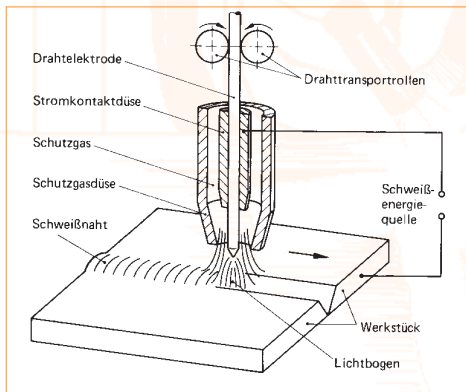


Begriffsbestimmung

DIN: 1910-4 sagt zum Metallschutzgasschweissen: „Der Lichtbogen brennt zwischen einer abschmelzenden Elektrode, die gleichzeitig Schweisszusatz ist, und dem Werkstück. Das Schutzgas ist inert wie Argon, Helium oder ihre Gemische (MIG) oder aktiv (MAG). Es besteht zum Beispiel beim CO₂-Schweissen (MAGC) aus Kohlendioxid oder beim Mischgasschweissen (MAGM) aus einem Gasmisch zum Beispiel, 82% Argon 18% CO₂“.

Verfahrensprinzip

Die „endlose“ Elektrode, kommt von der Spule und wird durch die Drahttransportrollen (Vorschubrollen), durch das Schlauchpaket (Seele) zur Stromkontaktdüse zugeführt. Das freie Drahtende ist relativ kurz, so dass trotz dünner Elektroden hohe Stromstärken angewendet werden können (Stromdichte >100A/mm²). Da je ein Pol der Energiequelle am Werkstück und an der Elektrode liegt, brennt der Lichtbogen auch zwischen der abschmelzenden Elektrode und dem Werkstück.



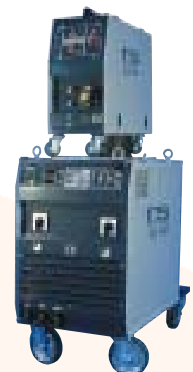
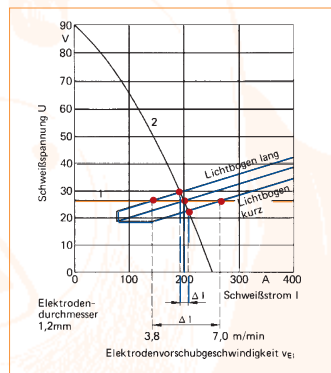
Die Elektrode ist also gleichzeitig Lichtbogensträger und Schweisszusatzdraht. Das Schutzgas strömt ebenfalls durch das Schlauchpaket (Seele) danach durch den Gasverteiler und umgibt die Elektrode konzentrisch und schützt den Lichtbogen, die übergehenden Tropfen und das Schmelzbad unter dem Lichtbogen vor dem Zutritt der Atmosphäre.

Die eigentliche Entwicklung des MIG-Verfahrens kann aber auf das Jahr 1947 zurückgeführt werden als in den USA die ersten brauchbaren Geräte für dieses Verfahren auf den Markt kamen. 1950 kam das Verfahren auch nach Europa. Inzwischen nimmt das Metall-Schutzgasverfahren, gemessen an den mit allen Schmelzschweisverfahren gefügten Nähten, einen Anteil von 75% ein.

Stromquellen-Lichtbogenkennlinie

Zum MIG/MAG Schweissen wird grundsätzlich Gleichstrom verwendet. Die Stromquellen haben entweder eine Konstantspannungcharakteristik (1) oder eine leicht fallende statische Kennlinie (2).

Je waagerechter die Kennlinie ist, desto grösser ist der durch die Lichtbogenlängenänderung erreichbare Einstellbereich der Stromstärke. (siehe Diagramm unten).



Während bei Änderung der Lichtbogenlänge im eingezeichneten Bereich bei fallender Kennlinie (2) nur eine Änderung der Stromstärke um 15 A möglich ist, kann bei der waagerechten Kennlinie (1) die Stromstärke in diesem Bereich um fast 130 A verändert werden.

Die Stromquelle soll fein einstellbar sein. Zur Vermeidung überhöhter Stromspitzen in der Kurzschlussphase, wodurch Spritzer verursacht werden können, dafür werden die Stromquellen mit Drosseln ausgerüstet, die den Anstieg des Kurzschlussstromes verlangsamen.

Lichtbogenarten



Kurzlichtbogen (KLB)



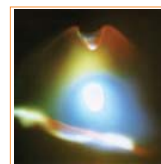
Langlichtbogen (LLB)



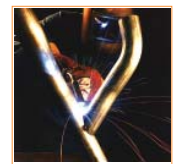
Sprichtlichtbogen (SLB)



Rotierender Lichtbogen (RLB)



Impulslichtbogen (ILB)



Man unterscheidet zwischen verschiedenen Lichtbogenarten die alle ihr Einsatzgebiet erfüllen.

Kurzlichtbogen (KLB): Mit kurzen Lichtbogen, das heisst wenn mit niedriger Lichtbogen Spannung und Stromstärke und im unteren Bereich geschweisst wird. Die Oberflächenspannung des Bades zieht den Tropfen in die Schmelze hinein und der Lichtbogen zündet wieder.

Dieser Zyklus wiederholt sich immer von neuem und es kommt auf diese Weise zu einem dauernden Wechsel von Kurzschluss und Lichtbogenbrennzeit. *Der Werkstoff geht nur in der Kurzschlussphase über.* Die Kurzschlussfrequenzen hängen von Stromstärke, Lichtbogenspannung und verwendetem Schutzgas ab und liegen etwa zwischen 20-120 Kurzschlüssen je Sekunde. Gut eingestellte Anlagen erzeugen einen fast spritzerfreien Werkstoffübergang, auch unter CO_2 !. Wegen des verhältnismässig kalten Schmelzflusses bietet sich das KLB vor allem für *dünne Bleche*, für *Wurzellagen* und zum Schweissen in *Zwangslagen* an!

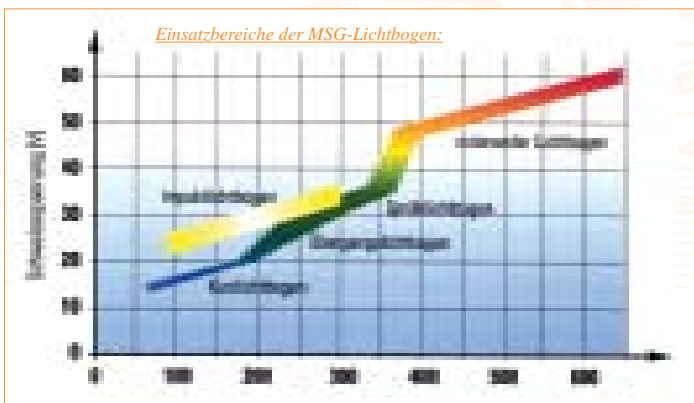
Mischlichtbogen (MLB): Der Kurzlichtbogen stellt sich im unteren Leistungsbereich ein, der Sprüh-/Langlichtbogen im oberen. Dazwischen liegt der *Mischlichtbogen*, den man als etwas längeren Kurzlichtbogen (erhöhte Lichtbogenspannung) bezeichnen könnte und der durch einen gemischten Werkstoffübergang, teils im freien Flug, teils im Kurzschluss gekennzeichnet ist. Diese Art des Werkstoffübergangs ist gekennzeichnet durch verstärkte Spritzerbildung. Der Bereich sollte deshalb nach Möglichkeit gemieden oder durch den Impulslichtbogen ersetzt werden.

Langlichtbogen (LLB): im Langlichtbogen werden mit hohen Leistungen grössere Wanddicken unter Kohlendioxid (CO_2) MAG geschweisst. Der Werkstoffübergang ist grobtropfig und spritzerbehaftet.

Sprühlichtbogen (SLB): Die kennzeichnendste Eigenschaft eines Sprühlichtbogens ist nach DIN 1910-4 „*Ein feintropfiger, praktisch kurzschlussfreier Werkstoffübergang*“. Das Verfahren ermöglicht eine höhere Schweissgeschwindigkeit als das Kurzlichtbogenschweissen. Eignet sich erst für Blechdicken >3 mm aufwärts. Der Sprühlichtbogen entsteht bei > 24 V meistens gegen 180 A - je nach Gasart und Drahtdurchmesser. Eignet sich nicht für Zwangslagen sondern nur für Füll- und Decklagen.

Rotierender Lichtbogen (RLB): Sind sehr hohe Abschmelzleistungen erforderlich und Bauteile von grosser Wandstärke, so kann mit dem rotierenden Lichtbogen (RLB) geschweisst werden. Er bildet sich unter speziellen Argon-Mischgasen mit Helium- und Sauerstoffanteilen stabil aus. Bei Erhöhung der Spannung beginnt der Lichtbogen und damit das angespitzte Drahtende im Drehsinn des umgebenden Magnetfeldes zu rotieren. Dadurch entsteht ein flacher, aber breiter Einbrand. Die Hochleistungsvarianten sollten wegen der hohen Abschmelzleistung, von Ausnahmen abgesehen, nur vollmechanisch angewandt werden.

Impulslichtbogen (ILB): Durch die Stromimpulse erreicht man einen in der Impulsfrequenz gesteuerten Tropfenübergang. Der Grundstrom hält das Elektrodenende und das Schmelzbad nur flüssig, und bei jedem Anstieg der Stromstärke gehen infolge der im Quadrat der Stromdichte ansteigenden Lorenzkraft (Pinch-Effekt) ein oder mehrere Tropfen zum Werkstück über.



Eine Grenze der Anwendung des Impulslichtbogens ergibt sich schon durch die verwendbaren Schutzgase. Dabei kommen lediglich inerte Gase, z.B. Argon, Helium und Argon-Helium-Gemische sowie hochargonhaltige Mischgase nach DIN EN 439 für einen unter massgeblichem Einfluss des Pinch-Effektes ablaufenden Tropfenübergang in Frage. ILB wird bevorzugt eingesetzt für den mittleren Leistungsbereich anstelle des Übergangslichtbogens. Der Werkstoffübergang erfolgt kurzschlussfrei mit definierter Tropfenbildung pro Impuls. Der ILB weist die geringste Spritzerbildung im Vergleich zu allen anderen Lichtbogenarten auf.

Schutzgase für das MSG-Schweissen

Eine Zuordnung der zum MIG-/MAG-Schweissen geeigneten Schutzgase zu den einzelnen Werkstoffen zeigt die folgende Tabelle:

Werkstoff:	Schutzgas nach DIN EN 439
Alu + Alu-Legierungen	I1, I2, I3
Mg + Mg-Legierungen	I1
Unlegierter Stahl	M11-M14, M21-M24, M31-M33, C1
Niedriglegierter Stahl	M11-M14, M21-M24, M31-M33, C1
Nichtrostender Stahl	M12, M13, M23, M32, (I1)
Cu + Cu-Legierungen	I1, I2, I3
Ni + Ni-Legierungen	I1, (R1)
Ti + Ti-Legierungen	I1

Eine Faustregel sagt, dass der Schutzgasvolumenstrom das 10- bis 12-fache des Elektroden durchmessers in Lt je Minute betragen soll, bei einem 1,2 mm Draht also etwa 12 lt bis 14 lt/min. Die genaue Menge hängt natürlich auch von der umgebenden Luftbewegung ab. In zugigen Hallen, vor offenen Türen usw. ist die Schutzgasmenge zu erhöhen. Zu grosse Strömungsgeschwindigkeiten können aber zu Turbulenzen in der Schutzgasabdeckung führen und damit einen negativen Effekt ausüben.

Interessante Richtwerte

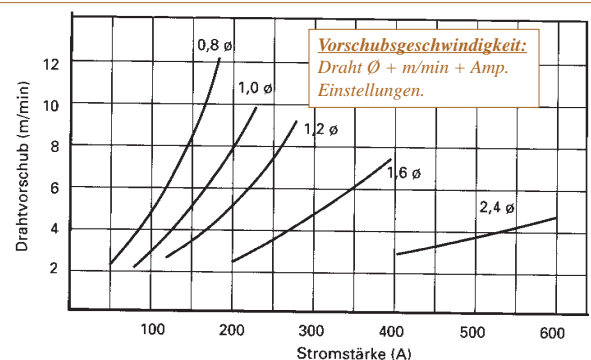
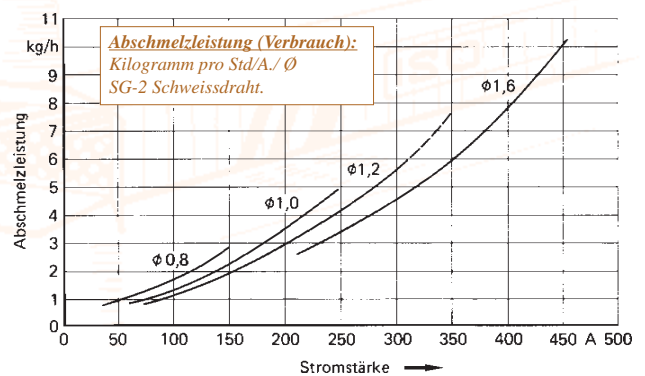
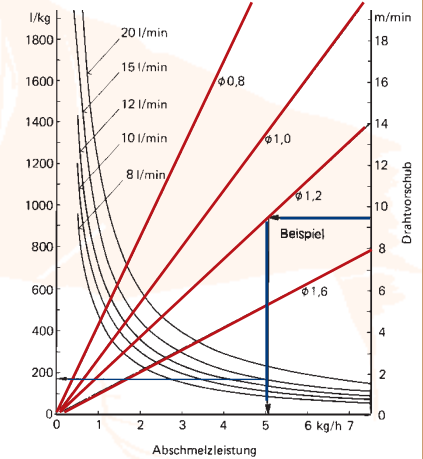
Schweisstromwerte und Abschmelzleistung (Richtformel):

Schutzgasverbrauch, abhängig von der Gasmenge und der Abschmelzleistung (nach Linde AG).

Beisp.

- Ø 1,2 mm Draht
- 9,5 m/min
- 5,2 kg/h
- Gasmenge: 15 L/min

= **Gasverbrauch: 180 l/kg**



Gase: PanGas-Bezeichnung	Norm EN 439	Zusammensetzung in Volumen-%						MAG Baustähle	MAG hoch legierte Stähle	MIG Alu	WIG / WP		Formieren
		Ar	CO ₂	O ₂	He	H ₂	N ₂				Stahl	Alu	
Argon 4.6	I1	100								X	X	X	X
Argon 4.8	I1	100								X	X	X	X
MISON@Ar	I1	99,97								X	X	X	X
MISON@8	M21	92	8					X					
COXOGEN@10	M21	90	10					X					
COXOGEN@5/5	M23	90	5	5				X					
COXOGEN@15	M21	85	15					X					
CORGON@18	M21	82	18					X					
CORGON@15/5	M24	80	15	5				X					
MISON@25	M21	75	25					X					
CORGON@S 5	M22	95		5				X					
CORGON@He 30	M21 (1)	60	10		30			X					
T.L.M.E.-Gas	M24 (1)	65	8	0,5	26,5			X					
CRONIGON@	M12	97,5	2,5						X				
MISON@2	M12	97,97	2						X				
CRONIGON@He 20	M12 (1)	77,5	2,5		20				X				
CRONIGON@He 30 S	M11 (1)	67,95	0,05		30	2			X				
MISON@2 He	M12 (1)	67,97	2		30				X				
CRONIGON@He 33	M11 (1)	63	3		33	1			X				
CRONIWIG@N 3	SAr+3N ₂	97					3				X		
CRONIWIG@N 3 He	SI3+3N ₂	77			20		3				X		
MISON@H2	R1	97,97				2					X		
HYDRARGON@2	R1	98				2					X		
HYDRARGON@5	R1	95				5					X		
HYDRARGON@7	R1	93				7					X		
MISON@He 20	I3	80			20				X			X	
VARIGON@He 30 S	I3	69,97		0,03	30				X			X	
VARIGON@He 50	I3	50			50				X			X	
VARIGON@He 60	I3	40			60				X			X	
VARIGON@He 70	I3	30			70				X			X	
Helium 4.6	I2				100							X	
Stickstoff 4.5	F1						100						X
Kohlendioxid	C1		100										X
Formiergas 10	F2					10	90						X
Formiergas 25	F2					25	75						X
Formiergas 5	F2					5	95						X
Formiergas 8	F2					8	92						X

Richteinstellungen für das MAG-Schweissen

MAG-Schweissen von **Stumpfnähten** an **unlegiertem** und **niedriglegiertem** Stahl. **Schutzgas:** Mischgas / Richtwerte.

Blechdicke	S.Pos.	Draht Ø	m/min	Amp.	Lichtbogen-Spannung	Lagen Zahl
1.0 mm	PA, PB	0.8 mm	3.8	65 A	17V	1
1.5 mm	PA, PB	0.8 mm	7.2	115 A	18V	1
2.0 mm	PA, PB	0.8 mm	7.3	130 A	19V	1
3.0 mm	PB	1.0 mm	10.6	215 A	22.5V	1
3.0 mm	PG	1.0 mm	9.0	210 A	21.5V	1
4.0 mm	PA, PB	1.0 mm	10.7	220 A	23V	1
4.0 mm	PB	1.2 mm	9.2	280 A	28V	1
5.0 mm	PB	1.2 mm	9.5	300 A	29.5V	1
5.0 mm	PG	1.2 mm	4.2	190 A	19.5V	3
6.0 mm	PB	1.2 mm	9.5	300 A	29.5V	1
6.0 mm	PF	1.0 mm	4.7	115 A	17.5V	1
8.0 mm	PB	1.2 mm	9.5	300 A	29.5V	3
8.0 mm	PF	1.0 mm	4.8	130 A	18.5V	2
10.0 mm	PB	1.2 mm	9.5	300 A	29.5V	4
10.0 mm	PB	1.6 mm	6.4	380 A	34V	3

Richteinstellungen für das MAG-Schweissen

MAG-Schweissen von **Kehlnähten** an **unlegiertem** und **niedriglegiertem** Stahl. **Schutzgas:** Mischgas / Richtwerte.

Blechdicke	S.Pos.	Draht Ø	m/min	Amp.	Lichtbogen-Spannung	Lagen Zahl
1.0 mm	PA, PB	0.8 mm	3.8	65 A	17V	1
1.5 mm	PA, PB	0.8 mm	7.2	115 A	18V	1
2.0 mm	PA, PB	0.8 mm	7.3	130 A	19V	1
3.0 mm	PB	1.0 mm	10.6	215 A	22.5V	1
3.0 mm	PG	1.0 mm	9.0	210 A	21.5V	1
4.0 mm	PA, PB	1.0 mm	10.7	220 A	23V	1
4.0 mm	PB	1.2 mm	9.2	280 A	28V	1
5.0 mm	PB	1.2 mm	9.5	300 A	29.5V	1
5.0 mm	PG	1.2 mm	4.2	190 A	19.5V	3
6.0 mm	PB	1.2 mm	9.5	300 A	29.5V	1
6.0 mm	PF	1.0 mm	4.7	115 A	17.5V	1
8.0 mm	PB	1.2 mm	9.5	300 A	29.5V	3
8.0 mm	PF	1.0 mm	4.8	130 A	18.5V	2
10.0 mm	PB	1.2 mm	9.5	300 A	29.5V	4
10.0 mm	PB	1.6 mm	6.4	380 A	34V	3

Lichtbogenbereiche beim MAG-Schweissen

Draht Ø/mm	Schutzgas	KLB	MLB	S-LLB
0.8	Ar + 18% Co ²	50 A/15.5V-160A/22V	145A/24.8V-193A/25V	176A/28.2V-225A/33.5V
0.8	reines Co ²	50 A/15.4V-113A/21.2V	92A/23.6V-135A/23.5V	127A/25.8V-195A/36V
1.0	Ar + 18% Co ²	65 A/15.2V-177A/20.5V	160A/24V-220A/25.5V	215A/28.5V-280A/34V
1.0	reines Co ²	60 A/16V-140A/19.5V	125A/22.5V-165A/22.5V	155A/25.5V-265A/37V
1.2	Ar + 18% Co ²	80 A/14.8V-193A/19.5V	175A/23V-258A/26V	245A/29V-350A/34.5V
1.2	reines Co ²	75 A/16.8V-165A/18V	150A/22V-197A/21.5V	180A/25V-330A/38V

Viele Schweißverfahren lassen sich teil- oder vollmechanisiert anwenden, oder man kann den Schweißvorgang sogar automatisieren. Eine Hilfe bietet oft der einfache Einsatz eines elektrisch gesteuerten Drehtisches mit Fusspedal. Damit können einfache Konstruktionen einfach in einem Arbeitsgang geschweisst werden. Für diese Anwendung eignet sich das MIG/MAG sowie das WIG Verfahren am besten.

