence-Line	Performance-Line
CRONIGON®	CRONIGON® He20
	CRONIGON® He33
	CRONIGON® He30S

Diese Schutzgase eignen sich für:

- nicht rostende Stähle nach EN 10088
- hitzebeständige Walz- und Schmiedestähle nach SEW 4670
- Sonderedelstähle
- Nickel und Nickelbasis-Werkstoffe

Die Schweißzusatzwerkstoffe sind in EN ISO 14343 für das Schweißen nicht rostender und hitzebeständiger Stähle genormt. Für das MAG-Schweißen sind sowohl der Kurz-, Übergangs- und Sprühlichtbogen als auch der Impulslichtbogen anwendbar. Zum Erhalt der Korrosionsbeständigkeit ist der Kohlenstoff-Gehalt von Bedeutung. Für niedrig gekohlte Stähle, den ELC-Qualitäten, darf der Wert von 0,03 % im Schweißgut nicht überschritten werden, wenn Glühbehandlungen notwendig sind.

Die Darstellung des Kohlenstoff-Abbrandes bzw. -Zubrandes zeigt deutlich, dass bei CRONIGON®- und CRONIGON® He-Schutzgasen keine Sensibilisierung des Werkstoffs auftreten kann. Obwohl bei COXOGEN® 5/5 der gemessene Kohlenstoffgehalt im Schweißgut unter der ELC-Grenze liegt, sollte dieses Schutzgas für Bauteile mit Korrosionsbeanspruchung nicht eingesetzt werden.



Grafik 3: Kohlenstoffzunahme im Stahl in Abhängigkeit vom Schutzgas, Kohlenstoffgehalt der Drahtelektrode: 0,016 %

## Wichtige Anwendungshinweise

Austenitische CrNi-Stähle und ferritische Cr-Stähle lassen sich sehr gut im Sprühlichtbogen verschweissen. Im Vergleich zu den unlegierten Werkstoffen beginnt der Sprühlichtbogen schon bei ca. 20 % niedrigeren Drahtgeschwindigkeiten. Beim Schweissen hoch legierter Werkstoffe bietet die Impulstechnik den Vorteil eines stabilen, spritzerarmen Werkstoffübergangs für den gesamten Abschmelzbereich. Sie ermöglicht den Einsatz dickerer, förderstabiler Drähte mit besserer Stromübertragung. Ausserdem ist die Impulstechnik ausgezeichnet für Fallnähte geeignet. Nickel-Werkstoffe und die meisten Sonderedelstähle sollten bevorzugt mit der Impulstechnik verschweisst werden. Der Einsatz der heliumhaltigen Gasmischungen ist für die vergleichsweise zäh fließenden molybdänlegierten Stähle besonders vorteilhaft, weil sich ein besseres Fließverhalten ergibt.

Das Schutzgas CRONIGON® He30S wurde hauptsächlich für das MAG-Schweissen von Nickelbasis-Legierungen entwickelt. Der geringe CO<sub>2</sub>-Anteil von nur 550 vpm (0,055 %) gewährleistet ein sehr stabiles Lichtbogenverhalten bei gleichzeitiger Wahrung der Korrosionseigenschaften des Werkstoffs. Beimischungen von Helium bzw. Wasserstoff sorgen für herausragende Fliesseigenschaften und Zwangslagen-Eignung.

Die Zwischenlagen-Temperaturen sind abhängig vom Werkstofftyp, zum Beispiel:

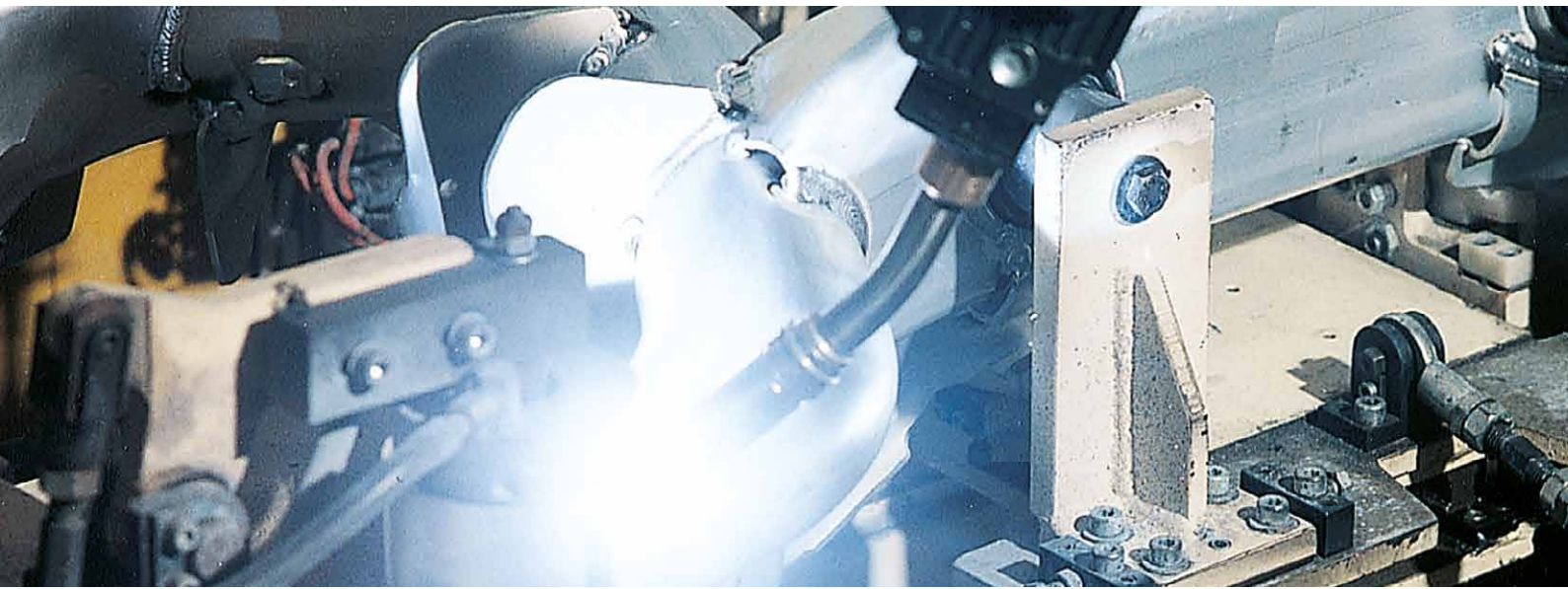
- austenitische CrNi-Stähle 150–200 °C
- Nickel-Werkstoffe 50–100 °C

Untersuchungen im Linde Technologie-Zentrum haben einige weitere interessante Besonderheiten ergeben:

- Die jeweiligen Grund- und Zusatzwerkstoffe wirken sich auf Nahtgeometrie, Oberflächenbeläge, Benetzungseigenschaften und Lichtbogenstabilität unterschiedlich aus.
- Die Brennerstellung ist bei allen Werkstoffen ca. 10 °C stechend zu wählen.
- Das Schweißgut ist in Strichraupen (thermisch schonend) einzubringen. Der Lichtbogen muss ganz vorne am Schmelzband geführt werden. Schon geringes Vorlaufen des Schmelzbades hat starke Spritzerbildung zur Folge – vor allem bei Nickel-Werkstoffen.

Tabelle 4: Anwendungsübersicht

Schutzgas	Eigenschaften	Werkstoffe
CRONIGON®	geringe Oxidation	ferritische Cr-Stähle, austenitische CrNi-Stähle, Duplex- und Super-Duplex-Stähle
CRONIGON® He33 CRONIGON® He20	gute Benetzung, höhere Schweissgeschwindigkeit, minimaler Spritzeranfall	korrosionsbeständige austenitische CrNi-Stähle, hitzebeständige austenitische CrNi-Stähle, Sonderedelstähle, z. B. Duplex-Stähle
CRONIGON® He30S	gute Benetzung und Lagenüberschweißbarkeit, geringe Oxidation	Nickel und Ni-Basis-Legierungen

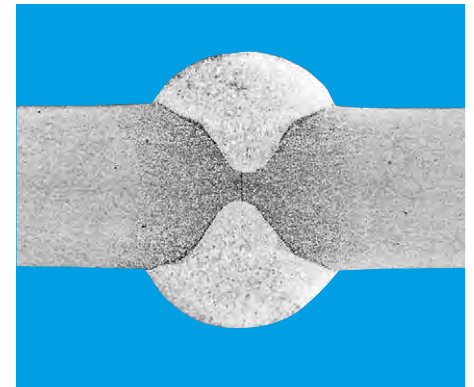


## Schutzgase für das MIG-Schweissen.

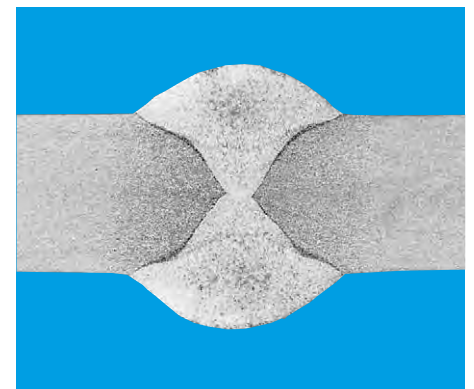
Die Nichteisenmetalle, allen voran Aluminium, werden sehr sicher und kostengünstig mit dem MIG-Verfahren gefügt: Spezielle Schutzgase sind dabei eine wichtige Voraussetzung für gute Schweissergebnisse.



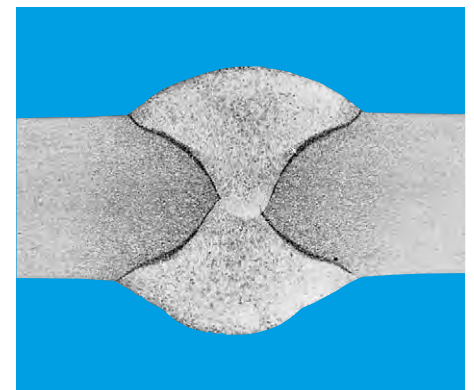
### Helium verändert Nahtkontur, Einbrand, Form und Schweissspannung



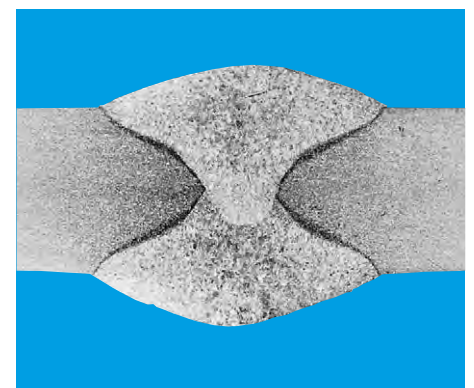
Argon: 20 l/min, 280 A/25 V



VARIGON® He30S: 20 l/min, 282 A/27 V



VARIGON® He50: 28 l/min, 285 A/30 V



VARIGON® He70: 38 l/min, 285 A/34 V

Das MIG-Schweissen unterscheidet sich vom MAG-Schweissen generell nur durch den verwendeten Schutzgastyp: Es werden nur inerte Schutzgasgemische verwendet, da die zu verschweisenden Metalle keine aktiven Gasbestandteile vertragen. Mit Vorteil können jedoch zur Stabilisierung des MIG-Lichtbogens sehr geringe Mikrodotierungen von Sauerstoff oder Stickstoffmonoxid toleriert werden, die in vielen Fällen noch keine schädlichen Einflüsse auf den Werkstoff ausüben.

### Schutzgase für das MIG-Schweissen von Nichteisen-Metallen

Schutzgase für das MIG-Schweissen von Nichteisen-Metallen wie Aluminium oder Kupfer sind inerte Gase wie:

Competence-Line	Performance-Line
Argon 4.6/Argon 5.0	VARIGON® He10
VARIGON® S	VARIGON® He30S
	VARIGON® He50
	VARIGON® He60
	VARIGON® He70

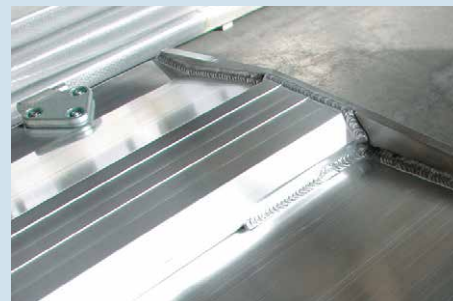
Für das MIG-Schweissen sind Kurz-, Sprüh- und Impulslichtbogen anwendbar. Besonders für weichere Aluminium-Zusatzwerkstoffe bietet der Impulslichtbogen entscheidende Vorteile durch den Einsatz von Drahtelektroden grösseren Durchmessers mit erhöhter Förderstabilität.



MIG-Schweisnaht an Aluminium



MISON® He20: MIG-Schweisnähte an Fahrzeug-Aufbau



MISON® He20: MIG-Schweisnaht an Aluminium-Werkstück

Die Schweißzusätze für Nichteisen-Werkstoffe sind wie folgt genormt:

- Aluminium-Werkstoffe in EN ISO 18273
- Kupfer und Kupferlegierungen in EN ISO 24373
- Nickel und Nickellegierungen in EN ISO 18274

Der vergleichsweise heissere Lichtbogen der VARIGON® He- und der VARIGON® HeS-Schutzgasgemische hat sich besonders für die gut wärmeleitenden Aluminium- und Kupferwerkstoffe bewährt. Magnesium und seine Legierungen sind besser mit Schutzgasen ohne Helium zu schweissen.

Die Dotierung der inerten Gase bewirkt beim Schutzgasschweissen von Aluminium eine bessere Lichtbogenstabilität. Als Dotierungsstoffe dienen entweder 275 vpm Stickstoffmonoxid in MISON® Ar und MISON® He20 oder 300 vpm Sauerstoff bei VARIGON® He30S. Als Ergebnis resultieren daraus eine bedeutende Spritzerreduzierung sowie eine deutlich schönere MIG-Schweisnaht durch feinere Schuppung.

Tabelle 5: Korrekturfaktoren und Mindest-Schutzgasmengen

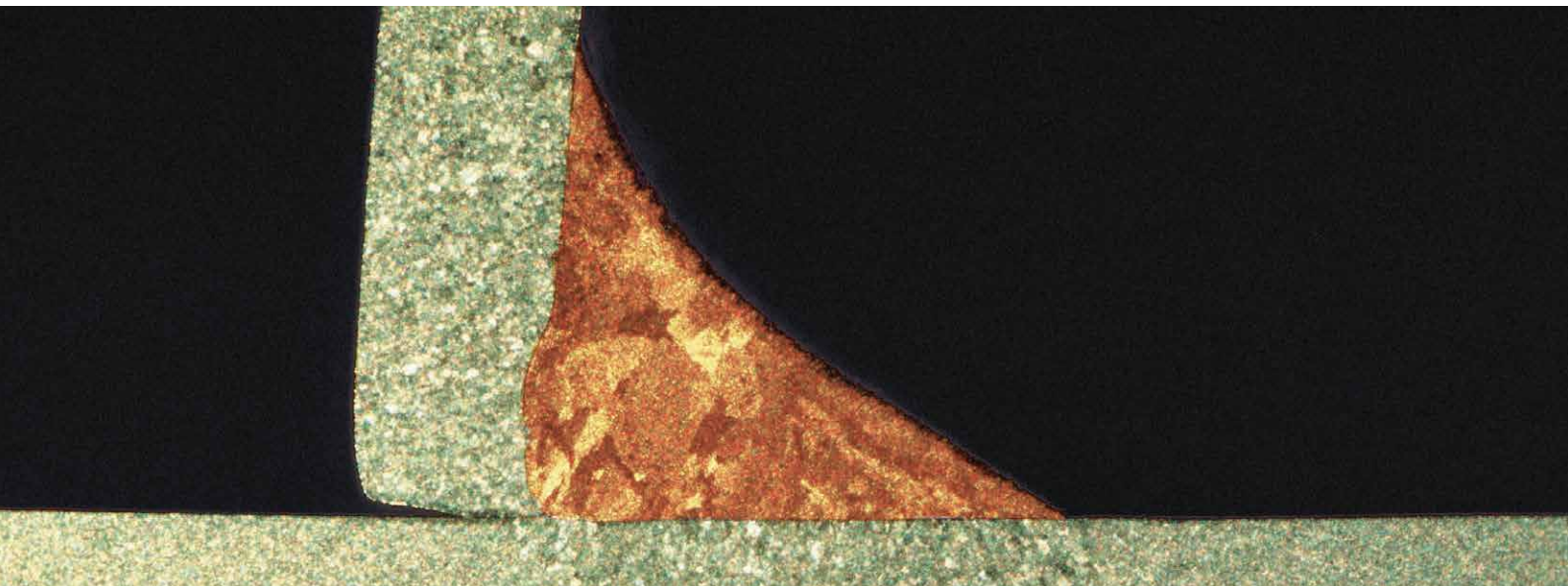
Schutzgas	Korrekturfaktor – abgelesene Gasmenge multipliziert mit	Mindest-Schutz- gasmenge
VARIGON® He30S	1,14	18 l/min
VARIGON® He50	1,35	28 l/min
VARIGON® He70	1,75	35 l/min
100% He	3,16	40 l/min

### Hinweise zur Helium-Anwendung

Ein zunehmender Helium-Anteil verlangt bei gleicher Lichtbogenlänge eine höhere Lichtbogenspannung. Helium im Schutzgas führt ausserdem zu einer breiteren 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.

Helium ist bedeutend leichter als Luft. Diese Eigenschaft muss sowohl bei der Messung des Durchflusses (Korrekturfaktor) als auch beim Festlegen der Mindest-Schutzgasmenge berücksichtigt werden. Helium verbessert die Entgasungsbedingungen des Schmelzbades und vermindert die Porosität.

Insgesamt ergibt sich eine bessere Wirtschaftlichkeit für die Bauteilherstellung, auch wenn die Kosten für heliumhaltige Schutzgase höher liegen.



## Schutzgase zum MSG-Löten. MSG-Löten mit den richtigen Schutzgasen kann eine interessante Alternative zum MSG-Schweißen sein.

Das MSG-Löten oder MSG-Lötschweißen ist ein noch junges Verfahren und wird speziell zum Fügen beschichteter Feinbleche angewendet. Hierbei wird mit Vorteil im Pulslichtbogen oder Kurzlichtbogen gearbeitet. Es ist ein möglichst geringes Wärmeeinbringen gefragt, um Beschichtungsabbrand und Verzug gering zu halten. Daher braucht es tiefe Leistungsbereiche der Stromquellen sowie Schutzgase mit geringer Wärmeleitfähigkeit.

### Grundmaterial und Zusatzwerkstoff

Das MSG-Löten kommt vor allem bei elektrolytisch ein- oder zwei-seitig verzinkten Blechen zum Einsatz. Oft wird Feinblech aus unlegiertem Stahl, z. B. STE 180 BH ZE, mit einer Dehngrenze von 180–240 N/mm<sup>2</sup> verwendet. Gebräuchliche Zinkschichten liegen bei 0,0025–0,0100 mm bei Blechdicken von 0,5–3,0 mm. Zink hat einen Schmelzpunkt von 419°C und verdampft bei 908°C, also deutlich unter der Schmelztemperatur von Stahl. Daher ist ein Lötprozess zur Schonung der Zinkschicht vorteilhaft, sofern die mechanischen Anforderungen an die Lötnaht erfüllt werden können. Auf verzinkten Blechen werden am häufigsten Bronzedrähte als Zusatzwerkstoff eingesetzt, z. B. SG-CuSi 3 nach DIN 1733.

Vorteile von CRONIGON® gegenüber Argon:

- besseres Benetzungsverhalten
- reduzierte Porenanfälligkeit
- bessere Tropfenablösung und dadurch wenige Spritzer
- höhere Lötgeschwindigkeit

Folgende Schutzgase werden empfohlen:

#### Competence-Line

Argon 4.6/Argon 5.0

CRONIGON®

Auch aus dem Metallbau liegen erfolgreiche Beispiele von MSG-Lötverbindungen an Baustählen höherer Festigkeiten vor, z. B. an S 355 JR G3. Da im Automobilbau in Zukunft verstärkt verzinktes Material eingesetzt wird, dürfte auch dem MSG-Löten eine stärkere Bedeutung zukommen.

Bei anderen Lötwerkstoffen wie z. B. SG-Cu Al 8 empfehlen wir generell angepasste Gasmische.



## Schutzgase für das WIG-Schweissen.

Auch in der «hohen Kunst des Schweissens» – dem WIG-Schweissen – lässt sich mit dem richtigen Schutzgas oft noch eine beträchtliche Leistungssteigerung erzielen.

Tabelle 6: Schutzgase und Werkstoffe

Schutzgas	Werkstoff	Bemerkungen
Argon	alle schweissgeeigneten Metalle	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ häufigste Anwendung</li> <li>→ bei gasempfindlichen Werkstoffen und Wurzelschutz erforderlich</li> </ul>
VARIGON® S VARIGON® He30S	Al und Al-Legierungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ erhöhte Lichtbogenstabilität und Zündsicherheit beim Wechselstromschweissen</li> </ul>
VARIGON® He10 VARIGON® He30S VARIGON® He50 VARIGON® He70 Helium	Al und Al-Legierungen Cu und Cu-Legierungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ durch heisseren Lichtbogen besserer Einbrand, höhere Schweissgeschwindigkeit</li> <li>→ Zündschwierigkeiten durch He</li> <li>→ Zünden unter Argon</li> </ul>
HYDRARGON® 2 HYDRARGON® 5 HYDRARGON® 7 HYDRARGON® 10	austenitische Chrom-Nickel-Stähle	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ durch heisseren Lichtbogen besserer Einbrand, höhere Schweissgeschwindigkeit</li> </ul>
	Ni und Ni-Basis-Legierungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ zur Porenvermeidung</li> </ul>



WIG-geschweisster Flansch

Das enorm vielseitige WIG-Schweißverfahren erzeugt mit einer nicht abschmelzenden Wolfram-Elektrode qualitativ hochwertige Nähte ohne Spritzer und Schlacken. Das Hauptanwendungsgebiet liegt bei Werkstoffen von ca. 0,3–4,0 mm Dicke, wobei alle Schweisspositionen geschweisst werden können. Die in Frage kommenden Schweisschutzgase sind auf die Besonderheiten des Verfahrens abgestimmt. Im Gegensatz zu den Metall-Schutzgasverfahren MIG-MAG brennt der Lichtbogen beim WIG-Schweissen zwischen einer nicht abschmelzenden Wolframelektrode und dem Grundwerkstoff. Zum Schutz von Wolframelektrode und Schmelzbad sind die inerten Gase wie Argon oder Helium bzw. Gasgemische mit nicht oxidierenden Komponenten notwendig. Das WIG-Schweissen ist bei allen schmelzschweisbaren Metallen anwendbar. Die Auswahl von Stromart, Polarität und Schutzgas richtet sich nach dem Grundwerkstoff.

### Schutzgase für das WIG-Schweissen von Aluminium, Kupfer, legierten und unlegierten Stählen

Competence-Line	Performance-Line
Argon 4.6/Argon 5.0	Helium 4.6
VARIGON® S	VARIGON® He10
	VARIGON® He30S
	VARIGON® He50
	VARIGON® He60
	VARIGON® He70

Argon-Helium-Gemische mit steigenden Helium-Anteilen wirken sich vorteilhaft auf die Wärmeentwicklung im Lichtbogen aus. Dies ermöglicht es, den schnellen Wärmeabfluss bei thermisch gut leitenden Metallen wie Aluminium oder Kupfer zu kompensieren. Höhere Helium-Anteile ermöglichen zudem höhere Schweissgeschwindigkeiten. Keinesfalls dürfen wasserstoffhaltige Gase zum Schweissen von Aluminium-Werkstoffen (erhöhte Porosität) und wasserstoffempfindlichen Stählen eingesetzt werden.

### Schutzgase für das WIG-Schweissen von legierten Stählen und Nickelbasis-Legierungen

Competence-Line	Performance-Line
Argon 4.6	HYDRARGON® 2
CRONIWIG® N3	HYDRARGON® 5
	HYDRARGON® 7
	CRONIWIG® N3He
	VARIGON® He10

Auch durch Wasserstoff lässt sich die Energiebilanz des WIG-Lichtbogens verbessern. Wasserstoffhaltige Schweissgase dürfen aber nur für hoch legierte, nicht rostende Stähle bzw. für Nickel und Nickelbasis-Legierungen, eingesetzt werden. Bis zu 10 % Wasserstoff in Argon verbessern das Einbrandverhalten und die Schweissgeschwindigkeit deutlich.

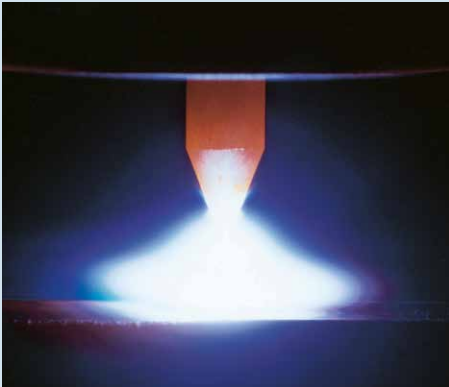
### Schutzgase zur Ferrit-Unterdrückung

Bei speziellen Anwendungen kann der Ferritgehalt in austenitischen Stählen zu einem Problem werden, da der Gefügebestandteil Ferrit zu selektiver Korrosion führt. Dies betrifft speziell Anwendungen in der Pharma-, Chemie- und Lebensmittelindustrie, aber auch Reinraumforderungen bei der Chip-Herstellung.

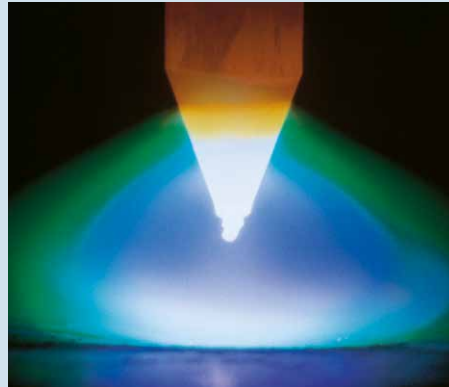
Typische Stähle, bei denen Vorschriften den maximal zulässigen Ferritgehalt festlegen, sind:

- X2CrNiMo17-13-2 (1.4404) oder
- X2CrNiMo18-14-3 (1.4435)

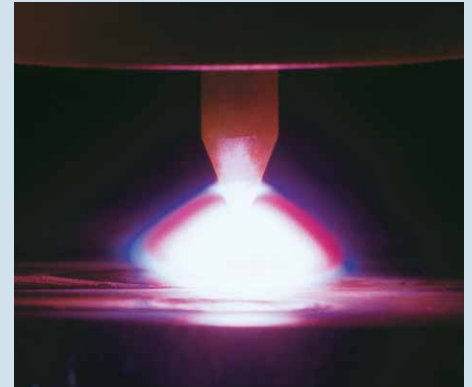
## Helium verändert die Lichtbogen-Charakteristik



WIG-Lichtbogen mit Argon



WIG-Lichtbogen mit Helium



WIG-Lichtbogen mit HYDRAGON®

Zur Senkung und Begrenzung der Ferritgehalte haben sich bei Schweissungen ohne Zusatzmaterial stickstoffhaltige Gasgemische bewährt. Hierbei wird die austenitstabilisierende Eigenschaft von im Stahl gelöstem Stickstoff ausgenutzt. Da durch den Lichtbogen der Stickstoff im Schutzgas dissoziiert wird, ist eine wirksame Lösung in der Stahlschmelze möglich, solange keine freien Nitridbildner – wie Titan – im Stahl vorhanden sind.

Schutzgase mit austenitstabilisierender Wirkung sind:

Competence-Line	Performance-Line
CRONIWIG® N3	CRONIWIG® N3He
	VARIGON® NH
	VARIGON® N3H1

Diese Schutzgase können häufig auch zur Einstellung eines ausgeglichenen Ferrit-Austenit-Verhältnisses in Duplex- und Super-Duplex-Stählen angewendet werden. Wasserstoffhaltige Schutzgase sollten bei der Schweissung von Duplex-Stählen nicht verwendet werden, um die Gefahr der wasserstoffinduzierten Rissbildung zu vermeiden.

Generell wird bei Duplex-Stählen der Ferrit-Anteil durch folgende Massnahmen erhöht:

- schnelle Abkühlung
- geringe Streckenenergie
- grosse Wandstärken
- Schweissen ohne Zusatzwerkstoff

Dagegen führen folgende Parameter zu einer Erhöhung des Austenit-Anteils:

- langsame Abkühlung
- hohe Streckenenergie
- Schweissen mit Zusatzwerkstoff
- stickstoffhaltige Schweiss- und Wurzelschutzgase

Bei Mehrlagenschweissungen werden folgende Streckenenergiewerte empfohlen:

- Duplex-Stähle 0,5–2,5 kJ/mm
- Super-Duplex-Stähle 0,2–1,5 kJ/mm

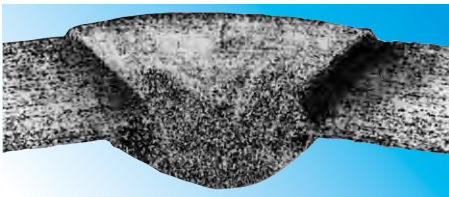
### Sonderwerkstoffe

Für das Schweissen gasempfindlicher Werkstoffe wie Titan, Tantal oder Zirkonium werden Schweisschutzgase höherer Reinheit empfohlen. Deshalb wird hier die Qualität 4.8 eingesetzt, die eine Reinheit von 99,998% bietet. Bei anderen Werkstoffen reicht die Reinheit 4.6 in der Regel aus.

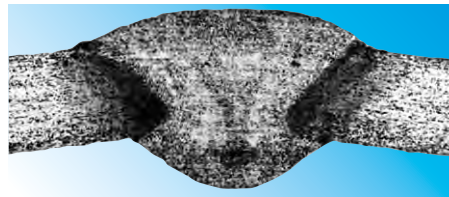
Werkstoffe	Stromart und Polarität
Unlegierte Stähle	= (-) Gleichstrom, minusgepolt
Legierte Stähle	= (-) Gleichstrom, minusgepolt
Kupfer und Cu-Legierungen	= (-) Gleichstrom, minusgepolt
Nickel und Ni-Legierungen	= (-) Gleichstrom, minusgepolt
Titan und Ti-Legierungen	= (-) Gleichstrom, minusgepolt
Zirkon, Tantal, Wolfram	= (-) Gleichstrom, minusgepolt
Aluminium und Al-Legierungen	~ Wechselstrom = (-) Gleichstrom, minusgepolt, Helium
Magnesium und Mg-Legierungen	~ Wechselstrom

Tabelle 7: Werkstoffe und Stromart/Polarität

### Auswirkung der Schutzgase auf die Schweissgeschwindigkeit



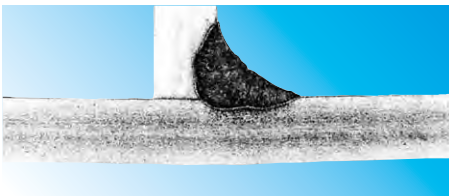
Argon  
Schweissgeschwindigkeit 10 l/min  
10 cm/min



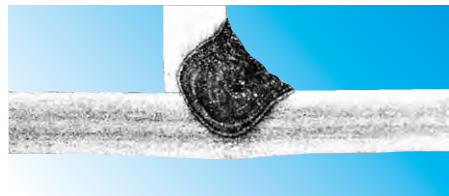
VARIGON® He50  
15 l/min  
20 cm/min

Ein höherer Helium-Anteil führt zu höheren Schweissgeschwindigkeiten; hier beim Schweissen einer 3 mm dicken AlZn 4,5 Mg 1-Legierung

### Lichtbögen ohne und mit H<sub>2</sub>-Zumischungen



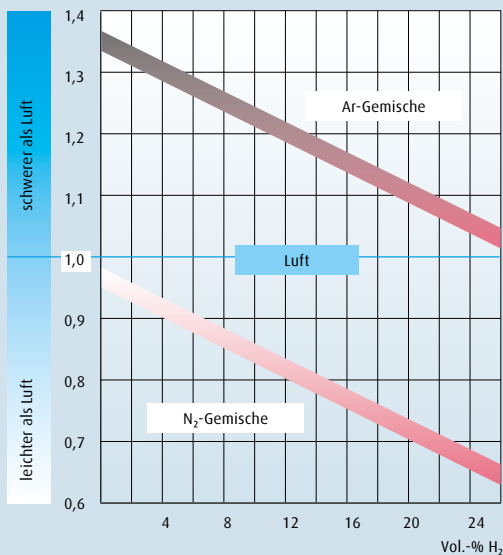
Argon  
Schweissgeschwindigkeit 7 cm/min



HYDRAGON® 7  
11 cm/min

Kehlnaht am Werkstoff 1.4301.

Bei erhöhtem Wasserstoff-Anteil: Einbrandverhalten und Schweissgeschwindigkeit sind erheblich verbessert



Grafik 4: Relative Dichte von Wurzelschutzgasen in Vol.-% H<sub>2</sub>

## Oxidation vermeiden durch Wurzelschutzgase.

Die Schweissnahtunterseite ist mitentscheidend für die Qualität einer Schweissverbindung, vor allem für ihre Korrosionsbeständigkeit. Formieren mit den richtigen Gasen ist eine wichtige und gleichzeitig elegante Art, Fehler zu vermeiden und Folgekosten zu sparen.

In vielen Fällen ist der Schutz der Schweissnahtwurzel erforderlich, um eine optimale Korrosionsbeständigkeit des Bauteils zu sichern. Das Vermeiden von Oxidation und Anlauffarben erfolgt durch gezieltes Fernhalten des Luftsauerstoffs.

### Verfahrensvarianten

Für das Formieren von Rohren und Hohlkörpern sind zwei Verfahren anwendbar:

- Verdrängen der Luft durch inerte Gase wie Argon oder quasi inerte Gase wie Stickstoff
- Verdrängen der Luft und Ausnutzung der reduzierenden Wirkung von Wasserstoff

Deshalb bestehen Wurzelschutzgase meist aus:

- Stickstoff mit Wasserstoff-Anteilen
- Argon mit Wasserstoff-Anteilen

Argon wird dagegen nur in Ausnahmefällen eingesetzt, zum Beispiel bei wasserstoffempfindlichen Stählen. In vielen Fällen werden die Gemische aus Stickstoff und Wasserstoff generell als Formiergase bezeichnet.

Um eine sachgemässe Anwendung zu erzielen, ist die relative Dichte des Gases zu beachten, z. B. beim Spülen von Behältern von unten (schwerere Gase) bzw. von oben (leichtere Gase). Weitere Informationen sind enthalten im Linde-Sonderdruck «Formiergase und Wurzelschutz beim Schutzgasschweißen» und in der Broschüre «Linde-Tipps für Praktiker: Formieren». Linde liefert das «V & K-Wurzelschutzsystem für Rohre» ab einem Rohrendurchmesser von 50 mm aufwärts.

### Anwendungshinweise

Die Gase sind in ISO 14175 genormt. Es werden mehrere Gruppen unterschieden:

- Gruppe R (Ar/H<sub>2</sub>-Gemische)
- Gruppe I (Ar + Ar/He-Gemische)
- Gruppe N (N<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>-Gemische)

Um Anlauffarben sicher zu vermeiden, muss das Einbringen des Wurzelschutzgases bis zur Abkühlung der Bauteile auf ca. 220 °C erfolgen.



Typische Gelbfärbung:  
titanstabilisierter CrNi-Stahl, formiert mit Stickstoff



Keine Färbung: titanstabilisierter CrNi-Stahl, formiert mit HYDRARGON® 7



Schweißen unter Formiergasschutz mit HYDRARGON® 7

Um Oxidation beim Schweißen von Rohrleitungen sicher auszuschliessen, sind bestimmte Vorspülzeiten einzuhalten, die von der jeweiligen Spülmenge und der Geometrie des Bauteils abhängig sind. Vor Beginn des Schweißens an Rohrleitungen muss vorgespült werden, um die Luft zu entfernen. Als Richtwert für das benötigte Schutzgasvolumen gilt das 2,5- bis 3-fache geometrische Rohrvolumen, gerechnet von der Einspeisung bis zur Schweissstelle. Je nach Rohrdurchmesser wird eine Durchflussmenge von ca. 5–12 l/min empfohlen. Bei titanstabilisierten nicht rostenden Stählen verursachen N<sub>2</sub>-haltige Gase eine Gelbfärbung der Nahtwurzel. Für stickstoffhaltige Grundwerkstoffe, z. B. Super-Duplex-Stähle, können Wurzelschutzgase mit ca. 3 Vol.-% N<sub>2</sub> vorteilhaft sein, z. B. zur Steuerung des Ferritgehalts.

Tabelle 8: Wurzelschutzgase für verschiedene Werkstoffe

Schutzgas	Werkstoff
Argon	alle Werkstoffe
Ar/H <sub>2</sub> -Gemische	austenitische Stähle, Ni und Ni-Basis-Werkstoffe
N <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> -Gemische	Stähle mit Ausnahme hochfester Feinkornbaustähle, austenitische Stähle (nicht titanstabilisiert)
N <sub>2</sub> Ar/N <sub>2</sub> -Gemische	austenitische CrNi-Stähle, Duplex- und Super-Duplex-Stähle

### Sicherheitshinweise

Wasserstoffhaltige Wurzelschutzgase (Formiergase und HYDRARGON®-Gemische) können ab einem H<sub>2</sub>-Gehalt von ca. 4% mit Luft zündfähige Gemische bilden. Es ist also besonders bei grösseren Bauteilen empfehlenswert, zunächst mit Stickstoff die Luft herauszuspülen und dann erst mit dem wasserstoffhaltigen Wurzelschutzgas zu formieren. Während des Formierens muss unkontrollierte Luftzufuhr vermieden werden. In Anlehnung an das DVS-Merkblatt 0937 sollten wasserstoffhaltige Wurzelschutzgase ab einem H<sub>2</sub>-Gehalt von 10% am werkstückseitigen Gasaustritt abgefackelt werden. Nach Beendigung der Arbeiten muss das Wurzelschutzgas kontrolliert ins Freie geleitet werden, besonders wenn grosse Mengen verwendet wurden.

Eine weitere Gefahr beim Formieren besteht in der Verdrängung von Luft. Gerade wenn das zu spülende Volumen sehr gross ist, muss unbedingt darauf geachtet werden, dass es zu keiner örtlichen Sauerstoffverarmung am Gasaustritt kommt. Auch beim Begehen von zuvor formierten Behältern ist grösste Vorsicht geboten. Das Erstickten durch Sauerstoffmangel tritt ohne körperlich spürbare Warnung ein.



## Schutzgase für das Laserstrahlschweissen.

Das Laserstrahlschweissen ist ein hochproduktiver und zugleich faszinierender Prozess. Obwohl schon verfahrensbedingt hohe Leistungen erzielt werden können, helfen die richtigen Gasmischungen, ein weiteres Potenzial auszuschöpfen.

Das Laserstrahlschweissen bietet im Vergleich zu den konventionellen Schweißverfahren eine konzentrierte Wärmeführung, sehr geringen Verzug und wesentlich höhere Schweißgeschwindigkeiten. Ein Grossteil der Laserstrahlschweißungen kommt ohne Zusatzmaterial aus, solange dieses nicht aus Gründen der Spaltüberbrückbarkeit oder der Metallurgie zwingend notwendig ist. Zum Laserstrahlschweissen sind unter anderem Stähle, Leichtmetalle und thermoplastische Kunststoffe geeignet. Grundsätzlich sind zwei unterschiedliche Lasertypen zum Laserstrahlschweissen üblich: der CO<sub>2</sub>-Laser und der Nd:YAG-Laser. Bei beiden Varianten sind Schutzgase notwendig, um Schweißungen hoher Güte zu erzeugen.

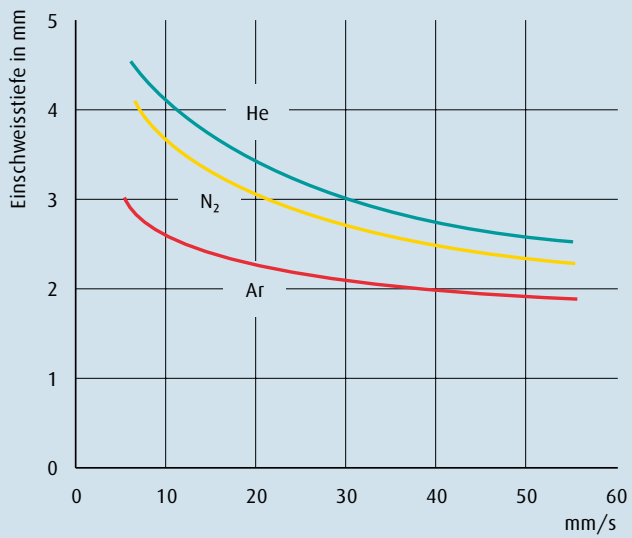
### Schweissen mit dem CO<sub>2</sub>-Laser

Der CO<sub>2</sub>-Laser ist zum Schweißen in der Automobil- und deren Zulieferindustrie am weitesten verbreitet. Für qualitativ hochwertige Schweißnähte ist die Wahl des richtigen Schutzgases von grosser Bedeutung. Durch die Wechselwirkung mit dem Laserstrahl ist es bestimmend für den Energieeintrag in das Werkstück.

Wird eine bestimmte Laserstrahlintensität an der Werkstückoberfläche überschritten, bildet sich ein thermisch induziertes Plasma, das gemeinsam mit anderen Faktoren die Einschweisstiefe bestimmt. Dank seiner hohen Ionisationsenergie hat sich hier vor allem Helium hervorragend bewährt. Zum Einsatz kommen aber auch Argon, Stickstoff oder diverse Mischgase, wie z. B. VARIGON® He50. Besondere Gasmischungen mit drei Komponenten werden unter dem Markennamen LASGON® vertrieben und in ihrer Zusammensetzung jeweils an die Aufgabenstellung angepasst.

### Schweissen mit dem Nd:YAG-Laser

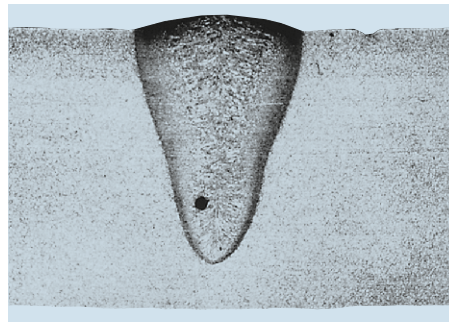
Die Hauptanwendungsgebiete des Nd:YAG-Lasers liegen in der Feinwerktechnik und in der Elektroindustrie. Zunehmend sind auch Anwendungen aus der Automobilindustrie bekannt. Üblich sind Laserleistungen bis 2 kW. Da die Wellenlänge des Nd:YAG-Lasers keine bzw. kaum eine Wechselwirkung mit Schutzgasen zeigt, unterliegt deren Auswahl nur werkstoffspezifischen Gesichtspunkten. Daher kommt überwiegend Argon zum Einsatz, Helium, Stickstoff oder Mischgase werden jedoch auch verwendet.



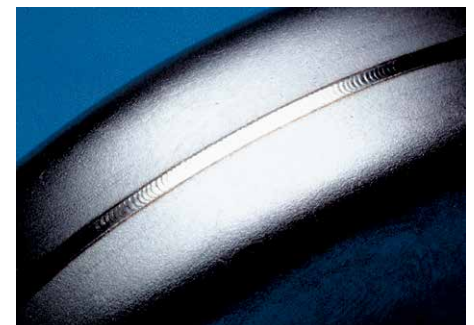
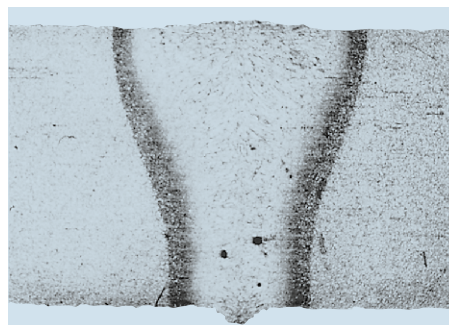
Grafik 5: Einfluss der Schutzgasart auf Einschweisstiefe und Schweissgeschwindigkeit

### Plasmaentwicklung und Einbrandverhalten beim CO<sub>2</sub>-Laser mit unterschiedlichen Schutzgasen

#### Argon



#### Helium



Mit einem Nd:YAG-Laser geschweißtes Gehäuse eines Herzschrittmachers



Laserlicht – ein vielseitiges Werkzeug

## Gase für das Laserstrahlschneiden.

Beim Laserstrahlschneiden werden Schnitte mit einer hohen Präzision und Leistung erzeugt. Die Reinheit der eingesetzten Gase entscheidet, ob dieser Prozess optimal abläuft.

Innerhalb aller Verfahren der Lasermaterialbearbeitung ist das Laserstrahlschneiden am weitesten verbreitet. Entscheidend für den Durchbruch dieses Verfahrens waren die hohe Flexibilität, die Fertigungsvielfalt und die ausgezeichnete Schnittqualität. Mit diesem Verfahren können fast alle Werkstoffe geschnitten werden, wobei die Eignung zum Laserstrahlschneiden vom Absorptionsverhalten der Oberfläche, von der Zünd-, Schmelz- und Verdampfungstemperatur des Werkstoffs und von seiner Wärmeleitfähigkeit abhängig ist. Zum Laserstrahlschneiden werden CO<sub>2</sub>-Laser mit Leistungen bis 5 kW und Nd:YAG-Laser mit Leistungen bis 2 kW eingesetzt.

Man unterscheidet beim Laserstrahlschneiden drei Verfahrensvarianten:

- Laserstrahlbrennschneiden
- Laserstrahlschmelzschnitten
- Laserstrahlsublimierschnitten

### Laserstrahlbrennschneiden

Der Laserstrahl erhitzt den Werkstoff auf Zündtemperatur. Der in die Schnittfuge eingeblasene Sauerstoff verbrennt den Werkstoff und treibt die entstehende Schlacke aus. Der Verbrennungsprozess erzeugt zusätzliche Energie. Diese beschleunigt den Schneidprozess. Bei gleich hoher Schnittqualität lässt sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Sauerstoffreinheit und der

maximal möglichen Schneidgeschwindigkeit nachweisen. Mit Sauerstoff der Reinheit 3.5 (99,95 %) lassen sich bis zu 15 % höhere Schneidgeschwindigkeiten erzielen als mit Sauerstoff technischer Reinheit 2.5 (99,5 %).

### Laserstrahlschmelzschnitten

Beim Laserstrahlschmelzschnitten wird der Werkstoff durch die Laserstrahlung im Brennfleck aufgeschmolzen. Die Schmelze wird mit einem inerten Gas aus der Schnittfuge ausgetrieben. Das Laserstrahlschmelzen mit Hochdruck setzt sich immer mehr zum oxidfreien Schneiden von nicht rostenden Stählen durch. Auch Baustähle und Aluminium werden erfolgreich damit geschnitten. Als Schneidgas kommt in der Regel Stickstoff von hoher Reinheit 4.5 (99,995 %) zum Einsatz. Der Schneidgasdruck an der Schneiddüse kann 20 bar und mehr betragen.

### Laserstrahlsublimierschnitten

Beim Laserstrahlsublimierschnitten wird der zu schneidende Werkstoff im Brennfleck des Laserstrahls verdampft. Ein inertes Gas wie Stickstoff oder Argon treibt die Reaktionsprodukte aus der Schnittfuge. Dieses Schneidverfahren findet Anwendung bei Werkstoffen, welche keine flüssige Phase bzw. Schmelze haben. Dies ist der Fall bei Papier, Holz, einigen Kunststoffen, Textilien und Keramik.

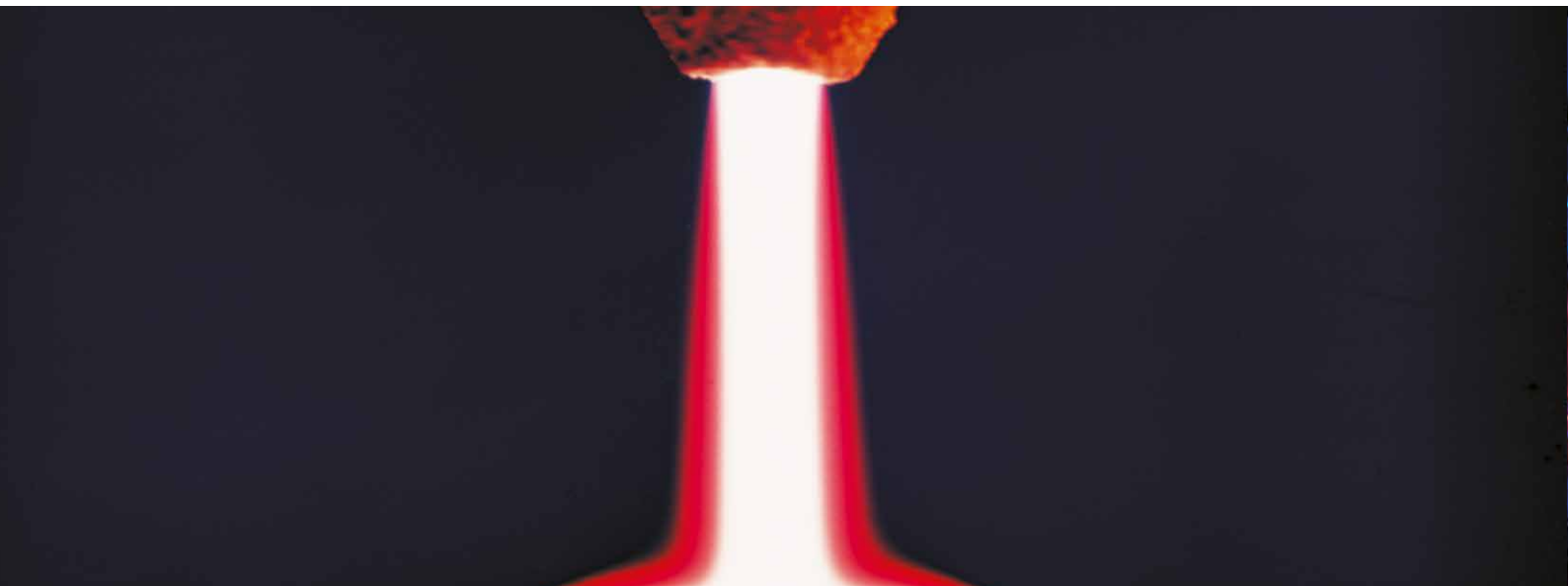


## Betriebsgase

Für den Einsatz der CO<sub>2</sub>-Laser werden sogenannte Betriebsgase benötigt (beim Nd:YAG-Laser ist dies nicht der Fall). Die Laserbetriebsgase sind CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> und He. Manche CO<sub>2</sub>-Laser benötigen noch zusätzliche Komponenten wie CO oder H<sub>2</sub>. Linde liefert unter dem Markennamen LASERMIX® ein Sortiment verschiedener Gasgemische für diverse Lasertypen.

Die LASERMIX®-Gemische finden Verwendung bei Laseranlagen, die keinen Mischer für die Betriebsgase besitzen. Für Laseranlagen mit eingebautem Mischer liefert Linde folgende Betriebsgase als Reinstgase:

- Helium 4.6
- Stickstoff 5.0
- Kohlendioxid 4.5



## Schutzgase zum Plasmaschweissen.

Der Plasmaschweissprozess hat sich besonders bei hochwertigen Werkstoffen etabliert und benötigt neben einem Zentrumsgas zusätzlich ein Aussengas.

Ähnlich wie beim WIG-Schweissen bildet sich der Lichtbogen auch beim Plasmaschweissen zwischen einer nicht abschmelzenden Wolframelektrode und dem Grundwerkstoff. Im Gegensatz zum WIG-Schweissen wird der Lichtbogen hier aber durch die Schweissbrenner-Konstruktion mittels einer wassergekühlten Kupferdüse eingeschnürt, was eine vergleichsweise höhere Leistungsdichte bewirkt. Gegenüber dem WIG-Lichtbogen, der Temperaturen von 4000–10000 °K aufweist, beträgt die Lichtbogentemperatur beim Plasmaprozess 10000–24000 °K. Dadurch sind beim Plasmaschweissen höhere Schweissgeschwindigkeiten erzielbar.

Das Plasma-Verbindungsschweissen wird in drei Verfahrensvarianten eingesetzt:

- Mikroplasmaschweissen für dünne und dünnste Blechdicken – ab 0,01 mm bei Stromstärken ab ca. 0,1 A
- Plasmaschweissen für Blechdicken von 1–3 mm
- Plasma-Stichlochschiessen bis ca. 8 mm in einer Lage; bei grösseren Dicken, z. B. Y-Naht mit 8-mm-Steg, durchschweissen, Fülllagen mittels MSG- oder UP-Verfahren schweissen

Beim Plasmaschweissen werden immer zwei verschiedene Arten von Gasen benötigt:

- Zentrumsgase: vorwiegend Argon, teilweise mit Wasserstoff- oder Heliumzusätzen
- Aussenschutzgase, die Zumisch-Komponenten zu Argon aufweisen können, z. B. Wasserstoff für hoch legierte nicht rostende Stähle, Nickelwerkstoffe oder Helium für das Schweißen von Aluminium oder Aluminium-Legierungen, Titan und Kupferwerkstoffen

Weitere Plasmaverfahren sind das Plasma-Pulverschweissen für das Beschichten mit hoch schmelzenden Legierungen, teils auch für das Verbindungsschweissen, das Plasma-Heissdrahtaufschweissen und das Plasma-MIG-Schweissen als Verbindungsverfahren mit hoher Leistung.



## Gase für das Plasmaschneiden. Das Plasmaschneiden ermöglicht Schnitte auch an nicht brennschneidfähigen Materialien und benötigt eine zielgerichtete Kombination von Plasmagas und Sekundärgas.

Das Plasmaschneiden wurde entwickelt, um die nicht brennschneidbaren metallischen Werkstoffe thermisch trennen zu können. Mit diesem Verfahren lassen sich im Gegensatz zum autogenen Brennschneiden alle elektrisch leitenden Werkstoffe trennen. Bei diesem Verfahren muss die gesamte Werkstoffdicke durch den Plasmastrahl auf Schmelztemperatur erhitzt werden.

Mit dem Plasmaschneidverfahren lassen sich folgende Metalle schneiden:

- unlegierte Stähle
- hoch legierte Stähle
- Nickel, Kupfer, Messing, Bronze, Aluminium und deren Legierungen

Im Gegensatz zum autogenen Brennschneiden ist das Plasmaschneiden in erster Linie ein Schmelzprozess. Der Lichtbogen und das Plasmagas werden durch eine wassergekühlte Kupferdüse eingeschnürt. Hierdurch wird das Gas bis zur Dissoziation und teilweisen Ionisation erhitzt, sodass ein heisser Plasmastrahl entsteht, welcher Temperaturen bis 30 000 °K aufweist. Das Grundmaterial wird in der Schnittfuge augenblicklich aufgeschmolzen und durch das Plasmagas aus der entstehenden Fuge geschleudert. Anlagen, die zusätzlich mit Sekundärgas als Kühlgas arbeiten, erzielen gute Schneidleistungen. Das Sekundärgas strömt als

Gasmantel um den Plasmalichtbogen, schnürt ihn weiter ein und verbessert die Schnittgüte und Schneidgeschwindigkeit. Eine neue Variante des Plasmaschneidens mit Sekundärgas ist das Feinstrahl-Plasmaschneiden. Mit Sauerstoff werden Schnittgüten erreicht, die mit Laserschnitten vergleichbar sind. Je nach Dicke und Art der zu schneidenden Werkstoffe kommen unterschiedlichste Gase zur Anwendung. Aus Gründen des Umweltschutzes müssen die entstehenden Dämpfe und Stäube abgesaugt werden. Beim Unterserschneiden ist ein Absaugen nur bedingt notwendig (Stickoxide). Man arbeitet auch hier mit einem Schneidgas, z. B. Sauerstoff oder Stickstoff. Die angegebenen Kombinationen für Plasma- und Sekundärgase stellen Richtangaben dar. Je nach Schneidanlagentyp können abweichende Kombinationen erforderlich werden, um zu guten Schnittqualitäten zu gelangen. Stickstoff und stickstoffhaltige Schneidgase (Luft enthält 80 % Stickstoff) bewirken eine starke Stickstoffaufnahme im Schneidkantenbereich. Die Stickstoffgehalte der Schnittkanten steigen bis zum 15-fachen Wert des Grundwerkstoffs an. Diese werden durch das anschließende Schweißen der Schnittkanten in das Schweißgut aufgemischt und können Poren erzeugen. Es entsteht in diesem Bereich dadurch eine starke Minderung der Kerbschlagzähigkeit.

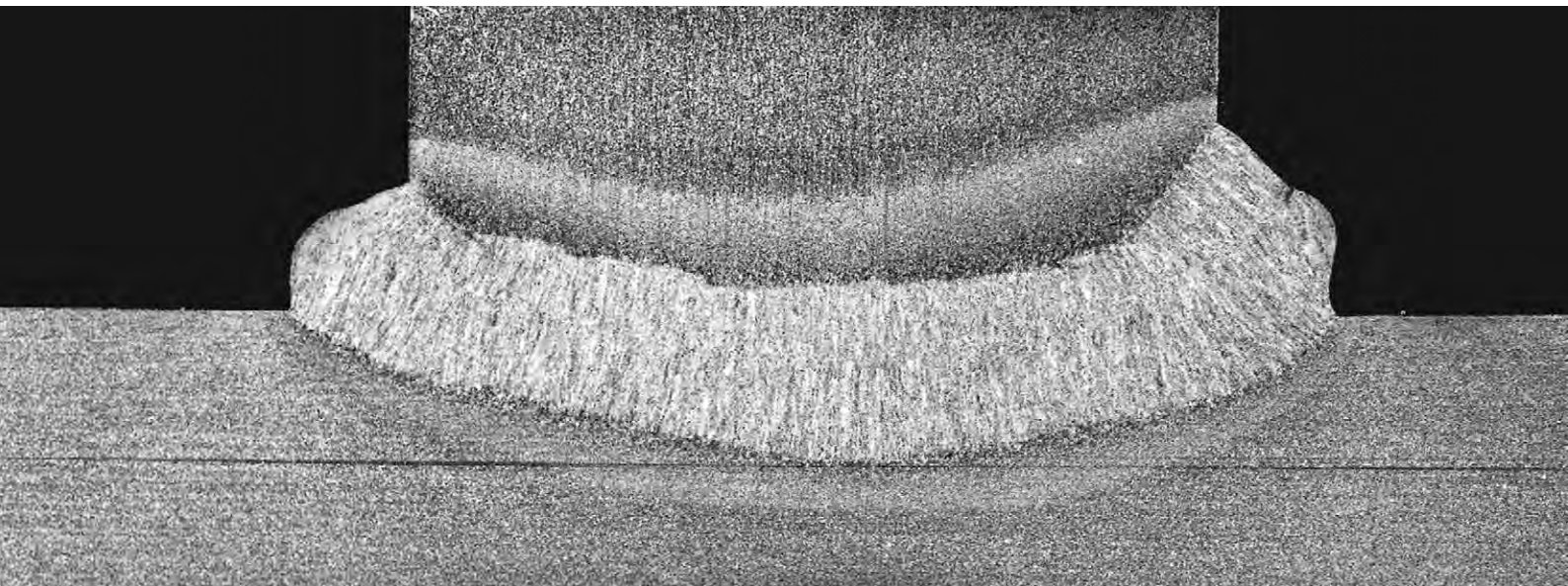
Die Tabelle zeigt die empfohlenen Plasma- und Schneidgase für die Werkstoffgruppen unlegierte und hoch legierte Stähle sowie für Aluminium.

P = Plasmagas

S = Sekundärgase

Tabelle 9: Gase für das Plasmaschneiden

Werkstoffe	80 Ar/20 H <sub>2</sub>	Formiergas 25/10	Luft 80 N <sub>2</sub> /20 O <sub>2</sub>	Stickstoff N <sub>2</sub>	Sauerstoff O <sub>2</sub>	Kohlendioxid CO <sub>2</sub>
C-Stähle	—	—	S	S	P	S
Cr-Ni-Stähle	P	S	—	S	—	—
Aluminium	—	—	P + S	P + S	—	—



## Schutzgase für das Bolzenschweissen mit Hubzündung.

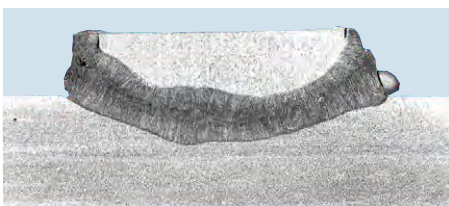
Das Bolzenschweissen mit Hubzündung stellt ein Sonderverfahren dar, das durch die Anwendung von Schutzgasen deutliche Qualitätsverbesserungen erzielen kann.

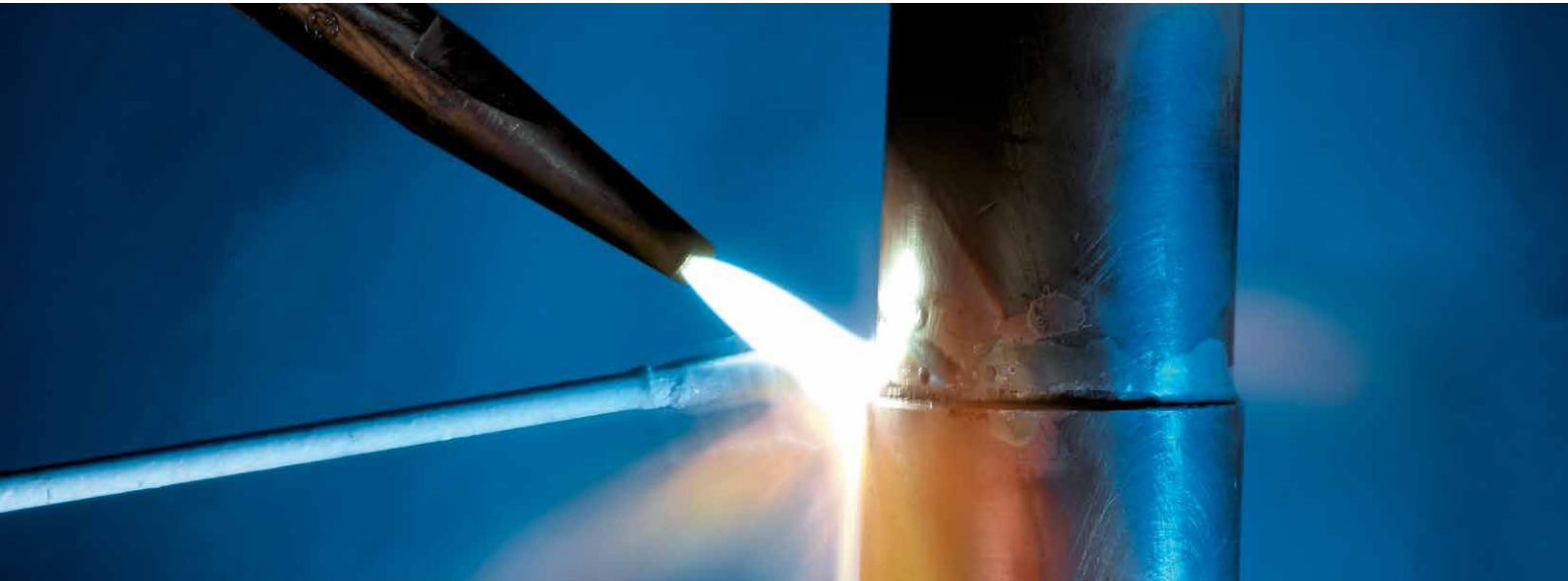
Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass die Qualität beim Bolzenschweissen mit Hubzündung für die Verfahren BH 10 und BH 100 durch den Einsatz geeigneter Schutzgase deutlich verbessert wird. Erprobt und bewährt sind unten stehende Schutzgas-Werkstoffkombinationen.

Durch Wegfall der Keramikringe werden Schutzgase besonders vorteilhaft beim vollmechanischen Schweißen auch bei der Anwendung von Industrierobotern eingesetzt.

Tabelle 10: Schutzgas-Werkstoffkombinationen

Grundwerkstoff	Bolzenwerkstoff	Schutzgas
Baustahl	Baustahl	CORGON® 18
hoch legierter Stahl	hoch legierter Stahl	CORGON® 18/ CRONIGON®
AlMg 3	Al99,5 oder AlMg 3	VARIGON® He30S





## Gase für die Autogentechnik.

In der Autogentechnik überzeugt Acetylen mit seinen herausragenden Eigenschaften als universelles Brenngas zum Wärmen, Löten und Schweißen in Kombination mit Luft oder Sauerstoff.



Fertigungsverfahren der Autogentechnik sind all jene, bei denen die Wärme einer Brenngas-Sauerstoff- oder Brenngas-Luft-Flamme auf die Werkstücke einwirkt. Die in der Praxis am häufigsten zu findenden Autogenvverfahren sind Gasschweißen, Flammlöten, Flamm-spritzen, Brennschneiden, Brennfugen, Brennbohren, Flammstrahlen, Flammwärmen, Flammhärten und Flammrichten. All diese Verfahren lassen sich optimal mit dem besten Brenngas, dem Acetylen, betreiben.

### Warum ist Acetylen so vorteilhaft?

Die hohe Leistung des Acetylens ist leicht zu erklären: Die bei der Verbrennung frei werdende Energie, die hohe Flammentemperatur und Zündgeschwindigkeit der Acetylen-Sauerstoff-Flamme sind im günstigen Molekülaufbau des Acetylens begründet. Das Acetylenmolekül besteht aus zwei Kohlenstoffatomen, die durch eine

Dreifachbindung aneinandergesetzt sind, und zwei symmetrisch angeordneten Wasserstoffatomen. Bereits beim Zerfall des Acetylenmoleküls wird – im Gegensatz zu anderen Kohlenwasserstoffen – die Bildungsenthalpie frei. Pro Kilo Acetylen werden dabei 8714 kJoule für die Nutzung frei. Hinzu addiert sich noch die Primärflammenleistung aus der ersten Verbrennungsstufe mit dem Sauerstoff. Und da in der Autogentechnik nur die Primärflamme von Bedeutung ist, bringen die günstigen Verbrennungseigenschaften des Acetylens einen grossen Vorteil.

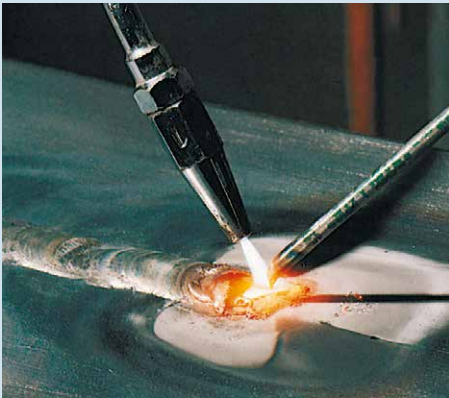
Immer wenn es auf schnelles und konzentriertes An- und Vorwärmen des Werkstücks ankommt, spielt die Höhe der Flammentemperatur die wichtigste Rolle. Denn je grösser die Flammentemperatur, desto schneller erfolgt der Wärmeübergang zwischen der Flamme und dem Werkstück. Die Acetylen-Sauerstoff-Flamme hat mit 3160°C die höchste Flammentemperatur aller Kohlenwasserstoffe. Acetylen ist aber auch das Brenngas mit der höchsten Zündgeschwindigkeit. Zündgeschwindigkeit ist – einfach ausgedrückt – die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Verbrennung. In der Praxis bedeutet das, dass der Wärmeübergang und der thermische Wirkungsgrad um so besser sind, je schneller die heissen Verbrennungsprodukte auf das Werkstück auftreffen.

Nur Acetylen hat bei neutraler Flammeinstellung die erforderliche hohe Flammentemperatur und Flammenleistung, um Stahl zu schmelzen und zu schweißen. Sogenannt neutral ist die Acetylen-Sauerstoff-Flamme bei einem Mischungsverhältnis Acetylen/Sauerstoff 1:1.

Die weiche Acetylen-Luft-Flamme ist schonender wirksam als die Acetylen-Sauerstoff-Flamme. Das ist von Bedeutung, wenn die Flamme mit reinem Sauerstoff zu heiss für einen Werkstoff oder ein Lot ist. Auch dabei ist Acetylen anderen Brenngas-Luft-Gemischen überlegen, denn die Flammentemperatur beträgt immerhin 2325°C.



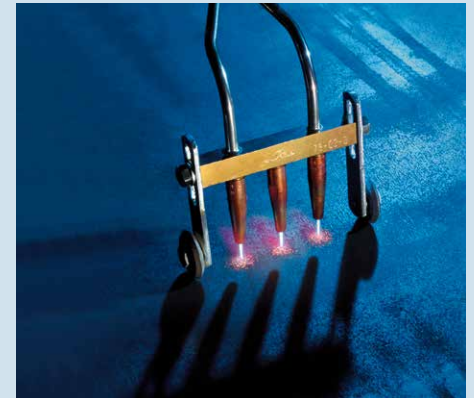
Integriertes Flaschensystem EVOS™ ViPR



Gasschweissen



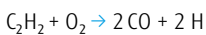
Brennschneiden



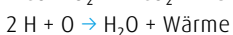
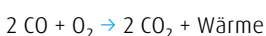
Flammspritzen

## Verbrennung von Acetylen

Zur Einleitung der Verbrennung werden die Kohlenwasserstoffmoleküle in ihre Elemente aufgespalten. In der ersten Verbrennungsstufe (weiss leuchtende Primärflamme) oxidiert der Kohlenstoff mit dem angebotenen Sauerstoff unter Wärmefreisetzung zu Kohlenmonoxid, und reiner Wasserstoff wird frei.



In der zweiten Verbrennungsstufe oxidiert Kohlenmonoxid CO zu Kohlendioxid CO<sub>2</sub>, und der Wasserstoff zu Wasserdampf. Der für die zweite Verbrennungsstufe erforderliche Sauerstoff kommt bei der neutralen Flamme aus der Raumluft.



Die sich aus der Verbrennungsgleichung ergebende Menge an Wasserdampf ist mit 3,6 % bei Acetylen am geringsten. Im Gegensatz dazu liegt der Wasserdampfgehalt nach Verbrennung von Propan und Methan bei 31 % und 40 %. Zu beachten ist dies beispielsweise beim Vorwärmen von wasserstoffempfindlichen Werkstoffen wie hochfesten Feinkornbaustählen oder Aluminium.

## Gasschweissen

In der autogenen Metallbearbeitung nimmt das Gasschweissen nach wie vor einen wichtigen Platz ein. Der grosse Vorteil der Acetylen-Sauerstoff-Flamme liegt in der reduzierenden Wirkung und in der leichten Einstell- und Regulierbarkeit. Autogenschweißungen mit Acetylen zeichnen sich durch gute Spaltüberbrückbarkeit aus. Der problemlose Einsatz ist auch besonders wertvoll beim Schweißen in Zwangslagen. Im Rohrleitungsbau bietet die Acetylen-Sauerstoff-Flamme zum Beispiel bewährte Einsatzmöglichkeiten. Die Verbrennung des Acetylen mit dem Sauerstoff ist durch einen scharf abgegrenzten Flammenkegel gekennzeichnet.

## Flammlöten

Das Flammlöten gehört wie das Gasschweissen zu den thermischen Verbindungsverfahren. Beim Löten jedoch können auch weitgehend artverschiedene Werkstoffe miteinander verbunden werden, was beim Schweißen häufig Schwierigkeiten bereitet. Auch bei dünnen und wärmeempfindlichen Werkstücken hat sich das Löten zur Herstellung hoch belastbarer, sicherer und dichter Metallverbindungen vorzüglich bewährt. Grundsätzlich wird beim Löten sowohl die Acetylen-Sauerstoff-Flamme als auch die Acetylen-Luft-Flamme eingesetzt.

## Flammspritzen

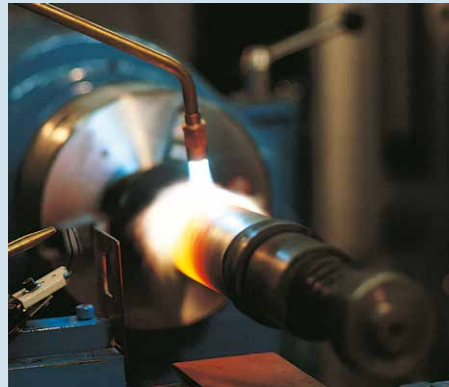
Flammspritzen wird zur Oberflächenbeschichtung metallischer und nicht metallischer Werkstoffe verwendet. Das Spritzgut, Draht oder Pulver, wird mit der Acetylen-Sauerstoff-Flamme aufgeschmolzen und mit Druckluft oder einem anderen Gas auf die vorbehandelte Werkstückoberfläche aufgespritzt. Die hohe Flammentemperatur der Acetylen-Sauerstoff-Flamme ermöglicht es, dass auch hoch schmelzende Werkstoffe, z. B. Molybdän, verspritzt werden können.

## Brennschneiden

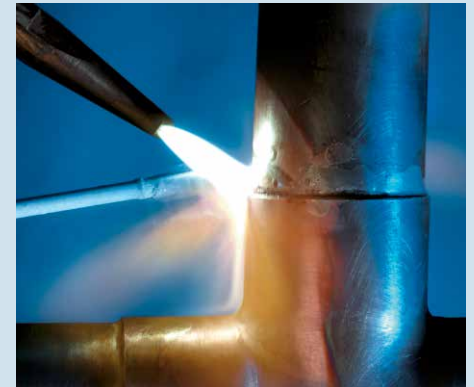
Brennschneiden, ob von Hand oder maschinell, ist ein Hauptanwendungsgebiet für die leistungsstarke Acetylen-Sauerstoff-Flamme. Brennschneiden ist ein lohnintensives Verfahren; 80–90 % der Gesamtkosten sind Lohn- und Maschinenkosten. Deshalb macht sich die hohe Flammenleistung des Acetylen hier besonders bezahlt: schnelles Vorwärmen zum Anschneiden oder Lochstechen, optimale Schneidgeschwindigkeit auch bei verrosteten, verzünderten oder geprimerten Blechen.



Flammstrahlen



Flammwärmen



Flammlöten

## Brennfugen

Das Brennfugen oder Fugenhobeln wird bei der Fehlerbeseitigung von Schweißnähten oder auch zur Vorbereitung von Gegenlagen angewandt. Durch eine zweckentsprechende Brennerführung erzielt man mit der Acetylen-Sauerstoff-Flamme eine einwandfreie Brennfuge.

## Brennbohren

Besondere Erwähnung verdient auch das Brennbohren, das mit einer Sauerstoffkern- bzw. einer Sauerstoffpulverlanze ausgeführt wird. Mit der Sauerstofflanze können praktisch alle Werkstoffe getrennt werden, das heisst Eisen- und Nichteisenwerkstoffe, Beton und andere mineralische Werkstoffe. Das Prinzip des Verfahrens besteht darin, dass Eisen im Sauerstoffstrom verbrannt und die dabei entstehende Wärme zum Schmelzen des jeweiligen Werkstoffs genutzt wird.

## Flammwärmen

Unter Flammwärmen versteht man das örtliche Erwärmen zur Warmformgebung, z. B. zum Biegen von Rohren, zum Aushalsen von Verteilern, zum Kumpeln von Behälterböden oder zum Vor- und Nachwärmen (Soaking) beim Schweißen und Brennschneiden. Der Einsatz speziell entwickelter Hochleistungs-Acetylen-Sauerstoff-Brenner empfiehlt sich vor allem dann, wenn grosse Wärmemengen möglichst schnell und konzentriert in das Werkstück eingebracht werden sollen. Für das schonende Vorwärmen kommen auch Sonderbrenner mit Acetylen-Druckluft-Flamme zum Einsatz.

## Flammstrahlen

Das Flammstrahlen mit Acetylen und Sauerstoff wird überall dort angewendet, wo saubere Blechoberflächen für die Weiterverarbeitung erforderlich sind. Durch das Flammstrahlen werden Rost, Walzhaut und Zunderschichten ohne grossen Aufwand wirtschaftlich entfernt. Durch Flammstrahlen behandelte Oberflächen gewährleisten eine vorzügliche Haftung für Anstriche und Beschichtungen. Das Flammstrahl-Verfahren wird auch für die thermische Behandlung von Beton- oder Natursteinoberflächen eingesetzt.



## Flammhärten

Das Flammhärten von Werkstücken aus entsprechend härtbaren Stählen dient zur Vorbeugung gegen Verschleiss. Das Verfahren besteht darin, dass durch örtlich begrenztes Erwärmen und Abschrecken von Oberflächen Härteschichten erzeugt werden können. Auch hier werden durch die hohe Leistung der Acetylen-Sauerstoff-Flamme die Werkstückrandschichten so schnell erwärmt, dass in entsprechender Schichtdicke ein scharf ausgeprägter Wärmestau entsteht, ohne dass die Wärme in tiefere Schichten eindringt. Durch das sofortige Abschrecken mit Wasser wird die eingebrachte Wärme abgeleitet. Gefügeumwandlung und Druckeigenspannung erzeugen ein martensitisches Härtegefüge. Form und mechanische Eigenschaften des Werkstücks bleiben erhalten.

## Flammrichten

Beim Flammrichten zählen sich die vorteilhaften Eigenschaften von Acetylen besonders aus. Die spezifischen Eigenschaften der Acetylen-Sauerstoff-Flamme gewährleisten das schnelle und präzise Setzen der Flammrichtpunkte. Durch die variable Acetylen-Sauerstoff-Flamme und die leicht zu wechselnden Brenneinsätze kann jedes gewünschte Wärmeangebot eingestellt werden, sodass eine optimale und wirtschaftliche Behandlung des Werkstücks möglich ist.

# Die richtigen Schutzgase für jedes Schweissverfahren

Verfahren	Schutzgase	Werkstoffe	
 <p><b>MAG</b> Metall-Aktivgasschweissen</p>	COXOGEN® 5/5 CORGON® 15/5 COXOGEN® 10 COXOGEN® 15 CORGON® 18	Kohlendioxid CRONIGON® He20	
	CRONIGON® CRONIGON® He20 CRONIGON® He33	CRONIGON® He30S	CrNi-Stahl, Cr-Stahl und sonstige legierte Stähle, Ni-Basis-Legierungen, Duplex- und Super-Duplex-Stähle
 <p><b>MSG-HL</b> Metall-Schutzgas-Hochleistungsschweissen</p>	CORGON® He30	CORGON® S5	Rohr Stahl, Baustahl, Kesselbaustahl, Schiffbaustahl, Feinkornbaustahl
 <p><b>MIG</b> Metall-Inertgasschweissen</p>	Argon 4.6/Argon 5.0 VARIGON® S VARIGON® He10	VARIGON® He50 VARIGON® He60 VARIGON® He70	Aluminium, Kupfer, Nickel und andere Legierungen
	VARIGON® He30S Argon 4.6/Argon 5.0 VARIGON® S	CRONIGON®	verzinkte, unlegierte Baustähle
 <p><b>MSG-Löten</b></p>			
 <p><b>WIG/TIG</b> Wolfram-Inertgasschweissen</p>	Argon 4.6/Argon 5.0 VARIGON® S VARIGON® He10 VARIGON® He30S	VARIGON® He50 VARIGON® He60 VARIGON® He70 Helium 4.6	alle schweissgeeigneten Metalle wie unlegierte und legierte Stähle, Aluminium, Kupfer
	HYDRARGON® 2 HYDRARGON® 7 CRONIWIG® N3He Argon 5.0	HYDRARGON® 5 CRONIWIG® N3	CrNi-Stähle, Nickel- und Ni-Legierungen
 <p><b>WP</b> Wolfram-Plasmaschweissen</p>	<b>Zentrumsgas/Plasmagas:</b> Argon 5.0 <b>Aussengas:</b> Argon 4.6, VARION® S HYDRARGON® 2 HYDRARGON® 5 HYDRARGON® 7	Helium 4.6 VARIGON® He60 VARIGON® S	alle schweissgeeigneten Metalle, siehe WIG-Schweissen
 <p><b>Wurzelschutz</b> Formieren</p>	Formiergas 5 Formiergas 8 Formiergas 10 Formiergas 25 Argon 5.0	HYDRARGON® 2 HYDRARGON® 5 HYDRARGON® 7	für alle Werkstoffe, wenn wurzelseitig Oxidation vermieden werden soll bei mehr als 10 % H <sub>2</sub> -Anteil abfackeln
			für gasempfindliche Werkstoffe wie Titan, Tantal, Zirkonium
 <p><b>Laser</b> Schweissen und Schneiden</p>	Argon 4.6, Argon 5.0 Helium Spezialgase Betriebsgase z. B. für CO <sub>2</sub> -Laser: LASPUR®		alle schweissgeeigneten Metalle
<p><b>Lichtbogen-Bolzenschweissen</b></p>	CORGON® 18 CRONIGON® HYDRARGON® 2 VARIGON® He30S	CRONIGON® He33	Baustahl hochlegierte Stähle Aluminium und Aluminium-Legierungen

## Zusammensetzung der Linde-Schutzgase

Schutzgas	ISO 14175	Ar Vol.-%	CO <sub>2</sub> Vol.-%	O <sub>2</sub> Vol.-%	He Vol.-%	N <sub>2</sub> Vol.-%	H <sub>2</sub> Vol.-%	NO Vol.-%
<b>Competence-Line:</b>								
Argon 4.6	I 1	100						
Argon 5.0	I 1	100						
CORGON® S5	M 22	Rest		5				
COXOGEN® 10	M 20	Rest	10					
COXOGEN® 15	M 20	Rest	15					
CORGON® 15/5	M 25	Rest	15	5				
CORGON® 18	M 21	Rest	18					
COXOGEN® 5/5	M 23	Rest	5	5				
CRONIGON®	M 12	Rest	2,5					
CRONIWIG® N3	N 2	Rest				3		
Kohlendioxid	C 1		100					
VARIGON® S	Z	Rest		0,03				0,03
<b>Performance-Line:</b>								
CORGON® He30	M 20	Rest	10		30			
CRONIGON® He20	M 12	Rest	2,5		20			
CRONIGON® He30S	Z	Rest	0,05		30		2	
CRONIGON® He33	M 11	Rest	3		33		1	
CRONIWIG® N3He	N 2	Rest			20	3		
Helium 4.6	I 2				100			
HYDRARGON® 2	R 1	Rest					2	
HYDRARGON® 5	R 1	Rest					5	
HYDRARGON® 7	R 1	Rest					7	
VARIGON® He10	I 3	Rest			10			
VARIGON® He30S	Z	Rest		0,03	30			
VARIGON® He50	I 3	Rest			50			
VARIGON® He60	I 3	Rest			60			
VARIGON® He70	I 3	Rest			70			
Formiergas 5	N 5					Rest	5	
Formiergas 8	N 5					Rest	8	
Formiergas 10	N 5					Rest	10	
Formiergas 25	N 5					Rest	25	
Stickstoff	N 1					100		
VARIGON® NH	N 4	Rest				2	1	
VARIGON® H5C	M 11	Rest	0,5				5	
VARIGON® N3H1	N 4	Rest				3	0,7	

### Competence-Line:

Für manuell gefertigte hochwertige Schweißnähte mit gutem Einbrand. Diese Schutzgase basieren auf Argon mit Zusätzen von Sauerstoff, Kohlendioxid oder Stickstoff.

### Performance-Line:

Für manuelle und bevorzugt vollmechanische oder automatisierte Schweißungen hoher Qualität mit hohen Schweißgeschwindigkeiten. Diese Schutzgase weisen Zusätze von Helium und Wasserstoff auf.

## Literaturhinweise

DVS Merkblatt 0937, Wurzelschutz beim Schutzgasschweißen, DVS Verlag, Düsseldorf 1990

ISO 14175, Schutzgase zum Lichtbogenschweißen und -schneiden, Ausgabe Mai 1995

Trube, S., Auswahl von Schutzgasen zum Schweißen von Stahlwerkstoffen, Sonderdruck 04/99, Höllriegelskreuth 1999

Trube, S., Ammann, T., Schutzgase zum Schweißen und Formieren von Chrom-Nickel-Stählen, Jahrbuch Schweisstechnik 2001, S. 77–84, DVS-Verlag, Düsseldorf 2000

Trube, S., Schutzgasschweißen von A–Z, Schutzgase für Aluminium bis Zirkon, unveröffentlichter Bericht der Linde AG, Höllriegelskreuth 1998

Gümpel, P. et al., Rostfreie Stähle, Grundwissen, Konstruktions- und Verarbeitungshinweise, Expert-Verlag, Renningen-Malmsheim 1996

Brune, E., Spichale, B., Schweisschutzgase, Technica 10/99, S. 50–54, Ruppertswil 1999

Brune, E., Schweiß- und Schneidtechnik, Handbuch für Praktiker, PanGas Luzern, Luzern 2000

Brune, E., Besonderheiten beim Titan-Schweißen, Technica 25–26/2000, S. 50–55, Ruppertswil 2000

Schumacher, K. et al., Rationelles Vorwärmen, PanGas Sonderdruck 52/96, Luzern 1996

Böhme, D., Plasmaverbindungsschweißen, DVS-Berichte Band 128, Düsseldorf 1989

Linde Sonderdruck, Laser in der Materialbearbeitung, Grundlagen der Lasertechnik, München 1995

Niederberger, K., Herrmann, J., Gase – unverzichtbarer Bestandteil der Lasermaterialbearbeitung, Linde Sonderdruck 13/92, München 1992

Stenke, V., Schutzgasauswahl – vom CO<sub>2</sub> zum T.I.M.E.-Gas, in: Filler Materials and other Consumables for Welding, ISBN 953-96454-1-7, 10.–13.10.1996, Porec, S. 101–116

Pomaska, H.-U., MAG-Schweißen, ISBN 3-7863-0779-2. 1. Aufl., September 1989, Linde AG, Höllriegelskreuth

Trube, S., MAG-Hochleistungsschweißen mit dem LINFASST-Konzept, IIW-DOC XII-1499-97 und Sonderdruck 36/97, Linde AG, Höllriegelskreuth

Hornig, J., Schweißen verzinkter Bleche, in: Jahrbuch Schweisstechnik 1996, S. 27–39, Düsseldorf 1996

Baum, L., Fischer, H., Der Schutzgasschweisser, Teil 1, WIG-Schweißen/Plasmaschweißen, DVS Verlag, Düsseldorf 1997

SN EN 10 088-1, Nichtrostende Stähle, Teil 1: Verzeichnis der nichtrostenden Stähle, Ausgabe 1995

DIN EN 10 088-2, Nichtrostende Stähle, Teil 2: Technische Lieferbedingungen für Blech und Band für allgemeine Verwendung, Ausgabe 1995

DIN EN 10 088-3, Nichtrostende Stähle, Teil 3: Technische Lieferbedingungen für Halbzeug, Stäbe, Walzdraht und Profile für allgemeine Verwendung, Ausgabe 1995

Trumpf Firmenschrift, Laserzelle zum Schweißen, Trumpf Systemtechnik, Ditzingen 1998

Trumpf Firmenschrift, Flexible Blech- und Materialbearbeitung, Trumpf Systemtechnik, Ditzingen 1996

Mair, H., Abgrenzung der thermischen Schneidverfahren: Laserstrahlschneiden, Plasmaschneiden und autogenes Brennschneiden..., Linde Sonderdruck 29/95, München 1995

Mair, H., Thermische Schneidverfahren: Autogenes Brennschneiden, Plasma-Schmelzschnitten, Laserstrahlschneiden – ein technologischer und wirtschaftlicher Vergleich, Linde Sonderdruck 128, München 1993

Bernhard, P., Arbeitsschutz beim Umgang mit Brenngasen und mit Sauerstoff, Beratungsstelle für Autogentechnik, Hürth 1975

### ...ausserdem Tipps für Praktiker

- MAG-Schweißen von Baustählen
- MAG-Schweißen in der Kfz-Reparatur
- MSG-Schweißen von Aluminium-Werkstoffen
- Formieren
- Gase zum Schweißen und Formieren
- Brennschneiden
- Flammstrahlen
- Flammrichten

Wir danken folgenden Firmen für die Bereitstellung von Bildmaterial: Fronius, Rümlang ZH; Trumpf; Baar ZG; Linde, München D; SLV-München; Fontargen, Eisenberg D; INOX-Schweisstechnik, Zug ZG

### Impressum

Herausgeber: PanGas, Abteilung Schweiß- und Schneidtechnik  
Redaktion und technische Bearbeitung: Thomas Ammann, Dipl.-Ing. (TU)  
Dagmersellen, 2012

# Weltweiter Vorsprung durch Innovation.

Linde Gas Schweiz übernimmt als Tochter der weltweit führenden Linde plc mit zukunftsweisenden Produkt- und Gasversorgungskonzepten eine Vorreiterrolle im Markt. Als Technologieführer ist es unsere Aufgabe, immer wieder neue Massstäbe zu setzen. Angetrieben durch unseren Unternehmergeist arbeiten wir konsequent an neuen hochqualitativen Produkten und innovativen Verfahren.

Linde bietet mehr: Mehrwert, spürbare Wettbewerbsvorteile und erhöhte Profitabilität. Jedes Konzept wird exakt auf die Kundenbedürfnisse abgestimmt: individuell und massgeschneidert. Das gilt für alle Branchen und für jede Unternehmensgrösse.

Wer heute mit der Konkurrenz von morgen mithalten will, braucht einen Partner an seiner Seite, für den höchste Qualität, Prozessoptimierungen und Produktivitätssteigerungen tägliche Werkzeuge für optimale Kundenlösungen sind. Partnerschaft bedeutet für uns nicht nur «wir für Sie», sondern vor allem auch «wir mit Ihnen». Denn in der Zusammenarbeit liegt die Kraft wirtschaftlichen Erfolgs.

Linde – ideas become solutions.