

Probabilistische Verfahren zur Ermittlung beruflicher Expositionen in der Prävention und bei Berufskrankheiten

Eickmann U¹, Althaus E², Bochmann F³, Knauff-Eickmann R⁴

¹BGW, Köln; ²BGW, Mainz; ³BGIA – Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz, St. Augustin; ⁴SMB, Bornheim

Problemstellung: In vielen Fällen beschränkt sich die Ermittlung von Expositionen in der Prävention und bei Berufskrankheiten auf die Feststellung mittlerer oder maximaler Werte. Dieses kann für alle Beteiligten unbefriedigend sein. Wenn epidemiologische Dosis-Wirkungsbeziehungen bekannt sind, kann eine quantitative Ermittlung zur Häufigkeitsverteilung physikalischer und chemischer Expositionen sinnvoll sein. Im Rahmen dieser Arbeit war zu prüfen, ob statistische Verfahren der Probabilistik eine Möglichkeit zur Verbesserung der Expositionsbeschreibung und somit der medizinischen Beurteilungsgrundlage darstellen können.

Methode: Die Arbeiten umfassten die Entwicklung eines systematischen Vorgehens zur Ermittlung umfangreicher chemischer Expositionen an einem Arbeitsplatz (Abb. 1) und deren exemplarische Anwendung auf Standardtätigkeiten im Gesundheitsdienst. Zur Beschreibung der Schadstoffverteilung im Arbeitsbereich wurde ein „1-Zonen-Modell“ unter Annahme homogener Vermischung gewählt /1,2/. Durch Ermittlungen zur Variabilität der Expositionsparameter am Arbeitsplatz wurde eine Datengrundlage zur Anwendung probabilistischer Verfahren geschaffen. Die Anwendung dieser Berechnungsverfahren /3/ umfasste die zufällige Auswahl von jeweils 1000 Eingangsdatensätzen pro Modellrechnung aus den ermittelten Verteilungen der Expositionsparameter und die Auswertung und Beurteilung der Häufigkeitsverteilungen der berechneten Stoffkonzentrationen in der Luft anhand einer Software für probabilistische Risikomodellierung (@RISK, Palisade Inc.).



Abb. 1: Ablauf der probabilistischen Ermittlung beruflicher Expositionen

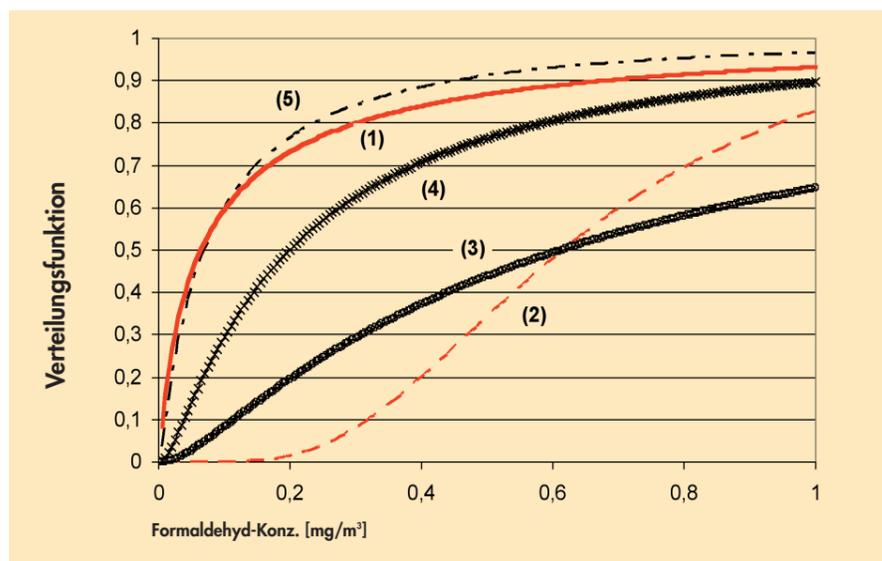


Abb. 2: Verteilung von Expositionen bei der aldehydischen Flächendesinfektion: Vergleich von Modell-Daten (rot) mit Messdaten (schwarz).
 (1) Berechnung aus vier Szenarien: OP- und Nebenraum-Desinfektion, jeweils bei natürlicher und technischer Lüftung. GM = 0,0638, GSD = 6,2978.
 (2) Szenario OP-Desinfektion, natürliche Lüftung. GM = 0,6175, GSD = 1,6675.
 (3) Messungen Bau-Berufsgenossenschaften /7/, Desinfektion in OP-Sälen, natürliche und technischer Lüftung; GM = 0,6135, GSD = 3,6834.
 (4) Messungen Bau-BGGen /7/, Rahmenbedingungen ähnlich zu (1). GM = 0,1991, GSD = 3,5951.
 (5) Verteilung aus Messdaten der franz. Datenbank COLCHIC: Formaldehyd-Belastung in Operationsbereichen von Arztpraxen, Lüftung unbekannt. GM = 0,07, GSD = 4,3.

Ergebnisse: Bei den betrachteten Arbeitssituationen aus dem Gesundheitsdienst, speziell der Krankenpflege in Stationen und Operationsbereichen, konnten Expositionsmodelle für die meisten Standardtätigkeiten aufgestellt werden (Tabelle 1). Die Beschreibung der emittierenden Stoffquellen erfolgte entweder über die Bilanzierung des Verbrauches bei der dokumentierten Tätigkeit, über bekannte Emissionsgleichungen in /1/, über die Verwendung von Expertenwissen zum Material-Verbrauch und über die Verbrauchsschätzung über Leitkomponenten /4,5/. Die arbeitsorganisatorischen Rahmenbedingungen dieser Tätigkeiten waren zuvor durch Befragungen von Beschäftigten und Ermittlungen vor Ort erfasst worden und ermöglichten die Festlegung der Spannweite und Verteilung der in die Modelle eingehenden Parameter (z.B. Verbrauchswerte, behandelte Flächen, Arbeitszeit, Raumvolumen, Luftwechsel, Frischluftstrom etc.). Die variablen Parameter wurden über Gleich-, Dreiecks-, Normal-, Lognormal-Verteilungen usw. beschrieben, wobei aufgrund fehlender Angaben manche Verteilungen geschätzt werden mussten. Die Berechnungen mit dem Programm @RISK lieferten für die zu beurteilenden, teilweise über mehrere Jahrzehnte reichenden Expositionsszenarien eine Reihe von lognormalen Expositionsverteilungen je Gefahrstoff und Standardtätigkeit, von denen einige zur aldehydischen Flächendesinfektion (Tab.1, Nr.5) exemplarisch in Abb. 2 dargestellt sind.

Nr	Tätigkeit	Modell	Anzahl Parameter	Quellbeschreibung
1	Umgang mit Lösungsmittel (Wundbenzin)	1-Zonen-Modell	10	über Tätigkeit
2	Hautdesinfektion im OP	1-Zonen-Modell	10	über Tätigkeit
3	Händedesinfektion	1-Zonen-Modell	8	über Tätigkeit
4	Flächendesinfektion (alkoholisch)	1-Zonen-Modell	9	über Tätigkeit
5	Flächendesinfektion (aldehydisch)	1-Zonen-Modell	8	s. BIA-Rep. 3/2001
6	Instrumentendesinfektion (aldehydisch)	1-Zonen-Modell	8	s. BIA-Rep. 3/2001
7	Narkoseeinleitung (Lachgas)	1-Zonen-Modell	8	Expert Judgement
8	Tätigkeiten mit Narkosegas (OP)	1-Zonen-Modell	7	Expert Judgement
9	Volatile Anästhetika (Halothan): Befüllen von Vaporen	1-Zonen-Modell	5	Worst Case
10	Volatile Anästhetika (Halothan): Exposition im OP	Abschätzung über Leitkomponente N2O	2	s. BIA-Rep. 3/2001
11	Exposition gegenüber Narkosegasen: Aufwachraum	Mischung aus Messergebnissen u. Modellbetrachtung	-	s. BG/BIA-Empfehlung 1018: Aufwachräume

Tab. 1: Betrachtete Tätigkeiten und ihre Modellierung

Folgerungen: Die hier vorgestellte Methode führt zu strukturierten, umfangreichen Expositionsinformationen, die differenziertere Aussagen zulassen als aufgrund von mittleren Expositionsannahmen oder „Worst Case“-Annahmen. Sie kann als Berechnungsmodell schnell an ähnliche Arbeitssituationen angepasst werden und ist vielfältig einsetzbar, sofern die benötigten Informationen zu den zu beurteilenden Tätigkeiten oder Arbeitsplätzen vorliegen. Die berechneten Expositionen liegen in einem ähnlichen Wertebereich wie die gemessenen (Abb.2). Im vorliegenden Fall konnten trotz eines sehr hohen Ermittlungsaufwandes einzelne Tätigkeiten nicht modelliert werden, da weder die Arbeitsverfahren noch die arbeitsorganisatorischen Rahmenbedingungen von den befragten Beschäftigten ausreichend beschrieben werden konnten. Bei den erhobenen Daten zu Expositionsparametern konnte deren Repräsentativität für die in die Ermittlung eingebundenen Unternehmen angenommen werden. Es fehlen aber bis heute branchenbezogene repräsentative Daten zur Verteilung und zur Spannweite wesentlicher Expositionsparameter (Raumgröße, Lüftungsdaten, tätigkeitsbezogene Arbeits- und Expositionszeiten, usw.) und insbesondere ausreichend detaillierte Daten zu den Stoffquellen. Da die ermittelten Expositionsdaten in Begutachtungs- und Verwaltungsverfahren genutzt werden sollen, muss das probabilistische Ermittlungssystem von den Gutachtern und der Rechtssprechung akzeptiert werden. Bisher spielt die Variabilität von Expositionen weder in der praktischen Prävention, z.B. bei der Überprüfung von Grenzwerteinhalten, noch im Berufskrankheitenverfahren eine große Rolle. Daher sollte dieses Verfahren, das die Expositionsvariabilität berücksichtigt, mit den entsprechenden Anwenderkreisen abgestimmt werden. /6/.

Quellenverzeichnis:

- /1/ BIA-Report 3/2001: Berechnungsverfahren und Modellbildung in der Arbeitsbereichsanalyse. Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), St. Augustin, 2001, ISBN 3-88383-588-9
- /2/ Eickmann, U.; Liesche, A.; Wegscheider, W.; Harmonization and further development of models to calculate airborne contaminant concentrations at the workplace. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, 67(2007) 4, in Druck.
- /3/ Mosbach-Schulz, O.; Methodische Aspekte probabilistischer Modellierung. UWSF – Z. Umweltchem. Ökotox. 11(1999)5, S. 292-298
- /4/ BG/BIA-Empfehlung zur Überwachung von Arbeitsbereichen – Anästhesiearbeitsplätze – Operationssäle in: BIA-Arbeitsmappe „Messung von Gefahrstoffen“ (Kennzahl 1017), 24. Lfg. III/00, Hrsg. Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz (BGIA), St. Augustin, Erich Schmidt Verlag, Bielefeld, 1989, Loseblattausgabe
- /5/ BG/BIA-Empfehlung zur Überwachung von Arbeitsbereichen – Anästhesiearbeitsplätze – Aufwachraum in: BIA-Arbeitsmappe „Messung von Gefahrstoffen“ (Kennzahl 1018), 17. Lfg. X/96, Hrsg. Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz (BGIA), St. Augustin, Erich Schmidt Verlag, Bielefeld, 1989, Loseblattausgabe
- /6/ Eickmann, U.; Kleine, H.; Wie sicher sind Aussagen zu Expositionen am Arbeitsplatz? Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, in Vorbereitung.
- /7/ Waldinger, C.; Jänecke, A.; Ermittlung der Aldehyd-Konzentration bei der Flächendesinfektion in humanmedizinischen Einrichtungen. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 63(2003) 7/8, 317-324