Schweißrauchminderung beim MAG-Schweißen – ganzheitliche Betrachtungen und angepasste Schutzgase zur Substitution

Çerkez KAYA
Air Liquide ALTEC NC Europe
Domain leader Welding & Cutting

SCHWEISSER CAMPUS
von Air Liquide

Inhalte

- ➔ Ursprung von Schweißrauch-Emissionen
- ➔ Schutzgase, Substitutionspotentiale für Schweißrauchminimierung
  - ➔ Einfluss auf den Lichtbogen
  - ➔ Wirkung von Aktivgasen auf Legierungs- zu/abbrand
  - ➔ Schweißrauche in Abhängigkeit von Schutzgas und Zusatzwerkstoff
  - ➔ Produktivität und Qualitätssteigerung
- ➔ Schutzgase Konzepte - Beitrag zur Schweißrauch Minimierung
- ➔ Zusammenfassung

Das STOP-Prinzip im Arbeitsschutz

Zwingende Rangfolge für Schutzmaßnahmen in Deutschland:

S

Substitution

Gefahren an der quellen ersetzen.

Ersatz durch weniger gefährliche Alternativen als primäres Ziel.

T

Technische

Schutzmaßnahmen

Räumliche Trennung der Gefahr, z.B. durch Absaugungen, Kapselungen oder Barrieren.

O

Organisatorisch

Schutzmaßnahmen

Zeitliche/räumliche Trennung, z.B. Arbeitszeitverkürzung, Schulungen & Unterweisungen.

P

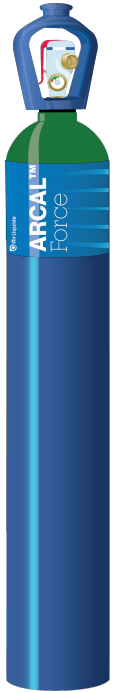
Personenbezogen

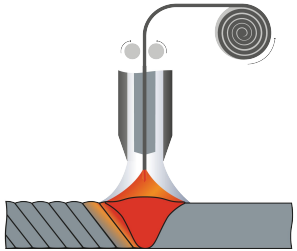
Schutzmaßnahmen

Individueller Schutz an der Person. Nutzung von PSA, z.B. Atemschutzmasken (letzte Instanz).

Ursprung des Schweißrauch-Emissionen 1/2

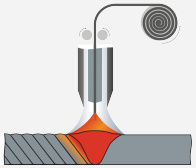
Woher kommen die Schweißrauch-Emissionen ?





Ursprung des Schweißrauch-Emissionen 2/2

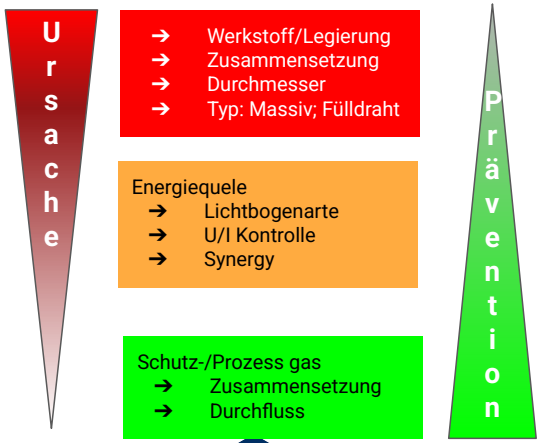
Woher kommen die Schweißrauch-Emissionen?



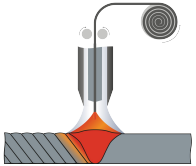
Schweißrauch entsteht hauptsächlich durch::
- ➔ Sie entstehen hauptsächlich aus:
- ➔ **Schweißzusatz, (Ursache von ca. 95 % der Schweißrauche)**
- ➔ Grundwerkstoffe,
- ➔ Oberflächen-Beschichtungen
- ➔ Oberflächenverunreinigungen: Schmiermittel, Farben...
- ➔ Die Schutzgase transportieren keine festen Bestandteile in den Schweißbereich.

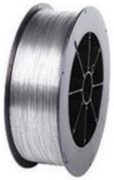
Sie können jedoch auch ein Produkt der Reaktion von aktiven Gasen mit Materialien sein.

Substitution
Maßnahmen zur Minimierung von Schweißrauch an der Quelle:



Schutzgase Eigenschaften und Einfluss auf Schweißprozesse





Abschirmung der Schmelze/Schweißnaht gegen der Umgebungsatmosphäre

- ➔ Reaktion mit dem Material, zu und abbrand:
  - ◆ Beeinflussung der Metallurgische Struktur
  - ◆ Oxidation/Desoxidation
- ➔ Beeinflusst die Schmelzviskosität
  - ◆ Materialübergang
  - ◆ Poren-, Spritzerreduzierung
  - ◆ Gleichmäßige Schweißnaht

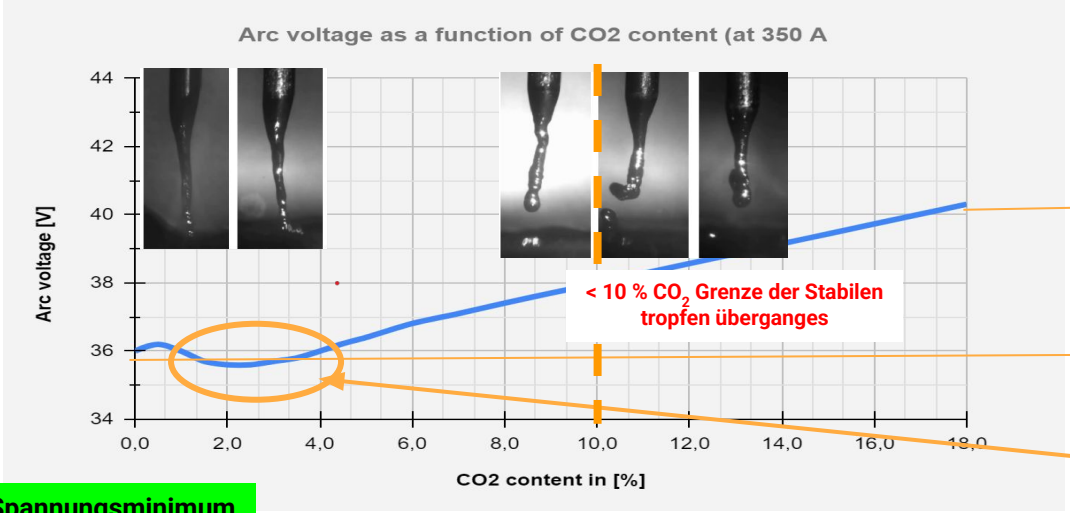
- ➔ Stabilität des Prozesses
- ➔ Energieeintrag, Wärmeübertrag
- ➔ Erhöhung der Schweißgeschwindigkeit
- ➔ Einbrandtiefe und geometrie

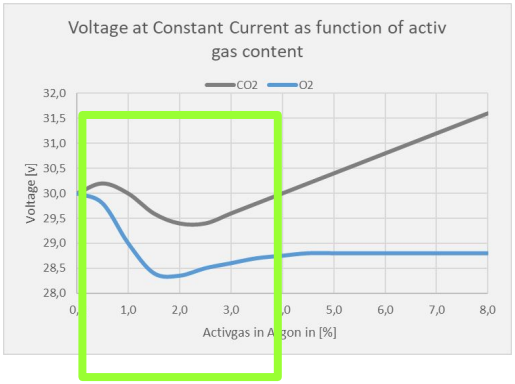
Gas	Dichte/Luft	Ionisation energy [eV]
Argon	1,38	15,7
Helium	0,138	24,5
Nitrogen	0,968	15,8
CO2	1,529	14,4
Oxygen	1,105	12,5
Hydrogen	0,07	15,4

Kohlendioxid
Sauerstoff oder Wasserstoff
Stickstoff

Kohlendioxid
Sauerstoff, Wasserstoff
Helium

Auswirkung von Aktivgasanteilen auf Lichtbogen und Materialübertragung





Die Änderung des Schutzgases von 4 % auf 18 % CO2 erfordert 2 Volt mehr (bei einem Strom von 300 A).

Voltage minimum = More stable arc

Spannungsminimum bei 2 % CO_2

< 4 % CO_2 Grenze der Stabilen tropfen überganges

CO_2 in [%]

Mit steigender CO2 (Aktivgas) =
A-Symmetrische Tropfenübergang instabilität, Steigender:

- ➔ Silicate
- ➔ Spritzer
- ➔ Schweißrauche = **Legierungsabbrand**

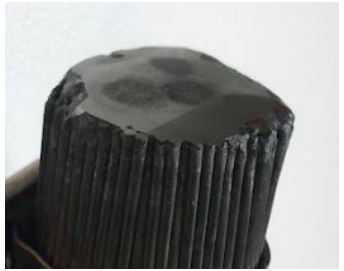
Legierung Abbrand von Draht im Abhängigkeit von Schutzgas

Einfluss aktiver Gase auf Legierung Zu- und Abbrand

Untersuchung des Einflusses von Aktivgasanteilen (O2 und CO2) auf Legierungselemente.
Analyse der Schweißzusammensetzung (27 Legierungselemente) mit OES (Optisches Emissionsspektrometer)

MAG Schweißen-Versuchsparameter:

- Schweißstrom: 300 A
- Spannung: 29-32 V (Variiert je nach Schutzgaszusammensetzung)
- Schweißgeschwindigkeit: 60 cm/min
- Grundwerkstoff: Blech aus S235JR
- Zusatzwerkszoff: G 42 4 M21 3Si1, D0 1,2 mm
- **Schutzgase:**
  - **Ar + O2 0-10%**
  - **Ar +CO2 0-20%**



Werkstoffe	Legierungselemente										
	Fe	C	**Si**	**Mn**	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Cu
	%	%	**%**	**%**	%	%	%	%	%	%	%
Draht: G 3 Si1	97,62	0,0743	**0,86**	**1,48**	0,016	0,012	0,018	0,002	0,008	0,0026	0,102
Blech: S 235 JR	98,91	0,139	**0,009**	**0,85**	0,012	0,006	0,033	0,005	0,019	0,034	0,011

Laborergebnisse Manganabbrand

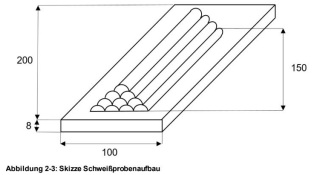
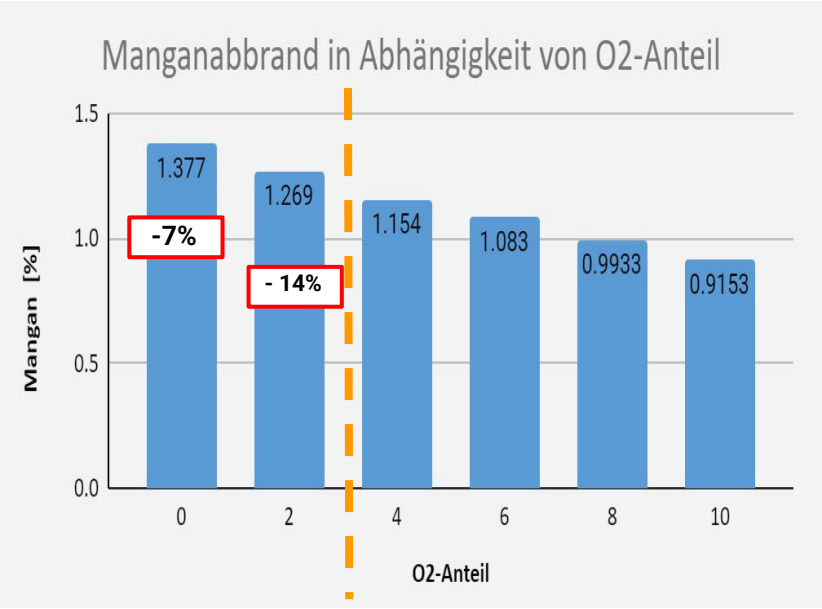
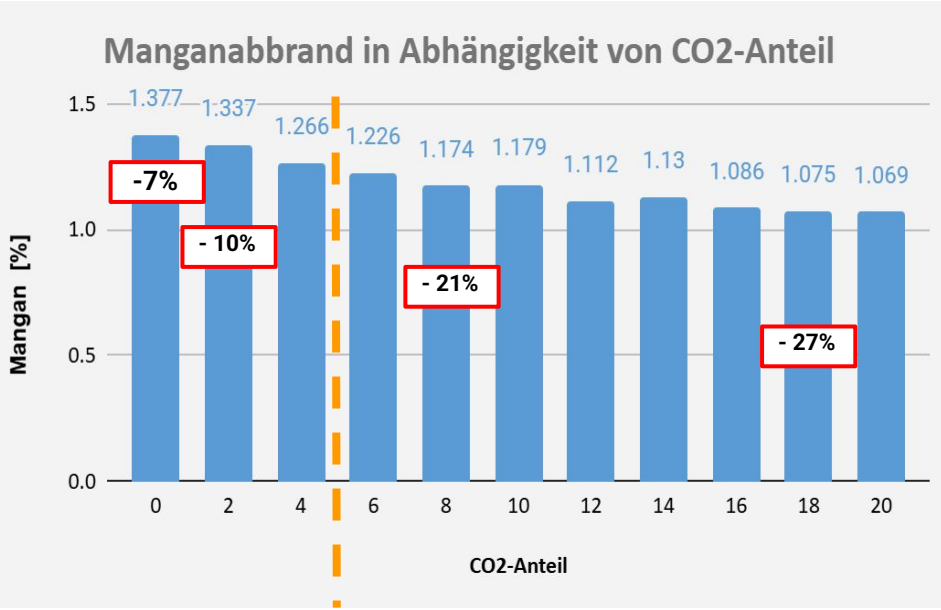


Abbildung 2-3: Skizze Schweißprobenaufbau

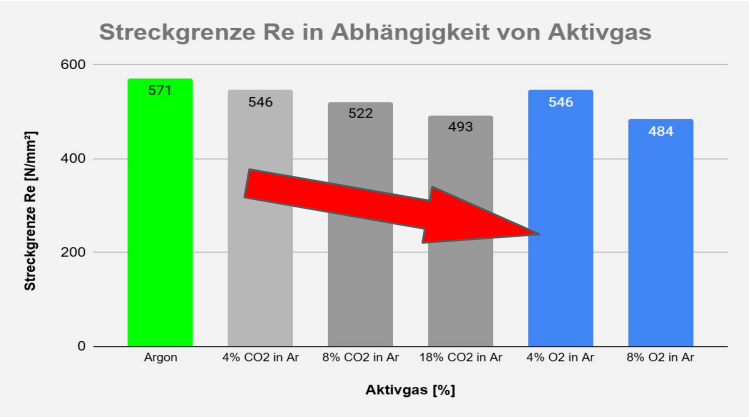
		Legierungselemente										
		Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Cu
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Material	Draht	97.62	0.0743	0.86	1.48	0.016	0.012	0.018	0.002	0.008	0.0026	0.102
	Blech	98.91	0.139	0.009	0.85	0.012	0.006	0.033	0.005	0.019	0.034	0.011





Aktivgaseinfluss auf Festigkeit/Härte (G3 Si1)

Drahtelektrode	Schutzgas	Legierung			Rm
ISO 14341		C [%]	Si [%]	Mn [%]	[N/mm²]
G2Si (SG1)	C1; M21	0,09	0,6	1,15	> 420
G3Si1 (SG2)	C1; M21, M20	0,09	0,87	1,47	> 420
G4Si1 (SG3)	C1; M21	0,09	0,95	1,67	> 470



Inspection Certificate 3.1 according to EN 10204:2004 **EN 14341-A G 42 4 M21 3Si1**

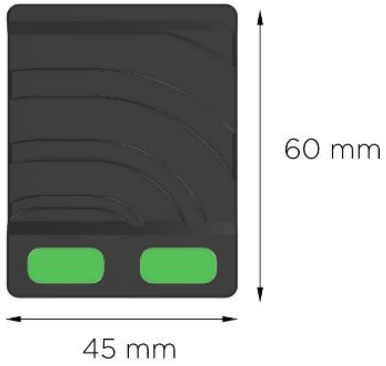
Mechanical properties / Mechanische Gütewerte		
Item/ Einzelheit	Requirement/ Anforderung	Actual Result/ Tatsächliches Resultat
Tensile Strength/ Zugfestigkeit Rm (MPa)	>=500	580
Yield Strength/ Dehngrenze Re/Rp0,2 (MPa)	>=420	495
Elongation/ Dehnung A(5%)	>=22	25
Impact Value/ Einfluß-Wert KV(J)	>=47	70(83,65,61)
Impact Temp/ Einfluß Temp (°C)	- 40	-40

Schweißrauch in Abhängigkeit von:

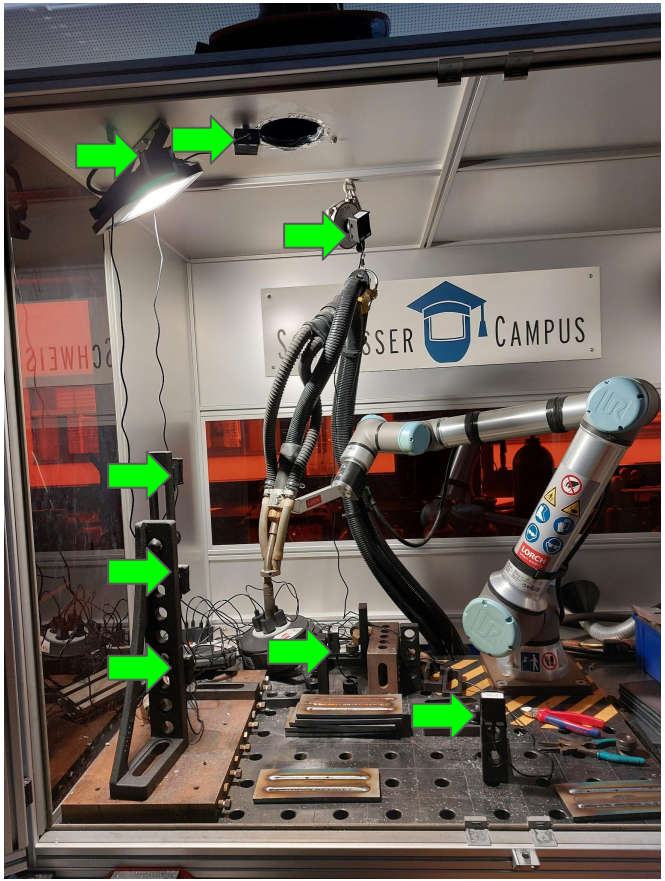
Lichtbogenart - Schutzgas

Aufbau Rauchmessung

➔ **Sensoren WELDED.IO**

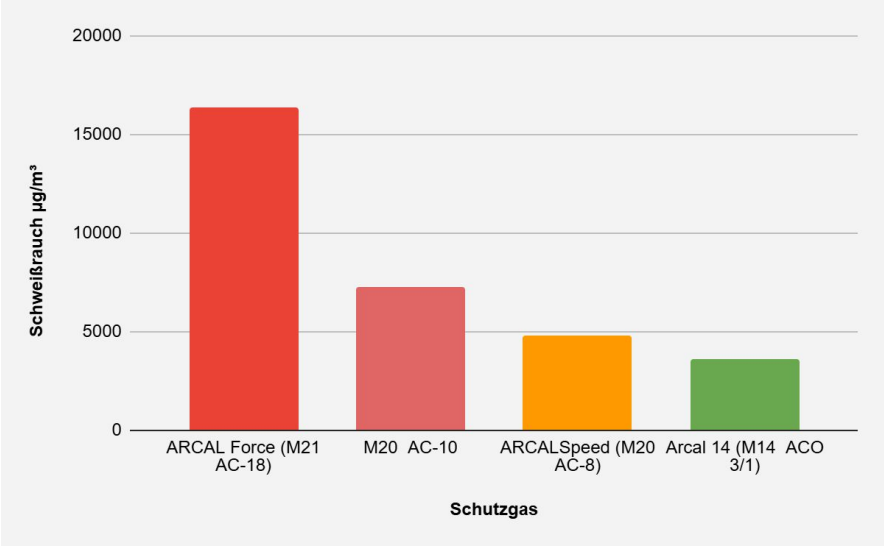


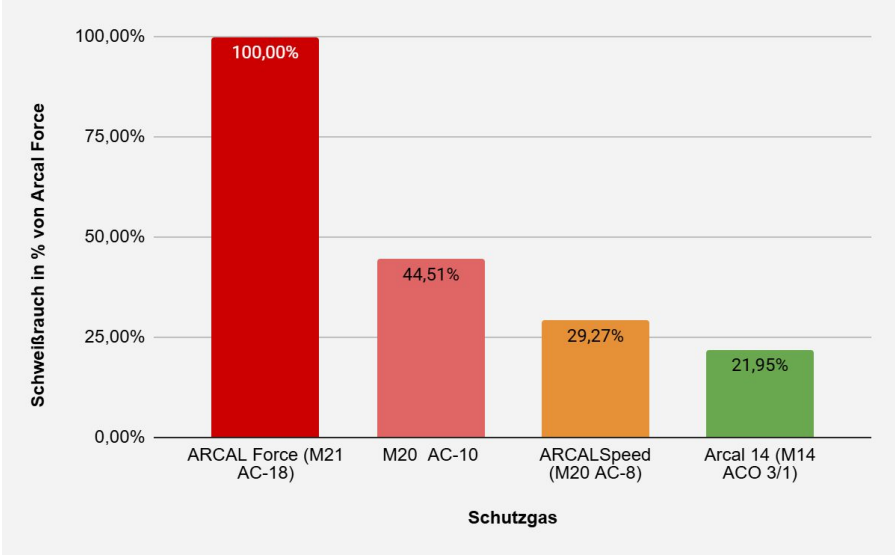
Schweißrauchsensor
Kalibrierte Erfassung der Schweißrauchkonzentration



Sprühlichtbogen

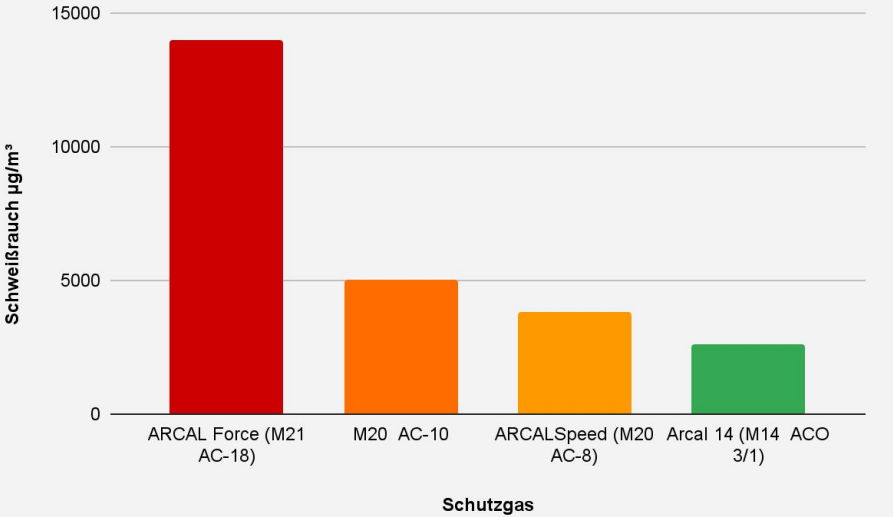
- ➔ Schweißgeschwindigkeit: 11,8 mm/s
- ➔ Drahtgeschwindigkeit: 10 m/min
- ➔ Stromstärke: 300 A
- ➔ Spannung: 32,4 V

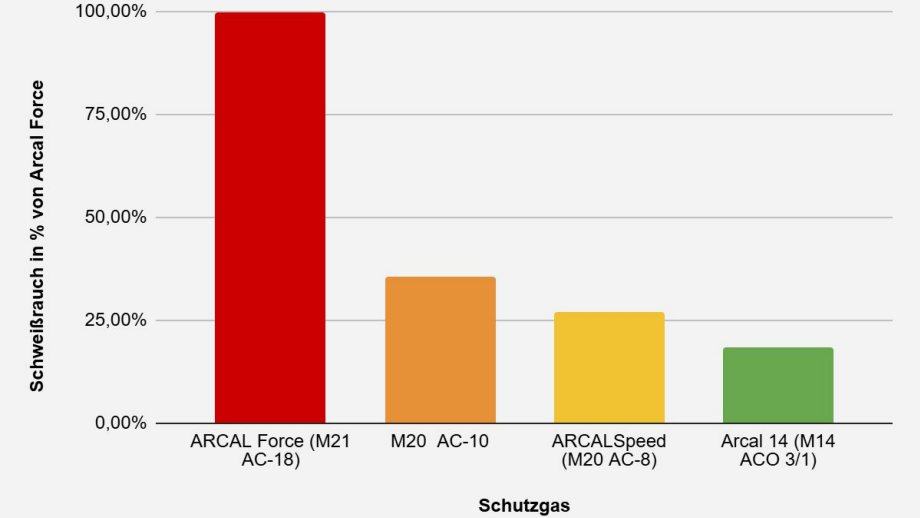




Impulslichtbogen

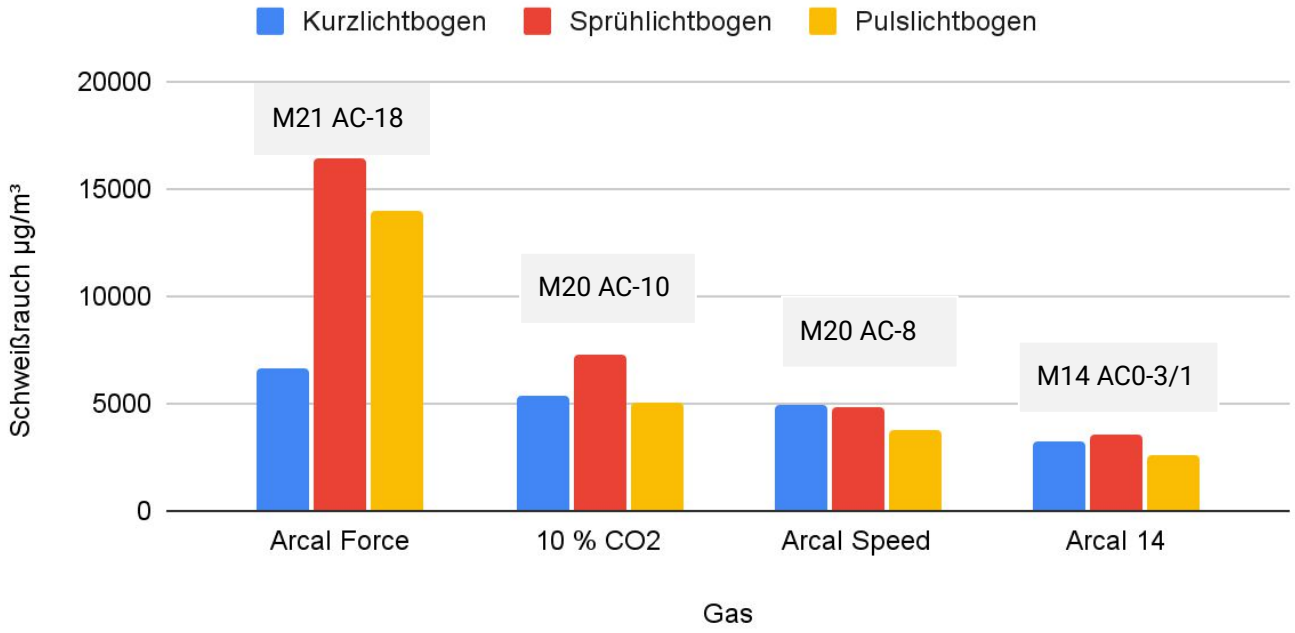
- ➔ Schweißgeschwindigkeit: 11,8 mm/s
- ➔ Drahtgeschwindigkeit: 10 m/min
- ➔ Stromstärke: 273 A
- ➔ Spannung: 31,1 V





Übersicht

Schweißrauchemission der Lichtbogentypen in Abhängigkeit vom Schutzgas



Schweißrauch-Minimierung durch Substitution

Substitution- Minimierung von Schweißrauch an der Quelle

Draht

G3Si1verkupfert/**Böhler EMK 6 ultra**

Energiequelle
- ➔ Lichtbogenarte
- ➔ U/I Kontrolle
- ➔ Synergy

➔ Schutzgas

M21 AC-18 /ARCAL Force

Substitution

Substitution

G3Si1 unverkupfert /Böhler Ecospark 6 NC

M14 ACO-3/1 = ARCAL 14

Schweißrauchredutzierung durch Substitution

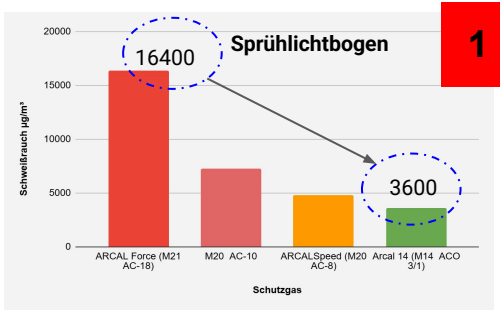
- ➔ EMK 6 ultra:
  G3Si1 verkupfert
- ➔ Ecospark 6 NC: G3Si1
  unverkupfert

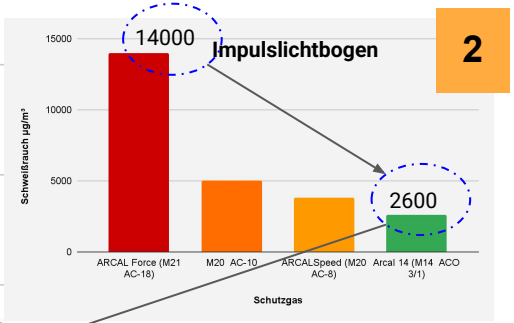
Arcal Force: 18% CO2

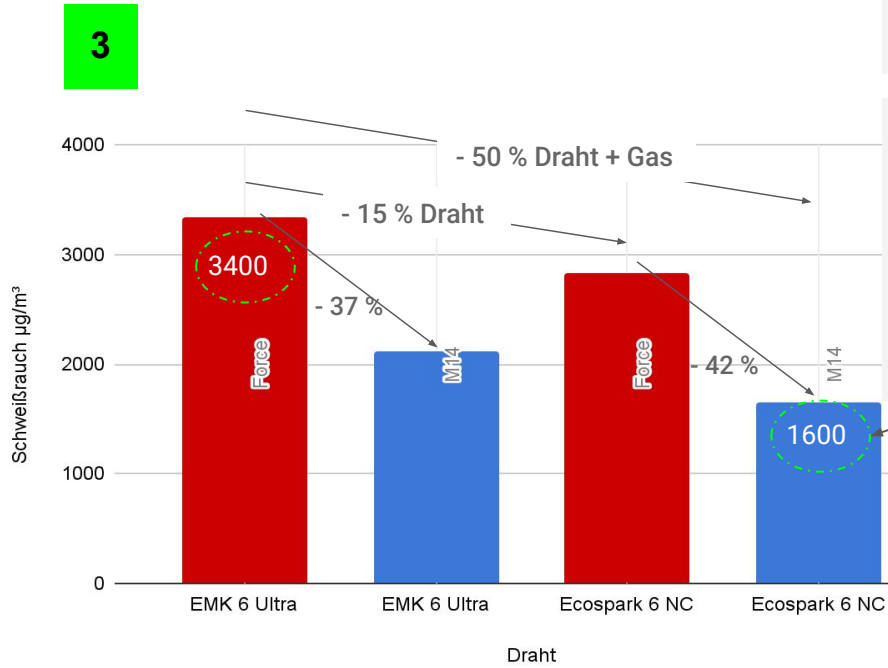
200 A 28,1V Speedpuls

Arcal 14: 3% CO2, 1% O2

216 A 25,4V Speedpuls



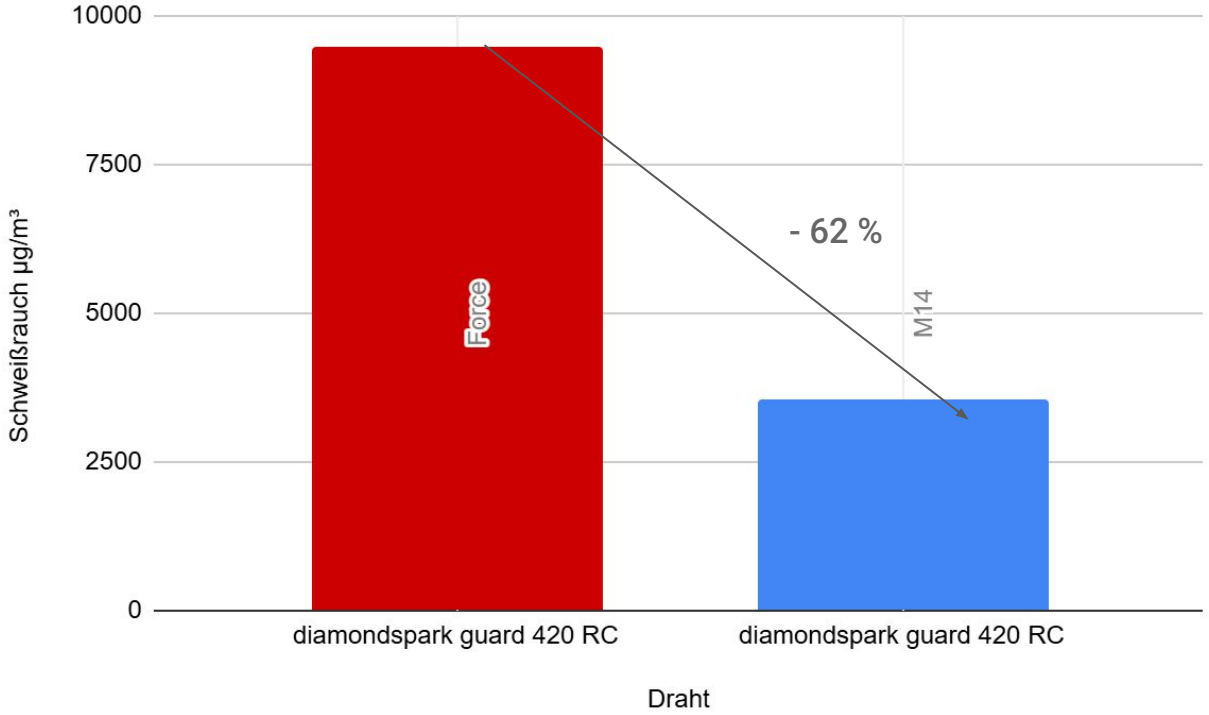




Schweißrauchemessung Drahtgüten - Böhler

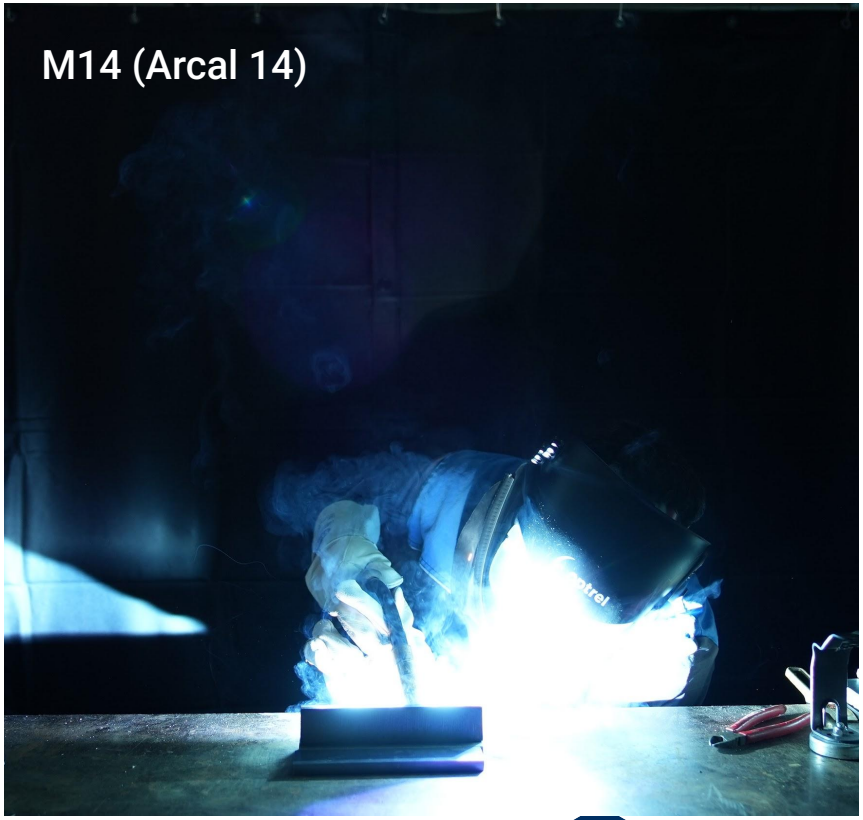
➔ **Rutilfülldraht**

Diamondspark guard 420 RC



Produktivität und Qualitätssteigerung
Vergleich
M14 – ArCO-3/1 (ARCAL 14) - Ar +18% CO2
an 12 mm Blech

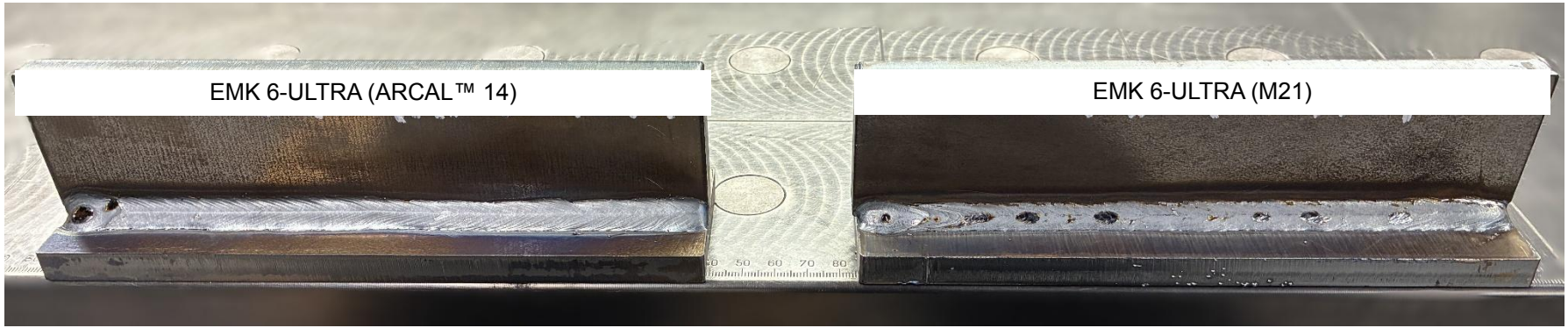
Emissionen Beispiel Sprühlichtbogen



Schweißversuche von Voestalpine

Schweißparameter	
Schutzgas	ARCAL™ 14
Drahtvorschub	9 m/min
Stromstärke	292 A
Spannung	24,7 V
Schweißgeschwindigkeit	30 cm/min

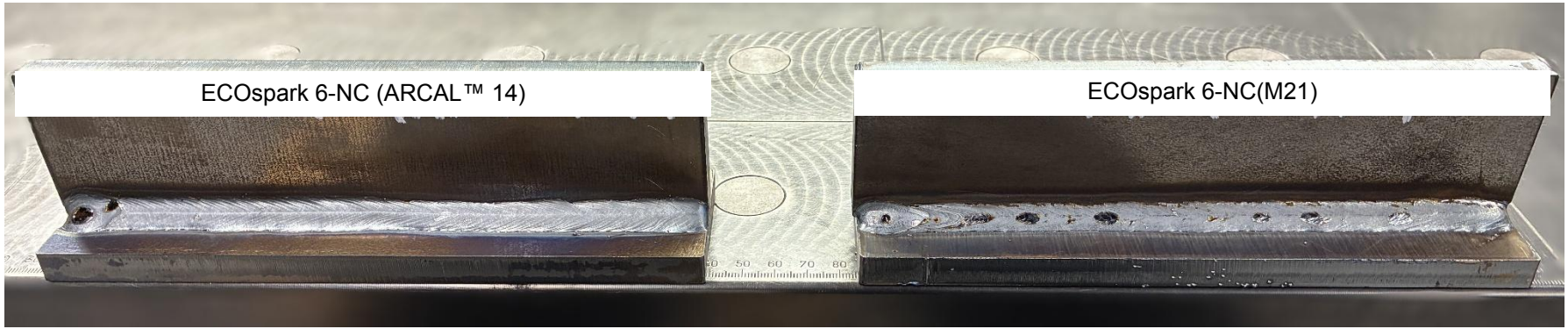
Schweißparameter	
Schutzgas	M21
Drahtvorschub	9 m/min
Stromstärke	290 A
Spannung	28,0 V
Schweißgeschwindigkeit	30 cm/min



Schweißversuche von Voestalpine

Schweißparameter	
Schutzgas	ARCAL™ 14
Drahtvorschub	9 m/min
Stromstärke	298 A
Spannung	24,5 V
Schweißgeschwindigkeit	30 cm/min

Schweißparameter	
Schutzgas	M21
Drahtvorschub	9 m/min
Stromstärke	290 A
Spannung	28,0 V
Schweißgeschwindigkeit	30 cm/min

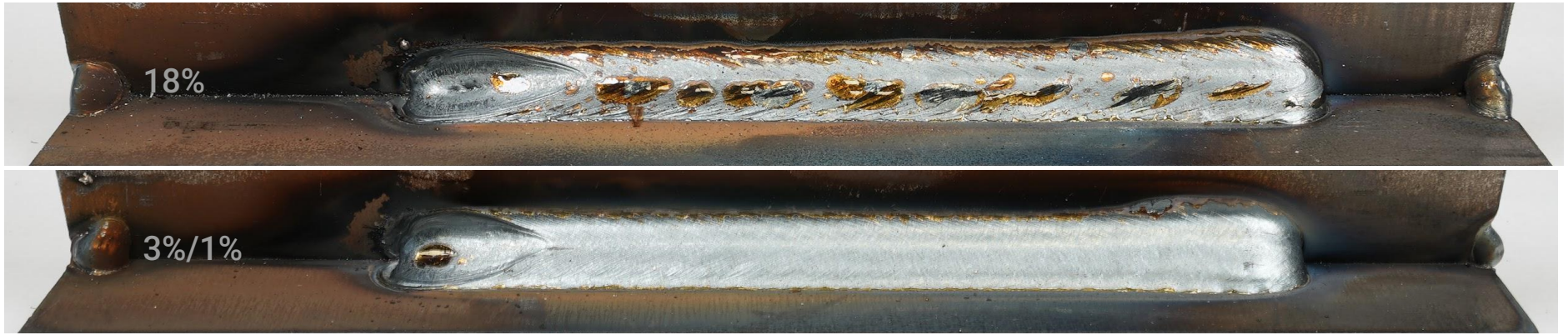


Schweißversuche von Voestalpine - Mechanische Eigenschaften

Draht	Schutz-gas	Rm [MPa]	Re [MPa]	KV@ -40°C [J]	Rm_min [MPa]	Rm_max [MPa]	Re_min [MPa]	KV_T [°C]	KV_min [J]
EMK 6-ULTRA	ARCAL™ 14	592	522	127	500	640	>420	-40	>47
ECOspark 6-NC	ARCAL™ 14	607	530	133	500	640	>420	-40	>47

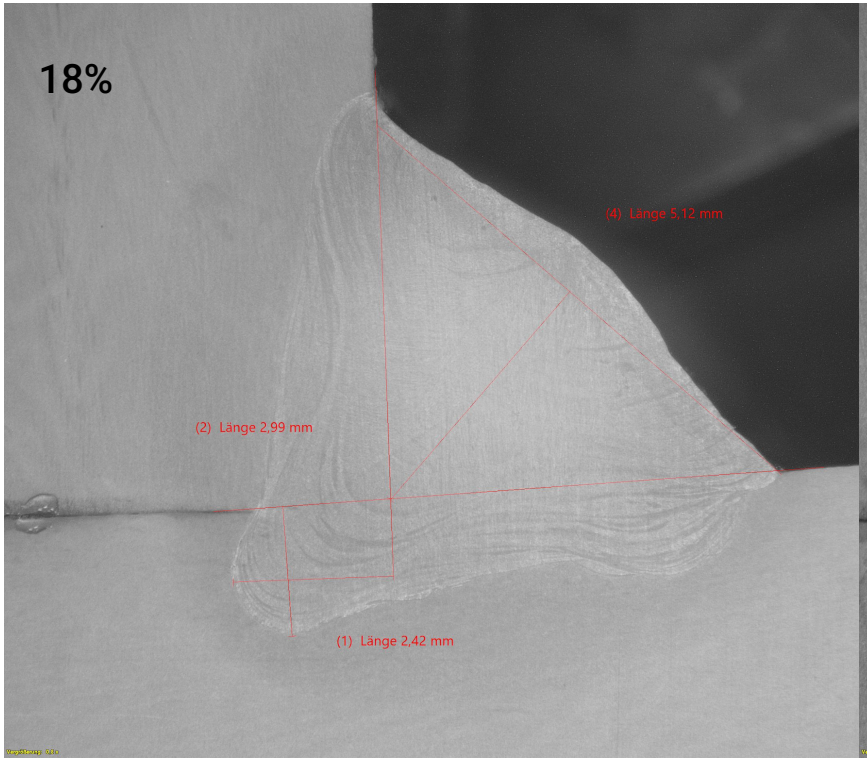
Blechdicke 12 mm mit angepasster Puls Kennlinie

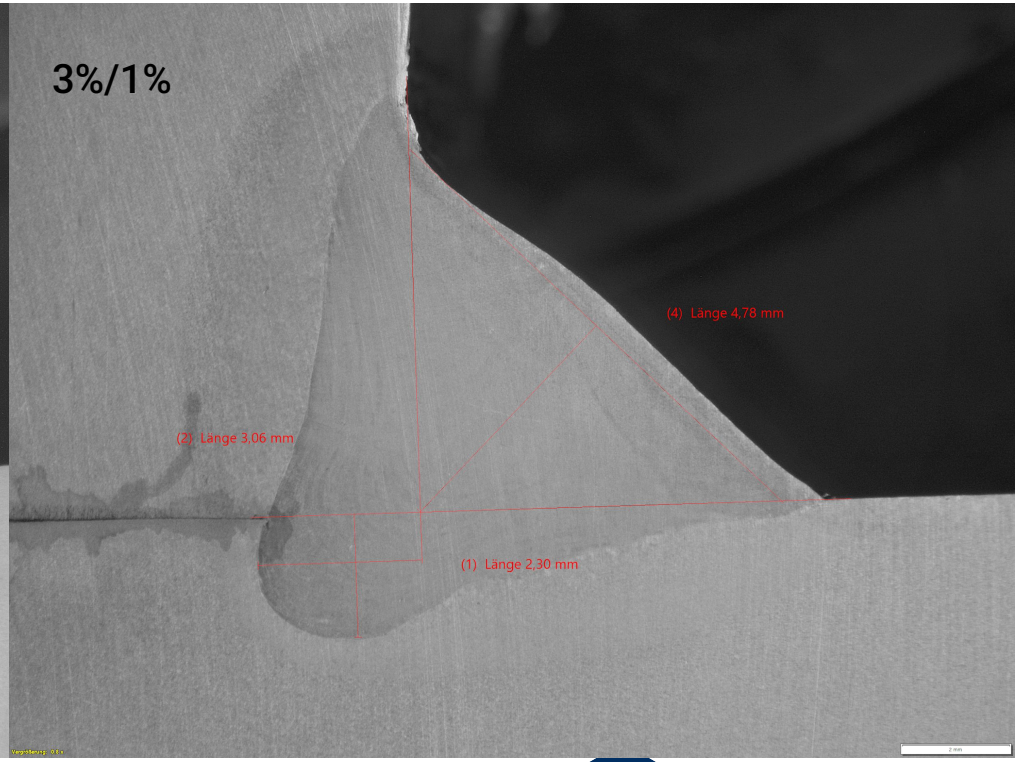
➔ **Silicate formation Arcal Force (45), Arcal 14 (48)**



Blechdicke 12 mm mit angepasster Puls-Kennlinie

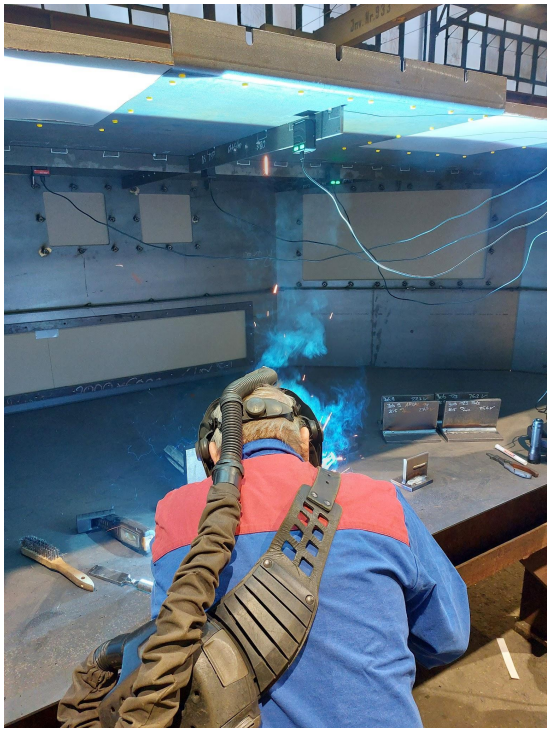
➔ **Penetration Arcal Force (45) vs Arcal 14 (48)**



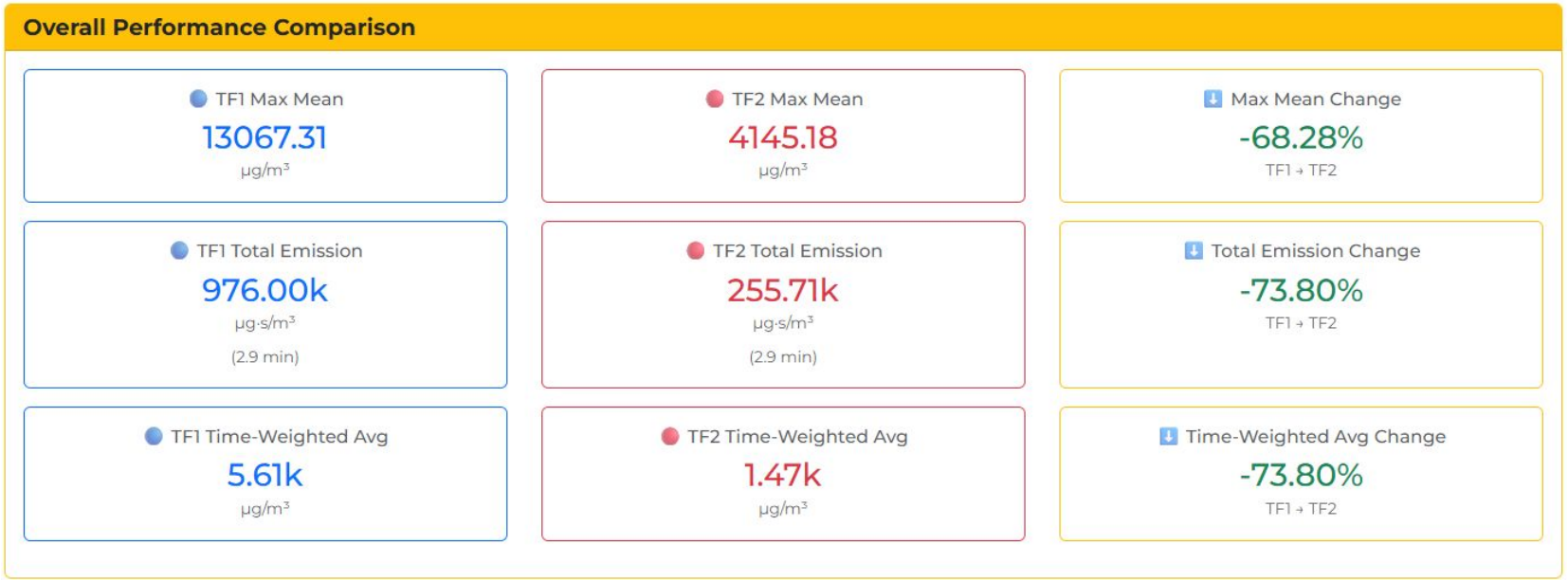


Spritzerbildung an Brenner nach 4 Schweißungen = ca. 0,8 m

Anwendung aus Praxis - Arcal 14



Arcal 14 Kennlinie EWM gemessen mit welded.io-Sensoren



Substitution von M21-Schutzgasen (ArC-18)

Zur Reduktion von Schweißrauchemissionen empfiehlt sich die Substitution von M21-Schutzgasen durch Varianten mit reduziertem CO_2-Anteil oder durch Dreistoffgemische mit einem Sauerstoffzusatz von bis zu 2 %, beispielsweise:

- ➔ M20 – ArC-8 (ARCAL Speed)
- ➔ M14 – ArCO-3/1 (**ARCAL 14**)
- ➔ M24 – ArCO-6,5/2 (**Teral 24/7**)

Vorteile:

- ➔ Prozessoptimierung: Maximale Prozessstabilität und ein sicherer Einbrand.
- ➔ Schweißnahtqualität: Verbesserte Benetzung sowie Reduzierung der Kerbneigung.
- ➔ Wirtschaftlichkeit: Minimierung von Silikatbildung und Spritzerneigung, was den Aufwand für Nacharbeiten und Systemwartung signifikant senkt.

Zusammenfassung

- ➔ Schweißrauche sind Gesundheitsgefährdend, die Einhaltung der Arbeitsplatzgrenzwerten stellt die Schweißtechnische Fertigung vor Erhebliche Herausforderung.
- ➔ Technische, Organisatorische und PSA alleine Reichen nicht aus um die Grenzwerte einzuhalten.
- ➔ Die **Substitutions Maßnahme: Schutzgas-Draht-Prozess bieten erhebliche Potenziale** um Schweißrauche zu minimieren.
- ➔ **Schweißschutzgase bieten hier den größten Potential, mit überschaubaren aufwand**.
- ➔ Unsere Praxis Erfahrungen mit **ARCAL TEC-Gase z.B. Arcal 14 = Ar + 3%CO2 + 1% O2** zeigen das Schweisrauchminimirung bis 80% durch substitution Möglich ist.
- ➔ Die restlichen Schweißrauche könne mit überschaubaren Technischen aufwand abgesaugt werden.
- ➔ Nächster Schritt: Neu standards definieren und Regelwerke anpassen.

Vielen Dank!
Fragen?

Çerkez Kaya

Air Liquide ALTEC NC Europe
Tel.: 0049 2151/ 379-9182
Mail: cerkez.kaya@airliquide.com