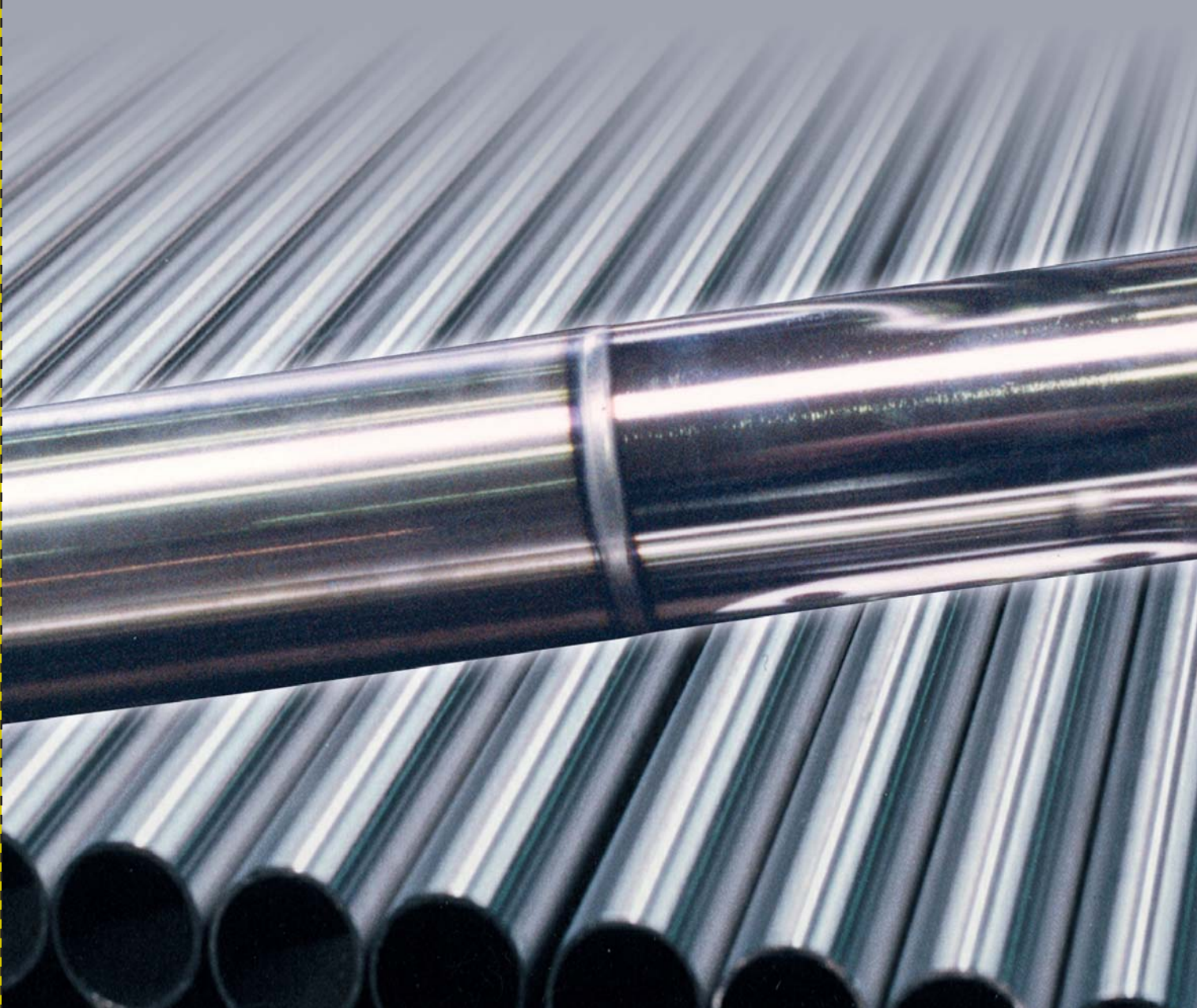


# *Formieren*

Wurzelschutz beim Schweißen



# Gase für den Wurzelschutz



Wurzelschutzgase erhalten bei der schweißtechnischen Verarbeitung von Metallen weitgehend deren Eigenschaften wie Korrosionsbeständigkeit und Festigkeit.

## Schutz der Schweißnaht

Beim Schweißen von Metallen reagieren die zu bearbeitenden Werkstücke sehr empfindlich auf die in der Luft enthaltenen Gase Sauerstoff und Stickstoff. Deshalb wird ein gasförmiger Schutz der Schweißnaht benötigt.

Beim Schutzgasschweißen unterscheiden wir drei Schutzbereiche:

1. Der primäre Nahtschutz sorgt für den Schutz des Schmelzbades und der direkt angrenzenden wärmebeeinflussten Zone. Diese Funktion übernimmt die Gasdüse.
2. Der sekundäre Nahtschutz soll die fertige Schweißnaht schützen, bis sie soweit abgekühlt ist, dass sie nicht mehr auf den Sauerstoff und Stickstoff der Umgebungsluft reagiert. Dies wird mit Hilfe eines Nachlaufschutzes (Schleppschuh) erreicht.
3. Sehr empfindlich reagiert auch die Wurzelseite der Schweißnaht. Sie muss deshalb durch ein Gas gegen Oxidation geschützt werden. Damit können gleichzeitig die Qualität der Wurzel verbessert und Wurzelfehler vermieden werden.

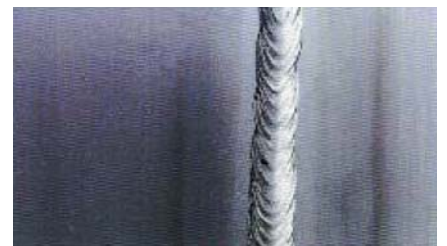
Der Wurzelschutz (Formieren) kommt hauptsächlich bei hochlegierten Werkstoffen wie CrNi-Stählen oder Ni-Legierungen zum Einsatz. Dabei umspülen Schutzgase die hoch erhitzten Nahtwurzel- und Nahtrandbereiche und verdrängen so die Luftatmosphäre.

Beim Wurzelschutz werden inerte oder wasserstoffhaltige Gase eingesetzt. Die Zugabe von Wasserstoff zum Wurzelschutzgas (Formiergas) bindet den Restsauerstoff und verbessert die Wurzelbildung.

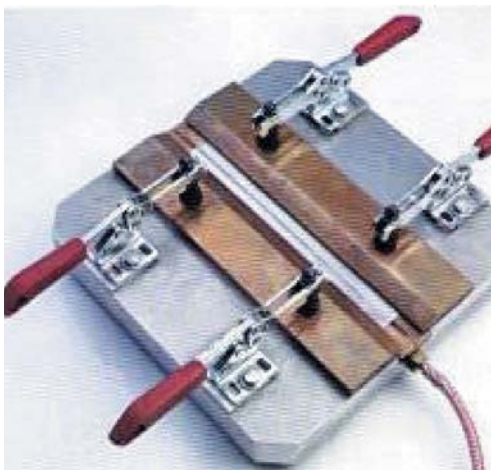
Anwendungsbeispiele



Ohne Wurzelschutz

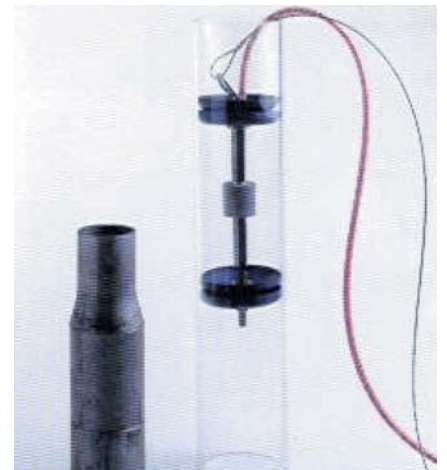


Mit Wurzelschutz



Formiervorrichtung für Bleche

Für den optimalen Wurzelschutz sind heute für Rohre und Kehlnähte unterschiedliche Formiervorrichtungen verfügbar. Bei komplizierten Bauteilgeometrien werden die Vorrichtungen selber konstruiert. Wichtig ist der Einsatz von Sintermetallen, die für eine langsame und gleichmäßige Gasströmung sorgen, wodurch sich ein Verwirbeln der Luft vermeiden lässt.



Formiervorrichtung für Rohre

# Für höchste Anforderungen



Das „Formieren“ – vor allem von CrNi-Stählen – erfordert eine große Erfahrung und besondere Sorgfalt. Die Spezialisten von Air Liquide liefern Ihnen das optimale Gas und unterstützen Sie mit ihrem Know-how.

## Anwendungsbereiche von Wurzelschutzgasen (Formiergasen)

Gas	Bezeichnung nach EN ISO 14175	Werkstoffe
Argon	I1	Alle Werkstoffe
Stickstoff	N1	Austenitische CrNi-Stähle, Duplexstähle
Stickstoff / Wasserstoff	N5	Austenitische CrNi-Stähle
Argon / Wasserstoff	R2	Austenitische CrNi-Stähle, Nickel und Nickel-Basis-Werkstoffe
Argon / Stickstoff	N2	Austenitische CrNi-Stähle, Duplex- und Superduplexstähle

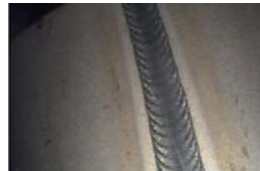
## Beispiele verschiedener Oxidationsgrade (Verfärbungen)



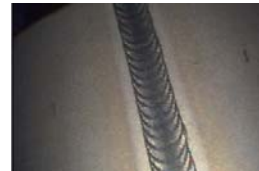
Rest O<sub>2</sub> 310 ppm



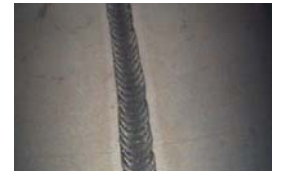
Rest O<sub>2</sub> 145 ppm



Rest O<sub>2</sub> 38 ppm



Rest O<sub>2</sub> 21 ppm



Rest O<sub>2</sub> 5 ppm

## Schlauchleitungen

Die Verbindungen von der Formiergasflasche zum Werkstück werden in der Regel mittels Schläuchen erstellt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Schlauchmaterialien sehr unterschiedliche Feuchtigkeits- und Sauerstoffdurchlässigkeiten aufweisen können. Die Schlauchleitungen sollten deshalb möglichst kurz gehalten werden. Nach längeren Arbeitsunterbrechungen, vor allem bei hoher Luftfeuchtigkeit, müssen Schläuche immer vorgespült werden. Bei der Verarbeitung von gasempfindlichen Werkstoffen (z.B. Titan und Tantal) wird, sofern möglich, der Einsatz von Rohren statt Schläuchen empfohlen.



Gasdiffusion verschiedener Schläuche mit Helium 100 l / h Spülmenge bei 4 bar (Schlauchdurchmesser 6 mm)			
Sauerstoff O <sub>2</sub>		Wasser H <sub>2</sub> O	
1. Polyurethan	1 ppm	1. Teflon	1 – 2 ppm
2. Polyethylen	1 ppm	2. Polyethylen	1 – 2 ppm
3. PVC	2 ppm	3. PVC	6 ppm
4. Autogenschlauch	4 ppm	4. Autogenschlauch	15 ppm
5. Teflon	16 ppm	5. Polyurethan	18 ppm

Polyethylen ist sehr gut geeignet, aber in den meisten Fällen wird PVC verwendet.

# Qualität und Korrosionsbeständigkeit



Das Formieren bildet bei Qualitätsschweißarbeiten, wie z.B. bei der Fertigung von hochlegierten korrosionsbeständigen Komponenten, eine notwendige Maßnahme für die Qualitätssicherung und Wirtschaftlichkeit.

## Spülzeiten

Die Vorspülzeiten beruhen meistens auf Erfahrungswerten. Diese können aber auch mit Hilfe von Restsauerstoffmessungen bestimmt werden. Generell ist ein maximaler Sauerstoffgehalt von 20 ppm zu empfehlen. Bevor mit dem Schweißen begonnen werden kann, muss die Wurzelseite mit Schutzgas gespült werden, um die Sauerstoffkonzentration zu vermindern. Einen wesentlichen Einfluss auf eine oxidfreie Nahtwurzel hat die Vorspülzeit. Sie ist auch aus wirtschaftlichen Überlegungen wichtig. Eine zu kurze Spülzeit führt zu Fehlern in der Nahtwurzel und damit evtl. zu aufwendigen Reparaturarbeiten. Eine zu lange Spülzeit sorgt für überhöhte Gaskosten. Die Tabelle zeigt einige Beispiele für die Berechnung von Spülzeiten und Durchflussmengen bei verschiedenen Rohrdimensionen. Die notierten Werte sind mit der Rohrlänge (in Meter!) zu multiplizieren.

Spülgas l/min  Rohr Ø mm	5 l/min.	10 l/min.	12 l/min.	14 l/min.	16 l/min.	18 l/min.	20 l/min.	25 l/min.
	Spülzeiten in Sek./1 m Rohrlänge							
Ø 17.2 mm	8.4	4.2	3.5	3.0	2.6	2.3	2.1	1.7
Ø 21.3 mm	12.8	6.4	5.3	4.6	4.0	3.6	3.2	2.6
Ø 26.9 mm	20.5	10.2	8.5	7.3	6.4	5.7	5.1	4.1
Ø 33.7 mm	32.1	16.1	13.4	11.5	10.0	8.9	8.0	6.4
Ø 42.4 mm	50.8	25.4	21.2	18.2	15.9	14.1	12.7	10.2
Ø 48.3 mm	66.0	33.0	27.5	23.6	20.6	18.3	16.5	13.2
Ø 60.3 mm	102.8	51.4	42.8	36.7	32.1	28.6	25.7	20.6
Ø 65.0 mm	119.5	59.7	49.8	42.7	37.3	33.2	29.9	23.9
Ø 70.0 mm	138.5	69.3	57.7	49.5	43.3	38.5	34.6	27.7
Ø 76.1 mm	163.7	81.9	68.2	58.5	51.2	45.5	40.9	32.7
Ø 82.5 mm	192.4	96.2	80.2	68.7	60.1	53.5	48.1	38.5
Ø 88.9 mm	223.5	111.7	93.1	79.8	69.8	62.1	55.9	44.7
Ø 90.0 mm	229.0	114.5	95.4	81.8	71.6	63.6	57.3	45.8
Ø 101.6 mm	291.9	145.9	121.6	104.2	91.2	81.1	73.0	58.4
Ø 108.0 mm	329.8	164.9	137.4	117.8	103.1	91.6	82.4	66.0

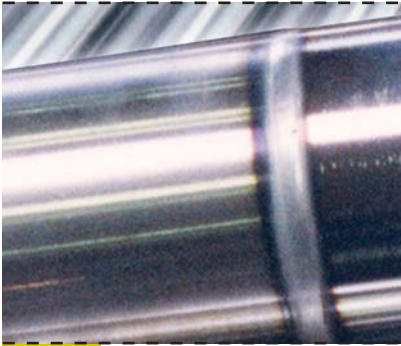
Neben den dargestellten Richtwerten sind folgende Faktoren zu berücksichtigen:

- Eignung des Formiergases gegenüber dem Werkstoff
- Art des Formiergases (H<sub>2</sub>-Anteil, Dichte)
- Zuführungsart des Formiergases
- Abdeckungsmöglichkeiten der Nähte (Dichtheit des Schweißteils)
- Volumen und Geometrie des zu spülenden Behälters

### Die optimale Spülmenge

Die optimale Spülmenge lässt sich am exaktesten durch einen Schweißversuch ermitteln. Dies lohnt sich aber nur bei Serienarbeiten. Um Verwirbelungen mit Luft zu vermeiden, muss die Einströmgeschwindigkeit möglichst klein gehalten werden. Sie ist abhängig von Leitungsdurchmesser und Strömungsmenge.

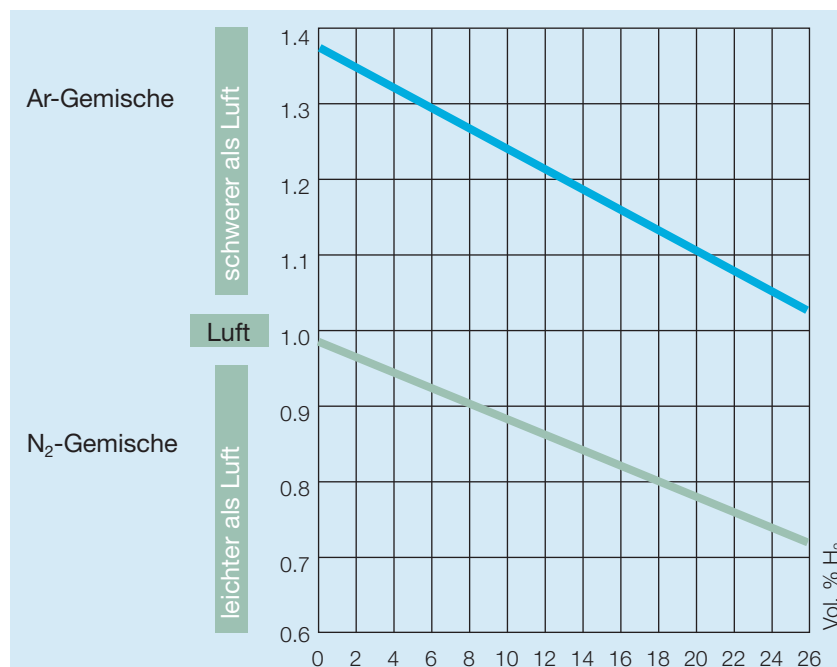
# Wurzelschutzgase für alle Anwendungen



Die richtige Auswahl und Anwendung der Gase sind entscheidend für den Erfolg des Wurzelschutzes

## Die Anwendung von Wurzelschutzgasen

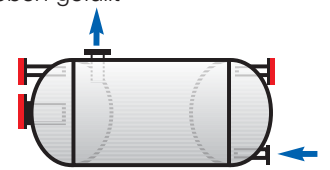
Bei der Anwendung von Wurzelschutzgasen kommt der relativen Dichte der Gase eine besondere Bedeutung bei der Gaszuführung zu. In der Praxis hat sich auch gezeigt, dass die zu schweißenden Bauteile nicht dicht verschlossen werden dürfen, da sonst der Sauerstoff nicht entweichen kann.



Relative Dichte von Formiergasen

### Gaszuführung bei Behältern:

- Formiergas **schwerer** als Luft
- Gaseintritt unten
- Behälter wird von unten nach oben gefüllt



- Formiergas **leichter** als Luft
- Gaseintritt oben
- Behälter wird von oben nach unten gefüllt



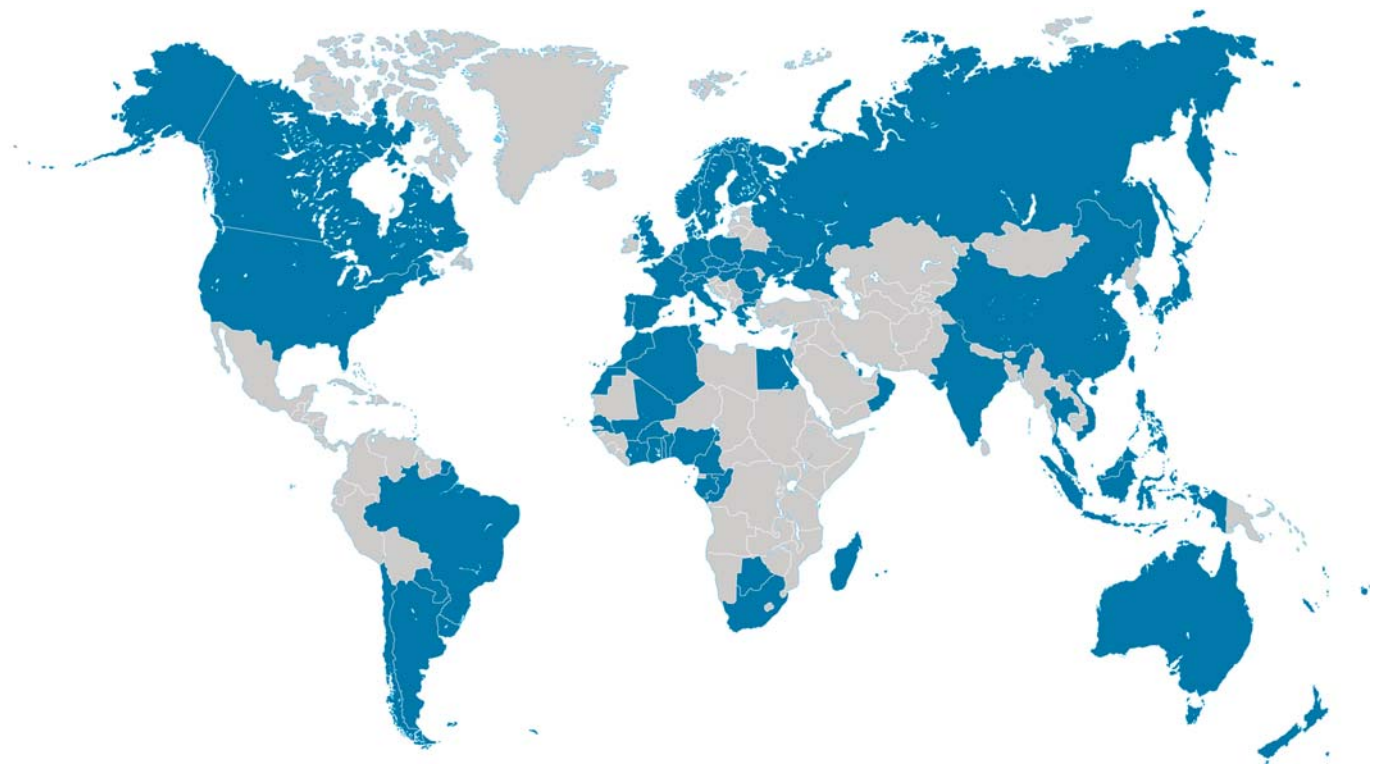
## Arbeitssicherheit



• Argon und Stickstoff sind ungiftig und unbrennbar. Sie wirken aber durch die Verdrängung des Sauerstoffes erstickungsfördernd. Es ist darauf zu achten, dass Arbeiten mit diesen Gasen nur in gut belüfteten Räumen ausgeführt werden dürfen.

- Wasserstoffhaltige Wurzelschutzgase sind je nach H<sub>2</sub>-Anteil brennbar. Bei einem Anteil von > 10 % H<sub>2</sub> müssen sie abgefackelt werden. Vorsicht Brandgefahr.
- Sicherheitshinweise auf den Flaschenetiketten beachten!

- Die Spüleistung bzw. der Sauerstoffaustrag ist nicht proportional zur eingesetzten Gasmenge bzw. Strömungsgeschwindigkeit.
- Spülmenge und Spülzeit sind abhängig von Volumen und Strömungsgeschwindigkeit.
- Gasarten und Spülzeiten sind fallweise den Anforderungen anzupassen.
- Schlecht vorbereitete Nahtstöße mit offenem Spalt können eine starke Sauerstoffaufnahme verursachen
- Höhere Wasserstoffgehalte im Wurzelschutzgas sind meist nicht erforderlich und müssen zudem abgefackelt werden.
- Selbst kleine Mengen von Titan im Grundwerkstoff bilden mit geringen Mengen von Stickstoff im Formiergas festhaftende Titanitridschichten. N<sub>2</sub>-haltige Schutzgase sind somit für die Anwendung nicht geeignet.



## Kontakt

AIR LIQUIDE AUSTRIA GmbH  
Sendnergasse 30  
2320 Schwechat  
Fon: 0810 242 427  
Fax: 0810 4691-222  
technik.at@airliquide.com



Bitte verwenden Sie diese Produkte nur für den von Air Liquide genannten Gebrauch und nur, wenn Sie die Anwendung beherrschen und die sicherheitstechnischen Richtlinien beachten.

Sollten Unsicherheiten bei der Anwendung des Produktes bestehen, verlangen Sie vor Gebrauch weitere Produktinformationen - insbesondere Sicherheitsdatenblätter und Unfallmerkbücher für den Transport von technischen Gasen. Sprechen Sie mit einem Spezialisten von Air Liquide.

Das Prospekt wurde nach bestem Wissen und mit größter Sorgfalt auf Basis der zum Ausgabedatum vorhandenen Kenntnisse erstellt. Es erhebt jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit und ersetzt in keiner Weise die Eigenverantwortlichkeit des Benutzers.

