

Fachbereich AKTUELL

FBHM-066

Rauche und Gase bei schweißtechnischen Arbeiten – Gesundheitsgefahren

Sachgebiet Schiffbau, Metallbau, Schweißen, Aufzüge

Stand: 05.03.2021

Nahezu alle Verfahren der Schweißtechnik setzen Gefahrstoffe in Form von Gasen und Partikeln frei. Die Art und die Menge der entstehenden Gefahrstoffe hängt vorrangig von dem Verfahren, von den Prozessparametern und von den eingesetzten Werkstoffen ab.

Diese „Fachbereich AKTUELL“ beinhaltet Informationen über Gefahrstoffe, die beim Schweißen und verwandten Verfahren an metallischen Werkstoffen üblicherweise entstehen, nennt typische Emissionsraten häufig angewandeter Verfahren und beschreibt deren mögliche Wirkungen auf die Gesundheit des Menschen.



Bild 1: Beispiel Gefahrstofffreisetzung beim Schweißen

Inhalt

1	Entstehung	1
2	Emissionen.....	2
3	Wirkungen	2
4	Grenzwerte	3
5	Literaturquellen zu Schutzmaßnahmen...	4
6	Zusammenfassung und Anwendungsgrenzen.....	4

Der Begriff „Schweißen“ wird nachfolgend als Synonym für Schweißen und verwandte Verfahren, zum Beispiel Löten, Metallspritzen und thermisches Schneiden benutzt.

1 Entstehung

Die entstehenden Gefahrstoffe werden als Gase oder partikelförmige Stoffe freigesetzt.

Die gasförmigen Gefahrstoffe können sich zum Beispiel durch ionisierende Strahlung oder thermische Prozesse bilden.

Die partikelförmigen Gefahrstoffe entstehen – stark vereinfacht dargestellt – durch Verdampfen von Bestandteilen, insbesondere Metallen, aus der Schmelze. Der Metaldampf kondensiert anschließend in der Umgebungsluft zu Schweißrauch. Die Bestandteile im Schweißrauch werden maßgeblich durch die Zusatzwerkstoffe bestimmt. Aber auch die Grundwerkstoffe, Prozessgase sowie Beschichtungen und gegebenenfalls Verunreinigungen auf den Werkstücken beeinflussen die Rauchzusammensetzung. Die partikelförmigen Emissionen bestehen aus unterschiedlich großen Partikel, die

nach DIN EN 481 [1] der einatembaren Staubfraktion (E-Staub, Partikelgröße bis 100 µm) oder der alveolengängigen Fraktion (A-Staub, Partikel im Bereich von 0,01 – 10 µm) zugeordnet werden können. Darüber hinaus werden durch Schweißen auch ultrafeine Partikel mit Durchmessern kleiner 100 nm freigesetzt. Diese können sich in der Umgebung niederschlagen, verschluckt oder eingeatmet werden.

In Abhängigkeit von den eingesetzten Verfahren und Werkstoffen können folgende Gefahrstoffe auftreten (g=gasförmig, p=partikelförmig):

- Aldehyde (g)
- Aluminiumoxid (p)
- Alveolengängiger Staub (p)
- Barium-Verbindungen (p)
- Berylliumoxid (p)
- Bleioxid (p)
- Cadmium und Cadmiumverbindungen (p)
- Chromverbindungen (p)
- Cobalt und Cobaltoxid (p)
- Cyanwasserstoff (g)
- Einatembarer Staub (p)
- Eisenoxid (p)
- Fluoride (p)
- Kaliumdioxid (p)
- Kohlenstoffmonoxid (g)
- Kohlenstoffdioxid (g)
- Kupferoxid (p)
- Magnesiumoxid (p)
- Mangan und Manganverbindungen (p)
- Molybdänoxid (p)
- Natriumdioxid (p)
- Nickel und Nickelverbindungen (p)
- Ozon (g)
- Phosgen (g)
- Siliziumoxid (p)
- Stickstoffoxide (g)
- Titandioxid (p)
- Vanadiumpentoxid (p)
- Zinkoxid (p)
- Zinn (p)

2 Emissionen

Gasförmige und partikelförmige Gefahrstoffe werden je nach Verfahren in unterschiedlichen Mengen als Emission freigesetzt.

Typische gasförmige Gefahrstoffe sind in der Auflistung in Kapitel 1 mit (g) gekennzeichnet. Stickstoffoxide (nitrose Gase) werden insbesondere bei Verfahren freigesetzt, die Brenngase

als Energieträger nutzen (Gasschweißen, Flammwärmern, etc.). Ozon entsteht insbesondere durch Zerfall des Luftsauerstoffs infolge der ultravioletten Strahlung des Lichtbogens; Stark reflektierende Oberflächen (zum Beispiel Aluminium) begünstigen die Ozonfreisetzung. Kohlenstoffmonoxid kann entstehen, wenn kohlenstoffdioxidhaltige Schutzgase eingesetzt werden oder Brenngase unvollständig verbrennen.

Die Schweißverfahren haben in Bezug auf ihre partikelförmige Gefahrstofffreisetzung unterschiedliche Emissionsraten. In Tabelle 1 sind Schweißverfahren und zugehörige Emissionsraten dargestellt. Die Bandbreiten sind durch unterschiedliche Prozessparameter bedingt.

Verfahren	Emissionsrate [mg/s]
Gasschweißen, Rührreibschweißen, WIG, Unterpulverschweißen, Widerstandspunktschweißen	< 1
Laserstrahlschweißen ohne Zusatzwerkstoff	1 bis 2
Löten	< 1 bis 9
MIG/MAG (energieoptimiertes Schutzgasschweißen)	1 bis 4
MIG (allgemein)	2 bis 8
Lichtbogenhandschweißen	2 bis 22
MAG (Massivdraht), Fülldrahtschweißen mit Schutzgas, Laserstrahlschweißen mit Zusatzwerkstoff	6 bis 25
MAG (Fülldraht), Fülldrahtschweißen ohne Schutzgas, autogenes Brennschneiden, Lichtbogenspritzen	> 25

Tabelle 1: Emissionsraten von Schweißverfahren

Grundsätzlich gilt: Je höher die Prozessenergie, desto höher sind die Emissionsraten. Auch Menge und Art des zugeführten Zusatzwerkstoffs beeinflussen die Emissionsrate wesentlich.

3 Wirkungen

Die Gefahrstoffe haben unterschiedliche Auswirkungen auf den menschlichen Körper. In Bezug auf die partikelförmigen Emissionen gilt: Je kleiner die Partikel sind, desto tiefer können sie in die menschlichen Atemwege eindringen. Einatembare Partikel größer 10 µm werden üblicherweise in den oberen Atemwegen abgeschieden, alveolengängige und insbesondere ultrafeine Partikel können bis in das Lungengewebe gelangen.

Hinsichtlich der Wirkungsweise können Gefahrstoffe in drei Gruppen unterteilt werden:

- Lungenbelastend
- Giftig (akut toxisch)
- Krebserzeugend

Alle Partikel belasten die Atemwege, sofern sie in einer Menge eingeatmet werden, die über die Selbstreinigungsfunktion der Lunge hinausgeht. Die nicht über die Selbstreinigungsfunktion ausgeschiedenen oder abgebauten Partikel lagern sich im Lungengewebe ab, was in der Regel zu einer Beeinträchtigung der Lungenfunktion führt. Zu den Gefahrstoffen, die als lungenbelastend eingestuft sind, gehören Stäube (A- und E-Fraktion), Aluminium-, Eisen-, Magnesiumoxid und Titandioxid.

Die partikelförmigen Gefahrstoffe Kupfer-, Mangan-, Zinkoxid, Vanadiumpentoxid, Fluoride, Barium- und Chrom(III)-Verbindungen haben darüber hinaus auch akut oder chronisch toxische Wirkungen. Als Beispiel sei hier das „Zinkfieber“ genannt, das häufig auf eine akute Vergiftung durch Zinkrauchexpositionen zurückzuführen ist.

Die partikelförmigen Gefahrstoffe Cobalt-, Molybdän(VI)- und Blei(II)oxid sind giftig und stehen unter Verdacht krebserzeugend zu sein.

Die partikelförmige Gefahrstoffe Beryllium-, Cadmium-, Nickeloxid und Chrom(VI)-Verbindungen sind giftig und krebserzeugend.

Die gasförmigen Gefahrstoffe Stickstoffmonoxid und -dioxid, Kohlenstoffmonoxid, Ozon, Phosgen, Cyanwasserstoff sind giftig. Der gasförmige Gefahrstoff Formaldehyd ist giftig und nach neuesten toxikologischen Erkenntnissen auch als krebserzeugend einzustufen.

Die von der Bundesregierung erlassene Berufskrankheiten-Verordnung (BKV) [2] enthält eine Liste mit anerkannten Berufserkrankungen. Das bedeutet, dass bei Vorliegen bestimmter, in der BKV geregelter Voraussetzungen (zum Beispiel Höhe und Dauer einer Gefahrstoffexposition) eine Krankheit durch die berufliche Tätigkeit verursacht worden ist. Im Zusammenhang mit schweißtechnischen Arbeiten können zum Beispiel folgende Berufskrankheiten relevant sein:

- BK 1103: Erkrankungen durch Chrom oder seine Verbindungen
- BK 4106: Erkrankungen der tieferen Atemwege und der Lungen durch Aluminium oder seine Verbindungen

- BK 4109: Bösartige Neubildungen der Atemwege und der Lungen durch Nickel oder seine Verbindungen
- BK 4115: Lungenfibrose durch extreme und langjährige Einwirkungen von Schweißrauchen und Schweißgasen („Siderofibrose“).
- BK 4302: Durch chemisch-irritativ oder toxisch wirkende Stoffe verursachte obstruktive Atemwegserkrankungen, die zur Unterlassung aller Tätigkeiten gezwungen haben, die für die Entstehung, die Verschlimmerung oder das Wiederaufleben der Krankheit ursächlich waren oder sein können

4 Grenzwerte

Für eine Reihe der beim Schweißen entstehenden Gefahrstoffe hat die Gesetzgebung in den Technischen Regeln für Gefahrstoffe TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“ [3] und TRGS 910 „Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“ [4] Grenzwerte festgelegt. Bei diesen Grenzwerten handelt es sich um gesundheitsbasierte Arbeitsplatzwerte (AGW) und risikobasierte Luftgrenzwerte in Form von Akzeptanz- (AK) und Toleranzkonzentrationen (TK) sowie Beurteilungsmaßstäben (BM).

Einige Grenzwerte, die in der Schweißtechnik oftmals relevant sind, werden nachfolgend aufgeführt:

- Allgemeiner Staubgrenzwert:
AGW=1,25 mg/m³ (A) (Dichte 2,5 g/cm³),
10 mg/m³ (E)
- Cadmium und krebserzeugende Cadmiumverbindungen (Cadmium(II)-oxid (CdO)):
AK=0,16 µg/m³ (A), TK=1,0 µg/m³ (E)
- Chrom(VI)-Verbindungen (zum Beispiel Natriumchromat Na₂CrO₄, Kaliumchromat K₂CrO₄):
BM=1,0 µg/m³ (E)
- Cobalt und krebserzeugende Cobaltverbindungen (Cobalt(II)-oxid (CoO)):
TK=5,0 µg/m³ (A), AK=0,5 µg/m³ (A)
- Nickel und nicht krebserzeugende Nickelverbindungen:
AGW=30 µg/m³ (E)
- Krebserzeugende Nickelverbindungen (Nickel(II)-oxid (NiO)):
AK=6,0 µg/m³ (A), TK=6,0 µg/m³ (A)
- Mangan und seine anorganischen Verbindungen (zum Beispiel MnO, Mn₃O₄):
AGW=0,02 mg/m³ (A), AGW=0,2 mg/m³ (E)
- Stickstoff(II)-oxid (NO):
AGW=2,5 mg/m³

- i. Stickstoff(VI)-oxid (NO₂):
AGW=0,95 mg/m³
- j. Fluoride (Natriumfluorid (NaF), Calciumfluorid (CaF₂), Natriumcalciumfluorid (NaCaF₃):
AGW=1 mg/m³ (E)
- k. Kohlenstoffmonoxid:
AGW=35 mg/m³

5 Literaturquellen zu Schutzmaßnahmen

Für schweißtechnische Arbeiten an metallischen Werkstoffen ist durch den Unternehmer oder die Unternehmerin eine Gefährdungsbeurteilung nach Arbeitsschutzgesetz [5] und TRGS 400 „Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“ [6] zu erstellen. Weitere Informationen über die Gefahrstoffe und die zu treffenden Schutzmaßnahmen beim Schweißen und verwandten Verfahren sind den folgenden Schriften zu entnehmen:

- TRGS 528 „Schweißtechnische Arbeiten“ [7]
- „Fachbereich AKTUELL“ FBHM-077 „Schweißrauche – Wirksam erfassen und abscheiden“ [8]
- DGUV Information 209-047 „Nitrose Gase beim Schweißen und bei verwandten Verfahren“ [9]
- DGUV Information 209-058 „Schweißtechnische Arbeiten mit chrom- und nickellegierten Zusatz- und Grundwerkstoffen“ [10]
- DGUV Information 209-077 „Schweißrauche – geeignete Lüftungsmaßnahmen“ [11]
- VDI-Richtlinie DVS/VDI 6005 „Lüftungstechnik beim Schweißen und bei verwandten Verfahren“ [12]

6 Zusammenfassung und Anwendungsgrenzen

Diese „Fachbereich AKTUELL“ beruht auf dem durch den Fachbereich Holz und Metall (FBHM), Sachgebiet Schiffbau, Metallbau, Schweißen, Aufzüge (SG SMSA) der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) zusammengeführten Erfahrungswissen und betrachtet einige grundlegende Aspekte zu den Gefährdungen durch Gefahrstoffe, die bei schweißtechnischen Arbeiten freiwerden können.

Die Exposition gegenüber Schweißrauchen und Gasen kann zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen. Schweißarbeiten stellen gefährdende Tätigkeiten dar, die zum Beispiel Atemwegserkrankungen bis hin zu Lungenkrebs verursachen können. Neben den akuten

Erkrankungen können sich oft erst Jahre später chronische entwickeln. Folgen der Exposition gegenüber Schweißrauchen bemerken die Beschäftigten deshalb häufig erst später, wenn die Erkrankungen schon vorliegen. Deshalb ist es notwendig, Gefahrstoffkonzentrationen an Schweißarbeitsplätzen durch geeignete Schutzmaßnahmen zu minimieren und die Grenzwerte einzuhalten. Damit werden nicht nur Schweißfachkräfte sondern auch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in angrenzenden Arbeitsbereichen geschützt.

Die Bestimmungen nach einzelnen Gesetzen und Verordnungen bleiben durch diese „Fachbereich AKTUELL“ unberührt. Die Anforderungen der gesetzlichen Vorschriften gelten uneingeschränkt.

Um vollständige Informationen zu erhalten, ist es erforderlich, die in Frage kommenden Vorschriftentexte einzusehen.

Diese „Fachbereich AKTUELL“ ersetzt die gleichnamige Fassung, herausgegeben als Entwurf 12/2020 vom 11.12.2020.

Der Fachbereich Holz und Metall setzt sich unter anderem zusammen aus Vertretern und Vertreterinnen der Unfallversicherungsträger, staatlichen Stellen, Sozialpartnern, herstellenden und betreibenden Firmen.

Weitere „Fachbereich AKTUELL“ oder Informationsblätter des Fachbereichs Holz und Metall stehen im Internet zum Download bereit [13].

Literatur:

- [1] DIN EN 481:1993-09 „Arbeitsplatzgrenzwerte; Festlegung der Teilchengrößenverteilung zur Messung luftgetragener Partikel“, Beuth-Verlag, Berlin
- [2] Berufskrankheiten-Verordnung (BKV) vom 31. Oktober 1997 (BGBl. I S. 2623), zuletzt geändert durch Art. 24 G v. 12.6.2020 I 1248, BMAS
- [3] TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“, Ausgabe Januar 2006, zuletzt geändert und ergänzt: GMBI 2020, S. 902 [Nr. 42] vom 27.10.2020, BAUA
- [4] TRGS 910 „Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“, Ausgabe Februar 2014, zuletzt geändert und ergänzt: GMBI. 2019 S. 120 [Nr.7] vom 29.03.2019, BAUA
- [5] Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG) vom 07.08.1996, zuletzt geändert durch Artikel 293 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328), BMAS

- [6] TRGS 400 „Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“, Ausgabe Juli 2017, GMBI 2017 S. 638 [Nr. 36] vom 08.09.2017, BAUA
- [7] TRGS 528 „Schweißtechnische Arbeiten“, Ausgabe Februar 2020, GMBI 2020 S. 236-276 [Nr. 23] vom 07.08.2020, BAUA
- [8] „Fachbereich AKTUELL“ FB HM-077 „Schweißrauche – Wirksam erfassen und abscheiden“, Ausgabe 11/2015, Fachbereich Holz und Metall
- [9] DGUV Information 209-047 „Nitrose Gase beim Schweißen und bei verwandten Verfahren“, Sachgebiet Oberflächentechnik und Schweißen im Fachbereich „Holz und Metall“ der DGUV, Februar 2017
- [10] DGUV Information 209-058 „Schweißtechnische Arbeiten mit chrom- und nickellegierten Zusatz- und Grundwerkstoffen“, Sachgebiet Oberflächentechnik und Schweißen im Fachbereich „Holz und Metall“ der DGUV, Januar 2011
- [11] DGUV Information 209-077 „Schweißrauche – geeignete Lüftungsmaßnahmen“, Sachgebiet Oberflächentechnik und Schweißen im Fachbereich „Holz und Metall“ der DGUV, Oktober 2018
- [12] VDI Richtlinie VDI/DVS 6005:2018-02 „Gefahrstoffe und Lüftungstechnik beim Schweißen“, Beuth-Verlag, Berlin
- [13] Internet: www.dguv.de/fb-holzundmetall, Publikationen oder www.bghm.de Webcode: <626>

Bildnachweis:

Die in dieser „Fachbereich AKTUELL“ gezeigten Bilder wurden freundlicherweise zur Verfügung gestellt von:

Bild 1: Institut für Arbeitsschutz (IFA) der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung DGUV
53754 Sankt Augustin

Tabellennachweis:

Tabelle 1: Emissionsraten von Schweißverfahren

Herausgeber

Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Tel.: + 49 30 13001-0 (Zentrale)
Fax: + 49 30 13001-9876
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de

Sachgebiet „Schiffbau, Metallbau, Schweißen, Aufzüge“
im Fachbereich „Holz und Metall“
der DGUV >www.dguv.de Webcode: d544771