

## Das Schweißen

Unter **Schweißen** versteht man (gemäß EN 14610 und DIN 1910-100) „das unlösbare Verbinden von Bauteilen unter Anwendung von Wärme und/oder Druck, mit oder ohne Schweißzusatzwerkstoffe“. Die nötige Schweißenergie wird von außen zugeführt. Schweißhilfsstoffe, wie Schutzgase, Schweißpulver oder Pasten, können das Schweißen erleichtern oder auch erst möglich machen. Schweißen kann durch Wärmezufuhr bis zum Schmelzen des Werkstoffs oder durch Wärmezufuhr und zusätzliche Krafteinwirkung (Druck) auf das Werkstück erfolgen.

Zweck des Schweißens: Man unterscheidet Verbindungs- und Auftragschweißen.

\* Verbindungsschweißen ist das Zusammenfügen (DIN 8580) von Werkstücken, beispielsweise mit einer Rohrlängsnaht.

\* Auftragschweißen ist das Beschichten (DIN 8580) eines Werkstückes durch Schweißen.

Sind der Grund- und der Auftragswerkstoff unterschiedlich, wird unterschieden zwischen Auftragschweißen von Panzerungen, Plattierungen und Pufferschichten.

### Schweißbarkeit eines Bauteils

---

Um ein Bauteil schweißen zu können, muss es schweißbar sein. Darunter versteht man, dass durch das Zusammenwirken der Eignung des Werkstoffs zum Schweißen (Schweißeignung), einer schweißgeeigneten Konstruktion (Schweißsicherheit) und einer geeigneten Fertigungsorganisation (Schweißmöglichkeit) Einzelteile zu Bauteilen mit gewünschter Qualität zusammengeschweißt werden können.

### Schweißeignung eines Werkstoffs

---

Infolge der thermischen Einwirkung auf die Schweißteile während des Schweißens ändern sich deren metallurgischen Eigenschaften. Je nach Materialzusammensetzung und Art des Temperaturzyklus können Gefüge entstehen, die negative Qualitätseinflüsse haben. Die Schweißeignung beschreibt, inwieweit ein Werkstoff unter jeweils bestimmten Bedingungen qualitativ befriedigend durch Schweißen verbunden werden kann.

### Vorbereitung - Schweißstoß

Schweißteile werden durch sogenannte Schweißstöße verbunden, die oftmals eine spezielle Fugenvorbereitung benötigen. Der Bereich, in dem Schweißteile miteinander vereinigt werden, wird Schweißstoß genannt. Die Stoßarten unterscheiden sich je nach konstruktiver Anordnung der Teile und der Fugenvorbereitung, die eine fachgerechte Ausführung und Prüfung der Schweißnaht ermöglicht.

### Durchführung - Schweißposition

Je nach Anordnung der Schweißteile und der Zugänglichkeit des Brenners und der Schweißelektrode zur Naht ergeben sich beim Schweißen in der Norm DIN EN ISO 6947:2011-08 definierte Schweißpositionen

## Lichtbogenhandschweißen

Das **Lichtbogenhandschweißen** (E-Handschweißen EN ISO 4063: Prozess 111) ist eines der ältesten elektrischen Schweißverfahren für metallische Werkstoffe, welches heute noch angewandt wird. Im Englischen wird das Verfahren 'shielded metal arc welding' (SMAW) oder auch 'manual metal arc welding' (MMA) genannt, und diese Abkürzungen werden teils zur Spezifikation der Geräte benutzt.

Ein elektrischer Lichtbogen zwischen einer als Zusatzwerkstoff abschmelzenden Elektrode und dem Werkstück wird als Wärmequelle zum Schweißen genutzt. Durch die hohe Temperatur des Lichtbogens wird der Werkstoff an der Schweißstelle aufgeschmolzen. Als Schweißstromquellen dienen Schweißtransformatoren (Streu Feldtransformatoren) mit oder ohne Schweißgleichrichter, Schweißumformer oder Schweißinverter. Je nach Anwendung und Elektrodentyp kann mit Gleichstrom oder Wechselstrom geschweißt werden.

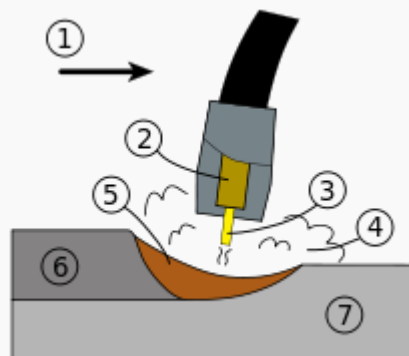
Umhüllte Stabelektroden, zum Beispiel für unlegierte Stähle gemäß ISO 2560-A, entwickeln beim Abschmelzen Gase und Schweißschlacken. Die Gase aus der Umhüllung stabilisieren den Lichtbogen und schirmen das Schweißbad vor der Oxidation durch den Luftsauerstoff ab. Die Schweißschlacke hat eine geringere Dichte als die Schmelze, wird auf die Schweißnaht geschwemmt und sorgt für zusätzlichen Schutz der Schweißnaht vor Oxidation. Ein weiterer erwünschter Effekt der Schweißschlacke ist die Verringerung der Schweißschumpfspannungen durch die langsamere Abkühlung, da dem Bauteil mehr Zeit bleibt, die plastische Verformung rückzuentwickeln.

Bei umhüllten Stabelektroden hängt die Polarität von der Elektrodenumhüllung ab. Besteht die Umhüllung aus schlecht ionisierbaren Bestandteilen, wie dies bei basischen Elektroden der Fall ist, wird die Elektrode am heißeren Pluspol geschweißt, anderenfalls wegen der geringeren Strombelastung am Minuspol.

Hauptanwendungsbereich des Lichtbogenhandschweißens ist der Stahl- und Rohrleitungsbau. Elektrodenschweißungen werden wegen der deutlich geringeren Schweißgeschwindigkeiten bevorzugt im Montagebereich angewendet, da der maschinelle Aufwand im Vergleich zu anderen Verfahren verhältnismäßig gering ist. Eine Elektrodenschweißung kann auch unter ungünstigen Witterungsverhältnissen, wie beispielsweise Wind und Regen noch fehlerfrei durchgeführt werden, was gerade auch bei Außenarbeiten von Bedeutung ist. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Schweißung – im Unterschied zu anderen Verfahren – auch dann häufig noch mängelfrei durchgeführt werden kann, wenn die Schweißfuge nicht vollständig metallisch blank ist. Lichtbogenhandschweißen ist auch unter Wasser möglich.

### **Schutzgasschweißen (SG)**

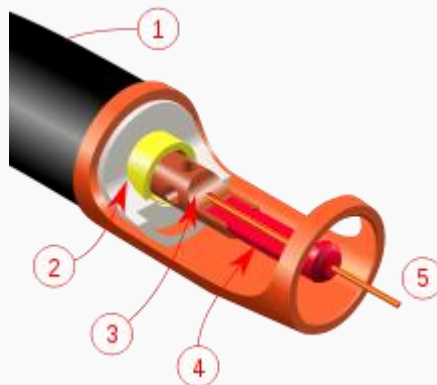
Schutzgasschweißen



Metallschutzgasschweißen

- 1 Vorschubrichtung
- 2 Kontakthülse
- 3 Schweißdraht
- 4 Schutzgas
- 5 Schmelzgut
- 6 Schweißraupe
- 7 Grundmaterial

### **Metallschutzgasschweißen (MSG)**



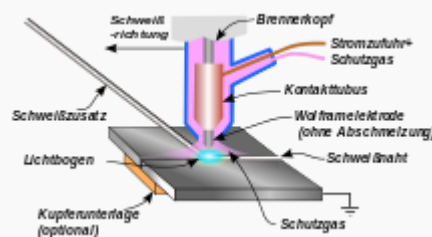
Aufbau eines Schweißbrenners zum Schutzgasschweißen (geöffnet)

- 1 Halterung
- 2 Isolierung (gelb)
- 3 Schutzgasdüsen
- 4 Stromkontaktdüse
- 5 Düsenausgang

Das teilmechanische **Metallschutzgasschweißen** (MSG), wahlweise als MIG (Metallschweißen mit inerten Gasen, EN ISO 4063: Prozess 131) oder MAG-Schweißen (Metallschweißen mit aktiven, also reaktionsfähigen Gasen, EN ISO 4063: Prozess 135), ist ein Lichtbogenschweißverfahren, bei dem der abschmelzende Schweißdraht von einem Motor mit veränderbarer Geschwindigkeit kontinuierlich nachgeführt wird. Die gebräuchlichen Schweißdrahtdurchmesser liegen zwischen 0,8 und 1,2 mm (seltener 1,6 mm). Gleichzeitig mit dem Drahtvorschub wird der Schweißstelle über eine Düse das Schutz- oder Mischgas mit ca. 10 l/min (Faustformel: Schutzgas-Volumenstrom 10 l/min pro mm Schweißdrahtdurchmesser) zugeführt. Dieses Gas schützt das flüssige Metall unter dem Lichtbogen vor Oxidation, welche die Schweißnaht schwächen würde. Beim Metallaktivgasschweißen (MAG) wird entweder mit reinem CO<sub>2</sub> oder einem Mischgas aus Argon und geringen Anteilen CO<sub>2</sub> und O<sub>2</sub> (z. B. „Corgon“ „Igmix“) gearbeitet. Je nach ihrer Zusammensetzung kann der Schweißprozess (Einbrand, Tropfengröße, Spritzerverluste) aktiv beeinflusst werden; beim Metallinertgasschweißen (MIG) wird als Edelgas Argon, seltener auch das teure Edelgas Helium, verwendet. Das MAG-Verfahren wird in erster Linie bei Stählen eingesetzt, das MIG-Verfahren bevorzugt bei NE-Metallen.

Wahlweise können beim Metallschutzgasschweißen auch Fülldrähte, auch Röhrendrähte genannt, eingesetzt werden (mit Aktivgasschweißen EN ISO 4063: Prozess 136, mit Inertgas EN ISO 4063: Prozess 137). Diese können im Inneren mit einem Schlackebildner und ggf. Legierungszusätzen versehen sein. Sie dienen dem gleichen Zweck wie die Umhüllungen der Stabelektrode. Einerseits tragen die Inhaltsstoffe zum Schweißvolumen bei, andererseits bilden sie eine Schlacke auf der Schweißraupe und schützen die Naht vor Oxidation. Letzteres ist vor allem bei dem Schweißen von Edelstählen wichtig, da die Oxidation, das „Anlaufen“ der Naht auch nach dem Weiterführen des Brenners und damit dem Weiterführen der Schutzgasglocke verhindert werden muss.

### Wolfram-Inertgasschweißen (WIG)



WIG-Schweißen

Das **Wolfram-Inertgasschweißen** (Bez. USA: *TIG -Tungsten Inert-Gaswelding* oder *GTAW - Gas Tungsten Arc Welding*, EN ISO 4063: Prozess 141) zeichnet sich gegenüber anderen Schmelzschweißverfahren durch eine Reihe von Vorteilen aus. In Verbindung mit dem WIG-Pulsschweißen und WIG-Wechselstromschweißen lässt sich jeder schmelzschweißgeeignete Werkstoff fügen. Beim WIG-Schweißen entstehen praktisch keine Schweißspritzer; die gesundheitliche Belastung durch Schweißrauche ist verhältnismäßig gering. Ein besonderer Vorteil des WIG-Schweißens ist, dass nicht mit einer abschmelzenden Elektrode gearbeitet wird. Die Zugabe von Schweißzusatz und die Stromstärke sind deshalb entkoppelt. Der Schweißer kann seinen Schweißstrom optimal auf die Schweißaufgabe abstimmen und muss nur so viel Schweißzusatz zugeben, wie gerade erforderlich ist. Dies macht das Verfahren besonders geeignet zum Schweißen von Wurzellagen und zum Schweißen in Zwangslagen. Durch den verhältnismäßig geringen und kleinräumigen Wärmeeintrag ist der Schweißverzug der Werkstücke geringer als bei anderen Verfahren. Wegen der hohen Schweißnahtgüten wird das WIG-Verfahren bevorzugt dort eingesetzt, wo die Schweißgeschwindigkeiten gegenüber den Qualitätsanforderungen zurücktreten. Dies sind beispielsweise Anwendungen im Rohrleitungs- und Apparatebau im Kraftwerksbau oder der chemischen Industrie.

Die WIG-Schweißanlage besteht aus einer Stromquelle, die in den meisten Fällen auf Gleich- oder Wechselstromschweißen geschaltet werden kann, und einem Schweißbrenner, der mit der Stromquelle durch ein Schlauchpaket verbunden ist. Im Schlauchpaket befinden sich die Schweißstromleitung, die Schutzgaszuführung, die Steuerleitung und bei größeren Brennern der Zu- und Rücklauf des Kühlwassers.

Es gibt zwei Arten, den Lichtbogen zu zünden, die Kontakt- und die Hochfrequenzzündung. Bei der historischen Kontaktzündung (Streich- oder Anreißzündung) wird ähnlich dem Elektrodenschweißen die Wolframelektrode kurz – gleich einem Streichholz – am Werkstück angestrichen und somit ein Kurzschluss erzeugt. Nach dem Abheben der Elektrode vom Werkstück brennt der Lichtbogen zwischen Wolframelektrode und Werkstück. Ein großer Nachteil dieses Verfahrens ist, dass bei jedem Zünden etwas Material von der Wolframelektrode hängenbleibt, das wegen der höheren Schmelztemperaturen des Wolframs als Fremdkörper im Schmelzbad zurückbleibt. Deshalb wurde häufig eine separate Kupferplatte, auf dem Werkstück liegend, zum Zünden verwendet.

Die Hochfrequenzzündung hat die Streichzündung praktisch vollständig ersetzt. Bei der Hochfrequenzzündung wird mit Hilfe eines Hochspannungsimpulsgenerators, der eine hohe Spannung auf die Wolframelektrode gibt, das Gas zwischen Elektrode und Werkstück ionisiert, wodurch der Lichtbogen gezündet wird. Durch den hohen Innenwiderstand des Hochspannungsimpulsgenerators können keine gefährlichen Stromstärken erzeugt werden.

Eine Variante der Kontaktzündung ist die Lift-Arc-Zündung. Die Elektrode wird direkt an der Schweißstelle auf dem Werkstück aufgesetzt. Es fließt ein geringer Strom, der nicht ausreicht, die Elektrode zu beschädigen. Beim Abheben des Brenners zündet der Plasmalichtbogen und die Elektronik der Schweißmaschine erhöht den Strom auf Schweißstromstärke. Vorteil dieser Methode ist das Vermeiden elektromagnetischer Störungen, die bei der Hochfrequenzzündung auftreten können.

Meist wird zum Schweißen das Edelgas Argon eingesetzt, seltener Helium oder ein Gemisch aus beiden Gasen. Dabei wird das verhältnismäßig teure Helium aufgrund seiner besseren Wärmeleitfähigkeit verwendet, um die Wärmeeinbringung zu erhöhen. Bei austenitischen nichtrostenden Stählen können geringe Mengen an Wasserstoff im Schutzgas die Viskosität der Schmelze herabsetzen und die Schweißgeschwindigkeit steigern (es handelt sich dabei nicht mehr um ein inertes, sondern um reduzierendes Gas, siehe geplante Änderung der EN ISO 4063).

Das Schutzgas wird durch die Gasdüse zur Schweißstelle geleitet. Als Faustregel gilt: Gasdüseninnendurchmesser =  $1,5 \times$  Schmelzbadbreite. Die Schutzgasmenge ist unter anderem von Nahtform, Werkstoff, Schweißposition, Schutzgas und Düsendurchmesser abhängig; Informationen dazu lassen sich den Datenblättern der Hersteller entnehmen. Das Heften von Stumpfnähten kann problematisch sein, wenn ein Spalt vorhanden ist und so wurzelseitig Sauerstoff Zutritt hat.

Beim WIG-Schweißen kann sowohl mit als auch ohne Zusatzwerkstoff gearbeitet werden. Zum manuellen Schweißen werden wie beim Gasschmelzschweißen meist stabförmige Zusätze verwendet. Verwechslungen mit den Gasschweißstäben müssen allerdings unbedingt vermieden werden, da die chemischen Zusammensetzungen voneinander abweichen.

WIG-Schweißen mit Zusatzdraht.

Bei der WIG-Schweißung unterscheidet man Gleich- und Wechselstromschweißen. Das Gleichstromschweißen mit negativ gepolter Elektrode wird zum Schweißen von Stählen aller Art, NE-Metallen und deren Legierungen eingesetzt. Demgegenüber wird das Wechselstromschweißen vorwiegend zum Schweißen der Leichtmetalle Aluminium und Magnesium eingesetzt. In Sonderfällen werden Leichtmetalle auch mit Gleichstrom und mit einer positiven Elektrode geschweißt. Dabei werden Spezialschweißbrenner mit einer sehr dicken Wolframelektrode und Helium als Schutzgas verwendet. Nötig ist die Pluspolung der Wolframelektrode bei Leichtmetallen, da diese zumeist eine harte Oxidschicht mit sehr hohem Schmelzpunkt (wie bei Aluminiumoxid, Magnesiumoxid) auf ihrer Oberfläche bilden. Diese Oxidschicht wird bei einer Minuspolung des Werkstücks aufgebrochen, da das Werkstück nun als Elektronen emittierender Pol fungiert und negative Sauerstoffionen abgeführt werden.<sup>[</sup>

Die BGI 746 (*Umgang mit thoriumoxidhaltigen Wolframelektroden beim Wolfram-Inertgasschweißen (WIG)*) enthält Hinweise zum sicheren Umgang mit thoriumoxidhaltigen Wolframelektroden für das Wolfram-Inertgasschweißen und beschreibt die notwendigen Schutzmaßnahmen, die ergriffen werden müssen, um mögliche Gefährdungen durch Umgang mit diesen Elektroden auszuschließen oder auf ein vertretbares Maß zu minimieren. Nötig ist dies wegen einer geringen Radioaktivität des Thoriums und der gesundheitsschädigenden Stäube des Schwermetalls. Aufgrund der Verfügbarkeit von mit Lanthan oder seltenen Erden legierten Wolframelektroden kann heute auf den Einsatz von thoriumlegierten Wolframelektroden verzichtet werden.

*Dieser Artikel basiert auf dem "Schweißen" aus der freien Enzyklopädie Wikipedia und steht unter der Doppellizenz GNU-Lizenz für freie Dokumentation und Creative Commons CC-BY-SA 3.0 Unported (Kurzfassung (de)). In der Wikipedia ist eine Liste der Autoren verfügbar.*

<https://de.wikipedia.org/wiki/Schweißen>