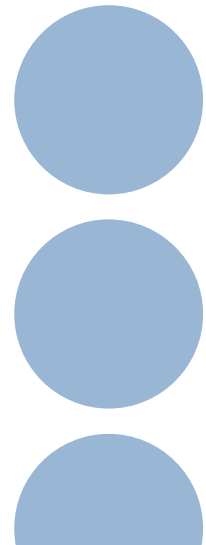


## Willkommen zum Online-Seminar Schadstoffe beim Schweißen von metallischen Werkstoffen und Lüftungsmaßnahmen

(Webcode 4187)

ID 041782



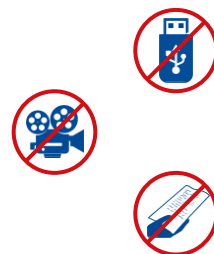
1

## Hinweise zum Urheberrecht

Die nachfolgenden Folien sind urheberrechtlich geschützt. Sie sind ausschließlich für Seminare der Berufsgenossenschaft Holz und Metall bestimmt.

Bitte

- fertigen Sie keine Screenshots, Fotos oder andere Kopien der im Online-Seminar gezeigten Inhalte an,
- filmen Sie nicht mit,
- geben Sie im Anschluss gegebenenfalls zur Verfügung gestellte Unterlagen nicht an betriebsfremde Personen weiter.



Wir bedanken uns für Ihre Mitarbeit und Ihr Verständnis!

ID 032983

2

## Technische Regel zur Gefahrstoffverordnung TRGS 528

### TRGS 528 „Schweißtechnische Arbeiten“

- Stand der Technik, der nach GefStoffV gefordert wird
- gilt u. a. für Tätigkeiten der schweißtechnischen Praxis an metallischen Werkstoffen, bei denen gas- und partikelförmige Gefahrstoffe entstehen



ID 040157

3

## Informationsermittlung und Gefährdungsbeurteilung

- **Gefährdungsbeurteilung** mit Beachtung
  - werkstoffspezifischer,
  - verfahrensspezifischer und
  - arbeitsplatzspezifischer Faktoren.
- **Schritt 1 der Gefährdungsbeurteilung:**
  - Gefährdungsermittlung  
→ Entstehung der Gefahrstoffe



ID 040159

4

## Informationsermittlung Gefahrstoffentstehung

Durch das Aufschmelzen von Grund- und Zusatzwerkstoff entstehen Schweißrauche.

- Schweißrauche entstehen zu 90 - 95% aus den Schweißzusätzen
- Informationen über den Schweißzusatz (Zusatzwerkstoff):  
Datenblätter (SDB oder Schweißrauchdatenblatt vom Hersteller)
- Informationen über den Grundwerkstoff: Werkszeugnis oder Werkstofftabellen
- Schweißrauche sind überwiegend „partikelförmig“.
- Schweißrauche enthalten auch gasförmige Stoffe
- Partikel und Gase können zu Gesundheitsschäden führen (→ Gefahrstoffe)

ID 034949

5

## Beispiele für „partikelförmige Schadstoffe“

### lungenbelastend

Feinstaub  
Kaliumdioxid  
Natriumdioxid  
Titandioxid  
Aluminiumoxid  
Eisenoxid  
Chrom III-oxid  
Siliziumoxide  
Magnesiumoxid

### toxisch

Manganoxid  
Zinkoxid  
Bleioxid  
Kupferoxid

### krebserzeugend

Chrom VI-oxid  
Nickeloxid  
Cadmiumoxid  
Cobaltoxid  
Berylliumoxid  
**(Titandioxid (A),  
Verdacht)**

ID 016509

6

## Partikelgrößen aus schweißtechnischen Prozessen

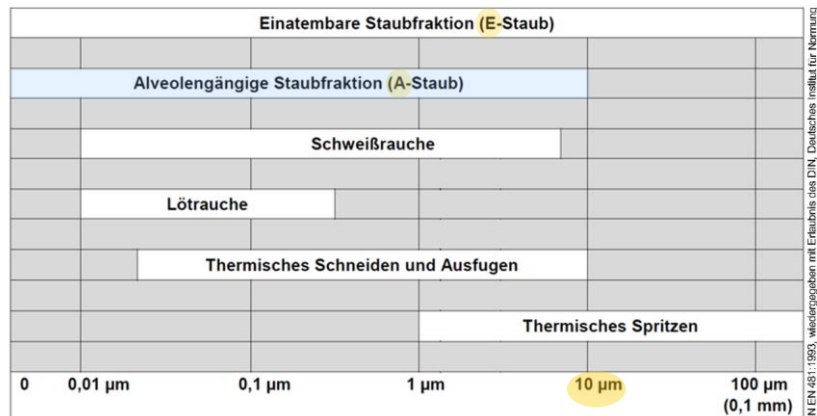


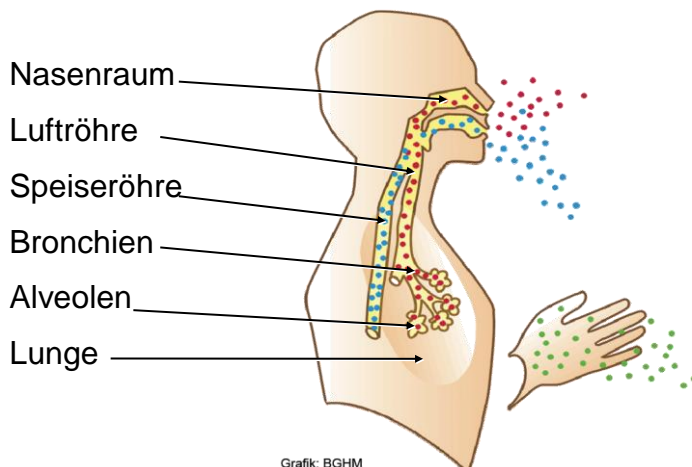
Abbildung 1: Größe der partikelförmigen Gefahrstoffe aus schweißtechnischen Prozessen in Relation zu den Staubfraktionen nach DIN EN 481

Quelle: DIN EN 481:1993, wiedergegeben mit Erlaubnis des DIN, Deutsches Institut für Normung

ID 040154a

7

## Einatmen von Schweißrauch und mögliche Gesundheitsschäden



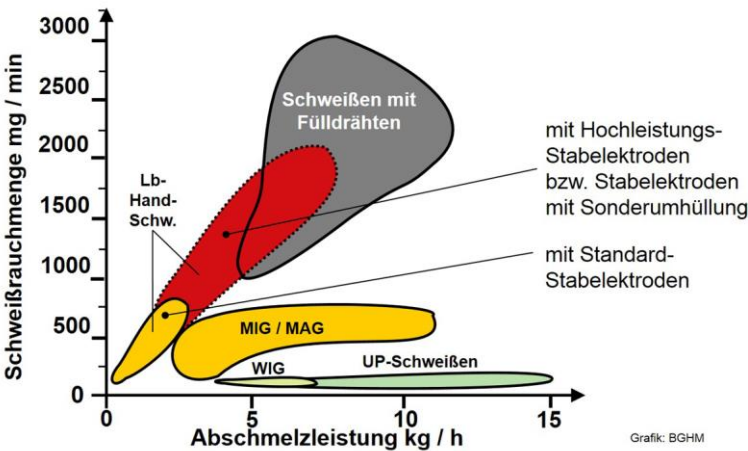
Grafik: BGHM

- Tod durch Erstickten
- Zinkrauchfieber
- obstruktive Lungenerkrankungen
- Siderofibrose (Schweißerlunge)
- Lungenkrebs
- Erkrankungen durch Mangan (ähnlich wie Parkinson)

ID 011128d

8

Schweißrauchmengen bei unterschiedlichen Schweißverfahren



Grafik: BGHM

ID 040156

9

Emissionen (verfahrensspezifisch)

Verfahren (beispielhafte Aufzählung)	Emissionsrate <sup>1)</sup> (mg/s)	Emissionsgruppe
UP-Schweißen	< 1	niedrig
Gasschweißen (Autogenverfahren)	< 1	niedrig
WIG	< 1	niedrig
Laserstrahlschweißen ohne Zusatzwerkstoff	1 bis 2	mittel
MIG/MAG (energiearmes Schutzgasschweißen)	1 bis 4	mittel bis hoch
Laserstrahlschweißen mit Zusatzwerkstoff	2 bis 5	hoch
MIG (Massivdraht, Nickel, Nickelbasislegierungen)	2 bis 6	hoch
MIG (Aluminiumwerkstoffe)	0,8 bis 29	niedrig bis sehr hoch
MAG (Massivdraht)	2 bis 12	hoch
LBH	2 bis 22	hoch
MAG (Fülldraht-Schweißen mit Schutzgas)	6 bis > 25	hoch bis sehr hoch
MAG (Fülldraht-Schweißen ohne Schutzgas)	> 25	sehr hoch
Weichlöten	< 1	niedrig
Hartlöten	1 bis 4	mittel bis hoch
MIG-Löten	1 bis 9	mittel bis hoch
Laserstrahlschneiden	9 bis 25	hoch bis sehr hoch
Autogenes Brennschneiden	> 25	sehr hoch
Plasmaschneiden	> 25	sehr hoch
Lichtbogenspritzen	> 25	sehr hoch

Quelle: TRGS 528/Tab. 2

ID 040155

10

## Rechenbeispiel - MAG Schweißen

MAG-Schweißen, mittlere Emissionsrate 10 mg/s, **unlegierter Stahl**

Hallenvolumen 1200 m<sup>3</sup> (z. B. 10 m x 15 m x 8 m, B x L x H)

Frage:

Wie lange müsste ein MAG-Schweißer schweißen, um die **erforderliche Partikelmasse** für das Erreichen der Konzentration von 1,25 mg/m<sup>3</sup> (allgemeiner Staubgrenzwert für A-Staub) im gesamten Hallenvolumen freizusetzen?

**Randbedingungen Black Box - worst case:**

- keine Absaugung
- kein Luftwechsel
- gleichmäßige Schweißrauchpartikelverteilung (100 % A-Staub) in der Halle

ID 040158a

11

## Rechenbeispiel - MAG Schweißen

Antwort:

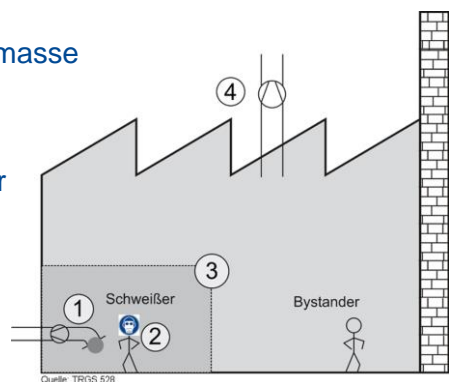
Hallenvolumen x Grenzwert = erforderliche Partikelmasse

$$1200 \text{ m}^3 \times 1,25 \text{ mg/m}^3 = 1500 \text{ mg} = 1,5 \text{ g}$$

Partikelmasse / Emissionsrate = erforderliche Dauer

$$1500 \text{ mg} / 10 \text{ mg/s} = 150 \text{ s} = 2,5 \text{ min}$$

**Für welche Person haben wir jetzt eigentlich diese Beispielberechnung durchgeführt?**



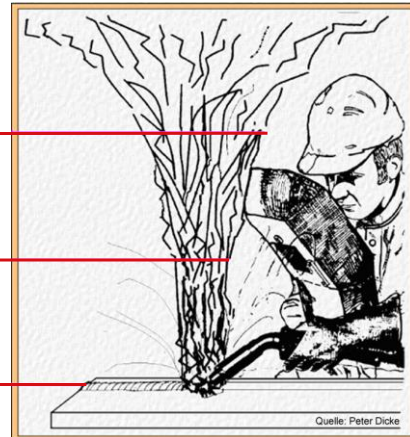
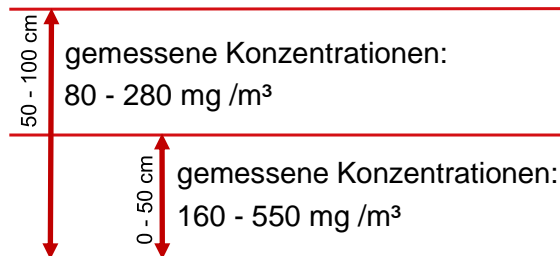
ID 043574

12

## Schadstoffbelastung im Arbeitsbereich des Schweißers

### Allgemeiner Staubgrenzwert A-Fraktion 1,25 mg/m<sup>3</sup> (gilt nicht für KMR<sub>F</sub>-Stoffe)

krebserzeugend bzw. karzinogen, keimzellmutagen (erbgutverändernd), reproduktionstoxisch (fortpflanzungsgefährdend)



ID 034948

13

## Grenzwerte: Abkürzungen und Quellen

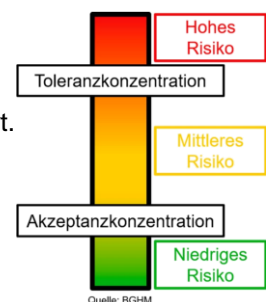
**AGW** = Arbeitsplatzgrenzwert TRGS 900

**ML-DFG** = Liste der Deutschen Forschungsgemeinschaft,  
→ gibt Empfehlungen (MAK-Liste)

**TK** = Toleranzkonzentration TRGS 910  
→ eine Konzentration oberhalb des Wertes wird nicht toleriert.  
Grenzwertüberschreitung Toleranzrisiko 4 : 1.000

**AK** = Akzeptanzkonzentration TRGS 910  
→ eine Konzentration unterhalb des Wertes wird akzeptiert.  
Grenzwerteinhaltung Akzeptanzrisiko 4 : 100.000  
(4 : 10.000)

**BM** = Beurteilungsmaßstab TRGS 561 (Cr VI), TRGS 559 (Quarz)



ID 043575

14



Grenzwertbeispiele

Stoff	Grenzwerte	
Allgemeiner Staubgrenzwert	AGW 10 mg/m³ (E)	AGW 1,25 mg/m³ (A)
Krebserzeugende Arsenverbindungen	TK 8,3 µg/m³ (E)	AK 0,8 µg/m³ (E)
Cadmium u. krebserzeugende Cadmiumverbindungen	TK 1,0 µg/m³ (E)	AK 0,16 µg/m³ (A)
Chrom(VI)-Verbindungen	BM 1,0 µg/m³ (E)	
Cobalt und anorganische Cobaltverbindungen	TK 5,0 µg/m³ (A)	AK 0,5 µg/m³ (A)
Nickel (-Metall, Pulver, Staub)	AGW 30 µg/m³ (E)	AGW 6,0 µg/m³ (A)
Krebserzeugende Nickelverbindungen	TK 6,0 µg/m³ (A)	AK 6,0 µg/m³ (A)
Mangan und seine anorganischen Verbindungen	AGW 0,2 mg/m³ (E)	AGW 0,02 mg/m³ (A)
Fluoride	AGW 1 mg/m³ (E)	
Stickstoffmonoxid (gasförmig)	AGW 2,5 mg/m³	(= 2 ppm)
Stickstoffdioxid (gasförmig)	AGW 0,95 mg/m³	(= 0,5 ppm)
Kohlenmonoxid (gasförmig)	AGW 23 mg/m³	(= 20 ppm)

ID 043576

15



Auszug aus einem Messbericht an Schweißarbeitsplatz

Proben-nummer	Bezeichnung	Probenahme-datum -dauer -zeit	Expositions -dauer -zeit	p/e	Grenzwert/ Beurteilungsmaßstab Art	Messwert	F	Index	Hinweis
1	Mangan und seine anor-ganischen Verbindungen (in der einatembaren Fraktion)	21.11.2017 120 min 09:00-12:30	Schichtlänge	p	0,2 mg/m³ AGW	E 0,240 mg/m³		1,20	
1	Schweißrauch (E-Fraktion)	21.11.2017 120 min 09:00-12:30	Schichtlänge	p	10 mg/m³ AGW	4,21 mg/m³		0,42	
1	Bewertungsindex (siehe Anhang 1) Schweißrauch (E-Fraktion)							1,20 0,42	
2	Arsenverbindungen, außer Arsin (in der alveolengängigen Fraktion)	21.11.2017 120 min 09:00-12:30	Schichtlänge	p		0,00030 mg/m³			
2	Kupfer und seine Verbindungen (in der alveolengängigen Fraktion)	21.11.2017 120 min 09:00-12:30	Schichtlänge	p	0,01 mg/m³ ML-DFG	A 0,021 mg/m³		2,10	
2	Mangan und seine anor-ganischen Verbindungen (in der alveolengängigen Fraktion)	21.11.2017 120 min 09:00-12:30	Schichtlänge	p	0,02 mg/m³ AGW	A 0,190 mg/m³		9,50	
2	Nickel und seine Verbindungen (in der alveolengängigen Fraktion)	21.11.2017 120 min 09:00-12:30	Schichtlänge	p	0,006 mg/m³ AK und TK	A 0,00044 mg/m³			
2	Schweißrauch (A-Fraktion)	21.11.2017 120 min 09:00-12:30	Schichtlänge	p	1,25 mg/m³ AGW	3,33 mg/m³		2,66	
2	Bewertungsindex (siehe Anhang 1) Schweißrauch (A-Fraktion)  Bei dem errechneten Bewertungsindex sind nur Gefahrstoffe berücksichtigt, bei denen der Stoffindex ermittelt werden konnte.  In diesem Bewertungsindex sind die Gefahrstoffe mit einem Arbeitsplatzgrenzwert nach TRGS 900 mit einem Wert von 9,50 berücksichtigt.							11,60 2,66	


Quelle: BGHM/Auszug aus Messbericht

ID 043577

16



## Fazit aus Berechnungen und Messungen

- Ohne wirksame Schutzmaßnahmen → Grenzwerte werden überschritten (Ausnahme: geringe Gefährdung nach TRGS 528, Kapitel 3.2.4 (4) ).
- Die Beurteilung einer Exposition gegenüber Schweißrauchen kann nur durch Messungen erfolgen (personen- und ortsbezogen).
- Die Messungen sollten nicht nur die „Quantitativen Werte“ (E- und A-Staub (Stoffgemische) sondern auch die „Qualitativen Werte“ (Einzelstoffe wie z. B. Arsen, Mangan und Kupfer) wiedergeben.
- Messungen sind Wirksamkeitsprüfungen für die getroffenen Schutzmaßnahmen.

ID 043578

17

## Hierarchie der Schutzmaßnahmen

- **S**ubstitution: Auswahl gefahrstoffarmer Verfahren und Zusatzwerkstoffe
- **T**echnik: Lüftungstechnische und bauliche Maßnahmen
- **O**rganisatorische und hygienische Maßnahmen
- **P**ersönliche Schutzmaßnahmen



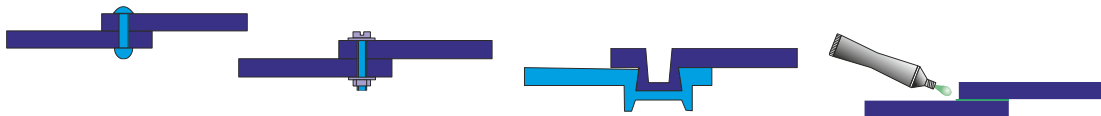
In vielen Fällen ist eine Kombination der Maßnahmen erforderlich um das Schutzziel für den Schweißer und andere Beschäftigte (Bystander) im Gefahrenbereich zu erreichen.

ID 040160

18

## Substitution - Substitutionsbeispiele

Alternativverfahren: Nieten, Schrauben, Clinchen, Kleben



Schweißverfahren: WIG, WIG Orbitalschweißen, ColdArc, UP



Zusatzwerkstoffe: Ersatz von „Thoriumhaltigen“ (WT-Elektroden) Elektroden durch „Thoriumfreie“ Schweißelektroden

Grafiken: BGHM

ID 043579

19

## Technische Maßnahmen

Lüftungstechnische und bauliche Maßnahmen

- a) Schutz des Schweißers sicherstellen  
→ an der Entstehungsstelle absaugen
- b) Ausbreitung über den Arbeitsbereich hinaus verhindern  
→ geschlossene Schweißerkabine, bauliche Trennung
- c) nicht schweißende Kollegen schützen  
(= andere Beschäftigte im Gefahrenbereich)  
→ Absaugung an der Entstehungsstelle und / oder geschlossene Schweißerkabine, bauliche Trennung)

ID 043580

20

## Technische Maßnahmen

### Anlagendefinitionen nach DGUV Regel 109-002 Arbeitsplatzlüftung:

- **PLT-Anlagen** (Prozesslufttechnische Anlagen) beseitigen die durch den Prozess freigesetzten Gefahrstoffe (z. B. Absauganlagen für Schweißrauche).
- **RLT-Anlagen** (Raumluftechnische Anlagen) beseitigen die durch die menschliche Nutzung freigesetzten Stoffe (z. B. ausgeatmetes CO<sub>2</sub>, Ausgasungen aus dem Mobiliar und Sonneneinstrahlung).

ID 043581

21

## Technische Maßnahmen

### Erfassung der Schadstoffe wenn möglich nah an der Entstehungsstelle

Beispiele:

- Brennerintegrierte Absaugungen mittels Hochvakuumanlagen (HV),
- Punktabsaugung mit div. Erfassungselementen (Düsen) (HV) und Mittelvakuumanlagen (MV),
- Punkterfassung (Haubenerfassung) Mittel- (MV) und Niedrigvakuumanlagen (NV).

Hallenlüftungssysteme (z. B. RLT-Anlagen und Lüftungstürme) sind als alleinige lufttechnische Maßnahme nicht zielführend, nur als zusätzliche Maßnahmen zu Absaugungen an der Entstehungsstelle.

ID 043582

22

## Beispiele für Absaugbrenner (Brennerintegrierte Absaugung)



ID 043583

23

## Beispiele für Punktförmige Erfassungselemente



Runddüse



Ovaldüse



Schlitzdüse /  
Mehrfachlochdüse

max. Abstand von Erfassungselementen in Form von Schlitz-, Oval- oder Runddüsen 20-30 cm zur Schweißstelle



ID 043584

24

## Beispiele für mobile Hochvakuumanlagen (HV)



ID 043585

25

## Bildbeispiele: Brennerintegriert und Punktabsaugung (HV)



„Brennerintegrierte Absaugung“  
mit mobiler HV Absaugung



„Punktabsaugung“  
mit HV Absaugung

ID 043586

26

## Beispiele für Stationäre Hochvakuumanlagen (HV)



Foto: BGHM



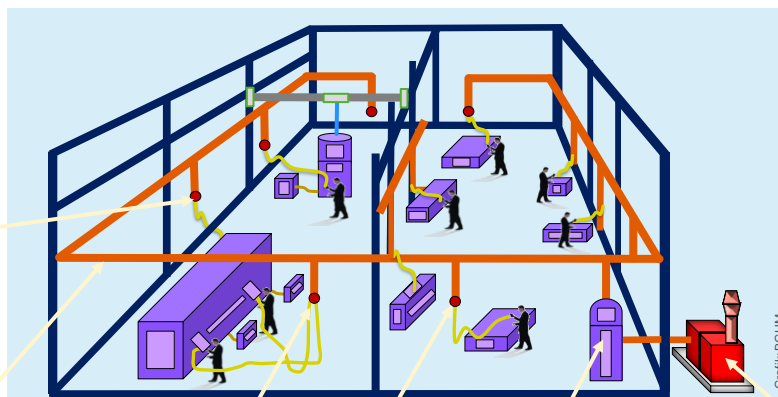
Foto: BGHM

ID 043587

27

## Zentrale Hochvakuum - Absaugungsanlage

manueller bzw.  
elektronischer  
Schieber



Hauptrohr-  
leitung

Verschließbare Anschlussöffnungen  
für verschiedene Erfassungselemente

Filterturm mit automatischer  
Filterabreinigung

Turbine  
(schallgeschützt)

Gratifik: BGHM

ID 034955

28

## Bildbeispiel: Mobile Absauganlagen (NV) und (MV)



ID 040170

29

## Beispiele für „Stationäre Absaugungen“ (Mitteldruckvakuum)



Stationäre Filteranlage Mitteldruckvakuum  
für mehrere Arbeitsplätze (Darstellung  
ohne Verrohrungen und Schlauchleitungen)



Stationäre Mitteldruckvakuumanlage  
Filteranlage incl. Absaugelement und  
Schlauchleitungen Wandmontage  
für einen Arbeitsplatz



Stationäre Mitteldruckvakuumanlage  
incl. wandbefestigtem Galgen (bis zu  
8 m Reichweite), Schlauchleitungen und  
Absaugelement für einen Arbeitsplatz,  
ohne Filterung wird abgesaugte Luft nach  
außen ins Freie geblasen

ID 043588

30

## Systemvergleich

Niedrigvakuum		Mittelvakuum		Hochvakuum	
ca. 1000 – 3000 Pa		ca. 3000 – 10.000 Pa		ca. 10.000 – 25.000 Pa	
Mobile Geräte		Zentrale Systeme		Mobile Systeme	
Ortsfeste Einrichtungen				Zentrale Systeme	
Absaugarme		Absaugarme/Absaugessen		Absaugbrenner	
Absaugessen		Untertischabsaugung		Düsen	
Ein Arbeitsplatz: ca. 1000 – 1500 m³/h	d = ca. 180 – 250 mm	Ein Arbeitsplatz: ca. 400 m³/h	d = ca. 80 mm	Ein Arbeitsplatz: ca. 150 m³/h	d = ca. 40 mm
Zehn Arbeitsplätze: ca. 10.000 - 15.000 m³/h	d = ca. 600 - 800 mm	Zehn Arbeitsplätze: ca. 4000 m³/h	d = ca. 450 mm	Zehn Arbeitsplätze: ca. 1500 m³/h	d = ca. 160 mm
				Ringleitung bis ca. 500 m möglich	

ID 040178

31

## In stationäre / mobile Absauganlagen eingebaute Abscheider

- einfacher Speicherfilter, Warnleuchte oder Warnton müssen anzeigen, wann der Filterwiderstand zu groß wird und neuer Filter eingebaut werden muss, keine Abreinigung möglich / erlaubt, Einwegfilter müssen entsorgt werden
- Schlauchfilter / Taschenfilter / Filterpatronen mit automatischer Abreinigung (Rüttler oder mit Druckluftimpuls), Abreinigung erhöht Standzeit der Filter, Staubauffangbehälter (am besten mit Auffangtüte ausstatten für staubarme Entsorgung)
- elektrostatische Abscheider, immer in Kombination mit mechanischen Vorfiltern und mechanischer Nachfilterung

Alle Abscheider / Filter reinigen die abgesaugte Luft nur von Partikeln, fast alle Gase gehen durch diese Geräte ungehindert durch (außer Ozon, ist instabil und zerfällt meist schon vollständig in einem Filtergerät)

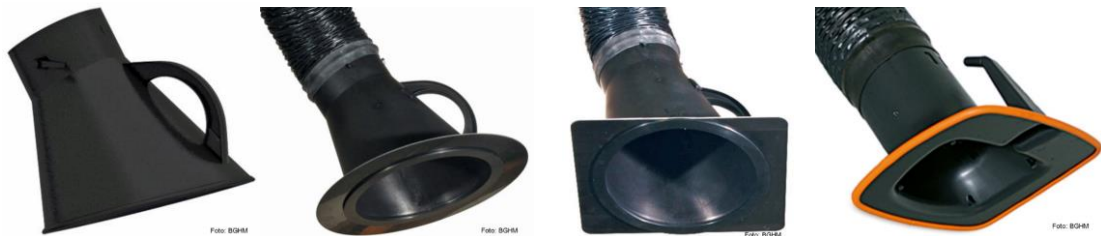
**HINWEIS: Auch Schweißrauchpartikel und deren Absauganlagen können brennen!**

ID 062808

32



## Beispiele für Haubenerfassungen



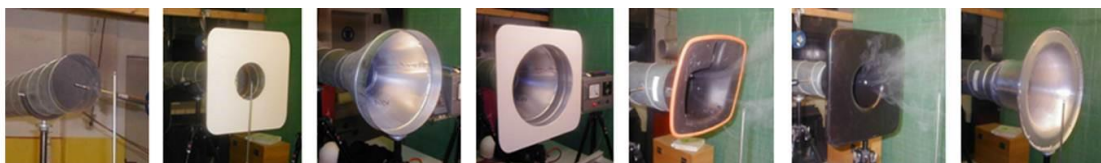
max. Abstand ca. 300 mm (Erfassungsgeschwindigkeit 0,3m/s bis 0,4m/s) oberhalb der Schweißstelle

ID 043589

33

## Volumenstrombedarf verschiedener „Haubenerfassungen“

Berechneter Volumenstrombedarf für Erfassungsgeschwindigkeit  
 $w_x = 0,4 \text{ m/s}$  Abstand  $x = 300 \text{ mm}$



Quelle: BGI 593 Seite 76 (Auszug aus GS 9/2002 „Absaugtechnik - Teil 2“)

Gegenüber den verbreiteten Trichterhauben kann eine Volumenstromreduzierung von rund 20 % erreicht werden.

ID 040177a

34

## Luftrückführung (Umluftbetrieb)

- Umluftbetrieb bei KMR-Stoffen generell verboten.
- Wenn Umluftbetrieb sein muss, z. B. bei mobilen Arbeitsplätzen, nur anerkannte Geräte der Schweißrauchabscheideklasse W3 nach DIN EN ISO 21904-1 (Abscheidegrad > 99 % bei Schweißrauchpartikeln) verwenden. (Gilt auch bei radioaktiven Stoffen im Schweißrauch, z. B. Thoriumdioxid)
- Filtertürme sind zur Erfassung dieser Gefahrstoffe generell ungeeignet.
- Außenluftanteil >200 m³/h pro Schweißer (gasförmige Gefahrstoffe beim E-Schweißen).
- Bei Autogenverfahren muss aufgrund der NO<sub>x</sub>-Emissionen eine gesonderte Gefährdungsbeurteilung bezgl. der Außenluft durchgeführt werden.

ID 062807

35

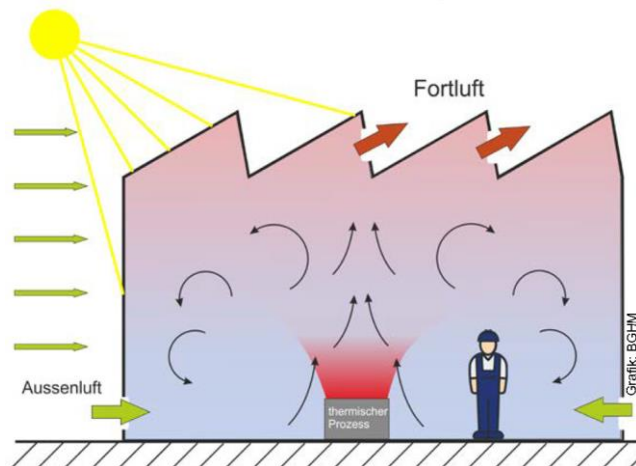
## Hallenlüftungsarten

- Freie Lüftung
- Mischlüftung
- Schichtlüftung
- Kombinationen von Lüftungsanlagen

ID 062784

36

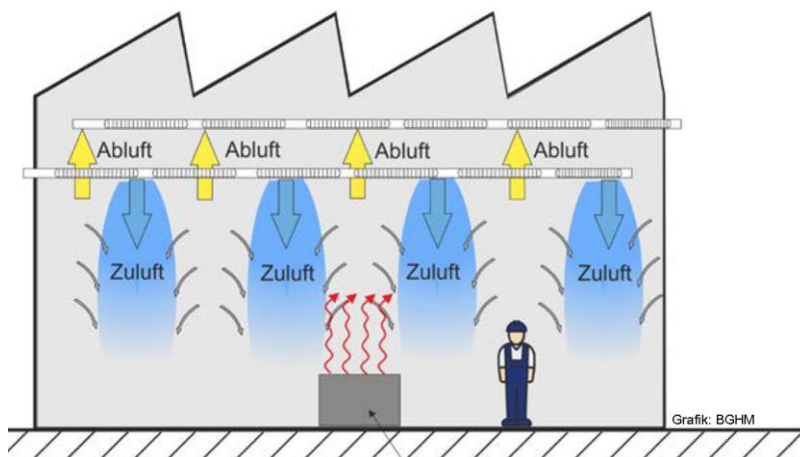
## Prinzip Freie Lüftung



ID 062774b

37

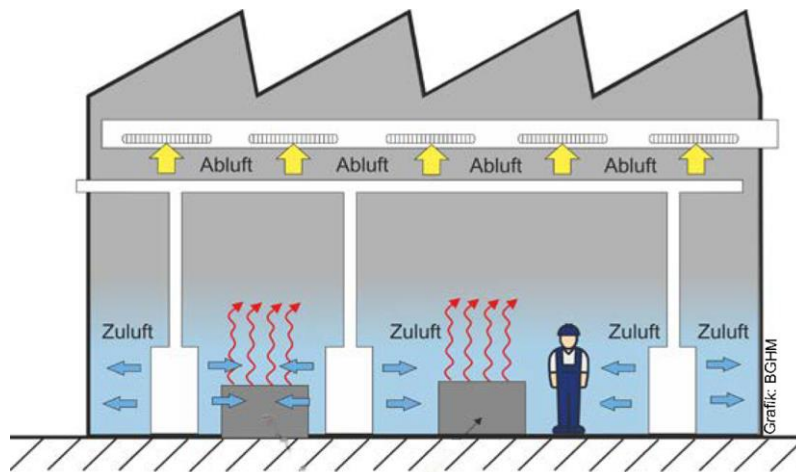
## Prinzip Mischlüftung



ID 063398

38

## Prinzip Schichtlüftung



ID 063397

39

## Luftrückführung RLT-Anlagen (Raumlufthtechnische Anlagen)

- RLT-Anlage **als Ergänzung** zur Absaugung an der Entstehungsstelle.

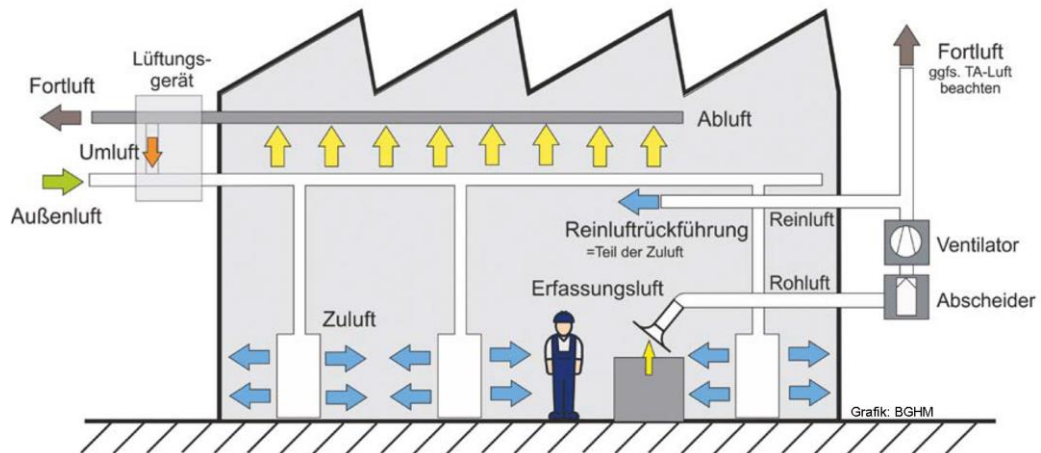
→ Luftrückführung erlaubt, aber bei KMR-Stoffen:

Konzentration Rückluft < 1/10 der AK (Akzeptanzkonzentration) oder BM (Beurteilungsmaßstab, z. B. Chrom-VI-Verbindungen  $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

ID 062806

40

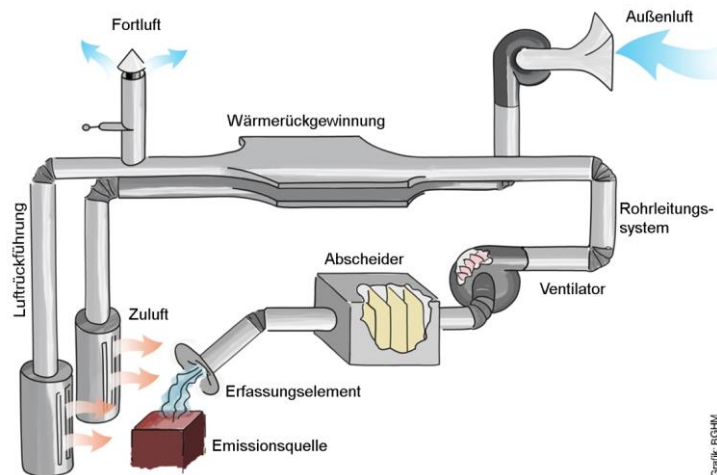
## Prinzip Kombination Lüftungsanlagen (PLT und RLT Anlagen)



ID 062809

41

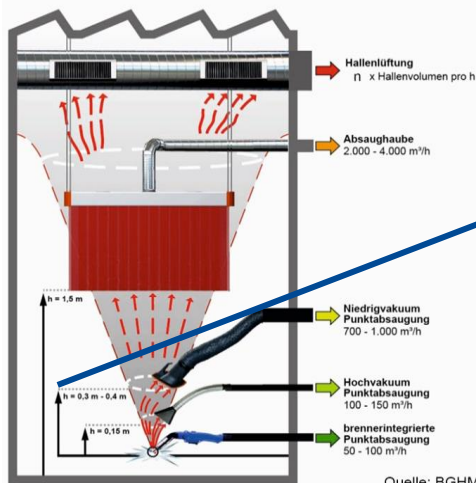
## Prinzip RLT- und PLT-Anlage mit Wärmerückgewinnung



ID 062810

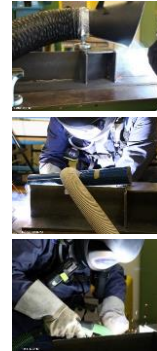
42

## Übersicht Absaugung und Hallenlüftung



oberhalb der blauen Linie:  
keine Absaugung an der Entstehungsstelle

unterhalb der blauen Linie:  
Absaugung an der Entstehungsstelle



ID 041330

43

## Persönliche Schutzausrüstung - Beispiele

Automatische Schweißerschutzhelme mit gebläseunterstütztem Atemschutz (Akku-Filter-Geräte)



Foto: BGHM



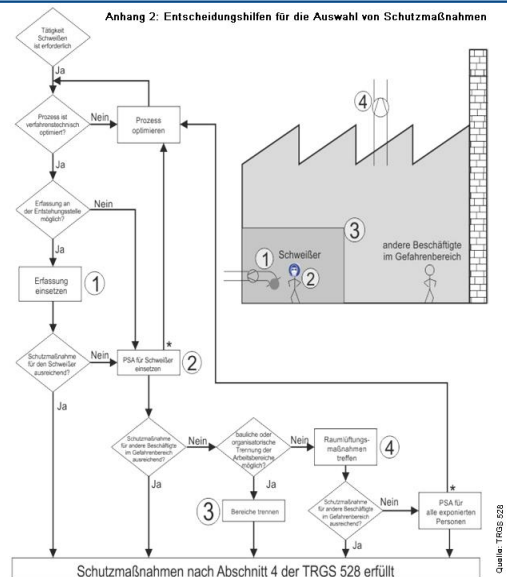
Foto: BGHM

ID 043590

44

## Auswahl von Schutzmaßnahmen

Wegen des Einsatzes von PSA ist weitere Prozessoptimierung erforderlich.

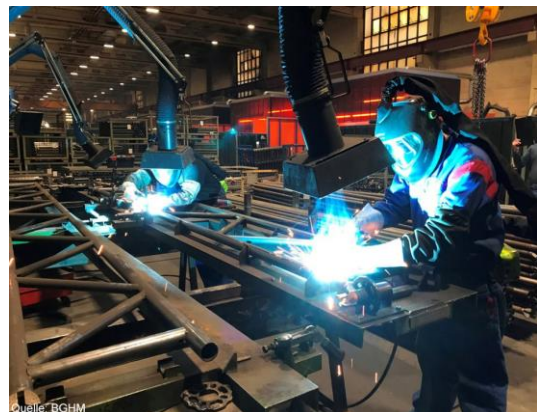


ID 043591

45

## Kombination von Schutzmaßnahmen

- Automatikschweißerschutzhelme mit gebläseunterstütztem Atemschutz in Kombination mit Absaugung (Erfassung) zum Schutz des Schweißers und anderer Personen in der Halle



ID 043592

46