

ERFASSUNG UND BEWERTUNG DER DIREKTEN UND INDIREKTEN UV-EXPOSITION BEI UNTERSCHIEDLICHEN SCHWEISSVERFAHREN

ASSESSMENT OF DIRECT AND INDIRECT UV-EXPOSURE FOR DIFFERENT WELDING PROCESSES

M. Weber¹, C. Jeram¹, K. Schulmeister¹, E. Kitz², T. Rauch³, J. Feichtinger³, H. Basalka⁴

¹Laser, LED und Lampen-Sicherheit, Seibersdorf Labor GmbH, Österreich

²Unfallverhütung und Berufskrankheitenbekämpfung, Allgemeine Unfallversicherungsanstalt (AUVA), Hauptstelle Wien, Österreich

³Fronius International GmbH, Österreich

⁴Schweißtechnische Zentralanstalt (SZA) Wien, Österreich

Zusammenfassung — Im Rahmen des PEROSH-Forschungsprojektes „indIR-UV“ wurde die direkte und indirekte UV-Bestrahlungsstärke in der Umgebung von Schweißarbeitsplätzen spektral gemessen und gemäß den Expositionsgrenzwerten der EU-Richtlinie 2006/25/EG Umgebung (umgesetzt in Deutschland als OStrV bzw. in Österreich als VOPST) bewertet. Die Ergebnisse zeigen auf, bei welchen Schweißverfahren die UV-Grenzwerte besonders rasch erreicht werden, welche Schweiß-Parameter Einfluss auf die UV-Exposition haben und wie groß die indirekte Exposition (bei Abschirmung des Schweißlichtbogens) im Vergleich zur direkten Exposition in der Umgebung von typischen Schweißarbeitsplätzen ist. Die Messergebnisse bilden auch die Basis für ein Modell, das eine vereinfachte Gefährdungsbeurteilung betreffend UV-Strahlung in der Umgebung von Schweißarbeitsplätzen ermöglicht.

Summary In the PEROSH research project “indIR-UV” the direct and indirect spectral UV-irradiances were measured nearby welding workplaces and assessed according to EU-directive 2006/25/EC. The results show for which welding processes the UV limits are exceeded rapidly and the influence of different welding parameters on the UV-exposure. The ratio between indirect and direct UV-exposure was determined. The results are the basis for a model, which allows safety experts to assess workplaces nearby a welder according to EU-directive 2006/25/EC.

Schlüsselwörter — UV-Exposition, EU-Richtlinie 2006/25/EG, Schweißverfahren, Modell Schweißumgebung

Keywords — UV-exposure, EU-directive 2006/25/EC, welding processes, model welding environment

1. Einleitung

Es ist allgemein bekannt, dass die UV-Exposition für den Schweißer beim Schweißen sehr hoch ist und sich dieser daher durch die Verwendung von persönlicher Schutzausrüstung (PSA) schützen muss. Die UV-Belastung in der Nähe von Schweißarbeitsplätzen bzw. die indirekte UV-Exposition durch Reflexion der UV-Strahlung an Oberflächen wurde bis dato noch nicht quantifiziert. Es liegen daher auch keine Daten vor, ob die UV-Grenzwerte gemäß EU-Richtlinie 2006/25/EG [1] (Grenzwerte in der EU-Richtlinie entsprechen jenen der nationalen Verordnungen in Österreich – VOPST [2] – bzw. in Deutschland – OstrV [3])

überschritten werden und auch für Arbeitnehmerinnen, die sich in der Nähe von Schweißarbeitsplätzen aufhalten, Schutzmaßnahmen ergriffen werden müssen.

Im Rahmen des PEROSH-Forschungsprojekts „indIR-UV“ (Exposure of workers to indirect UV- and IR-radiation emitted by arcs, flames and thermal radiators) wurde daher die direkte und indirekte UV-Exposition in der Nähe von Schweißarbeitsplätzen messtechnisch erfasst und bewertet. Dabei wurden unterschiedliche Schweißverfahren und Materialien berücksichtigt und auch der Einfluss der Variation der Schweißparameter auf die UV-Exposition wurde untersucht. Die Ergebnisse dieser Messungen bilden zusammen mit den im Labor bestimmten UV-Reflexionseigenschaften für unterschiedliche Oberflächen die Basis für ein Modell, das eine vereinfachte Gefährdungsbeurteilung betreffend UV-Strahlung in der Umgebung von Schweißarbeitsplätzen ermöglicht.

Es sei darauf hingewiesen, dass die in dieser Arbeit publizierten Ergebnisse nur einen kleinen Teil der gesamten Ergebnisse des PEROSH-Projekts darstellen und für weiterführende Information auf weitere Publikationen, wie z. B. [4] und [5], verwiesen wird.

2. Untersuchte Schweißprozesse und Schweißparameter

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden die effektiven UV-Bestrahlungsstärken für $S(\lambda)$ gewichtete UV-Strahlung sowie UV-A für die in Tab. 1 angeführten Lichtbogen-Schweißverfahren bzw. Schweißmaterialien untersucht.

Tab. 1: Zusammenfassung der untersuchten Schweißprozesse sowie Schweißmaterialien.

Schweißverfahren	Schweißmaterial
MIG*/MAG* (Standard)	Baustahl, Edelstahl (CrNi), Aluminium
CMT (Cold Metal Transfer)	Baustahl, Edelstahl (CrNi), Aluminium
CMT dynamic	Baustahl, Edelstahl (CrNi)
CMT gepulst	Baustahl, Edelstahl (CrNi), Aluminium
LSC (Low Spatter Control)	Baustahl, Edelstahl (CrNi)
PMC (Pulse Mutli Control)	Baustahl, Edelstahl (CrNi), Aluminium
WIG** DC-	Baustahl, Edelstahl (CrNi)
WIG AC	Aluminium
WIG gepulst	Edelstahl (CrNi)
Plasma-Schweißen (DC)	Edelstahl (CrNi)

*Metall-Inertgas – bzw. Metall-Aktivgas – Schweißen

**Wolfram-Inertgas – Schweißen

Bei den UV-Messungen wurden nachfolgende Schweißparameter variiert:

- Schweißzusatz (bei Aluminium: AlSi5 – AlMg5)
- Schweißstrom/Schweißspannung
- Drahtvorschubgeschwindigkeit
- Abstand Wolframelektrode aus Gasdüse (WIG)
- Gasdurchfluss (Plasma-Schweißen)
- Einfluss Schweißverbindung (Kehlnaht – Stumpfnah)

Die Schweißparameter wurden in Rücksprache mit den Projekt-Partnern Fronius International GmbH, Thalheim/Wels) bzw. SZA (Schweißtechnische Zentralanstalt, Wien) variiert. Die exakten untersuchten Schweißparameter können der AUVA-Publikation [5] entnommen werden.

3. Messung der effektiven UV-Bestrahlungsstärken

Am Beginn des PEROSH-Forschungsprojektes stand ein internationaler Ringversuch, der in einem Schweißinstitut in Gliwice/Polen durchgeführt wurde. Im Rahmen des Ringversuches konnten alle Projektpartner zeigen, dass Sie sowohl über das notwendige messtechnische Know-how sowie über die geeigneten Messgeräte über die doch recht komplexe Messung der beim Schweißen emittierten UV-Strahlung verfügen. Details über den Ringversuch können der Publikation [6] entnommen werden.

Gemessen bzw. bestimmt wurde jeweils die effektiven UV-Bestrahlungsstärken für $S(\lambda)$ -gewichtete UV-Strahlung („aktinisches“ UV – Kurzzeichen E_{eff} gemäß [1], Wellenlängenbereich 200 nm – 400 nm) sowie die ungewichtete UV-A – Bestrahlungsstärke (Kurzzeichen E_{UVA} gemäß [1]) auf typischen Schweißarbeitsplätzen (bei Fronius in Thalheim/Wels bzw. in der SZA in Wien). Die Messwerte wurden mit den Grenzwerten gemäß [1] verglichen und die maximal erlaubten Expositionsdauern bestimmt. Alle Messungen wurden mit einem kalibrierten Spektrometer des Typs CAS140CT-152 (Instrument Systems, spektrales Auflösungsvermögen 2,67 nm) mit der Eingangsoptik EOP-120 durchgeführt.

Um die Messunsicherheiten bei den Messungen zu minimieren wurden alle Messungen bei stationärem Schweißlichtbogen durchgeführt. Dazu wurde das Schweißmaterial auf einem motorisierten Lineartisch platziert und dieser wurde während des Schweißvorganges orthogonal zur Messrichtung verfahren. Dadurch wurde der Abstand bzw. die geometrische Ausrichtung zwischen Eingangsoptik und Schweißlichtbogen während des Schweißvorganges nicht verändert. Alle spektralen Messungen wurden bei identen Schweißparametern zumindest zweimal durchgeführt. Die Eingangsoptik des Spektrometers war entweder in Augenhöhe (ca. 160 cm über dem Boden) oder in Höhe des Lichtbogens direkt auf den Ort des Schweißlichtbogens ausgerichtet. Je Schweißvorgang wurde die Integrationszeit des Spektrometers eingestellt, um den Dynamikbereich des Spektrometers möglichst gut auszunutzen aber gleichzeitig eine Sättigung zu verhindern. Ein typischer Schweißvorgang dauerte zwischen 5 und 15 Sekunden und während eines Schweißvorganges wurden durchschnittlich 10 – 50 Spektren aufgenommen. Spektrale Messungen wurden bei ausgewählten Schweißverfahren in mehreren Abständen (zwischen 0,6 m und 4,75 m) zum Lichtbogen durchgeführt, um zu überprüfen, ob das quadratische Abstandsgesetz für die UV-Exposition angewandt werden kann. Abb. 1 zeigt typische (ungewichtete) spektrale UV-Bestrahlungsstärken für die drei untersuchten Materialien beim Schweißverfahren MIG/MAG (Standard).

Um den Einfluss der indirekten UV-Strahlung zu quantifizieren bzw. den Einfluss von Reflexionen zu untersuchen, wurden unterschiedliche Messstrategien angewandt:

- Abschirmung des Lichtbogens durch ein Blech – die direkte UV-Strahlung des Lichtbogens gelangt somit nicht auf die Eingangsoptik, sehr wohl aber die indirekte UV-Strahlung (Reflexionen).
- Einsatz von 2 Aperturen knapp vor der Eingangsoptik – dadurch gelangt ausschließlich die direkte UV-Strahlung des Lichtbogens auf die Eingangsoptik während die indirekte UV-Strahlung (Reflexionen) abgeschirmt wird.

Weiterführende Details sowie Bilder zu den unterschiedlichen Messanordnungen können der Publikation [5] entnommen werden.

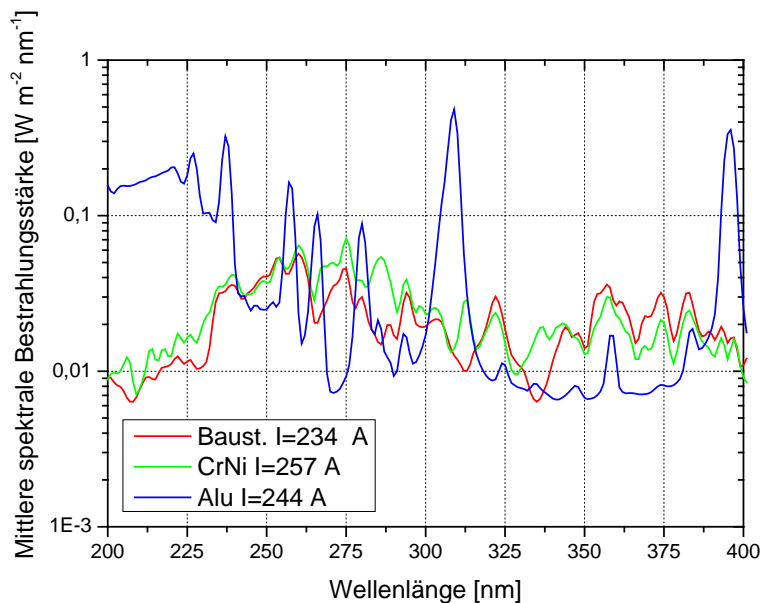


Abb. 1: Typische Spektren beim MIG/MAG-Schweißen von Baustahl, Edelstahl und Aluminium (logarithmische Skalierung der spektralen Bestrahlungsstärke).

4. Messergebnisse – Gesamtexposition (direktes + indirektes UV)

4.1 Quadratisches Abstandsgesetz

Abb. 2 zeigt die Bestrahlungsstärke E_{eff} für die beiden Schweißverfahren CMT (Baustahl) sowie MAG (Baustahl) als Funktion des Abstandes. Der Exponent der mittels Excel berechneten Trendlinie liegt sehr nahe beim Wert von -2,0. Dies lässt den Schluss zu, dass das quadratische Abstandsgesetz für die Abschätzung der UV-Exposition beim Schweißen angewandt werden kann. Kennt man in einem Abstand die effektiven UV-Bestrahlungsstärken, so können diese für weitere Abstände mittels quadratischen Abstandsgesetzes extrapoliert werden.

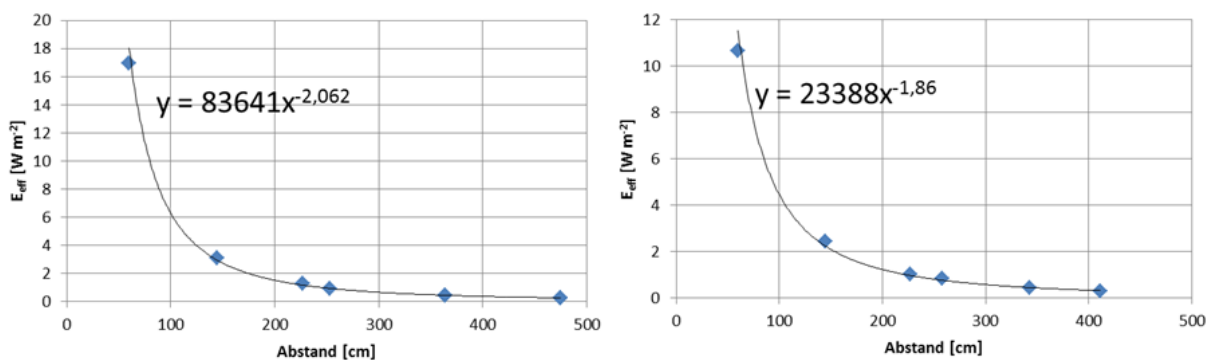


Abb. 2: E_{eff} als Funktion des Abstandes zum Schweißlichtbogen für CMT (links, $I = 150 \text{ A}$) bzw. MAG (Standard, rechts, $I = 160 \text{ A}$) beim Schweißen von Baustahl.

4.2 Maximale Expositionsdauer

Bei allen untersuchten Schweißverfahren und Materialien wird die maximale Expositionsdauer durch die photobiologische Gefahr $S(\lambda)$ -gewichtete UV-Strahlung (E_{eff}) bestimmt. In Tab. 2 werden die im Messabstand von 227 cm zum Lichtbogen ermittelten

maximalen Expositionsdauern bei ausgewählten Schweißverfahren und Materialien gegenübergestellt. (Anmerkung: Im Projekt wurde zusätzlich auch die Gefährdung durch Blaulicht untersucht auf die in dieser Arbeit nicht näher eingegangen wird). Beim MAG-Schweißen von Baustahl wird im Abstand von 227 cm der Grenzwert H_{eff} bereits nach 3,1 s erreicht während er beim WIG-Schweißen von Baustahl erst nach 94 s erreicht wird.

Tab. 2: Vergleich der maximalen Expositionsdauern je photobiologischer Gefahr (Messabstand 227 cm).

Prozess	Material	I [A]	E_{eff} [W m^{-2}]	E_{UVA} [W m^{-2}]	E_{B} [W m^{-2}]	$t_{\text{max Eeff}}$ [s]	$t_{\text{max EUVA}}$ [s]	$t_{\text{max EB}}$ [s]
MAG	Baust.	494	9,77	10,51	3,85	3,1	951	26,0
MIG	CrNi	358	4,05	3,26	1,26	7,4	3067	79,4
MIG	Alu	244	2,29	2,25	0,61	13,1	4444	>100
CMT	Baust.	244	5,01	5,01	1,63	6,0	1996	61,3
CMT gep.	Alu	243	1,28	1,23	0,42	23,4	8157	>100
CMT dyn.	CrNi	167	2,22	1,09	0,37	13,5	9174	>100
PMC	Baust.	248	3,45	2,89	0,99	8,7	3460	>100
LSC	CrNi	279	3,87	3,29	1,26	7,8	3040	79,4
WIG DC-	Baust.	350	0,32	0,69	0,54	93,8	14409	>100
WIG DC-	CrNi	350	0,29	0,66	0,53	103	15152	>100
WIG AC	Alu	346	0,43	0,68	0,54	69,8	14706	>100
Plasma DC	CrNi	150	0,24	0,47	0,38	126	21142	>100

4.3 UV-Spektrum und Schweißstrom

Mit Erhöhung des Schweißstromes (dabei steigt auch die Drahtvorschubgeschwindigkeit) steigen auch die Bestrahlungsstärken E_{eff} und E_{UVA} an, eine Veränderung der spektralen Verteilung konnte mit Zunahme des Schweißstromes nicht festgestellt werden. Dies wird durch die Spektren in Abb. 3 bzw. Werte in Tab. 3 verdeutlicht (Werte jeweils für MAG-Standard Baustahl).

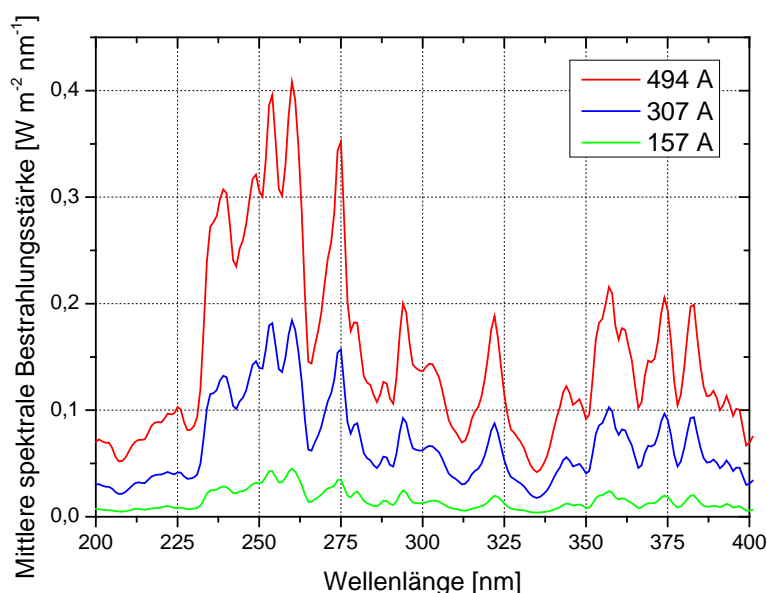


Abb. 3: Spektrale Bestrahlungsstärken gemessen im Abstand von 227 cm zum Lichtbogen bei 3 unterschiedlichen Schweißstromstärken beim MAG-Schweißen von Baustahl.

Tab. 3: Änderung der spektralen Verteilung der in Abb. 3. dargestellten Spektren in Abhängigkeit vom Schweißstrom. Auch bei Erhöhung des Stromes verändert sich die spektrale Verteilung nicht.

I [A]	U [V]	E_{UV} [W m ⁻²]	E_{eff} [W m ⁻²]	UVC [%]	UVB [%]	UVA [%]	E_{eff}/E_{UV}
157	17,7	32,55	10,65	50,0	15,5	34,5	0,327
307	28,5	108,6	35,78	51,8	14,5	33,7	0,329
494	37,9	264,17	85,47	51,2	14,6	34,3	0,324

4.4 UV-Spektrum und Schweißmaterial

Die UV-Spektren von Baustahl und Edelstahl sind sich relativ ähnlich, während das UV-Spektrum für Aluminium doch deutlich von diesen abweicht – siehe Abb. 1 bzw. Tab. 4.

Tab. 4: Änderung der spektralen Verteilung je nach Schweißmaterial beim Schweißprozess MIG/MAG (Standard).

Material	I [A]	U [V]	E_{UV} [W m ⁻²]	E_{eff} [W m ⁻²]	UVC [%]	UVB [%]	UVA [%]	E_{eff}/E_{UV}
Baustahl	307	28,5	13,71	4,36	50,5	14,4	35,1	0,318
CrNi	358	29,0	11,21	4,05	51,2	19,8	29,1	0,361
Aluminium	244	25,0	13,23	2,25	63,0	19,9	17,0	0,173

4.5 UV-Spektrum und Schweißprozess

Bei gleichem Schweißmaterial erhält man bei allen MIG/MAG-Schweißverfahren (Standard, CMT, LSC, PMC) sehr ähnliche Spektren. Die UV-Spektren für WIG- und Plasma-Schweißen weichen hingegen bei gleichem Schweißmaterial deutlich von den MIG/MAG-Spektren ab - Details siehe Abb. 4 bzw. Tab. 5. Beim WIG- und Plasma-Schweißen wird deutlich weniger UV emittiert im Vergleich zu den anderen Schweißverfahren.

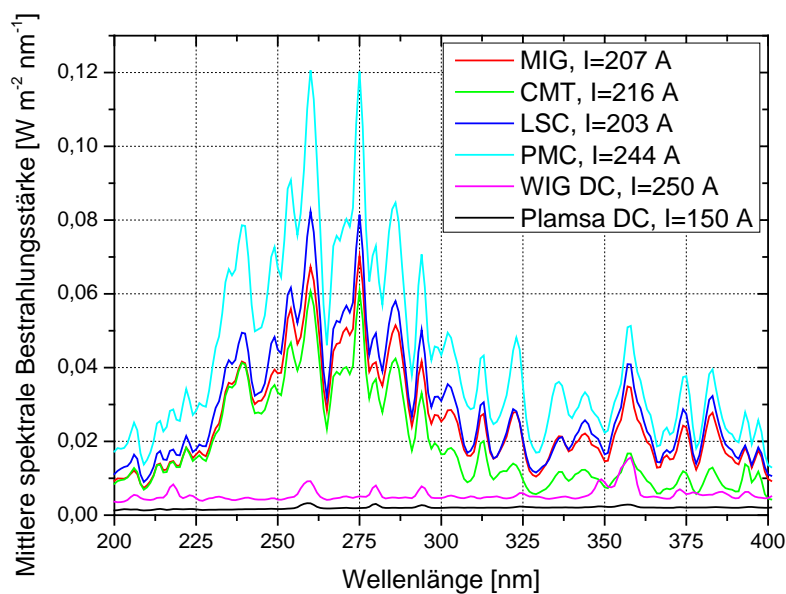


Abb. 4: Spektrale Bestrahlungsstärken gemessen im Abstand von 227 cm zum Lichtbogen bei ähnlichen Schweißstromstärken für unterschiedliche Schweißprozesse beim Schweißen von Edelstahl.

Tab. 5: Änderung der spektralen Verteilung je nach Schweißprozess beim Schweißen von Edelstahl (Messabstand 227 cm).

Prozess	I [A]	U [V]	E_{UV} [W m ⁻²]	E_{eff} [W m ⁻²]	UVC [%]	UVB [%]	UVA [%]	E_{eff}/E_{UV}
Standard MIG	207	22,2	5,24	1,89	48,9	20,4	30,9	0,361
CMT	216	14,9	3,89	1,59	58,4	20,3	21,3	0,409
CMTdynamic	219	19,5	6,51	2,56	57,1	19,7	23,2	0,393
CMTpulse	194	22,7	8,05	2,99	53,3	19,8	27,0	0,371
LSC	203	24,0	5,98	2,17	49,7	20,4	29,8	0,363
PMC	244	25,1	8,67	3,18	51,3	20,4	28,1	0,367
WIG DC-	250	13,8	1,10	0,24	36,6	16,4	47,0	0,218
Plasma DC	150	20,0	0,40	0,09	35,7	18,6	46,0	0,231

Bei allen untersuchten WIG-Schweißverfahren wurde kein Schweißzusatz verwendet. Es könnte sein, dass bei Verwendung eines Schweißzusatzes bei WIG-Schweißen die UV-Exposition deutlich zunimmt.

4.6 UV-Spektrum und Schweißzusatz

Verwendet man beim Schweißen von Aluminium den Schweißzusatz AlMg5 anstatt AlSi5 so steigt die UV-Exposition deutlich an – siehe Tab. 6. Der Grund hierfür liegt in den zusätzlichen Mg-Emissionslinien, wie aus Abb. 5 (Schweißprozess CMT) ersichtlich.

Tab. 6: Änderung von E_{eff} bzw. der maximalen Expositionsdauer t_{max} bei Verwendung unterschiedlicher Schweißzusätze beim Schweißen von Aluminium.

Prozess	Schweißzusatz	I [A]	E_{eff} [W m ⁻²]	t_{max} [s]
CMT	AlMg5	180	3,36	8,9
	AlSi5	192	0,75	39,9
CMT gepulst	AlMg5	200	4,66	6,4
	AlSi5	243	1,28	23,4
PMC	AlMg5	200	3,07	9,8
	AlSi5	232	1,10	27,3

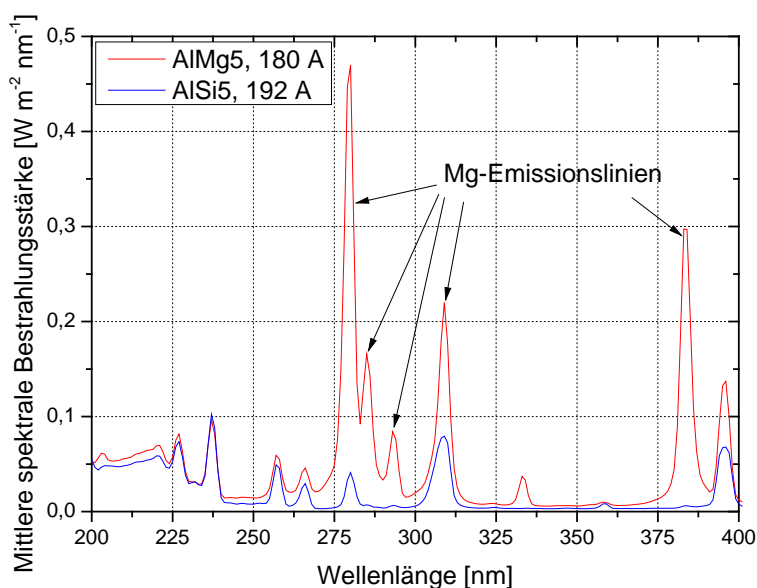


Abb. 5: Ersetzt man den Schweißzusatz AlSi5 durch AlMg5 so erhöht sich durch die zusätzlichen Mg-Linien E_{eff} deutlich und t_{max} nimmt ab (CMT, Alu).

4.7 UV-Spektrum und Art der Schweißverbindung

Bei ausgewählten Schweißverfahren und wurden die UV-Bestrahlungsstärken sowohl beim Kehlnaht- als auch beim Stumpfnahtschweißen (siehe Abb. 6) untersucht. Theoretisch könnte man beim Kehlnahtschweißen mit höheren UV-Bestrahlungsstärken aufgrund von Reflexionen am Schweißmaterial rechnen. Diese Theorie konnte durch Messergebnisse nicht bestätigt werden. Möglicherweise nimmt die UV-Exposition beim Kehlnaht- gegenüber dem Stumpfnahtschweißen jedoch zu, wenn größere Werkstücke geschweißt werden, als im Forschungsprojekt (Abmessung der Bleche: Länge ca. 20 cm, Breite ca. 5 cm) verwendet.



Abb. 6: Stumpfnahst (links) und Kehlnahst (rechts).

4.8 Einfluss weiterer untersuchter Schweißparameter auf die UV-Exposition

- Beim Plasmaschweißen steigt die UV-Bestrahlungsstärke mit der Hauptstromstärke, die Plasmaströmstärke hat hingegen keinen merklichen Einfluss auf die UV-Bestrahlungsstärken. Die UV-Bestrahlungsstärken steigen auch mit zunehmender Lichtbogenlänge, die Gasdurchflussrate hat hingegen keinen Einfluss auf die UV-Bestrahlungsstärken.
- Je weiter die Wolframelektrode beim WIG-Schweißen aus der Gasdüse ragt, desto höher die UV-Bestrahlungsstärken.

Anmerkung: Alle Schweißversuche wurden mit den Default-Einstellungen an den jeweiligen MIG-/MAG-/WIG-Stromquellen durchgeführt. Bei von den Default-Werten abweichenden Einstellungen (z.B. betreffend Lichtbogenkorrektur) können sich auch die auftretenden UV-Bestrahlungsstärken je Schweißverfahren entsprechend ändern.

5. Messung der indirekten UV-Exposition

5.1 Verwendung von Aperturen zwischen Eingangsoptik und Lichtbogen

Zunächst wurde im Messabstand von 227 cm die Gesamtbestrahlungsstärke (direktes und indirektes UV auf Eingangsoptik in Höhe der Augen, Eingangsoptik ist direkt auf Lichtbogen ausgerichtet) gemessen. Anschließend wurden zwei Aperturen knapp vor der Eingangsoptik platziert um den Einfluss von Reflexionen zu minimieren und ausschließlich die direkte UV-Strahlung bei denselben wie zuvor verwendeten Schweißereinstellungen zu messen. In Tab. 9 sind die Verhältnisse der UV-Bestrahlungsstärken bei Messung ohne und mit Apertur für das Schweißverfahren CMT ($I = 90 \text{ A}$) beim Schweißen von Baustahl dargestellt.

Tab. 7: Verhältnis zwischen den UV-Bestrahlungsstärken bei Verwendung der Aperturen zu UV-Bestrahlungsstärken gemessen ohne Aperturen (CMT, I = 90 A, Baustahl).

Aperturen	E_{eff} [W m ⁻²]	E_{UVA} [W m ⁻²]	E_{UV} [W m ⁻²]	Verhältnis E_{eff}	Verhältnis E_{UVA}	Verhältnis E_{UV}
Ohne	0,52	0,291	1,30	0,951	0,955	0,946
Mit	0,49	0,278	1,23			

Wie aus Tab. 9 ersichtlich, reduzieren sich bei Verwendung der Aperturen die UV-Bestrahlungsstärken um ca. 5 %.

5.2 Abschirmung des Lichtbogens

Die Eingangsoptik wurde in einem definierten Abstand zum Lichtbogen (3,6 m – 3,9 m) auf Augenhöhe positioniert und direkt auf den Lichtbogen ausgerichtet. Zunächst wurde die ungeschwächte spektrale Bestrahlungsstärke bei unveränderten Schweißparametern zumindest zweimal gemessen. Danach wurde ein Blech zwischen Lichtbogen und Eingangsoptik positioniert sodass nur indirekte UV-Strahlung von der Eingangsoptik erfasst wurde. Danach wurde die spektrale Bestrahlungsstärke nochmals zumindest zweimal bei unveränderten Schweißparametern gemessen.

Bei den meisten Schweißverfahren sanken die UV-Bestrahlungsstärken (E_{eff} , E_{UVA}) nach Abschirmung des Lichtbogens auf 1 % - 3 % der ursprünglichen Bestrahlungsstärken. Bei den gepulsten Schweißverfahren PMC bzw. CMT pulse wurden beim Schweißen von Aluminium höhere Reflexionen gemessen. Dabei sanken die UV- Bestrahlungsstärken auf lediglich 7 % - 14 % der ursprünglichen Bestrahlungsstärken.

Bei einem weiteren Messsetup wurde verglichen, inwieweit die Ausrichtung der Eingangsoptik einen Einfluss auf die gemessen indirekte UV-Strahlung hat. Dazu wurde die Eingangsoptik einmal wie im Absatz oben beschrieben ausgerichtet sowie zusätzlich bei abgeschirmten Lichtbogen mit Orientierung auf einen Schweißvorhang, der direkt neben dem Schweißarbeitsplatz aufgebaut war. Die Ergebnisse dieser Messungen werden in Tab. 10 miteinander verglichen.

Tab. 8: Verhältnis zwischen den UV-Bestrahlungsstärken bei Verwendung der Abschirmung des Lichtbogens bei unterschiedlicher Ausrichtung der Eingangsoptik.

Prozess/ Material	I [A]	Ausrichtung auf Lichtbogen			Ausrichtung auf Schweißvorhang		
		$E_{\text{mit Abschirmung}}/E_{\text{ohne Abschirmung}}$			$E_{\text{mit Abschirmung}}/E_{\text{ohne Abschirmung}}$		
		E_{UV}	E_{UVA}	E_{eff}	E_{UV}	E_{UVA}	E_{eff}
CMT/Alu	95	0,037	0,038	0,037	-	-	-
	180	0,053	0,056	0,050	0,068	0,066	0,068
CMT gepulst/Alu	135	0,041	0,043	0,043	-	-	-
	200	0,033	0,038	0,036	0,055	0,056	0,055
PMC/Alu	125	0,047	0,051	0,046	-	-	-
	180	0,050	0,057	0,050	0,060	0,060	0,059

Höhere Reflexionen wurden gemessen, wenn die Eingangsoptik des Spektrometers auf den Schweißvorhang ausgerichtet war (5,5 % - 6,9 %). Bei Orientierung der Eingangsoptik auf den Lichtbogen variierten die gemessenen Bestrahlungsstärken der reflektierten UV-Strahlung zwischen 3,3 % und 5,7 %. Die Ergebnisse in Tab. 10 stimmen gut mit den in Tab. 9 präsentierten Ergebnissen überein.

6. Zusammenfassung

- Bei allen untersuchten Schweißprozessen wird die maximale Expositionsdauer t_{\max} durch die photobiologische Gefahr $S(\lambda)$ gewichtete UV-Strahlung (E_{eff}) bestimmt.
- Die maximale Expositionsdauer hängt vom Schweißprozess und den Schweißparametern (Strom, Schweißzusatz, Drahtvorschubgeschwindigkeit, etc.) ab. Für bestimmte Schweißprozesse und Parameter wird der Grenzwert im Abstand von 227 cm zum Lichtbogen bereits nach 3 s erreicht (z.B. Standard-MAG Schweißen von Baustahl, $I = 490 \text{ A}$), bei anderen Schweißprozessen wird der Grenzwert im selben Abstand erst nach über 200 s erreicht (z.B. WIG-Schweißen von Aluminium, $I = 150 \text{ A}$).
- Die höchsten Werte für E_{eff} wurden beim Standard-MAG Schweißen von Baustahl und bei der gepulsten Variante des CMT-Schweißens gemessen. Relativ kleine Werte für E_{eff} wurden beim WIG- sowie Plasma-Schweißen gemessen. Beim WIG-Schweißen wurde allerdings kein Schweißzusatz verwendet. Möglicherweise steigen die Werte für E_{eff} beim WIG-Schweißen, wenn ein Schweißzusatz verwendet wird.
- Beim Schweißen von Aluminium hat der Schweißzusatz einen großen Einfluss auf E_{eff} . Verwendet man AlMg5 anstatt AlSi5 so steigt E_{eff} um einen Faktor 3 aufgrund der zusätzlichen Emissionslinien von Mg im UV.
- Bei MIG/MAG-Schweißprozessen steigt E_{eff} mit der Schweißstromstärke (bzw. der eingebrachten Leistung) und der Drahtvorschubgeschwindigkeit an. Die exakte Korrelation zwischen Leistung und UV-Strahlung kann aus [4] entnommen werden. Beim WIG-Schweißen nimmt E_{eff} mit der freien Drahtelektrodenlänge zu.
- Wird die direkte UV-Strahlung des Schweißlichtbogens abgeschirmt, so nimmt die maximale Expositionsdauer deutlich zu. Ob in der Umgebung eines Schweißarbeitsplatzes ein UV-Grenzwert gemäß [1] überschritten wird, auch wenn das Personal nur der reflektierten UV-Strahlung ausgesetzt ist, hängt stark vom Schweißprozess, den Schweißparametern, dem Schweißmaterial, den UV-Reflexionseigenschaften der Oberflächen in der Nähe des Schweißarbeitsplatzes sowie von der Expositionsdauer ab. All diese Parameter müssen bei einer Gefährdungsbeurteilung gemäß [1] berücksichtigt werden und werden auch in dem im Rahmen des PEROSH-Projektes „indIR-UV“ ermittelten Models erfasst.

7. Danksagung

Das Projektteam bedankt sich herzlich bei Herrn Ing. Josef Feichtinger und Herrn Thomas Rauch (beide Fronius International GmbH) für die perfekte Durchführung der Schweißungen in Thalheim/Wels und Herrn Basalka (SZA) für die Ratschläge und die perfekte Durchführung der Schweißungen in der SZA in Wien. Die Seibersdorf Labor GmbH bedankt sich bei der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt (AUVA) für die Finanzierung im Rahmen des PEROSH-Projektes „indIR-UV“ sowie bei allen PEROSH-Projektpartnern für die ausgezeichnete Zusammenarbeit.

8. Literaturverzeichnis

- [1] Richtlinie 2006/25/EG des Europäischen Parlaments und des Rates – künstliche optische Strahlung, 5. April 2006
- [2] VOPST-Verordnung optische Strahlung, Bundesgesetzblatt II Nr. 221/2010, Wien, 8. Juli 2010

- [3] OStrV Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung, Bundesgesetzblatt I S 960 (Nr. 38), Bonn, 19. Juli 2010
- [4] Bauer, S.; Ott, G.; Janßen, M.: Optische Strahlenbelastung beim Schweißen – Erfassung und Bewertung. Dortmund/Berlin/Dresden: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), 2017
- [5] Weber, M.; Jeram, C.; Schulmeister, K.; Kitz, E.; AUVA-Report PEROSH-Project “indIR-UV”: Exposure of Workers to Indirect Infrared and Ultraviolet Radiation emitted by Arcs, Flames and Thermal Radiators, Wien, (in Arbeit)
- [6] Bauer, S.; Barlier-Salsi, A.; Borra, M.; Sanchez Fuentes, M.; Janßen, M.; Militello, A.; Ott, G.; Pfeifer, T.; Pikula, J.; Rybczynski, A.; Weber, M.; Wolska, A.; Kitz, E.: Ultraviolet spectral irradiance measurements: an intercomparison of spectroradiometers in laboratory combined with a workplace field test. J. Phys. Commun. 2 015028, 2018



Fachverband für Strahlenschutz e. V.

Mitgliedsgesellschaft der
International Radiation
Protection Association
(IRPA)
für Deutschland
und die Schweiz

Publikationsreihe
FORTSCHRITTE
IM STRAHLENSCHUTZ

Publication Series
PROGRESS IN RADIATION

NIR 2018

NIR 2018: WELLEN – STRAHLUNG – FELDER

50. Jahrestagung des
Fachverbandes für Strahlenschutz e. V.
für Deutschland und die Schweiz
gemeinsam mit der
BG ETEM Berufsgenossenschaft
Energie Textil Elektro
Medienerzeugnisse

3. bis 6. September 2018
Dresden



Bandherausgeber:
Hans-Dieter Reidenbach
Martin Brose
Stephan Joosten