

Verwendung von reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen

Reaktive PUR-Schmelzklebstoffe, auch PUR-Hotmelts genannt, werden für verschiedene Zwecke in der Papier- und Druckweiterverarbeitung eingesetzt. Ein wichtiges Anwendungsfeld ist der Einsatz der PUR-Hotmelts in Klebebindemaschinen.

Hierbei werden Taschenbücher, Broschüren sowie Kataloge durch die Verklebung von Papierblock und Umschlag mit PUR-Schmelzklebstoffen in einer Klebebindemaschine hergestellt. Nach der Applikation des Klebstoffes erfolgt das Zusammenführen von Block und Umschlag und das Pressen. Die Nachbearbeitung besteht im Beschneiden der gebundenen Broschüren. Das Produkt kann manuell oder maschinell abgenommen oder weiterverarbeitet werden.

Der PUR-Schmelzklebstoff wird als Kerze in einem Folien-sack, im Fass oder einer Kartusche geliefert. Der Klebstoff wird zunächst in einem PUR-Vorschmelzgerät erhitzt und vorgeschmolzen. Dann wird dieser mittels Druck oder Pumpe über beheizte Leitungen in das Auftragsystem befördert und dort heiß appliziert.

Hauptbestandteil der PUR-Schmelzklebstoffe ist ein reaktives Polymer, welches in geschmolzener Form aufgetragen wird. Die Klebewirkung entsteht nach dem Abkühlen durch Erstarren. Eine weitere Vernetzung der Bestandteile in einem Zeitraum von ca. 6–72 Stunden bringt die benötigte Stabilität.

Der Klebstoff beinhaltet zusätzlich geringe Mengen an reaktiven monomeren Diisocyanaten (MDI), die beim heißen Verarbeiten als Dampf frei werden können. Von Diisocyanaten geht eine deutliche Gesundheitsgefahr aus, da sie allergische Atemwegs- und Hauterkrankungen auslösen können. Aus diesem Grund sind Schutzmaßnahmen bei der Verwendung von PUR-Schmelzklebstoffen erforderlich.



1 Begriffsbestimmungen

- **Reaktive PUR-Schmelzklebstoffe (PUR-Hotmelts)** sind einkomponentige Klebstoffe auf der Basis von Diphenylmethandiisocyanat und dessen Prepolymeren, die im Temperaturbereich von 80 °C bis 150 °C zu einem Polyurethan-Klebstofffilm (PUR, PU) verarbeitet werden.
- **Monomeres MDI** (monomeres Methylendiphenyl-diisocyanat, Diphenylmethandiisocyanat) ist ein Stoff mit zwei hochreaktiven, endständigen NCO-Gruppen, die unterschiedlich angeordnet sein können. In reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen werden 2,2', 2,4'- und 4,4'-MDI eingesetzt.
- **Polyurethan-Prepolymere des MDI** sind Reaktionsprodukte von monomeren und/oder polymeren MDI mit Polyolen. Sie sind der Hauptbestandteil der reaktiven PUR-Hotmelts.
- **PUR-Vorschmelzgeräte (Schmelzbehälter)** sind Heizgeräte in geschlossener, bevorzugt gasdichter Bauart, in denen der reaktive PUR-Schmelzklebstoff in Fässern (Fass-Schmelzgerät) oder in Beuteln (Beutelschmelzgerät) für die Verarbeitung verflüssigt wird. Vorschmelzgeräte können separate Anlagen sein oder als Bestandteil in den Klebebinder bzw. in das Leimaggregat integriert sein.
- Das **PUR-Schmelzklebstoff-Auftragsystem** ist Bestandteil des Leimaggregates zum Auftragen des heißen reaktiven PUR-Schmelzklebstoffs. Der Schmelzklebstoff kann über Walzen aus einem offenen oder abgedeckten Vorratsbecken oder über Schlitzdüsen als Klebstofffilm aufgetragen werden.
- In reaktiven **PUR-Schmelzklebstoffen** sind zwischen < 0,1% bis 4% ungebundene (monomere) Diisocyanate enthalten. In vielen Sicherheitsdatenblättern ist ein Gehalt von < 5% angegeben. Es wird zwischen den folgenden Schmelzklebstoffen und Verarbeitungstemperaturen unterschieden:

Bezeichnung	Gehalt an monomerem MDI	Verarbeitungstemperatur
Kennzeichnungsfrei	< 0,1%	100 °C – 150 °C
Niedrigtemperatur	0,1% ≤ 4 %	90 °C – 100 °C
Standard	0,1% ≤ 4 %	100 °C – 150 °C

Unterscheidung der Schmelzklebstoffe

2 Umgang mit Isocyanaten

2.1 Gefahren

Von Isocyanaten können bei Nichteinhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes (AGW) oder bei dermaletem Kontakt erhebliche Gesundheitsgefahren ausgehen. Sie sind akut gesundheitsschädlich, wirken sensibilisierend und stehen im Verdacht krebserzeugend zu sein.

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. Berufsbedingte Krankheiten wie Berufsasthma und Dermatitis können die Folge sein. Die gesundheitsschädlichen Eigenschaften beziehen sich auf die freien, nicht gebundenen Isocyanate (monomeres MDI, polymeres

MDI und Polyurethan-Prepolymere des MDI mit freien NCO-Gruppen). Die Gefährdung durch Isocyanate in Form einatembare Dämpfe oder Aerosole wird durch Geruch kaum wahrgenommen.

2.2 Kennzeichnung

Kennzeichnungspflichtig sind PUR-Schmelzklebstoffe, wenn sie mehr als 0,1% monomeres MDI enthalten. Liegt der Anteil zwischen 0,1% und < 1%, gelten sie als „Gefahrstoff“ und erhalten den Hinweis H334 „Kann bei Einatmen Allergie, asthmaartige Symptome oder Atembeschwerden verursachen“. Ab einem Gehalt von 1% monomerem MDI sind die Produkte zusätzlich mit H317 „Kann allergische Hautreaktionen verursachen“ und H351 „Kann vermutlich Krebs erzeugen“ gekennzeichnet. Es wurde ein Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) für MDI festgelegt.

Name CAS-Nr.	Einstufung	AGW [mg/m ³]	Spitzenbegrenzung/ Bemerkung
4,4'-MDI Diphenylmethan-4,4-diisocyanat CAS 101-68-8	 Gefahr 	H351 H332 H373	0,05 1; =2=
2,4'-MDI Diphenylmethan-2,4-diisocyanat CAS 5873-54-1		H319 H335 H315	
2,2'-MDI Diphenylmethan-2,2-diisocyanat CAS 2536-05-2		H334 H317	

AGW = Arbeitsplatzgrenzwerte nach TRGS 900

Erläuterungen zur Tabelle (Spalte Spitzenbegrenzung/Bemerkungen):

1; =2= – bedeutet, dass die Arbeitsplatzgrenzwertkonzentration als Mittelwert über 15 Minuten einzuhalten ist und im gleichen Zeitraum die zweifache Arbeitsplatzgrenzwertkonzentration zu keinem Zeitpunkt (Momentanwert) überschritten werden darf.

H351: Kann vermutlich Krebs erzeugen.

H332: Gesundheitsschädlich bei Einatmen.

H373: Kann die Organe schädigen bei längerer oder wiederholter Exposition.

H319: Verursacht schwere Augenreizung.

H335: Kann die Atemwege reizen.

H315: Verursacht Hautreizungen.

H334: Kann bei Einatmen Allergie, asthmaartige Symptome oder Atembeschwerden verursachen.

H317: Kann allergische Hautreaktionen verursachen.

2.3 Verwendungsbeschränkung nach REACH

Aufgrund der oben beschriebenen Gefährdungen wurde im Rahmen der EU-Gesetzgebung nach REACH (Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien) im Jahr 2020 eine Verwendungsbeschränkung für diisocyanathaltige Produkte beschlossen.

Ab dem **24.08.2023** dürfen diisocyanathaltige Produkte mit einem Anteil von > 0,1 Gew.-% freien Monomeren im

industriellen und gewerblichen Bereich nur verwendet werden, wenn ausreichende Schutzmaßnahmen vorhanden sind und die Mitarbeitenden über spezielle Schulungen im Umgang mit den Produkten qualifiziert worden sind. Der Schulungsinhalt und Umfang ist dabei abgestimmt auf die Tätigkeit und die daraus resultierende Gefährdung. Für die Schulungen steht ein Onlineangebot der Hersteller mit verschiedenen Trainingsstufen zur Verfügung (<https://safeusediisocyanates.eu/de> und <https://fsk-training.de/>).

3 Gefährdungsbeurteilung und Festlegung von Schutzmaßnahmen

Die geringstmögliche Gefährdung bietet der Einsatz von kennzeichnungsfreien Schmelzklebstoffen. Deren Einsatzmöglichkeit muss in einer Substitutionsprüfung primär geprüft werden. Des Weiteren muss im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung vor allem die inhalative und dermale Exposition betrachtet werden, um geeignete Schutzmaßnahmen festzulegen. Die Belastung der Atemluft muss durch Arbeitsplatzmessungen oder die Zuhilfenahme von Expositionsbeschreibungen ermittelt werden. Hierfür steht beispielsweise die *DGUV Information 213-715* (siehe 1 Literatur) zur Verfügung.

Die mögliche Belastung der Luft am Arbeitsplatz durch Dämpfe nimmt mit steigenden Schmelz- und Verarbeitungstemperaturen zu. Besonders hohe Expositionsspitzen können außerhalb des regulären Produktionsbetriebes bestehen, beispielsweise bei Reinigungsarbeiten, der

Störungsbeseitigung am geöffneten Klebstoffbecken und der Entnahme des heißen Klebstoffbeckens. Hierbei muss auch eine Gefährdung der Haut betrachtet werden. In der Regel sind dann zusätzliche technische und persönliche Schutzmaßnahmen erforderlich.

3.1 Technische Maßnahmen (Klebebindemaschinen)

Betrieb

- Vorschmelzgeräte und Auftragssysteme müssen so gestaltet sein, dass beim Betrieb keine gesundheitsschädlichen Dämpfe austreten können, z. B. durch
 - gasdichte Schmelzklebstoff-Erwärmung (geschlossenes System),

- Erfassung möglicher Dämpfe durch weitgehend geschlossene Konstruktion,
- Absaugung mit mindestens 500 m³/h am Klebebinder oder direkte Quellabsaugung am Auftragssystem,
- emissionsarme Schlitzdüsenbeleimsysteme.
- Im Vorschmelzgerät und im Auftragssystem müssen Überhitzungen des reaktiven PUR-Schmelzklebstoffs über die vom Klebstoff-Hersteller angegebenen Verarbeitungstemperatur (in der Regel 130 °C) verhindert werden. Es ist eine Temperaturregelung mit einer separaten Überwachung einer Grenztemperatur von maximal 150 °C für alle beheizten Einrichtungen erforderlich.
- Die Absaugung der Abluft muss so nah wie möglich an der Emissionsquelle erfolgen und dabei die Luftbewegung durch die Maschinenlaufgeschwindigkeit berücksichtigen. Die Abluft kann nach außen abgeführt oder nach einer Abluftreinigung in den Raum zurückgeführt werden. Zur Abluftreinigung werden beispielsweise Wasser- oder Aktivkohlefilter eingesetzt.

Rüst- und Entstörungsarbeiten

- Beim Rüsten und Entstören des Klebebinders, beim Herausziehen, Aufheizen, Aufbewahren und Abkühlen des Auftragssystems außerhalb des Klebebinders oder bei Reinigungsarbeiten am Auftragssystem dürfen keine MDI-Emissionen austreten. Dies ist z. B. möglich durch
 - vollständige Abdeckung des Klebstoffbeckens,
 - Einschub des Klebstoffbeckens in eine abgesaugte Reinigungsstation oder unter eine Ablufthaube,
 - Ablassmöglichkeit des reaktiven PUR-Schmelzklebstoffes innerhalb des abgesaugten Klebebinders.
- Beim Nachfüllen des Vorschmelzgerätes muss eine wirksame Abführung der Dämpfe nach außen oder über einen geeigneten Filter vorgesehen werden (Absaugung mit mindestens 150 m³/h).
- Es dürfen nur unbeschädigte PUR-Schmelzklebstoff-Gebinde verwendet werden. Entleerte Gebinde mit noch heißen Resten nicht offen stehen bleiben. Gebinde vor Sonneneinstrahlung schützen.

3.2 Persönliche Schutz- und Hygienemaßnahmen

- Bereitstellung und Nutzung von **Atmenschutzmasken mit einem Filter A (braun) oder B (grau)** bei Rüst-, Reinigungs- und Entstörungsarbeiten, wenn technische Maßnahmen zur Minimierung der Dämpfe nicht ausreichen. Dies ist der Fall bei Entstörungsarbeiten am heißen Leim, Herausfahren des heißen Leimbeckens aus der Anlage ohne Absaugung und Reinigung der Anlage mit Reinigungsmitteln bei Temperaturen von 80 °C – 120 °C ohne Absaugung.
- Bei der Verarbeitung darf kein Hautkontakt zu dem heißen PUR-Schmelzklebstoff bestehen. Beim Nachfüllen des PUR-Schmelzklebstoffs und bei Reinigungs-

arbeiten müssen **thermisch beständige Arbeitshandschuhe**, z. B. Lederhandschuhe, getragen werden. Besteht die Gefahr, dass der heiße Schmelzklebstoff verspritzt, muss eine **Schutzbrille** benutzt werden.

- Hautkontakt mit dem kalten Klebstoff, z. B. beim Auspacken des PUR-Schmelzklebstoffs, beim Reinigen oder bei der manuellen Handhabung der frisch gefertigten Produkte, muss vermieden werden. Die Verwendung von geeigneten Arbeitshandschuhen, z. B. **beschichtete Baumwollhandschuhe**, ist erforderlich.
- Mit PUR-Schmelzklebstoff verunreinigte Kleidung muss umgehend gewechselt werden.
- Auf Ess-, Trink- und Rauchverbot im gesamten Arbeitsbereich muss hingewiesen werden.
- Bei Überschreitung des AGW oder regelmäßigem Hautkontakt mit PUR-Klebstoff muss eine arbeitsmedizinische Vorsorge entsprechend der DGUV Empfehlungen für arbeitsmedizinische Beratungen und Untersuchungen „Isocyanate“ durchgeführt werden (Pflichtvorsorge).
- Bei Arbeitsende und vor Pausen Hände gründlich reinigen. Eine ausreichende Hautpflege der Beschäftigten ist sicherzustellen. Bei vorgeschädigter oder krankhaft veränderter Haut sowie bei Allergien gegenüber Isocyanaten sollte hautärztlicher oder betriebsärztlicher Rat gesucht werden.
- Besteht eine Sensibilisierung bzw. Allergie gegenüber Isocyanaten, sollten Beschäftigte keinen Umgang mehr mit dem Stoff haben. Dies kann bspw. durch eine Umorganisation des Arbeitsplatzes und eine konsequente Anwendung der Schutzmaßnahmen erfolgen.

3.3 Organisation

Es ist eine Betriebsanweisung für Tätigkeiten mit PUR-Schmelzklebstoffen auf der Basis des Sicherheitsdatenblattes, der Betriebsanleitung des Herstellers und dieser Information zu erstellen. Die Mitarbeitenden müssen über die bestimmungsgemäße Verwendung und die Restgefahren regelmäßig, mindestens einmal jährlich, unterwiesen werden. Die Unterweisungen sind zu dokumentieren.

3.4 Prüfungen und Kontrollen

- Alle Schutz- und Sicherheitseinrichtungen müssen regelmäßig auf Vollständigkeit und Funktionstüchtigkeit kontrolliert werden (beispielsweise Vollständigkeit der Einhausung, Funktion der Temperaturregelung und Überwachung der Grenztemperatur).
- 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.



Weitere Informationen

- ▶ DGUV Information 213-715
Verwendung von reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen bei der Verarbeitung von Holz, Papier und Leder – Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (EGU) nach der Gefahrstoffverordnung (**Webcode: M18774493**)

 - ▶ Betriebsanweisung Muster
Buchbinderei – Arbeiten an einer Klebebindemaschine (Verarbeitung von PUR-Hotmelt) (B207)
(**Webcode: M18897601**)

 - ▶ MB003
Gesunde Haut am Arbeitsplatz (**Webcode: M18519401**)

 - ▶ MB048
Sicheres Arbeiten in Druckverarbeitung und Buchbinderei (**Webcode: M19760968**)

 - ▶ S019
Prüfung und Dokumentation ortsfester Absauganlagen (**Webcode: M19453337**)

 - ▶ Katalog der Expositionsszenarien zur TRGS 430 „Isocyanate – Exposition und Überwachung“ (www.baua.de)

 - ▶ TRGS 430 Expositionsszenarien
Katalog zu Expositionsszenarien im Umgang mit Isocyanaten (www.baua.de)

 - ▶ TRGS 900
Arbeitsplatzgrenzwerte (www.baua.de)

 - ▶ Trainingsmaterial
Webseite mit Schulungsmaterial entsprechend der REACH Vorgaben zur Verwendungsbeschränkung (<https://safeusediisocyanates.eu/de>) und (<https://fsk-training.de/>)
-

Bildnachweis: Dagmar Brunk/BG ETEM