DGUV
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
Spitzenverband

209-082

DGUV Information 209-082






Gefahrstoffe im Modell- und Formenbau

Handhabung und sicheres Arbeiten

Februar 2024

Impressum

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

Sachgebiet Holzbe- und -verarbeitung des Fachbereichs Holz und Metall der DGUV

Diese DGUV Information entstand unter beratender Mitwirkung von Dr. Horst Klemeyer, Lehrbeauftragter für Arbeitswissenschaft, Institut für Holzwissenschaften, Universität Hamburg

Ausgabe: Februar 2024
Januar 2025: Austausch der Abb. 15.2

Satz und Layout: Atelier Hauer + Dörfler, Berlin

Druck: MAXDORNPRESSE GmbH & Co. KG, Obertshausen

Bildnachweis: Abb. 3.12–5.1, 10.1, 12.7, 12.10-12.12, 15.4, 19.2, 19.3: © BGHM; Abb. 11.1: © auremar – stock.adobe.co; Abb. 12.1: © Schröter Modell- und Formenbau GmbH; Abb. 12.2: © J.Wagner GmbH; Abb. 12.3: © Gienanth, GmbH; Abb. 12.5: © BG Bau; Abb. 12.6, 12.8: © Ebalta Kunststoff GmbH; Abb. 12.9: © Schröter Modell- und Formenbau GmbH; Abb. 12.13: © lucky pics –stock.adobe.com; Abb. 12.14: © Sergey Ryzhov –stock.adobe.com; Abb. 12.15: © Cornel Putan –stock.adobe.com; Abb. 12.16-12.17: © Gienanth, GmbH; 12.18-12.20: © Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA)/Renate Beiser; 12.21: © Moreno Soppelsa/ stock.adobe.com; 12.22-12.23: © BGHM; 12.24: © Schröter Modell- und Formenbau GmbH; 12.25a: © Audi AG; 12.25b: © Fraunhofer IPA; 13.1: © AVK – Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V.; Abb. 14.1: © Denios AG; Abb. 15.1: © BG RCI; Abb. 15.2: © D. Becker - BGHM; Abb. 15.5a: ©Ihor –stock.adobe.com; Abb. 15.5b: ©Coprid –stock.adobe.com; Abb. 16.1: © SB Arts Media –stock.adobe.com; Abb. 19.1: ©Jarp –stock.adobe.com

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

Bezug: Bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger oder unter
www.dguv.de/publikationen › Webcode: p209082

Gefahrstoffe im Modell- und Formenbau

Handhabung und sicheres Arbeiten

Änderungen zur letzten Ausgabe Dezember 2000:

- Übernahme der BGHM-Information in das DGUV Vorschriften- und Regelwerk als DGUV Information 209-082
- Inhaltliche Überarbeitung, Erweiterung und Aktualisierung aller Kapitel
- Anpassung an Neuerungen in der Gesetzgebung
- Anpassung an das Kennzeichnungssystem nach GHS/CLP
- Erweiterung um neue branchenbezogene Erkenntnisse, Verfahren und Sicherheitshinweise
- Erweiterung um Verweise auf aktuelle Schriften, zum Beispiel DGUV Informationen
- Erweiterung um Hinweise auf verfügbare Online-Unterstützung und Online-Hilfsmittel, z. B. die Internetseiten der UVT / DGUV, Gefahrstoffdatenbanken, Betriebsanweisungs-Generatoren und weitere
- Redaktionelle Anpassungen, u. a. sprachliche Gleichbehandlung, neues Cover

Inhaltsverzeichnis

Seite

1 Anwendungsbereich ... **5**

2 Was sind Gefahrstoffe? ... **6**

3 Kennzeichnung ... **7**

4 Aufnahme von Gefahrstoffen in den Körper ... **11**

5 Beurteilungsmaßstäbe für die inhalative Exposition ... **12**

6 Gefährdungsbeurteilung ... **14**

7 Rangfolge der Schutzmaßnahmen ... **16**

8 Substitutionsprüfung ... **17**

9 Gefahrstoffverzeichnis ... **19**

10 Betriebsanweisung ... **21**

11 Unterweisung ... **22**

12 Branchentypische Gefahrstoffe – Gesundheitsgefahren, Schutzmaßnahmen ... **23**
12.1 Klebstoffe ... 23
12.2 Lacke ... 25
12.3 Hohlkehlenkitt und Spachtelmassen ... 27
12.4 Gieß- und Laminierharze ... 29
12.4.1 Gießharze ... 29
12.4.2 Laminierharze ... 32
12.4.3 Nicht ausgehärtete Gieß- oder Laminierharze ... 35
12.5 Füllstoffe ... 36
12.6 Reinigungsmittel ... 36
12.7 Trennmittel ... 37
12.8 Spraydosen (Aerosolpackungen) ... 38
12.9 Kühlschmierstoffe ... 38
12.10 Funkenerodieröle ... 39
12.11 Trockeneis ... 40
12.12 Gefahrstoffe in der additiven Fertigung ... 42
12.12.1 Gefährdungen und Schutzmaßnahmen bei pulverbettbasierten Verfahren ... 42
12.12.2 Gefährdungen und Schutzmaßnahmen bei Materialextrusions (MEX)-Verfahren ... 47
12.13 Stäube ... 48
12.13.1 Glas- und Kohlefaserstäube ... 48
12.13.2 Holzstaub ... 49
12.13.3 Künstliche Mineralfasern (KMF) ... 49
12.13.4 Lackstäube ... 50
12.13.5 Metallstaub ... 50
12.13.6 Quarzstaub ... 51

13 Lüftung, Absaugung ... **52**

14 Lagerung von Gefahrstoffen ... **53**
14.1 Allgemeine Maßnahmen ... 53
14.2 Lagerung kleiner Mengen außerhalb eines Lagers ... 54
14.3 Lagerung im Lager ... 55
14.4 Zusammenlagerung ... 55

15 Persönliche Schutzausrüstungen (PSA) ... **57**
15.1 Atemschutz ... 57
15.2 Schutzhandschuhe ... 58
15.3 Hautmittel und Hautschutzplan ... 60
15.3.1 Hautschutzmittel ... 60
15.3.2 Hautreinigungsmittel ... 62
15.3.3 Hautpflegemittel ... 62
15.3.4 Hautschutzplan ... 62
15.4 Augenschutz ... 63

16 Arbeitsmedizinische Vorsorge ... **64**

17 Expositionsverzeichnis und zentrale Expositionsdatenbank ... **66**

18 Beschäftigungsbeschränkungen ... **67**

19 Erste Hilfe ... **69**

Literaturverzeichnis ... **71**

1 Anwendungsbereich

Diese DGUV Information erläutert Gefährdungen und Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, die im Modell- und Formenbau üblicherweise verwendet werden oder auftreten können oder denen Beschäftigte ausgesetzt sind. Es werden Maßnahmen beschrieben, die im Modell- und Formenbau wirksam und üblich sind und die sich in der Praxis bewährt haben.

Der Schwerpunkt dieser DGUV Information liegt auf den Maßnahmen zum Gesundheitsschutz.

Werden Tätigkeiten mit brennbaren Gefahrstoffen durchgeführt, muss zunächst immer auch eine Gefährdung durch Brände und Explosionen unterstellt werden. Das muss im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung geprüft werden. In dieser DGUV Information wird auf Brand- und Explosionsgefahren nur punktuell und ansatzweise hingewiesen, zum Beispiel bei besonders hoher Gefährdung. Eine Nichtnennung entbindet nicht von der Gefährdungsbeurteilung hinsichtlich dieser Themen.

Weitergehende Informationen zum Thema Brand- und Explosionsschutz enthalten zum Beispiel folgende Medien:

- *DGUV Regel 113-001 „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)“*
- *DGUV Information 209-046 „Lackierräume und Einrichtungen für flüssige Beschichtungsstoffe“*
- *DGUV Information 209-088 „Reinigen von Werkstücken mit Reinigungsflüssigkeiten“*
- *DGUV Information 213-106 „Explosionsschutzdokument“*
- *Explosionsschutz-Portal der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI), www.bgrci.de/exinfode/start*

Modell- und Formenbaubetriebe sind häufig Zulieferunternehmen für Gießereien.

Weitergehende Informationen zu Gefahrstoffen in der Gießereibranche siehe:

- *DGUV Regel 109-608 „Branche Gießereien“*
- *DGUV Information 209-055 „Gefahrstoffe in Gießereien“*

2 Was sind Gefahrstoffe?

Als Gefahrstoffe werden Stoffe, Gemische oder Erzeugnisse bezeichnet, die die Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten oder die Umwelt gefährden können. Viele der typischerweise im Modell- und Formenbau vorkommenden Materialien und Produkte sind Gefahrstoffe oder können Gefahrstoffe freisetzen.

Gefahrstoffe können als

- Flüssigkeiten (z. B. Lacke, Gießharze, Reinigungsmittel),
- Feststoffe (z. B. Spachtelmassen, Kitte),
- Gase (z. B. Treibgase aus Spraydosen, Kohlenstoffdioxid),
- Aerosole (z. B. Dämpfe von Lösungsmitteln, Lacknebel, Kunststoff- oder Faserstäube)

auftreten.

3 Kennzeichnung

Siehe auch DGUV Information 213-079, Abschnitt 2.

Gefahrstoffe müssen vom Hersteller mit den entsprechenden Gefahrenpiktogrammen gekennzeichnet werden, bevor sie in Verkehr gebracht werden. Da Chemikalien auf der ganzen Welt hergestellt und gehandelt werden, wurde ein global harmonisiertes System (GHS) für die einheitliche Einstufung und Kennzeichnung entwickelt. In der Europäischen Union wird das GHS durch die CLP-Verordnung zur Einstufung (***C****lassification*), Kennzeichnung (***L****abelling*) und Verpackung (***P****ackaging*) von Stoffen und Gemischen umgesetzt. Die Gefahren eines Stoffs werden in 29 Gefahrenklassen eingeteilt, zum Beispiel „Ätz-/Reizwirkung auf die Haut“, „Entzündbare Flüssigkeiten“ oder „Karzinogenität“. Zur Kennzeichnung werden weiße, rautenförmige Piktogramme mit rotem Rahmen verwendet.



Abb. 3.1
Gefahrenpiktogramme nach GHS

Die früher verwendeten rechteckigen, orangefarbenen Gefahrensymbole dürfen zur Kennzeichnung von neuen Gebinden nicht mehr benutzt werden. Restbestände dürfen innerbetrieblich aufgebraucht und müssen nicht umetikettiert werden.



Abb. 3.2
„Alte“ Gefahrenpiktogramme

Im Folgenden werden die Gefahrenpiktogramme näher erläutert.



Abb. 3.3
Gefahrenpiktogramm Flamme (GHS02)

Dieses Piktogramm kennzeichnet alle entzündbaren Flüssigkeiten, Feststoffe, Aerosole oder Gase. Dabei können die Stoffe selbstentzündbar sein oder zur Entzündung einer Fremdeinwirkung bedürfen (beispielsweise einer Zündquelle).

Bei den im Modell- und Formenbau vorkommenden Klebstoffen, Farben und Lacken handelt es sich häufig um entzündbare Stoffe. Auch leicht flüchtige Löse- und Reinigungsmittel oder Verdünner können typische Beispiele sein.



Abb. 3.4
Gefahrenpiktogramm Ätzwirkung (GHS05)

Dieses Piktogramm kennzeichnet alle Stoffe, die die Haut ätzen, schwere Augenschäden verursachen oder korrosiv gegenüber Metallen sind. Typische Beispiele aus dem Modell- und Formenbau können Härter für Epoxidharze oder manche Nitroverdünnungen sein.



Abb. 3.5
Gefahrenpiktogramm Gesundheitsgefahr (GHS08)

Dieses Piktogramm steht für eine große Bandbreite an Gesundheitsgefahren. Es kennzeichnet Stoffe mit krebserzeugenden, keimzellmutagenen und reproduktionstoxischen, also fruchtbarkeitsbeeinträchtigenden und/oder das Kind im Mutterleib schädigenden Wirkungen. Entsprechende Substanzen werden als KMR- oder CMR-Stoffe bezeichnet (krebserzeugend (cancerogen), mutagen, reproduktionstoxisch). Dieses Piktogramm kennzeichnet aber auch bestimmte organschädigende, atemwegs-

sensibilisierende oder bei Aspiration[1] lebensbedrohliche Lungenschäden verursachende Stoffe und Gemische.

Das Piktogramm steht zum Beispiel auf den Behältern von Kunstharzen auf Polyester (PE)-Basis. Diese Stoffe enthalten Styrol, das im Verdacht steht, reproduktionstoxisch zu sein.

Auch viele Gebinde mit Harz-/Härtersystemen von Kunstharzen auf Polyurethan (PUR)- oder Epoxid (EP)-Basis tragen dieses Piktogramm, da diese Materialien in der Regel haut- oder atemwegssensibilisierende Inhaltsstoffe enthalten. Eine durch sensibilisierende Gefahrstoffe ausgelöste Allergie kann so schwerwiegend verlaufen, dass der oder die betroffene Beschäftigte den entsprechenden Stoff mitunter lebenslang meiden muss (zum Beispiel durch Wechsel des Arbeitsplatzes).

Stoffe mit Aspirationsgefahr sind zum Beispiel Kohlenwasserstoffe wie Reinigungsbenzin.

Ein Beispiel für einen Stoff mit organschädigender Wirkung ist das Lösemittel Methanol, das das Auge (bzw. den Sehnerv) schädigt.



Abb. 3.6
Gefahrenpiktogramm Ausrufezeichen (GHS07)

Durch dieses Piktogramm wird vor gesundheitsschädlichen, haut-, augen- und atemwegsreizenden, hautsensibilisierenden, betäubend wirkenden oder die Ozonschicht schädigenden Stoffen oder Gemischen gewarnt.

Als reizend eingestuft werden zum Beispiel typische Sekundenkleber. Bestimmte Lösemittel, zum Beispiel Kohlenwasserstoffe, können Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.



Abb. 3.7
Gefahrenpiktogramm Umwelt (GHS09)

Dieses Piktogramm kennzeichnet Stoffe und Gemische, die giftig oder sehr giftig für Wasserorganismen und somit gewässergefährdend sind. Beispiele dafür sind Kohlenwasserstoffe wie Verdünner, Löse- und Reinigungsmittel.



Abb. 3.8
Gefahrenpiktogramm Flamme über einem Kreis (GHS03)

Dieses Piktogramm kennzeichnet brandverursachende oder brandverstärkende Stoffe und Oxidationsmittel.

Solche Stoffe sind selbst nicht zwingend brennbar, können aber durch Sauerstoffabgabe einen Brand verursachen oder ohne Luftzufuhr unterhalten.



Abb. 3.9
Gefahrenpiktogramm Totenkopf mit gekreuzten Knochen (GHS06)

Der „Totenkopf mit gekreuzten Knochen“ kennzeichnet alle sofort lebensgefährlichen oder akut toxischen Stoffe oder Gemische. Das bedeutet, dass bereits bei vergleichbar kleinen Mengen durch Verschlucken, durch Einatmen oder durch Hautkontakt eine lebensgefährliche oder giftige Wirkung ausgelöst wird, die unmittelbar oder auch verzögert zu Schädigungen oder sogar zum Tod führen kann. Das trifft zum Beispiel auf das Lösemittel Methanol zu.

Akut toxische Stoffe sind im Modell- und Formenbau selten.

[1] Aspiration ist das Eindringen eines flüssigen oder festen Stoffs oder Gemischs direkt über die Mund- oder Nasenhöhle oder indirekt durch Erbrechen in die Luftröhre und den unteren Atemtrakt.



Abb. 3.10
Gefahrenpiktogramm Gasflasche (GHS04)

Die „Gasflasche“ kennzeichnet Gase unter Druck, deren Behälter bei Erwärmung zerbersten können. Darunter fallen zum Beispiel Propangasflaschen.



Abb. 3.11
Gefahrenpiktogramm Explodierende Bombe (GHS01)

Dieses Piktogramm kennzeichnet explosive Stoffe oder Gemische. Solche Gemische können zum Beispiel durch Hitze, Reibung, Schlag oder Initialzündung zur Explosion gebracht werden.

Zusätzlich zu den Gefahrenpiktogrammen werden die Signalwörter „Gefahr“ oder „Achtung“ für schwerwiegende beziehungsweise weniger schwerwiegende Gefahrenkategorien angegeben.

Zudem muss die Kennzeichnung von Gefahrstoffen folgende zusätzliche Angaben enthalten:
- Name des Stoffs oder Handelsname beziehungsweise Bezeichnung des Gemischs
- Identifikationsnummer des Stoffs beziehungsweise Angabe der wichtigsten gefährlichen Inhaltsstoffe des Gemischs
- Nennmenge des Stoffs oder Gemischs
- Gefahrenhinweise (H-Sätze) und ergänzende Informationen wie EUH-Sätze[2]
- Sicherheitshinweise (P-Sätze)
- Name, Anschrift und Telefonnummer des Herstellers, Einführers oder Inverkehrbringers (Lieferfirma).



Abb. 3.12 Kennzeichnungsetikett für Aceton

Auch der Modell- und Formenbaubetrieb wird zum Inverkehrbringer, wenn zum Beispiel der Kundschaft Gefahrstoffe (wie etwa Pflegeprodukte) überlassen werden. In diesem Fall ist der Modell- und Formenbaubetrieb für die ordnungsgemäße Kennzeichnung des Gefahrstoffs/Produkts, das Sicherheitsdatenblatt und die Information der Kundschaft über den fachgerechten Umgang verantwortlich.

Wird ein Gefahrstoff ausschließlich innerbetrieblich verwendet (zum Beispiel nach Umfüllen in kleinere Gebinde), kann gemäß Technischer Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 201 auch die **vereinfachte** Kennzeichnung verwendet werden. Dabei muss mindestens Folgendes angegeben werden:
- die Bezeichnung des Stoffs oder des Gemischs
- die Gefahrenpiktogramme

[2] Die EU hat zusätzliche H-Sätze verabschiedet, um das bisherige Schutzniveau aus den derzeit noch gültigen Rechtsvorschriften beizubehalten. Beispiel für EUH-Satz: EUH 204 Enthält Isocyanate. Kann allergische Reaktionen hervorrufen.



Abb. 3.13
Vereinfachtes Kennzeichnungsetikett für Aceton auf einem Behälter

Voraussetzung dafür ist, dass eine Gefährdungsbeurteilung vorliegt und dass in der Betriebsanweisung und der Unterweisung auf alle an den Arbeitsplätzen auftretenden Gefährdungen und die notwendigen Schutzmaßnahmen eingegangen wurde (siehe auch Abschnitte 10 „Betriebsanweisung“ und 11 „Unterweisung“). Um Verwechslungen und Handhabungsfehlern vorzubeugen ist eine einheitliche innerbetriebliche Kennzeichnung der gleichen Gefahrstoffe anzustreben.

!

Aufgrund der Verwechslungsgefahr dürfen Gefahrstoffe niemals in Lebensmittelverpackungen (zum Beispiel Getränkeflaschen) umgefüllt werden!

Etiketten sind deutlich sichtbar und dauerhaft anzubringen und dürfen nicht überschrieben werden. Sie sollten gegenüber Wasser und Lösemitteln beständig sein. Ungültig gewordene Etiketten (zum Beispiel auf leeren und gereinigten Gebinden) sind zu entfernen, zu überkleben oder anderweitig unkenntlich zu machen.

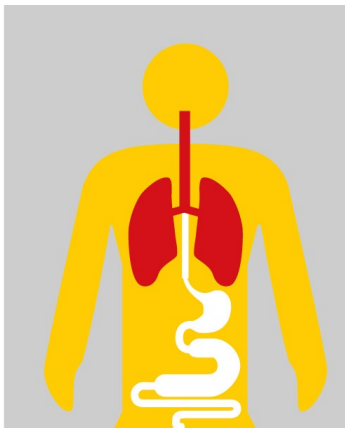
!

Die Gefährlichkeit selbst hergestellter Gemische oder Produkte (zum Beispiel durch Mischen verschiedener Gefahrstoffe) muss von den Arbeitgebenden nach den Vorgaben der TRGS 201 selbst eingestuft werden.

Es ist zu beachten, dass es auch Gefahrstoffe gibt, die nicht verpackt und gekennzeichnet vorliegen, sondern erst während eines Arbeitsprozesses entstehen. Typische Beispiele dafür sind die bei der Kunststoff-, Metall-, oder Holzbearbeitung freiwerdenden Stäube.

Zur Aufbewahrung und Lagerung von Gefahrstoffen siehe Abschnitt 14 „Lagerung von Gefahrstoffen“.

4 Aufnahme von Gefahrstoffen in den Körper

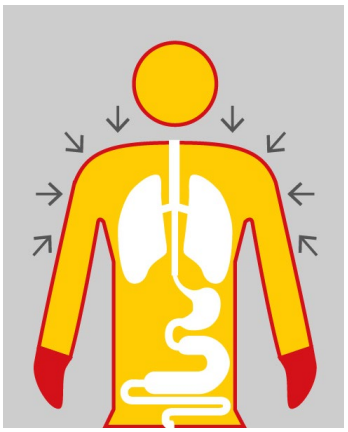


Einatmen

Gefahrstoffe, die als

- Gase
- Dämpfe
- Schwebstoffe (zum Beispiel Sprühnebel, Stäube, Rauche)

auftreten, können durch Einatmen in den Körper gelangen.

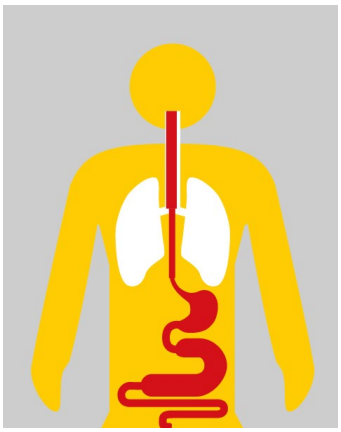


Hautkontakt

Bei einigen Gefahrstoffen kann die Aufnahme in den Körper in gefährlichem Umfang durch die Haut erfolgen (hautresorptive Wirkung).

Dabei ist besonders die Haut an den Händen betroffen.

Eine hautresorptive Wirkung ist zum Beispiel häufig bei Lösemitteln in Lacken und Verdünnungen vorhanden.



Verschlucken

Vor allem aufgrund von mangelhafter Hygiene können flüssige und feste Gefahrstoffe verschluckt werden, zum Beispiel bei:

- Essen mit verschmutzten Händen
- Aufbewahrung von Nahrungsmitteln im Arbeitsbereich
- Verschleppung von Gefahrstoffen über verschmutzte Türklinken, Handläufe und Armaturen auf die Lebensmittel

Daneben können Gefahrstoffe auch versehentlich verschluckt werden, weil sie zum Beispiel unsachgemäß in Getränkeflaschen umgefüllt wurden.

Abb. 4.1 Aufnahmewege von Gefahrstoffen in den Körper

!

Um die Aufnahme von Gefahrstoffen durch Verschlucken zu vermeiden, darf in den entsprechenden Arbeitsbereichen nicht gegessen, getrunken oder geraucht werden. Aufgrund der Kontaminationsgefahr dürfen in diesen Bereichen auch keine Nahrungsmittel aufbewahrt werden. Vor Pausen (besonders vor der Nahrungsaufnahme) und nach Arbeitsende müssen die Hände gereinigt werden (Maßnahmen zur Hautreinigung beachten, siehe Abschnitt 15 „Persönliche Schutzausrüstungen – Hautmittel“). Aufgrund der Verwechslungsgefahr dürfen Gefahrstoffe niemals in Lebensmittelverpackungen (zum Beispiel Getränkeflaschen) umgefüllt werden.

5 Beurteilungsmaßstäbe für die inhalative Exposition

Beurteilungsmaßstäbe für die inhalative Exposition (umgangssprachlich: „Luftgrenzwerte“) sollen am Arbeitsplatz Gesundheitsschäden durch Einatmen von Gefahrstoffen verhindern.

Der Geruchssinn allein gibt keinerlei Hinweis darauf, ob Beurteilungsmaßstäbe eingehalten werden.

In Deutschland müssen daher die folgenden verbindlichen Beurteilungsmaßstäbe beachtet werden.

Für eine Vielzahl von Stoffen sind **Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW)** festgelegt, die in der Technischen Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“ veröffentlicht wurden. Der AGW gibt die Konzentration an, bis zu der akute oder chronische Gesundheitsschäden im Allgemeinen nicht zu erwarten sind (bei in der Regel 8-stündiger Exposition an 5 Tagen in der Woche während der Lebensarbeitszeit). Auch die **Kurzzeitwerte** werden in der TRGS 900 aufgeführt. Sie geben an, ob und inwieweit der AGW kurzzeitig auch überschritten werden darf.

Beispiel:
Das in Lacken häufig vorkommende Lösemittel Xylol kann die Organe schädigen, wenn es länger oder wiederholt eingeatmet wird. Für Xylol gilt daher ein AGW von 220 mg Substanz pro Kubikmeter Luft (mg/m³). Dieser Wert darf im Schichtmittel (also im Durchschnitt über eine 8-stündige Arbeitsschicht) nicht überschritten werden.

Bei Tätigkeiten mit Xylol darf der AGW kurzzeitig auch überschritten werden, und zwar bis auf den doppelten Wert des AGWs (also 440 mg/m³). Das darf maximal viermal pro Schicht über 15 Minuten erfolgen. Zwischen den Kurzzeitwertphasen ist ein zeitlicher Abstand von mindestens einer Stunde anzustreben. Durch diese Regelung sind auch kurzzeitige Tätigkeiten erlaubt, die erfahrungsgemäß höhere Xylol-Konzentrationen in der Luft verursachen, zum Beispiel das Umfüllen.

Weitere Informationen zu den AGWs und Kurzzeitwerten verschiedener Gefahrstoffe sind in der TRGS 900 enthalten.

Für viele krebserzeugende, mutagene und reproduktionstoxische Stoffe (KMR-Stoffe) lassen sich solche klaren Grenzwerte jedoch nicht ableiten. Auch wenn diese Stoffe in nur sehr geringen Konzentrationen in der Luft vorliegen, kann häufig immer noch eine nachweisbare Erhöhung des Krebsrisikos bestehen. Anzahl und Menge der eingesetzten KMR-Stoffe sind immer so gering wie möglich zu halten. Es muss regelmäßig geprüft werden, ob der KMR-Stoff durch einen ungefährlicheren Stoff ersetzt werden kann (Substitutionsprüfung).

Bei Tätigkeiten mit KMR-Stoffen wird das Konzept der **Expositions-Risiko-Beziehung (ERB)** gemäß TRGS 910 angewandt. Die ERB eines krebserzeugenden Stoffs beschreibt den Zusammenhang zwischen der Stoffkonzentration (inhalative Aufnahme) und der statistischen Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Krebserkrankung während des gesamten Lebens (Lebenszeitrisiko). Dabei werden Risikobereiche abgeleitet, die dem Unternehmer oder der Unternehmerin als Beurteilungsmaßstäbe dienen:

Unterhalb der Akzeptanzkonzentration (grüner Bereich) existiert bei einer 40-jährigen arbeitstäglichen Exposition nur ein niedriges, hinnehmbares Risiko einer Krebserkrankung. Dieser Bereich sollte am Arbeitsplatz immer angestrebt werden. Im darüberliegenden gelben Bereich besteht dagegen ein mittleres Risiko. In diesem Bereich müssen zusätzliche Schutzmaßnahmen zur Verminderung der Exposition getroffen werden, und zwar umso mehr, je näher die Konzentration der Gefahrstoffe am roten Bereich ist.

Oberhalb der Toleranzkonzentration (roter Bereich) besteht ein hohes, nicht mehr hinnehmbares Risiko für das Auftreten einer Krebserkrankung. Ab dieser Konzentration müssen sofort Schutzmaßnahmen getroffen werden, um zumindest wieder den gelben Bereich mit mittlerem Risiko zu erreichen.

Beispiel:
Viele Kobaltverbindungen sind als beim Menschen krebserzeugend oder wahrscheinlich krebserzeugend eingestuft. Werden zum Beispiel bei der additiven Fertigung von Werkstücken mit dem Pulverbettverfahren Kobalthaltige Metallpulver eingesetzt, ist als Schichtmittelwert immer die Unterschreitung der Akzeptanzkonzentration von 0,5 µg/m³ (= grüner Bereich)[3] anzustreben. Wird sie überschritten (= gelber Bereich)[3], sind zusätzliche Schutzmaßnahmen zu treffen. Das können zum Beispiel zusätzliche Lüftungsmaßnahmen oder erweiterte Hygienevorgaben sein. Oberhalb der Toleranzkonzentration von 5,0 µg/m³ (= roter Bereich)[3] müssen sofort noch umfangreichere Schutzmaßnahmen getroffen werden. Das kann als Sofortmaßnahme zum Beispiel die Verwendung von Atemschutz sein. Darüber hinaus müssen unverzüglich technische Maßnahmen (zum Beispiel Installation einer Absaugung) und organisatorische Maßnahmen (zum Beispiel Begrenzung der Expositionszeit) geprüft und umgesetzt werden.

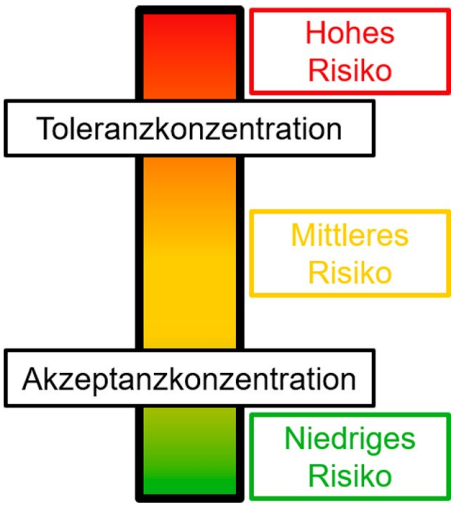


Abb. 5.1 Risikobereiche gemäß ERB-Konzept

Weitergehende Informationen zu Tätigkeiten mit KMR-Stoffen siehe:

- *TRGS 910 „Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“*
- *Kurz & Bündig KB 024-1 „Krebserzeugende, keimzellmutagene und reproduktions-toxische Stoffe – Grundlagen“*

Auch **Beurteilungsmaßstäbe aus stoffspezifischen TRGS** sind verbindlich zu beachten. Hierzu zählt zum Beispiel gemäß TRGS 559 „Quarzhaltiger Staub“ der Beurteilungsmaßstab für Quarzfeinstaub (aleveolengängiger Quarzstaub) von 0,05 mg/m³.

[3] Die Werte der Akzeptanz- und Toleranzkonzentration beziehen sich auf die alveolengängige Staubfraktion (A-Fraktion). Dieser Anteil des Staubs kann sehr tief in die Lunge eindringen. Werte der Akzeptanz- und Toleranzkonzentration zum Zeitpunkt August 2022.

6 Gefährdungsbeurteilung

Siehe auch DGUV Information 213-080, Abschnitt 3.1

Die Gefährdungsbeurteilung ist die wichtigste Grundlage für die Auswahl und Festlegung von betrieblichen Schutzmaßnahmen, mit denen Arbeitsunfälle und arbeitsbedingte Gesundheitsgefährdungen verhindert werden sollen.
Allgemeine Informationen (besonders auch zum Einstieg in das Thema Gefährdungsbeurteilung) liefert zum Beispiel die BGHM-Information 102 „Beurteilung von Gefährdungen und Belastung“.

Vor Aufnahme der Tätigkeiten mit Gefahrstoffen müssen Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber die Gefährdungsbeurteilung durchführen. Dabei müssen die Gefährdungen ermittelt, bewertet und die notwendigen Schutzmaßnahmen festgelegt werden. Darüber hinaus müssen sich die Arbeitgebenden vergewissern, ob die von ihnen ergriffenen Schutzmaßnahmen wirksam sind. Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung sind auch Verwendungs- und Beschäftigungsbeschränkungen (siehe Abschnitt 18) zu berücksichtigen.

Die Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung sind schriftlich zu dokumentieren.

Zur Bewertung der Gefährdung durch Gefahrstoffe müssen Arbeitgeber und Arbeitgeberinnen Ausmaß und Dauer der Einwirkung ermitteln. Dazu haben sie folgende Möglichkeiten:

- Messungen durchführen oder beauftragen

oder

- die Exposition auf andere Weise beurteilen (anhand von vorgefertigten Gefährdungsbeurteilungen oder rechnerisch).

Ziel dabei ist, die Arbeitsbedingungen an Maschinen, Anlagen und Arbeitsplätzen so zu gestalten, dass die verbindlichen Beurteilungsmaßstäbe eingehalten werden. Als hilfreiche Informationsquellen, in denen zum Teil auch Hinweise auf mögliche Expositionshöhen gegeben werden, bieten sich dafür besonders an:

- Kennzeichnungsetikett auf den Gefahrstoffbehältern oder -verpackungen, Gebrauchsanweisungen, Technische Merkblätter
- Aktuelle Sicherheitsdatenblätter (müssen vom Hersteller oder Lieferer mitgeliefert werden).
- Branchen- oder tätigkeitsbezogene Hilfestellungen (zum Beispiel Regeln, Informationsschriften und Expositionsbeschreibungen der DGUV und der Unfallversicherungsträger); sie werden unter anderem auf den Internetseiten der DGUV und der Berufsgenossenschaften und Unfallkassen aufgeführt.
- Branchenbezogene Gefahrstoff- und Produktbewertungen der Unfallversicherungsträger, zum Beispiel
  - die Datenblätter in **GisChem**, dem Gefahrstoffinformationssystem der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI) und der Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM),
  - die GISBAU-Informationen in **WINGIS**, dem Gefahrstoffinformationssystem der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU).
- Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), besonders der Reihe 400 (Gefährdungsbeurteilung) und der Reihe 500 (Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen)
- Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe (EMKG) der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAUA)
- GESTIS-Stoffenmanager® zur Gefährdungsbeurteilung des Instituts für Arbeitsschutz (IFA) der DGUV

Die Gefährdungsbeurteilung muss in regelmäßigen Abständen überprüft und gegebenenfalls aktualisiert werden. Das Überprüfungsintervall ist von den Arbeitgebern und Arbeitgeberinnen festzulegen.

Auch bei besonderen Anlässen muss die Gefährdungsbeurteilung geprüft und gegebenenfalls aktualisiert werden, zum Beispiel bei

- Einführung eines neuen Gefahrstoffs in den Arbeitsbereich,
- Änderungen der Tätigkeiten oder der Arbeitsbedingungen (zum Beispiel Mengen, Arbeitsverfahren, Schutzmaßnahmen, Lüftungsverhältnisse),
- Vorliegen von Erkenntnissen aus der regelmäßigen Wirksamkeitskontrolle von Schutzmaßnahmen oder aus der arbeitsmedizinischen Vorsorge,
- Änderungen von gesetzlichen Vorgaben (zum Beispiel Arbeitsplatzgrenzwerte),
- neuen Erkenntnissen zu gefährlichen Stoffeigenschaften (zum Beispiel aus Einstufung und Kennzeichnung, Sicherheitsdatenblatt),
- Änderungen von Regelwerken (zum Beispiel der TRGS oder DGUV Informationen),
- Auftreten von Unfällen, Erkrankungen, Beinahe-Unfällen, Schadensfällen, kritischen Situationen und Zuständen.



Weitergehende Informationen siehe TRGS 400 „Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“.

7 Rangfolge der Schutzmaßnahmen

Siehe auch DGUV Information 213-080, Abschnitt 5.4

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung müssen Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber beim Festlegen der Schutzmaßnahmen das STOP-Prinzip beachten:

Substitution

Technische Schutzmaßnahmen

Organisatorische Schutzmaßnahmen

Personenbezogene Schutzmaßnahmen



Abb. 7.1
STOP-Zeichen

An erster Stelle steht grundsätzlich das Substitutionsgebot. Dabei ist zu prüfen, ob Gefahrstoffe oder Verfahren durch weniger gefährliche ersetzt werden können. Das Ergebnis der Substitutionsprüfung ist zu dokumentieren. Wird eine Substitution mit weniger gefährlichen Stoffen oder Verfahren nicht durchgeführt, obwohl sie möglich ist, müssen die Gründe dokumentiert werden.

In der Praxis haben sich zum Beispiel häufig folgende Substitutionen bewährt:

- Wasserlacke anstelle von Lacken mit hohen Lösemittelanteilen (kann u. a. die Brand- und Explosionsgefahr reduzieren oder sogar eliminieren)
- Reinigungslösungen aromatenfrei statt aromatenhaltig (Vermeidung gesundheitsgefährdender Inhaltsstoffe)
- Emulgierte Acrylharze für Laminatsysteme anstelle von Epoxid- oder Polyesterharzen (u. a. Vermeidung von sensibilisierenden Inhaltsstoffen)
- Kunststoff anstelle von Hartholz (Vermeidung von bei der Oberflächenbearbeitung von Harthölzern typischerweise entstehenden krebserzeugenden Stäuben)
- Auftrag von Trennmitteln durch Streichen anstelle von Sprühen (dadurch deutlich reduzierte Aerosolbildung)

Kann eine Gefährdung durch Substitution der Gefahrstoffe oder Verfahrensänderung nicht ausgeschlossen oder minimiert werden, sind zunächst technische Schutzmaßnahmen zu treffen. Anschließend müssen organisatorische Schutzmaßnahmen ergriffen werden. Lassen sich dadurch die Gefährdungen nicht vermeiden oder ausreichend reduzieren, sind wirksame persönliche Schutzmaßnahmen anzuwenden.

8 Substitutionsprüfung

Häufig kann durch Substitution eines Gefahrstoffs oder Verfahrens die Gefährdung so weit reduziert werden, dass aufwändige oder kostenintensive technische, organisatorische oder belastende persönliche Schutzmaßnahmen nicht mehr veranlasst werden müssen.

Die Gefährdung der menschlichen Gesundheit und der Umwelt durch die Gefahrstoffe ergibt sich aus folgenden Faktoren:

- **Gefahrenhöhe** der Gefahrstoffe (zum Beispiel ätzend > reizend)
- **Arbeitsverfahren** (zum Beispiel ist der Spritzauftrag von Lacken gegenüber dem Streichauftrag in der Regel als kritischer zu bewerten.)
- **Menge** der verwendeten Gefahrstoffe

Bei der Ersatzstoffprüfung besteht unter anderem die Pflicht

- die Gefahrstoffe so auszuwählen, dass die Gefahrenhöhe minimiert wird.
  Die resultierende Substitutionspflicht ist dabei umso größer, je höher die jeweilige Gesundheitsgefährdung durch einen Gefahrstoff ist. Auch Gefährdungen der Umwelt sowie physikalisch-chemische Gefahren (zum Beispiel Brand- oder Explosionsgefahren) müssen mitberücksichtigt werden. Die Gefahrenhöhe von Gefahrstoffen kann anhand der Gefahrenhinweise beurteilt werden (H-Sätze/EUH-Sätze, die zum Beispiel in den Sicherheitsdatenblättern stehen). Eine Hilfestellung gibt Tabelle 1. Die Gefahren durch Einatmen, die chronischen Gesundheitsgefahren und die physikalisch-chemischen Gefahren müssen grundsätzlich zuerst minimiert werden.
- das Arbeitsverfahren möglichst sicher zu gestalten und die notwendigen Schutzmaßnahmen festzulegen.
- die Menge der Gefahrstoffe auf das notwendige Maß zu beschränken.

Weitergehende Informationen zur Ersatzstoffprüfung sind in der Broschüre „Das GHS-Spaltenmodell 2020“ des Instituts für Arbeitsschutz (IFA) der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) enthalten. Informationen zur Substitution sind auch in WINGIS und GisChem enthalten.

Tabelle 1 Einteilung der Gefährdungen nach der relativen Höhe

Gefahrenhöhe	physikalisch-chemische Gefahren	Gesundheitsgefahren über Aufnahmeweg				Gesundheitsgefahren über alle Aufnahmewege, in der Regel: Chronische Gesundheitsgefahren	Umweltgefahr
		Einatmen	Haut	Auge	Verschlucken		
sehr hoch	H200, H201, H202, H203, H204, H205, H220, H221, H224, H230, H231, H232, H240, H241, H250, H260, H271	H330, H350i, EUH032	H310		H300	H340, H350, Tätigkeiten/Verfahren gemäß TRGS 906[2)]	H400, 410, WGK 3[3)]
hoch	H206, H207[1)], H222, H225, H228[1)], H229[1)], H242[1)], H251, H261[1)], H270, H272[1)], EUH 001, EUH 014, EUH 018, EUH 019, EUH 044	H331, H334, EUH029, EUH031, TRGS 900 (Sa, Sah)[4)]	H311	EUH 070	H301	H341, H351, H360, H360F, H360D, H360FD, H360Fd, H360Df, H370, H372	H411, 420
			H314 (Kat.1A), H317, TRGS 900 (Sh, Sah)[4)]				
mittel	H207[1)], H208, H223, H228[1)], H226, H229[1)], H242[1)], H252, H261[1)], H272[1)], H280, H281, H290	H332, EUH071, nichttoxische Gase[5)]	H312		H302	H361, H361f, H361d, H361fd, H362, H371, H373	H412, WGK 2[3)]
			H314 (Kat.1B, 1C)	H318			
gering	H229[1)] (ohne H222 und H223), Schwer entzündbare Stoffe/Gemische[6)], Selbstzersetzliche Stoffe/Gemische ohne H-Satz Organische Peroxide ohne H-Satz	H335, H336	H315, EUH066, Feuchtarbeit[8)]	H319	H304	TRGS 900 (H)[9)] Auf sonstige Weise chronisch schädigende Stoffe (kein H-Satz, aber trotzdem Gefahrstoff)	H413, WGK 1[3)]
Vernachlässigbar	unbrennbare oder sehr schwer entzündbare Stoffe/Gemische[7)]	erfahrungsgemäß unbedenkliche Stoffe (wie zum Beispiel Paraffin)					nicht wassergefährdend

1) Diese H-Sätze kommen in der Tabelle mehrfach vor. Das bedeutet, dass je nach Stoff eine unterschiedliche Gefahrenhöhe vorliegen kann. Die tatsächliche Gefahrenhöhe dieses Stoffs muss in diesem Fall individuell ermittelt werden.
2) Beispiele: Tätigkeiten, bei denen einatembare Hartholzstäube oder alveolengängige Quarzstäube freigesetzt werden
3) WGK: Wassergefährdungsklasse
4) **Sa**: Atemwegssensibilisierende Stoffe, **Sh**: Hautsensibilisierende Stoffe, **Sah**: An beiden Zielorganen allergieauslösende Stoffe
5) Diese Gase können durch Luftverdrängung zum Ersticken führen (Beispiel: Kohlenstoffdioxid).
6) Flammpunkt >60 – 100 °C, kein H-Satz
7) Bei Flüssigkeiten Flammpunkt >100 °C, kein H-Satz
8) Feuchtarbeit sind gemäß TRGS 401 Tätigkeiten, bei denen Beschäftigte einen erheblichen Teil ihrer Arbeitszeit Hautkontakt mit Wasser oder wässrigen Flüssigkeiten haben oder häufig die Hände waschen oder diese Tätigkeiten im Wechsel mit dem Tragen flüssigkeitsdichter Schutzhandschuhe erfolgen. Das ausschließliche Tragen von flüssigkeitsdichten Schutzhandschuhen ist keine Feuchtarbeit.
9) H: Hautresorptive Stoffe, siehe TRGS 900. Diese Stoffe können leicht durch die Haut in den Körper gelangen und zu gesundheitlichen Schäden führen.

9 Gefahrstoffverzeichnis

Das Gefahrstoffverzeichnis hat den Zweck, einen Überblick über die im Betrieb verwendeten Gefahrstoffe und die eingesetzten Mengen zu geben. Dabei muss beachtet werden, dass manche Gefahrstoffe nicht verpackt und gekennzeichnet vorliegen, sondern erst während eines Arbeitsprozesses entstehen. Das kann zum Beispiel bei einer Oberflächenbearbeitung freiwerdender Staub sein.

Das Gefahrstoffverzeichnis ist Bestandteil der Gefährdungsbeurteilung. Es muss mindestens die folgenden Angaben enthalten:

- Genaue Bezeichnung des Gefahrstoffs (zum Beispiel Produkt- oder Handelsname)
- Einstufung des Gefahrstoffs oder Angaben zu den gefährlichen Eigenschaften
- Im Betrieb verwendeter Mengenbereich (zum Beispiel Jahresverbrauch)
- Bezeichnung der Arbeitsbereiche, in denen Beschäftigte dem Gefahrstoff ausgesetzt sein können
- Verweis auf das Sicherheitsdatenblatt

Die Sicherheitsdatenblätter und die für die Arbeitssicherheit relevanten Teile des Gefahrstoffverzeichnisses müssen den betroffenen Beschäftigten (oder ihrer Vertretung) zugänglich sein. Das Gefahrstoffverzeichnis muss mindestens jährlich überprüft und aktualisiert werden.

Mustervordrucke eines Gefahrstoffverzeichnisses stehen zum Beispiel auf den Internetseiten der BGHM (www.bghm.de). Vorlagen und Hilfestellungen zum Führen des Gefahrstoffverzeichnisses finden sich auch in GISCHEM (Gefahrstoffinformationssystem der BG RCI und der BGHM, www.gischem.de).

Gefahrstoffe, die ausschließlich bei Tätigkeiten mit geringer Gefährdung gemäß TRGS 400 eingesetzt werden, müssen **nicht** im Gefahrstoffverzeichnis aufgeführt werden. Das sind zum Beispiel haushaltsübliche Mengen von für den privaten Verbrauch frei erhältlichen Gefahrstoffen wie Klebstofftuben, Lackstifte oder Spülmaschinentabs.

Tabelle 2 Gefahrstoffverzeichnis

Musterformenbau GmbH Musterstraße 0 0000 Musterstadt			Gefahrstoff-Verzeichnis		erstellt von: Hans Mustermann, Telefon 1234 Stand letzte Änderung: 30.04.2023		
Arbeitsbereich	**Produkt-/ Handelsname**	**Produktnummer**	**Herstellfirma**	**Angaben zu den gefährlichen Eigenschaften**	**Verwendete Jahresmenge 2022**	**Sicherheitsdatenblatt Stand**	**Betriebsanweisung vorhanden?**
Vorbereitung	Aceton	LöMi 0123	Musterlieferbetrieb AG	Flamme (GHS 02) – Ausrufezeichen (GHS 07) H225, H319, H336, EUH066	25 L	02/2021	ja
Vorbereitung	Universalverdünnung	987-123	Musterherstellbetrieb & Co.	Flamme (GHS 02) – Gesundheitsgefahr (GHS 08) – Ausrufezeichen (GHS 07) H225, H304, H315, H319, H336, H412	10 L	04/2023	ja
Vorbereitung	Trennmittel	TM 567	Musterherstellbetrieb & Co.	Flamme (GHS 02) – H222, H229	75 L	06/2022	ja
Formenbau Werkstatt	Epoxy-Gießharz	EP08/15	Musterfirma GmbH	Ausrufezeichen (GHS 07) – Umwelt (GHS 09) H315, H317, H319, H411	300 kg	01/2020	ja
Formenbau Werkstatt	Epoxy-Härter	EPH/08/15	Musterfirma GmbH	Ätzwirkung (GHS 05) – Ausrufezeichen (GHS 07) – H314, H317	100 kg	08/2022	ja
Formenbau Werstatt	PUR-Gießharz	PU987	Musterlieferbetrieb AG	Gesundheitsgefahr (GHS 08) – H361d, H412	800 kg	12/2021	ja
Formenbau Werkstatt	PUR-Härter	PUH987	Musterlieferbetrieb AG	Gesundheitsgefahr (GHS 08) – Ausrufezeichen (GHS 07) H332, H315, H319, H334, H317, H351, H335, H373	80 kg	04/2022	ja
Oberflächenabteilung	Modelllack	NC08/15	Muster-Produktionsbetrieb GmbH & Co. KG	Flamme (GHS 02) – Ätzwirkung (GHS 05) – Ausrufezeichen (GHS 07) H226, H315, H318, H336	50 kg	09/2019	ja

10 Betriebsanweisung

Siehe auch DGUV Information 213-079, Abschnitt 2

Die Unternehmensleitung muss sicherstellen, dass den Beschäftigten für alle Gefahrstoffe schriftliche Betriebsanweisungen in einer für sie verständlichen Form und Sprache zugänglich gemacht werden. Das kann zum Beispiel durch den Aushang der Betriebsanweisungen an den Arbeitsplätzen erfolgen.

Die Betriebsanweisung ist eine auf die jeweilige Tätigkeit bezogene, verbindliche Arbeits- und Verhaltensanweisung der Arbeitgeberin oder des Arbeitgebers an die Beschäftigten. Daher muss die Betriebsanweisung alle relevanten Informationen zu Gefährdungen und Schutzmaßnahmen enthalten. Das sind:

- Art der Tätigkeit mit dem betreffenden Gefahrstoff/ Gefahrstoffgemisch
- Exakte Bezeichnung des Stoffs/Gemischs, inkl. relevanter Trivialnamen
- Gefahren für Mensch und Umwelt, die sich aus den Gefahrenpiktogrammen und den H- und EUH-Sätzen ergeben, sowie weitere Gefahren (zum Beispiel Gefahr einer Staubexplosion).
- Die konkreten Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln, die der Betrieb für diesen Stoff/dieses Gemisch festgelegt hat. Hier sollten, falls relevant, zur Verdeutlichung Hinweissymbole aufgeführt werden, wie zum Beispiel das Zeichen für „Rauchen verboten“.
- Das Verhalten im Gefahrenfall. Hier sollten auch entsprechende Telefonnummern aufgeführt sein.
- Hinweise zur Ersten Hilfe in Bezug auf diesen Gefahrstoff. Hier sollen auch Ersthelfende und notwendige Sofortmaßnahmen bei Kontamination aufgeführt werden.
- Hinweise zur Entsorgung

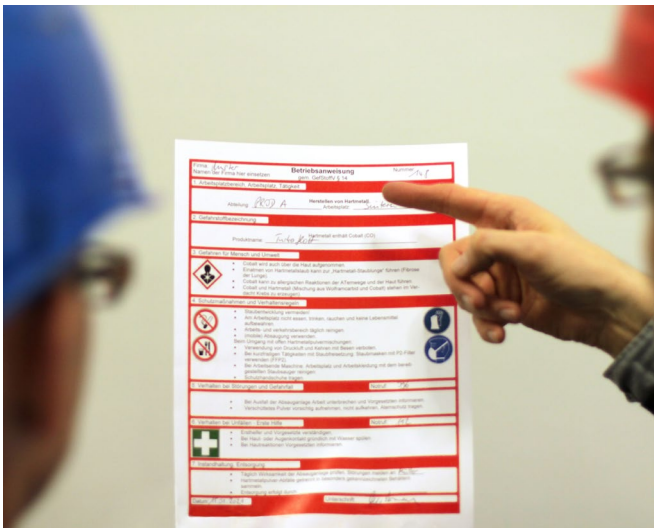


Abb. 10.1 Zwei Mitarbeiter informieren sich anhand einer Betriebsanweisung

Entwürfe von Betriebsanweisungen für verschiedene Gefahrstoffe sind im Internet abrufbar zum Beispiel unter:

- *www.gischem.de (Gefahrstoffinformationssystem der BG RCI und der BGHM)*
- *www.wingisonline.de (Gefahrstoffinformationssystem der BG BAU)*

Zusätzlich kann mit dem Modul „GisChem-Interaktiv“ die Betriebsanweisung für jeden beliebigen Gefahrstoff anhand des Sicherheitsdatenblatts erstellt werden. Parallel kann die Gefährdungsbeurteilung für die Gefahrstoffe dokumentiert werden.

11 Unterweisung



Abb. 11.1 Unterweisung einer Mitarbeiterin am Arbeitsplatz

Siehe auch DGUV Information 213-079, Abschnitt 5

Die Beschäftigten müssen anhand der Betriebsanweisung in einer für sie verständlichen Sprache regelmäßig mündlich unterwiesen werden. Das muss vor der erstmaligen Aufnahme der Tätigkeiten erfolgen und danach mindestens einmal jährlich wiederholt werden. Jugendliche, die zu Ausbildungszwecken Tätigkeiten mit Gefahrstoffen durchführen, müssen mindestens zweimal jährlich unterwiesen werden.

Teil der Unterweisung ist auch eine allgemeine arbeitsmedizinisch-toxikologische Beratung. Diese dient zum Beispiel zur Information der Beschäftigten über die Voraussetzungen, unter denen sie Anspruch auf arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen haben und über deren Zweck (siehe auch Abschnitt 16). Sofern erforderlich, ist die Beratung unter Beteiligung des oder der an der arbeitsmedizinischen Vorsorge beteiligten Arzt oder Ärztin durchzuführen.

!

Unter Beteiligung ist nicht zwingend zu verstehen, dass die Ärztin oder der Arzt die Beratung durchgängig persönlich vornimmt. Das Beteiligungsgebot kann beispielsweise dadurch erfüllt werden, dass durch die Ärztin oder den Arzt eine Schulung für die Personen erfolgt, die die Unterweisung durchführen. Die Beteiligung kann auch durch eine Mitwirkung bei der Erstellung geeigneter Unterweisungsmaterialien in einer für die Beschäftigten verständlichen Form und Sprache erfolgen. Diese Materialien sind außerdem so zu erstellen, dass die Personen, die die Unterweisung durchführen, diese Materialien ohne vertiefte arbeitsmedizinische oder toxikologische Kenntnisse anwenden können.

Die Unterweisung muss dokumentiert und von den Unterwiesenen unterschrieben werden. Der Nachweis der Unterweisung ist zwei Jahre lang aufzubewahren. Schriftliche Anweisungen oder rechnergestützte Lernunterlagen können die Unterweisung ergänzen, jedoch nicht ersetzen.

Entwürfe für Unterweisungsformulare stehen zum Beispiel auf den Internetseiten der BGHM (www.bghm.de).

12 Branchentypische Gefahrstoffe – Gesundheitsgefahren, Schutzmaßnahmen

12.1 Klebstoffe

Dispersionsklebstoffe bestehen aus in Wasser dispergierten Polymerteilchen und Hilfsstoffen, zum Beispiel Emulgatoren. Von Dispersionsklebstoffen, zum Beispiel Weißleimen für die Holzverklebung (formaldehydfreie Dispersionsleime auf Polyvinylacetat (PVAc)-Basis), gehen im Regelfall keine Gesundheitsgefahren aus. Allerdings können bei empfindlichen Personen einige Inhaltsstoffe, zum Beispiel Konservierungsmittel, bei Hautkontakt zu Reizungen und allergischen Reaktionen führen.

Schmelzklebstoffe werden im Modell- und Formenbau typischerweise aus Heißklebepistolen verarbeitet. Sie bestehen zumeist aus physikalisch abbindender Thermoplaste wie Ethylen-Vinylacetat (EVA). Die Verarbeitungstemperatur liegt produktabhängig häufig im Bereich von ca. 150 bis 180°C. Bei Einhaltung der vom Herstellbetrieb empfohlenen Verarbeitungstemperatur gehen im Regelfall von diesen Schmelzklebstoffen keine besonderen Gesundheitsgefahren aus.

!

Durch heißen und tropfenden Schmelzklebstoff kann es besonders an den Händen zu Verbrennungen kommen.

Bei **Kontakt-Klebstoffen** (lösemittelhaltige 1-Komponenten-Klebstoffe) handelt es sich meist um in organischen Lösemitteln gelöste Polymere, zum Beispiel Polyurethane oder Polychloroprene. Der Klebstoff wird in der Regel auf beide zu verklebenden Teile aufgetragen, die nach weitgehender Trocknung zusammengefügt werden. Gesundheitsgefahren bestehen durch Einatmen von Lösemitteldämpfen und durch direkten Hautkontakt.

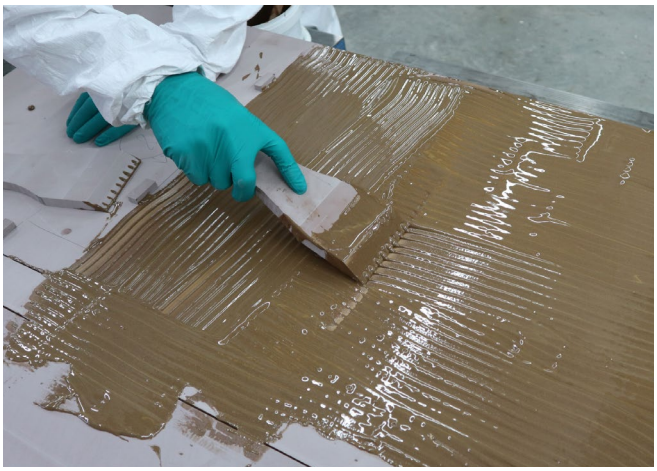


Abb. 12.1 Auftrag eines PUR-Zweikomponenten-Klebstoffs mit einem Zahnspachtel

Reaktionsklebstoffe (Zwei-Komponenten-Klebstoffe) im Modell- und Formenbau beruhen typischerweise auf der Basis von Epoxiden (EP), Polyurethanen (PUR) und Methylmethacrylat (MMA). Zwei-Komponenten-Klebstoffe bestehen aus einer Harzkomponente und einem getrennt vorliegenden Härter (z. B. in getrennten Gebinden oder in Doppelkammerkartuschen). PUR-Klebstoffe werden auch als Einkomponentenprodukte eingesetzt.

Gesundheitsgefahren gehen von den Harzen und besonders von den Härtern aus. Folgende Härter werden typischerweise eingesetzt:

- Epoxide: meist Amine
- Polyurethane: Isocyanate
- Methylmethacrylate: organische Peroxide

Die Zwei-Komponenten-Klebesysteme haben bei direktem Hautkontakt eine reizende oder ätzende Wirkung und können zum Teil schwere Haut- und Augenschäden verursachen. Zudem sind Reizungen der Atemwege möglich. Nach Hautkontakt können Hautallergien auftreten. Bei bestehender Sensibilisierung sollten die Beschäftigten keine weiteren Tätigkeiten mit diesen Klebstoffen ausführen.

Bei Tätigkeiten mit Reaktionsklebstoffen auf Basis von Polyurethan (PUR) gilt:

Ab dem 24. August 2023 ist durch die Arbeitgeberin oder den Arbeitgeber sicherzustellen, dass alle Beschäftigten nachweislich zur sicheren Handhabung von Diisocyanaten geschult werden, wenn sie Tätigkeiten mit Stoffen und Gemischen ausführen, die monomeres Diisocyanat mit einem Gehalt von 0,1 % und mehr enthalten. Die entsprechenden Schulungen müssen von den Herstellern oder Inverkehrbringenden angeboten werden.

Die verpflichtende Schulung entbindet nicht von der regelmäßigen Unterweisungspflicht durch den Betrieb. Im Gegensatz zur Unterweisung bietet die Schulung allerdings detaillierte Inhalte, zum Beispiel zu den chemischen Eigenschaften von Diisocyanaten.

Cyanacrylatklebstoffe („Sekundenkleber“) sind Einkomponentensysteme und werden im Modell- und Formenbau meist für punktuelle Verklebungen eingesetzt. Bei der Verarbeitung können Haut, Augen und Atemwege gereizt werden. Verklebungen mit der Haut sind nur äußerst schwer wieder zu lösen.

Polyester (PE/ UP)-Spachtelmassen werden im Modell- und Formenbau gelegentlich als Klebstoffe eingesetzt, zum Beispiel für Blockmaterialien. Hinweise zu Gefährdungen und Schutzmaßnahmen finden Sie im Abschnitt 12.3.

Augenschutz muss immer benutzt werden, wenn eine Gefährdung durch Spritzer von Klebstoff bestehen könnte. Das kann zum Beispiel beim Sprühauftrag oder beim Mischen und Umfüllen der Fall sein. Es wird daher empfohlen, beim Verarbeiten von Klebstoffen Augenschutz zu benutzen (zum Beispiel eine Gestellbrille mit Seitenschutz nach DIN EN 166).

Tabelle 3 Schutzmaßnahmen

Produkt	Absaugung	 Atemschutz	 Schutzhandschuhe
Dispersionsleim			
Schmelzklebstoff auf EVA-Basis			Zum Schutz vor Verbrennungen, z. B. aus dickem Stoff
Kontaktklebstoff	Besonders bei großflächiger Anwendung erforderlich	Bei Handauftrag: Filter A2 Bei Niedrigsiedern (z. B. Aceton): Isoliergerät	Siehe Sicherheitsdatenblatt.
2-Komponenten-Klebstoffe (EP/PUR/MMA)	Besonders bei großflächiger Anwendung oder an dauerhaften Arbeitsplätzen erforderlich	Bei wirksamer freier oder technischer Lüftung i. d. R. nicht notwendig	Siehe Sicherheitsdatenblatt, häufig geeignet bei EP/PUR: Nitril. häufig geeignet bei MMA: Butyl.
Cyanacrylatklebstoff-Sekundenkleber	Belüftung sicherstellen.		Siehe Sicherheitsdatenblatt, häufig geeignet: Nitril.
PE/UP-Spachtelmassen	Schutzmaßnahmen siehe Abschnitt 12.3		

12.2 Lacke

Für Spritzlackierarbeiten von Hand gelten bei Verwendung branchenüblicher Lacksysteme folgende Festlegungen:

- Bei einer Verarbeitungsmenge von weniger als 0,5 kg pro Schicht muss entweder an einer Spritzwand mit wirksamer technischer Lüftung gearbeitet oder es müssen gleichwertige organisatorische Maßnahmen angewendet werden (zum Beispiel Sicherstellung einer wirksamen freien Lüftung und zeitliche oder räumliche Trennung von Spritzlackierarbeiten und anderen Arbeiten).
- Bei einer Verarbeitungsmenge von mehr als 0,5 kg pro Schicht muss an einem Spritzstand oder in einer Spritzkabine mit wirksamer technischer Lüftung gearbeitet werden.

  (Hilfe zur Abschätzung: Mit einer Lackmenge von 0,5 kg kann eine Fläche von ca. 4 m² lackiert werden).

Weitere Informationen siehe DGUV Regel 109-013 „Spritzmaßnahmen für Lackierarbeiten – Lackaerosole“ und DGUV Information 209-014 „Lackieren und Beschichten“. Informationen zum Brand- und Explosionsschutz siehe DGUV Information 209-046 „Lackierräume und -einrichtungen für flüssige Beschichtungsstoffe – Bauliche Einrichtungen, Brand- und Explosionsschutz, Betrieb“ und DGUV Regel 113-001 „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)“.



Abb. 12.2 Lackierer beschichtet ein Werkstück an einer Spritzwand im Sprühverfahren

Nitro-Lacke (Nitrocellulose-/NC-Lacke) haben einen sehr hohen Lösemittelanteil. Sie härten durch Verdampfen der Lösemittel aus. Gesundheitsgefahren ergeben sich durch:

- Einatmen von Lösemitteldämpfen oder Aerosolen, wie sie beim Spritzlackieren auftreten können
- Haut- und Augenkontakt (Reiz- oder Ätzwirkung). Zudem entfetten die Lösemittel die Haut und können hautresorptive Stoffe enthalten, die sowohl über eine vorgeschädigte als auch eine intakte Haut in den Körper aufgenommen werden.

PUR-Lacke sind überwiegend 2-Komponenten-Reaktionslacke mit Isocyanaten als Härter. Sie können zusätzlich Lösemittel enthalten. Die Isocyanate können sowohl nach Einatmen als auch bei Hautkontakt allergische Reaktionen auslösen. Bei bestehender Sensibilisierung sollten die Beschäftigten keine weiteren Tätigkeiten mit Isocyanaten ausführen. PUR-Lacke wirken stark reizend auf die Haut und auf die Schleimhäute der Augen und Atemwege und schädigen innere Organe.

!

Ab dem 24. August 2023 ist durch die Arbeitgeberin oder den Arbeitgeber sicherzustellen, dass alle Beschäftigten nachweislich zur sicheren Handhabung von Diisocyanaten geschult werden, wenn sie Tätigkeiten mit Stoffen und Gemischen ausführen, die monomeres Diisocyanat mit einem Gehalt von 0,1 % und mehr enthalten. Die entsprechenden Schulungen müssen von den Herstellern oder Inverkehrbringern angeboten werden.

Die verpflichtende Schulung entbindet nicht von der regelmäßigen Unterweisungspflicht durch den Arbeitgeber oder die Arbeitgeberin. Im Gegensatz zur Unterweisung bietet die Schulung allerdings detaillierte Inhalte, zum Beispiel zu den chemischen Eigenschaften von Diisocyanaten.

Wasserlacke können in wasserlösliche und wasserverdünnbare Systeme eingeteilt werden.

- Wasserlösliche Lacke
  Das Bindemittel ist ein in organischen Lösemitteln vorgelöstes Harz, zum Beispiel Acrylat, das durch Neutralisation (Salzbildung) mit Aminen in eine wasserlösliche Form gebracht wird. Der Anteil an organischen Lösemitteln kann bis zu 25 % betragen. Eine Exposition ist somit gegenüber dem Bindemittel, den Aminen und dem Lösemittel gegeben.
- Wasserverdünnbare Lacke
  Die Bindemittel in diesen Lacken sind wasserunlöslich. Sie werden bei der Herstellung des Lacks mit Hilfe oberflächenaktiver Substanzen äußerst fein in Wasser verteilt. Durch diesen Prozess entfällt die Mitverwendung von „Hilfslösemitteln“ oder Aminen. Eine Exposition ist somit gegenüber dem Bindemittel und den oberflächenaktiven Substanzen gegeben.

Gesundheitsgefährdungen können durch Einatmen der Lackaerosole und durch Haut- oder Augenkontakt mit dem Lack entstehen.

Bei Lacksystemen auf der Basis von Epoxidharzen können besonders bei Hautkontakt allergische Reaktionen ausgelöst werden. Bei bestehender Sensibilisierung sollten die Beschäftigten keine weiteren Tätigkeiten mit Epoxiden ausführen.

Haft- und Füllgrund wird im Modell- und Formenbau zum Versiegeln von grob- und feinporigen Untergründen (wie Holz oder Gips) verwendet. Sie werden typischerweise im Streich- oder Sprühverfahren auf die zu versiegelnde Oberfläche aufgebracht.

Porenversiegler enthalten zum Beispiel Kunstharze oder Nitrocellulose und haben einen hohen Lösemittelanteil. Gesundheitsgefahren ergeben sich durch:

- Einatmen von gesundheitsschädlichen Lösemitteldämpfen oder Aerosolen, wie sie beim Spritzauftrag auftreten können
- Haut- und Augenkontakt (Reiz- oder Ätzwirkung). Zudem entfetten die Lösemittel die Haut und können hautresorptive Stoffe enthalten, die gesundheitsschädigend sind und sowohl über eine vorgeschädigte als auch eine intakte Haut in den Körper aufgenommen werden.
- Polyurethan (PUR)-haltige Systeme: Die enthaltenen Isocyanate können sowohl nach Einatmen als auch bei Hautkontakt allergische Reaktionen auslösen. Bei bestehender Sensibilisierung sollten die Beschäftigten keine weiteren Tätigkeiten mit Isocyanaten ausführen.

Tabelle 4 Schutzmaßnahmen:

Produkt	Absaugung	 Atemschutz[1)]
Lösemittelhaltige 1-Komponenten-Lacke (z. B. Nitrolacke)	Ja	Beim Streichen: Maske mit A2-Filter Beim Spritzen: Maske mit A2P2-Filter Bei Niedrigsiedern (z. B. Aceton): Isoliergerät
Lösemittelhaltige PUR-Lacke	Ja	Beim Streichen: Maske mit A2-Filter bei Grenzwertüberschreitung Beim Spritzen: Maske mit A2P2-Filter Bei Niedrigsiedern (z. B. Methylacetat): Isoliergerät
Wasser-Lacke	Notwendig bei Spritzauftrag	Beim Spritzen: A2P2-Maske[2)]
Haft- und Füllgrund	Ja	Beim Streichen: Maske mit A2-Filter bei Grenzwertüberschreitung Beim Spritzen: Maske mit A2P2-Filter Bei Niedrigsiedern (z. B. Aceton): Isoliergerät

[1)] Wenn die Tätigkeiten, bei denen Atemschutzmasken zu tragen sind, länger als eine Stunde pro Arbeitsschicht dauern, sind Atemschutzgeräte ohne Tragezeitbegrenzung zu verwenden. Dafür wird die Verwendung von gebläseunterstützten Atemschutzhelmen empfohlen (siehe auch Abschnitt 15.1 „Atemschutz“).

[2)] Aufgrund der unüberschaubaren Vielfalt von Oberflächenmitteln auf Wasserbasis (die zum Teil lösemittelhaltig sind) wird beim Spritzauftrag generell Atemschutz mit Filter A2P2 empfohlen.

Ab dem 24. August 2023 ist durch den Arbeitgeber oder die Arbeitgeberin sicherzustellen, dass alle Beschäftigten nachweislich zur sicheren Handhabung von Diisocyanaten geschult werden, wenn sie Tätigkeiten mit Stoffen und Gemischen ausführen, die monomeres Diisocyanat mit einem Gehalt von 0,1 % und mehr enthalten. Die entsprechenden Schulungen müssen von den Herstellern oder Inverkehrbringern angeboten werden.

Die verpflichtende Schulung entbindet nicht von der regelmäßigen Unterweisungspflicht durch den Arbeitgeber oder die Arbeitgeberin. Im Gegensatz zur Unterweisung bietet die Schulung allerdings detaillierte Inhalte, zum Beispiel zu den chemischen Eigenschaften von Diisocyanaten.

Die geeigneten Schutzhandschuhe sind dem entsprechenden Sicherheitsdatenblatt zu entnehmen. Als sehr häufig geeignet haben sich Chemikalienschutzhandschuhe aus Nitrilkautschuk erwiesen.

Augenschutz ist immer erforderlich, wenn Lackierer und Lackiererinnen durch Spritzer von Lacken oder Grundierungsmitteln gefährdet werden könnten. Das kann zum Beispiel beim Mischen, Umfüllen oder Verdünnen der Fall sein. Erhöhte Spritzgefahr besteht auch, wenn Aerosole beim Auftrag vom Werkstück zurückprallen könnten. Es wird daher empfohlen, beim Verarbeiten von Lacken oder Grundierungsmitteln Augenschutz zu tragen.

Schutzkleidung ist erforderlich, wenn Lackierer und Lackiererinnen einer erheblichen Verschmutzung ausgesetzt sind. Bei Spritzverfahren oder ungünstigen Arbeitsbedingungen (zum Beispiel Arbeiten über Kopf) wird ein Chemikalienschutzanzug (Kategorie III, Typ 5/6) benötigt. Für diesen Fall haben sich Einweg-Schutzanzüge mit Kapuze bewährt. Bei Brand- und Explosionsgefahren ist ableitfähige Schutzkleidung und Fußschutz zu benutzen.

12.3 Hohlkehlenkitt und Spachtelmassen



Abb. 12.3 Ziehen einer Hohlkehle mit einem Kugelstab nach Auftrag von Hohlkehlenkitt

Die im Modell- und Formenbau eingesetzten **Hohlkehlenkitte** enthalten üblicherweise Lösemittel und/oder Epoxidharze.

Bei lösemittelhaltigen Systemen können Gesundheitsgefahren beim Einatmen von Dämpfen sowie bei Augen- oder Hautkontakt entstehen. Zudem können bei unzureichender Belüftung Brand- und Explosionsgefahren bestehen.

Bei Systemen auf Basis von Epoxidharzen wirken die Harzkomponenten (Bisphenol-Epichlorhydrinharze) haut- und augenreizend sowie hautsensibilisierend. Die Härter (Amine) wirken ätzend und verursachen bei Kontakt schwere Haut- oder Augenschäden. Sie können zudem allergische Hautreaktionen verursachen und gefährden die Gesundheit beim Einatmen oder Verschlucken.

Bei bestehender Sensibilisierung sollten die Beschäftigten keine weiteren Tätigkeiten mit Hohlkehlenkitt auf Epoxidharzbasis ausführen.

Die im Modell- und Formenbau eingesetzten **Spachtelmassen** enthalten in der Regel Polyester PE/UP-Harze. Sie werden zum Ausgleichen von Unebenheiten und zum Glätten von Untergründen verwendet. Gelegentlich werden sie auch als Klebstoff verwendet.

Tabelle 5 Schutzmaßnahmen

Produkt	Absaugung	Atemschutz	Schutzhandschuhe	Schutzbrille
Hohlkehlenkitt (lösemittelhaltig)	Ja	Wenn keine Absaugung gegeben ist: Maske mit Filter A	Siehe Sicherheitsdatenblatt. Häufig geeignet: Nitril	Gestellbrille
Hohlkehlenkitt auf Epoxidharz (EP)-Basis	Besonders bei großflächiger Anwendung	Bei ausreichender Be-/Entlüftung in der Regel nicht erforderlich	Siehe Sicherheitsdatenblatt. Häufig geeignet: Nitril	Gestellbrille

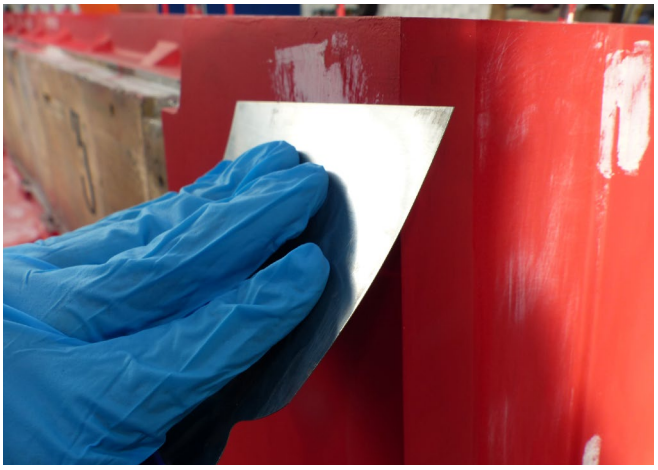


Abb. 12.4 Auftrag von Spachtelmasse auf eine Oberfläche mit einem Spachtel

PE-Spachtel enthalten Styrol; es dient gleichzeitig als Bindemittel und als Lösemittel für das Polyesterharz. Typische Zusätze sind zum Beispiel Füllstoffe, Pigmente oder Reaktionsbeschleuniger. Vor der Verarbeitung werden Härter (in der Regel organische Peroxide) zugegeben, zum Beispiel aus Tuben.

PE-Spachtel sind in der Regel gesundheitsschädlich, reizen die Haut und Augen und schädigen die Organe bei längerer oder wiederholter Exposition. Die Härter wirken stark augenreizend. PE-Spachtel und PE-Härter können zudem Hautallergien verursachen. Bei bestehender Sensibilisierung sollten die Beschäftigten keine weiteren Tätigkeiten mit ihnen ausführen. Aufgrund des enthaltenen Styrols wirken PE-Spachtel vermutlich reproduktionstoxisch.

Die in den Härtern enthaltenen Peroxide sind in der Regel instabil. Sie können sich bei Einwirkung von Wärme, Licht oder Verunreinigungen (zum Beispiel Rost, Metallspäne) unter Freisetzung von Sauerstoffgas schnell zersetzen. In geschlossenen Gefäßen kann es dadurch zu einem Druckaufbau und zum Bersten des Gebindes kommen.

!

Die unsachgemäße Handhabung der Härter (z. B. die Erwärmung) kann Brände verursachen!

Schutzmaßnahmen

Es ist für eine ausreichende freie Lüftung oder Raumlüftung zu sorgen. Besonders bei großflächiger Anwendung oder häufigem Verarbeiten (zum Beispiel an ständigen Arbeitsplätzen) kann die Installation einer Absaugeinrichtung notwendig sein.

Besonders der Hautkontakt mit PE-Spachtelmassen und PE-Härtern sollte in jedem Fall vermieden werden. Bei Tätigkeiten mit PE-Spachtelmassen und Härtern sind Chemikalienschutzhandschuhe zu benutzen, wobei die Vorgaben der Herstellfirma zu beachten sind. Als häufig geeignet haben sich Schutzhandschuhe aus Nitril erwiesen. Es muss eine Schutzbrille benutzt werden.

Die Härter sollten kühl, dunkel und in Behältern mit Überdrucksicherung gelagert werden. Verunreinigungen sind unbedingt zu vermeiden. In der Regel müssen Härter getrennt von brennbaren Stoffen gelagert werden.

Durch die Verwendung von Einweg-Werkzeugen erübrigt sich eine spätere Reinigung. Geeignete Einweg-Werkzeuge sind zum Beispiel Holzspatel, Einwegspachtel, Einwegbecher (auf Kennzeichnung achten) und Einwegunterlagen.

12.4 Gieß- und Laminierharze

Gieß- und Laminierharze werden in der Regel in zwei Komponenten geliefert und erst vor Anwendung gebrauchsfertig gemischt. Die „A-Komponente“ enthält gewöhnlich das Harz. Die „B-Komponente“ enthält den Härter, der in einem vorbestimmten Mischungsverhältnis zum Harz zugegeben werden muss. Anschließend wird die Reaktionsmasse gut durchgemischt und verarbeitet.



Abb. 12.5 Umfüllen der Harzkomponente aus einer Dose in die Mischvorlage

12.4.1 Gießharze

Im Modell- und Formenbau werden als Gießharze vor allem Kunstharze auf Basis von Polyurethan (PUR) eingesetzt. In geringerem Maßstab werden auch Silikon- und Epoxidharze verwendet. Im Folgenden wird auf die jeweiligen Gefährdungen und Schutzmaßnahmen näher eingegangen.

PUR

Die Harzkomponenten enthalten üblicherweise Polyole sowie Hilfs- und Zusatzstoffe (z. B. Katalysatoren, Vernetzer oder Flammschutzmittel). Die Höhe und Art der resultierenden Gesundheitsgefährdung ist besonders von den Konzentrationen der Hilfs- und Zusatzstoffe in der jeweiligen Polyol-Formulierung abhängig. Aufgrund der Vielzahl der verwendeten handelsüblichen Polyole wird hinsichtlich der produktspezifischen Gefährdungen und Schutzmaßnahmen auf das Sicherheitsdatenblatt des Herstellers/Lieferers verwiesen.



Abb. 12.6 Polyurethan (PUR)-Harz wird aus einem Schlauch in eine Form gegossen.

Die in den Härtern enthaltenen Diisocyanate können innere Organe schädigen sowie Haut, Augen und Atemwege reizen. Darüber hinaus stehen sie im Verdacht, krebserzeugend zu sein. Beim Einatmen und beim Hautkontakt können sie allergische Reaktionen auslösen. Bei bestehender Sensibilisierung sollten die Beschäftigten keine weiteren Tätigkeiten mit Isocyanaten ausführen.

!

Ab dem 24. August 2023 ist durch die Arbeitgeberin, oder den Arbeitgeber sicherzustellen, dass alle Beschäftigten nachweislich zur sicheren Handhabung von Diisocyanaten geschult werden, wenn sie Tätigkeiten mit Stoffen und Gemischen ausführen, die monomeres Diisocyanat mit einem Gehalt von 0,1 % und mehr enthalten. Die entsprechenden Schulungen müssen von den Herstellern oder Inverkehrbringern angeboten werden.

Die verpflichtende Schulung entbindet nicht von der regelmäßigen Unterweisungspflicht durch den Arbeitgeber oder die Arbeitgeberin. Im Gegensatz zur Unterweisung bietet die Schulung allerdings detaillierte Inhalte, zum Beispiel zu den chemischen Eigenschaften von Diisocyanaten.

Silikon
Die Harzkomponenten enthalten typischerweise Polyorganosiloxane und Zusatzstoffe (wie Pigmente, Verstärkungs- oder Füllstoffe). In der Regel gehen von ihnen keine Gesundheitsgefahren aus.

Als Härter/Vernetzer werden gewöhnlich Mischungen aus Kieselsäureestern und organischen Metallverbindungen eingesetzt. Sie können beim Einatmen gesundheitsschädlich sein und die Augen, die Haut und die Atemwege reizen sowie allergische Hautreaktionen verursachen. Bei bestehender Sensibilisierung sollten die Beschäftigten keine weiteren Tätigkeiten mit diesen Verbindungen ausführen.

Epoxid
Im Modell- und Formenbau werden gewöhnlich kalthärtende (bei Raumtemperatur aushärtende) Systeme eingesetzt.

Die Harzkomponenten (Bisphenol-Epichlorhydrinharze) sind haut- und augenreizend und wirken hautsensibilisierend. Die Härter (Amine) wirken ätzend oder reizend und können bei Kontakt zum Teil schwere Haut- oder Augenschäden verursachen. Sie können zudem allergische Hautreaktionen verursachen und gefährden die Gesundheit beim Einatmen oder Verschlucken. Weitere Zusätze in Epoxidharzsystemen können je nach technischen Anforderungen Reaktivverdünner, Reaktionsbeschleuniger, Lösemittel (z. B. Benzylalkohol), Zuschlagstoffe oder Farbpigmente sein.

Bei bestehender Sensibilisierung sollten die Beschäftigten keine weiteren Tätigkeiten mit Epoxidharzen oder -härtern ausführen.

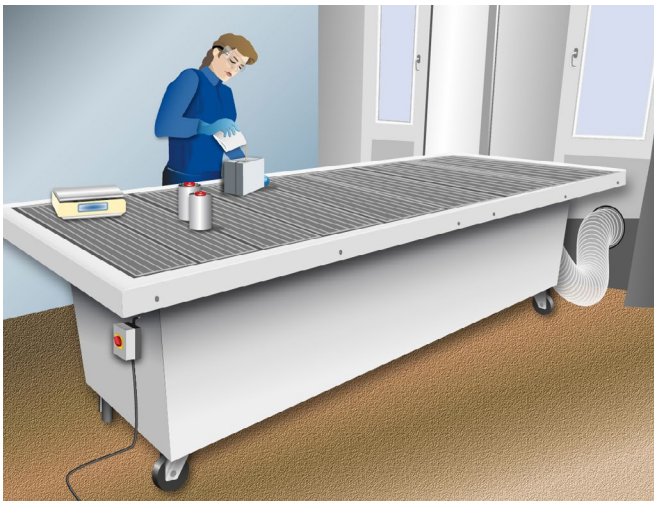


Abb. 12.7 Auf einem abgesaugten Arbeitstisch gießt eine Modellbauerin Kunstharz in eine Form

Schutzmaßnahmen (Gießharze)
Gießharze sollten in einer möglichst emissionsarmen Form verwendet werden. Es sollte daher geprüft werden, ob statt einer manuell anzusetzenden Mischung Kartuschensysteme, vorgefertigte Arbeitspackungen, Doppelkammerbeutel oder Ähnliches verwendet werden können.

Bei der Verarbeitung von Gießharzen kommen je nach Harztyp und Oberflächengröße des Werkstücks verschiedene Lüftungsmaßnahmen in Betracht.

Für das Abwiegen, Mischen, Vorbereiten und Gießen von Harzen im kleineren Maßstab kann die Verwendung eines abgesaugten, höhenverstellbaren Arbeitstischs ausreichend sein.

Beim Verguss von PUR-Harzen bei Raumtemperatur ist in der Regel eine gute Raumdurchlüftung ausreichend.

Beim Verguss von Epoxidharzen ist in der Regel eine technische Absaugung notwendig. Dafür haben sich zum Beispiel nachführbare Absaugvorrichtungen bewährt (Beispiel siehe Abbildung 12.10, unten).

Tabelle 6 Schutzmaßnahmen

Produkt	Absaugung	Atemschutz	Schutzhandschuhe	Schutzbrille
PUR-Gießharze	Bei Verguss bei Raumtemperatur und guter freier Lüftung i. d. R. nicht notwendig	Bei ausreichender freier Lüftung in der Regel nicht erforderlich	Siehe Sicherheitsdatenblatt. Häufig geeignet: Nitril	Korbbrille
Silikon-Gießharze	Mindestens ausreichend freie Lüftung	Bei ausreichender Be-/Entlüftung in der Regel nicht erforderlich	Siehe Sicherheitsdatenblatt. Häufig geeignet: Nitril, Butyl	Korbbrille
Epoxid-Gießharze	Ja	Bei ausreichender technischer Lüftung in der Regel nicht erforderlich	Siehe Sicherheitsdatenblatt. Häufig geeignet: Nitril	Korbbrille

Bei Tätigkeiten mit Gießharzen muss besonders der Hautkontakt unbedingt ausgeschlossen werden. Neben Chemikalienschutzhandschuhen sollte langärmlige Arbeitskleidung getragen werden. Je nach Art der Tätigkeit und Ausmaß der zu erwartenden Kontamination oder Gefährdung kann das zusätzliche Tragen von Überziehern, Schürzen, Einwegüberschuhen oder Ähnlichem notwendig sein.

Neben der Verwendung der richtigen persönlichen Schutzausrüstung sollte auf sorgfältiges Arbeiten geachtet werden. Spritzer, das Überlaufen von Mischgefäßen oder die unbeabsichtigte Kontamination von Tischen, Werkzeugen, Türklinken oder der Arbeitskleidung sind zu vermeiden.

Durch die Verwendung von Einweg-Werkzeugen erübrigt sich eine spätere Reinigung. Geeignete Einweg-Werkzeuge sind zum Beispiel Holzspatel, Einwegspachtel, Einwegbecher (auf Kennzeichnung achten) und Einwegunterlagen.

Werden Epoxidharzsysteme nach dem Anmischen nicht rechtzeitig verarbeitet, kann es in der Mischung zu einer heftigen Reaktion mit deutlicher Wärmeentwicklung und starkem Druckanstieg kommen. Das kann zum Beispiel zum Freisetzen von Dämpfen oder zum schlagartigen Verspritzen der Mischung führen. Aus diesem Grund sollten die Verarbeitungshinweise der Herstellfirma (zum Beispiel in den technischen Merkblättern) unbedingt beachtet werden.



Abb. 12.8 Reinigung des Rührwerks an einem Mischkessel mit Polyurethan (PUR)-Harz.

Weitergehende Informationen zu Gefährdungen und Schutzmaßnahmen siehe:

- *TRGS 430 „Isocyanate – Gefährdungsbeurteilung und Schutzmaßnahmen“*
- *DGUV Information 213-078 „Polyurethane Isocyanate“*
- *DGUV Information 213-116 „Tätigkeiten mit Epoxidharzen“*

12.4.2 Laminierharze

Beim Laminieren werden im Modell- und Formenbau zum überwiegenden Teil Epoxidharzsysteme verwendet. Selten werden auch Polyesterharzsysteme eingesetzt.

Bei Einzelanfertigungen erfolgt die Verarbeitung in der Regel im Handlaminierverfahren. Bei größeren Stückzahlen werden häufig gekapselte Systeme verwendet, zum Beispiel das Vakuuminfusionsverfahren.

Durch die Verwendung geschlossener Systeme können Emissionen deutlich vermindert werden.



Abb. 12.9 Vakuuminfusionsverfahren: Das Harz wird mithilfe von Unterdruck über einen Kunststoffschlauch aus der Mischvorlage in die Form befördert.

Epoxid
Im Modell- und Formenbau werden gewöhnlich kalthärtende (bei Raumtemperatur aushärtende) Systeme eingesetzt.

Die Harzkomponenten (Bisphenol-Epichlorhydrinharze) sind haut- und augenreizend und wirken hautsensibilisierend. Die Härter (Amine) wirken ätzend oder reizend und können bei Kontakt zum Teil schwere Haut- oder Augenschäden verursachen. Sie können zudem allergische Hautreaktionen verursachen und gefährden die Gesundheit beim Einatmen oder Verschlucken. Weitere Zusätze in Epoxidharzsystemen können je nach technischen Anforderungen Reaktivverdünner, Reaktionsbeschleuniger, Lösemittel (z. B. Benzylalkohol), Zuschlagstoffe oder Farbpigmente sein.

Bei bestehender Sensibilisierung sollten die Beschäftigten keine weiteren Tätigkeiten mit Epoxidharzen oder -härtern ausführen.

Polyester (PE/UP)
PE-Harze enthalten große Anteile Styrol; es dient gleichzeitig als Bindemittel und als Lösemittel für das Polyesterharz. Typische Zusätze sind zum Beispiel Reaktionsbeschleuniger, Pigmente oder Fasern. Vor der Verarbeitung werden Härter (in der Regel organische Peroxide) zugegeben, zum Beispiel aus Tuben.

PE-Harze sind meist gesundheitsschädlich, sie reizen Haut, Augen und Atemwege und schädigen die Organe bei längerer oder wiederholter Exposition. Sie können zudem Hautallergien verursachen. Bei bestehender Sensibilisierung sollten die Beschäftigten keine weiteren Tätigkeiten mit PE-Harzen ausführen. Aufgrund des enthaltenen Styrols wirken PE-Harze vermutlich reproduktionstoxisch.

Die Härter wirken reizend bis ätzend auf Haut und Atemwege und können teilweise bei direktem Kontakt schwere Augenschäden verursachen. Manche Härter können Hautallergien verursachen. Bei bestehender Sensibilisierung sollten die Beschäftigten keine weiteren Tätigkeiten mit Härtern ausführen.

Die in den Härtern enthaltenen Peroxide sind in der Regel instabil. Sie können sich bei Einwirkung von Wärme, Licht oder Verunreinigungen (zum Beispiel Rost, Metallspäne) unter Freisetzung von Sauerstoffgas schnell zersetzen. In geschlossenen Gefäßen kann es dadurch zu einem Druckaufbau und zum Bersten des Gebindes kommen.

!

Die unsachgemäße Handhabung der Härter kann Brände oder Explosionen verursachen!

Als Reaktionsbeschleuniger kommen häufig Kobaltsalze (zum Beispiel Kobaltoctoat) oder Amine (zum Beispiel N,N-Dimethylanilin) zum Einsatz.

Kobaltoctoat kann allergische Hautreaktionen und schwere Augenreizungen verursachen. Zudem ist es vermutlich reproduktionstoxisch.

N,N-Dimethylanilin ist giftig beim Verschlucken, Hautkontakt und Einatmen. Es kann vermutlich Krebs erzeugen.

Bei bestehender Sensibilisierung sollten die Beschäftigten keine weiteren Tätigkeiten mit diesen Stoffen ausführen.

!

Niemals Härter und Beschleuniger vormischen, da sonst die Gefahr einer heftigen Reaktion (unter Umständen Explosion) besteht!

Beim großflächigen Verarbeiten von styrolhaltigen Reaktionsharzen ist mit einem Überschreiten des Arbeitsplatzgrenzwerts für Styrol zu rechnen. Die Praxis zeigt, dass es zum Beispiel beim Handlaminieren in Innenbereichen bei nicht optimal gestalteten technischen Maßnahmen zu Grenzwertüberschreitungen kommen kann.

Schutzmaßnahmen

Beim Handlaminieren mit Epoxidharzen ist in der Regel eine technische Absaugung notwendig. Dafür haben sich zum Beispiel abgesaugte Arbeitstische oder nachführbare Absaugvorrichtungen bewährt.

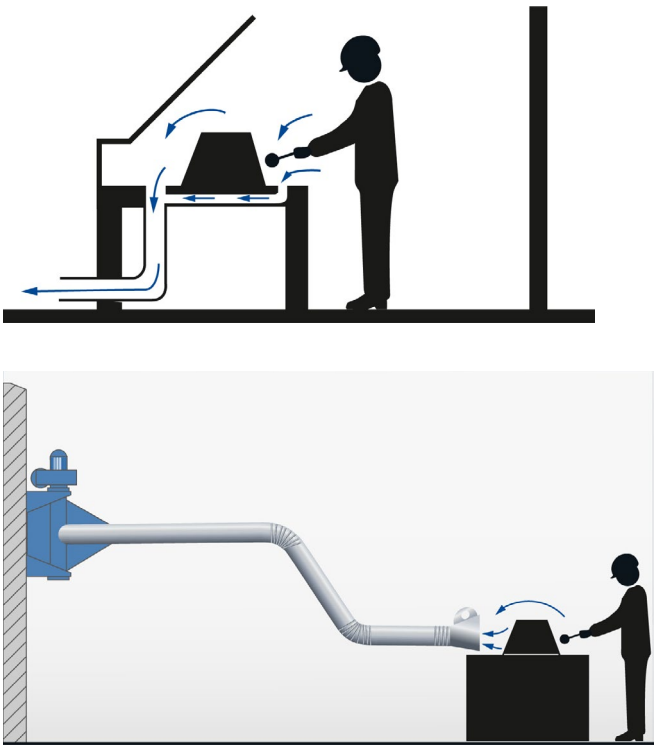


Abb. 12.10 Technische Lüftung an Handlaminierarbeitsplätzen: Abgesaugter Arbeitstisch (oben) und nachführbare Absaugung (unten)

Sollen Polyesterharze verarbeitet werden, ist zunächst zu prüfen, ob Harze mit einem geringeren Styrolgehalt oder einer verminderten Styrolemission eingesetzt werden können. Bei den letztgenannten Systemen wird die Styrolverdunstung durch Hautbildner deutlich vermindert.

Bei der Verarbeitung von Polyesterharzen durch Handlaminieren sind in der Regel technische Lüftungsmaßnahmen notwendig. Je nach Form und Größe des Werkstücks können das zum Beispiel abgesaugte Arbeitstische oder, bei großflächiger Verarbeitung, abgesaugte Laminierkabinen sein. Bei wannenförmigen Teilen empfiehlt sich eine zusätzliche Absaugung im Laminierbereich.

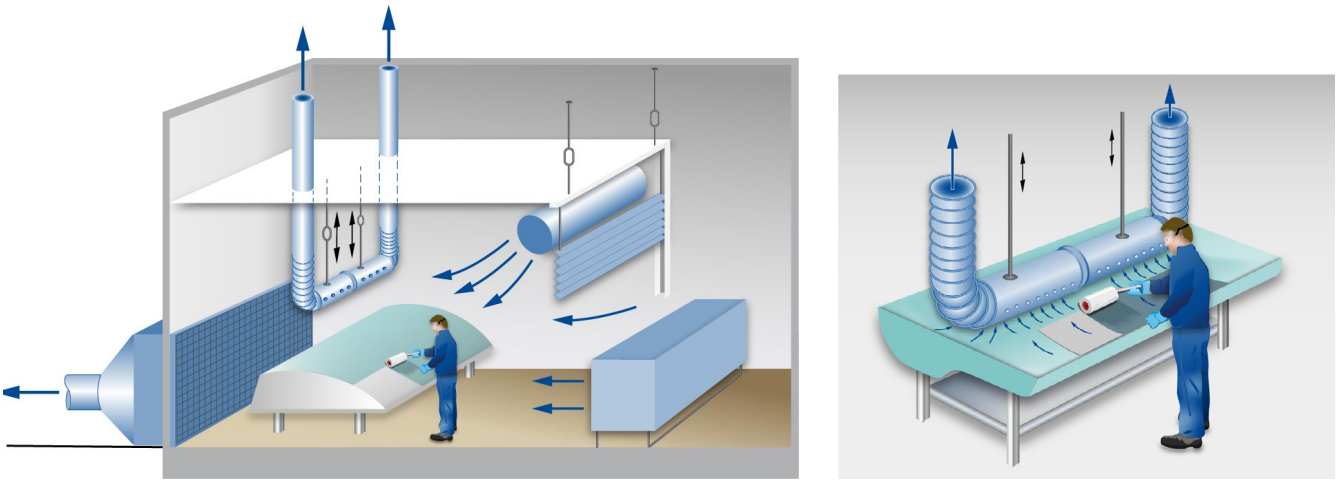


Abb. 12.11 Technische Lüftung an Handlaminierarbeitsplätzen: Abgesaugte Laminierkabine (links) und höhenverstellbare Absaugung für wannenförmige Werkstücke (rechts)

Wird das Polyesterharz angemischt, muss unbedingt zunächst der Beschleuniger in das Harz eingerührt und gut durchmischt werden. Erst im Anschluss darf der Härter zugegeben werden.

Härter für Polyesterharzsysteme sollten kühl, dunkel und in Behältern mit Überdrucksicherung gelagert werden. Verunreinigungen sind unbedingt zu vermeiden. In der Regel müssen diese Härter getrennt von brennbaren Stoffen gelagert werden.

Tabelle 7 Schutzmaßnahmen (Handlaminieren)

Produkt	Absaugung	Atemschutz	Schutzhandschuhe	Schutzbrille
Epoxid (EP)-Laminierharze **Handlaminieren**	Ja	Bei ausreichender technischer Lüftung in der Regel nicht erforderlich	Siehe Sicherheitsdatenblatt Häufig geeignet: Nitril	Korbbrille
Polyester (PE)-Laminierharze **Handlaminieren**	Ja	Bei ausreichender technischer Lüftung in der Regel nicht erforderlich	Siehe Sicherheitsdatenblatt Häufig geeignet: Nitril Bei Tätigkeiten mit N,N-Dimethylanilin: Fluorkautschuk	Korbbrille

Tabelle 8 Schutzmaßnahmen (Vakuuminfusionsverfahren)

Produkt	Absaugung	Atemschutz	Schutzhandschuhe	Schutzbrille
Epoxid (EP)-Laminierharze **Infusionsverfahren**	Bei ausreichender freier Lüftung in der Regel nicht erforderlich	Bei ausreichender freier Lüftung in der Regel nicht erforderlich	Siehe Sicherheitsdatenblatt Häufig geeignet: Nitril	Korbbrille
Polyester (PE)-Laminierharze **Infusionsverfahren**	Ja	Bei ausreichender technischer Lüftung in der Regel nicht erforderlich	Siehe Sicherheitsdatenblatt Häufig geeignet: Nitril Bei Tätigkeiten mit N,N-Dimethylanilin: Fluorkautschuk	Korbbrille

Bei Tätigkeiten mit Laminierharzen muss besonders der Hautkontakt unbedingt ausgeschlossen werden. Neben Chemikalienschutzhandschuhen sollte langärmlige Arbeitskleidung getragen werden. Je nach Art der Tätigkeit und dem Ausmaß der zu erwartenden Kontamination oder Gefährdung kann das zusätzliche Tragen von Überziehern, Schürzen, Einwegüberschuhen oder Ähnlichem notwendig sein.

Neben der Verwendung der richtigen persönlichen Schutzausrüstung sollte auf sorgfältiges Arbeiten geachtet werden. Spritzer, das Überlaufen von Mischgefäßen oder die unbeabsichtigte Kontamination von Tischen, Werkzeugen, Türklinken oder der Arbeitskleidung sind zu vermeiden.

Durch die Verwendung von Einweg-Werkzeugen erübrigt sich eine spätere Reinigung. Geeignete Einweg-Werkzeuge sind zum Beispiel Holzspatel, Einwegspachtel, Einwegbecher (auf Kennzeichnung achten) und Einwegunterlagen.

Werden Epoxidharzsysteme nach dem Anmischen nicht rechtzeitig verarbeitet, kann es in der Mischung zu einer heftigen Reaktion mit deutlicher Wärmeentwicklung und starkem Druckanstieg kommen. Das kann zum Beispiel zum Freisetzen von Dämpfen oder zum schlagartigen Verspritzen der Mischung führen. Aus diesem Grund sollten die Verarbeitungshinweise der Herstellfirma (zum Beispiel in den technischen Merkblättern) unbedingt beachtet werden.

Zu Gefährdungen und Schutzmaßnahmen in Bezug auf eingesetzte Faserstoffe siehe Abschnitt 12.13.1 „Glas- und Kohlefaserstäube“.

Weitere Informationen zu Gefährdungen und Schutzmaßnahmen siehe:

- *DGUV Information 213-116 „Tätigkeiten mit Epoxidharzen“*
- *DGUV Information 213-081 „Styrol – Polyesterharze und andere styrolhaltige Gemische“*
- *DGUV Information 209-033 „Faserverstärkte Polyesterharze – Handhabung und sicheres Arbeiten“*

12.4.3 Nicht ausgehärtete Gieß- oder Laminierharze

Unvollständig ausgehärtete Gieß- und Laminierharze können typischerweise durch falsche Dosierung oder unzureichende Durchmischung der Einzelkomponenten entstehen. Die Gefährdungen, die von nicht ausgehärteten Gießharzen ausgehen können, sind mit denen der jeweiligen Einzelkomponenten vergleichbar. Die Schutzmaßnahmen sind dementsprechend auszurichten.

Die Entsorgung muss als Sondermüll erfolgen (weitere Hinweise dazu finden Sie zum Beispiel in Abschnitt 13 der Sicherheitsdatenblätter der Einzelkomponenten).

Je nach Aushärtungsgrad der Werkstücke können die bei der Nachbearbeitung freigesetzten Stäube noch mehr oder weniger hohe Anteile an nicht vollständig abreagierten, sensibilisierenden Rezepturbestandteilen des Gießharzprodukts enthalten. Daher wird die Verwendung von partikelfiltrierenden Atemschutzgeräten (Halbmasken mit Partikelfilter Filterklasse P2 oder partikelfiltrierende Halbmasken FFP2) bei Staub freisetzenden Nachbearbeitungsschritten auch dann empfohlen, wenn die Arbeitsplatzgrenzwerte für Stäube eingehalten werden. Entsprechend sind auch Haut und Augen zu schützen (Schutzhandschuhe, langärmlige Arbeitskleidung, Schutzbrille).

12.5 Füllstoffe

Kunstharze werden in der Regel mit Füllstoffen versetzt, um bestimmte Eigenschaften zu erzeugen. Typische Füllstoffe im Modell- und Formenbau sind zum Beispiel Mikroglaskugeln, Aluminiumpulver, Aluminiumhydroxid (flammenhemmender Füllstoff) oder Thixotropiermittel (Verdickungsmittel) auf Basis von pyrogenem Siliciumdioxid („pyrogene Kieselsäure“).

Die Stäube der genannten Füllstoffe können bei Kontakt Haut, Augen und Atemwege reizen. Das Einatmen der Stäube kann zu Gesundheitsschäden (zum Beispiel Lungenschäden) führen.

!

Von Aluminiumpulver können Brand- und Explosionsgefahren ausgehen. Bei Kontakt mit Wasser kann sich entzündbares Wasserstoffgas bilden.

Schutzmaßnahmen
Bei Tätigkeiten mit den genannten Füllstoffen soll eine Staubentwicklung vermieden werden. Das gilt besonders beim Ab- und Umfüllen oder beim Mischen der Komponenten. Insbesondere dauerhafte Arbeitsplätze sollten mit einer technischen Lüftung ausgestattet werden. Die Berührung mit Haut, Augen oder Kleidung soll vermieden werden. Dies kann mithilfe von staubdichten Schutzhandschuhen sowie einer Schutzbrille mit Seitenschutz erreicht werden.

Weitere Hinweise zu Schutzmaßnahmen siehe Abschnitt 12.13 „Stäube“.

Aluminiumpulver darf nicht in Kontakt mit Zündquellen oder Wasser kommen.

12.6 Reinigungsmittel

Zur Reinigung von Oberflächen werden in der Regel lösemittelhaltige Reinigungsmittel eingesetzt, die Kohlenwasserstoffe oder Alkohole enthalten. Typische Beispiele sind Aceton, Nitroverdünnung, Bremsenreiniger, Petroleum oder Brennspiritus.



Abb. 12.12 Mitarbeiter mit persönlicher Schutzausrüstung trägt mit einem Lappen Reinigungsmittel auf eine Werkstückoberfläche auf

Gesundheitsgefahren ergeben sich durch
- das Einatmen von Lösemitteldämpfen,
- Augenkontakt (zum Teil ätzende Wirkung der Reinigungsmittel),
- direkten Hautkontakt (Reizwirkung, Hautentfettung und Aufnahme von hautresorptiven Stoffen sowohl durch eine vorgeschädigte als auch durch die intakte Haut).

Schutzmaßnahmen
Bei Tätigkeiten mit lösemittelhaltigen Reinigungsmitteln müssen Chemikalienschutzhandschuhe benutzt werden. Als häufig geeignet haben sich Schutzhandschuhe aus Butylkautschuk erwiesen.

!

Schutzhandschuhe aus Nitrilkautschuk sind häufig **nicht** geeignet, zum Beispiel bei Tätigkeiten mit Aceton oder Alkoholen.

Es ist für eine ausreichende freie Lüftung oder Raumlüftung zu sorgen. Besonders bei häufiger oder großflächiger Anwendung, zum Beispiel an ständigen Arbeitsplätzen, kann die Installation einer Absaugeinrichtung notwendig sein. Werden trotz technischer und organisatorischer Maßnahmen Grenzwerte überschritten, ist Atemschutz zu tragen.

Beim **Wischauftrag** des Reinigungsmittels ist folgender Atemschutz erforderlich:
- Kohlenwasserstoffe und Alkohole: Maske mit Filter A
- Reines Aceton: Maske mit Filter AX
- Acetonhaltige Lösemittelgemische: umgebungsluftunabhängiges Atemschutzgerät

Beim **Sprühauftrag** von Bremsenreiniger ist eine Maske mit Filter AP zu benutzen.

Es muss eine Schutzbrille benutzt werden. Besonders bei Tätigkeiten mit ätzenden Reinigungsmitteln oder bei erhöhter Spritzgefahr (z. B. Sprühauftrag, Umfüllen) ist eine Korbbrille zu tragen.

!

Beim Einsatz lösemittelhaltiger Reinigungsmittel ist zu prüfen, inwieweit Brand- und Explosionsgefahren bestehen. Gegebenenfalls sind entsprechende Schutzmaßnahmen zu treffen.

Hinweise zu Gefährdungen und Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit Spraydosen (Aerosolpackungen) finden Sie im Abschnitt 12.8.

Es sollte geprüft werden, ob lösemittelhaltige Reiniger durch tensidhaltige Produkte auf Wasserbasis ersetzt werden können.

Weitere Informationen zu (lösemittelhaltigen) Reinigungsmitteln siehe:
- *DGUV Information 209-088 „Reinigen von Werkstücken mit Reinigungsflüssigkeiten“*
- *Kurz & Bündig KB 007 „Lösemittel: Einsatz, Gefährdungen, Schutzmaßnahmen – Kleinmengen“*

12.7 Trennmittel

Trennmittel sollen das Anhaften der Formmasse an der Form verhindern. Häufig werden Trennmittel auf Silikonbasis sowie Wachskombinationen, die in leichten Kohlenwasserstoffen (Benzine) gelöst sind, verwendet.

Von Trennmitteln auf **Silikonbasis** gehen beim Streichauftrag im Regelfall keine Gesundheitsgefahren aus. Beim Sprühauftrag aus Spraydosen sind die diesbezüglichen Gefährdungen und Schutzmaßnahmen zu beachten (siehe Abschnitt 12.8 Spraydosen (Aerosolpackungen)).

Bei Trennmitteln auf **Wachs/Kohlenwasserstoffbasis** ergeben sich Gesundheitsgefahren durch:
- Haut-, Augen- und Atemwegsreizungen durch entstehende Dämpfe
- Hautentfettende Wirkung bei Hautkontakt
- Aufnahme von hautresorptiven Stoffen sowohl durch eine vorgeschädigte als auch durch die intakte Haut

Es ist für eine ausreichende freie Lüftung oder Raumlüftung zu sorgen. Besonders bei häufiger oder großflächiger Anwendung, zum Beispiel an ständigen Arbeitsplätzen, kann die Installation einer Absaugeinrichtung notwendig sein. Werden trotz technischer und organisatorischer Maßnahmen Grenzwerte überschritten, ist folgender Atemschutz zu tragen:
- Wisch-/ Streichauftrag: Maske mit Filter A
- Sprühauftrag: Maske mit Filter AP

Bei Tätigkeiten mit kohlenwasserstoffhaltigen Trennmitteln müssen Chemikalienschutzhandschuhe benutzt werden. Als häufig geeignet haben sich Schutzhandschuhe aus Nitrilkautschuk erwiesen. Bei Spritzgefahr (z. B. Sprühauftrag) muss eine Schutzbrille getragen werden.

!

Beim Einsatz kohlenwasserstoffhaltiger Trennmittel ist zu prüfen, inwieweit Brand- und Explosionsgefahren bestehen. Gegebenenfalls sind entsprechende Schutzmaßnahmen zu treffen.

Hinweise zu Gefährdungen und Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit Spraydosen (Aerosolpackungen) finden Sie im Abschnitt 12.8.

12.8 Spraydosen (Aerosolpackungen)

Im Modell- und Formenbau werden häufig Spraydosen (Aerosolpackungen) eingesetzt. Typische Produkte in Spraydosen sind zum Beispiel Lacke, Reinigungs- oder Trennmittel. Je nach Produkt und Verwendungszweck können sie unterschiedliche Komponenten enthalten, wie:

- Bindemittel (z. B. Alkyd-, Acryl- oder Epoxy-Harze)
- Füllstoffe
- Farb- oder Metallpigmente
- Lösemittel (z. B. Kohlenwasserstoffgemische, Acetate, Alkohole oder Ketone)
- Wachse
- Treibmittel (typisch sind Kohlenwasserstoffe, wie Propan oder Butan)

Gesundheitsgefahren ergeben sich durch:

- Einatmen der Sprühaerosole (Reiz- oder Ätzwirkung sowie Aufnahme von gesundheitsgefährdenden Stoffen über die Lunge)
- Augenkontakt (Reiz- oder Ätzwirkung)
- Hautkontakt (Reizung und Entfettung sowie Aufnahme von hautresorptiven Stoffen sowohl durch eine vorgeschädigte als auch durch die intakte Haut)

Beim Versprühen des Inhalts entsteht ein extrem entzündbares Aerosol. Die Treibgase und die Dämpfe der Lösungsmittel sind schwerer als Luft und sammeln sich daher in Bodennähe. Es können Brand- und Explosionsgefahren bestehen.

Spraydosen stehen unter Druck und können bei Erwärmung bersten und als Geschoss fortgeschleudert werden (in der Regel bei Temperaturen über 50° C). Das gilt auch für „entleerte“ Dosen, die in der Regel noch Restmengen enthalten.

Schutzmaßnahmen

Die Arbeitsräume sind – vor allem in Bodennähe – so zu belüften, dass keine gefährlichen Gas-/Aerosolkonzentrationen entstehen können. Besonders an dauerhaften Arbeitsplätzen und bei großflächigem Auftrag kann eine Absaugung notwendig sein. Werden trotz technischer und organisatorischer Maßnahmen Grenzwerte überschritten, ist Atemschutz gemäß Vorgaben der Herstellfirmen zu benutzen (Hinweise dazu finden Sie z. B. im Sicherheitsdatenblatt unter Abschnitt 8.2).

Es müssen Chemikalienschutzhandschuhe benutzt werden. Sie müssen anhand der Vorgaben der Herstellfirmen ausgewählt werden. Eine Gestellbrille mit Seitenschutz muss benutzt werden.

Spraydosen

- müssen von Zündquellen ferngehalten werden (z. B. brennende Zigaretten, heiße Oberflächen, Funken). Auch die Sprühaerosole dürfen nicht gegen offene Flammen oder andere Zündquellen gesprüht werden.
- dürfen nicht gewaltsam geöffnet oder verbrannt werden.
- müssen nach Gebrauch wieder mit der Ventilschutzkappe verschlossen werden.
- müssen vor starker Sonnenbestrahlung und höheren Temperaturen (in der Regel über 50° C) geschützt werden.

12.9 Kühlschmierstoffe



Abb. 12.13 Metallisches Werkstück wird mit Werkzeug gefräst und dabei mit Kühlschmierstoff beaufschlagt

Kühlschmierstoffe werden zum Kühlen und Schmieren bei der spanenden Metallbearbeitung eingesetzt. Überwiegend werden mit Wasser mischbare Kühlschmierstoffe verwendet. Die Zusammensetzung ist abhängig vom Anwendungszweck und von den verwendeten Additiven. Die Inhaltsstoffe können je nach Herstellbetrieb sehr unterschiedlich sein. So können zum Beispiel Mineralöle, Kohlenwasserstoffe, Glykolether, Emulgatoren, Schaumverhinderer, Korrosionsinhibitoren oder Biozide enthalten sein.

Das Einatmen und das Verschlucken von Kühlschmierstoffen oder der Haut- und Augenkontakt kann zu schweren Reizungen und/oder zu Gesundheitsschäden führen. Bestimmte Inhaltsstoffe können allergische Reaktionen verursachen. Beschäftigten mit bestehender Sensibilisierung sollten keine weiteren Tätigkeiten mehr mit diesen Substanzen ausführen.

Weitere Gefährdungen durch das Kühlschmiermittel können nach dessen Einsatz als Betriebsmittel vorliegen, zum Beispiel durch eingetragene Metallspäne oder durch eine mikrobielle Belastung (Schimmelpilze).

Weitergehende Informationen zu Gefährdungen und Schutzmaßnahmen finden Sie in der DGUV Regel 109-003 „Tätigkeiten mit Kühlschmierstoffen“.

12.10 Funkenerodieröle

Funkenerodieröle sind nichtleitende (dielektrische) Medien, in die das durch Funkenerosion zu bearbeitende Werkstück eingelegt wird. Üblicherweise werden dafür deionisiertes Wasser oder Kohlenwasserstoffverbindungen (Öle) eingesetzt. Der Hautkontakt mit den Ölen kann zu Reizungen führen.

Während der Bearbeitung kommt es durch Funkenentladung zu extrem hohen Temperaturen. Dadurch wird das Funkenerodieröl chemisch verändert. Beim Einsatz von deionisiertem Wasser ist die Bildung von Wasserstoff, Stickoxiden und Ozon möglich. Beim Einsatz von Kohlenwasserstoffen können sich Benzol, polycyclische Aromaten und weitere krebserzeugende und gesundheitsschädliche Verbindungen bilden. Diese Stoffe (und auch die abgetragenen Metalle) können sich im Erodierbad lösen und anreichern oder auch als Rauche, Dämpfe oder Nebel in die Umgebungsluft entweichen.

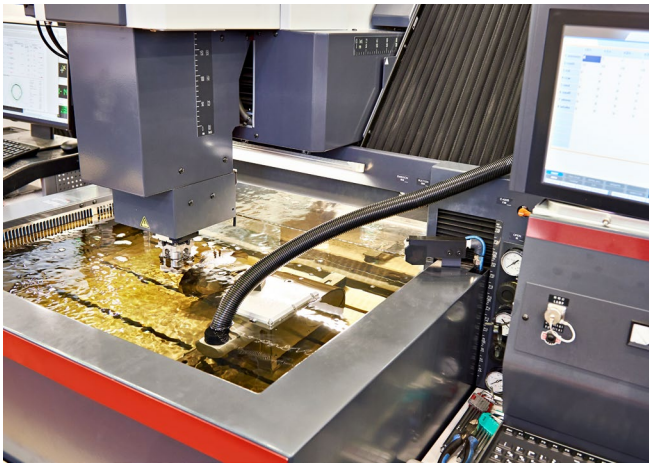


Abb. 12.14 Ein metallisches Werkstück wird in einem Ölbad mit dem Funkenerodierverfahren bearbeitet

Aufgrund der auftretenden elektromagnetischen Felder dürfen sich Personen mit Implantaten, wie Herzschrittmachern, künstlichen Gelenken oder Ähnlichem, nicht in der Nähe der Erodiermaschine aufhalten.

Weitergehende Informationen zu Gefährdungen und Schutzmaßnahmen:

- *DGUV Regel 109-607 „Branche Metallbau“.*
- *Artikel „Erodiermaschinen – Beim Betreiben den Arbeitsschutz im Blick“, BGHM-Aktuell, Ausgabe 5/2021, www.bghm-aktuell.de*

12.11 Trockeneis

Trockeneis wird gewöhnlich als vergleichsweise mildes Strahlmittel eingesetzt, zum Beispiel zum Reinigen von Formen. Trockeneis ist Kohlenstoffdioxid (CO_2) in fester Form und liegt als weißer, tiefkalter (-78 °C) Feststoff vor, der bei Raumtemperatur direkt vom festen in den gasförmigen Zustand übergeht.



Abb. 12.15 Entnahme von Trockeneispellets aus einem isolierten Behälter.

Durch kontinuierliche Freisetzung steigt besonders in geschlossenen Räumen die Konzentration an Kohlenstoffdioxid schnell an. Kohlenstoffdioxid ist geruchs- und geschmacklos, daher können Beschäftigte steigende Konzentrationen ohne weitere Hilfsmittel zunächst nicht wahrnehmen. Der Arbeitsplatzgrenzwert von Kohlenstoffdioxid beträgt 0,5 Vol-%.

Ab Konzentrationen von ca. 1,5 Vol-% kann es zu Atembeschwerden, Schwindel, Benommenheit, Übelkeit, Kopfschmerzen und Koordinationsstörungen kommen.

Konzentrationen ab ca. 8 Vol-% sind akut lebensbedrohlich, da sie innerhalb weniger Atemzüge zum Tod führen können!

Gasförmiges Kohlendioxid ist schwerer als Luft und sammelt sich daher zum Beispiel in Kellern, Schächten, Gruben oder der Kanalisation.

Bei direkter Berührung mit der Haut führt Trockeneis zu Kälteverbrennungen (Erfrierungen).

Durch Druckaufbau in geschlossenen Behältern besteht Berstgefahr.

Trockeneis kann unter heftiger Wärmeentwicklung mit bestimmten Stoffen reagieren (z. B. mit Alkalien, Ammoniak und Aminen).

Beim Strahlen mit Trockeneis tritt neben den Gefährdungen durch Trockeneis auch ein hoher Lärmpegel auf (bis 130 dB(A)). Durch den Druckluftstrahl wird mit hohem Impuls der Schmutz von der Oberfläche des Werkstücks abgetragen. Die abgetragenen Partikel verunreinigen die Luft und können auch eine mechanische Gefährdung (vor allem für die Augen) darstellen.

Schutzmaßnahmen

Bei Tätigkeiten mit Trockeneis muss unbedingt eine gute Be- und Entlüftung sichergestellt werden, um den Arbeitsplatzgrenzwert für Kohlenstoffdioxid sicher einzuhalten. Bei Tätigkeiten in geschlossenen Räumen ist zudem eine Kohlenstoffdioxid-Raumluftüberwachung zu empfehlen. Fehlt eine optimale Belüftung, muss umgebungsluftunabhängiger Atemschutz verwendet werden.

Atemschutzmasken mit Gas- oder Partikelfiltern (z. B. ABEK-P) bieten **keinerlei** Schutz vor Kohlenstoffdioxid!

Treten bei nur einer Person plötzlich Anzeichen auf, die auf eine erhöhte Kohlenstoffdioxid-Konzentration hinweisen (Atembeschwerden, Schwindel, Benommenheit, Übelkeit, Kopfschmerzen oder Koordinationsstörungen), müssen sämtliche Beschäftigte den betreffenden Arbeitsbereich **sofort** verlassen. Der entsprechende Arbeitsbereich darf erst nach Freimessung wieder betreten werden.



Abb. 12.16 In einem Arbeitsraum mit technischer Lüftung durch Absaugung im Bodenbereich füllt ein Mitarbeiter mit persönlicher Schutzausrüstung Trockeneis um

(Hinweis zum Foto: Der gebläseunterstütze Helm wird wegen der mechanischen Gefährdung durch Partikel sowie der Staubentwicklung bei den folgenden Strahltätigkeiten getragen. **Er bietet jedoch keinerlei Schutz gegen das Einatmen von Kohlenstoffdioxid und darf daher nur in Räumen mit einer zusätzlichen technischen Belüftung eingesetzt werden.**)



Abb. 12.17 In einem Arbeitsraum mit technischer Lüftung durch Absaugung im Bodenbereich reinigt ein Mitarbeiter mit persönlicher Schutzausrüstung einen Formkasten durch Strahlen mit Trockeneis

(Hinweis zum Foto: Der gebläseunterstütze Helm wird wegen der mechanischen Gefährdung durch Partikel sowie der Staubentwicklung getragen. **Er bietet jedoch keinerlei Schutz gegen das Einatmen von Kohlendioxid und darf daher nur in Räumen mit einer zusätzlichen technischen Belüftung eingesetzt werden.)**

Trockeneis darf nur an gut belüfteten Orten und in geeigneten, gut isolierenden Behältern mit Druckentlastungsmöglichkeit bereitgestellt oder gelagert werden. Aufgrund der Gefahr der Gasansammlung dürfen Transportboxen und Vorratsbehälter mit Trockeneis nicht in tieferliegenden Bereichen oder unter Erdgleiche bereitgestellt oder gelagert werden.

Bei vorbereitenden Tätigkeiten mit Trockeneis (zum Beispiel Entnahme, Umfüllen) müssen eine dichtschließende Schutzbrille oder ein Schutzvisier und kältebeständige, flüssigkeitsdichte und gut isolierende Schutzhandschuhe benutzt werden. Jeglicher Hautkontakt muss durch vollständige Bedeckung der Hautoberfläche vermieden werden. Je nach Arbeitsverfahren kann es notwendig sein, Kälteschutzkleidung zu benutzen.

Beim Strahlen mit Trockeneis hat sich die Verwendung folgender persönlicher Schutzausrüstung bewährt:

- Schutzvisier
- bei unzureichender Raumlüftung umluftunabhängig belüfteter Atemschutz
- Atemschutz mit Partikelfilter (in der Praxis haben sich z. B. belüftete Helme aufgrund des hohen Tragekomforts bewährt)
- kältebeständige, flüssigkeitsdichte und gut isolierende Schutzhandschuhe, Schutzkleidung (z. B. Schürzen) und Schutzschuhe
- Gehörschutz

Zum Schutz vor herumfliegenden Pellets oder Schmutzbrocken empfiehlt es sich, die Umgebung des zu reinigenden Werkstücks abzusperren und/oder mit Stellwänden abzuschirmen.

12.12 Gefahrstoffe in der additiven Fertigung

Grundprinzip der additiven Fertigung („3D-Druck“) ist das Schichtbauprinzip, bei dem das Werkstück aus einem Ausgangswerkstoff Schicht für Schicht aufgebaut wird. Die dabei resultierenden Gefährdungen und die zu treffenden Schutzmaßnahmen sind stark abhängig vom verwendeten Verfahren, vom eingesetzten Werkstoff und vom Prozessschritt.

Aus der Vielzahl der Prozesskategorien werden im Modell- und Formenbau besonders pulverbettbasierte Schmelzverfahren (PBF) und Materialextrusionsverfahren (MEX) eingesetzt. Daher wird im Folgenden ausschließlich auf diese beiden Verfahren eingegangen.

12.12.1 Gefährdungen und Schutzmaßnahmen bei pulverbettbasierten Verfahren

Bei den meisten pulverbettbasierten Verfahren unterteilt sich der Herstellungsprozess in ähnliche Schritte (Abb. 12.18) mit entsprechend vergleichbaren Expositionsszenarien. Für viele Schritte der Prozesskette gibt es bereits automatisierte Lösungen. Dazu gehört beispielsweise die Befüllung der Anlage mit dem Pulver, der Bauprozess, eine grobe Entpulverung der Werkstücke nach der Bauphase und die Aufbereitung des Restpulvers für den nächsten Bauprozess. Allerdings gibt es ebenso oft manuelle Lösungen für die genannten Arbeitsschritte. Arbeitsschritte wie das vollständige Entpulvern des Werkstücks oder die Entfernung der Stützstrukturen finden zurzeit noch manuell statt.



Abb. 12.18 Typische Arbeitsschritte bei pulverbettbasierten additiven Fertigungsverfahren

Entlang der Arbeitsschritte können zum Beispiel folgende Gefährdungen durch Gefahrstoffe auftreten:

- Kontakt und/oder Aufnahme von pulverförmigen Werkstoffen oder Zersetzungsprodukten über die Hautoberfläche, die Atemwege oder den Magen-Darm-Trakt
- Brand- und Explosionsgefahren durch pulverförmige Werkstoffe oder durch die während des Prozesses entstandenen Zersetzungsprodukte. Diese Gefahren bestehen bei allen Tätigkeiten mit Pulvern oder mit Zersetzungsprodukten in Filtern oder in der Anlage, zum Beispiel beim Befüllen der Anlage, Pulver- oder Filterwechsel, Bauraum öffnen, Bauplattform ausbauen sowie bei Reinigungsarbeiten oder der Pulveraufbereitung (Sieben).
- Erstickungsgefahr durch Schutzgase (z. B. Argon, Stickstoff)
- Reaktion von Metallen oder Legierungen untereinander, mit dem in der Atmosphäre enthaltenen Wasser oder Sauerstoff oder mit dem Schutzgas Stickstoff. Je nach reagierendem System können dabei entzündliches Wasserstoffgas und/oder weitere Reaktionsgase entstehen.

!

Weitere Gefährdungen, zum Beispiel durch Laserstrahlung oder heiße Oberflächen, müssen ebenfalls betrachtet werden.

Im Modell- und Formenbau werden bei pulverbettbasierten Schmelzverfahren zum überwiegenden Teil **kunststoffbasierte** Werkstoffe eingesetzt. Die Gefährdung durch den pulverförmigen Werkstoff ist von dessen Zusammensetzung abhängig.

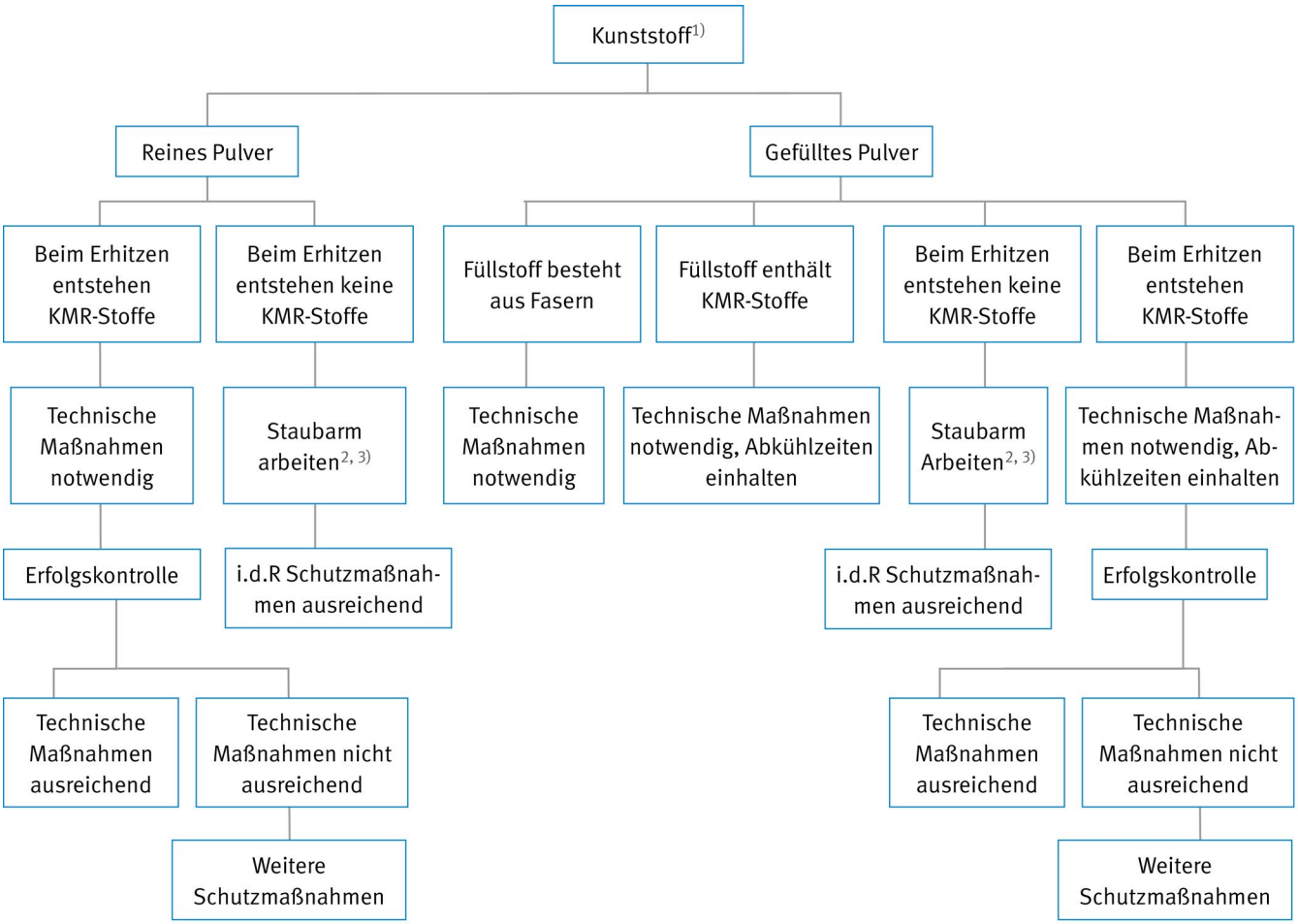
Bei kunststoffbasierten Werkstoffen muss zunächst zwischen reinen und gefüllten Pulvern unterschieden werden. Neben den Inhaltstoffen muss in beiden Fällen geprüft werden, welche Stoffe beim Erhitzen freigesetzt werden (thermische Zersetzungsprodukte). Informationen dazu können dem Sicherheitsdatenblatt des Werkstoffs entnommen werden.

Eine Übersicht über mögliche thermische Zersetzungsprodukte von reinen Kunststoffen zeigt Tabelle 9.

Für den Fall, dass bei der Verarbeitung krebserzeugende, erbgutverändernde oder reproduktionstoxische (KMR)-Stoffe oder Fasern freigesetzt werden, sind technische Schutzmaßnahmen notwendig (zum Beispiel eine Absaugung). Entstehen beim Erhitzen KMR-Stoffe, sollten zusätzlich die Abkühlzeiten eingehalten werden. Werden keine KMR-Stoffe oder Fasern freigesetzt, ist es in der Regel ausreichend, staubarm zu arbeiten (siehe auch Info-Broschüre der Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG) „Gib dem Staub keine Chance“). Einen Überblick über die je nach Werkstoffsystem zu treffenden Schutzmaßnahmen gibt Abbildung 12.19.

Tabelle 9 Hauptbestandteile möglicher thermischer Zersetzungsprodukte reiner Kunststoffe

Kunststoff		Mögliche Pyrolyseprodukte (Hauptbestandteile)
ABS	Acrylnitril-Butadien-Styrol	Styrol 1,3-Butadien Acrylnitril 1-Butanol 4-Vinylcyclohexen Xylol-Isomere Acetophenon Dimer-Styrol-Isomere Ethylbenzol
PLA	Polylactid	3,6-Dimethyl-1,4-Dioxan-2,5-dion 2,3-Pentadion Styrol Ethylbenzol Dimer-Styrol-Isomere Diisobutylphthalat
PE	Polyethylen	Ungesättigte aliphatische Kohlenwasserstoffe, aliphatische Aldehyde
PET	Polyethylenterephthalat	2-Methyldioxalan Acetaldehyd 1,2-Ethandiol
Nylon	Polyamid 6.6	ε-Caprolactam



1) VDI 3405 Blatt 6.2
2) GefStoffV Anhang III Nr. 2: Partikelförmige Gefahrstoffe
3) VBG Info-Broschüre „Gib dem Staub keine Chance“

Abb. 12.19 Fließschema zur Auswahl von Schutzmaßnahmen bei der Verarbeitung kunststoffbasierter Werkstoffe mit additiver Fertigung

Auch bei den **metallbasierten** Werkstoffen ist die Gefährdung durch den pulverförmigen Werkstoff von dessen Zusammensetzung abhängig. Eine Auswahl eingesetzter metallischer Werkstoffe und deren Zusammensetzung finden Sie in Tabelle 10. Obwohl die Legierungen als eigene Stoffe eingestuft sind, soll im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung die Legierung wie ein Gemisch behandelt und die Gefährdungsbeurteilung nach den Bestandteilen der Legierung durchgeführt werden.

Tabelle 10 Liste ausgewählter Legierungen, die in der additiven Fertigung verwendet werden

Werkstoff-nummer	Legierung Hauptbestandteil	Bestandteile >10 Gew.%
3.2383	Al-Basis	Al ca. 90 Gew.% Si 9-11 Gew.%
3.7164	Ti-Basis	Ti ca 90 Gew.%
1.4404	Fe-Basis	Fe ca 72 Gew.% Cr 16,7 Gew.% Ni 10,7 Gew.%
1.4548		Fe ca. 80 Gew.% Cr 15-17,5 Gew.%
1.2709		Fe ca. 70 Gew.% Ni 17-19 Gew.% Co 8-10 Gew.%
2.4668	Ni-Basis	Ni 50-55 Gew.% Cr 17-21 Gew.% Fe ca. 30 Gew.%
2.4856		Ni ≥ 58 Gew.% Cr 20-23 Gew.% Mo 8-10 Gew.%

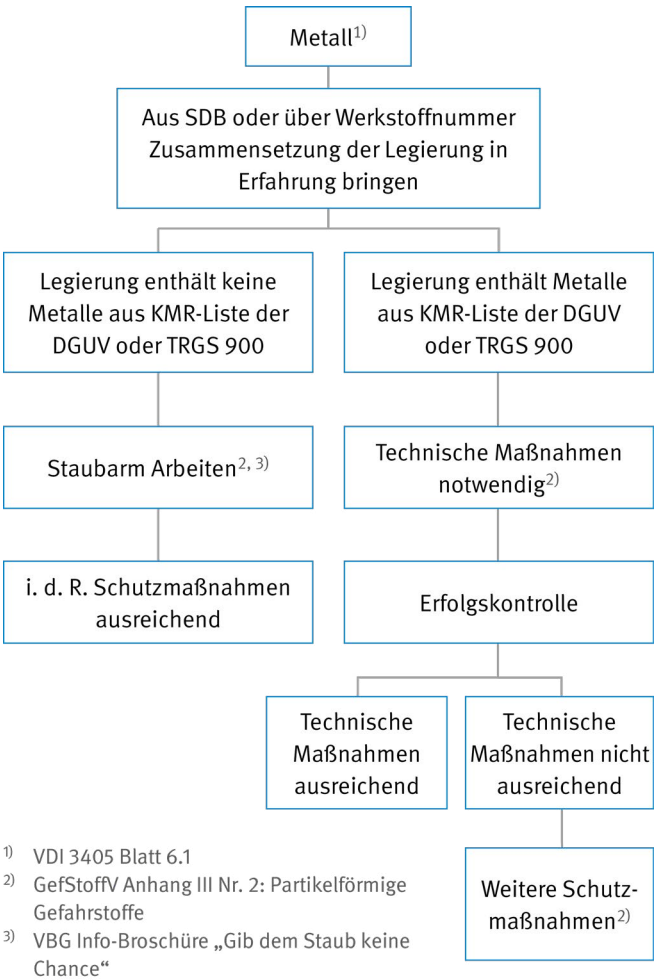
Für metallische Werkstoffe muss mit Hilfe des Sicherheitsdatenblatts oder über die Werkstoffnummer die Zusammensetzung der Legierung ermittelt werden. Die ermittelten Metalle müssen dann mit der TRGS 900, der TRGS 910 und der Liste der krebserzeugenden, keimzellmutagenen und reproduktionstoxischen Stoffe (KMR-Liste) der DGUV abgeglichen werden.

Nach dem STOP-Prinzip (siehe Abschnitt 7 „Rangfolge der Schutzmaßnahmen“) ist zunächst zu prüfen, ob Werkstoffe mit besonders hoher Gefährdung (zum Beispiel krebserzeugende Metalle) durch weniger gefährliche Werkstoffe ersetzt werden können.

Beinhaltet die Legierung Metalle, die einen spezifischen Beurteilungsmaßstab haben, sind in der Regel technische Maßnahmen notwendig, die auch auf Wirksamkeit überprüft werden müssen.

Auch wenn die Legierungen keinen spezifischen Beurteilungsmaßstab haben, muss nach der Info-Broschüre der VBG „Gib dem Staub keine Chance“ staubarm gearbeitet werden. Diese Maßnahmen sind dann in der Regel ausreichend.

Eine Übersicht über die Vorgehensweise zur Auswahl von Schutzmaßnahmen zeigt Abb. 12.20.



1) VDI 3405 Blatt 6.1
2) GefStoffV Anhang III Nr. 2: Partikelförmige Gefahrstoffe
3) VBG Info-Broschüre „Gib dem Staub keine Chance“

Abb. 12.20 Fließschema zur Auswahl von Schutzmaßnahmen bei der Verarbeitung metallischer Werkstoffe mit additiver Fertigung

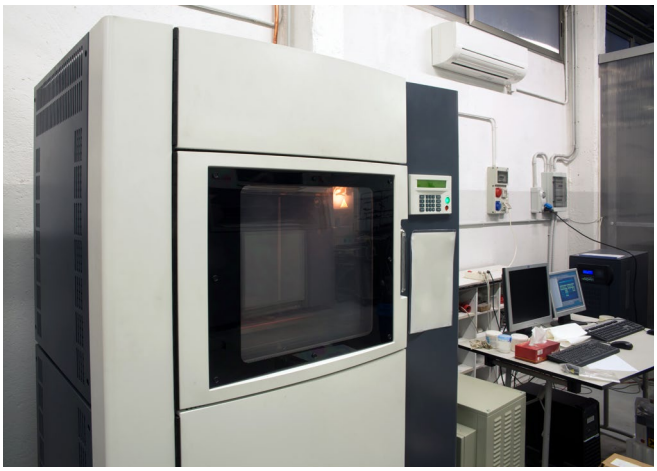


Abb. 12.21 Anlage für pulverbettbasierte Schmelzverfahren



Abb. 12.22 Mitarbeiterin arbeitet mit Metallpulvern in einer Handschuhbox

Anlagen der additiven Fertigung mit pulverbasierten Verfahren sind geschlossen und werden meistens unter Schutzgasatmosphäre (Stickstoff oder Argon) und in Umluft betrieben (Abb. 12.21). Wenn die Anlage bautechnisch nicht verändert ist, ist sie in der Regel so dicht, dass keine Exposition gegenüber Gefahrstoffen zu erwarten ist.

Bei den bisher durchgeführten betrieblichen Messungen an Anlagen, in denen chromhaltige Metallpulver verwendet wurden, konnten keine Chrom(VI)-Verbindungen in der Luft am Arbeitsplatz nachgewiesen werden. In Anlagen, in denen Metallpulver auf Basis legierter Stähle, Aluminium-, und Titan-Legierungen verarbeitet werden, werden die Beurteilungsmaßstäbe eingehalten. Ein Grund dafür ist, dass hier in der Regel gekapselt oder abgesaugt gearbeitet wurde, um die erforderliche Produktqualität mit der entsprechenden Materialreinheit zu erreichen.

!

Eine Ausnahme bei den Materialien stellen allerdings Legierungen auf Basis von Nickel dar. Der Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) für Nickel-Metall wird in der Regel bei allen Prozessschritten überschritten. Das gilt auch für den in der Regel unbedenklichen Bauprozess. Hier müssen bei allen Tätigkeiten mit der Anlage und besonders bei Kontaktmöglichkeiten mit dem Werkstoff entsprechende Schutzmaßnahmen getroffen werden.

Wenn mit metallischen Werkstoffen gearbeitet wird, die KMR-Stoffe enthalten, gelten die Maßnahmen entsprechend der TRGS 561 „Krebserzeugende Metalle“. Sobald Arbeiten mit offenen Pulvern durchgeführt werden, sollten sie in einer abgesaugten Handschuhbox erfolgen (Abb. 12.22). Dabei ist darauf zu achten, dass eine Luftrückführung nicht erlaubt ist. Nur wenn die Luft mit behördlich oder von den Trägern der gesetzlichen Unfallversicherung anerkannten Verfahren oder Geräten ausreichend von solchen Stoffen gereinigt wurde, darf die Luft in den Arbeitsbereich zurückgeführt werden.

Näheres zu den lufttechnischen Anforderungen enthält die DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung“.

Für Tätigkeiten mit pulverförmigen Werkstoffen **ohne KMR-Bestandteil** ist in der Regel ein abgesaugter Tisch ausreichend und Stand der Technik (Abb. 12.23).



Abb. 12.23
Abgesaugter Arbeitstisch für Tätigkeiten mit pulverförmigen Werkstoffen ohne KMR-Anteil

Weitere Hinweise zu Gefährdungen und Schutzmaßnahmen bei der Verarbeitung metall- und kunststoffbasierter Werkstoffe mit pulverbettbasierter additiver Fertigung siehe:

- *Info-Broschüre mit Hinweisen zum staubarmen Arbeiten der Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG) „Gib dem Staub keine Chance“ (www.vbg.de)*
- *VDI-Richtlinie 3405 Blatt 6.2 „Additive Fertigungsverfahren – Anwendersicherheit beim Betrieb der Fertigungsanlagen – Laser-Sintern von Kunststoffen“ (www.vdi.de/richtlinien).*
- *VDI-Richtlinie 3405 Blatt 6.1 „Additive Fertigungsverfahren – Anwendersicherheit beim Betrieb der Fertigungsanlagen – Laser-Strahlschmelzen von Metallpulvern“ (www.vdi.de/richtlinien).*
- *Arbeitsschutz kompakt „Sicherheit und Gesundheit beim Arbeiten mit 3D-Druckern“ der Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM, www.bgetem.de).*
- *Expositionsermittlung bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen bei additiven Fertigungsverfahren – Einsatz von Pulverbettverfahren, Bericht der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA, www.baua.de)*
- *Datenbank GESTIS-STAUB-EX, wichtige Brenn- und Explosionskenngrößen von über 7.000 Staubproben (www.dguv.de, Webcode: d6253).*

12.12.2 Gefährdungen und Schutzmaßnahmen bei Materialextrusions (MEX)-Verfahren

Im Modell- und Formenbau werden bei Materialextrusionsverfahren (MEX) in der Regel kunststoffbasierte Werkstoffe eingesetzt. Typische Beispiele sind Polylactid (PLA) oder Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer (ABS). Hierbei wird das Material gewöhnlich aufgeschmolzen und über eine bewegliche Düse schichtweise abgelegt.

Die entstehenden Gefährdungen sind vor allem von der Zusammensetzung des verwendeten Kunststoffs abhängig. Beim Schmelzvorgang können flüchtige organische Verbindungen und ultrafeine Partikel entstehen. Hinweise zu möglichen Zersetzungsprodukten liefert besonders das Sicherheitsdatenblatt des verwendeten Werkstoffs. Eine Übersicht über mögliche thermische Zersetzungsprodukte kunststoffbasierter Werkstoffe zeigt Tabelle 9.

Die entsprechenden Geräte müssen bestimmungsgemäß verwendet werden. Die maximale Verarbeitungstemperatur des Werkstoffs muss ermittelt werden (zum Beispiel aus dem technischen Datenblatt oder dem Sicherheitsdatenblatt) und darf während des Prozesses nicht überschritten werden.

Der Bauraum ist in der Regel beheizbar und während des Prozesses geschlossen. Daher kann man davon ausgehen, dass lediglich beim Öffnen der Anlage kurzzeitig Dämpfe in den Arbeitsbereich gelangen können. Werden dadurch Arbeitsplatzgrenzwerte überschritten, muss eine technische Abluftvorrichtung verwendet werden.

12.13 Stäube



Abb. 12.24 Staubentwicklung beim Fräsen einer Modelloberfläche

In Betrieben des Modell- und Formenbaus können vielerlei Stäube auftreten. Sie können zum Beispiel bei der Be- und Verarbeitung von festen Materialien entstehen, wie der Oberflächenbearbeitung, dem Lackzwischenschliff oder der Blockbearbeitung. Stäube können aber auch aus pulverförmigen Materialien freigesetzt werden, die bei innerbetrieblichen Prozessen als Ausgangsprodukte dienen (Beispiele: Anmischvorgänge, Abwerfen und Fördern von Pulvern).

Schutzmaßnahmen für Stäube, die nicht anderweitig reguliert sind, werden in der TRGS 500, Nr. 9 beschrieben.

Weitere allgemeine Hinweise zu Gefährdungen und Schutzmaßnahmen siehe VBG-Informationsbroschüre „Gib dem Staub keine Chance ! – 10 goldene Regeln zur Staubbekämpfung“

Von Stäuben können Brand- und Explosionsgefahren ausgehen. Als orientierende Grundlage zum sicheren Handhaben brennbarer Stäube und zum Projektieren von Schutzmaßnahmen gegen Staubexplosionen in stauberzeugenden und -verarbeitenden Anlagen sind in der Datenbank GESTIS-STAUB-EX wichtige Brenn- und Explosionskenngrößen von über 7.000 Staubproben aus nahezu allen Branchen zusammengestellt (www.dguv.de, Webcode: d6253).

12.13.1 Glas- und Kohlefaserstäube

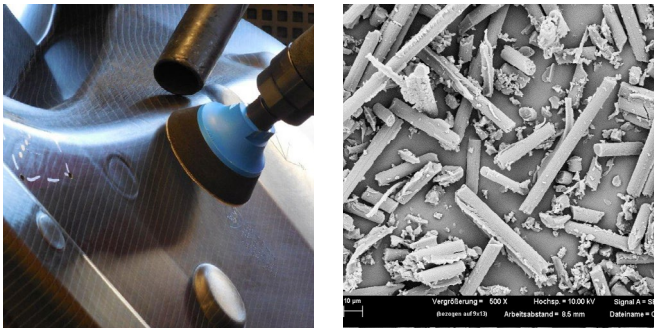


Abb. 12.25 Bearbeitung der Oberfläche eines Werkstücks aus kohlefaserverstärktem Kunststoff (CFK) (links), Visualisierung von CFK-Staub mit Rastertunnelelektronenmikroskop (rechts)

Als Faserstäube werden luftgetragene Partikel aus anorganischen oder organischen Stoffen bezeichnet, die eine längliche Geometrie besitzen. Sie können im Modell- und Formenbau typischerweise beim Zuschnitt von Fasermatten oder bei der Bearbeitung von ausgehärtetem glas- oder kohlefaserverstärktem Kunststoff (GFK bzw. CFK) entstehen. Die Menge und die Form der freigesetzten Fasern ist vom Bearbeitungsverfahren und von den prozess- und werkstoffspezifischen Eigenschaften abhängig.

Die Höhe der resultierenden Gesundheitsgefährdung beim Einatmen ist neben der Menge besonders von der Geometrie und der Biobeständigkeit (Biopersistenz) der Fasern abhängig. So gelten laut der Weltgesundheitsorganisation (WHO) diejenigen Fasern als kritisch, die einen Durchmesser < 3 µm, eine Länge > 5 µm und ein Länge-zu-Durchmesser-Verhältnis von > 3:1 haben. Solche Fasern können tief in die Lunge eindringen und sich dort dauerhaft einlagern, was, sofern sie biobeständig sind, zu Gesundheitsschäden wie zum Beispiel Lungenkrebs führen kann.

Beim Hautkontakt mit GFK und CFK-Fasern können allergische Kontaktekzeme sowie Hautreizungen und Juckreiz auftreten.

Bei der Bearbeitung von GFK und CFK entstehen neben den Faserstäuben auch Partikelstäube. Diese sind entsprechend den Vorgaben der TRGS 500, Nr. 9 zu handhaben.

Treten bei der Bearbeitung von GFK und CFK höhere Temperaturen auf, kann es zur Zersetzung des Harz-/Härtersystems kommen. Dabei können (je nach Zusammensetzung des Systems) weitere Gefahrstoffe freigesetzt werden.

Neben den oben bereits genannten Gesundheitsgefahren ist zu beachten, dass CFK-Stäube brennbar sind, wodurch unter Umständen in Mischung mit Luftsauerstoff ein explosionsfähiges Gemisch entstehen kann. CFK-Stäube können zudem elektrisch leitend sein, was zum Beispiel zu Kurzschlüssen in elektronischen Bauteilen führen kann.

Weitere Informationen zu Einstufungen, Bearbeitungsverfahren und den jeweils zu treffenden Schutzmaßnahmen finden Sie in:

- *Fachbereich Aktuell FB HM-074 „Bearbeitung von CFK Materialien – Orientierungshilfe für Schutzmaßnahmen“*
- *Fachbereich Aktuell FB HM-092 „Herstellung von CFK Bauteilen – Orientierungshilfe für die Gefährdungsbeurteilung bei der Serienfertigung“*
- *TRGS 905 „Verzeichnis krebserzeugender, keimzellmutagener oder reproduktionstoxischer Stoffe“, Abschnitt 2.3 „Anorganische Faserstäube (außer Asbest)“*

12.13.2 Holzstaub

Informationen zu Gesundheitsgefahren durch Holzstaub und Schutzmaßnahmen finden Sie in der TRGS 553 und in der DGUV Information 209-044 „Holzstaub“.

Informationen zu Brand- und Explosionsgefahren bei Tätigkeiten mit Holzstäuben enthält die DGUV Information 209-045 „Absauganlagen und Silos für Holzstaub und -späne“.

12.13.3 Künstliche Mineralfasern (KMF)

Künstliche Mineralfasern (KMF) werden in Form von Dichtschnüren bei Formen und Modellen verwendet, die mit Hitze beaufschlagt werden (zum Beispiel im Kokillenbau oder bei der Herstellung von Modellplatten). Beim Bau oder bei der Reparatur der Kokillen oder Modellplatten ist mit der Freisetzung von KMF-Stäuben zu rechnen. Durch Kontakt mit diesen Faserstäuben kann es zu Gesundheitsgefährdungen kommen.

Der Hautkontakt mit gröberen KMF kann zu Juckreiz, Entzündungen oder Verstärkung bereits bestehender Hautprobleme führen. Die Zusatzstoffe sowie Binde- und Schmälzmittel von Glas- und Steinwollefasern können Allergien hervorrufen. Der KMF-Staub kann zu Reizungen der Augen und der Atemwege führen. Bei hohen Staubkonzentrationen kann eine Beeinträchtigung der Funktion der Atmungsorgane eintreten.

- Die Faserstäube bestimmter Hochtemperaturwollen (Aluminium-Silikatwolle (ASW) und polykristalline Wolle (PCW)) gelten als krebserzeugend.
- Werden Erdalkalisilikatwollen (AES) oder Aluminiumsilikatwollen (ASW) thermisch stark beansprucht (über 900° C), entsteht silikogener Staub. Er kann bei langfristiger inhalativer Exposition schwere Atemwegserkrankungen (u. a. Lungenkrebs) verursachen.

Liegen keine Informationen über die eingebauten Mineralwolle-Produkte vor, ist grundsätzlich von einer Krebsgefahr auszugehen.

Schutzmaßnahmen
Die jeweils zu treffenden Schutzmaßnahmen hängen von der Art der KMF und der vorausgegangenen thermischen Belastung ab.

Schutzmaßnahmen für Tätigkeiten mit nicht als krebserzeugend eingestuften KMF siehe:
- *TRGS 500 „Schutzmaßnahmen“*
- *DGUV Information 213-031 „Tätigkeiten mit Mineralwolle-Dämmstoffen“*

Schutzmaßnahmen für Tätigkeiten mit als krebserzeugend eingestuften KMF (z. B. ASW, PCW) siehe:
- *TRGS 558 „Tätigkeiten mit Hochtemperaturwolle“*
- *DGUV Information 213-031 „Tätigkeiten mit Mineralwolle-Dämmstoffen“*

Schutzmaßnahmen gegen silikogenen Staub in Erdalkalisilikatwollen (AES) oder Aluminiumsilikatwollen (ASW), die thermisch stark beansprucht wurden siehe:
- *TRGS 559 „Quarzhaltiger Staub“*

12.13.4 Lackstäube

Beim Lackzwischenschliff ist mit dem Auftreten vergleichsweiser hoher Staubkonzentrationen zu rechnen. Bei Arbeiten größeren Umfangs und an Dauerschleifarbeitsplätzen sind deshalb technische Schutzmaßnahmen erforderlich, zum Beispiel abgesaugte Schleiftische.

Weitere Informationen zu Gefährdungen und Schutzmaßnahmen siehe DGUV Information 209-046 „Lackierräume und -einrichtungen für flüssige Beschichtungsstoffe“

12.13.5 Metallstaub

Beim Bearbeiten von Bauteilen und Vorrichtungen aus Metall (zum Beispiel Zerspanen, Schneiden, Schleifen und Polieren) werden metallhaltige Stäube freigesetzt. Dadurch kann es zu Gesundheitsgefährdungen und/oder zu Brand- und Explosionsgefährdungen kommen.

Aluminiumstaub
Aluminiumstäube entstehen bei der Bearbeitung von Aluminium (zum Beispiel durch Schleifen, Bürsten und Polieren). Auch bei Verfahren der additiven Fertigung (schmelzbasierte oder sinterbasierte Verfahren) können Aluminiumstäube über das eingesetzte Legierungspulver oder -granulat freigesetzt werden.

Aluminiumstäube sind brennbar und können im Gemisch mit Luft eine explosionsfähige Atmosphäre bilden. Die Entzündbarkeit des Staub/Luft-Gemischs und die Explosionswirkung sind unter anderem von der Korngröße, Feuchte und Zusammensetzung des Aluminiumstaubs abhängig.

Unter bestimmten Umständen (wenn z. B. im Abfall große Mengen frisch erzeugter feiner Aluminiumpartikel unter thermisch isolierenden Bedingungen gelagert werden) kann es durch die Reaktion mit der Umgebungsluft zur kontinuierlichen Wärmeentwicklung kommen. Das kann bis zur Selbstentzündung führen.

Bei Kontakt von Aluminiumstaub mit Wasser, zum Beispiel bei Nassbearbeitungsverfahren oder Staubabscheidung im Nassabscheider, kann Wasserstoffgas entstehen. Dieses Gas ist brennbar und kann im Gemisch mit Luft eine explosionsfähige Atmosphäre bilden.

Weitere Hinweise zu Brand- und Explosionsgefährdungen durch Aluminiumstäube sowie zu Schutzmaßnahmen finden Sie in der DGUV Regel 109-001 „Schleifen, Bürsten und Polieren von Aluminium“.

Magnesiumstaub

Gefährdungen und Schutzmaßnahmen zu Magnesiumstäuben siehe

- *DGUV Information 209-090 „Tätigkeiten mit Magnesium“*
- *Fachbereich Aktuell FBHM-051 „Trockenschleifen von Magnesium – Was ist zu beachten?“*

Edelstahlstaub

Die im Modell- und Formenbau typischerweise verwendeten Stähle haben einen Kohlenstoffgehalt von 0,2–0,6 %. Sie enthalten in der Regel Silizium, Schwefel und Phosphor sowie Chrom, Mangan, Molybdän und/oder Nickel. Die Metalle können elementar oder als Verbindungen enthalten sein.

Für alle zu bearbeitenden metallischen Werkstoffe muss die Zusammensetzung mit Hilfe des Sicherheitsdatenblatts und/oder der Werkstoffnummer ermittelt werden. Obwohl die Legierungen als eigene Stoffe eingestuft sind, sollte die Gefährdungsbeurteilung nach den Bestandteilen der Legierung durchgeführt werden.

Je nach Zusammensetzung der Werkstoffe können sich durch die entsprechenden Stäube unterschiedliche Gesundheitsgefährdungen ergeben. Die notwendigen Schutzmaßnahmen sind darauf spezifisch auszurichten.

Besonders beachtet werden müssen Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und ihren anorganischen Verbindungen (zum Beispiel Nickelverbindungen).

Weitere Informationen zu Grenzwerten, Gefährdungen und Schutzmaßnahmen siehe:

- *TRGS 500 „Schutzmaßnahmen“*
- *TRGS 561 „Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und ihren Verbindungen“*
- *TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“*
- *TRGS 910 „Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“*

12.13.6 Quarzstaub

Im Gießereimodellbau werden zu Wartungszwecken Formkästen und Modellplatten gereinigt. In Sandform-Gießereien wird bei der Reinigung anhaftender Formsand, der zu einem überwiegenden Anteil aus Quarzsand besteht, in Form von Staub freigesetzt.

Quarzstaub reizt die Augen und Atemwege. Das längere oder wiederholte Einatmen kann die Lunge schädigen. Tätigkeiten mit alveolengängigem Quarzstaub (A-Staub) gelten als krebserzeugend.

Weitere Informationen zu Gesundheitsgefahren und Schutzmaßnahmen siehe:

- *TRGS 559 „Quarzhaltiger Staub“*
- *DGUV Information 209-055 „Gefahrstoffe in Gießereien“*
- *DGUV Information 209-095 „Quarzhaltiger Staub in der Gießerei-Industrie – Branchenlösungen gemäß TRGS 559“*
- *NepSi „Leitfaden über bewährte Praktiken zum Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer durch gute Handhabung und Verwendung von kristallinem Siliziumdioxid und dieses enthaltender Produkte“, www.nepsi.eu*

13 Lüftung, Absaugung

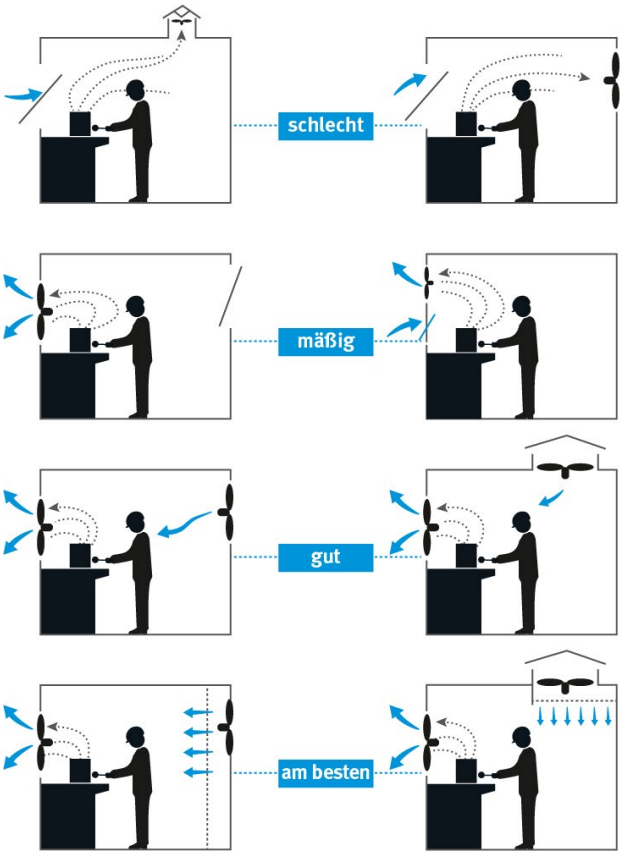
Luftfremde Stoffe dürfen in der Atemluft an Arbeitsplätzen nur in solchen Konzentrationen vorhanden sein, dass keine Gesundheitsgefährdung oder Brand- und Explosionsgefahr besteht. Außerdem soll eine Ausbreitung von Luftverunreinigungen auf andere Arbeitsbereiche vermieden werden.

Wenn zum Beispiel durch Arbeitsprozesse eine Freisetzung von Gefahrstoffen nicht zu vermeiden ist, werden zur Minimierung der Konzentration im Regelfall lufttechnische Maßnahmen eingesetzt. Dazu gehören:

- Erfassung der Emissionen (zum Beispiel Gase, Dämpfe oder Stäube) an der Entstehungs-/Austrittsstelle. Dabei ist zu beachten, dass manche Gase und viele Dämpfe (zum Beispiel von Lacken, Klebstoffen, Gießharzen, Löse- oder Reinigungsmitteln) schwerer als Luft sind und sich daher in Bodennähe sammeln.
- Raumlüftung
- Abscheidung der luftfremden Stoffe

Zur richtigen Auslegung und Installation von lufttechnischen Systemen ist fachspezifische Beratung empfehlenswert (zum Beispiel durch sachverständige Fachfirmen). Bei der Erfassung der Emissionen ist zum Beispiel ein möglichst hoher Erfassungsgrad bei gleichzeitig möglichst niedrigen Absaugvolumenströmen anzustreben. Durch eine möglichst effiziente Erfassung der Emissionen kann auch der technische Aufwand für Raumlüftungsmaßnahmen verringert werden. Eine sorgfältige Planung optimiert die Wirksamkeit und hat Auswirkungen auf die Investitions- und Betriebskosten.

Abgesaugte Luft muss durch Frischluft ersetzt werden. Sie sollte bevorzugt rückwärtig auf Arbeitshöhe zugeführt werden. Dadurch entsteht eine Luftströmung, in der sich die Beschäftigten vorwiegend aufhalten. Um das Auftreten unangenehmer Zugluft zu vermeiden, sollte die Luftgeschwindigkeit weniger als 0,15 m/s betragen. Das kann zum Beispiel durch eine Frischluftzufuhr über viele Öffnungen (Lamellen) realisiert werden.



Erklärung zu den unteren beiden Bildern:
Die gepunkteten Linien stellen Lamellen dar

Abb. 13.1 Gute und schlechte Beispiele für die Luftführung an Arbeitsplätzen mit Gefahrstoffexposition

Informationen zu lufttechnischen Maßnahmen finden Sie in den folgenden Schriften:

- *Technische Regel für Arbeitsstätten ASR 3.6 „Lüftung“*
- *DGUV Regel 109-001 „Schleifen, Bürsten und Polieren von Aluminium“*
- *DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“*
- *DGUV Information 209-044 „Holzstaub“*
- *DGUV Information 209-046 „Lackierräume und -einrichtungen für flüssige Beschichtungsstoffe“*
- *DGUV Information 209-077 „Schweißrauche – geeignete Lüftungsmaßnahmen“*
- *DGUV Information 209-078 „Absauganlagen einkaufen – aber richtig!“*
- *DGUV Information 209-200 „Absauganlagen“*
- *DGUV Information 215-540 „Klima in Industriehallen – Antworten auf die häufigsten Fragen“*

14 Lagerung von Gefahrstoffen

Gefahrstoffe müssen unter Beachtung der einschlägigen Vorschriften und technischen Regeln so gelagert werden, dass die menschliche Gesundheit und die Umwelt nicht gefährdet werden. Dabei sind die speziellen Regelungen von den jeweiligen Gefahren und von der gelagerten Menge abhängig.

Die Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern regelt die TRGS 510.

Unter Lagern versteht man gefahrstoffrechtlich das Aufheben zur späteren Verwendung sowie zur Abgabe an andere, einschließlich damit verbundener Tätigkeiten, wie Ein- und Auslagern, Transportieren innerhalb des Lagers und Beseitigung freigesetzter Gefahrstoffe.

Andere Tätigkeiten, wie das Umfüllen, die Entnahme von Proben oder die Reinigung von Behältern, gehören nicht zum Lagern im eigentlichen Sinne und sind in der Gefährdungsbeurteilung separat zu betrachten.

Keine Lagerung liegt vor, wenn die Stoffe und Materialien
- unmittelbar im Arbeits-/Produktionsprozess verwendet werden,
- in einer Menge bis maximal dem Tages-/Schichtbedarf bereitgehalten werden,
- kurzzeitig als Fertig- oder Zwischenprodukt abgestellt werden,
- zur Beförderung maximal 24 Stunden oder bis zum nächsten Werktag bereitgestellt werden.

14.1 Allgemeine Maßnahmen

Die folgenden allgemeinen Maßnahmen nach TRGS 510, Abschnitt 4 sind bei der Lagerung von Gefahrstoffen immer und unabhängig von der jeweiligen Menge zu beachten:
- In Arbeitsräumen sind Gefahrstoffe in besonderen Einrichtungen zu lagern (zum Beispiel in Sicherheitsschränken).
- Behälter müssen so beschaffen, geeignet und verschlossen sein, dass vom Inhalt nichts ungewollt nach außen gelangen kann.
- Gefahrstoffe sollten möglichst in Originalbehältern oder in der Originalverpackung gelagert werden.
- Aufgrund der Verwechslungsgefahr dürfen Gefahrstoffe niemals in Lebensmittelverpackungen (zum Beispiel Getränkeflaschen) gefüllt werden.
- Alle gelagerten Gefahrstoffe müssen eindeutig gekennzeichnet sein (siehe Abschnitt 3 „Kennzeichnung“).
- Nicht zulässig ist die Aufbewahrung oder Lagerung von Gefahrstoffen z. B. in Treppenräumen, Flucht- und Rettungswegen, Pausen- oder Bereitschaftsräumen.
- Flüssige und feste Gefahrstoffe müssen so gelagert werden, dass Freisetzungen erkannt, aufgefangen und umgehend beseitigt werden können. Dabei müssen die Rückhalteeinrichtungen mindestens den Inhalt des größten Gebindes aufnehmen können.
- Besonders kritische Gefahrstoffe, zum Beispiel akut toxische Gefahrstoffe oder krebserzeugende Gefahrstoffe der Kategorien 1A und 1B, sind unter Verschluss oder so aufzubewahren, dass nur fachkundige und zuverlässige Personen Zugang haben.

14.2 Lagerung kleiner Mengen außerhalb eines Lagers

Kleinmengen dürfen auch außerhalb von speziellen Gefahrstofflagern gelagert werden, wenn die Mengengrenzen in einem Lagerabschnitt eingehalten werden. Werden diese überschritten, sind spezielle Gefahrstofflager erforderlich. In vielen Fällen können auch Sicherheitsschränke mit einer Feuerwiderstandsfähigkeit von mindestens 90 Minuten eingesetzt werden, die als eigener Lagerabschnitt gelten.

Die detaillierten Mengengrenzen werden in der TRGS 510 in Abschnitt 1, Tabelle 1, Spalte 3 aufgeführt. Die Mengenangaben gelten pro Brandbekämpfungsabschnitt; insgesamt dürfen pro Abschnitt 1500 kg nicht überschritten werden.



Abb. 14.1 Mit Gefahrstoffbehältern gefüllter Sicherheitsschrank

! Beispiel

Es sind fünf 10 kg-Kanister mit entzündbaren Flüssigkeiten H225 aufzubewahren.

Mengenschwelle lt. TRGS 510, Tabelle 1, Spalte 3:
Summe H224 und H225: 20 kg

Tabelle 11 Auszug aus der TRGS 510: Mengenschwellen für die Lagerung von entzündbaren Flüssigkeiten

Spalte 1	Spalte 2	Spalte 3	Spalte 4	
Art des Gefahrstoffs	**Gefahrenhinweis nach CLP-Verordnung**	**Lagern im Lager** mit zusätzlichen Maßnahmen nach Abschnitt 5 und 13	**Zusätzliche/besondere Schutzmaßnahmen** nach Abschnitt 6 bis 12	
		Menge	Menge	Abschnitt
entzündbare Flüssigkeiten, Kat. 1, 2	H224, H225	H224 > 10 kg Σ H224/ H225 > 20 kg	> 200 kg	6, 7, 12

! Beispiel

Zwei Kanister (= 20 kg) können außerhalb des Lagers gelagert werden, die übrigen drei Kanister müssen in einem Lager gelagert werden.

14.3 Lagerung im Lager

Für die Lagerung von unterschiedlichen Gefahrstoffen sind neben den allgemeinen Maßnahmen (siehe Abschnitt 14.1 bzw. Abschnitt 4 der TRGS 510) die Maßnahmen des Abschnitts 5 „Zusätzliche Schutzmaßnahmen bei der Lagerung in Lagern“ und gegebenenfalls des Abschnitts 13 „Zusammenlagerung“ anzuwenden. Zusätzlich müssen mindestens ab einer Überschreitung der Mengenschwellen aus Tabelle 1, Spalte 4 alle Abschnitte beachtet werden, die für die verschiedenen Gefahren der Stoffe relevant sind. Das können die folgenden Abschnitte (aus der TRGS 510) sein:

6 Besondere Brandschutzmaßnahmen
7 Zusätzliche Maßnahmen für spezielle Gefahrstoffe
8 Lagerung akut toxischer Gefahrstoffe
9 Lagerung oxidierender Flüssigkeiten und Feststoffe
10 Lagerung von Gasen unter Druck
11 Lagerung von Druckgaskartuschen und Aerosolpackungen
12 Lagerung entzündbarer Flüssigkeiten
13 Zusammenlagerung, Getrenntlagerung und Separatlagerung

Sofern in mehreren Abschnitten Aussagen zu ähnlichen Themen gemacht werden, gelten immer die strengsten Anforderungen aus den zutreffenden Abschnitten.

Beispiel

Es sollen 300 kg einer entzündbaren Flüssigkeit H225 gelagert werden
Mengenschwelle nach Tabelle 1, Spalte 3: 20 kg
Mengenschwelle nach Tabelle 1, Spalte 4: 200 kg

⇢ Beachtet werden müssen folgende Abschnitte der TRGS 510:

Abschnitt 4 Allgemeine Maßnahmen, sind immer zu beachten
Abschnitt 5 Zusätzliche Schutzmaßnahmen, da H225 > 20 kg
Abschnitt 6 Besondere Brandschutzmaßnahmen, da H225 > 200 kg
Abschnitt 7 Zusätzliche Maßnahmen, da H225 > 200 kg
Abschnitt 12 Lagerung entzündbarer Flüssigkeiten, da H225 > 20 kg
Abschnitt 13 Zusammenlagerung, da Abschnitt 5 zutrifft und > 200 kg

14.4 Zusammenlagerung

Gefahrstoffe dürfen nicht zusammen gelagert werden, wenn sie in gefährlicher Weise miteinander reagieren können oder wenn eine Erhöhung der Brandgefährdung resultieren würde. Dieses Verbot gilt auch in Sicherheitsschränken.

Zusätzlich müssen besondere Zusammenlagerungsbeschränkungen eingehalten werden, wenn sich im Lager mehr als 200 kg Gefahrstoffe befinden und eine Lagerung dieser Gefahrstoffe in einem Gefahrstofflager erforderlich ist. Diese Zusammenlagerungsbeschränkungen werden in der TRGS 510 im Abschnitt 13 aufgeführt. Dafür ist die Kenntnis der Lagerklassen (LGK) der Gefahrstoffe erforderlich. Diese können den Sicherheitsdatenblättern oder Etiketten entnommen werden oder durch das Fließschema im Anhang 2 der TRGS 510 ermittelt werden.

Beispiel

In einem Lager werden 300 kg entzündbare Flüssigkeiten (mit H224, H225 oder H226) gelagert, Lagerklasse (LGK) 3.

Zusätzlich dürfen in diesem Lager zum Beispiel folgende Gefahrstoffe eingelagert werden:

- Aerosolpackungen (Spraydosen, LGK 2B, H222, H223 und/oder H229)
- Säuren und Laugen der LGK 8A oder 8B (z. B. H314)

In diesem Lager dürfen zum Beispiel folgende Gefahrstoffe **NICHT** dazu gelagert werden:

- Gase jeglicher Art und Menge (LGK 2A, H280, H281)
- Oxidierende Stoffe (LGK 5.1A oder 5.1B, H271 oder H272), z. B. Wasserstoffperoxid-Lösung > 8 %
- Organische Peroxide (LGK 5.2, H242), z. B. Dibenzoylperoxid, Cumylperoxid

Die genannten Gase und/oder Peroxide müssten daher separat in einem anderen Lagerabschnitt gelagert werden. Das kann zum Beispiel ein separater Sicherheitsschrank mit einer Feuerwiderstandsfähigkeit von mindestens 90 min sein.

(Die Aufstellung ist vereinfachend; wenn Gefahrstoffe mehrere H-Sätze haben, muss die Ableitung der Lagerklasse anhand des Anhangs 2 der TRGS 510 vorgenommen werden. Zusätzlich muss geprüft und sichergestellt werden, dass die zusammengelagerten Stoffe nicht miteinander gefährlich reagieren können).

Weitergehende Informationen:

- *TRGS 510 „Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern“*
- *DGUV Information 213-084 „Lagerung von Gefahrstoffen“ (Merkblatt M 062 der BG RCI),*
- *DGUV Information 213-085 „Lagerung von Gefahrstoffen – Antworten auf häufig gestellte Fragen“ (Merkblatt M 063 der BG RCI).*
- *Gefahrstoffinformationssystem Chemikalien der BG RCI und der BGHM (GISCHEM), www.gischem.de*

15 Persönliche Schutzausrüstungen (PSA)

Siehe auch DGUV Information 213-033, Abschnitt 1.6.5

Nach dem STOP-Prinzip (siehe Abschnitt 7 „Rangfolge der Schutzmaßnahmen“) sind zum Schutz der Beschäftigten zunächst die Möglichkeiten der Substitution von Gefahrstoffen und der Verfahrensänderung zu prüfen. Kann eine Gefährdung durch Substitution der Gefahrstoffe oder Verfahrensänderungen nicht ausgeschlossen oder ausreichend minimiert werden, müssen erst technische und dann organisatorische Schutzmaßnahmen getroffen werden. Wenn dadurch eine Gefährdung der Beschäftigten durch Gefahrstoffe nicht vermieden oder ausreichend reduziert werden kann, müssen zusätzlich persönliche Schutzausrüstungen (PSA) vom Betrieb zur Verfügung gestellt und von den Beschäftigten getragen werden. Die Beschäftigten müssen im Rahmen der Unterweisung im Umgang mit persönlicher Schutzausrüstung geschult werden.

Bei der Auswahl der PSA sollte besonderes Augenmerk auf die ergonomischen Eigenschaften und die individuelle Anpassung an die jeweils nutzende Person gelegt werden. Andernfalls ist mit einer Reduzierung der Trageakzeptanz zu rechnen.

15.1 Atemschutz

Das dauerhafte Tragen von Atemschutz ist in der Regel belastend und darf kein Ersatz für vorhergehende Maßnahmen nach dem STOP-Prinzip sein.

Beim **ausschließlichen** Auftreten von **Stäuben**, wie zum Beispiel Lack-, Kunststoff- oder Holzstaub, kann folgender Atemschutz geeignet sein:

- Partikelfiltrierende Halbmasken FFP2
- Halbmasken mit P2-Filter
- Filtergeräte mit Gebläse TM1P oder Geräte mit Gebläse und Helm oder Haube TH2P, wenn sie eine Warneinrichtung für den Ausfall des Gebläses besitzen



Abb. 15.1 Darstellung einer partikelfiltrierenden Halbmaske sowie von Voll- und Halbmasken mit Partikelfilter

Unter bestimmten Umständen sind Atemschutzfilter der höchsten Schutzklasse zu verwenden. Das kann zum Beispiel beim Staub eines krebserzeugenden Metalls der Fall sein, wenn eine Exposition oberhalb der Toleranzkonzentration (roter Bereich, siehe Abb. 4.1) vorliegt. In diesem Fall sind folgende Masken geeignet:

- partikelfiltrierende Halbmasken FFP3
- Halbmasken mit P3-Filter
- Filtergeräte mit Gebläse TM3P oder Geräte mit Gebläse und Helm oder Haube TH3P wenn sie eine Warneinrichtung für den Ausfall des Gebläses besitzen

Beim **ausschließlichen** Auftreten von **Lösemitteldämpfen** (Siedepunkt des Lösemittels: > 65 °C) ist folgender Atemschutz geeignet:

- Halbmasken mit A2-Filter
- Filtergeräte mit Gebläse TM2A oder Geräte mit Gebläse und Helm oder Haube TH2A, wenn sie eine Warneinrichtung für den Ausfall des Gebläses besitzen

Beim Auftreten von **Aerosolgemischen**, zum Beispiel Farbnebeln und Lösemitteldämpfen (Siedepunkt des Lösemittels: > 65 °C), sind Kombinationsfilter geeignet:

- Halbmasken mit Kombifilter A2P2
- Filtergeräte mit Gebläse TM2AP oder Geräte mit Gebläse und Helm oder Haube TH2AP, wenn sie eine Warneinrichtung für den Ausfall des Gebläses besitzen

Beim Auftreten des Dampfs **eines niedrigsiedenden Lösemittels** (Stoffe mit Siedepunkten < 65°C wie zum Beispiel Aceton) müssen Atemschutzfilter des Typs AX verwendet werden. Das kann zum Beispiel beim Reinigungsvorgängen mit Aceton notwendig sein.

Liegt dagegen ein Gemisch von Lösemitteldämpfen aus
- **zwei oder mehreren Niedrigsiedern** oder
- **einem Niedrigsieder und einem Lösemittel mit Siedepunkt > 65 °C** vor,

müssen umgebungsluftunabhängige Atemschutzgeräte benutzt werden.

Weitere Hinweise zur Auswahl geeigneter Atemschutzgeräte und -filter sind in der DGUV Regel 112-190 „Benutzung von Atemschutzgeräten“ enthalten.

Wenn die Atemschutzausrüstungen um weitere persönliche Schutzausrüstungen, zum Beispiel Augenschutz oder Kopfschutz, ergänzt werden müssen, müssen die persönlichen Schutzausrüstungen aufeinander abgestimmt werden. Halbmasken bieten in der Praxis häufig eine bessere Abdichtung an die Gesichtsform als die partikelfiltrierenden Halbmasken („FFP“); auch Brillenträger kommen meist besser damit zurecht.



Abb. 15.2 Mitarbeiter trägt Filtergerät am Rücken, über Schlauchverbindung sind Helm und Haube angeschlossen

Filtergeräte mit Helm und Haube zeichnen sich durch einen hohen Tragekomfort aus, da sie keinen Atemwiderstand haben. Sie sind besonders für Bartträger geeignet, da bei ihnen der Dichtsitz der Maske nicht mehr gewährleistet ist.

Atemschutzgeräte sind in einem hygienisch einwandfreien Zustand zu halten. Partikelfiltrierende Halbmasken („FFP“) ohne Maskenkörper aus Gummi oder Silikon können nicht gereinigt werden und sind daher spätestens nach einer Arbeitsschicht zu entsorgen. Höherwertige Atemschutzgeräte sind regelmäßig von einer fachkundigen Person zu warten (entsprechende Fristen sind in der DGUV Regel 112-190 „Benutzung von Atemschutzgeräten“ enthalten).

Die Lager- und Standzeiten von Atemschutzfiltern sind individuell und müssen immer auf den jeweiligen Anwendungsfall bezogen betrachtet und beachtet werden. Allgemein gültige Angaben zu Lager- und Standzeiten von Atemschutzfiltern können nicht getroffen werden. Die Tragezeiten für Atemschutzgeräte nach der DGUV Regel 112-190 „Benutzung von Atemschutzgeräten“ müssen eingehalten werden.

!

Treten während der Benutzung eines Atemschutzgeräts Geschmacks- oder Geruchswahrnehmungen auf (die zum Beispiel auf Lösemittel hindeuten), muss der Atemschutzfilter sofort ersetzt werden.

15.2 Schutzhandschuhe

Im Modell- und Formenbau kann die Haut durch den Kontakt mit Gefahrstoffen geschädigt werden, zum Beispiel mit Lacken oder Lösemitteln. Häufig sind Hauterkrankungen die Folge. Außerdem können Gefahrstoffe über die Haut in den Körper aufgenommen werden.

!

Haushaltshandschuhe oder Einmal-Latexhandschuhe sind für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen in der Regel nicht geeignet. Handschuhe aus saugfähigem Material (wie Baumwolle oder Leder) sind bei Tätigkeiten mit flüssigen oder pastösen Gefahrstoffen völlig ungeeignet.

Wenn bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen mit Hautkontakt zu rechnen ist, müssen Chemikalienschutzhandschuhe benutzt werden. Dabei muss das Handschuhmaterial den verwendeten Gefahrstoffen entsprechend ausgewählt werden.

Chemikalienschutzhandschuhe sind neben dem CE-Zeichen und einer vierstelligen Ziffer auch mit einem spezifischen Piktogramm gekennzeichnet:



Abb. 15.3
Piktogramm für Chemikalienschutzhandschuhe zeigt einen gefüllten Erlenmeyerkolben und Dämpfe

Da die Anzahl der kommerziell erhältlichen Chemikalienschutzhandschuhe sehr groß ist, ist die richtige Auswahl nicht einfach. Einen „Universalhandschuh“, der gegen alle Gefahrstoffe schützt, gibt es leider nicht.

Daher sollten in erster Linie die Empfehlungen der Hersteller/Lieferer eines Gefahrstoffs beachtet werden. Sie sind in den entsprechenden Sicherheitsdatenblättern aufgeführt (Abschnitt 8.2). Erfahrungsgemäß sind die dort enthaltenen Angaben manchmal leider nur bedingt nutzbar.

Informationen zur Auswahl geeigneter Schutzhandschuhe gibt es auch

- *im Abschnitt 12 „Branchentypische Gefahrstoffe“ dieser DGUV Information,*
- *in der DGUV Information 209-022 „Hautschutz an Holz- und Metallarbeitsplätzen“,*
- *in Stoff- und Handschuhdatenbanken (wie zum Beispiel GESTIS, GISCHEM, WINGIS),*
- *bei Handschuh-Herstellern und -Lieferern.*

Vor dem Tragen von Chemikalienschutzhandschuhen muss der ordnungsgemäße Zustand geprüft werden (optische Prüfung auf Löcher, Risse, Versprödung, Quellung oder Verhärtung). Weisen Chemikalienschutzhandschuhe die genannten Mängel auf, dürfen sie nicht weiterverwendet und müssen sofort ersetzt werden.

Chemikalienhandschuhe haben nur eine begrenzte Tragedauer. Sie muss unbedingt beachtet und eingehalten werden, weil sonst eine Schutzwirkung nicht mehr gewährleistet ist. Die Tragedauer eines Schutzhandschuhs „beginnt“ dabei mit dem ersten Kontakt zwischen Gefahrstoff und Handschuh.

Erfahrungsgemäß darf die Tragedauer 1/3 der Durchbruchszeit des Schutzhandschuhs nicht überschreiten[4]. Die Durchbruchszeit eines Chemikalienschutzhandschuhs kann zum Beispiel dem Sicherheitsdatenblatt des entsprechenden Gefahrstoffs entnommen werden (Abschnitt 8.2).

Beim Benutzen von flüssigkeitsdichten Schutzhandschuhen sind Baumwollunterziehhandschuhe empfehlenswert, da sie den Schweiß aufnehmen. Baumwollunterziehhandschuhe sollten regelmäßig gewechselt und gereinigt werden.

Können neben den Gefährdungen durch Gefahrstoffe auch noch andere Gefährdungen auftreten (z. B. Schnittverletzungen), muss das bei der Auswahl der Schutzhandschuhe berücksichtigt werden.

Bei Tätigkeiten an sich drehenden Maschinenteilen (zum Beispiel Ständerbohrmaschine) dürfen Handschuhe aufgrund der Einzugsgefahr nicht getragen werden!

[4] Die Durchbruchszeit eines Chemikalienschutzhandschuhs ist temperaturabhängig. In standardisierten Testverfahren wird die Durchbruchszeit in der Regel bei einer Temperatur von 23 °C ermittelt. Beim Benutzen von Schutzhandschuhen treten jedoch im Schutzhandschuh meistens höhere Temperaturen auf, so dass unter Praxisbedingungen von einer reduzierten Tragedauer (1/3 der Durchbruchszeit) ausgegangen werden muss.

In vielen Chemikalienschutzhandschuhen sind Bestandteile enthalten, die zu einer allergischen Reaktion der Haut führen können. Das ist häufig unumgänglich, da viele Chemikalienschutzhandschuhe ohne diese Bestandteile nicht hergestellt werden können. Liegt eine Sensibilisierung vor, muss der Kontakt zum betreffenden Handschuh vermieden und nach einer Alternative gesucht werden.

Weitere Informationen zu Chemikalienschutzhandschuhen sind in der DGUV Information 212-007 „Chemikalienschutzhandschuhe“ enthalten.

15.3 Hautmittel und Hautschutzplan

Die konsequente Anwendung von Hautmitteln umfasst:
- Schutz durch Hautschutzmittel
- Reinigung durch Hautreinigungsmittel
- Pflege durch Hautpflegemittel

Wichtig ist dabei die regelmäßige Anwendung, da Hautschutz nur so effektiv wirken kann!

15.3.1 Hautschutzmittel

Hautschutzmittel werden vor Arbeitsbeginn beziehungsweise nach Pausen auf die Hände (gegebenenfalls auch Unterarme) aufgetragen.

Hautschutzmittel haben die Aufgabe,
- einen schützenden Film auf der Haut zu bilden, ohne die natürlichen Hautfunktionen zu beeinträchtigen,
- die Hautreinigung nach Arbeitsende zu erleichtern.

Hautschutzmittel werden bei Kontakten mit schwach hautschädigenden Arbeitsstoffen eingesetzt. Sie bieten jedoch keinen Schutz bei Kontakt mit Gefahrstoffen, zum Beispiel organischen Lösemitteln

Schutzhandschuhe sind in ihrer Wirkung effektiver als Hautschutzmittel. Deshalb steht die Benutzung geeigneter Handschuhe an erster Stelle.

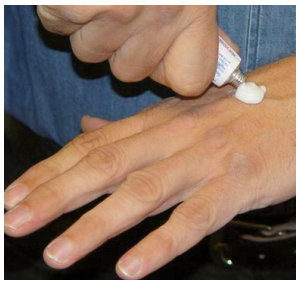
Das richtige Hautschutzmittel ist entsprechend den verwendeten Arbeitsstoffen auszuwählen:

Tabelle 12

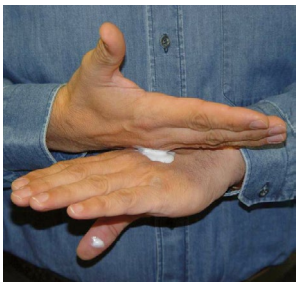
Arbeitsstoff	Hautschutzmittel
wasserlösliche Arbeitsstoffe, z. B. Wasserlacke, lösemittelfreie Reinigungsmittel	wasserunlösliche Hautschutzmittel (sog. Wasser-in-Öl-Emulsionen)
wasserunlösliche Arbeitsstoffe, z. B. lösemittelhaltige Lacke, Klebstoffe, Reinigungsmittel	wasserlösliche Hautschutzmittel (sog. Öl-in-Wasser-Emulsionen)

Ein Hautschutzmittel kann nur dann wirksam sein, wenn es regelmäßig und korrekt verwendet wird. Dazu gehört auch das richtige Auftragen auf die Haut (siehe Abbildung 15.4.).

Von der gleichzeitigen Anwendung von Hautschutzmitteln und Schutzhandschuhen wird nach dem aktuellen Kenntnisstand abgeraten, da dadurch die Schutzwirkung von Schutzhandschuhen beeinträchtigt werden kann. Zudem konnte bisher wissenschaftlich nicht belegt werden, dass sich die Anwendung von Hautschutzmitteln unter Schutzhandschuhen positiv auf den Hautzustand auswirkt.



1. Hände vor dem Auftrag reinigen und gut trocknen.
2. Hautschutzmittel in geeigneter Menge auf einen Handrücken auftragen.



3. Hautschutzmittel mit den Handrücken beider Hände möglichst gleichmäßig verteilen.



4. Hautschutzmittel mit den Fingerspitzen der einen Hand in den Fingerzwischenräumen der anderen Hand verreiben.



5. Hautschutzmittel mit den Fingerspitzen der einen Hand auf den Nagelfalzen und Fingerkuppen der anderen Hand verreiben.
6. Sofern über die Hände hinaus eine Gefährdung der Haut am Unterarm besteht, ist auch dort Hautschutzmittel aufzutragen.
7. Verbleibende Reste des Hautschutzmittels in den Handflächen verreiben.



8. Mit den Fingernägeln unter leichtem Druck über die Handinnenflächen kratzen, damit das Hautschutzmittel auch auf die Haut unter den Fingernägeln gelangt.

Abb. 15.4 Anleitung zum richtigen Auftragen von Hautschutzmitteln

15.3.2 Hautreinigungsmittel

Hautreinigungsmittel sollen vor allem vor Pausen und nach Arbeitsende zum Einsatz kommen. Die Reinigungswirkung wird erzielt durch

- waschaktive Substanzen,
- hautschonende Reibemittel (zum Beispiel Walnussschalenmehl oder feines Kunststoffgranulat). Es wird empfohlen, auf sandhaltige Produkte und auf Bürsten zu verzichten.

!

Verdünnungen und Lösemittel (zum Beispiel Nitro-/Universalverdünnungen oder Terpentinersatz) dürfen zur Hautreinigung auf keinen Fall verwendet werden.

15.3.3 Hautpflegemittel

Nach der Reinigung der Haut (zum Beispiel vor Pausen oder nach Arbeitsende) müssen Hautpflegemittel aufgetragen werden.

Geeignete Hautpflegemittel sind fett- und feuchtigkeitshaltig. Sie unterstützen die natürliche Regeneration der Haut.

Hautpflegemittel sollten nicht anstelle von Hautschutzmitteln während der Arbeit benutzt werden, da ihre pflegenden Bestandteile die hautschädigenden Wirkungen von Arbeitsstoffen verstärken können.

Weitergehende Informationen zur Auswahl, Bereitstellung und Benutzung von Hautmitteln siehe

- *DGUV Information 209-022 „Hautschutz an Holz- und Metallarbeitsplätzen“*
- *DGUV Information 212-017 „Auswahl, Bereitstellung und Benutzung von beruflichen Hautmitteln“*

15.3.4 Hautschutzplan

!

Nur durch die richtige Auswahl der Schutzhandschuhe sowie der geeigneten Mittel für Hautschutz, -reinigung und -pflege können Hauterkrankungen weitgehend verhindert werden.

Der Hautschutzplan ist zusammen mit der Betriebsanweisung ein wichtiger Bestandteil der regelmäßigen arbeitsplatzbezogenen Unterweisung. Er enthält alle wichtigen Informationen zum Schutz der Haut an einem spezifischen Arbeitsplatz beziehungsweise bei einer spezifischen Tätigkeit, zum Beispiel:

- Betriebsbereich
- Hautgefährdende Tätigkeit
- Benennung der Produkte zum Schutz der Haut (Schutzhandschuhe, Hautschutz-, Hautreinigungs- und Hautpflegemittel)
- Hinweise zur Anwendung, Aufbewahrung oder zum kombinierten Einsatz der Produkte
- Verantwortliche/Ansprechpersonen

Auskunft über geeignete Produkte können die Lieferer von Schutzhandschuhen, Hautschutz-, Hautreinigungs- und Hautpflegemitteln geben.

Vorlagen zur Erstellung von Hautschutzplänen finden Sie unter

- *www.dguv.de, Fachbereich Persönliche Schutzausrüstungen, Sachgebiet Hautschutz*

!

Bei auffälligen Hautveränderungen sollte sofort ärztlicher Rat eingeholt werden. In diesem Fall sollte die Ärztin oder der Arzt über die weitere Anwendung von Hautschutz entscheiden.

15.4 Augenschutz

Es muss geeigneter Augenschutz benutzt werden, wenn bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen die Augen gefährdet werden könnten (zum Beispiel durch Spritzer). Das gilt besonders bei Tätigkeiten mit ätzenden Arbeitsstoffen. Die Auswahl ist anhand der Gefährdungsbeurteilung vorzunehmen. Je nach Gefährdung haben sich Korbbrillen oder Gestellbrillen mit Seitenschutz (nach DIN EN 166) bewährt.



Abb. 15.5 Korbbrille und Gestellbrille mit Seitenschutz

Wenn neben dem Augenschutz auch Atemschutz benutzt werden muss, können Gesichtsschutzschirme oder sogar Vollmasken notwendig sein.

!

Gewöhnliche Alltagsbrillen (die Beschäftigte aufgrund ihrer Fehlsichtigkeit tragen) sind als Schutzbrillen ungeeignet, da sie üblicherweise nicht über die erforderlichen Schutzeigenschaften verfügen.

Müssen fehlsichtige Beschäftigte regelmäßig Schutzbrillen benutzen, wird empfohlen, dass der Arbeitgeber oder die Arbeitgeberin den jeweiligen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern individuell angepasste Korrektionsschutzbrillen (eine Kombination aus Schutzbrille und Korrektionsbrille) zur Verfügung stellen. Erfahrungsgemäß steigt dadurch die Trageakzeptanz deutlich.

Das Tragen von Überbrillen über der Alltagsbrille sollte nur erfolgen, wenn Tätigkeiten mit augengefährdenden Gefahrstoffen selten oder nur kurzzeitig durchgeführt werden.

16 Arbeitsmedizinische Vorsorge

Mit der Durchführung der arbeitsmedizinischen Vorsorge muss ein Arzt oder eine Ärztin beauftragt werden. Der Arzt oder die Ärztin muss berechtigt sein, die Gebietsbezeichnung „Arbeitsmedizin“ oder die Zusatzbezeichnung „Betriebsmedizin“ zu führen. Die arbeitsmedizinische Vorsorge trägt dazu bei, arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren, einschließlich Berufskrankheiten, frühzeitig zu erkennen und gesundheitliche Beeinträchtigungen zu vermeiden. Sie umfasst unter anderem

- die arbeitsmedizinische Beurteilung der arbeitsbedingten Gesundheitsgefährdungen,
- die Empfehlung von Schutzmaßnahmen,
- ein ärztliches Beratungsgespräch zur Aufklärung und Beratung von Beschäftigten und
- bei Zustimmung der oder des Beschäftigten die Durchführung von arbeitsmedizinischen Untersuchungen zur Früherkennung von Gesundheitsstörungen und Berufskrankheiten.

Je nach Randbedingungen ist die arbeitsmedizinische Vorsorge:

- **Pflichtvorsorge** (muss bei bestimmten besonders gefährdenden Tätigkeiten veranlasst werden)
- **Angebotsvorsorge** (muss bei bestimmten gefährdenden Tätigkeiten angeboten werden)
- **Wunschvorsorge** (muss bei Tätigkeiten, bei denen ein Gesundheitsschaden nicht ausgeschlossen werden kann, auf Wunsch des oder der Beschäftigten ermöglicht werden).

!

Pflicht- und Angebotsvorsorge müssen vor Aufnahme der Tätigkeiten und danach in regelmäßigen Abständen veranlasst beziehungsweise angeboten werden. Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber dürfen eine Tätigkeit nur ausüben lassen, wenn der oder die Beschäftigte an der Pflichtvorsorge teilgenommen hat.

Anlässe für arbeitsmedizinische Vorsorge können zum Beispiel Tätigkeiten mit folgenden branchentypischen Gefahrstoffen sein:

- Styrolhaltige Produkte
- Epoxidharze
- Isocyanate/PUR-haltige Produkte
- Produkte, die Lösemittel enthalten, wie Toluol, Xylol, Methanol, Ethanol, Hexan, Heptan
- Haut- oder atemwegssensibilisierende Stoffe
- Quarzsand
- Metallstäube (z. B. Nickel, Chrom,...)
- Holzstäube



Abb. 16
Mitarbeiter im Gespräch mit der Betriebsärztin

Unter bestimmten Umständen muss arbeitsmedizinische Vorsorge auch durchgeführt werden, wenn bei **Tätigkeiten** regelmäßig

- flüssigkeitsdichte Handschuhe oder
- Atemschutzgeräte

benutzt werden.

Ob die erforderlichen Voraussetzungen zur Durchführung arbeitsmedizinischer Vorsorge gegeben sind, sollte in Absprache mit der Betriebsärztin oder dem Betriebsarzt geklärt werden.

!

Unternehmen müssen eine Vorsorgekartei führen. Darin muss dokumentiert werden, dass eine arbeitsmedizinische Vorsorge stattgefunden hat. Auch Zeitpunkt und Anlass müssen angegeben werden.

Weitergehende Informationen zum Thema arbeitsmedizinische Vorsorge:

- *Kurz & Bündig KB 011-1: „Arbeitsmedizinische Vorsorge nach ArbMedVV Teil 1: Grundlagen und Hinweise zur Durchführung“*
- *Kurz & Bündig KB 011-2: „Arbeitsmedizinische Vorsorge nach ArbMedVV Teil 2: Ermittlung der Vorsorgeanlässe“*
- *Branchenverbände, z. B. der Bundesverband Modell- und Formenbau*
- *„DGUV Empfehlungen für arbeitsmedizinische Beratungen und Untersuchungen“ (Leitlinien zur Durchführung arbeitsmedizinischer Untersuchungen)*

17 Expositionsverzeichnis und zentrale Expositionsdatenbank

Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber müssen ein aktualisiertes Verzeichnis mit allen Beschäftigten führen, die gegenüber krebserzeugenden oder keimzellmutagenen Gefahrstoffen der Kategorien 1A und 1B exponiert sind, da diese Stoffe mit teilweise sehr langen Latenzzeiten zum Auftreten von Erkrankungen führen können. Das **Expositionsverzeichnis** beinhaltet neben Firmendaten und persönlichen Daten auch Angaben zu den verwendeten Stoffen, den jeweiligen Tätigkeitszeiträumen und der Expositionshöhe. Es wird empfohlen, auch weitere Informationen zu Branchen, Tätigkeiten sowie den technischen und persönlichen Schutzmaßnahmen zu dokumentieren. Das Verzeichnis muss nach Ende der Exposition noch weitere 40 Jahre aufbewahrt werden. Bei Beendigung von Beschäftigungsverhältnissen muss den Beschäftigten der sie betreffende Teil des Verzeichnisses ausgehändigt werden. Außerdem sind Beschäftigten die sie betreffenden Angaben auf Anfrage auszuhändigen.

Alternativ können Betriebe die Dokumentations-, Aufbewahrungs- und Aushändigungspflicht nach Einwilligung der betroffenen Beschäftigten auf den zuständigen gesetzlichen Unfallversicherungsträger übertragen. Die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) hat dafür im Auftrag aller Unfallversicherungsträger die **Zentrale Expositionsdatenbank** (ZED) online gestellt. Diese Datenbank erleichtert es Unternehmensverantwortlichen, ihrer Dokumentationspflicht nachzukommen. Sie bietet die Möglichkeit, Expositionsdaten personenbezogen langfristig sicher zu speichern und steht kostenfrei zur Verfügung.

Weitergehende Informationen zum Thema Expositionsverzeichnis und zentrale Expositionsdatenbank:

- *Kurz & Bündig KB 024-2 „Expositionsverzeichnis Beschäftigter bei gefährdenden Tätigkeiten mit krebserzeugenden und keimzellmutagenen Stoffen“*

18 Beschäftigungsbeschränkungen

Siehe auch DGUV Information 213-033, Abschnitt 1.8

Jugendliche

Tätigkeiten mit Gefahrstoffen sind mit Unfallgefahren verbunden, von denen anzunehmen ist, dass Jugendliche sie wegen mangelnden Sicherheitsbewusstseins oder mangelnder Erfahrung nicht erkennen oder nicht abwenden können.

Nach dem Jugendarbeitsschutzgesetz dürfen Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber Jugendliche mit Arbeiten, bei denen sie schädlichen Wirkungen von Gefahrstoffen im Sinne der Gefahrstoffverordnung ausgesetzt sind, nur dann beschäftigen, wenn:

- die Arbeiten mit diesen Stoffen zum Erreichen des Ausbildungsziels erforderlich sind,
- die Jugendlichen von einer fachkundigen Person beaufsichtigt werden,
- die Luftgrenzwerte unterschritten werden.

Im Modell- und Formenbau sind das **beispielsweise** Tätigkeiten mit:

- krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fortpflanzungsgefährdenden (KMR-) Stoffen (zum Beispiel styrolhaltigen Harzen)
- entzündbaren Flüssigkeiten oder Feststoffen (zum Beispiel lösemittelhaltigen Klebern)
- Stoffen mit Ätz- und Reizwirkung auf Haut, Augen oder Atemwege (zum Beispiel Nitroverdünnungen)
- Stoffen, die zur Sensibilisierung der Atemwege oder der Haut führen können (zum Beispiel isocyanathaltigen Härtern)
- Aerosolen (zum Beispiel Lackierarbeiten)
- vielen weiteren Stoffen (vollständige Auflistung siehe GefStoffV §3)

Werdende oder stillende Mütter

Das Mutterschutzgesetz gilt nicht nur für Beschäftigte, sondern auch für Schülerinnen und Studentinnen, die zum Beispiel ein Praktikum in einer Werkstatt durchführen.

Unter anderem definiert das Mutterschutzgesetz Tätigkeiten, bei denen schwangere und stillende Frauen unverantwortbaren Gefährdungen ausgesetzt sind. Als unverantwortbare Gefährdung gilt eine (mögliche) Exposition gegenüber Stoffen und Gemischen, die wie folgt eingestuft wurden:

- reproduktionstoxisch der Kategorie 1A, 1B oder 2 oder nach der Zusatzkategorie für Wirkungen auf oder über die Laktation (H360, H361, H362)
- keimzellmutagen der Kategorie 1A oder 1B (H340)
- krebserzeugend der Kategorie 1A oder 1B (H350, H350i)
- spezifisch zielorgantoxisch nach einmaliger Exposition der Kategorie 1 (H370)
- akut toxisch der Kategorie 1, 2 oder 3 (H300, H301, H310, H311, H330, H331)

Verboten sind außerdem Tätigkeiten mit Blei oder Bleiderivaten, die vom Körper aufgenommen werden können und Tätigkeiten mit Stoffen, die in der TRGS 900 mit der Bemerkung „Z“ versehen sind (Stoffe, die trotz Einhaltung eines AGW das Kind im Mutterleib möglicherweise schädigen können).

Eine unverantwortbare Exposition gegenüber Gefahrstoffen kann ausgeschlossen werden, wenn die arbeitsplatzbezogenen Vorgaben eingehalten werden und es sich bei den Gefahrstoffen um Stoffe handelt, die bei Einhaltung der arbeitsplatzbezogenen Vorgaben hinsichtlich einer Fruchtschädigung als sicher bewertet werden, zum Beispiel Gefahrstoffe, die mit der Zusatzbemerkung „Y“ in der TRGS 900 gekennzeichnet sind (Stoffe, bei denen ein Risiko der Fruchtschädigung bei Einhaltung des AGW und des BGW nicht befürchtet zu werden braucht).

Eine unverantwortbare Gefährdung kann ebenfalls ausgeschlossen werden bei Gefahrstoffen, die nicht in der Lage sind, die Plazentaschranke zu überwinden (zum Beispiel Holzstaub) oder bei denen der Eintritt einer Fruchtschädigung aus anderen Gründen ausgeschlossen ist.

Bei beiden Ausschlussmöglichkeiten muss zusätzlich gewährleistet sein, dass der jeweilige Gefahrstoff nicht als reproduktionstoxisch nach der Zusatzkategorie für Wirkungen auf oder über die Laktation (H 362 „Kann Säuglinge über die Muttermilch schädigen“) zu bewerten ist.

Weitergehende Informationen zum Thema Mutterschutz:

- *Merkblatt A027 der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI) „Mutterschutz im Betrieb“*
- *Merkblatt M 039 der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI) „Fruchtschädigende Stoffe – Informationen für Mitarbeiterinnen und betriebliche Führungskräfte“*

19 Erste Hilfe

Gefahrstoffspezifische Informationen zur Ersten Hilfe stehen in Abschnitt 4 des jeweiligen Sicherheitsdatenblatts.

Im Folgenden werden allgemeine Erste-Hilfe-Maßnahmen nach Kontakt mit Gefahrstoffen beschrieben. Für einen vollständigeren Überblick über Erste-Hilfe-Maßnahmen siehe zum Beispiel DGUV Information 204-007 „Handbuch zur Ersten Hilfe“.

Nach Augenkontakt:

- Das betroffene Auge sofort gründlich unter fließendem Wasser spülen (mindestens 10 Minuten lang). Dabei die Lider spreizen und das gesunde Auge schützen (wenn möglich, Helfende hinzuziehen).
- Das betroffene Auge mit einem keimfreien Verband bedecken. Zur Ruhigstellung beide Augen verbinden.
- Anschließend immer einen Augenarzt oder eine Augenärztin aufsuchen. Gegebenenfalls Notruf (112) absetzen.

!

Zum effektiven Spülen der Augen eignen sich besonders festinstallierte Augenspülbecken oder Hand-Augenduschen, die an das Trinkwassernetz angeschlossen sind, da beide Augen gleichzeitig mit viel Flüssigkeit über einen längeren Zeitraum gespült werden können (siehe Abb. 19.1 und 19.2).

Die Augenspülbecken und Hand-Augenduschen sollten mindestens einmal pro Monat betätigt werden, um die ordnungsgemäße Funktion zu prüfen. Ein regelmäßiges Durchspülen beugt zudem einer Verschmutzung oder Verkeimung vor.

An Orten ohne fließendes Wasser kann das Vorhalten von Augenspülflaschen mit Augenspüllösung sinnvoll sein (Abb. 19.3). Dabei ist jedoch zu beachten, dass in der Regel nur ein Auge gespült werden kann und dass mehrere Augenspülfaschen vorgehalten werden müssen, um effektiv und über einen längeren Zeitraum spülen zu können. Bei Augenspülflaschen muss das Haltbarkeitsdatum beachtet werden (siehe Aufdruck, Stempel oder Prägung). Bei Überschreitung des Haltbarkeitsdatums ist die Augenspülflasche zu ersetzen.

Nach Hautkontakt:

!

Nach Hautkontakt mit Gefahrstoffen sollten die nachfolgend beschriebenen Maßnahmen **sofort** erfolgen, auch wenn zunächst keine Beschwerden spürbar sind. Es ist zu beachten, dass die schädigende Wirkung von Gefahrstoffen teilweise erst mit zeitlicher Verzögerung einsetzen kann.



Abb. 19.1 Augenspülbecken

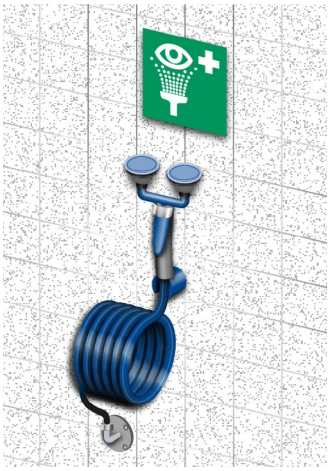


Abb. 19.2 Hand-Augendusche

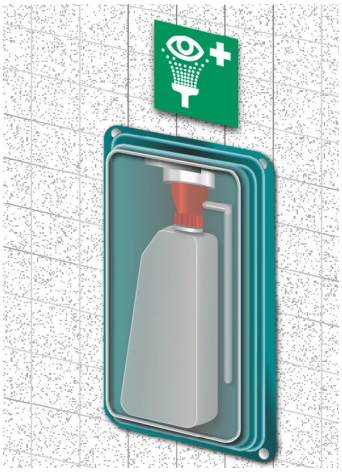


Abb. 19.3 Augenspülflasche

- Benetzte Kleidungsstücke (auch Unterwäsche und Schuhe) sofort entfernen. Dabei Eigenschutz beachten (zum Beispiel Chemikalienschutzhandschuhe tragen).
- Haut sofort mit viel Wasser und Seife oder mit geeignetem Hautreinigungsmittel reinigen.
- Gegebenenfalls Wunden keimfrei verbinden (zum Beispiel mit einem Verbandtuch aus dem Verbandkasten) und Ärztin oder Arzt aufsuchen. In schwerwiegenden Fällen Notruf (112) absetzen.

Nach Verschlucken:

- Sofort Mund kräftig mit Wasser ausspülen.
- Notruf absetzen (112).
- Giftnotrufzentrale anrufen (zum Beispiel 030-192 40). Situation beschreiben und die von der Giftnotrufzentrale empfohlenen Maßnahmen durchführen. Wenn vorhanden: UFI-Code[5] angeben.

!

Ohne Anweisung einer kompetenten Stelle wie etwa der Giftnotrufzentrale oder eines Arztes oder einer Ärztin sollte einer vergifteten Person nichts zu trinken gegeben werden.

Erbrechen sollte nur nach Anweisung einer kompetenten Stelle (Giftnotrufzentrale oder Arzt bzw. Ärztin) herbeigeführt werden!

Nach Einatmen:

- Gefahrenbereich verlassen, ggf. Beschäftigte(n) unter Beachtung des Eigenschutzes aus dem Gefahrenbereich bringen.
- Frischluft zuführen, Beschäftigte(n) ruhig lagern.
- Notruf absetzen (112).

!

Der behandelnde Arzt oder die behandelnde Ärztin muss über Art und Wirkung des schädigenden Arbeitsstoffs informiert werden. Dazu müssen der Patientin oder dem Patienten die entsprechenden Sicherheitsdatenblätter und Betriebsanweisungen mitgegeben werden.

[5] Der „Unique Formular Identifier (UFI)"-Code dient zur schnellen und eindeutigen Identifizierung der Zusammensetzung eines bestimmten Produkts. Mit diesem 16-stelligen Code müssen ab 2021 neue gefährliche Gemische gekennzeichnet werden, die an Verbraucherinnen und Verbraucher abgegeben werden. Der UFI-Code muss gut sichtbar auf dem Etikett aufgebracht werden (zum Beispiel in der Nähe der Gefahrenpiktogramme oder des Barcodes). Auch das Sicherheitsdatenblatt muss den UFI-Code enthalten. Der UFI-Code ist bei der Giftnotrufzentrale hinterlegt. So kann zum Beispiel im Falle eines Unfalls ein Gefahrstoff schnell und eindeutig identifiziert werden und zielgerichtete Hilfe veranlasst werden.

Literaturverzeichnis

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

Gesetze, Verordnungen, Technische Regeln

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

- ArbSchG
  Arbeitsschutzgesetz
- BetrSichV:2015-02
  Betriebssicherheitsverordnung
- ArbStättV:2016-12
  Arbeitsstättenverordnung
- ASR A3.6:2012-01
  Technische Regel für Arbeitsstätten „Lüftung“
- MuSchG
  Mutterschutzgesetz
- JArbSchG
  Jugendarbeitsschutzgesetz
- ChemG
  Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen
- GefStoffV:2017-03
  Gefahrstoffverordnung
- BImSchG
  Bundesimmissionsschutzgesetz
- KrWG
  Kreislaufwirtschaftsgesetz
- ArbMedVV
  Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge

- TRGS 201
  „Einstufung und Kennzeichnung bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“
- TRGS 400
  „Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“
- TRGS 401
  „Gefährdung durch Hautkontakt – Ermittlung – Beurteilung – Maßnahmen
- TRGS 402
  „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition“
- TRGS 406
  „Sensibilisierende Stoffe für Atemwege“
- TRGS 410
  „Expositionsverzeichnis bei Gefährdung gegenüber krebserzeugenden oder keimzellmutagenen Gefahrstoffen der Kategorien 1A oder 1B“
- TRGS 430
  „Isocyanate – Gefährdungsbeurteilung und Schutzmaßnahmen“
- TRGS 500
  „Schutzmaßnahmen“
- TRGS 510
  „Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern“
- TRGS 553
  „Holzstaub“
- TRGS 555
  „Betriebsanweisung und Information der Beschäftigten“
- TRGS 558
  „Tätigkeiten mit Hochtemperaturwolle“
- TRGS 559
  „Quarzhaltiger Staub“
- TRGS 560
  „Luftrückführung bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden und fruchtbarkeitsgefährdenden Stäuben“
- TRGS 561
  „Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und ihren Verbindungen“
- TRGS 600
  „Substitution“
- TRGS 611
  „Verwendungsbeschränkungen für wassermischbare bzw. wassergemischte Kühlschmierstoffe, bei deren Einsatz N-Nitrosamine auftreten können“
- TRGS 619
  „Substitution für Produkte aus Aluminiumsilikatwolle“
- Technische Regeln
  (Brand- und Explosionsschutz) der Reihe 700 und 800
- TRGS 900
  „Arbeitsplatzgrenzwerte“
- TRGS 905
  „Verzeichnis krebserzeugender, keimzellmutagener oder reproduktionstoxischer Stoffe“
- TRGS 906
  „Verzeichnis krebserzeugender Tätigkeiten oder Verfahren nach. § 3 Abs. 2 Nr. 3 GefStoffV“
- TRGS 907
  „Verzeichnis sensibilisierender Stoffe und von Tätigkeiten mit sensibilisierenden Stoffen“

- TRGS 910
  „Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“

DGUV Regelwerk für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit

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

Regeln

- DGUV Regel 109-001 „Schleifen, Bürsten und Polieren von Aluminium“
- DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung“
- DGUV Regel 109-003 „Tätigkeiten mit Kühlschmierstoffen“.
- DGUV Regel 109-013 „Spritzmaßnahmen für Lackierarbeiten – Lackaerosole“
- DGUV Regel 109-607 „Branche Metallbau“.
- DGUV Regel 112-190 „Benutzung von Atemschutzgeräten“
- DGUV Regel 113-001 „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)“
- „DGUV Empfehlungen für arbeitsmedizinische Beratungen und Untersuchungen“ (Leitlinien zur Durchführung arbeitsmedizinischer Untersuchungen)

Informationen

- DGUV Information 204-007 „Handbuch zur Ersten Hilfe“.
- DGUV Information 209-014 „Lackieren und Beschichten“
- DGUV Information 209-022 „Hautschutz an Holz- und Metallarbeitsplätzen“
- DGUV Information 209-033 „Faserverstärkte Polyesterharze – Handhabung und sicheres Arbeiten“
- DGUV Information 209-044 „Holzstaub“
- DGUV Information 209-045 „Absauganlagen und Silos für Holzstaub und -späne – Brand- und Explosionsschutz“
- DGUV Information 209-046 „Lackierräume und Einrichtungen für flüssige Beschichtungsstoffe – Bauliche Einrichtungen, Brand- und Explosionsschutz, Betrieb“
- DGUV Information 209-055 Gefahrstoffe in Gießereien
- DGUV Information 209-077 „Schweißrauche – geeignete Lüftungsmaßnahmen“
- DGUV Information 209-078 „Absauganlagen einkaufen – aber richtig!“
- DGUV Information 209-088 „Reinigen von Werkstücken mit Reinigungsflüssigkeiten“
- DGUV Information 209-090 „Tätigkeiten mit Magnesium“
- DGUV Information 209-095 „Quarzhaltiger Staub in der Gießerei-Industrie – Branchenlösungen gemäß TRGS 559“
- DGUV Information 209-200 „Absauganlagen“
- DGUV Information 212007 „Chemikalienschutzhandschuhe“
- DGUV Information 212-017 „Auswahl, Bereitstellung und Benutzung von beruflichen Hautmitteln“
- DGUV Information 213-031 „Tätigkeiten mit Mineralwolle-Dämmstoffen (Glaswolle, Steinwolle)“
- DGUV Information 213-033 „Gefahrstoffe in Werkstätten“
- DGUV Information 213-078 „Polyurethane/Isocyanate“.
- DGUV Information 213-079 „Tätigkeiten mit Gefahrstoffen – Informationen für Beschäftigte“
- DGUV Information 213-080 „Arbeitsschutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“ (Merkblatt M 053 der BG RCI)
- DGUV Information 213-084 „Lagerung von Gefahrstoffen“ (Merkblatt M 062 der BG RCI),
- DGUV Information 213-081 „Styrol – Polyesterharze und andere styrolhaltige Gemische“
- DGUV Information 213-084 „Lagerung von Gefahrstoffen“ (Merkblatt M 062 der BG RCI)
- DGUV Information 213-085 „Lagerung von Gefahrstoffen – Antworten auf häufig gestellte Fragen“ (Merkblatt M 063 der BG RCI)
- DGUV Information 213-106 „Explosionsschutzdokument“
- DGUV Information 213-116 „Tätigkeiten mit Epoxidharzen“
- DGUV Information 215-540 „Klima in Industriehallen – Antworten auf die häufigsten Fragen“

Fachbereich AKTUELL

- Fachbereich Aktuell FBHM-051 „Trockenschleifen von Magnesium – Was ist zu beachten?“

Europäische Richtlinien

- Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Agentur für chemische Stoffe, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission (REACH-Verordnung)
- Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (Text von Bedeutung für den EWR)
- Richtlinie 1999/92/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 1999 über Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können (Atex-RL)

Normen

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

- DIN EN 166:2002-04 „Persönlicher Augenschutz – Anforderungen“
- VDI-Richtlinie 3405 Blatt 6.1:2019-11 „Additive Fertigungsverfahren – Anwendersicherheit beim Betrieb der Fertigungsanlagen – Laser-Strahlschmelzen von Metallpulvern“ (www.vdi.de/richtlinien).
- VDI-Richtlinie 3405 Blatt 6.2:2021-04 „Additive Fertigungsverfahren – Anwendersicherheit beim Betrieb der Fertigungsanlagen – Laser-Sintern von Kunststoffen“ (www.vdi.de/richtlinien).

Weiteres

- Explosionsschutz-Portal der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI), www.bgrci.de/exinfode/start
- Datenbank GESTIS-STAUB-EX, wichtige Brenn- und Explosionskenngrößen von über 7.000 Staubproben (www. dguv.de, Webcode: d6253).
- Gefahrstoffinformationssystem Chemikalien der BG RCI und der BGHM (GISCHEM), www.gischem.de
- Info-Broschüre mit Hinweisen zum staubarmen Arbeiten der Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG) „Gib dem Staub keine Chance“ (www.vbg.de)
- Arbeitsschutz kompakt „Sicherheit und Gesundheit beim Arbeiten mit 3D-Druckern“ der Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM, www.bgetem.de).
- Expositionsermittlung bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen bei additiven Fertigungsverfahren – Einsatz von Pulverbettverfahren, Bericht der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA, www.baua.de)
- NepSi „Leitfaden über bewährte Praktiken zum Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer durch gute Handhabung und Verwendung von kristallinem Siliziumdioxid und dieses enthaltender Produkte“, www.nepsi.eu
- „Das GHS-Spaltenmodell 2020“ des Instituts für Arbeitsschutz (IFA) der Deutschen gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV)
- Kurz & Bündig KB 011-1: „Arbeitsmedizinische Vorsorge nach ArbMedVV Teil 1: Grundlagen und Hinweise zur Durchführung “
- Kurz & Bündig KB 011-2: Arbeitsmedizinische Vorsorge nach ArbMedVV Teil 2: Ermittlung der Vorsorgeanlässe“
- Kurz & Bündig KB 024-2 „Expositionsverzeichnis Beschäftigter bei gefährdenden Tätigkeiten mit krebserzeugenden und keimzellmutagenen Stoffen“
- Merkblatt A027 der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI) „Mutterschutz im Betrieb“
- Merkblatt M 039 der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI) „Fruchtschädigende Stoffe – Informationen für Mitarbeiterinnen und betriebliche Führungskräfte“
- Artikel „Erodiermaschinen – Beim Betreiben den Arbeitsschutz im Blick“, BGHM-Aktuell, Ausgabe 5/2021, www.bghm-aktuell.de

Notizen

Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de