

Beschichtungsarbeiten im Außenbereich mit Methylmethacrylat-Harzen, Exposition in Modell und Messungen

Juli 2021

Dr. Bardo Schmitt (Röhm GmbH), Dr. Alexander Klein (Röhm GmbH), Marco Borgmann (Follmann Chemie GmbH)

1. Allgemeines

Methylmethacrylat ist wesentlicher Bestandteil von Reaktionsharzbindemitteln für sogenannte 2-komponenten Beschichtungsmaterialien, die besonders dauerhafte Beschichtungslösungen wie dauerhafte Markierungen für stark befahrene Straßen oder langlebige Dach- bzw. Balkonbeschichtungen ermöglichen. Die schnelle Aushärtung selbst bei kühler Witterung und die damit direkt verfügbaren Eigenschaften wie Regenfestigkeit, Überrollbarkeit und Begehbarkeit dieser 2-komponenten Beschichtungsmaterialien bieten offensichtliche Vorteile, gerade für Anwendungen im Außenbereich.

Aufgrund der hohen Reaktivität des Methylmethacrylat können solche 2-komponenten Beschichtungsmaterialien durch Zugabe einer zweiten Härter-Komponente vor der Aufbringung, z. B. auf die Straße, binnen weniger Minuten chemisch ausgehärtet werden. Die ursprünglich flüchtige Methylmethacrylat-Komponente wird dabei chemisch in die feste, polymere Beschichtung eingebaut. Eine Exposition der Verarbeiter mit Methylmethacrylat ist daher nur anfänglich während der Ausbringung der Materialien gegeben. Allein in Deutschland beträgt die Anzahl der so exponierten Verarbeiter ca. 30000 im Bereich der Dachdecker (Anmerkung: geschätzt ungefähr die Hälfte der im Dachdeckerhandwerk Beschäftigten kommen mit methylmethacrylathaltigen Formulierungen in Kontakt bzw. verarbeiten sie regelmäßig [1]) bzw. ca. 2000 im Markierungssektor [2].

Die Gefahrstoffverordnung [3] verlangt vom Arbeitgeber in §§ 7 und 9 einen Nachweis, ob die Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) eingehalten sind. Dies kann mit Hilfe von Arbeitsplatzmessungen oder durch gleichwertige Beurteilungsverfahren erfolgen. Zudem ist die Gefährdungsbeurteilung gemäß § 5 Arbeitsschutzgesetz [4], § 6 Gefahrstoffverordnung bzw. § 3 Betriebssicherheitsverordnung [5] für die entsprechenden Tätigkeiten verpflichtend. Das Gebot zum Einsatz von Stoffen und/oder Verfahren mit geringerem Risiko, zur Beachtung der Rangfolge der Schutzmaßnahmen und zur Unterrichtung und Unterweisung der Beschäftigten usw. bleiben weiterhin bestehen.

Unabhängig fordert die REACH Richtlinie über den Stoffsicherheitsbericht [6] sichere Verwendungsbedingungen beim Umgang mit Stoffen. Hierzu werden vom Hersteller identifizierte Verwendungen in Expositionsszenarien beschrieben, die Handhabungsbedingungen und Schutzmaßnahmen beinhalten. In dessen Stoffsicherheitsbewertung werden Modellrechnungen hinzugezogen, um in einem gestuften Verfahren die sichere Verwendung nachzuweisen. Diese Information fließt in den Stoffsicherheitsbericht für die Stoffregistrierung ein und wird dem nachgeschalteten Anwender im erweiterten SDB zur Verfügung gestellt.

Dieser Bericht möchte den Bezug von Modellrechnung und Arbeitsplatzmessungen ganz speziell für die Anwendung von Methylmethacrylat (MMA) in der Außenanwendung von Fahrbahnmarkierungen und Flächenbeschichtungen (Boden, Dach) herstellen. Verfügbare Daten von unterschiedlichen Firmen wurden hierbei für diese Anwendungen im Außenbereich zusammengetragen.

2. Expositionsmessungen und Modellberechnung

2.1. Fahrbahnmarkierungen

Bei der Fahrbahnmarkierung wird die Formulierung direkt in das technische Hilfsmittel (Markierungsmaschine) abgefüllt und das komplette System maschinell aufgetragen, z. B. in Form von Linien. Alternativ wird die Formulierung nach dem Mischen ausgegossen und manuell verteilt, z. B. in Form von Haltelinien, Richtungspfeilen oder als flächige Markierungen für Parkplätze, Radwege oder Busspuren. Wo möglich werden die einzelnen Arbeitsschritte aus der Beschreibung der Arbeitsplatzmessungen in Tätigkeiten erfasst und den Verwendungsdeskriptoren (Prozesskategorien, PROC) aus der ECHA Richtlinie R.12 [7] zugeordnet. Neben dem manuellen Mischen (PROC19) wurden Transport und Reinigung/Wartung (PROC8a), Auftragen durch Rollen und Abziehen (PROC10), maschinelles Sprühen (PROC11) und maschinelles Extrudieren (PROC14, Agglomeratmarkierungen) identifiziert (Anmerkung: die identifizierte Tätigkeit ist als Haupttätigkeit anzusehen, ein kleinerer Anteil anderer Tätigkeiten war im Rahmen der Messungen akzeptabel). Die Daten von 48 Einzelereignissen aus zwei Studien (de Poot [8] und Röhm GmbH [9]) wurden gesammelt und ausgewertet. Hierbei wurden sowohl Schichtmittelwerte wie auch Kurzzeitwerte betrachtet. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 1 zusammengefasst. Zum Vergleich findet man auch die berechneten MMA-Expositionen aus einem Standard-Modell (ECETOC TRA, 2012 [10]), basierend auf physikalisch-chemischen Eigenschaften aus der REACH-Registrierung. Im Modell entspricht der 75te Perzentil (Dauer < 8h) dem Schichtmittelwert und der 95te Perzentil dem Kurzzeitwert für die definierte Tätigkeit bzw. Prozesskategorie (PROC). Die meisten Messdaten wurden beim maschinellen Sprühen (PROC11) gefolgt vom Aufrollen bzw. Wischen (PROC10) erfasst. Die größte Spreizung der Messwerte wurde bei Wartungsarbeiten festgestellt (PROC8a, 68 – 155 mg/m³).

Tabelle 1: Arbeitsplatzmessungen (Schichtmittel und Kurzzeit) von Methylmethacrylat (MMA) verglichen mit der Abschätzung des ECETOC TRA Modells (Verwendungsbedingungen: Konzentration <25%, Dauer < 8h, Außenbereich (Abschlag von 30% für Berechnung der inhalativen Exposition berücksichtigt); PROC Prozesskategorie, TRA Modell ECETOC TRA, ST Kurzzeit-Wert, LT Langzeit-Wert, P75/P95 Perzentile der statistischen Berechnung, Stoffindex berechnet aus Messwert/Grenzwert).

Tätigkeit	Szenario	PROC	Verwendungsbedingungen	Maßnahmen	Expositionsabschätzung (mg/m ³)	Kurzzeitwert (ST)	Arbeitsplatzmessungen, Schichtmittelwerte (LT)		Bereich	Anzahl n	Stoffindex	Bemerkungen
					TRA	Mittelwert ST	Mittelwert LT P75	P95				
Vorbereitung und Mischen, Transport der Formulierung zum Einsatzort	Außenbereich	PROC19	Konzentration <25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhandschuhe mit Basisschulung	171		16,3	16,5	16,9	16 - 17	3	0,08 Röhm
		PROC19	Konzentration <25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhandschuhe mit Basisschulung	687	56,2		68	85,7	32,1 - 92,3	12	0,21 de Poot & Röhm
Transport und Reinigungsarbeiten	Außenbereich	PROC8a	Konzentration <25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhandschuhe mit Basisschulung	171		1,2	1,5	1,6	0,8 - 1,6	4	0,01 de Poot
		PROC8a	Konzentration <25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhandschuhe mit Basisschulung	687	105,6		122,8	148,6	68 - 155	3	0,36 de Poot
Ausgießen auf den Boden, gefolgt von Rollen und Abziehen	Außenbereich	PROC10	Konzentration <25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhandschuhe mit Basisschulung	171		16,1	24,9	39,5	2,8 - 39	9	0,12 de Poot & Röhm
		PROC14	Konzentration <25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhandschuhe mit Basisschulung	171		8,1	9,7	13,8	2,9 - 14,5	6	0,05 de Poot
Maschinelles Sprühen auf den Boden	Außenbereich	PROC11	Konzentration <25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhandschuhe mit Basisschulung	859		18,7	19	40	2,4 - 40	11	0,09 de Poot & Röhm

In der folgenden Abbildung 1 wurden von den einzelnen Tätigkeiten die Daten der 75ten und 95ten Perzentile mit den Abschätzungen aus dem Modell verglichen. Es zeigt sich, dass alle gemessenen

Werte niedriger als die abgeschätzten Werte des Modells sind. Zudem bewegen sich alle Werte deutlich unter dem Arbeitsplatzgrenzwert von 210 mg/m^3 von MMA (Kurzzeitwert 416 mg/m^3).

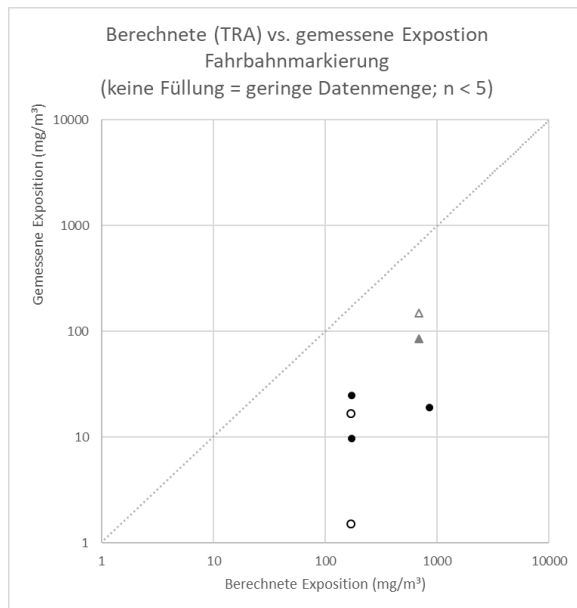


Abbildung 1: Vergleich von Messdaten und Modelldaten von MMA bezogen auf unterschiedliche Tätigkeiten der Fahrbahnmarkierung im Außenbereich (Schichtmittel- (● P75) und Kurzzeitwerte (▲ P95) für die Mittelwerte von PROC8a, PROC10, PROC11, PROC14 and PROC19).

Erklärungsmöglichkeiten hierfür sind die die Unterstützung durch technische Hilfsmittel bei den meisten Tätigkeiten (Spritzmaschine) und der relativ große Abstand zwischen Expositionsquelle und Atembereich des Anwenders (durch langstielige Werkzeuge beim Auftragen), was im Außenbereich zu einer günstigen Situation im Hinblick auf die Exposition des Anwenders führt.

Kein gemessener Einzelwert überschreitet die Vorhersage des Modells für alle Tätigkeitsbereiche (PROCs). Auf die Schichtmittel- und Kurzzeitwerte bezogen ergibt sich ein Sicherheitsabstand zu den entsprechenden Arbeitsplatzgrenzwerten von ca. 10 bzw. 4. Verglichen mit den Ergebnissen aus anderen Studien kann man Fahrbahnmarkierungen im Außenbereich als sichere Anwendung mit hohem Schutzniveau bewerten. Allerdings muss man beachten, dass die Anzahl der Messungen je Tätigkeits-Kategorie (PROC) klein ausfällt (Tabelle 2).

Andere Studien mit größeren Datensätzen ETEAM/van Tongeren [11] und Lee [12] zeichnen auf den ersten Blick ein anderes Bild, mit einem signifikanten Anteil von Messwerten oberhalb der Arbeitsplatzgrenzwerte („ $\%M > T$ “ mit M = Messwert und T = Threshold/Grenzwert). Allerdings werden die einzelnen Tätigkeiten nicht nach Belüftungssituation aufgeschlüsselt, d.h. es wird nicht nach Innenverwendung, Außenverwendung oder dem Einsatz von technischer Belüftung unterschieden. Eine spezifische Auswertung im Hinblick auf unterschiedliche Belüftungssituationen und ohne Unterscheidung in Tätigkeiten (ohne Angabe des PROCs) bei ETEAM zeigt auf wiederum begrenzter Datenbasis, dass die Messungen im Außenbereich ebenfalls zu keiner Überschreitung der vorhergesagten Modellwerte führen, mit $\%M > T$: 0 ($n=23$). Insofern decken sich hier unsere Untersuchungsergebnisse mit denen der ETEAM-Studie für Anwendungen im Außenbereich.

Tabelle 2: Anteil der Messdaten je Kategorie, die die 75ten und 95ten Perzentil Abschätzungen des Modells übertreffen (%M > T; für ECETOC TRAv3; NR = No Report, keine Daten verfügbar).

Expositionskategorie	PROC8a	PROC10	PROC11	PROC14	PROC19
de Poot / Röhm (Fahrbahnmarkierung, Außenbereich)	0 (n=7)	0 (n=9)	0 (n=11)	0 (n=6)	0 (n=15)
ETEAM/van Tongeren (diverse Tätigkeiten/ Innen- und Außenbereich)	19 (n=70)	22 (n=245)	0 (n=23)	88 (n=178)	36 (n=47)
Lee (diverse Tätigkeiten/ Innen- und Außenbereich)	NR	64 (n=114)	0 (n=2)	NR	NR

2.2. Flächenbeschichtungen

Die Komponenten von MMA-Beschichtungsmassen von Flächenmarkierungen und -Beschichtungen werden auf der Baustelle in einem Gebinde mittels Rührer angemischt (PROC19) und vom Mischplatz zu den Beschichtungsflächen transportiert (PROC8a). Dort werden sie portionsweise ausgegossen und meist mit Rolle oder Abzieher im Stehen nach und nach über die Fläche verteilt (PROC10). Oftmals werden mehrere Schichten aufgetragen, sodass die Haupttätigkeit bei der Anwendung dem Auftragen (PROC10) zugeordnet werden kann. Die Datenbasis der Firma Triflex GmbH & Co. KG (2013-2019) wurde hierzu ausgewertet [13]. Es wird angenommen, dass die gemessene Exposition am ehesten dieser Tätigkeit (PROC10) entspricht, mit kleineren Anteilen von Mischen (PROC19) und Transport (PROC8a). 17 Messungen wurden zumeist als Einzelmessung durchgeführt, an zwei Anwendungsorten stehen mehrere Datenpunkte zur Verfügung.

Tabelle 3: Arbeitsplatzmessungen (Schichtmittel und Kurzzeit) von Methylmethacrylat (MMA) für Flächenbeschichtungen im Außenbereich verglichen mit der Abschätzung des ECETOC TRA Modells (Verwendungsbedingungen: Konzentration >25%, Dauer < 8h, Außenbereich (30%); PROC Prozesskategorie, TRA Modell ECETOC TRA, ST Kurzzeit-Wert, LT Langzeit-Wert, P75/P95 Perzentile der statistischen Berechnung, Stoffindex berechnet aus Messwert/Grenzwert).

Anwendung (gewerblich)	Tätigkeit	Szenario	PROC	Verwendungsbedingungen	Maßnahmen	Expositionsabschätzung (mg/m ³)	Kurzzeitwert (ST)	Arbeitsplatzmessungen, Schichtmittelwerte (LT)			Bereich	Anzahl (n)	Stoffindex (einkürzte Exposition)	Bemerkungen
								Mittelwert LT	P75	P95				
Abdichtung eines Hofdurchgangs seitlich geschlossen	Grundierung Detailschlüsse Flächenanschlüsse	Außenbereich	PROC10, 19	Konzentration >25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhandschuhe mit Basisschulung	286		22,0				1	0,11 (k=1) Triflex	
Balkonbeschichtung	Grundierung Detailschlüsse Flächenanschlüsse Nutzsicht	Außenbereich	PROC10, 19	Konzentration >25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhandschuhe mit Basisschulung	286		111,7				1	0,53 (k=1) Triflex	
Balkonbeschichtung	Detailschlüsse Flächenanschlüsse Nutzsicht Versiegelung	Außenbereich	PROC10, 19	Konzentration >25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhandschuhe mit Basisschulung	286		50,6				1	0,24 (k=1) Triflex	
Dachbeschichtung Garage	Detailschlüsse Flächenanschlüsse Versiegelung	Außenbereich	PROC10, 19	Konzentration >25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhandschuhe mit Basisschulung	286		134,6				1	0,64 (k=1) Triflex	
Prüffläche Gelände Triflex GmbH dreiseitig geschlossen Bodenbereich offen	Grundierung Detailschlüsse Flächenanschlüsse Nutzsicht Versiegelung	Außenbereich	PROC10, 19	Konzentration >25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhandschuhe mit Basisschulung	286		57,8	61,6	81,8	43 - 88,1	6	0,27 (k=1) Triflex	
Laubengang 4. OG	Grundierung Detailschlüsse Flächenanschlüsse	Außenbereich	PROC8a, 10, 19	Konzentration >25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhandschuhe mit Basisschulung	286		117,3	123,3	123,9	103 - 124	4	0,24 (k=0,42) Triflex	
Balkonbeschichtung	Grundierung Detailschlüsse Flächenanschlüsse Nutzsicht	Außenbereich	PROC10, 19	Konzentration >25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhandschuhe mit Basisschulung	286		54,6				1	0,26 (k=1) Triflex	
Winkelabdichtung Fundamentplatte	Betongrundierung	Außenbereich	PROC8a, 10, 19	Konzentration >25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhandschuhe mit Basisschulung	286		4,4				1	0,01 (k=2) Triflex	
Parkoberdeck, Belgien	Farbschicht Boden Parkdach	Außenbereich	PROC10	Konzentration >25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhandschuhe mit Basisschulung	286		25,9				1	0,12 (k=1) Triflex	

Auch hier wird in der Tabelle ersichtlich, dass die Abschätzung durch das Modell unter den beschriebenen Bedingungen für die Anwendung in Boden- bzw. Dachbeschichtungen konservativ erfolgt, mit $\%M > T: 0$ (n=17). Die Messdaten, die auf den Schichtmittelwert Bezug nehmen, findet man auch deutlich unter dem Grenzwert an allen Anwendungsorten im Außenbereich (Sicherheitsfaktor ca. 2 und größer).

3. Maßnahmen und Empfehlungen

Die Arbeitsplatzgrenzwerte und abgeleiteten Kurzzeitgrenzwerte bei Fahrbahnmarkierungen und Beschichtungsarbeiten im Außenbereich sind in allen Fällen unterschritten. Im Freien sind unter den bewerteten Bedingungen (mindestens drei offene Raumseiten) keine Maßnahmen zum Atemschutz erforderlich. Weitergehende Schutzmaßnahmen werden nur bei möglicher hoher inhalativer Exposition empfohlen. Dies sind potenziell Beschichtungsarbeiten mit stark eingeschränkten Lüftungsverhältnissen im Außenbereich (u.a. bei Balkonbeschichtungsarbeiten mit drei geschlossenen Seiten und offenem Parkhausdeck).

Technische und organisatorische Maßnahmen

Alle Beschäftigten, die nicht unmittelbar an den Arbeiten beteiligt sind, müssen den Arbeitsbereich verlassen. Da MMA leicht entzündlich ist, müssen die Explosionsschutzvorschriften beachtet werden.

Persönliche Schutzmaßnahmen

Bei Methylmethacrylat besteht die Gefahr einer allergischen Hauterkrankung und der Stoff ist hautreizend. Bei allen Anwendungen sind daher geeignete Chemikalienschutzhandschuhe, z.B. aus Butylkautschuk zu tragen.

Im Außenbereich kann wie vorher dargestellt unter den beschriebenen Bedingungen (mindestens drei offenen Raumseiten) auf Atemschutz beim Aufbringen methylmethacrylathaltiger Beschichtungen verzichtet werden. Bei zu erwartenden hohen Expositionen ist die Anwendung von Atemschutz dennoch angezeigt (z.B. in Senken oder umschlossenen Bereichen). Beim Tragen von Atemschutzgeräten mit Filter der Kategorie A2 sind rechtlich vorgegebene Begrenzungen der Tragezeit sowie die arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung eines Arztes zu beachten [14]. Als praktikabel hat sich die Nutzung sogenannter Airstream-Helme, d.h. gebläseunterstützter Atemschutzgeräte mit Haube oder Helm erwiesen. Da sie keinen erhöhten Atemwiderstand haben, gelten für diese Geräte keine Tragezeitbegrenzungen und die Vorsorgeuntersuchung ist nicht verpflichtend.

4. Zusammenfassung

Die vorliegenden Ergebnisse der Arbeitsplatzmessungen im Außenbereich beim Einsatz von Methylmethacrylat in Fahrbahnmarkierungen und Flächenbeschichtungen im Außenbereich zeigen sowohl in der Kurzzeit als auch in der Langzeit-Exposition keine Überschreitung des Grenzwertes. Eine Berechnung der Exposition durch das EC ETOC TRA Modell führt zur Erkenntnis, dass die Abschätzung durch das Modell konservativ erfolgt. Sollten am Verwendungsort Einschränkungen hinsichtlich der Belüftungsverhältnisse vorliegen (weniger als 3 Raumseiten offen), so empfiehlt sich der Nachweis der sicheren Bedingungen durch Messungen oder die Verwendung des praktikablen Airstream-Helms. Mit diesem Bericht ist ein erster Schritt getan. In Bezug auf die einzelnen Tätigkeiten bei der Verarbeitung werden weitere Arbeitsplatzmessungen an unterschiedlichen Einsatzorten, insbesondere auch über die Verwendung für Markierungen oder Dachbeschichtungen

hinaus angestrebt. Damit wird ein Beitrag zur kontinuierlichen Überprüfung und Weiterentwicklung von Arbeitsschutzmaßnahmen geleistet.

Literatur

1. Persönliche Mitteilung vom 23.07.2021 von M. Borgmann, Triflex GmbH & Co. KG nach firmeninterner Abschätzung
2. Internes Besprechungsprotokoll vom 23.03.2021, Arbeitskreis Ökologie, Deutsche Studiengesellschaft für Straßenmarkierungen e.V. (DSGS)
3. Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) vom 26. November 2010 (BGBl. I S. 1643)
4. Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG) vom 7. August 1996. BGBl. (1996) 1, S. 1246 ff.
5. Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes (Betriebssicherheitsverordnung – BetriebsSichV), Artikel der Verordnung vom 27. September 2002. BGBl. (2000) 1, S. 3777 ff.
6. ECHA, European Chemicals Agency, 2016. Richtlinie über Informationsanforderungen und Stoffsicherheitsbericht Kapitel R.14: Beurteilung der Exposition am Arbeitsplatz, Version 3.0.
7. ECHA, European Chemicals Agency, 2015. Richtlinie über Informationsanforderungen und Stoffsicherheitsbericht Kapitel R.12: Verwendungsbeschreibung, Version 3.0.
8. de Poot, S., Huizer, D. (2016), Exposition von gefährlichen Substanzen bei der Anwendung von Methylmethacrylat bei Fahrbahnmarkierungen (Blootstelling aan gevaarlijke stoffen bij het aanbrengen van wegmarkering). Report von Caesar Consult, CC-2016.011.
9. Röhm GmbH Berichte, nicht publiziert; Arbeitsplatzmessungen 2003-2011
10. ECETOC, European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals, 2012. Technical Report 114: ECETOC TRA Version 3: Background and Rationale for Improvements. Brussels, ISSN-2079-1526-114 (online), <http://www.ecetoc.org/wp-content/uploads/2014/08/ECETOC-TR-114-ECETOC-TRA-v3-Background-rationale-for-the-improvements.pdf> (geprüft am 16.07.2021).
11. Lamb, J., Hesse, S., Miller, B.G., MacCalman, L., Schroeder, K., Cherie, J., van Tongeren, M., 2015. Bewertung von Tier1 Expositionsmoellen unter REACH (ETEAM) Projekt. Finaler Projekt Bericht p150, Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Dortmund, Berlin, Dresden. <http://www.baua.de/en/Publications/Expert-Papers/F2303-D26-D28>. Html (accessed 22 May, 2017).
12. Lee E., Lamb J., Savic N. et al. (2019) Bewertung von Werkzeugen zur Abschätzung der Exposition unter REACH: Part I –Tier 1 Werkzeuge, Ann Work Expo Health; 63: 218–229.
13. Triflex GmbH & Co. KG Berichte, nicht publiziert; Arbeitsplatzmessungen 2013-2019
14. BGR 190 „Benutzung von Atemschutzgeräten“, Carl Heymanns Verlag, Köln, Oktober 1996

Anhang

Tabellenübersicht Daten von de Poot und Röhm

Tätigkeit	Szenario	PROC	Verwendungsbedingungen	Maßnahmen	Expositionsabschätzung (mg/m³)	Kurzzeitwert (ST)	Arbeitsplatzmessungen, Schichtmittelwerte (LT)				Anzahl	Stoffindex	Bemerkungen
					TRA	Mittelwert ST	Mittelwert LT	P75	P95	Bereich	n		
Vorbereitung und Mischen, Transport der Formulierung zum Einsatzort	Außenbereich	PROC19	Konzentration <25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhandschuhe mit Basisschulung	171		16,3	16,5	16,9	16 - 17	3	0,08	Röhm
		PROC19	Konzentration <25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhandschuhe mit Basisschulung	687	56,2		68	85,7	32,1 - 92,3	12	0,21	de Poot & Röhm
Transport und Reinigungsarbeiten	Außenbereich	PROC8a	Konzentration <25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhandschuhe mit Basisschulung	171		1,2	1,5	1,6	0,8 - 1,6	4	0,01	de Poot
		PROC8a	Konzentration <25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhandschuhe mit Basisschulung	687	105,6		122,8	148,6	68 - 155	3	0,36	de Poot
Ausgießen auf den Boden, gefolgt von Rollen und Abziehen	Außenbereich	PROC10	Konzentration <25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhandschuhe mit Basisschulung	171		16,1	24,9	39,5	2,8 - 39	9	0,12	de Poot & Röhm
Maschinelle Extrusion auf den Boden	Außenbereich	PROC14	Konzentration <25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhandschuhe mit Basisschulung	171		8,1	9,7	13,8	2,9 - 14,5	6	0,05	de Poot
Maschinelles Sprühen auf den Boden	Außenbereich	PROC11	Konzentration <25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhandschuhe mit Basisschulung	859		18,7	19	40	2,4 - 40	11	0,09	de Poot & Röhm

Tabellenübersicht Daten der Triflex GmbH & Co.KG

Anwendung (gewerblich)	Tätigkeit	Szenario	PROC	Verwendungsbedingungen	Maßnahmen	Expositionsabschätzung (mg/m ³)	Kurzzeitwert (ST)	Arbeitsplatzmessungen Schichtmittelwerte (LT)				Anzahl	Stoffindex	Bemerkungen
						TRA	Mittelwert ST	Mittelwert LT	P75	P95	Bereich	n	(verkürzte Exposition)	
Abdichtung eines Hofdurchgangs seitlich geschlossen	Grundierung Detailanschlüsse Flächenanschlüsse	Außenbereich	PROC10, 19	Konzentration >25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhandschuhe mit Basisschulung	286		22,0				1	0,11 (k=1)	Triflex
Balkonbeschichtung	Grundierung Detailanschlüsse Flächenanschlüsse Nutzschicht	Außenbereich	PROC10, 19	Konzentration >25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhandschuhe mit Basisschulung	286		111,7				1	0,53 (k=1)	Triflex
Balkonbeschichtung	Detailanschlüsse Flächenanschlüsse Nutzschicht Versiegelung	Außenbereich	PROC10, 19	Konzentration >25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhandschuhe mit Basisschulung	286		50,6				1	0,24 (k=1)	Triflex
Dachbeschichtung Garage	Detailanschlüsse Flächenanschlüsse Versiegelung	Außenbereich	PROC10, 19	Konzentration >25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhandschuhe mit Basisschulung	286		134,6				1	0,64 (k=1)	Triflex

Prüffläche Gelände Triflex GmbH dreiseitig geschlossen Bodenbereich offen	Grundierung Detailanschlüsse Flächen- anschlüsse Nutzschicht Versiegelung	Außen- bereich	PROC10 , 19	Konzentration >25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhand- schuhe mit Basisschulung	286		57,8	61,6	81,8	43 - 88,1	6	0,27 (k=1)	Triflex
Laubengang 4.OG	Grundierung Detailanschlüsse Flächen- anschlüsse	Außen- bereich	PROC8a , 10, 19	Konzentration >25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhand- schuhe mit Basisschulung	286		117,3	123, 3	123, 9	103 - 124	4	0,24 (k=0,42)	Triflex
Balkonbeschichtung	Grundierung Detailanschlüsse Flächen- anschlüsse Nutzschicht	Außen- bereich	PROC10 , 19	Konzentration >25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhand- schuhe mit Basisschulung	286		54,6				1	0,26 (k=1)	Triflex
Winkelabdichtung Fundamentplatte	Betongrundierung	Außen- bereich	PROC8a , 10, 19	Konzentration >25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhand- schuhe mit Basisschulung	286		4,4				1	0,01 (k=2)	Triflex
Parkoberdeck, Belgien	Farbschicht Boden Parkhausdach	Außen- bereich	PROC10	Konzentration >25%, Dauer <8h	Außenbereich (30%); Schutzhand- schuhe mit Basisschulung	286		25,9				1	0,12 (k=1)	Triflex