

209-096

DGUV Information 209-096



Schweißbrauchminderung im Betrieb

Schweißbrauchminderungsprogramm

Impressum

Herausgegeben von: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV)
Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de

Sachgebiet Schiffbau, Metallbau, Schweißen, Aufzüge des
Fachbereichs Holz und Metall

Ausgabe: August 2023

Satz und Layout: Atelier Hauer + Dörfler, Berlin

Bildnachweis: Abb. 1, 2, 4: © DGUV;
Abb. 3, 6-10: © R. Woyzella, BGHM
Abb. 5: © Linde GmbH Gases Division

Copyright: Diese Publikation ist urheberrechtlich geschützt.
Die Vervielfältigung, auch auszugsweise, ist nur mit
ausdrücklicher Genehmigung gestattet.

Bezug: Bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger oder unter
www.dguv.de/publikationen › Webcode: p209096

Schweißbrauchminderung im Betrieb

Schweißbrauchminderungsprogramm

Inhaltsverzeichnis

	Seite		Seite
Vorwort	5	3	Auswahl zusätzlicher Schweißrauch-
Anwendungsbereich	6		minderungsmaßnahmen
Ziele des Schweißrauchminderungsprogramms	7	3.1	(S) Verfahrensauswahl.....
Schweißrauch-Emission, Schweißrauch-Exposition		3.2	(S) Schweißzusatzwerkstoffe.....
und gesundheitliche Gefährdung	8	3.3	(S) Verfahrensparameter an Schweißgeräten.....
Schweißrauch-Emission.....	9	3.4	(S) Prozessgase (Schweißschutzgase).....
Emissionen.....	9	3.5	(T) Erfassung und Absaugung.....
Schweißrauch-Exposition.....	10	3.6	(T) Bauliche Maßnahmen.....
Auswirkungen auf die Gesundheit.....	10	3.7	(T) Maßnahmen zur Raumlüftung.....
Arbeitsmedizinische Vorsorge.....	11	3.8	(O) Arbeitsplatzgestaltung.....
Unterweisung und arbeitsmedizinisch-		3.9	(O) Beitrag der schweißenden Personen zur
toxikologische Beratung.....	11		Schweißrauchminderung.....
Beurteilungsmaßstäbe.....	11	3.10	(P) Persönliche Schutzausrüstung.....
Schweißrauchminderungsprogramm	12	4	Schweißrauchminderungsprognose
1		5	Erstellung eines Schweißrauchminderungs-
1.1			plans mit Prioritätenliste und Zeitplan
1.2		6	Durchführung konkreter Maßnahmen
1.3		7	Wirksamkeitskontrolle
1.4			Anhang I
1.5			Glossar
1.6			Anhang II
1.7			Beispiel eines Plans zur Schweißrauchminderung
1.8			Anhang III
1.9			Aktuelle Grenzwerte
2			Anhang IV
2.1			Arbeitsmedizinische Vorsorge
2.2			Anhang V
2.3			Literaturverzeichnis

Vorwort

Die Lichtbogenschweißverfahren sind als Fügetechnologie für verschiedene metallische Werkstoffe weit verbreitet. Neben Vorteilen wie Stoffschlüssigkeit, Flexibilität, Energie- und Kosteneffizienz bringen die Lichtbogenverfahren aber auch gesundheitliche Gefährdungen für die schweißenden Personen und andere Beschäftigte im Gefahrenbereich („Bystander“) mit sich. Das sind unter anderem gesundheitliche Gefährdungen durch Gefahrstoffe, Verbrennungen, elektrische Durchströmung des Körpers, Hautschädigungen oder Schädigung des Gehörs. Die Quellen dieser Gefährdungen sind der Lichtbogen selbst, elektrischer Strom, Lichtbogenstrahlung, thermische Energie, Lärm, Gefahrstoffe, etc.

Bei den im Bereich des Lichtbogens freigesetzten Gefahrstoffen wird unterschieden zwischen partikelförmigen und gasförmigen Gefahrstoffen.

„Schweißrauche“ sind nach Definition der TRGS 528 nur die bei schweißtechnischen Arbeiten entstehenden partikelförmigen Stoffe. Die Zusammensetzung der partikelförmigen Emissionen ist hauptsächlich von der Zusammensetzung der verwendeten Zusatzwerkstoffe abhängig.

Gasförmige Gefahrstoffe sind die bei schweißtechnischen Arbeiten entstehenden oder eingesetzten Gase, zum Beispiel Stickoxide, Ozon, Kohlenstoffmonoxid, Aldehyde, Kohlenstoffdioxid oder Wasserstoff.

Die Menge und die chemische Zusammensetzung der entstehenden Gefahrstoffe hängt von vielen Variablen ab – im Wesentlichen aber vom Schweißprozess selbst.

Der Umgang mit den Gefährdungen durch Schweißrauche, denen schweißende Personen und weitere Beschäftigte bei schweißtechnischen Arbeiten ausgesetzt sein können, ist Gegenstand dieser DGUV Information.

Anwendungsbereich

Das hier vorgestellte Schweißrauchminderungsprogramm gilt für schweißtechnische Arbeiten an metallischen Werkstoffen.

Die Vorgehensweise und die Maßnahmen sind auf die Schweißverfahren Metall-Aktivgas (MAG) und Metall-Inertgas (MIG) zugeschnitten. Gemeinsam werden diese Verfahren auch als Metall-Schutzgasschweißen (MSG) bezeichnet.

Die Systematik des Schweißrauchminderungsprogramms kann teilweise, sinngemäß auf andere schweißtechnische Arbeiten übertragen werden.

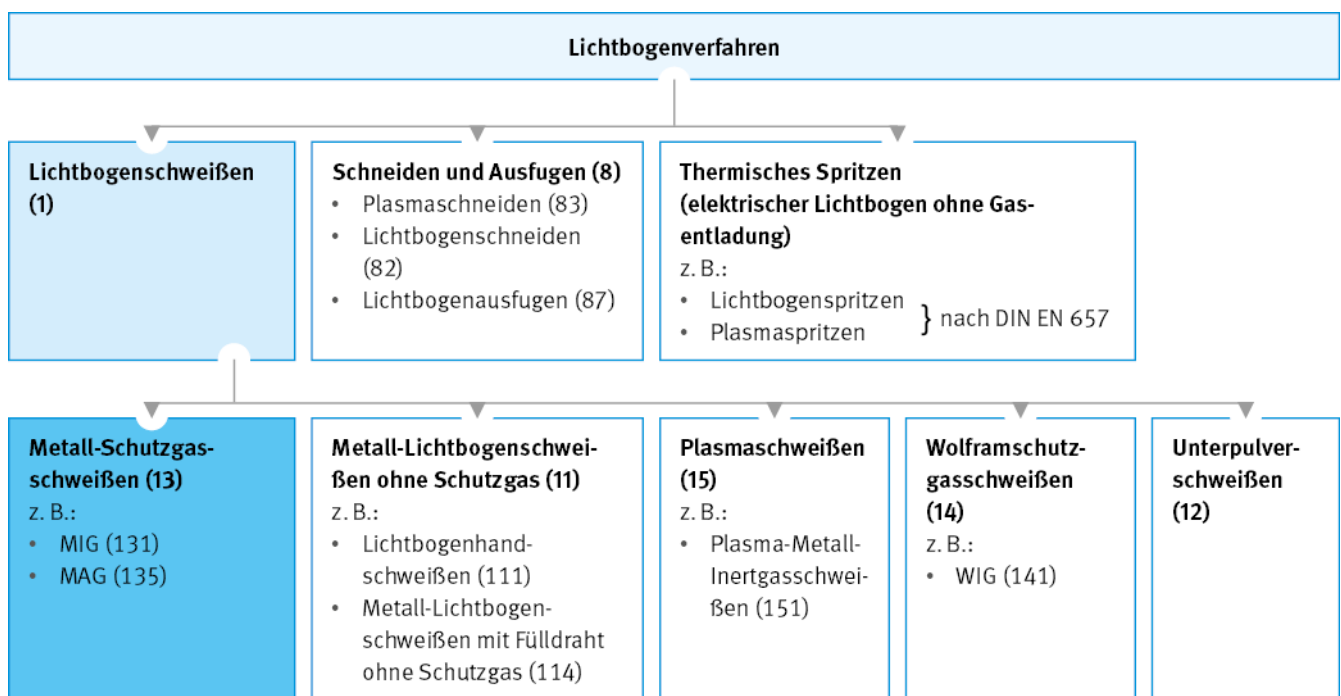


Abb. 1 Lichtbogenverfahren (mit Ordnungsnummern nach DIN EN ISO 4063)

Ziele des Schweißrauchminderungsprogramms

Mit Hilfe des Schweißrauchminderungsprogramms kann die Gefährdung von schweißenden Personen und anderen Beschäftigten im Gefahrenbereich minimiert werden.

Das Programm beschreibt die notwendigen Schritte zur Beurteilung und Verbesserung des Arbeits- und Gesundheitsschutzes an Schweißarbeitsplätzen. Es enthält nur die Vorgehensweise im Umgang mit der inhalativen Gefährdung durch Schweißrauche.

Auf der Basis des Schweißrauchminderungsprogramms kann ein betriebs- oder arbeitsplatzbezogener Schweißrauchminderungsplan aufgestellt werden. So können die

verschiedenen Parameter des gesamten Schweißprozesses systematisch so optimiert werden, dass die Gefährdung für die Beschäftigten möglichst gering ist. Einerseits wird die Menge der freigesetzten Schweißrauche betrachtet (Emissionen). Andererseits wird die Menge der von den schweißenden Personen eingeatmeten Schweißrauche berücksichtigt (Exposition).

Das Ziel ist die Erfüllung der Forderungen der Gefahrstoffverordnung und der TRGS 528 „Schweißtechnische Arbeiten“ und damit die Gesunderhaltung der Beschäftigten.

Schweißrauch-Emission, Schweißrauch-Exposition und gesundheitliche Gefährdung

Bei allen schweißtechnischen Arbeiten entstehen Schweißrauche. Für eine Gefährdungsbeurteilung und die anschließende Ableitung von Schutzmaßnahmen ist es hilfreich, die Mechanismen zur Entstehung von Schweißrauchen sowie deren Einflussparameter zu verstehen.

Beim Schweißen wird elektrische Energie in Wärme umgesetzt, um Bauteile und Zusatzwerkstoff aufzuschmelzen. Aus der Schmelze entsteht die Schweißverbindung. Bei hohen Temperaturen im MSG-Lichtbogen (4000–16000 °C) wird ein Teil des verflüssigten Metalls verdampft. Es entsteht ein Metaldampfplasma. Aufgrund der Wärmeverteilung, des Leistungsumsatzes und des Ansatzpunkts des MSG-Lichtbogens besteht dieses Metaldampfplasma hauptsächlich aus dem Material des abgeschmolzenen Zusatzwerkstoffs.

Verlässt der Metaldampf den heißen Lichtbogenbereich, kommt es zur Abkühlung, Kondensation und Zusammenballung von feinen Partikeln. Dadurch bilden sich Partikel, die in die alveolengängige Fraktion fallen (Durchmesser von 0,01 µm bis 10 µm), die luftgetragen als Rauch in den Atembereich der Beschäftigten gelangen können. Je weniger Metaldampfplasma im Lichtbogen erzeugt wird, desto geringer wird die Menge freigesetzter Schweißrauche sein.

Zu einem geringeren Anteil kann Schweißrauch zusätzlich aus Verdampfungen an der Oberfläche von freigesetzten Spritzern oder an der Oberfläche des Schweißbads entstehen.

Abbildung 2 stellt beispielhaft und nicht umfassend die Einflussgrößen für Schweißrauch-Emission, Schweißrauch-Exposition und ihre Auswirkungen auf die Gesundheit dar. Die einzelnen Einflussgrößen werden in der Folge genauer erläutert.

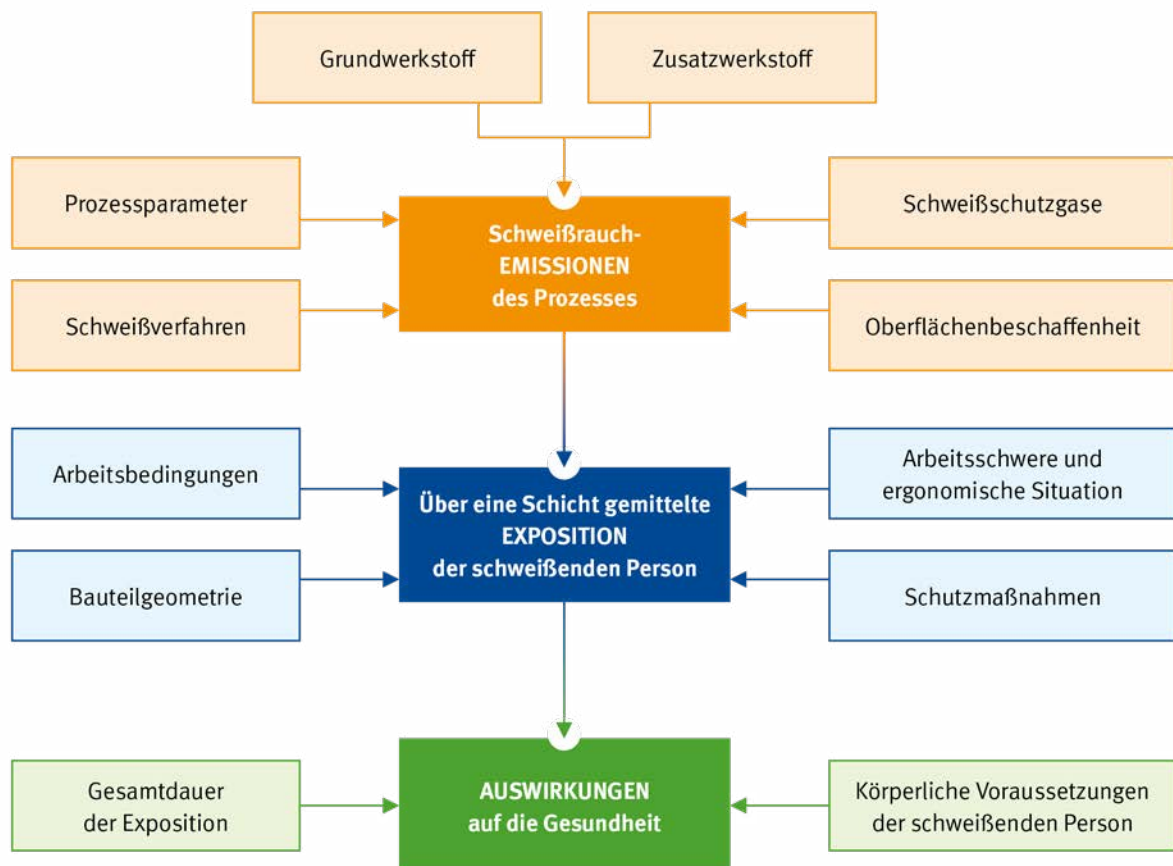


Abb. 2 Einflussgrößen für Emissionen, Expositionen und Auswirkungen auf die Gesundheit

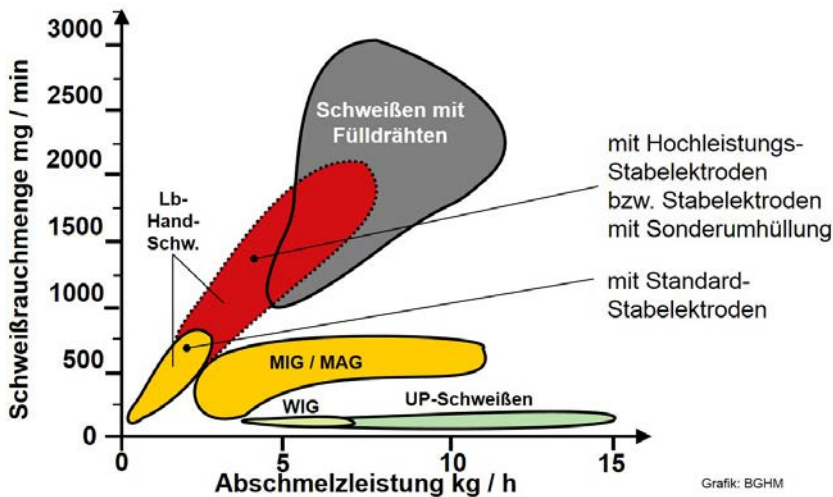


Abb. 3
Schweißrauchemission bei
verschiedenen Schweißverfahren

Schweißrauch-Emission

Schweißrauch-EMISSION bezeichnet die Gesamtmenge aller partikelförmigen Stoffe, die der Schweißlichtbogen freisetzt. Die Emissionsrate hängt sehr stark vom Verfahren, von den Hilfs- und Zusatzstoffen und von den verwendeten Verfahrensparametern ab (siehe Abb. 3). Die Emissionsrate ist die emittierte Partikelmasse eines Verfahrens pro Zeit. Sie kann durch Labormessung bestimmt werden. Die Emissionsrate liefert Anhaltspunkte über die mögliche Exposition der Beschäftigten am Arbeitsplatz und wird meist als Masse je Zeiteinheit angegeben (mg pro Minute).

Unterschiedliche Schweißverfahren werden unterschiedlichen Emissionsgruppen zugeordnet. Je höher die Emissionsgruppe, desto höher sind die Anforderungen an die Maßnahmen zur Expositionsminderung am Arbeitsplatz (siehe TRGS 528). Das MSG-Schweißen fällt in die Emissionsgruppe hoch bis sehr hoch.

Emissionen

Folgende Variablen haben einen möglichen Einfluss sowohl auf die Schweißnahtqualität als auch auf die Schweißrauch-Exposition.

- **Schweißzusatzwerkstoffe**

Da circa 95 % der Gefahrstoffe in den Schweißrauchen aus den Zusatzwerkstoffen entstehen, ist deren Zusammensetzung von besonderem Interesse.

- **Verfahrensparameter an Schweißgeräten**

Die Qualität von Schweißergebnissen sowie die Emissionsrate von Schweißrauchen kann durch eine Vielzahl von Einstellungsparametern am Schweißgerät, wie

- Schweißstromstärke,
- Drahtvorschubgeschwindigkeit,
- Schweißspannung etc.

beeinflusst werden.

Die Kontrolle

- der Lichtbogenlänge,
- des Werkstoffübergangs und
- der eingebrachten Energie

ist maßgebend sowohl für die Qualität der Schweißnaht als auch für die Metalldampf- oder Schweißrauchmenge.

- **Schweißschutzgase (Prozessgase)**

Prozessgase dienen dem Schutz der Schmelze und des heißen Metalls vor schädlichen Luftinflüssen. Sie wirken über ihre Zusammensetzung auch auf den Werkstoffübergang, die Lichtbogenausbildung, die chemischen und metallurgischen Reaktionen. Besonders der Anteil der aktiven Komponenten CO₂ oder O₂ ist im Zusammenhang mit Schweißrauchemissionsrate und Schweißergebnis zu berücksichtigen.

- **Grundwerkstoff-Oberflächen**

Der Oberflächenzustand der verarbeiteten Bauteile beeinflusst auch das qualitative Ergebnis und die Schweißrauchemissionsrate. Sowohl Funktionsbeschichtungen als auch Verunreinigungen an der metallischen Oberfläche können sich zweifach auswirken. Zum einen entstehen zusätzlich Emissionen über die Verdampfung der Beschichtung/Verunreinigung. Zum anderen führt diese Verdampfung selbst zu Störungen im Lichtbogen. Ein „unruhiger“ Lichtbogen hat wiederum höhere Emissionsraten zur Folge.

Schweißrauch-Exposition

Die **inhalative EXPOSITION** beschreibt die Konzentration von Gefahrstoffen, die im Atembereich der Beschäftigten ankommt und über welchen Zeitraum die Beschäftigten dieser Konzentration ausgesetzt sind. Die Exposition der schweißenden Person wird im Wesentlichen durch Emissionen des Schweißprozesses, verschiedene Randbedingungen der Tätigkeit und des Arbeitsplatzes (z. B. Körperhaltung, Absaugung) sowie die persönliche Schutzausrüstung beeinflusst. Die inhalative Exposition wird in der Regel durch Arbeitsplatzmessungen bestimmt und als Masse im Luftvolumen angegeben (z. B. mg/m³).

- **Wirksamkeit der technischen Schutzmaßnahmen**

(z. B. Erfassungsgrad der Schweißrauche durch technische Absaugung) Schweißrauche können in die Atemluft Dritter gelangen, wenn die technische Ausstattung unzureichend ist.

- **Arbeitsplatzgestaltung**

Faktoren wie Zwangshaltungen, ungünstige Ergonomie oder schlechte Mitführbarkeit von Schweißrauchabsaugungen können deutliche Effekte auf die Exposition haben. Zudem können Schweißrauche in die Atemluft Dritter gelangen, wenn die räumliche Gestaltung der Arbeitsplätze unzureichend ist.

- **Qualifikation der schweißenden Person**

Schweißende Personen müssen für ihre Arbeit qualifiziert und in die verwendeten Geräte (Schweißgerät, Absaugung, persönliche Schutzausrüstung etc.) eingewiesen und in den Umgang mit ihnen unterwiesen sein.

Nachfolgende Parameter oder Randbedingungen können in unterschiedlichem Umfang zu der Exposition beitragen.

- Arbeiten in Zwangshaltung können dazu führen, dass sich die schweißende Person mit ihrem Atembereich oft und lange in der Schweißrauchfahne befindet.
- Eine hohe Emissionsrate der Schweißrauche kann schnell zu hohen Expositionswerten führen.
- In kleinen Räumen mit schlechter Lüftung können sich die Rauche aufkonzentrieren.
- Schlechtes Sehvermögen der schweißenden Person kann zu höherer Exposition führen, wenn sich der Kopf sehr nahe an der Schweißstelle befindet.
- Lange Lichtbogenzeiten führen zu einer hohen Exposition.
- Parallel stattfindende Schweißarbeiten addieren sich hinsichtlich der Emission.

Auswirkungen auf die Gesundheit

Die Gefahrstoffe können unterschiedliche Auswirkungen auf den menschlichen Körper haben (s. TRGS 528).

In Bezug auf die partikelförmigen Emissionen gilt: Je kleiner die Partikel sind, desto tiefer können sie in die menschlichen Atemwege eindringen. Einatembare Partikel mit einem Durchmesser von mehr als 10 µm werden üblicherweise in den oberen Atemwegen abgeschieden. Alveolengängige, besonders ultrafeine, Partikel können bis in die tieferen Atemwege und Lungenbläschen gelangen. Der überwiegende Teil der in Schweißrauchen enthaltenen Partikel ist alveolengängig.

Im Vordergrund stehen entzündliche Erkrankungen der Atemwege und der Lunge (z. B. chronische Bronchitis/COPD, Asthma, Lungenfibrosen). Je nach Zusammensetzung der Schweißrauche können auch Krebserkrankungen der Atemwege und der Lunge auftreten (z. B. durch Chrom-(VI)-Verbindungen oder Nickeloxid). Darüber hinaus kann es zu systemischen Effekten kommen, wie parkinsonähnliche Symptomen aufgrund von Mangan oder die Überladung des Organismus mit Eisenoxiden.

Arbeitsmedizinische Vorsorge

Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber müssen entsprechend § 14 Abs. 2 der Gefahrstoffverordnung die Beschäftigten zu Gefährdungen vor Aufnahme der Tätigkeit und dann mindestens einmal jährlich mündlich unterweisen und in diesem Rahmen auch eine allgemeine arbeitsmedizinisch-toxikologische Beratung (auf Gruppenbasis) durchführen. Dabei soll auch auf die im Anhang der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) festgelegten Anlässe für die individuelle arbeitsmedizinische Vorsorge hingewiesen werden. Die Beratung ist unter Beteiligung des Betriebsarztes oder der Betriebsärztin durchzuführen, falls dies erforderlich sein sollte (siehe auch Anhang IV „Arbeitsmedizinische Vorsorge“).

Die arbeitsmedizinische Vorsorge nach ArbMedVV kann neben der ausführlichen Arbeitsanamnese und der Beratung auch körperliche Untersuchungen und apparative Diagnostik umfassen, wie Lungenfunktionsmessungen oder Biomonitoring von Gefahrstoffen im Blut oder Urin. Ob die arbeitsmedizinische Vorsorge dabei als Pflicht-, Angebots- oder Wunschvorsorge erfolgt, ergibt sich aus der Gefährdungsbeurteilung.

Individuelle arbeitsmedizinische Vorsorge ermöglicht die Erfassung des individuellen Gesundheitszustands, besonders der Atemwege und der Lunge. Außerdem kann, neben den Präventionsaspekten, die gesundheitliche Situation des oder der Beschäftigten im zeitlichen Verlauf beurteilt werden, so dass bei Gesundheitsschäden oder -risiken Maßnahmen ergriffen werden können.



Hinweis

Auch beim Biomonitoring ist auf die Qualitätssicherung sowohl bei der Probengewinnung und dem Versand als auch durch das analysierende Labor zu achten. Nach Möglichkeit sollten nur Labore mit der Untersuchung beauftragt werden, die für die jeweils zu analysierenden Stoffe (Analyte) ein aktuelles Zertifikat über die erfolgreiche Teilnahme an Ringversuchen der DGAUM (Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin) vorweisen können.

Unterweisung und arbeitsmedizinisch-toxikologische Beratung

Im Fall der Gefährdungen durch schweißtechnische Arbeiten ist angesichts der Komplexität der Verfahren und der daraus resultierenden Gesundheitsgefährdungen, die sehr differenziert zu bewerten sind, die Beteiligung der Betriebsärztin oder des Betriebsarztes grundsätzlich erforderlich. Der Zeitpunkt der Unterweisung ist schriftlich festzuhalten und sie ist von den Unterwiesenen durch Unterschrift zu bestätigen.

Beurteilungsmaßstäbe

Für viele Bestandteile von Schweißrauchen existieren

- Arbeitsplatzgrenzwerte (TRGS 900),
- Exposition-Risiko-Beziehungen mit AK (Akzeptanzkonzentration) und TK (Toleranzkonzentration) (TRGS 910) oder
- stoffspezifische Beurteilungsmaßstäbe (TRGS 561), z. B. für Chrom-(VI) Verbindungen.

In der TRGS 528 sind die relevanten Grenzwerte und Beurteilungsmaßstäbe bei schweißtechnischen Arbeiten zusammengefasst.

Im Anhang III steht eine Liste von Gefahrstoffen, die bei schweißtechnischen Arbeiten entstehen können, mit ihren zur Drucklegung dieser DGUV Information geltenden Grenzwerten.

Schweißrauchminderungsprogramm

Kann bei schweißtechnischen Arbeiten eine Exposition von Beschäftigten gegenüber Gefahrstoffen nicht vermieden werden, sind zur Beseitigung oder zur Minimierung der dadurch bedingten Gefährdung geeignete Schutzmaßnahmen erforderlich. Das Schweißrauchminderungsprogramm dient zur systematischen Bewertung der Exposition und der vorhandenen Schutzmaßnahmen sowie deren Wirksamkeit. Es stellt eine Hilfestellung zur Gefährdungsbeurteilung für die betrachteten Arbeitsplätze oder -bereiche dar.

Das Programm besteht aus 7 aufeinanderfolgenden Schritten (siehe Abb. 4). Betrachtet werden sowohl Belastungen an einzelnen Schweißarbeitsplätzen als auch die Umgebungsbelastung, die sich aus den an allen Arbeitsplätzen entstehenden Schweißrauchen zusammensetzt. Dabei spielen wechselnde Expositionen und auch die Belastung von nicht direkt am Schweißprozess beteiligten Beschäftigten im Gefahrenbereich (Bystander) eine Rolle.



Abb.4 Ablauf Schweißrauchminderungsprogramm

1 Ermittlung der Ausgangslage im Betrieb

Beschreibung der aktuellen Situation

Im ersten Schritt der Aufstellung des betrieblichen Schweißrauchminderungsplans muss festgestellt werden, in welchen Bereichen und an welchen Arbeitsplätzen Schweißrauchminderungsmaßnahmen notwendig sind.

Es sollte sowohl die Situation für jeden einzelnen Schweißarbeitsplatz (Gruppierung gleicher Arbeitsplätze ist möglich) als auch die Gesamtsituation im Betrieb, einschließlich der anderen Beschäftigten im Gefahrenbereich (Bystander), erfasst werden.

Die sorgfältige Beschreibung der Ausgangssituation ist Voraussetzung für die sich anschließenden Schritte des Schweißrauchminderungsprogramms.

1.1 Art der schweißtechnischen Tätigkeiten

Es ist kurz zu beschreiben,

- welche Art von Produkten
- mit welcher Häufigkeit geschweißt werden.

Auch die

- Größe der Werkstücke,
- Art, Lage und Länge der Schweißnähte sollten festgehalten werden.

1.2 Beschaffenheit der Arbeitsplätze

Hier ist kurz zu beschreiben, wie der Arbeitsplatz gestaltet ist. Besonders problematische räumliche Gegebenheiten und Schweißen in ungünstiger Körperhaltung oder Zwangshaltung sind hier aufzuführen.

Kernfragen sind:

Wo finden die schweißtechnischen Arbeiten statt?

- auf Schweißtischen
- mitten in der Schweißhalle
- in engen Räumen
- in geschlossenen Kabinen
- auf Baustellen
-

In welcher Körperhaltung wird geschweißt?

Typische Körperhaltungen, die Einfluss auf die Exposition der schweißenden Person haben, sind:

- im Sitzen
- im Stehen
- in Zwangshaltung
- ...

Kann die Position des Werkstücks geändert werden?

Eine günstigere Schweißposition erleichtert den Schweißvorgang, den Einsatz von Schutzmaßnahmen gegen Schweißrauchemissionen und hat auch aus ergonomischer Sicht Vorteile.

1.3 Eingesetzte Werkstoffe, Zusatzwerkstoffe und Prozessgase

Hier sind die Spezifikation des bearbeiteten Werkstückmaterials und der Schweißzusatzwerkstoffe sowie die Zusammensetzung des Schutzgases anzugeben. Zur besseren Vergleichbarkeit mit dem Stand der Technik und dem schnellen Identifizieren von Substitutionsmöglichkeiten wird empfohlen, primär die Normbezeichnungen zu verwenden, nur ergänzend die Bezeichnungen der Herstellfirma.

Falls Verunreinigungen oder Beschichtungen an den Werkstücken vorhanden sind, sind diese mit aufzuführen.

1.4 Angewendete Verfahren und Parameter

Welches Schweißverfahren und welche Prozessvariante wird verwendet?

Welche Parameter sind am Schweißgerät eingestellt?

- Schweißstromstärke/Schweißspannung
- Drahtvorschubgeschwindigkeit
- Schutzgasvolumenstrom

1.5 Vorhandene Schutzmaßnahmen

Welche Schutzmaßnahmen werden aktuell eingesetzt?

- Technische Maßnahmen (Absaugung, brennerintegrierte Absaugung, raumlufttechnische Anlagen etc.)
- Organisatorische Maßnahmen (zeitliche Trennung, Personalwechsel, ...)
- Persönliche Schutzausrüstung (Schweißhelm)

Die Beschreibung sollte möglichst detailliert sein. Betriebsparameter sollten auch mit aufgenommen werden. Das beinhaltet zum Beispiel die Luftvolumenströme, mit denen die Absauganlagen oder Anlagen zur Raumlüftung betrieben werden. Für Absaugbrenner sollten Brennertyp und der Volumenstrom an der Brennerspitze sowie der Unterdruck am Anschlussstutzen des Schlauchpakets dokumentiert werden.

Die Beschreibung muss auch die Maßnahmen zum Schutz anderer Beschäftigter im Gefahrenbereich beinhalten. Solche Maßnahmen sind zum Beispiel raumlufttechnische Maßnahmen, Zugangsbeschränkungen für Schweißbereiche oder die zeitliche Trennung von schweißtechnischen und anderen Tätigkeiten.

1.6 Beteiligte bei Schweiß Tätigkeiten und im Arbeitsschutz

Welche Personen sind gegenüber Schweißrauch exponiert?

Dazu gehören auch Personen, die nicht am Schweißprozess beteiligt, aber dennoch exponiert sind.

Welche Personen sind verantwortlich für die Gestaltung und Ausführung des Schweißprozesses?

Das sind Schweißfachleute, Fachkräfte für Arbeitssicherheit und die für die Bereiche verantwortlichen Führungskräfte.

Wie sind die ausführenden Personen geschult, wann wurden sie wie unterwiesen? Ist das Wissen über den richtigen Einsatz der verwendeten Techniken ausreichend vorhanden? Sind die problematischen Tätigkeitsschritte und die dazu gehörenden Schutzmaßnahmen allen Beteiligten bekannt?

1.7 Berücksichtigte Normen oder Standards

Normen oder Standards können für einige der Punkte 1.1–1.6 Vorgaben enthalten, die es leicht machen, die Angaben einzutragen. Dennoch ist zu prüfen, ob die vorgegebenen Parameter tatsächlich auch angewendet werden.

Informationsermittlung und Expositionsbewertung

Für alle Arbeitsplätze sowie für die Gesamtsituation sind nach einer Beschreibung der Ist-Situation Daten zu Emissionen und Exposition zu bestimmen. Diese Informationen sind notwendig, um die Gefährdung beurteilen und den Bedarf an weiteren Schutzmaßnahmen bewerten zu können.

1.8 Identifikation der Emissionsquellen

In diesem Abschnitt ist die Frage zu beantworten, woher eine potenzielle Exposition gegenüber Gefahrstoffen kommen kann. Jede Schweiß Tätigkeit – sowohl automatisch als auch manuell – stellt eine potenzielle Emissionsquelle dar. An dieser Stelle sollen die Unterschiede zwischen den Arbeitsplätzen ermittelt werden.

Die unter den Abschnitten 1.1 und 1.3 bestimmten Orte und Tätigkeiten sind zu der Aussage zusammenzufassen, welche Stoffe wo und bei welcher Tätigkeit freigesetzt werden können. Die Emissionen müssen abgeschätzt werden. Eine Hilfe zur Abschätzung der Emissionen bietet die TRGS 528, Tabelle 2 „Beurteilung der Verfahren anhand von Emissionsraten. Zuordnung zu Emissionsgruppen“. Dabei sind auch die Schweißzeiten und Schweißparameter zu beachten. Die Emissionen sind bei Heftarbeiten beispielsweise geringer als die Emissionen beim Schweißen langer Schweißnähte.

**Hinweis**

Auch das Entleeren der Staubsammelbehälter von Schweißrauchabscheidern, der Filterwechsel oder andere Instandhaltungsarbeiten können Emissionsquellen sein.

Für diese Emissionsquellen muss dann nach Möglichkeit bestimmt werden, wie hoch die Exposition der Mitarbeitenden gegenüber den vorliegenden Gefahrstoffen ist.

**Hinweis**

Kann eine Exposition gegenüber krebserzeugenden oder keimzellmutagenen Stoffen nicht ausgeschlossen werden, sind Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber nach § 14, Absatz 3 Nr. 3 und 4 GefStoffV verpflichtet, ein Verzeichnis über die Beschäftigten zu führen, die mit diesen Gefahrstoffen in Kontakt kommen (Dokumentationspflicht). Darin müssen Angaben zur Höhe und Dauer der Exposition enthalten sein und sie müssen mindestens 40 Jahre aufbewahrt werden (Archivierungspflicht). Wenn Beschäftigte aus dem Betrieb ausscheiden, müssen ihnen die betreffenden Auszüge ausgehändigt werden (Aushändigungspflicht). Wenn der oder die Beschäftigte einverstanden ist, können Arbeitgeber und Arbeitgeberinnen diese Pflicht auch durch Meldung an die Zentrale Expositionsdatenbank (ZED) der DGUV erfüllen. Die ZED bietet Arbeitgeberinnen und Arbeitgebern Unterstützung bei der Aushändigungs- und Archivierungspflicht sowie bei der Organisation nachgehender arbeitsmedizinischer Vorsorge. Sie dient auch als langfristige Beweissicherung bei möglichen Berufskrankheiten mit langen Latenzzeiten, die für Erkrankungen durch die genannten Stoffgruppen typisch sind.

1.9 Ergebnisse der Wirksamkeitsprüfung der bestehenden Schutzmaßnahmen

Alle Maßnahmen zum Schutz gegen Gefahrstoffe müssen vor Aufnahme der Tätigkeit auf ihre Wirksamkeit geprüft werden.

Diese Prüfung umfasst zum Beispiel:

- Arbeitsplatzmessungen (Exposition)
- die Änderung von Verfahrensparametern mit einer messtechnischen Überprüfung der Exposition
- den Einsatz einer Absaugung mit definierten Parametern mit einer messtechnischen Überprüfung der Exposition
- den Einsatz von PSA nach Stand der Technik
- ...

Werden im Rahmen des Schweißrauchminderungsplans neue Maßnahmen angewendet oder vorhandene Maßnahmen geändert, muss die Wirksamkeitsprüfung erneut durchgeführt werden (siehe Abschnitt 7).

Die Wirksamkeit der getroffenen Schutzmaßnahmen kann aktuell nur durch Arbeitsplatzmessungen überprüft werden, da bisher keine sogenannte "Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (EGU)" für schweißtechnische Arbeiten oder andere Handlungsempfehlungen vorliegen. Die Schutzmaßnahmen sind ausreichend, wenn die relevanten Grenzwerte eingehalten sind und darüber hinaus ein entsprechender Befund nach TRGS 402 erhoben werden kann. Messungen sind nach den Vorgaben der TRGS 402 durchzuführen.

2 Bewertung der Schutzmaßnahmen

2.1 Bewertung der Exposition (Befunderhebung)

Nachdem alle Daten zum Zustand des Arbeitsplatzes erhoben wurden, muss nun eine Bewertung der Situation am Arbeitsplatz erfolgen.

Dazu gehört unter anderem ein Vergleich der bestimmten (gemessenen oder aus anderen Quellen abgeschätzten) Exposition mit den jeweiligen Beurteilungsmaßstäben für die vorhandenen Gefahrstoffe.

Für die Beurteilung der Gefährdungen durch inhalative Exposition sind zu berücksichtigen:

- Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW)
- Akzeptanz- und Toleranzkonzentrationen
- verbindliche Grenzwerte der EU
- andere Beurteilungsmaßstäbe (s. TRGS 400)

Die Beurteilung erfolgt auf der Basis der TRGS 402 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition“.

Die Bewertung der Exposition ergibt einen Befund. Dieser kann lauten:

1. Schutzmaßnahmen ausreichend
2. Schutzmaßnahmen nicht ausreichend

Die Rahmenbedingungen bei betrieblichen Tätigkeiten können sich ändern. Messergebnisse können daher auch einer Streuung unterworfen sein. Deshalb müssen bei der Befunderhebung die Grundsätze der TRGS 402 berücksichtigt werden.

Auch wenn die Grenzwerte bei einer Messung eingehalten werden, kann wegen der zeitlichen und räumlichen Schwankungen der inhalativen Exposition allein damit der Befund „Schutzmaßnahmen ausreichend“ nicht begründet werden. Zusätzlich muss dargelegt werden, warum auch künftig die Erfüllung der Voraussetzungen für den Befund erwartet wird. Begründungen sind zum Beispiel:

1. Ermittlungen für den ungünstigen Fall („reasonable worst case“)

Die Ermittlungen wurden für ungünstige Bedingungen durchgeführt, so dass im Normalfall niedrigere Belastungen zu erwarten sind.

- #### 2. Relevante Randbedingungen sind langfristig stabil.
- Es ist sichergestellt, dass sich die relevanten Randbedingungen langfristig nur unwesentlich ändern, so dass vergleichsweise geringe Schwankungen der Exposition zu erwarten sind. Das kann zum Beispiel durch Ergebnisse von Kontrollmessungen aus früheren Jahren belegt werden. Ein höherer Automatisierungsgrad hat in der Regel auch konstantere Emissionen zur Folge.

3. Dauerüberwachung

Durch Dauerüberwachung werden bei Überschreiten einer vorgegebenen Konzentration geeignete Schutzmaßnahmen ausgelöst (siehe TRGS 402, Anlage 2).

4. Fortlaufende Wirksamkeitskontrolle

Durch ständige oder regelmäßige Kontrolle der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen wird gewährleistet, dass abhängig von vorgegebenen Kriterien geeignete Schutzmaßnahmen ausgelöst werden.

5. Erfahrung von vergleichbaren Arbeitsplätzen

Erfahrungen von vergleichbaren Arbeitsplätzen haben gezeigt, dass langfristig die Erfüllung der Voraussetzungen für den Befund „Schutzmaßnahmen ausreichend“ zu erwarten ist.

2.2 Erkenntnisse aus der arbeitsmedizinischen Vorsorge

An der Gefährdungsbeurteilung soll laut TRGS 528 der Betriebsarzt oder die Betriebsärztin beteiligt werden und zu arbeitsmedizinischen Themen wie Eigenschaften, Bedeutung und Wirkung der einatembaren Gefahrstoffe oder zu arbeitsmedizinischer Vorsorge einschließlich Biomonitoring beraten. Das gilt insbesondere dann, wenn von einer Exposition gegenüber krebserzeugenden Gefahrstoffen auszugehen ist. Erkenntnisse aus der arbeitsmedizinischen Vorsorge sind von der Ärztin oder dem Arzt auszuwerten und den Arbeitgebenden mitzuteilen, sobald sich Anhaltspunkte ergeben, dass die Schutzmaßnahmen nicht ausreichen. In diesem Fall müssen Ärztinnen und Ärzte auch Arbeitsschutzmaßnahmen vorschlagen (siehe Arb-MedVV, § 6 (4), AMR 6.4) und die Arbeitgebenden müssen die Gefährdungsbeurteilung überprüfen und anpassen.

2.3 Organisatorische Maßnahmen

Arbeitgeber und Arbeitgeberinnen müssen sicherstellen, dass nur wirksame Einrichtungen zum Erfassen und Abscheiden von Gefahrstoffen eingesetzt werden. Bei der erstmaligen Inbetriebnahme dieser Einrichtungen sowie bei den wiederkehrenden Prüfungen ist der Nachweis einer ausreichenden Wirksamkeit (Einhaltung der Grenzwerte) zu erbringen. Die Einrichtungen sind mindestens jährlich von einer zur Prüfung befähigte Person auf ihre Funktionsfähigkeit zu prüfen. Die Prüfungen sind zu dokumentieren.

Die Anzahl der Beschäftigten, die Schweißrauchen und -gasen ausgesetzt sind, sowie die Expositionsdauer sind so weit wie möglich zu minimieren.

Belastete Bereiche sind daher regelmäßig zu reinigen.

Trockenes Kehren oder Abblasen von Staubablagerungen mit Druckluft sind generell nicht zulässig. Für die Reinigung sind geeignete Industriestaubsauger einzusetzen (siehe DGUV Information 209-084 „Industriestaubsauger und Entstauber“, Tabelle 3).

Die Einnahme von Nahrung und Getränken sowie das Rauchen am Arbeitsplatz sind zu vermeiden. Die Arbeitskleidung sollte nach Ende der Arbeit gewechselt werden, um eine Verschleppung der Gefahrstoffe zu vermeiden.

3 Auswahl zusätzlicher Schweißrauchminderungsmaßnahmen

Die TRGS 528 beschreibt den Stand der Technik für Schweißarbeitsplätze.

Details zur Definition und Methodik des Stands der Technik sind in der TRGS 460 aufgeführt. Die Anwendung der in der TRGS 528 veröffentlichten Schutzmaßnahmen und deren Kombination, einschließlich Substitutionsmaßnahmen, technischer und baulicher Maßnahmen, persönlicher Schutzausrüstung und Arbeitsorganisation, führen erfahrungsgemäß zu einer bestmöglichen Minimierung der Belastung.

Ergibt die Bewertung der Exposition, dass die Schutzmaßnahmen nicht ausreichend sind, besteht Handlungsbedarf. Die schon getroffenen Maßnahmen müssen verbessert und die Anwendung zusätzlicher Schutzmaßnahmen muss überlegt werden. Diese Maßnahmen sollen die Belastung der schweißenden Personen und anderer Beschäftigter im Gefahrenbereich auf ein Minimum reduzieren.

In diesem Abschnitt werden typische Schutzmaßnahmen gegen die Schweißrauchgefährdung für das MSG-Schweißen erläutert, um die Entscheidung für bestimmte Maßnahmen und ihre Kombination unter betriebsspezifischen Randbedingungen zu erleichtern. Die Wirksamkeit und Eignung der Maßnahmen können aber nur betriebs- oder sogar arbeitsplatzbezogen geprüft werden.

Betriebs- und arbeitsplatzunabhängig gelten dabei das STOP-Prinzip (siehe unten) der Maßnahmen, deren spezifische Auslegung für schweißtechnische Arbeiten und das Minimierungsgebot.

Den wirksamsten Schutz gegen Schweißrauchgefährdung bietet die vollständige Vermeidung des Schweißrauchs (Substitution). Nach aktuellem Stand der Technik käme das dem Verzicht auf das MSG-Schweißen gleich, da jeder metaldampfbasierte Lichtbogen auch Schweißrauch erzeugt.

Stehen einem Betrieb keine wirtschaftlichen und technisch praktikablen Fertigungsalternativen zum MSG-Schweißen zur Verfügung, muss die Schweißrauchminderung systematisch erarbeitet werden. Dabei muss die gesetzlich vorgegebene Rangfolge der Maßnahmen beachtet werden. Diese Rangfolge ist auch als STOP-Prinzip bekannt, dessen Elemente in Tabelle 1 erläutert sind. Die Begründung für diese Rangfolge liegt in der abgestuften Wirksamkeit der einzelnen Maßnahmenkategorien als Schutz gegen

die Gefahrstoffrisiken. Eine detaillierte Beschreibung des STOP-Prinzips enthält die TRGS 500.

Das STOP-Prinzip ist kein „entweder/oder“-Auswahlkriterium für einzelne Maßnahmen. Besonders wenn die Wirksamkeit einer einzelnen Schutzmaßnahme nicht ausreichend ist, muss eine Kombination mehrerer Maßnahmen ausgeführt werden.

Tabelle 1 listet beispielhaft Maßnahmen für die Schweißrauchminderung beim MSG-Schweißen auf. Dabei wird angenommen, dass MSG-Schweißen in einem Betrieb nicht durch andere Fügeverfahren ersetzbar ist.



Hinweis

Substitutionsmaßnahmen zur Schweißrauchminderung sind naturgemäß ein Eingriff in einen bestehenden Schweißprozess. Wegen der im Abschnitt Emissionen erläuterten Wirkung bestimmter Lichtbogenvariablen (Stromquellenparameter, Zusatzwerkstoff, Prozessgas) sowohl auf die Schweißrauchemissionsrate als auch auf das Schweißergebnis sind die Auswirkungen von Substitutionsmaßnahmen auch unter den jeweils geltenden Qualitätskriterien zu bewerten. Der Aufwand für diese Qualitätssicherung und Dokumentation im Fall von Substitutionsmaßnahmen fällt schweißaufgaben- und branchenabhängig sehr unterschiedlich aus. Um den Aufwand möglichst gering zu halten, sollten im Zweifelsfall beratende Stellen wie Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalten (SLVen), technische Aufsichtsorganisationen, Zertifizierungsstellen, Technische Universitäten oder fachkundige Industrie- und Handwerksverbände konsultiert werden. Wegen des engen Zusammenspiels des Regelverhaltens der Stromquelle mit dem Zusatzwerkstoff und dem Prozessgas sind diese Substitutionsmaßnahmen als Kombination am stärksten wirksam, sowohl für die Schweißrauchemissionsrate als auch für die Qualitätssicherung. Bei Substitutionsmaßnahmen im Rahmen des Schweißrauchminderungsplans wird deswegen empfohlen, die Zusammenhänge zwischen Kennlinien/Regelverhalten der Stromquelle, Art des Zusatzwerkstoffs und chemischer Zusammensetzung des Prozessgases zu berücksichtigen. Sowohl die Herstellfirmen der jeweiligen Produkte als auch unabhängige, beratende Institutionen können dabei fachlich unterstützen.

Details zur Prüfung, Dokumentation und Anwendung von Substitutionsmaßnahmen sind in der TRGS 600 „Substitution“ enthalten; sie beschreibt die Pflichten der Arbeitgebenden und unterstützt sie gleichzeitig dabei, „gefährliche Verfahren durch weniger gefährliche Verfahren zu ersetzen“.

Tabelle 1 Mögliche Schweißrauchminderungsmaßnahmen für das MSG-Schweißen (MIG/MAG), strukturiert nach dem STOP-Prinzip

	TRGS 500	TRGS 528	Beispiele für MSG-Schweißen
S	Substitution	Auswahl von gefahrstoffarmen Verfahren und Werkstoffen/ Zusatzwerkstoffen	<ul style="list-style-type: none"> • Optimierung MSG-Parameter an der Stromquelle, („energiearmes MSG“) • Optimierung MSG-Schweißzusatz: chemische Zusammensetzung und Typ • Optimierung MSG-Prozessgas: chemische Zusammensetzung, Durchfluss • Einsatz des WIG-Verfahrens
T	Technische Schutzmaßnahmen	Lüftungstechnische und bauliche Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • Schweißbrenner mit brennerintegrierter Erfassung • nachzuführende Erfassungselemente • stationäre Erfassung am Schweißarbeitsplatz • Raumlüftung • räumliche Trennung/Abtrennung
O	Organisatorische Schutzmaßnahmen	Organisatorische und hygienische Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • Oberflächenreinigung vor dem Schweißen • optimierte Arbeitsposition • Begrenzung der Expositionszeit • Begrenzung der exponierten Beschäftigten • Schulung, Training
P	Persönliche Schutzmaßnahmen	Persönliche Schutzmaßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • belüftete Helme/Hauben • Masken

3.1 **S** Verfahrensauswahl

Im Rahmen des STOP-Prinzips ist die erste zu beantwortende Frage, ob MSG-Schweißen überhaupt notwendig ist oder andere Verbindungsverfahren mit niedrigerer Belastung eine ökonomisch, technisch und ökologisch bessere Alternative sind (siehe auch Abb. 3).

Dazu gehören mechanische Fügeverfahren, zum Beispiel Durchsetzfügen, Nieten, Schrauben, oder schweißtechnische Arbeiten in geschlossenen Systemen, zum Beispiel automatisiertes Schweißen in Schweißkabinen, automatisiertes Spritzen in Spritzkabinen, additive Fertigung in geschlossenen Fertigungsautomaten (TRGS 528).

Wenn Schweißen notwendig ist, ist das geeignete Verfahren mit der niedrigsten Belastung auszuwählen.

3.2 **S** Schweißzusatzwerkstoffe

Im nächsten Schritt ist zu prüfen, ob andere Schweißzusatzwerkstoffe verwendet werden können, die eine Verringerung der Schweißrauchemissionen insgesamt und/oder das Herabsetzen der Konzentration von bestimmten Komponenten im Schweißrauch in Aussicht stellen. Untersuchungen deuten darauf hin, dass ca. 95 % der Schweißrauchmasse aus der Verdampfung des überhitzten Drahtendes im Lichtbogen stammen. Besonders die chemische Zusammensetzung des Schweißzusatzes und folglich auch die Verdampfungstemperaturen der einzelnen Komponenten haben daher eine entscheidende Bedeutung für die chemische Zusammensetzung des Schweißrauchs.

Zur Minimierung der Gefahrstoffemissionen sind die von den Herstellfirmen der Elektroden oder Gase empfohlenen Schweißparameter einzuhalten (TRGS 528).

3.3 **S** Verfahrensparameter an Schweißgeräten

Die dem System zugeführte Energie hat einen sehr großen Einfluss auf die Emission. Es gibt Möglichkeiten, das Entstehen und den Austritt von Teilen des Metaldampfes, der im Lichtbogen durch elektrischen Leistungsumsatz erzeugt wird, zu beeinflussen. Dadurch beeinflussen die eingestellten Verfahrensparameter die Emission deutlich.

Das betrifft zum einen die Emissionsrate, zum anderen die Ausbreitung der Emissionen und damit die Möglichkeiten der wirksamen, örtlichen Rauchabsaugung. Die Wirksamkeit einer verwendeten örtlichen Rauchabsaugung wird begünstigt, wenn der Schweißrauch sich in Richtung des Absaugorts ausbreitet, zum Beispiel durch die Thermik der Rauchsäule. Die Situation bei der Verwendung energiearmer Verfahrenseinstellung ist eine andere als bei energiereicher Einstellung.

Verfahrensparameter sind neben der Auswahl einer bestimmten Prozessregelvariante auch deren Einstellwerte an der Schweißstromquelle. Zusätzlich können auch die Brennerpositionierung und die Schweißgeschwindigkeit beeinflusst werden. Bei gleicher Abschmelzleistung können sich die Schweißrauchemissionen bei unterschiedlich parametrisierten MSG-Schweißprozessen erheblich unterscheiden.

Beim MSG-Schweißen kann eine Reduzierung der Schweißrauchemissionen durch eine Wellenformsteuerung des Schweißstroms und eine entsprechende Wahl der Prozessregelvarianten erreicht werden (z. B. geregelter Kurzlichtbogen) (TRGS 528).

Grundsätzlich liegen bei instabil eingestellten und stark spritzenden Schweißprozessen höhere Emissionsraten und ungünstigere Rauchabsaugbedingungen vor als bei optimaler Einstellung der Verfahrensparameter.

Folgende verfahrensspezifische Kriterien führen immer zu einer Verringerung der Emissionsrate:

- energiearmer Lichtbogen
- kürzerer Lichtbogen
- Impulslichtbogen

Die einzelnen Schweißstromquellenherstellfirmen haben jeweils sehr unterschiedliche Prozessregelvarianten in ihren Produkten implementiert. Eine Übersicht wird für das MSG-Schweißen im Merkblatt DVS 0973 gegeben. Weitere Hinweise zur Einstellpraxis findet man für das MAG-Schweißen im Merkblatt DVS 0932.

3.4 **S** Prozessgase (Schweißschutzgase)

Gase und Mischgase für das Lichtbogenschweißen und verwandte Prozesse sind in der DIN EN ISO 14175 genormt. Die Einteilung der Prozessgase in Haupt- und Untergruppen (Tabelle 2, ISO 14175) bietet Anwendenden bereits eine gute Orientierung in Bezug auf die chemischen Eigenschaften und das metallurgische Verhalten. Für das MSG-Schweißen sind die relevanten Hauptgruppen in Tabelle 2 dargestellt.

Da das MAG Schweißen von unlegierten und niedriglegierten Stählen mit Massivdrahtelektroden und M20- oder M21-Mischgasen das mit Abstand am meisten genutzte MSG-Verfahren ist und somit auch am häufigsten Beschäftigte durch Schweißrauch gefährden kann, wird hier der Einfluss der Prozessgase näher erläutert.

Der CO₂-Anteil im MAG-Mischgas beeinflusst nicht nur die chemischen Reaktionen im Lichtbogen und in der Schmelze (z. B. Oxidation, Legierungsabbrand, etc.), sondern auch den Lichtbogenansatzpunkt an der abschmelzenden Drahtelektrode. Mit zunehmendem CO₂-Anteil wird die Tropfenablösung erschwert, das Drahtende überhitzt und mehr Metaldampf erzeugt. Da dieser Metaldampf hauptsächlich für die Schweißrauchemissionsrate verantwortlich ist, gibt es somit eine direkte Abhängigkeit zwischen dem CO₂-Gehalt im Mischgas und der Schweißrauchemissionsrate (DVS Band 377, DVS Studie: Entstehung von Schweißrauch beim Metallschutzgasschweißen).

Als Orientierung für die quantitative Auswirkung des Prozessgases auf die Schweißrauchemissionsrate sind in Abbildung 5 beispielhaft 4 Messwerte dargestellt (Quelle: vereinfachte Grafik aus „Schweißen und Schneiden“, Ausgabe 6/2022, Seiten 386–392). Die Mischgasgruppen M20 und M21 umfassen unterschiedliche Produkte mit 5–25% CO₂ in Ar. Bereits in dieser CO₂-Spannbreite kann sich die Schweißrauchemissionsrate bei gleicher Abschmelzleistung verdoppeln.

Tabelle 2 Übersicht der Prozessgas Hauptgruppen für das MSG-Schweißen

Hauptgruppe nach ISO 14175	MSG-Verfahren / Grundwerkstoffe	Anmerkungen
I (inert)	MIG-Schweißen/Aluminium und seine Legierungen, andere Nichteisen-Metalle und deren Legierungen	<ul style="list-style-type: none"> keine chemische Beeinflussung der Schweißrauchzusammensetzung Wenn Helium teilweise Argon ersetzt, steigt bei gleichem Drahtvorschub der Energieumsatz im Lichtbogen und damit auch die Schweißrauchemissionsrate.
M1	MAG-Schweißen/nichtrostende Stähle, hochlegierte Werkstoffe	<ul style="list-style-type: none"> hauptsächlich für das MAG-Schweißen mit Massivdraht oder Metallpulver-Fülldraht Schweißrauchemissionsraten sind geringer als bei MAG-Baustahl, der Einfluss der Gase darauf fällt auch geringer aus.
M2	MAG-Schweißen/unlegierte und niedriglegierte Stähle	<ul style="list-style-type: none"> starker Einfluss der Gaszusammensetzung auf die Schweißrauchemissionsrate, besonders abhängig vom CO₂-Gehalt Schweißrauchemissionsrate bei Einsatz von M2 < M3 < C Diese Tendenz gilt für alle Drahtelektrodentypen und Werkstoffübergänge.
M3		
C (CO ₂)		

Verschiedene Laboruntersuchungen bestätigen diese Abhängigkeit der Schweißrauchemissionsrate vom CO₂-Gehalt auch für weitere MAG-Varianten, mit entsprechenden „Verschiebungen“ der Trendlinie:

- Beim MAG-Impulslichtbogen mit Massivdraht verschiebt sich die Trendlinie nach unten, die Schweißrauchemissionswerte liegen alle niedriger als beim Sprühlichtbogen; das gilt auch für die „energiearmen“ Lichtbogenarten.
- Beim MAG-Schweißen mit Metallpulver-Fülldrähten ist die Trendlinie insgesamt etwas höher als beim Sprühlichtbogen mit Massivdraht.
- Beim MAG-Schweißen mit Schlacke bildenden Fülldrähten verschiebt sich die Trendlinie stärker nach oben; Schweißrauchemissionsraten bei Einsatz von M21/M20-Mischgasen sind immer noch niedriger als beim Einsatz von reinem CO₂ (Gruppe C) für denselben Fülldraht.

Erwägt ein Betrieb die Optimierung des Prozessgases als Substitutionsmaßnahme zur Schweißrauchminderung, hilft die Gase-Bezeichnung nach DIN EN ISO 14175 dabei, geeignete Alternativen mit weniger CO₂-Gehalt zu identifizieren. Diese Bezeichnung enthält unabhängig von der Herstellfirma die genaue Zusammensetzung (siehe Beispiel Abb. 5).

Bei der Umsetzung im Betrieb gelten, wie bei allen anderen Substitutionsmaßnahmen, die Empfehlungen zur Qualitätssicherung wie am Anfang des Abschnitts 3 beschrieben. Hervorzuheben sind hier die Gasempfehlungen der Drahtelektrodenherstellfirmen als notwendige Voraussetzung für das Erreichen der mechanisch technologischen Gütewerte.

Falls zu bestimmten Zusatzwerkstoffen bereits „Schweißrauchdatenblätter“ nach ISO 150114 mit unterschiedlichen Prozessgasen vorliegen, ist das ebenfalls eine anerkannte Informationsquelle für die Substitutionsprüfung (TRGS 528, TRGS 600).

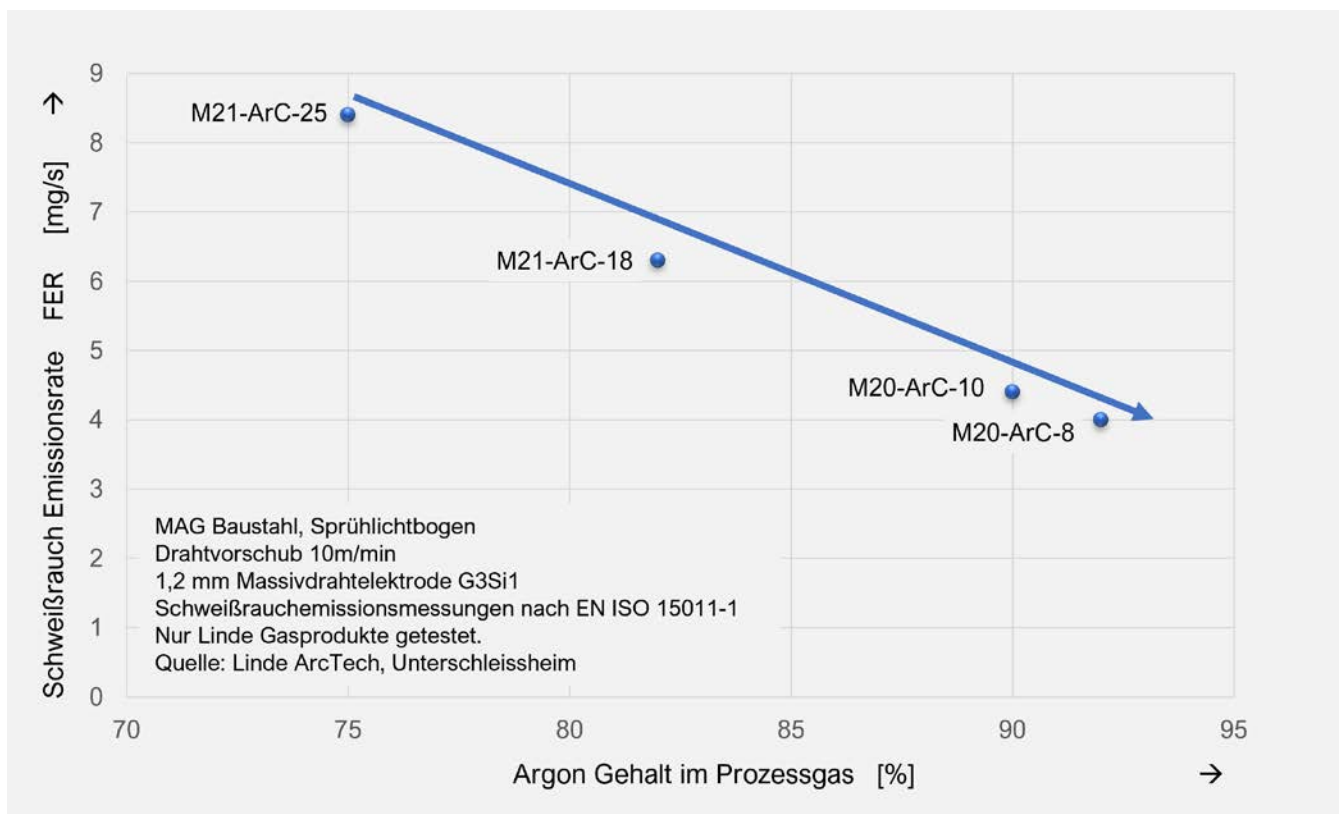


Abb. 5 Reduzierung der Schweißrauchemissionsrate durch optimierte Prozessgase, Beispiel MAG-Baustahl mit Massivdraht-Elektrode und M20- oder M21-Mischgasen (Quelle: vereinfachte Grafik aus „Schweißen und Schneiden“, Ausgabe 6/2022, Seiten 386-392).

Detaillierte Informationen zu den einzelnen Gasgemischen und deren möglichen Einfluss auf die Schweißrauchemissionsrate und das Schweißergebnis bieten beratend auch die Industriegase-Herstellfirmen, die Schweißtechnischen Lehr- und Versuchsanstalten (SLVen) und andere schweißtechnisch kompetente Institutionen an.

3.5 **T** Erfassung und Absaugung

Ist die Freisetzung von Schweißrauchen nicht zu vermeiden, sind technische Schutzmaßnahmen erforderlich. Die Rauche müssen erfasst werden, bevor sie in den Atembereich der schweißenden Personen gelangen. Damit wird zugleich die Belastung der Umgebungsluft vermieden oder zumindest reduziert.

Die folgenden Schutzmaßnahmen gelten in erster Linie für das Handschweißen und das teilmechanische Schweißen. Für das vollmechanische und das automatische Schweißen sind aufgrund des größeren Abstands der schweißenden Personen von der Gefahrenstelle andere Maßnahmen möglich.

Der Gesamtwirkungsgrad eines Absaug- und Filtersystems ergibt sich aus der Multiplikation von Erfassungsgrad und Abscheidegrad. Für eine gute Wirksamkeit des Systems ist es somit zunächst erforderlich, einen möglichst gro-

ßen Anteil der Schweißrauche zu erfassen. Das erscheint umso einfacher, je näher an der Schweißstelle man mit der Absaugung ansetzt. Allerdings sind dabei einige Punkte zu beachten.

Abbildung 6 zeigt die drei verschiedenen, typischerweise verwendeten Arten der Absaugung für Schweißrauche. An Arbeitsplätzen ist auch eine Kombination der Systeme möglich.

Je näher an der Entstehungsstelle die Absaugung ansetzt, umso geringer ist der erforderliche Luftvolumenstrom.

Der geringste Luftvolumenstrom wird für eine Absaugung direkt am Schweißbrenner, die sogenannte brennerintegrierte Absaugung, benötigt. Allerdings sind die Querschnitte für die Luftführung in Handgriff und Schlauchpaket auch so gering, dass ein großer Unterdruck erforderlich ist, um diesen Luftvolumenstrom zu erreichen. Ein großer Vorteil der brennerintegrierten Absaugung besteht darin, dass die Absaugung automatisch immer an der richtigen Stelle ist, also nicht manuell nachgeführt werden muss. Andererseits liegt in der großen Nähe zur Schweißstelle auch die Gefahr, dass die Schutzgasabdeckung der Schweißstelle gefährdet wird, wenn zu viel abgesaugt wird. Daher ist eine gute Abstimmung von Absaugbrenner und Absauggerät erforderlich.

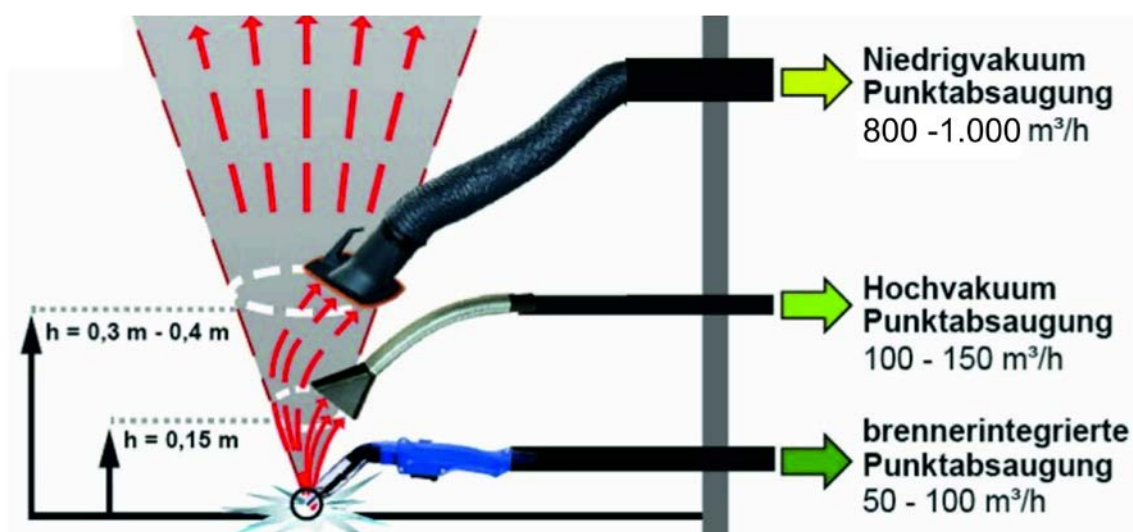


Abb. 6 Arten der Absaugung

Gerade in den letzten Jahren wurde dieses System technisch weiter untersucht, die Absaugbrenner wurden ergonomisch optimiert und die Absauggeräte hinsichtlich ihrer Leistung weiterentwickelt. Daher nimmt der Anteil dieses Systems aktuell auch zu.

Je nach Schweißleistung, Nahtform, Schweißposition und Brennerführung sind mit einer brennerintegrierten Absaugung Erfassungsgrade bis über 90 % erreichbar.

Die Norm DIN EN ISO 21904-1 und -4 legt den notwendigen Absaugvolumenstrom über die induzierte Luftgeschwindigkeit (v) an der Schweißstelle fest (20 mm vom Kontaktrohr gemessen, siehe Maß L). Die Angaben dazu und zum erforderlichen Unterdruck liefert die Herstellfirma des Absaugbrenners.

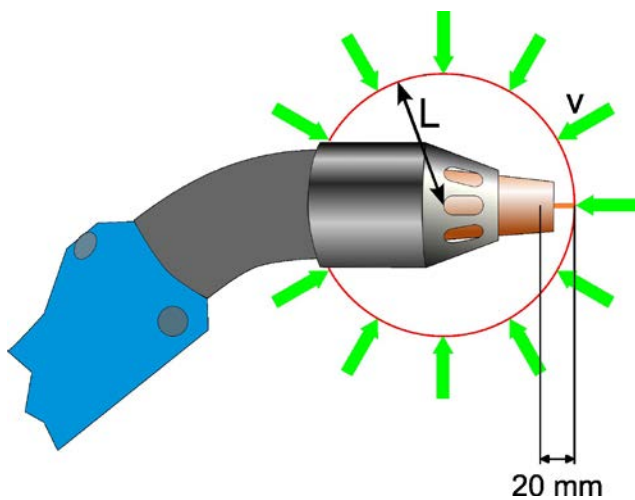


Abb. 7 Brennerintegrierte Absaugung

Beim Einsatz brennerintegrierter Absaugungen müssen der Mindest- und der Maximal-Absaugvolumenstrom sowie der zur Erzeugung des Volumenstroms notwendige Unterdruck während des Schweißprozesses eingehalten werden.

Die Absaugung mit Absaughauben an flexiblen, selbsttragenden Absaugarmen wirkt aufgrund des größeren Luftvolumenstroms und des damit verbundenen größeren Saugfelds bis zu einer Entfernung von etwa 30 cm zur Schweißstelle. Damit ist eine Gefährdung der Schutzgasabdeckung nahezu ausgeschlossen.

Da auch Nachrauche gut erfasst werden, ist das Potenzial der Absaugarme für einen hohen Erfassungsgrad noch größer als bei der brennerintegrierten Absaugung. Allerdings ist dafür ein kontinuierliches Nachführen der Absaughaube erforderlich, damit die Schweißstelle immer im Erfassungsbereich der Absaughaube liegt. Damit das in der Praxis auch erfolgt, ist es sehr wichtig, dass der Absaugarm leichtgängig und die Absaughaube einfach zu positionieren ist. Nur dann wird der Absaugarm auch sachgerecht genutzt.

Für Niedrigvakuum-Punktabsaugungen mit einem Nenndurchmesser von 160 mm hat sich ein Volumenstrom im Bereich von 800 bis 1000 m³/h bewährt. Die Thermik der Schweißrauche soll möglichst genutzt werden.

Die Norm DIN EN ISO 21904-1 schreibt Angaben zum erforderlichen Luftvolumenstrom auf der Absaughaube vor. Außerdem limitiert sie die zur Positionierung der Absaughaube benötigte Kraft.

Die in Abbildung 6 zwischen diesen beiden Systemen dargestellte Hochvakuum-Punktabsaugung mit Absaugdüsen ist eher eine Lösung für spezielle Anwendungen, zum Beispiel, wenn die Schweißstellen sich immer an der gleichen Stelle befinden.

Die für eine wirksame Absaugung notwendigen Luftvolumenströme und Unterdrücke müssen bei der Planung der Absauganlage ermittelt und dauerhaft sichergestellt werden. Bei der Planung von zentralen Absaugsystemen ist die maximal auftretende Gleichzeitigkeit der Absaugstellen zu berücksichtigen.

Auf den Erfassungselementen (Absaugdüsen) muss der für ein angegebenes Saugfeld nötige Volumenstrom vermerkt sein. Der Volumenstrom der Absauganlage ist entsprechend zu dimensionieren.

**Hinweis**

Das gewählte Absaugverfahren muss zur ausgeführten Schweißaktivität passen. Beispielsweise sind Absaugarme in Niedrigvakuumtechnik gut geeignet für Schweißnähte, die nicht länger sind als ca. 30 cm, da sie dann während des Schweißens nicht nachgeführt werden müssen. Bei Schweißarbeiten in Behältern sind diese Absaugarme ungeeignet. Für lange Schweißnähte sind meist Absaugbrenner die geeignete Lösung. Häufig wiederkehrende Schweißnähte können auch mit speziell angepassten Erfassungselementen abgesaugt werden.

Die Auswahl des Absaugverfahrens muss daher die Größe der Bauteile sowie die Lage und Zugänglichkeit der Schweißnähte berücksichtigen. Auf die leichte Positionierbarkeit der Erfassungselemente sollte dabei geachtet werden.

Damit eine gute Erfassung der Schweißrauche in der Praxis auch erreicht und dauerhaft gehalten wird, sind die Absaugvolumenströme bei der Inbetriebnahme und regelmäßig wiederkehrend (min. 1-mal jährlich) zu prüfen.

Die abgesaugte Luft kann nach draußen abgeführt werden. Sie kann auch gereinigt und in den Arbeitsbereich zurückgeführt werden (Reinluftrückführung).

Beim Schweißen hochlegierter Stähle können krebserzeugende, erbgutverändernde und fortpflanzungsgefährdende (KMR-)Stoffe entstehen. In diesem Fall ist die Reinluft-rückführung nur erlaubt, wenn nach DIN EN ISO 21904-1 geprüfte und zertifizierte Absauggeräte eingesetzt werden. Diese Geräte sind mit „W3“ gekennzeichnet und werden mit einem Zertifikat über die Prüfung ausgeliefert.

Als zusätzliche Lüftungstechnische Maßnahme kann in Abhängigkeit von den Randbedingungen eine technische Raumlüftung erforderlich sein.

Wenn eine Direktabsaugung nicht umsetzbar ist, bei automatisierten Schweißprozessen oder als zusätzliche Lüftungstechnische Maßnahme, kann in Abhängigkeit von den Randbedingungen eine technische Raumlüftung erforderlich sein. Wirtschaftlich betrachtet, werden diese Lüftungen oft in Kombination mit der Absauganlage und einer Wärmerückgewinnung eingesetzt.

3.6 T Bauliche Maßnahmen

Zum Schutz von Dritten kann es notwendig sein, verschiedene Arbeitsbereiche baulich voneinander abzutrennen. Details hierzu sind in der TRGS 528 aufgeführt.

3.7 T Maßnahmen zur Raumlüftung

Kann der Schutz der anderen Beschäftigten im Gefahrenbereich nicht mit den vorher genannten Maßnahmen sichergestellt werden, müssen unterstützend Maßnahmen zur Raumlüftung getroffen werden. Schweißende Personen atmen die Schweißrauche mehr oder weniger direkt aus der Schweißrauchfahne ein. Daher tragen Maßnahmen zur Raumlüftung nicht zum Schutz dieser Personen bei.

Maßnahmen zur Raumlüftung sind im Vergleich zu Absauganlagen aufwändiger in Anschaffung und Betrieb. Eine Kombination aus Absauganlage und Raumlüftung mit Wärmerückgewinnung kann aus wirtschaftlicher Hinsicht sinnvoll sein und für den vorgeschriebenen Frischluftanteil sorgen.

Zur Dimensionierung einer Hallenlüftung sollte die Emissionsrate der Schweißrauche bekannt sein. Von dieser Emissionsrate werden die Schweißrauchmengen abgezogen, die an der Entstehungsstelle abgeführt wurden.

Bei der Auslegung der Hallenlüftung muss für eine gezielte Durchströmung der Halle gesorgt werden. Im Wesentlichen bestimmt die Zuluft, wie sich die Luftströmung in der Halle ausprägt.

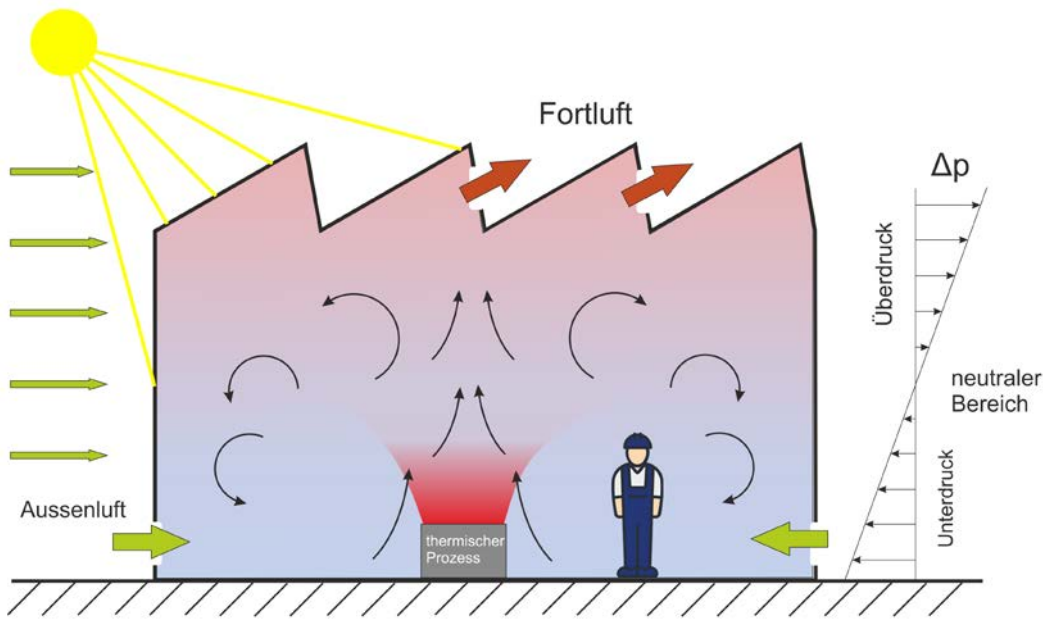


Abb. 8
Prinzip Freie Lüftung

Es werden grundsätzlich zwei Arten der technischen Raumlüftung unterschieden.

Bei der **Mischlüftung** wird Zuluft mit großem Impuls in den Raum eingebracht und vermischt sich mit der belasteten Raumluft. Auf diese Weise wird eine Verdünnung der Konzentration der Luftverunreinigungen in der Raumluft erreicht.

Das Prinzip der Mischlüftung fördert die Verschleppung der Schweißrauche in bisher unbelastete Bereiche. Zu- und Abluftöffnungen werden meist unter der Hallendecke verlegt. Bei ungünstiger Auslegung kann die Zuluft auf direktem Weg zu den Abluftöffnungen gelangen. Dieser strömungstechnische „Kurzschluss“ kann zu mangelhafter Durchströmung des unteren Hallenbereichs führen.

i Hinweis

Freie Lüftung ist der Luftaustausch von Raumluft gegen Außenluft durch Druckunterschiede infolge von Wind oder Temperaturdifferenzen mit Hilfe von Zu- und Abluftöffnungen im Raum. Der durch freie Lüftung erreichbare Luftaustausch ist abhängig von Faktoren wie Dichtigkeit des Gebäudes, der Fenster, Türen und Tore und ihrer Nutzung, von Wind und Wetter und von inneren thermischen Lasten. Der Luftaustausch schwankt stark und ist schwer beeinflussbar. Die freie Lüftung ist damit zum Beseitigen von Schweißrauchen nicht geeignet.

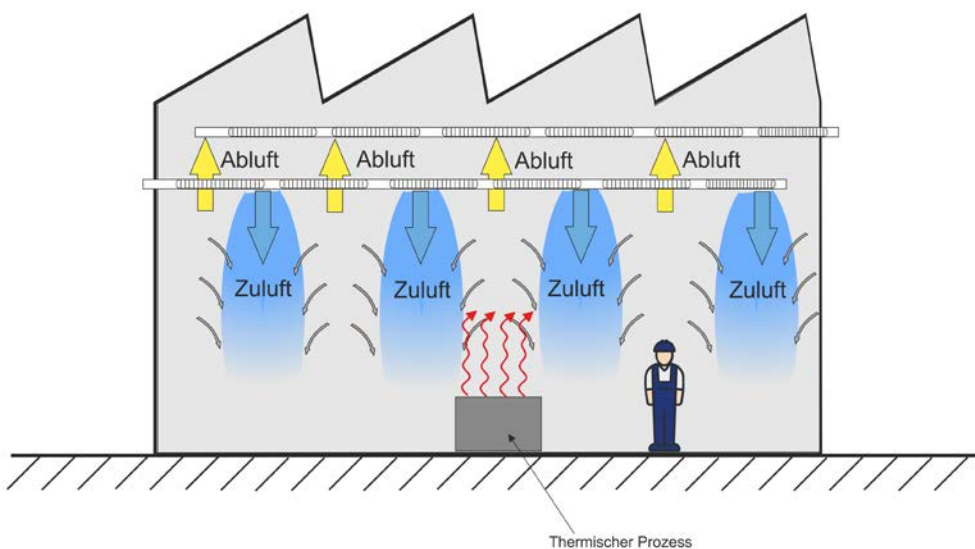


Abb. 9
Prinzip Mischlüftung

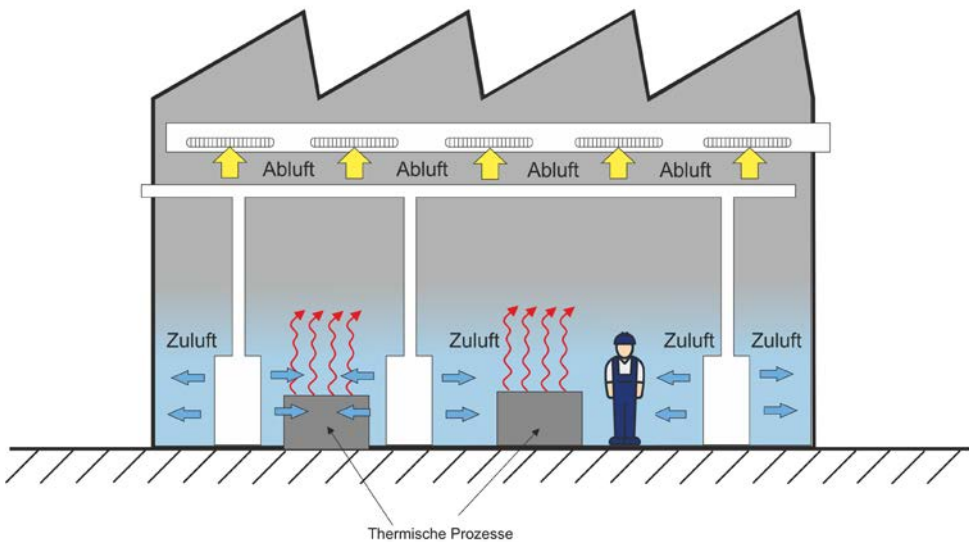


Abb. 10
Prinzip Schichtlüftung

Sind in einem Raum Wärmequellen vorhanden (z. B. Öfen, Maschinen, warme Produkte, viele Menschen), werden mit dem dabei entstehenden Thermikstrom Stoff- und Wärmelasten nach oben transportiert, wo sie dann abgeführt werden sollen. Bei der **Schichtlüftung** wird der durch Thermik aufsteigende Luftstrom durch unbelastete Zuluft im Bodenbereich ersetzt. Dadurch wird ein Rückströmen belasteter Luft aus dem Deckenbereich verhindert. So entsteht im Arbeitsbereich eine weitgehend unbelastete Luftschicht.

Das Schweißen stellt in Bezug auf die Halle keinen starken thermischen Prozess dar. Die Schichtlüftung kann ihre Stärken also nicht ausspielen. Sie sorgt dennoch für eine gute Durchströmung der Halle. Ein strömungstechnischer Kurzschluss ist aufgrund der Anordnung von Zu- und Abluft nicht möglich.

3.8 Arbeitsplatzgestaltung

Arbeitsplätze sind so zu gestalten, dass die zu schweißenden Stellen möglichst einfach zu erreichen sind und dass die Absaugung so positioniert ist, dass sie die emittierten Schweißrauche möglichst vollständig erfasst. Zwangshaltungen sind möglichst zu vermeiden.

Gute Zugänglichkeit der Schweißstellen wird durch Arbeiten in Vorrichtungen oder Verwendung von Manipulatoren zur Bewegung der Werkstücke erreicht.

Die Oberflächenbeschaffenheit der Werkstücke hat einen großen Einfluss auf die Schweißrauchemissionen. Es sollte(n) daher

- geeignete Vorbearbeitungsschritte,
 - die Reinigung der Werkstücke vor dem Schweißen (mechanisch, chemisch oder thermisch) oder
 - die Beschaffung sauberen oder nicht beschichteten Vormaterials
- geprüft werden. Diese zusätzlichen Arbeitsschritte müssen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung betrachtet werden.

Die Staubexposition in der Halle ist auf ein Minimum zu begrenzen. Dies betrifft alle staubverursachenden Tätigkeiten wie Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren, Schleifen, Trennen, Putzen, Polieren usw.

3.9 **O** Beitrag der schweißenden Personen zur Schweißrauchminderung

Die Personen, die die Arbeiten final ausführen, können nur dann sicher arbeiten, wenn

- sie hinreichend über die Gefährdungen bei ihren Tätigkeiten informiert sind,
- die Anwendung der Schutzmaßnahmen jederzeit möglich und zumutbar ist,
- sie in die Anwendung von Schutzmaßnahmen eingewiesen oder ausreichend geübt sind,
- die notwendigen Arbeitsbedingungen zum sicheren Arbeiten vorliegen.

Für die Schaffung dieser Rahmenbedingungen sind unter anderem folgende Personen verantwortlich:

- Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber,
- die betrieblichen Vorgesetzten,
- die Schweißfachleute
- und zuletzt die schweißende Person.

Der Einsatz qualifizierter und regelmäßig fortgebildeter Mitarbeitender ist notwendig, ohne Schaffung der geeigneten Rahmenbedingungen jedoch nicht hinreichend.

3.10 **P** Persönliche Schutzausrüstung

Persönliche Schutzausrüstung ist einzusetzen, wenn die einschlägigen Gefahrstoffgrenzwerte nicht eingehalten werden können.

Wenn trotz Einsatzes einer Schweißrauch-Erfassung an der Entstehungsstelle eine Grenzwertüberschreitung bei der schweißenden Person auftritt, darf nicht belastender Atemschutz auch dauerhaft eingesetzt werden. Für den dauerhaften Einsatz darf nur PSA ohne erhöhten Atemwiderstand eingesetzt werden. Das sind gebläseunterstützte Schweißerhelme. Partikelfiltrierende Masken bieten einen erhöhten Atemwiderstand. Sie dürfen nur als Übergangslösung eingesetzt werden, bis eine Dauerlösung umgesetzt wird.

Für die Auswahl von geeignetem Atemschutz sind die Regelungen der DGUV Regel 112-190 „Benutzung von Atemschutzgeräten“ zu beachten.

4 Schweißrauchminderungsprognose

Um Fehlinvestitionen zu vermeiden, sollte bei der Planung neuer Schutzmaßnahmen vorab eine Schweißrauchminderungsprognose durchgeführt werden. Dabei soll abgeschätzt werden, wie die neuen Schutzmaßnahmen allein oder in Kombination mit bestehenden Maßnahmen die Belastung der schweißenden Personen und anderer Beschäftigter im Gefahrenbereich absenken könnten.

Für die Prognose wird die Wirksamkeit der ausgewählten Maßnahme eingeschätzt. Gegebenenfalls muss eine Kombination von Maßnahmen abgeschätzt werden.

Die hier vorgestellte Prognose stellt eine einfache Bilanz dar, die nur zur Orientierung gedacht ist.

Eine genaue Vorhersage ist aktuell noch nicht möglich.

Beispiel

In einer Schweißerei wurden Messungen zu Mangan und seinen anorganischen Verbindungen durchgeführt. Folgende Konzentrationen wurden gemessen (wegen der überwiegenden Partikelgrößenverteilung von Schweißrauchen im Bereich der A-Staub-Fraktion wird, wie auch allgemein üblich, der für A-Staub geltende Grenzwert zugrunde gelegt):

An der schweißenden Person bei einer Lichtbogenzeit von ca. 15 %	$c_{\text{schw}} = 0,1 \text{ mg/m}^3$
In der Schweißhalle	$c_{\text{Halle}} = 0,03 \text{ mg/m}^3$

Der Arbeitsplatzgrenzwert für Mangan und seine anorganischen Verbindungen beträgt $AGW_{\text{Mn}} = 0,02 \text{ mg/m}^3$.
Für die schweißende Person ist der Bewertungsindex dann $I_{\text{schw}} = 0,1/0,02 = 5$.
Für die anderen Beschäftigten im Gefahrenbereich ist der Index $I_{\text{Halle}} = 0,03/0,02 = 1,5$.

Sowohl für die schweißende Person als auch für die anderen Beschäftigten im Gefahrenbereich müssen Maßnahmen geplant werden.

Maßnahme a)

Als **Maßnahme** wird eine **Absaugung** eingesetzt. Es wird mit einem durchschnittlichen Erfassungsgrad von 60 % gerechnet. Mit dieser Maßnahme reduziert sich sowohl die Konzentration C_{Licht} beim Schweißen als auch die Hintergrundkonzentration C_{Halle} um diese 60 %.

$$C_{\text{schw}_a} = C_{\text{schw}} * (1 - 0,6) = 0,04 \left[\frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right] \text{ ergibt den Index } 2$$

$$C_{\text{Halle}_a} = C_{\text{Halle}} * (1 - 0,6) = 0,012 \left[\frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right] \text{ ergibt den Index } 0,6$$

Die Prognose des Einsatzes einer Absaugung an der Entstehungsstelle zeigt, dass diese Schutzmaßnahme für die schweißende Person nicht ausreicht. Für die anderen Beschäftigten ergäbe sich eine Unterschreitung des Grenzwerts.

Maßnahme b)

Als **Maßnahme** wird eine **Lüftung der Halle** vorgesehen. Die Lüftung soll einen 5-fachen Luftwechsel sicherstellen. Damit wird die Gefahrstoffkonzentration in der Halle um ca. 80 % reduziert. Für die schweißende Person bedeutet die Maßnahme nur eine sehr geringe Reduzierung der Exposition. Die Lüftung der Halle reduziert die Exposition der schweißenden Person nur in den Zeiten, in denen sie nicht schweißt. Die Exposition der schweißenden Person wird wie folgt geschätzt:

$$C_{schw_b)} = C_{schw} * (1 - 0,1) = 0,9 \left[\frac{mg}{m^3} \right] \text{ ergibt den Index } 4,5.$$

Für die anderen Beschäftigten ergibt sich eine Exposition von

$$C_{Halle_b)} = C_{Halle} * 0,2 = 0,006 \left[\frac{mg}{m^3} \right] \text{ ergibt den Index } 0,3.$$

Die Schutzmaßnahme würde für die anderen Beschäftigten im Gefahrenbereich ausreichen. Für die schweißende Person würde sie nicht genügen.

Maßnahme c)

Diese **Maßnahme** ersetzt das Schweißen mit herkömmlichem Lichtbogen durch einen **modifizierten Kurzlichtbogen**. Die Emissionen des Prozesses werden so um 50 % reduziert.

Damit ergeben sich folgende Expositionen:

$$C_{schw_c)} = C_{schw} * (1 - 0,5) = 0,05 \left[\frac{mg}{m^3} \right] \text{ ergibt den Index } 2,5$$

$$C_{Halle_c)} = C_{Halle} * (1 - 0,5) = 0,015 \left[\frac{mg}{m^3} \right] \text{ ergibt den Index } 0,75$$

Für die anderen Beschäftigten im Gefahrenbereich liegt der Index dann unter 1. Für die schweißende Person liegt der Index dann bei 2,5. Es wären noch weitere Maßnahmen notwendig.

5 Erstellung eines Schweißrauchminderungsplans mit Prioritätenliste und Zeitplan

Der Ist-Zustand ist beschrieben. Die Möglichkeiten zur Senkung von Emission und Exposition sind bestimmt. Der Nutzen der einzelnen Maßnahmen ist prognostiziert. Auf dieser Basis müssen nun die resultierenden Maßnahmen beschlossen, geplant und eingeführt werden.

Nicht alle Maßnahmen sind schnell umsetzbar. Da die bisherigen Schutzmaßnahmen nicht ausreichen, besteht eine Gefährdung für die Beschäftigten. Für die Übergangszeit bis zur Umsetzung ausreichender Schutzmaßnahmen sind schnell umsetzbare Ersatzschutzmaßnahmen vorzusehen. In den meisten Fällen bedeutet das den Einsatz von PSA oder organisatorische Maßnahmen.

Dafür sind zuerst die einzuführenden Maßnahmen zu priorisieren, nach der Minderung der Exposition für einzelne schweißende Personen und alle anderen Beschäftigten. Bei Bedarf und unter Berücksichtigung betriebspezifischer Arbeitsbedingungen ist die Kombination von Schutzmaßnahmen zu planen. Eine Kombination im Sinne der TRGS 500 ist eine Zusammenstellung aller technischen, organisatorischen und personenbezogenen Schutzmaßnahmen unter Berücksichtigung von Substitutionsmöglichkeiten, um das festgelegte Schutzziel zu erreichen (siehe TRGS 500 § 5.6).

Zusätzlich sind auch Faktoren wie Finanzierung der Einführung, Umweltschutz, Zeitdauer der Einführung etc. zu berücksichtigen und es kann sein, dass Übergangslösungen wie provisorische räumliche Trennung oder persönliche Schutzausrüstung als erste Anschaffung notwendig sind.

6 Durchführung konkreter Maßnahmen

Der aufgestellte Schweißrauchminderungsplan muss nun in die Praxis umgesetzt werden.

Bei der Umsetzung sollte genau verfolgt werden, ob die gewünschten Spezifikationen eingehalten worden sind. Das sollte auch lückenlos dokumentiert werden.

Beispiel

Es wird eine Absauganlage mit 10 Absaugarmen bestellt. Jeder der Absaugarme soll einen Volumenstrom von 1000 m³/h führen. Alle Arme müssen gleichzeitig genutzt werden können. Diese Anlage muss abgenommen werden. Mindestabnahmekriterium ist das Vorhandensein der notwendigen Luftvolumenströme. Ohne diese zu kennen, kann die Wirksamkeit der Maßnahme später nicht nachvollzogen werden.

Beispiel

Die Änderung eines Schweißzusatzwerkstoffs stellt eine grundlegende Änderung des Prozesses dar. Es muss geprüft werden, ob daraus Qualitätsprobleme entstehen können. Es muss mit dem Auftraggebenden vereinbart werden, dass diese Änderungen durchgeführt werden dürfen.

7 Wirksamkeitskontrolle

Wenn neue Maßnahmen eingeführt werden, müssen sie auf ihre Wirksamkeit geprüft werden. Zudem müssen die Gefährdungsbeurteilung angepasst und die Betriebsanweisung aktualisiert und alle betroffenen Personen zu den neuen Maßnahmen geschult und unterwiesen werden.

Die Wirksamkeitskontrolle erfolgt in der Regel durch eine Messung der Schweißrauchkonzentrationen im Atembereich der schweißenden Personen und im Aufenthaltsbereich der anderen Beschäftigten im Gefahrenbereich.

Messungen zur Wirksamkeitskontrolle sollten nur durchgeführt werden, wenn die Maßnahmen vollständig umgesetzt sind und die Umsetzung nachgewiesen ist.

Zur Dokumentation der Messungen gehört eine genaue Beschreibung der Randbedingungen. Diese Randbedingungen beinhalten auch die neu eingesetzten Schutzmaßnahmen mit ihren Betriebsparametern. Ohne die genaue Beschreibung der Schutzmaßnahmen kann ihre Wirksamkeit nicht nachgewiesen werden.

Beispiel

Die neue Absaugung soll 1000 m³/h fördern. Die tatsächliche Absaugleistung wird im Vorfeld der Wirksamkeitskontrolle aber nicht ermittelt. Mit der Schweißrauchminderungsprognose wurde abgeschätzt, dass diese Maßnahme zur Einhaltung der Grenzwerte an der schweißenden Person führt.

Die Messung ergibt dennoch eine deutliche Überschreitung des Grenzwerts. Das Ergebnis ist mehrdeutig. Wenn die Absaugung den Spezifikationen entsprach und diese mit ausreichender Sorgfalt nachgeführt wurde, ist die neue Schutzmaßnahme nicht ausreichend.

Das Ergebnis kann aber auch nur auf eine unzureichende Sorgfalt beim Nachführen der Absaughaube zurückgeführt werden. Wenn die Absaugung nicht den Spezifikationen entsprach, kann sie als Schutzmaßnahme trotzdem ausreichend sein, wenn die geplanten Spezifikationen in der Praxis auch eingehalten werden.

Die Messung ist nutzlos, da sie keine Rückschlüsse auf die Wirksamkeit zulässt.

Der Prozess ist frühestens dann abgeschlossen, wenn alle AGW, AK und BM entsprechend der TRGS 402 eingehalten werden, das STOP-Prinzip befolgt wurde und Dritte nicht unverhältnismäßig belastet werden. Weiteren Schweißrauchminderungsmaßnahmen, die sich aus der Planung ergeben haben, sollte dennoch nichts entgegenstehen.

Anhang I

Glossar

Erfassungsgrad

Verhältnis des durch die Erfassungseinrichtung direkt erfassten Massenstroms zum prozessbedingt freigesetzten Gesamtmassenstrom. Der Erfassungsgrad wird häufig in Teilen von Hundert angegeben.

$$\text{Erfassungsgrad} = \frac{\text{direkt erfasster Massenstrom}}{\text{Gesamtmassenstrom}}$$

Exposition gegenüber Gefahrstoffen
(nach Begriffsglossar der BAuA)

- Inhalative Exposition ist das Vorhandensein eines Gefahrstoffes in der Luft im Atembereich des Beschäftigten. Sie wird beschrieben durch die Angabe von Konzentration und zugehörigem zeitlichen Bezug (Dauer der Exposition). Eine gegebenenfalls vorliegende Verunreinigung der Umgebungsluft („Hintergrundkonzentration“) ist nicht im Fokus der GefStoffV.

Eine bloße Exposition gegenüber einem Gefahrstoff ist nicht gleichzusetzen mit einer Gefährdung eines oder einer Beschäftigten. Eine Exposition gegenüber einem Gefahrstoff gemäß GefStoffV muss aber bei Gefährdungsbeurteilung nach GefStoffV berücksichtigt werden.

KMR-Stoff

Als KMR-Stoffe (englisch: CMR) werden krebserzeugende, keimzellmutagene und reproduktionstoxische Gefahrstoffe bezeichnet. Wurden diese Wirkungen nachgewiesen, werden die entsprechenden Stoffe in die Kategorien 1A und 1B eingestuft. Stoffe, bei denen die entsprechende Wirkung vermutet wird, werden in die Kategorie 2 eingestuft.

Minimierung

Nach ArbSchG und GefStoffV haben Arbeitgeber und Arbeitgeberinnen die Verbesserung von Sicherheit und Gesundheitsschutz der Beschäftigten anzustreben und dabei die Gefährdungen der Gesundheit und der Sicherheit der Beschäftigten bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen auszuschließen oder auf ein Minimum zu reduzieren. Entsprechend der TRGS 400 ist das Minimierungsgebot erfüllt, wenn die einschlägigen Beurteilungsmaßstäbe eingehalten sind.

SLV

Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalten

Schweißtechnische Arbeiten im Sinne der TRGS 528 sind

- UP-Schweißen
- Gasschweißen (Autogenverfahren)
- WIG-Schweißen
- MAG-Schweißen (Massivdraht)
- MAG-Schweißen (Fülldraht)
- MAGC-Schweißen
- MIG-/MAG-Schweißen
- MIG-Schweißen
- LBH-Schweißen
- Widerstandsschweißen
- Pressschweißen
- Laserstrahlschweißen
- Löten
- Autogenes Brennschneiden
- Plasmaschneiden
- Laserstrahlschneiden
- Thermisches Spritzen
- Flammrichten
- Additive Fertigung
- Laserhandschweißen (Ist noch nicht in der TRGS 528 aufgeführt. Entsprechendes Gefährdungspotenzial liegt jedoch vor.)

Stand der Technik (nach Begriffsglossar der BAuA)

Der Stand der Technik ist der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, der die praktische Eignung einer Maßnahme zum Schutz der Gesundheit und zur Sicherheit der Beschäftigten gesichert erscheinen lässt. Bei der Bestimmung des Standes der Technik sind insbesondere vergleichbare Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen heranzuziehen, die mit Erfolg in der Praxis erprobt worden sind. Gleiches gilt für die Anforderungen an die Arbeitsmedizin und die Arbeitsplatzhygiene.

STOP-Prinzip

Die Gefahrstoffverordnung schreibt in § 7 Grundpflichten Abs. 4 folgende Rangfolge bei der Umsetzung von Schutzmaßnahmen vor:

- Gestaltung geeigneter Verfahren und technischer Steuerungseinrichtungen von Verfahren, den Einsatz emissionsfreier oder emissionsarmer Verwendungsformen sowie Verwendung geeigneter Arbeitsmittel und Materialien nach dem Stand der Technik, **S**(ubstitution)
- Anwendung kollektiver Schutzmaßnahmen technischer Art an der Gefahrenquelle, wie angemessene Be- und Entlüftung, und Anwendung geeigneter organisatorischer Maßnahmen, **T**(echnisch), **O**(rganisatorisch)
- sofern eine Gefährdung nicht durch die vorhergehenden Maßnahmen verhütet werden kann, Anwendung von individuellen Schutzmaßnahmen, die auch die Bereitstellung und Verwendung von persönlicher Schutzausrüstung umfassen. **P**(ersönlich)

Eine detaillierte Beschreibung dieser Maßnahmenhierarchie enthält die TRGS 500.

Anhang II

Beispiel eines Plans zur Schweißrauchminderung

Plan zur Schweißrauchminderung

1 Ermittlung der Ausgangslage im Betrieb

1.1	<p>Art der schweißtechnischen Tätigkeiten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geschweißt wird Bauteil 528. • Abmessungen: $L=0,9\text{ m}$, $B=0,3\text{ m}$, $H=0,15\text{ m}$ • Gewicht ca. 25 kg • Art der Nähte PA 45 %, PB 35 %, andere Schweißpositionen 20 % • Schweißzeit pro Bauteil ~ 20 min • 12 Bauteile pro Schicht
1.2	<p>Beschaffenheit der Arbeitsplätze</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Bauteile werden auf Schweißtischen verarbeitet. • An den Tischen wird im Stehen gearbeitet. • An Tisch 1 werden die Bleche geheftet. • An Tisch 2 werden die Nähte durchgeschweißt. • Das Bauteil wird während der Schweißarbeiten nicht bewegt. • Am Schweiß Tisch werden keine weiteren Tätigkeiten durchgeführt. • Der Schweiß Tisch steht in der Schweißhalle ($20\text{ m} * 8\text{ m} * 6\text{ m} = 960\text{ m}^3$). • Die Halle verfügt über eine technische Lüftung. Der Volumenstrom der Lüftung ist nicht bekannt.
1.3	<p>Eingesetzte Werkstoffe, Zusatzwerkstoffe und Prozessgase</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Bauteil besteht aus St37-2, S235JR, Werkstoff-Nr. 1.0038 (Mn ca. 1,4 %). • Als Zusatzwerkstoff wird verwendet: Böhler QG4, EN ISO 14341-A G 46 4 M21 4Si1 (Mn ca. 1.7 %) • Schutzgas M21 (15–25 % CO₂, Rest Argon) • Die Oberflächen weisen keine besonderen Verunreinigungen auf, Korrosionsschutzöle können in unterschiedlichen Mengen auftreten. Die Werkstücke werden vor dem Schweißvorgang nicht gereinigt.
1.4	<p>Angewendete Verfahren und Parameter</p> <ul style="list-style-type: none"> • Angewendetes Verfahren: MAG (135)
1.5	<p>Vorhandene Schutzmaßnahmen</p> <ul style="list-style-type: none"> • PSA: Gebläseunterstützter Schweißerhelm 3 M, TH2/TH3 nach Herstellerspezifikation • Hallenlüftung (Volumenstrom unbekannt)
1.6	<p>Beteiligte bei Schweißarbeiten und im Arbeitsschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> • In der Schweißhalle sind 2 Schweißfachkräfte beschäftigt. • Die Schweißerin (Schweißerin I, Heften) ist gleichzeitig Schweißaufsicht. • Verantwortlich für den Bereich ist der Meister der Fertigung. Er schweißt nicht. • In der Halle führen 6 weitere Mitarbeitende Montagetätigkeiten aus. • 1 weitere Mitarbeiterin kümmert sich um den Materialtransport. • Unterweisung?

Plan zur Schweißrauchminderung

1.7	<p>Berücksichtigte Normen oder Standards</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schweißverfahren nach DIN EN ISO 4063 • Grundwerkstoff nach DIN EN 10027-1/-2 • Zusatzwerkstoff nach DIN EN ISO 14341 • Schutzgas nach DIN EN ISO 14175 • Messungen nach DIN EN 482, TRGS 402, IFA-Arbeitsmappe „Messung von Gefahrstoffen“, DIN EN 689 „Exposition am Arbeitsplatz – Messung der Exposition durch Einatmung chemischer Arbeitsstoffe – Strategie zur Überprüfung der Einhaltung von Arbeitsplatzgrenzwerten“
1.8	<p>Identifikation der Emissionsquellen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die wesentliche Emissionsquelle stellen die Arbeiten an Tisch 2 dar. • An Tisch 1 sind deutlich geringere Emissionen zu erwarten (Heftarbeiten). • Die Rauche verteilen sich in der Schweißhalle. Eine Exposition der anderen Beschäftigten ist zu erwarten.
1.9	<p>Ergebnisse der Wirksamkeitsprüfung der bestehenden Schutzmaßnahmen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Gebläse unterstützte Schweißhelm ist wirksam. Spezifikation TH2/TH3 ist nach TRGS 528 ausreichend. • Ein ausreichender Schutz der schweißenden Person ist nicht gegeben, wenn sie nicht schweißt und dabei den Helm nicht trägt. • Ein ausreichender Schutz der anderen Beschäftigten ist nicht gegeben. • Die Wirksamkeit der Hallenlüftung kann nicht überprüft werden, da der Volumenstrom nicht bekannt ist.

2 Bewertung der Schutzmaßnahmen

2.1	<p>Bewertung der Exposition (Befunderhebung)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Siehe Messbericht • Exposition Schweißerin I (Heften) $CS_I = 0,05 \text{ mg/m}^3$ (Manganverbindungen) • Exposition Schweißer II (Fertigschweißen) $CS_{II} = 0,11 \text{ mg/m}^3$ (Manganverbindungen) • Hintergrundbelastung $CH = 0,03 \text{ mg/m}^3$ (Manganverbindungen) • Im Messzeitraum wurden die unter 1.1 beschriebenen schweißtechnischen Arbeiten ausgeführt. • Die Schutzmaßnahmen sind nicht ausreichend. Große Schwankungen sind nicht zu erwarten. • Der AGW für Mangan und seine anorganischen Verbindungen ist sowohl für die schweißenden Personen als auch für die anderen Beschäftigten im Gefahrenbereich überschritten.
2.2	<p>Erkenntnisse aus der arbeitsmedizinischen Vorsorge</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsmedizinische Vorsorge hat bisher nicht stattgefunden.

Plan zur Schweißrauchminderung

3 Auswahl zusätzlicher Schweißrauchminderungsmaßnahmen

3.1	Verfahrensauswahl • Das MAG-Verfahren wird beibehalten
3.2	Schweißzusatzwerkstoff • Prüfung, ob Werkstoff 1.0038 ersetzt werden kann durch Werkstoff mit weniger Mangan (Ziel Mn < 1 %) • Prüfung, ob Zusatzwerkstoff ersetzt werden kann durch Werkstoff mit weniger Mangan (Ziel Mn < 1 %)
3.3	Verfahrensparameter an Schweißgeräten • Planung der Anschaffung neuer Schweißgeräte mit der Möglichkeit Impulsverfahren zu nutzen
3.4	Prozessgase (Schweißschutzgase) • Überprüfung, ob das Prozessgas M21 durch M20 ersetzt werden kann
3.5	Erfassung und Absaugung • Für den Fertigschweißplatz wird eine mobile Niedrigvakuumabsaugung beschafft.
3.6	Bauliche Maßnahmen • ... sind nicht möglich.
3.7	Maßnahmen zur Raumlüftung • Messung des Volumenstroms der Lüftungsanlage
3.8	Arbeitsplatzgestaltung • Beschaffung einer Drehvorrichtung
3.9	Beitrag der schweißenden Person zur Schweißrauchminderung
3.10	Persönliche Schutzausrüstung • Ist bereits vorhanden

4 Schweißrauchminderungsprognose

4.1	Schweißzusatzwerkstoff Werkstoff mit 1 % Mn einsetzen, bisher 1,7 %, Minderung 40 % $c_{SI} = 0,05 \text{ mg/m}^3 \cdot 0,6 = 0,030$ Index: 1,50 ● $c_{SII} = 0,11 \text{ mg/m}^3 \cdot 0,6 = 0,066$ Index: 3,30 ● $c_H = 0,03 \text{ mg/m}^3 \cdot 0,6 = 0,018$ Index: 0,90 ●
4.2	Nutzung Impulsverfahren Minderung 50 % angenommen $c_{SI} = 0,05 \text{ mg/m}^3 \cdot 0,5 = 0,030$ Index: 1,25 ● $c_{SII} = 0,11 \text{ mg/m}^3 \cdot 0,5 = 0,066$ Index: 2,75 ● $c_H = 0,03 \text{ mg/m}^3 \cdot 0,5 = 0,018$ Index: 0,75 ●

Plan zur Schweißrauchminderung

4.3 Einsatz mobile Niedrigvakuumsaugung

Erfassungsgrad 60 % angenommen

$$c_{SI} = 0,05 \text{ mg/m}^3 * 0,4 = 0,020 \quad \text{Index: 1,00} \quad \text{Yellow}$$

$$c_{SII} = 0,11 \text{ mg/m}^3 * 0,4 = 0,044 \quad \text{Index: 2,20} \quad \text{Red}$$

$$c_H = 0,03 \text{ mg/m}^3 * 0,4 = 0,012 \quad \text{Index: 0,60} \quad \text{Green}$$

4.4 Einsatz einer Drehvorrichtung

damit Verbesserung der Erfassung

Erfassungsgrad 70 % angenommen

$$c_{SI} = 0,05 \text{ mg/m}^3 * 0,3 = 0,015 \quad \text{Index: 0,75} \quad \text{Green}$$

$$c_{SII} = 0,11 \text{ mg/m}^3 * 0,3 = 0,033 \quad \text{Index: 1,65} \quad \text{Red}$$

$$c_H = 0,03 \text{ mg/m}^3 * 0,3 = 0,009 \quad \text{Index: 0,45} \quad \text{Green}$$

4.5 Lüftungsanlage gemessen, LW=2

Ertüchtigung auf LW=4

Minderung für Halle 50 %,

Minderung für schweißende Person 0 %

$$c_{SI} = 0,05 \text{ mg/m}^3 * 1 = 0,05 \quad \text{Index: 2,50} \quad \text{Red}$$

$$c_{SII} = 0,11 \text{ mg/m}^3 * 1 = 0,11 \quad \text{Index: 5,50} \quad \text{Red}$$

$$c_H = 0,03 \text{ mg/m}^3 * 0,6 = 0,018 \quad \text{Index: 0,90} \quad \text{Green}$$

5 Erstellung des Schweißrauchminderungsplans mit Prioritätenliste und Zeitplan**6 Durchführung konkreter Maßnahmen****7 Wirksamkeitskontrolle**

Anhang III

Aktuelle Grenzwerte

Die aufgeführten Grenzwerte sind auf dem Stand zum Zeitpunkt der Drucklegung dieser Informationsschrift. Sie dienen nur zur Information. Änderungen der Grenzwerte nach der Drucklegung sind möglich.

Die Liste enthält auch die Grenzwerte der gasförmigen Gefahrstoffe, die bei schweißtechnischen Arbeiten entstehen können.

Stoff	Grenzwert/Beurteilungsmaßstab nach Abschnitt 5.4 TRGS 402	Überschreitungsfaktor	Quelle
Allgemeiner Staubgrenzwert	AGW 1,25 mg/m ³ (A) Dichte 2,5 g/cm ³	8	TRGS 900
	AGW 10 mg/m ³ (E)	2	
Aluminiumoxid (Al ₂ O ₃)	Allgemeiner Staubgrenzwert		TRGS 900
Ozon	0,1 mg/m ³	2	LIG GESTIS
Chrom-(VI)-Verbindungen (z. B. Natriumchromat Na ₂ CrO ₄ , Kaliumchromat K ₂ CrO ₄)	BM 1,0 µg/m ³ (E)	8	TRGS 910
Cobalt und Cobaltverbindungen, als Carc. 1 A, Carc. 1B eingestuft (z. B. Cobaltmetall(Co))	TK 5,0 µg/m ³ (A) AK 0,5 µg/m ³ (A)	8	TRGS 910
Nickelverbindungen, als Carc. 1 A, Carc. 1B eingestuft (z. B. Nickel(II)-oxid NiO, Nickelspinelle)	TK 6,0 µg/m ³ (A) AK 6,0 µg/m ³ (A)	8	TRGS 910
Nickel und Nickelverbindungen	AGW 30 µg/m ³ (E)	8	TRGS 900
Mangan und seine anorganischen Verbindungen (z. B. MnO, Mn ₃ O ₄)	AGW 0,2 mg/m ³ (E) AGW 0,02 mg/m ³ (A)	8	TRGS 900
Stickstoff(II)-oxid (NO)	AGW 2,5 mg/m ³	2	TRGS 900
Stickstoff(IV)-oxid (NO ₂)	AGW 0,95 mg/m ³	2	TRGS 900
Fluoride (Natriumfluorid (NaF), Calciumfluorid (CaF ₂), Bariumfluorid (BaF ₂), Natriumcalciumfluorid (NaCaF ₃))	AGW 1 mg/m ³ (E)	4	TRGS 900
Zink und seine anorganischen Verbindungen (ZnO) Bariumverbindungen, löslich (BaO)	MAK 0,1 mg/m ³ (A)	4	MAK-Liste
	MAK 2 mg/m ³ (E)	2	
	MAK 0,5 mg/m ³ (E)	8	
Kupfer und seine anorganischen Verbindungen (CuO)	MAK 0,01 mg/m ³ (A)	2	MAK-Liste
Kohlenstoffmonoxid	AGW 35 mg/m ³	2	TRGS 900

Erläuterungen:

TK: Toleranzkonzentration

AK: Akzeptanzkonzentration

AGW: Arbeitsplatzgrenzwert

MAK: Maximale Arbeitsplatzkonzentration

BM: Beurteilungsmaßstab, risikobasiert

LIG GESTIS: Liste Internationaler Grenzwerte für chemische Substanzen in der GESTIS-Stoffdatenbank

(A): Alveolengängige Fraktion

(E): Einatembare Fraktion

Anhang IV

Arbeitsmedizinische Vorsorge

Neben technischen und organisatorischen Maßnahmen müssen Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber ergänzend regelmäßig „Arbeitsmedizinische Vorsorge“ anbieten oder veranlassen. Die arbeitsmedizinische Vorsorge ist in der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) geregelt. Auf Basis der betriebsspezifischen, arbeitsplatzbezogenen Gefährdungsbeurteilung erfolgt die Ableitung einer angemessenen arbeitsmedizinischen Vorsorge anhand des Anhangs der ArbMedVV.

Für schweißtechnische Arbeiten können sich Vorsorgeanlässe zum einen aufgrund der Tätigkeit selbst ergeben wie die Exposition gegenüber gas- und partikelförmigen Gefahrstoffen (siehe ArbMedVV, Anhang Teil 1) oder die Exposition gegenüber künstlicher optischer Strahlung (siehe ArbMedVV, Anhang Teil 3). Zum anderen kann sich die Vorsorge auf begleitende Faktoren wie das Tragen von Atemschutzgeräten (ArbMedVV, Anhang Teil 4) und Umgebungsfaktoren wie Lärm begründen.

Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber müssen zur Durchführung der arbeitsmedizinischen Vorsorge einen Arzt oder eine Ärztin mit Gebietsbezeichnung „Arbeitsmedizin“ oder der Zusatzbezeichnung „Betriebsmedizin“ beauftragen. Das ist in der Regel der zuständige Betriebsarzt oder die zuständige Betriebsärztin, die für die Beurteilung der individuellen Wechselwirkungen von Arbeit und Gesundheit, die Früherkennung arbeitsbedingter Gesundheitsstörungen sowie die Feststellung, ob bei Ausübung einer bestimmten Tätigkeit eine erhöhte gesundheitliche Gefährdung besteht, zuständig sind.

Arbeitsmedizinische Vorsorge beinhaltet ein ärztliches Beratungsgespräch mit Anamnese einschließlich Arbeitsanamnese sowie körperliche oder klinische Untersuchungen, soweit sie für die individuelle Aufklärung und Beratung erforderlich sind und der oder die Beschäftigte diese Untersuchungen nicht ablehnt. Die Untersuchungen können gemäß den Angaben in der DGUV Empfehlung „Schweißen und Trennen von Metallen“ erfolgen.

Für die hier behandelten „Schweißrauche“ mit dem Fokus auf partikelförmige Gefahrstoffe kommen Pflicht-, Angebots- und nachgehende Vorsorgeanlässe in Betracht. Zu prüfen sind folgende Punkte:

- Alveolengängiger Staub (A-Staub), Anhang ArbMedVV, Teil 1 (1) 1 a)
- Chrom-VI-Verbindungen, Anhang ArbMedVV, Teil 1 (1) 1 b)
- Einatembarer Staub (E-Staub), Anhang ArbMedVV, Teil 1 (1) 1 a)
- Fluor und anorganische Fluorverbindungen, Anhang ArbMedVV, Teil 1 (1) 1 a)
- Nickel und Nickelverbindungen, Anhang ArbMedVV, Teil 1 (1) 2 b)
- Schweißen und Trennen von Metallen bei Überschreitung einer Luftkonzentration von 3 mg/m³ Schweißrauch, Anhang ArbMedVV, Teil 1 (1) 2 a)
- S. o., wenn eine Exposition nicht ausgeschlossen werden und die Arbeitgebenden keine Pflichtvorsorge zu veranlassen haben, Anhang ArbMedVV, Teil 1 (2) 1. Ggf. auch Anhang ArbMedVV, Teil 1 (2) 2. d) aa) + bb)
- Schweißen und Trennen von Metallen bei Einhaltung einer Luftkonzentration von 3 mg/m³ Schweißrauch, Anhang ArbMedVV, Teil 1 (2) 2 f)
- Nach Beendigung der Exposition gegenüber krebserzeugenden oder keimzellmutagenen Gefahrstoffen der Kategorie 1A oder 1B, z. B. Chrom-(VI)-Verbindungen, Nickeloxide, Cobaltmetall oder Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, die als krebserzeugende Tätigkeiten oder Verfahren der Kategorie 1A oder 1B im Sinne der GefStoffV bezeichnet werden, Anhang ArbMedVV Teil 1 (3) 1 a) + b)

Weitere Hinweise finden sich in der TRGS 528, der ArbMedVV und den Arbeitsmedizinischen Regeln (AMR).

Anhang V

Literaturverzeichnis

Nachstehend sind die insbesondere zu beachtenden einschlägigen Vorschriften, Regeln und Informationen zusammengestellt.

1. Gesetze, Verordnungen, Technische Regeln

Bezugsquelle: Buchhandel und Internet, z. B. www.gesetze-im-internet.de

Gesetze

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)

Verordnungen

- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
- Biostoffverordnung (BioStoffV)
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV)

Technische Regeln

- TRGS 400 Technische Regeln für Gefahrstoffe – Gefährdungsbeurteilung
- TRGS 402 Technische Regeln für Gefahrstoffe – Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition
- TRGS 460 Technische Regeln für Gefahrstoffe – Vorgehensweise zur Ermittlung des Standes der Technik
- TRGS 500 Technische Regeln für Gefahrstoffe – Schutzmaßnahmen
- TRGS 528 Technische Regeln für Gefahrstoffe – Schweißtechnische Arbeiten
- TRGS 560 Technische Regeln für Gefahrstoffe – Luftrückführung bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden und fruchtbarkeitsgefährdenden Stäuben
- TRGS 600 Technische Regeln für Gefahrstoffe – Substitution
- TRGS 900 Technische Regeln für Gefahrstoffe – Arbeitsplatzgrenzwerte
- TRGS 910 Technische Regeln für Gefahrstoffe – Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen

2. DGUV Regelwerk für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit

Bezugsquelle: Bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger und unter www.dguv.de/publikationen

DGUV Regeln

- DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“
- DGUV Regel 112-190 „Benutzung von Atemschutzgeräten“

DGUV Informationen

- DGUV Information 209-010 „Lichtbogenschweißen“
- DGUV Information 209-084 „Industriestaubsauger und Entstauber“

DGUV Grundsätze

- DGUV Grundsatz 312-190 „Ausbildung, Fortbildung und Unterweisung im Atemschutz“

DGUV Empfehlungen für arbeitsmedizinische Beratungen und Untersuchungen", 1. Auflage 2022

3. Weitere Informationen der Unfallversicherungsträger

- GisChem – Gefahrstoffinformationssystem Chemikalien der BG RCI und der BGHM
<https://www.gischem.de>
- Datenblätter:
 - MAG-Schweißen, Fülldraht, unlegiert/niedriglegiert
 - MAG-Schweißen, Fülldraht, hochlegiert
 - MAG-Schweißen, Mischgas, Massivdraht, unlegiert
 - MAG-Schweißen, Mischgas, Massivdraht, hochlegiert

4. Normen

Bezugsquelle: Beuth-Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin

- **DIN EN ISO 4063:2023-07**
„Schweißen, Hartlöten, Weichlöten und Schneiden – Liste der Prozesse und Ordnungsnummern“
- **DIN EN ISO 14175:2008-06**
„Schweißzusätze – Gase und Mischgase für das Lichtbogenschweißen und verwandte Prozesse“
- **DIN EN ISO 15011-1:2010-03**
„Arbeits- und Gesundheitsschutz beim Schweißen und bei verwandten Verfahren – Laborverfahren zum Sammeln von Rauch und Gasen – Teil 1: Bestimmung der Rauchemissionsrate beim Lichtbogenschweißen und Sammeln von Rauch zur Analyse“
- **DIN EN ISO 15011-4:2018-05**
„Arbeits- und Gesundheitsschutz beim Schweißen und bei verwandten Verfahren – Laborverfahren zum Sammeln von Rauch und Gasen – Teil 4: Rauchdatenblätter“
- **DIN EN ISO 21904-1:2020-06**
„Arbeits- und Gesundheitsschutz beim Schweißen und bei verwandten Verfahren – Einrichtungen zum Erfassen und Abscheiden von Schweißrauch – Teil 1: Allgemeine Anforderungen“
- **DIN EN 143:2021-07**
„Atemschutzgeräte – Partikelfilter – Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung“
- **DIN EN 689: 2020-01**
„Exposition am Arbeitsplatz – Messung der Exposition durch Einatmung chemischer Arbeitsstoffe – Strategie zur Überprüfung der Einhaltung von Arbeitsplatzgrenzwerten“
- **DIN EN 12941:2009-02**
„Atemschutzgeräte – Gebläsefiltergeräte mit einem Atemanschluss ohne Dichtsitz (Haube) – Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung“

5. Sonstige Literatur

- Begriffsglossar zu den Regelwerken der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV), der Biostoffverordnung (BioStoffV) und der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
- DVS-Berichte, Band 377, 2021, DVS-Studie „Entstehung von Schweißrauch beim Metallschutzgasschweißen“: [DVS-Studie informiert über die Entstehung von Schweißrauch beim Metallschutzgasschweißen – DVS – Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e.V. \(\[dvs-home.de\]\(http://dvs-home.de\)\)](#)
- Schweißen und Schneiden, Ausgabe 6/2022, Seiten 386–392 „REarc welding – von der DVS-Initiative zum nachhaltigen Reduzieren der Expositionen beim Lichtbogenschweißen: [REarc welding – von der DVS-Initiative zum nachhaltigen Reduzieren der Expositionen beim Lichtbogenschweißen / 6 – Schweißen und Schneiden \(\[schweissenundschneiden.de\]\(http://schweissenundschneiden.de\)\)](#)
- Merkblatt DVS 0932 (04/1997) MAG Einstellpraxis verfahrens- und bauteilabhängige Einflüsse auf die Nahtgeometrie (befindet sich in der Überarbeitung/ Stand 02.09.2022)
- Merkblatt DVS 0973-1 (04/2019) Übersicht der Prozessregelvarianten des MSG-Schweißens

**Berufsgenossenschaft
Holz und Metall**

Isaac-Fulda-Allee 18
55124 Mainz

Internet: www.bghm.de