



IGV-TL-01ST-Rev0

Stand: 01.08.2025

erstellt von

Expertengruppe Schweißtechnik (EG-ST)

Schweißrauchminderung für die Verbesserung der Arbeitsplatz- und Umweltschutzbedingungen

(Quelle: DGUV Information 209-096 Schweißrauchminderung im
Betrieb - Schweißrauchminderungsprogramm)

Haftungsausschluss: Diese Veröffentlichung entspricht dem Stand des technischen Wissens zum Zeitpunkt der Herausgabe.

Der Verwender muss die Anwendbarkeit auf seinen speziellen Fall und die Aktualität der ihm vorliegenden Fassung in eigener Verantwortlichkeit prüfen.

Eine Haftung des IGV und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

© Der IGV genehmigt hiermit die Vervielfältigung dieses Dokuments, vorausgesetzt, der Verband wird als Quelle angegeben.

INHALTSVERZEICHNIS

1. Vorwort	3
2. Einleitung	3
3. Anwendungsbereich	3
4. Zweck.....	4
5. Schweißrauch-Emission, Schweißrauch-Exposition und gesundheitliche Gefährdung	5
6. Auswahl zusätzlicher Schweißrauchminderungsmaßnahmen	10
6.1 (S) Verfahrensauswahl.....	12
6.2 (S) Schweißzusatzwerkstoffe	12
6.3 (S) Verfahrensparameter an Schweißgeräten	12
6.4 (S) Prozessgase (Schweißschutzgase).....	13
6.5 (T) Erfassung und Absaugung.....	15
6.6 (T) Bauliche Maßnahmen.....	18
6.7 (T) Maßnahmen zur Raumlüftung	18
6.8 (O) Arbeitsplatzgestaltung	21
6.9 (O) Beitrag der schweißenden Personen zur Schweißrauchminderung	21
6.10 (P) Persönliche Schutzausrüstung.....	22
7. Anhang I	23
8. Anhang II	27

1. Vorwort

Diese Technische Leitlinie umfasst Auszüge aus der DGUV-Information 209-096 Schweißrauchminderung im Betrieb – Schweißrauchminderungsprogramm.

In dieser Technische Leitlinie wurden die wesentlichen Kapitel der DGUV-Information 209-096 zusammengefasst, um den IGV-Mitgliedsfirmen die Möglichkeit zu geben, bei Kundenberatungen zu Schweißrauchminderung auf die wesentlichen Punkte einzugehen.

2. Einleitung

Die Lichtbogenschweißverfahren sind als Füge-technologie 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 des Schweißrauchminderungsprogramms, auf dessen Basis diese technische Leitlinie erstellt wurde.

3. Anwendungsbereich

Das hier vorgestellte Schweißrauchminderungsprogramm gilt für schweißtechnische Arbeiten an metallischen Werkstoffen. Die Vorgehensweise und die Maßnahmen sind auf das Schweißverfahren Metall-Aktivgas (MAG) zugeschnitten.

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), Quelle: DGUV Information 209-096

4. Zweck

Mit Hilfe des Schweißrauchminderungsprogramms kann die Gefährdung von schweißenden Personen und anderen Beschäftigten in der Schweißtechnischen Fertigung vermindert 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.

5. 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.

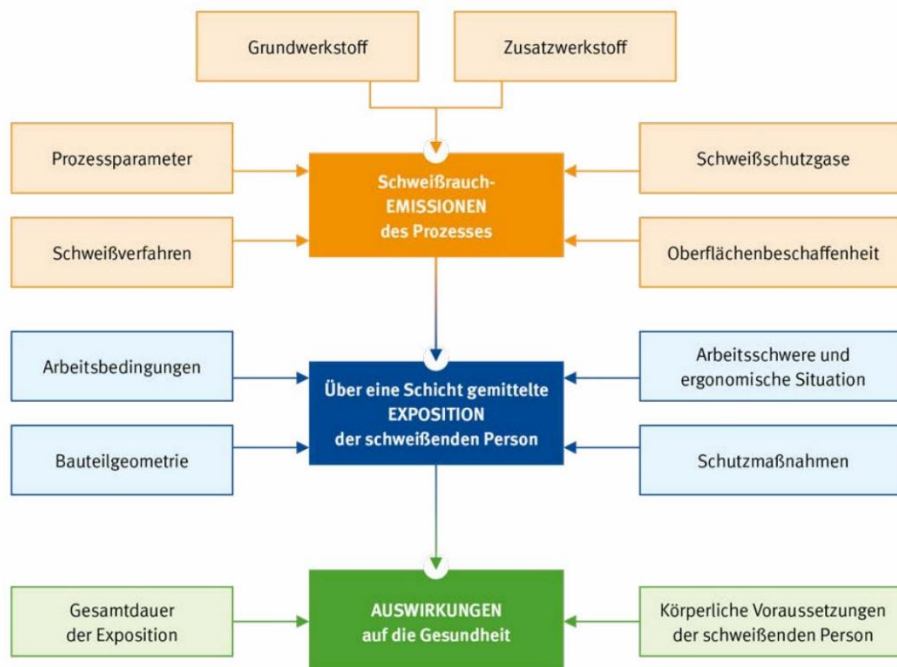


Abb. 2 Einflussgrößen für Emissionen, Expositionen und Auswirkungen auf die Gesundheit, Quelle: DGUV Information 209-096

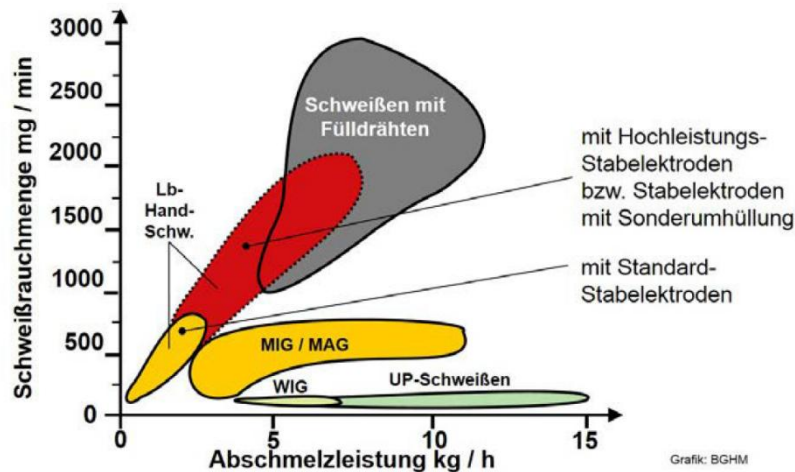


Abb. 3 Schweißrauchemission bei verschiedenen Schweißverfahren, Quelle: © R. Woyzella, BGHM

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 Expositionsminimierung 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 Metaldampf- oder Schweißrauchmenge.

- **Schweißschutzgase (Prozessgase)**

Prozessgase dienen dem Schutz der Schmelze und des heißen Metalls vor schädlichen Lufteinflüssen. Sie wirken über ihre Zusammensetzung auch auf den Werkstoffübergang, die Lichtbogensbildung, 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 Schweißrauch 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 II steht eine Liste von Gefahrstoffen, die bei schweißtechnischen Arbeiten entstehen können, mit ihren zur Drucklegung dieser DGUV Information geltenden Grenzwerten.

6. 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 betriebs-spezifischen 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“.

	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

Tabelle 1 Mögliche Schweißrauchminderungsmaßnahmen für das MSG-Schweißen (MIG/MAG), strukturiert nach dem STOP-Prinzip, Quelle: DGUV Information 209-096

6.1 (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.

6.2 (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).

6.3 (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 Metalldampfes, 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 energiereicherer Verfahrenseinstellung ist eine andere als bei energiereicherer 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.

6.4 (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.

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-Bau-stahl, 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)		

Tabelle 2 Übersicht der Prozessgas Hauptgruppen für das MSG-Schweißen, Quelle: DGUV Information 209-096

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 4 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.

Verschiedene Untersuchungen 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. 4).

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 Güterwerte. 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).

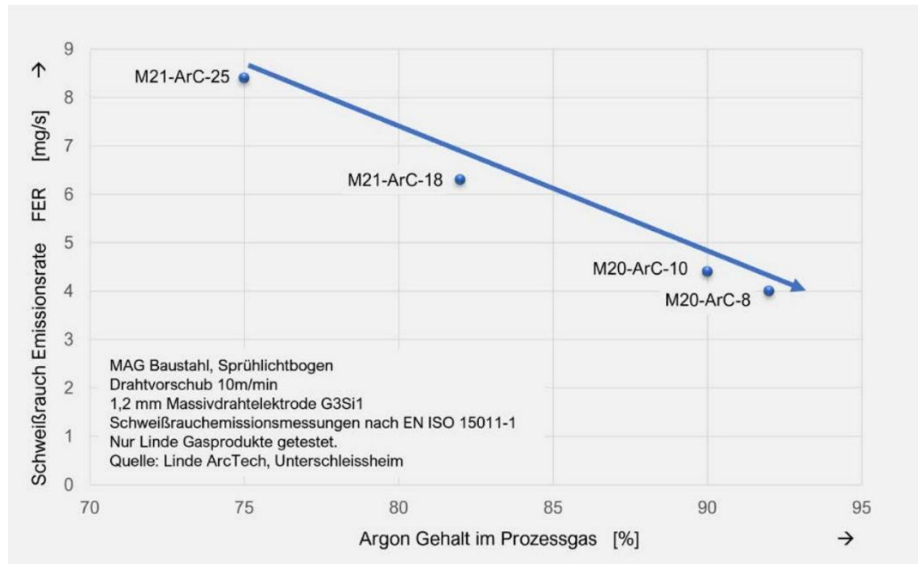


Abb. 4: Reduzierung der Schweißrauchemissionsrate durch optimierte Prozessgase, Beispiel MAG-Baustahl mit Massivdraht Elektrode und M20- oder M21-Mischgasen, Quelle: © Linde GmbH Gases Division

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.

6.5 (T) Erfassung und Absaugung

Ist die Freisetzung von Schweißrauch 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 großen 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 5 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.

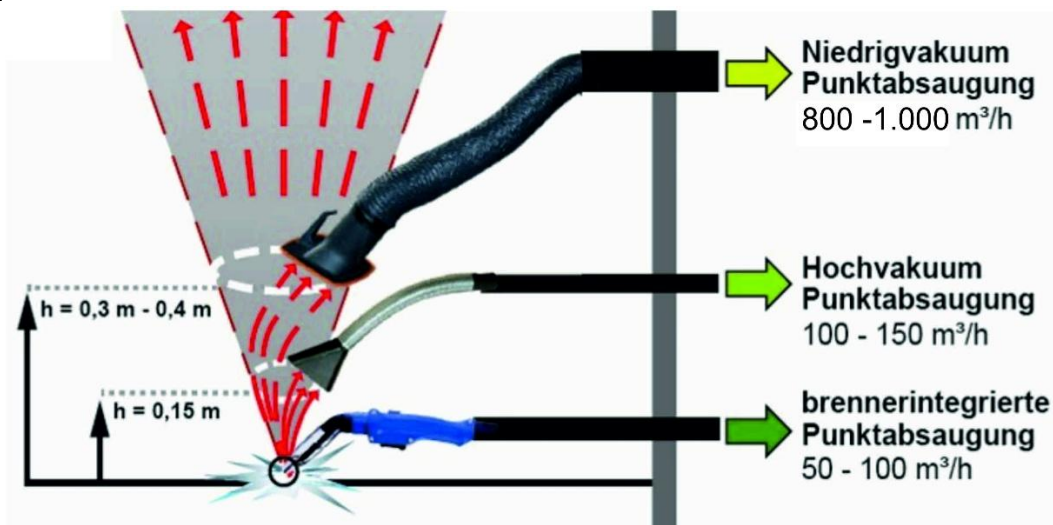


Abb. 5 Arten der Absaugung, Quelle: © R. Woyzella, BGHM

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.

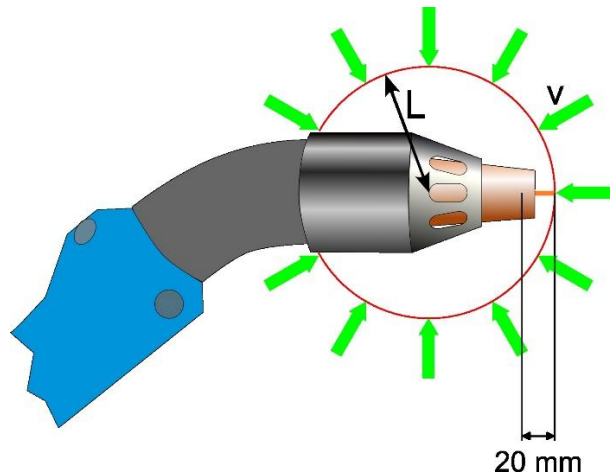


Abb. 6 Brennerintegrierte Absaugung, Quelle: © R. Woyzella, BGHM

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 5 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 Schweißstätigkeit 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 fortpflanzungsfähige (KMR-)Stoffe entstehen. In diesem Fall ist die Reinluftrückführung 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.

6.6 (T) Bauliche Maßnahmen

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

6.7 (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.

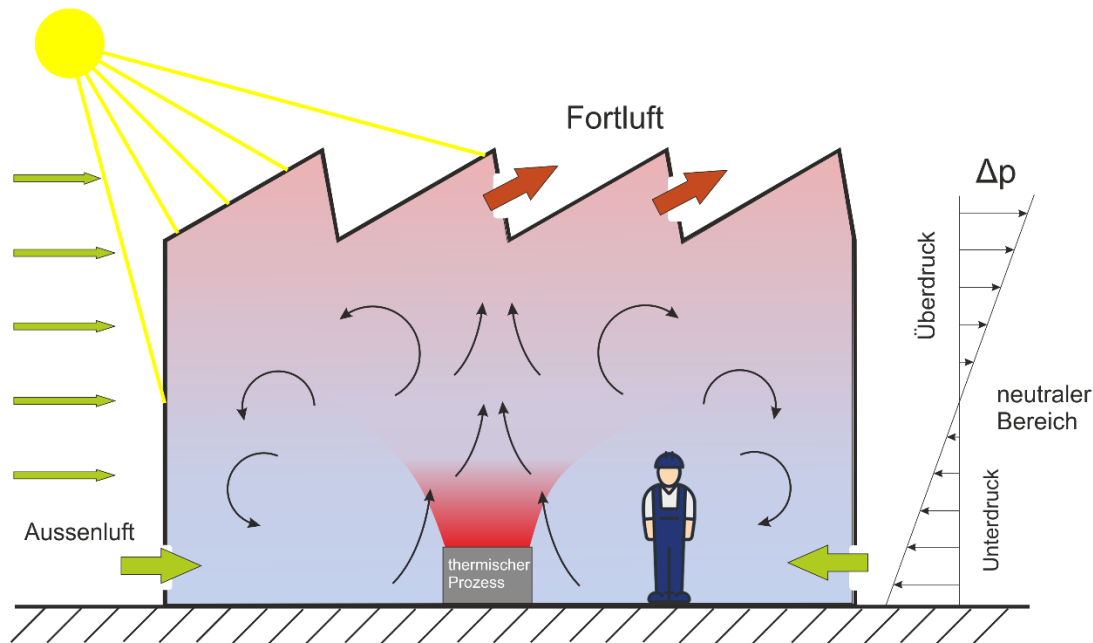


Abb. 7 Prinzip Freie Lüftung; Quelle: © R. Woyzella, BGHM

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.

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.

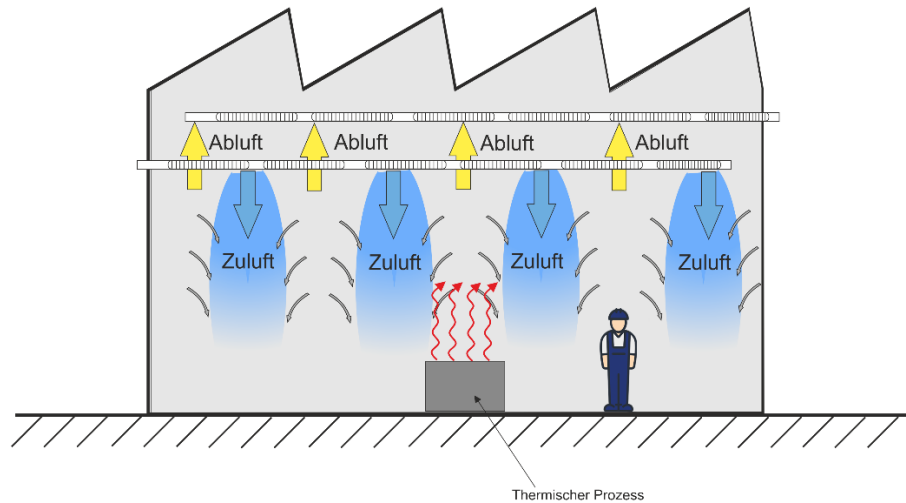


Abb. 8 Prinzip Schichtlüftung, Quelle: © R. Woyzella, BGHM

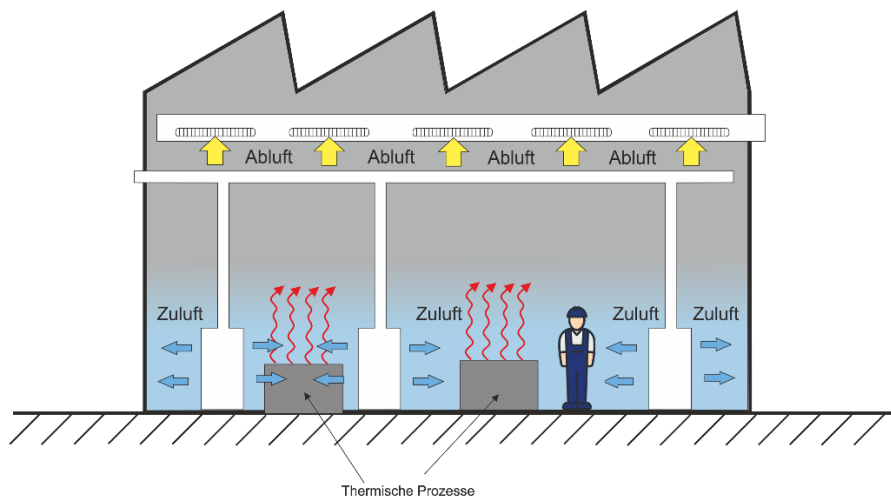


Abb. 9 Prinzip Schichtlüftung, Quelle: © R. Woyzella, BGHM

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.

6.8 (O) 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.

6.9 (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.

6.10(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.

7. Anhang I

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 Schweißstisch werden keine weiteren Tätigkeiten durchgeführt. • Der Schweißstisch 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 % CO_2, 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 Schweißhelm 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.
<p>2 Bewertung der Schutzmaßnahmen</p>	
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 % $c_{SI} = 0,05 \text{ mg/m}^3 * 0,6 = 0,030$ Index: 1,50 ● $c_{SII} = 0,11 \text{ mg/m}^3 * 0,6 = 0,066$ Index: 3,30 ● $c_H = 0,03 \text{ mg/m}^3 * 0,6 = 0,018$ Index: 0,90 ●
4.2	Nutzung Impulsverfahren Minderung 50% angenommen $c_{SI} = 0,05 \text{ mg/m}^3 * 0,5 = 0,030$ Index: 1,25 ● $c_{SII} = 0,11 \text{ mg/m}^3 * 0,5 = 0,066$ Index: 2,75 ● $c_H = 0,03 \text{ mg/m}^3 * 0,5 = 0,018$ Index: 0,75 ●

Plan zur Schweißrauchminderung			
4.3	Einsatz mobile Niedrigvakuumsaugung		
	Erfassungsgrad 60 % angenommen		
	$c_{SI} = 0,05 \text{ mg/m}^3 \cdot 0,4 = 0,020$	Index: 1,00	
	$c_{SII} = 0,11 \text{ mg/m}^3 \cdot 0,4 = 0,044$	Index: 2,20	
	$c_H = 0,03 \text{ mg/m}^3 \cdot 0,4 = 0,012$	Index: 0,60	
4.4	Einsatz einer Drehvorrichtung		
	damit Verbesserung der Erfassung		
	Erfassungsgrad 70 % angenommen		
	$c_{SI} = 0,05 \text{ mg/m}^3 \cdot 0,3 = 0,015$	Index: 0,75	
	$c_{SII} = 0,11 \text{ mg/m}^3 \cdot 0,3 = 0,033$	Index: 1,65	
	$c_H = 0,03 \text{ mg/m}^3 \cdot 0,3 = 0,009$	Index: 0,45	
4.5	Lüftungsanlage gemessen, LW=2		
	Ertüchtigung auf LW=4		
	Minderung für Halle 50 %,		
	Minderung für schweißende Person 0 %		
	$c_{SI} = 0,05 \text{ mg/m}^3 \cdot 1 = 0,05$	Index: 2,50	
	$c_{SII} = 0,11 \text{ mg/m}^3 \cdot 1 = 0,11$	Index: 5,50	
	$c_H = 0,03 \text{ mg/m}^3 \cdot 0,6 = 0,018$	Index: 0,45	
5 Erstellung des Schweißrauchminderungsplans mit Prioritätenliste und Zeitplan			
6 Durchführung konkreter Maßnahmen			
7 Wirksamkeitskontrolle			

Quelle: DGUV Information 209-096

8. Anhang II

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 AGW 10 mg/m ³ (E)	8 2	TRGS 900
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. 1A, 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. 1A, 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)	MAK 0,1 mg/m ³ (A)	4	MAK-Liste
Bariumverbindungen, löslich (BaO)	MAK 2 mg/m ³ (E) MAK 0,5 mg/m ³ (E)	2 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

Quelle: DGUV Information 209-096