

**790-015**

## **BGI/GUV-I 790-015**

Information

### **Verwendung von reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen bei der Verarbeitung von Holz, Papier und Leder**

Empfehlungen Gefährdungsermittlung der  
Unfallversicherungsträger (EGU) nach der  
Gefahrstoffverordnung

## **Impressum**

Herausgeber:  
Deutsche Gesetzliche  
Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Mittelstraße 51  
10117 Berlin  
Tel.: 030 288763800  
Fax: 030 288763808  
E-Mail: [info@dguv.de](mailto:info@dguv.de)  
Internet: [www.dguv.de](http://www.dguv.de)

Arbeitskreis Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger beim IFA

Layout & Gestaltung:  
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV), Bereich Medienproduktion

Ausgabe Januar 2012

BGI/GUV-I 790-015 zu beziehen bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger  
oder unter [www.dguv.de/publikationen](http://www.dguv.de/publikationen)

Information

# **Verwendung von reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen bei der Verarbeitung von Holz, Papier und Leder**

Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (EGU) nach der Gefahrstoffverordnung

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>Vorbemerkung</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	<b>6</b>
<b>2 Begriffsbestimmungen</b> .....	<b>7</b>
<b>3 Arbeitsverfahren/Tätigkeiten</b> .....	<b>8</b>
3.1 Allgemeines .....	8
3.2 Druckweiterverarbeitung .....	8
3.3 Holz- und Holzwerkstoffbeschichtung .....	8
3.4 Schuhherstellung .....	9
3.5 Herstellung von Fahrzeuginnenausstattungen, Polstermöbeln und weitere Verfahren .....	9
3.6 Abfüllung von reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen .....	9
<b>4 Gefahrstoffexposition</b> .....	<b>10</b>
4.1 Gefahrstoffe .....	10
4.2 Bewertung der Gefahrstoffexposition .....	12
<b>5 Schutzmaßnahmen</b> .....	<b>13</b>
5.1 Gefährdungsbeurteilung: Schutzmaßnahmenkonzept .....	13
5.2 Mindestmaßnahmen für alle Auftragverfahren .....	13
5.3 Emissionsarme Auftragverfahren .....	14
5.4 Weitere Schutzmaßnahmen bei Standardauftragverfahren .....	15
5.5 Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen .....	15
5.6 Musterbetriebsanweisungen .....	15
<b>6 Anwendungshinweise</b> .....	<b>16</b>
<b>7 Überprüfung</b> .....	<b>16</b>
<b>Anhang 1</b> REACH-Expositionsbeschreibungen: Messungen und Befunde .....	<b>17</b>
<b>Anhang 2</b> Checklisten zur Gefährdungsbeurteilung .....	<b>21</b>
<b>Anhang 3</b> Muster-Betriebsanweisungen .....	<b>23</b>
<b>Anhang 4</b> Weiterführende Literatur .....	<b>25</b>

# Vorbemerkung

Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (EGU) nach der Gefahrstoffverordnung werden von

- den Trägern der gesetzlichen Unfallversicherung und
- dem Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)

in Abstimmung mit den Ländern und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) herausgegeben. Sie haben das Ziel, den Unternehmen eine Hilfe für den auf Tätigkeiten mit Gefahrstoffen bezogenen Teil der Gefährdungsbeurteilung zu geben und werden als Information in das Sammelwerk der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) unter der Bestellnummer BGI/GUV-I 790-001 ff. aufgenommen.

Diese EGU wurden erarbeitet in Zusammenarbeit zwischen

- Bundesverband Holz und Kunststoff, Berlin,
- Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Bremen,
- Henkel AG & Co. KGaA, Düsseldorf,
- Planatol Adhesive GmbH, Rohrdorf,
- Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht, Mainz,
- Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie, Heidelberg,
- Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medien-erzeugnisse, Köln,
- Berufsgenossenschaft Holz und Metall, Mainz,
- Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin,
- Institut für Prävention und Arbeitsmedizin der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IPA), Bochum.

# 1 Anwendungsbereich

Diese EGU beziehen sich auf den Einsatz von reaktiven Polyurethan (PUR)-Schmelzklebstoffen auf der Basis von Diphenylmethandiisocyanat (MDI) mit einem maximalen Anteil von 4 % Monomeren und dessen Prepolymeren in den Arbeitsbereichen:

- Druckweiterverarbeitung,
- Holz- und Holzwerkstoffbeschichtung,
- Schuhherstellung,
- Herstellung von Fahrzeuginnenausstattungen, Polstermöbeln und weitere Verfahren

sowie

- Abfüllung von reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen.

Die EGU beschreiben technische, organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen, die den Stand der Technik definieren. Die Einhaltung dieser Schutzmaßnahmen legt eine sichere Arbeitsweise unter Verzicht auf Messungen fest und gilt als Empfehlung zur Erfüllung der Gefährdungsermittlung nach der Gefahrstoffverordnung.

Hinsichtlich der inhalativen Exposition liegt nach TRGS 430 „Isocyanate – Gefährdungsbeurteilung und Schutzmaßnahmen“ bei Tätigkeiten mit reaktiven, heißen PUR-Schmelzklebstoffen auf der Basis von MDI eine mittlere Gefährdung vor. Da bei Tätigkeiten mit diesen reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen keine Exposition gegenüber anderen Isocyanaten besteht, genügt die Messung des monomeren MDI. In solchen „Monomer-dominierten Systemen“ können die Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) direkt zur Beurteilung der Gesamtexposition herangezogen werden.

Bei Anwendung der Schutzmaßnahmen entsprechend diesen Empfehlungen wird eine inhalative Belastung der Beschäftigten von 0,05 mg/m<sup>3</sup> als Summenindex im Schichtmittel und als Spitzenexposition unterschritten. Tätigkeiten mit emissionsarmen PUR-Schmelzklebstoffen führen zu einer geringen Gefährdung. Für Niedrigtemperatur-Klebstoffe sind derzeit noch nicht ausreichend Messdaten vorhanden, um eine abschließende Expositionsbewertung vornehmen zu können.

Die Exposition der Haut gegenüber MDI ist bei der Handhabung und der mechanischen Bearbeitung von weitgehend ausreagierten PUR-Produkten als gering anzusehen. Eine mittlere bis hohe Gefährdung der Haut durch MDI ist gegeben bei Hautkontakt mit noch nicht ausreagierten reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen. Eine dermale Exposition ist jedoch bei Einhaltung der Schutzmaßnahmen nach dieser EGU nicht gegeben.

Diese EGU finden keine Anwendung für Tätigkeiten mit

- reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen mit mehr als 4 % monomeren MDI,
  - reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen mit anderen Isocyanaten als MDI,
  - Schmelzklebstoffen auf der Basis von Ethylvinylacetat-Copolymeren (EVA), Polyester und Polyamid,
  - wässrigen oder lösemittelhaltigen Einkomponenten(1K)- oder Zweikomponenten(2K)-PUR-Klebstoffen,
  - strahlungshärtenden PUR-Acrylat-Mischschmelzklebstoffen
- sowie
- anderen Gefahrstoffen wie z. B. Lösemitteln zur Reinigung von Anlagen.

## 2 Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieser EGU werden folgende Begriffe bestimmt:

- **Reaktive PUR-Schmelzklebstoffe (PUR-Hotmelts)**  
Reaktive PUR-Schmelzklebstoffe (PUR-Hotmelts) sind einkomponentige Klebstoffe auf der Basis von Diphenylmethandiisocyanat und dessen Prepolymeren, die im Temperaturbereich von 80 bis 170 °C (in der Regel maximal 150 °C zu einem Polyurethan-Klebstofffilm (PUR, PU) verarbeitet werden. Die Klebewirkung tritt unmittelbar bei der Abkühlung durch Erstarren sowie über einen Zeitraum von ca. 6 bis 72 h durch chemische Reaktion der Isocyanatgruppen ein.
- **Isocyanate**  
Isocyanate sind hochreaktive organische Verbindungen mit unterschiedlicher Grundstruktur, die als gemeinsames Merkmal die Isocyanatgruppe (-N=C=O) aufweisen. Isocyanate sind Reaktionspartner für Alkohole, Wasser, Amine oder für Polyole. In reaktiven Schmelzklebstoffen wird in der Regel nur MDI angetroffen.
- **Monomeres MDI (Diphenylmethandiisocyanat)**  
Monomeres MDI (Diphenylmethandiisocyanat) ist ein Stoff mit zwei hochreaktiven, endständigen NCO-Gruppen, die unterschiedlich angeordnet sein können. In reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen werden überwiegend 2,4'-MDI und/oder 4,4'-MDI mit einem summarischen Gehalt von maximal 4 % eingesetzt.
- **Polymeres MDI**  
Polymeres MDI sind höhermolekulare di- und trimere Addukte und Homologe des monomeren MDI. Polymeres MDI ist nicht identisch mit der Herstellerbezeichnung Polymer-MDI für Roh-MDI, da dieses noch monomeres MDI enthält.
- **Polyurethan-Prepolymere des MDI**  
Polyurethan-Prepolymere des MDI sind Reaktionsprodukte von monomerem und/oder polymerem MDI mit Polyolen. Sie sind der Hauptbestandteil der reaktiven PUR-Hotmelts.
- **PUR-Vorschmelzgeräte (Schmelzbehälter)**  
PUR-Vorschmelzgeräte (Schmelzbehälter) sind Heizgeräte in geschlossener, bevorzugt gasdichter Bauart, in denen der reaktive PUR-Schmelzklebstoff in Fässern (Fass-Schmelzanlage) oder in Beuteln (Beutelschmelzer) für die Verarbeitung verflüssigt wird. Nicht geeignet für die PUR-Schmelzklebstoff-Verflüssigung sind Tank-Vorschmelzgeräte. Vorschmelzgeräte können separate Anlagen sein oder als Bestandteil in die Auftraganlage integriert sein.
- **Schmelzklebstoff-Auftraganlage**  
Eine Schmelzklebstoff-Auftraganlage ist eine komplexe Einrichtung zum Auftrag von Schmelzklebstoffen auf zu fügende Teile. Dies sind z. B. Beschichtungsanlagen, Anleimmaschinen, Kantenanleimmaschinen oder Klebebindemaschinen.
- **PUR-Schmelzklebstoff-Auftragsystem**  
Das PUR-Schmelzklebstoff-Auftragsystem ist Bestandteil von Schmelzklebstoff-Auftraganlagen zum Auftragen des heißen reaktiven PUR-Schmelzklebstoffs auf die zu fügenden Teile. Der Schmelzklebstoff kann über Walzen aus einem offenen oder abgedeckten Vorratsbecken oder über Schlitzdüsen als Klebstofffilm aufgetragen werden.

# 3 Arbeitsverfahren/Tätigkeiten

## 3.1 Allgemeines

Reaktive PUR-Schmelzklebstoffe werden bei den genannten Arbeitsverfahren im Vorschmelzgerät verflüssigt und in einer Auftraganlage appliziert. Anschließend werden die Teile gefügt und nachbearbeitet.

Der reaktive PUR-Schmelzklebstoff wird als Kerze in einem Foliensack oder einer Kartusche geliefert. Das PUR-Vorschmelzgerät wird mit dem Klebstoff beschickt und schmilzt den Klebstoff vor. Der reaktive PUR-Schmelzklebstoff wird mittels Druck oder Pumpe über beheizte Leitungen in das Auftragsystem befördert und dort heiß appliziert. Nach der Applikation erfolgt das Fügen und Pressen. Beim Abkühlen härtet der PUR-Schmelzklebstoff physikalisch aus. Die Nachbearbeitung besteht zum Beispiel im Beschneiden der gefügten Teile. Das Produkt kann manuell oder maschinell abgenommen oder weiterverarbeitet werden.

Nebenarbeiten bestehen in Rüsten und Störungsbeseitigungen am Vorschmelzgerät und am Auftragsystem sowie im Aufheizen, Aufbewahren, Abkühlen und Reinigen des Auftragsystems innerhalb oder außerhalb der Auftraganlage.

Stand der Technik ist bei allen Tätigkeiten mit heißem PUR-Schmelzklebstoff die Vermeidung der Entstehung gefährlicher MDI-Emissionen (z. B. durch Begrenzung der Temperatur), ein geschlossenes System oder eine gerichtete Quellabsaugung.

## 3.2 Druckweiterverarbeitung

In der Druckweiterverarbeitung werden Taschenbücher, Broschüren sowie Kataloge durch die Verklebung von Papierblock und Umschlag mit reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen in einer Klebebindemaschine hergestellt. Klebebindemaschinen sind im Produktionszustand geschlossene Anlagen. Stand der Technik ist beim Vorschmelzen ein Temperaturbereich von 80 bis 120 °C und bei der Applikation im Walzen- oder Schlitzdüsenauftrag ein Temperaturbereich von 90 bis 150 °C.

Während der Produktion auftretende Isocyanatemissionen werden abgesaugt und abgeführt. Zu kurzzeitig erhöhten Isocyanatemissionen kann es beim Beschicken des Vorschmelzgerätes mit Klebstoff, bei Störungsbeseitigung an der geöffneten Klebebindemaschine, beim Herausfahren des heißen Walzenbeckens und dessen Aufbewahren außerhalb der Klebebindemaschine

sowie beim Entleeren oder bei der Heißreinigung des Walzenbeckens kommen.

Bei der Verarbeitung besteht kein Hautkontakt zu dem heißen reaktiven PUR-Schmelzklebstoff. Hautkontakt mit dem kalten reaktiven PUR-Schmelzklebstoff ist möglich beim Auspacken des Klebstoffs, beim Beschicken des Vorschmelzgerätes, bei der Kaltreinigung des Auftragsystems sowie bei der Abnahme frisch verklebter Druckprodukte.

## 3.3 Holz- und Holzwerkstoffbeschichtung

Reaktive PUR-Schmelzklebstoffe werden im Bereich der Holz- und Holzwerkstoffbeschichtung für Kantenverklebungen (Badmöbel- und Küchenhersteller) sowie für Flächenverklebungen (Kaschieren, Wohnmobilhersteller, Hersteller von Spezialtüren) eingesetzt.

Bei der Kantenverklebung werden Kanten aller Art, z. B. Holz, Kunststoff, Folie, in einer Kantenverklebemaschine wasserfest mit dem Holzstück verleimt. Hierzu wird der reaktive PUR-Schmelzklebstoff als Block in den Schmelzbehälter eingefüllt, aufgeheizt und über eine Leimwalze als dünner Film an die anzuklebende Kante aufgebracht. Mittels Andrückrollen werden Werkstück und beklebte Kante miteinander verbunden. Anschließend wird das fertig verklebte Werkstück zur Weiterverarbeitung bereitgestellt.

Bei der Kaschierung handelt es sich um das großflächige Verkleben von Holzteilen mit reaktivem PUR-Schmelzklebstoff. Der in einem Fass befindliche reaktive PUR-Schmelzklebstoff wird mittels eines beheizten, an den Fassdurchmesser angepassten Stempels oberflächlich aufgeschmolzen und mit einer Pumpe über ein Rohrleitungssystem zu den Auftragstationen (Auftragwalzen) transportiert. Die zu beschichtenden Werkstücke werden über ein Transportsystem (Aufgabebereich) zugeführt und über Auftragwalzen mit einem dünnen Klebstofffilm versehen. Anschließend wird die aufzuklebende Schicht aufgebracht und nachfolgend in Pressen mit dem Werkstück unter Druck verbunden. In einer Nachbearbeitungsstufe wird das verklebte Werkstück gegebenenfalls noch mechanisch bearbeitet.

Während der Produktion auftretende Isocyanatemissionen werden abgesaugt. Zu kurzfristig erhöhten Isocyanatemissionen kann es beim Öffnen des Vorschmelzgerätes zum Nachfüllen des PUR-Schmelzklebstoffs und bei Störungsbeseitigungen kommen.



Im Regelfall findet kein direkter Hautkontakt statt. Gelegentlicher Hautkontakt mit reaktivem PUR-Schmelzklebstoff ist insbesondere möglich beim Beschicken des Vorschmelzgerätes, bei Störungsbeseitigungen sowie gegebenenfalls bei der Abnahme der frisch verklebten Werkstücke.

### 3.4 Schuhherstellung

In der Schuhindustrie werden zum Beispiel Bergschuhe mit Membranen abgedichtet. Der Materialübergang zwischen Membran und Brandsohle wird mit reaktivem PUR-Schmelzklebstoff gefügt und der Schuh so gegen eindringendes Wasser abgedichtet. Teilweise werden dabei auch die zwischen dem umlaufenden Zwickeinschlag bestehenden Hohlräume im Schuhboden ausgefüllt.

Der Klebstoff wird im geschlossenen System bei 150 °C aufgeschmolzen, über flexible beheizte Leitungen gepumpt und mit handgeführter Einrichtung als Strang oder Band bei 170 °C aufgetragen. Anschließend wird ein Formteil (Folie oder Filz) von Hand aufgelegt, die Fläche damit abgedeckt und der Schuh gegebenenfalls gepresst.

Der Auftragbereich des Schuhbodens wird abgesaugt. Kurze Spitzenexpositionen entstehen nur beim Nachfüllen der Kerzen im Schmelztank.

Hautkontakt kann beim Nachfüllen des Klebstoffes (Aufschneiden der Folienverpackung und Einführen in den Tank) bestehen und wenn Verunreinigungen am Arbeitsplatz durch ungenügendes Abstreichen der Auftragsdüse entstehen.

### 3.5 Herstellung von Fahrzeuginnenausstattungen, Polstermöbeln und weitere Verfahren

Reaktive PUR-Schmelzklebstoffe werden im Bereich der Lederindustrie für technische Verklebungen eingesetzt:

- Herstellung von Fahrzeuginnenausstattungen, z. B. Armaturenbrettern und Türverkleidungen,
- Kantenanleimmaschinen in der Polstermöbelindustrie,
- Verklebungen bei der Fertigung von Sitzmöbeln und Matratzen,
- Herstellung von Luftfiltern.

Die Anlagen besitzen in der Regel eine Fass-Schmelzanlage, beheizte Leitungen zur Förderung und eine Auftraganlage.

Bei Kaschierungen werden Folien oder andere Materialien vollflächig mit dem verflüssigten Schmelzklebstoff beschichtet. Dieser Schmelzklebstoff wird dann unter Temperatureinwirkung bei ca. 150 °C ein zweites Mal aktiviert und mit dem Träger an der Oberfläche verschweißt.

Isocyanatemissionen bestehen überall, wo MDI bei höherer Temperatur offen in die Raumluft entweichen kann. Dies umfasst auch Emissionen, die unmittelbar nach einer Heißverklebung aus den gefertigten Teilen austreten können. Sie werden, falls geschlossene Systeme nicht möglich sind, an der Entstehungsstelle abgesaugt. Um die Emissionen räumlich zu begrenzen und die Wirksamkeit der Absaugung zu erhöhen, werden Einhausungen, Vorhänge, Hauben und gegebenenfalls spezielle Erfassungselemente eingesetzt.

Kurzzeitige Emissionen sind beim Öffnen der Fass-Schmelzanlage, manuellen Produktentnahmen aus beheizten Formen oder bei Störungsbeseitigungen möglich. Hautkontakt ist beim Umgang mit dem Schmelzklebstoff bei Raumtemperatur sowie bei Störungsbeseitigungen möglich.

### 3.6 Abfüllung von reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen







Reaktive PUR-Schmelzklebstoffe werden durch die Umsetzung von monomerem und/oder polymerem MDI mit Polyolen zu Polyurethan-Prepolymeren mit endständigen Isocyanatgruppen hergestellt. Der gebrauchsfertige reaktive PUR-Schmelzklebstoff wird im geschmolzenen Zustand unter Argonatmosphäre bei 80 bis 170 °C in geeignete Aufbewahrungsbehälter (verschweißbarer, wasserdampfdichter Foliensack im Metalleimer, Papphüllen oder in Metallkartuschen) abgefüllt. Die befüllten Gebinde werden sofort verschlossen durch Verschweißen der Folienbeutel oder Umbördeln der Kartuschen. Der entleerte Reaktor wird unmittelbar nach Beendigung des Abfüllvorgangs für die nächste Fertigung oder zur Reinigung befüllt.

Beim Abfüllvorgang auftretende Isocyanatemissionen werden abgesaugt. Zu kurzfristig erhöhten Isocyanatemissionen oder zu Hautkontakt mit dem geschmolzenen reaktiven PUR-Hotmelt kann es beim Filterwechsel oder bei Störungen in der Abfüllstation kommen.

# 4 Gefahrstoffexposition

## 4.1 Gefahrstoffe

Tabelle 1: Gefahrstoffe, Kennzeichnung und Arbeitsplatzgrenzwerte für MDI

Name CAS-Nr	Einstufung		R-Sätze/H-Sätze		AGW in mg/m <sup>3</sup>	Spitzenbegrenzung/ Bemerkung
	Bisher	CLP	Nach Zubereitungsrichtlinie	CLP		
4,4'-MDI Diphenylmethan- 4,4'-diisocyanat 101-68-8	Xn, Xi 	Gefahr  	R20 R36/37/38 R40 R42/43 R48/20	H315 H317 H319 H332 H334 H335 H351 H373	0,05	1; =2=(I) Sa, Y K3 (TRGS 905/in Form atembarer Aerosole)
2,4'-MDI Diphenylmethan- 2,4'-diisocyanat 5873-54-1	Xn, Xi 	Gefahr  	R20 R36/37/38 R40 R42/43 R48/20	H315 H317 H319 H332 H334 H335 H351 H373	0,05	1; =2=(I)

AGW Arbeitsplatzgrenzwert  
1; =2=(I) Kurzzeitwert für atemwegssensibilisierende Stoffe: AGW ist im Mittelwert über 15 min einzuhalten und eine zweifache Arbeitsplatzgrenzwertkonzentration darf zu keinem Zeitpunkt überschritten werden.

Sa atemwegssensibilisierender Stoff

Y ein Risiko der Fruchtbeschädigung braucht bei Einhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes und des biologischen Grenzwertes (BGW) nicht befürchtet zu werden

R-Sätze:

R20 Gesundheitsschädlich beim Einatmen

R36/37/38 Reizt die Augen, Atmungsorgane und die Haut.

R42/43 Kann beim Einatmen oder bei Hautkontakt zu Allergien führen.

R40 Verdacht auf krebserzeugende Wirkung.

R48/20 Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen.

H-Sätze:

H315 Verursacht Hautreizungen

H317 Kann allergische Hautreaktionen verursachen.

H319 Verursacht schwere Augenreizung.

H332 Gesundheitsschädlich beim Einatmen.

H334 Kann beim Einatmen Allergie, asthmaartige Symptome oder Atembeschwerden verursachen.

H335 Kann die Atemwege reizen.

H351 Kann vermutlich Krebs erzeugen.

H373 Kann die Organe schädigen bei längerer oder wiederholter Exposition beim Einatmen.

In PUR-Klebstoffen können geringe Anteile von 2,2'-MDI enthalten sein, das die gleiche Einstufung, Kennzeichnung und die gleichen Grenzwerte wie 2,4'-MDI besitzt.

Von Isocyanaten können bei Nichteinhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes oder bei dermale Kontakt erhebliche Gesundheitsgefahren ausgehen. Diese sind auf dem Etikett des Gebindes und im zugehörigen Sicherheitsdatenblatt beschrieben.

MDI und seine Homologen sind akut gesundheitsschädlich, wirken sensibilisierend und werden auch mit einem krebserzeugenden Potenzial im Tierversuch in Verbindung gebracht. Isocyanate werden durch Geruch kaum wahrgenommen, sodass eine Unterschätzung der Gefährdung in der Praxis möglich ist.

Isocyanate werden vorwiegend über die Atemwege aber auch über die Haut aufgenommen und können zu Reizerscheinungen der Augen und des Atemtraktes führen.

Sie können auch schon in sehr geringen Konzentrationen durch spezifische Veränderungen am Immunsystem eine Erkrankung der Atemwege oder Lungen hervorrufen, eine exakte Definition der Dosis-Wirkungs-Beziehung ist bislang nicht möglich.

Die Kennzeichnung von MDI mit „R40“ bzw. nach TRGS 905 mit „K3“ bedeutet, dass dieser Stoff wegen einer möglichen krebserzeugenden Wirkung beim Menschen Anlass zur Besorgnis gibt. Jedoch unterliegt MDI nicht den besonderen Bestimmungen der Gefahrstoffverordnung für krebserzeugende Arbeitsstoffe, die nur für Stoffe der Kategorien K1 und K2 erforderlich sind.

Die gesundheitsschädlichen Eigenschaften der Isocyanate beziehen sich auf die freien, noch nicht gebundenen Isocyanate (monomeres MDI, polymeres MDI und Polyurethan-Prepolymere des MDI mit freien NCO-Gruppen) in Form einatembare Dämpfe oder Aerosole. In reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen sind zwischen < 0,1 und 4 % ungebundene Isocyanate enthalten, die bei Temperaturen über 100 °C in gesundheitsgefährlicher Konzentration in die Atemluft austreten können.

Kennzeichnungspflichtig sind PUR-Schmelzklebstoffe, wenn sie mehr als 0,1 % monomeres MDI enthalten. Zusätzlich ist dann eine Kennzeichnung mit dem Hinweis „Enthält Isocyanate. Hinweise des Herstellers beachten.“ erforderlich.

**In der Praxis werden folgende reaktive PUR-Schmelzklebstoffe eingesetzt:**

• Emissionsarm	MDI < 0,1 %	Verarbeitung bei 100 bis 150 °C
• Niedrigtemperatur	0,1 % < MDI < 4 %	Verarbeitung bei 90 bis 120 °C
• Standard	0,1 % < MDI < 4 %	Verarbeitung bei 100 bis 170 °C

In den verschiedenen Klebstoffen können je nach Hersteller sowohl 4,4'-MDI als auch 2,4'-MDI eingesetzt sein.

**Tabelle 2: Einstufung und Kennzeichnung der reaktiven PUR-Schmelzklebstoffe**

Gehalt C monomeres MDI im Klebstoff in %	Einstufung und Kennzeichnung
C ≥ 25	Xn; R20-36/37/38-40-42/43-48/20 Gefahr; H332-319/335/315-351-317/334-373
10 ≤ C < 25	Xn; R36/37/38-40-42/43-48/20 Gefahr; H319/335/315-351-317/334-373
5 ≤ C < 10	Xn; R36/37/38-40-42/43 Gefahr; H319/335/315-351-317/334
1 ≤ C < 5	Xn; R40-42/43 Gefahr; H351-317/334
0,1 ≤ C < 1	Xn; R42 Gefahr; H334
C < 0,1	keine Kennzeichnung

Bei der Verwendung von reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen konnte durch Arbeitsplatzmessungen ein Auftreten von polymerem MDI und Polyurethan-Prepolymeren auch bei höheren Temperaturen nicht nachgewiesen werden. Der in der TRGS 430 definierte Expositionsleitwert (ELW) als Beurteilungsmaßstab für die Summe aller reaktionsfähigen NCO-Gruppen (TRIG – Totalkonzentration Reaktiver Isocyanatgruppen) in der Atemluft wird eingehalten, wenn der Arbeitsplatzgrenzwert des monomeren MDI eingehalten ist.

Von reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen gehen in der ungeöffneten, luftdichten Originalverpackung unter Raumluftbedingungen keine Gefahren aus. Die Lagerung einer zum Fortgang der Arbeiten benötigten Menge an geeigneter Stelle im Arbeitsraum ist zulässig. Größere Mengen müssen außerhalb des Arbeitsraumes unerreichbar für Unbefugte aufbewahrt werden.

MDI-Dämpfe können in der Umgebungsluft kondensieren und mit Wasser (Luftfeuchte oder aus Füge­teilen) überwiegend zu Polyharnstoff abreagieren.

Der verarbeitete, vollständig ausgehärtete Klebstoff birgt keine Gefahren mehr, wenn man von Zersetzungsprodukten im Brandfall absieht.

Eine erhöhte Exposition im Sinne des Kurzzeitwertes über 15 min betrug maximal bei einer Messung in einem Branchenbereich bis zu 0,047 mg/m<sup>3</sup>, womit der Überschreitungsfaktor von 1 eingehalten wird.

Expositionsspitzen im Sinne des Momentanwertes betragen maximal 0,078 mg/m<sup>3</sup>. Der Momentanwert in Höhe des zweifachen Arbeitsplatzgrenzwertes ist damit auch unter "worst-case"-Bedingungen zu keinem Zeitpunkt überschritten.

Die in diesen EGU beschriebenen reaktiven PUR-Schmelzklebstoffe und Arbeitsverfahren stellen den Stand der Technik dar.

### 4.2 Bewertung der Gefahrstoffexposition

Die Ergebnisse der Expositionsmessungen (Anhang 1) nach TRGS 402 zeigen für alle Arbeitsverfahren und Tätigkeiten mit reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen, dass bezogen auf eine achtstündige Arbeitsschicht der Arbeitsplatzgrenzwert von 0,05 mg/m<sup>3</sup> unterschritten ist. Der 95%-Wert liegt bei allen Messungen unter dem Arbeitsplatzgrenzwert. Bei Verwendung von emissionsarmen PUR-Schmelzklebstoffen mit MDI-Gehalten unter 0,1 % liegen alle Messergebnisse unter der Bestimmungsgrenze.

Eine erhöhte Exposition kann insbesondere beim Standardauftragverfahren mit Standardklebstoffen, beim Beschicken des Vorschmelzgerätes, beim Rüsten und bei der Störungsbeseitigung am Auftragsystem sowie beim Herausziehen, Aufheizen, Aufbewahren, Abkühlen und Reinigen des Auftragsystems auftreten.

# 5 Schutzmaßnahmen

## 5.1 Gefährdungsbeurteilung: Schutzmaßnahmenkonzept

Die Gefährdungsbeurteilung im Rahmen der Gefahrstoffverordnung umfasst bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen neben der Beurteilung von Stoffeigenschaften auch die mögliche Exposition der Beschäftigten. Dabei sind als Informationsquellen die Sicherheitsdatenblätter und Technischen Merkblätter der Klebstoffhersteller sowie die Betriebsanleitungen der Anlagenhersteller hinzuzuziehen. Entsprechend der ermittelten Gefährdung der Beschäftigten werden Maßnahmen im Rahmen eines Schutzmaßnahmenkonzeptes erforderlich (Anhang 2: Checklisten).

In diesen EGU werden abgestufte stoffspezifische Bedingungen definiert, für die entsprechend des jeweiligen Auftragverfahrens differenzierte Schutzmaßnahmen notwendig sind.

- **Klebstoffgruppe I.**  
Bei emissionsarmen Klebstoffen ist die Gefährdung der Atemwege und der Haut gering. Die Mindestmaßnahmen nach Abschnitt 5.2 sind ausreichend.
- **Klebstoffgruppe II.**  
Bei Standardklebstoffen besteht eine mittlere Gefährdung der Atemwege. Hinsichtlich des Expositionspfades Haut muss unterschieden werden in Klebstoffe mit einem Gehalt von 0,1 bis 1 % und solche mit einem Gehalt von 1 bis 4 %. Für die erstgenannten Klebstoffe ist die Gefährdung der Haut gering.

Für die anderen Klebstoffe ist die Hautgefährdung im kalten Zustand gering und im heißen Zustand hoch.

Bei allen Standardklebstoffen sind die Schutzmaßnahmen nach Abschnitt 5.2 ausreichend, wenn emissionsarme Technik nach Abschnitt 5.2 verwendet wird. Ist dies nicht der Fall, müssen zusätzlich zu den Schutzmaßnahmen nach Abschnitt 5.3 weitere Schutzmaßnahmen nach Abschnitt 5.4 getroffen werden.

- **Klebstoffgruppe III.**  
Bei Niedrigtemperaturklebstoffen werden grundsätzlich niedrigere Expositionen erwartet. Dies ist aufgrund einer zu geringen Anzahl von Messdaten nicht eindeutig zu belegen. Deshalb sind präventiv die Mindestmaßnahmen nach Abschnitt 5.2 und die zusätzlichen Schutzmaßnahmen nach Abschnitt 5.4 anzuwenden.

## 5.2 Mindestmaßnahmen für alle Auftragverfahren

Folgende Schutzmaßnahmen müssen für alle Auftragverfahren und Tätigkeiten mit reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen getroffen werden:

- Hinsichtlich der Lüftung der Arbeitsräume müssen mindestens die Anforderungen nach ASR 5, Regel "Arbeitsplatzlüftung - Lufttechnische Maßnahmen" (BGR 121) und Richtlinie VDI 2262 "Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz, Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe" erfüllt sein. Dies betrifft insbesondere eine angemessene Frischluftzufuhr zum Ausgleich der abgesaugten Luft sowie den hygienischen Betrieb von Luftbefeuchtungsanlagen.

### Schutzmaßnahmen bei der Verwendung von reaktiven PUR-Schmelzstoffen

#### Klebstoffgruppe

I. emissionsarm, Monomerreduziert  
MDI < 0,1%,  
Verarbeitung bei 100 bis 150 °C



II. Standard  
0,1 % < MDI < 4 %,  
Verarbeitung bei 100 bis 170 °C



III. Niedrigtemperatur  
0,1 % < MDI < 4 %,  
Verarbeitung bei 90 bis 100 °C



#### Schutzmaßnahmen

Mindestmaßnahmen nach Abschnitt 5.2

Mindestmaßnahmen nach Abschnitt 5.2  
+ emissionsarme Technik nach Abschnitt 5.3  
oder

Mindestmaßnahmen nach Abschnitt 5.2  
+ zusätzliche Schutzmaßnahmen  
nach Abschnitt 5.4

- Für die Verarbeitung von reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen dürfen nur für die bestimmungsgemäße Verwendung geeignete Vorschmelzgeräte und Auftragsysteme verwendet werden. Überhitzungen des reaktiven PUR-Schmelzklebstoffs über 150 °C, maximal 170 °C, müssen technisch verhindert werden, z. B. durch Temperaturregelung mit separater Grenztemperaturüberwachung für alle beheizten Einrichtungen.
- Vorschmelzgeräte und Auftragsysteme müssen so gestaltet sein, dass beim Betrieb keine gesundheitsschädlichen Dämpfe austreten können (gasdichte Schmelzklebstoff-Erwärmung, Erfassung möglicher Dämpfe durch weitgehend geschlossene Konstruktion, um das Auftreten von Grenzwertüberschreitungen zu verhindern, Absaugung mit mindestens 300 m<sup>3</sup>/h am Auftragsystem: siehe z. B. DIN EN 1010-4).
- Hautkontakt, z. B. beim Auspacken des noch kalten PUR-Schmelzklebstoffs, beim Reinigen oder bei der manuellen Handhabung der frischen Produkte, muss vermieden werden. Sind im Sicherheitsdatenblatt keine konkreten Fabrikate für die notwendigen Schutzhandschuhe genannt, so müssen diese gemäß TRGS 401 „Gefährdung durch Hautkontakt“ selbst ermittelt werden, wobei in der Regel gilt:
  - kalte PUR-Schmelzklebstoffe: beschichtete Baumwollhandschuhe
    - PUR-beschichtetes Polyamidtrikot, z. B. „Camapur Comfort 616“ (Firma KCL GmbH)
    - PUR-beschichtetes Polyamidgewebe, z. B. „Ultrane 551“ (Firma MAPA)
    - PUR-beschichtetes Nylongewebe, z. B. „HyFlex Lite 11-601“ (Firma Ansell GmbH)
  - heiße PUR-Schmelzklebstoffe: Thermisch beständige Arbeitshandschuhe, z. B. Lederhandschuhe, beim Nachfüllen des reaktiven PUR-Schmelzklebstoffs und bei Reinigungsarbeiten.
- Bei Arbeitsende und vor Pausen Hände gründlich reinigen. Eine ausreichende Hautpflege der Mitarbeiter muss sichergestellt sein. Bei vorgeschädigter oder krankhaft veränderter Haut sollte ein Arzt aufgesucht werden.
- Besteht die Gefahr, dass der heiße Schmelzklebstoff verspritzt, muss eine Schutzbrille benutzt werden.
- Mit reaktivem PUR-Schmelzklebstoff verunreinigte Kleidung muss umgehend gewechselt werden.
- Im gesamten Arbeitsbereich besteht Ess-, Trink- und Rauchverbot.

- Jugendliche unter 18 Jahren dürfen nur zu Ausbildungszwecken und unter Aufsicht diese Tätigkeiten durchführen.

Um eine sichere Verwendung von PUR-Klebstoffen dauerhaft zu gewährleisten, müssen folgende organisatorische Maßnahmen als Wirksamkeitskontrolle getroffen werden:

- Alle Schutzeinrichtungen am Auftragsystem müssen in der Regel täglich auf Vollständigkeit und Funktionstüchtigkeit geprüft werden.
- Da Absaugleitungen und Ventilatoren versotten können, muss für eine regelmäßige Reinigung gesorgt werden. Alle Absaugungen müssen mindestens jährlich auf Funktionsfähigkeit, vollständige Erfassung und Wirksamkeit geprüft werden. Dies kann z. B. durch eine Überprüfung mit Strömungsprüfröhrchen erfolgen.
- Temperaturregelungen mit separater Grenztemperaturüberwachung am Vorschmelzgerät und am Auftragsystem müssen in der Regel täglich auf Funktionstüchtigkeit geprüft werden.
- Die vom Klebstoffhersteller angegebenen Verarbeitungstemperaturen müssen bei Klebstoffwechsel überprüft und hinsichtlich ihrer Einstellung täglich geprüft werden.

### 5.3 Emissionsarme Auftragverfahren

Wird ein reaktiver PUR-Schmelzklebstoff mit einer Konzentration aller MDI-Monomeren im Bereich von 0,1 bis 4 % verwendet, sind bei Verwendung nachfolgend aufgeführter emissionsarmer Auftragverfahren keine weiteren Schutzmaßnahmen über die in Abschnitt 5.2 festgelegten hinaus erforderlich:

- Das Vorschmelzgerät ist mit einer Temperaturbegrenzung bis maximal 100 °C ausgerüstet, sodass beim Beschicken des Vorschmelzgerätes keine Isocyanate in die Atemluft austreten.
- Es wird ein Schlitzdüsenbeleimsystem oder ein geschlossenes und beschichtetes Walzensystem verwendet. Reinigungsarbeiten am emissionsarmen Auftragsystem fallen nicht an oder werden kalt durch Abziehen des Klebstoffs von der Beschichtung durchgeführt. Das Spülen der Schläuche und Schlitzdüsen erfolgt mit einem Reinigungs-Hotmelt auf der Basis hoch siedender, nicht kennzeichnungspflichtiger Polymere (Kohlenwasserstoffwachse, EVA-Copolymere, organische Ester, Harze u. a.).

Beim Aufbewahren des heißen Auftragsystems außerhalb der geschlossenen Auftraganlage gibt es keine Emissionen, da die Schlitzdüse verschlossen oder das Walzenbecken abgesaugt wird.

#### 5.4 Weitere Schutzmaßnahmen bei Standardauftragverfahren

Bei Standardauftragverfahren wird der reaktive PUR-Schmelzklebstoff im Vorschmelzgerät bei mindestens 100 °C vorgeschmolzen und über ein Walzensystem in einem offenen Vorratsbecken appliziert.

Wird ein reaktiver PUR-Schmelzklebstoff mit einer Konzentration aller MDI-Monomeren im Bereich von 0,1 bis 4 % verwendet, müssen bei Verwendung von Standardauftragverfahren weitere Schutzmaßnahmen, zusätzlich zu den unter Abschnitt 5.2 festgelegten, durchgeführt werden:

- Bei Vorschmelzgeräten muss für die Dauer des Nachfüllvorganges eine wirksame Absaugung mit mindestens 150 m<sup>3</sup>/h und eine Abführung der Dämpfe nach außen oder über einen geeigneten Filter vorgesehen werden.
- Beim Rüsten und Entstören der Auftraganlage, beim Herausziehen, Aufheizen, Aufbewahren und Abkühlen des Auftragsystems außerhalb der Auftraganlage oder bei Reinigungsarbeiten am Auftragsystem ist technisch zu gewährleisten, dass aus dem Auftragsystem keine gesundheitsschädigenden Emissionen von Isocyanaten austreten können (z. B. durch Abdeckung des Beckens, Einschub in eine abgesaugte Reinigungsstation oder unter eine Ablufthaube bzw. Ablaufmöglichkeit des reaktiven PUR-Schmelzklebstoffes innerhalb der abgesaugten Auftraganlage).
- Ist insbesondere beim Herausziehen des heißen Auftragsystems aus der Auftraganlage oder bei dessen Reinigung im heißen Zustand ein Auftreten von Isocyanaten in der Atemluft nicht vollständig auszuschließen, muss für diese Arbeiten eine Atemschutzmaske mit einem Filter A, braun, oder B, grau, zur Verfügung gestellt und benutzt werden.
- Werdende und stillende Mütter dürfen die vorgenannten Tätigkeiten nicht durchführen. Arbeitnehmerinnen in diesen Arbeitsbereichen sind über diese Bestimmung zu informieren.

#### 5.5 Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen

Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen gemäß Anhang zur Verordnung über arbeitsmedizinische Vorsorge sind bei Tätigkeiten entsprechend dieser EGU nicht zu veranlassen.

Werden Tätigkeiten nicht nach diesen EGU ausgeführt, ist im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nachzuweisen, dass der Arbeitsplatzgrenzwert eingehalten ist und kein regelmäßiger Hautkontakt besteht. Ist dies nicht der Fall, müssen arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen entsprechend dem Grundsatz G 27 „Isocyanate“ durchgeführt werden.

#### 5.6 Musterbetriebsanweisungen

Der Arbeitgeber muss für reaktive PUR-Schmelzklebstoffe mit mehr als 0,1 % MDI-Monomer entsprechend § 14 GefStoffV auf der Grundlage der Gefährdungsbeurteilung eine Betriebsanweisung aufstellen und den Beschäftigten zugänglich machen, siehe *Anhang 3: Beispiel A*.

Obwohl die Forderung einer Betriebsanweisung für reaktive PUR-Schmelzklebstoffe mit weniger als 0,1 % MDI-Monomer formal nicht besteht, ist die Betriebsanweisung zur Information der Beschäftigten sinnvoll, siehe *Anhang 3: Beispiel B*.

In die Betriebsanweisung und die regelmäßige Unterweisung der Beschäftigten müssen aufgenommen werden:

- die Beschreibung der Tätigkeiten gemäß diesen EGU,
  - die Anwendung der Schutzeinrichtungen und -maßnahmen
- und
- die möglichen Gefährdungen durch Isocyanate bei Tätigkeiten, die nicht diesen EGU entsprechen.

## 6 Anwendungshinweise

Der Anwender dieser EGU muss bei Verfahrensänderungen und ansonsten regelmäßig, mindestens aber einmal jährlich, die Gültigkeit der Voraussetzungen überprüfen und das Ergebnis dokumentieren. Hierzu zählt unter anderem die Prüfung der unveränderten Gültigkeit dieser EGU. Die Überprüfung erfolgt im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach § 6 der Gefahrstoffverordnung.

EGU geben dem Arbeitgeber praxisgerechte Hinweise darauf, wie er sicherstellen kann, dass die Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) eingehalten werden bzw. der Stand der Technik zu erreichen ist. Bei Anwendung dieser Empfehlungen bleiben andere Anforderungen der Gefahrstoffverordnung, insbesondere die Informationsermittlung (§ 6) und die Verpflichtung zur Beachtung der Rangordnung der Schutzmaßnahmen (§§ 7, 8) bestehen.

Andere Gefahrstoffe im Arbeitsbereich, z. B. Reiniger, müssen unabhängig von diesen EGU in die Gefährdungsbeurteilung einbezogen werden.

## 7 Überprüfung

Diese EGU wurden im Juni 2011 überarbeitet. Sie werden mindestens alle drei Jahre auf Aktualität überprüft. Soweit Änderungen notwendig werden, werden diese veröffentlicht.



# Anhang 1

## REACH-Expositionsbeschreibungen: Messungen und Befunde

### Gefahrstoffexposition bei der Verarbeitung von reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen

Diese EGU beruhen auf Auswertungen von Arbeitsplatzmessungen bei der Verarbeitung von reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen in den in Abschnitt 3 dargestellten Arbeitsbereichen aus dem Zeitraum von 2001 bis 2009.

Bei allen Messungen wurde das im Messsystem Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (MGU) autorisierte Probenahmesystem verwendet. Die Probenahmedauer betrug zwischen 20 min und 4 Stunden. Die Bestimmungsgrenze hängt von der gerätespezifischen Empfindlichkeit und der Probenahmedauer ab. Sie beträgt bei der angegebenen Probenahmedauer typischerweise 0,008 bis 0,002 mg/m<sup>3</sup>.

In den Proben wurden – wenn vorhanden – je 2,4'-MDI und 4,4'-MDI bestimmt.

#### 1 Druckweiterverarbeitung

Die Messungen der Emissionen erfolgten an Arbeitsplätzen in der Druckweiterverarbeitung unter Anwendung des in Abschnitt 3.2 beschriebenen Arbeitsverfahrens. Die Messungen wurden an PUR-Schmelzklebstoff-Auftragsystemen verschiedener repräsentativer Hersteller mit insgesamt elf Klebstoffen durchgeführt.

Es wurden insgesamt 148 Arbeitsplatzmessungen als ortsfeste Probenahme in 28 Betrieben durchgeführt. Dabei wurden für reaktive PUR-Schmelzklebstoffe mit

MDI < 0,1%: 20 Arbeitsplatzmessungen in vier Betrieben und für solche mit 0,1 < MDI < 4,0 % 128 Arbeitsplatzmessungen in 24 Betrieben durchgeführt.

Auf eine personengetragene Probenahme wurde verzichtet, da die Messorte repräsentativ für die Tätigkeiten im Rahmen des Arbeitsverfahrens sind und hinsichtlich der resultierenden Exposition eine „worst-case“-Betrachtung darstellen.

Die Tabellen 3 und 4 enthalten die statistisch ausgewerteten Arbeitsplatzkonzentrationen. Sie geben die schichtbezogene Exposition an, wenn die im Abschnitt 3.2 beschriebenen Arbeitsvorgänge während der gesamten Schicht ausgeführt werden.

Die Messwerte für 2,4'-MDI und 4,4'-MDI sind im statistischen Mittel ähnlich. Vergleicht man die Summenmesswerte von 2,4'-MDI und 4,4'-MDI mit einem Grenzwert von 0,05 mg/m<sup>3</sup>, gilt:

- MDI < 0,1%: Alle Messwerte liegen unterhalb der Bestimmungsgrenze und deutlich unter dem Grenzwert.
- 0,1% < MDI < 4%: Alle Messwerte liegen deutlich unter dem Grenzwert.

Der Maximalwert liegt bei 0,038 mg/m<sup>3</sup>.

**Tabelle 3: Übersicht der Messergebnisse für 2,4'-MDI (Druckweiterverarbeitung)**

	Anzahl der Messwerte	Minimalwert in mg/m <sup>3</sup>	Maximalwert in mg/m <sup>3</sup>	50%-Wert in mg/m <sup>3</sup>	95%-Wert in mg/m <sup>3</sup>
Gesamt	148	< 0,002	0,021	0,002	0,01
MDI < 0,1%	20	< 0,002	< 0,009	< 0,002	< 0,008
0,1% < MDI < 4%	128	< 0,002	0,021	0,002	0,01

**Tabelle 4: Übersicht der Messergebnisse für 4,4'-MDI (Druckweiterverarbeitung)**

	Anzahl der Messwerte	Minimalwert in mg/m <sup>3</sup>	Maximalwert in mg/m <sup>3</sup>	50%-Wert in mg/m <sup>3</sup>	95%-Wert in mg/m <sup>3</sup>
Gesamt	148	< 0,002	0,017	0,003	0,01
MDI < 0,1%	20	< 0,002	< 0,009	< 0,002	< 0,008
0,1% < MDI < 4%	128	< 0,002	0,017	0,002	0,01

## 2 Holz- und Holzwerkstoffbeschichtung

Die Messungen der Emissionen erfolgten an Arbeitsplätzen in der Holz- und Holzwerkstoffbeschichtung unter Anwendung des in Abschnitt 3.3 beschriebenen Arbeitsverfahrens. Hierbei wurden die betriebstypischen Arbeitsgänge erfasst, inklusive sporadisch durchgeführter Reinigungsvorgänge, z. B. der Auftragwalzen- und Fasswechsel. Es erfolgte keine Unterscheidung nach Kanten- und Flächenklebung. Die Messungen der Emissionen wurden an PUR-Schmelzklebstoff-Auftragsystemen verschiedener repräsentativer Hersteller durchgeführt.

Insgesamt wurden 35 Messungen in 17 Betrieben durchgeführt. Von diesen Messungen wurden 18 personengelegene (i.d.R. Bedienung/Überwachung der Anlage) und 17 ortsfeste Messungen (i.d.R. Bedienungs-/Aufenthaltsbereich des Bedienpersonals) durchgeführt. Es kamen keine PUR-Schmelzklebstoffe mit einem MDI-Monomergehalt < 0,1 % zum Einsatz.

Die Tabellen 5 und 6 enthalten die statistisch ausgewerteten Arbeitsplatzkonzentrationen. Sie geben die schichtbezogene Exposition an, wenn die im Abschnitt 3.3 beschriebenen Arbeitsvorgänge während der gesamten Schicht ausgeführt werden.

Die Messwerte für 2,4'-MDI liegen bei allen Messungen unter der Bestimmungsgrenze. Für 4,4'-MDI liegen 18 Messwerte unter der Bestimmungsgrenze, fünf Messwerte im Bereich zwischen 0,002 und 0,008 mg/m<sup>3</sup>. Der höchste Wert liegt bei 0,020 mg/m<sup>3</sup>. Alle Summenmesswerte für 2,4'-MDI und 4,4'-MDI liegen unter dem Grenzwert von 0,05 mg/m<sup>3</sup>.

Kurzzeitig höhere Belastungen (Kurzzeitwerte) betreffen die Tätigkeit „Reinigen der Klebstoffwalze“ mit Messwerten bis 0,020 mg/m<sup>3</sup> und „Versiegeln von Arbeitsplatten – mechanische Bearbeitung“ bis 0,014 mg/m<sup>3</sup>.

Polymeres Isocyanat konnte bei keiner Messung nachgewiesen werden.

**Tabelle 5: Übersicht der Messergebnisse für 2,4'-MDI (Holz- und Holzwerkstoffbeschichtung)**

	Anzahl der Messwerte	Minimalwert in mg/m <sup>3</sup>	Maximalwert in mg/m <sup>3</sup>	50%-Wert in mg/m <sup>3</sup>	95%-Wert in mg/m <sup>3</sup>
0,1 % < MDI < 4 %	35	< 0,001	< 0,006	< 0,002	< 0,004

**Tabelle 6: Übersicht der Messergebnisse für 4,4'-MDI (Holz- und Holzwerkstoffbeschichtung)**

	Anzahl der Messwerte	Minimalwert in mg/m <sup>3</sup>	Maximalwert in mg/m <sup>3</sup>	50%-Wert in mg/m <sup>3</sup>	95%-Wert in mg/m <sup>3</sup>
0,1 % < MDI < 4 %	35	< 0,001	0,020	< 0,002	0,009

### 3 Schuhherstellung

Die Messungen der Emissionen erfolgten bei der Tätigkeit „Sohlen abdichten“ in der Schuhindustrie entsprechend dem in Abschnitt 3.4 beschriebenen Arbeitsverfahren.

Von den 35 Probenahmen in drei Betrieben wurden zehn personenbezogen und 25 ortsbezogen durchgeführt. Es wurde ausschließlich reaktiver PUR-Schmelzklebstoff mit einem Restmonomergehalt an MDI zwischen 0,1 und 4,0 % verarbeitet.

Die Tabellen 7 und 8 enthalten die statistisch ausgewerteten Arbeitsplatzkonzentrationen. Sie geben die schichtbezogene Exposition an, wenn die im Abschnitt 3.4 beschriebenen Arbeitsvorgänge während der gesamten Schicht ausgeführt werden.

Die Messwerte für 2,4'-MDI liegen bei allen Messungen deutlich unter denen von 4,4'-MDI. Alle Summenmesswerte für 2,4'-MDI und 4,4'-MDI liegen unter dem Grenzwert von 0,05 mg/m<sup>3</sup>.

Der Maximalwert der Summenmesswerte liegt bei 0,047 mg/m<sup>3</sup>.

### 4 Herstellung von Fahrzeuginnenausstattungen, Polstermöbeln und weitere Verfahren

Die Messungen der Emissionen erfolgten an Arbeitsplätzen bei der Herstellung von Fahrzeuginnenausstattungen, Polstermöbeln und bei weiteren Verfahren in Gewerbezweigen, die der Lederindustrie zugeordnet sind, unter Anwendung des in Abschnitt 3.5 beschriebenen Arbeitsverfahrens.

Es wurden insgesamt 105 Messungen als ortsfeste Probenahme in 16 Betrieben durchgeführt.

Auf eine personengetragene Probenahme wurde verzichtet, da die Messorte repräsentativ für die Tätigkeiten im Rahmen des Arbeitsverfahrens sind und hinsichtlich der resultierenden Exposition eine „worst-case“-Betrachtung darstellen.

Die Tabellen 9 und 10 enthalten die statistisch ausgewerteten Arbeitsplatzkonzentrationen. Sie geben die schichtbezogene Exposition an, wenn die im Abschnitt 3.5 beschriebenen Arbeitsvorgänge während der gesamten Schicht ausgeführt werden.

**Tabelle 7: Übersicht der Messergebnisse für 2,4'-MDI (Schuhherstellung)**

	Anzahl der Messwerte	Minimalwert in mg/m <sup>3</sup>	Maximalwert in mg/m <sup>3</sup>	50%-Wert in mg/m <sup>3</sup>	95%-Wert in mg/m <sup>3</sup>
0,1% < MDI < 4 %	35	< 0,001	0,012	0,001	0,0093

**Tabelle 8: Übersicht der Messergebnisse für 4,4'-MDI (Schuhherstellung)**

	Anzahl der Messwerte	Minimalwert in mg/m <sup>3</sup>	Maximalwert in mg/m <sup>3</sup>	50%-Wert in mg/m <sup>3</sup>	95%-Wert in mg/m <sup>3</sup>
0,1% < MDI < 4 %	35	< 0,002	0,035	0,0035	0,025

**Tabelle 9: Übersicht der Messergebnisse für 2,4'-MDI (Herstellung von Fahrzeuginnenausstattungen, Polstermöbeln und weitere Verfahren)**

	Anzahl der Messwerte	Minimalwert in mg/m <sup>3</sup>	Maximalwert in mg/m <sup>3</sup>	50%-Wert in mg/m <sup>3</sup>	95%-Wert in mg/m <sup>3</sup>
0,1% < MDI < 4 %	21	< 0,002	0,008	< 0,002	0,008

**Tabelle 10: Übersicht der Messergebnisse für 4,4'-MDI (Herstellung von Fahrzeuginnenausstattungen, Polstermöbeln und weitere Verfahren)**

	Anzahl der Messwerte	Minimalwert in mg/m <sup>3</sup>	Maximalwert in mg/m <sup>3</sup>	50%-Wert in mg/m <sup>3</sup>	95%-Wert in mg/m <sup>3</sup>
0,1% < MDI < 4 %	84	< 0,001	0,035	< 0,003	0,013

Für 2,4'-MDI wurden weniger Messungen als für 4,4'-MDI durchgeführt. Alle Summenmesswerte für 2,4'-MDI und 4,4'-MDI liegen unter dem Grenzwert von 0,05 mg/m<sup>3</sup>.

Der Maximalwert liegt bei 0,035 mg/m<sup>3</sup> (nur 4,4'-MDI, da im Klebstoff bei dieser Messung kein 2,4'-MDI nachgewiesen werden konnte).

Bei Raumtemperatur emittieren PUR-Schmelzklebstoffe so wenig MDI, dass keine Konzentrationen über der Bestimmungsgrenze entstehen. Höhere Belastungen werden dagegen bei fehlenden oder unzureichenden Einhausungen und Absaugungen sowie bei höheren Temperaturen und größeren Verarbeitungsmengen beobachtet. Frisch gefertigte, noch heiße Teile können hierbei auch zur Emission beitragen. Gut eingehauste und abgesaugte Arbeitsplätze gemäß den hier vorliegenden Empfehlungen zeigen Messwerte deutlich unter dem Grenzwert.

## 5 Abfüllung von reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen

Die Messungen der Emissionen erfolgten an Arbeitsplätzen an verschiedenen Linien beim Abfüllen von verschiedenen PUR-Schmelzklebstoffen unter Anwendung des in Abschnitt 3.6 beschriebenen Arbeitsverfahrens.

Es wurden insgesamt 17 Arbeitsplatzmessungen ortsfest und personenbezogen in zwei Betrieben durchgeführt.

Die Tabellen 11 und 12 enthalten die statistisch ausgewerteten Arbeitsplatzkonzentrationen. Sie geben die schichtbezogene Exposition an, wenn die im Abschnitt 3.6 beschriebenen Arbeitsvorgänge während der gesamten Schicht ausgeführt werden.

Die Messwerte für 2,4'-MDI sind im statistischen Mittel etwas niedriger als für 4,4'-MDI. Vergleicht man die Summe aus 2,4'-MDI und 4,4'-MDI mit einem Grenzwert von 0,05 mg/m<sup>3</sup>, liegen alle Messwerte deutlich unter dem Grenzwert. Der Maximalwert liegt bei 0,025 mg/m<sup>3</sup>.

**Tabelle 11: Übersicht der Messergebnisse für 2,4'-MDI (Abfüllung von reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen)**

	Anzahl der Messwerte	Minimalwert in mg/m <sup>3</sup>	Maximalwert in mg/m <sup>3</sup>	50%-Wert in mg/m <sup>3</sup>	95%-Wert in mg/m <sup>3</sup>
0,1% < MDI < 4 %	9	< 0,003	0,006	< 0,004	0,005

**Tabelle 12: Übersicht der Messergebnisse für 4,4'-MDI (Abfüllung von reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen)**

	Anzahl der Messwerte	Minimalwert in mg/m <sup>3</sup>	Maximalwert in mg/m <sup>3</sup>	50%-Wert in mg/m <sup>3</sup>	95%-Wert in mg/m <sup>3</sup>
0,1% < MDI < 4 %	17	< 0,001	0,025	< 0,006	0,018

# Anhang 2

## Checklisten zur Gefährdungsbeurteilung

### A. Checkliste für reaktive PUR-Schmelzklebstoffe > 0,1 % monomeres MDI < 4 %

Firma:	<b>Gefährdungsbeurteilung</b>	Datum:
--------	-------------------------------	--------

Arbeitsbereich: Vorschmelzgerät  
PUR-Schmelzklebstoff-Auftraganlage

Gefährdung durch MDI-Dämpfe und Hautkontakt zu PUR-Schmelzklebstoffen			
Maßnahmen	ja/nein	Handlungsbedarf: wer?	Erledigung/Datum
Ist Einsatz von Schmelzklebstoff < 4 % MDI gegeben? (Substitutionsgebot)			
Einsatz emissionsarmer Schmelzklebstoffe < 0,1 % MDI prüfen			
Ist eine ausreichende Be- und Entlüftung gewährleistet?			
Vorschmelzgerät und Auftraganlage geeignet für PUR; emissionsarme Anlagen bevorzugen			
Verarbeitungstemperatur des Herstellers beachten, maximal 150 bis 170 °C			
Am Vorschmelzgerät und am Auftragsystem dürfen beim Betrieb keine gesundheitsschädlichen Dämpfe entweichen (weitgehend geschlossene Konstruktion, Absaugung > 300 m³/h am Auftrag- system)			
Bei Vorschmelzgeräten, die Klebstoffe über 100 °C schmelzen, ist während des Fasswechsels eine wirksame Absaugung mit min- destens 150 m³/h und eine Abführung der Dämpfe nach außen oder über geeigneten Filter erforderlich			
Bei Walzensystemen muss bei Tätigkeiten am offenen Vorratsbe- cken in und außerhalb der Auftraganlage das Austreten MDI-hal- tiger Dämpfe z. B. durch eine Ablufthaube wirksam verhindert sein			
Beim Herausziehen eines offenen Walzensystems aus der Auftrag- anlage oder bei Heißreinigung dieses Systems Atemschutzmaske mit Filter A, braun, oder B, grau, zur Verfügung stellen und benutzen			
Großflächigen Hautkontakt beim Auspacken des PUR-Schmelzkleb- stoffs, beim Reinigen oder bei der manuellen Handhabung der frischen Produkte vermeiden -> siehe Abschnitt 5.2			
Bei Tätigkeiten mit heißem Schmelzklebstoff thermisch beständige Arbeitshandschuhe tragen -> siehe Abschnitt 5.2; Bei Spritzgefahr Schutzbrille benutzen			
Hände gründlich reinigen; zur Hautpflege eine geeignete Haut- creme verwenden			
Hautschutzplan liegt vor			
Ess-, Trink- und Rauchverbot im Arbeitsbereich			
Betriebsanweisung liegt vor			
Mitarbeiter sind unterwiesen			

**B. Checkliste für reaktive PUR-Schmelzklebstoffe < 0,1 % monomeres MDI**

Firma:	<b>Gefährdungsbeurteilung</b>	Datum:
--------	-------------------------------	--------

Arbeitsbereich: Vorschmelzgerät  
PUR-Schmelzklebstoff-Auftraganlage

<b>Gefährdung durch MDI-Dämpfe und Hautkontakt zu PUR-Schmelzklebstoffen</b>			
Maßnahmen	ja/nein	Handlungsbedarf: wer?	Erledigung/Datum
Ist eine ausreichende Be- und Entlüftung gewährleistet?			
Vorschmelzgerät und Auftraganlage geeignet für PUR?			
Verarbeitungstemperatur des Herstellers beachten, maximal 150 bis 170 °C			
Am Vorschmelzgerät und am Auftragsystem dürfen beim Betrieb keine gesundheitsschädlichen Dämpfe entweichen (weitgehend geschlossene Konstruktion, Absaugung > 300 m³/h am Auftragsystem)			
Großflächigen Hautkontakt beim Auspacken des PUR-Schmelzklebstoffs, beim Reinigen oder bei der manuellen Handhabung der frischen Produkte vermeiden -> siehe Abschnitt 5.2			
Bei Tätigkeiten mit heißem Schmelzklebstoff thermisch beständige Arbeitshandschuhe tragen -> siehe Abschnitt 5.2; Bei Spritzgefahr Schutzbrille benutzen			
Hände gründlich reinigen; zur Hautpflege eine geeignete Hautcreme verwenden			
Hautschutzplan liegt vor			
Ess-, Trink- und Rauchverbot im Arbeitsbereich			
Betriebsanweisung liegt vor			
Mitarbeiter sind unterwiesen			

# Anhang 3

## Muster-Betriebsanweisungen

Dieser Entwurf muss noch durch arbeits- und tätigkeitsbezogene Angaben ergänzt werden.

Firma:

### Betriebsanweisung gemäß § 14 GefStoffV

#### ANWENDUNGSBEREICH

Arbeitsbereich: **Kleben mit PUR-Schmelzklebstoffen; MDI-Gehalt 0,1 bis 4 %**  
Arbeitsplatz:  
Tätigkeit:

#### GEFAHRSTOFFBEZEICHNUNG

#### PUR-Schmelzklebstoff:

Enthält Isocyanate  
Handelsname:

#### GEFAHREN FÜR MENSCH UND UMWELT



- Enthält Isocyanate: Sensibilisierung (Allergie) durch Einatmen und Hautkontakt möglich
- Gesundheitsschädlich beim Einatmen
- Verdacht auf krebserzeugende Wirkung
- Gefahr der Hautverbrennung bei Verarbeitungstemperatur
- Bildet bei Überhitzung und im Brandfall gefährliche Zersetzungsprodukte

#### SCHUTZMAßNAHMEN UND VERHALTENSREGELN



- Staub, Dampf oder Aerosol nicht einatmen
- Berührung mit kaltem und heißem Klebstoff vermeiden
- Nur bei eingeschalteter Absaugung arbeiten
- Gelangen Isocyanate in die Atemluft, Atemschutzmaske mit Filter A, braun, oder B, grau, verwenden
- Hautkontakt zu kaltem Schmelzklebstoff durch geeignete Arbeitshandschuhe unterbinden
- Gründliche Hautreinigung, geeignete Hautpflegecreme verwenden
- Bei Spritzgefahr mit heißem Schmelzklebstoff Schutzbrille und thermisch beständige Arbeitshandschuhe verwenden

#### VERHALTEN IM GEFAHRFALL

Notruf

- Gefahrenbereich sofort verlassen, Feuerwehr alarmieren
- Brandgase nicht einatmen
- Entstehungsbrand mit Sand, Pulver- oder CO<sub>2</sub>-Löscher bekämpfen
- Verschmutzte oder getränkte Kleidung sofort entfernen
- Keine größeren Mengen in Grundwasser, Gewässer oder Kanalisation gelangen lassen

#### ERSTE HILFE

Notruf



- Einatmen: Frischluft, Arzt verständigen
- Hautkontakt: Mit Wasser und Seife reinigen, gut nachspülen  
Auf der Haut erstarrten Schmelzklebstoff vom Arzt entfernen lassen
- Augenkontakt: Bei geöffnetem Lidspalt gründlich mit Wasser spülen, Arzt konsultieren

#### SACHGERECHTE ENTSORGUNG

Abgekühlte Restmengen und kontaminiertes Reinigungsmittel sammeln  
und der Entsorgung durch \_\_\_\_\_ zuführen.

Datum:

Unterschrift:

Dieser Entwurf muss noch durch arbeits- und tätigkeitsbezogene Angaben ergänzt werden.

Firma:

**Betriebsanweisung**  
gemäß § 14 GefStoffV

**ANWENDUNGSBEREICH**

Arbeitsbereich: **Kleben mit PUR-Schmelzklebstoffen < 0,1 % MDI**  
Arbeitsplatz:  
Tätigkeit:

**GEFAHRSTOFFBEZEICHNUNG**

**PUR-Schmelzklebstoff:**  
Enthält Isocyanate  
Handelsname:

**GEFAHREN FÜR MENSCH UND UMWELT**

- Gefahr der Hautverbrennung bei Verarbeitungstemperatur
- Bildet bei Überhitzung und im Brandfall gefährliche Zersetzungsprodukte

**SCHUTZMAßNAHMEN UND VERHALTENSREGELN**



- Staub, Dampf oder Aerosol nicht einatmen
- Berührung mit kaltem und heißem Klebstoff vermeiden
- Nur bei eingeschalteter Absaugung arbeiten
- Hautkontakt zu kaltem Schmelzklebstoff durch geeignete Arbeitshandschuhe unterbinden
- Gründliche Hautreinigung, geeignete Hautpflegecreme verwenden
- Bei Spritzgefahr mit heißem Schmelzklebstoff Schutzbrille und thermisch beständige Arbeitshandschuhe verwenden

**VERHALTEN IM GEFAHRFALL**

**Notruf**

- Gefahrenbereich sofort verlassen, Feuerwehr alarmieren
- Brandgase nicht einatmen
- Entstehungsbrand mit Sand, Pulver- oder CO<sub>2</sub>-Löscher bekämpfen
- Verschmutzte oder getränkte Kleidung sofort entfernen
- Keine größeren Mengen in Grundwasser, Gewässer oder Kanalisation gelangen lassen

**ERSTE HILFE**

**Notruf**



- Einatmen: Frischluft, Arzt verständigen
- Hautkontakt: Mit Wasser und Seife reinigen, gut nachspülen
- Augenkontakt: Auf der Haut erstarrten Schmelzklebstoff vom Arzt entfernen lassen  
Bei geöffnetem Lidspalt gründlich mit Wasser spülen, Arzt konsultieren

**SACHGERECHTE ENTSORGUNG**

Abgekühlte Restmengen und kontaminiertes Reinigungsmittel sammeln  
und der Entsorgung durch \_\_\_\_\_ zuführen.

Datum:

Unterschrift:



# Anhang 4

## Weiterführende Literatur

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

Die jeweils aktuellen Schriften finden Sie unter:

www.baua.de  
www.beuth.de  
www.dguv.de/publikationen

### 1 Gesetze, Verordnungen

#### **Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) mit zugehörigen Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS),**

insbesondere

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 430 „Isocyanate – Gefährdungsbeurteilung und Schutzmaßnahmen“,

TRGS 500 „Schutzmaßnahmen“,

TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“,

TRGS 905 „Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe“,

Richtlinie 1999/45/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 31. Mai 1999 zur „Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Zubereitungen“,

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,

Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG),

Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV),

Arbeitsstätten-Richtlinie (ASR), insbesondere ASR 5 „Lüftung“.

### 2 Vorschriften, Regeln und Informationen

#### **Regeln**

„Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“ (BGR 121).

#### **Informationen**

Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 27 „Isocyanate“ (BGI/GUV-I 504-27),

„Allgemeine Präventionsleitlinie Hautschutz“ – Auswahl, Bereitstellung und Benutzung (BGI/GUV-I 8620),

„BG/BGIA-Empfehlungen für die Gefährdungsbeurteilung nach der Gefahrstoffverordnung, Allgemeiner Teil“ (BGI 790-001),

„Merkblatt M 044: Polyurethan-Herstellung und Verarbeitung/Isocyanate“ (BGI 524),

„Infoblatt: Hand- und Hautschutz in der Weiterverarbeitung“ (Best.-Nr. 531.9),

„Sicherheitsbeurteilung Buchbinderei – Checkliste“ (Best.-Nr. 230.3),

„Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz in der Weiterverarbeitung und in der Buchdruckerei“ (Best.-Nr. 232).

### 3 Weitere Schriften

Richtlinie VDI 2262 Blatt 1-4: „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz, Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe“,

DIN EN 1010-4: „Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsanforderungen an Konstruktion und Bau von Druck- und Papierverarbeitungsanlagen. Teil 4: Buchbinderei-, Papierverarbeitungs- und Papierveredelungsanlagen“.





**Deutsche Gesetzliche  
Unfallversicherung e.V. (DGUV)**

Mittelstraße 51  
10117 Berlin  
Tel.: 030 288763800  
Fax: 030 288763808  
E-Mail: [info@dguv.de](mailto:info@dguv.de)  
Internet: [www.dguv.de](http://www.dguv.de)