



Handbuch des Schweißers

Für Schutzgas-Lichtbogenschweißen
und Oxyfuel-Schneiden

Einführung

Schweißen - die Grundlagen	3
Warum Schweißen?	4
Welches Verfahren?	5

MIG/MAG-Schweißen

Grundlagen	6
Prozess	7
Schweißpositionen	9
Gase für das MIG/MAG-Schweißen	11
Maxx® Gase: Unsere besten Schweißprozessgase	11
Standardschweißschutzgase	12

WIG-Schweißen

Grundsätze	13
Prozess	13
Stromquellen für das WIG-Schweißen	14
Auswahl der Stromquelle	15
Kraterfüllung	15
Wolframelektroden	16
Schweißbrenner	18
Maxx® Gase: Unsere besten Schweißprozessgase	19
WIG-Impuls	20
WIG-Punktschweißen	20

Plasma-Lichtbogenschweißen 21

Formiergas 22

Schweißen von Dünnblechen 23

Schweißen von Dickblechen

Empfohlene Schweißvorbereitung für Stumpfschweißungen von Kohlenstoffstahl und Edelstahl	25
---	----

Rohrleitungen und Rohre schweißen 28

Fehler bei Schweißnähten

Porosität	30
Bindefehler und ungenügender Einbrand	31
Einbrandkerben	32
Spritzer	32
Spannungsrisse	33

Hilfreiche Daten für das MIG/MAG-Schweißen 34

Typische Bedingungen für das MAG-Schweißen von Kohlenstoff/Kohlenstoff-Mangan-Stahl	35
Typische Bedingungen für das MIG/MAG-Schweißen mit Massivdraht	36
Typische Schweißbedingungen für alle positionierten rutilen Fülldrähte (nahtlos) bei Stahlplatten	39
Schweißströme für das MIG/MAG-Schweißen von Stahl mit Fülldraht	40

Hilfreiche Daten für das WIG-Schweißen

Typische Bedingungen für das WIG-Schweißen mit gepulsten Schweißmaschinen	41
---	----

Autogenes Brennschneiden 43

Ausrüstung	44
------------	----

Sicherer Betrieb - Brenngas

Montage und Inbetriebnahme	45
System-Spülung	47
Zünden	48
Abschalten	49

Integra® Flaschen für Sauerstoff und Acetylen 50

Variablen für die Qualität einer Schnittfläche	52
Schnittqualität	53
Bedientechniken	53
Typische Betriebsbedingungen	55
Injektorbrenner	56

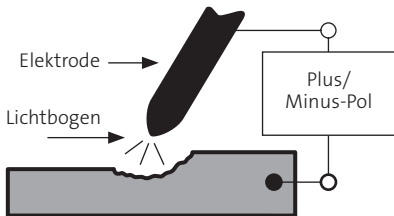
Einführung

Schweißen – die Grundlagen

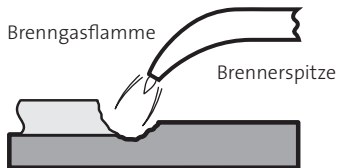
Beim Verbindungsschweißen müssen die zu schweißenden Komponenten lokal geschmolzen werden.

Zwei weit verbreitete Wärmequellen sind:

Der elektrische Lichtbogen



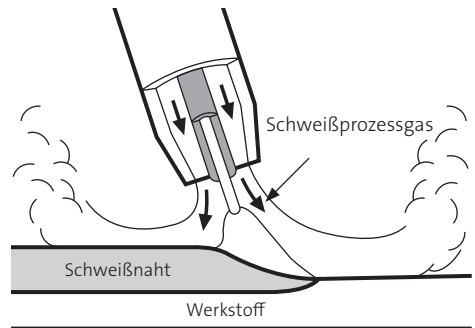
Gasflamme



Die Festigkeit der Schweißverbindung sollte größer als oder genauso groß wie die Festigkeit des Trägermaterials sein. Qualität ist von höchster Bedeutung.

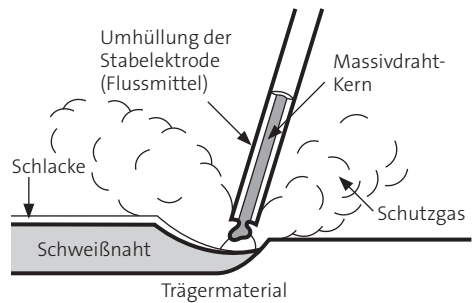
Das geschmolzene Metall und der dieses umgebende Bereich müssen vor der Atmosphäre geschützt werden. Dies wird häufig mit einem Schweißschutzgas oder Flussmittel erreicht (siehe Beispiele unten).

Metall-Inertgas



Beim Metall-Inertgas-Schweißen (MIG-Schweißen) wird ein Schweißprozessgas verwendet.

Manuelles Metall-Lichtbogenschweißen



Beim Lichtbogenhandschweißen (MMA) wird ein Flussmittel zur Erzeugung von Schutzgas und Schlacke verwendet.

Warum Schweißen?

Das Schweißen wird aus diesen Gründen verwendet:

- Es ist eine der kostengünstigsten Methoden zur Verbindung von Metallkomponenten
- Es eignet sich für ein breit gefächertes Spektrum an Materialien und Materialstärken
- Es lässt sich für eine Vielzahl von Bauteilformen und -größen einsetzen

Die durch Schweißen erzeugten Verbindungen sind:

- Permanent
- Stark - in der Regel wird die Festigkeit der Trägermaterialien erreicht oder übertroffen
- Dicht
- Reproduzierbar
- Durch zerstörungsfreie Verfahren einfach zu überprüfen

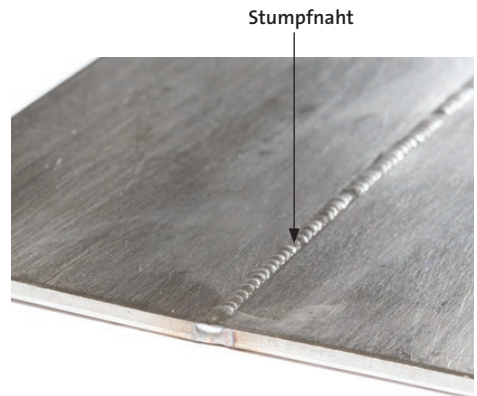
Schweißprozesse können durchgeführt werden:

- In einer Werkstatt oder vor Ort
- Manuell, mechanisiert oder per Roboter

T-Stoß



Stumpfstoß



Welches Verfahren?

Es gibt viele Schweißverfahren und -techniken. Die zumeist Anwendung findenden Verfahren sind:

- **Manuelles Metall-Lichtbogenhandschweißen** (MMA-Schweißen) auch **bekannt als Schutzgasschweißen (SMAW)** oder **Stabschweißen**
- **Wolfram Inertgas (WIG)** Schweißen
- **Metall-Inertgas (MIG)/Metall-Aktivgas (MAG)** Schweißen

Es gibt kein einzelnes Verfahren, das allgemein besser ist als ein anderes. Jedes Verfahren hat seine eigenen speziellen Vorteile und muss der Anwendung entsprechen. Die Auswahl des am besten geeigneten Verfahrens erfordert eine sorgfältige Berücksichtigung verschiedener Faktoren, darunter:

- Typ des zu schweißenden Materials
- Verfügbarkeit von Schweißzusätzen und Geräten
- Konfiguration und Position der Verbindungen
- Stärke des Werkstücks
- Produktionsmenge
- Anforderungen an die Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle
- Qualifikationen und Fähigkeiten des verfügbaren Personals
- Arbeitsumfeld und -bedingungen
- Gesundheit, Sicherheit und Umweltschutz

MIG/MAG



Zwei der häufigsten Lichtbogenschweißverfahren - **MIG/MAG und WIG** - verwenden eine Schutzgasatmosphäre, um das zu schweißende Metall vor atmosphärischen Verunreinigungen zu schützen.

WIG

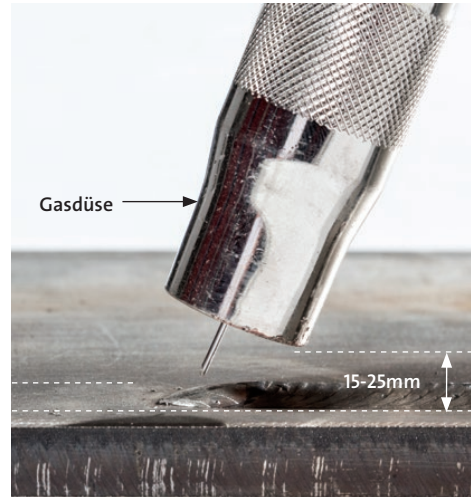


MIG/MAG-Schweißen

Grundlagen

Ein halbautomatisches Verfahren mit einer Abschmelzelektrode, das für manuelles, mechanisiertes und Roboter-Schweißen geeignet ist.

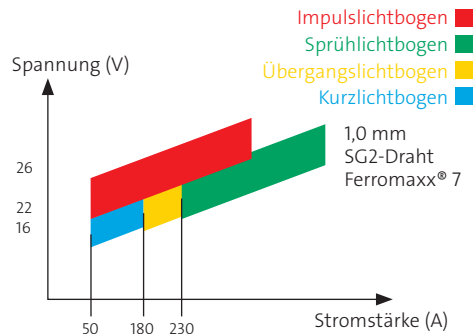
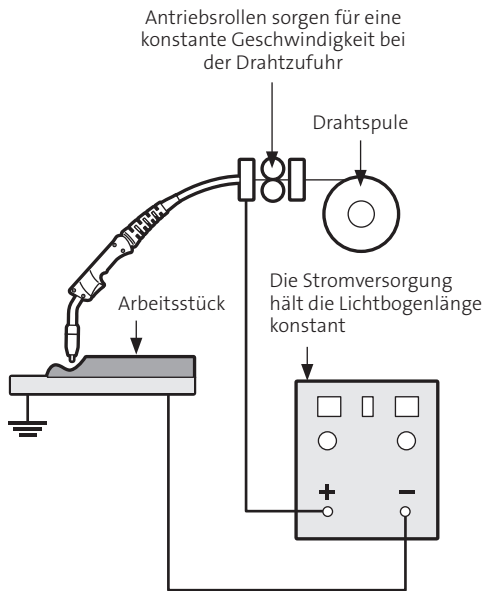
Zwischen dem Ende der abschmelzenden Drahtelektrode und dem Werkstück entsteht ein Lichtbogen mit niedriger Spannung (12 - 45 V) und hoher Stromstärke (60 - 500 A), der die für den Schweißprozess benötigte Wärme erzeugt. Die abschmelzende Drahtelektrode wird kontinuierlich durch den Schweißbrenner geführt, wo sie schmilzt, sich mit dem geschmolzenen Grundmaterial vermischt und ein Schweißbad bildet. Das Schweißbad und die umliegenden Bereiche werden durch ein Schweißprozessgas vor atmosphärischer Verunreinigung geschützt. Dieses Gas stabilisiert auch den Lichtbogen und unterstützt den Metalltransfer.



Prozess

Ein Elektromotor führt den Draht in den Lichtbogen ein, und die Stromquelle hält die Lichtbogenlänge auf einem voreingestellten Wert. Der Schweißer kann sich somit auf die vollständige Verschmelzung der Werkstoffe konzentrieren.

Die meisten Stromquellen für MIG/MAG-Schweißverfahren werden als **Konstantspannungsmaschinen** bezeichnet.



Für die Einrichtung eines MIG/MAG-Schweißgeräts gibt es drei Schlüsselparameter:

- Lichtbogenstrom/
Drahtvorschubgeschwindigkeit
- Lichtbogenspannung
- Schweißgeschwindigkeit

Die korrekten Einstellungen dieser Parameter hängen vom Typ des Trägermaterials, der Materialstärke, der Art der Schweißverbindung, der Schweißposition, der Art des Füllmaterials und dem Schweißprozessgas ab. Die Richtwerte finden Sie in Datentabellen, die mit Ihrer Schweißmaschine oder von den Herstellern von Schweißzusätzen bereitgestellt werden.

Air Products bietet vorläufige Spezifikationen zu Schweißverfahren (preliminary weld procedure specifications = pWPS) und zugeordnete Qualifikationsberichte für Schweißverfahren (weld procedure qualification records = WPQR) an, die alle Schlüsselparameter für die gängigen Schweißverbindungen enthalten.

Die Kombination dieser Schlüsselparameter bestimmt die Stabilität des Lichtbogens, die Größe der Schweißnaht und die Wärmezufuhr. Der Wärmeeintrag muss gegebenenfalls kontrolliert werden, um die erforderlichen mechanischen Eigenschaften zu erreichen. Überprüfen Sie Ihre WPS für weitere Anweisungen. Wenn Sie kein genehmigtes WPS besitzen, wenden Sie sich an einen qualifizierten Schweißingenieur.

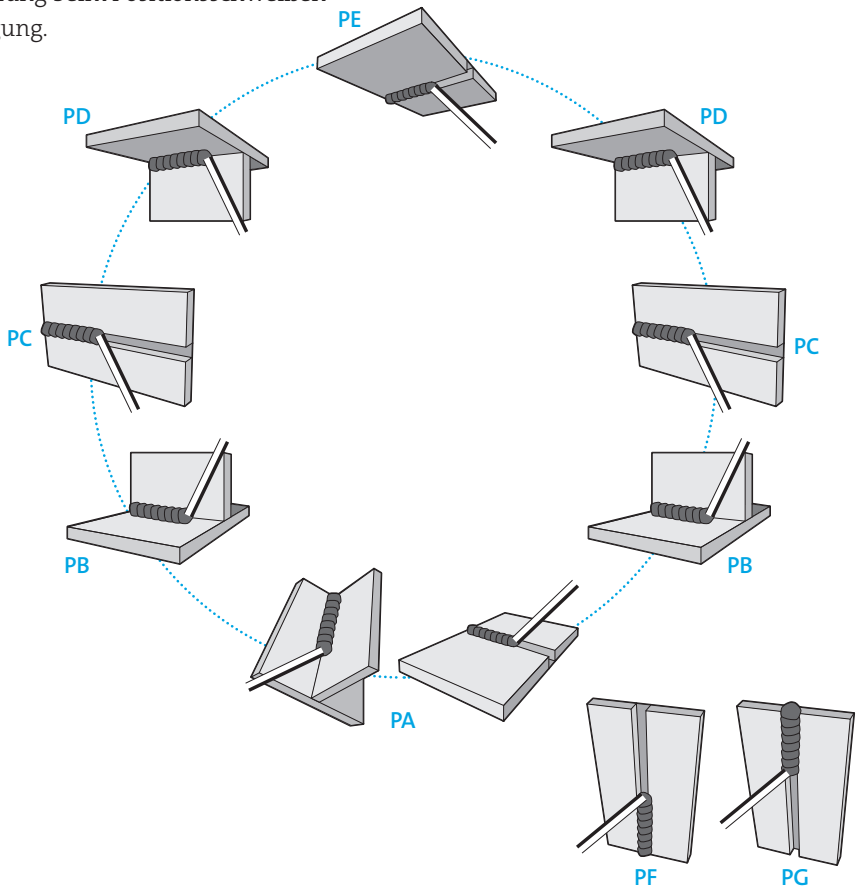
Schweißpositionen

Die Bleche sollten beim Positionsschweißen so ausgerichtet sein, dass das Schweißbad kontrollierbar ist. Dies sind die Positionen PA und PB (siehe Abbildung). In diesen Positionen kann der produktivste Metallübertrag - der Sprühlichtbogen - verwendet werden. In allen anderen Positionen wird in der Regel der Kurzlichtbogen oder die Impulsübertragung verwendet, wenn mit Massivdraht geschweißt wird. Alternativ steht eine Reihe von Fülldrähten zur Unterstützung beim Positionsschweißen zur Verfügung.

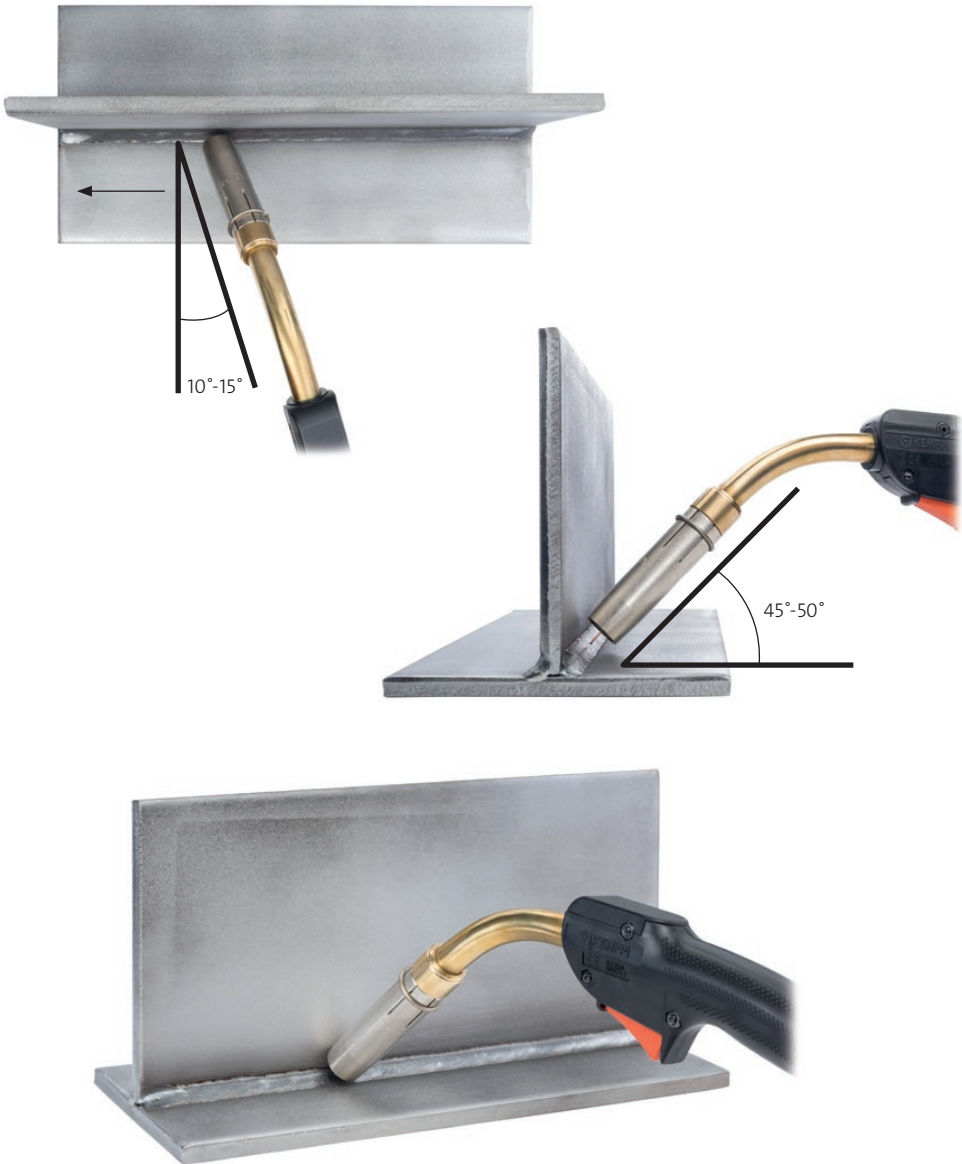


Tipp

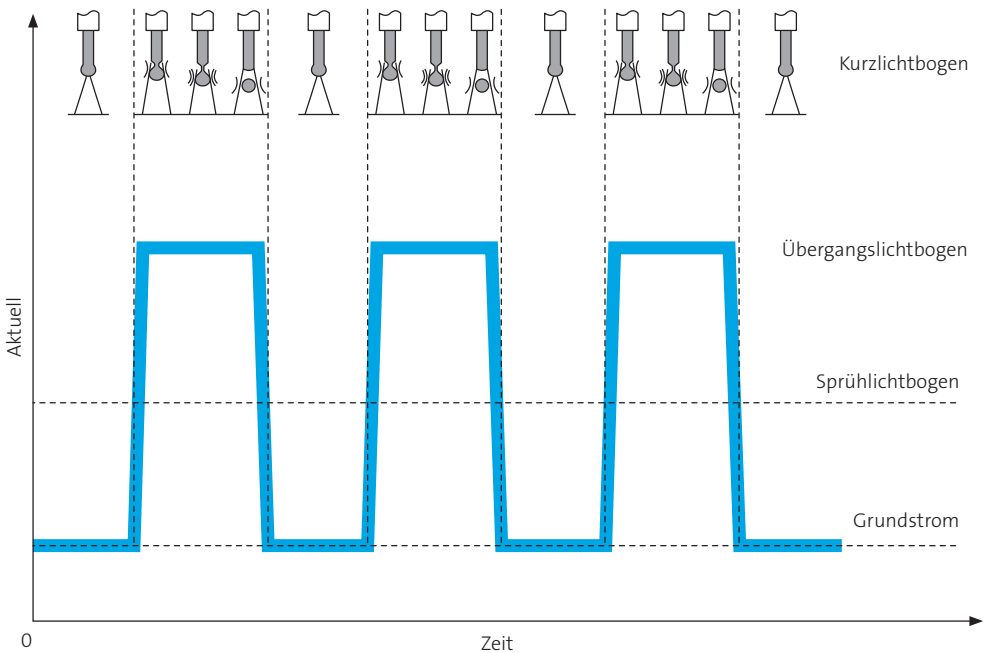
Sie erreichen schnellere Schweißgeschwindigkeiten mit den Schweißgasen Ferromaxx®, Inomaxx® und Alumaxx® und senken dadurch Ihre Schweißkosten.



Die gebräuchlichste Schweißtechnik ist das stechende Schweißen.



Das gepulste MIG/MAG-Schweißen steuert den Tropfenübergang und ermöglicht das positionelle Schweißen



Gase für das MIG/MAG-Schweißen

Die Schweißprozessgase von Air Products sind für eine optimale Leistung beim MIG/MAG-Schweißen konzipiert. Sämtliche Gase entsprechen den Anforderungen an ISO 14175/AWS 5.32 - "Schweißzusätze - Gase und Mischgase für das Verbindungsschweißen und verwandte Prozesse". Diese Norm wird in der gesamten Industrie zur Klassifizierung von Schweißprozessgasen verwendet.

Sie hilft bei der Auswahl des richtigen Gases und den Mindestanforderungen an Qualität und Kennzeichnung.

Maxx® Gase: Unsere besten Schweißprozessgase

Diese Gase sind in drei Familien zusammengefasst, um eine einfache Auswahl zu ermöglichen:

- **Ferromaxx®** Gase - für Kohlenstoffstahl
- **Inomaxx®** Gase - für Edelstahl
- **Alumaxx®** Gase - für Aluminium und Legierungen

Maxx® Gase: Unsere besten Schweißprozessgase

Material	Schweißprozessgase	Anwendung
Kohlenstoff- und legierter Stahl	Ferromaxx® Plus - M20ArHeC20/12 Die beste Gasmischung zum schnellen, sauberen MAG-Schweißen von Kohlenstoffstahl	MAG-Schweißen, sehr gut für automatisiertes und Roboter-Schweißen geeignet. Massiv-, Metall- und Fülldrähte. Beschichteter Stahl.
	Ferromaxx® 7 - M24ArCO7/2.5 Der Spezialist für un- und niedriglegierte Stähle	MAG-Schweißen, Kurzlichtbogen, Impulslichtbogen und Sprühlichtbogen. Alle Schweißpositionen. Massivdrähte.
	Ferromaxx® 15 - M24ArCO15/2.5 Der zuverlässige Allrounder für das MAG-Schweißen von Kohlenstoffstahl	MAG-Schweißen, alle Materialstärken. Kurzlichtbogen, Impulslichtbogen und Sprühlichtbogen. Alle Schweißpositionen. Massiv-, Metall- und Fülldrähte.
Edelstahl	Inomaxx® Plus - M12ArHeC35/2 Die beste Gasmischung für das MAG-Schweißen von Edelstahl	MAG-Schweißen, alle Materialstärken. Kurzlichtbogen, Impulslichtbogen und Sprühlichtbogen. Alle Schweißpositionen. Massiv- & Metalldrähte. Manuelles, vollautomatisches oder automatisches Schweißen.
	Inomaxx® 2 - M12ArC2 Die zuverlässige Gasmischung zum MAG-Schweißen von dünnen und mittleren Blechstärken aus Edelstahl	MAG-Schweißen, alle Materialstärken. Kurzlichtbogen, Impulslichtbogen und Sprühlichtbogen. Alle Schweißpositionen. Massivdrähte.
Aluminium und Legierungen	Alumaxx® Plus - I3ArHe30 Die beste Gasmischung für das MIG- und WIG-Schweißen	MIG-Schweißen, alle Materialstärken. Impulslichtbogen und Sprühlichtbogen. Manuelles, vollautomatisches oder automatisches Schweißen.

Standard-Schweißprozessgase

Material	Schweißprozessgase	Anwendung
Kohlenstoff- und legierter Stahl	M20ArC8	MAG-Schweißen, auf dünnen und sauberen Materialien. Kurzlichtbogen, Impulslichtbogen und Sprühlichtbogen. Alle Schweißpositionen. Massivdrähte.
	M20ArC15 M21ArC18 M24 ArCO12/3 M23 ArCO5/5 M24 ArCO6/2.5	MAG-Schweißen, alle Materialstärken. Kurzlichtbogen, Impulslichtbogen und Sprühlichtbogen. Alle Schweißpositionen. Massiv-, Metall- und Fülldrähte.
Edelstahl	M12ArC2 M13ArO2	MAG-Schweißen, alle Materialstärken. Kurzlichtbogen, Impulslichtbogen und Sprühlichtbogen. Alle Schweißpositionen. Massivdrähte.
Aluminium und Legierungen	I1 Ar I3ArHe5 I3ArHe30 I3ArHe50	MIG-Schweißen, alle Materialstärken. Impulslichtbogen und Sprühlichtbogen. Manuelles, vollautomatisches oder automatisches Schweißen.

WIG-Schweißen

Grundlagen

Wolfram-Inertgas-Schweißen wird in der Regel als WIG-Schweißen bezeichnet.

Ein elektrischer Lichtbogen zwischen einer nicht abschmelzenden Wolframelektrode und dem Werkstück erzeugt die für den Schweißprozess benötigte Wärme. Die Wolframelektrode wird nicht aufgeschmolzen und das zum Aufbau des Schweißprofils benötigte Zusatzmetall wird separat zugegeben. Das geschmolzene Metall im Schweißbad, die Spitze des Fülldrahts und die heiße Elektrode werden durch einen Schutzgasschirm vor atmosphärischer Verunreinigung geschützt. In der Regel wird Argon eingesetzt, aber auch reines Helium oder ein Helium-Gemisch mit Argon kann für Spezialanwendungen verwendet werden. Argon-Wasserstoffgemische können für austenitischen Edelstahl verwendet werden.

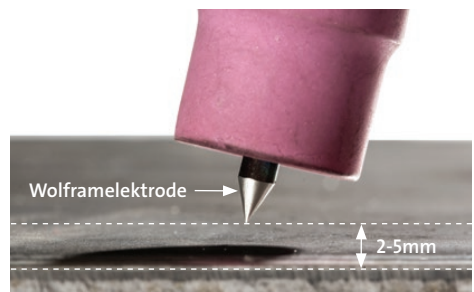


Prozess

Beim manuellen Schweißen wird der Brenner mit der Wolfram-Elektrode über die Schweißnaht gerichtet, um den Werkstoff zu schmelzen. Der Zusatzwerkstoff wird tropfenförmig in das Schweißbad eingebracht. Der Zusatzwerkstoff wird auf Drahtlänge zugeschnitten, in der Regel auf 1 Meter.

Die Lichtbogenlänge wird vom Schweißer kontrolliert und liegt in der Regel zwischen 2 mm und 5 mm.

Die Schweißgeschwindigkeit wird so eingestellt, dass sie mit der Zeit übereinstimmt, die zum Schmelzen der Verbindung benötigt wird, und um eine konstante Schweißbadgröße aufrechtzuerhalten.





Tipp

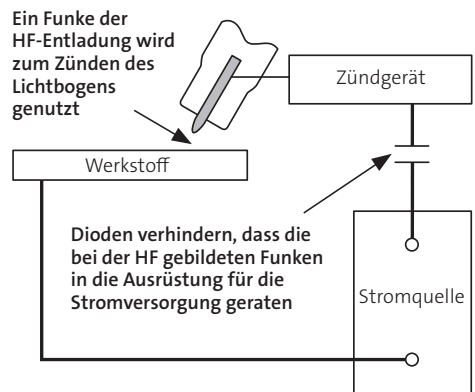
Heliumhaltige Schweißprozessgase verbessern die Wärmeübertragung, was beim Schweißen von Metallen mit hoher Wärmeleitfähigkeit wie Aluminium, Kupfer und deren Legierungen hilft.

Stromquellen für das WIG-Schweißen

Die Stromquelle beim WIG-Schweißen kann entweder Wechselstrom (AC) oder Gleichstrom (DC) sein. In beiden Fällen muss ein konstanter Strom zu einem voreingestellten Wert geliefert werden.

Einer der Vorteile von WIG ist, dass Sie eine Vielzahl von Werkstoffen schweißen können. Eine moderne Stromquelle kombiniert Konstantstrom- und Konstantspannungseigenschaften und bietet eine hervorragende Lichtbogenstabilität. Maschinen von 5 A (Mikro-WIG) bis über 500 A sind verfügbar.

Durch die Verwendung einer Hochfrequenz (HF)-Lichtbogenstartvorrichtung kann der Lichtbogen gezündet werden, ohne dass das Werkstück mit der Elektrode berührt werden muss.



Auswahl der Stromquelle

Sowohl Gleichstrom (DC) als auch Wechselstrom (AC) werden häufig für das WIG-Schweißen verwendet.

Gleichstrom bei einer Elektrode, die mit dem Minuspol (DCEN) der Stromquelle verbunden ist, wird verwendet für:

- Kohlenstoffstahl
- Kupfer und Kupferlegierungen
- Edelstahl
- Nickel und Nickellegierungen
- Titan und Titanlegierungen
- Zirkonium und Zirkoniumlegierungen

Wechselstrom wird verwendet für das Schweißen von:

- Aluminium und Aluminiumlegierungen
- Magnesium und Magnesiumlegierungen
- Aluminiumbronze

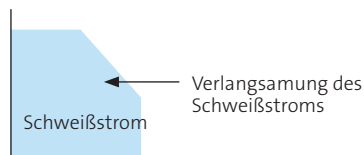
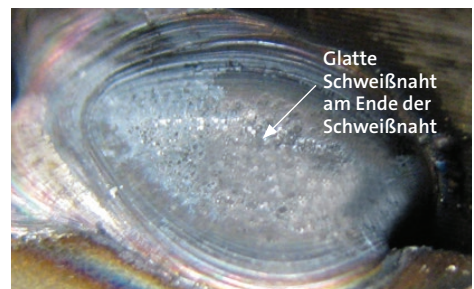
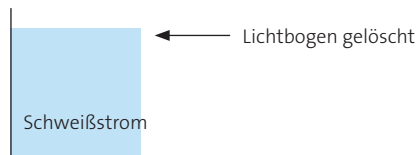
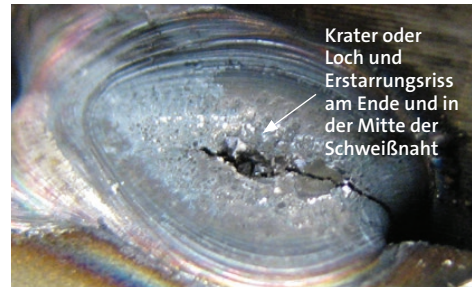
Es sind Stromquellen, die gepulsten DC-Strom oder eine Kombination von AC und DC-Strom liefern, verfügbar.

Tipp

Verwenden Sie zum Reinigen von Aluminium vor dem Schweißen ausschließlich Edelstahlbürsten und -schaber. Verwenden Sie diese nicht, um andere Materialien zu reinigen.

Kraterfüllung

Die automatische allmähliche Reduzierung des Stroms am Ende eines Schweißprozesses vermeidet die Bildung eines Kraters.



Wolframelektroden

Es kommen verschiedene Wolframelektroden zum Einsatz.

Siehe Tabelle.

Metall	Art des Stroms	Wolfram
Aluminium, Aluminiumlegierungen	AC	Rein Zirkoniert Ceriert Thoriert Lanthaniert
	AC Rechteck	Zirkoniert Ceriert Thoriert Lanthaniert
Kupfer, Kupferlegierungen	DCEN	Ceriert Thoriert
Magnesiumlegierungen	AC	Zirkoniert Ceriert Thoriert Lanthaniert
Unlegierter Kohlenstoffstahl	DCEN	Ceriert Thoriert Lanthaniert
Edelstahl	DCEN	Ceriert Thoriert Lanthaniert

Thorierte Elektroden enthalten ein radioaktives Material und können ein Gesundheits- und Umweltrisiko darstellen, da der Staub, der durch das Schleifen dieser Elektroden entsteht, besonders gefährlich ist, wenn er aufgenommen oder eingeatmet wird. Sie können durch Elektroden mit Lanthan, Cerium, Yttrium oder Zirkonium ersetzt werden.

Der Durchmesser der Elektrode wird entsprechend der Stromart gewählt. Der maximale Strom, der bei einem bestimmten Durchmesser einer Elektrode übertragen werden kann, wird unten als die Stromstärke bestimmt, bei der die Elektrode überhitzt und schmilzt. Der minimale Strom hängt von der Lichtbogenstabilität ab.

Elektrorendurchmesser (mm)	Gleichstrom (A)	Zirkoniertes und reines Wolfram	Cerierter, Thorierter und Lanthanierter
1,0	15 - 80	10 - 30	20 - 60
1,6	50 - 150	30 - 80	50 - 120
2,4	100 - 250	60 - 130	80 - 180
3,2	200 - 400	100 - 180	160 - 250

Vor Gebrauch wird das Ende der Elektrode mit einem speziellen Elektrodenschleifer vorbereitet, um das am besten geeignete Profil zu erhalten.

Für das Gleichstromschweißen ist eine scharfe Spitze erforderlich. Beim Wechselstromschweißen wird nur eine kleine Fase benötigt, da das Ende der Elektrode beim Arbeiten mit dem Lichtbogen abgerundet wird.





Tipp

Für das Schleifen von Wolframelektroden wird die Verwendung eines speziellen Schleifsteins mit lokaler Staubabsaugung und das Tragen einer Filtermaske und eines Augenschutzes empfohlen.

Schweißbrenner

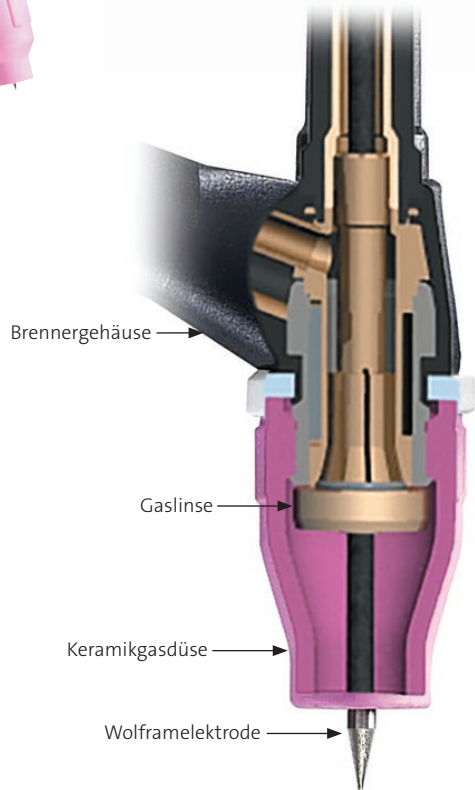
WIG-Schweißbrenner werden anhand des Stroms bemessen, damit diese nicht überhitzen. In der Regel sind bei Strömen über 250 A das Brennergehäuse und möglicherweise die Düse wassergekühlt. Bei niedrigeren Strömen bietet der Gasfluss des Schweißschutzgases eine ausreichende Kühlung.

Halbautomatischer Brenner



Ein Brenner mit einer Gaslinse sorgt für einen gleichmäßigen Gasdurchfluss, so dass die Elektrode weiter aus der Düse angeordnet werden kann, was eine bessere Sicht auf den Lichtbogen und das Schweißbad ermöglicht und gleichzeitig die richtige Abschirmung gewährleistet.

Manueller Standardbrenner



Die Schweißprozessgase von Air Products sind für eine optimale Leistung beim WIG-Schweißen konzipiert. Sämtliche Gase entsprechen den Anforderungen an ISO 14175/AWS 5.32 – „Schweißzusätze – Gase und Mischgase für das Lichtbogenschweißen und verwandte Prozesse“.

Diese Norm wird in der gesamten Industrie zur Klassifizierung von Schweißprozessgasen verwendet. Sie hilft bei der Wahl des richtigen Gases und den Mindestanforderungen an Qualität und Kennzeichnung.

Maxx® Gase: Unsere besten Schweißprozessgase

Diese Gase sind in drei Familien zusammengefasst, um eine einfache Auswahl zu ermöglichen:

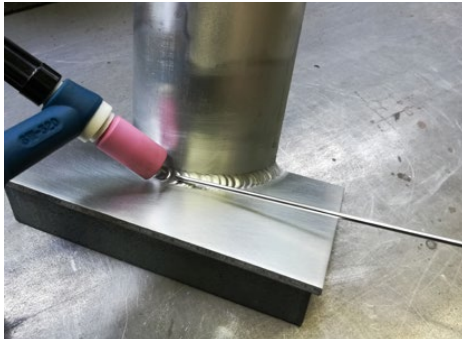
- Argon – für Kohlenstoffstahl
- Inomaxx® TIG-Gas – für Edelstahl
- Alumaxx®-Gas – für Aluminium und Aluminiumlegierungen

Material	Schweißprozessgase
Kohlenstoff- und legierter Stahl	Argon - I1Ar Geeignet für alle WIG-Schweißanwendungen für alle Materialien
Edelstahl	Inomaxx® TIG - R1ArH2 Das beste Gas zum WIG-Schweißen von austenitischem Edelstahl Argon - I1Ar Geeignet für alle WIG-Schweißanwendungen für alle Materialien
Aluminium und Legierungen	Alumaxx® Plus - I3ArHe30 Das beste Gas für das WIG-Schweißen von Aluminium und dessen Legierungen Argon - I1Ar Geeignet für alle WIG-Schweißanwendungen für alle Materialien

WIG-Implus

Das Pulsieren des Stroms verbessert die Kontrolle bei den niedrigeren Wärmeeintragswerten, die für Dünnbleche erforderlich sind. Der gepulste WIG-Lichtbogen schaltet von einem niedrigen Basisstrom aus, ausreichend, um den Lichtbogen aufrechtzuerhalten und das Schweißbad abzukühlen, und von einem höheren Spitzenstrom, der ausgewählt ist, um die erforderliche Verbindung und Schweißbadgeometrie zu erzielen.

Niedrige Impulsfrequenzen werden verwendet, wenn eine optisch ansprechende Schweißnaht erforderlich ist.



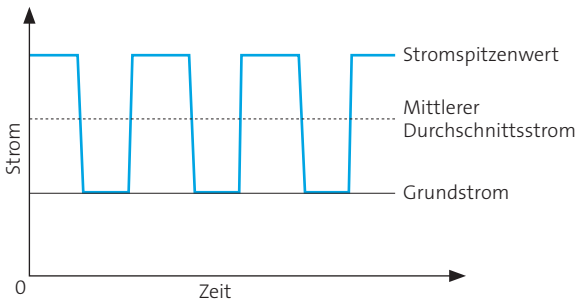
Hohe Impulsfrequenzen werden häufig verwendet, wenn eine höhere Schweißgeschwindigkeit und eine tiefere und schmalere Schweißnaht erforderlich sind.

Mit dem gepulsten WIG können zylindrische Komponenten geschweißt werden. Dadurch wird vermieden, dass die Schweißgeschwindigkeit erhöht wird, um die Schweißbreite gleichmäßig zu halten, was ein großer Vorteil beim mechanischen Schweißen ist.

WIG-Punktschweißen

WIG-Punktschweißen bietet eine Alternative zum Widerstandspunktschweißen, bei dem der Zugang nur von einer Seite möglich ist.

Bei diesem Verfahren wird die Elektrode in einem festen Abstand über der Oberfläche eines Überlappgelenks mit einer speziellen Gasdüse gehalten. Eine Kombination von Schweißstrom und -zeit wird zum Erzeugen einer Punktschweißung ausgewählt. Nachdem sich die Schweißnaht gebildet hat, wird der Strom schrittweise verringert, damit sich die Schweißnaht ohne Krater verfestigen kann.

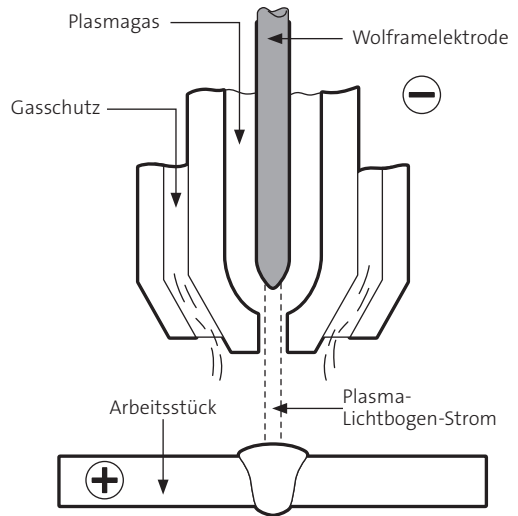


Plasma-Lichtbogenschweißen

Das Plasma-Lichtbogenschweißen ähnelt dem WIG-Schweißen. Der wesentliche Unterschied besteht darin, dass der Lichtbogen durch eine zusätzliche Düse gedrückt wird, die den Lichtbogen verengt und die Elektrode im Brennerkörper positioniert. Der Plasmalichtbogen hat eine viel höhere Energiekonzentration als WIG und erzeugt tiefere, schmalere Schweißnähte.

Plasma-Lichtbogenschweißen nutzt häufig ein spezielles mechanisches oder automatisiertes Verfahren, das als Schlüssellochschweißung bekannt ist. Zuerst wird ein Loch durch das Gelenk (Schlüsselloch) mittels des Plasmalichtbogens gebohrt. Der Brenner wird entlang der Fuge bewegt, Metall schmilzt an der Vorderseite des Loches, wirbelt nach hinten und erstarrt. Möglicherweise ist ein Zusatzwerkstoff erforderlich.

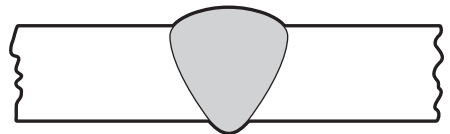
Eine weitere gängige Anwendung des Plasmaschweißens ist das Auftragsschweißen oder Schweißplattieren - hier wird ein Pulver oder Draht zum Aufbau einer Schicht verwendet, die gegen Verschleiß oder Korrosion auf der Materialoberfläche einer Komponente schützt. Dies ist als Plasmapulverlichtbogenschweißen (PPAW) bekannt.



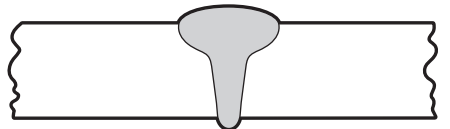
Das Gas, das die Elektrode umgibt, das Plasmagas, ist in der Regel Argon und das Gas, das die Abschirmung liefert, kann Argon oder eine Argon/Wasserstoff- oder Argon/Helium-Mischung sein.

Reines Helium oder Argon/Helium-Gemische können als Plasmagas für Hartauftrags- oder Plattierungsanwendungen vorteilhaft sein.

Konventionelles WIG-Schweißen



Plasma-Lichtbogenschweißen



Formiergas

Das Formiergas schützt die Rückseite der Wurzelschweißung vor Oxidation durch die Umgebungsluft. Dies kann zu schlechten Schweißnähten in Stählen führen, insbesondere bei Edelstahl und reaktiven Metallen wie Titan. Verunreinigungen können vermieden werden, indem die Schweißwurzel mit einem Formiergas geschützt wird.

Material Formiergas

Kohlenstoffstahl, Legierung und Edelstahl	Argon Stickstoff/Wasserstoff Stickstoff
---	--

Aluminium und Legierungen	Argon
---------------------------	--------------

Argon wird am häufigsten als Formiergas verwendet, die Vorteile werden jedoch besonders beim Schweißen von Edelstahl sichtbar, wenn Gemische aus Wasserstoff in Stickstoff gewählt werden. N5NH5 (5% Wasserstoff in Stickstoff) oder N5NH10 (10% Wasserstoff in Stickstoff) werden als Formiergas beim Schweißen von Edelstahl empfohlen. Der Wasserstoff nimmt den Sauerstoff im gasgeschützten Bereich um die Wurzel herum auf und reduziert häufig die Spülzeiten und die Menge des erforderlichen Schutzgases, was zu weniger Anlauffarben (weniger Oxidation) führt.

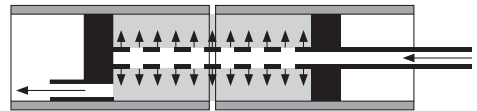
Das Spülen sollte in 3 Stufen erfolgen:

- Die Luft langsam verdrängen, bevor mit dem Schweißen begonnen wird. Der Sauerstoffgehalt sollte unter 50 ppm liegen.
- Die Spülung während des Schweißens aufrechterhalten. Es sollte ein minimaler Durchfluss gewählt werden, um den Sauerstoffgehalt unter 50 ppm aufrechtzuerhalten.
- Die Spülung nach dem Schweißen fortsetzen. Es sollte ein minimaler Durchfluss gewählt werden, um den Sauerstoffgehalt unter 50 ppm aufrechtzuerhalten, bis die Temperatur auf unter 250 °C gesunken ist.

Die Spültechnik wird durch die Dichte des Trägergases bestimmt:

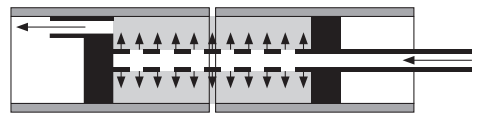
Leichter als Luft

- N5NH5
- N5NH10
- Helium
- Stickstoff



Schwerer als Luft

- Argon
- R1ArH5



Tipp

Verwenden Sie das Formiergas für die 1., 2. und 3. Lage sowie für Blechstärken von mehr als 10 mm.

Schweißen von Dünnblechen

Sowohl WIG- als auch MIG/MAG-Verfahren können zum Schweißen von Blechen verwendet werden. Dies sind in der Regel Materialien mit einer Dicke von 3 mm oder weniger. Beim MIG/MAG-Schweißen sollten Sie nur Kurzlicht- oder Sprühlichtbogen sowie Impulslichtbogen verwenden.

Die Kanten des zu schweißenden Blechs sollten folgendermaßen beschaffen sein:

- Quadratisch
- Frei von Graten
- Sauber und fettfrei
- Oxidfrei

Achten Sie beim Schweißen von Blechen immer darauf, dass diese plan aufliegen (ohne Luftspalt). Die Bleche sollten durch Festklemmen an einer Stützleiste ausgerichtet werden. Ist dies nicht möglich, sollten alle 50 mm kleine Heftschweißungen entlang der Fugenlinie angebracht werden. Beim Schweißen von Stumpfstoßen und einer Durchschweißung ist das Spannen oder Heften der Bleche zu beachten.

Die gängigsten Verbindungsarten sind:

T-Stoß



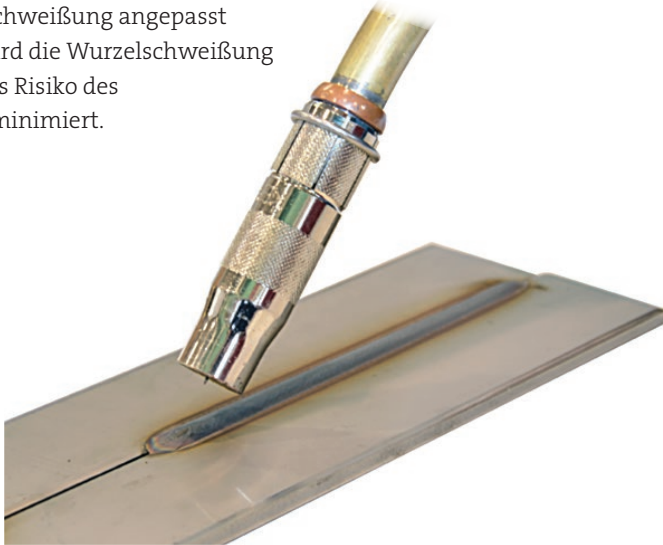
Stumpfstoß (I-Naht)



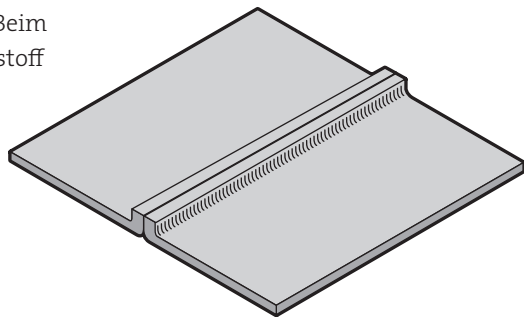
Eckstoß



Verwenden Sie für alle Verbindungsarten die gleiche Brennerhaltung leicht stechend. Der Lichtbogen sollte in die Mitte der Verbindung gerichtet sein. Die Parameter sollten so eingestellt werden, dass der Lichtbogen der Schweißung angepasst wird. Dadurch wird die Wurzelschweißung optimiert und das Risiko des Durchbrennens minimiert.



Wenn Stumpfstöße in Blechen von weniger als 1 mm Dicke WIG-geschweißt werden sollen, können die Blechkanten abgekantet werden, um den Einsatz von Zusatzwerkstoffen zu vermindern. Beim Schweißen mit Acetylen und Sauerstoff wird das Verfahren als autogenes Schweißen bezeichnet.



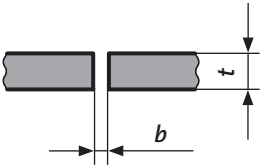
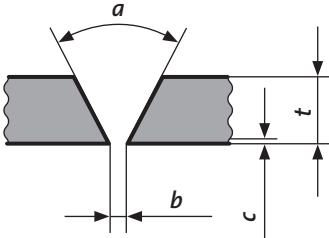
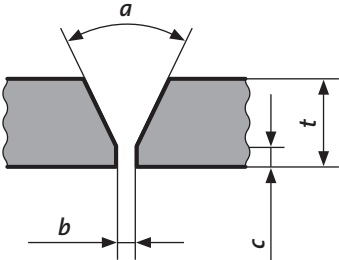
Schweißen von Dickblechen

Sowohl WIG- als auch MIG/MAG-Verfahren können zum Schweißen von Dickblechen verwendet werden. Dies ist in der Regel Material, das mehr als 3 mm stark ist. Für Bleche bis 6 mm können die Kanten quadratisch geschnitten werden. Ab 6 mm ist eine Kantenvorbereitung wie z.B. ein einfaches V oder doppeltes V (Foto Seite 26) erforderlich, was eine sichere Schweißnaht erfordert. MIG/MAG-

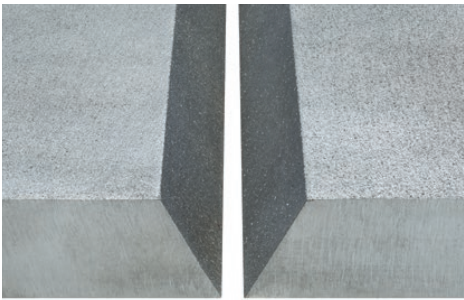
Schweißen oder eine Kombination von MIG/MAG-Schweißen mit einem WIG-Schweißverfahren der Wurzellagen sind die am häufigsten verwendeten Techniken.

Der Sprühlichtbogen ist hochproduktiv und kann sowohl für Stumpfstöße in der flachen Position als auch für T-Stöße in der flachen (PA) und horizontalen/vertikalen (PB) Position eingesetzt werden.

Empfohlene Schweißvorbereitung für Stumpfschweißungen von Kohlenstoffstahl und Edelstahl

	Dicke (t)	Winkel ^a <i>a, β</i>	Abstand ^b <i>b</i> (mm)	Dicke der Wurzel­durch­ schweißung <i>c</i> (mm)
	Bis zu 6mm	—	~ <i>t</i>	—
	4 - 12mm	$40^{\circ} \leq a \leq 60^{\circ}$	≤ 4	≤ 2
	5 - 40mm	$a \approx 60^{\circ}$	$1 \leq b \leq 4$	$2 \leq c \leq 4$

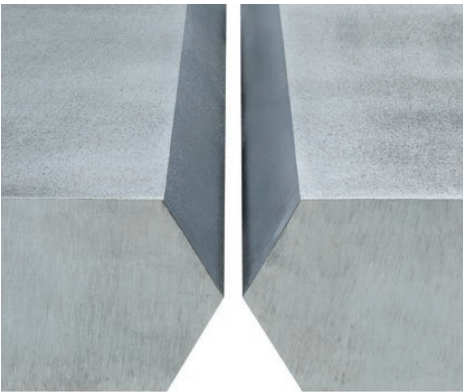
Einzelnes V



Empfehlungen für die Schweißnahtvor-
bereitung bei Aluminium und seinen
Legierungen können in der
ISO 9692-3 nachgelesen werden -

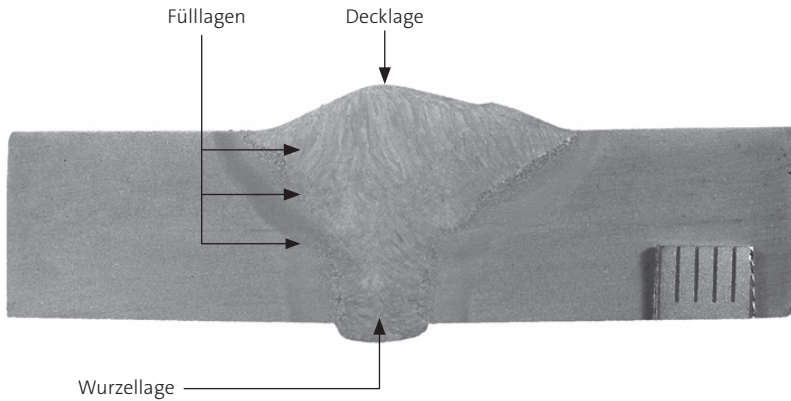
- „Schweißen und verwandte Prozesse
– Arten der Schweißnahtvorbereitung
– Teil 3: MIG- und WIG-Schweißen von
Aluminium und Aluminiumlegierungen“.

Doppeltes V



Querschnitt	Dicke (t)	Winkel ^a a, β	Winkel ^a b (mm)	Dicke der Wurzeldurch- schweißung c (mm)	Tiefe der Vorb. h (mm)
	> 12mm				$\approx t/2$
		$40^\circ \leq a \leq 60^\circ$	$1 \leq b \leq 3$	≤ 2	$\approx t/3$
		$40^\circ \leq a1 \leq 60^\circ$ $40^\circ \leq a2 \leq 60^\circ$			

Die Anzahl der Schweißnähte in der V-Naht hängt von der Stärke ab.



Der Einsatz des Sprühlichtbogens in der Wurzelschweißung erschwert die Kontrolle des Schmelzbads und ist nicht empfehlenswert. Die Wurzellage sollte durch einen Kurzlichtbogen oder gepulstes MIG/MAG- oder WIG-Schweißen verwendet werden.

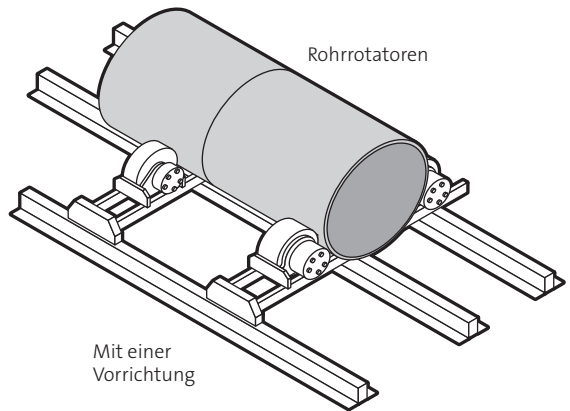
Alternativ kann die Unterseite der Wurzellage durch eine keramische Badsicherung unterstützt werden, die nach dem Schweißen wieder entfernt wird.

Rohrleitungen und Rohre schweißen

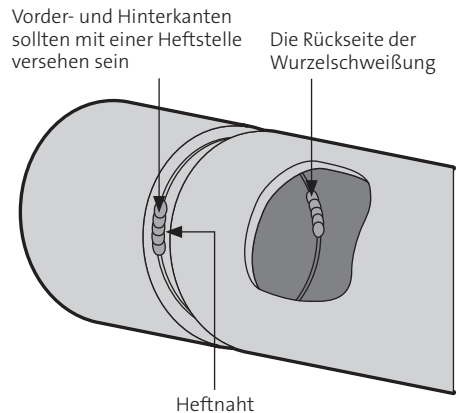
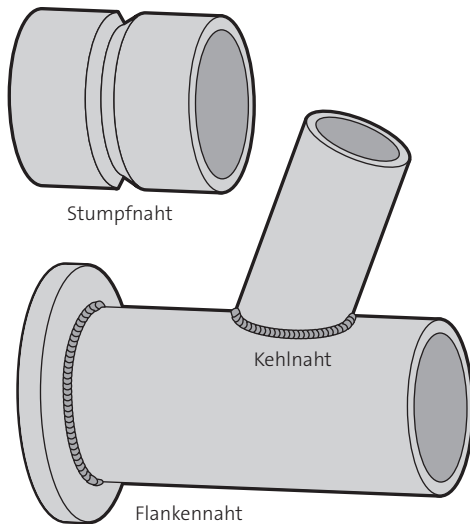
Es gibt drei Haupttypen von Schweißverbindungen:

- Stumpfnahht
- Kehlnahht
- Flankennahht

Das Rohr sollte möglichst in einer Vorrichtung positioniert und so gedreht werden, dass die Schweißnaht in horizontaler Position (PB-Position, siehe Seite 9) ausgeführt wird, um den produktivsten Schweißprozess zu ermöglichen.

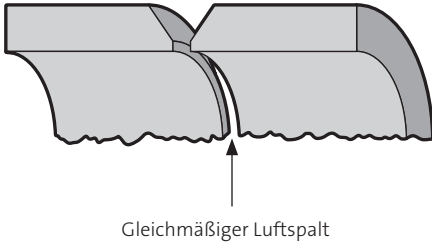


Vor dem Schweißen kann die Rohrleitung geklemmt oder geheftet werden, um die Ausrichtung aufrecht zu erhalten.



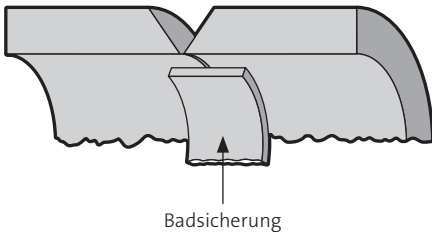
Wurzelschweißungen können mit WIG oder MIG/MAG mit Kurz- oder Impulslichtbogen durchgeführt und das Rohr mit einem Formiergas (siehe Seite 22) oder einer Badsicherung geschweißt werden.

V-Naht ohne Badsicherung



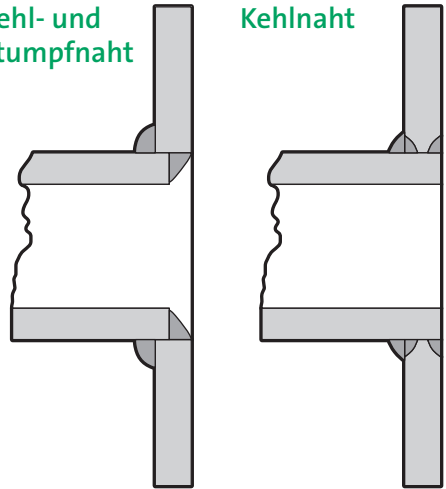
Die Kantenvorbereitung kann gemäß der Anweisungstabelle auf Seite 25 ausgewählt werden.

V-Naht mit Badsicherung

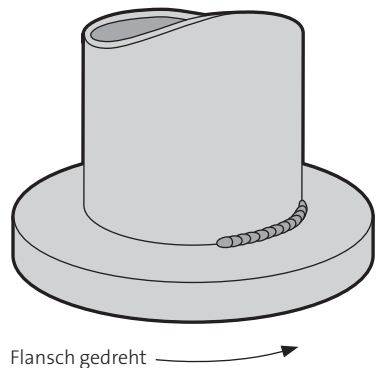


Flankennähte sind entweder mit Kehl- oder Stumpfnäht versehen.

Kehl- und Stumpfnäht



Beim Schweißen von Flanschen sollte die Achse des Rohres senkrecht sein und der Flansch gedreht werden, damit diese leichter bearbeitet werden können.



Fehler bei Schweißnähten

Porosität

Ursachen:

- Unzureichendes/falsches Schweißprozessgas
- Verunreinigung der Nahtvorbereitung oder der Schweißzusätze
- Schweißen von Materialien mit dem falschen Gasgemisch
- Falsche Schweißparameter

Vorbeugende Maßnahmen:

- Auf ausreichende Sauberkeit des Werkstücks achten. Verunreinigungen wie Fett, Öl, Feuchtigkeit, Rost, Farbe und Schmutz vor dem Schweißen entfernen
- Verunreinigung der Schweißzusätze vermeiden
- Stellen Sie sicher, dass Sie das richtige Gas und die passende Durchflussrate für Ihren Schweißprozess ausgewählt haben
- Vermeiden Sie Durchzug
- Kaufen Sie Materialien von seriösen Lieferanten
- Verwenden Sie einen geeigneten Fülldraht
- Stellen Sie sicher, dass das Gasversorgungssystem frei von Verunreinigungen und Undichtigkeiten ist



Um Porosität zu vermeiden, wählen Sie immer Schweißparameter aus, die ein ausreichend großes Schweißbad mit entsprechender Fließfähigkeit erzeugen, um sicherzustellen, dass Gase nicht eingeschlossen werden. Dies ist besonders wichtig beim Schweißen von:

- Doppelseitigen Kehlnähten
- Stumpfschweißungen mit einer Tiefe größer 1

Bindefehler und ungenügender Einbrand

Ursachen:

Dies tritt auf, wenn der Lichtbogen den Grundwerkstoff nicht schmilzt. Es kann durch eine falsche Ausrichtung des Lichtbogens an der Naht verursacht werden oder wenn sich das Schweißbad vor dem Lichtbogen bewegt.

Dies ist ein häufiges Problem beim Schweißen von Materialien mit hoher Wärmeleitfähigkeit, z. B. Aluminium und Kupfer.

Abhängig von der genauen Lage in der Schweißnaht wird dieser Fehler oft wie folgt charakterisiert:

- Fehlender Seiteneinbrand
- Lagen-Bindefehler
- Fehlende Wurzeldurchschweißung

Vorbeugende Maßnahmen:

- Halten Sie den korrekten Schweißbrennerwinkel ein
- Passen Sie die Schweißparameter an, um sicherzustellen, dass der Lichtbogen auf die Vorderkante des Schweißbads ausgerichtet ist
- Stellen Sie sicher, dass die Verbindungsflächen frei von übermäßigem Walzzunder sind
- Ändern Sie die Nahtvorbereitung
- Stellen Sie sicher, dass das passende Schweißprozessgas ausgewählt wurde

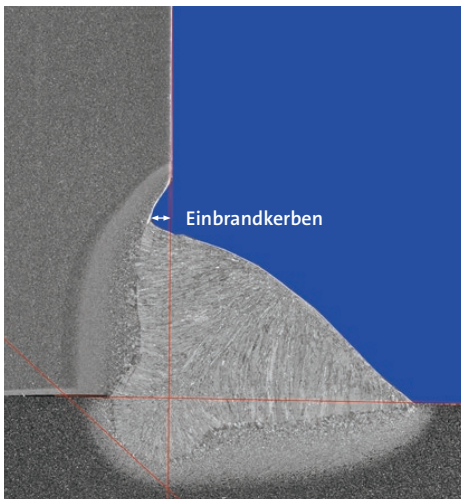
Einbrandkerben

Ursachen:

Der Grundwerkstoff wird durch den Lichtbogen geschmolzen und es entsteht eine Einbrandkerbe als Nut oder Loch im Material direkt entlang der Kanten der Schweißnaht. Sie liegt häufig als Formsprung an der Schweißspitze vor, der nur dann einen Defekt darstellt, wenn er die Grenzwerte überschreitet.

Vorbeugende Maßnahmen:

- Reduzieren Sie die Schweißgeschwindigkeit
- Reduzieren Sie die Lichtbogenspannung
- Reduzieren Sie den Schweißstrom
- Halten Sie den korrekten Schweißbrennwinkel aufrecht
- Stellen Sie sicher, dass das passende Schweißprozessgas ausgewählt wurde



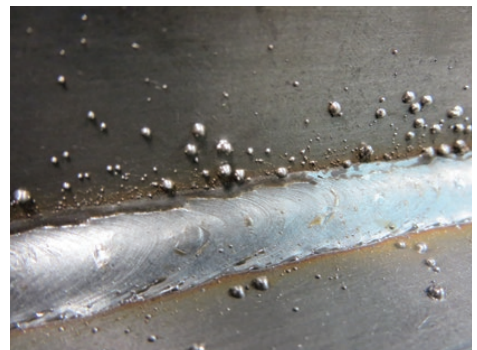
Spritzer

Ursachen:

Spritzer werden durch Lichtbogeninstabilitäten während der Metallübertragung verursacht, die dazu führen, dass geschmolzene Metalltröpfchen aus dem Lichtbogen ausgestoßen werden.

Vorbeugende Maßnahmen:

- Optimieren Sie die Schweißparameter und achten Sie besonders auf die Lichtbogenspannung
- Stellen Sie sicher, dass das passende Schweißprozessgas ausgewählt wurde
- Stellen Sie sicher, dass die Schweißausrüstung in einwandfreiem Zustand ist
- Stellen Sie sicher, dass die Verbindungsflächen sauber und frei von übermäßigen Walzzunder und Schlacke sind
- Halten Sie den richtigen Schweißbrennerwinkel aufrecht (Drucktechnik)



Spannungsrisse

Ursachen:

Das flüssige Schweißbad zieht sich beim Erstarren zu einer Schweißraupe zusammen. Die Erstarrung beginnt an der Außenseite des Schweißbades und geht bis zur Mittellinie. Spannungsrisse treten in der Endphase der Erstarrung auf, wenn das flüssige Schweißbad nicht genügend Festigkeit besitzt, um den beim Erstarren und Zusammenziehen des Schweißbades auftretenden Kontraktionsspannungen standzuhalten.

Vorbeugende Maßnahmen:

- **Zusammensetzung des Schweißbads**
Verunreinigungen, die die Bildung von niedrigschmelzenden Schichten wie Schwefel und Phosphor begünstigen, sollten minimiert werden. Erhöhte Mengen an Mangan, Silizium und Nickel können helfen, dieses Risiko zu verringern.
- **Schweißnaht-Form**
 - Schaffen Sie Schweißbedingungen, die ein Verhältnis von Tiefe zur Breite im Bereich von 0,5 bis 0,8 aufweisen.
 - Nutzen Sie eine leicht gewölbte Schweißnaht.
 - Vermeiden Sie zu große Wurzelabstände.
 - Verwenden Sie Hochleistungs-Schweißgasmischungen mit Helium.
- **Schweißgeschwindigkeit**
Vermeiden Sie zu hohe Schweißgeschwindigkeiten, die lange Schmelzbäder erzeugen, da diese das Risiko von Rissbildungen erhöhen können.

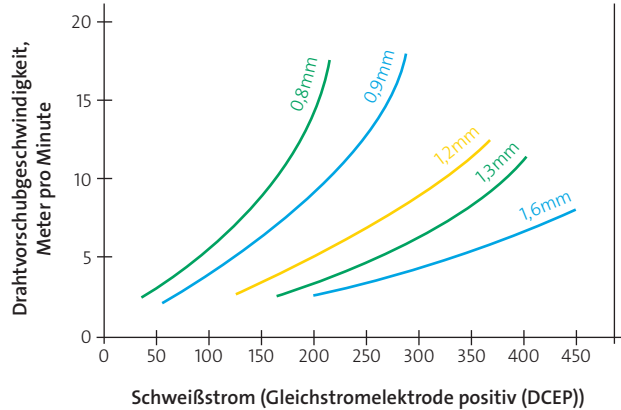
Hilfreiche Daten für das MIG/MAG-Schweißen

Optimale Strombereiche für Massivstahldraht

Drahtdurchmesser (mm)	Schweißstrom (A)	
	Min	Max
0,8	60	200
1,0	80	300
1,2	120	380
1,4	150	420
1,6	225	550
2,0	300	650

Gewicht pro Meter Draht

Drahtdurchmesser (mm)	Gewicht pro Meter Draht (g)	
	Kohlenstoff und Edelstahl	Aluminium
0,8	3,9	1,35
1,0	5,6	2,08
1,2	8,7	3,01
1,4	11,9	4,11
1,6	15,5	5,36
2,0	24,2	8,37



Typische Bedingungen für das MAG-Schweißen von Kohlenstoff/Kohlenstoff-Mangan-Stahl (135)

In den folgenden Tabellen sind die Spezifikationen zum Schweißverfahren (WPS) und die Qualifikationsberichte für Schweißverfahren (WPQRs) zusammengefasst, die für Anwender von Air Products Maxx® Gasen verfügbar sind. Die Genehmigung zur Anwendung dieser Standardverfahren gemäß ISO 15612-1 kann über Air Products eingeholt werden.

WPS - WPQR-Tabelle; MAG-Schweißen (135)
Material: Kohlenstoffstahl; s355J2; Materialgruppe 1.2 gemäß ISO 15608 Draht, G42 4 M2 3Si1 - ISO EN 14341-A

Stumpfschweißungen in flacher PA-Position

Blechstärke (mm)	Drahtdurch- messer (mm)	Schweiß- strom (A)	Lichtbogen- spannung (V)	Schweißge- schwindigkeit (cm/min)	Schweißprozessgas
1	1,0	50 - 60	14,5 - 15,5	35 - 40	Ferromaxx® 7
2	1,0	105 - 115	16,5 - 17,5	30 - 35	Ferromaxx® 7
3	1,0	100 - 110	17 - 18	20 - 25	Ferromaxx® 7
12 (Wurzel)	1,0	100 - 110	17 - 19	12 - 14	Ferromaxx® 7 / Ferromaxx® 15
12 (Lage 2-n)	1,0	250 - 270	29 - 31	30 - 35	Ferromaxx® 7 / Ferromaxx® 15

Kehlnähte in der PB-Position

Blechstärke (mm)	Nahtgröße (sl/ml) (mm)	Drahtdurch- messer (mm)	Schweiß- strom (A)	Lichtbogen- spannung (V)	Schweißge- schwindigkeit (cm/min)	Schweißprozessgas
1	2 (sl)	0,8	60 - 70	16 - 17	30 - 35	Ferromaxx® 7
6	4 (sl)	1,0	240 - 250	28 - 30	35 - 40	Ferromaxx® 7
10	5 (sl)	1,0	255 - 265	29 - 31	30 - 35	Ferromaxx® 7 / Ferromaxx® 15
10	5 (sl)	1,2	275 - 285	29 - 31	30 - 35	Ferromaxx® 7 / Ferromaxx® 15
10	7 (ml)	1,0	240 - 250	28 - 30	40 - 50	Ferromaxx® 7 / Ferromaxx® 15
10	7 (ml)	1,2	275 - 285	29 - 31	35 - 40	Ferromaxx® 7 / Ferromaxx® 15
30	15 (ml)	1,0	240 - 250	28 - 30	35 - 40	Ferromaxx® 7 / Ferromaxx® 15
30	15 (ml)	1,2	290 - 310	29 - 31	35 - 40	Ferromaxx® 7 / Ferromaxx® 15

Typische Bedingungen für das MIG/MAG-Schweißen mit Massivdraht

Stumpfstoßverbindungen in flacher PA-Position

Kohlenstoffstahl - Ferromaxx® Plus / Ferromaxx® 15

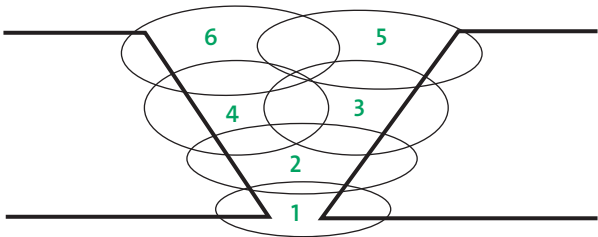
Lage	Drahtdurchmesser (mm)	Schweißstrom (A)	Lichtbogenspannung (V)	Drahtvorschubgeschwindigkeit (m/min)
Stamm 2 - n	1	100 - 110	17 - 19	3,5 - 4,0
	1,2	290 - 310	29 - 31	9,5 - 10,5

Edelstahl - Inomaxx® Plus

Lage	Drahtdurchmesser (mm)	Schweißstrom (A)	Lichtbogenspannung (V)	Drahtvorschubgeschwindigkeit (m/min)
Wurzel 2 - n (gepulst)	1	100 - 110	17 - 19	3,5 - 4,0
	1	210 - 220	25 - 27	13 - 14

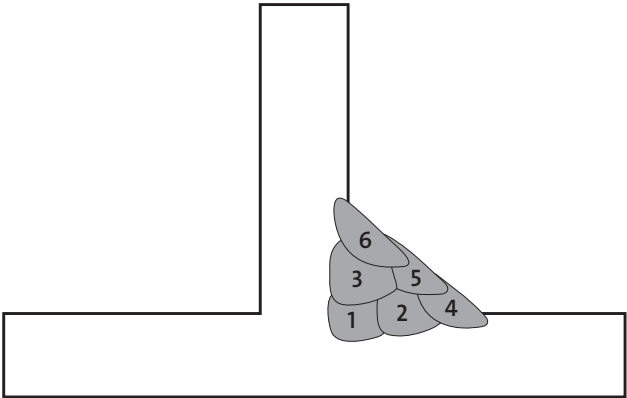
Aluminium - Alumaxx® Plus; Abschrägung von insgesamt 90°-110°, 1-2 mm Wurzelfläche; kein Abstand

Lage	Drahtdurchmesser (mm)	Schweißstrom (A)	Lichtbogenspannung (V)	Drahtvorschubgeschwindigkeit (m/min)
Wurzel (gepulst) 2 - n (gepulst)	1,2	230 - 240	24 - 25	14 - 15
	1,2	235 - 245	25 - 26	14 - 15

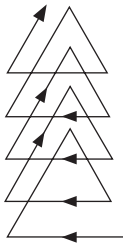


Kehlnähte in PB-Position

Nahtgröße (mm)	Drahtdurchmesser (mm)	Schweißstrom (A)	Lichtbogenspannung (V)	Anzahl der Lagen
5	1,2	275 - 285	29 - 31	1
7	1,2	275 - 285	29 - 31	3
15	1,2	290 - 310	29 - 31	10



Stumpf- und Kehlnähte in vertikaler PF-Position

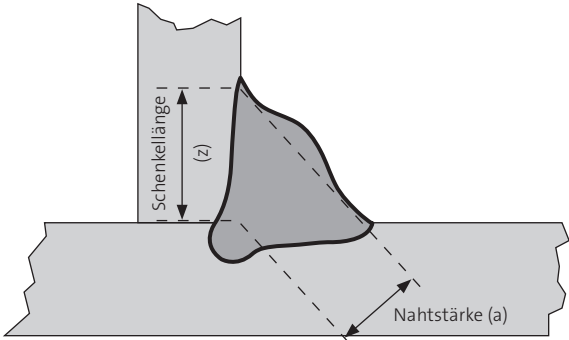


Verwenden Sie
ein dreieckiges
Geflecht

Stellen Sie den
Wurzeleinbrand
sicher

Schenkellängen (z)	Drahtdurchmesser (mm)	Schweißstrom (A)	Lichtbogenspannung (V)	Anzahl der Lagen
6	1,0	80 - 95	17 - 18	1
10	1,0	70 - 180	19 - 20	1
12 ⁽¹⁾	1,0	80 - 95	17 - 18	2
12 ⁽²⁾	1,0	70 - 180	19 - 20	2

Das a-Maß einer Kehlnaht wird durch die Nahtstärke (a) und die Schenkellänge (z) definiert.



Das ideale Verhältnis zwischen Nahtstärke und Schenkellänge wird in der nachfolgenden Formel angegeben und ist in der folgenden Tabelle dargestellt - $z = \sqrt{2} \cdot a$.

a-Größe (mm)	z-Größe (mm)	Schweißnaht-Oberfläche (mm²)
2	2,8	4,0
2,5	3,5	6,3
3	4,2	9,0
3,5	4,9	12,3
4	5,7	16,0
5	7,1	25,0
6	8,5	36,0

Typische Schweißbedingungen für alle positionierten rutilen Fülldrähte (nahtlos) bei Stahlplatten - Ferromaxx® 15 und Ferromaxx® Plus Schweißprozessgas; Gasfluss 18-20 l/min.

Stumpfschweißungen - PA-Position 50 - 60° Fasenvorbereitung und Abstand bis 4mm und Keramikträger

Lage	Drahtdurchmesser (mm)	Schweißstrom (A)	Lichtbogenspannung (V)	Drahtvorschubgeschwindigkeit (m/min)
Wurzel	1,2	220 - 240	22 - 24	7,5 - 8,0
2 - n	1,2	260 - 280	25 - 27	9,5 - 10,0

Stumpfschweißungen - vertikale PF-Position 50-60° Fasenvorbereitung und Abstand bis 4mm

Lage	Drahtdurchmesser (mm)	Schweißstrom (A)	Lichtbogenspannung (V)	Drahtvorschubgeschwindigkeit (m/min)
Wurzel	1,2	150 - 170	21 - 23	5,0 - 5,5
2 - n	1,2	210 - 230	24 - 26	7,5 - 8,0

Kehlnähte - mehrschichte PB-Position

Lage	Drahtdurchmesser (mm)	Schweißstrom (A)	Lichtbogenspannung (V)	Drahtvorschubgeschwindigkeit (m/min)
Wurzel	1,2	250 - 270	26 - 28	10,0 - 10,5
2 - n	1,2	230 - 250	25 - 27	9,5 - 10,0

Schweißströme für das MIG/MAG-Schweißen von Stahl mit Fülldraht

Zusatzwerkstoff

Drahtdurchmesser (mm)	Schweißstrom (A)	
	Min	Max
1,0	100	230
1,2	120	300
1,4	130	350
1,6	140	400
2,4	250	500

Alle Positionen mit rutilem Fülldraht

Drahtdurchmesser (mm)	Schweißstrom (A)	
	Min	Max
1,2	150	350
1,4	150	350
1,6	150	450

Metallpulver-Fülldraht

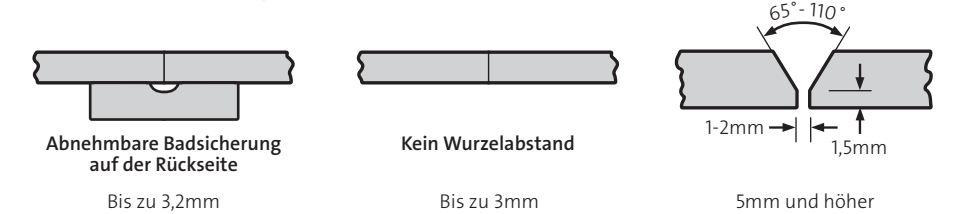
Drahtdurchmesser (mm)	Schweißstrom (A)	
	Min	Max
1,2	100	360
1,4	150	380
1,6	150	450

Fülldrähte mit einem Drahtdurchmesser über 2,4 mm werden üblicherweise nicht für das manuelle Schweißen verwendet.

Hilfreiche Daten für das WIG-Schweißen

Typische Bedingungen für das WIG-Schweißen mit nicht gepulsten Schweißmaschinen

Stumpfschweißungen (PA-Position)



Werkstoffdicke (mm)	Elektrorendurchmesser (mm)	Zusatzwerkstoffdurchmesser (mm)	Schweißstrom (A)	Schutzgasdurchfluss (l/min)
------------------------	-------------------------------	------------------------------------	---------------------	--------------------------------

Aluminium - Wechselstrom - Zirkonisierte Elektrode

1,5	2,4	1,6	60 - 80	6
3	3,2	2,4	125 - 145	7
5	4	3,2	180 - 220	10
6	4,8	4,8	235 - 275	12

Edelstahl - Gleichstrom - Elektrode negativ - Lanthanierte Elektrode

1,5	1,6	1,6	60 - 70	5
3	2,4	2,4	70 - 95	6
5	2,4	3,2	100 - 120	7
6	3,2	4	135 - 160	8

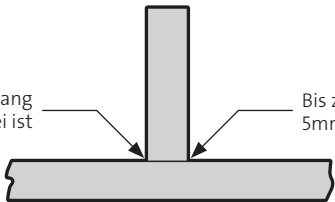
Kohlenstoffstahl - Gleichstrom - Elektrode negativ - Lanthanierte Elektrode

1,5	1,6	1,6	60 - 70	5
3	2,4	2,4	75 - 95	6
5	2,4	3,2	110 - 130	7
6	3,2	4,8	155 - 175	8

Typische Bedingungen für das WIG-Schweißen mit ungepulsten Schweißmaschinen

Kehlnähte (PB-Position)

Stellen Sie sicher, dass die Oberfläche entlang der Verbindungslinie oxid- und fettfrei ist



Bis zu 3mm - kein Abstand über 5mm - 0,8mm Abstand

Werkstoffdicke (mm)	Elektroden Durchmesser (mm)	Zusatzwerkstoffdurchmesser (mm)	Schweißstrom (A)	Schutzgasdurchfluss (l/min)
------------------------	--------------------------------	------------------------------------	---------------------	--------------------------------

Aluminium - Wechselstrom - Zirkonierter Elektrode

1,5	2,4	1,6	60 - 80	5
3	3,2	2,4	125 - 145	6
5	3,2 oder 4,0	3,2	195 - 230	7
6,0	4,0 oder 4,8	4 oder 5	260 - 295	10

Edelstahl - Gleichstrom - Elektrode negativ - Lanthanierte Elektrode

1,5	1,6	1,6	50 - 70	5
3	2,4	2,4	85 - 105	5
5	2,4	3,2	120 - 145	6
6,0	3,2	4,0	165 - 180	7

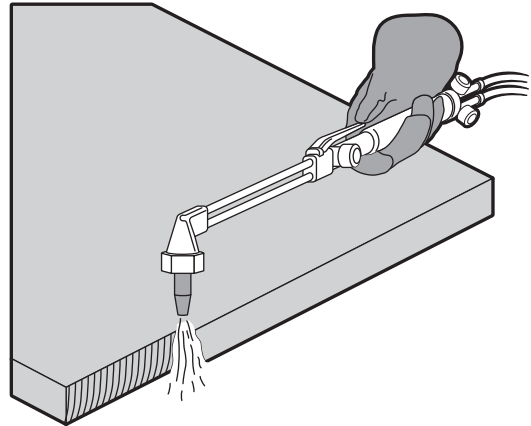
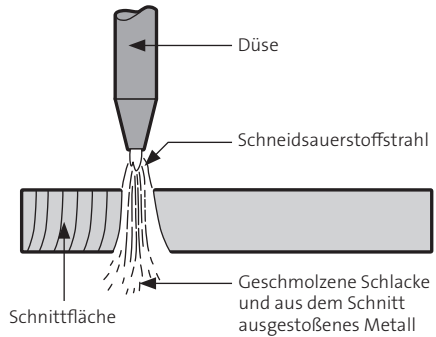
Kohlenstoffstahl - Gleichstrom - Elektrode negativ - Lanthanierte Elektrode

1,5	1,6	1,6	50 - 70	5
3	2,4	2,4	90 - 120	5
5	2,4	3,2	135 - 175	6
6,0	3,2	4 oder 5	170 - 200	7

Autogenes Brennschneiden

Sauerstoff kann für viele Verfahren eingesetzt werden, einschließlich Schneiden, Löten und Erwärmen, wenn er mit einem Brenngas wie Acetylen oder Propan verwendet wird. Nur Acetylen-Brenngas ist für Schweißarbeiten geeignet. Autogenes Brennschneiden ist ein transportables, kostengünstiges, vielseitiges, sicheres und benutzerfreundliches Verfahren. Es darf jedoch nur von geschultem Personal angewendet werden.

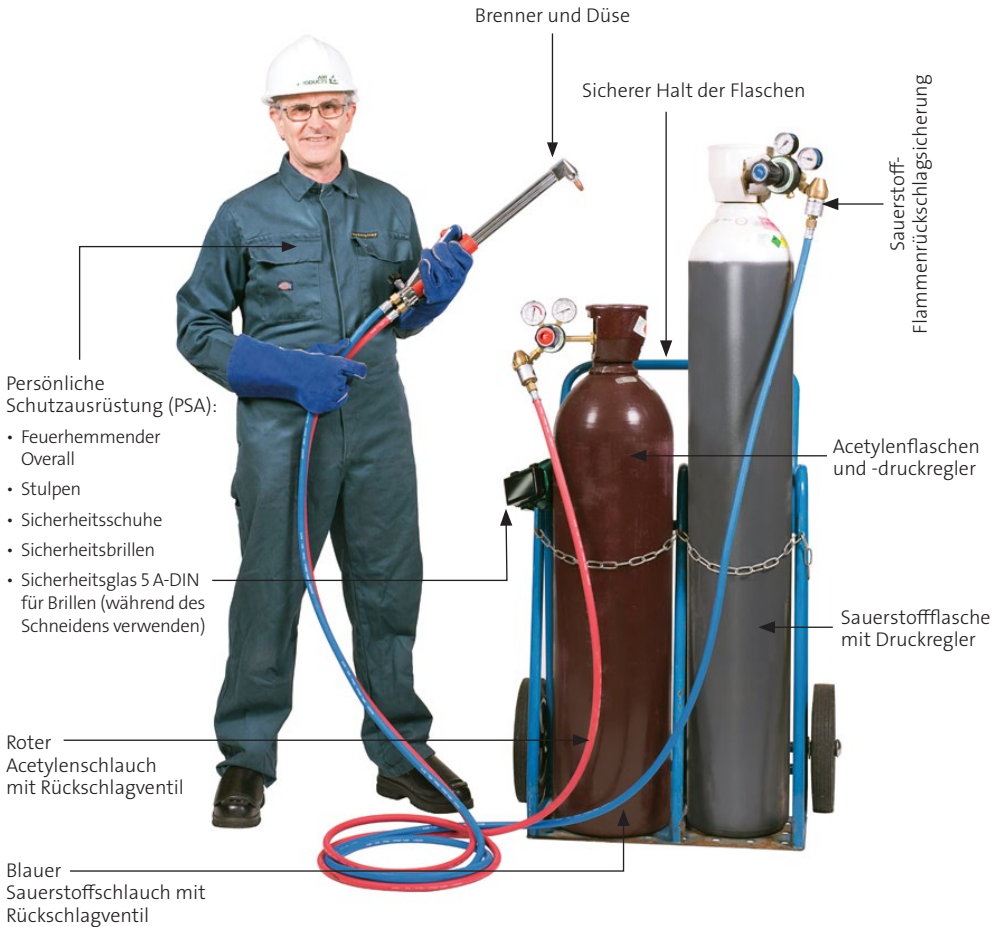
Zum Schneiden kann jedes Brenngas in Kombination mit Sauerstoff zum Schneiden von Eisenmetallen verwendet werden. Das Verfahren kann einfach automatisiert werden, um die Produktivität zu steigern und die Genauigkeit zu verbessern. Acetylen ist das einzige gebräuchliche Brenngas, das eine Vielzahl von Schweißnahtvorbereitungen auf Blechen, Rohrleitungen und Rohren erzeugen kann. Alle Kantenvorbereitungen erfordern das Schleifen der Schnittfläche vor dem Schweißen, um die Oxidschicht zu entfernen.



Die Schneidwirkung hängt von einer chemischen Reaktion zwischen dem Sauerstoff und dem Eisen (Fe) im Stahl ab. Mit einer Vorwärmflamme wird die Oberfläche des Metalls auf die Zündtemperatur gebracht, bei der die Reaktion stattfindet. Die Wärme aus der Reaktion schmilzt das Metall, das durch den Sauerstoffstrahl aus dem Schnitt geblasen wird.

Ausrüstung

Die Grundausrüstung für das Schneiden ist nachfolgend aufgeführt:



Es ist wichtig, dass die abgebildeten Sicherheitsvorrichtungen gemäß den nationalen Normen installiert, getestet und regelmäßig gewartet werden.

Besuchen Sie: airproducts.de/integrasafety

Sicherer Betrieb - Brenngas

Das sollten Sie grundsätzlich beachten

- Gasflaschen bei Lagerung, Transport und Gebrauch in aufrechter Position sichern.
- Für den Flaschentransport einen geeigneten Flaschenwagen verwenden.
- Sicherheitsanforderungen bezüglich der Verwendung von Sauerstoff- und Acetylenflaschen und der dazugehörigen Ausrüstung beachten.
- Die erforderliche Persönliche Schutzausrüstung (PSA) tragen.
- Wenn eine Acetylen-Gasflasche horizontal transportiert werden muss, sicherstellen, dass diese 24 Stunden vor der Verwendung aufrecht stehen bleibt.
- Ein zugelassenes Zünd- und Abschaltverfahren verwenden. (siehe Anweisungen Seite 48 und 49)

Montage und Inbetriebnahme

- Flaschendruckregler dürfen nicht mehr als 5 Jahre ab Herstellungsdatum oder dem Datum der letzten Prüfung verwendet werden.

- **Flaschendruckregler ausschließlich für das jeweils spezifizierte Gas verwenden, z. B. keinen Propan-Regler für Acetylen usw. verwenden.**
- **Keine Gasflaschen-Adapter verwenden.**

- Das Equipment sorgfältig auf Beschädigungen überprüfen. Bei Bedarf ersetzen.
- Sämtliches Equipment muss frei von Öl und Fett sein.
- Wenn Standardflaschen verwendet werden:
 - den Flaschendruckregler an das Flaschenventil anschließen,
 - die Flammenrückschlagsicherung mit dem Druckregler verbinden,
 - den Schlauch mit der Flammenrückschlagsicherung verbinden.

- **Blauer Schlauch an den Sauerstoffanschluss**
- **Roter Schlauch an den Brenngas-Anschluss**

- Bei Verwendung von Integra®-Gasflaschen:
 - den Schnellanschluss mit integrierter Flammenrückschlagsicherung an die Integra® Schnellkupplung anschließen,
 - den Schlauch mit dem Schnellanschluss mit integrierter Flammenrückschlagsicherung verbinden.
- Befestigen Sie das Rückschlagventil am jeweiligen Anschluss am Griff des Schweißbrenners und befestigen Sie die Schläuche an den Rückschlagventilen.
- Die Düse entsprechend der Art des Brenngases und der Stärke des Materials auswählen.
- Sämtliche Anschlüsse festziehen, bevor das System unter Druck gesetzt wird.
- Die Gasflaschenventile beider Flaschen öffnen.

- **Bevor Sie den Brenner zu zünden, spülen Sie jeden Schlauch einzeln, um sicherzustellen, dass sich nur Sauerstoff oder Brenngas im jeweiligen Schlauch befindet.**

System-Spülung

- Drehen Sie die Druckeinstellschraube am Sauerstoffregler im Uhrzeigersinn, um den für den jeweiligen Düsentyp erforderlichen Ausgangsdruck einzustellen. Die richtige Information bezüglich des Ausgangsdrucks wird üblicherweise vom Düsenhersteller geliefert.
- Öffnen Sie das Sauerstoffventil am Brenner. Der Druck nimmt leicht ab. Stellen Sie den am Regler angezeigten Sauerstoffdruck wieder auf den richtigen Wert ein.
- Schließen Sie das Ventil am Brenner. Sie haben auch den Sauerstoffschlauch gespült.
- Die oben genannten Schritte für die Brenngasflasche wiederholen.
- Führen Sie vor dem Gebrauch eine Dichtigkeitsprüfung aller Verbindungen mit einer zugelassenen sauerstoffverträglichen Flüssigkeit für die Lecksuche durch.

Dieser Vorgang sollte an einem gut belüfteten Ort ohne Zündquellen erfolgen.

Öffnen Sie niemals beide Versorgungsventile gleichzeitig, wenn Sie das System spülen.

Es ist wichtig, dass das System nach längerer Nichtbenutzung gespült wird (siehe Verfahren „Abschalten“ auf Seite 49).

Zünden

- Verwenden Sie einen Gasanzünder, um die Flamme zu entzünden. Streichhölzer oder Gasfeuerzeuge dürfen nicht verwendet werden.

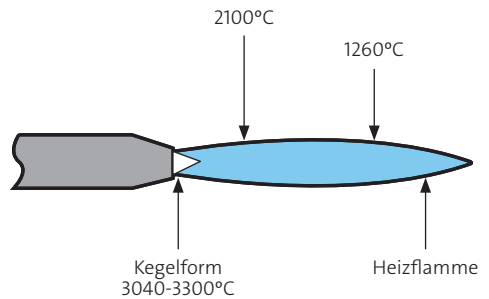


- Zuerst das Brenngasventil (rot) langsam öffnen und das Gas zünden, ggf. erhöhen, um den Rauch zu reduzieren.
- Anschließend das Sauerstoff (blau) Brennerventil langsam öffnen und einstellen, bis eine neutrale Flamme erreicht ist.
- Sie sind jetzt bereit zum Schneiden.

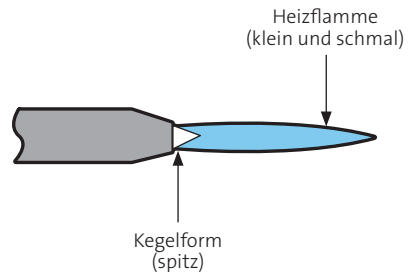
Im unwahrscheinlichen Fall eines anhaltenden Flammenrückschlags müssen Sie zuerst das Sauerstoff-Brennerventil (blau) und dann das Brennstoff-Brennerventil (rot) schließen und dann beide Flaschenventile vorsichtig schließen.

Bei Verwendung von Acetylen untersuchen Sie vorsichtig die Gasflasche mit bloßen Händen und prüfen Sie, ob Sie Wärmepunkte ausmachen können. Sollten Sie lokale Wärme erkennen, behandeln Sie die Gasflasche so, als ob sie Feuer gefangen hätte und evakuieren Sie den Bereich. Wenden Sie sich dann an die Rettungsdienste, um sie über einen Verdacht auf einen Acetylenbrand zu informieren.

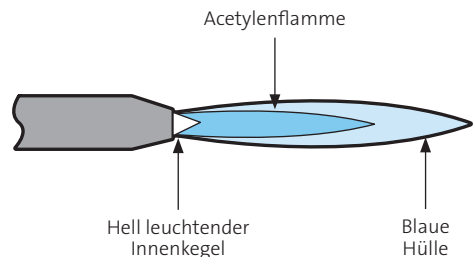
Neutrale Flamme



Oxidierende Flamme



Flamme mit Acetylen-Überschuss



Abschalten

Es gibt zwei Möglichkeiten zum Abschalten des Systems, ein *kurzfristiges Abschalten*, z.B. bei der Neupositionierung zwischen Schnitten oder ein *vollständiges Abschalten*, z. B. in der Mittagspause, am Ende einer Schicht oder zum Wechseln einer Gasflasche usw.

Kurzfristiges Abschalten:

- Schließen Sie das Ventil des Brenngas-Brenners (rot).
- Schließen Sie das Ventil des Sauerstoff-Brenners (blau).
- Verstauen Sie die Schläuche auf eine sichere Art und Weise und stellen Sie sicher, dass die heiße Brennerdüse nicht in Kontakt mit einem Teil des Systems, einschließlich der Gasflaschen, kommt.

Vollständiges Abschalten:

- Schließen Sie das Ventil des Brenngas-Brenners (rot).
- Schließen Sie das Ventil des Sauerstoff-Brenners (blau).
- Schließen Sie das Flaschenventil an beiden Gasflaschen.
- Öffnen Sie das Ventil des Brenngas-Brenners (rot), entlüften Sie die Leitung und schließen Sie das Ventil.
- Öffnen Sie das Ventil des Sauerstoff-Brenners (blau), entlüften Sie die Leitung und schließen Sie das Ventil.

Öffnen Sie niemals beide Brennerventile gleichzeitig, wenn Sie das System entlüften.

- Drehen Sie nun das Entlastungsventil an beiden Gasflaschen-Druckminderer vollständig gegen den Uhrzeigersinn.
- Verstauen Sie die Schläuche auf eine sichere Art und Weise und stellen Sie sicher, dass die heiße Brennerdüse nicht in Kontakt mit einem Teil des Systems, einschließlich der Gasflaschen, kommt.

Integra® Flaschen für Sauerstoff und Acetylen

Ventilschutz

Dieser beugt Schäden vor und ermöglicht eine einfache Handhabung der Flasche. Von unabhängiger Stelle auf Sicherheit geprüft. Übertrifft die Anforderungen nach EN ISO 1117. Der speziell entwickelte Flaschenkopf schützt die integrierten Ausrüstungsteile und ermöglicht gleichzeitig den Zugriff auf alle Bedienelemente.

Füllstandsanzeige

Permanente Füllstandsanzeige, auch bei Nichtgebrauch der Flasche!

Integrierter Druckminderer

Kalibrierung und Wartung durch Air Products. Reguliert den Ausgangsdruck und bietet eine variable Druckregelung. Für alle Schneid-, Schweiß- und Lötanwendungen geeignet.

Füllventil (nur für Air Products)

Gasauslass mit Schnellkupplung

Ermöglicht einen sicheren und schnellen Austausch der Gasflasche. Die Sicherheitsvorrichtung am Ventilausgang sorgt dafür, dass bei fehlerhaftem Sitz der Schnellkupplung kein Gas austritt.

Schnellkupplung mit integrierten Sicherheitsvorrichtungen

Diese sorgt zu jeder Zeit für eine sichere Verbindung. Der Einsatz von Schraubenschlüsseln entfällt. Eine Zusatzvorrichtung verhindert das unbeabsichtigte Abziehen der Kupplung.

Integrierte Sicherheitsvorrichtungen:

- Schutzmechanismus zur Verriegelung/Entriegelung
- Flammenrückschlagsicherung
- Rückschlagventil
- Thermisches Absperrventil
- Staubfilter

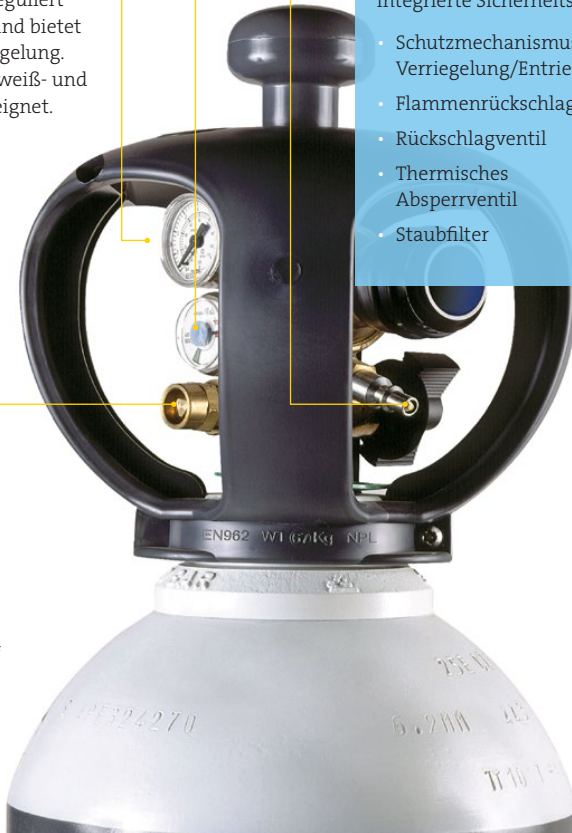


Abbildung einer Sauerstoff
Integra®-Flasche

Es gibt zahlreiche Brenngase, z. B. Acetylen, Ethylen, Wasserstoff, Methan, Propan, Propylen und Gasmischungen. Jedes Gas hat spezifische Charakteristiken und Vorteile. Die am häufigsten zur Anwendung kommenden Gase sind:

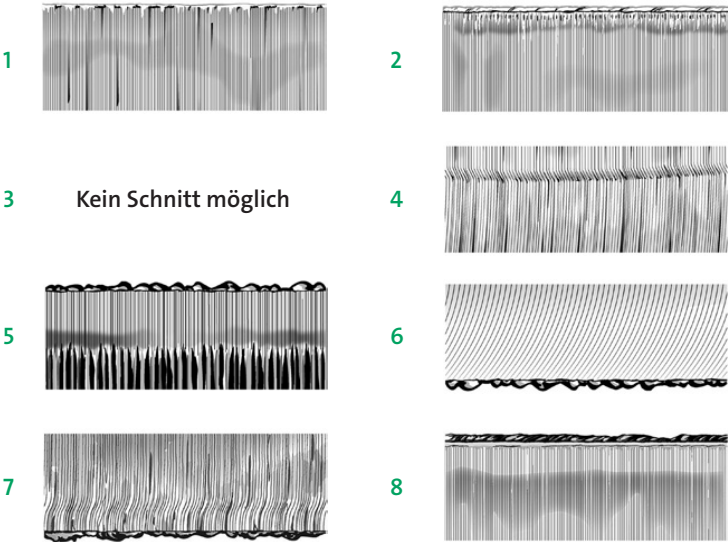
- Acetylen, das leichter als Luft ist. In seinem reinen Zustand ist es farb- und geruchlos, jedoch hat das technisch zum Einsatz kommende Acetylen einen etwas Knoblauch-ähnlichen Geruch. Es wird auch aufgrund seiner Vielseitigkeit ausgewählt, da es sich sowohl zum Schweißen als auch zum Schneiden eignet.
- Propan, ein flüssiges Petroleumgas, ist schwerer als Luft.

Auswahlkriterien für Brenngase

Faktor für Auswahl	Acetylen	Propan
Zeit zum Start des Schnitts	• • •	•
Schnittgeschwindigkeit	• • •	•

• • • = beste Wahl • = auch geeignet

Variablen für die Qualität einer Schnittfläche

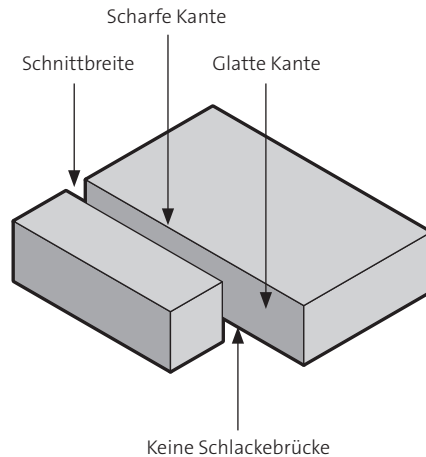


Variable	Bedingung	Auswirkung
Abstand zwischen Düse und Blech	1 zu niedrig	obere Kante abgerundet
	2 zu hoch	Einbrandkerben
Druck des Schneidsauerstoffs	3 zu niedrig	(kein Schnitt möglich)
	4 zu hoch	unregelmäßige Fläche; variable Breite
Schnittgeschwindigkeit	5 zu niedrig	Übermäßiges Schmelzen; Schlacke haftet an der Vorderseite
	6 zu hoch	Einbrandkerben; Schlackenbrücken unten
Vorwärmflamme	7 zu klein	Schnitt stoppt
	8 zu groß	Obere Kante sehr abgerundet

Schnittqualität

Ziel ist es, diesen Schnitt zu produzieren:

- Einheitlicher Abstand (Schnittfuge)
- Klar definierte Kanten
- Glatte Flächen
- Keine haftende Schlacke



Bedientechniken

Das manuelle Schneiden wird in vielen Industriezweigen eingesetzt.

Es ist schwierig, einen einheitlichen Schnitt mit manuellen Techniken zu erzielen. Variationen bei der Schnittgeschwindigkeit und beim Abstand zwischen Düse und Blech ergeben unregelmäßige Schnittflächen.

Die Ergebnisse können durch die Brennerhaltung und Vorschubgeschwindigkeit verbessert werden.

Bei guter Schnittqualität sollten sich beide Teile sauber voneinander trennen.



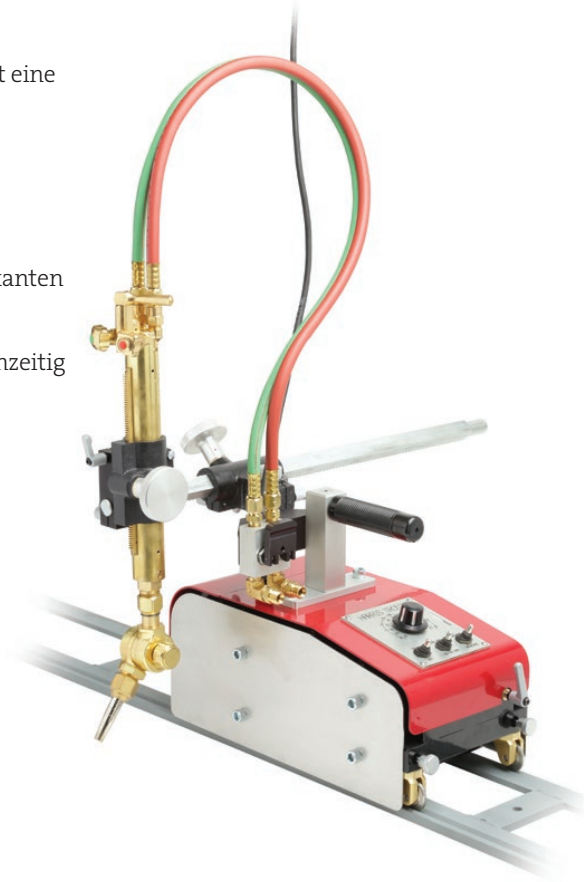


Mechanisiertes Schneiden erzeugt eine hervorragende Schnittqualität.

Eine Vielzahl von mechanischen Verfahren ist verfügbar.

Mechaniserte Systeme können verwendet werden, um die Blechkanten für das Schweißen vorzubereiten.

Es können mehrere Schnitte gleichzeitig durchgeführt werden.



Typische Betriebsbedingungen

Druck-/Düsenkombinationen

Schneiden

Düsengröße Zoll	Blechstärke mm	Acetylendruck bar	Sauerstoffdruck bar
1/32	3,0 - 6,0	0,15	1,5 - 2,0
3/64	6,0 - 20,0	0,15	2,0 - 3,0
1/16	20,0 - 75,0	0,15 - 0,2	3,0 - 4,0

Schweißen und Löten

Düsengröße	Blechstärke mm	Acetylendruck bar	Sauerstoffdruck bar
1	0,9	0,15	0,15
2	1,2	0,15	0,15
3	2,0	0,15	0,15
5	2,6	0,15	0,15
7	3,2	0,15	0,15
10	4,0	0,2	0,2
13	5,0	0,3	0,3
18	6,5	0,3	0,3
25	8,0	0,4	0,4
35	10,0	0,6	0,6

Für das manuelle Schneiden wird der Einsatz von Autogenbrennern empfohlen, da diese das Risiko eines Flammenrückschlags deutlich reduzieren.

Ein Injektorbrenner wird typischerweise beim mechanisierten oder maschinellen Schneiden eingesetzt.

Injektorbrenner

Schneiden

Blechstärke mm	Acetylendruck bar	Sauerstoffdruck bar
3,0 - 10,0	0,5	2,0 - 3,0
10,0 - 25,0	0,5	3,0 - 4,0
25,0 - 75,0	0,5	4,0 - 5,5

Schweißen und Löten

Blechstärke mm	Acetylendruck bar	Sauerstoffdruck bar
0,5 - 1,0	0,2 - 0,25	2,5
1,0 - 2,0	0,2 - 0,25	2,5
2,0 - 4,0	0,2 - 0,25	2,5
3,0 - 5,0	0,2 - 0,25	2,5
4,0 - 6,0	0,2 - 0,25	2,5
6,0 - 9,0	0,2 - 0,25	2,5
9,0 - 14,0	0,2 - 0,25	2,5

* Die in diesem Dokument enthaltenen Informationen dienen lediglich der Orientierung. Die Empfehlungen der Hersteller von Schweißbrennern und/oder Düsen sollten ebenfalls berücksichtigt werden. Bitte beachten Sie, dass die Empfehlungen von Hersteller zu Hersteller variieren können.

© Air Products and Chemicals, Inc., 2019,
Erste Veröffentlichung 2017

Kein Teil dieser Veröffentlichung darf in
einem Abrufsystem gespeichert werden
oder in irgendeiner Form elektronisch,
mechanisch, per Fotokopie bzw.
Aufzeichnung oder auf andere Art und
Weise ohne die vorherige Genehmigung
von Air Products and Chemicals, Inc.
vervielfältigt werden.

Gedruckt in Deutschland

.....
Für weitere Informationen kontaktieren Sie unter:

Air Products GmbH

Hüttenstraße 50.

45527 Hattingen

T +49 2324 689 0

apginfo@airproducts.com



tell me more
airproducts.de/welding

Ferromaxx®, Inomaxx®, Alumaxx®
sind eingetragene Warenzeichen der Air Products and Chemicals, Inc.

© Air Products and Chemicals, Inc., 2019 (41936) 231-18-039-DE