

Schweißen ohne Rauch

Erfassen, Absaugen und Filtern

Ein Leitfaden für mobile und stationäre Anlagen



2 SCHWEISSEN OHNE RAUCH



Quelle: TEKA Absaug- und Entsorgungstechnologie GmbH

Inhalt

1	Vorwort	5
2	Begriffe, Definitionen und Abkürzungen	6
3	Gefahrstoffe	7
3.1	Wie entsteht Schweißrauch und woraus besteht er?	7
3.2	Wie viel Schweißrauch entsteht bei welchen Verfahren?	8
3.3	Wie breitet sich Schweißrauch aus?	8
3.4	Wie wirkt Schweißrauch auf den Menschen?	8
3.5	Wie entstehen Gase beim Schweißen und wie wirken diese auf den Menschen?	10
4	Maßnahmen	12
4.1	Substitution	13
4.1.1	Einsatz emissionsärmerer Verfahren	13
4.1.2	Einsatz optimierter Prozessparameter	13
4.1.3	Einsatz anderer Zusatzwerkstoffe und / oder Gase	14
4.2	Technische Maßnahmen	14
4.2.1	Brennerintegrierte Absaugung	15
4.2.2	Absaugung mittels Saugdüse	16
4.2.3	Absaugung mittels Absaugarm	16
4.2.4	Absaugung mittels Absaugtisch und -wand	17
4.2.5	Absaugung mittels Absaughaube	17
4.2.6	Absaugung mittels Einhausung	18
4.2.7	Unterstützende Hallenlüftung	18
4.2.8	Belüften von engen Räumen	19
4.3	Organisatorische Maßnahmen	20
4.3.1	Vorbereitung der Werkstücke	20
4.3.2	Prüfung der Absauganlage	20
4.3.3	Räumliche und zeitliche Abgrenzung der Arbeiten	20
4.3.4	Arbeitsposition	20
4.3.5	Nahrungs- oder Genussmittel am Arbeitsplatz	20
4.3.6	Reinigung des Arbeitsplatzes	21
4.3.7	Arbeitskleidung	21
4.4	Persönliche Schutzausrüstung	21

5 Abscheiden von Schweißrauch / Filtertechnik	22
5.1 Abscheiden von Partikeln	22
5.1.1 Speichernde Filterelemente	22
5.1.2 Abreinigbare Filterelemente	23
5.2 Abscheiden von Gasen	24
5.3 Filtergeräte	24
6 Reinluftführung	26
6.1 Reinlufrückführung	26
6.2 Fortluftführung	27
7 Entsorgung	28
8 Brand- und Explosionsgefahr	29
8.1 Gesetzliche Grundlagen	29
8.2 Maßnahmen	29
9 Vorschriftenkonforme Vorgehensweise des Betreibers	30
9.1 Gefährdungsbeurteilung	30
9.2 Grenzwerte	30
9.3 Schutzmaßnahmen	31
9.4 Wirksamkeitskontrolle	32
10 Initiative ‚Sicher Schweißen‘	33
11 Weiterführende Informationsschriften	34
12 Quellenangaben/-verzeichnis	34
13 Bildquellen	37
14 Autoren	38
15 Weiterführende Literatur	39
Impressum	43

1 Vorwort

Saubere und gesunde Arbeitsplätze sind Voraussetzung für eine nach heutigen Maßstäben gesellschaftlich akzeptable Lebensqualität. Sie erhöhen die Arbeitszufriedenheit, verringern krankheitsbedingte Ausfallzeiten und tragen so zu erhöhter Produktivität mit besseren Arbeitsergebnissen bei. Die Schweißtechnik mit den vielfältigen Belastungen für die Beschäftigten stellt diesbezüglich eine besondere Herausforderung dar. Die Reduzierung der Belastungen erfolgt zwar einerseits aus wirtschaftlichen Erwägungen, vor allem aber ist sie infolge verschärfter Arbeitsschutzanforderungen erforderlich.

Das Regelwerk zum Arbeitsschutz berührt in vielen Punkten die schweißtechnischen Verfahren. Dieser Leitfaden dient als Orientierung und Hilfestellung. Im Gegensatz zu den oft schwer verständlichen Texten aus Gesetzen, Verordnungen und Technischen Regeln hat die vorliegende Schrift den Anspruch, den Lesenden Hintergründe verständlich darzustellen, Zusammenhänge aufzuzeigen und Impulse zu geben – auf dem Weg zu einem besseren Arbeitsschutz bei schweißtechnischen Arbeiten. Der Leitfaden darf dabei nicht das Studium der relevanten Richtlinien, Gesetze und Verordnungen ersetzen, sondern soll als Einstieg hierfür angesehen werden.

Dieser Leitfaden gibt eine Übersicht über gesetzliche Anforderungen und Maßnahmen zur Luftreinhaltung an Arbeitsplätzen, an denen schweißtechnische Arbeiten an metallischen Werkstoffen ausgeführt werden. Zu den schweißtechnischen Verfahren zählen:

- Schweißen,
- thermisches Schneiden und Ausfugen,
- thermisches Spritzen,
- Löten,

- Flammrichten,
- additive Fertigungsverfahren mit Metallpulvern.

Die vorliegende Schrift konzentriert sich vornehmlich auf das Schweißen im engeren Sinne. Das Kunststoffschweißen wird hier nicht behandelt.

Bei schweißtechnischen Verfahren entstehen Rauche (nachfolgend Schweißrauch genannt) und Gase, die gemäß dem aktuellen Regelwerk als Gefahrstoffe eingestuft sind.

Vorrangig aus Gründen des Arbeitsschutzes, teilweise aber auch aus Gründen des Umweltschutzes, sind daher Maßnahmen zur Luftreinhaltung erforderlich. Das Absaugen der Emissionen im Entstehungsbereich stellt die effizienteste Möglichkeit dar, den größten Anteil der Schweißrauchemissionen zu erfassen und unmittelbar – ohne dass sich dieser wesentlich mit der Umgebungsluft vermischt – abzuführen.

Ausdrücklich sei darauf hingewiesen, dass die jeweils aufgelisteten Punkte, Tabellen oder Listen nur einzelne Beispiele darstellen können und es insoweit auch andere Methoden und Darstellungen gibt. Der Leitfaden erhebt weder einen Anspruch auf Vollständigkeit noch auf die exakte Auslegung der bestehenden Rechtsvorschriften und gibt den aktuellen Stand zum Zeitpunkt der Erstellung wieder. Weiter sind die Besonderheiten der jeweiligen Produkte sowie deren unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten zu berücksichtigen.

2 Begriffe, Definitionen und Abkürzungen

Gefahrstoffe:

Stoffe, Gemische oder Erzeugnisse mit gefährlichen Eigenschaften

Sie können akute oder chronische gesundheitliche Schäden beim Menschen verursachen, entzündlich, explosionsgefährlich oder gefährlich für die Umwelt sein.

Stäube und Rauche:

Disperse Verteilung fester Stoffe in der Luft, die aus mechanischen Prozessen als Stäube und aus thermischen oder chemischen Prozessen als Rauche vorliegen. Für die Festlegung von Grenzwerten und anderen Beurteilungsmaßstäben werden sie nach ihrem möglichen Vordringen in die Atemwege in unterschiedliche Fraktionen (vor allem E-Staub u. A-Staub) unterteilt. Das lässt sich jedoch nicht an einer bestimmten Partikelgröße scharf abgrenzen, sondern kann nur anhand einer Häufigkeitsverteilung dargestellt werden. In der DIN EN 481 [1] findet sich ein solches Diagramm zur Partikelgrößenverteilung.

E-Staub:

Anteil der luftgetragenen Stoffe, der über die Atemwege aufgenommen werden kann (Einatembar). Ein Massenanteil von etwa 80 % dieser Partikel ist max. 10 µm groß.

A-Staub:

Anteil der einatembaren Stäube, der bis in die Alveolen und Bronchiolen eindringen kann (Alveolengängig). Ein Massenanteil von etwa 80 % dieser Partikel ist max. 3 µm groß.

U-Staub:

Ultrafeine Partikel oder Nanopartikel sind per Definition kleiner als 0,1 µm (100 nm). Sie entstehen insbesondere als Kondensationsprodukte aus thermischen und chemischen Prozessen, ein typisches Beispiel dafür sind Schweißrauche. Mengenangaben erfolgen nicht als Massen-, sondern als Teilchenkonzentration.

KMR-Stoffe:

Gefahrstoffe mit krebserzeugenden, keimzellmutagenen und reproduktionstoxischen Eigenschaften.

3 Gefahrstoffe

3.1 Wie entsteht Schweißrauch und woraus besteht er?

Zu den schweißtechnischen Verfahren gehören diverse thermische Füge- und Trennverfahren.

Bei den Fügeverfahren werden die zu verbindenden, metallischen Werkstücke im Bereich der Schweißnaht partiell aufgeschmolzen, nachdem die Schmelze wieder erkaltet ist, unlösbar miteinander verbunden sind. Je nach Verfahren wird dafür elektrischer Strom, Wärme, Reibung und/ oder Druck als Energie verwendet. Viele Verfahren erfordern die Zugabe eines Schweißzusatzes, der ebenfalls abschmilzt und sich mit der Schmelze der Grundwerkstoffe verbindet.

Bei den Trennverfahren werden Metalle im Bereich einer Trennfuge geschmolzen oder partiell verbrannt, die Schmelze mithilfe eines Blasstrahls aus der Fuge ausgetrieben und damit das Werkstück getrennt.

Mittels schweißtechnischer Verfahren können auch Materialschichten aufgetragen (additive Fertigungsverfahren, z. B. Metall-3D-Druck) sowie abgetragen werden.

Bei allen schweißtechnischen Verfahren entsteht Schweißrauch aus der Metallschmelze.

Innerhalb der Schmelze herrschen unterschiedliche Temperaturen, die höchsten Temperaturen treten im Lichtbogen (5 000°C – 20 000°C) auf. Bei diesen Temperaturen verdampfen Metalle. Der Metalldampf steigt – bedingt durch die Thermik – über der Schmelze auf. Sobald der Dampf den Lichtbogen verlässt, kühlt er sich in der Umgebungsluft ab. Es entstehen Metallpartikel, der sogenannte Schweißrauch. Diese Partikel haben Durchmesser unter 1 µm, teilweise sogar nur wenige Nanometer (siehe Bild 1). In Schweißrauchen agglomeriert ein Teil zu größeren Partikeln bis zu 10 µm.

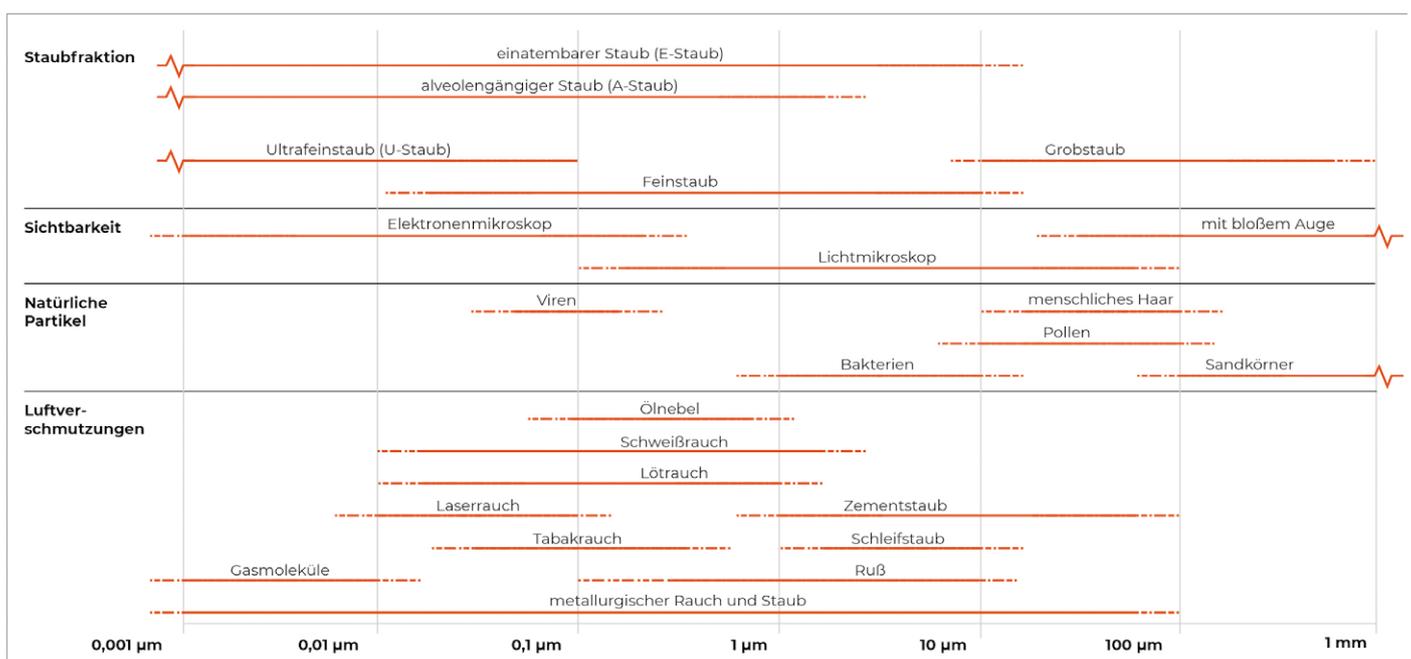


Bild 1: Partikelgrößen

Bei den Metall-Schutzgas-Verfahren (MSG-Verfahren) sowie beim Lichtbogenhandschweißen erfolgt der Energieeintrag über den Schweißzusatz, der im Lichtbogen abschmilzt. Dadurch entstehen etwa 95 % der Schweißrauchpartikel aus dem Zusatzwerkstoff. Die Zusammensetzung des Rauches wird somit maßgeblich durch die Zusammensetzung des Zusatzwerkstoffes bestimmt. Sie sind aber nicht identisch, da die einzelnen Stoffe in der Legierung des Zusatzwerkstoffes unterschiedliche Schmelz- und Siedetemperaturen aufweisen. Die sich daraus ergebenden Auswirkungen auf die Rauchzusammensetzung lassen sich am Beispiel Mangan erklären: Mangan hat einen geringeren Siedepunkt als Eisen, dieser liegt für Mangan bei 2 061°C und für Eisen bei 2 862°C. Aus dem Zusatzwerkstoff verdampft somit ein größerer Anteil des Mangans als des enthaltenen Eisens, so dass die Konzentration der Manganverbindungen im Schweißrauch um ein Vielfaches höher ist als im Zusatzwerkstoff.

Werden mit Ölen oder Primern beschichtete Materialien geschweißt, so verdampfen oder verbrennen diese Beschichtungen auch nach dem eigentlichen Schweißprozess im Bereich der Schweißnaht und führen zu einem Nachrauchen. Dieser Rauch enthält dann zusätzlich Pyrolyseprodukte und dampfförmige Stoffe.

3.2 Wie viel Schweißrauch entsteht bei welchen Verfahren?

Die pro Zeiteinheit freigesetzte Rauchmenge ist vom eingesetzten Werkstoff, dem verwendeten Schweißverfahren und seinen Prozessparametern abhängig.

Emissionsarm sind Verfahren wie Wolfram-Inertgas-Schweißen (WIG-Schweißen), Unterpulverschweißen (UP-Schweißen) und Gasschweißen; diese Verfahren setzen in der Regel weniger als 1 mg/s Schweißrauch frei. Metall-Aktivgasschweißen (MAG-Schweißen), Metall-Inertgasschweißen (MIG-Schweißen) und Lichtbogenhandschweißen dagegen haben Emissionsraten im Bereich von 2 mg/s bis über 20 mg/s und sind daher als Ver-

fahren mit hohen Emissionen eingestuft. Informationen über die Emissionsraten weiterer Verfahren enthält die TRGS 528, Tabelle 2 [2]. Die dort angegebenen Emissionsraten weisen z. T. große Bandbreiten auf. Ursächlich dafür sind vorrangig die je nach Schweißaufgabe gewählten Schweißparameter. Werden Dünnbleche mit geringem Energieeintrag (Schweißstrom / Spannung) geschweißt, ist die Emissionsrate des Prozesses in der Regel deutlich geringer als beim Schweißen von dickwandigen Werkstücken, die einen höheren Energieeintrag erfordern. So werden beispielsweise beim MAG-Schweißen von einem Baustahl mit einer Dicke von 2 mm und einem Schweißstrom von ca. 90 A etwa 2 mg Schweißrauch pro Sekunde (mg/s) freigesetzt. Werden 10 mm dicke Baustahlbleche mit 350 A geschweißt, beträgt die Emissionsrate etwa 13 mg/s.

3.3 Wie breitet sich Schweißrauch aus?

Schweißrauche, die im Freisetzungsbereich um die Schweißstelle nicht erfasst und abgesaugt werden, steigen aufgrund des sich ausbildenden Thermikstroms mehrere Meter (ca. 4 m – 6 m) mit der Werkhallenluft auf und verbleiben zunächst, häufig als gut sichtbare Rauchwolke, in den oberen Luftschichten. Über Luftbewegungen im Raum strömt der Schweißrauch auch in Bereiche, in denen nicht geschweißt wird. Mit der Zeit kühlt der Rauch ab, so dass die Rauchpartikel nach unten sinken und sich auf allen waagerechten und geneigten Flächen ablagern, wodurch Werkhallen unter Umständen großflächig verschmutzt werden. Aufgrund der geringen Größe der Partikel kann es durchaus mehrere Tage dauern bis sich die Partikel ablagern.

3.4 Wie wirkt Schweißrauch auf den Menschen?

Im Arbeits- und Gesundheitsschutz wird zwischen einatembaren, alveolengängigen und ultrafeinen Partikel differenziert. Partikel mit Durchmessern bis zu etwa 10 µm können mit der Atemluft eingeatmet werden (siehe Bild 2). Ein-

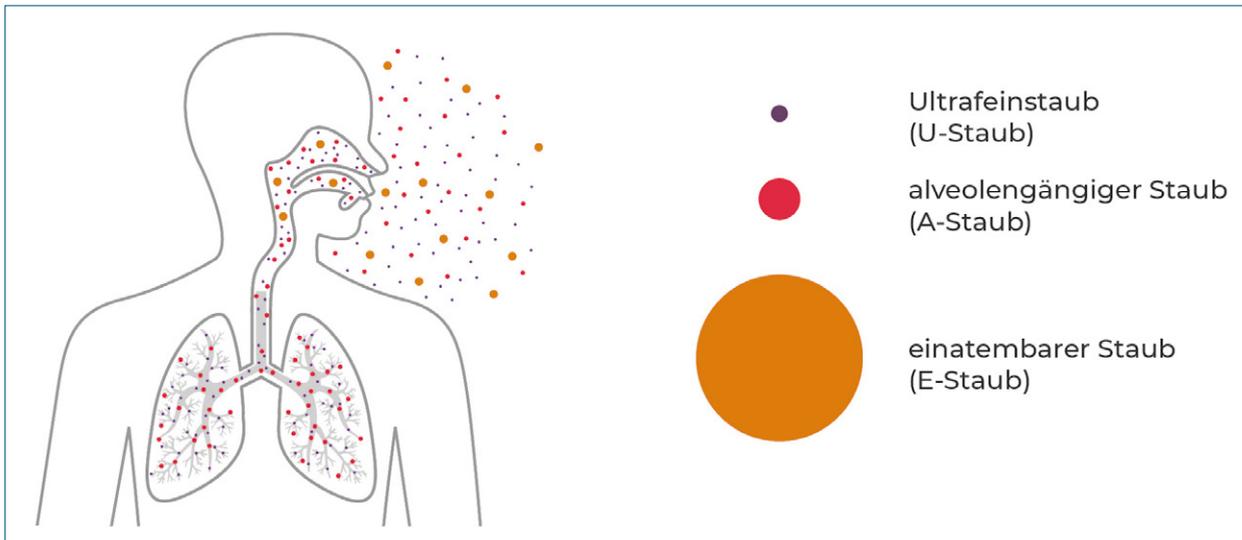


Bild 2: Eindringtiefe von Staubpartikel über die menschlichen Atemwege

Quelle: KEMPER GmbH

geatmete Partikel mit Durchmessern im Bereich von ca. $5\ \mu\text{m}$ bis $10\ \mu\text{m}$ dringen üblicherweise bis in die oberen Atemwege vor und werden z. B. im Nasen-Rachen-Bereich oder Kehlkopf abgeschieden. Körpereigene Reinigungsmechanismen, wie Flimmerepithel und Sekretstrom sorgen dafür, dass sie aus den Atemwegen abtransportiert und somit aus dem Körper ausgeschieden werden.

Werden über einen langen Zeitraum (mehrere Jahre) mehr Partikel eingeatmet als über die Reinigungsmechanismen abgeführt werden können, sind oftmals chronische Reizungen der Atemwege die Folge. Das Einatmen von Gasen wie Ozon und Stickstoffoxide begünstigt diese Erkrankungen, die mit COPD (chronic obstructive pulmonary disease) bezeichnet werden. Die dauerhafte Entzündung und Verengung der Atemwege behindern insbesondere die Ausatmung. Hierdurch kommt es zu einem anhaltenden Überdruck, zu einer Überblähung der Lungen und zur Verminderung der für den Gasaustausch benötigten Oberfläche. Dies führt zu einer fortschreitenden Abnahme der körperlichen Leistungsfähigkeit und später zu Atemnot sogar im Ruhezustand. Weitere Symptome sind chronischer Husten und Auswurf. Die Atemwege und die Lunge werden dann auch besonders empfindlich gegenüber Krankheitserregern.

Typische Ursachen für das Auftreten einer COPD sind das langjährige Einatmen von Schweißrauch, aber auch das Rauchen von Tabak, wobei die Kombination Schweißrauch und Rauchen das Auftreten von COPD besonders begünstigt.

Kleinere Partikel bis etwa $5\ \mu\text{m}$ (A-Staub) können mit der Atemluft bis in die unteren Atemwege des Menschen gelangen und sich in den Lungenbläschen (Alveolen) anlagern. Üblicherweise werden diese Partikel in der Lungenflüssigkeit gelöst, gelangen über das Blut in die Nieren und werden mit dem Urin ausgeschieden. Auch hier gilt: Werden den Alveolen mehr Partikel zugeführt als abtransportiert werden können, führt dies durch die eingelagerten Partikel zur entzündlichen Reizung der Lunge, die eine Vernarbung des Lungengewebes zur Folge hat und so den Gasaustausch behindert. Diese Erkrankung, verursacht durch Eiseneinlagerung, wird mit Siderofibrose bezeichnet und ist nahezu ausnahmslos auf eine langjährige Exposition gegenüber Schweißrauch zurückzuführen.

Andere Inhaltsstoffe in Schweißrauchen wirken nicht nur lungenbelastend, sondern toxisch oder krebserzeugend. So kann z. B. eine Exposition gegenüber Zinkrauch zu einer akuten Vergiftung führen, die bis zu einigen Tagen anhält. Die Symp-

tome sind mit denen eines schweren grippalen Infektes vergleichbar (Fieber, Krankheitsgefühl, Beschwerden im Bereich der Atemwege).

Werden Chrom-Nickel-Stähle geschweißt, enthalten die Rauche Nickel- und Chrom(VI)-Verbindungen, die als krebserzeugend eingestuft sind. Durch Schweißrauchexposition verursachte Lungenkrebskrankungen können die Folge sein. Diese können bis zum Tode führen und werden den Unfallversicherungsträgern immer wieder angezeigt.

Neueste arbeitsmedizinische Erkenntnisse geben Hinweise darauf, dass Schweißrauche generell, das heißt unabhängig von ihren Zusammensetzungen, Lungenkrebs beim Menschen erzeugen können. Diese Informationen wurden z. B. von der International Agency for Research on Cancer (IARC) [3] bekanntgegeben.

Die Auswirkungen ultrafeiner Partikel (U-Staub) auf die Gesundheit des Menschen konnten medizinisch / toxikologisch bislang noch nicht eindeutig erforscht werden. Bekannt ist, dass U-Staub zellgängig ist, und somit von der Lunge ausgehend über die Blutbahnen in andere Bereiche des Körpers gelangt (Im Bild 2 nicht explizit dargestellt). Inflammatorische Prozesse könnten für das Auftreten weiterer Erkrankungen eine Rolle spielen. Wenn U-Staub die Blut-Hirn-Schranke überwinden kann, wäre eine vermehrte Einlagerung von U-Staub in Hirnstrukturen denkbar. U-Staub-Expositionen werden daher z. B. mit der Entstehung von Demenz, Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder auch neurologischen Erkrankungen mit Parkinson-ähnlichen Erscheinungen in Verbindung gebracht.

3.5 Wie entstehen Gase beim Schweißen und wie wirken diese auf den Menschen?

Bei schweißstechnischen Verfahren werden neben dem partikelförmigen Schweißrauch auch sehr unterschiedliche gasförmige Gefahrstoffe freigesetzt.

Ozon (O₃)

entsteht bei den Lichtbogenverfahren durch die Einwirkung der ultravioletten Strahlung (Wellenlänge kleiner 200 nm) auf den Sauerstoff der Umgebungsluft. Die Strahlung spaltet einzelne Atome von den Sauerstoffmolekülen (O₂) ab, die sich dann an anderen Sauerstoffmolekülen anlagern, sodass Ozon (O₃) entsteht. Die Ozonbildung ist somit primär abhängig von der Strahlungintensität. Wird die Strahlung an blanken Oberflächen (z. B. Aluminium oder Edelstahl) reflektiert, erhöht sich die Ozonbildung. Messungen an Arbeitsplätzen belegen, dass z. B. beim Schweißen von Aluminium oder Cr-Ni-Stählen der Ozonegrenzwert oftmals überschritten wird.

Ozon ist ein instabiles Gas, das wieder zu Sauerstoff zerfällt. Der Kontakt mit Oberflächen begünstigt diesen Zerfall. Oberflächen können auch die Oberflächen von Schweißrauch- oder von Staubpartikel sein. Hohe Schweißrauchkonzentrationen führen daher zu niedrigeren Ozonkonzentrationen.

Ozon hat einen leicht stechenden Geruch, ist gut wasserlöslich und reizt daher vor allem die Schleimhäute der Augen und der oberen Atemwege. Ozonexpositionen können daher zu Kopfschmerzen, Augenreizungen und Schwellungen in den Atemwegen führen, was zu Atemnot führen kann. Die Wirkungen auf die Gesundheit des Menschen sind abhängig von der individuellen Veranlagung (Disposition), von der Ozonkonzentration, der Expositionsdauer und der Ventilation (Atemvolumen / Atemfrequenz), wobei die Ventilation unmittelbar von der körperlichen Belastung abhängt.

Kohlenstoffmonoxid (CO)

entsteht vorrangig bei Autogenprozessen (z. B. Gasschweißen, Hartlöten, Wärmen) infolge einer unvollständigen Verbrennung des Brenngases. Bei den Lichtbogenschweißverfahren wird CO in der Regel nur in geringen Mengen frei. Im Freien und in belüfteten Bereichen wird üblicherweise der Arbeitsplatzgrenzwert (30 ppm) nicht überschritten. Bei Arbeiten in engen Räumen (z. B. Schweißen in Behältern, Tanks) muss die Freiset-

zung von CO jedoch unbedingt beachtet und geeignete Maßnahmen (z. B. Einblasen von Frischluft) getroffen werden.

Das farb-, geruch- und geschmacklose Gas ist giftig. Es bindet sich stärker an das Hämoglobin im Blut als der Sauerstoff und unterbindet so den Sauerstofftransport durch das Blut. Diese CO-Intoxikation kann innerhalb kurzer Zeit tödlich sein. Vergiftungen durch CO sind an Symptomen wie Kopfschmerzen, Übelkeit, Benommenheit, Konzentrationsschwierigkeiten, Erbrechen, Schwindel und Koordinationsstörungen leicht erkennbar. Betroffene sollten den Arbeitsbereich sofort verlassen, sich im Freien aufhalten und medizinisch versorgt werden.

Kohlenstoffdioxid (CO₂)

entsteht einerseits bei Autogenverfahren durch das Verbrennen des Brenngases, andererseits werden beim MAG-Schweißen Gasgemische bestehend aus Argon und CO₂ als Schutzgase eingesetzt (MAG-Schweißen mit reinem CO₂ ist in Deutschland eher unüblich). CO₂ ist ein natürlicher Bestandteil der Luft, im Freien beträgt die Konzentration etwa 400 ppm. Auf CO₂-Konzentrationen im Bereich von 1 500 – 2 000 ppm reagieren empfindliche Personen mit ersten Symptomen wie Müdigkeit oder Kopfschmerzen. Bei sehr hohen Konzentrationen können Schwindel, Herzklopfen bis hin zu Bewusstseinsverlust auftreten. Der Arbeitsplatzgrenzwert beträgt 5 000 ppm, er wird bei Schweißarbeiten in der Regel nicht erreicht.

Nitrose Gase (Stickstoffmonoxid NO und Stickstoffdioxid NO₂)

entstehen am Rand von Flammen oder Lichtbögen. Bei Temperaturen über 1 000 °C reagiert der in der Umgebungsluft enthaltene Stickstoff mit dem Luftsauerstoff und bei Autogenverfahren zusätzlich mit dem zugeführten Sauerstoff zu NO und NO₂.

Die NO- / NO₂-Entstehung ist u. a. von der Größe der Flamme bzw. des Lichtbogens abhängig. Je länger die Flamme bzw. der Lichtbogen ist, umso mehr nitrose Gase entstehen. Grenzwertüberschreitungen sind in solchen Fällen häufig ge-

ben. Die Freisetzung kann dagegen durch einen kleineren Abstand zwischen Brenner und Werkstück, reduzierten Sauerstoffeinsatz, und geringere Schweißleistung bzw. Schnittgeschwindigkeit verringert werden.

Nitrose Gase können insbesondere dann eine Gesundheitsgefahr darstellen, wenn in engen Räumen oder in unzureichend belüfteten Bereichen oder unter ungünstigen Arbeitspositionen gearbeitet wird; z. B. wenn die Schweißfachkraft über die Schweißstelle gebeugt arbeitet. Bei den MSG-Verfahren sind die Lichtbögen in der Regel so kurz, dass nur mit einer geringen NO und NO₂-Bildung und daher nur mit einer vergleichsweise geringen Gefährdung zu rechnen ist.

NO und NO₂ wirken reizend auf die Schleimhäute der Atemwege. Beide Gase haben eine geringere Wasserlöslichkeit als Ozon und dringen daher bis in die tieferen Atemwege und in die Lunge ein. Sie schädigen somit auch deren Schleimhäute sowie das Lungengewebe. NO- / NO₂-Vergiftungen sind häufig an einer blassbläulichen Verfärbung der Haut erkennbar. Die Vergiftung kann – je nach Schwere – zu Atemnot, Erbrechen, Angst- und Erstickengefühl sowie zu Lungenödem (lebensbedrohliche Einlagerung von Wasser im Lungengewebe) führen. Höhere NO- und NO₂-Konzentrationen sind an einem beißenden, stechenden, chlorartigen Geruch leicht wahrnehmbar und sollten zum Anlass für Schutzmaßnahmen genommen werden.

Pyrolyseprodukte

entstehen beim thermischen Bearbeiten von beschichteten oder verunreinigten Werkstücken. Formaldehyd (HCHO), Blausäure (HCN), Salzsäure (HCl) sind Beispiele für derartige gasförmige Pyrolyseprodukte. Diese Stoffe haben unterschiedliche Auswirkungen auf den menschlichen Organismus, z. B. blockiert Blausäure die Sauerstoffaufnahme im Gewebe und Formaldehyd kann Krebs erzeugen. Bei erhöhter Geruchsbelastung sollten die Gefahrstoffkonzentrationen ermittelt und die Ergebnisse anhand der Grenzwerte sowie anderer Beurteilungsmaßstäbe bewertet und ggf. Schutzmaßnahmen getroffen werden.

4 Maßnahmen

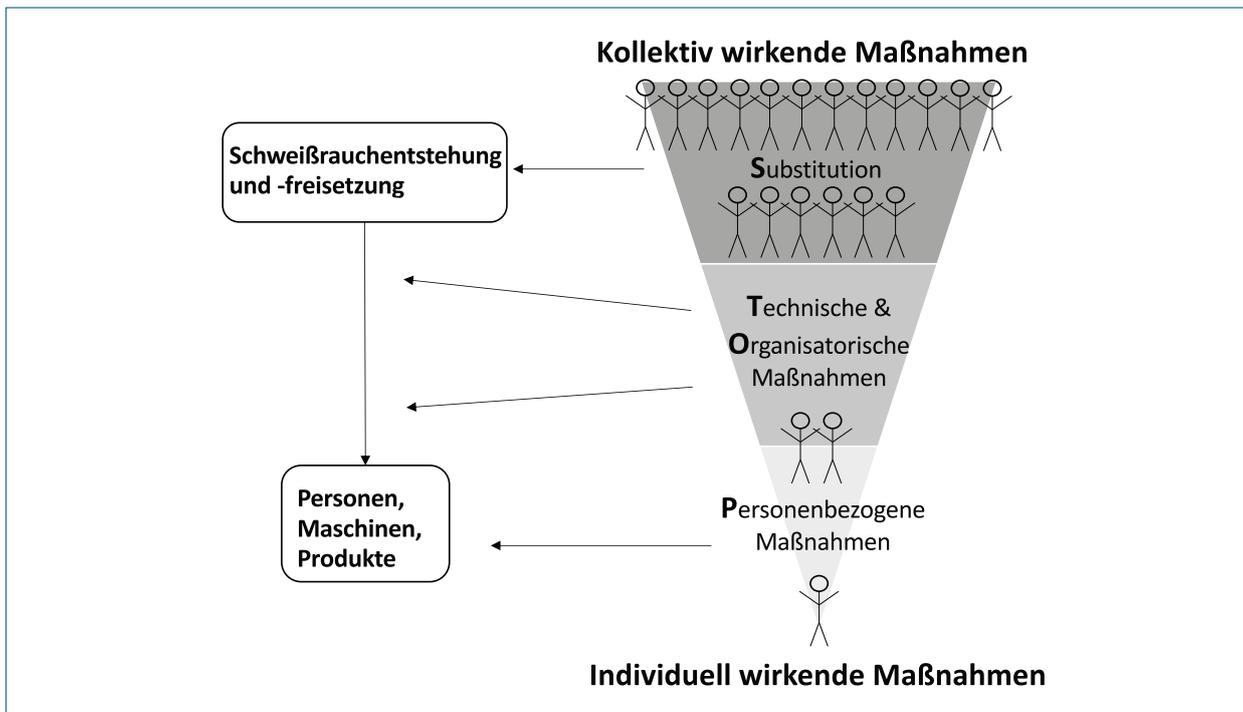


Bild 3: Rangfolge der Schutzmaßnahmen nach dem STOP-Prinzip

Quelle: Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)

Es gibt eine Reihe an Maßnahmen, um die Gesundheit der Personen, die mit Schweißarbeiten in Verbindung stehen, zu schützen (siehe Bild 3). Doch diese weisen nicht alle die gleiche Qualität der Wirksamkeit auf und müssen an die jeweilige Schweißsituation angepasst werden.

Je näher eine Maßnahme an der Gefahr selbst ansetzt, desto breiter ist ihre Wirksamkeit. Die wirksamste Maßnahme wäre damit das Vermeiden der Gefahr an sich, also das Ersetzen des Schweißprozesses durch ein emissionsarmes Fügeverfahren (**Substitution**). Aber auch der Einsatz eines emissionsärmeren Schweißprozesses oder das Verwenden emissionsärmerer Werk- oder Zusatzstoffe fällt in diese Kategorie. Die Wirkung dieser Maßnahme ist von kollektiver Qualität, d. h. alle beteiligten Personen profitieren von solchen Maßnahmen.

Ist eine Substitution nicht möglich oder reicht diese Maßnahme nicht aus, kommen **technische** und **organisatorische** Maßnahmen ins Spiel.

Diese können nah an der Gefahr ansetzen, wie z. B. eine örtliche Absaugung und sind dann immer noch kollektiv wirksam. Raumlüftung, Zugangsbeschränkungen oder Hygieneregeln wirken weniger kollektiv und setzen eher an dem individuellen Schutz von Personen, Maschinen und Produkten an.

Personenbezogene Maßnahmen, wie z. B. Persönliche Schutzausrüstung (PSA), schützen nur einzelne Personen und weisen daher eine individuelle Wirksamkeit auf. Trägt die schweißende Person beispielsweise geeigneten Atemschutz, ist sie selbst zwar geschützt, aber ohne weitere Maßnahmen wären andere Personen, Maschinen und Produkte im Arbeitsbereich weiterhin den Schweißrauch ausgesetzt.

Bei der Auswahl der Maßnahmen sollte demnach das in der Abbildung dargestellte und hier erläuterte STOP-Prinzip eine Orientierung sein. Es gibt die Rangfolge der auszuwählenden Maßnahmen vor, wie sie auch in §7 der Gefahrstoff-

verordnung (GefStoffV) [4] gefordert wird. In der Praxis wird meist eine Kombination von Maßnahmen notwendig.

4.1 Substitution

Die vorrangige Schutzmaßnahme sollte immer das Vermeiden bzw. Reduzieren der Freisetzung von Gefahrstoffen sein. Die Technischen Regeln für Gefahrstoffe sprechen hier von „Substitution“, also dem Ersetzen eines Verfahrens oder eines Stoffes, auch eines Schutzgases, durch andere mit geringerer Gefahrstoffmenge oder geringerem Gefährdungspotential. Hier gibt es auch beim Schweißen verschiedene Ansatzpunkte.

4.1.1 Einsatz emissionsärmerer Verfahren

Als Erstes ist zu prüfen, ob emissionsärmere Verfahren eingesetzt werden können.

Folgende Substitutionen sind beispielsweise denkbar:

- UP-Schweißen statt MIG- / MAG-Schweißen,
- Automatisieren des Schweißprozesses führt zu einem stabileren Lichtbogen und damit zu geringeren Emissionen,
- Zuführen des Zusatzwerkstoffes außerhalb des Lichtbogens (ähnlich dem WIG-Schweißen, nur bei automatisierten Prozessen möglich),
- Widerstandsschweißen anstelle von Heften mittels MAG-Verfahren,
- Plasmaschneiden mit Wasserbadabdeckung statt Trockenschneiden.

4.1.2 Einsatz optimierter Prozessparameter

Aber auch wenn man das eingesetzte Verfahren nicht wechseln kann, bietet die Optimierung der Prozessparameter Potential, die Schweißrauchfreisetzung deutlich zu reduzieren und gleichzeitig das Schweißergebnis positiv zu beeinflussen.

Beim MSG-Schweißen stellen sich mit steigender Spannung und höherem Drahtvorschub bzw. Schweißstrom unterschiedliche Werkstoffübergänge, sogenannte Lichtbogenarten ein. Grundsätzlich kann hier zwischen dem Kurzlichtbogen mit kleinen Spannungen und dem Sprühlichtbogen mit hohen Spannungen unterschieden werden. Im Übergangsbereich vom Kurz- zum Sprühlichtbogen tritt der Übergangsbogen auf. Mit welcher Lichtbogenart geschweißt wird, ergibt sich aus der Schweißaufgabe und der dafür erforderlichen Abschmelzleistung.

Beim Kurzlichtbogen kommt es zu kurzzeitigen elektrischen Kurzschlüssen zwischen dem abschmelzenden Schweißdraht und dem Schmelzbad. Bei diesen Kurzschlüssen steigt der Schweißstrom stark an, bis die Kurzschlussbrücke schlagartig verdampft, was bei unregelmäßigen Prozessen zu verstärkter Spritzerbildung führt.

Im Sprühlichtbogen (Schweißstrom größer 200 A) tropft der Schweißdraht bereits oberhalb der Schmelze im Lichtbogen ab, ohne dass es dabei zu Kurzschlüssen kommt.

Zwischen diesen Lichtbogenarten gibt es einen Übergangsbereich, in dem beide vorher beschriebenen Vorgänge auftreten.

Beim Kurzlichtbogen ist die Schweißrauchfreisetzung generell von der Drahtvorschubgeschwindigkeit und damit der Abschmelzleistung abhängig. Aber auch die Anzahl der pro Zeiteinheit auftretenden Kurzschlüsse und die Lichtbogenlänge haben einen Einfluss. Sowohl ein zu kurzer als auch ein zu langer Lichtbogen führt bei gleicher Abschmelzleistung zu erhöhter Spritzerbildung und damit auch zu einer vermehrten Schweißrauchfreisetzung. Ein kurzer, aber trotzdem stabiler Lichtbogen sowie der Einsatz von Prozessregulvarianten mit kontrollierter Kurzschlussauflösung und/oder geminderter Energieeinbringung führen zur Reduzierung dieser Effekte.

Durch das Fehlen der Kurzschlüsse im Sprühlichtbogenbereich werden Spritzer zunächst reduziert. Die Schweißrauchfreisetzung ist bei einem stabili-

len Sprühlichtbogen mit kurzer Lichtbogenlänge sogar geringer als bei einem Übergangslichtbogen geringerer Abschmelzleistung. Im weiteren Verlauf steigt sie dann mit zunehmender Abschmelzleistung wieder an.

Hinsichtlich der Schweißrauchfreisetzung ist insbesondere der Übergangsbereich kritisch, weil – bezogen auf die Abschmelzleistung – hohe Emissionsraten resultieren. Ursache dafür sind die immer wieder auftretenden Kurzschlüsse und Prozessinstabilitäten in einem noch nicht stabil ausgebildeten Sprühlichtbogen.

Grundsätzlich ermöglicht der Einsatz des Impulslichtbogens (hochfrequente Stromimpulse auf einem reduzierten Grundstrom) die Reduktion von Schweißrauchfreisetzung, da er einen kontrollierten Tropfenübergang und somit einen stabileren Schweißprozess ermöglicht. Dies gilt insbesondere im Leistungsbereich des Übergangslichtbogens, aber auch für den Kurzlichtbogen und den unteren Leistungsbereich des Sprühlichtbogens. Hier können bei gleichzeitig hoher Schweißnahtqualität die Schweißrauchemissionen reduziert werden.

Schweißverfahren mit modernen, digital geregelten Prozessvarianten (typische Bezeichnungen sind u. a. „Cold Metal Transfer“, „Surface Tension Transfer“, „FOCUS.PULS“ oder „forceArc“) optimieren den Werkstoffübergang, stabilisieren den Prozess, verbessern qualitativ und quantitativ das Schweißergebnis und setzen dabei in der Regel auch weniger Schweißrauch frei. Derartige, geregelte bzw. modifizierte Prozessvarianten nutzen zum Teil die Impulstechnologie und stehen in allen Leistungsbereichen für eine Vielzahl von Anwendungen zur Verfügung.

Hinweise zur Prozessoptimierung liefern viele Schweißgerätehersteller, weitere Hinweise enthält auch das Merkblatt DVS 0973-1 [5].

4.1.3 Einsatz anderer Zusatzwerkstoffe und / oder Gase

Zur Reduzierung von kritischen Schweißrauchbestandteilen, wie z. B. Mangan, ist es sinnvoll, die Legierung des Zusatzwerkstoffes dahingehend zu

prüfen, ob die betreffenden Legierungsbestandteile für die Schweißaufgabe in dieser Konzentration erforderlich sind oder ob ein Schweißdraht mit z. B. geringerem Mangangehalt eingesetzt werden kann.

Ersetzt man das beim Schweißen von Baustahl verbreitet eingesetzte Schutzgas mit einem Argon-Anteil von 82 % und 18 % CO₂ z. B. durch eine Kombination von 92 % Argon und 8 % CO₂, so lässt sich allein durch diese Maßnahme die Schweißrauchmenge um etwa 30 % reduzieren. Dabei ergeben sich insbesondere bei geringer Reduzierung des CO₂-Anteils nicht zwangsläufig Nachteile in Hinblick auf das Schweißergebnis.

Nähere Hinweise hierzu liefern viele Hersteller von Schweißzusätzen und Gasen.

4.2 Technische Maßnahmen

Eine Ausbreitung der Schweißrauche und -gase über den Arbeitsbereich hinaus soll zum Schutz der Schweißfachkraft und anderer Beschäftigter vermieden werden, soweit dies nach dem Stand der Technik möglich ist. Ziel ist die Einhaltung der Grenzwerte und anderer Beurteilungsmaßstäbe.

Dafür sind diese Emissionen möglichst direkt an ihrer Entstehungs- bzw. Austrittsstelle zu erfassen. Eine direkte Absaugung erfasst die Schweißrauche und somit auch Schweißgase, bevor diese in den Atembereich der Schweißfachkraft gelangen können. Hierfür können verschiedenste Erfassungseinrichtungen verwendet werden (siehe Bild 4). Darüber hinaus bietet hierzu der VDMA-Leitfaden „Erfassen luftfremder Stoffe – Frische Luft am Arbeitsplatz“ [6] weitere Informationen. Lüftungsverfahren ohne solche Erfassungseinrichtungen wie z. B. die Hallenlüftung, sind gemäß TRGS 528 Kapitel 4.4.2. [2] bei Schweißarbeiten von Hand als alleinige Schutzmaßnahmen nicht zulässig.

Die benötigte Luftmenge für eine ausreichende Erfassung nimmt mit dem Abstand zur Schweißstelle zu. Zur Bereitstellung dieser Luftmengen

sind an den Erfassungseinrichtungen konstruktionsbedingt unterschiedliche Unterdrücke erforderlich. Je nach erforderlicher Luftmenge und Unterdruck ist ein geeignetes Absaugsystem zu verwenden.

Hinweise zur Auslegung der Luftmenge an verschiedenen Erfassungseinrichtungen gibt die Norm DIN EN ISO 21904 Teil 1 und Teil 4 [7; 8].

4.2.1 Brennerintegrierte Absaugung

Für eine Erfassung des Schweißrauchs unmittelbar an der Entstehungsstelle sind Schweißbrenner mit integrierter Absaugdüse erhältlich (siehe Bild 5). Brennerintegrierte Absaugungen benötigen wegen ihrer unmittelbaren Nähe zur Schweißstelle im Vergleich zu anderen Erfassungssystemen geringste Volumenströme. Es ist kein zusätzliches Nachführen der Erfassungseinrichtung

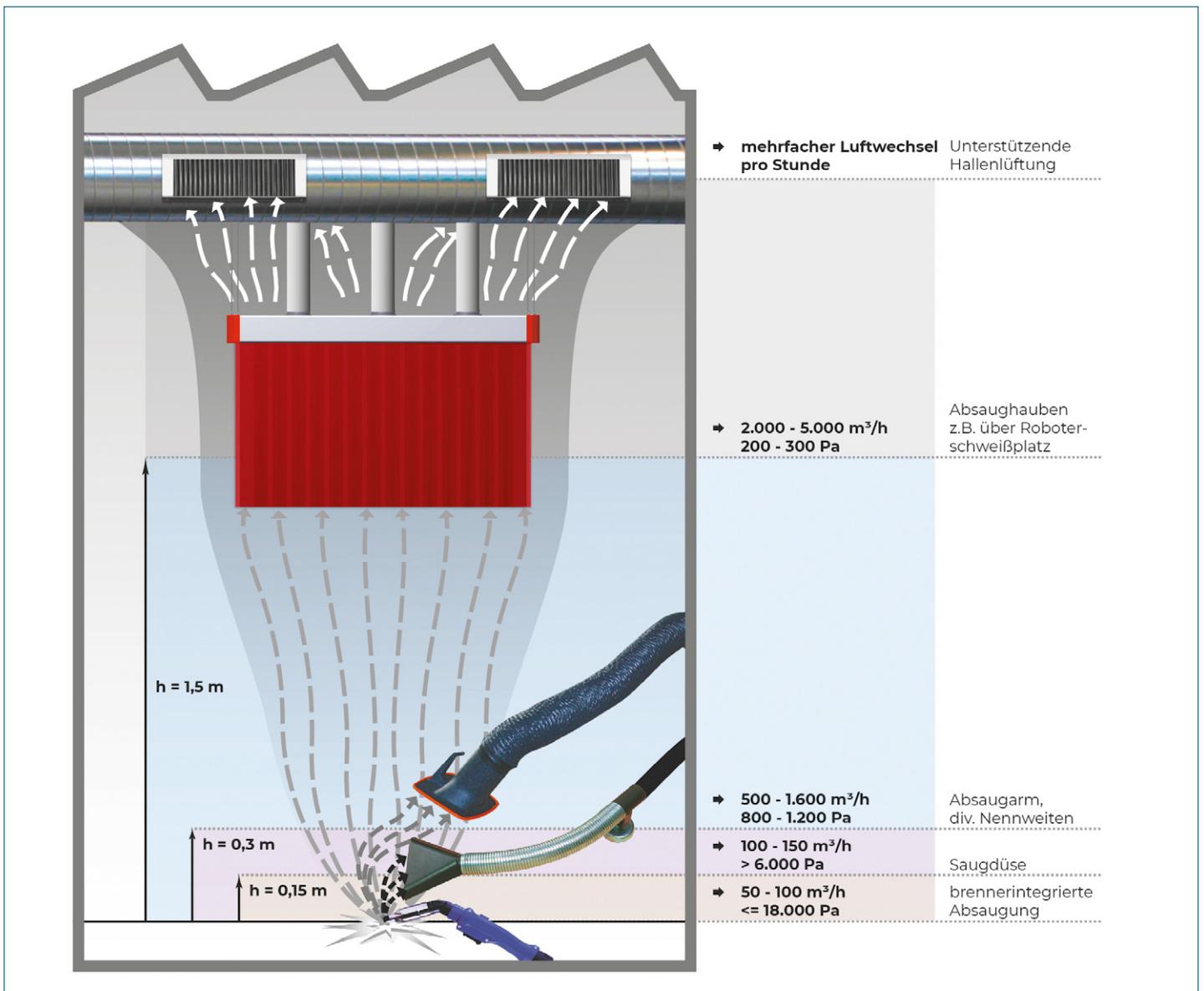


Bild 4: Schematische Darstellung von Möglichkeiten zur Schweißraucherfassung



Bild 5: Schweißbrenner mit integrierter Absaugdüse
Quelle: ENGMAR SAS



Bild 6: Absaugung mittels Saugdüse

Quelle: ENGMAR SAS

notwendig. Je nach konstruktiver Ausführung und Schweißaufgabe ist ein Volumenstrom von 50 bis 100 m³/h bereitzustellen. Der Volumenstrom ist so zu dimensionieren, dass die Schutzgasatmosphäre nicht beeinträchtigt wird. Dafür sind sehr hohe Unterdrücke bis 18 000 Pa im Bereich des Anschlussstückes erforderlich. Angaben dazu liefert der Hersteller des Absaugbrenners. Eine gute Übersicht über die Zusammenhänge liefert das Merkblatt DVS 1208 [9]. Nachteile bei der Handhabung des Systems kann es aufgrund der Geometrie des Schweißbrenners und des Schlauchpaketes bei einigen Schweißpositionen geben. Auch können Nachrauche mit der brennerintegrierten Absaugung nur bedingt erfasst werden.

4.2.2 Absaugung mittels Saugdüse

Durch den Einsatz von trichter- oder schlitzförmigen Saugdüsen (siehe Bild 6) ist die Schweißrauchfassung bis zu einem Abstand von ca. 150 mm möglich. Die Absaugdüse wird in der Regel durch Magnete in ihrer Position gehalten. Der Anschluss an das Absaugsystem erfolgt über Schläuche üblicherweise mit einer Nennweite von ca. 50 mm. Erforderlich ist ein Volumenstrom von ca. 100 bis 150 m³/h bei einem relativen Unterdruck im Absaugsystem von ca.

6 000 Pa. Wegen der geringen Saugreichweite der Düse wird der Rauch nur in einem begrenzten Bereich erfasst. Sie wird vorwiegend an stationären Schweißpositionen eingesetzt. Für die Schweißung an unterschiedlichen Stellen muss sie neu positioniert werden.

4.2.3 Absaugung mittels Absaugarm

In der Praxis werden Absaugarme am häufigsten eingesetzt. Die Schweißrauchfassung erfolgt über trichterförmige Saugdüsen bzw. Düsenplatten (siehe Bild 7) und flexible Absaugarme mit Nennweiten bis ca. 200 mm und in Längen bis etwa 10 m. Durch ihre Bauart sind die Absaugarme frei positionierbar und behalten die eingestellte Position freitragend bei. Je nach Form und Größe der Erfassungseinrichtung sind zur Schweißrauchfassung Volumenströme von bis zu 1 600 m³/h bei einem Unterdruck von etwa 800 bis 1 200 Pa erforderlich. Mit den Systemen werden Schweißrauche auch in einem Abstand von etwa 300 bis 400 mm bei korrekter Positionierung noch gut erfasst. Dabei sollte die Erfassungseinrichtung so positioniert werden, dass der Schweißrauch aus dem Atembereich der Person ferngehalten wird. Achten sollte man auf die Leichtgängigkeit der Absaugarme. Leichtgängige



Bild 7: Absaugung mittels Absaugarm
Quelle: Nederman GmbH



Bild 8: Absaugtisch mit Absaugwand

Quelle: Nederman GmbH

Absaugarme erleichtern die Anwendung und verbessern die Akzeptanz bei Schweißenden wesentlich. Sinnvoll ist auch die Ausrüstung der Erfassungseinrichtung mit einer Beleuchtung. Sie verbessert nicht nur die Lichtverhältnisse im Arbeitsbereich, sondern sorgt auch für ein Nachführen der Erfassungseinrichtung durch die Schweißfachkraft. Eine wirksame Erfassung mittels Absaugarmen erfordert eine regelmäßige Nachführung der Erfassungseinrichtung entlang des fortschreitenden Schweißprozesses.

4.2.4 Absaugung mittels Absaugtisch und -wand

Absaugtische eignen sich besonders dann, wenn verschiedene bearbeitende Prozesse am selben Arbeitsplatz vorgenommen werden. Bei Absaugtischen wird die belastete Luft nach hinten und/oder nach unten abgesaugt (siehe Bild 8). Eine reine Absaugung nach unten eignet sich eher für thermische Schneidprozesse.

Die Absaugung von durch Thermik aufsteigenden Schweißrauchen ist mit nach unten abgesaugten Absaugtischen nur eingeschränkt für kleine bis mittlere bzw. flache Werkstücke möglich. Eine Verbesserung der Erfassung wird durch eine zusätzliche Absaugwand erzielt.

Absaugwände saugen den Schweißrauch an der Rückwand des Schweißarbeitsplatzes ab. Dabei wird die Emission vom Umfeld abgegrenzt. Der erforderliche Volumenstrom hängt von der Größe des Tisches ab.

4.2.5 Absaugung mittels Absaughaube

Diese Art der Gefahrstofferrfassung wird typischerweise für die Absaugung an Roboter-Schweißplätzen und sonstigen automatisierten Schweißprozessen eingesetzt. Die Schweißrauche gelangen durch den thermischen Auftrieb in den Erfassungsbereich der Absaughaube (siehe Bild 9). An den Hauben können zusätzlich seitliche Lamellenvorhänge angebracht sein, die den Einfluss von Störströmungen (z. B. unkontrollierte Luftströmungen im Raum) reduzieren und somit die Schweißraucherrfassung verbessern.

Größe und Form der Absaughaube richten sich nach dem jeweiligen Arbeitsbereich. Der Volumenstrom ist so zu bemessen, dass der gesamte von der Schweißstelle ausgehende Thermikstrom erfasst wird.



Bild 9: Absaughaube

Quelle: ENGMAR SAS

Für manuelle Schweißprozesse eignet sich dieses System kaum, da es die Gefahrstoffbelastung im Atembereich der Schweißfachkraft nicht reduziert.

4.2.6 Absaugung mittels Einhausung

Einhausungen werden vornehmlich bei Schweißrobotern zum Schutz der umliegenden Arbeitsplätze vor Schweißrauchemissionen eingesetzt (siehe Bild 10). Die Erfassung erfolgt über Wandabsaugungen oder Anschlüssen in der Decke der Einhausung.

Die abzusaugende Luftmenge bestimmt sich z. B. über den erforderlichen Luftwechsel oder die Nachströmgeschwindigkeit über offene Flächen, um einen Austritt der Gefahrstoffe aus der Einhausung zu verhindern. Hinweise zur Auslegung finden sich im VDMA-Leitfaden „Erfassen luftfremder Stoffe – Frische Luft am Arbeitsplatz“, Kapitel 7.1 Geschlossene Bauart [6].

Nachteil ist die verringerte Zugänglichkeit zum Arbeitsplatz. Auch muss die Situation beim Ein- und Ausschleusen von Werkstücken beachtet werden.

4.2.7 Unterstützende Hallenlüftung

Hallenlüftungen können zur Unterstützung der o. g. Erfassungen eingesetzt werden und schützen benachbarte Arbeitsplätze, indem die Konzentration nicht erfasster Gefahrstoffe reduziert wird. Man unterscheidet grundsätzlich zwischen Schichtlüftung und Mischlüftung. Abgesaugt wird zumeist in einer Höhe von 4 m bis 6 m. Bei beiden Verfahren erfolgt die Absaugung der Schweißrauche eher zufällig. Die lufttechnischen Anlagen werden vorwiegend aus energetischen Gründen im Umluftbetrieb oder mit Wärmerückgewinnung betrieben. Siehe dazu auch Hinweise in TRGS 528, Nr. 4.5, Absätze (5) und (6) [2]. Das pro Stunde umzuwälzende Luftvolumen beträgt in der Regel ein Mehrfaches des Hallenvolumens. Darüber hinaus ist Kapitel 6.2 dieses Leitfadens zu beachten. Berechnungsgrundlagen zur Auslegung von Hallenlüftungen finden sich u. a. in der VDI/DVS 6005 [10].



Bild 10: Einhausung eines Schweißroboters

Quelle: TEKA Absaug- und Entsorgungstechnologie GmbH

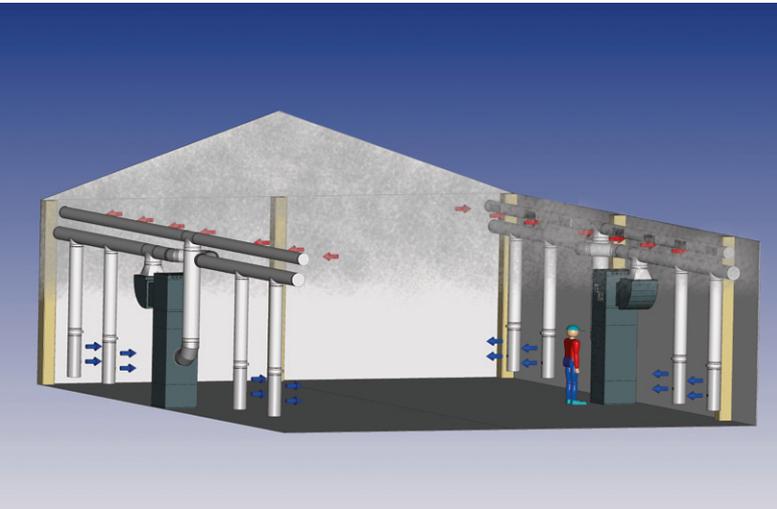


Bild 11: Schematische Darstellung der Schichtlüftung
Quelle: TEKA Absaug- und Entsorgungstechnologie GmbH

Bei der Schichtlüftung (siehe Bild 11) wird die Zuluft dem Raum im Bereich der Schweißplätze durch bodennahe Quellauslässe impulsarm zugeführt. So wird der Auftrieb der Schweißrauche unterstützt und die Schweißrauche aus dem Umfeld der Quellauslässe verdrängt. Das führt zu einer spürbar besseren Luftqualität im Umfeld der Quellauslässe.

Bei der Mischlüftung (siehe Bild 12) wird die gereinigte Zuluft dem Raum über Lüftungsgitter oder Weitwurfdüsen im oberen Hallenbereich zugeführt. Hierdurch wird eine Durchmischung der Hallenluft und eine Absenkung der Gefahrstoffkonzentration bewirkt.

Die Notwendigkeit einer unterstützenden Hallenlüftung ist im Einzelfall anhand von Einzelplatzmessungen hinsichtlich Gefahrstoffen zu prüfen und die Hallenlüftung entsprechend auszulegen. Ein Verschleppen von Gefahrstoffen in unbelastete, benachbarte Arbeitsbereiche ist dabei zu vermeiden.

4.2.8 Belüften von engen Räumen

Enge Räume besitzen aufgrund ihres geringen Raumvolumens für die Schweißfachkraft ein erhöhtes Gefährdungspotential (siehe Bild 13). Es ist neben der direkten Absaugung der



Bild 12: Schematische Darstellung der Mischlüftung
Quelle: KEMPER GmbH

Gefahrstoffe für eine ausreichende Belüftung zu sorgen. Näheres regelt die DGUV Regel 113-004 [11].

Direkte Absaugungen können wie in den vorhergehenden Punkten ausgeführt werden. Um die Belüftung zu unterstützen, sollte die gefilterte Luft aus dem engen Raum abgeführt werden.



Bild 13: Schweißen in engen Räumen
Quelle: TEKA Absaug- und Entsorgungstechnologie GmbH

4.3 Organisatorische Maßnahmen

Verschiedene organisatorische Maßnahmen können die Belastung mit Schweißrauchen verringern.

4.3.1 Vorbereitung der Werkstücke

Neben dem Zusatzwerkstoff können Emissionen auch aus etwaigen Beschichtungen oder Anhaftungen auf dem Grundwerkstoff entstehen. Um Emissionen zu reduzieren und die Qualität der Schweißnähte zu verbessern ist es daher ratsam, Oberflächenbeschichtungen sowie Rückstände von z. B. Kaltreinigern im Bereich der Schweißnaht zu entfernen.

4.3.2 Prüfung der Absauganlage

Die Funktionsfähigkeit einer Absauganlage kann sich mit der Zeit durch Leckagen, verschlissene Filterelemente oder ähnliche Abnutzungserscheinungen verschlechtern. Um die Absauganlage in einem technisch einwandfreien Zustand zu halten, wird deshalb in der TRGS 528 [2] eine jährliche Prüfung vorgeschrieben. Dabei werden vor allem abgesaugte Volumenströme, Luftgeschwindigkeiten in Rohrleitungen sowie der Zustand von eingesetzten Filterelementen, Abreinigungseinrichtungen, usw. geprüft (siehe auch DIN EN ISO 21904-1 [7]). Die Prüfung der Absauganlage ist sowohl bei der Inbetriebnahme als auch mindestens jährlich durch eine befähigte Person (gemäß DGUV Regel 109-002 [12]) durchzuführen und zu dokumentieren.

Die Wirksamkeit einer Absauganlage ist darüber hinaus von deren bestimmungsgemäßer Verwendung abhängig. Anwenderinnen und Anwender benötigen deshalb Wissen über die Handhabung der Absauganlage und die Positionierung der Erfassungseinrichtung.

4.3.3 Räumliche und zeitliche Abgrenzung der Arbeiten

Um andere Arbeitsplätze und Beschäftigte nicht zu kontaminieren ist es sinnvoll, Schweißarbeiten räumlich und zeitlich zusammenzufassen und/oder abzugrenzen. Je nach räumlicher Anordnung

und zeitlicher Organisation der durchzuführenden Schweißprozesse lassen sich die Expositionen gegenüber Dritten so reduzieren.

Unter räumlicher Abgrenzung versteht man auch, dass Bereiche, in denen schweißtechnische Arbeiten durchgeführt werden, nur denjenigen Beschäftigten zugänglich sind, die dort Arbeiten ausführen. Dies gilt nicht nur für manuelle Schweißarbeitsplätze, sondern auch für automatisierte und robotisierte Arbeitsplätze.

Sind schweißtechnische Arbeiten nur ein Teil der Tätigkeiten einer Arbeitsschicht, dann können die Expositionen der Schweißfachkräfte reduziert werden, indem diese zeitlich zusammengefasst werden.

Bei schweißtechnischen Arbeiten mit hohen Emissionen kann die Exposition zusätzlich reduziert werden, wenn diese am Ende des Arbeitstages durchgeführt werden.

4.3.4 Arbeitsposition

Die Erfassung der Schweißrauche ist dann am wirkungsvollsten, wenn unter Berücksichtigung der sich einstellenden Thermik die schweißtechnischen Arbeiten innerhalb des Erfassungsbereiches erfolgen. Um ein Einatmen des Schweißrauches zu verhindern, sollte sich das Gesicht der Schweißfachkraft außerhalb dieses Bereichs befinden.

Mit dreh- und schwenkbaren Arbeitstischen kann die Position der schweißtechnischen Arbeiten in den Bereich der Absaugung verstellt werden. Dies kann auch die Ergonomie für die Schweißfachkraft verbessern.

4.3.5 Nahrungs- oder Genussmittel am Arbeitsplatz

Die Aufbewahrung oder der Konsum von Nahrungs- oder Genussmitteln an oder in der Umgebung von Schweißarbeitsplätzen kann zu einer zusätzlichen Aufnahme der Gefahrstoffe führen. Deshalb sind gemäß TRGS 400 [13] gesonderte Pausenräume einzurichten, die von den Beschäftigten aufzusuchen sind.

4.3.6 Reinigung des Arbeitsplatzes

Die nicht erfassten Schweißrauchpartikel setzen sich an Oberflächen ab und können durch eine Reinigung der Arbeitsplätze beseitigt werden.

Trockenes Kehren oder Abblasen dieser Ablagerungen mit Druckluft führen zu einer Aufwirbelung und sind deshalb generell nicht zulässig. Dies gilt auch für die Reinigung der Arbeitskleidung.

Die Reinigung kann mit Feucht- oder Nassverfahren oder saugenden Verfahren erfolgen. Hierfür sind gemäß TRGS 528 [2] geeignete und geprüfte Industriestaubsauger oder Kehrsaugmaschinen zu verwenden, die dem Stand der Technik entsprechen. Bei nicht-krebserzeugenden Gefahrstoffen sind Industriestaubsauger der Staubklasse M, bei krebserzeugenden Gefahrstoffen Industriestaubsauger der Staubklasse H einzusetzen (gemäß DIN EN 60335-2-69 Annex AA [14])

4.3.7 Arbeitskleidung

Um eine Verschleppung der Gefahrstoffe in andere Bereiche wie z. B. Pausen- und Bereitschaftsräume sowie Privaträume zu vermeiden, sollte die mit Schweißrauch kontaminierte Arbeitskleidung hier nicht getragen werden. Deshalb ist gemäß TRGS 528 [2] kontaminierte Kleidung gesondert aufzubewahren und muss im Betrieb verbleiben. Hierfür hat der Betreiber z. B. einen Doppelspind zur Verfügung zu stellen. Ferner ist er für die sachgemäße Reinigung verantwortlich.

4.4 Persönliche Schutzausrüstung

Trotz aller getroffenen Maßnahmen können noch Restgefahren bestehen, die den Einsatz einer persönlichen Schutzausrüstung erforderlich machen. Bei ungenügender Erfassung und je nach Arbeitsposition kann für die Schweißfachkraft ein Schweißhelm mit Frischluftversorgung als persönliche Schutzmaßnahme erforderlich sein (siehe Bild 14).

Schweißhelme mit Belüftung sind mit einer separaten Frischlufteinheit verbunden, die an der Hüfte oder auf dem Rücken getragen wird. Dort saugt sie geringer belastete Luft an und filtert diese, bevor sie über einen Schlauch ins Innere des Helms geleitet wird. Nachteil ist, dass Personen in der Umgebung nicht geschützt sind.



Bild 14: Schweißhelm mit Belüftung

Quelle: optrel AG

5 Abscheiden von Schweißrauch / Filtertechnik

Für die Abscheidung von Schweißrauchen sind geeignete Filtersysteme einzusetzen. Zur Abscheidung von gasförmigen Schadstoffen können beispielsweise Adsorptionsfilter verwendet werden.

5.1 Abscheiden von Partikeln

Schweißrauche werden mit Hilfe von filternden Abscheidern aus der Luft entfernt. Hierzu wird die zu reinigende Abluft durch ein poröses Filtermedium geleitet, in dem die in der Luft enthaltenen Feststoffpartikel aufgrund verschiedener Mechanismen auf oder in dem Filtermedium zurückgehalten werden.

Die zur Abscheidung von Schweißrauchen am häufigsten verwendeten Filtermedien sind Cellulose, Polyester oder Polyethylen. Diese werden in Form von Faservliesstoffen oder gesinterten Starkkörpern eingesetzt.

Zum Einsatz kommen speichernde oder abreinigbare Filterelemente. Zur Vergrößerung der Filteroberfläche sind die Filtermedien typischerweise in gefalteter Form ausgeführt.

5.1.1 Speichernde Filterelemente

Bei geringen Staubmengen, in sporadischen Anwendungen oder als nachgeschaltete Filter (Polizeifilter, insbesondere für die Reinlufrückführung), werden nicht-abreinigbare Filterelemente eingesetzt. Diese Speicherfilter scheiden die Rauchpartikel in der Regel im Innern des Filtermediums dauerhaft ab, bis ein maximaler Druckverlust erreicht ist. Die Filterelemente sind durch neue zu ersetzen und die gebrauchten fachgerecht zu entsorgen.

Die übliche Bauform ist ein Kassettenfilter (siehe Bild 15), dessen Filtermedium meist ein Glasfasermaterial ist und das einen sehr hohen Abscheidegrad aufweist. Diesem kann je nach Anwendung ein Taschenfilter (siehe Bild 16) vorgeschaltet sein, das in der Regel aus polymeren Faserwerkstoffen besteht und eine hohe Staubspeicherfähigkeit besitzt.

Die Abscheideleistung von nicht-abreinigbaren Filtern (Speicherfilter) wird durch eine Filterklassifizierung nach DIN EN ISO 16890-1 [15] angegeben. Hier werden Abscheidegrade für einzelne Feinstaubfraktionen angegeben, wie sie auch von der World Health Organization (WHO) oder dem



Bild 15: Beispiel eines Kassettenfilters

Quelle: Freudenberg FT GmbH



Bild 16: Beispiel eines Taschenfilters

Quelle: Freudenberg FT GmbH



Bild 17: Schematische Darstellung bestaubter Filterelemente vor, während und nach der Filterabreinigung

Quelle: AL-KO THERM GMBH

Umweltbundesamt anerkannt und verwendet werden. Dabei handelt es sich in der Regel um Schwebstofffilter (EPA/HEPA), deren Abscheideleistung nach DIN EN 1822-1 [16] bzw. ISO 29463-1 [17] bestimmt wird.

5.1.2 Abreignbare Filterelemente

Bei größeren Staubmengen werden abreignbare Oberflächenfilter eingesetzt. Häufig werden hierfür Filtermedien verwendet, die mit einer permanenten, feinstfiltrierenden Oberfläche oder Beschichtung (z. B. PTFE-Membran, PTFE-Beschichtung oder Nanofaserauflage) veredelt sind, um einen dauerhaft hohen Abscheidegrad bei niedrigem Druckverlust im Betrieb zu erreichen. Bereits nach kurzer Filtrationsdauer übernimmt der auf der Filteroberfläche gebildete Staubkuchen die Aufgabe des Abscheiders. Wegen des steigenden Durchströmungswiderstandes muss der sich aufbauende Staubkuchen nach bestimmten Zeitintervallen oder bei Erreichen einer bestimmten Druckdifferenz abgereinigt werden. Die Partikelabscheidung findet dabei überwiegend an der Oberfläche statt. Durch die Abreinigung (siehe Bild 17) wird eine deutlich längere Filterstandzeit generiert.

In manchen Fällen werden Additive (z. B. aus Kalkstein oder Kieselsäure) einmalig oder periodisch auf die Filteroberfläche aufgebracht, um die Filtration bezüglich Partikelabscheidung und Abreinigung zu verbessern oder um die Filterelemente vor direktem Kontakt mit klebrigen oder feuchten Bestandteilen des Schweißrauchs zu schützen.

Die Filterelemente können liegend, hängend oder stehend montiert sein.

Übliche Bauformen von abreignbaren Filterelementen (siehe Bilder 18 und 19):

- Filterpatronen (zylindrisch, oval) mit gefaltetem Filtermaterial (siehe Bild 18)
- Filterplatten (flächig) mit gefaltetem Filtermaterial (siehe Bild 19)
- Filterkerzen (zylindrisch) mit nicht-gefaltetem Filtermaterial

Die Wirksamkeit von abreignbaren Filtern wird üblicherweise durch eine Staubklasse angegeben, die in einem Prüfverfahren nach DIN EN 60335-2-69 Annex AA [14] bestimmt wird.



Bild 18: Beispiel einer Filterpatrone Quelle: KEMPER GmbH



Bild 19: Beispiel einer Filterplatte

Quelle: Herding GmbH Filtertechnik

Nach dem Stand der Technik werden bei der Abscheidung von Schweißrauchen Filtermedien eingesetzt, die mindestens die Staubklasse M erreichen.

Weitere Detailinformation gibt die VDMA-Luftfilterinformation (2019-10) „Filterklassen der Raumluft- und Entstaubungstechnik im Überblick“ [18].

5.2 Abscheiden von Gasen

Neben den Partikeln können bei schweißtechnischen Verfahren auch gasförmige Stoffe entstehen, die sich in der Umgebungsluft anreichern. In der Praxis ist das Ausfiltern der Gase bzw. gasförmigen Schadstoffe, die beim Schweißen freigesetzt werden, z. B. Stickstoffoxide, nur bedingt möglich.

Zur Beseitigung von Geruchsbelästigungen durch Pyrolyseprodukte wie sie beim Schweißen von z. B. kunststoffbeschichteten Werkstücken entstehen, kann die Anwendung von Gasfiltern sinnvoll sein. In diesen Filtern werden die Gase durch

Adsorption / Chemisorption aus der Luft abgetrennt. Dabei durchströmt die zu reinigende Luft eine Schüttung aus Materialien wie z. B. Aktivkohle, imprägniertes Aluminiumoxid oder Zeolithe. Die Schadgasmoleküle werden im Adsorbens gebunden.

5.3 Filtergeräte

Je nach erforderlichem Absaugvolumenstrom gibt es unterschiedliche Bauformen und Baugrößen von Filtergeräten. Alle sind vom Prinzip her gleich aufgebaut. Sie bestehen aus einem Gehäuse aus Metall oder Kunststoff, welches den Rohluftraum und den Reinluftraum umschließt. Am Übergang sind die Filterelemente so eingebaut, dass der Rohluft- gegen den Reinluftraum abgedichtet ist und der Luftstrom sicher und ohne Leckagen durch die Filterelemente geleitet wird. Ein Unterdruckerzeuger (häufig Ventilator) sorgt für den erforderlichen Unterdruck zur Erzeugung des Absaugvolumenstroms. Der staubbeladene Rohluftstrom tritt in das Filtergehäuse auf der Rohluftseite ein und durchströmt die Filterelemente.

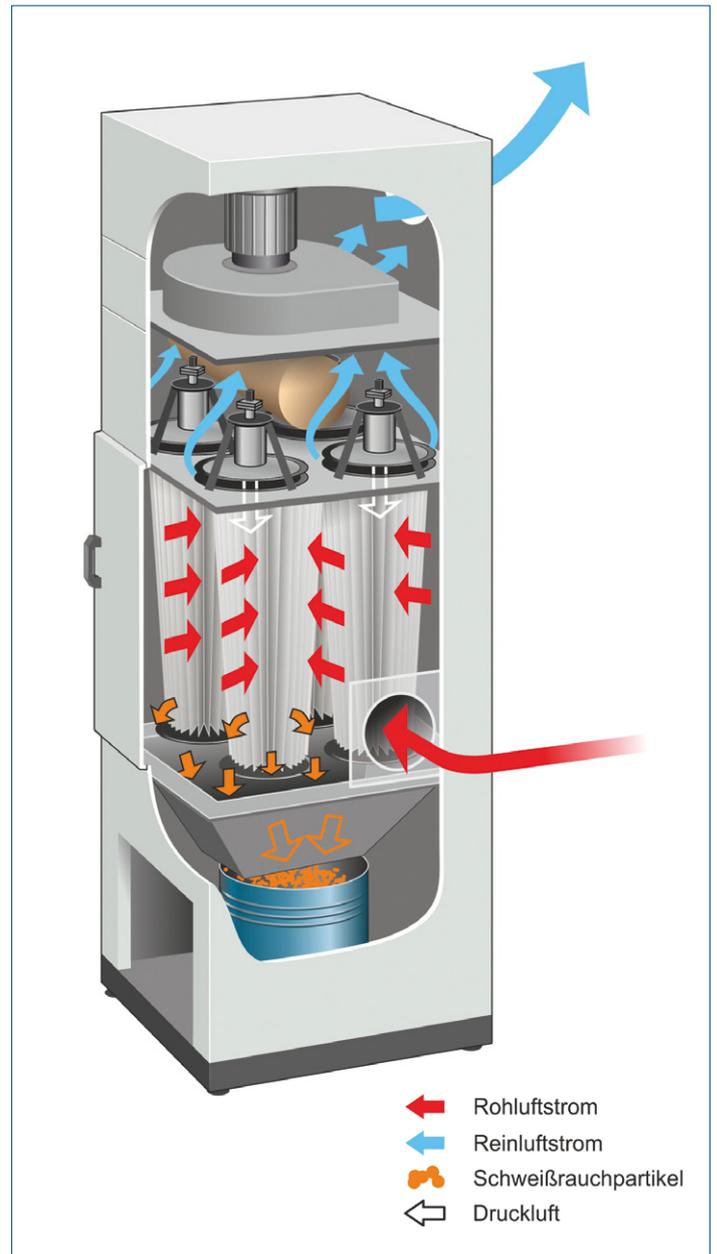
Am Filterelement wird der Staub abgeschieden und führt zu einem Ansteigen des Durchströmungswiderstandes, was ein gleichzeitiges Abnehmen des Volumenstromes bewirkt.

Beim Einsatz von speichernden Filterelementen sind beim Unterschreiten eines Mindestluftvolumenstroms die beladenen Filterelemente (siehe Bild 20) durch neue zu ersetzen und fachgerecht zu entsorgen.

Bei Verwendung von abreinigbaren Filterelementen (siehe Bild 21) wird der sich aufbauende Staubkuchen durch den Abreinigungsvorgang minimiert oder von der Filteroberfläche entfernt. Dadurch steigt der Volumenstrom wieder an. Für die Abreinigung stehen verschiedene Techniken zur Verfügung, wie z. B. Druckstoß oder Rotationsdüsen mittels Druckluft, Rütteln, Klopfen.

Die Abreinigung erfolgt zeittakt- oder differenzdruckgesteuert und ermöglicht eine höhere Standzeit der Filterelemente.

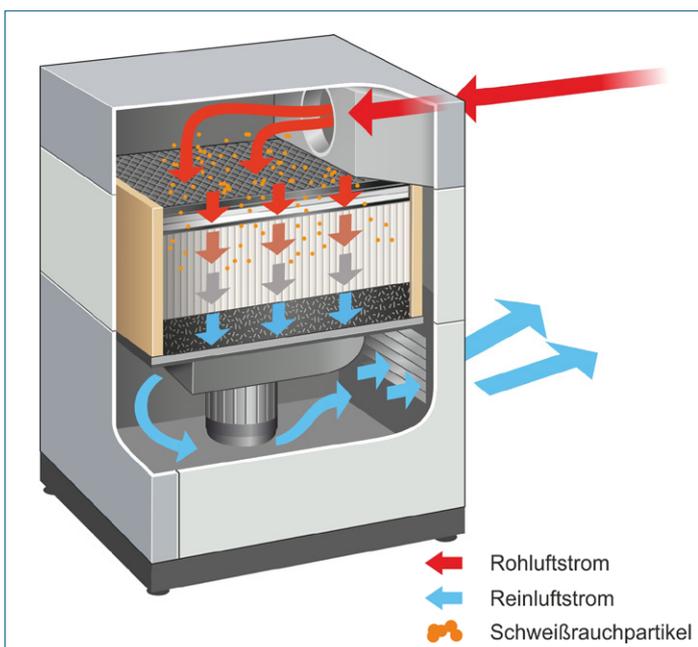
Die von Partikeln gereinigte Luft verlässt über optionale Gasfilter das Filtergerät.



- ← Rohluftstrom
- ← Reinluftstrom
- ← Schweißrauchpartikel
- ← Druckluft

Bild 21: Schematische Darstellung eines Filtergeräts mit abreinigbaren Filterelementen

Quelle: ULT AG



- ← Rohluftstrom
- ← Reinluftstrom
- ← Schweißrauchpartikel

Bild 20: Schematische Darstellung eines Filtergeräts mit speichernden Filterelementen
Quelle: ULT AG

6 Reinluftführung

Kapitel 6 ist unter Berücksichtigung der Informationen des VDMA-Leitfadens „Lufrückführung bei der Absaugung von Rauch und Staub“ [19] zu betrachten (siehe Bild 22).

Die Reinluft aus dem Filtergerät kann unter Einhaltung der Auflagen des Arbeitsschutzes in den Arbeitsraum zurückgeführt (Reinlufrückführung) oder unter Einhaltung der Auflagen des Umweltschutzes ins Freie abgeführt werden (Fortluftführung).

Hierbei unterscheiden sich die Vorschriften je nach Gefährdungspotential der vorliegenden Gefahrstoffe.

6.1 Reinlufrückführung

Bei der Reinlufrückführung ist die Konzentration von Gefahrstoffen, die nicht abgeschieden wurden, zu berücksichtigen.

Hervorzuheben ist insbesondere die Unterscheidung von abgesaugter Luft, die KMR-Stoffe enthält oder enthalten kann von solcher, die keine KMR-Stoffe enthält.

Damit durch die Reinlufrückführung von abgesaugter Luft ohne KMR-Stoffe die Konzentration der Gefahrstoffe im Arbeitsbereich nicht wesentlich erhöht wird, soll die Konzentration des Gefahrstoffs in der rückgeführten Luft 1/5 des entsprechenden Grenzwertes nicht übersteigen (DGUV Regel 109-002 [12]).

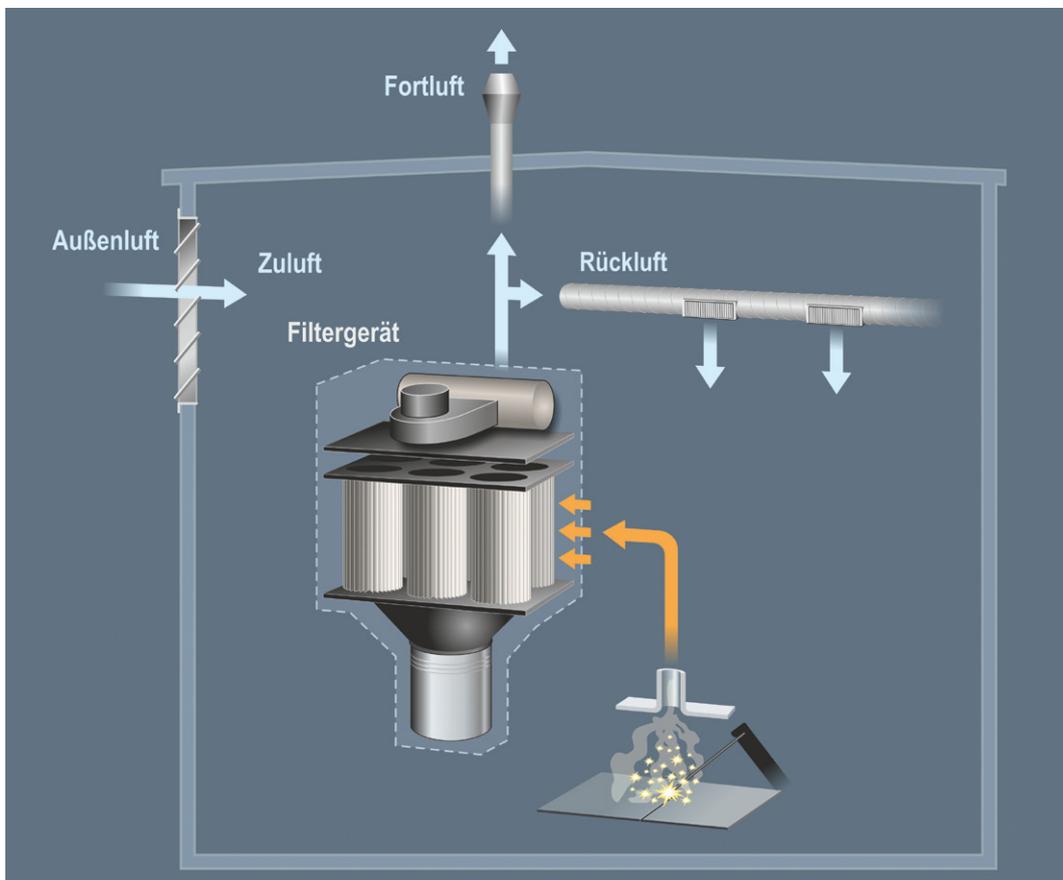


Bild 22: Luftführung und Stoffströme bei der Schweißrauchabsaugung

Quelle: ULT AG

Die Rückführung von abgesaugter Luft, die KMR-Stoffe enthält, ist in Deutschland generell verboten (§10 GefStoffV [4]). Es gibt jedoch Ausnahmen von diesem Verbot. Bezogen auf schweißtechnische Arbeiten sind die für Deutschland geltenden Regelungen der Luftrückführung in der TRGS 528, Kapitel 4.5 [2] aufgeführt. Demnach darf die abgesaugte Luft an Arbeitsplätzen, an denen Schweißarbeiten oder verwandte Verfahren mit Emission von krebserzeugenden, erbgutverändernden oder reproduktionstoxischen Stoffen durchgeführt werden (insbesondere bei Verwendung von chrom- und nickelhaltigen Werkstoffen) grundsätzlich nicht zurückgeführt werden. Nach Möglichkeit ist die abgesaugte Luft in diesen Fällen im Fortluftbetrieb zu führen, z. B. bei stationären Arbeitsplätzen. Wenn Schweißrauchabsaugergeräte mit Reinluftrückführung betrieben werden müssen, z. B. bei mobilen Arbeitsplätzen, dürfen nur behördlich oder von den Trägern der gesetzlichen Unfallversicherung anerkannten Verfahren verwendet werden, die nach DIN EN ISO 21904 Teile 1 und 2 [7; 20] geprüft wurden und mit W3 gekennzeichnet sind“ (TRGS 528 Kap. 4.5 Abs. 4 [2]).

Die Norm DIN EN ISO 21904 Teil 1 [7] beinhaltet allgemeine Anforderungen an Einrichtungen zum Erfassen und Abscheiden von Schweißrauch. Teil 2 beschreibt ein Verfahren zur Ermittlung des Abscheidegrades. Der Abscheidegrad beschreibt den Masseanteil der abgesaugten Partikel, der am Filter abgeschieden wird. Bei der W3-Zertifizierung wird die Konformität mit den Anforderungen beider genannten Normenteile überprüft, wobei der Abscheidegrad größer als 99 % sein muss. Die W3-Zertifizierung berücksichtigt dabei sowohl das Absauggerät als auch die installierten Filterelemente. Werden andere Filterelemente im Gerät verwendet, verliert die W3-Zertifizierung ihre Gültigkeit.

Die Normenreihe DIN EN ISO 21904 hat die Normenreihe DIN EN ISO 15012 ersetzt. Ältere Geräte, die noch auf Grundlage der DIN EN ISO 15012 zertifiziert wurden, dürfen weiterbetrieben werden.

Jede Reinluftrückführung erfordert auch die Zufuhr von „schadstofffreier“ Zuluft (in der Regel Außenluft), da gasförmige Gefahrstoffe in der Regel von den Filtergeräten nicht abgeschieden werden und es mit der Zeit zu einer Erhöhung der Konzentrationen dieser Stoffe im Arbeitsbereich kommen würde. Um dies zu verhindern, ist bei E-Schweißplätzen ein Mindestaußenluftvolumenstrom von 200 m³/h je Arbeitsplatz vorgeschrieben (vgl. TRGS 528, Absatz 4.5 Luftrückführung [2]). Bei Autogenverfahren ist der Bedarf an Außenluft höher und ist im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festzulegen.

6.2 Fortluftführung

Geräte und Anlagen zum Absaugen von Schweißrauch, bei denen die Reinluft ins Freie geführt wird, sind in der Regel nicht nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) [21] genehmigungsbedürftig.

Zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen ist u. a. die Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) [22] zu berücksichtigen.

Gemäß dem Anwendungsbereich der TA Luft [22] sind schädliche Umwelteinwirkungen zu vermeiden oder, falls unvermeidbar, nach dem Stand der Technik durch angemessene Filtertechnik auf ein Mindestmaß zu beschränken. Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten kann eine Wärmerückgewinnung bei Fortluftführung von prozesslufttechnischen Anlagen sinnvoll sein.

7 Entsorgung

Der Wechsel von Filterelementen sowie die Entnahme des Schweißrauchs aus dem Filtergerät sind Tätigkeiten, bei denen die Gefahr einer Exposition gegenüber Schweißrauchen besteht (siehe Kapitel 3 Gefahrstoffe). Um einer Exposition vorzubeugen, sind die entsprechenden Hinweise in der Betriebsanleitung der Filteranlage zu berücksichtigen. Diese beinhalten in der Regel Angaben zur Verwendung von geeigneter persönlicher Schutzausrüstung (PSA), insbesondere Handschuhe und Atemschutzmasken. Ein Umfüllen der abgeschiedenen Stäube sollte vermieden werden.

Darüber hinaus besteht gemäß der GefStoffV §4 [4] eine Kennzeichnungspflicht für Gefahrstoffe, hier Schweißrauch. Für die Entsorgung sind die länderspezifischen Vorschriften zu berücksichtigen. Informationen hierzu sind beim regionalen Abfallentsorger in Erfahrung zu bringen.

Der Abfallerzeuger ist gemäß des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) [23] für die gesamte Entsorgungskette verantwortlich, von der Abfallentstehung über den Transport bis zur Entsorgung.

Für die schadlose und ordnungsgemäße Entsorgung (Verwertung oder Beseitigung) ist der Abfall in einem geschlossenen Gebinde bereitzustellen. Auf diese Weise gelangt er nicht in die Atmosphäre (Umwelt), nicht ins Grundwasser (Wassergefährdung, Umwelt) und kommt nicht mit dem Menschen in Berührung. Die folgenden Begriffe werden in dem KrWG [23] definiert:

Begriffe	Definitionen
Abfallerzeuger	der Betreiber eines Filtergeräts, der den abgeschiedenen Staub bzw. Rauch als Abfall entsorgen muss
Abfall	Stoffe oder Gegenstände, derer sich ihr Besitzer entledigt, entledigen will oder muss
Entsorgung	Verwertung oder Beseitigung von Abfall
Verwertung	<ul style="list-style-type: none"> • stoffliche Verwertung (Gewinnung oder Nutzung von Stoffen aus Abfällen), • energetische Verwertung (Einsatz von Abfällen als Ersatzbrennstoff)
Beseitigung	grundsätzlich alle Verfahren, bei denen es sich nicht um eine Verwertung handelt, oftmals Deponierung oder Verbrennung ohne Energiegewinnung
ordnungsgemäß	konform mit rechtlichen Vorschriften
schadlos	keine Beeinträchtigung der Allgemeinheit und Umwelt

8 Brand- und Explosionsgefahr

Schweißrauche sind feine Partikel aus metallischen und evtl. organischen Komponenten, weshalb eine gewisse Brand- und Explosionsgefahr gegeben ist. Aufgrund den sicherheitstechnischen Kenngrößen der Schweißrauche und den Verhältnissen in den Filtergeräten überwiegt in der Regel eine Brandgefahr und eine Explosionsgefahr ist untergeordnet.

Bei den thermischen Prozessen werden heiße Partikel freigesetzt, die mit der Stauberfassung und dem Staubtransport durch die Rohrleitung ins Filtergerät eingesaugt und dort als Zündquelle wirken können.

8.1 Gesetzliche Grundlagen

Die GefStoffV [4] beinhaltet in §11 und im Anhang I, Nr. 1 Bestimmungen zur Vermeidung von Brand- und Explosionsgefahren.

Danach gilt:

- gefährliche Mengen oder Konzentrationen von Gefahrstoffen vermeiden,
- Zündquellen vermeiden,
- Auswirkungen durch Brände und Explosionen auf Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten verringern.

8.2 Maßnahmen

Schweißrauche von metallischen Werkstoffen stellen in der Regel eine Brandgefahr dar. Öle, Fette, Lacke, metallische Beschichtungen (z. B. Verzinkungen) und Folien auf Werkstücken fördern die Brennbarkeit der Schweißrauche.

Allgemein gilt, dass explosionsartige Verbrennungen auftreten können, sofern Staub/Luft-Gemische in kritischen Konzentrationen und gleichzeitig eine wirksame Zündquelle (z. B. heiße Partikel, Funken, Zigarettenkippen) vorliegen.

Hinweise zu Brenn- und Explosionskenngrößen verschiedener Stäube bzw. Rauche liefert die GESTIS-STaub-EX Datenbank des Instituts für Arbeitsschutz (IFA) der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung [24]. Für die dort hinterlegten sicherheitstechnischen Kenngrößen sind die Grenzen der Anwendbarkeit zu berücksichtigen. Die Datenbank dient zur Orientierung und projektspezifisch ist der Schweißrauch entsprechend untersuchen zu lassen.

Als vorbeugende Maßnahmen zur Risikominimierung werden empfohlen:

- Staubablagerungen in der Rohrleitung vermeiden, bzw. beseitigen,
- Brennbarkeit des Schweißrauches durch die Zugabe von inertem Feststoff reduzieren,
- Funkenvorabscheider zur Vermeidung des Funkeneintrags ins Filtergerät.

Sind diese vorbeugenden Maßnahmen nicht ausreichend, so sind zusätzlich Maßnahmen, wie der Einbau einer Löschanlage, zu ergreifen.

Detaillierte Hinweise zu Maßnahmen bei der Brand- und Explosionsgefahr beschreiben z. B. der VDMA-Leitfaden „Entstaubungsanlagen – Brand- und Explosionsschutz“ [25] sowie die VDI 2263 Blatt 6 [26] und auch das Merkblatt VdS 3445 [27].

9 Vorschriftenkonforme Vorgehensweise des Betreibers

Aus dem Arbeitsschutzgesetz [28], der Gefahrstoffverordnung [4] und der Betriebssicherheitsverordnung [29] ergibt sich die Verpflichtung für den Betreiber, vor Aufnahme einer Tätigkeit eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen und daraus Schutzmaßnahmen abzuleiten, umzusetzen und auf ihre Wirksamkeit zu prüfen.

9.1 Gefährdungsbeurteilung

In diesem Leitfaden wird nur auf die inhalative Gefährdung durch das Einatmen von Gefahrstoffen eingegangen, Gefahren durch den elektrischen Strom, heiße Bauteile, UV- und IR-Strahlung etc. werden hier nicht behandelt und sind gesondert zu betrachten.

In Kapitel 3 dieses Leitfadens wurden die wesentlichen, in Verbindung mit schweißtechnischen Arbeiten entstehenden bzw. freigesetzten Gefahrstoffe und ihre Wirkung auf den Menschen behandelt. Gemäß TRGS 528 „Schweißtechnische Arbeiten“ [2] beginnt die Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung mit der Unterteilung der auftretenden Gefahrstoffe entsprechend ihrer Wirkung in

- atemweg- und lungenbelastende Stoffe wie Eisenoxid oder Aluminiumoxid, für die es keine stoffspezifischen Grenzwerte gibt,
- toxische oder toxisch-irritative Stoffe wie Manganoxid oder Zinkoxid, für die in der TRGS 900 [30] stoffspezifische Grenzwerte angegeben sind und
- krebserzeugende Stoffe, für die nach der Expositions-Risiko-Beziehung gesonderte Beurteilungsmaßstäbe gelten (siehe TRGS 910 [31]).

In der TRGS 528 [2] findet man hierzu in Kapitel 3.1 „Informationsermittlung“ eine umfangreiche Sammlung der bei den unterschiedlichen Verfahren typischerweise freigesetzten Gefahrstoffe. Dort in Tabelle 1 werden die Stoffe aufgelistet und entsprechend ihrer gesundheitsgefährdenden Wirkung eingeteilt. Bei Verfahren, die eine

Freisetzung krebserzeugender Stoffe erwarten lassen, soll nach TRGS 528 [2] die Betriebsärztin oder der Betriebsarzt an der Gefährdungsbeurteilung beteiligt werden und ihren arbeitsmedizinischen Sachverstand einbringen.

Nach der Auflistung der Gefahrstoffe folgt im nächsten Schritt eine Betrachtung der angewendeten Arbeitsverfahren, um eine Abschätzung der freigesetzten Stoffmengen zu ermöglichen. Dazu findet sich in Kapitel 3.2.3 der TRGS 528 [2] eine Unterteilung der Schweißverfahren hinsichtlich ihrer Freisetzung partikelförmiger Stoffe in vier Emissionsgruppen:

1. niedrig ($< 1 \text{ mg/s}$),
2. mittel (1 mg/s bis 2 mg/s),
3. hoch (2 mg/s bis 25 mg/s) und
4. sehr hoch ($> 25 \text{ mg/s}$).

In Tabelle 2 der TRGS 528 [2] werden den beispielhaft aufgelisteten Verfahren die dabei üblichen Emissionsraten und die entsprechend zugeordnete Emissionsgruppe zugeordnet. Dabei gilt grundsätzlich: Je höher die Emissionsgruppe, desto höher sind die Anforderungen an die Maßnahmen zur Expositionsminderung am Arbeitsplatz. Bei der nachfolgenden Betrachtung der arbeitsplatz- und tätigkeitsspezifischen Faktoren geht es um die Situation am Arbeitsplatz, also z. B. ob Schweißarbeiten in Zwangslage oder in engen Räumen oder Behältern ausgeführt werden müssen, was eine höhere Rauchkonzentration im Atembereich zur Folge haben kann. Diese Fragestellungen werden in Kapitel 3.2.4 der TRGS 528 [2] behandelt.

9.2 Grenzwerte

Grenzwerte und Regelungen zum Arbeitsschutz basieren auf nationalen, teilweise auch auf internationalen Rechtsvorschriften. In Deutschland sind diese Grenzwerte als Beurteilungsmaßstäbe wie Arbeitsplatzgrenzwerte oder Expositions-Risiko-Beziehungen definiert.

Arbeitsplatzgrenzwerte sind Luftgrenzwerte, die durch den Gesetzgeber festgelegt werden und die maximal zulässige Konzentration eines Stoffes in der Arbeitsbereichsluft beschreiben. Die Konzentration eines Arbeitsplatzgrenzwertes ist so gewählt, dass bei einer arbeitstäglichen 8-stündigen Exposition über eine Lebensarbeitszeit von 40 Jahren bei Exponierten keine Erkrankungen auftreten. Darüber hinaus sind für manche Stoffe Kurzzeitwerte für Expositionsspitzen definiert (siehe Überschreitungsfaktoren in TRGS 900 [30] und TRGS 910 [31]).

Erklärungen hierzu sowie eine Liste der aktuell geltenden Arbeitsplatzgrenzwerte findet man in der TRGS 900 [30]. Die für die Schweißtechnik relevanten Grenzwerte sind auch in der TRGS 528 „Schweißtechnische Arbeiten“ [2] gelistet.

Für KMR-Stoffe lassen sich keine Grenzen festlegen, ab denen Erkrankungen auftreten. Es sind deshalb keine Arbeitsplatzgrenzwerte definiert. Stattdessen gelten für KMR-Stoffe in Deutschland Akzeptanz- und Toleranzkonzentrationen als Beurteilungsmaßstäbe. Diese sind an bestimmten Erkrankungsrisiken orientiert. Nähere Erklärungen hierzu enthält die TRGS 910

[31]. Die für die Schweißtechnik relevanten Expositions-Risiko-Beziehungen sind auch in der TRGS 528 „Schweißtechnische Arbeiten“ [2] gelistet.

Für Schweißrauche sind vorwiegend die folgenden Gefahrstoffe in Tabelle 1 zu betrachten.

9.3 Schutzmaßnahmen

Die Auswahl geeigneter Schutzmaßnahmen wird in Kapitel 4 der TRGS 528 [2] ausführlich behandelt. Dabei haben grundsätzlich kollektiv wirksame Maßnahmen wie das Vermeiden oder Reduzieren von Schweißrauch Vorrang vor nur individuell wirksamen Maßnahmen wie dem Tragen von persönlichem Atemschutz. In Kapitel 4 dieses Leitfadens wird dieses sog. STOP-Prinzip näher behandelt:

„Beim Schweißen von Hand ist grundsätzlich eine geeignete Erfassung der Gefahrstoffe im Entstehungsbereich erforderlich, sofern im Einzelfall die Gefährdungsbeurteilung zu keinem anderen Ergebnis gelangt.“

Gefahrstoff	Gesundheitsschädliche Wirkung	Beurteilungsmaßstab	Wert in [mg/m ³]
Schweißrauch	atemwegsbelastend	Allgemeiner Staubgrenzwert	1,25 (A)
Mangan	toxisch	Stoffspezifischer Arbeitsplatzgrenzwert	0,02 (A)
Nickel und seine Verbindungen	krebserzeugend	Akzeptanz- und Toleranzkonzentration	0,006 (A)
Chrom(VI)-Verbindungen	krebserzeugend	Toleranzkonzentration	0,001 (E)

Tabelle 1: Übersicht Gefahrstoffe mit ihren Beurteilungsmaßstäben (Stand 06/2023)

„Bei Verfahren der Emissionsgruppen „niedrig“ bzw. „mittel“ ist in der Regel mindestens eine wirksame Absaugung im Entstehungsbereich erforderlich. Bei Verfahren der Emissionsgruppen „hoch“ und „sehr hoch“ sind in der Regel zusätzliche Schutzmaßnahmen für Schweißfachkräfte und andere Beschäftigte im Gefahrenbereich erforderlich.“

Zusätzlich muss der Betreiber für die Unterweisung seines (ihres) Bedienpersonals eine Betriebsanweisung erstellen. Hierzu sind die Angaben aus der Betriebsanleitung z. B. des Filtergeräts heranzuziehen.

9.4 Wirksamkeitskontrolle

Laut TRGS 528 [2] ist die Wirksamkeit der getroffenen Schutzmaßnahmen sowohl vor Inbetriebnahme eines Arbeitsplatzes als auch in regelmäßigen, festgelegten bzw. festzulegenden Intervallen zu überprüfen. Ferner ist auch die Änderung relevanter Randbedingungen ein Anlass für eine erneute Wirksamkeitskontrolle. Das Ergebnis einer Wirksamkeitskontrolle heißt Befund (siehe TRGS 402 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition“ [32]). Die Schutzmaßnahmen gelten dann als ausreichend, wenn davon ausgegangen werden kann, dass Grenzwerte bzw. Akzeptanz- und Toleranzkonzentrationen dauerhaft sicher eingehalten werden. Einzelheiten hierzu regelt die TRGS 402.

Die Überprüfung kann durch Arbeitsplatzmessungen oder auch durch „andere geeignete Ermittlungsmethoden“ erfolgen. Dies kann nach TRGS 402 [32] z. B. die Überprüfung technischer Leistungskriterien sein, die messtechnisch mit weniger Aufwand zu bewerkstelligen sind als die Durchführung von Arbeitsplatzmessungen. Für Filtergeräte an Schweißarbeitsplätzen wird in der TRGS 528 [2] beispielsweise empfohlen, diese Leistungskriterien (z. B. Volumenstrom, Luftgeschwindigkeit im Saugfeld der Erfassungseinrichtung, Unterdruck in einer Saugleitung von brennerintegrierten Absaugungen) begleitend zu

einer einmaligen Arbeitsplatzmessung aufzunehmen. Diese repräsentativen Messgrößen können dann für wiederkehrende Wirksamkeitskontrollen herangezogen werden, sofern sich die Arbeitsbedingungen am Arbeitsplatz nicht ändern.

Neben messtechnischen Ermittlungsmethoden werden in der TRGS 402 auch nichtmesstechnische Ermittlungsmethoden beschrieben. Eine Kombination verschiedener Methoden ist außerdem möglich [32].

Die Festlegung der geeigneten Methode(n), der Zeitpunkte sowie der Häufigkeit von Wirksamkeitskontrollen sind im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung vom Betreiber zu dokumentieren. Zu beachten ist aber, dass die Wirksamkeitskontrolle für Lüftungs- und Absaugeinrichtungen für Schweißrauche gemäß der TRGS 528 [2] mindestens jährlich durch eine zur Prüfung befähigte Person durchzuführen und zu dokumentieren ist.

Die Richtlinie VDI 6022 Blatt 1, ‚Raumlufttechnik, Raumluftqualität – Hygieneanforderungen an raumlufttechnische Anlagen und Geräte (VDI-Lüftungsregeln)‘ [33] findet für die hier betrachteten Filteranlagen keine Anwendung (siehe VDMA ‚Positionspapier zum Anwendungsbereich der VDI 6022 Blatt 1 für prozesslufttechnische Anlagen‘ [34]).

10 Initiative „Sicher Schweißen“

Zeitgleich zu den laufenden Arbeiten an diesem vorliegenden Leitfaden „Schweißen ohne Rauch“ hat die Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM) Vertreterinnen und Vertreter aller betroffenen Branchen und Verbände im Dezember 2019 zu einem „Kolloquium Schweißrauch“ eingeladen. Auslöser waren Schwierigkeiten bei der Einhaltung von Gefahrstoff-Grenzwerten beim Schweißen in der betrieblichen Praxis. Das Ziel dieses Treffens war es, das Thema Schweißrauch von allen Seiten zu beleuchten und Lösungsansätze zusammenzutragen. So kam ein Expertenteam unterschiedlicher Professionalität und Fachrichtung unter anderem dieser Organisationen zusammen:

- Hersteller von Schweißgeräten, Zusatzwerkstoffen und Gasen,
- Werften, Automobil- oder Hallenbau als anwendende Betriebe,
- Schweißtechnische Forschungsinstitute,
- Institut für Prävention und Arbeitsmedizin (IPA) der DGUV,
- Institut für Arbeitsschutz (IFA) der DGUV,
- Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren (DVS),
- VDMA als Verband des Maschinen- und Anlagenbaus,
- Berufsgenossenschaften,
- Staatliche Gewerbeaufsicht,
- Arbeitnehmervertretungen.

Es wurde eine Kooperation zwischen den beteiligten Verbänden gegründet, die Initiative „Sicher Schweißen“. Die Expertenteams der einzelnen Organisationen arbeiten gemeinsam in acht Workshops (WS) an unterschiedlichen thematischen Schwerpunkten:

- WS 1 Prozessspezifische Einflüsse auf die Schweißrauchexposition
- WS 2 Zusatzwerkstoff- und prozessgas-spezifische Einflüsse auf die Schweißrauchexposition beim MIG-MAG Verfahren
- WS 3 Arbeitsplatzspezifische Einflüsse der Schweißrauchexposition beim MIG-MAG-Verfahren
- WS 4 Erkenntnisse beim Absaugen von Schweißrauchen
- WS 5 Arbeitsmedizinisches Regelwerk und Erkenntnisse
- WS 6 Unterstützung der Unternehmen durch Ausbildung, Beratung und Überwachung
- WS 7 Entwicklung einer Messstrategie zur genaueren Beurteilung der Situation in der Praxis
- WS 8 Forschung und Entwicklung

Die Ergebnisse dieser Arbeiten und ihre Anwendbarkeit in der betrieblichen Praxis werden in regelmäßig stattfindenden Kolloquien ausgetauscht und diskutiert.

In einem Querschnitts-Arbeitskreis „Öffentlichkeitsarbeit“ werden die gewonnenen Erkenntnisse zusammengetragen und sobald ein verwertbarer Stand erreicht ist, werden alle betroffenen Kreise darüber informiert. Die Zielgruppen reichen dabei vom Beschäftigten bis zum Unternehmer, von der Schweißfachkraft bis zur Schweißfachingenieurin bzw. zum Schweißfachingenieur und darüber hinaus zum Aufsichtspersonal, zu messtechnischen sowie arbeitsmedizinischem Personal. Dabei muss jeweils für eine sinnvolle Informationstiefe gesorgt und über geeignete Medien kommuniziert werden. Das schließt auch die Ausbildungswege und -pläne der einzelnen Berufsgruppen ein, geht aber deutlich darüber hinaus.

Weitere Informationen finden Sie unter www.sicherschweissen.de

11 Weiterführende Informationsschriften

VDI 2262 Blatt 1 – 4:
,Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz –
Minderung der Exposition durch
luftfremde Stoffe‘ (in Überarbeitung).
Aktueller Stand der Überarbeitung ist abrufbar:
www.vdi.de/2262

DGUV Information 209-096 (2023-08)
,Schweißrauchminderung im Betrieb –
Schweißrauchminderungsprogramm‘

12 Quellenangaben/-verzeichnis

[1] DIN EN 481:1993-09
,Arbeitsplatzatmosphäre; Festlegung der
Teilchengrößenverteilung zur Messung
luftgetragener Partikel‘

[2] TRGS 528
,Schweißtechnische Arbeiten‘ –
Technische Regel für Gefahrstoffe,
Ausgabe Februar 2020

[3] International Agency for Research
on Cancer (IARC)

[4] (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV)
Vom 26. November 2010 (BGBl. I S 1643)
geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom
28. Juli 2011 (BGBl. I S 1622),
durch Artikel 2 der Verordnung vom
24. April 2013 (BGBl. I S 944),
durch Artikel 2 der Verordnung vom
15. Juli 2013 (BGBl. I S 2514),
durch Artikel 2 der Verordnung vom
03. Februar 2015 (BGBl. I S 49),
durch Artikel 1 der Verordnung vom
15. November 2016 (BGBl. I S 2549),
durch Artikel 148 des Gesetzes vom
29. März 2017 (BGBl. I S 626) und
durch Artikel 2 der Verordnung vom
21. Juli 2021 (BGBl. I S 3115)

- [5] Merkblatt DVS 0973-1 (04/2019)
,Übersicht der Prozessregelvarianten des MSG-Schweißens‘
- [6] VDMA-Leitfaden
,Erfassen luftfremder Stoffe – Frische Luft am Arbeitsplatz‘, Mai 2021
- [7] 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 (ISO 21904-1:2020)‘
- [8] DIN EN ISO 21904-4: 2020-06
,Arbeits- und Gesundheitsschutz beim Schweißen und bei verwandten Verfahren – Einrichtungen zum Erfassen und Abscheiden von Schweißrauch – Teil 4: Bestimmen des Mindestluftvolumenstromes von Absaugeinrichtungen (ISO 21904-4:2020)‘
- [9] Merkblatt DVS 1208 (04/2021)
,Brennerintegrierte Schweißrauchabsaugung – Technische und normative Anforderungen‘
- [10] VDI/DVS 6005:2018-02
,Gefahrstoffe und Lüftungstechnik beim Schweißen‘
- [11] DGUV Regel 113-004
,Behälter, Silos und enge Räume – Teil 1: Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen‘, Februar 2019
- [12] DGUV Regel 109-002
,Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen‘, April 2020
- [13] TRGS 400
,Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen‘ – Technische Regel für Gefahrstoffe, Ausgabe: Juli 2017 GMBI 2017 S. 638 [Nr. 36] (v. 08.09.2017)
- [14] DIN EN 60335-2-69:2015-07
VDE 0700-69:2015-07
,Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke – Teil 2-69: Besondere Anforderungen für Staub- und Wasserauger für den gewerblichen Gebrauch (IEC 60335-2-69:2012, modifiziert)‘
- [15] DIN EN ISO 16890-1:2017-08
,Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik – Teil 1: Technische Bestimmungen, Anforderungen und Effizienzklassifizierungssystem, basierend auf dem Feinstaubabscheidegrad (ePM) (ISO 16890-1:2016)‘
- [16] DIN EN 1822-1:2019-10
,Schwebstofffilter (EPA, HEPA und ULPA) – Teil 1: Klassifikation, Leistungsprüfung, Kennzeichnung‘
- [17] ISO 29463-1:2017-09
,Schwebstofffilter und Filtermedien zur Abscheidung von Partikeln aus der Luft – Teil 1: Klassifizierung, Leistungsprüfung, Kennzeichnung‘
- [18] VDMA-Luftfilterinformation (2019-10)
,Filterklassen der Raumluft- und Entstaubungstechnik im Überblick‘
- [19] VDMA-Leitfaden
,Luftrückführung bei der Absaugung von Rauch und Staub‘, März 2015
- [20] DIN EN ISO 21904-2:2020-06
,Arbeits- und Gesundheitsschutz beim Schweißen und bei verwandten Verfahren – Einrichtungen zum Erfassen und Abscheiden von Schweißrauch – Teil 2: Anforderungen an Prüfung und Kennzeichnung des Abscheidegrades (ISO 21904-2:2020)‘
- [21] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG)

Ausfertigungsdatum: 15.03.1974,
Vollzitat: „Bundes-Immissionsschutzgesetz
in der Fassung der Bekanntmachung vom
17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123),
das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 3
des Gesetzes vom 19. Oktober 2022
(BGBl. I S. 1792) geändert worden ist“

[22] Neufassung der Ersten Allgemeinen
Verwaltungsvorschrift zum Bundes-
Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung
zur Reinhaltung der Luft – TA Luft), 2021

[23] Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft
und Sicherung der umweltverträglichen
Bewirtschaftung von Abfällen
(Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG)
Ausfertigungsdatum: 24.02.2012,
Vollzitat: „Kreislaufwirtschaftsgesetz vom
24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), das zuletzt
durch Artikel 5 des Gesetzes vom 2. März 2023
(BGBl. 2023 I Nr. 56) geändert worden ist“

[24] GESTIS-STAU-EX Datenbank
Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben,
Institut für Arbeitsschutz der Deutschen
Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)

[25] VDMA-Leitfaden
,Entstaubungsanlagen –
Brand- und Explosionsschutz‘, März 2019

[26] VDI 2263 Blatt 6:2017-08
,Staubbrände und Staubexplosionen – Gefahren –
Beurteilung – Schutzmaßnahmen – Brand- und
Explosionsschutz an Entstaubungsanlagen‘

[27] VdS 3445:2008-09
,Merkblatt zur Schadenverhütung –
Brandschutz in Entstaubungsanlagen‘

[28] Gesetz über die Durchführung von
Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur
Verbesserung der Sicherheit und des
Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei
der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG)
Ausfertigungsdatum: 07.08.1996, Vollzitat:
,„Arbeitsschutzgesetz vom 7. August 1996

(BGBl. I S. 1246), das zuletzt durch Artikel 6k
des Gesetzes vom 16. September 2022
(BGBl. I S. 1454) geändert worden ist“

[29] Verordnung über Sicherheit und
Gesundheitsschutz bei der Verwendung
von Arbeitsmitteln
(Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV)
Ausfertigungsdatum: 03.02.2015, Vollzitat:
,„Betriebssicherheitsverordnung vom
3. Februar 2015 (BGBl. I S. 49), die zuletzt durch
Artikel 7 des Gesetzes vom 27. Juli 2021
(BGBl. I S. 3146) geändert worden ist“

[30] TRGS 900
,Arbeitsplatzgrenzwerte‘ –
Technische Regel für Gefahrstoffe,
Ausgabe: Januar 2006 BArBl. Heft 1/2006
S. 41-55. Zuletzt geändert und ergänzt:
GMBI 2023, S. 626-627 [Nr. 30] (v. 20.04.2023)

[31] TRGS 910
,Risikobezogenes Maßnahmenkonzept
für Tätigkeiten mit krebserzeugenden
Gefahrstoffen‘ – Technische Regel für Gefahrstoffe,
Ausgabe: Februar 2014
GMBI 2014 S. 258-270 [Nr. 12] (v. 2.4.2014)
Zuletzt geändert und ergänzt:
GMBI 2023, S. 627 [Nr. 30] (v. 20.04.2023)

[32] TRGS 402
,Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen
bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen:
Inhalative Exposition‘ –
Technische Regel für Gefahrstoffe,
Ausgabe: Januar 2010, GMBI 2010 S. 231 253
v. 25.2.2010 [Nr. 12]. Geändert und ergänzt:
GMBI 2016 S. 843-846 v. 21.10.2016 [Nr. 43]

[33] VDI 6022 Blatt 1:2018-01
,Raumlufttechnik, Raumluftqualität –
Hygieneanforderungen an raumlufttechnische
Anlagen und Geräte (VDI-Lüftungsregeln)‘

[34] VDMA
,Positionspapier zum Anwendungsbereich
der VDI 6022 Blatt 1 für prozesslufttechnische
Anlagen‘, März 2018

13 Bildquellen

Titelbild, Bilder 10, 11, 13

TEKA Absaug- und
Entsorgungstechnologie GmbH

Bilder 1, 2, 4, 12, 18

Kemper GmbH

Bild 3

Institut für Arbeitsschutz der Deutschen
Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)

Bilder 5, 6, 9

ENGMAR SAS

Bilder 7, 8

Nederman GmbH

Bild 14

optrel AG

Bilder 15, 16

Freudenberg FT GmbH

Bild 17

AL-KO THERM GMBH

Bild 19

Herding GmbH Filtertechnik

Bilder 20, 21, 22

ULT AG

14 Autoren

Gärtner, Klaus
TEKA Absaug- und
Entsorgungstechnologie GmbH,
Coesfeld

Goebel, Arno
Institut für Arbeitsschutz der Deutschen
Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA),
St. Augustin

Hitzler, Tobias
AL-KO THERM GMBH,
Jettingen-Scheppach

Novosel, Michael
ESTA Apparatebau GmbH & Co. KG,
Senden

Kotas, Hans
Nederman GmbH,
Köngen

Könning, Manfred
KEMPER GmbH,
Vreden

Mäkelä, Jani
Novus air GmbH,
Coswig

Montigny, Christine
VDMA Fachverband Allgemeine Lufttechnik,
Frankfurt am Main

Dr. Ohly, Nils
Keller Lufttechnik GmbH & Co. KG,
Kirchheim unter Teck

Osmont, Juliane
ENGMAR SAS,
Bouguenais (F)

Rabenstein, Klaus
Herding GmbH Filtertechnik,
Amberg

Richter, Wolfgang
ULT AG,
Löbau

Schlatter, Saskia
Institut für Arbeitsschutz der Deutschen
Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA),
St. Augustin

Schulz, Karsten
Freudenberg FT GmbH,
Weinheim

Straub, Hartwig
ts-systemfilter gmbh,
Ahorn

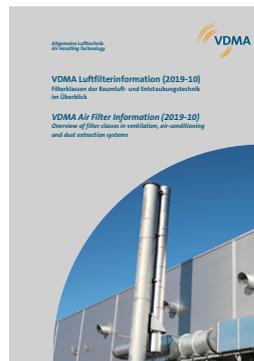
15 Weiterführende Literatur

Branchenspezifische Informationen – Entstaubungstechnik

<https://www.vdma.org/viewer/-/v2article/render/14643612>



Leitfaden
„Erfassen luftfremder Stoffe –
Frische Luft am Arbeitsplatz“
in deutscher und englischer Sprache
(05/2021)



„Luftfilterinformation –
Filterklassen in der Raumluft- und
Entstaubungstechnik“
in deutscher und englischer Sprache
(10/2019)



Leitfaden
„Entstaubungsanlagen –
Brand- und Explosionsschutz“
in deutscher und englischer Sprache
(03/2019)



Lufttechnikinformation (2019-01)
„Abgrenzung Prozesslufttechnik (PLT) /
Raumlufttechnik (RLT)“
(01/2019)



Positionspapier zum Anwendungsbereich der VDI 6022 Blatt 1 für prozesslufttechnische Anlagen (04/2018)



Positionspapier „ATEX-Richtlinie – Filternde Abscheider“ in deutscher und englischer Sprache (02/2017)



Positionspapier „Maschinenrichtlinie für Filtersysteme und Abscheider“ (02/2017)



Broschüre „Luftückführung bei der Absaugung von Rauch und Staub“ in deutscher und englischer Sprache (03/2015)

Branchenspezifische Informationen – Werkzeugmaschinen / Absauganlagen / Aerosole

<https://www.vdma.org/viewer/-/v2article/render/14646944>



Leitfaden „Kühlschmierstoffe –
Frische Luft am Arbeitsplatz“
in deutscher und englischer Sprache
(09/2016)

Hersteller- und Lieferverzeichnisse

<https://www.vdma.org/viewer/-/v2article/render/14632895>



Komponenten und Systeme
für die Luftreinhaltung
(05/2022)



Absaugung von Kühlschmierstoffnebel
(09/2016)

Impressum

VDMA e. V.

Allgemeine Lufttechnik
Luftreinhaltung

Lyoner Straße 18
60528 Frankfurt am Main

Kontakt

Christine Montigny
Telefon +49 69 6603-1860
E-Mail christine.montigny@vdma.org
Internet vdma.org/luftreinhaltung

Layout und Satz

VDMA Services GmbH

Druck

druckriegel GmbH, Frankfurt am Main

Stand

7. Auflage / Dezember 2023

© 2023 by VDMA Allgemeine Lufttechnik,
Frankfurt

VDMA

Allgemeine Lufttechnik
Luftreinhaltung

Lyoner Straße 18
60528 Frankfurt am Main

Kontakt

Christine Montigny

Telefon +49 69 6603-1860

E-Mail christine.montigny@vdma.org

Internet vdma.org/luftreinhaltung



vdma.org/luftreinhaltung