

**Hinweis:**

Hinsichtlich außer Kraft gesetzter Unfallverhütungsvorschriften, insbesondere des so genannten Maschinenaltbestandes, sowie älterer Richtlinien, Sicherheitsregeln und Merkblätter, die unter ihrer bisherigen ZH 1-Nummer auch weiterhin anzuwenden sind, siehe Internetfassungen des HVBG  
<http://www.hvbg.de/bgvr>

Berufsgenossenschaftliche  
Informationen für Sicherheit  
und Gesundheit bei der Arbeit

# BGI 790-015

## BG-Information

# BG/BGIA-Empfehlungen für die Gefährdungs- beurteilung nach der Gefahrstoffverordnung

Verwendung von reaktiven PUR-Schmelz-  
klebstoffen bei der Verarbeitung von  
Holz, Papier und Leder

vom Dezember 2006



**Carl Heymanns Verlag**

Ein Unternehmen von Wolters Kluwer Deutschland

Luxemburger Straße 449, 50939 Köln  
Telefon: (0221) 9437 30  
Telefax: (0221) 9437 3-603  
E-Mail: [verkauf@heymanns.com](mailto:verkauf@heymanns.com)  
[www.arbeitssicherheit.de](http://www.arbeitssicherheit.de)  
Nachdruck verboten

Berufsgenossenschaftliches Institut  
für Arbeitsschutz – BGIA



**HVBG**  
Hauptverband der  
gewerblichen  
Berufsgenossenschaften

**Inhaltsverzeichnis**

	Seite
Vorbemerkung.....	2
1 Anwendungsbereich .....	3
2 Begriffsbestimmungen .....	4
3 Arbeitsverfahren/Tätigkeit.....	5
3.1 Allgemeines.....	5
3.2 Druckweiterverarbeitung.....	6
3.3 Holz- und Holzwerkstoffbeschichtung .....	7
3.4 Schuhherstellung .....	8
3.5 Herstellung von Fahrzeuginnenausstattungen, Polstermöbeln und weitere Verfahren .....	8
3.6 Abfüllung von reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen.....	9
4 Gefahrstoffexposition.....	10
4.1 Gefahrstoffe .....	10
4.2 Bewertung der Gefahrstoffexposition .....	12
5 Schutzmaßnahmen .....	13
5.1 Gefährdungsbeurteilung – Schutzmaßnahmenkonzept .....	13
5.2 Emissionsarme Auftragverfahren.....	14
5.3 Mindestmaßnahmen für alle Auftragverfahren .....	14
5.4 Weitere Schutzmaßnahmen bei Standardauftragverfahren .....	16
5.5 Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen.....	17
5.6 Musterbetriebsanweisungen .....	17
6 Anwendungshinweise .....	18
7 Überprüfung.....	18
8 Weiterführende Literatur.....	18
Anhang 1: Expositionsmessungen und Befunde.....	21
Anhang 2: Checklisten zur Gefährdungsbeurteilung .....	28
Anhang 3: Musterbetriebsanweisungen .....	31

## BGI 790-015

**Berufsgenossenschaftliche Informationen (BG-Informationen)** enthalten Hinweise und Empfehlungen, die die praktische Anwendung von Regelungen zu einem bestimmten Sachgebiet oder Sachverhalt erleichtern sollen.

*BG-Informationen richten sich in erster Linie an den Unternehmer und sollen ihm Hilfestellung bei der Umsetzung seiner Pflichten aus staatlichen Arbeitsschutzvorschriften, Unfallverhütungsvorschriften und ggf. Regeln geben sowie Wege aufzeigen, wie Arbeitsunfälle, Berufskrankheiten und arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren vermieden werden können.*

*Der Unternehmer kann bei Beachtung der in den BG-Informationen enthaltenen Empfehlungen, insbesondere den beispielhaften Lösungsmöglichkeiten, davon ausgehen, dass er damit geeignete Maßnahmen zur Verhütung von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren getroffen hat. Andere Lösungen sind möglich, wenn Sicherheit und Gesundheitsschutz in gleicher Weise gewährleistet sind. Sind zur Konkretisierung staatlicher Arbeitsschutzvorschriften von den dafür eingerichteten Ausschüssen technische Regeln ermittelt worden, sind diese vorrangig zu beachten.*

### Vorbemerkung

BG/BGIA-Empfehlungen für die Gefährdungsbeurteilung nach der Gefahrstoffverordnung werden von

- den gewerblichen Berufsgenossenschaften (BG)  
und
- dem Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitsschutz – BGIA

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 BG-Information in das Sammelwerk des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften unter der Bestellnummer BGI 790-001 ff. aufgenommen.

Diese BG/BGIA-Empfehlungen wurden erarbeitet in Zusammenarbeit von

- Bundesverband Holz und Kunststoff (BHKH), Berlin
- Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung – Klebtechnik und Oberflächen (IFAM), Bremen
- Henkel KGaA, Düsseldorf
- Planatol Adhesive GmbH, Rohrdorf
- Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht, Mainz
- Berufsgenossenschaft Druck und Papierverarbeitung, Wiesbaden
- Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, Heidelberg
- Lederindustrie-Berufsgenossenschaft, Mainz
- Textil- und Bekleidungs-Berufsgenossenschaft, Augsburg
- Holz-Berufsgenossenschaft, München
- Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGIA, Sankt Augustin
- Berufsgenossenschaftliches Forschungsinstitut für Arbeitsmedizin (BGFA), Bochum.

## 1 Anwendungsbereich

Diese BG/BGIA-Empfehlungen beziehen sich auf den Einsatz von reaktiven 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.

Diese BG/BGIA-Empfehlungen 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 Empfeh-

## BGI 790-015

lung zur Erfüllung der Gefährdungsbeurteilung nach der Gefahrstoffverordnung.

Bei Einhaltung dieser Schutzmaßnahmen wird eine inhalative Belastung der Beschäftigten von 0,05 mg/m<sup>3</sup> Diphenylmethandiisocyanate als Summenindex im Schichtmittel und als Spitzenexposition unterschritten.

*Siehe Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 430 „Isocyanate – Exposition und Überwachung“.*

Eine dermale Exposition ist bei Einhaltung der Schutzmaßnahmen nicht gegeben.

Diese BG/BGIA-Empfehlungen finden keine Anwendung für Tätigkeiten mit

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

## 2 Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieser BG-Information werden folgende Begriffe bestimmt:

1. **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.
2. **Monomeres MDI (Diphenylmethandiisocyanat)** ist ein Stoff mit zwei hochreaktiven, endständigen NCO-Gruppen, die unter-

schiedlich angeordnet sein können. In reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen werden überwiegend 2,4'- oder 4,4'-MDI mit einem summarischen Gehalt von maximal 4 % eingesetzt.

3. **Polymeres MDI** sind höhermolekulare di- und trimere Addukte und Homologe des monomeren MDI. Polymeres MDI ist nicht identisch mit der Hersteller-Bezeichnung Polymer-MDI für Roh-MDI, da dieses noch monomeres MDI enthält.
4. **Polyurethan-Prepolymere** des MDI sind Reaktionsprodukte von monomeren und/oder polymeren MDI mit Polyolen. Sie sind der Hauptbestandteil der reaktiven PUR-Hotmelts.
5. **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. Wenig geeignet für die PUR-Schmelzklebstoff-Verflüssigung sind Vorschmelzgeräte mit Tankheizverfahren. Vorschmelzgeräte können separate Anlagen sein oder als Bestandteil in die Auftraganlage integriert sein.
6. Eine **Schmelzklebstoff-Auftraganlage** ist eine komplexe Einrichtung zum Auftrag von Schmelzklebstoffen auf zu fügende Teile.

*Dies sind z.B. Beschichtungsanlagen, Anleimmaschinen, Kantenanleimmaschinen oder Klebebindemaschinen.*
7. 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.

## BGI 790-015

Der reaktive PUR-Schmelzklebstoff wird als Kerze in einem Folien-sack 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 z.B. im Beschneiden der gefügten Teile. Das Produkt kann manuell oder maschinell abgenommen oder weiterverarbeitet werden.

Nebenarbeiten bestehen in Rüsten und Störungsbeseitigungen des Vorschmelzgerätes und des Auftragsystems sowie dem 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 120 bis 150 °C.

Während der Produktion auftretende Isocyanatemissionen werden abgesaugt und abgeführt. Zu kurzfristig erhöhten Isocyanatemissionen kann es beim Beschicken des Vorschmelzgerätes mit Klebstoff, bei der Störungsbeseitigung an der geöffneten Klebebindemaschine, beim Herausfahren und Aufbewahren des heißen Walzenbeckens 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 Holz- und Holzwerkstoffbeschichtung für Kantenverleimungen (Badmöbel- und Küchenhersteller) sowie für Flächenverleimungen (Kaschieren, Wohnmobilerhersteller, Hersteller von Spezialtüren) eingesetzt.

Bei der Kantenverleimung werden Kanten aller Art, z.B. Holz, Kunststoff, Folie, in einer Kantenanleimmaschine 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 anzuleimende Kante aufgebracht. Mittels Andrückrollen werden Werkstück und beleimte Kante miteinander verbunden. Anschließend wird das fertig verleimte Werkstück zur Weiterverarbeitung bereitgestellt.

Bei der Kaschierung handelt es sich um das großflächige Verleimen 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 Auftragsstationen (Auftragwalzen) transportiert. Die zu beschichtenden Werkstücke werden über ein Transportsystem (Aufgabebereich) zugeführt und über Auftragwalzen mit einem dünnen Klebstofffilm versehen. Anschließend wird die aufzuleimende Schicht aufgebracht und nachfolgend in Pressen mit dem Werkstück unter Druck verklebt. In einer Nachbearbeitungsstufe wird das verleimte Werkstück gegebenenfalls noch mechanisch bearbeitet.

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

## BGI 790-015

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

### 3.4 Schuhherstellung

In der Schuhindustrie werden z.B. 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 Auftragsbereich 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. von 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.

Isocyanatmissionen 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 bei Tätigkeiten mit dem Schmelzklebstoff bei Raumtemperatur sowie bei Störungsbeseitigungen möglich.

### 3.6 **Abfüllung von reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen**

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

Beim Abfüllvorgang auftretende Isocyanatmissionen werden abgesaugt. Zu kurzfristig erhöhten Isocyanatmissionen oder zu Hautkontakt mit dem geschmolzenen reaktiven PUR-Hotmelt kann

# BGI 790-015

es bei Filterwechsel oder bei der Störungsbeseitigung in der Abfüllstation kommen.

## 4 Gefahrstoffexposition

### 4.1 Gefahrstoffe

Name/ CAS-Nr.	Kenn- zeichnung	R-Sätze	AGW mg/m <sup>3</sup>	Spitzenbegrenzung/ Bemerkung
4,4'-MDI Diphenyl- methan-4,4'- diisocyanat 101-68-8	Xn Xi	R20 R36/37/38 R42/43	0,05	1; =2=(I) S K3 (TRGS 905/in Form atembare Aerosole)
2,4'-MDI Diphenyl- methan-2,4'- diisocyanat 5873-54-1	Xn Xi	R20 R36/37/38 R42/43	–	S

AGW = Arbeitsplatzgrenzwerte

**Tabelle 1:** Gefahrstoffe, Kennzeichnung und Arbeitsplatzgrenzwerte

*Siehe Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“ und TRGS 905 „Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe“.*

Von Isocyanaten können bei Nichteinhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes oder bei dermale Kontakt erhebliche Gesundheitsgefahren ausgehen. Diese sind auf dem Etikett am Gebinde und im zugehörigen Sicherheitsdatenblatt ausführlich beschrieben. MDI und seine Homologen sind akut gesundheitsschädlich, wirken sensibilisierend und werden auch mit einem krebserzeugenden Potenzial im Tierversuch in Verbindung gebracht. Die Gefährdung durch Isocyanate wird durch Geruch kaum wahrgenommen.

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 hervorgerufen, eine exakte Definition der Dosis-Wirkungs-Beziehung ist bislang nicht möglich.

Die Einstufung von MDI in K3 bedeutet, dass dieser Stoff wegen einer möglichen krebserzeugenden Wirkung beim Menschen Anlass zur Besorgnis gibt. Jedoch ist dies wissenschaftlich noch nicht vollständig geklärt, so dass MDI nicht den besonderen Bestimmungen der Gefahrstoffverordnung für krebserzeugende Arbeitsstoffe unterliegt.

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 bis 4 % ungebundene Isocyanate enthalten, die bei Temperaturen über 100 °C in gesundheitsgefährlicher Konzentration in die Atemluft austreten können. MDI-Dämpfe können in kalter Umgebungsluft kondensieren bzw. mit Wasser (Luftfeuchte) abreagieren. Bei der Verwendung von reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen konnte durch Messungen in der Atemluft ein Auftreten von polymerem MDI und Polyurethan-Prepolymeren auch bei höheren Temperaturen nicht nachgewiesen werden.

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

Kennzeichnungspflichtig nach der Gefahrstoffverordnung sind PUR-Schmelzklebstoffe, wenn sie mehr als 0,1 % monomeres MDI enthalten. Liegt der Anteil zwischen 0,1 und 1 %, gelten sie als „gesundheitsschädlich“ und erhalten den Hinweis R42 „Sensibilisierung durch Einatmen möglich“. Zusätzlich ist eine Kennzeichnung mit dem Hinweis „Enthält Isocyanate – Hinweise des Herstellers beachten“ erforderlich. Ab einem Gehalt von 1 % monomeres MDI sind die Produkte mit R43 „Sensibilisierung durch Hautkontakt“ und ab 5 % mit R36/37/38 „Reizt die Augen, Atmungsorgane und die Haut“ zu kennzeichnen.

## BGI 790-015

Für diese BG/BGIA-Empfehlungen wird auf Grund eines fehlenden Arbeitsplatzgrenzwertes (AGW) die Bewertung des 2,4'-MDI am AGW für 4,4'-MDI orientiert. Dies erscheint im Sinne einer Worst-case-Betrachtung gerechtfertigt, da 2,4'-MDI infolge der sterischen Hinderung einer NCO-Gruppe nicht reaktiver sein kann als 4,4'-MDI.

### 4.2 Bewertung der Gefahrstoffexposition

Die Ergebnisse der durchgeführten Expositionsmessungen (siehe Anhang 1) nach den Technischen Regeln für Gefahrstoffe TRGS 402 „Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen“ zeigen für alle Arbeitsverfahren und Tätigkeiten mit reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen, dass bezogen auf eine 8stündige Arbeitsschicht der Arbeitsplatzgrenzwert von  $0,05 \text{ mg/m}^3$  für Diphenylmethandiisocyanate sicher unterschritten ist. Der 95%-Wert liegt bei allen Messungen unter dem Arbeitsplatzgrenzwert. Bei Verwendung von emissionsarmen PUR-Schmelzklebstoffen unter 0,1 % MDI liegen alle Messergebnisse unter der Bestimmungsgrenze.

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

Eine erhöhte Exposition im Sinne des Kurzzeitwertes über 15 min betrug maximal bei einer Messung in einem Branchenbereich bis zu  $0,047 \text{ mg/m}^3$ , womit der Überschreitungsfaktor von 1 eingehalten wird. Die Dauer erhöhter Exposition blieb unter einer Stunde. Expositionsspitzen im Sinne des Momentanwertes betragen maximal bis zu  $0,078 \text{ mg/m}^3$ . Damit ist auch unter Worst-case-Bedingungen die zulässige Konzentration des doppelten Arbeitsplatzgrenzwertes zu keinem Zeitpunkt überschritten.

Die in diesen BG/BGIA-Empfehlungen beschriebenen reaktiven PUR-Schmelzklebstoffe und Arbeitsverfahren stellen den Stand der Technik dar.

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. Entsprechend der ermittelten Gefährdung der Beschäftigten werden Maßnahmen im Rahmen eines Schutzmaßnahmenkonzeptes erforderlich (siehe Checklisten in Anhang 2).

In diesen BG/BGIA-Empfehlungen werden abgestufte stoffspezifische Bedingungen definiert, für die entsprechend des jeweiligen Auftragverfahrens differenzierte Schutzmaßnahmen notwendig sind.

<b>Schutzmaßnahmenkonzept bei der Verwendung von reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen</b>	
<b>Stoffspezifische Bedingungen</b>	<b>Verfahrensspezifische Maßnahmen</b>
MDI < 0,1 %	Alle Auftragverfahren: Mindestmaßnahmen nach Abschnitt 5.3
0,1 % < MDI < 4 %	Emissionsarme Auftragverfahren nach Abschnitt 5.2: Mindestmaßnahmen nach Abschnitt 5.3
	Standardauftragverfahren: Mindestmaßnahmen nach Abschnitt 5.3 + Maßnahmen nach Abschnitt 5.4

Falls die Konzentration aller MDI-Monomeren im reaktiven PUR-Schmelzklebstoff 0,1 Masse-% nicht überschreitet, sind die Mindestmaßnahmen nach Abschnitt 5.3 ausreichend. Beträgt die Konzentration aller MDI-Monomeren im reaktiven PUR-Schmelzklebstoff zwischen 0,1 und 4 Masse-%, sind bei emissionsarmen Auftragverfahren nach Abschnitt 5.2 ebenfalls Schutzmaßnahmen nach Abschnitt 5.3 ausreichend. Bei Standardauftragverfahren sind zusätzlich zu den Schutzmaßnahmen nach Abschnitt 5.3 weitere Schutzmaßnahmen nach Abschnitt 5.4 erforderlich.

# BGI 790-015

## 5.2 Emissionsarme Auftragverfahren

Wird ein reaktiver PUR-Schmelzklebstoff mit einer Konzentration aller MDI-Monomeren im Bereich von 0,1 bis 4 Masse-% verwendet, sind bei Einsatz der nachfolgend aufgeführten emissionsarmen Auftragverfahren keine weiteren, über die in Abschnitt 5.3 festgelegten Schutzmaßnahmen hinaus erforderlich:

- Das Vorschmelzgerät ist mit einer Temperaturbegrenzung bis 100 °C ausgerüstet, so dass 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.

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

## 5.3 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 der Arbeitsstätten-Richtlinie ASR 5 „Lüftung“ und VDI 2262 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz“ erfüllt sein. Dies betrifft insbesondere eine angemessene Frischluftzufuhr zum Ausgleich der abgesaugten Luft sowie deren Befeuchtung.
- Für die Verarbeitung von reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen dürfen nur 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, Absaugung mit mindestens 300 m<sup>3</sup>/h am Auftragsystem).

*Siehe DIN EN 1010-4 „Sicherheit von Maschinen; Sicherheitsanforderungen an Konstruktion und Bau von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen; Teil 4: Buchbinderei-, Papierverarbeitungs- und Papierveredelungsmaschinen“.*

- Hautkontakt, z.B. beim Auspacken des reaktiven PUR-Schmelzklebstoffs, beim Reinigen oder bei der manuellen Handhabung der frischen Produkte, muss vermieden werden. Die Verwendung von geeigneten Arbeitshandschuhen, z.B. beschichtete Baumwollhandschuhe, ist erforderlich.
- Beim Nachfüllen des reaktiven PUR-Schmelzklebstoffs und bei Reinigungsarbeiten müssen thermisch beständige Arbeitshandschuhe, z.B. Lederhandschuhe, getragen werden. Besteht die Gefahr, dass der heiße Schmelzklebstoff verspritzt, muss eine Schutzbrille benutzt werden.
- Bei Arbeitsende und vor Pausen Hände gründlich reinigen. Eine ausreichende Hautpflege ist sicher zu stellen. Bei vorgeschädigter oder krankhaft veränderter Haut sollte ein Arzt aufgesucht werden

*Siehe BG-Regel „Benutzung von Hautschutz“ (BGR 197).*

- Mit reaktivem PUR-Schmelzklebstoff verunreinigte Kleidung muss umgehend gewechselt werden.
- Im gesamten Arbeitsbereich besteht Ess-, Trink- und Rauchverbot.

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

- Alle Schutzeinrichtungen am Auftragsystem müssen in der Regel täglich auf Vollständigkeit und Funktionstüchtigkeit geprüft werden.
- Da Absaugleitungen und Ventilatoren versotzen 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 Prüfung mit Rauchröhrchen erfolgen.

## BGI 790-015

- 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.

### 5.4 Weitere Schutzmaßnahmen bei Standardauftragverfahren

Bei Standardauftragverfahren wird der reaktive PUR-Schmelzklebstoff im Vorschmelzgerät bei über 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 Masse-% verwendet, müssen bei Einsatz von Standardauftragverfahren zusätzlich zu den unter Abschnitt 5.2 festgelegten weitere Schutzmaßnahmen 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.

### 5.5 **Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen**

Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen nach § 16 in Verbindung mit Abschnitt 2.1 des Anhangs V der Gefahrstoffverordnung sind bei Tätigkeiten entsprechend dieser BG/BGIA-Empfehlungen nicht zu veranlassen.

Werden Tätigkeiten nicht nach diesen BG/BGIA-Empfehlungen 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 BG-Grundsatz G 27 „Isocyanate“ durchgeführt werden.

### 5.6 **Musterbetriebsanweisungen**

Der Arbeitgeber muss für reaktive PUR-Hotmelts mit mehr als 0,1 % MDI-Monomeren entsprechend § 14 der Gefahrstoffverordnung auf der Grundlage der Gefährdungsbeurteilung eine Betriebsanweisung aufstellen und den Beschäftigten zugänglich machen (siehe Beispiel A in Anhang 3).

*Siehe Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ (BGV A1) und Arbeitsschutzgesetz.*

Obwohl die Forderung einer Betriebsanweisung für reaktive PUR-Hotmelts mit weniger als 0,1 Masse-% MDI-Monomere formal nicht besteht, ist die Betriebsanweisung zur Information der Beschäftigten sinnvoll (siehe Beispiel B in Anhang 3).

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

- Beschreibung der Tätigkeiten gemäß diesen BG/BGIA-Empfehlungen,
- Anwendung der Schutzeinrichtungen und -maßnahmen,
- Mögliche Gefährdungen durch Isocyanate bei Tätigkeiten, die nicht diesen BG/BGIA-Empfehlungen entsprechen.

# BGI 790-015

## 6 Anwendungshinweise

Der Anwender dieser BG/BGIA-Empfehlungen hat bei Verfahrensänderungen und ansonsten regelmäßig, mindestens jedoch einmal jährlich, die Gültigkeit der Voraussetzungen zu überprüfen und das Ergebnis zu dokumentieren. Hierzu zählt unter anderem die Prüfung der unveränderten Gültigkeit dieser BG/BGIA-Empfehlungen. Die Überprüfung erfolgt im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach § 7 der Gefahrstoffverordnung.

BG/BGIA-Empfehlungen geben dem Arbeitgeber praxisgerechte Hinweise, 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 (§ 7) und die Verpflichtung zur Beachtung der Rangordnung der Schutzmaßnahmen (§ 9), bestehen. Andere Gefahrstoffe im Arbeitsbereich, z.B. Reiniger, sind unabhängig von diesen BG/BGIA-Empfehlungen in die Gefährdungsbeurteilung einzubeziehen.

## 7 Überprüfung

Diese BG/BGIA-Empfehlungen wurden erstmals im Dezember 2006 verabschiedet. Sie werden im Abstand von drei Jahren überprüft und bei Bedarf in überarbeiteter Form veröffentlicht.

## 8 Weiterführende Literatur

Nachstehend sind die in dieser BG-Information in Bezug genommenen Vorschriften und Regeln aufgeführt:

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG),
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV), mit zugehörigen Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), insbesondere
  - TRGS 402 „Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen“,
  - TRGS 430 „Isocyanate – Exposition und Überwachung“,
  - TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“,

## BGI 790-015

- TRGS 905 „Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe“,
- Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ (BGV A 1),
- BG-Regel „Benutzung von Hautschutz“ (BGR 197),
- DIN EN 1010-4 „Sicherheit von Maschinen; Sicherheitsanforderungen an Konstruktion und Bau von Druck- und Papierverarbeitungs- und Buchbinderei-, Papierverarbeitungs- und Papierveredelungsmaschinen“,
- ASR 5 „Lüftung“,
- VDI 2262 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz, Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe“.

Die zitierten Arbeitsschutznormen sind in der jeweils aktuellen Fassung anzuwenden.

Die Technischen Regeln für Gefahrstoffe werden im Gemeinsamen Ministerialblatt – bis 2006 im Bundesarbeitsblatt – veröffentlicht.

Weitere Informationen enthalten:

- BG-Informationen „Auswahlkriterien für die spezielle arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 27 – Isocyanate“ (BGI 504-27),
- BG-Informationen (M 044) „Polyurethan-Herstellung und Verarbeitung/Isocyanate“ (BGI 524),
- Infoblatt: „Verwendung von PUR-Klebstoffen bei der Klebebindung“. Best.-Nr. 532. Berufsgenossenschaft Druck- und Papierverarbeitung, Wiesbaden,
- Infoblatt: „Hand- und Hautschutz in der Weiterverarbeitung“. Best.-Nr. 531.9. Berufsgenossenschaft Druck- und Papierverarbeitung, Wiesbaden.

Internet:

[www.bgdp.de/pages/service/download/medien/531-9.pdf](http://www.bgdp.de/pages/service/download/medien/531-9.pdf),

- „Sicherheitsbeurteilung Buchbinderei – Checkliste“.

Best.-Nr. 230.3.

Berufsgenossenschaft Druck- und Papierverarbeitung,  
Wiesbaden.

Internet:

[www.bgdp.de/pages/service/download/medien/230-3.pdf](http://www.bgdp.de/pages/service/download/medien/230-3.pdf),

## BGI 790-015

- Broschüre: „Arbeitsicherheit und Gesundheitsschutz in der Weiterverarbeitung und in der Buchdruckerei“. Best.-Nr. 232. Berufsgenossenschaft Druck- und Papierverarbeitung, Wiesbaden.

Internet:

[www.bgdp.de/pages/service/download/medien/232.pdf](http://www.bgdp.de/pages/service/download/medien/232.pdf)

## **Anhang 1**

### **Expositionsmessungen und Befunde**

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

Diese BG/BGIA-Empfehlungen 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 2006.

Bei allen Messungen wurde das im Berufsgenossenschaftlichen Messsystem Gefahrstoffe (BGMG) autorisierte Probenahmesystem verwendet. Die Probenahmedauer betrug zwischen 20 min und 4 Stunden. Die Bestimmungsgrenze hängt von der Probenahmedauer ab und beträgt bei einer Probenahmedauer von 20 min bis 4 h typischerweise 0,008 bis 0,002 mg/m<sup>3</sup>.

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

#### **1 Druckweiterverarbeitung**

Die Messungen der Emissionen erfolgten an Arbeitsplätzen in der Druckweiterverarbeitung unter Anwendung des in Abschnitt 3.1 beschriebenen Arbeitsverfahrens. Die Messungen wurden an PUR-Schmelzklebstoff-Auftragsystemen verschiedener repräsentativer Hersteller mit insgesamt elf Klebstoffen durchgeführt.

Insgesamt wurden 103 Arbeitsplatzmessungen als ortsfeste Probenahme in 17 Betrieben durchgeführt. Dabei wurden 16 Arbeitsplatzmessungen in drei Betrieben für reaktive PUR-Schmelzklebstoffe mit MDI < 0,1 % und 87 Arbeitsplatzmessungen in 14 Betrieben für solche mit 0,1 % < MDI < 4,0 % 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.

## BGI 790-015

Die Tabellen 2 und 3 enthalten die statistisch ausgewerteten Arbeitsplatzkonzentrationen. Sie geben die schichtbezogene Exposition an, wenn die im Abschnitt 3.1 beschriebenen Arbeitsvorgänge während der gesamten Schicht ausgeführt werden.

	Anzahl der Messwerte	Minimalwert mg/m <sup>3</sup>	Maximalwert mg/m <sup>3</sup>	50%-Wert mg/m <sup>3</sup>	95%-Wert mg/m <sup>3</sup>
Gesamt	103	< 0,002	0,021	0,003	0,012
MDI-Gehalt < 0,1 %	16	< 0,002	< 0,009	< 0,003	< 0,008
0,1 % < MDI < 4 %	87	< 0,002	0,021	0,004	0,012

**Tabelle 2:** Übersicht der Messergebnisse für 2,4'-MDI

	Anzahl der Messwerte	Minimalwert mg/m <sup>3</sup>	Maximalwert mg/m <sup>3</sup>	50%-Wert mg/m <sup>3</sup>	95%-Wert mg/m <sup>3</sup>
Gesamt	103	< 0,002	0,017	0,003	0,01
MDI-Gehalt < 0,1 %	16	< 0,002	< 0,009	< 0,003	< 0,008
0,1 % < MDI < 4 %	87	< 0,002	0,017	0,002	0,012

**Tabelle 3:** Übersicht der Messergebnisse für 4,4'-MDI

Die Messwerte für 2,4'- und 4,4'-MDI sind im statistischen Mittel ähnlich. Vergleicht man die Summe aus 2,4'- 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>.

2 **Holz- und Holzwerkstoffbeschichtung**

Die Messungen der Emissionen erfolgten an Arbeitsplätzen in der Holz- und Holzwerkstoffbeschichtung unter Anwendung des in Abschnitt 3.2 beschriebenen Arbeitsverfahrens. Dabei wurden die betriebstypischen Arbeitsgänge erfasst, inklusive sporadisch durchgeführter Reinigungsvorgänge, z.B. der Auftragwalzen- und Fasswechsel. Es erfolgte keine Unterscheidung nach Kanten- und Flächenverleimung. Die Messungen der Emissionen wurden an PUR-Schmelzklebstoff-Auftragsystemen verschiedener repräsentativer Hersteller durchgeführt.

Insgesamt wurden 37 Messungen in 13 Betrieben durchgeführt. Von den 37 Messungen wurden 24 mit PUR-Schmelzklebstoffen, die den Anforderungen dieser BG/BGIA-Empfehlungen entsprechen, durchgeführt, davon zwölf personengetragene (in der Regel Bedienung/Überwachung der Anlage) und zwölf ortsfeste Messungen (in der Regel Auftragbereich/Atemhöhe<sup>\*)</sup>. Es kamen keine PUR-Schmelzklebstoffe mit einem MDI-Monomergehalt < 0,1 % zum Einsatz.

Die Tabellen 4 und 5 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.

	Anzahl der Messwerte	Minimalwert mg/m <sup>3</sup>	Maximalwert mg/m <sup>3</sup>	50%-Wert mg/m <sup>3</sup>	95%-Wert mg/m <sup>3</sup>
0,1 % < MDI < 4 %	24	< 0,001	< 0,006	< 0,002	< 0,003

**Tabelle 4:** Übersicht der Messergebnisse für 2,4'-MDI

\*) In zwei Betrieben wurden ergänzend vier Messungen beim Einsatz TDI-haltiger Schmelzklebstoffe durchgeführt. Die Messergebnisse von 2,4- und 2,6-TDI liegen unter der Bestimmungsgrenze. In drei Betrieben wurden neun Messungen beim Einsatz von PUR-Schmelzklebstoffen mit MDI-Monomer-Gehalten zwischen 7 und 13 % durchgeführt. Die Messergebnisse liegen unter der Bestimmungsgrenze.

## BGI 790-015

	Anzahl der Messwerte	Minimalwert mg/m <sup>3</sup>	Maximalwert mg/m <sup>3</sup>	50%-Wert mg/m <sup>3</sup>	95%-Wert mg/m <sup>3</sup>
0,1 % < MDI < 4 %	24	< 0,001	0,020	< 0,002	0,008

**Tabelle 5:** Übersicht der Messergebnisse für 4,4'-MDI

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>.

Vergleicht man die Summe aus 2,4'- und 4,4'-MDI mit einem Grenzwert von 0,05 mg/m<sup>3</sup>, liegen bis zum 95%-Wert alle Summenmesswerte unter diesem Wert.

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>.

### 3 Schuhherstellung

Die Messungen der Emissionen erfolgten bei der Tätigkeit Sohlen abdichten in der Schuhindustrie bei allen möglichen Tätigkeiten unter Anwendung des in Abschnitt 3.3 beschriebenen Arbeitsverfahrens.

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 6 und 7 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.

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

**Tabelle 6:** Übersicht der Messergebnisse für 2,4'-MDI

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

**Tabelle 7:** Übersicht der Messergebnisse für 4,4'-MDI

Die Messwerte für 2,4'-MDI liegen bei allen Messungen deutlich unter denen von 4,4'-MDI. Vergleicht man die Summe aus 2,4'- und 4,4'-MDI mit einem Grenzwert von 0,05 mg/m<sup>3</sup>, liegen bis zum 95%-Wert alle Summenmesswerte unter diesem Wert. Der Maximalwert liegt in der Summe 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 Gewerbebranchen, die der Lederindustrie zugeordnet sind, unter Anwendung des in Abschnitt 3.4 beschriebenen Arbeitsverfahrens.

Insgesamt wurden 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.

## BGI 790-015

Die Tabellen 8 und 9 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.

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

**Tabelle 8:** Übersicht der Messergebnisse für 2,4'-MDI

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

**Tabelle 9:** Übersicht der Messergebnisse für 4,4'-MDI

Für 2,4'-MDI wurden weniger Messungen als für 4,4'-MDI durchgeführt. Vergleicht man die Summe aus 2,4'- und 4,4'-MDI mit einem Grenzwert von 0,05 mg/m<sup>3</sup>, liegen bis zum 95%-Wert alle Summenmesswerte unter diesem Wert. 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 erhalten werden. Höhere Belastungen werden dagegen bei fehlenden oder unzureichenden Einhausungen und Absaugungen 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 vorliegenden BG/BGIA-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 3.5 beschriebenen Arbeitsverfahrens. Insgesamt wurden 17 Arbeitsplatzmessungen ortsfest und personenbezogen in zwei Betrieben durchgeführt.

Die Tabellen 10 und 11 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.

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

**Tabelle 10:** Übersicht der Messergebnisse für 2,4'-MDI

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

**Tabelle 11:** Übersicht der Messergebnisse für 4,4'-MDI

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

Der Maximalwert für 4,4'-MDI liegt bei 0,025 mg/m<sup>3</sup>.

# BGI 790-015

## Anhang 2

### Checklisten zur Gefährdungsbeurteilung

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

**Gefährdungsbeurteilung** Firma:

Arbeitsbereich: Vorschmelzgerät Datum:  
PUR-Schmelzklebstoff-Auftraganlage

Gefährdung durch MDI-Dämpfe und Hautkontakt zu PUR-Schmelzklebstoffen

Maßnahmen	Handlungsbedarf Ja/Nein	Wer?	Erledigung/ Datum
Ist Einsatz von Schmelzklebstoff < 4 % MDI gegeben? (Substitutionsgebot)			
Einsatz emissionsarmer Schmelzklebstoffe < 0,1 % MDI prüfen			
Lüftung der Arbeitsräume nach den Anforderungen der ASR 5			
Vorschmelzgerät und Auftraganlage geeignet für PUR; emissionsarme Anlagen bevorzugen			
Verarbeitungstemperatur des Herstellers beachten, max. 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)			
Bei Vorschmelzgeräten, die über 100 °C schmelzen, ist während des Fasswechsels eine wirksame Absaugung mit mindestens 150 m³/h und eine Abführung der Dämpfe nach außen oder über geeigneten Filter erforderlich			
Bei Walzensystemen muss bei Tätigkeiten am offenen Vorratsbecken in und außerhalb der Auftraganlage das Austreten MDI-haltiger Dämpfe z.B. durch eine Ablufthaube wirksam verhindert sein			

## BGI 790-015

<b>Maßnahmen</b>	<b>Handlungsbedarf Ja/Nein</b>	<b>Wer?</b>	<b>Erledigung/ Datum</b>
Beim Herausziehen eines offenen Walzensystems aus der Auftraganlage oder bei Heiß-Reinigung dieses Systems Atemschutzmaske mit Filter A, braun, oder B, grau, zur Verfügung stellen und benutzen			
Großflächigen Hautkontakt beim Auspacken des PUR-Hotmelts, beim Reinigen oder bei der manuellen Handhabung der frischen Produkte vermeiden → geeignete Arbeitshandschuhe			
Bei Tätigkeiten mit heißem Schmelzklebstoff thermisch beständige Arbeitshandschuhe tragen; bei Spritzgefahr Schutzbrille benutzen			
Hände gründlich reinigen; zur Hautpflege geeignete Hautcreme verwenden			
Ess-, Trink- und Rauchverbot im Arbeitsbereich			
Betriebsanweisung liegt vor, Mitarbeiter sind unterwiesen			

# BGI 790-015

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

### Gefährdungsbeurteilung

Firma:

Arbeitsbereich:

Vorschmelzgerät

Datum:

PUR-Schmelzklebstoff-Auftraganlage

Gefährdung durch MDI-Dämpfe und Hautkontakt zu PUR-Schmelzklebstoffen

Maßnahmen	Handlungsbedarf Ja/Nein	Wer?	Erledigung/ Datum
Ist Einsatz von Schmelzklebstoff < 0,1 % MDI gegeben? (Substitutionsgebot)			
Lüftung der Arbeitsräume nach den Anforderungen der ASR 5			
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 → geeignete Arbeitshandschuhe			
Bei Tätigkeiten mit heißem Schmelzklebstoff thermisch beständige Arbeitshandschuhe tragen; bei Spritzgefahr Schutzbrille benutzen			
Hände gründlich reinigen; zur Hautpflege geeignete Hautcreme verwenden			
Ess-, Trink- und Rauchverbot im Arbeitsbereich			
Betriebsanweisung liegt vor, Mitarbeiter sind unterwiesen			

Anhang 3

Musterbetriebsanweisungen

**A Betriebsanweisung für reaktive PUR-Schmelzklebstoffe  
> 0,1 % monomeres MDI < 4 %**

Dieser Einwurf muss noch durch arbeitsplatzspezifische Angaben ergänzt und vom Unternehmer unterschrieben werden

**Betriebsanweisung**

gemäß GefStoffV

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

Unterschrift: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

**Gefahrstoffbezeichnung**

**PUR-Schmelzklebstoff:** \_\_\_\_\_

**Enthält Isocyanate**

Handelsname eintragen

**Gefahren für Mensch und Umwelt**



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

**Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln**



- Staub, Dampf oder Aerosol nicht einatmen
- Berührung mit 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 Notfall**

**Notruf:** \_\_\_\_\_

- Gefahrbereich 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.

# BGI 790-015

## B Betriebsanweisung für reaktive PUR-Schmelzklebstoffe < 0,1 % monomeres MDI

Dieser Entwurf muss noch durch arbeitsplatzspezifische Angaben ergänzt und vom Unternehmer unterschrieben werden.

### Betriebsanweisung

gemäß GefStoffV

Arbeitsplatz, -bereich, Tätigkeit:

**Kleben mit PUR-Schmelzklebstoffen; < 0,1 % MDI**

Unterschrift:

Datum:

#### Gefahrstoffbezeichnung

**PUR-Schmelzklebstoff:**

**Enthält Isocyanate**

Handelsname eintragen

#### Gefahren für Mensch und Umwelt

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

#### Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln



- Staub, Dampf oder Aerosol nicht einatmen
- Berührung mit 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  
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.