



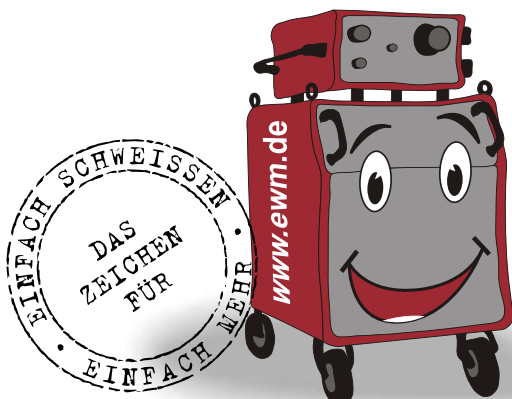
# EWM- SCHWEISSLEXIKON



WIG-Fibel



[www.ewm.de](http://www.ewm.de)



**EWM** / HIGHTEC®  
WELDING  
E I N F A C H M E H R

EINFACH MEHR WISSEN



# THE WORLD OF WELDING

## THE WORLD OF EWM

Einfach mehr...

**...MIT DER ERFAHRUNG...**

**...von über 40 Jahren in der Schweißtechnik!**

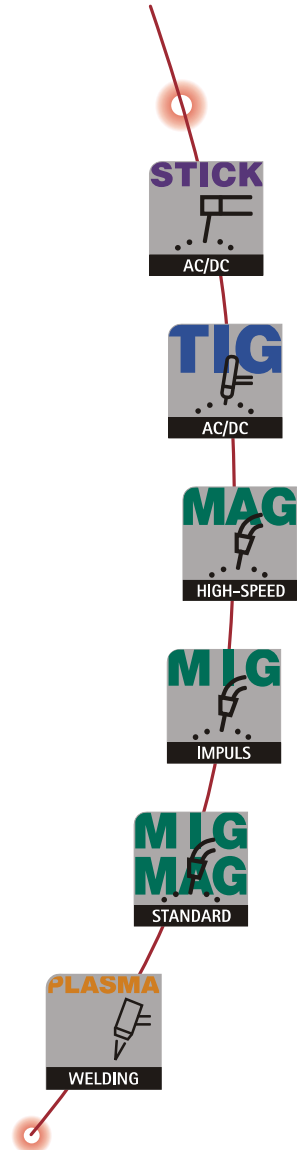


**EWM**, europaweit einer der führenden Hersteller von HIGHTEC-Schweißgeräten, bietet die ganze Welt des Schweißens. Unsere umfassende Produktpalette deckt jeden Aufgabenbereich ab - von portablen Kleinstgeräten für den flexiblen Baustelleneinsatz bis zur mechanisierten Roboter-Anwendung, z. B. in der Großindustrie. Durch die permanente Entwicklung innovativster Technologien schaffen wir ausschließlich Schweißmaschinen, mit denen auch der anspruchsvollste Profi jede Herausforderung souverän meistert.

**In Sachen Schweißtechnologie geht EWM keine Kompromisse ein.**

**In allen ihren Hightech Komponenten vereinen EWM Schweißgeräte zukunftsorientierte Spitzentechnologie auf höchstem Qualitätsniveau.**

**EWM - Einfach mehr, wenn's ums Schweißen, den Service, die Zuverlässigkeit und den Kunden geht.**



Bei **EWM** gibt es von allem **EINFACH MEHR!**

**EWM** / HIGHTEC®  
WELDING  
E I N F A C H M E H R

ENTER THE FUTURE

# Inhalt

1	Vorwort .....	2
2	Das Verfahren .....	2
2.1	Allgemeines.....	2
2.2	Stromart.....	3
2.3	Elektroden .....	3
2.4	Schutzgase.....	4
3	Fugenvorbereitung .....	5
3.1	Fugenformen .....	5
3.2	Anbringen der Schweißfuge.....	5
3.3	Badsicherung .....	5
3.4	Formieren .....	6
4	Der Schweißbrenner.....	6
4.1	Kühlung .....	6
4.2	Aufbau des Brenners.....	7
4.3	Ausbildung des Elektrodenendes.....	7
5	Schweißgeräte.....	8
5.1	Steuerung.....	8
5.2	Stromquellen .....	9
6	Durchführen des Schweißens .....	11
6.1	Auswahl des Schweißzusatzes.....	11
6.2	Einstellen der Schutzgasmenge.....	12
6.3	Reinigung der Werkstückoberfläche .....	12
6.4	Zünden des Lichtbogens.....	13
6.5	Führen des Brenners.....	13
6.6	Magnetische Blaswirkung .....	14
6.7	Schweißpositionen .....	14
6.8	Schweißparameter .....	15
6.9	Schweißen mit Stromimpulsen.....	15
6.10	Möglichkeiten des Mechanisierens .....	17
6.11	Arbeitssicherheit.....	17
7	Besonderheiten verschiedener Werkstoffe .....	18
7.1	Un- und niedriglegierte Stähle.....	18
7.2	Austenitsche CrNi-Stähle .....	19
7.3	Aluminium und Aluminiumlegierungen.....	19
7.4	Kupfer und Kupferlegierungen .....	21
7.5	Sonstige Werkstoffe .....	21
8	Anwendung des WIG-Schweißens.....	22
8.1	Fertigungszweige .....	22
8.2	Anwendungsbeispiele .....	22
9	Schrifttum.....	24
10	Impressum .....	24



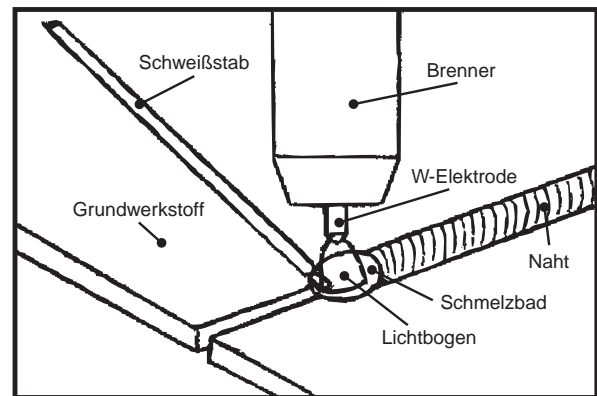
## 1 Vorwort

Das WIG-Schweißverfahren (Bild 1)– die volle Bezeichnung für dieses Verfahren lautet nach DIN 1910 – Teil 4 Wolfram-Inertgasschweißen – stammt aus den USA und wurde dort 1936 unter dem Namen Argonarc-Schweißen bekannt. Erst nach dem 2. Weltkrieg wurde es in Deutschland eingeführt. In den englisch sprechenden Ländern heißt das Verfahren TIG nach englisch "Tungsten" für Wolfram. Das Verfahren zeichnet sich gegenüber anderen Schmelzschweißverfahren durch eine Reihe von interessanten Vorteilen aus. Es ist z.B. universell anwendbar. Wenn ein metallischer Werkstoff überhaupt schmelzschweißgeeignet ist, dann läßt er sich mit diesem Verfahren fügen. Zum anderen ist es ein sehr "sauberes" Verfahren, das kaum Spritzer und nur wenig Schadstoffe erzeugt und bei richtiger Anwendung eine qualitativ hochwertige Schweißverbindung garantiert.

Ein besonderer Vorteil des WIG-Schweißens ist auch, daß hier gegenüber anderen Verfahren, die mit abschmelzender Elektrode arbeiten, die Zugabe von Schweißzusatz und die Stromstärke entkoppelt sind. Der Schweißer kann deshalb seinen Strom optimal auf die Schweißaufgabe abstimmen und nur soviel Schweißzusatz zugeben, wie gerade erforderlich ist. Dies macht das Verfahren besonders geeignet zum Schweißen von Wurzellagen und zum Schweißen in



**Bild 1** TRITON 260 DC, WIG-Verschweißen von Kühlschlangen



**Bild 2** Prinzip des WIG-Schweißens

Zwangslagen. Die genannten Vorteile haben dazu geführt, daß das WIG-Verfahren heute in vielen Bereichen der Industrie und des Handwerks mit Erfolg eingesetzt wird. Es erfordert allerdings bei der manuellen Anwendung ein geschicktes "Händchen" des Schweißers und eine gute Ausbildung. Diese Broschüre will über die Besonderheiten des Verfahrens aufklären und vielleicht auch Interesse wecken bei den Firmen, die es trotz Vorliegens entsprechender Schweißaufgaben noch nicht anwenden.

## 2 Das Verfahren

### 2.1 Allgemeines

Das WIG-Schweißen gehört zu den gasgeschützten Schweißverfahren mit nicht verbrauchender Elektrode (Prozess-Nr. 14). ISO 857-1 erklärt das Verfahren aus dem englischen übersetzt wie folgt:

„Gasgeschütztes Lichtbogenschweißverfahren unter Benutzung einer nicht verbrauchenden Elektrode aus reinem oder dotiertem Wolfram, bei dem der Lichtbogen und das Schweißbad durch eine Gasumhüllung aus inertem Gas geschützt werden“

Beim Wolfram-Inertgasschweißen (Prozess-Nr. 141) brennt der Lichtbogen frei, beim Plasma-Lichtbogenschweißen (Prozess-Nr. 15), das auch zu den Verfahren des gasgeschützten Schweißens mit nicht verbrauchender Elektrode zählt, ist er eingeschnürt. Bild 2 zeigt das Schema des Verfahrens.

Elektrorendurchmesser [mm]	Gleichstrom [A]				Wechselstrom [A]	
	Minuspol an der Elektrode		Pluspol an der Elektrode		Wolfram rein	Wolfram mit Oxid
	Wolfram rein	Wolfram mit Oxid	Wolfram rein	Wolfram mit Oxid		
1,6	40-130	60-150	10-20	10-20	45-90	60-125
2,0	75-180	100-200	15-25	15-25	65-125	85-160
2,5	130-230	170-250	17-30	17-30	80-140	120-210
3,2	160-310	225-330	20-35	20-35	150-190	150-250
4,0	275-450	350-480	35-50	35-50	180-260	240-350
5,0	400-625	500-675	50-70	50-70	240-350	330-460

**Tabelle 1: Empfohlene Stromstärkenbereiche für Wolframelektroden Werte nach DIN EN 26848**

Von der Art der Elektrode (Wolfram) und dem verwendeten Schutzgas (inert) hat das Verfahren seinen Namen. Die Elektrode schmilzt wegen des hohen Schmelzpunktes von Wolfram (3380°C) bei richtiger Anwendung des Verfahrens nicht ab. Sie ist nur Lichtbogenträger. Der Schweißzusatz wird von Hand in Stabform oder beim vollmechanischen Schweißen als Draht durch ein separates Vorschubwerk zugegeben. Das Schutzgas umströmt, aus der Schutzgasdüse kommend, konzentrisch die Elektrode und schützt diese, sowie das darunterliegende Schweißgut vor der Atmosphäre.

## 2.2 Stromart

In der Regel wird Gleichstrom zum WIG-Schweißen verwendet. Beim Schweißen von Stahl und vielen anderen Metallen und Legierungen liegt der kältere Minuspol an der Elektrode und der heißere Pluspol am Werkstück. Die Strombelastbarkeit und die Standzeit der Elektrode sind bei dieser Polung wesentlich größer als bei der Pluspolschweißung. Bei Aluminium und seinen Legierungen, sowie bei einigen Bronzen, das sind Werkstoffe, die hochschmelzende oder sehr zähflüssige Oxide bilden, wird dagegen Wechselstrom verwendet. Hierauf wird später noch näher eingegangen. Auch beim Schweißen an Wechselstrom liegt die Strombelastbarkeit gegenüber der

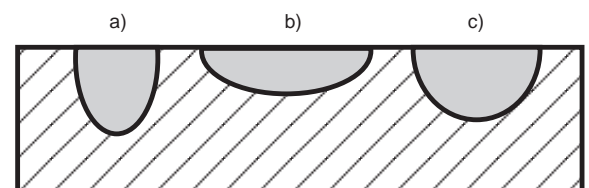
Gleichstrom-Schweißung am Minuspol niedriger – siehe dazu auch Tabelle 1.

Ebenso gibt es Unterschiede im Einbrandverhalten. Dies ist beim Gleichstromschweißen am Minuspol am besten. Beim Schweißen an Wechselstrom ist der Einbrand schon wegen der stumpferen Elektrodenform flacher und breiter und am Pluspol wegen der niedrigen Strombelastbarkeit am geringsten, Bild 3.

## 2.3 Elektroden

Wolframelektroden können wegen des hohen Schmelzpunktes des Metalls nicht durch Gießen hergestellt werden. Ihre Herstellung erfolgt deshalb pulvermetallurgisch durch Sintern mit nachfolgendem Verdichten und Verfestigen. Die genormten Durchmesser liegen nach DIN EN 26848 (ISO 6848) zwischen 0,5 und 10 mm. Die am meisten verwendeten Durchmesser sind 1,6; 2,0; 2,5; 3,2 und 4,0 mm. Genormte Längen sind 50, 75, 150 und 175 mm. Die Länge richtet sich u.a. nach der Bauart des Brenners.

Neben Elektroden aus Reinwolfram gibt es auch solche, denen vor dem Sintern in Gehalten von etwa 0,5 bis 4% Oxide wie Thoriumoxid, Zirkonoxid, Lanthanoxid oder Ceroxid zugemischt wurden. Bei Verwendung von reinen Wolframelektroden bildet sich ein sehr ruhiger Lichtbogen aus, jedoch haben die oxidhaltigen Elektroden den Vorteil, daß sie sich im Betrieb weniger erwärmen, weil das Austreten der Elektroden aus dem in den Elektroden eingeschlossenen Oxid leichter erfolgt als aus dem Wolfram. Die Zündfreudigkeit, die Strombelastbarkeit und die Standzeit sind deshalb bei oxidhaltigen Sorten besser. Tabelle 1 mit



**Bild 3: Einbrand bei verschiedenen Stromarten**  
a) Gleichstrom (Minuspole)  
b) Gleichstrom (Pluspol)  
c) Wechselstrom

Kurzzei- chen	Zusammensetzung				Kenn- farbe
	Oxidzusatz		Verunrei- nungen	Wolf- ram	
	% (m/m)	Art			
WP	-	-	≤ 0,20	99,8	grün
WT 4	0,35 bis 0,55	ThO <sub>2</sub>		Rest	blau
WT 10	0,80 bis 1,20				gelb
WT 20	1,70 bis 2,20				rot
WT 30	2,80 bis 3,20				violett
WT 40	3,80 bis 4,20				orange
WZ 3	0,15 bis 0,50	ZrO <sub>2</sub>			braun
WZ 8	0,70 bis 0,90				weiß
WL 10	0,90 bis 1,20	LaO <sub>2</sub>			schwarz
WC 20	1,80 bis 2,20	CeO <sub>2</sub>			grau

**Tabelle 2 Wolframelektroden nach DIN EN 26848**

Werten aus DIN EN 26848 enthält zum Vergleich die empfohlenen Stromstärkenbereiche von reinen Wolframelektroden und solchen mit Oxidzusätzen an beiden Polen des Gleichstromes und an Wechselstrom. Die höhere Strombelastbarkeit durch Oxidzusätze wird daraus deutlich.

Früher wurden meist Wolframelektroden mit etwa 2% Thoriumoxid verwendet. Deren Verwendung ist aber rückläufig. Thorium ist ein Alpha-Strahler, deshalb senden auch thoriumoxidhaltige Elektroden eine schwache radioaktive Strahlung aus. Diese ist an sich nicht gefährlich für den Schweißer, obwohl sie die allgemeine Strahlenbelastung erhöht. Gefährlicher ist es dagegen, wenn der Schleifstaub, der beim Anschleifen der Elektrode entsteht eingeatmet wird. Heute werden deshalb vielfach Wolframelektroden verwendet, die als "lichtbogenfreundliche" Stoffe Lanthanoxid oder Ceroxid enthalten.

Welche Elektrode man vor sich hat, erkennt man an der Kurzbezeichnung und der Kennfarbe, die nach Norm festgelegt ist, Tabelle 2.

## 2.4 Schutzgase

Wie aus dem Namen des Verfahrens schon abgeleitet werden kann, werden in der Regel inerte Gase zum WIG-Schweißen eingesetzt. Schutzgase sind in DIN EN 439 genormt. Diese tragen

nach Norm die Bezeichnungen I1, I2 und I3. Das am häufigsten beim WIG-Schweißen verwendete Schutzgas ist Argon (I1). Der Reinheitsgrad sollte mindestens 99,95% betragen. Bei Metallen, die eine sehr gute Wärmeleitfähigkeit haben, wie Aluminium oder Kupfer, kommt aber auch Helium (I2) zum Einsatz. Unter Helium als Schutzgas ist der Lichtbogen heißer. Vor allem aber ist die Wärmeverteilung zwischen dem Kern und dem Rand des Lichtbogens gleichmäßiger. Der Einsatz von reinem Helium beim WIG-Schweißen ist selten und auf Sonderfälle beschränkt, dagegen kommen Argon/Helium-Gemische (I3) mit 25, 50 oder 75% Helium seit einigen Jahren vermehrt zur Verwendung. Damit kann z.B. bei dickeren Aluminiumstrukturen die zur Erreichung eines ausreichenden Einbrandes erforderliche Vorwärmtemperatur verringert werden. Vielfach ist auch eine Erhöhung der Schweißgeschwindigkeit möglich.

Beim WIG-Schweißen von nichtrostenden Chrom-Nickel-Stählen werden zu diesem Zweck auch Argon / Wasserstoffgemische (R1) eingesetzt, jedoch sollte der Wasserstoffgehalt aus Gründen der Porenvermeidung nicht wesentlich über 5% liegen.



**Bild 4 WIG-Schweißen an einem Geländer**



Die Schutzgasdurchflußmenge richtet sich nach dem Gasdüsendurchmesser und der umgebenden Luftströmung. Als Richtwert kann bei Argon von einem Volumenstrom von 5-10 l / min ausgegangen werden. In zugigen Räumen Bild 4 sind u. U. größere Durchflußmengen erforderlich. Bei Argon / Helium-Gemischen müssen wegen der geringeren Dichte von Helium höhere Durchflußmengen eingestellt werden.

### 3 Fugenvorbereitung

#### 3.1 Fugenformen

Die wichtigsten beim WIG-Schweißen eingesetzten Fugenformen zeigt Bild 5.

Dünne Bleche können einseitig oder beidseitig als I-Stoß verbunden werden. Wird die Blechdicke so groß, daß ein Durchschweißen auch von beiden Seiten nicht mehr möglich ist, müssen die Fugenflanken angeschrägt werden. Der Öffnungswinkel der entstehenden V-Fuge ist meist 60°, bei Aluminium auch 70°. Zur Verhinderung des Durchschmelzens werden die Spitzen der Bleche im Wurzelbereich oft auch leicht gebrochen. Bei einem ausgeprägten Steg spricht man aber nicht mehr von einer V- sondern von einer Y-Fuge. Bei Stahl kann man Werkstückdicken bis zu etwa 6 mm in einer Lage schweißen. Darüber hinaus ist eine Mehrlagenschweißung erforderlich.

Bei dünnen Blechen kommen auch Überlapp-Fugen vor. Ganz besonders eignet sich zum WIG-Schweißen die Bördel-

delfuge. Die hochgebördelten Blechränder können unter dem Lichtbogen ohne Zugabe von Schweißzusatz aufgeschmolzen und damit verbunden werden. Bei Eckstößen können auch ein oder beide Partner angephast werden.

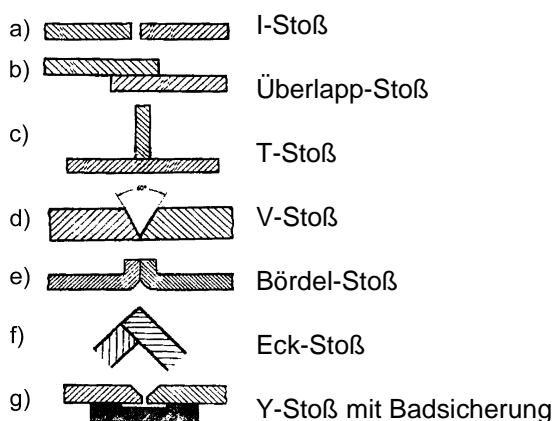
#### 3.2 Anbringen der Schweißfuge

Das Vorbereiten der Fugenflanken erfolgt bei un- und niedriglegierten Stählen meist durch autogenes Brennschneiden. Bei hochlegierten Stählen, Aluminium und Metallegierungen kann das Schmelzschnitten nach dem Plasma-, Laser- oder Elektronenstrahlprinzip angewandt werden. Dünne Bleche werden oft durch mechanisches Schneiden (Scheren) zugeschnitten, während bei dickeren Werkstoffen die Fugen auch durch mechanische Bearbeitung (Drehen, Hobeln) angebracht werden.

#### 3.3 Badsicherung

Während beim manuellen Schweißen der Schweißer den Schweißverlauf beobachtet und durch Einstellung der richtigen Stromstärke, die Stellung des Lichtbogens in der Fuge, die Schweißgeschwindigkeit und die Menge des zugegebenen Schweißzusatzes auch bei ungleichem Wurzelspalt eine gleichmäßige Wurzelraupe erreichen kann, muß beim vollmechanisierten Schweißen vom eingestellten Wurzelspalt über die richtig eingestellten Schweißparameter und die kontinuierlich zugegebene Menge des Zusatzdrahtes alles stimmen.

Zur Erleichterung des Wurzelschweißens werden deshalb beim maschinellen Schweißen oft Badsicherungen verwendet, siehe Bild 5. Diese Badsicherungen bestehen bei den meisten Metallen und Legierungen aus Kupfer, bei Aluminium, das einen niedrigen Schmelzpunkt hat, auch aus nichtrostendem Stahl. Auch Keramikunterlagen kommen beim Schweißen als Badsicherung zum Einsatz. Die Unterlage soll das spontane Durchfallen des Schweißgutes z.B. an Stellen, wo der Spalt etwas breiter ist, verhindern sodaß das schmelzflüssige Metall aufgefangen wird und eine Wurzelraupe entstehen



**Bild 5** Die wichtigsten Fugenformen beim WIG-Schweißen



**Bild 6** WIG-Schweißarbeiten in der Chemie-Industrie

kann. Die Badsicherung formt auch die Unterseite der Wurzellage. Zu diesem Zweck ist sie deshalb meist mit einer Nut versehen.

### 3.4 Formieren

Hierunter versteht man die zusätzliche Zugabe von Schutzgas an die Wurzelrückseite, wo der zu schweißende Werkstoff auch im flüssigen Zustand vorliegt, aber nicht vom Schutzgas, das auf der Oberseite zugeführt wird, erreicht wird. Besonders beim WIG-Schweißen mit seiner relativ geringen Schweißgeschwindigkeit nimmt die Wurzelrückseite durch Oxidation oft ein "verbranntes" Aussehen an. Dies soll durch das Formiergas verhindert werden. Das kalte Schutzgas hilft auch bei der Formung der Wurzelrückseite mit. Daher kommt der Name "Formiergas".

Durch das Formieren wird auch die Bildung von Oxidhäuten und Anlauffarben auf der Wurzelrückseite verhindert oder zumindest vermindert. Dies ist z.B. beim Schweißen von korrosionsbeständigen Stählen wichtig, weil solche Oxidhäute

die Korrosionsbeständigkeit der Schweißverbindung herabsetzen, Bild 6.

Beim Schweißen von Rohren können die Enden einfach versperrt und das Formiergas in das Innere eingeleitet werden. Beim Schweißen von Blechen läßt man es aus Öffnungen der Badsicherungsschiene ausströmen. Als Formiergas kann Argon oder ein Argon / Wasserstoffgemisch verwendet werden. In DIN EN 439 sind in der Gruppe F aber auch preiswerte Formiergase genormt. Diese bestehen z.B. aus einem Wasserstoff / Stickstoffgemisch. Auch reiner Stickstoff kann unter bestimmten Umständen zum Formieren verwendet werden.

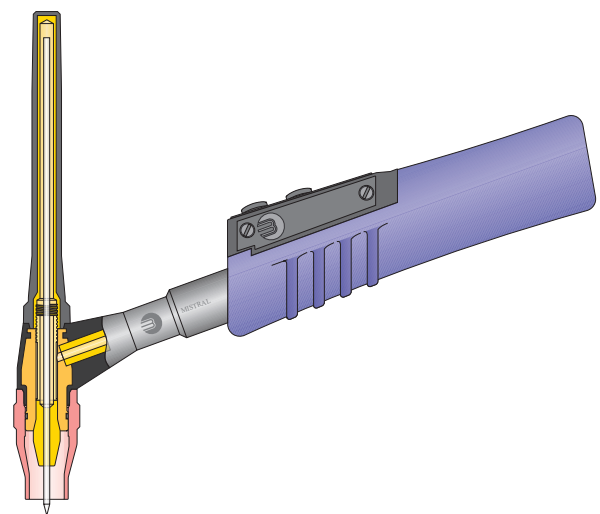
## 4 Der Schweißbrenner

Der Schweißbrenner ist das Werkzeug des WIG-Schweißers. Seine Funktionen beeinflussen in besonderem Maße die entstehende Schweißnaht. Bild 7 zeigt einen gasgekühlten WIG-Schweißbrenner.

Der Brenner ist über das Schlauchpaket mit dem Schweißgerät verbunden. Durch das Schlauchpaket verläuft die Schweißstromleitung und die Schutzgaszuführung, sowie die Steuerleitung, die es gestattet auf Knopfdruck vom Brennerschalter aus verschiedene Funktionen ein- und auszuschalten.

### 4.1 Kühlung

Bei Brennern, die nur für Stromstärken



**Bild 7** Gasgekühlter WIG-Schweißbrenner



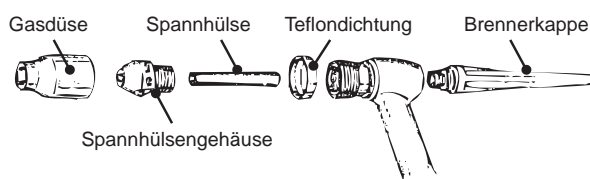
bis ca. 150 Ampere vorgesehen sind, genügt die Kühlung durch das durchfließende Schutzgas und die umgebende Luft. Brenner für höhere Leistungen werden wassergekühlt. In diesem Fall verlaufen auch die Leitungen für die Wasserzu- und rückführung noch durch das Schlauchpaket, wobei die Schweißstromleitung durch das zurückfließende Wasser gekühlt wird. Sie kommt dadurch mit einem geringeren Querschnitt aus und das Schlauchpaket bleibt flexibel. Zu diesem Zweck gibt es im Schlauchpaket ein kombiniertes Strom / Wasserkabel. Ein Druckwächter, der meist im Schweißgerät sitzt, sorgt dafür, daß bei unzureichender oder fehlender Kühlwasserzufuhr der Schweißstrom abgeschaltet wird.

Da Wasser ein relativ teures Betriebsmittel ist, werden zur Kühlung meist Wasserrückkühlgeräte mit einem geschlossenen Kühlkreislauf eingesetzt.

## 4.2 Aufbau des Brenners

Die Wolframelektrode sitzt in einer Spannhülse und wird durch Anziehen der Brennerkappe festgespannt. Die Länge der Brennerkappe wird nach dem Einsatzzweck ausgewählt. Sie kann z.B. beim Schweißen in engen Räumen wesentlich kürzer sein als in Bild 8 dargestellt.

Eine wichtige Funktion hat der Brennerschalter. Dieser kann in Form von einem oder von zwei Tastern vorliegen oder als Wippe ausgebildet sein, die sich nach vorn und nach hinten betätigen läßt. Durch Betätigung der Taster kann der Schweißstrom ein und ausgeschaltet, aber auch der Strom während des Schweißens verstellt werden. Dabei läßt sich auch die Geschwindigkeit der Stromänderung einstellen.



**Bild 8** Explosionsschaubild des WIG-Schweißbrenners

Der Durchmesser der Wolframelektrode richtet sich nach der anzuwendenden Stromstärke, der Stromart (Gleichstrom/Wechselstrom) und der Polung. Bei der Auswahl des Durchmessers können die in Tabelle 1 angegebenen Stromstärkenbereiche hilfreich sein.

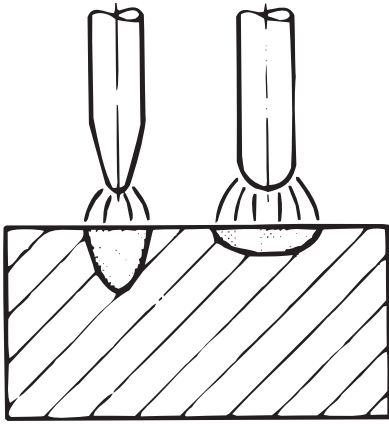
Am unteren Ende des Schweißbrenners befindet sich die Gasdüse. Diese kann aus Metall oder Keramik bestehen. Der Durchmesser der Gasdüse muß auf die Schweißaufgabe abgestimmt werden. Wenn ein größeres Schmelzbad geschützt werden soll, dann muß auch die Gasdüse größer sein. Eine Relation ist deshalb zur Stromstärke oder zum Elektrodendurchmesser gegeben. Die Wolframelektrode ragt je nach Durchmesser z.B. 2 mm bei dünnen Elektroden oder bis 3mm bei dickeren Elektroden über die Gasdüse hinaus.

## 4.3 Ausbildung des Elektrodenendes

Beim Schweißen an Gleichstrom (Minuspol) wird die Wolframelektrode gewöhnlich kegelförmig angespitzt. Dies geschieht in der Regel durch Schleifen. Das Schleifen sollte so erfolgen, daß auf der angeschliffenen Spitze nur Schleifriefen in Längsrichtung zurückbleiben. Der Lichtbogenansatz ist dann ruhiger als wenn Querriefen vorliegen. Der Anspitzwinkel ergibt sich aus dem Verhältnis des Elektrodendurchmesser zur Länge der Spitze. Dieses Verhältnis sollte etwa 1:2,5 sein.

Bei richtig eingestellter Stromstärke schmilzt nur ein kleiner Teil der Elektrodenspitze auf und bildet dort eine kleine Kugel. Daran brennt der Lichtbogen besonders ruhig. Es empfiehlt sich deshalb, diese Kugel schon vor Beginn des Schweißens durch kurzzeitige Überlastung anzuschmelzen. Bei modernen Geräten kann eine solche Funktion in der Steuerung abgerufen werden.

Beim Schweißen an Wechselstrom ist die thermische Belastung der Wolframelektrode wesentlich größer als beim Schweißen an Gleichstrom (Minuspol). Die Elektrode wird deshalb bei dieser Stromart gar nicht angespitzt oder die



**Bild 9 Einbrand bei unterschiedlicher Form des Elektrodenendes**

Spitze wird in Form eines Kegelstumpfes ausgebildet, mit einem Verhältnis beider Durchmesser zueinander von 2:1.

Beim Schweißen mit Gleichstrom (Plus-pol), was relativ selten vorkommt, erfolgt gar kein Anschleifen der Elektrode.

Es muß beachtet werden daß die Form der Elektroden Spitze auch das Einbrandverhalten wesentlich beeinflusst. Bei spitzer Elektrode ergibt sich ein schmaler, tiefer Einbrand, bei stumpfer Elektrode ist der Einbrand unter sonst gleichen Bedingungen breiter und flacher, Bild 9.

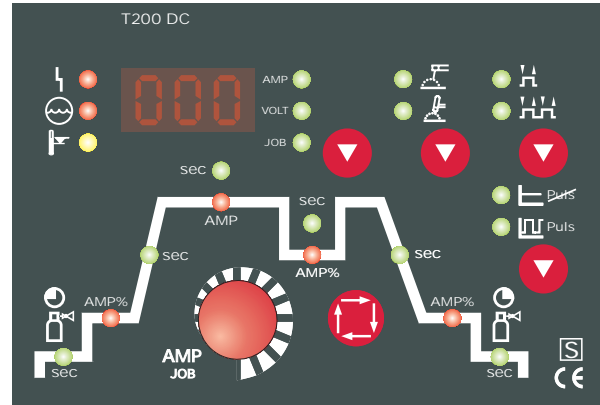
## 5 Schweißgeräte

WIG-Schweißgeräte bestehen aus der Stromquelle und der Steuerung.

### 5.1 Steuerung

Die Steuerung hat die Aufgabe den Schweißstrom zu schalten, zu stellen und konstant zu halten. Sie bietet darüber hinaus Zusatzfunktionen an, die das Schweißen erst ermöglichen oder erleichtern, Bild 10.

Beim Ausschalten am Ende einer Schweißnaht kann bei modernen Geräten der Strom zur Kraterfüllung zeitabhängig abgesenkt werden (Down-Slope). Ebenso kann der Strom zu Beginn des Schweißens rampenförmig hochgefahren werden (Up-Slope). Diese Funktionen können im 2- oder im 4-Takt-Betrieb vom Brennerschalter aus eingeleitet werden. Auf diese Weise ergibt sich ein Schweißprogramm wie es schematisch in Bild 11 dargestellt ist.

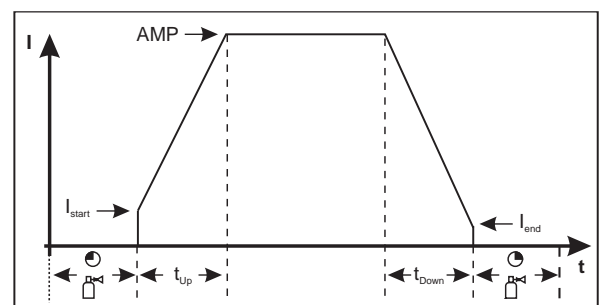


**Bild 10 Steuerung der EWM WIG-Inverter-Stromquelle TRITON 220 DC PowerSinus**

Bei High-Tech-Geräten bleiben die eingestellten Anstiegs- und Absenkzeiten sogar konstant, unabhängig von der Höhe der eingestellten Stromstärke. Ferner kann auch die Vor- und Nachströmzeit für das Schutzgas eingestellt werden.

In die Steuerung integriert ist auch das Zündgerät. Natürlich kann der WIG-Lichtbogen auch durch Berührung zwischen Elektrode und Werkstück gezündet werden, jedoch besteht dabei die Gefahr, daß die Spitze der Elektrode beschädigt wird und der Lichtbogen danach unruhig brennt. Außerdem kann Wolfram in das Schweißgut übertragen werden, wo es wegen des hohen Schmelzpunktes nicht aufschmilzt, sondern als Fremdkörper verbleibt. Deshalb sollte bei einfachen Geräten, die nicht über Einrichtungen zum berührungslosen Zünden verfügen, immer außerhalb der Fuge auf einem Anlaufblech gezündet werden oder auf einem daneben liegenden Kupferblech.

Das elektrodenschonende Zünden ist auf verschiedene Weise möglich. Bei der

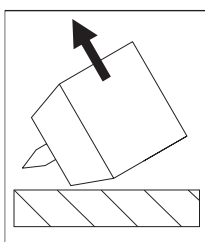


**Bild 11 Funktionsablauf zu Beginn und Ende des Schweißens**

Hochspannungsimpulszündung, manchmal auch Hochfrequenzzündung genannt, wird eine impulsförmige Wechselspannung von einigen tausend Volt (z.B. 6-8 kV) zwischen Elektrode und Werkstück angelegt. Die sehr kurzen Spannungsimpulse (z.B. 0,5-1µs) gehen nach Betätigung des Brennerschalters in Form einer Funkenstrecke von der Elektrode zum Werkstück über, und zwar beim Gleichstromschweißen meist mit einer Frequenz von 100 Hz, beim Wechselstrom mit der natürlichen 50 Hz-Frequenz oder bei modernen Geräten mit der eingestellten Frequenz des Schweißstromes. Die Funkenstrecke kann man hören und sehen. Sie ionisiert die Gasmoleküle im Raum zwischen Elektrode und Werkstück vor, sodaß der Lichtbogen berührungslos zünden kann, wenn die Elektrodenspitze bis auf einige Millimeter der Zündstelle genähert wird. Eine Faustregel sagt, daß die Zündung über eine Strecke von 1 mm / 1000 Volt Zündspannung möglich ist. Um dabei ein unbeabsichtigtes Berühren zwischen Elektrode und Werkstück auszuschließen, setzt man am besten, wie in Bild 12 gezeigt, den Brenner schräg am Gasdüsenrand auf und nähert die Elektrodenspitze durch Aufrichten des Brenners so weit an, bis der Lichtbogen zündet.

Erst danach wird die Gasdüse vom Werkstück abgehoben und die normale Brennerstellung eingenommen. Beim Schweißen mit sinusförmigem Wechselstrom muß die Zündhilfe sogar durchlaufen, um den Lichtbogen nach dem Nulldurchgang von Strom und Spannung wieder sicher zu zünden.

Eine andere Möglichkeit ist die sogenannte "Lift-Arc"-Zündung. Dies ist eine



**Bild 12** Zünden mit Hochspannungsimpulsen

Berührungszündung, bei der die Elektrode nicht geschädigt wird, weil bei der Berührung nur ein sehr kleiner Strom fließt. Erst wenn nach Anheben der Elektrode ein schwacher Lichtbogen brennt, wird von der Steuerung der eingestellte Schweißstrom zugeschaltet.

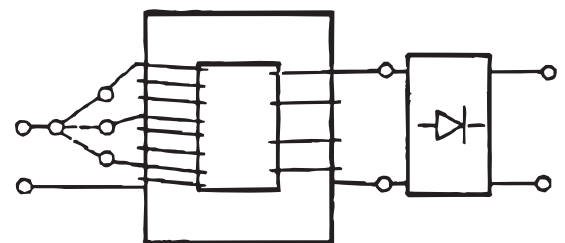
Weitere Funktionen der Steuerung sind das Umschalten von Normalbetrieb auf Impulsbetrieb und gegebenenfalls auch das Umschalten auf andere Schweißverfahren, wobei u.U. auch die Kennliniencharakteristik verändert werden muß.

## 5.2 Stromquellen

Die Stromquelle hat die Aufgabe den vom Netz kommenden Wechselstrom mit hoher Spannung und niedriger Stromstärke in Schweißstrom mit hoher Stromstärke und niedriger Spannung umzuwandeln und wenn erforderlich, diesen auch gleichzurichten. Für das WIG-Schweißen kommt sowohl Wechselstrom, wie auch Gleichstrom zur Anwendung.

Der Schweißtransformator ist die einfachste und preisgünstigste Schweißstromquelle. Er besteht aus der Primärspule mit vielen dünnen Windungen und der Sekundärspule mit wenigen dicken Windungen. Der Netzstrom wird im Verhältnis der Windungszahlen dieser Spulen herauf-, die Netzspannung entsprechend heruntertransformiert. Der Schweißtransformator hat gewöhnlich eine fallende statische Kennlinie. Das Einstellen verschiedener Stromstärken ist möglich durch Streukernverstellung, Transduktor oder primärseitige Windungsanzapfung.

Der Schweißgleichrichter besteht aus einem Transformator mit nachgeschaltetem Gleichrichtersatz, Bild 13.



**Bild 13** Prinzipschaubild des Schweißgleichrichters





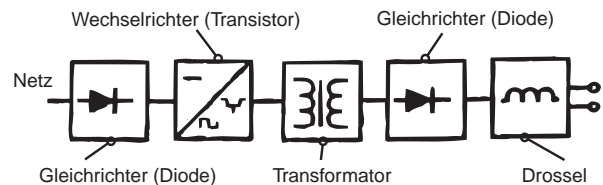
**Bild 14 TRITON 220 DC, WIG-Inverter-Schweißgerät**

Als Gleichrichter werden heute Siliziumdioden oder Thyristoren verwendet. In ihnen wird der vorher im Transformator auf die benötigte Stromstärke und Spannung transformierte Wechselstrom in Gleichstrom umgewandelt. Einfache Schweißgleichrichter sind einphasig angeschlossen (Zweipulsschaltung). Sie ergeben einen Schweißstrom mit ziemlicher Welligkeit. Eine bessere Glättung des Stromes wird erreicht wenn alle 3 Phasen des Wechselstromes transformiert und gleichgerichtet werden (Sechspuls-Brückenschaltung). Einfache Gleichrichter werden auch als sogenannte Kombigeräte angeboten, die umschaltbar Gleich- oder Wechselstrom liefern. Schweißgleichrichter zum WIG-Schweißen haben eine fallende statische Kennlinie. Sie können eingestellt werden durch Streukernverstellung, Transduktor und primärseitige Windungsanzapfung im Wechselstromkreis oder durch Phasenanschnittsteuerung der Thyristoren.

Neuzeitliche WIG-Anlagen (Bild 14) sind mit Invertern als Stromquelle ausgestattet.

Der Inverter ist eine elektronische Stromquelle, die nach einem völlig anderen Wirkprinzip arbeitet als die konventionellen Stromquellen (Bild 15).

Der aus dem Netz kommende Strom wird zunächst gleichgerichtet und danach, damit er transformierbar wird, durch Ein- und Ausschalten in kurze Abschnitte zerteilt. Diesen Vorgang nennt man Takten. Er wird ermöglicht durch schnell reagierende elektronische Schalter, die



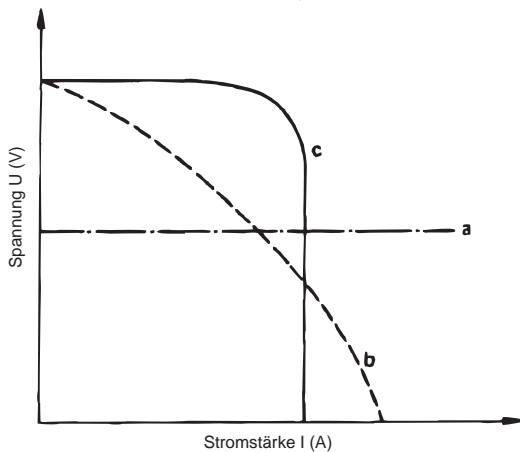
**Bild 15 Blockschaubild eines Inverters der 3. Generation, Taktfrequenz bis zu 100 kHz**

Transistoren. Die ersten transistorisierten Inverter arbeiteten mit einer Taktfrequenz von etwa 25 kHz. Heute sind mit weiterentwickelten Transistoren Taktfrequenzen von 100 kHz und mehr möglich.

Nach dem "Zerhacken" (Takten) des Stromes wird der Strom auf die erforderliche hohe Stromstärke und niedrige Spannung transformiert. Hinter dem Trafo entsteht dann ein rechteckförmiger Wechselstrom, der anschließend noch einmal gleichgerichtet wird. Die hohe Taktfrequenz hat den Vorteil, daß die erforderliche Masse des Trafos sehr klein gehalten werden kann. Sie ist nämlich von der Frequenz des zu transformierenden Stromes abhängig. Dadurch ist es möglich Leichtgewichtsstromquellen herzustellen. Eine neuzeitliche Anlage für das WIG-Schweißen mit einer Leistung von 260 A / 20,4 V wiegt deshalb nur noch 24,5 kg –Bild 16.



**Bild 16 TRITON 260 DC, WIG-Inverter-Schweißgerät**



**Bild 17**    **Statische Kennlinien von Schweißstromquellen**

Soviel über das Leistungsteil elektronischer Stromquellen.

Bei den elektronischen Stromquellen wird vieles, was bei konventionellen Stromquellen mit Komponenten wie Widerständen, Drosseln und Kondensatoren erreicht wird, durch die Steuerung elektronisch gelöst. Die Steuerung dieser Stromquellen ist deshalb ebenso wichtig wie das Leistungsteil. Das Stellen des Stromes geschieht z.B. bei getakteten Quellen durch Verändern des Verhältnisses zwischen den Stromein-/Stromauszeiten. Auch die Veränderung der Taktfrequenz kann zum Verstellen der Stromhöhe benutzt werden. Um impulsförmigen Strom zu erzeugen, wird das Verhältnis der Ein-/Auszeiten durch die Steuerung zyklisch verändert. Auf ähnliche Weise kommt das Slope-up/Slope-down zustande.

Durch die neue Technik wurde aber auch die geregelte Stromquelle möglich, welche die Schweißtechnik schon lange gefordert hatte. Ein Kontrollgerät mißt Schweißstrom und Schweißspannung und vergleicht mit den eingestellten Werten. Ändern sich die eingestellten Schweißparameter z.B. durch unerwünschte Widerstände im Schweißstromkreis, dann regelt die Steuerung entsprechend nach. Dies erfolgt sehr schnell, im  $\mu\text{s}$ -Bereich. Auf ähnliche Weise kann auch der Kurzschlußstrom begrenzt und der  $\cos \varphi$  verbessert werden. Ein verbesserter Wirkungsgrad und ge-

ringere Leerlaufverluste der Inverterstromquellen ergeben sich schon aus der geringeren Masse des Trafos.

Schweißstromquellen können eine waagerechte (Konstantspannungs-) Kennlinie, eine leicht fallende Kennlinie oder eine im Arbeitsbereich senkrecht abfallende (Konstantstrom-) Kennlinie besitzen –Bild 17.

Bei vielen neuzeitlichen Stromquellen kann auf einfache Weise die Charakteristik der Kennlinie verändert werden, wodurch sie für mehrere Prozesse verwendbar werden (Multiprozessanlagen). Inverterstromquellen zum WIG-Schweißen besitzen eine Konstantstromcharakteristik (Bild 17,c), d.h. im Arbeitsbereich fällt die statische Kennlinie senkrecht ab. Das bedeutet, daß bei Längenänderungen des Lichtbogens, was beim manuellen Schweißen nicht immer zu vermeiden ist, sich nur die Spannung verändert, die Stromstärke aber nicht. Dadurch ist immer ein ausreichender Einbrand und eine konstante Abschmelzleistung gewährleistet. Die gleiche Kennlinie kann auch zum Lichtbogenhandschweißen verwendet werden. Soll die Stromquelle aber zum MIG/MAG-Schweißen verwendet werden, dann wird beim Umschalten auf dieses Verfahren eine Konstantspannungskennlinie (Bild 17 ,a) eingestellt.

Viele Inverterstromquellen sind auch programmierbar, was für das mechanisierte Schweißen z.B. das WIG-Orbitalschweißen oder für den Einsatz mit Robotern gefordert wird.

## **6 Durchführen des Schweißens**

Der WIG-Schweißer braucht neben fachtheoretischen Kenntnissen auch gute praktische Fähigkeiten. Diese werden in Schweißkursen vermittelt, die z.B. der Deutsche Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e.V. in seinen Kursstätten und Lehranstalten anbietet.

### **6.1 Auswahl des Schweißzusatzes**

Der Schweißzusatz beim WIG-Schweißen liegt meist stabförmig vor,

beim vollmechanischen Einsatz des Verfahrens wird er drahtförmig durch ein separates Vorschubwerk zugeführt.

In der Regel werden die Schweißzusätze artgleich zum Grundwerkstoff ausgewählt. Manchmal ist es aber aus metallurgischen Gründen erforderlich, daß der Zusatz bei einigen Legierungselementen etwas vom Grundwerkstoff abweicht. Dies ist z.B. beim Kohlenstoffgehalt der Fall, der aus Gründen der Rißsicherheit, wenn eben möglich, sehr niedrig gehalten wird. In solchen Fällen spricht man von artähnlichen Schweißzusätzen. Es gibt aber auch Fälle, wo artfremde Zusätze erforderlich sind. Dies ist z.B. der Fall beim Fügen von schwerschweißbaren C-Stählen, wo austenitische Schweißzusätze oder sogar Nickelbasislegierungen verwendet werden.

Der Durchmesser des Schweißzusatzes muß auf die Schweißaufgabe abgestimmt sein. Er richtet sich nach der Materialdicke und damit auch nach dem Durchmesser der Wolframelektrode. Tabelle 3 enthält die der Blechdicke zugeordneten Elektroden-, Gasdüsen- und Schweißstabdurchmesser.

Die Schweißstäbe sind in der Regel 1000 mm lang. Sie werden in Bündeln geliefert und sollten einzeln mit der DIN- oder der Handelsbezeichnung gekennzeichnet sein, um Verwechslungen zu vermeiden.

Blechdicke [mm]	Wolfram- Elektroden- durchmesser [mm]	Gasdüsengröße Nr.	Zusatzstab- durchmesser [mm]
1	1,0	4	1,6
2	1,6	4 bis 6	2,0
3	1,6	6	2,5
4	2,5	6 bis 8	3,0
5	2,5 bis 3,0	6 bis 8	3,2
6	3,2	8	4,0
8	4,0	8 bis 10	4,0

**Tabelle 3** Wolfram-Elektroden-durchmesser, Gasdüsengröße und Zusatzstab-durchmesser bei verschiedenen Blechdicken

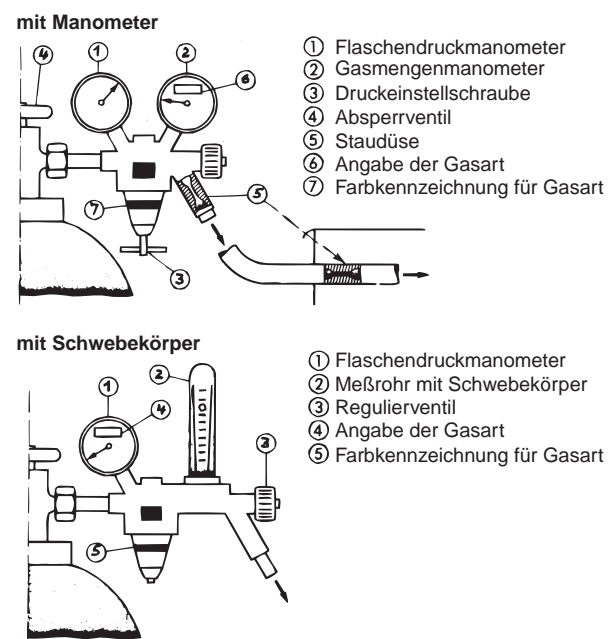
## 6.2 Einstellen der Schutzgasmenge

Die Schutzgasmenge wird als Volumenstrom in l/min eingestellt. Dieser richtet sich nach der Größe des Schmelzbades und damit nach dem Elektrodendurchmesser, dem Gasdüsendurchmesser, dem Düsenabstand zur Grundwerkstoffoberfläche, der umgebenden Luftströmung und der Art des Schutzgases – siehe auch Abschnitt Schutzgase. Eine Faustregel sagt, daß bei Argon als Schutzgas und den am meisten verwendeten Wolframelektrodendurchmessern von 1 bis 4 mm je Minute 5 bis 10 Liter Schutzgas zugegeben werden sollten.

Das Messen der Durchflußmenge kann indirekt mit Manometern erfolgen, die den der Durchflußmenge proportionalen Druck vor einer eingebauten Staudüse messen. Die Skala des Manometers ist dann direkt in l/min geeicht. Genauer sind Meßgeräte, die mittels Glasröhrchen und Schwebekörper direkt in dem zum Brenner fließenden Schutzgasstrom messen – Bild 18.

## 6.3 Reinigung der Werkstückoberfläche

Für ein gutes Schweißergebnis ist es wichtig, die Fugenflanken und die Oberfläche des Werkstückes im Schweißbereich vor dem Beginn des Schweißens



**Bild 18** Messen der Schutzgasmengen



gründlich zu säubern. Die Oberflächen sollten metallisch blank und frei von Fett, Schmutz, Rost und Farbe sein. Auch Zunderschichten sollten nach Möglichkeit entfernt werden. In vielen Fällen wird dazu ein Bürsten ausreichen. Wo dies nicht genügt, muß die Oberfläche durch Schleifen oder ein mechanisches Bearbeitungsverfahren behandelt werden. Bei korrosionsbeständigen Werkstoffen dürfen nur Bürsten aus nichtrostendem Stahl verwendet werden, weil sonst Fremdstoffe durch Eisenteilchen entstehen können, die in die Oberfläche eingetragen wurden. Bei Aluminium ist es aus Gründen der Porenentstehung besonders wichtig, daß keine dickeren Oxidhäute auf der Oberfläche verbleiben. Hierauf wird später noch näher eingegangen. Zum Säubern und Entfetten sind geeignete Lösungsmittel zu benutzen. Achtung: Bei Verwendung chlorhaltiger Lösungsmittel können giftige Dämpfe entstehen.

#### 6.4 Zünden des Lichtbogens

Der Lichtbogen sollte nie außerhalb der Fuge auf dem Grundwerkstoff gezündet werden, sondern stets so, daß die Zündstelle unmittelbar danach beim Schweißen wieder aufgeschmolzen wird. Zu Beginn des Schweißens kühlt der hocherhitzte Grundwerkstoff an der Zündstelle nämlich durch den Wärmeentzug der rückwärtigen kalten Massen sehr schnell ab. Die Folge dieser raschen Abkühlung können Aufhärtungen, eventuell schon mit Rissen verbunden, und Poren sein. Die schnelle Abkühlung läßt sich vermeiden wenn das Zünden direkt am Beginn der Schweißnaht erfolgt und eventuell entstandene Ungenzen sofort wieder aufgeschmolzen werden.

Die Kontaktzündung sollte die absolute Ausnahme sein, wenn das verwendete ältere Schweißgerät nicht über eine Zündhilfe (Hochspannungsimpulszündung) verfügt – siehe auch Abschnitt 5.1 Steuerung. In diesem Fall wird auf einem in die Fuge in der Nähe des Schweißnahtbeginns eingelegten Kupferplättchen gezündet. Von dort wird der Lichtbogen dann zum beabsichtigten Nahtanfang ge-

zogen und das Schweißen beginnt. Bei einer Berührungszündung direkt auf dem Grundwerkstoff kann Wolfram ins Schweißgut gelangen, das wegen des hohen Schmelzpunktes nicht aufgeschmolzen wird und später im Durchstrahlungsfilm wegen der größeren Absorption der Röntgenstrahlen durch Wolfram als helle Stelle zu erkennen ist.

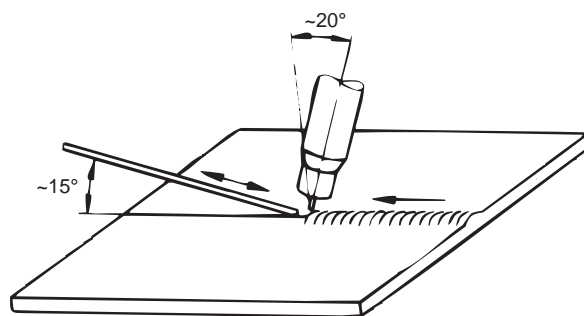
#### 6.5 Führen des Brenners

Beim WIG-Schweißen wird das Nach-Links-Schweißen eingesetzt, Bild 19. Diese Definition ist aber nur eindeutig, wenn der Schweißer den Brenner mit der rechten Hand und den Zusatzstab mit der linken Hand führt, wie dies bei Rechtshändern üblich ist und wenn man die Positionen aus Sicht des Schweißers sieht. Eindeutiger ist die Schweißrichtung definiert, wenn man sagt, der Schweißstab wird in Schweißrichtung vor dem Brenner geführt.

Dies gilt für alle Positionen allerdings nicht für die Fallnahtschweißung. Beim Auftragsschweißen wird wegen der höheren Abschmelzleistung manchmal auch nach rechts geschweißt.

Der Brenner wird in einem Winkel von etwa 20° zur Senkrechten in Schweißrichtung stechend angestellt, der Schweißstab wird dabei von vorn ziemlich flach unter einem Winkel von etwa 15° zur Werkstückoberfläche zugeführt.

Der Lichtbogen schmilzt zuerst ein Schmelzbad auf. Darin schmilzt der Schweißstab dann unter dem Lichtbogen ab, wobei der Schweißer durch Vor- und Zurückbewegungen des Stabes tupfende Bewegungen ausführt. Dabei darf der



**Bild 19** Positionierung des Brenners und des Zusatzstabes [1]

Stab beim Verbindungsschweißen nicht zu weit unter den Lichtbogen geschoben werden, weil sonst der Einbrand in den Grundwerkstoff vermindert wird. Beim Auftragsschweißen, wo man an einer geringeren Vermischung interessiert ist, macht man sich dies aber auch positiv zu nutze.

Beim Verbindungsschweißen sollte das Stabende am vorderen Rand des Schmelzbades abschmelzen. Dabei muß der Schweißer aber darauf achten, daß er das schmelzflüssige Ende bei den tupfenden Bewegungen nicht aus der Schutzgasglocke heraus bewegt. Eine Oxidation des Stabendes wäre die Folge, und Oxide könnten in das Schmelzbad gelangen.

In der Regel wird ohne oder mit nur geringer Pendelbewegung geschweißt. Hierbei wird die Schutzgasglocke am wenigsten gestört. In der Position PF (senkrecht steigend) muß dagegen eine geringe Pendelbewegung von Brenner und Schweißstab ausgeführt werden. Das Gleiche gilt für Zwischenlagen in einer Breite, die nicht mehr mit einer Strichraupe gefüllt werden können, die aber für zwei Strichraupen zu schmal sind.

## 6.6 Magnetische Blaswirkung

Unter Blaswirkung versteht man eine Erscheinung, bei welcher der Lichtbogen durch Ablenkung aus seiner Mittelachse verlängert wird und dabei ein zischendes Geräusch von sich gibt. Durch diese Ablenkung können Ungängen entstehen. So kann der Einbrand unzulänglich werden und bei schlackenführenden Schweißprozessen können durch Schlackenvorlauf in der Naht Schlackeneinschlüsse entstehen.

Die Ablenkung erfolgt durch Kräfte, die aus dem umgebenden Magnetfeld herrühren. Wie jeder stromdurchflossene Leiter sind auch Elektrode und Lichtbogen von einem ringförmigen Magnetfeld umgeben. Dieses wird im Bereich des Lichtbogens beim Übergang in den Grundwerkstoff umgelenkt. Dadurch werden die magnetischen Kraftlinien an der

Innenseite verdichtet und an der Außenseite erweitert–(Bild 20a).

Der Lichtbogen weicht in das Gebiet verminderter Flußliniendichte aus. Dabei verlängert er sich und gibt wegen der nun erhöhten Lichtbogenspannung ein zischendes Geräusch von sich. Der Gegenpol übt also eine abstoßende Wirkung auf den Lichtbogen aus.

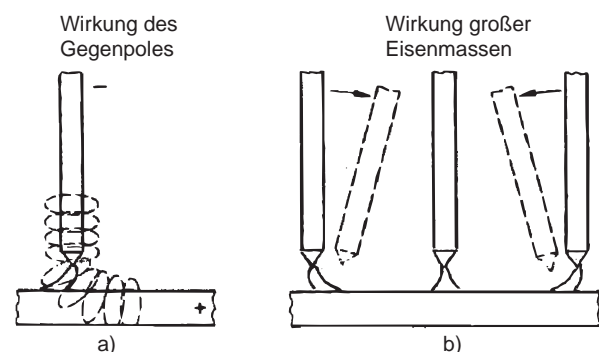
Eine andere magnetische Kraft rührt daher, daß das Magnetfeld sich in einem ferromagnetischen Werkstoff besser ausbreiten kann, als in Luft. Der Lichtbogen wird deshalb von großen Eisenmassen angezogen. Dies zeigt sich z.B. dadurch, daß er beim Schweißen auf einem magnetisierbaren Werkstoff an den Blechenden nach Innen abgelenkt wird.

Der Ablenkung des Lichtbogens kann man durch entsprechende Schrägstellung der Elektrode begegnen–(Bild 20b). Da die Blaswirkung beim Schweißen mit Gleichstrom besonders groß ist, kann man sie, wo dies möglich ist, durch das Schweißen an Wechselstrom vermeiden oder zumindest erheblich vermindern.

Besonders stark kann die Blaswirkung wegen der umgebenden Eisenmassen beim Schweißen von Wurzellagen werden. Hier hilft es, wenn man den Magnetfluß durch eng beieinander liegende, nicht zu kurze Heftstellen, unterstützt.

## 6.7 Schweißpositionen

Nach ISO 6947 werden die Schweißpositionen mit PA – PG bezeichnet. Diese sind, wenn man Sie an einem Rohr betrachtet von oben (PA) ausgehend im Uhrzeigersinne alphabetisch angeordnet –Bild 21.

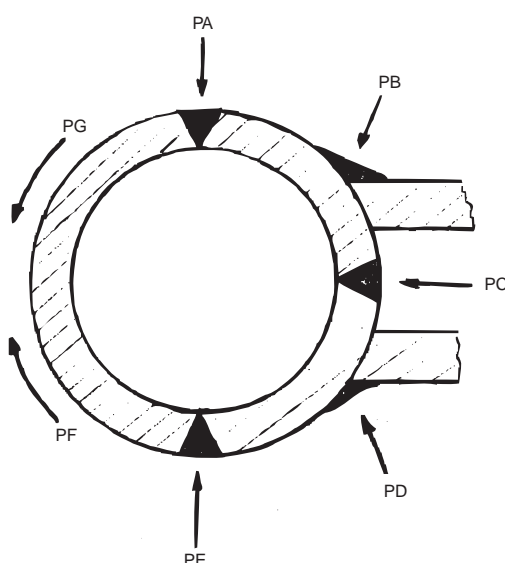


**Bild 20 Magnetische Blaswirkung**

Die Position PA ist das, was früher in Deutschland mit waagrecht oder Wannenlage bezeichnet wurde. Es folgen dann die Stumpfnahthpositionen PC (horizontal an senkrechter Wand) und PE (überkopf), sowie die Kehlnahthpositionen PB (horizontal) und PD (horizontal/überkopf). Beim Schweißen von Blechen bedeutet PF, das senkrecht steigend geschweißt wird, PG ist die Fallnaht. Am Rohr sind aber darunter mehrere Positionen zusammengefaßt. Die Position PF gilt, wenn das Rohr von der Überkopfposition ausgehend ohne Drehen nach beiden Seiten steigend geschweißt wird., bei der Position PG gilt dies sinngemäß für die Schweißung von oben nach unten (Fallnaht). Das WIG-Schweißen ist in allen Positionen möglich. Die Schweißdaten müssen dabei, wie auch bei anderen Schweißverfahren auf die Position abgestimmt werden.

## 6.8 Schweißparameter

Die untere Grenze der Anwendbarkeit des WIG-Verfahrens liegt bei Stahl bei etwa 0,3 mm, bei Aluminium und Kupfer bei 0,5 mm. Nach oben hin sind der Anwendung höchstens wirtschaftliche Grenzen gesetzt. Die Abschmelzleistung des Verfahrens ist nicht sehr groß. Deshalb werden oft nur die Wurzellagen WIG-geschweißt und die übrigen Lagen mit anderen Verfahren (E, MAG), die eine höhere Leistung haben, eingebracht.



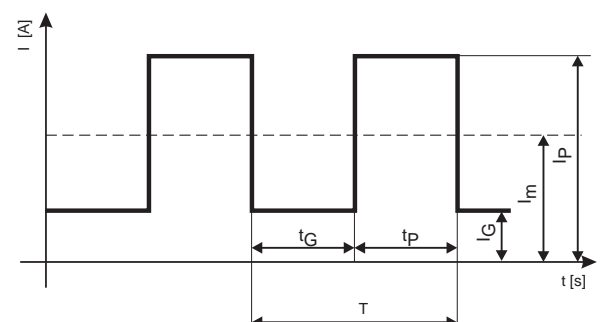
**Bild 21** Schweißpositionen nach ISO 6947

Bei der Wahl der Schweißparameter muß man sich vergegenwärtigen, daß am Schweißgerät nur die Stromstärke eingestellt wird, die Lichtbogenspannung ergibt sich aus der Lichtbogenlänge, die der Schweißer einhält. Dabei gilt, daß die Spannung mit zunehmender Lichtbogenlänge größer wird. Als Anhaltswert für eine zum Durchschweißen ausreichende Stromstärke gilt beim Schweißen von Stahl mit Gleichstrom (-Pol) eine Stromstärke von 45 Ampere pro mm Wanddicke. Beim Wechselstromschweißen von Aluminium werden 40 Ampere/mm benötigt.

Geeignete Schweißdaten für Stumpfnähte an verschiedenen Werkstoffen können Tabelle 4 bis Tabelle 8 entnommen werden.

## 6.9 Schweißen mit Stromimpulsen

Beim Schweißen mit impulsförmigem Strom wechseln Stromstärke und Spannung im Rhythmus der Impulsfrequenz ständig zwischen einem niedrigen Grundwert und dem höheren Impulswert –Bild 22.



**Bild 22** Zeitlicher Verlauf des Schweißstromes beim Impulsschweißen

$I_G$ : Grundstrom  
 $I_M$ : mittlerer Strom  
 $I_P$ : Pulsstrom  
 $t_G$ : Grundstromzeit  
 $t_P$ : Impulsstromzeit  
 $T$ : 1 Periode =  $1/f$   
 $f$ : Frequenz



Blechdicke [mm]	Fugenform	Lagenzahl	Wolframelektroden-Durchmesser [mm]	Schweißstrom [A]	Schweißgeschwindigkeit [cm/min]
1,0	I	1	1,0	45	32
2,0	I	1	1,6	100	30
3,0	I	1	1,6	125	30
4,0	I	2	2,4	170	25
5,0	I	2	3,2	225	22
6,0	V	2	4,0	300	20

**Tabelle 4 Richtwerte für das WIG-Schweißen von hochlegiertem Stahl**  
Stromart: Gleichstrom (-Pol) – Pos. PA – Schutzgas: Argon [1]

Blechdicke [mm]	Fugenform	Lagenzahl	Wolframelektroden-Durchmesser [mm]	Schweißstrom [A]	Schweißgeschwindigkeit [cm/min]
4,0	I	2	2,0	90	24
6,0	I	2	2,4	110	20
8,0	I	2	2,4	120	18
10,0	DV	2	2,4	120	16
12,0	DV	2	3,2	140	15

**Tabelle 5 Richtwerte für das WIG-Schweißen von Aluminium** Stromart: Wechselstrom – Pos. PF – Schutzgas: Argon [3]

Werkstoff	Blechdicke [mm]	Fugenform	Lagenzahl	Wolframelektroden-Durchmesser [mm]	Schweißstrom [A]	Schweißgeschwindigkeit [cm/min]
Rein-nickel	1,0	I	1	1,0	65	13
	1,5	I	1	1,6	90	12
	3,0	I	1	2,4	140	10
	5,0	V	3	2,4	145	12
	10,0	V	8	2,4	150	12
Kupfer	1,5	I	1	1,6	130	28
	3,0	I	1	3,2	200	25
	5,0	I	2	4,0	270	15

**Tabelle 6 Richtwerte für das WIG-Schweißen von Nickel und Kupfer** Stromart:

**Gleichstrom (-Pol) – Pos. PA – Schutzgas: Argon [3], [1]**

Blechdicke [mm]	Fugenform	Lagenzahl	Wolframelektroden-Durchmesser [mm]	Schweißstrom [A]	Schweißgeschwindigkeit [cm/min]
1,0	I	1	1,0	60	32
2,0	I	1	1,6	110	30
3,0	I	1	1,6	140	30
4,0	I	2	2,4	190	25
5,0	I	2	3,2	250	22
6,0	V	2	4,0	350	20

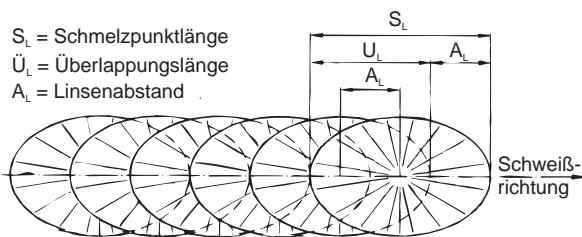
**Tabelle 7 Richtwerte für das WIG-Schweißen von un- und niedriglegiertem Stahl**  
Stromart: Gleichstrom (-Pol) – Pos. PA – Schutzgas: Argon [1]

Blechdicke [mm]	Fugenform	Lagenzahl	Wolframelektroden-Durchmesser [mm]	Schweißstrom [A]	Schweißgeschwindigkeit [cm/min]
1,0	I	1	1,6	75	26
2,0	I	1	2,0	90	21
3,0	I	1	2,4	125	17
4,0	I	1	3,2	160	15
5,0	V	2	3,2	165	14 bis 17
6,0	V	2	4,0	185	10 bis 15

**Tabelle 8 Richtwerte für das WIG-Schweißen von Aluminium** Stromart: Wechselstrom – Pos. PA – Schutzgas: Argon [3]

Heutige Inverterstromquellen gestatten meist das Einstellen von Impulsfrequenzen zwischen 0,5 und 300 Hz. Sonderstromquellen pulsen auch im kHz-Bereich.

Während in den höheren Frequenzbereichen sich Effekte wie Kornverfeinerung im Schweißgut und Lichtbogeneinschnürung realisieren lassen, wird der untere Frequenzbereich wegen der besseren Schmelzbadbeherrschung in Zwangslagen vor allem in der Position PF gewählt. Dies kommt folgendermaßen zustande (Bild 23):



**Bild 23** Aufbau der Schweißnaht aus einzelnen Schweißpunkten [2]

Unter Einwirkung des hohen Impulsstromes wird der Einbrand in den Grundwerkstoff erzeugt und es bildet sich ein punktförmiges Schmelzbad aus. Dieses beginnt unter Einwirkung des folgenden niedrigeren Grundstromes bereits vom Rand ausgehend zu erstarren, bis der nächste Stromimpuls es wieder aufschmilzt und vergrößert. Inzwischen ist der Lichtbogen aber bereits in Schweißgeschwindigkeit weiter gewandert, sodaß die Schweißnaht beim WIG-Impulsschweißen aus vielen sich überlappenden Schweißpunkten gebildet wird. Die Größe des Schmelzbades ist dabei im Durchschnitt kleiner als beim Schweißen mit gleichförmigem Strom, sodaß es sich in Zwangslagen besser beherrschen läßt. Trotzdem ist ausreichender Einbrand gewährleistet. Der eben geschilderte Effekt tritt aber nur auf, wenn ein ausreichender Temperaturunterschied im Schmelzbad zwischen Grund- und Impulsphase auftritt. Dies ist nur bei Impulsfrequenzen unter etwa 5 Hz gegeben.

Als Nachteil kann genannt werden, daß die Schweißgeschwindigkeit vielfach beim Impulsschweißen verringert werden muß. Auch nimmt der Schweißer das Pulsen im niedrigen Frequenzbereich als störendes Flackern des Lichtbogens wahr. Deshalb wird diese Variante des WIG-Schweißens weniger beim manuellen Schweißen angewandt, wo der Schweißer andere Möglichkeiten hat die Badbeherrschung zu beeinflussen, als vielmehr beim mechanisierten WIG-Schweißen.

## 6.10 Möglichkeiten des Mechanisierens

Das manuelle WIG-Verfahren (Bild 24) läßt sich schon mit einfachen Mitteln mechanisieren. Dies wird vor allem interessant, wenn längere Längsnähte an Blechen zu schweißen sind oder häufig Rundnähte an rohrförmigen Körpern vorkommen.

Beim Schweißen von Längsnähten kann der Brenner an ein einfaches Fahrwerk angeflanscht werden, mit dem er über die Schweißfuge fährt. Wenn Ungenauigkeiten in der Fugengeometrie auftreten, empfiehlt sich die Verwendung einer Badsicherung.

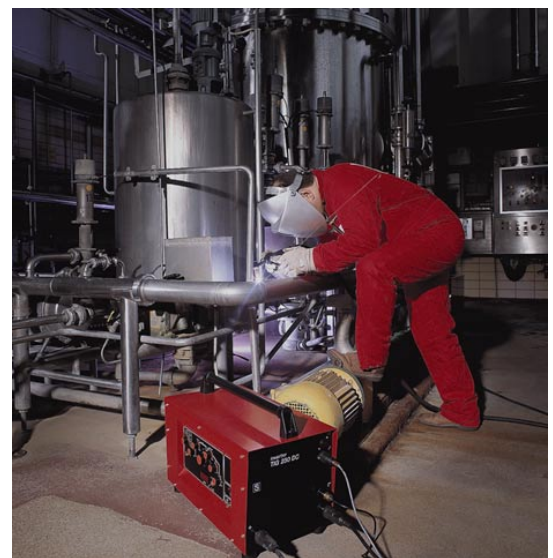
Beim Schweißen von Rundnähten wird der Brenner stationär aufgehängt und das Werkstück bewegt sich in einer Drehvorrichtung unter dem Brenner her.

Bei komplexen Teilen werden auch Schweißroboter zum WIG-Schweißen eingesetzt.

In allen Fällen wird, wo Zusatzwerkstoff erforderlich ist, dieser mechanisiert durch eine Vorschubvorrichtung in Drahtform dem Lichtbogen zugeführt.

## 6.11 Arbeitssicherheit

Das WIG-Schweißen ist ein sehr sauberes Verfahren. Es entstehen kaum schädliche Gase und Rauche, sodaß ein Absaugen direkt am Entstehungsort nach den bestehenden Arbeitsschutzvor-



**Bild 24** TIG 230 DC, WIG-Schweißen in der Lebensmittelindustrie

schriften nicht vorgeschrieben ist. Es genügt die freie Lüftung oder die technische Lüftung des Raumes. Der Schweißer muß sich aber vor der Strahlung des Lichtbogens und vor elektrischen Gefahren schützen.

Gegen die infrarote und ultraviolette Strahlung trägt der WIG-Schweißer in der Regel einen Kopfschirm, Bild 24, der ihm beide Hände frei hält für die Brennerführung und die Zugabe von Zusatzmaterial. In diesen Schutzschirm ist der Schweißerschutzfilter integriert. Diese Filter sind neuerdings in DIN EN 169 genormt. Es gibt verschiedene Schutzstufen, die auf dem Glas dauerhaft aufgebracht sein müssen. Beim WIG-Schweißen werden je nach angewandter Stromstärke Filter der Schutzstufen 9 bis 14 eingesetzt, wobei die Stufe 9 zu den geringeren Strömen gehört und 14 den höheren Stromstärken zugeordnet ist.

Die höchste elektrische Gefährdung geht von der Leerlaufspannung aus. Dies ist die höchste Spannung, welche an der eingeschalteten Stromquelle zwischen den Anschlußbuchsen anliegt wenn der Lichtbogen nicht brennt. Nach dem Zünden des Lichtbogens ist die Spannung wesentlich geringer, beim WIG-Schweißen nur etwa 12 bis 20 Volt. Nach der UVV VBG 15 dürfen Stromquellen für Gleichstrom im normalen Betrieb einen Scheitelwert der Leerlaufspannung von max. 113 Volt haben. Bei Wechselstromanlagen beträgt dieser Wert ebenfalls 113 Volt, jedoch ist der Effektivwert Wert auf max. 80 Volt begrenzt. Unter erhöhter elektrischer Gefährdung, z.B. beim Schweißen in engen Räumen oder auf großen Eisenmassen, gelten für Wechselstrom herabgesetzte Werte, z.B. ein Scheitelwert von 68 Volt und ein Effektivwert von 48 Volt. Neuere Schweißstromquellen, die diese Forderung erfüllen tragen nach DIN EN 60974-1 das Zeichen "S". Ältere Stromquellen können dagegen noch mit "K" (Gleichstrom) oder "42 V" (Wechselstrom) gekennzeichnet sein. Gegen elektrische Schläge schützt der Schweißer sich am sichersten durch nicht beschädigte Schweißerhandschuhe

aus Leder und gut isolierende Arbeitskleidung einschließlich Schuhwerk.

## 7 Besonderheiten verschiedener Werkstoffe

Es wurde schon gesagt, daß das WIG-Verfahren sich für das Schweißen einer großen Palette von Werkstoffen eignet. Einige Werkstoffe werden dabei mit Gleichstrom, andere mit Wechselstrom geschweißt. Tabelle 9 listet auf, welche Werkstoffe sich besser mit Gleichstrom und welche sich besser mit Wechselstrom schweißen lassen.

Im Folgenden werden einige Besonderheiten behandelt, die sich bei den verschiedenen Werkstoffen ergeben.

### 7.1 Un- und niedriglegierte Stähle

Diese Stähle lassen sich mit allen Schmelzschweißverfahren fügen. Bei der Auswahl des Schweißverfahrens sind aber meist weniger Qualitätsgesichtspunkte als vielmehr wirtschaftliche Überlegungen entscheidend. Das WIG-Verfahren ist deshalb wegen seiner ge-

Werkstoff	Gleichstrom		Wechselstrom
	Elektrode - Pol	Elektrode + Pol	
C-Stahl	XX	-	-
Nichtrostender Stahl	XX	-	-
Aluminium und Al-Legierungen	-	X <sup>1)</sup>	XX
Magnesium und Mg-Legierungen	-	X <sup>1)</sup>	XX
Kupfer	XX	-	-
Aluminiumbronze	X	-	XX
Siliziumbronze	XX	-	-
Messing	X	-	XX
Nickel und Ni-Legierungen	XX	-	X
Titan	XX	-	-

**Tabelle 9 Geeignete Stromart für verschiedene Werkstoffe Schutzgas: Reinargon**

<sup>1)</sup> nur für dünne Materialien

**XX** = beste Ergebnisse,

**X** = brauchbar,

**-** = nicht zu empfehlen



ringen Leistung bei diesen Stählen unterrepräsentiert. Eine Ausnahme macht das Schweißen von Wurzellagen. Bei Wanddicken größer etwa 6mm wird oft nur die Wurzel WIG-geschweißt und die übrigen Lagen werden mit einem leistungsfähigeren Verfahren eingebracht. Eine andere Ausnahme ist das Schweißen von Rohrleitungen mit kleineren Durchmessern. Hierfür gibt es nichts, was sich besser dafür eignen würde als das WIG-Verfahren.

Eine Besonderheit ist, daß es zur Porenbildung kommen kann, z.B. bei unlegierten Rohrstählen (z.B. P235), die wenig Silizium enthalten oder beim Einschweißen solcher Rohre in Kesselböden. Auch bei Tiefziehstählen, die nur mit Aluminium beruhigt sind, können Poren auftreten, wenn mit wenig Zusatzwerkstoff geschweißt wird. Durch Sauerstoffaufnahme aus der Atmosphäre, die auch beim Schutzgasschweißen nicht völlig zu verhindern ist, wird das Schweißgut unberuhigt und es können Poren durch Kohlenmonoxidbildung im Schweißgut auftreten. Die Abhilfe besteht darin, möglichst viel Si / Mn-legierten Zusatzwerkstoff einzubringen, wodurch der Sauerstoff unschädlich abgebunden wird.

## **7.2 Austenitsche CrNi-Stähle**

Diese Werkstoffe eignen sich besonders gut zum WIG-Schweißen, weil durch die günstige Viskosität des Schweißgutes feingefiederte, glatte Oberrauten und flache Wurzelunterseiten entstehen.

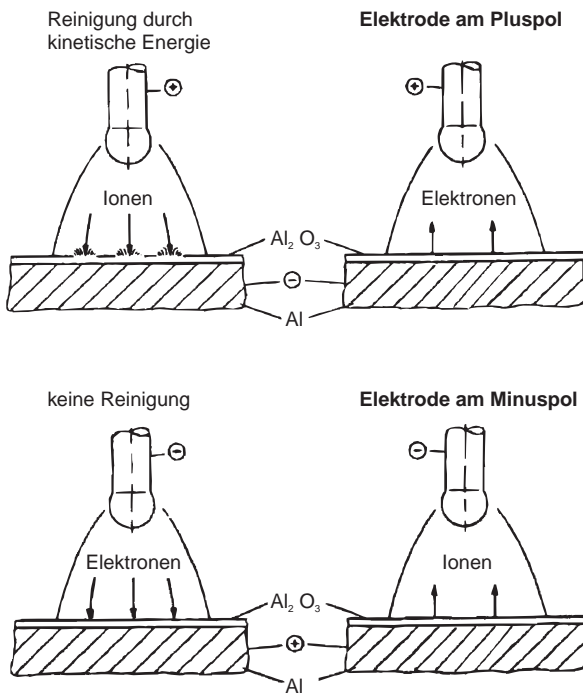
Durch die relativ langsame Schweißgeschwindigkeit des WIG-Verfahrens und die geringe Wärmeleitfähigkeit der CrNi-Stähle kann es bei kleinen Wanddicken aber leicht zu Überhitzungen kommen. Dadurch können Heißrisse auftreten, auch die Korrosionsbeständigkeit kann vermindert werden. Überhitzungen können wenn notwendig durch Einlegen von Abkühlungspausen oder Kühlen der Werkstücke vermieden werden. Dadurch verringert sich auch der Verzug, der gerade bei CrNi-Stählen wegen des höheren Ausdehnungskoeffizienten größer ist als bei unlegiertem Stahl.

Bei Bauteilen, die später einem Korrosionsangriff ausgesetzt sind, müssen die nach dem Schweißen auf der Oberfläche der Naht und auf den Rändern beiderseits im Grundwerkstoff zurückbleibenden Oxidhäute und Anlauffarben durch Bürsten, Strahlen, Schleifen oder Beizen entfernt werden, bevor das Bauteil in Betrieb geht. Unter diesen Häuten kommt es sonst zu einem verstärkten Korrosionsangriff. Dies gilt auch für die Wurzel-seite beim Schweißen von Rohren. Da eine mechanische Bearbeitung hier schlecht möglich ist, empfiehlt sich die Vermeidung der Oxidation durch Formieren – siehe auch Kapitel 3.4 Formieren.

## **7.3 Aluminium und Aluminiumlegierungen**

Beim Schweißen von Aluminiumwerkstoffen wird, von Ausnahmen abgesehen auf die später noch eingegangen wird, Wechselstrom zum Schweißen verwendet. Dies ist erforderlich um die hochschmelzende Oxidschicht auf dem Bad zu beseitigen. Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) hat einen Schmelzpunkt von etwa 2050°C. Der Grundwerkstoff z.B. Reinaluminium schmilzt dagegen schon bei 650°C. Aluminium hat eine so große chemische Verwandtschaft zu Sauerstoff, sodaß sich selbst wenn die Oberfläche des Grundwerkstoffs vor dem Schweißen durch Bürsten oder Schaben oxidfrem gemacht wurde, auf der Badoberfläche schnell wieder solche Häute bilden. Diese schmelzen wegen ihres hohen Schmelzpunktes nur direkt unter dem Lichtbogen teilweise auf. Der größte Teil der Nahtoberfläche wäre beim Schweißen mit Gleichstrom (-Pol) also mit einer festen Schicht von Aluminiumoxid bedeckt. Diese macht die Badbeobachtung unmöglich und erschwert die Zugabe von Zusatzwerkstoff. Zwar könnte diese Oxidschicht durch Verwenden von Flußmitteln, wie beim Löten beseitigt werden, dies würde aber einen zusätzlichen Aufwand bedeuten.

Beim Schweißen mit Wechselstrom bietet sich die Möglichkeit, diese Oxidschicht durch Ladungsträger im Lichtbogen aufzureißen und zu beseitigen. Dafür kom-

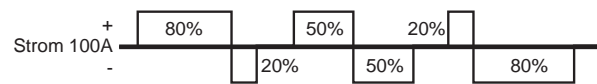


**Bild 25 Erklärung der Reinigungswirkung**

men nur die Ionen infrage, da die Elektronen wegen ihrer geringen Masse nicht genügend kinetische Energie dafür besitzen. Bild 25 zeigt den Ladungsträgerfluß im Lichtbogen.

Wenn der Minuspol an der Elektrode liegt, wandern die Elektronen von der Elektrode zum Werkstück und die Restionen vom Werkstück zur Elektrode. Bei dieser Polung ist eine Reinigungswirkung nicht möglich. Bei umgekehrter Polung treffen dagegen die schwereren Ionen auf die Werkstückoberfläche. Sie können durch ihre kinetische Energie die Oxidschicht aufreißen und beseitigen.

Das Schweißen am heißeren Pluspol hätte aber zur Folge, daß die Strombelastbarkeit der Elektrode nur sehr gering wäre. Diese Variante des WIG-Schweißens ist deshalb nur für das Schweißen sehr dünner Aluminiumstrukturen (bis etwa 2,5 mm Wanddicke) brauchbar. Als Kompromiß bietet sich der Wechselstrom an. Wenn die positive Halbwelle an der Elektrode liegt, tritt die Reinigungswirkung ein. In der danach folgenden negativen Halbwelle kann die Elektrode dann wieder abkühlen. Man spricht deshalb auch von der Reinigungs- und der Kühlhalbwelle. Die Strombelastbarkeit ist beim Schweißen an Wechsel-



**Bild 26 Unterschiedliche Balanceeinstellung bei rechteckförmigen Wechselstrom**

strom geringer als beim Gleichstrom-Minuspol-schweißen. Sie ist aber wesentlich höher als beim Schweißen am Pluspol – siehe auch Tabelle 1. Es hat sich gezeigt, daß für eine ausreichende Reinigungswirkung gar nicht die ganze positive Halbwelle benötigt wird, sondern daß 20 oder 30% davon ausreichen. Dies hat man sich bei modernen WIG-Stromquellen zu Nutze gemacht. Diese erzeugen einen künstlichen rechteckförmigen Wechselstrom, in dem mittels schnell reagierender Schalter (Transistoren) wechselseitig der Plus- und der Minuspol einer Gleichstromquelle auf die Elektrode geschaltet wird. Dabei kann man dann die Balance der beiden Halbwellen zueinander z.B. von 20% Plus / 80% Minus bis 80% Plus / 20% Minus verändern (Bild 26).

Der geringere Anteil des Pluspols führt zu einer höheren Strombelastbarkeit der Elektrode bzw. bei gleicher Stromeinstellung zu einer längeren Standzeit. Bei diesen sogenannten "Square-Wave-Quellen" kann meist auch die Frequenz des künstlichen Wechselstromes noch verändert werden, z.B. zwischen 50 und 300 Hz. Auch mit dem Erhöhen der Frequenz ist eine Schonung der Elektrode verbunden.

Der rechteckförmige künstliche Wechselstromes hat aber noch einen weiteren Vorteil. Da der Stromverlauf beim Wechsel der Polarität sehr steil ist, sind die Totzeiten des Lichtbogens beim Nulldurchgang wesentlich kürzer als bei einem sinusförmigen Verlauf. Das Wiederzünden erfolgt deshalb sicherer, sogar ohne Zündhilfe, und der Lichtbogen ist insgesamt stabiler. Allerdings machen sich die Wiederzündvorgänge als stärkeres Brummgeräusch bemerkbar. Moderne WIG-Stromquellen gestatten das Schweißen mit Gleichstrom, sowie mit si-

nusförmigem und mit rechteckförmigen Wechselstrom, Bild 27.

In neuerer Zeit wird auch eine Variante des WIG-Minuspolschweißens angewendet, bei der hochheliumhaltiges Schutzgas (z.B. 90% He / 10% Ar) verwendet wird. Beim Schweißen am Minuspol läßt sich wie bereits geschildert, die Oxidhaut nicht aufbrechen. Durch die hohe Temperatur des energiereicheren Heliumlichtbogens kann sie aber verflüssigt werden. Damit ist sie nur noch wenig störend. Das WIG-Gleichstrom-Minuspolschweißen unter Helium wird wegen des besseren Einbrandverhaltens vor allem bei Reparaturschweißungen an Gußteilen aus Aluminium-Silizium-Legierungen angewendet.

Eine weitere Besonderheit beim Schweißen des Werkstoffes Aluminium ist seine Porenempfindlichkeit bei der Aufnahme von Wasserstoff. Die Verhältnisse sind wesentlich kritischer als beim Schweißen von Stahl. Während Eisen beim Übergang vom flüssigen in den festen Zustand noch eine Lösungsfähigkeit für Wasserstoff von 8 cm<sup>3</sup>/100 g Schweißgut besitzt, hat Aluminium im festen Zustand praktisch keine Lösungsfähigkeit für Wasserstoff mehr. Das heißt, aller Wasserstoff, der beim Schweißen aufgenommen wurde, muß das Schweißgut verlassen bevor es erstarrt. Anderenfalls entstehen Poren im Schweißgut.

Quellen für Wasserstoff beim WIG-Schweißen von Aluminium sind in erster



**Bild 27** TRITON 220 AC/DC, WIG-Inverter-Schweißgerät

Linie Oxidhäute auf dem Grundwerkstoff. Diese binden Feuchtigkeit und müssen deshalb vor dem Schweißen durch Bürsten oder Schaben entfernt werden. Andererseits ist der Lichtbogen ruhiger, wenn sich eine dünne Oxidhaut auf der Oberfläche befindet, weil diese leichter Elektronen aussendet als das reine Metall. Es muß deshalb ein Kompromiß gefunden werden, zwischen einem stabilen Lichtbogen und einer ausreichenden Porensicherheit. Es hat sich als günstig erwiesen, die Werkstückoberflächen vor dem Schweißen gründlich von Oxiden zu befreien, danach aber mit dem Schweißen noch eine oder zwei Stunden zu warten, damit sich eine dünne Oxidschicht neu bilden kann. Auch die auf der Oberfläche der Schweißstäbe gebildeten Oxidhäute tragen zur Porenbildung bei. Zusatzwerkstoffe aus Aluminium sollten deshalb sorgfältig und nicht zu lange gelagert werden.

#### **7.4 Kupfer und Kupferlegierungen**

Das Schweißen von Kupfer wird vor allem durch seine große Wärmeleitfähigkeit erschwert. Deshalb muß bei größeren Werkstoffdicken zumindest am Schweißnahtbeginn vorgewärmt werden. Später ergibt sich ein Vorwärmeffekt durch die voranlaufende Schweißwärme, sodaß ein großflächiges Vorwärmen nur bei Wanddicken > 5 mm erforderlich ist. Das WIG-Verfahren bietet die Möglichkeit den Lichtbogen selbst zum Vorwärmen zu benutzen, in dem man am Schweißnahtbeginn durch kreisende Bewegungen mit dem verlängerten Lichtbogen Wärme einbringt.

Reinkupfer und viele Cu-Legierungen werden mit Gleichstrom, Elektrode am Minuspol geschweißt. Nur einige Bronzen wie Messing und Aluminiumbronze lassen sich besser mit Wechselstrom schweißen.

#### **7.5 Sonstige Werkstoffe**

Außer den bereits besprochenen Werkstoffen werden noch in nennenswertem Maße Nickel und Nickellegierungen WIG-geschweißt. Die wichtigsten sind Nickel /



Chrom-Legierungen (z.B. Inconel) und Nickel / Kupfer-Legierungen (z.B. Monel). Ferner werden Titan und Titanlegierungen WIG-geschweißt. Auch für diese Werkstoffe eignet sich am besten Gleichstrom mit negativ gepolter Elektrode. Beim Schweißen von Titan muß aber nicht nur der Schweißnahtbereich selbst durch Schutzgas geschützt werden, sondern auch in weiterer Entfernung von der Schweißstelle und gegebenenfalls auch auf der Rückseite muß durch Schleppbrausen Schutzgas zugegeben werden um Anlauffarben zu vermeiden. Der Werkstoff versprödet sonst durch Aufnahme atmosphärischer Gase.

## 8 Anwendung des WIG-Schweißens

Anwendungsbeispiele für das WIG-Schweißen zeigen Bild 28 bis Bild 32. Mit dem WIG-Verfahren werden vornehmlich dünnwandige Werkstücke gefügt, bei dickeren Materialien wird dagegen meist nur die Wurzel mit diesem Verfahren geschweißt und die Füll- und Decklagen mit anderen, leistungsfähigeren Verfahren eingebracht. Nach einer Statistik, liegt deshalb auf die Gesamtheit aller in Deutschland hergestellten Schweißnähte bezogen, der Anteil dieses Verfahrens nur knapp unter 2%. Diese Zahl fällt allerdings für das WIG-Schweißen deshalb ungünstig aus, weil sie auf dem Zusatzwerkstoffverbrauch basiert. Beim WIG-Schweißen wird aber wie schon ausgeführt, in der Regel wenig Schweißzusatz gebraucht. Der wirkliche Anteil dieses Verfahrens dürfte deshalb höher liegen, obwohl es an die Anwendung des Lichtbogenhandschweißens, das etwa bei 7,5% liegt, nicht annähernd herankommt. Trotzdem ist das WIG-Schweißen ein sehr wichtiges Verfahren. Seine Vorteile wurden schon an anderer Stelle dieser Broschüre beschrieben.

### 8.1 Fertigungszweige

Das WIG-Schweißen wird hauptsächlich im Kessel-, Behälter-, Apparate- und Rohrleitungsbau eingesetzt, aber auch in der Luft- und Raumfahrtindustrie und bei



**Bild 28 Anwendung der PICOTIG 160 HF**

der Herstellung längsnahtgeschweißter Rohre aus Edelstahl.

Ein weiteres Anwendungsgebiet hat das WIG-Schweißen beim Auftragsschweißen vornehmlich im Werkzeugbau wo mit diesem Verfahren auch sehr feine Konturen, z.B. an Gesenken und Schnittwerkzeugen ausgebessert werden können.

### 8.2 Anwendungsbeispiele

Bild 29 zeigt die Anwendung des manuellen WIG-Schweißens im Apparatebau.



**Bild 29 TRITON 160 DC, WIG-Schweißen im Apparatebau**



**Bild 30** TRITON 260 DC, WIG-Schweißen an Rohrleitungen

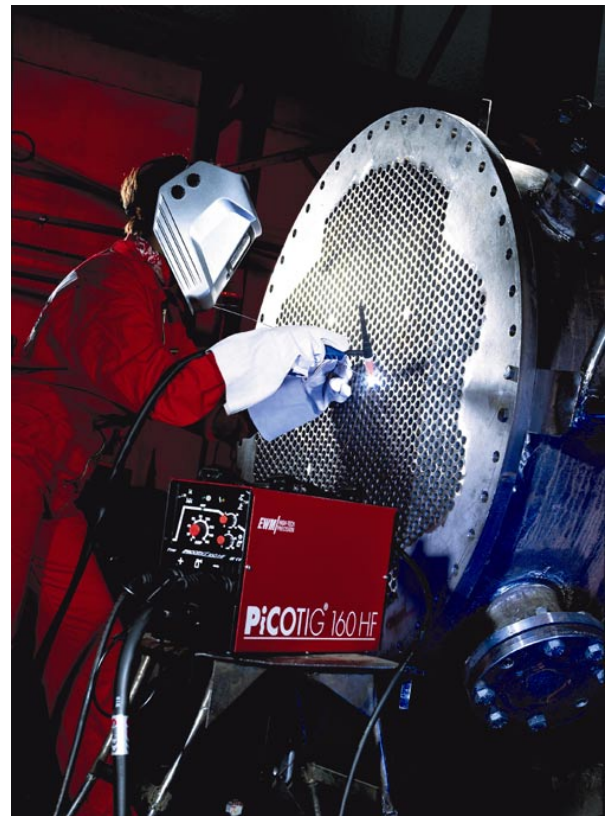
In ein Gehäuse aus nichtrostendem CrNi-Stahl (W.-Nummer 1.4301) wird ein Flansch eingeschweißt. Die benutzte Schweißanlage TRITON 160 DC liefert dafür Gleichstrom bis zu 160 Ampere bei einer Einschaltdauer von 50%.

Ebenfalls um das Schweißen von CrNi-Stahl in der chemischen Industrie geht es in dem Anwendungsfall in Bild 30

Hier werden Rundnähte an Rohrleitungen aus diesem Werkstoff WIG mit Gleichstrom geschweißt. Es ist die leistungsfähigere Schweißanlage TRITON 260 DC mit einer Nennstromstärke von 260 Am-



**Bild 31** WIG-Schweißen bei der Reparatur von Triebwerksteilen



**Bild 32** WIG-Schweißen beim Einschweißen von Rohren in Rohrböden

pere im Einsatz. Das WIG-Verfahren wurde hier vor allem darum ausgewählt, weil eine einwandfreie Wurzeldurchschweißung von außen gefordert war. Bei solchen Schweißarbeiten muß das Rohrrinnere formiert werden.

Es wurde schon erwähnt, daß ein bevorzugtes Anwendungsgebiet für das WIG-Schweißen die Luft- und Raumfahrtindustrie ist. Bild 31 zeigt die Anwendung des Verfahrens bei der Reparatur einer Mischkammer für ein Flugzeugtriebwerk.

Der Grundwerkstoff ist hier eine hochwarmfeste und korrosionsbeständige Nickelbasis-Legierung.

In Bild 32 werden Rohre aus hitzebeständigem Stahl in den Rohrboden eines Wärmetauschers eingeschweißt. Es geht hier um die manuelle Anwendung des Verfahrens.

Sehr oft werden aber solche Schweißarbeiten auch mechanisiert. In diesem Fall wird der Brenner mittels eines Spanndorns im Innern des Rohres zentriert. Er läuft in der Regel von einer Position vor PA ausgehend in einer Kreisbahn um das



Rohr herum (Orbitalschweißen). Dabei kann auch Zusatzwerkstoff zugeführt werden. Da nacheinander alle Positionen von waagrecht über fallend und Überkopf bis steigend durchlaufen werden, sind die dafür verwendeten Schweißstromquellen programmierbar, sodaß die Schweißdaten der jeweiligen Schweißposition entsprechend optimal angepaßt werden können. Solche WIG-Orbitalschweißungen kommen auch als Stumpfnähte an Rohren vor. In diesem Falle läuft der Brenner an einer Spannzange um das Rohr.

## **9 Schrifttum**

[1] R. Killing: Handbuch der Schweißverfahren, Teil 1: Lichtbogenschweißen Fachbuchreihe Schweißtechnik Band 76/I, DVS-Verlag GmbH Düsseldorf 1999

[2] R. Killing: Kompendium der Schweißtechnik Band 1: Verfahren der Schweißtechnik Fachbuchreihe Schweißtechnik Band 128/I, DVS-Verlag GmbH Düsseldorf 1997

[3] G. Aichele: Leistungskennwerte für Schweißen und Schneiden Fachbuchreihe Schweißtechnik Band 72, DVS-Verlag GmbH Düsseldorf 1994

## **10 Impressum**

Die WIG-Fibel, 2. Ausgabe 2002

Aus der Schriftenreihe EWM-Wissen – rund ums Schweißen

Alle Rechte vorbehalten.

Nachdruck, auch auszugsweise, verboten. Kein Teil dieser Broschüre darf ohne schriftliche Einwilligung von EWM in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren), reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© EWM HIGHTEC WELDING GmbH

Dr.-Günter-Henle-Str. 8

D-56271 Mündersbach

Fon: +49(0)2680.181-121

Fax: +49(0)2680.181-161

<mailto:info@ewm.de>

<http://www.ewm.de>

Satz:

EWM HIGHTEC WELDING GmbH, Mündersbach

Druck:

Müller Digitaldruck GmbH, Montabaur



Einfach...

...EINSATZBEREIT...

...immer und überall!

Die **flexiblen Geräteserien** von EWM bieten ideale Lösungen für höchste Schweissansprüche

**Pico** - So klein kann so stark sein

E-Hand- und WIG- Schweissgeräte 140A - 220A.

Die kompakte und einfach zu bedienende Lösung für den Werkstatt- und Baustelleneinsatz.

**CLASSICS** - Die 1000-fach Bewährten

MIG/MAG-Standard-Schweissgeräte 200A - 600A.

Speziell geeignet für Einsatzbereiche in Industrie und Handwerk, in denen es hart zugeht.

**WELDON** - Power-Welding für Profis

Mehrverfahren-Schweissgeräte 160A - 500A.

(WIG, E-Hand und MIG/MAG)

Egal ob Montage, Werkstatt oder Produktion in Handwerk und Industrie, optimale Leistung jederzeit und überall.

**EVOLUTION X** - Konsequenter evolutionäre Schweisstechnik

Mehrverfahren-Schweissgeräte 300A - 500A.

(MIG/MAG-Impuls und -Standard sowie WIG und E-Hand)

Die volldigitale Geräteserie mit einfachster Bedienung, selbst für die komplexesten Anwendungen.

**STICK** - Mobil - flexibel - leistungsstark

E-Hand-Schweissgeräte 250A - 350A.

Portables E-Hand-Schweissen ist jetzt noch kompakter und noch leistungsfähiger geworden:

Mit den exzellenten Schweisseigenschaften der Inverter Stick-Serie für mobile Montageeinsätze.

**PLASMA** - Immer höchste Schweissnahtqualität

Plasma- und Microplasma-Schweißgeräte 20A - 450A



Einfach mehr...

...INFORMATION...

[www.ewm.de](http://www.ewm.de)

## Interessieren Sie sich für weitere schweißtechnische Themen? Wir bieten Ihnen folgende Informationen:

Aus der Dokumentationsreihe "Wissen - rund ums Schweißen" sind u.a. auch Fibeln für das E-Hand- und MIG/MAG-Schweißverfahren erhältlich.



Poster (DINA1) "Verfahren der Lichtbogen-Schweisstechnik"



Prospekte der gesamten Produktpalette



Fachaufsätze u.a. zu den Themen MAG-Hochleistungs-, Plasma-Aluminium- oder WIG-Impuls-Schweißen.

Alle Informationen finden Sie auch im Internet unter [www.ewm.de](http://www.ewm.de).



Wenden Sie sich an uns oder unsere autorisierten Fachhändler um die gewünschten Informationen kostenlos zu erhalten.

**EWM - Einfach mehr, wenn's ums Schweißen geht!**

Verkauf, Beratung, Service

**EWM** / **HIGHTEC<sup>®</sup> WELDING**

EWM  
HIGHTEC WELDING GmbH  
Dr.-Günter-Henle-Strasse 8 · D-56271 Mündersbach  
Phone +49(0)2680.181-0 · Fax +49(0)2680.181-244  
[www.ewm.de](http://www.ewm.de) · [info@ewm.de](mailto:info@ewm.de)