

# Untersuchung des Einflusses von Schweißprozessparametern und Absaugmaßnahmen auf die Schweißrauchexposition beim MSG-Schweißen

Prof. Dr.-Ing. Uwe Reisgen

Leiter des Instituts für Schweißtechnik und Fügetechnik (ISF) der RWTH Aachen  
[reisgen@isf.rwth-aachen.de](mailto:reisgen@isf.rwth-aachen.de)

Rahul Sharma, M.Sc.

Oberingenieur der Abteilung Lichtbogenschweißen am Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik (ISF) der RWTH Aachen  
[sharma@isf.rwth-aachen.de](mailto:sharma@isf.rwth-aachen.de)

Benjamin Ebert, M.Sc.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik (ISF) der RWTH Aachen  
[ebert@isf.rwth-aachen.de](mailto:ebert@isf.rwth-aachen.de)

Dr. Peter Brand

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin des Universitätsklinikums Aachen  
[pbrand@ukaachen.de](mailto:pbrand@ukaachen.de)

## Zusammenfassung

Im Rahmen der Untersuchungen wurden Expositionsmessungen für verschiedene MSG-Schweißprozessvarianten unter Variation der Absaug- und Messposition durchgeführt, um das Gefährdungspotential für Schweißer und beistehende Personen einzuschätzen. Aufgrund der Vermeidung von Schweißrauchakkumulation konnten Korrelationen zwischen Schweißprozessen und Schweißrauchexpositionen hergestellt und die Wirksamkeit von Absaugmaßnahmen eingeschätzt werden. Es hat sich gezeigt, dass die direkte Exposition aus dem Schweißprozess unter den angewandten Versuchsbedingungen nicht maßgeblich von der Schweißrauchemissionsrate, sondern vermutlich von der Ausprägung und Art der thermischen Säule sowie von Konvektionseffekten determiniert wird. Eine Absauganlage verhindert die Schweißrauchexposition in der Regel wirkungsvoll.

### **1. Problemstellung und Lösungsansatz**

Beim MSG-Schweißen treten Schweißrauche als gas- und partikelförmige Gefahrstoffe auf, die Schweißer und bestehende Personen gefährden können. Die partikelförmigen Stoffe des Schweißrauches sind eine disperse Verteilung kleinster fester Teilchen in der Luft (Aerosole), die beim Einatmen je nach ihrer Größe bis zu den Lungenbläschen (Alveolen) vordringen und dort die Gesundheit der betroffenen Person gefährden können. Die chemische Zusammensetzung des Schweißrauches ist hauptsächlich abhängig von den eingesetzten Werkstoffen, während das Schweißverfahren und die Schweißparameter maßgeblich die Menge des entstehenden Schweißrauches determinieren. [1, 2]

Für Schweißrauche werden im Rahmen der Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) 528 [1] je nach Gefährdungsbeurteilung die Auswahl von gefahrstoffarmen Verfahren und Zusatzwerkstoffen, Lüftungstechnische Maßnahmen, organisatorische und hygienische Maßnahmen und persönliche

Schutzmaßnahmen empfohlen, um das Risiko von Expositionen zu minimieren. Die tatsächliche Exposition von Schweißern und beistehenden Personen ist jedoch sehr schwer abzuschätzen, weil die Exposition nicht nur von den Eigenschaften des Schweißprozesses und absaugtechnischen Maßnahmen, sondern maßgeblich von den räumlichen Gegebenheiten und Lüftungsverhältnissen abhängt. Darüber hinaus können Emissionen aus anderen Arbeitsprozessen (Schleifen, Bohren usw.) resultieren, die parallel in der gleichen Arbeitsumgebung durchgeführt werden. [3, 4, 5]

Es existieren zahlreiche Studien, die Expositionen von Schweißern untersuchen, jedoch die räumlichen Verhältnisse zumeist nicht adäquat standardisieren oder erfassen. Insbesondere eine differenzierte Betrachtung der Expositionen resultierend aus dem aktuell ausgeführten Schweißvorgang sowie Expositionen resultierend aus der Hintergrundbelastung bleibt dabei unberücksichtigt. In dieser Studie wurde daher diese Hintergrundbelastung ausgeblendet und nur die Abhängigkeit der Exposition von den Schweißparametern sowie Mess- und Absaugposition untersucht, sodass auch die Leistungsfähigkeit einer stationären Schweißrauchabsaugung ermittelt werden konnte.

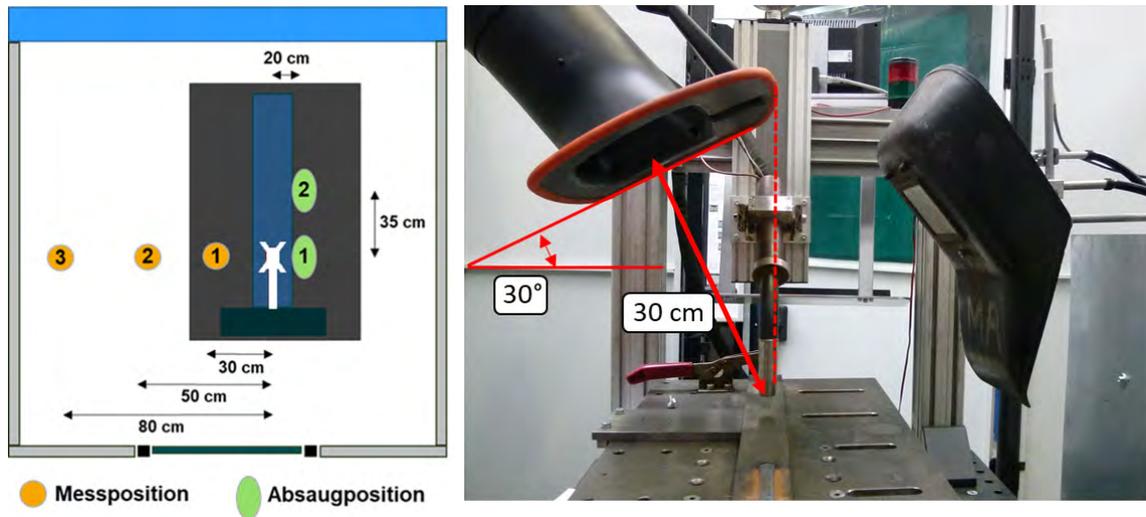
## **2. Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung**

Der Schweißversuchsstand befindet sich innerhalb einer nach oben offenen Schweißkabine mit den Abmessungen von ca. 2,5 m x 2,5 m, sodass in Verbindung mit einer ausreichenden Hallenlüftung eine Schweißrauchakkumulation vermieden wird. Die Versuche werden auf einem Schweißstisch durchgeführt, der von einem Linearfahrwerk unter einem stationär positionierten Schweißbrenner verfahren wird. Außerhalb der Schweißkabine befindet sich eine Hochvakuumabsauganlage deren Absaugvolumenstrom stufenlos bis zu 1200 m<sup>3</sup>/h regelbar ist. Der frei bewegliche Absaugarm mit einem Durchmesser von 150 mm ist an einer Verrohrung mit integrierter Volumenstrommessblende angeschlossen und kann bei Bedarf weggeschwenkt werden, sodass der Versuchsstand optional mit einer Absaughaube zur Bestimmung der Schweißrauchemissionsrate ergänzt werden kann.

Im Rahmen der Expositionsmessungen wird die Massenkonzentration des Schweißrauches bestimmt. Die Bestimmung der Massenkonzentration erfolgt mit einer „Tapered Element Oscillating Microbalance“ (TEOM - series 1400A), Thermo Electron Corporation, USA. Eine definierte Aerosolmenge wird mit einem PM10 Probenentnahmekopf in 150 cm Höhe erfasst und über ein kleines Filter geleitet, das auf der Spitze eines hohlen Glasstabes positioniert ist. Dieser Glasstab wird zu Schwingungen angeregt und über eine masseabhängige Frequenzänderung kann die Massenkonzentration des angesaugten Aerosols bestimmt werden. Die Wirkung von Schweißrauchen auf den menschlichen Organismus wird sowohl durch die Konzentration des Schweißrauches als auch durch die Expositionsdauer bestimmt, sodass das Produkt aus Konzentration und Expositionszeit bzw. für nicht konstante Konzentrationen, das Zeitintegral über die Schweißrauch-Massenkonzentration zur Quantifizierung der Exposition herangezogen werden kann [6, 7]. Diese Messgröße wird als kumulative Massen-Expositions-dosis bezeichnet und im Folgenden als Maß für die Exposition genutzt.

Bei den Expositionsuntersuchungen werden mit drei Messpositionen und zwei Absaugpositionen (Abbildung 1, linke Bildhälfte) der Einfluss der Entfernungen bzw. die Position im Raum zum Schweißprozess auf die Exposition untersucht. Messposition 1 befindet sich in 30 cm Distanz zum Schweißprozess und repräsentiert den Schweißer, während die 50 und 80 cm entfernte Messpositionen beistehende Personen abbilden. In Absaugposition 1 ist die Düsenplatte bei einer Neigung von 30° gegenüber der Horizontalen und einem Abstand von 30 cm zum Schweißprozess optimal positioniert. Absaugposition 2 weist die gleiche Ausrichtung auf, simuliert jedoch mit einem seitlichen Versatz von 35 cm eine fehlende Nachführung des Absaugarms während des Schweißens. Bei Absaugposition 0 ist die Absaugung deaktiviert und bei aktiver Absauganlage ist standardmäßig

ein Volumenstrom von 850 m<sup>3</sup>/h eingestellt. Die Probenentnahme findet hinter einem Schweißschirm in einer Arbeitshöhe von 150 cm statt. In der rechten Bildhälfte von Abbildung 1 ist die Messposition 1 (Schweißer) und die Absaugposition 1 (optimale Positionierung) zu sehen.



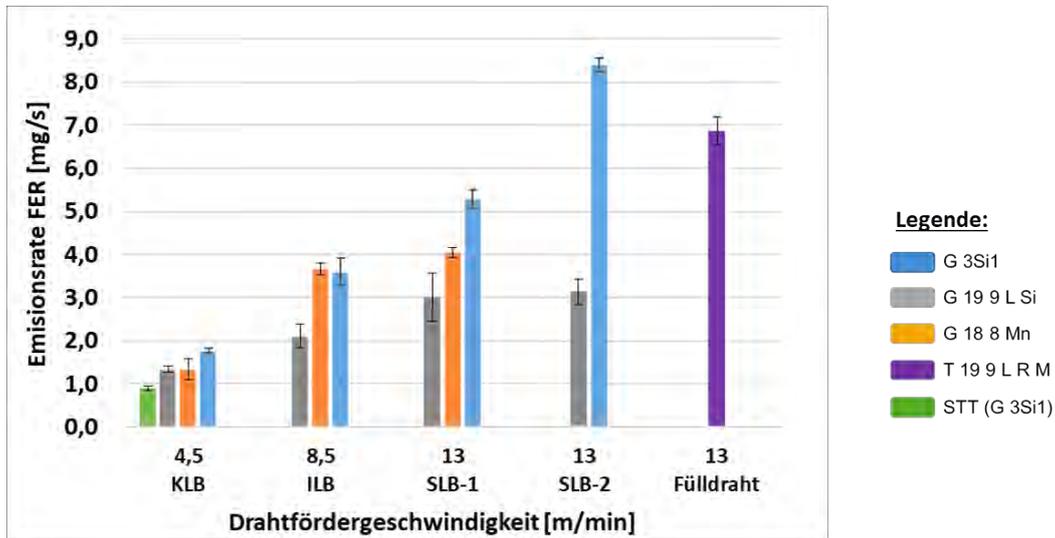
Damit ein möglicher Einfluss von unterschiedlichen Werkstoffen untersucht werden kann, kommen sowohl unlegierte (G 3Si1) als auch hochlegierte Schweißzusätze (G 19 9 L Si) als Massivdrähte zum Einsatz. Darüber hinaus wird ein hochlegierter Fülldraht mit der Bezeichnung T 19 9 L R M und stichprobenartig ein manganhaltiger Massivdraht (G 18 8 Mn) betrachtet. Alle Schweißdrähte besitzen einen Durchmesser von 1,2 mm und werden in PA-Position als Auftragsnaht auf unlegierten Grundwerkstoff (S235JR) verschweißt. Für die unlegierten Schweißzusätze wird das Schutzgas M21 (82 % Argon und 18 % CO<sub>2</sub>) und für die hochlegierten Schweißzusätze das Schutzgas M12 (97,5 % Argon und 2,5 % CO<sub>2</sub>) eingesetzt. Die Schweißzeit beträgt für die Schweißversuche zur Bestimmung der Exposition 40 s bei einem Schutzgasvolumenstrom von 14 l/min (Ausnahme Fülldraht: 22 l/min).

### 3. Charakterisierung der Schweißprozesse

Eine exakte Prozesscharakterisierung ermöglicht die Reproduzierbarkeit der Versuche sowie eine langfristige Nutzung und Vergleichbarkeit der Messdaten. Für die Untersuchungen werden konventionelle Kurzlichtbogen-, Impulslichtbogen- und Sprühlichtbogenprozesse mit 4,5 m/min, 8,5 m/min und 13 m/min Drahtvorschub eingesetzt, deren Prozesseinstellungen auf Basis der spezifischen Synergiekennlinien unter Variation der Einstellparameter „Spannungskorrektur“ und „Lichtbogendynamik“ erfolgt. Zusätzlich zu dem konventionellen Kurzlichtbogenprozess wurde prototypisch ein spritzerreduzierter geregelter Kurzlichtbogenprozess untersucht.

Eine essentielle Kenngröße des Schweißprozesses, insbesondere im Hinblick auf Expositionsuntersuchungen, ist die Schweißrauchemissionsrate (engl. fume emission rate, FER), die in der Einheit mg pro Sekunde angibt, welche Masse Schweißrauch pro Zeit von einem Schweißprozess emittiert wird. Die FER wird dabei erheblich von der Lichtbogenart und den Schweißprozessparametern beeinflusst. Den niedrigsten Wert weist der spritzerarme Kurzlichtbogenprozess mit 0,9 mg/s auf. Grund dafür ist zum einen ein kontrolliertes Auflösen der Kurzschlussbrücke durch die prozessspezifische Stromführung und zum anderen die im Vergleich zum konventionellen Kurzlichtbogen verminderte Lichtbogenleistung. Für die Schweißzusätze G 19 9 L Si und G 18 8 Mn wird die Synergiekennlinie für Chrom-Nickel-Stahl genutzt, wobei der G 19 9 L Si mit Ausnahme des Kurzlichtbogenprozesses geringere Emissionsraten aufweist. Die Schweißrauchmenge der Schweißprozesse mit hochlegierten Draht sind wahrscheinlich aufgrund eines besseren Werkstoffübergangs und des niedrigeren Oxidationspotentials des argonreicheren Schutzgases generell niedriger als die des unlegierten Drahtes. Die Emissionsraten der Impulslichtbogenprozesse liegen zwischen denen der Kurzlichtbogen- und Sprühlichtbogenprozesse. Der

Sprühlichtbogenprozess des unlegierten Schweißdrahtes erzeugt in der Parametereinstellung 1 (SLB-1) eine Emissionsrate von 5,28 mg/s. In der Parametereinstellung 2 (SLB-2), bei der über den Einstellparameter Spannungskorrektur ein längerer Lichtbogen eingestellt wurde, beträgt die Emissionsrate des unlegierten Schweißdrahtes 8,4 mg/s. Die größere Lichtbogenlänge bietet durch eine längere Flugphase der Tropfen in Kombination mit einer im Vergleich moderat erhöhten Prozessleistung mehr Potential für Metaldampfbildung. Abbildung 2 stellt die Emissionsraten für die verschiedenen Drahtvorschubgeschwindigkeiten bzw. Lichtbogenarten in einem Diagramm dar.

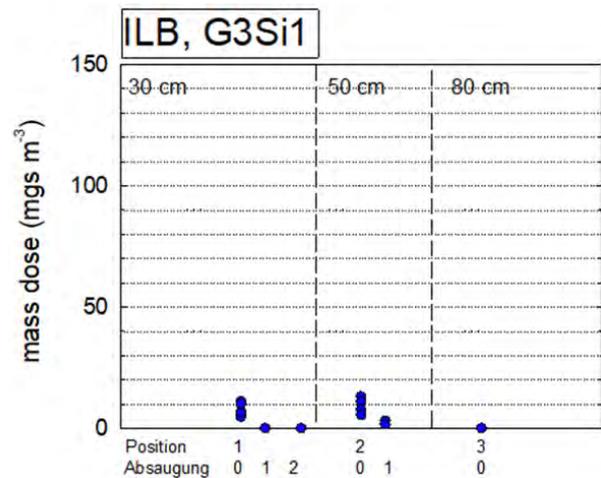
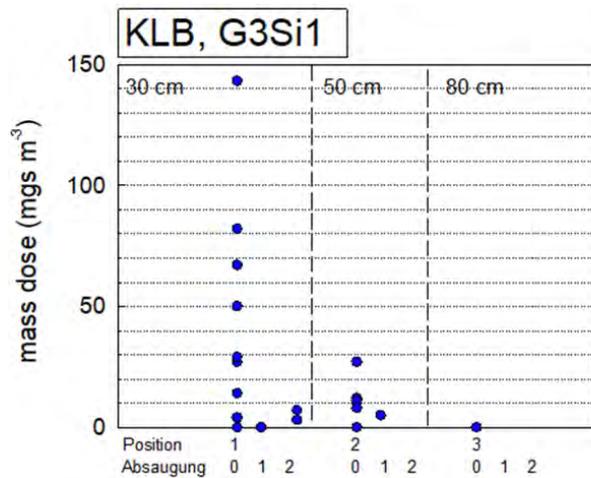


Insgesamt bilden die gewählten Schweißprozesse die industriell relevanten Lichtbogenarten mit ihrem jeweils typischen Emissionsspektrum ab und bieten eine solide Basis für die Expositionsmessungen.

#### 4. Expositionsergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Bestimmung der kumulativen Massen-Expositionsdosis des unlegierten Schweißzusatz für die jeweiligen Parametereinstellungen vorgestellt. Über mehrere Messungen der Hintergrundbelastung wurde eine Nachweisgrenze von  $4,7 \text{ mg s m}^{-3}$  ermittelt. Die reale Nachweisgrenze liegt jedoch wahrscheinlich niedriger, weil Expositionswerte nur als gültig akzeptiert wurden, wenn der Signalverlauf über einen gewissen Zeitraum stabil war und der Anfangswert wieder erreicht wurde. Die Expositionsergebnisse wurden bereits in [8] veröffentlicht.

Abbildung 3 fasst die Ergebnisse des Kurzlichtbogens (linke Bildhälfte) und des Impulslichtbogens (rechte Bildhälfte) für den unlegierten Schweißzusatz zusammen.



Bei dem Kurzlichtbogenprozess wird die höchste kumulative Expositions-dosis in 30 cm Entfernung vom Schweißprozess für Messposition 1 (Schweißerposition) bei ausgeschalteter Rauchabsaugung beobachtet. Die durchschnittliche Expositions-dosis beträgt in dieser Messposition  $46 \text{ mg s m}^{-3}$ , was einer errechneten durchschnittlichen Massekonzentration von  $1,2 \text{ mg m}^{-3}$  entspricht. Erstaunlich ist jedoch die hohe Heterogenität der Ergebnisse: Die kumulierte Expositions-dosis variiert zwischen 0 und über  $140 \text{ mg s m}^{-3}$ . Wird die Schweißrauchabsaugung bei optimaler Positionierung der Düsenplatte (Absaugposition 1), eingeschaltet, reduziert sich die Expositions-dosis auf Null. Eine seitliche Verschiebung der Schweißrauchabsaugung um 35 cm (Messposition 1, Absaugposition 2) erhöht die Expositions-dosis leicht auf Werte um die Nachweisgrenze. Die Platzierung der Probenentnahme in größerer Entfernung (50 cm - Messposition 2) zur Betrachtung beistehender Personen reduziert bei deaktivierter Absaugung die Expositions-dosis auf einen Mittelwert von  $12 \text{ mg s m}^{-3}$  (Massenkonzentration:  $0,29 \text{ mgm}^{-3}$ ) und verringert die Variabilität der Ergebnisse erheblich. Beim Betrieb der Schweißrauchabsaugung in Messposition 2 und Messposition 3 (Abstand 80 cm) liegt die Expositions-dosis an oder unterhalb der Nachweisgrenze.

In Messposition 1 und bei ausgeschalteter Schweißrauchabsaugung ist die kumulierte Expositions-dosis beim Impulslichtbogenverfahren für den niedrig legierten Draht deutlich geringer und weniger variabel, obwohl dieses Verfahren deutlich höhere Schweißrauchemissionsraten als die Kurzlichtbogenverfahren aufweist. Die Expositions-dosis beträgt im Mittel nur  $8 \text{ mg s m}^{-3}$  (Massenkonzentration  $0,2 \text{ mgm}^{-3}$ ). In Messposition 2 ist das Ergebnis mit  $9 \text{ mg s m}^{-3}$  auf gleichem Niveau. Sowohl die Messungen mit aktiver Absauganlage als auch die Messungen in Messposition 3 erzeugen Expositionswerte unterhalb der Nachweisgrenze.

Abbildung 4 zeigt die Expositionswerte der Sprühlichtbogenverfahren bei Einsatz unlegierter Schweißzusätze für die standardmäßige Prozesseinstellung (SLB-1, linke Bildhälfte) und für die Prozesseinstellung (SLB-2, rechte Bildhälfte), bei der durch einen längeren Lichtbogen eine deutlich höhere Schweißrauchemission erzeugt wird. Bei Prozesseinstellung 1 (SLB-1) weist die kumulative Expositions-dosis mit  $20 \text{ mg s m}^{-3}$  (Massenkonzentration  $0,5 \text{ mg m}^{-3}$ ) in Messposition 1 und bei deaktivierter Absaugung etwas höhere Werte als das Impulslichtbogenverfahren auf. Erstaunlicherweise gibt es keine deutlichen Unterschiede in den Expositionsdosen zwischen den beiden Schweißprozessen mit abweichender Parametereinstellung, obwohl sich die Schweißrauchemissionsrate der Schweißprozesse deutlich unterscheidet. Bei beiden Sprühlichtbogenprozessen liegen die Expositionswerte bei eingeschalteter Absaugung und bei höheren Messabständen um oder unter der Nachweisgrenze.

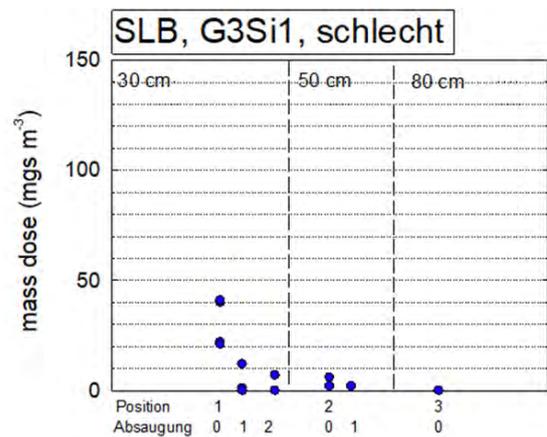
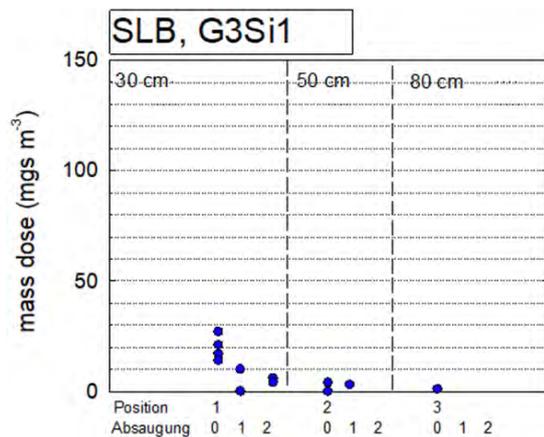
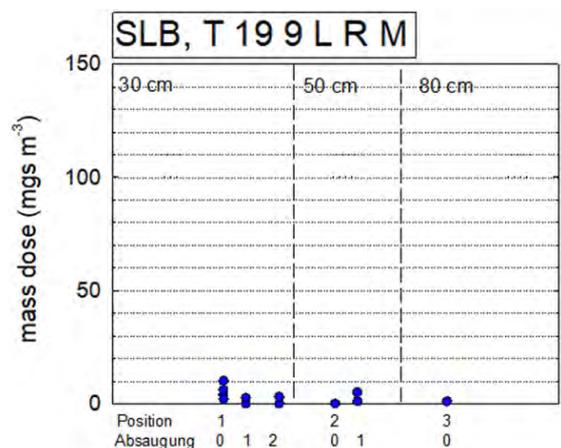
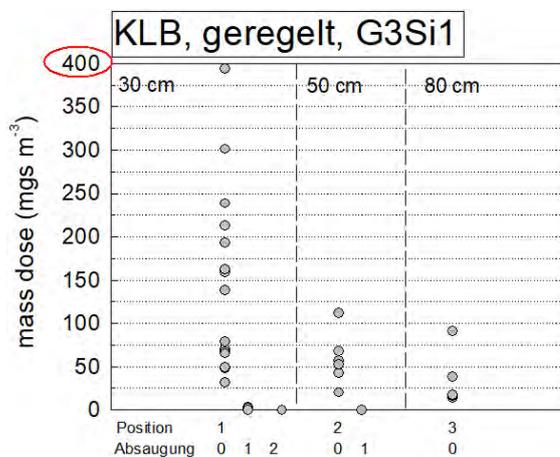


Abbildung 5 zeigt auf der linken Bildhälfte den geregelten Kurzlichtbogenprozess und den Rutilfülldraht auf der rechten Bildhälfte. Obwohl der Kurzlichtbogenprozess die geringste Schweißrauchemissionsrate aller in dieser Studie untersuchten Schweißprozesse besitzt, zeigt er dennoch die höchsten Expositionswerte aller Prozesse. Bei deaktivierter Absauganlage beträgt der Wert in Messposition 1 im Durchschnitt  $150 \text{ mg s}^{-3}$ , in Messposition 2 durchschnittlich  $60 \text{ mg s}^{-3}$  und in Messposition 3 durchschnittlich  $35 \text{ mg s}^{-3}$ . Bei aktivierter Absaugung konnte in keiner Messposition Exposition detektiert werden.

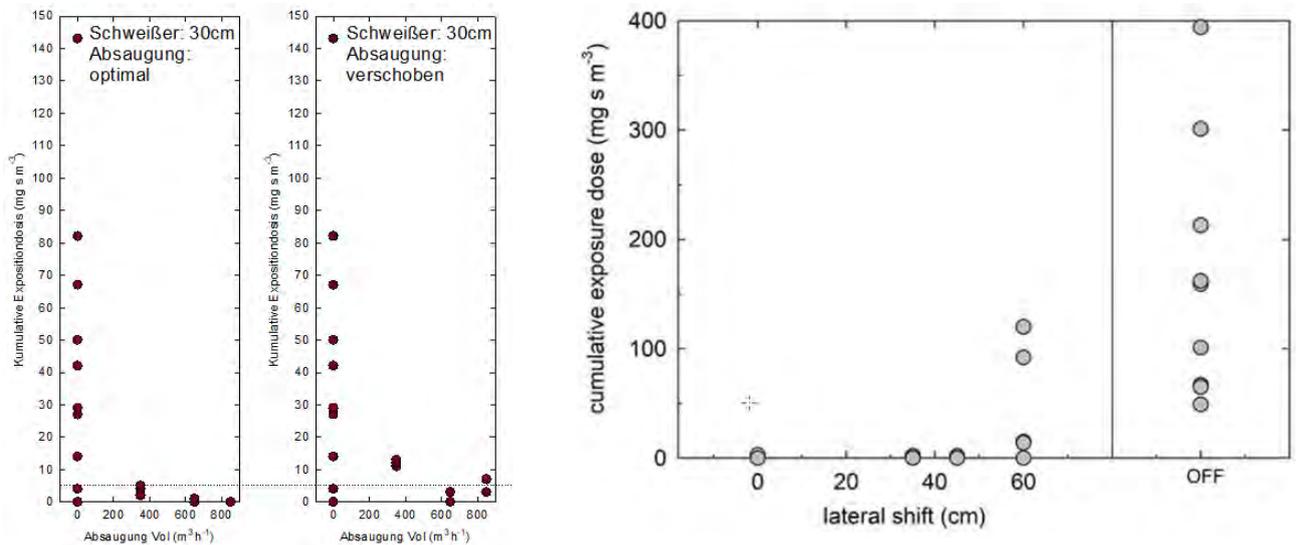
Der Rutilfülldraht (Abbildung 5, rechte Bildhälfte) weist ungeachtet der sehr hohen Schweißrauchemissionswerte die niedrigsten Expositionsdosen aller Schweißversuche auf. Lediglich in Messposition 1 kann bei deaktivierter Absaugung eine Exposition oberhalb der Nachweisgrenze gemessen werden.



## 5. Wirksamkeit der Schweißrauchabsaugung

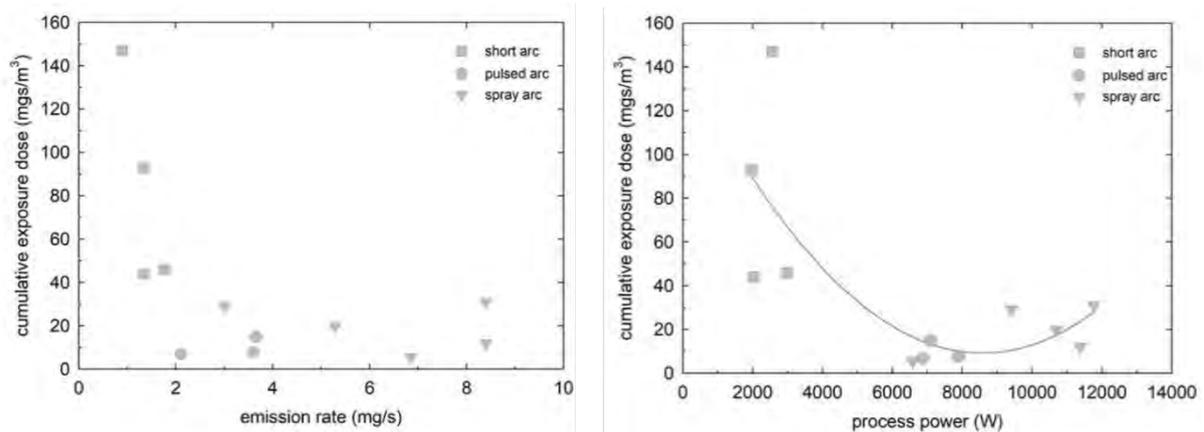
Die Expositionsmessungen zeigen, dass eine Schweißrauchabsaugung gesundheitliche Belastungen des Schweißers und beistehender Personen verhindern kann. Weiterhin wurde untersucht, welcher Absaugvolumenstrom für eine Expositionsvermeidung notwendig ist und bis zu welchem Abstand von Absaughaube zu Schweißprozess die Wirksamkeit der Absaugung erhalten bleibt. Abbildung 6 (linke Bildhälfte) zeigt die Beziehung zwischen kumulativer Expositionsdosis und Absaugvolumenstrom für die optimale Position (Absaugposition 1) und für die um 35 cm verschobene Absaughaube (Absaugposition 2) für den expositionsreichen geregelten Kurzlichtbogen. In der optimalen Position ist die Absaugung vergleichsweise effizient und reduziert die Expositionsdosis auf Werte um oder unter der Nachweisgrenze. Bei der suboptimalen, verschobenen Position ist die Expositionsdosis für einen Volumenstrom von  $350 \text{ m}^3/\text{h}$  erhöht und erst ein Volumenstrom ab  $650 \text{ m}^3/\text{h}$  vermeidet die Exposition wirksam.

In Abbildung 6 (rechte Bildhälfte) ist der Zusammenhang zwischen der kumulierten Expositionsdosis und der seitlichen Verschiebung von Absaughaube zu Schweißprozess dargestellt. Die Absauganlage arbeitet bis zu einer seitlichen Verschiebung von 45 cm effizient und erst bei einer Verschiebung von 60 cm wird die Expositionsdosis deutlich erhöht, was bedeutet, dass der maximale Abstand für eine gute Raucherfassung überschritten wird.



## 6. Diskussion und Ausblick

Die Expositionsergebnisse zeigen, dass die kumulative Expositionsdosis nicht mit der Schweißrauchemissionsrate ansteigt (Abbildung 7, linke Bildhälfte). Der geregelte Kurzlichtbogenprozess weist trotz der geringsten Schweißrauchemissionsrate die höchsten und der Fülldraht trotz der größten Schweißrauchemissionsrate die niedrigsten Expositionswerte auf. Diese Ergebnisse deuten auf eine Abhängigkeit der Expositionsdosis von der Prozessleistung hin (Abbildung 7, rechte Bildhälfte). Mit steigender Prozessleistung bis etwa 8000 W nimmt die Expositionsdosis ab und erreicht im Leistungsbereich des Impulslichtbogens ein Minimum. Wird die Prozessleistung weiter erhöht, steigt die Expositionsdosis im Bereich des Sprühlichtbogens wieder leicht an.



Eine mögliche Erklärung für diese Abhängigkeit können die Ausprägung und Stabilität der thermischen Säule sein, die mit steigender Prozessleistung zunehmen. Bei niederenergetischen Kurzlichtbogen-schweißprozessen breiten sich Schweißrauche leichter horizontal aus, weil keine ausgeprägte thermische Säule existiert, die die Schweißrauchpartikel vertikal nach oben transportiert. Dies kann auch die hohe Variabilität der Einzelmessungen bei deaktivierter Absaugung

erklären, die aufgrund von Fluktuationen der thermischen Säule entstehen. Videoaufnahmen haben gezeigt, dass bei den Kurzlichtbogenprozessen bereits sehr geringe Luftströmungen ausreichen, um die thermische Säule horizontal zu bewegen und folglich höhere Messwerte hervorrufen, wenn diese Bewegung in Richtung der Messsensoren erfolgt. Bei den Impulslichtbogen- und Sprühlichtbogenprozessen ist die thermische Säule aufgrund der höheren Energieeinbringung stärker ausgeprägt und transportiert den Schweißrauch mit einer höheren Geschwindigkeit vertikal nach oben, sodass keine signifikante horizontale Rauchbewegung entstehen kann. Mit Hilfe von Video- und Schlierenaufnahmen konnten höhere vertikale Geschwindigkeiten bzw. höhere Dichteunterschiede im Vergleich zur Umgebungsluft beobachtet werden. Dieses Verhalten verhindert einen intensiven Kontakt des Schweißers mit dem erzeugten Schweißrauch, falls dieser sich nicht direkt in der thermischen Säule befindet. Diese Ergebnisse decken sich mit Erkenntnissen aus vorangegangenen Untersuchungen, in denen der Position des Kopfes bzw. Erfassungselements eine herausragende Bedeutung zugewiesen wird [9].

Eine Absauganlage vermeidet die Schweißrauchexpositionen in den vorliegenden Szenarien zumeist effektiv, sofern der Absaugvolumenstrom mindestens  $650 \text{ m}^3/\text{h}$  beträgt und die Distanz der Absaugdüse zum Schweißprozess nicht mehr als 45 cm beträgt. Trotzdem kann durch den Einsatz einer Absauganlage nicht unter allen Bedingungen ein vollständiger Schutz garantiert werden. Zudem wird die Absaugung in der schweißtechnischen Praxis nicht immer optimal platziert und nachgeführt, sodass Schweißer und beistehende Personen durch Rauchakkumulation bzw. resultierende Hintergrundbelastungen gefährdet werden. Die Expositionsergebnisse legen nahe, dass dies in der Realität häufig der Fall ist, weil diese Ergebnisse sonst nicht mit der bisherigen Studienlage, insbesondere den Messergebnissen in Betrieben, in Einklang gebracht werden können. Kombiniert man die prozessspezifischen Konvektionserscheinungen mit den absaugtechnischen Erkenntnissen so erscheint eine differenzierte Betrachtung der Leistungsbereiche als sinnvoll. Eine Nachführung der Absaugdüse ist bei energiereichen Schweißprozessen besonders wichtig, weil die thermische Säule anders als bei energieärmeren Schweißprozessen stabiler ist, sodass der Schweißrauch bei suboptimaler Positionierung weniger effektiv erfasst wird und eine höhere Hintergrundbelastung generieren kann. Deswegen ist insbesondere in diesem Leistungsbereich der Einsatz einer brennerintegrierten Absaugung empfehlenswert. Bei den vglw. niedrigenergiereichen Kurzlichtbogenprozessen, die sich empfindlich gegenüber Luftströmungen zeigen, führt der Einsatz einer Absaugung zu einer Ablenkung des Schweißrauchs weg vom Schweißer, sodass eine Exposition bis zu dem Abstand von 45 cm von Absaugdüse zu Schweißprozess verhindert werden kann.

Insgesamt zeigen die Untersuchungen, dass hohe Schweißrauchemissionsraten nicht zwangsläufig auch hohe Expositionswerte für den Schweißer und beistehende Personen bedeuten. Dies gilt jedoch nur für die speziellen Versuchsbedingungen dieser Studie, bei denen aufgrund einer optimalen Raumlüftung keine Schweißrauchakkumulation auftreten kann. In der Praxis muss der Abhängigkeit der Schweißrauchexposition von der Schweißrauchemission jedoch ein größerer Stellenwert eingeräumt werden. Es empfiehlt sich vielmehr eine differenzierte Betrachtung von direkter Exposition aus dem Schweißprozess und indirekter Exposition aus der Hintergrundbelastung, die aus nicht erfassten Schweißrauch und weiteren Tätigkeiten innerhalb einer Werkshalle resultiert. Die direkte Exposition ist stark von den Schweißprozessen und -parametern sowie den Absaugmaßnahmen abhängig und kann von Schweißfachleuten behandelt werden. Dem Aspekt der Schweißrauchakkumulation und Hintergrundbelastung sollte von Spezialisten der Lüftungstechnik begegnet werden. Beide Fachgebiete können im Zusammenwirken den Herausforderungen der Schweißrauchexposition von Schweißern und beistehenden Personen zuversichtlich entgegentreten.

## Danksagung

Das IGF-Vorhaben Nummer 20.047 N/DVS-Nummer Q6.2270 der Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e.V. des DVS, Aachener Str. 172, 40223 Düsseldorf, wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

- [1] A. f. G. (AGS), Technische Regeln für Gefahrstoffe – TRGS 528 – Arbeitsplatzgrenzwerte, AGS Geschäftsführung – BAuA, 2020
- [2] „Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV)“, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), 2010, letzte Änderung März 2017
- [3] Reisinger, U.; Sharma, R.; Christ, M.; et. al.: Vergleichende Schweißrauchuntersuchungen zwischen konventionellen und digital geregelten MSG-Schweißprozessen im Pulsmodus, DVS Congress 2019: Große Schweißtechnische Tagung, S. 226/233
- [4] Rose, S.: Ansätze zur Entstehung und Reduzierung von Schweißrauchemissionen beim MSG-Schweißen unter Berücksichtigung neuer Verfahrensvarianten. Schweißen und Schneiden 64, Heft 4, 2012
- [5] Lehnert, M.; Zschiesche W.; Lotz A.; et al.: Gesundheitsschutz beim Schweißen- Aktuelle Herausforderungen, IPA Journal 01/2020
- [6] Brand, P.; Beilmann, V.; Thomas, K.; et al.: The Effects of Exposure Time on Systemic Inflammation in Subjects with Exposure to Zinc- and Copper-Containing Brazing Fumes. Journal of Occupational and Environmental Medicine, 2019
- [7] Brand, P.; Havlicek, P.; Steiners, M.; et al.: Exposure of healthy subjects with emissions from a gas metal arc welding process: part 1 - exposure technique and external exposure, International Archives of Occupational and Environmental Health, 2013
- [8] Brand, P.; Ebert, B.; Esser, A.; Sharma, R.: Direct Exposure of Welders to Welding Fumes and Effect of Fume Extraction Systems Under Controlled Conditions, Journal of Occupational and Environmental Medicine, 2021
- [9] Spiegel-Ciobanu, V. E.: Untersuchung der Exposition von Schweißern gegenüber ultrafeinen Partikeln im Schweißrauch bei Änderung der Schweißparameter und der arbeitsplatzspezifischen Faktoren mithilfe der PIMEX-Methode, Schweißen und Schneiden 69, Heft. 5, 2017