

**Beispielhaftes Vortragsmanuskript  
eines Vortrages der  
Großen Schweißtechnischen Tagung 2000  
in Nürnberg**

Titel:

*„Schadstoffe beim Schweißen: Ergebnisse  
betrieblicher Untersuchungen und Bewertung der  
Gefährdung“*

Autor:

Dipl.-Ing. V.-E. Spiegel-Ciobanu  
Nordt. Metall Berufsgenossenschaft Hannover

Obmann des Sachgebietes „Schadstoffe in der Schweißtechnik“  
im berufsgenossenschaftlichen Fachausschuss  
„Eisen und Metall I“

# Schadstoffe beim Schweißen: Ergebnisse betrieblicher Untersuchungen und Bewertung der Gefährdung

V.-E. Spiegel-Ciobanu, Hannover

Die ständige Entwicklung auf den Gebieten der Sicherheitstechnik, Arbeitsmedizin, Hygiene sowie Arbeitswissenschaft führen u. a. zu einer kontinuierlichen Überprüfung und Anpassung der Grenzwerte für Gefahrstoffe in der Luft am Arbeitsplatz. Als Beispiel wird die Problematik der neu vorgeschlagenen Luftgrenzwerte für Feinstaub und Gesamtstaub („Allgemeiner Staubgrenzwert“) und die dazu vom berufsgenossenschaftlichen Fachausschuss „Eisen und Metall I“ (FA „EM I“) an den Unterausschuss „Grenzwerte“ des Ausschusses für Gefahrstoffe abgegebene Stellungnahme - unter Berücksichtigung der ausgewerteten Messdaten von Schadstoffen in der Schweißtechnik und der verschiedenen Randbedingungen - dargestellt. Das Arbeitsschutzgesetz fordert eine Gefährdungsbeurteilung am Arbeitsplatz. In diesem Zusammenhang schreibt die Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) eine entsprechende Gefährdungsbeurteilung durch Gefahrstoffe, hier Schadstoffe, fest. Die zu Grunde liegenden Faktoren für eine Gefährdungsbeurteilung durch Schadstoffe beim Schweißen und bei verwandten Verfahren werden dargestellt. Darüber hinaus soll ein Weg für die Beurteilung der Gefährdung durch Schadstoffe als Hilfe für die Betriebe aufgezeigt werden, um die daraus resultierenden Schutzmaßnahmen festzulegen.

## 1 Allgemeiner Staubgrenzwert

Um die Belastung der Arbeitnehmer durch Schadstoffe am Arbeitsplatz zu begrenzen, d. h. um die Auswirkungen dieser Schadstoffe auf den menschlichen Körper zu minimieren, sind stoffspezifische Grenzwerte festgelegt worden.

Auf Grund der technischen Gegebenheiten am Arbeitsplatz sowie der analytischen und arbeitsmedizinischen Erkenntnisse werden diese Grenzwerte regelmäßig überprüft und der ständigen Entwicklung auf dem Gebiet der Arbeitsmedizin und Arbeitswissenschaft angepasst.

Die Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) hat in ihrer MAK- und BAT-Werte-Liste 1997, Mitteilung 33, als „Allgemeinen Staubgrenzwert“ eine Konzentration des alveolengängigen Anteils (A) (bisher „Feinstaub“ F) von 1,5 mg/m<sup>3</sup> und eine Konzentration des einatembaren Anteils (E) (bisher „Gesamtstaub“ G) von 4 mg/m<sup>3</sup> festgesetzt.

Aus arbeitsmedizinischer Sicht ist der alveolengängige Anteil von besonderer Bedeutung. Unter dem „alveolengängigen Anteil“ versteht man den Teil der im Atembereich insgesamt vorhandenen Partikeln, der eingeatmet wird und der sich wegen der geringen Partikelgröße (meistens < 1 µm) in den Alveolen (Lungenbläschen) ablagert. Die beim Schweißen und bei verwandten Verfahren entstehenden Stoffe besitzen in der Regel Partikeldurchmesser, die alveolengängig sind.

Unter dem „einatembaren Anteil“ versteht man den Teil von im Arbeitsbereich insgesamt vorhandenen Partikeln, der eingeatmet wird. Dabei werden die größten Partikel (> 15 µm) nahezu ausschließlich im Bereich von Nase, Rachen und Kehlkopf und die kleineren Partikel zum Teil im Tracheo-Bronchial-Raum oder Alveolar-Raum abgelagert.

Der Allgemeine Staubgrenzwert soll unspezifische Wirkungen auf die Atemorgane verhindern. Bei Einhaltung des Allgemeinen Staubgrenzwertes ist mit einer Gesundheitsgefährdung nur dann nicht zu rech-

nen, wenn sichergestellt ist, dass genotoxische, krebserzeugende, fibrogene, allergisierende oder sonstige toxische Wirkungen des Staubes nicht zu erwarten sind. Der Geltungsbereich erstreckt sich nicht auf lösliche Partikel (insbesondere Salze aus Steinsalz und Kalilagerstätten) und ultrafeine und grobdisperse Partikel.

Bei der Festlegung von Luftgrenzwerten für Gefahrstoffe erstellt die Senatskommission der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) als wissenschaftliche Institution die MAK- und BAT-Werte-Liste. Die Zuständigkeit, die vorgenannten Werte, die ausschließlich unter arbeitsmedizinischen und toxikologischen Aspekten zustande gekommen sind, in die TRGS 900 einzuarbeiten, liegt beim Unterausschuss V (UA V) im Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS). Hier werden weitere Randbedingungen, insbesondere auch technische Machbarkeit (Stand der Technik), volkswirtschaftliche und gesellschaftliche Konsequenzen (Stellungnahmen der beteiligten/betroffenen Kreise) mitdiskutiert und berücksichtigt.

## 2 Ergebnisse betrieblicher Untersuchungen

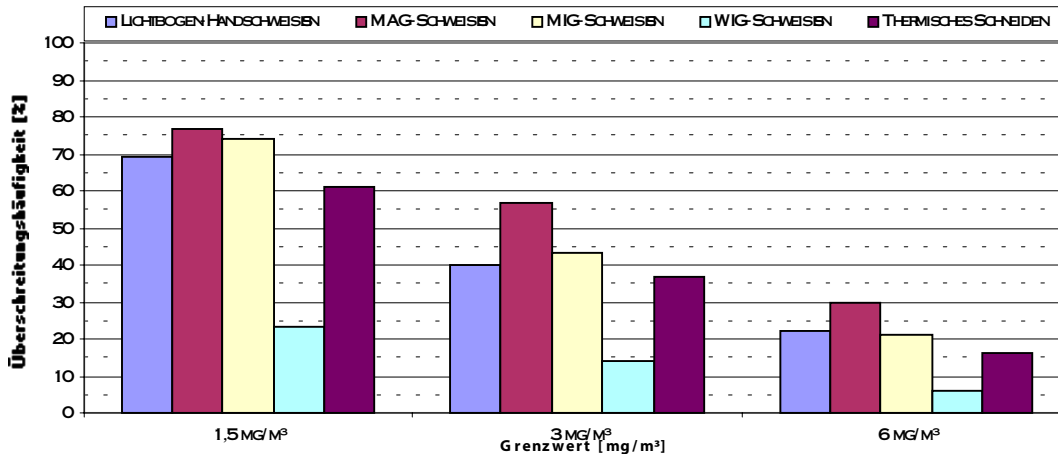
Der UA V befasst sich seit einiger Zeit unter Berücksichtigung des Standes der Technik bei Anlagen und Verfahren u. a. mit den vorgenannten Werten.

Zur Unterstützung der Arbeit des UA V und um einem praxisbezogenen Gesundheitsschutz Rechnung zu tragen, wurde vom berufsgenossenschaftlichen Fachausschuss „Eisen und Metall I“, Sachgebiet „Schadstoffe in der Schweißtechnik“, hierzu auf der Basis betrieblicher Messdaten Stellung genommen.

In einer Auswertung der von den Berufsgenossenschaften erfassten zahlreichen Messdaten wurden für das Schweißen und Schneiden die unter den Begriffen Schweißrauch, Feinstaub, Gesamtstaub erfassten Daten zusammengeführt, da es sich ohnehin bei diesen Verfahren ausschließlich um die alveolengängige Fraktion handelt. Bei thermischen Spritzverfahren wurde auf Grund der stark variierenden Partikelgröße sowohl der einatembare Anteil als auch der alveolengängige Anteil berücksichtigt.

DATEN-BASIS: Bia-Dokumentation - MEGA  
 Alle Berufsgenossenschaften  
 PROBEHAHME: An der Person  
 SCHADSTOFF: Schweißrauch / Feinstaub (alveolengängige Fraktion)  
 GRENZWERT: 6 mg/m<sup>3</sup> (3mg/m<sup>3</sup> = Richtwert für arb.-med. Vorsorgeuntersuchungen / 1,5 mg/m<sup>3</sup> = DFG-Vorschlag)

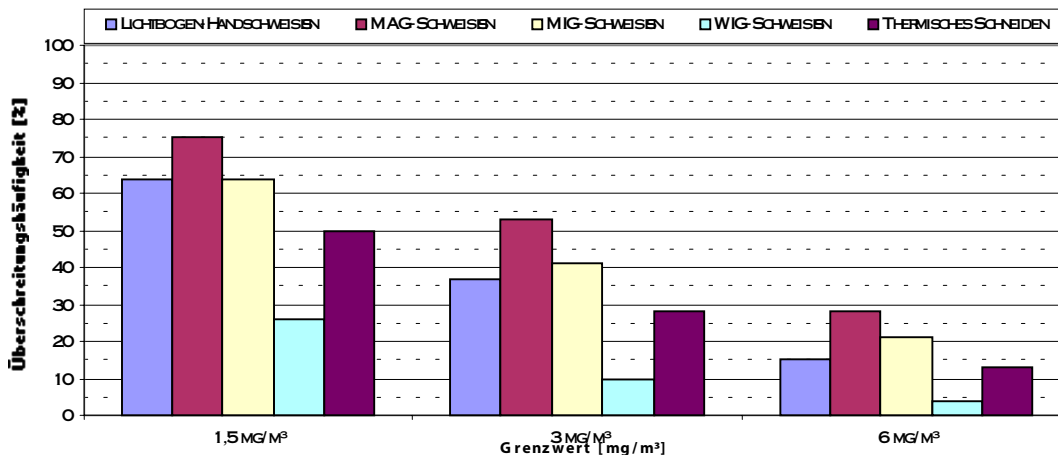
Verfahren	Anzahl der Daten	Grenzwert-Überschreitungshäufigkeit in % bei		
		1,5 mg/m <sup>3</sup>	3 mg/m <sup>3</sup>	6 mg/m <sup>3</sup>
Lichtbogen-Handschweißen	278	69	40	22
MAG-Schweißen	354	77	57	30
MIG-Schweißen	123	74	43	21
WIG-Schweißen	70	23	14	6
Thermisches Schneiden (Brenn-, Plasma-, Laser-Schneiden)	87	61	37	16



**Bild 1.** Auswertung von Messdaten aus der Schweißtechnik, Zeitraum 1989 – 1993

DATEN-BASIS: Bia-Dokumentation - MEGA  
 Alle Berufsgenossenschaften  
 PROBEHAHME: An der Person  
 SCHADSTOFF: Schweißrauch / Feinstaub (alveolengängige Fraktion)  
 GRENZWERT: 6 mg/m<sup>3</sup> (3mg/m<sup>3</sup> = Richtwert für arb.-med. Vorsorgeuntersuchungen / 1,5 mg/m<sup>3</sup> = DFG-Vorschlag)

Verfahren	Anzahl der Daten	Grenzwert-Überschreitungshäufigkeit in % bei		
		1,5 mg/m <sup>3</sup>	3 mg/m <sup>3</sup>	6 mg/m <sup>3</sup>
Lichtbogen-Handschweißen	222	64	37	15
MAG-Schweißen	666	75	53	28
MIG-Schweißen	120	64	41	21
WIG-Schweißen	108	26	10	4
Thermisches Schneiden (Brenn-, Plasma-, Laser-Schneiden)	90	50	28	13



**Bild 2.** Auswertung von Messdaten aus der Schweißtechnik, Zeitraum 1994 – 1998

Da zur Zeit bei Messungen an der Person in vielen Fällen noch die Schwierigkeit besteht, den Probenkopffür die A-Fraktion (Feinstaub) im Atembereich hinter dem Schweißerschutzschirm zu positionieren (Platzmangel), wird häufig die gesamte E-Fraktion (Gesamtstaub) in der Schweißtechnik anstelle der A-Fraktion (Feinstaub) als eine Leitkomponente messtechnisch ermittelt. Beim Schweißen, Schneiden und Löten entstehen nur feine Partikel, die alle zur „alveolengängigen Fraktion“ gehören; die Messergebnisse von „Gesamtstaub“ anstelle von „Feinstaub“ liegen bei Vergleichen mit dem Grenzwert für „Feinstaub“ immer auf der sicheren Seite.

Die statistischen Auswertungen zeigen, dass bei den wichtigsten, mit starker Rauchentwicklung verbundenen Verfahren wie

- Lichtbogenhandschweißen mit umhüllten Stabelektroden,
- Metall-Aktivgasschweißen,
- Metall-Inertgasschweißen,
- thermisches Schneiden,

trotz wirksamer Absaugung nach dem Stand der Technik 50 - 75 % der vorhandenen Messdaten über dem in der Diskussion befindlichen Wert von 1,5 mg/m<sup>3</sup> liegen würden, **Bild 1** und **Bild 2**.

Konsequenzen einer evtl. Aufnahme der neu vorgeschlagenen Staubgrenzwerte in die TRGS 900 wären:

1. Anwendung von persönlichem Atemschutz für die Mehrzahl der über 100 000 betroffenen Schweißer.
2. Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen für die Mehrzahl der Schweißer, da hier der neue Grenzwert (1,5 mg/m<sup>3</sup> für die A-Fraktion) = Auslöseschwelle bei fast allen Schweißerkollektiven überschritten wird. (Zur Zeit geben die Auswahlkriterien für die spezielle arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 39 „Schweißrauche“ einen Richtwert von 3 mg/m<sup>3</sup> - definiert als Schichtmittelwert - an, bei dessen Überschreitung arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen durchgeführt werden müssen)
3. **Erhöhung** des Messaufwandes durch getrennte Probenahme für den alveolengängigen und einatembaren Staubanteil bei der Beurteilung von Mischarbeitsplätzen (Schweißen/Schleifen, z. B. Nacharbeit von Schweißnähten) sowie bei einigen Verfahren der Schweißtechnik, z. B. Thermisches Spritzen.
4. Zusätzliche arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen nach Grundsatz G 26 „Atemschutzgeräte“ für eine sehr große Anzahl von Schweißern.

In einigen Ländern, beispielsweise Großbritannien und Dänemark, existieren unabhängig vom Feinstaubgrenzwert separate Schweißrauchgrenzwerte. So wird zum Beispiel in Großbritannien ein „Occupational Exposure Standard (OES)“ von 5 mg/m<sup>3</sup> (als Schichtmittelwert) für Schweißrauche angewendet.

Vom berufsgenossenschaftlichen Fachausschuss wird deshalb ein eigenständiger Grenzwert von 5 mg/m<sup>3</sup> für die „inerte Fraktion“ des Schweißrauches vorgeschlagen. Als „inerte“ gelten Schweißrauche, in denen keine mutagenen, krebserzeugenden, fibrogenen, toxischen oder allergisierenden Stoffe, wie Cr-VI-Verbindungen, Nickeloxide, Barium- oder Fluorverbindungen, enthalten sind. Dieses entspricht bereits der Handhabung in anderen europäischen Ländern.

So könnte der Grenzwert von 5 mg/m<sup>3</sup> bei allen Verfahren mit unlegierten/niedriglegierten Zusatz-/Grundwerkstoffen angewendet werden, z. B. beim

- Lichtbogenhandschweißen mit umhüllten Stabelektroden,
- Metall-Aktivgasschweißen (MAG),
- Metall-Inertgasschweißen (MIG),
- thermisches Schneiden usw.

Für alle schweißtechnischen Verfahrens-/Werkstoff-Kombinationen, bei denen mutagene, krebserzeugende, fibrogene, toxische oder allergisierende Stoffe im Schweißrauch enthalten sind, ist der o. g. Wert nicht maßgebend; hier ist der Grenzwert der jeweiligen Leitkomponente nach wie vor einzuhalten. Das führt dazu, dass die Schweißrauchkonzentration zwangsläufig unter dem gültigen allgemeinen Staubgrenzwert liegt.

Die Konzentration der Schweißrauche ergibt sich aus der Einhaltung der Leitkomponente und ist entsprechend abhängig von

- a) Verfahren und Werkstoffen,
- b) der chemischen Zusammensetzung der Schweißrauche,
- c) der Konzentration der Leitkomponente im Schweißrauch sowie ihrem Grenzwert, **Tabelle 3**.

**Tabelle 3.** Schweißrauchkonzentration bei Einhaltung des Grenzwertes der Leitkomponente (Beispiele)

Verfahren, Zusatzwerkstoff	Leitkomponente	Grenzwert der Leitkomponente [mg/m <sup>3</sup> ]	Schweißrauchkonzentration bei Einhaltung des Grenzwertes der Leitkomponente [mg/m <sup>3</sup> ]
Lichtbogenhandschweißen mit hochlegierten umhüllten Stabelektroden (hier: mit 18 % Cr, und 8 % Ni)	Cr-VI-Verbindung	0,1	1,7
Metall-Inertgasschweißen mit Nickelbasis-Zusatzwerkstoff (hier: mit 66 % Ni)	NiO	0,5	1,0
Metall-Schweißen mit niedriglegierten selbstschützenden Fülldrahtelektroden (hier: mit 20 % Mn)	Manganoxide	0,5	2,5

In die Liste des Vorhabens der Senatskommission der DFG für das Jahr 2000 wurde die Aufstellung eines

speziellen Grenzwertes für Schweißrauche aufgenommen.

Auch im Hinblick auf die Harmonisierung des Vorschriftenwesens auf europäischer Ebene ist eine Anpassung der Grenzwerte im Bereich der Schweißtechnik anzustreben. Darüber hinaus sollte das in Deutschland seit vielen Jahren angewendete und bewährte Konzept der Leitkomponenten beim Schweißen und bei verwandten Verfahren beibehalten werden.

### 3 Bewertung der Gefährdung

Für die Festlegung von Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit ist entsprechend § 5 des Arbeitsschutzgesetzes (ArbSchG) eine Beurteilung der für die Beschäftigten mit ihrer Arbeit verbundenen Gefährdung zu ermitteln. Da beim Schweißen und bei verwandten Verfahren eine Reihe von Schadstoffen - die Gefahrstoffe im Sinne der GefStoffV sind - entstehen, ist hier eine Beurteilung der Gefährdung durch chemische Einwirkung dieser Stoffe notwendig.

Aufgrund der in der Schweißtechnik vorliegenden Ergebnisse der Untersuchungen einerseits zur Schadstoffentstehung (chemische Zusammensetzung, Morphologie der Partikel, Emissionsraten usw.), andererseits zur Wirkung dieser Schadstoffe auf den Körper wird zur Beurteilung der Gefährdung folgendes Vorgehen vorgeschlagen:

#### 3.1 Einteilung, chemische Zusammensetzung

Bei der Beurteilung der Gefährdung durch Schadstoffe sind für die Art und Menge der gebildeten Schadstoffe die eingesetzten Verfahren und Werkstoffe maßgebend. Die Schadstoffe lassen sich einteilen nach:

- Vorkommen: - Gase  
- Partikel
- Wirkung: - atemwegs- und lungenbelastend  
- toxisch-irritativ  
- kanzerogen

Die chemische Zusammensetzung der partikelförmigen Stoffe hängt in erster Linie von der chemischen Zusammensetzung der angewendeten Werkstoffe (Zusatz-/Grundwerkstoff) ab.

Demgegenüber sind für die Menge und Zusammensetzung der gasförmigen Stoffe neben den Verfahren Oberflächenbeschichtungen sowie -verunreinigungen (Öl, Fett) verantwortlich. Vor allem, wenn organische Materialien (z. B. Kunststoffbeschichtungen) überschweißt oder thermisch geschnitten werden, entstehen in Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung des Ausgangsmaterials und den Reaktionsbedingungen unterschiedlich zusammengesetzte Schadstoffgemische.

Folgende Faktoren werden in die Gefährdungsbeurteilung einbezogen:

- a) verfahrensspezifische Faktoren
- b) wirkungsspezifische Faktoren

- c) arbeitsplatzspezifische Faktoren

#### 3.2 Verfahrens- und wirkungsspezifische Faktoren

Zu den verfahrens- und wirkungsspezifischen Faktoren gehören einerseits solche, die den Emissionsraten (mg/s), andererseits solche, die der Wirkung der Gase und Partikel Rechnung tragen.

Die Schweißverfahren können hinsichtlich der Partikel nach Emissionsraten (mg/s) in vier Klassen (Emissionsklassen) eingeteilt werden, und zwar:

- **Emissionsklasse 1:** Verfahren mit niedrigen Emissionsraten (< 1 mg/s)  
z. B. WIG-Schweißen, UP-Schweißen
- **Emissionsklasse 2:** Verfahren mit mittleren Emissionsraten (1 bis 2 mg/s)  
z. B. Laserstrahlschweißen
- **Emissionsklasse 3:** Verfahren mit hohen Emissionsraten (2 bis 25 mg/s)  
z. B. Lichtbogenhandschweißen, MAG-Schweißen mit Massivdraht usw.)
- **Emissionsklasse 4:** Verfahren mit sehr hohen Emissionsraten (> 25 mg/s)  
z. B. MAG-Schweißen mit Fülldraht, Schweißen mit selbstschützendem Fülldraht

Da die Schweißrauche sehr komplexe und unterschiedliche Zusammensetzungen haben, wird bei der Arbeitsplatzüberwachung meistens mit Leitkomponenten gearbeitet. Unter dem Begriff Leitkomponente versteht man einen Stoff, der bezüglich der Wirkung und Menge in einem Gemisch dominant ist. Einige Beispiele von Leitkomponenten siehe, **Tabelle 4**.

Als Beispiele dienen einige wichtige Schadstoffe, die aus dem Zusatzwerkstoff beim Schweißen als Leitkomponenten auftreten können:

- Chrom-VI-Verbindungen, partikelförmig, insbesondere beim Lichtbogenhandschweißen mit hochlegierten Stabelektroden sowie beim Metall-Aktivgasschweißen mit hochlegierten Fülldrähten
- Nickeloxid, partikelförmig, insbesondere beim Metall-Inertgasschweißen mit Nickelbasis-Zusatzwerkstoffen
- Eisenoxid, partikelförmig, beim Lichtbogenhandschweißen mit unlegierten/niedriglegierten umhüllten Stabelektroden.

Aus der Umhüllung der Stabelektroden und/oder aus der Füllung der Fülldrähte können als Beispiele folgende entstehende Schadstoffe genannt werden:

- Fluoride - bei basischer Umhüllung/Füllung

- Barium-Verbindungen, meistens bei den selbstschützenden Fülldrähten

**Tabelle 4.** Zuordnung von Leitkomponenten zu Verfahren und Werkstoffen beim Schweißen

Verfahren	Schweißzusatzwerkstoff	Leitkomponenten
Gasschweißen	unlegierter, niedriglegierter Stahl	Stickstoffdioxid
Lichtbogenhandschweißen	unlegierter, niedriglegierter Stahl	Gesamtstaub <sup>1)</sup>
	Chrom-Nickel-Stahl (≤ 20 % Cr und ≤ 30 % Ni)	Chrom-VI-Verb. Gesamtstaub <sup>1)</sup>
	Nickel, Nickellegierungen (> 30 % Ni)	Nickeloxid Gesamtstaub <sup>1)</sup> evtl. Kupferoxid <sup>2)</sup>
Metall-Aktivgas-schweißen mit Kohlendioxid (MAGC)	unlegierter, niedriglegierter Stahl	Gesamtstaub <sup>1)</sup> Kohlenmonoxid
Metall-Aktivgas-schweißen mit Mischgas (MAGM)	unlegierter, niedriglegierter Stahl	Gesamtstaub <sup>1)</sup>
	Chrom-Nickel-Stahl (≤ 20 % Cr und ≤ 30 % Ni)	Nickeloxid Gesamtstaub <sup>1)</sup>
Metall-Inertgas-schweißen (MIG)	Nickel, Nickellegierungen (> 30 % Ni)	Nickeloxid Ozon Gesamtstaub <sup>1)</sup>
	Rein-Aluminium, Aluminium-Silicium-Legierungen	Ozon Gesamtstaub <sup>1)</sup>
	andere Aluminium-Legierungen <sup>3)</sup>	Gesamtstaub <sup>1)</sup> Ozon
Wolfram-Inertgas-schweißen (WIG)	unlegierter, niedriglegierter Stahl,	Gesamtstaub <sup>1)</sup> Ozon
	Chrom-Nickel-Stahl (≤ 20 % Cr und ≤ 30 % Ni)	Gesamtstaub <sup>1)</sup> Ozon
	Nickel, Nickellegierungen (> 30 % Ni)	Ozon Nickeloxid
	Rein-Aluminium, Aluminium-Silicium-Legierungen	Ozon Gesamtstaub <sup>1)</sup>
	andere Aluminium-Legierungen <sup>3)</sup>	Gesamtstaub <sup>1)</sup> Ozon

1) Grenzwert für Feinstaub (MAK = 6 mg/m<sup>3</sup>)  
2) Grenzwert für Kupfer-Rauch im Feinstaub (MAK = 0,1 mg/m<sup>3</sup>)  
3) Aluminium-Werkstoffe (Reinaluminium, Aluminium-Legierungen)  
Grenzwert für Aluminiumoxidrauch im Feinstaub (MAK = 6 mg/m<sup>3</sup>)

Die Schweißrauche können hinsichtlich ihrer Inhaltsstoffe bzw. deren spezifischen Wirkung auf den Körper in drei Schweißrauchklassen eingeteilt werden:

**Schweißrauchklasse A:**

Schweißrauche ohne toxische Stoffe, atemwegsbelastend und lungenbelastend  
Stoffe mit MAK: 6 mg/m<sup>3</sup>, z. B. Eisenoxide, und höher

**Schweißrauchklasse B:**

Schweißrauche mit toxischen oder toxisch-irritativen Stoffen

Darüber hinaus lässt sich die Schweißrauchklasse B nochmals unterteilen in:

- B<sub>1</sub> Stoffe mit MAK: 1 bis 6 mg/m<sup>3</sup>, z. B. Fluoride
- B<sub>2</sub> Stoffe mit MAK: 0,1 bis 1 mg/m<sup>3</sup>, z. B. Manganoxid
- B<sub>3</sub> Stoffe mit MAK: 0,01 bis 0,1 mg/m<sup>3</sup>, z. B. Kupferoxid

**Schweißrauchklasse : C**

Schweißrauche mit krebserzeugenden Stoffen  
Stoffe mit TRK, z.B. Chrom-VI-Verbindungen, Nickeloxid

Einteilung liegt vor, **Tabelle 5.** Der Übersichtlichkeit halber enthält es nicht die feine Einteilung in B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> und B<sub>3</sub>.

**Tabelle 5.** Schweißrauchklassen in Abhängigkeit von der Schweißrauchemission und von der Wirkung

Emissionsklasse	Schweißrauchklasse		
	A	B	C
1 (niedrige Emission < 1 mg/s)	A 1	B 1	C 1
2 (mittlere Emission 1 bis 2 mg/s)	A 2	B 2	C 2
3 (hohe Emission 2 bis 25 mg/s)	A 3	B 3	C 3
4 (sehr hohe Emission > 25 mg/s)	A 4	B 4	C 4

Die hier aufgezählten Faktoren können die Gesundheitsgefährdung in hohem Maße beeinflussen.

Dementsprechend ist:

- eine niedrige Gesundheitsgefährdung für die Schweißrauchklasse A 1,
- eine mittlere Gesundheitsgefährdung für die Schweißrauchklassen A 2, B 1, C 1
- eine hohe Gesundheitsgefährdung für die Schweißrauchklassen A 3, B 3, C 3, B 2, C 2,
- eine sehr hohe Gesundheitsgefährdung für die Schweißrauchklassen A 4, B 4, C 4

gegeben.

Bei der Bearbeitung von hochlegierten Chrom- und/oder Nickel-Werkstoffen in Abwesenheit von Lüftungstechnischen Maßnahmen (hier: eine wirksame Absaugung im Entstehungsbereich) sind je nach Verfahrens/Werkstoff-Kombination (Lichtbogenhandschweißen mit hochlegierten umhüllten Stabelektroden, MIG-Schweißen mit Nickelbasisdraht) deutliche Überschreitungen des jeweiligen Grenzwertes für Chrom-VI-Verbindungen und Nickeloxid immer zu erwarten. Sowohl die Chrom-VI-Verbindungen als auch die Nickeloxide sind als krebserzeugende Stoffe (Kategorie 2 bzw. Kategorie 1) eingestuft. Damit ist hier eindeutig eine hohe Gefährdung gegeben. Zusätzlich überschreitet in diesem Fall die Schweißrauchkonzentration den gültigen Grenzwert für die alveolengängige Fraktion (= Feinstaub = „Allgemeiner Staub“). Damit ist neben der hohen Gefährdung durch die krebserzeugenden Anteile von Chrom-VI und/oder Nickeloxid im Schweißrauch auch eine hohe Gefährdung für die Atemwege und Lunge durch die Menge der Schweißrauche gegeben.

Somit liegt grundsätzlich eine hohe Gefährdung auch dann vor, wenn bei allen schweißtechnischen Verfahren die Schweißrauchkonzentration den gültigen allgemeinen Staubgrenzwert um ein Vielfaches überschreitet. Diese Werte können entweder auf der Basis von konkreten arbeitsplatzbezogenen Messungen oder durch gesammelte Erfahrungen aus vorherigen Untersuchungen ermittelt werden.

### 3.3 Arbeitsplatzspezifische Faktoren

Die Verknüpfung zu den Gegebenheiten am Arbeitsplatz wird durch die arbeitsplatzspezifischen Faktoren hergestellt. Hier spielen bei der Beurteilung der Gefährdung - neben den vorher aufgezählten Faktoren - die

- räumlichen Verhältnisse
- Lüftungssituation
- Kopf/Körperposition

eine wesentliche Rolle.

So kann z. B. eine wirksame Absaugung im Entstehungsbereich der Schadstoffe die Gesundheitsgefährdung durch die Exposition gegenüber Chrom-VI-Verbindungen beim Lichtbogenhandschweißen mit umhüllten hochlegierten Stabelektroden sehr stark reduzieren. Die Konzentration (mg/m<sup>3</sup>) der Chrom-VI-Verbindungen - im Atembereich des Schweißers - wird hier wesentlich unter seiner Technischen Richtkonzentration liegen.

### 3.4 Schutzmaßnahmen

Um die Gesundheitsgefährdung des Schweißers durch die o. g. Schadstoffe zu minimieren, sind technische, organisatorische und in bestimmten Situationen auch persönliche Schutzmaßnahmen zu treffen.

Als organisatorische Schutzmaßnahme, die besonders bei der Bearbeitung von hochlegiertem Stahl einzusetzen ist, wird die Auswahl von schadstoffarmen Verfahren, z. B. Metall-Aktivgasschweißen (MAG), anstelle von Lichtbogenhandschweißen mit umhüllten Stabelektroden empfohlen; beim MAG-Schweißen bilden sich überwiegend dreiwertige Chrom-Verbindungen, die nicht krebserzeugend sind. Die hohe Schweißrauchkonzentration beim MAG-Schweißen kann bei richtiger Anwendung von MAG/MIG-brennerintegrierter Absaugung deutlich reduziert werden.

Die Zuordnung der Lüftungstechnischen Maßnahmen zu den o. g. Schweißrauchklassen und zu der entsprechenden Gesundheitsgefährdung sind zusammengestellt, **Tabelle 6**.

**Tabelle 6.** Lüftungsmaßnahmen in Abhängigkeit von der Emissions- und Schweißrauchklasse

Emissionsklasse	Lüftungsmaßnahmen bei unterschiedlichen Schweißrauchklassen		
	A	B	C
1 (niedrige Emission < 1 mg/s)	F	T	T
2 (mittlere Emission 1 bis 2 mg/s)	T	A	A
3 (hohe Emission 2 bis 25 mg/s)	A	A	A
4 (sehr hohe Emission > 25 mg/s)	A	A	A

### Lüftungsmaßnahmen:

- F** freie (natürliche)Lüftung
- T** technische Raumlüftung (maschinelle Lüftung)
- A** Absaugung im Entstehungsbereich

- 1) Diese Angaben gelten für längerdauernde schweißtechnische Arbeiten, **I** (längerdauernd = Lichtbogen-Brenndauer über 2,5 Std. pro Woche oder 0,5 Std. pro Tag)
- 2) Bei kurzzeitigen schweißtechnischen Arbeiten, **k**, kann in manchen Fällen von der Lüftungsart abgewichen werden, **z. B.:**  
**Lichtbogenhandschweißen vom un-/niedriglegierten Stahl:**  
 Schweißrauchklasse **A3**: Lüftungsart: **A** für **I**  
 Lüftungsart: **T** für **k**
- 3) Bei Schweißrauchen Typ C (mit krebserzeugenden Anteilen) wird empfohlen, von der oben genannten Lüftungsart nicht abzuweichen.

Für Verfahrens-/Werkstoff-Kombinationen, bei denen mit einer niedrigen Gefährdung zu rechnen ist, ist in der Regel bei länger dauernden Schweißarbeiten eine „freie Lüftung“ ausreichend.

Für Verfahrens-/Werkstoff-Kombinationen, von denen eine mittlere Gefährdung ausgehen kann, ist in der Regel - um die Konzentration der entstehenden Schadstoffe -unter den jeweiligen Grenzwerten zu reduzieren - eine „technische Lüftung“ notwendig. Bei den Verfahrens-/Werkstoff-Kombinationen, bei denen mit einer hohen/sehr hohen Gefährdung zu rechnen ist, ist eine „technische Lüftung“ in der Regel nicht ausreichend. Hier ist eine wirksame „Absaugung“ (im Entstehungsbereich) notwendig und zweckmäßig.

Die hier erläuterte Zuordnung der Lüftungstechnischen Maßnahmen deckt sich mit den Anforderungen zur Lüftungssituation in den DA zu § 4 Abs. 1 der Unfallverhütungsvorschrift VBG 15 (künftig DA zu § 24, BGV D1), Tabellen 1 und 2 „Lüftung in Räumen bei Verfahren mit/ohne Zusatzwerkstoff“.

Insbesondere bei Schweißarbeiten in engen Räumen und in Räumen mit unzureichendem Luftaustausch soll die Anwendung von brennerintegrierter Absaugung sowie jede andere Form von Erfassung der Schadstoffe unmittelbar im Entstehungsbereich angestrebt werden.

Wenn eine Absaugung im Ausnahmefall nicht möglich oder nicht ausreichend ist, können bestimmte Atemschutzgeräte verwendet werden. Beim Einsatz von Atemschutzgeräten wird auf die BG-Regeln „Regeln für den Einsatz von Atemschutzgeräten“ (BGR 190, früher ZH 1/701) verwiesen. Zusätzliche Informationen über Schadstoffe in der Schweißtechnik gibt die berufsgenossenschaftliche Informationsschrift BGI 593 (früher ZH 1/223).

#### 4 Schrifttum

- [1] Eichhorn, F., u. a.: Untersuchung der Entstehung gesundheitsgefährdender Schweißrauche beim Lichtbogenhandschweißen und Schutzgasschweißen. Forschungsberichte Humanisierung des Arbeitslebens der Schweißer, Bd. 2. DVS-Verlag, Düsseldorf 1982.
- [2] Eichhorn, F., u. T. Oldenburg: Vergleichende Untersuchungen neuer Schweißverfahren für das Verbindungsschweißen von Aluminium und seinen Legierungen zum Zwecke der Reduzierung der Schadstoffbelastung des Aluminiumschweißers. Forschungsberichte Humanisierung des Arbeitslebens der Schweißer, Bd. 6. DVS-Verlag, Düsseldorf 1983.
- [3] Kraume, G., u. A. Zober: Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz in der Schweißtechnik. Fachbuchreihe Schweißtechnik, Bd. 105. DVS-Verlag, Düsseldorf 1989.
- [4] Kraume, G., u. I. Grothe: Arbeitsschutz beim Schweißen - Unfallverhütung und Gesundheitsschutz in der Schweißtechnik. Fachbuchreihe Schweißtechnik, Bd. 29. DVS-Verlag, Düsseldorf 1996.
- [5] Eichhorn, F., u. T. Oldenburg: Untersuchung der Schweißrauchentstehung beim Schweißen mit mittel- und hochlegierten Zusatzwerkstoffen. Forschungsberichte Humanisierung des Arbeitslebens der Schweißer, Bd. 13. DVS-Verlag, Düsseldorf 1986.
- [6] ZH 1/223 „Schadstoffe in der Schweißtechnik“ (Ausgabe April 1998). Broschüre, Hrsg. Arbeitsgemeinschaft der Metall-Berufsgenossenschaften.
- [7] Spiegel-Ciobanu: Beurteilung partikelförmiger Stoffe in der Schweißtechnik. Schweißen & Schneiden, S. 1 (1999) Heft 4.
- [8] MAK- und BAT-Werte-Liste 1997 der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), Mitteilungen 33, 34 35.
- [9] Bach, F. W., Haferkamp, H., Vinke, T. und Wittbecker, J.S. „Ermittlung der Schadstoffemissionen beim thermischen Trennen nach dem Laserprinzip“, Schriftenreihe Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Fb 615, Dortmund
- [10] Zschiesche, W., Institut für Arbeits- und Sozialmedizin der Universität Erlangen-Nürnberg „Vergleichende arbeitsmedizinische Bewertung der Emissionen beim Laserschneiden von Stählen“ (Juni 1991)
- [11] Wittbecker, J.-G., „Gefahrstoffermittlung bei der CO<sub>2</sub>-Laserstrahlbearbeitung“, Reihe 2: Fertigungstechnik Nr. 298, VDI-Verlag, Düsseldorf
- [12] Steiner, H., „Partikelmesstechnik beim Plasmaschmelzschneiden“, Reihe 2: Fertigungstechnik Nr. 245, VDI-Verlag, Düsseldorf
- [13] Lauterbach, R., „Umweltbelastungen beim atmosphärischen Plasmaspritzen“, Reihe Werkstofftechnik, Verlag Shaker
- [14] DIN EN 481 „Festlegung der Teilchengrößenverteilung zur Messung luftgetragener Partikel“
- [15] E DIN 32507-1 (ISO/DIS 10882-1) „Probenahme von partikelförmigen Stoffen und Gasen im Atembereich des Schweißers“, Teil 1: Probenahme von partikelförmigen Stoffen