

Ein einfaches Modell zur Ermittlung und Beurteilung der Exposition gegenüber Stoffgemischen am Arbeitsplatz

R. Rühl, M. Au, B. Böhm, H. Kleine, E. Nies, R. Packroff, W. Pflaumbaum

Zusammenfassung Ein Konzept für die Erstellung von Expositionsbeschreibungen wird zur Diskussion gestellt, das es erlaubt, die inhalative Exposition fundiert zu beurteilen, auch wenn nicht für alle Stoffe des Gemisches Messergebnisse und Arbeitsplatzgrenzwerte vorliegen. Das Konzept beruht auf einer Methode zur Abschätzung der Exposition gegenüber den Stoffen, die nicht gemessen wurden, und auf einem vereinfachten Ansatz zur Beurteilung der Exposition von Stoffen ohne Arbeitsplatzgrenzwert. Die Methode kann Grundlage sein für die vereinfachte Erstellung von Expositionsszenarien, wie sie z. B. nach der REACH-Verordnung in großem Umfang zu erstellen sind.

A simple model for the determination and assessment of exposure to substance mixtures at the workplace

Abstract A concept for the development of descriptions of exposure is presented for discussion. The concept enables the respiratory exposure to be assessed on a sound basis even where measurement results and workplace limit values are not available for all substances within the mixture. The concept is based upon a method for estimation of the exposure to substances which have not been measured and upon a simplified approach for evaluation of the exposure to substances for which no workplace limit value exists. The method may form the basis for the simplified creation of exposure scenarios such as those which must be generated on a large scale in accordance with the REACH regulation.

1 Einführung

Die Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) vom 1. Januar 2005 [1] präzisiert die Anforderungen des Arbeitsschutzgesetzes im Hinblick auf Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen. Dabei sind Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) zur Beurteilung der inhalativen Exposition gegenüber Gefahrstoffen nach wie vor ein wichtiges Element. In der Vergangenheit beschränkte sich diese Expositionsbeurteilung allerdings in der Regel auf die relativ wenigen Stoffe, für die in der TRGS 900 [2] ein Luftgrenzwert festgelegt war. Die GefStoffV verlangt seit 2005 jedoch explizit, alle Gefahrstoffe zu

Dr. rer. nat. Reinhold Rühl,

Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft, Frankfurt am Main.

Dr. Michael Au,

Hessisches Sozialministerium, Wiesbaden.

Dipl.-Biochem. Beate Böhm,

Landesanstalt für Arbeitsschutz, Potsdam.

Dr.-Ing. Horst Kleine, Dr. rer. nat. Eberhard Nies,

Dr. rer. nat. Wolfgang Pflaumbaum,

BGIA – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Sankt Augustin.

Dr. rer. nat. Rolf Packroff,

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund.

berücksichtigen, gegenüber denen die Beschäftigten am Arbeitsplatz exponiert sind. Dies wirft unter Arbeitsschutzexperten die Frage auf, wie die Exposition gegenüber Stoffen ohne AGW zu beurteilen ist, zumal für diese in der Regel nicht einmal validierte Messverfahren verfügbar sind.

Die GefStoffV vom 1. Januar 2005 führte mit der Definition des AGW ein gesundheitsbasiertes Grenzwertkonzept ein. Damit hat ein altes Problem an Bedeutung gewonnen: Für viele praktisch bedeutsame Stoffe liegen keine AGW vor. So unterliegen etwa 50 000 Stoffe den Registrierungspflichten der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH) [3]. Diese registrierungspflichtigen Stoffe besitzen schon allein aufgrund ihrer Produktionsmenge von mindestens einer Tonne pro Jahr und Hersteller eine besondere wirtschaftliche Bedeutung. Demgegenüber sind in der TRGS 900 lediglich für ca. 350 Stoffe AGW festgelegt.

Darüber hinaus können bei den insbesondere in Klein- und Mittelbetrieben verwendeten Zubereitungen mit einer größeren Anzahl von Einzelstoffen zumeist nicht alle Komponenten messtechnisch erfasst werden, da vielfach validierte Messverfahren zur Ermittlung der Arbeitsplatzkonzentrationen fehlen.

Aus diesen Gründen werden bei der Expositionsbeurteilung Stoffe ohne AGW häufig nicht berücksichtigt. Nur in Einzelfällen werden ausländische Grenzwerte herangezogen oder firmeninterne Grenzwerte abgeleitet. Dies steht in deutlichem Widerspruch zur GefStoffV, die – sicherlich zu Recht – die Überprüfung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen auch bei Stoffen ohne AGW verlangt.

Ebenso sind in den bisherigen Expositionsbeschreibungen und Empfehlungen guter Arbeitspraxis der Bundesländer und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) [4; 5] Expositionen gegenüber Stoffen ohne AGW nur unzureichend berücksichtigt. Lediglich das Leitkomponentenprinzip und die Festlegung von Grenzwerten für Stoffgruppen (z. B. Kohlenwasserstoffgemische) bieten hier Lösungsansätze. Diese Praxis trägt den Anforderungen der GefStoffV nur unzureichend Rechnung.

Das nachfolgend dargestellte Konzept soll Wege aus dieser nicht zufrieden stellenden Situation aufzeigen. Dabei sind Gefahrstoffe mit krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fortpflanzungsgefährdenden Eigenschaften (KMR-Stoffe) von den Überlegungen ausgenommen.

2 Abschätzung der Exposition nicht gemessener Stoffe

Bei Tätigkeiten mit Stoffen ohne AGW sind Arbeitsplatzmessungen eher selten, sieht man einmal von den Stoffen ab, für die in der TRGS 900 bis Ende 2004 Luftgrenzwerte festgelegt waren.

Ogleich es für wesentlich mehr als die in der TRGS 900 genannten Stoffe validierte Arbeitsplatz-Messverfahren gibt, ist es unwahrscheinlich, dass diese für alle am Arbeitsplatz vorkommenden Stoffe entwickelt werden. Und selbst wenn

Messverfahren vorhanden sind, fehlt für viele Tätigkeiten, z. B. an mobilen Arbeitsplätzen oder für witterungsbeeinflusste Außenarbeiten, eine geeignete Messstrategie, die mit vertretbarem Aufwand repräsentative Aussagen zur Gefährdung an einem Arbeitsplatz ermöglicht.

Das in vielen Betrieben angewendete Einfache Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe (EMKG) der BAuA [6] verstand sich bis zur Veröffentlichung der Version 2.0 im Mai 2008 ausdrücklich als Handlungshilfe für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen ohne AGW. Das Konzept arbeitet mit wenigen Entscheidungsgrößen, die aus dem Sicherheitsdatenblatt in Verbindung mit einer Arbeitsplatzbegehung leicht zu ermitteln sind und mit denen sich zunächst der für den Arbeitsschutz notwendige Aufwand ableiten lässt. Die Anwendung des EMKG führt somit den Arbeitgeber unmittelbar zu den Schutzmaßnahmen. Das EMKG arbeitet mit Expositionsbereichen (Zehnerpotenzen). Aus der Einstufung (R-Sätze) werden hilfsweise angestrebte Luftkonzentrationsbereiche abgeleitet. Die inhalative Exposition wird mithilfe der verwendeten Mengenbereiche (g, kg, t) und der Tendenz des Gefahrstoffes zur Freisetzung in die Umgebungsluft (niedrig, mittel, hoch) abgeschätzt [6].

Doch wie kann man bei der Erstellung von branchen- oder tätigkeitsspezifischen Hilfestellungen auf Expertenebene vorgehen? Es ist sicherlich sinnvoll, zunächst auf Ergebnisse von Arbeitsplatzmessungen für Stoffe oder Leitkomponenten mit einem AGW nach TRGS 900 zurückzugreifen. Die Konzentrationen weiterer nicht gemessener Stoffe im Arbeitsbereich können dann abgeschätzt werden – z. B. durch den Vergleich der Dampfdrücke von gemessenen und nicht gemessenen Stoffen unter Berücksichtigung der im Produkt enthaltenen Komponenten.

Tabelle 1. Zusammensetzung des Aromatengemisches und Dampfdrucke der Stoffe.

Stoff	Massenanteil in %	Dampfdruck in mbar
Benzol	9,20	100
Toluol	22,73	29
Ethylbenzol	22,68	10
m- + p-Xylol	22,47	8
o-Xylol	22,99	7

Tabelle 2. Zusammensetzung des Halogenkohlenwasserstoffgemisches und Dampfdrucke der Stoffe.

Stoff	Massenanteil in %	Dampfdruck in mbar
1,1,1-Trichlorethan	56,45	133
Trichlorethen	20,72	78
Tetrachlorethen	22,84	19

Hierbei wird allerdings aus Vereinfachungsgründen nicht berücksichtigt, dass sich der Partialdampfdruck eines Stoffes in einem Gemisch deutlich vom Dampfdruck des reinen Stoffes unterscheiden kann [7].

Um zunächst einen Eindruck über den möglichen Fehler durch diese Vereinfachung zu bekommen, wurden im Landesamt für Arbeitsschutz in Potsdam Probenahmen während des Verdampfens zweier selbst hergestellter Lösemittelgemische, ein Aromaten- und ein Halogenkohlenwasserstoffgemisch, durchgeführt. Die Zusammensetzung der Gemische sowie die Dampfdrücke der enthaltenen Stoffe sind in den **Tabellen 1 und 2** dargestellt. Anhand des Messwertes für einen „Basisstoff“ wurden die Konzentrationen für die anderen in jeweiligen Gemisch enthaltenen Lösemittel nach folgender Gleichung berechnet:

Tabelle 3. Aromatengemisch: Gegenüberstellung gemessener und berechneter Luftkonzentrationen.

Probe	Stoff	Konzentration/ Luft Messwert ¹⁾ in mg/m ³	Basis Benzol in mg/m ³	Basis Toluol in mg/m ³	Basis Ethylbenzol in mg/m ³	Basis Xylol in mg/m ³	Bereich berechnete Konzentrationen in mg/m ³
1	Benzol	10,14	Basis	9,89	8,82	10,8	8,8 bis 10,8
	Toluol	7,09	7,27	Basis	6,32	7,77	6,3 bis 7,8
	Ethylbenzol	2,18	2,5	2,44	Basis	2,67	2,4 bis 2,7
	m+p-Xylol	2,12	1,98	1,93	1,72	Basis	1,7 bis 2,0
	o-Xylol	1,67	1,78	1,73	1,54	1,90	1,5 bis 1,9
2	Benzol	12,37	Basis	14,0	13,1	15,1	13,1 bis 15,1
	Toluol	10,07	8,87	Basis	9,39	10,9	8,9 bis 10,9
	Ethylbenzol	3,23	3,05	3,46	Basis	3,73	3,0 bis 3,7
	m+p-Xylol	2,96	2,42	2,75	2,56	Basis	2,4 bis 2,8
	o-Xylol	2,47	2,17	2,46	2,31	2,65	2,2 bis 2,6
3	Benzol	3,88	Basis	4,77	4,85	5,82	4,8 bis 5,8
	Toluol	3,42	2,78	Basis	3,48	4,17	2,8 bis 4,2
	Ethylbenzol	1,20	0,96	1,18	Basis	1,44	1,0 bis 1,4
	m+p-Xylol	1,14	0,76	0,93	0,95	Basis	0,8 bis 1,0
	o-Xylol	0	0,68	0,83	0,85	1,02	0,7 bis 1,0
4	Benzol	4,44	Basis	6,03	5,96	6,97	6,0 bis 7,0
	Toluol	4,33	3,18	Basis	4,27	5,0	3,2 bis 5,0
	Ethylbenzol	1,47	1,10	1,49	Basis	1,72	1,1 bis 1,7
	m+p-Xylol	1,36	0,87	1,18	1,17	Basis	0,9 bis 1,2
	o-Xylol	1,19	0,78	1,04	1,04	1,22	0,8 bis 1,2

¹⁾ Basis: Die gemessene Konzentration dieses Stoffes in der Luft dient als Berechnungsgrundlage (K_a) in der Formel für die rechnerische Abschätzung der Konzentration (K_x) der übrigen Stoffe im Gemisch.

Tabelle 4. Halogenkohlenwasserstoffgemisch: Gegenüberstellung gemessener und berechneter Luftkonzentrationen.

Probe	Stoff	Konzentration/ Luft Messwert in mg/m ³	Basis 1,1,1-Trichlor- ethan in mg/m ³	Basis Trichlorethen in mg/m ³	Basis Tetrachlorethen in mg/m ³	Bereich berechnete Konzentrationen in mg/m ³
1	1,1,1-Trichlorethan	87,67	Basis	110	116	110 bis 116
	Trichlorethen	23,69	18,9	Basis	24,9	18,9 bis 24,9
	Tetrachlorethen	6,69	5,07	6,36	Basis	5,1 bis 6,4
2	1,1,1-Trichlorethan	59,25	Basis	82,0	100	82,0 bis 100
	Trichlorethen	17,63	12,8	Basis	21,6	12,8 bis 21,6
	Tetrachlorethen	5,80	3,42	4,74	Basis	3,4 bis 4,7
3	1,1,1-Trichlorethan	122,51	Basis	146	179	146 bis 179
	Trichlorethen	31,32	26,4	Basis	38,6	26,4 bis 38,6
	Tetrachlorethen	10,32	7,08	8,41	Basis	7,1 bis 8,4
4	1,1,1-Trichlorethan	87,49	Basis	113	134	113 bis 134
	Trichlorethen	24,26	18,8	Basis	28,8	18,8 bis 28,8
	Tetrachlorethen	7,74	5,06	6,52	Basis	5,1 bis 6,5

Tabelle 5. Expositionsabschätzung anhand des Dampfdrucks.

Stoff	Messergebnis in mg/m ³	P_D in mbar	$F = P_{D,1}/P_{D,2}$	Konzentration geschätzt in mg/m ³	Stoffindex
Ethanol	192	58		–	0,2
Dipropylenglykol-n-butylether	–	0,06	0,06/58 = 0,00103	$F \times 192 = 0,2$	Bewertung durch Toxikologen

$$K_x = M_x/M_a \cdot p_x/p_a \cdot K_a$$

mit

K_x – berechnete Konzentration eines Stoffes in der Luft

K_a – Konzentration des Basisstoffes in der Luft

M_x – Massenanteil des berechneten Stoffes im flüssigen Gemisch

M_a – Massenanteil des Basisstoffes im flüssigen Gemisch

p_x – Dampfdruck des berechneten Stoffes

p_a – Dampfdruck des Basisstoffes

Die Gegenüberstellung der gemessenen und berechneten Konzentrationen zeigt deutlich, dass der Bereich der berechneten Konzentrationen nicht in jedem Fall den Messwert einschließt. Bei den gewählten Lösemittelgemischen, insbesondere beim Halogenkohlenwasserstoffgemisch, werden Stoffe mit einem höheren Dampfdruck als der des zur Berechnung verwendeten Basisstoffes überbewertet, d. h. die berechneten Konzentrationen sind höher als die tatsächlich gemessenen. Stoffe mit einem niedrigeren Dampfdruck werden zum Teil unterbewertet, d. h. die berechneten Konzentrationen waren z. T. deutlich niedriger als die gemessenen (Tabellen 3 und 4).

Diesen Untersuchungen liegen Gemische mit Vertretern jeweils einer Substanzklasse zugrunde. Bei Stoffgemischen, die Stoffe verschiedener Substanzklassen enthalten (z. B. Kohlenwasserstoffe zusammen mit Estern und Alkoholen), ist eventuell eine andere Strategie zu wählen. In diesen Fällen lassen sich unter Berücksichtigung der Polarität der Stoffe möglicherweise mit zwei Basisstoffen bessere Ergebnisse erzielen. Eine Untersuchung mit 1+1-Gemischen aus einem Kohlenwasserstoff und einem Keton bzw. Alkohol zeigte, dass in allen Fällen der Anteil des polaren Stoffes in der Dampfphase abnahm, obwohl er einen deutlich höheren

Dampfdruck hatte [8]. Darüber hinaus stellt sich auch die Frage, welchen Einfluss das Arbeitsverfahren (Oberflächenverdampfung vs. Sprühverfahren) auf die Zusammensetzung des Gemisches in der Dampfphase hat.

Da die Stoffe mit niedrigerem Dampfdruck am Arbeitsplatz oft in Konzentrationen vorliegen, die nicht selten unter der Nachweisgrenze des Messverfahrens liegen, wird für die praktische Anwendung dieses Ansatzes empfohlen, die Konzentrationen der Stoffe mit den höheren Dampfdrücken messtechnisch zu ermitteln und die anderen Stoffe des Gemisches entsprechend zu berechnen. Über die Messung werden auch die Randbedingungen (z. B. Lüftung, Temperatur) am Arbeitsplatz mit berücksichtigt.

Dieses pragmatische Vorgehen erscheint insgesamt gerechtfertigt, da auch Arbeitsplatzmessungen (insbesondere die Probenahme) und die wissenschaftliche Ableitung von AGW, z. B. aus der Extrapolation vom Versuchstier auf den Menschen, mit erheblichen Unsicherheiten behaftet sind.

Die praktische Anwendung des Ansatzes sei an einem Beispiel illustriert (Tabelle 5). Für die Expositionsbeschreibung „Vorstriche und Klebstoffe für Bodenbeläge“ [9] wurde die Konzentration von Dipropylenglykol-n-butylether am Arbeitsplatz anhand des Dampfdrucks dieses Stoffes von 0,06 mbar bei 20 °C mithilfe der gemessenen Konzentration von Ethanol (192 mg/m³, Dampfdruck 58 mbar bei 20 °C) abgeschätzt (192 mg/m³ · 0,06 mbar/58 mbar = 0,2 mg/m³). Dies basiert auf der Annahme, dass der Klebstoff etwa gleich große Anteile von Dipropylenglykol-n-butylether und Ethanol enthält, obwohl der Anteil von Dipropylenglykol-n-butylether in den meisten Produkten geringer ist.

Viele in der Vergangenheit ermittelte Expositionsdaten können so für die Beurteilung aktueller Arbeitsplätze genutzt werden. Die hier beschriebene Vorgehensweise erlaubt es,

die inhalative Exposition gegenüber Stoffen abzuschätzen, die bisher nicht gemessen wurden.

3 Beurteilung des Gefährdungspotenzials von Stoffen

Die Gefährdungsbeurteilung nach § 7 GefStoffV erfordert neben der Kenntnis der Exposition die Beurteilung des Gefährdungspotenzials, das von einem verwendeten Gefahrstoff ausgeht. Als leicht zugängliche Informationsquellen für die Praxis stehen, neben den Technischen Regeln der Reihe 900, die Angaben zur Kennzeichnung von chemischen Produkten und die zugehörigen Sicherheitsdatenblätter zur Verfügung. Die Angaben in Sicherheitsdatenblättern weisen bedauerlicherweise in vielen Fällen immer noch erhebliche Mängel auf. Für eine fundierte Beurteilung sollten daher weitere Quellen zu Rate gezogen werden. Bewährt haben sich im deutschen Sprachgebiet Informationssysteme wie GESTIS¹⁾, GDL²⁾, GISBAU³⁾ und GISCHEM⁴⁾. Bei Stoffen ohne AGW kann unter Umständen schon der Blick in Grenzwertlisten international anerkannter Expertengremien oder amtlicher und halbamtlicher ausländischer Regulatoren weiterhelfen. Hierzu gehören die Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft (MAK-Kommission) und das Scientific Committee on Occupational Exposure Limits (SCOEL) der Europäischen Union. Einen aktuellen Überblick gibt die GESTIS-Datenbank „Internationale Grenzwerte für chemische Substanzen“⁵⁾.

Die Beschreibung standardisierter Arbeitsverfahren mit vorgegebenen Schutzmaßnahmen wie ein Verfahrens- und stoffspezifisches Kriterium (VSK) nach TRGS 420 [10], vom Hersteller mitgelieferte Gefährdungsbeurteilungen bzw. branchen- oder tätigkeitsspezifische Hilfestellungen können die Verantwortlichen im Betrieb spürbar entlasten. An der Ausarbeitung von branchen- oder tätigkeitsspezifischen Hilfestellungen für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen sind in der Regel Experten der Arbeitsschutzbehörden der Länder, der Unfallversicherungsträger und der BAuA beteiligt. Sie müssen ausreichende Erfahrungen und gute Branchenkenntnisse besitzen, um z. B. so unterschiedliche Tätigkeiten wie Arbeiten in Krankenhäusern, Bodenbelagsarbeiten, Umgang mit Lösemitteln im Siebdruck hinsichtlich der Exposition gegenüber Stoffen beurteilen zu können.

Unverzichtbar bei der Beurteilung der Gefährdung durch Stoffe ohne AGW im Rahmen von Expositionsbeschreibungen ist das Einbeziehen von toxikologischem Sachverstand. Während sich das EMKG an der Einstufung und Kennzeichnung von Stoffen bzw. Zubereitungen orientiert, bedarf es bei der Formulierung von Expositionsbeschreibungen weiterer stoffbezogener Informationen. Es ist allerdings fallweise abzuwägen, wie viel Aufwand erforderlich ist. Das EMKG kann als erste Orientierung dienen. Es ordnet Stoffen ohne AGW auf der Grundlage der Einstufung (R-Sätze), d. h. qualitativer Stoffeigenschaften, einem Konzentrationszielbereich zu, der sich über eine Zehnerpotenz spreizt und innerhalb dessen Grenzen die Exposition am Arbeitsplatz liegen sollte. Zur Bewertung wird das so erhaltene Konzen-

trationsband mit der gemessenen oder der – z. B. durch Dampfdruckbetrachtungen – abgeschätzten Luftkonzentration verglichen.

Für die Formulierung von Expositionsbeschreibungen durch Expertengremien müssen zusätzlich arbeitsmedizinisch-toxikologische Informationen, z. B. Schwere bzw. Reversibilität des Effekts, Steilheit der Dosis-Wirkungs-Kurve oder Vollständigkeit der Datenlage, herangezogen werden, um zumindest entscheiden zu können, ob auch bei maximaler Ausschöpfung des ermittelten Konzentrationsbandes eine hinreichende Sicherheit gewährleistet erscheint oder eher eine Luftkonzentration am unteren Ende des Bereichs angestrebt werden sollte.

Empfehlenswert ist es jedoch, sich einer spezialisierten Expertise zu versichern, um die Ableitung einer maximal zulässigen Expositions-dosis auf eine solidere Basis zu stellen. Unter dem Aspekt der Arbeitsökonomie wird die Auswertung wissenschaftlicher Originalpublikationen aber nur in Ausnahmefällen möglich sein. Vielfach kann auf Übersichts-darstellungen zurückgegriffen werden. Als Beispiele seien frei zugängliche Datenbanken wie HSDB (<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>) und IUCLID (<http://ecb.jrc.it/esis/index.php?PGM=dat>) genannt oder die Toxikologischen Bewertungen der Berufsgenossenschaft der Chemischen Industrie [11], die BUA-Stoffberichte des Beratergremiums für Altstoffe [12] und die Risikobewertungsberichte des European Chemicals Bureau [13], jetzt Consumer Products & Quality Unit des Europäischen Joint Research Centre.

Gelingt es, solchen Faktensammlungen einen validen „No Observed Adverse Effect Level“ (höchste Dosis, die keinen feststellbaren gesundheitlichen Schaden verursacht) aus einem längeren Experiment mit Wirbeltieren zu entnehmen, sollte überschlägig ein Richtwert für eine maximale Arbeitsplatzexposition abgeschätzt werden. Dabei können die in der TRGS 901 „Begründungen und Erläuterungen zu Grenzwerten in der Luft am Arbeitsplatz“ [14] bzw. dem Leitfaden des „REACH Implementation Project 3.2“ [15] vorgeschlagenen Extrapolationsfaktoren verwendet werden. Erfahrene Fachleute werden in der Lage sein, unter bestimmten Voraussetzungen auch über Analogieschlüsse mit chemisch nahe verwandten Verbindungen zu hinreichend sicheren Aussagen zu kommen.

Gleichzeitig einwirkende Stoffe können ihre toxikologische Wirkung völlig unabhängig voneinander entfalten (z. B. durch verschiedene Organspezifität), sich in bestimmten Konstellationen aber auch gegenseitig beeinflussen. Bei der Bewertung komplexer Stoffgemische wird deshalb immer wieder die Frage nach möglichen überadditiven Kombinationseffekten gestellt, die bei der Beurteilung der Gesamtsituation berücksichtigt werden müssten. Solche Phänomene sind gegenüber unabhängigen gesundheitlichen Wirkungen oder „nur“ additiven Synergismen sehr selten zu beobachten; manchmal gibt es sogar antagonistische Effekte, d. h. ein Stoff schwächt die Wirkung eines anderen ab. Das summarische Rechenverfahren zur Ermittlung eines Bewertungsindex für Stoffgemische aus den Einzelstoffindizes gemäß TRGS 402 Nummer 5.2.1 [16] spiegelt die additiven Wirkungen korrekt wider. Da aber unabhängige Wirkungen viel schärfer als theoretisch notwendig erfasst werden, gewährleistet ein solcher Algorithmus in aller Regel eine ausreichende Sicherheit.

¹⁾ www.dguv.de/bgia/stoffdatenbank

²⁾ www.gefahrstoff-info.de

³⁾ www.gisbau.de

⁴⁾ www.gischem.de

⁵⁾ www.dguv.de/bgia/gestis-limit-values

7.4 Lösemittelfreie und lösemittelarme Vorstriche und Klebstoffe (GISCODE D1-D3)

Die Expositionsdaten zeigen, dass bei Arbeiten mit lösemittelfreien und lösemittelarmen Vorstrichen und Klebstoffen der GISCODE-Gruppen D1, D2 und D3 von einer Einhaltung des Summengrenzwertes ausgegangen werden kann. Die weiteren Inhaltsstoffe, die nicht messtechnisch erfasst wurden, sind ebenfalls beurteilt worden. Auf Grundlage der Dampfdrücke und der Gehalte in den Produkten wurden die möglichen Konzentrationen in der Atemluft abgeschätzt und bewertet. Es muss kein Atemschutz getragen werden.

Bild 1. Auszug aus der Bewertung der D1-, D2- und D3-Bodenbelagsklebstoffe in [9].

4 Vorschlag einer allgemeinen Vorgehensweise für Expositionsbeschreibungen

Vor dem Hintergrund der vorstehenden Überlegungen schlagen die Autoren für die Erstellung von branchen- oder tätigkeitsspezifischen Hilfestellungen auf Expertenebene folgende Vorgehensweise bei der Beurteilung von Stoffgemischen vor:

1. Für die jeweiligen Tätigkeiten wird auf der Basis des Gefahrstoffverzeichnisses eine Tabelle aller eingesetzten und auftretenden Stoffe erstellt.
2. Für Stoffe mit AGW werden die Ergebnisse von Arbeitsplatzmessungen oder aus anderen qualifizierten Nachweismethoden zur Expositionsermittlung herangezogen und nach TRGS 402 Nummer 5.2.1 beurteilt.
3. Für Stoffe ohne AGW oder Messverfahren werden
 - die Einstufung, der Dampfdruck, der Siedepunkt und ggf. auch Grenzwertvorschläge aus der MAK- und BAT-Werteliste der Deutschen Forschungsgemeinschaft oder qualitätsgesicherte ausländische Grenzwerte notiert,
 - die Konzentrationen aller nicht gemessenen Stoffe anhand der gemessenen Expositionen ausgewählter Stoffe und der Dampfdrücke abgeschätzt und eingetragen,
 - auf der Basis einer Recherche in einschlägigen Datenbanken oder stoffspezifischen Übersichtsartikeln unter Hinzuziehen toxikologischer und arbeitsmedizinischer Experten die Gefährdung bei der jeweiligen Exposition gegenüber den Stoffen ohne AGW beurteilt. In den Fällen, in denen weitgehend unbekannte Stoffe aufgeführt sind oder Hinweise auf relevante toxikologische Datenlücken bestehen, müssen weitergehende Recherchen zur Abschätzung gefährlicher Wirkungen durchgeführt oder nach Nummer 4.2 Abs. 8 der TRGS 400 bestimmte gefährliche Eigenschaften als gegeben angenommen werden.

Der hier vorgeschlagene Ansatz fand bereits bei der Ausarbeitung von Expositionsbeschreibungen der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft Verwendung. **Bild 1** zeigt exemplarisch für die Expositionsbeschreibung „Vorstriche und Klebstoffe für Bodenbeläge“ [9] die entsprechende Schlussfolgerung.

5 Ausschlusskriterien für die empfohlene Vorgehensweise

Expositionsbeschreibungen werden auch für Fälle erstellt, bei denen die Überschreitung eines AGW oder des Bewertungsindex nach TRGS 402 Nummer 5.2.1 festgestellt wird. Hier ist eine Berücksichtigung weiterer Inhaltsstoffe ohne AGW nicht notwendig, wenn die zu treffenden persönlichen Schutzmaßnahmen einen hohen Schutzfaktor aufweisen und auch vor anderen inhalativen Expositionen einen hinreichenden Schutz bieten.

So werden z. B. in der Expositionsbeschreibung „Vorstriche und Klebstoffe für Bodenbeläge“ sowohl Bodenbelagsklebstoffe beurteilt, bei denen eine Einhaltung des Bewertungs-

index vorliegt (D1-, D2- und D3-Produkte, siehe auch Bild 1), als auch Bodenbelagsklebstoffe, bei deren Einsatz der Bewertungsindex überschritten wird. Letzteres ist bei stark lösemittelhaltigen Produkten mit GISCODE S1 bis S6 der Fall.

Unter einem GISCODE werden alle Produkte für eine bestimmte Anwendung und einer ähnlichen Gefährdung zusammengefasst. So ist vielen Bodenlegern und Aufsichtsbehörden bekannt, dass beim Einsatz eines S1-Klebstoffes (**Bild 2**) Grenzwerte nicht eingehalten sind und daher Atemschutz getragen werden muss.

6 Expositionsszenarien für REACH

Die am 1. Juni 2007 in Kraft getretene REACH-Verordnung für das Inverkehrbringen von chemischen Produkten verpflichtet die Hersteller oder Importeure registrierungspflichtiger Stoffe zur Beschreibung von Expositionsszenarien. In Expositionsszenarien wird dargestellt, wie der Stoff sicher hergestellt und während seines Lebenszyklus sicher verwendet wird. Sie werden zukünftig über ein erweitertes Sicherheitsdatenblatt in der Lieferkette weitergegeben. Nach Artikel 31 der REACH-Verordnung muss dann z. B. der nachgeschaltete Anwender eines Produktes mit diesem Stoff bei der Erstellung seines Sicherheitsdatenblattes die einschlägigen Expositionsszenarien nutzen.

In Anhang I der REACH-Verordnung heißt es hierzu unter 5.2.5: „*Stehen auf geeignete Weise gewonnene repräsentative Expositionsdaten zur Verfügung, so ist ihnen bei der Ermittlung der Exposition besondere Beachtung zu schenken. [...] Auch relevante Messdaten über Stoffe mit ähnlicher Verwendung und ähnlichen Expositionsmustern oder sonstigen Eigenschaften können berücksichtigt werden.*“

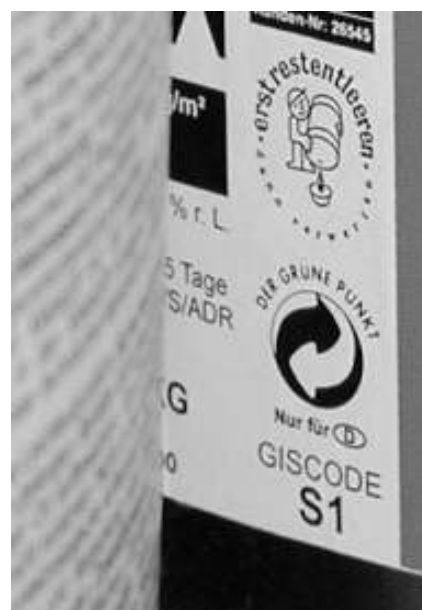


Bild 2. Gebinde eines Bodenbelagsklebstoffes mit GISCODE S1.

Bislang gibt es aber nur für wenige Stoffe Expositionsdaten für alle Einsatzbereiche. Derzeit werden zahlreiche Methoden diskutiert, mit denen kurzfristig weitere Expositionen abgeschätzt werden können. Die hier vorgestellte Vorgehensweise könnte dazu einen Beitrag leisten.

7 Ausblick

Mit diesem Beitrag soll eine Diskussion zur Beurteilung von Gefahrstoffbelastungen am Arbeitsplatz und zur Beurteilung von Stoffen ohne Grenzwert auf Expertenebene angestoßen werden. Sie hat zum Ziel, für Klein- und Mittelunternehmen weitere unmittelbar anwendbare Hilfestellungen für den Arbeitsschutz vor Ort abzuleiten. Die vorgestellte Vorgehens-

weise ist flexibel und kann den jeweiligen Anforderungen von Branchen und Tätigkeiten angepasst werden. Sie kann auch zur Erarbeitung von Expositionsszenarien im Rahmen der EU-Chemikalienverordnung REACH genutzt werden. Es bleibt zu hoffen, dass sich mit der Umsetzung der REACH-Verordnung und der damit verbundenen Verpflichtung der Hersteller zur Ableitung von DNEL (Derived No-Effect Level – Konzentration, unterhalb der ein Stoff keine Wirkung ausübt) die Zahl der Stoffe mit Arbeitsplatz-Luftgrenzwerten in den nächsten Jahren deutlich erhöhen wird. Ein transparenter Beurteilungsmaßstab für chemische Gefährdungen am Arbeitsplatz erleichtert auch auf Expertenebene die Erarbeitung von branchen- und tätigkeitsspezifischen Hilfestellungen erheblich.

Literatur

- [1] Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) vom 23. Dezember 2004. BGBl. I (2004), S. 3758; zul. geänd. BGBl. I (2007) S. 2382.
- [2] Technische Regel für Gefahrstoffe: Arbeitsplatzgrenzwerte (TRGS 900). Ausg. 1/2006. BArbBl. (2006) Nr. 1, S. 41-55; zul. geänd. GMBL. (2008) Nr. 28, S. 578.
- [3] Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH). ABl. EU (2006) Nr. L 396.
- [4] Berufsgenossenschaftliche Information für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit: BG/BGIA-Empfehlungen für die Gefährdungsbeurteilung nach der Gefahrstoffverordnung (BGI 790). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Sankt Augustin.
- [5] Hamm, G.; Rühl, R.; Vater, U.: Branchenregelungen und andere Hilfen für die Gefährdungsbeurteilung. In: Gefahrstoffe 2007. Wiesbaden: Universum 2006, S. 70-79.
- [6] Packroff, R.; Görner, B.; Guhe, Ch.; Lechtenberg-Auffarth, E.; Lotz, G.; Tischer, M.: Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund 2005.
- [7] Kalberlah, F.; Wriedt, H.: Bewertung und Fortentwicklung der Regelsetzung: Anwendbarkeit der TRGS 440. Fb 784, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaften 1998.
- [8] Bradshaw, S.: Relative hazards of gaseous and particulate pollutants during paint spraying. HSE Report No. 19/1990. Hrsg.: Health and Safety Executive.
- [9] Expositionsbeschreibung „Vorstriche und Klebstoffe für Bodenbeläge“. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), 2008 (in Vorbereitung). www.gisbau.de, Rubrik Service.
- [10] Kleine, H.: Verfahrens- und stoffspezifische Kriterien – ein Schlüsselinstrument der Gefährdungsbeurteilung. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 65 (2005) Nr. 1/2, S. 31-34.
- [11] Toxikologische Bewertungen. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, Heidelberg.
- [12] BUA-Stoffberichte. Hrsg.: Beratergremium für Altstoffe (BUA) der Gesellschaft Deutscher Chemiker. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft S. Hirzel, 1986 ff.
- [13] Existing Chemicals – European Union Risk Assessment Reports. Hrsg.: European Chemicals Bureau. http://ecb.jrc.it/documents/Existing-Chemicals/RISK_ASSESSMENT/REPORT/
- [14] Technische Regel für Gefahrstoffe 901: Begründungen und Erläuterungen zu Grenzwerten in der Luft am Arbeitsplatz (TRGS 901). Ausg. 4/1997. BArbBl. (1997) Nr. 4, S. 42-53; zul. geänd. BArbBl. (2006) Nr. 1, S. 55.
- [15] Technical Guidance Document for Preparing the Chemical Safety Assessment (REACH Implementation Project 3.2–2). In Vorbereitung.
- [16] Technische Regel für Gefahrstoffe: Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition (TRGS 402). Ausg. 6/2008. GMBL. (2008) Nr. 28, S. 558-575.