

suva



Schweissen und Schneiden

Schutz vor Rauch, Stäuben, Gasen und Dämpfen



Titelbild

Das kleine Bild auf der Titelseite zeigt – in 1250-facher Vergrößerung – Schweissrauchpartikel auf einem teflonbeschichteten Gewebefilter (Gore-Tex-Filter). Das spinnennetzartige Gebilde ist die Filterbeschichtung. Darauf liegen metallische Teilchen (Kügelchen) und flockenartige Metalloxide des Schweissrauchs.

1 Einleitung	4	4 Gesundheitsgefährdung beim Schweißen und Schneiden	12
1.1 Zu dieser Publikation	4	4.1 Schadstoffe	12
1.2 Gefahren beim Schweißen	4	4.2 Lichtbogenhandschweißen mit Stabelektroden	14
2 Grundsätze des Gesundheitsschutzes am Arbeitsplatz	6	4.3 Metall-Aktivgasschweißen	15
2.1 Gesetzliche Grundlagen und Arbeitssicherheitsvorschriften	6	4.4 Metall-Inertgasschweißen	16
2.2 Ermitteln der Gefahrenquellen	6	4.5 Wolfram-Inertgasschweißen	17
2.3 Ersatz gefährlicher Stoffe und Verfahren	7	4.6 Unterpulverschweißen	18
2.4 Kollektivschutz	7	4.7 Plasmaschneiden und -schweißen	19
2.5 Individualschutz	7	4.8 Autogenverfahren	20
3 Schweiß- und Schneideverfahren	9	4.9 Widerstandspunktschweißen	22
3.1 Verfahren zum Schweißen von Metallen	9	4.10 Laserschneiden und -schweißen	23
3.1.1 Definition des Begriffs «Schweißen»	9	4.11 Löten	24
3.1.2 Schmelzschweißen von Metallen	9	5 Grenzwerte am Arbeitsplatz (MAK-Werte)	25
3.1.3 Pressschweißen von Metallen	9	6 Schutzmassnahmen	26
3.2 Verfahren zum Schweißen von Kunststoffen	9	6.1 Ersatz gefährlicher Stoffe und Verfahren	26
3.3 Fügen durch Löten	9	6.2 Kollektivschutz	26
3.4 Thermisches Trennen	10	6.2.1 Beispiele für technische Massnahmen	27
3.5 Sonderverfahren	10	6.2.2 Abluftreinigung	28
3.5.1 Beschichten durch thermisches Spritzen	10	6.2.3 Filterüberwachung	30
3.5.2 Auftragsschweißen	10	6.3 Individualschutz	30
3.6 Anlagen und Stoffe	10	6.3.1 Filtergeräte	31
3.6.1 Geräte, Maschinen und Anlagen	10	6.3.2 Isoliergeräte	32
3.6.2 Grundwerkstoffe	10	7 Übersicht über die Verfahren und die entstehenden Schadstoffe	33
3.6.3 Zusätze und Hilfsstoffe	11	8 Quellen und weitere Informationen	34
		Quellenverzeichnis	34
		Weitere Informationen	35
		Bildnachweis	35

1 Einleitung

1.1 Zu dieser Publikation

Für Schweisserinnen und Schweißer besteht bei ihrer Tätigkeit eine Mehrfachbelastung. Neben Lärm, Strahlung, hohen Temperaturen und körperlichen Zwangshaltungen können sie gesundheitsgefährdenden Stoffen in unterschiedlichsten Konzentrationen ausgesetzt sein. In dieser Publikation gehen wir auf die gesundheitsgefährdenden Stoffe ein, die bei den verschiedenen Schweissverfahren als Rauch, Stäube, Dämpfe und Gase entstehen. Es werden auch die erforderlichen Massnahmen für den Gesundheitsschutz aufgezeigt.

Diese Publikation richtet sich an Betriebsinhabende, Betriebsleiterinnen und -leiter sowie ASA-Spezialistinnen und -Spezialisten.

1.2 Gefahren beim Schweiessen

Tausende von Personen führen in der Schweiz täglich in Werkstätten und auf Baustellen Schweiss- und thermische Schneidarbeiten aus. Die grosse Verbreitung schweiss- und schneidtechnischer Verfahren in Industrie und Gewerbe und die damit verbundenen, häufig wechselnden Arbeitsplatzbedingungen führen zu verschiedenen Belastungskombinationen. Schadstoffemissionen, Strahlung sowie Lärm stellen dabei die wichtigsten Gefährdungspotenziale dar (Bild 1).

Beim Schweiessen und Schneiden sowie bei verwandten Verfahren lässt sich das Entstehen von Rauch, Stäuben, Dämpfen und Gasen nicht vermeiden. Sämtliche Rauchpartikel können aufgrund ihrer geringen Teilchendurchmesser (in der Regel unter 1 µm) wie die Gase über Kehlkopf, Luftröhre und Bronchialsystem bis in die feinsten Bronchialverästelungen sowie Lungenbläschen gelangen.

Schweissrauch und Gase sind komplexe Gemische. Über 40 chemische Elemente und deren Verbindungen kommen in ihnen vor.

Die Wirkung der Schadstoffe wird vor allem von deren spezifischen Eigenschaften, von der pro Zeiteinheit aufgenommenen Dosis und der im Körper verbleibenden Gesamtmenge bestimmt.

Die Beurteilungsgrundlage für die Bedenklichkeit oder Unbedenklichkeit der am Arbeitsplatz auftretenden Konzentrationen von Arbeitsstoffen ist der Maximale Arbeitsplatzkonzentrationswert (MAK-Wert). Das Einhalten dieser arbeitshygienischen Grenzwerte bildet im Allgemeinen einen guten Schutz vor Gesundheitsgefährdungen. Eine dauernde Exposition oberhalb dieser Grenzwertkonzentrationen kann zu Berufskrankheiten führen.

Für Schadstoffe, die Allergien oder Krebs auslösen können, ist mit den bestmöglichen Schutzmassnahmen eine möglichst deutliche Unterschreitung der vorgeschriebenen Grenzwerte anzustreben (siehe Kapitel 4).

Informationen zum Beurteilen anderer Gefahren des Schweisens finden Sie auf www.suva.ch (Stichwort Schweiessen in der Suche eingeben).

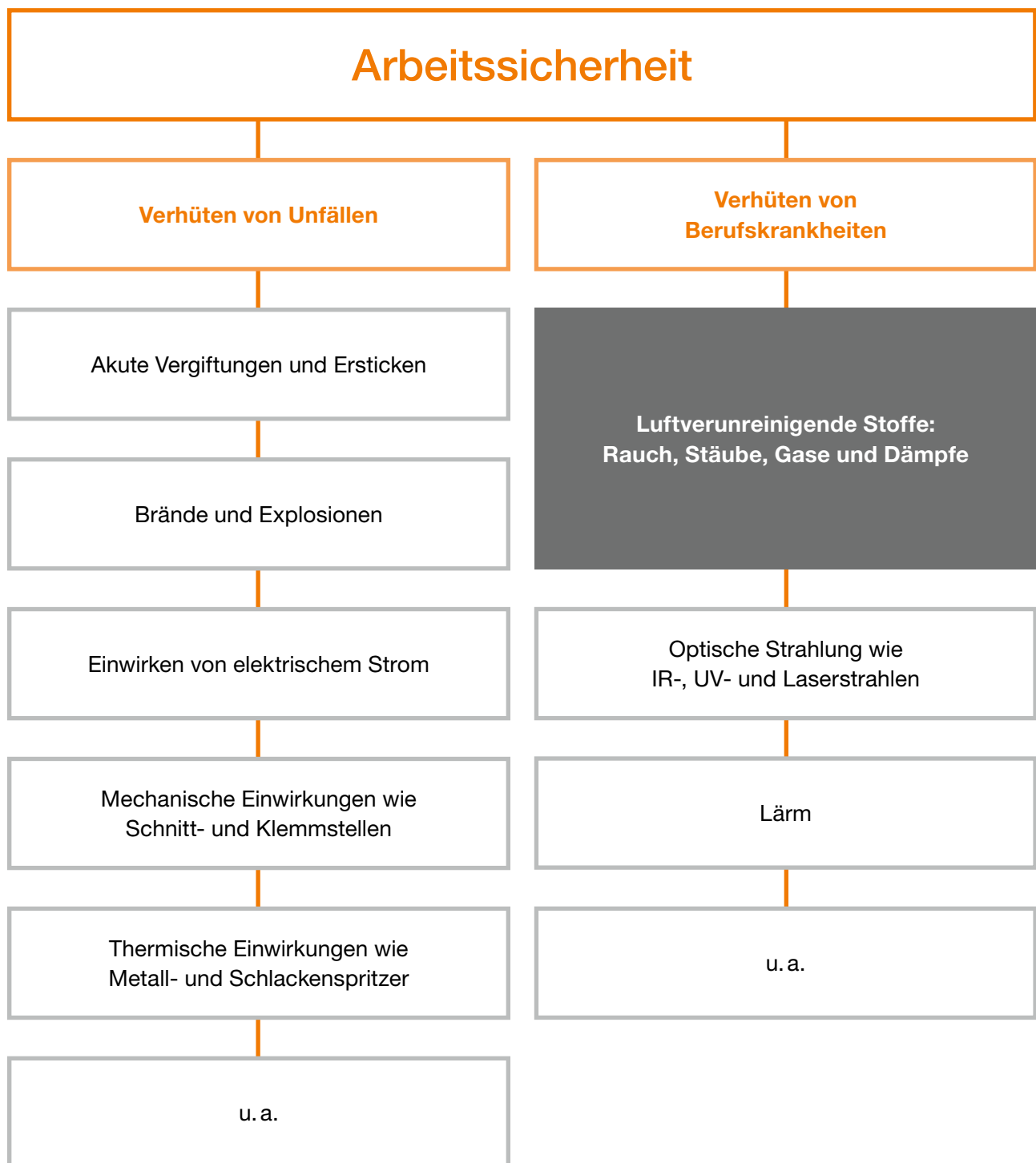


Bild 1
Übersicht über die Arbeitssicherheitsaspekte, die beim Schweißen und Schneiden zu berücksichtigen sind.

2 Grundsätze des Gesundheitsschutzes am Arbeitsplatz

2.1 Gesetzliche Grundlagen und Arbeitssicherheitsvorschriften

Das allgemeine Arbeitsvertragsrecht der Schweiz auferlegt den Arbeitgebern die Pflicht, auf die Gesundheit der Arbeitnehmenden gebührend Rücksicht zu nehmen und die zum Schutz von Leben und Gesundheit erforderlichen Massnahmen zu treffen (Art. 328 OR). Diese sehr allgemeine Verpflichtung wird in den einschlägigen Bestimmungen des Bundesgesetzes über die Unfallversicherung (UVG) und der Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten (VUV) präzisiert [2,3].

Die Pflicht zum Verhüten von Berufsunfällen und Berufskrankheiten im Betrieb liegt in erster Linie beim Arbeitgeber bzw. Vorgesetzten (Art. 82, Abs. 1 UVG). Er ist verpflichtet, alle Massnahmen zu treffen, die

- nach der Erfahrung notwendig
- nach dem Stand der Technik anwendbar und
- den gegebenen Verhältnissen angemessen sind

Die Arbeitnehmer sind ihrerseits verpflichtet,

- die Weisungen des Arbeitgebers bzw. Vorgesetzten zu befolgen
- die Sicherheitsvorschriften zu beachten
- die Sicherheitsvorrichtungen und persönlichen Schutzausrüstungen richtig zu benützen (Art. 82, Abs. 3 UVG).

Die im Zusammenhang mit Schweißrauch wichtigen Sicherheitsanforderungen sind gemäss VUV:

- richtiges Gestalten der technischen Einrichtungen und Geräte (Art. 26 VUV)
- Lüftungstechnische Massnahmen (Art. 33 VUV)
- Persönliche Schutzausrüstungen (Art. 5 VUV)
- Schutzmassnahmen beim Auftreten von gesundheitsgefährdenden Stoffen (Art. 44 VUV).

Zum Beurteilen der Gesundheitsgefährdung am Arbeitsplatz durch chemische Stoffe und physikalische Einwirkungen gibt die Suva, gestützt auf Artikel 50 Absatz 3 VUV, eine Liste arbeitshygienischer Grenzwerte [4] (MAK-Werte) heraus. Für die Aufsicht über die Arbeitssicherheit in Bezug auf das Verhüten von Berufskrankheiten (Art. 50 VUV) und die arbeitsmedizinische Vorsorge (Art. 70 bis 89) ist die Suva in allen Betrieben, die dem UVG unterstellt sind, zuständig. Weitere Erläuterungen zu einzelnen Artikeln des Bundesgesetzes über die Unfallversicherung (UVG) und der Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten (VUV) finden sich in der «Wegleitung durch die Arbeitssicherheit» der Eidgenössischen Koordinationskommission für Arbeitssicherheit (EKAS) [5].

Die Vorschriften zur Arbeitssicherheit und zum Gesundheitsschutz beim Schweißen sind in der EKAS-Richtlinie «Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren zum Bearbeiten metallischer Werkstoffe» [6] konkretisiert. Die Richtlinie betrifft Arbeitsverfahren, Arbeitsmittel sowie technische Einrichtungen und Geräte, die zum Umfeld des Arbeitsplatzes gehören.

2.2 Ermitteln der Gefahrenquellen

Bei den Schweißverfahren und den thermischen Trennverfahren verbrennen oder verdampfen wegen der sehr hohen Temperaturen der Gasflamme oder des elektrischen Lichtbogens Teile der am Prozess beteiligten Materialien zu atembaren Partikeln und Gasen. Rauch, Stäube, Dämpfe und Gase entstehen dabei in unterschiedlichem Ausmass und stellen somit unterschiedliche Gefahrenquellen dar. Das Ermitteln der jeweils wesentlichen Schadstoffe bei den einzelnen Schweiß- und Schneidverfahren und Werkstoffkombinationen, d. h. das Ermitteln der nach Konzentration und Wirkungsstärke dominierenden Schadstoffe, ist eine Voraussetzung für das richtige Beurteilen der jeweiligen Situation und für eine erfolgreiche Berufskrankheitenprophylaxe.

[] Die Zahlen in eckigen Klammern verweisen auf das Quellenverzeichnis auf Seite 34.

Für das richtige Abschätzen des Gesundheitsrisikos sind nebst den arbeitshygienischen Grenzwerten weitere Kriterien zu berücksichtigen. Es sind z. B. folgende Fragen zu beantworten:

- Arbeitet der Schweißer in engen Räumen, normalen Räumen, grossen Hallen?
- Arbeitet der Schweißer in der Werkstatt oder im Freien (z. B. Baustelle)?
- Wie sind die Lüftungsverhältnisse (siehe Kapitel 2.4)?
- Arbeitet der Schweißer ortsgebunden?
- Wie lange ist die effektive Schweisszeit (kurzzeitig oder länger dauernd)* im Vergleich zur Arbeitszeit?
- Wie ist die Hygiene bei Arbeitspausen, z. B. bei der Mahlzeiteinnahme?
- Wie wirken die Schadstoffe beim Menschen? Führen sie zu akuten oder chronischen Vergiftungen, bösartigen Erkrankungen oder zu Erstickungen [7]?
- Wie sind die Umgebungsverhältnisse? Gibt es noch andere Schadstoffquellen und wie steht es mit deren gegenseitiger Beeinflussung, z. B. bei Arbeiten in explosions- oder brandgefährdeten Bereichen?

Beim Beurteilen der Gesundheitsgefährdung der Beschäftigten spielen neben den Schweissparametern auch die Kopflage des Schweissers zur Schweissstelle, Schutzschildabmessung und -haltung, Werkstückstruktur, Raumgrösse und die Lüftungsverhältnisse eine entscheidende Rolle.

2.3 Ersatz gefährlicher Stoffe und Verfahren

Die Berufskrankheitenprophylaxe basiert auf dem Grundsatz, als erste Massnahme gesundheitsgefährdende Stoffe oder Verfahren, wenn immer möglich, durch weniger gefährliche zu ersetzen. Bedingung ist natürlich, dass dies technisch möglich ist (siehe Bild 2 und Kapitel 6.1).

So kann möglicherweise das Lichtbogenhandschweissen durch das weniger gefährliche Schutzgas-schweissen ersetzt werden.

2.4 Kollektivschutz

Arbeitsplätze müssen unter Berücksichtigung von Verfahren, Werkstoffen und Einsatzbedingungen so eingerichtet sein, dass in der Atemluft der Mitarbeitenden keine gesundheitsgefährdenden Konzentrationen von Stoffen auftreten. Je nach Situation können folgende Massnahmen getroffen werden:

- geschlossene Systeme (Kapselung)
- Absaugen im Entstehungsbereich (Quellenabsaugung)
- natürliche Lüftung
- technische (Raum)-Lüftung
- andere geeignete Massnahmen wie Wasserbadanlagen beim Plasmaschneiden oder Wasserspritzenanlagen beim maschinellen Brennschneiden
- eine Kombination der vorgenannten Massnahmen (siehe Bild 3 und Kapitel 6.2)

2.5 Individualschutz

Sofern die angewandten technischen und organisatorischen Massnahmen keinen ausreichenden Schutz vor Schadstoffen oder besonderen Gefährdungen wie Erstickungsgefahr bieten, sind persönliche Schutzmassnahmen zu treffen. In bestimmten Fällen ist es notwendig, dass Atemschutzgeräte getragen werden (siehe Bild 4 und Kapitel 6.3).

Die Mitarbeitenden können sich vor anderen Gefahren (siehe Bild 1) dadurch schützen, dass sie geeignete Arbeitskleider, Schutzschilder, Schutzbrillen, Handschuhe und dergleichen bei allen Arbeiten tragen, bei denen diese Massnahmen angezeigt sind.

Überdies gilt beim Umgang mit giftigen und/oder brennbaren Stoffen ein Ess-, Trink- und Rauchverbot am Arbeitsplatz.

* Wir sprechen von «kurzzeitig», wenn die Brenndauer der Flamme oder des Lichtbogens täglich nicht mehr als eine halbe Stunde oder wöchentlich nicht mehr als zwei Stunden beträgt. Die Schweisszeit gilt als «länger dauernd», wenn die Brenndauer die genannten Werte überschreitet.

Schweissen mit umhüllten Stabelektroden

Viel Rauch



Schweissen mit Schutzgas

Weniger Rauch



**Ersatz gefährlicher Stoffe
und Verfahren**

Bild 2
Schadstoffreduktion durch
Verfahrensumstellung

MAG-Schweissen

Handscheissen ohne
technische Lüftung



MAG-Schweissen

- Absaugung an Quelle
- abgetrennter Bereich
- Automatisierung



Kollektivschutz

Bild 3
Technische Schutzeinrichtungen
zur Schadstoffbeseitigung

Plasmaschneiden ohne Atemschutz



Schweissen mit Helm, Rauchfilter und Gebläse



Individuenschutz

Bild 4
Persönlicher Schutz vor Schadstoffen

3 Schweiss- und Schneidverfahren

Die in der Schweisstechnik eingesetzten Wärmequellen können nicht nur zum Fügen, sondern auch zum Trennen, Beschichten, Umformen und Ändern der Stoffeigenschaften eingesetzt werden. Als Wärmequellen dienen z. B. Brenngas-Sauerstoff/Luft-Flammen oder elektrischer Strom. Die Schweisstechnik umfasst etwa 140 genormte Verfahren [9]. Hier folgt eine Beschreibung einer Auswahl der heute wichtigsten Verfahren:

3.1 Verfahren zum Schweissen von Metallen

3.1.1 Definition des Begriffs «Schweissen»

Schweissen ist ein Verfahren zum Vereinigen oder Beschichten metallischer Grundwerkstoffe unter Anwenden von Wärme oder Druck oder von beiden, ohne oder mit Schweisszusatzwerkstoffen. Die Grundwerkstoffe werden vorzugsweise in plastischem oder flüssigem Zustand der Schweisszone vereinigt. Bei gleichartigen Grundwerkstoffen sind die Eigenschaften der Schweissung denen der Grundwerkstoffe ähnlich. Die Verbindung ist unlösbar. Das Schweissen von Metallen unterteilt man in die beiden Hauptgruppen Pressschweissen und Schmelzscheissen.

3.1.2 Schmelzscheissen von Metallen

Beim Schmelzscheissen werden die Stossstellen der metallischen Werkstoffe bis in den Schmelzbereich erwärmt und meist mit Zusatz eines artgleichen Werkstoffes (Zusatzwerkstoff) miteinander verbunden. Das Verbinden der Teile erfolgt so in flüssigem Zustand. Die wichtigsten Schmelzscheissverfahren sind:

- Lichtbogenhandscheissen
- Metall-Schutzgasscheissen
- Wolfram-Inertgasscheissen
- Gasscheissen (Autogenscheissen)
- Unterpulverschweissen

3.1.3 Pressscheissen von Metallen

Beim Pressscheissen werden die metallischen Werkstoffe unter Druck zusammengefügt. Die Stossstellen können, müssen aber nicht, erwärmt werden (Kaltpressscheissen). Ein Zusatzwerkstoff ist bei diesem Verfahren in der Regel nicht notwendig. Die wichtigsten Verfahren sind:

- Widerstandsscheissen (Punktscheissen)
- Reibscheissen

3.2 Verfahren zum Schweissen von Kunststoffen

Auch etliche Kunststoffe können durch Schweissen miteinander verbunden werden. Dafür stehen Verfahren wie das Warmgas-, das Hochfrequenz-, das Reib- oder das Ultraschallscheissen zur Verfügung. Die vorliegende Publikation befasst sich nur mit den metallischen Schweiss- und Schneidverfahren.

3.3 Fügen durch Löten

Löten ist ein Verfahren zum Verbinden metallischer Werkstoffe mit Hilfe eines geschmolzenen Zusatzmetalles (Lotes), gegebenenfalls unter Anwenden von Flussmitteln und/oder Lötenschutzgasen. Die Schmelztemperatur des Lotes liegt unterhalb derjenigen der zu verbindenden Grundwerkstoffe; diese werden benetzt, ohne geschmolzen zu werden.

Es wird zwischen Weichlöten und Hartlöten unterschieden. Beim Weichlöten sind die Lote hauptsächlich Legierungen aus Blei, Zinn, Zink, Cadmium und Antimon. Beim Hartlöten werden Kupfer- und Silberlegierungen verwendet. Die Lötverfahren werden nicht nur nach dem verwendeten Lot unterschieden, sondern auch nach der eingesetzten Wärmequelle. Die wichtigsten Verfahren sind beim Weichlöten das Kolben-, das Flamm-, das Ofen-, das Widerstands- und das Wellenbadlöten. Beim Hartlöten wird die Lötstelle vor allem mit der Flamme erwärmt, aber auch im Ofen unter Schutzgas oder mittels Stromdurchgang.

3.4 Thermisches Trennen

Beim thermischen Trennen wird der durch gebündelte Gasstrahlen geschmolzene Werkstoff durch die hohe kinetische Energie des Gases aus der Schnittfuge herausgetrieben. Man unterscheidet zwischen den Verfahren der Autogentechnik (Brennschneiden usw.) und den Lichtbogen-schneidverfahren (Laserschneiden, Plasmaschneiden usw.)

3.5 Sonderverfahren

3.5.1 Beschichten durch thermisches Spritzen

Durch thermisches Spritzen kann eine festhaftende Schicht mit den gewünschten Eigenschaften aus formlosem Stoff (Pulver, Draht) auf ein Werkstück aufgebracht werden. Vor allem das Plasmaspritzen hat eine grosse Bedeutung erlangt. Der z. B. pulverisierte Spritzwerkstoff wird durch ein Fördergas in die Plasmaflamme eingebracht, geschmolzen, beschleunigt und mit hoher Energie auf das zu beschichtende Werkstück geschleudert. Da in der Plasmaflamme sehr hohe Temperaturen herrschen (über 20 000 °C), wird immer ein Teil des Spritzwerkstoffes verdampfen. Darum müssen thermische Spritzeinrichtungen gekapselt oder mit einer guten Absaugung versehen sein.

3.5.2 Auftragsschweissen

Durch Auftragsschweissen können verschiedene Flächen von Werkstücken neu aufgetragen werden. Oberflächen weniger verschleissfester Werkstoffe können mit Verschleisswerkstoffschichten gepanzert und korrosiv beständige Werkstoffe können auf korrosionsunbeständige Träger-Werkstoffe plattiert werden.

3.6 Anlagen und Stoffe

3.6.1 Geräte, Maschinen und Anlagen

Beim Bewerten von schweisstechnischen Verfahren sind aus der Sicht des Gesundheitsschutzes auch die Geräte, Maschinen und Anlagen von Bedeutung. Der Schweissprozess wird im Rahmen einer manuell ausgeübten Tätigkeit ausgeführt, aber auch als teil- oder vollmechanisierter sowie automatisierter Prozess. Ganz wesentlich, vor allem im Hinblick auf das mengenmässige Entstehen von Schadstoffen, ist die Anzahl schweisstechnischer Geräte, Anlagen und Maschinen im Raum.

Für das lüftungstechnische Erfassen und Fortführen der gesundheitsgefährdenden Stoffe sind sowohl die räumlichen wie auch produktionstechnischen Gegebenheiten zu berücksichtigen.

3.6.2 Grundwerkstoffe

Einfluss auf das Entstehen von Schadstoffen haben der Grundwerkstoff sowie sein Oberflächenzustand. Der Grundwerkstoff bestimmt massgeblich die Auswahl des Schweissverfahrens und somit auch des Zusatzwerkstoffes.

Die wichtigsten metallischen Grundwerkstoffe werden unterteilt in Eisen- und Nichteisenwerkstoffe. Bei den Eisenwerkstoffen differenziert man zwischen unlegierten, niedriglegierten und hochlegierten Stählen. Die hochlegierten Stähle enthalten mehr als 5 % Legierungselemente. Beim Legieren von Eisen wird vor allem Chrom und Nickel eingesetzt, aber auch Mangan, Molybdän, Silizium, Kupfer, Wolfram, Titan u. a.

Beachtung muss auch dem Oberflächenzustand der Werkstücke geschenkt werden. Vor allem Oberflächenbeschichtungen (z. B. Lacke, Farben, metallische Überzüge) und Verunreinigungen (z. B. Öle, Fette, Lösemittelreste) können entscheidend zur Schadstoffbildung beitragen.

3.6.3 Zusätze und Hilfsstoffe

Zusätze finden bei fast allen Verfahren Anwendung und tragen massgeblich zum Entstehen von Schadstoffen bei. Als Zusatzwerkstoffe kennt man Massivdrahtelektroden, Fülldrahtelektroden, Stabelektroden, Schweisspulver u. a.

Bei den Hilfsstoffen sind besonders die Brenn- und Schutzgase zu nennen, die Ausgangsprodukte für das Entstehen gasförmiger, gesundheitsgefährdender Stoffe sind. Von Gasen kann auch eine Brand- und Explosionsgefahr durch zündfähige Gemische oder Erstickungsgefahr durch atemluftverdrängende Gase wie Kohlendioxid (CO₂) oder Argon (Ar) ausgehen [10–13].



Bild 5
Automatisches Auftragsschweissen

4 Gesundheitsgefährdung beim Schweissen und Schneiden

4.1 Schadstoffe

Beim Schweissen und bei den verwandten Verfahren fallen Stoffe in Form von Rauch, Stäuben, Gasen und Dämpfen an, die die Atemluft der Beschäftigten verunreinigen.

Rauch ist die disperse Verteilung feinsten, fester Stoffe in der Luft. Durch den thermischen Prozess «Schweissen» entsteht in zweifacher Hinsicht Rauch:

- durch Kondensieren anorganischer Anteile (Metalle) aus der Dampfphase, teilweise verbunden mit chemischen Reaktionen, z. B. Oxydation, oder
- durch unvollständiges Verbrennen organischer Materialien, z. B. des Schweißzusatzes oder einer Beschichtung des Grundwerkstoffs.

Der Durchmesser der dabei gebildeten Teilchen liegt bei 0,01 bis 1 µm. Durch Agglomeration kommt es auch zu Gebilden mit grösserem Durchmesser. Die Agglomerate weisen teilweise kettenförmige Strukturen auf.

Je nach Partikelgrösse wird zwischen folgendem Rauch und folgenden Stäuben unterschieden:

- Einatembarer Staub (e-Staub): die Gesamtheit der Partikel in der Atemluft, welche durch Mund und Nase eingeatmet werden können; er umfasst Partikelgrössen bis ca. 100 µm.
- Alveolengängiger Staub (a-Staub): die Gesamtheit der Partikel in der Atemluft, welche bis in die Lungenalveolen (Lungenbläschen) gelangen können; er umfasst Partikelgrössen bis ca. 5 µm.

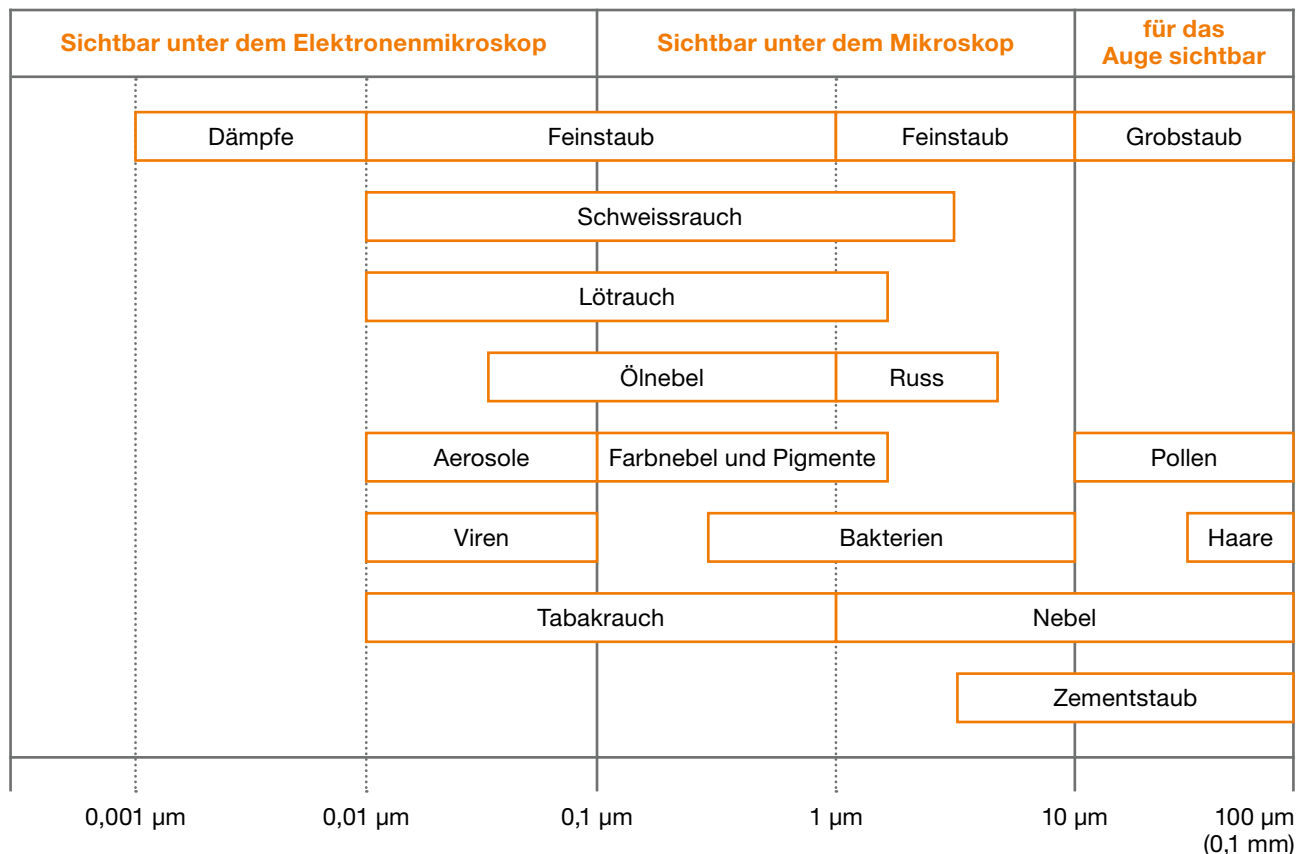


Bild 6
Partikelgrössen einiger Stoffe in der Luft

Die beim Schweißen entstehenden partikelförmigen Stoffe sind sehr fein. Sie sind daher alveolengängig und werden als «Schweisssrauche» bezeichnet. Beim thermischen Schneiden und bei einigen verwandten Verfahren entstehen partikelförmige Stoffe, die nur teilweise alveolengängig sind.

Gasförmige Schadstoffe entstehen durch thermische Umsetzung von Brenngasen, Luft, Beschichtungsmaterialien oder Verunreinigungen, z. B.:

- Ozon, das durch die ultraviolette Strahlung im Lichtbogen aus dem Sauerstoff der Luft entstehen kann
- Kohlenmonoxyd, das bei unvollständiger Verbrennung von Brenngasen (Autogenschweißen) und beim Schweißen mit Schutzgas aus Kohlendioxid entstehen kann
- Stickstoffoxide (nitrose Gase), die durch thermische Prozesse aus dem Stickstoff und dem Sauerstoff der Luft entstehen. Stickstoffoxide treten vor allem beim Brennschneiden auf
- Phosgen, Aldehyde und andere Zersetzungsprodukte, die aus Beschichtungs-, Fettungs- oder Entfettungsmitteln entstehen können

Beim Schweißen auftretende und eingeatmete gas- sowie partikelförmige Stoffe können chemisch-irritativ zu Schleimhautreizungen im Nasen-Rachen-Raum und in den Bronchien führen. Allergische Reaktionen sind ebenfalls bekannt. Gewisse Metalloxide können Fieberschübe verursachen. Einzelnen Verbindungen wird eine krebserzeugende Wirkung zugeschrieben.

Im Folgenden werden die wichtigsten Füge- und Trennverfahren erläutert, da sie für das Beurteilen der möglichen Gesundheitsgefährdungen von besonderer Bedeutung sind. Es sind dies:

- Lichtbogenhandschweißen
- Metall-Aktivgasschweißen
- Metall-Inertgasschweißen
- Wolfram-Inertgasschweißen
- Unterpulverschweißen
- Plasmaschneiden und -schweißen
- Widerstandspunktschweißen
- Autogenverfahren
- Laserschneiden
- Löten

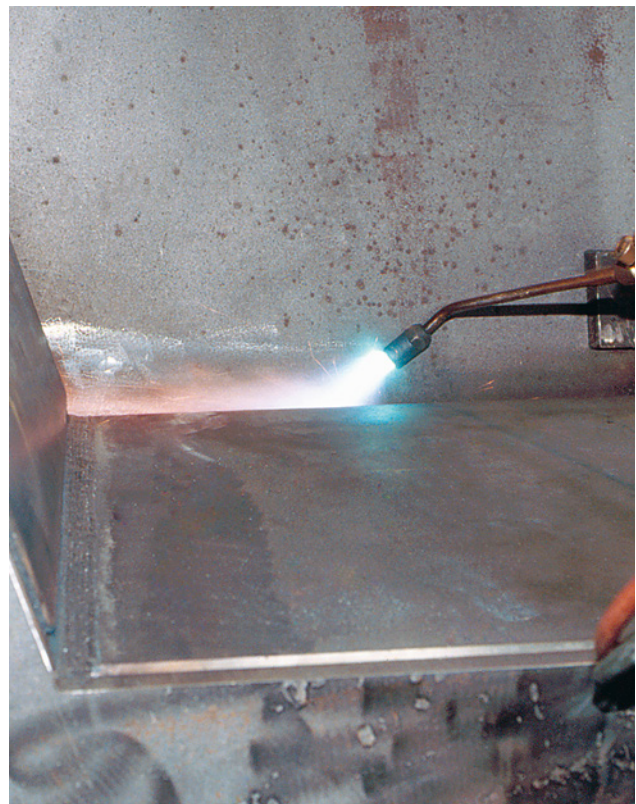


Bild 7

Autogenes Flammwärmen: Gasflammen bilden unsichtbare Stickstoffoxide (nitrose Gase).

4.2 Lichtbogenhandschweissen mit Stabelektroden

Das Lichtbogenhandschweissen (LBH) liefert die höchsten Emissionsraten von gesundheitsgefährdenden Stoffen. Die beim LBH-Schweissen mit unlegierten und niedriglegierten Stabelektroden pro Zeiteinheit entstehenden Schweissrauchmengen nehmen mit steigender Stromstärke und Spannung zu, die Schweissgeschwindigkeit ist vernachlässigbar. Der Elektrodentyp hat den grössten Einfluss auf die Emission (siehe Bild 9).

Die Zusammensetzung des jeweiligen Grundwerkstoffes (ohne Beschichtung) bleibt für die entstehende Schweissrauchmenge ohne nennenswerten Einfluss. Untersuchungen zeigen, dass etwa 95 % des Schweissrauchs aus den Schweisszusätzen und weniger als 5 % aus dem Grundwerkstoff stammen. Hauptbestandteile sind Eisenoxid, Kaliumoxid, Siliziumoxid, Calciumoxid, Chromoxide, Magnesiumoxid, Bariumoxid, Fluoride und Titandioxid.

Zu beachten ist aber auch der Gesamtschweissrauch. Der allgemeine Staubgrenzwert (MAK) von 3 mg/m^3 wird ohne Gegenmassnahmen beim LBH in der Regel überschritten.

Beim Schweissen von hochlegierten Stählen mit hochlegiertem Schweisszusatz (Chrom-Nickel-Stahl) besteht eine Gesundheitsgefährdung durch Chromate, bei Reinnickel- und Nickelbasiswerkstoffen besteht eine Gefährdung durch Nickel.

Es sind Schutzmassnahmen zu treffen wie das wirksame Absaugen des Schweissrauchs im Entstehungsbereich (Quellenabsaugung).



Bild 8
Lichtbogenhandschweissen mit umhüllten Stabelektroden

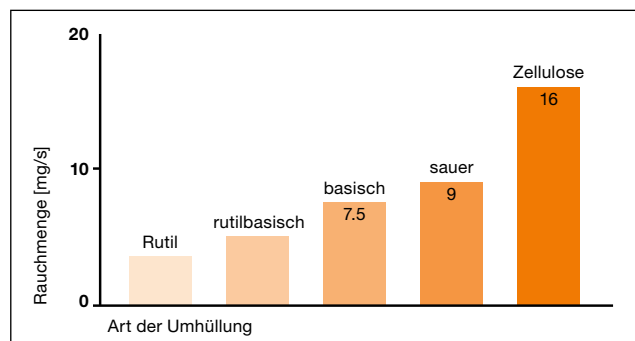


Bild 9
Schweissrauchemission beim Lichtbogenhandschweissen mit un- und niedriglegierten Stabelektroden; nach [12]

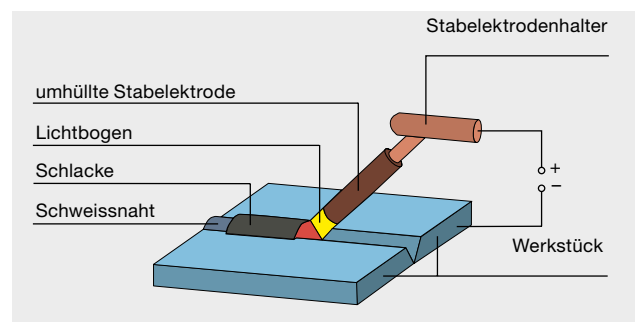


Bild 10
Lichtbogenhandschweissen

4.3 Metall-Aktivgasschweissen

Beim Metall-Aktivgasschweissen (MAG-Schweissen) finden sich als dominierende Schadstoffe im Schweißrauch Eisenoxide sowie geringere Anteile Siliziumdioxid und Kupferoxid.

Beim Arbeiten mit unlegierten und niedriglegierten Drahtelektroden nimmt die Schweißrauchemission zunächst mit steigender Stromstärke zu und fällt dann nach Durchlaufen eines Maximums wieder ab. Zunehmende Edelgasanteile im Schutzgas bewirken eine Abnahme der Schweißrauchemission.

Bei hochlegierten Stählen spielen folgende weitere gesundheitsgefährdende Stoffe eine Rolle (Aufzählung in der Reihenfolge ihrer Bedeutung): Nickeloxid, Chromverbindungen und Manganoxide. Beim MAG-Schweissen mit Chrom-Nickel-haltigen Drahtelektroden liegen im Rauch bis 5 % Nickel und bis 17 % Chrom vor. Da die Chromverbindungen bei diesem Verfahren fast ausschließlich dreiwertig sind – diese gelten nicht als krebserzeugend – kann beim Treffen von Schutzmassnahmen auf den allgemeinen Staubgrenzwert abgestellt werden.

Beim MAG-Schweissen mit kohlendioxidhaltigem Schutzgas entsteht neben Schweißrauch Kohlenmonoxid in möglicherweise gefährlichen Konzentrationen und in geringerem Masse Ozon.

Beim MAG-Schweissen wird der allgemeine Staubgrenzwert (MAK) von 3 mg/m^3 ohne Gegenmassnahmen in der Regel überschritten.

Beim Schweissen mit hochlegiertem Schweißzusatz besteht eine Gesundheitsgefährdung durch Chrom- und Nickelverbindungen.

Es sind Schutzmassnahmen zu treffen wie das wirksame Absaugen des Schweißrauchs im Entstehungsbereich (Quellenabsaugung).

Bei Mischgasen verringert sich mit abnehmendem Kohlendioxid-Gehalt der Kohlenmonoxid-Anteil, während sich gegenüber dem Schweissen mit reinem Kohlendioxid eine Zunahme von Ozon bemerkbar macht [13].

Durch Verwenden anderer Gase (z. B. Argon mit 1 % Sauerstoff) ergibt sich eine geringere Schadstoffbildung.

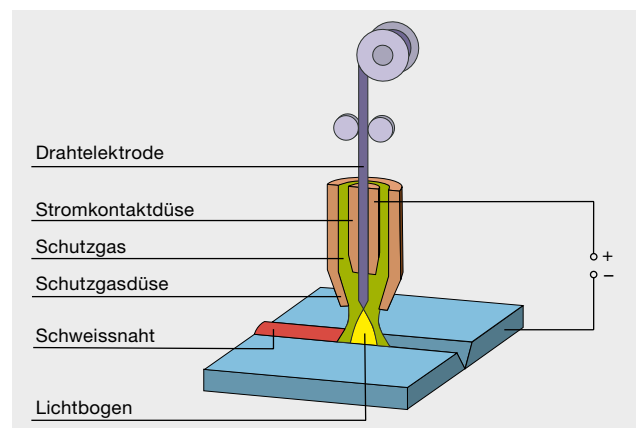


Bild 11
Metall-Aktivgasschweissen (MAG)

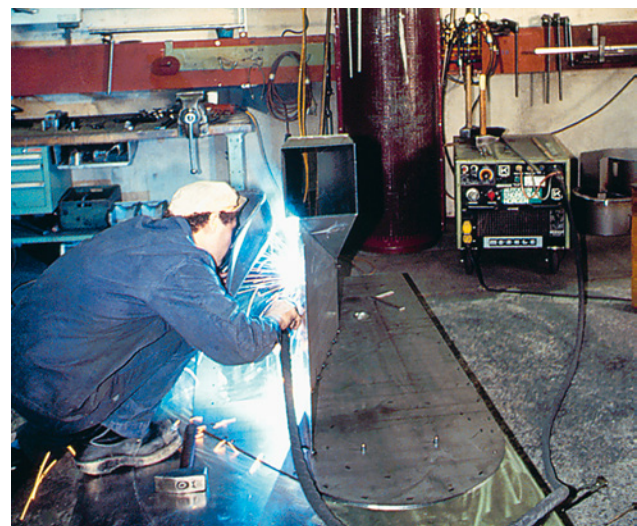


Bild 12
MAG-Schweissen

4.4 Metall-Inertgasschweissen

Das Metall-Inertgasschweissen (MIG) kann zum Schweißen von Eisenwerkstoffen und Nichteisenmetallen eingesetzt werden. Die entstehenden Rauchmengen beim MIG-Schweissen liegen im Vergleich zum MAG-Schweissen niedriger, die Ozonmengen höher. Schweißrauche aus hochlegierten Drahtelektroden enthalten jedoch Chrom-Nickel-Anteile. Der Nickelgehalt im Schweißrauch von hochlegierten und Reinnickel-Elektroden liegt zwischen 1 und 60 %. Bei Chromgehalten der Drahtelektroden zwischen 18 und 20 % variiert der Gesamtchromgehalt im Schweißrauch zwischen 8 und 16 %, davon sind weniger als 10 % sechswertiges Chrom (beim LBH bis 90 %) [14].

Beim MIG-Schweissen von magnesiumhaltigen Aluminiumlegierungen ist mit einer grossen Menge von Rauch zu rechnen, während eher niedrige Ozonmengen entstehen. Andererseits entstehen beim MIG-Schweissen von siliziumhaltigen Aluminiumlegierungen oder Reinaluminium eher niedrige Rauchmengen, jedoch hohe Ozonkonzentrationen.

Der allgemeine Staubgrenzwert (MAK) von 3 mg/m^3 wird bei Eisenwerkstoffen in der Regel überschritten, bei Aluminium jedoch nicht. Bei Aluminiumwerkstoffen kann jedoch die Ozonkonzentration über dem MAK-Wert liegen.

Beim Schweißen mit hochlegiertem Schweißzusatz besteht eine Gesundheitsgefährdung durch Chrom- und Nickelverbindungen.

Es sind Schutzmassnahmen notwendig wie das Absaugen im Entstehungsbereich (Quellenabsaugung) oder technische Lüftung.

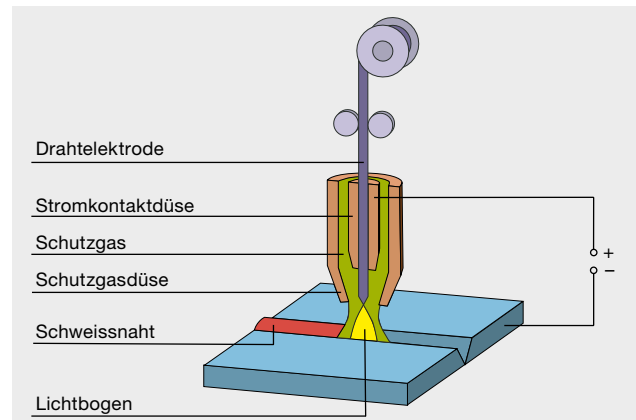


Bild 13
Metall-Inertgasschweissen (MIG)



Bild 14
MIG-Schweissen

4.5 Wolfram-Inertgasschweissen

Mit dem Wolfram-Inertgasschweissen (WIG/TIG) können alle schweisss geeigneten Metalle verarbeitet werden. Es zeichnet sich durch die niedrigsten Rauchemissionen aus. Beim WIG-Schweissen Chrom-Nickel-haltiger Stähle ist die Rauchentwicklung wesentlich niedriger als bei anderen Schutzgasschweisverfahren. Die Nickel- und Chrom-(VI)-Konzentrationen erreichen fast nie kritische Werte.

Die Bildung von Ozon ist jedoch zu beachten. Durch Reaktion mit gleichzeitig entstehendem Stickstoffmonoxid und schweisssrauchbedingtem Zerfall nimmt die Ozonmenge ab. Ein Erhöhen der Schutzgasmenge führt zu verstärkter Ozonbildung.

Beim Schweissen von Aluminium und seinen Legierungen ist die Ozonbildung beim WIG-Schweissen niedriger als beim MIG-Schweissen. Die Schweissrauchemission kann beim WIG-Schweissen von Aluminium praktisch vernachlässigt werden, während sie beim MIG-Schweissen hohe Werte erreicht. Die Schweissrauche enthalten als überwiegenden Bestandteil Aluminiumoxid.

Beim WIG-Schweissen von magnesiumhaltigen Aluminiumlegierungen entstehen niedrigere Ozonemissionen als bei Reinaluminium. Sehr hohe Ozonkonzentrationen werden beim Schweissen von Aluminium-Silizium-Legierungen gemessen [14].

Der allgemeine Staubgrenzwert (MAK) von 3 mg/m^3 wird in der Regel deutlich unterschritten.

Schutzmassnahmen, wie eine technische Lüftung, können im Falle hoher Ozonbildung notwendig sein.



Bild 15
WIG-Schweissen

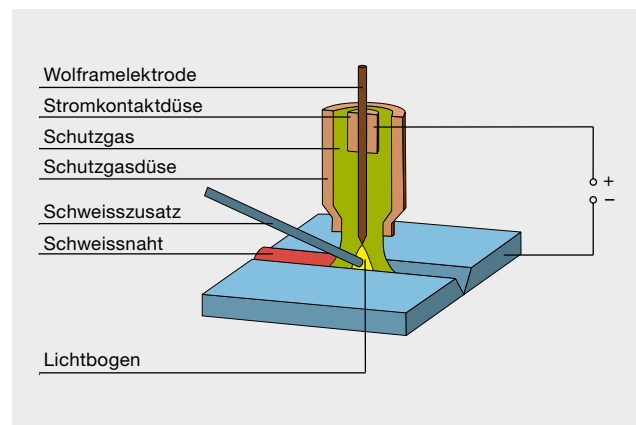


Bild 16
Wolfram (Tungsten)-Inertgasschweissen (WIG/TIG)

4.6 Unterpulverschweissen

Beim Unterpulverschweissen (UP) liegt der Lichtbogen unter einer Pulveraufschüttung. Die Schweißpulver enthalten Manganoxid, Siliziumdioxid, Kalziumoxid, Aluminiumoxid, Titandioxid, Magnesiumoxid und/oder Kalziumfluorid in unterschiedlichen Mengen.

Im Vergleich zu anderen Schweißverfahren entstehen beim UP nur wenig gesundheitsgefährdende Stoffe (Rauch, Gase). Steigende Schweißspannungen und Stromstärke, Ausblitzen des Lichtbogens aufgrund unzureichender Pulverschütthöhe sowie erhöhter Feuchtigkeitsgehalt der Pulver führen zu einer Zunahme an gesundheitsgefährdenden Stoffen. Selbst unter ungünstigsten Verhältnissen liegen die Emissionswerte beim UP-Schweissen immer noch wesentlich niedriger als beim offenen Lichtbogenschweissen mit abschmelzender Elektrode [13].

Der allgemeine Staubgrenzwert (MAK) von 3 mg/m^3 wird beim UP-Schweissen in der Regel nicht erreicht.

Schutzmassnahmen, wie eine technische Lüftung, können jedoch bei besonderen Bedingungen notwendig sein.

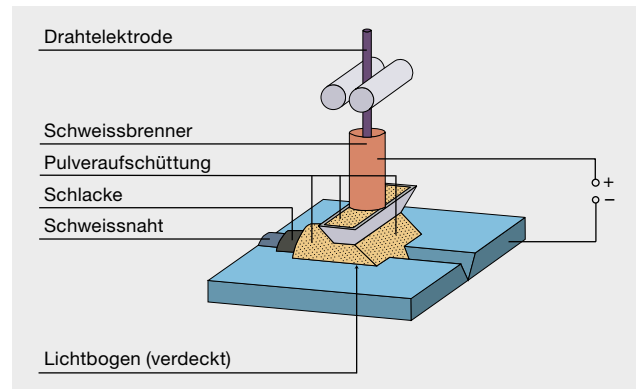


Bild 17
Unterpulverschweissen (UP)



Bild 18
Unterpulverschweissen

4.7 Plasmaschneiden und -schweissen

Beim Plasmaschneiden und -schweissen wird mit einem Plasmastrahl gearbeitet, mit dem sich Werkstoffe, z. B. Chrom-Nickel-Stähle oder Aluminium, gut schneiden oder schweißen lassen.

Durch die hohen Temperaturen des Plasmastrahls (bis über 20000 °C) schmilzt der Werkstoff, dabei verdampft auch ein Teil desselben. Die austretenden Stoffe bestehen aus Metallstäuben des geschnittenen oder verschweissten Werkstoffes, aus Stickstoffoxiden und – bedingt durch die intensive ultraviolette Strahlung – aus Ozon. Da Ozon mit Stickstoffmonoxid reagiert und im Kontakt mit Staubpartikeln zerfällt, ist die Ozonkonzentration niedrig.

Beim Plasmaschneiden wird der allgemeine Staubgrenzwert (MAK) von 3 mg/m³ überschritten. Mit der Bildung von Chromaten und Stickstoffoxiden ist besonders beim Einsatz von Druckluft oder Stickstoff als Plasma- oder Kühlgas zu rechnen.

Es sind Schutzmassnahmen wie das Absaugen des Schneidrauches im Entstehungsbereich (Quellenabsaugung) zu treffen, auch bei handgeführten Plasmabrennern. Bewährt haben sich Schneidische mit unterer Absaugung. Die wirksamste Möglichkeit zum Vermeiden der hohen Schadstoffemission ist das – apparativ allerdings aufwendige – Plasmaschneiden mit Wasserabdeckung.

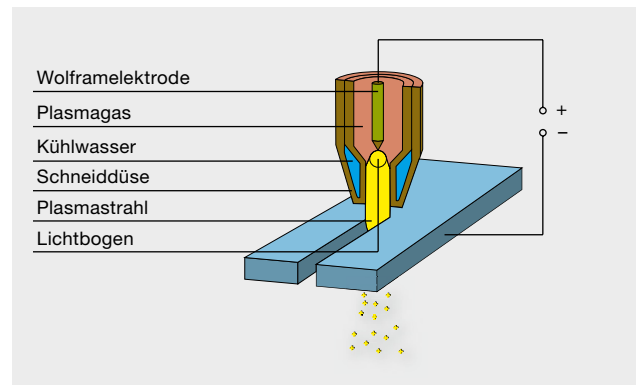


Bild 19
Plasmaschneiden

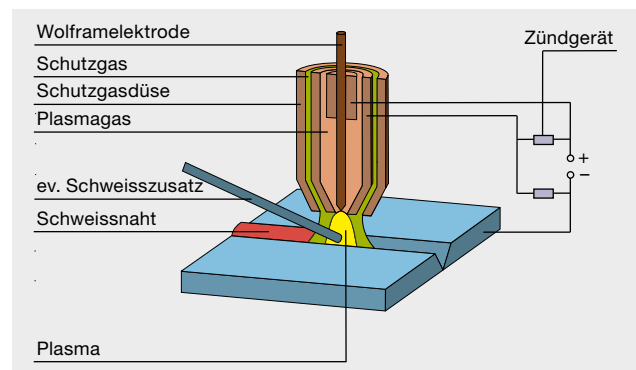


Bild 20
(Wolfram-)Plasmaschweissen

4.8 Autogenverfahren

Beim Wärmen und Schweißen von Stahl mit Gasen (z. B. Acetylen, Propan, Sauerstoff) sind die nitrosen Gase (Stickstoffoxide) von Bedeutung, beim Brennschneiden überwiegen Rauch und Stäube.

Gasschweißen und Wärmen

Die Bildung von nitrosen Gasen beim Gasschweißen und Wärmen hängt ab von der Brennergrösse, der Flammenlänge und vom Brenngas. Aufgrund der mit wachsender Flammenlänge grösser werdenden Reaktionszone nimmt die Stickoxidbildung stark zu. Sie kann bei freibrennender Flamme im Vergleich zu einer Flamme von 15 mm Länge den 10-fachen Wert erreichen [13].

Beim Gasschweißen und Flammwärmen besteht eine wesentliche Gesundheitsgefährdung durch Stickstoffoxide (nitrose Gase). Der MAK-Wert wird zum Teil überschritten.

Der allgemeine Staubgrenzwert (MAK) von 3 mg/m^3 wird in der Regel nicht überschritten. Gefährlicher Rauch ist jedoch zu beachten beim Gasschweißen von

- Kupferwerkstoffen
- verzinkten oder cadmierten Teilen, Blechen und Rohren
- farb- oder kunststoffbeschichteten Teilen

Schutzmassnahmen wie das Absaugen im Entstehungsbereich (Quellenabsaugung) oder technische Lüftung können bei besonderen Bedingungen notwendig sein. Es ist immer für eine gute natürliche Lüftung zu sorgen.

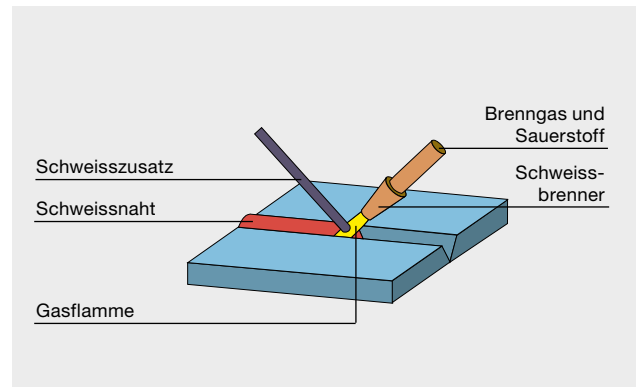


Bild 21
Gasschweißen

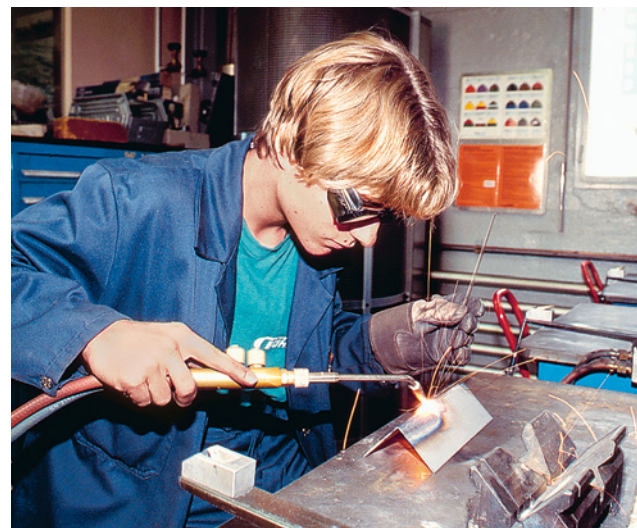


Bild 22
Gasschweißen

Brennschneiden

Beim Brennschneiden entstehen nur geringe Stickoxidemengen, die Rauch- und Staubentwicklung ist jedoch erheblich. Auf Bild 25 ist ein Brennschneidvorgang dargestellt, bei dem ein mit Eisendrähten gefülltes Eisenrohr mit Sauerstoff durchflutet wird. Die Eisendrähte dienen dabei als Brennstoff, der vom Sauerstoff verbrannt wird. Die entstehende sehr heiße Flamme wird nicht nur zum Brennschneiden von Stählen, sondern auch von anderen Werkstoffen (z. B. Beton) benutzt. Beim Sauerstoff-Brennschneiden mit Eisenzusatz (Drähte, Pulver) entsteht sehr viel Rauch.

Aufgrund der hohen Rauch- und Staubentwicklung wird beim Brennschneiden der allgemeine Staubgrenzwert (MAK) von 3 mg/m^3 in der Regel überschritten.

Es sind Schutzmassnahmen wie das wirksame Absaugen des Rauchs im Entstehungsbereich (Quellenabsaugung) zu treffen. Bewährt haben sich Brennschneidische mit seitlicher Absaugung.



Bild 23
Brennschneiden

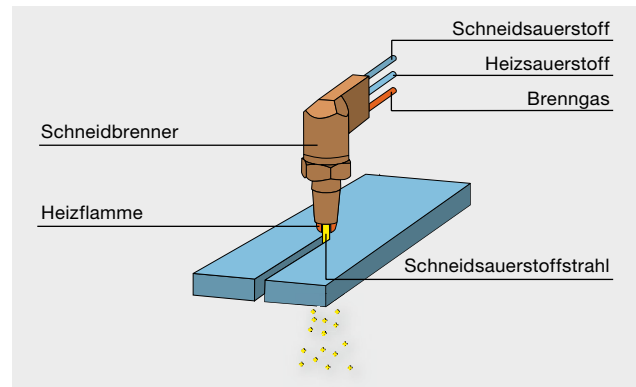


Bild 24
Brennschneiden



Bild 25
Brennschneiden mit Sauerstofflanze

4.9 Widerstandspunktschweissen

Dieses Verfahren emittiert nur geringe Mengen gesundheitsgefährdender Stoffe. Diese entstehen vor allem durch Verspritzen oder verdampfen des Grundwerkstoffes [14]. Beim Widerstandspunktschweissen von unlegierten Stahlblechen bestehen die Schweissrauche zu 95 % aus Eisenoxid. Bei hochlegierten Blechen enthält der Schweissrauch unter ungünstigen Bedingungen maximal 10 % Chromate. Beim Bearbeiten verzinkter oder cadmierter Bleche entstehen nur geringe Mengen an Zinkoxid oder Cadmiumoxid [14]. Da die zu verschweisenden Bleche oft ölbenetzt sind, können sich neben den Metallverbindungen Ölnebel und Öldämpfe bilden.

Beim Widerstandspunktschweissen ist normalerweise keine Überschreitung der Arbeitsplatz-Grenzwerte (MAK-Werte) festzustellen.

Schutzmassnahmen, wie eine technische Lüftung, können bei besonderen Bedingungen (z. B. bei beschichteten oder öligen Blechen) notwendig sein. Es ist immer für eine gute Lüftung zu sorgen.

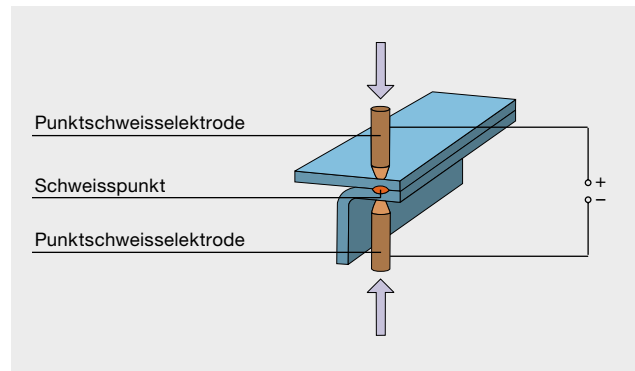


Bild 26
Widerstandspunktschweissen



Bild 27
Widerstandspunktschweissen

4.10 Laserschneiden und -schweissen

Laserstrahlen können neben dem Schneiden und Schweißen auch zum Bohren, Oberflächenhärten und Wärmebehandeln eingesetzt werden. Beim Laserstrahlbrennschneiden wird das auf Zündtemperatur aufgeheizte Metall durch den zugeführten Sauerstoff verbrannt. Die beim Bearbeiten des Materials entstehenden gesundheitsgefährdenden Stoffe sind abhängig vom bearbeiteten Werkstoff. So emittieren beim Laserschneiden die Chrom-Nickel-Stähle und verzinkten Bleche bei gleicher Blechdicke mehr Schadstoffe als Baustahl-Bleche. Die anfallende Staubmenge ist abhängig von der Schneidgeschwindigkeit und dem Schneidgasdruck. Mit zunehmender Schneidgeschwindigkeit verringert sich die anfallende Staubmenge, bei zunehmendem Schneidgasdruck nimmt sie zu.

Bei der Bearbeitung mit Laserstrahlen ist auch **die Gefährdung durch Strahlung** zu beachten.

Die Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen an Lasereinrichtungen sowie die Pflichten der Inverkehrbringer und Betreiber werden in verschiedenen Verordnungen, Normen und Richtlinien geregelt [15].

Beim Laserschneiden wird bei örtlicher, arbeits-tisch-integrierter Absaugung der Schadstoffe und optimalen Schneidparametern der allgemeine Staubgrenzwert (MAK) von 3 mg/m^3 in der Regel nicht überschritten. Unter bestimmten Bedingungen kann es jedoch vorkommen, dass die MAK-Werte (z. B. für Chrom und Nickel) überschritten werden.

Die beim Laserstrahlschneiden auftretende Gasemission ist vernachlässigbar klein.

Es sind Schutzmassnahmen zu treffen wie das Absaugen im Entstehungsbereich (Kapselung, Quellenabsaugung).



Bild 28
Laserschneiden

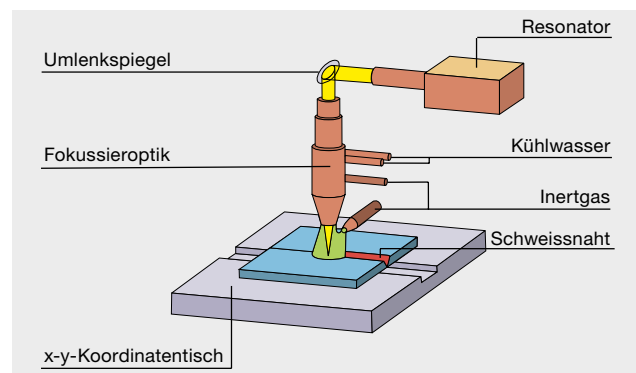


Bild 29
Laserschweissen

4.11 Löten

Im Unterschied zum Schweißen wird beim Löten nur das bei tieferer Temperatur schmelzende Lotmetall verflüssigt, während die Grundwerkstoffe in festem Zustand verbleiben.

Die **Weichlote** (Liquidustemperatur $< 450^{\circ}\text{C}$) für Schwermetall und Aluminiumlegierungen können Blei, Zinn, Zink, Cadmium, Antimon, Silber und Kupfer enthalten. Flussmittel zum Weichlöten weisen je nach Verwendungszweck unterschiedliche organische und anorganische Grundkomponenten auf [14].

Die Lote zum **Hartlöten** (Liquidustemperatur $\geq 450^{\circ}\text{C}$) sind in Kupferbasislote, silberhaltige Lote, Aluminiumbasislote und Nickelbasislote eingeteilt. Die Flussmittel zum Hartlöten bestehen aus Borverbindungen, Fluoriden, Phosphaten, Chloriden und Silikaten [14].

Die Emissionen sind abhängig von den verwendeten Loten, Flussmitteln, Bindemitteln, der Art der Wärmezufuhr (elektrischer Lötkolben, Gasflamme) und den prozessbedingten Parametern wie Löttemperatur, Löt- und Haltezeit. Aus den Flussmitteln können Formaldehyd, Hydrazin, Abietinsäure, Ammoniak, Chloride, Bromide, Fluoride usw. entstehen. Beim Verwenden von kolophoniumhaltigen Flussmitteln können allergische Reaktionen auftreten. Ein direktes Erwärmen mit der Flamme führt im Vergleich zum indirekten Erwärmen zu höheren Cadmium- und Zinkgehalten im Lötrauch. Die Emissionswerte für die anderen Legierungselemente wie Silber und Kupfer liegen sehr niedrig [14].

Wenn die Löttemperatur und die Lötzeit richtig eingehalten werden, gibt es in der Regel keine Überschreitungen der Grenzwerte (MAK-Werte). Die verdampften oder verbrannten Flussmittel können jedoch belästigend wirken.

In der Regel sind Schutzmassnahmen notwendig, wie das Absaugen im Entstehungsbereich (Quellenabsaugung) oder technische Lüftung.



Bild 30
Löten

5 Grenzwerte am Arbeitsplatz (MAK-Werte)

Die Konzentrationen von gesundheitsgefährdenden Stoffen in der Atemluft der Mitarbeitenden darf die Grenzwerte am Arbeitsplatz (MAK-Werte) nicht überschreiten. Der Maximale Arbeitsplatzkonzentrationswert (MAK-Wert) ist die höchstzulässige Durchschnittskonzentration eines gas-, dampf- oder staubförmigen Arbeitsstoffes in der Luft. Diese Konzentration stellt nach derzeitiger Kenntnis in der Regel keine Gefährdung der Gesundheit dar: für eine ganz überwiegende Zahl von gesunden Personen am Arbeitsplatz und bei Einwirkung während einer Arbeitszeit von 8 Stunden täglich sowie bis 42 Stunden pro Woche.

Es ist zu beachten, dass die MAK-Werte keine sicheren Grenzen zwischen gefährlichen und ungefährlichen Bereichen sind. Konzentrationen eines Schadstoffes, die unter dem MAK-Wert liegen, garantieren nicht für die Gesundheit aller Exponierten. Besonders empfindliche oder in ihrer Gesundheit beeinträchtigte Personen können auch bei tieferen Konzentrationen geschädigt werden.

Hinweise zu Kurzzeitgrenzwerten und zur spezifischen Wirkung von einzelnen Stoffen wie Hautresorption, Sensibilisierung, krebserzeugende, erbgutverändernde, fortpflanzungsgefährdende, fruchtschädigende Eigenschaften finden Sie auf der Webseite

www.suva.ch/grenzwerte [4].

6 Schutzmassnahmen

Um eine Gefährdung von Schweisserinnen und Schweissern und anderen Personen im gleichen Bereich auszuschliessen, müssen gesundheitsgefährdende Stoffe und Verfahren durch weniger gefährliche ersetzt werden, oder es sind technische, organisatorische und persönliche Schutzmassnahmen zu treffen (Art. 44 VUV [3] und [8]).

6.1 Ersatz gefährlicher Stoffe und Verfahren

Der Ersatz eines bestehenden Schweissverfahrens mit grosser Schweissrauchentwicklung durch ein anderes weniger gesundheitsgefährdendes Verfahren kann wesentlich zur Minderung der Arbeitsplatzbelastung beitragen.

Deshalb hat der Arbeitgeber diejenigen Schweiss-, Schneid- und verwandten Verfahren auszuwählen, bei denen die Freisetzung gesundheitsgefährdender Stoffe gering ist.

Beispiele:

- Schutzgasschweissen von Stählen statt Lichtbogenhandschweissen mit Stabelektroden
- Verwenden rutilumhüllter Stabelektroden statt basischer, saurer oder gar zelluloseumhüllter Sorten
- beim MAG-Schweissen möglichst geringe Kohlendioxid-Gehalte im Schutzgas wählen oder noch besser kohlendioxidfreie Schutzgase aus Argon (mit z. B. 1 % Sauerstoff) verwenden
- bei den Schutzgasschweissverfahren das MAG-Verfahren durch das MIG- oder noch besser das WIG/TIG-Verfahren ersetzen
- beim Löten cadmiumfreie statt cadmiumhaltige Legierungen verwenden
- Löten mit thermostatisch geregelten, elektrisch beheizten LötKolben statt mit Gasflammen
- Unterwasserplasmaschneiden statt Plasmaschneiden ohne Wasser (Bild 31)

6.2 Kollektivschutz

Bei Arbeiten in engen Räumen, brand- oder explosionsgefährdeten Bereichen sowie an Behältern mit gefährlichen Inhalten sind weitergehende Massnahmen zu treffen. Dies kann vor allem notwendig sein bei schweisstechnischen Montage- und Instandhaltungsarbeiten in Tanks, Silos, Druckbehältern, Kesselwagen, Reservoirs, Kanalisationen, Apparaten, Rohrleitungen, Reaktionsgefässen usw. [16–19].

Durch technische Massnahmen ist dafür zu sorgen, dass die Konzentrationen an gesundheitsgefährdenden Stoffen in der Luft an den Arbeitsplätzen die zulässigen arbeitshygienischen Grenzwerte (MAK-Werte) nicht überschreiten.

Als technische Massnahmen sind vor allem geeignete Lüftungseinrichtungen vorzusehen (siehe auch Kapitel 2.4).



Bild 31
Unterwasserplasmaschneiden von Chrom-Nickel-Stählen

6.2.1 Beispiele für technische Massnahmen

Absaugen der gesundheitsgefährdenden Stoffe durch stationäre, fest installierte oder mobile Lüftungseinrichtungen (Bilder 32 bis 36).



Bild 32
Kapselung und Absaugung bei einer Laserschneidanlage

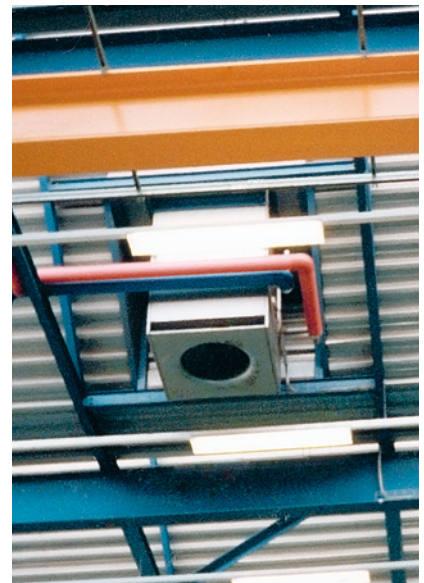


Bild 33
Technische Raumlüftung (Deckeninstallation)

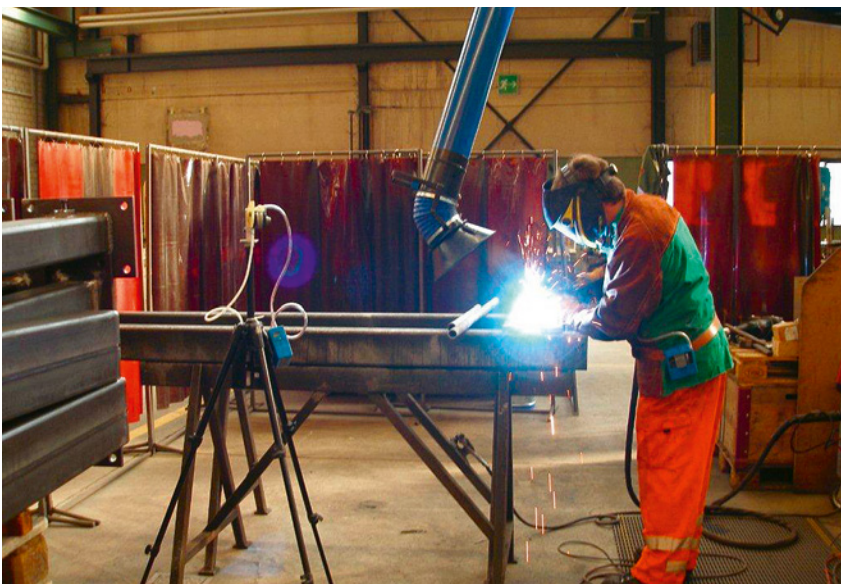


Bild 34
Saugarm mit Absaugtrichter als Erfassungseinrichtung



Bild 35
Absaugung am Schutzschild

Weitere Beispiele für technische Massnahmen:

- Zusammenfassen gleichartiger Arbeitsplätze in Sektoren mit entsprechender Lüftung
- Wasserverdüsen beim Propan-Sauerstoffbrennen zum Niederschlagen von gebildetem Rauch
- Entfettungsbäder mit chlorierten Kohlenwasserstoffen ersetzen oder räumlich getrennt von Elektrolichtbogen-schweisssplätzen aufstellen
- Verwenden von Schweisssbrennern mit Direktabsaugung (siehe Titelbild)

6.2.2 Abluftreinigung

Den Abluftreinigungsanlagen ist die notwendige Aufmerksamkeit zu schenken, insbesondere wenn ein Teil der so genannten «Reinluft» wieder in die Arbeitsräume zurückgeführt werden soll oder – wie bei mobilen Absauggeräten – im Raum verbleibt.

In der zurückgeführten Luft (Rückluft) dürfen die Konzentrationen der Schadstoffe höchstens 1/3 der Grenzwerte am Arbeitsplatz (MAK-Werte) erreichen.

Beim Rückluftbetrieb gilt es auch zu bedenken, dass die gasförmigen Schadstoffe im Gegensatz zu den Partikeln in der Regel nicht aus der Luft herausgefiltert werden können.

Das kurzfristige Umstellen der Ventilationsanlagen auf Frischluft/Fortluft-Betrieb muss gewährleistet sein.

Der Frischluft/Fortluft-Betrieb ist aus arbeitshygienischen Gründen immer dem Rückluftbetrieb vorzuziehen. Dabei sind Quellenabsaugungen mit geringen Luftmengen aus wärmetechnischen Gründen (vor allem im Winter) den Raumlüftungen, für die riesige Luftmengen erforderlich sind, vorzuziehen. Eine Ausnahme stellt eventuell die «kalte» Frischluftsee-Raumlüftung dar. Diese kommt mit kleinen Luftwechselzahlen aus, sodass nur relativ wenig Luft umgewälzt und erwärmt werden muss (Bild 37).

Schweisssrauchabscheidung

Die geeigneten Systeme für das Abscheiden von Schweisssrauchen aus der Luft lassen sich entsprechend ihrer verschiedenartigen Wirkungsweise in zwei Hauptkategorien einteilen:

- filternde Abscheider (Oberflächenfiltration, Tiefenfiltration) und
- elektrostatische Abscheider (Elektrofilter, Elektroabscheider)



Bild 36
Flexibler Absaugarm mit grosser Reichweite



Bild 37
Kaltluftseelüftung

Schweisssrauch- abscheideklasse	Abscheidegrad	Empfohlene Verwendung
W 1	≥ 95 %	bei unlegierten und niedrig legierten Stählen, z. B. mit niedrigem Nickel- und Chromgehalt
W 2	≥ 98 %	wie oben und legierte Stähle, z. B. mit einem Nickel- und Chrom- gehalt von ≤30 %
W 3	≥ 99 %	wie oben und hoch- legierte Stähle

Tabelle 1

Schweisssrauchabscheideklassen gemäss SN EN ISO 21904-2:2020 für Schweisssrauchabsauggeräte und -anlagen

Hochwertige **Feinstaubfilter** und **Schwebstofffilter** sind zum Abscheiden von Schweisssrauchen besonders geeignet. Zum Ausscheiden sehr feiner Partikel eignen sich z. B. mikroporöse Teflon-Membranen auf Polyesterfilz bzw. auf gesinterten Polymergranulaten oder andere feinporige Filter wie Filterpapiere und Vliesstoffe.

Bei Oberflächenfiltern lagern sich die Partikel von Anfang an fast vollständig auf der Oberfläche an, so dass sich sehr schnell ein Filterkuchen aufbauen kann. Der Filterkuchen stellt das eigentliche wirksame Filtermedium über den gesamten Partikelgrössenbereich dar. Ausserdem kann der Filterkuchen relativ einfach abgereinigt werden. Filter solcher Art können unter Umständen für den Rückluftbetrieb beim Schweiessen hochlegierter Stähle (Chrom-Nickel) eingesetzt werden.

Schweisssrauchabscheideeinrichtungen müssen die Anforderungen gemäss Norm SN EN ISO 21904-2 erfüllen [20]. Sie werden einer der in Tabelle 1 genannten Schweisssrauchabscheideklassen zugeordnet. Die Schweisssrauchabscheideklasse von Schweisssrauchabsauggeräten und -anlagen ist mit einem Prüfbericht eines anerkannten Prüfinstituts zu belegen.

Beim Einsatz von Elektroluftfiltern ist dem periodischen Reinigen der Partikelabscheideplatten grosse Aufmerksamkeit zu schenken. Das Reinigen kann je nach Gegebenheiten, Anzahl Schweiesser, Schweisssverfahren usw. einmal pro Monat, pro Woche oder gar täglich notwendig sein. Ein Überladen der Filter bewirkt, dass die elektrisch

aufgeladenen Staubpartikel aus dem Filter wieder in den Raum gelangen und sich dann an den Hallendecken, Wänden und Fenstern abscheiden.

Etwas besser sieht die Situation aus, wenn die Elektrofilter mit automatischen Abreinigungseinrichtungen ausgestattet sind, z. B. automatisch mit Wasser gespült werden.

Jedenfalls sollte beim Einsatz von Elektrofiltern immer auf den Einbau eines Frischluft/Fortluft-Systems geachtet werden.

Schweisssgasabscheidung

Für das Abscheiden von gas- und dampfförmigen Schadstoffen werden vor allem Aktivkohlefilter eingesetzt. Die Wirkung von Aktivkohle beruht je nach Schadstoff und Kohlezustand auf der physikalischen und/oder chemischen Adsorption.

Die Gebrauchsdauer der Gasfilter ist stark von den äusseren Bedingungen abhängig. Neben Grösse und Typ des Filters wird die Gebrauchsdauer hauptsächlich von folgenden Faktoren beeinflusst:

- Art und Konzentration des Schadstoffes
- Feuchtigkeit und Temperatur der Luft
- Strömungsgeschwindigkeit in der Lüftungstechnischen Anlage



Bild 38
Zentralentstaubungs-
anlage für Schweisss-
rauch und Schleif-
staub

Richtwerte für die Gebrauchsdauer von Gasabscheidern können deshalb nicht angegeben werden.

Gasfilter sind spätestens bei Auftreten von Geruch, Geschmack oder Reizerscheinungen zu wechseln.

6.2.3 Filterüberwachung

Schweisssrauch-Absaugergeräte mit filternden Abscheidern müssen mit einer Kontrolleinrichtung ausgestattet sein, die bei Filtersättigung eine deutlich wahrnehmbare Anzeige auslöst. Elektrostatische Filter, denen keine filternden Abscheider nachgeschaltet sind, müssen über eine spezielle Kontrolleinrichtung verfügen. Diese muss einen unzulässigen Abfall der Gleichspannungen im Bereich des Aufladens und Abscheidens von Schweisssrauchen optisch oder akustisch deutlich wahrnehmbar anzeigen.

Die Standzeit – während dieser Zeit darf der angegebene Mindestvolumenstrom nicht unterschritten werden – ist somit ein qualitatives Kriterium für das Beurteilen eines Schweisssrauch-Filtergerätes.

Einfaches Auswechseln und schnelle Filterreinigung bedeuten in der Praxis ein wichtiges Qualitätsmerkmal. Die Bedienungsfreundlichkeit motiviert die Anwendenden zur richtigen Instandhaltung von Abscheidegeräten, eine wichtige Voraussetzung für eine konstante und gute Luftqualität.

6.3 Individualschutz

Als Gesichtsschutz müssen beim Schweißen in der Regel je nach Verfahren Schutzschilder, Schutzschirme, Schutzhauben oder Schutzhelme getragen werden.

Wenn lüftungstechnische Massnahmen aus besonderen Gründen nicht ausreichen oder deren Installation einen unverhältnismässigen Aufwand bedeuten würde, sind geeignete Atemschutzgeräte zu verwenden. Lüftungseinrichtungen sind ausreichend, wenn die Grenzwerte am Arbeitsplatz (MAK-Werte) eingehalten sind.

Die Auswahl des jeweils benötigten Atemschutzes richtet sich nach den Einsatzbedingungen wie Umgebungsatmosphäre, Örtlichkeit, Verwendungszweck und durchzuführender Arbeit. Es muss festgestellt werden,

- ob genügend Sauerstoff in der Atemluft ist
- welche gesundheitsgefährdenden Stoffe in der Atemluft sind oder entstehen können
- wie gefährlich diese gesundheitsgefährdenden Stoffe sind
- wie lange die betroffene Person in der sie umgebenden Atmosphäre arbeiten muss

Aufgrund dieser Abklärungen kann entschieden werden, ob

- Filtergeräte oder
- Isoliergeräte

verwendet werden müssen (Einteilung nach SN EN 133) [21].

Sind die Einsatzbedingungen nicht hinreichend bekannt, wie dies bei Arbeiten in Behältern und engen Räumen der Fall sein kann, müssen Isoliergeräte verwendet werden.



Bild 39
Automatische Filterüberwachung



Bild 40
Bedienungsfreundliche Filterwartung

Beim Kauf einer Persönlichen Schutzausrüstung ist auf die richtige Wahl des Produkts und seine Konformität zu achten. Die Konformitätserklärung bescheinigt, dass ein Produkt die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen nach Anhang II der Richtlinie 89/686/EWG (EWG-PSA-Richtlinie) erfüllt. Damit werden auch die Bestimmungen des **Bundesgesetzes über die Produktesicherheit (PrSG)** [23] eingehalten.

6.3.1 Filtergeräte

Von der Umgebungsatmosphäre abhängige Filtergeräte dürfen nur verwendet werden, wenn die Schweissarbeiten kurzzeitig sind und wenn in der Umgebungsatmosphäre genügend Sauerstoff vorhanden ist (mindestens 18 Vol.-%). Die Filterart (Filterklasse und Filtertyp) ist entsprechend den zu erwartenden Schadstoffen auszuwählen.

Zum Schutz gegen Schweissrauch und Stäube dienen Partikelfiltermasken. Folgende Partikelfiltergeräte können empfohlen werden:

- Gebläsefiltergeräte mit Schweisserhelm und Partikelfilter der Klasse TH2P oder TH3P nach SN EN 12941 (siehe Tabelle 2), Bild 42
- Gebläsefiltergeräte mit Voll- oder Halbmasken und Partikelfilter der Klasse TM1P, TM2P oder TM3P nach SN EN 12942
- Voll- oder Halbmasken mit P2- oder P3-Filtern nach SN EN 143
- partikelfiltrierende Halbmasken (Einweghalbmasken) der Klassen FFP2 oder FFP3 nach SN EN 149 (Bild 41)

Partikelfiltergeräte können gegebenenfalls mit Gasfiltern der Klasse A, B, E und AX nach SN EN 141 kombiniert werden (Bild 41).

Das Verwenden von partikelfiltrierenden Halbmasken nach SN EN 149 ist unter anderem beim Arbeiten im Freien mit Rauch geboten oder beim Entleeren und Reinigen von Entstaubungsanlagen.

Sind nur Gase vorhanden, kommen Gasfilter zum Einsatz. Bei gleichzeitigem Auftreten von Rauch, Dämpfen und Gasen müssen Kombinationsfilter verwendet werden (SN EN 14387/SN EN 405), [21].

Gebläsefiltergeräte mit Schweisserhelm und Partikelfilter

Gerateklasse	Abscheidegrad
TH2P	bis 20-Faches des MAK-Wertes
TH3P	bis 100-Faches des MAK-Wertes

Tabelle 2

Anwendung von Schweisserhelmen mit Gebläse und Partikelfilter

Die Einsatzdauer der Atemfilter hängt von der jeweiligen Baugrösse und den Einsatzbedingungen ab. Partikelfilter werden mit fortschreitender Beladung immer dichter, so dass der Atemwiderstand sich bemerkbar erhöht. Kombinationsfilter zeigen je nach Schadstoffgemisch entweder durch Geruch oder erhöhten Atemwiderstand die beginnende Sättigung an.

Bei den Filtergeräten müssen die Filter vor Erreichen der Sättigung durch neue ersetzt werden.

6.3.2 Isoliergeräte

Bei Schweißarbeiten mit nicht ausreichender Lüftung (z. B. wenn der Sauerstoffgehalt unter 18 Vol.-% fällt) sind geeignete, von der Umgebungsatmosphäre unabhängige Atemschutzgeräte zu verwenden, wie

- Schlauchgeräte (Bild 42)
- Behältergeräte oder
- Regenerationsgeräte

Wenn in engen Räumen, z. B. Kellern, alte Wasseraufbereitungsgeräte (Boiler) durch Brennen demontiert werden müssen (Gefahren drohen durch Bildung von Stickoxiden und Rauch aus Zinkoxid und Eisenoxiden), kann es notwendig sein, fremdbelüftete Atemschutzmasken zu tragen. Die zugeführte Luft muss sauber sein, gegebenenfalls müssen Öl- und Wasserabscheider sowie Aktivkohlefilter in die Zuluftleitung eingebaut werden. Bei kalter Witterung muss die Luft erwärmbar sein [16].

Bei Arbeitsbedingungen mit begrenzter Belüftung oder bei Schweißarbeiten in geschlossenen oder engen Räumen empfehlen wir einen Schweißer-Gesichtsschutzschirm mit Druckluft-Schlauchgerät mit kontinuierlichem Luftstrom nach SN EN 14594 zu verwenden.



Bild 41
Gebläsefiltergerät mit Schweißhelm und kombiniertem Gas- und Partikelfilter nach SN EN 12941 (Schutzstufe TH2 A1E1B1P)



Bild 42
Schweißer mit einem von der Umgebungsluft unabhängigen Schlauchgerät für den Einsatz in engen Räumen, z.B. fensterlosen Kellerräumen

7 Übersicht über die Verfahren und die entstehenden Schadstoffe

Verfahren	Grundwerkstoff	Zusatzwerkstoff	Leitkomponenten (MAK-Werte siehe S. 26)
Lichtbogenhandschweißen mit Stabelektroden (LBH)	unlegierter, niedriglegierter Stahl	artgleich	a-Staub*, Mangan
	Chrom-Nickel-Stahl	artgleich	a-Staub, Nickelverbindungen unlöslich, Chrom-(VI)-Verbindungen
	Gusseisen	Nickelbasis	a-Staub, Nickelverbindungen unlöslich
Metall-Aktivgasschweißen (MAG)	unlegierter, niedriglegierter Stahl	artgleich, evtl. verkupfert	a-Staub, Mangan, evtl. Kohlenmonoxid
	Chrom-Nickel-Stahl	artgleich	a-Staub, Nickelverbindungen unlöslich, Chrom-(VI)-Verbindungen
Metall-Inertgasschweißen (MIG)	unlegierter, niedriglegierter Stahl	artgleich, evtl. verkupfert	a-Staub, evtl. Kupfer
	Chrom-Nickel-Stahl, Nickel, Nickellegierungen	artgleich	a-Staub, Nickelverbindungen unlöslich, Ozon
	Aluminiumwerkstoffe	artgleich	Ozon, a-Staub
Wolfram-Inertgasschweißen (WIG/TIG)	unlegierter, niedriglegierter Stahl, Aluminiumwerkstoffe	artgleich oder keiner	Ozon, a-Staub
	Chrom-Nickel-Stahl, Nickel, Nickellegierungen	artgleich oder keiner	Ozon, Nickelverbindungen unlöslich
Plasmaschweißen Plasmaschneiden	unlegierter, niedriglegierter Stahl	artgleich oder keiner	a-Staub, evtl. Stickstoffdioxide
	Chrom-Nickel-Stahl, Nickel, Nickellegierungen	artgleich oder keiner	a-Staub, Nickelverbindungen unlöslich, Stickstoffdioxid
	Aluminiumwerkstoffe	artgleich oder keiner	Ozon, a-Staub
Laserschweißen Laserschneiden	unlegierter, niedriglegierter Stahl, verzinkter Stahl	keiner	a-Staub
	Chrom-Nickel-Stahl, Nickel, Nickellegierungen	keiner	a-Staub, Nickelverbindungen unlöslich
Widerstandspunktschweißen	diverse	artgleich	a-Staub, evtl. Kupfer
Gasschweißen Flammwärmen	Eisen und Stahl	artgleich	Stickstoffdioxide
Brennschneiden	Eisen und Stahl	–	a-Staub, Stickstoffdioxide
Löten	diverse	Lote, Flussmittel	a-Staub, Stickstoffdioxid (Flammlöten); je nach Lot: Blei, Cadmium, Kupfer, Nickelverbindungen unlöslich, Zinn, Zink usw. je nach Flussmittel: Aldehyde, Colophonium, Chloride, Fluoride usw.

*a-Staub = alveolengängiger Staub; d.h. Staub, der in die Lungenbläschen gelangen kann

8 Quellen und weitere Informationen

Quellenverzeichnis

- [2] Bundesgesetz über die Unfallversicherung UVG, SR 832.20
- [3] Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten VUV, SR 832.30
- [4] Grenzwerte am Arbeitsplatz, www.suva.ch/1903.d
www.suva.ch/grenzwerte
- [5] Wegleitung durch die Arbeitssicherheit, Eidgenössische Koordinationskommission für Arbeitssicherheit, wegleitung.ekas.ch
- [6] Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren zum Bearbeiten metallischer Werkstoffe EKAS-Richtlinie 6509, www.suva.ch/6509.d
- [8] Verfügung des Eidgenössischen Departements des Innern über die technischen Massnahmen zur Verhütung von Berufskrankheiten, die durch chemische Stoffe verursacht werden, vom 26. Dezember 1960, www.suva.ch/1521.d
- [9] SN EN 14610, Schweißen und verwandte Prozesse – Begriffe für Metallschweisssprozesse; ISO 857-2, Schweißen und verwandte Prozesse – Begriffe – Teil 2: Weichlöten, Hartlöten und verwandte Begriffe; DIN 2310-6, Thermisches Schweißen – Teil 6: Einteilung, Prozesse
- [10] Sicherheitstechnische Kennzahlen von Flüssigkeiten und Gasen, www.suva.ch/1469.d
- [11] ESCIS-Heft Nr. 3. 1992, Inertisierung, Expertenkommission für Sicherheit in der chemischen Industrie der Schweiz (Bezug: www.escis.ch)
- [12] Sicherheit von Flüssiggasanlagen (Propan und Butan), Herausgeber: Internationale Sektion der IVSS für die Verhütung von Arbeitsunfällen und Berufskrankheiten in der chemischen Industrie, Heidelberg (1992) (Bezug bei der Suva, Zentraler Kundendienst, Postfach, 6002 Luzern), www.suva.ch/ivss-2004.d
- [13] Grothe, I., Kraume, G.: Arbeitsschutz beim Schweißen, Fachbuchreihe Schweisstechnik, Band 29, Herausgeber: DVS-Verlag GmbH, Düsseldorf (1996)
- [14] Kraume, G., Zober, A.: Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz in der Schweisstechnik, Fachbuchreihe Schweisstechnik, Band 105, Herausgeber: DVS-Verlag GmbH, Düsseldorf (1989)
- [15] Achtung Laserstrahl, Informationen für den sicheren Umgang mit Lasereinrichtungen, www.suva.ch/66049.d
- [16] Arbeiten in Behältern und engen Räumen, www.suva.ch/1416.d
- [17] Sicheres Einsteigen und Arbeiten in Schächten, Gruben und Kanälen, www.suva.ch/44062.d
- [18] Schweißen in Behältern und engen Räumen, www.suva.ch/84011.d
- [19] Vorsicht, in leeren Behältern lauert der Tod! www.suva.ch/44047.d
- [20] Schweizer Norm SN EN ISO 21904-2:2020, Arbeits- und Gesundheitsschutz beim Schweißen und bei verwandten Verfahren – Einrichtung zum Erfassen und Abscheiden von Schweisssrauch – Teil 2: Anforderungen an Prüfung des Abscheidegrades
- [21] Schweizer Normen; Atemschutzgeräte, SN EN 133, SN EN 14387 + A1, SN EN 143, SN EN 149, SN EN 405, SN EN 12941, SN EN 12942, SN EN 14594 u. a.
- [22] Persönliche Schutzausrüstung, www.suva.ch/psa
- [23] Bundesgesetz über die Produktsicherheit (PrSG), SR 930.11

Weitere Informationen

- Brandschutz beim Schweißen, www.suva.ch/84012.d
- Brenngas-Sauerstoff-Anlagen, www.suva.ch/sba-128.d
- Checkliste Schweißen, Schneiden, Lötten und Wärmen (Flammenverfahren), www.suva.ch/67103.d
- Checkliste Schweißen und Schneiden (Lichtbogenverfahren), www.suva.ch/67104.d
- Gehörschutz, www.suva.ch/gehoerschutz
- Diverse Forschungsberichte «Humanisierung des Arbeitslebens der Schweißer», Herausgeber: Der Bundesminister für Forschung und Technologie, Deutscher Verlag für Schweißtechnik (DVS) GmbH, Düsseldorf
- Dubbel: Taschenbuch für den Maschinenbau; 17. Auflage, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo (1990)
- Gasflaschen. Lager, Rampen, Gasverteilsysteme, www.suva.ch/66122.d
- Kompendiumm der Schweißtechnik Band 1: Verfahren der Schweißtechnik, Fachbuchreihe Schweißtechnik Band 128/1, Herausgeber: Deutscher Verlag für Schweißtechnik (DVS) GmbH, Düsseldorf (2002)
- Recknagel, Sprenger, Hömmann: «Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik»; R. Oldenbourg Verlag, München (1992)
- Richtlinien über Arbeitssicherheit beim Schweißen und bei verwandten Verfahren (Bezug beim Schweiz. Verein für Schweißtechnik (SVS), St. Alban-Rheinweg 222, 4052 Basel)
- Schweizer Norm SN EN ISO 21904-2:2020, Arbeits- und Gesundheitsschutz beim Schweißen und bei verwandten Verfahren – Einrichtung zum Erfassen und Abscheiden von Schweißrauch – Teil 2: Anforderungen an Prüfung des Abscheidegrades
- VDI/DVS-Richtlinie VDI/DVS 6005; Lüftungstechnik beim Schweißen und bei den verwandten Verfahren, Herausgeber: Beuth Verlag, Berlin

Bildnachweis

Folgende Firmen haben uns freundlicherweise Fotos zur Verfügung gestellt:

- Alu Menziken Extrusion AG, 5737 Menziken
- ABB Schweiz Holding AG, 5400 Baden
- VA TECH HYDRO AG, 6010 Kriens
- Bühler AG, 9240 Uzwil
- Ferrum AG, 5102 Rapperswil
- RUAG Land Systems, 3600 Thun
- Lanz-Anliker AG, 4938 Rohrbach
- Von Moos Stahl AG, 6021 Emmenbrücke
- Josef Ötterli AG, 8108 Dällikon
- Ernst Schweizer AG, 8908 Hedingen
- Turbo-Seperator AG, 9620 Lichtensteig
- Ygnis AG, 6017 Ruswil
- Zehnder Group AG, 5722 Gränichen

Publikationen der Suva- und der EKAS beziehen Sie am einfachsten über die auf dieser Seite jeweils angegebenen direkten Links auf www.suva.ch

Das Modell Suva Die vier Grundpfeiler



Die Suva ist mehr als eine Versicherung; sie vereint Prävention, Versicherung und Rehabilitation.



Überschüsse gibt die Suva in Form von tieferen Prämien an die Versicherten zurück.



Die Suva wird von den Sozialpartnern geführt. Die ausgewogene Zusammensetzung des Suva-Rats aus Vertreterinnen und Vertretern von Arbeitgeberverbänden, Arbeitnehmerverbänden und des Bundes ermöglicht breit abgestützte, tragfähige Lösungen.



Die Suva ist selbsttragend; sie erhält keine öffentlichen Gelder.

Suva

Postfach, 6002 Luzern

Auskünfte

Bereich Chemie, Physik und Ergonomie
Tel. 058 411 12 12
kundendienst@suva.ch

Bestellungen

www.suva.ch/44053.d

Titel

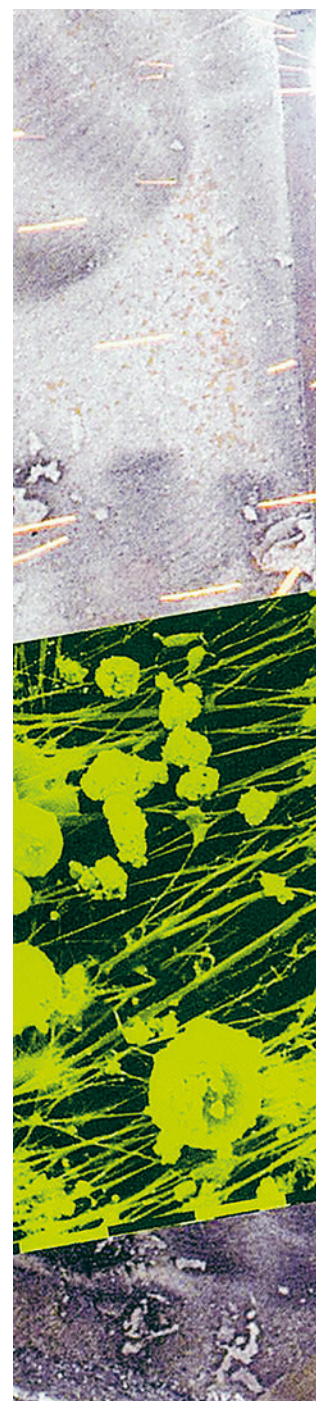
Schweissen und Schneiden
Schutz vor Rauch, Stäuben,
Gasen und Dämpfen

Gedruckt in der Schweiz

Abdruck – ausser für kommerzielle
Nutzung – mit Quellenangabe gestattet.
Erstausgabe: August 1994
Überarbeitete Ausgabe: Februar 2026

Publikationsnummer

44053.d



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Finanziert durch die EKAS
www.ekas.ch