

# Prüfbericht

## Schutzwirkung von acht Chemikalienschutzhandschuhen gegenüber EP-Beschichtungen

### Version C

**Auftraggeber:** Arbeitskreis CSH für Epoxidharzprodukte  
koordiniert durch die  
Arbeitsgemeinschaft der Bau-Berufsgenossenschaften  
Hungener Straße 6  
  
60389 Frankfurt/M

**Datum:** 07.10.2003

**Prüflabor:** Eurofins Danmark A/S  
Smedeskovvej 38, DK-8464 Galten  
Eurofins Danmark - Nachfolger für MILJÖ-CHEMIE Produktprüfungen

Jane Pors  
MSc

Reinhard Oppl  
Diplom-Chemiker

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Prüfmethode</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Verwendete Prüfmuster</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Hinweise zur Bewertung</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>Übertragbarkeit der Prüfergebnisse</b>	<b>16</b>

## Einleitung

Mit Datum vom 20.12.2002 beauftragte der Arbeitskreis CSH für Epoxidharzprodukte, koordiniert durch die Arbeitsgemeinschaft der Bau-Berufsgenossenschaften, Eurofins mit der Prüfung des Durchbruchs von fünf EP-Beschichtungen durch Schutzhandschuhe. Das Prüfprogramm wurde am Rande einer Besprechung am 07.02.2003 konkretisiert.

Für vier dieser Muster war eine Prüfung gemäß EN 374-3 nicht möglich, da sie keine ausreichend flüchtigen organischen Stoffe enthielten. In zwei Fällen lag mit Benzylalkohol ein mäßig flüchtiger Stoff vor, der jedoch Probleme bei der kontinuierlichen Permeationsprüfung zeigt (Wandadsorption). Für diese vier Muster sollte die Permeation mit festen Sammelscheiben durchgeführt werden. Für das fünfte Muster sollten die enthaltenen Lösemittel als Leitsubstanz genommen und die Prüfung gemäß DIN EN 374-3 vorgenommen werden. Alle Prüfungen sollten mit 8 Stunden Dauerbelastung bei 33 °C durchgeführt werden.

Das Ergebnis der Permeationsprüfung ist die Durchbruchzeit. Das ist definitionsgemäß die Zeitspanne zwischen dem Beginn der Prüfung und dem Zeitpunkt, ab dem pro Minute mindestens 1 µg chemische Stoffe durch jeden cm<sup>2</sup> des Handschuhs wandern (EN 374-3). Nach den Kriterien der US-amerikanischen Prüfnorm ASTM F739 liegt der Schwellenwert dagegen bei 0,1 µg/(cm<sup>2</sup> x min), bzw. bei 0,25 µg/cm<sup>2</sup> im Falle einer diskontinuierlichen Prüfung wie für die Produkte 1 bis 4.

Anhand der vorliegenden Angaben zu den Rezepturen wurden zunächst die wesentlichen Bestandteile der vier Prüfmuster als Leitkomponenten festgelegt. Zur Dokumentation der Prüfmethode wurden alle diese Leitkomponenten herangezogen.

Vor der Durchführung des eigentlichen Prüfprogramms sollte ermittelt werden, ob die Prüfmethode für die hier vorliegenden Muster geeignet ist. Hierfür sollten inerte Folienstücke mit den zu messenden Leitkomponenten belegt werden, um die Übergangsrate von der Folie auf die Sammelscheibe zu bestimmen. Die belegten Folienstücke dienten dabei als Handschuh-Surrogate - sie sollten also die Innenseite eines Handschuhs nach einem Durchbruch simulieren. Zusätzlich wurde die Permeation für zwei Rezepturen mit dünnen Handschuhen geprüft. Es wurde erwartet, dass diese dünnen Handschuhe keinen Schutz bieten und ein Durchbruch bereits nach kurzer Zeit stattfindet.

Diese Vorversuche zur Dokumentation der vorgesehenen Prüfmethode werden zunächst dargestellt und bewertet. Anschließend werden die durchgeführten Prüfungen dargestellt.

# 1 Prüfmethode

## 1.1 Produkte 1, 2 und 4

Auf die Außenseite des jeweiligen Handschuhmusters wurde eine dünne Schicht des nach Vorschrift angemischten Prüfmusters aufgetragen (0,1 bis 0,2 g/cm<sup>2</sup>). Die genaue Auftragsmenge bestimmte sich im Einzelfall danach, dass eine vollständig deckende Beschichtung sichergestellt war. Auf der Innenseite wurde die jeweilige Sammelscheibe fest angedrückt. Alle Prüfungen wurden als Dreifachbestimmung über jeweils 8 Stunden bei 33 ± 2 °C durchgeführt.

Anhand der vorliegenden Angaben zu den Rezepturen wurden zunächst die wesentlichen Bestandteile der vier Prüfmuster als Leitkomponenten festgelegt:

- Benzylalkohol
- Bisphenol A (Restmonomere als Spuren im Produkt)
- Bisphenol F (Restmonomere als Spuren im Produkt)
- Hexandioldiglycidylether
- Isophorondiamin
- Trimethylhexamethylendiamin
- m-Xylidendiamin

Zur Permeationsprüfung wurden die für die jeweilige Rezeptur relevanten Leitkomponenten herangezogen.

- Hexandioldiglycidylether und Benzylalkohol: Interne Methodennummer MK-2406

Adsorption an 3M Scheiben C18, Desorption mit Dichlormethan, Analyse mit GC/FID, Präzision: +/- 10-15 % (RSD). Nachweisgrenze für Hexandioldiglycidylether: 22 µg je Sammelscheibe, entsprechend 2,2 µg/cm<sup>2</sup> permeierte Substanz, bzw. 0,005 µg/(cm<sup>2</sup> x min) Permeationsrate bei einer achtstündigen Exposition. Nachweisgrenze für Benzylalkohol: 86 µg je Sammelscheibe, entsprechend 9,0 µg/cm<sup>2</sup> permeierte Substanz, bzw. 0,02 µg/(cm<sup>2</sup> x min) Permeationsrate bei einer achtstündigen Exposition. Diese Analysenmethode ist eine Weiterentwicklung der Standardmethode NIOSH # 5515 (4th ed).

- Bisphenol A/F: Interne Methodennummer MK-8406mod.

Adsorption an 3M Scheiben C18, Desorption mit Acetonitril, Analyse mit HPLC/UV. Laufmittel: Gradient 45-100 % Acetonitril in Wasser. Präzision: +/- 10-15 % (RSD). Nachweisgrenze: 16 µg je Sammelscheibe, entsprechend 1,7 µg/cm<sup>2</sup> permeierte Substanz, bzw. 0,0035 µg/(cm<sup>2</sup> x min) Permeationsrate bei einer achtstündigen Exposition. Diese Analysenmethode ist eine Adaptation von APME-Methoden.

- Aliphatische Amine - Interne Methodennummer MK-8420mod.

Adsorption an mit Naphthylisothiocyanat (NIT) imprägnierte Sammelscheiben, befeuchtet mit 0,8 ml dest.H<sub>2</sub>O. Desorption mit Acetonitril, Analyse mit HPLC/UV (Diode Array). Laufmittel: Gradient 50-100 % Methanol in Wasser. Präzision: +/- 10-15 % (RSD). Nachweisgrenze: 45 µg je Sammelscheibe, entsprechend 4,7 µg/cm<sup>2</sup> permeierte Substanz, bzw. 0,01 µg/(cm<sup>2</sup> x min) Permeationsrate bei einer achtstündigen Exposition. Diese Analysenmethode ist eine Weiterentwicklung der Methoden OSHA # 60 und NIOSH # 2540 (4th ed)

Die Analytlösungen wurden ggf. soweit verdünnt, dass die Analyse im linearen Bereich des jeweiligen Detektors durchgeführt werden konnte.

### 1.1.1 Dokumentation der Prüfmethode - Vorgehensweise

#### Wiederfindung:

Eine inerte Tedlar-Scheibe wurde mit verdünnten Lösungen von Leitkomponenten belegt. Das Lösemittel (Acetonitril bzw. Dichlormethan) wurde bei Raumtemperatur verdampft, so dass die dotierten Stoffe als trockene dünne Schicht auf der Folie vorlagen. Anschließend wurde diese Scheibe circa 3½ Stunden lang fest auf die jeweilige Sammelscheibe gedrückt.

Als Sammelscheibe für Hexandioldiglycidylether, Benzylalkohol und Bisphenol A/F wurden Octadecanyl-(C18)-Scheiben verwendet. Als Sammelscheibe für Amine wurden Naphthylisothiocyanat-(NIT)-imprägnierte Scheiben verwendet, die mit destilliertem Wasser befeuchtet worden waren (0,8 ml je Scheibe). Auf die andere Seite der Tedlarscheibe wurde bei einem Teil der Versuche Sand gefüllt, um einen Andruck von 4,3 g/cm<sup>2</sup> sicherzustellen. Die Wiederfindungsversuche wurden als Doppelbestimmungen durchgeführt. Alle Versuche erfolgten bei einer Temperatur von 33 °C ± 2 °C.

#### Permeationsprüfung mit Latex-Handschuhen und Produkt Nr. 2 sowie mit L135 / L137:

Auf die Außenseite von dünnen Latex-Handschuhen KCL 652 wurden jeweils die Muster Stamm (Harz) 1 und Härter 2 einzeln, sowie ein Gemisch (2,65 : 1) dieser Produkte (= Produkt 2) aufgegeben. Die gleiche Prüfung erfolgte mit den Mustern L135 (Harz), Härter L137 und einem Gemisch (3 : 1) dieser Produkte (also L135+L137). Es wurde erwartet, dass diese dünnen Handschuhe keinen Schutz bieten und ein Durchbruch bereits nach kurzer Zeit stattfindet.

Diese Prüfungen mussten ohne erhöhten Andruck durchgeführt werden, da anderenfalls die Dichtungen der Prü fzelle den sehr leichtflüssigen Produkten nicht standhielten. Stattdessen wurde möglichst viel Produkt in die Zelle gegeben, damit das aufliegende Produkt durch das Eigengewicht an die Sammelscheibe ange drückt wurde. Aus diesem Versuchsaufbau stammen die Ergebnisse für Benzylalkohol und für Hexandioldiglycidylether.

Die ersten Ergebnisse für die Amine wurden mit einer trockenen NIT-Sammelscheibe ausgeführt und fielen noch nicht zufriedenstellend aus. Eine zweite Prüfung mit befeuchteten Sammelscheiben wurde durchgeführt, indem eine dünne Schicht des Prüfmusters aufgetragen wurde, ebenfalls ohne besonderen Andruck (Ergebnisse siehe Tabelle).

Alle Prüfungen wurden als Doppel- oder Dreifachbestimmung bei 33 ± 2 °C durchgeführt.

### 1.1.2 Dokumentation der Prüfmethode - Überführung

Dotierung mit:	Expositionsdauer (min)	Wiederfindung (%) <sup>*</sup>
Benzylalkohol	214	10 / 17
Hexandioldiglycidylether	214	64 / 66
Bisphenol A (Monomere)	214	65 / 71
Bisphenol F (Monomere)	214	62 / 63
Trimethylhexamethyldiamin	205	91 / 94
Isophorondiamin	150	50 / 54
m-Xylidendiamin	205	97 / 97

\*: Doppelbestimmungen, Einzelergebnisse

Die Prozentangaben beziehen sich auf dotierte Sammelscheiben (= 100 %), die bis auf die Exposition identisch behandelt worden waren wie die exponierten Scheiben.

Die niedrige Wiederfindungsrate für Benzylalkohol wurde auf eine partielle Verdampfung während der Exposition zurückgeführt. Da die Messwerte nicht korrigiert wurden, dürften die realen Messergebnisse höher liegen als die im Folgenden dokumentierten Werte.

### 1.1.3 Dokumentation der Prüfmethode - Permeationsprüfung

Prüfung mit Produkt 2	Prüfdauer (min)	auf der Sammelscheibe, µg gesamt <sup>*</sup>	auf der Sammelscheibe, µg/cm <sup>2</sup> <sup>*</sup>	durchschnittliche Permeationsrate µg/(cm <sup>2</sup> x min) <sup>*</sup>
<b>Stamm (Harz) 1</b>				
Hexandioldiglycidylether	130	730 / 500 / 550	74 / 51 / 56	0,57 / 0,39 / 0,43
<b>Härter 2</b>				
Isophorondiamin	120	610 / 570	62 / 58	0,52 / 0,49
m-Xylidendiamin	120	820 / 710	83 / 73	0,69 / 0,61
Benzylalkohol	120	4.600 / 4.600	470 / 470	3,9 / 3,9
<b>Gemisch aus Harz 1 und Härter 2 <sup>**</sup></b>				
Benzylalkohol	120	7.200 / 7.100 / 7.400	730 / 720 / 760	6,1 / 6,0 / 6,3
Hexandioldiglycidylether	120	1.100 / 1.100 / 1.200	110 / 110 / 120	0,92 / 0,92 / 1,0
Isophorondiamin	120	-	-	-
m-Xylidendiamin	120	-	-	-

\*: Doppel- oder Dreifachbestimmungen, Einzelergebnisse

\*\* : Die Applikation des Gemischs erfolgte unmittelbar nach dem Anmischen.

-: Unter der Nachweisgrenze

Die Prüfergebnisse gelten nur für die untersuchte(n) Probe(n).

Der Bericht darf nur als Ganzes wiedergegeben werden, Auszüge nur mit schriftlicher Zustimmung des Prüflabors

Prüfung mit L135 + L137 (warm härtendes Produkt)	Prüfdauer (min)	auf der Sammelscheibe, µg gesamt *	auf der Sammelscheibe, µg/cm <sup>2</sup> *	durchschnittliche Permeationsrate µg/(cm <sup>2</sup> x min) *
<b>Harz L135</b> Hexandioldiglycidylether	129	200 / 170 / 140	21 / 18 / 15	0,17 / 0,15 / 0,12
<b>Härter L137</b> keine Messung möglich	wegen	Auflösung	des	Handschuhmusters
<b>Gemisch aus L135 und L137 **</b>				
Benzylalkohol	116	130 / 120 / 130	13 / 13 / 13	0,10 / 0,10 / 0,10
Hexandioldiglycidylether	116	140 / 120 / 130	14 / 13 / 13	0,11 / 0,10 / 0,10
Isophorondiamin	120	170 / 110	17 / 12	0,14 / 0,10

\*: Doppel- oder Dreifachbestimmungen, Einzelergebnisse

\*\* : Die Applikation des Gemischs erfolgte unmittelbar nach dem Anmischen.

-: Unter der Nachweisgrenze

## 1.2 Produkt 3

Ein Vorversuch mit dem eingesetzten Härter ergab, dass der Härter keine Reaktion mit dem vorgesehenen NIT-Reagens ergab. Deshalb wurde entschieden, in diesem Spezialfall eine andere Methode zur Bestimmung von Aminspuren im Handschuh einzusetzen als für die Produkte 1, 2 und 4.

Hierfür wurden die Sammelscheiben nicht mit NIT imprägniert, sondern mit einem wässrigen Gemisch aus 5 mM Salpetersäure, 0,1 mM EDTA (Ethylendiamintetraessigsäure) und 5% Methanol, wie es auch zur anschließenden Extraktion und Analyse als mobile Phase eingesetzt wurde. Die Analyse erfolgte mittels Ionenchromatographie, Kationentauscher und Leitfähigkeitsdetektor. Laufmittel: Identisch mit dem Imprägniermittel. Nachweisgrenze: 57 µg je Sammelscheibe, entsprechend 6,0 µg/cm<sup>2</sup> permeierte Substanz, bzw. 0,013 µg/(cm<sup>2</sup> x min) Permeationsrate bei einer achtstündigen Exposition. Die Präzision kann nicht angegeben werden, da eine komplette Methodendokumentation im Rahmen des Auftragsvolumens nicht möglich war.

## 1.3 Produkt 5

Es wurde jeweils ein Handschuhausschnitt (in der Regel aus dem Bereich der Handfläche) flüssigkeitsdicht in eine Prüfzelle in Anlehnung an EN 374-3 eingespannt. Auf die Außenseite des jeweiligen Handschuhmusters wurde eine dünne Schicht des nach Vorschrift angemischten Prüfmusters aufgetragen (0,1 bis 0,2 g/cm<sup>2</sup>). Die genaue Auftragsmenge bestimmte sich im Einzelfall danach, dass eine vollständig deckende Beschichtung sichergestellt war.

Durch die Kammer mit der Handschuhinnenseite wurde synthetische Luft geleitet, um alle flüchtigen Stoffe zu erfassen, die den Handschuh durchdringen konnten. Dies Sammelmedium wurde kontinuierlich einem FID-Detektor zugeleitet, der fortlaufend ein Messsignal lieferte. Der FID-Detektor wurde mit einem Prüfgas als Toluol-Äquivalent geeicht. Erfahrungsgemäß liegt der Fehler gegenüber einer stoffspezifischen Eichung bei weniger als 5 % der ermittelten Durchbruchzeit.

Die Temperatur der Prüfeinrichtung wurde auf  $33 \pm 2$  °C eingestellt. Die Temperatur in der Sammelkammer wurde mit einem geeichten Thermometer überwacht. Der Blindwert wurde durch Messungen ohne Prüfchemikalie kontrolliert. Alle Prüfungen wurden als Dreifachbestimmung über jeweils 8 Stunden durchgeführt.

Das Ergebnis der Permeationsprüfung ist die Durchbruchzeit. Das ist definitionsgemäß die Zeitspanne zwischen dem Beginn der Prüfung und dem Zeitpunkt, ab dem pro Minute mindestens 1 µg chemische Stoffe durch jeden cm<sup>2</sup> des Handschuhs wandern (EN 374-3). Meistens wird nach dem Beginn des Durchbruchs durch den Handschuh diese Grenze von 1 µg/(cm<sup>2</sup> x min) sehr schnell überschritten. Kurz danach werden dann sehr viel höhere Durchdringungs-Geschwindigkeiten (Permeationsraten) erreicht. Zusätzlich wurde die Durchbruchzeit gemäß ASTM F739 als der Zeitpunkt ermittelt, bei dem eine Permeationsrate von 0,1 µg/(cm<sup>2</sup> x min) erreicht wurde.

## 2 Verwendete Prüfmuster

### 2.1 Formulierungen

Muster	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Produkt 1, lösemittelfrei ohne Benzylalkohol, hergestellt aus Harz 1 und Härter 1 (Mischungsverhältnis 3,8 : 1) Typische Anwendung:</li> <li>2) Produkt 2, lösemittelfrei mit &gt; 5 % Benzylalkohol, hergestellt aus Harz 1 und Härter 2 (Mischungsverhältnis 2,65 : 1) Typische Anwendung:</li> <li>3) Produkt 3, wasserbasiertes System, hergestellt aus Harz 2 und Härter 4 (Mischungsverhältnis 1 : 3) Typische Anwendung:</li> <li>4) Produkt 4, kommerzielles System, hergestellt aus MC DUR 1200A und MC DUR 1200B (Mischungsverhältnis 3 : 1) Typische Anwendung:</li> <li>5) Produkt 5, lösemittelarm, hergestellt aus Harz 2 und Härter 3 (Mischungsverhältnis 3 : 1)</li> </ol>
Eingangsdatum	29. Januar 2003

Laut TRGS 610 sind alle Produkte lösemittelfrei bzw. lösemittelarm, die weniger als 0,5 bzw. 5 % flüchtige organische Stoffe (mit einem Siedepunkt von < 200 °C bei 20 °C und 1013 hPa) enthalten.

## 2.2 Handschuhe

Muster	A) Ansell Barrier-Chemical Resistant Gloves / PE-Nylon-PE-Laminathandschuh, 0,1 mm B) Ansell Sol-Vex / Nitrilhandschuh, 0,425 mm C) Comasec Butyl Plus / Butylhandschuh, 0,3 mm D) Nitrilhandschuh mit Baumwollfutter, 0,9 mm, davon 0,4 mm Nitril E) KCL Art. 730, Camatril-Velours / Nitrilhandschuh, 0,4 mm F) KCL Art. 898, Butoject / Butylhandschuh, 0,7 mm G) Neopren / Latexhandschuh 0,75 mm H) MAPA Spontex Ultranitril 492 / Nitrilhandschuh, 0,4-0,45 mm
Eingangsdatum	A) 13. Januar 2003 B) 13. Januar 2003 C) 14. Januar 2003 D) 14. Januar 2003 E) 15. Januar 2003 F) 15. Januar 2003 G) 20. Januar 2003 H) 20. Januar 2003
Prüfzeitraum	26. März - 2. Mai 2003



### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Produkt 1, lösemittelfrei ohne Benzylalkohol

Handschuh und Leitkomponenten	Prüfdauer (min)	auf der Sammelscheibe, $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ *	durchschnittliche Permeationsrate $\mu\text{g}/(\text{cm}^2 \times \text{min})$ *	Durchbruch (JA / NEIN)
<b>Handschuh A</b>				
Diglycidylether	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatisches Amin	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
<b>Handschuh B</b>				
Diglycidylether	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatisches Amin	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
<b>Handschuh C</b>				
Diglycidylether	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatisches Amin	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
<b>Handschuh D</b>				
Diglycidylether	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatisches Amin	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
<b>Handschuh E</b>				
Diglycidylether	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatisches Amin	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
<b>Handschuh F</b>				
Diglycidylether	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatisches Amin	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
<b>Handschuh G</b>				
Diglycidylether	480	6,4 / 9,4 / 3,8	0,013 / 0,019 / 0,0078	EN: NEIN ASTM: JA
Aliphatisches Amin	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
<b>Handschuh H</b>				
Diglycidylether	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatisches Amin	480	- / - / -	- / - / -	NEIN

\*: Dreifachbestimmungen, Einzelergebnisse

-: Unter der Nachweisgrenze

### 3.2 Produkt 2, lösemittelfrei, mit > 5 % Benzylalkohol

Handschuh und Leitkomponenten	Prüfdauer (min)	auf der Sammelscheibe, $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ *	durchschnittliche Permeationsrate $\mu\text{g}/(\text{cm}^2 \times \text{min})$ *	Durchbruch (JA / NEIN)
<b>Handschuh A</b>				
Benzylalkohol	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatisches Amin 1	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatisches Amin 2	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
<b>Handschuh B</b>				
Benzylalkohol	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatisches Amin 1	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatisches Amin 2	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
<b>Handschuh C</b>				
Benzylalkohol	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatisches Amin 1	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatisches Amin 2	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
<b>Handschuh D</b>				
Benzylalkohol	480	160 / 95 / 100	0,33 / 0,19 / 0,21	EN: NEIN ASTM: JA
Aliphatisches Amin 1	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatisches Amin 2	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
<b>Handschuh E</b>				
Benzylalkohol	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatisches Amin 1	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatisches Amin 2	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
<b>Handschuh F</b>				
Benzylalkohol	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatisches Amin 1	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatisches Amin 2	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
<b>Handschuh G</b>				
Benzylalkohol	480	100 / 110 / 100	0,20 / 0,22 / 0,21	EN: NEIN ASTM: JA
Aliphatisches Amin 1	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatisches Amin 2	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
<b>Handschuh H</b>				
Benzylalkohol	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatisches Amin 1	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatisches Amin 2	480	- / - / -	- / - / -	NEIN

\*: Dreifachbestimmungen, Einzelergebnisse

-: Unter der Nachweisgrenze

### 3.3 Produkt 3, wasserbasiertes System

Handschuh und Leitkomponenten	Prüfdauer (min)	auf der Sammelscheibe, $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ *	durchschnittliche Permeationsrate $\mu\text{g}/(\text{cm}^2 \times \text{min})$ *	Durchbruch (JA / NEIN)
<b>Handschuh A</b>				
Bisphenol A/F (Monomere)	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatische Amine	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
<b>Handschuh B</b>				
Bisphenol A/F (Monomere)	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatische Amine	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
<b>Handschuh C</b>				
Bisphenol A/F (Monomere)	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatische Amine	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
<b>Handschuh D</b>				
Bisphenol A/F (Monomere)	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatische Amine	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
<b>Handschuh E</b>				
Bisphenol A/F (Monomere)	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatische Amine	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
<b>Handschuh F</b>				
Bisphenol A/F (Monomere)	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatische Amine	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
<b>Handschuh G</b>				
Bisphenol A/F (Monomere)	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatische Amine	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
<b>Handschuh H</b>				
Bisphenol A/F (Monomere)	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatische Amine	480	- / - / -	- / - / -	NEIN

\*: Dreifachbestimmungen, Einzelergebnisse

-: Unter der Nachweisgrenze

### 3.4 Produkt 4, kommerzielles System

Handschuh und Leitkomponenten	Prüfdauer (min)	auf der Sammelscheibe, $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ *	durchschnittliche Permeationsrate $\mu\text{g}/(\text{cm}^2 \times \text{min})$ *	Durchbruch (JA / NEIN)
<b>Handschuh A</b>				
Benzylalkohol	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatisches Amin	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
<b>Handschuh B</b>				
Benzylalkohol	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatisches Amin	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
<b>Handschuh C</b>				
Benzylalkohol	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatisches Amin	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
<b>Handschuh D</b>				
Benzylalkohol	480	110 / 140 / 48	0,22 / 0,28 / 0,10	EN: NEIN ASTM: JA
Aliphatisches Amin	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
<b>Handschuh E</b>				
Benzylalkohol	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatisches Amin	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
<b>Handschuh F</b>				
Benzylalkohol	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatisches Amin	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
<b>Handschuh G</b>				
Benzylalkohol	480	100 / 98 / 150	0,20 / 0,20 / 0,30	EN: NEIN ASTM: JA
Aliphatisches Amin	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
<b>Handschuh H</b>				
Benzylalkohol	480	- / - / -	- / - / -	NEIN
Aliphatisches Amin	480	- / - / -	- / - / -	NEIN

\*: Dreifachbestimmungen, Einzelergebnisse

-: Unter der Nachweisgrenze

### 3.5 Produkt 5, lösemittelarm

Handschuh und Leitkomponenten	Prüfdauer (min)	Durchbruchzeit laut Definition a) EN 374-3 b) ASTM F739-99 (min) *	Leistungsstufe nach EN 374-3	Durchbruch
<b>Handschuh A</b> Flüchtige organische Stoffe	480	a) > 480 b) > 480	6	NEIN
<b>Handschuh B</b> Flüchtige organische Stoffe	480	a) > 480 b) > 480	6	NEIN
<b>Handschuh C</b> Flüchtige organische Stoffe	480	a) > 480 b) > 480	6	SPUREN, ** jedoch max 0,06 µg/(cm <sup>2</sup> x min); Ø 10 µg/cm <sup>2</sup> während 8 h
<b>Handschuh D</b> Flüchtige organische Stoffe	480	a) > 480 b) 145/270/160	6	nur laut ASTM; Ø 70 µg/cm <sup>2</sup> während 8 h
<b>Handschuh E</b> Flüchtige organische Stoffe	480	a) > 480 b) > 480	6	NEIN
<b>Handschuh F</b> Flüchtige organische Stoffe	480	a) > 480 b) > 480	6	NEIN
<b>Handschuh G</b> Flüchtige organische Stoffe	480	a) 175/280/220 b) 100/130/110	4	JA Ø 220 µg/cm <sup>2</sup> während 8 h
<b>Handschuh H</b> Flüchtige organische Stoffe	480	a) > 480 b) > 480	6	NEIN

\*: Dreifachbestimmungen, alle Einzelergebnisse hatten das gleiche Ergebnis (außer wenn Einzelwerte angegeben wurden).

\*\* : Dieser Befund wurde nur der Vollständigkeit wegen angegeben. Eine Prüfung in einem anderen Labor mit einer geringeren Empfindlichkeit hätte hier möglicherweise keinerlei Befund ergeben. Deshalb ist dieser Handschuh nicht aus diesem Grunde abzuwerten.

## 4 Hinweise zur Bewertung

### 4.1 Produkt 1, lösemittelfrei ohne Benzylalkohol

Sieben der acht geprüften Handschuhfabrikate erwiesen sich als ausreichende Barriere gegenüber der geprüften, lösemittelfreien EP-Beschichtung für mindestens 8 Stunden bei einer Dauerbelastung durch eine dünne Schicht des Prüfmusters bei 33 °C Prüftemperatur.

Für ein Muster wurde ein Durchbruch festgestellt. Dabei wurde zwar nicht die Permeationsrate von  $1 \mu\text{g}/(\text{cm}^2 \times \text{min})$  erreicht, die laut DIN EN 374-3 den Durchbruch markiert - bei den Messwerten handelt es sich aber um Mittelwerte über die gesamte Prüfdauer von acht Stunden. Es ist daher nicht auszuschließen, dass die Permeationsrate zeitweise (z.B. gegen Ende der Prüfung) den Schwellenwert der DIN EN 374-3 überschritten hat.

Nach den Kriterien der US-amerikanischen Prüfnorm ASTM F739 (Schwellenwert  $0,1 \mu\text{g}/(\text{cm}^2 \times \text{min})$ , bzw.  $0,25 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  bei einer diskontinuierlichen Prüfung wie im vorliegenden Fall) liegt in diesem Fall ohnehin zweifelsfrei ein Durchbruch durch das Prüfmuster vor.

### 4.2 Produkt 2, lösemittelfrei, mit > 5 % Benzylalkohol

Sechs der acht geprüften Handschuhfabrikate erwiesen sich als ausreichende Barriere gegenüber der geprüften, lösemittelfreien EP-Beschichtung für mindestens 8 Stunden bei einer Dauerbelastung durch eine dünne Schicht des Prüfmusters bei 33 °C Prüftemperatur.

Für zwei Muster wurde ein Durchbruch festgestellt. Dabei wurde zwar nicht die Permeationsrate von  $1 \mu\text{g}/(\text{cm}^2 \times \text{min})$  erreicht, die laut DIN EN 374-3 den Durchbruch markiert - bei den Messwerten handelt es sich aber um Mittelwerte über die gesamte Prüfdauer von acht Stunden. Es ist daher nicht auszuschließen, dass die Permeationsrate zeitweise (z.B. gegen Ende der Prüfung) den Schwellenwert der DIN EN 374-3 überschritten hat.

Nach den Kriterien der US-amerikanischen Prüfnorm ASTM F739 (Schwellenwert  $0,1 \mu\text{g}/(\text{cm}^2 \times \text{min})$ , bzw.  $0,25 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  bei einer diskontinuierlichen Prüfung wie im vorliegenden Fall) liegt in diesem Fall ohnehin zweifelsfrei ein Durchbruch durch das Prüfmuster vor.

### 4.3 Produkt 3, wasserbasiertes System

Alle acht geprüften Handschuhfabrikate erwiesen sich als ausreichende Barriere gegenüber der geprüften, lösemittelfreien EP-Beschichtung für mindestens 8 Stunden bei einer Dauerbelastung durch eine dünne Schicht des Prüfmusters bei 33 °C Prüftemperatur.

#### 4.4 Produkt 4, kommerzielles System

Sechs der acht geprüften Handschuhfabrikate erwiesen sich als ausreichende Barriere gegenüber der geprüften, lösemittelfreien EP-Beschichtung für mindestens 8 Stunden bei einer Dauerbelastung durch eine dünne Schicht des Prüfmusters bei 33 °C Prüftemperatur.

Für zwei Muster wurde ein Durchbruch festgestellt. Dabei wurde zwar nicht die Permeationsrate von  $1 \mu\text{g}/(\text{cm}^2 \times \text{min})$  erreicht, die laut DIN EN 374-3 den Durchbruch markiert - bei den Messwerten handelt es sich aber um Mittelwerte über die gesamte Prüfdauer von acht Stunden. Es ist daher nicht auszuschließen, dass die Permeationsrate zeitweise (z.B. gegen Ende der Prüfung) den Schwellenwert der DIN EN 374-3 überschritten hat.

Nach den Kriterien der US-amerikanischen Prüfnorm ASTM F739 (Schwellenwert  $0,1 \mu\text{g}/(\text{cm}^2 \times \text{min})$ , bzw.  $0,25 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  bei einer diskontinuierlichen Prüfung wie im vorliegenden Fall) liegt in diesem Fall ohnehin zweifelsfrei ein Durchbruch durch das Prüfmuster vor.

#### 4.5 Produkt 5, lösemittelarm

Sechs der acht geprüften Handschuhfabrikate erwiesen sich als ausreichende Barriere gegenüber der geprüften, lösemittelarmen EP-Beschichtung für mindestens 8 Stunden bei einer Dauerbelastung durch eine dünne Schicht des Prüfmusters bei 33 °C Prüftemperatur.

Für ein Muster wurde die Permeationsrate von  $1 \mu\text{g}/(\text{cm}^2 \times \text{min})$  knapp erreicht (Durchbruch gemäß EN 374-3). Für ein weiteres Muster wurde die Permeationsrate von  $0,1 \mu\text{g}/(\text{cm}^2 \times \text{min})$  knapp erreicht (Durchbruch gemäß ASTM F739).

Für ein drittes Muster wurde zu keinem Zeitpunkt eine Permeationsrate von  $1 \mu\text{g}/(\text{cm}^2 \times \text{min})$  oder auch nur von  $0,1 \mu\text{g}/(\text{cm}^2 \times \text{min})$  erreicht, obwohl eine Permeation von Spuren des als Leitsubstanz gewählten Lösemittels nachzuweisen war. Eine Prüfung in einem anderen Labor mit einer geringeren Empfindlichkeit hätte hier möglicherweise keinerlei Befund ergeben. Deshalb ist dieser Handschuh nicht aus diesem Grunde abzuwerten.

## 5 Übertragbarkeit der Prüfergebnisse

Die Prüfergebnisse lassen sich auf ähnliche Rezepturen mit ähnlichen Anwendungsmengen und Expositionsbedingungen übertragen. Insgesamt ergaben die Prüfungen, dass ein Durchbruch der Amine nicht festzustellen war. Bei der Prüfung benzylalkoholhaltiger oder lösemittelarmer Rezepturen wurde ein Durchbruch bei mehr Handschuhen festgestellt, als bei lösemittel- und benzylalkoholfreien Rezepturen. Aus diesem Grunde erscheint es sinnvoll, für weitere Handschuhe ausschließlich die Prüfung mit einer lösemittelarmen Rezeptur durchzuführen und hierfür die einfacher durchzuführende kontinuierliche Prüfung gemäß EN 374-3 anzuwenden (Sammelmedium: Luft, Detektor: FID, Prüfaufbau temperiert auf 33 °C, vgl. die Methodenbeschreibung zu Produkt 5). Wenn ein Handschuh diesen worst-case-Test besteht, ist mit einer sehr großen Sicherheit davon auszugehen, dass er auch für lösemittelfreie Formulierungen geeignet ist.

Bei anderen Anwendungen, bei denen konzentriertere Produkte zum Einsatz kommen und/oder größere Produktmengen auf die Handschuhe gelangen, ist dagegen die Quellstärke außen auf dem Handschuh größer. Bei warmhärtenden Systemen ist zusätzlich mit einer zeitweiligen Beschleunigung der Permeation aufgrund einer Temperaturerhöhung zu rechnen. Ein Durchbruch bei weiteren Handschuhen kann deshalb nicht sicher alleine im Analogschlussverfahren ausgeschlossen werden.

Eine Übertragung der Prüfergebnisse auf andere Handschuhe aus ähnlichen Polymeren ist erfahrungsgemäß sehr unsicher und sollte deshalb unterbleiben.