

Holzschutzmittel

Expositionsabschätzungen für den beruflichen Anwender aus Sicht der Bewertungsstelle Arbeitsschutz

K. Ludwig-Fischer, M. Krug, D. Holthenrich

Zusammenfassung Holzschutzmittel unterliegen als Biozidprodukte gemäß der Verordnung (EU) Nr. 528/2012 (Biozid-Verordnung) einer Zulassungspflicht. Im Zulassungsverfahren ermittelt der Fachbereich 4 „Gefahrstoffe und biologische Arbeitsstoffe“ der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) das gesundheitliche Risiko für den professionellen Anwender; dazu wird die Exposition der Beschäftigten bei der Anwendung des Produktes abgeschätzt. Diese Veröffentlichung beschreibt das behördliche Vorgehen zur Expositionsabschätzung im Rahmen einer Zulassung, wenn der Antragsteller keine geeigneten spezifischen Messdaten für ein Applikationsverfahren vorlegt. Zur Expositionsermittlung dienen dann Modelle und Annahmen, die unter den europäischen Mitgliedstaaten abgestimmt und in Form von Leitfäden und Expertenempfehlungen verfügbar sind. Dieses Vorgehen ist notwendig, um eine Gleichbehandlung von Antragstellern zu ermöglichen. Die hier dargestellte Vorgehensweise schafft die Voraussetzung für eine transparente und nachvollziehbare Expositionsbewertung und gibt zudem eine Hilfestellung zur Erstellung der Unterlagen für das Zulassungsverfahren. Antragsteller oder Industrieverbände können die Datengrundlage durch systematische Studien verbessern, bei deren Planung der Fachbereich 4 der BAuA seine Unterstützung anbietet.

Wood preservatives – Exposure assessment for the professional user from the perspective of the risk assessment unit for occupational safety

Abstract Wood preservatives used as biocidal products are underlying an authorisation process according to Regulation (EU) No. 528/2012. In Germany, Division 4 of the Federal Institute for Occupational Safety and Health (BAuA) – Hazardous Substances and Biological Agents – is responsible for the evaluation of human health risks in workplaces. Therefore, worker exposure to the respective wood preservative is assessed. This publication describes the regulatory procedure for exposure assessment which is followed when applicants do not provide specific measurement data for certain application techniques during the authorisation process. If so, models and assumptions are used which have been agreed within the European member states and published in several European and national guidelines. For equal treatment of applicants throughout Europe this approach should strictly be complied with. The procedure described provides the requisite for a transparent and comprehensible exposure assessment and is useful for the applicant's compilation of documents for product authorisation. Applicants or industrial associations may improve the evaluation data with systematically conducted studies. In the case of planning a study, Division 4 of BAuA offers support.

Dr. rer. nat. Katrin Ludwig-Fischer,
Dr. rer. nat. Monika Krug,
Dr. rer. nat. Dagmar Holthenrich,
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
(BAuA), Dortmund.

1 Einleitung

Holzschutzmittel unterliegen der europäischen Biozidgesetzgebung. Zum 1. September 2013 wurde die Gesetzgebung nach der Richtlinie 98/8/EG [1] und ihre Umsetzung in nationales Recht durch die Verordnung (EU) Nr. 528/2012 [2] (Biozid-Verordnung) abgelöst [3]. Um sowohl den Schutz für Verbraucher, Beschäftigte und Umwelt als auch eine ausreichende Wirksamkeit der Produkte zu gewährleisten, dürfen Biozidprodukte und damit auch Holzschutzmittel erst dann in den Verkehr gebracht und verwendet werden, wenn eine Zulassung durch die zuständige nationale Behörde vorliegt. Für Holzschutzmittel, die „alte Biozidwirkstoffe“ gemäß der Verordnung (EG) Nr. 1451/2007 [4] enthalten, gelten dabei Übergangsregelungen [5].

Das Zulassungsverfahren für die Holzschutzmittel ist ein zweistufiger Prozess, der sich in ein Wirkstoff- und ein Produktverfahren gliedert. Voraussetzung für die Zulassung von Holzschutzmitteln ist, dass die in dem jeweiligen Produkt enthaltenen Wirkstoffe bereits in einem europäischen Verfahren bewertet und in der Unionsliste der genehmigten Wirkstoffe [6] nach der Biozid-Verordnung für die Produktart Holzschutzmittel aufgenommen wurden (Wirkstoffverfahren). Im Produktzulassungsverfahren werden dann die beantragten Anwendungen des Holzschutzmittels betrachtet. Die gesundheitliche Bewertung erfolgt durch das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR)¹⁾, das die Gefahrenabschätzung der enthaltenen Stoffe sowie die Risikobewertung für Verbraucher durchführt. Für die Risikobewertung am Arbeitsplatz ist der Fachbereich 4 „Gefahrstoffe und biologische Arbeitsstoffe“ der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)²⁾, verantwortlich.

2 Grundlagen der Expositionsbewertung

Im Rahmen der Zulassung eines Holzschutzmittels ist die Ermittlung und Bewertung der Exposition bei einer beantragten, beruflichen Verwendung ein wesentlicher Baustein für die Abschätzung des gesundheitlichen Risikos für Beschäftigte [7]. Hierbei sind sowohl die Wirkstoffe als auch die bedenklichen Stoffe [2] zu berücksichtigen.

In der vorliegenden Publikation wird für die verschiedenen Applikationsverfahren von Holzschutzmitteln die Vorgehensweise der Expositionsabschätzung des Fachbereichs 4 der BAuA aufgezeigt; Einflussfaktoren auf die Exposition werden beschrieben und der Einsatz von Risikominierungsmaßnahmen erläutert. Diese Informationen dienen dazu, die behördliche Expositionsbewertung im Zulas-

¹⁾ Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), Max-Dohrn-Str. 8-10, 10589 Berlin.

²⁾ Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Friedrich-Henkel-Weg 1-25, 44149 Dortmund.

sungsverfahren transparent darzustellen und sie bieten Antragstellern eine Hilfe bei der Zusammenstellung ihrer Zulassungsunterlagen.

Grundlage für die Expositionsbewertung sind die vom Antragsteller vorgelegten Daten. Bei Vorliegen von Messdaten zu einer Anwendung des Holzschutzmittels werden diese je nach Qualität in die Bewertung einbezogen. Werden keine Messdaten vorgelegt, so verwendet der Fachbereich 4 der BAuA die auf europäischer Ebene abgestimmten Bewertungsgrundlagen. Hierzu zählt das zentrale Dokument „Technical Notes for Guidance (TNsG) Human Exposure to Biocidal Products“, das in zwei Versionen (2002 [8] und 2007 [9]) vorliegt. In diesen Dokumenten ist eine Sammlung von ausgewerteten Expositionsdaten aufgeführt; diese ist nach bestimmten Tätigkeitsklassen (z. B. Anmischen, Sprühen) oder zum Teil auch nach Produktarten (z.B. Desinfektionsmittel) sortiert. Die darin benannten Modelle sind zumeist Datensammlungen, die u. a. im Rahmen von Messkampagnen der britischen Behörde für Gesundheitsschutz und Arbeitssicherheit und im Rahmen des europäischen Projektes RISKOFDERM [10] ermittelt wurden. In den genannten Quellen wird nicht erläutert, welches Modell für welche Anwendung innerhalb einer bestimmten Produktart geeignet ist. Der Versuch einer Zuordnung wird in einem weiteren europäischen Dokument, der „User Guidance“ (TNsG 2002) [11], für die Verwendung von Holzschutzmitteln vorgenommen. Bei der europäischen Diskussion der Bewertungen stellte sich jedoch heraus, dass es Lücken bei der Abschätzung gibt und Absprachen zwischen den Mitgliedstaaten getroffen werden müssen, um eine einheitliche Bewertung zu ermöglichen. Eine Expertengruppe zur Lösung dieser Fragestellungen wurde auf europäischer Ebene gegründet, die sogenannte Human Exposure Expert Group (HEEG; seit dem 1. April 2014 als ad hoc working group Human Exposure unter der Leitung der Europäischen Chemikalienagentur – ECHA agierend). Diese Gruppe spricht Empfehlungen in Form von HEEG Opinions aus, die auch im Manual of Technical Agreements (MOTA) [12] veröffentlicht werden.

2.1 Abschätzung nach TNsG

Im TNsG 2007 [9] werden die Expositionsszenarien im Allgemeinen in jeweils drei Arbeitsphasen unterschieden, deren ermittelte Einzexpositionen zur Gesamtexposition addiert werden. Dabei werden in der Regel der dermale und der inhalative Aufnahmepfad als relevant betrachtet.

- Vorbereitungsphase (z. B. Anmischen der Anwendungslösung bei Konzentraten; Befüllen der Sprühgeräte bzw. Anwendungssysteme mit der Anwendungslösung oder dem gebrauchsfertigen Holzschutzmittel; Verbindung von Leitungen zu den Vorratsgefäßen der Holzschutzmittel);
- Anwendungsphase (Ausbringung bzw. Verwendung der Anwendungslösung oder des gebrauchsfertigen Holzschutzmittels);
- Nachbereitungsphase (z. B. Reinigung und Wartung von Ausrüstung, Werkzeug und Einrichtung; Beseitigung von Abfällen oder Rückständen).

Mit den Daten des TNsG [8; 9] ist es möglich, die dermale Exposition quantitativ zu beurteilen. Dermale Expositionswerte werden für die Körperexposition, die auf einem Schutzanzug ermittelt wurde, angegeben; sie stellen die potenzielle dermale Exposition des Körpers dar. Die Handexposition und zum Teil die Fußexposition werden separat bestimmt. Für die Handexposition werden Werte, die die Exposition auf

Schutzhandschuhen (potenzielle Handexposition) und/oder unterhalb von Schutzhandschuhen (tatsächliche Handexposition) beschreiben, benannt. In dem Dokument sind die Daten zusammengefasst, dabei werden sie als Bereiche und/oder Perzentile (50-, 75-, 95-Perzentil) aufgeführt. Eine Angabe, welches Perzentil zur Beurteilung geeignet ist, befindet sich im Dokument User Guidance [11] in Annex 4 (Indicative exposure values).

Für die Abschätzung der inhalativen Exposition mittels TNsG-Modellen ist zu beachten, dass darin nahezu ausschließlich Messdaten von nicht flüchtigen Stoffen aufgeführt werden. Für die Bewertung von flüchtigen Stoffen ist daher eine abweichende Abschätzung erforderlich. Diese ist mit speziellen Modellen (wie z. B. ConsExpo [13]) oder vorhandenen Messdaten durchzuführen. In dieser Publikation wird auf die Beurteilung von flüchtigen Stoffen nicht näher eingegangen.

2.2 Gestuftes Vorgehen zur Abschätzung der Exposition (Tiered approach)

Bei einer Expositionsabschätzung wird in einem ersten Schritt (Tier 1) ein Arbeitnehmer betrachtet, der das jeweilige Applikationsverfahren, wenn es die Daten zulassen, ohne Schutzmaßnahmen (z. B. keine Lüftung oder Arbeitsschutzkleidung) ausführt. Wird durch eine Risikoabschätzung kein gesundheitliches Risiko für den Arbeitnehmer identifiziert, so kann die Expositionsbewertung bereits mit diesem ersten Schritt abgeschlossen werden. Resultiert jedoch aufgrund der Expositionshöhe bei der Verwendung des Holzschutzmittels für den beruflichen Anwender ein Risiko, so wird die Expositionsabschätzung ggf. mit einem spezifischeren Modell durchgeführt oder ergänzt durch Festlegungen von Arbeitsschutzmaßnahmen (Tier 2).

Hierbei gilt das in der Gefahrstoffverordnung, § 7 Absatz 4 verankerte „STOP-Prinzip“ (Substitution > technische Arbeitsschutzmaßnahmen > organisatorische Arbeitsschutzmaßnahmen > Persönliche Schutzausrüstung), das die Rangfolge der einzubeziehenden Schutzmaßnahmen vorschreibt. Bei der behördlichen Bewertung des beantragten Biozidproduktes werden zunächst technische und organisatorische Maßnahmen zur Minimierung der Arbeitnehmerexposition betrachtet, bevor der Einsatz von Persönlicher Schutzausrüstung (PSA) in Betracht gezogen wird. In den nachfolgenden Beschreibungen der einzelnen Applikationsverfahren ist gesondert erwähnt, falls für die Expositionsabschätzungen spezifische technische oder organisatorische Maßnahmen zu berücksichtigen sind. Wenn PSA (Chemikalienschutzhandschuhe, Chemikalienschutzanzug bzw. Atemschutz) zur Minderung der Exposition in die Berechnung einbezogen wird, dann wird dies durch den Einbezug der jeweiligen Schutzwirkung erreicht [14]. Für Chemikalienschutzhandschuhe und -anzug sind diese einer entsprechenden HEEG Opinion [15] zu entnehmen (z. B. Chemikalienschutzhandschuhe bzw. Chemikalienschutzanzug für die allgemeine Handhabung von Holzschutzmitteln: 90 % Schutzwirkung). Für den Atemschutz stehen entsprechende Schutzfaktoren im TNsG 2007 [9] zur Verfügung. Grundsätzlich sind nur diejenigen Schutzmaßnahmen auszuwählen, die praxistauglich und nicht unverhältnismäßig belastend für den beruflichen Anwender sind.

Weiterhin ist zu beachten, dass im TNsG die Expositionswerte bei einigen Messdaten auf Messungen unterhalb von Schutzkleidung beruhen (tatsächliche Exposition) und be-

Tabelle 1. Streichen – Parameter zur Expositionsabschätzung.

Phase	Parameter	Expositionsrelevanter Wert
Vorbereitungsphase	potenzielle Handexposition (für Flüssigkeitsvolumen von 10 bis 20 l)	0,5 ml Holzschutzmittel
Anwendungsphase	potenzielle Handexposition	0,5417 mg Holzschutzmittel/m ² gestrichene Fläche *
	potenzielle Körperexposition (ohne Hände)	0,2383 mg Holzschutzmittel/m ² gestrichene Fläche *
	inhalative Exposition	0,0016 mg Holzschutzmittel/m ² gestrichene Fläche *
	Streichdauer (expert judgement)	240 min
	mittlere Streichgeschwindigkeit [20]	7,6 min/m ²
	gestrichene Fläche pro Schicht	32 m ²
Nachbereitungsphase	potenzielle Handexposition	131,56 mg Holzschutzmittel

* normiert auf 1 % (w/w) Wirkstoff

reits eine ausreichende Schutzausrüstung in die Berechnung einbezogen wurde. Daher ist eine weitere Anwendung eines Schutzfaktors zur Reduzierung der Exposition im Rahmen einer verfeinerten Expositionsrechnung (Tier 2) in solchen Fällen nicht möglich. Allerdings ist bei Bezug auf diese Werte die entsprechende PSA für das Produkt verbindlich vorzugeben.

3 Beschreibung der Applikationsverfahren und ihrer Expositionsabschätzung

Holzschutzmittel werden in den verschiedensten Applikationsverfahren angewendet. Zu diesen gehören

- Streichen (manuelles Streichen, Rollen),
- Sprühen (manuelles Sprühen, Spritzen),
- Bohrlochverfahren,
- Druckimprägnierung,
- Trogtränkung bzw. automatisiertes Tauchen,
- manuelles Tauchen,
- Sprühtunnelverfahren.

Die Expositionsbewertung aus Sicht des Arbeitsschutzes wird für diese Verfahren nachfolgend im Detail erläutert.

3.1 Streichen

Holzschutzmittel können mithilfe von Pinseln oder Rollen in Form von gebrauchsfertigen Produkten oder als Konzentrate nach Verdünnung mit Wasser bzw. Lösemitteln auf zu behandelnde Flächen ausgebracht werden. Überwiegend werden durch dieses Applikationsverfahren bereits verbaute Holzelemente behandelt, die entweder vor Schädlingen (vorbeugend) geschützt oder bei Befall (bekämpfend) behandelt werden.

In der Vorbereitungsphase wird im Falle der Verwendung eines Holzschutzmittel-Konzentrates das Anmischen der Anwendungslösung als expositionsrelevante Tätigkeit betrachtet. Bei der Verwendung von gebrauchsfertigen Holzschutzmitteln wird eine Exposition für diese Phase nicht erwartet. Beim Anmischen ist eine Exposition der Hände beim Umschütten des Holzschutzmittels und dem anschließenden Rühren möglich. Für die Abschätzung der resultierenden potenziellen Handexposition steht das in der Europäischen Union abgestimmte TNsG-Modell „Mixing and loading model 4“ [8; 11] zur Verfügung, das auch für das manuelle Umfüllen von Flüssigkeiten von HEEG empfohlen wird [16].

Die Bewertung der Anwendungsphase basiert nicht auf TNsG-Daten, sondern auf einer durch das BfR in Auftrag gegebenen Studie [17]. Diese untersucht die Exposition gegenüber Holzschutzmitteln während des Streichens von Zäunen unterschiedlicher Bauart. Obwohl hier die Verbraucherexposition beschrieben wird, ist die Studie auch zur Bewertung der beruflichen Exposition übertragbar. Werte zur potenziellen Hand- und Körperexposition werden in mg/gestrichener Fläche in m² dargestellt. Für die berufliche Verwendung wird eine im Vergleich zur Abschätzung der Verbraucherexposition höhere Streichdauer von 240 min bei einer mittleren Streichgeschwindigkeit [18] und einer resultierenden behandelten Fläche von 32 m² angenommen. Die Studie bietet zusätzlich auch einen Expositionswert zur Ermittlung der inhalativen Exposition eines nicht flüchtigen Stoffes, der ebenfalls in die Expositionsabschätzung eingeht. Die Nachbereitungsphase wird insbesondere durch die Reinigung der verwendeten Pinsel oder Rollen nach der Applikation bestimmt und trägt ebenfalls zur dermalen Exposition bei. Es wird eine potenzielle Handexposition nach Auswaschung des Pinsels gemäß HEEG-Empfehlung [19] ermittelt.

Im Vergleich der verschiedenen Phasen der Anwendung trägt die Anwendungsphase erwartungsgemäß den größten Anteil zur Gesamtexposition bei, gefolgt von der Vorbereitungsphase im Falle der Verwendung eines Konzentrates und der Nachbereitungsphase. Eine Übersicht über die verwendeten Parameter und ihre Werte, die in die Expositionsbewertung eingehen, ist in **Tabelle 1** dargestellt.

3.2 Sprühen

Für die Sprühanwendung werden gebrauchsfertige oder konzentrierte Holzschutzmittel auf Lösemittelbasis oder auch wasserbasiert eingesetzt. Dieses Applikationsverfahren findet im gewerblichen Bereich insbesondere zur Nachbehandlung von verbaute Holz zum vorbeugenden Schutz bzw. im Rahmen von Bekämpfungsmaßnahmen bei Befall mit Schädlingen Anwendung. Dazu werden die Holzschutzmittel von berufsmäßigen Verwendern hauptsächlich bei niedrigem bis mittlerem Sprühdruk unter Einsatz eines handgetragenen Sprühgerätes ausgebracht.

Bei Sprühanwendungen zeigt sich, dass die dermale Exposition stark von der Sprührichtung, dem verwendeten Sprühdruk und dem Abstand des Arbeitnehmers zum Sprühstrahl abhängt [20; 21].

Tabelle 2. Sprühen – Parameter zur Expositionsabschätzung.

Phase	Parameter	Expositionsrelevanter Wert
Anwendungsphase (einschließlich Vorbereitungsphase)	potenzielle Handexposition (Tier 1)	273 mg Holzschutzmittel/min
	tatsächliche Handexposition (unter Handschuhen; Tier 2)	7,8 mg Holzschutzmittel/min
	potenzielle Körperexposition	222 mg Holzschutzmittel/min
	inhalative Exposition	76 mg Holzschutzmittel/m ³
	Sprühdauer	2 x 40 min
Nachbereitungsphase	potenzielle Handexposition	210 mg Holzschutzmittel

Im TNsG [8; 11] wird für dieses Applikationsverfahren ein Modell zur Abschätzung der dermalen und inhalativen Exposition bereitgestellt (Spraying model 2). Es basiert auf Messdaten von vier Studien zu Sprühanwendungen mit einem Sprühdruk von 4 bis 7 bar. Jeweils ca. 50 Daten sowohl zur Körper- als auch Handexposition sowie 61 Daten zur inhalativen Exposition liegen vor. Diese umfassen bereits den Anteil der Exposition der Anmisch- und Umfülltätigkeiten; daher ist eine separate Bewertung der Vorbereitungsphase nicht möglich. In dem Modell werden die dermalen Expositionswerte der potenziellen Körper- und Handexpositionen (Tier 1) ausgewiesen. Zur Beurteilung der tatsächlichen Handexposition stehen zusätzlich Messwerte unterhalb von Handschuhen zur Verfügung, die bei einer verfeinerten Expositionsrechnung (Tier 2) einbezogen werden. Die durchschnittliche Sprühdauer wird mit zwei mal 40 min pro Arbeitstag auf der Basis der Angaben im TNsG [8] angenommen. Das Modell gibt ebenso den Expositionswert für die inhalative Exposition von nicht flüchtigen Stoffen vor. Die Phase der Nachbereitung, das Reinigen des Sprühkopfes, wird separat bewertet; die potenzielle Handexposition ist der Publikation von *Marquart et al.* [22], die im Rahmen des RISKOFDERM-Projektes [10] erhobene Daten umfasst, entnommen. Die Exposition der Nachbereitungsphase trägt nur zu einem geringen Teil zur Gesamtexposition bei. Eine Übersicht über die verwendeten Parameter und ihre Werte, die in die Expositionsabschätzung eingehen, bietet **Tabelle 2**.

3.3 Bohrlochverfahren

Zu den Bohrlochverfahren gehören die Verwendung von Bohrlochpatronen, die Bohrlochdrucktränkung und die Bohrlochtränkung. Allen Bohrlochverfahren ist gemeinsam, dass in einem ersten Schritt Bohrungen vorgegebener Breite und Tiefe in das zu behandelnde Holz eingebracht werden. Dabei handelt es sich in den meisten Fällen um zum Teil schon vorbehandelte, verbaute Holzteile (z. B. Straßmasten, Fensterrahmen, Dachstuhlbalcken), die entweder vorbeugend oder bekämpfend behandelt werden. Zahl, Breite und Tiefe der Bohrungen hängen von dem verwendeten Wirkstoff und von der Befallsstärke ab. In der Art der Befüllungstechnik und der Formulierung des Holzschutzmittels unterscheiden sich jedoch die einzelnen Bohrlochverfahren stark voneinander.

In den TNsG [8; 9] finden sich keine Daten, die die Verfahren zur Einbringung eines Holzschutzmittels in Bohrlöcher beschreiben. Auch existieren keine Publikationen oder Studien zu diesen Verfahren. Aus diesem Grund basiert die Bewertung auf Daten, die zu Tätigkeiten erhoben werden, die den Arbeitsschritten der Bohrlochverfahren ähneln.

Nachfolgend wird exemplarisch die Bewertung der Bohrlochtränkung beschrieben. Auf die weiteren Bohrlochverfahren wird im Rahmen dieser Veröffentlichung nicht eingegangen.

Bei der Bohrlochtränkung bzw. -imprägnierung werden Bohrlöcher ohne Druck mit flüssigen oder granulären Holzschutzmitteln befüllt. Im Folgenden wird die Bewertung für die Verwendung von ausschließlich flüssigen Holzschutzmitteln erörtert.

Nach Bohren der Löcher in die Holzelemente kann entweder direkt die Anwendungslösung verfüllt werden oder aber es werden in den Löchern eingesteckte Trichter verschiedener Größen befüllt, sodass ein größeres Flüssigkeitsvolumen nach und nach in das Holz diffundieren kann. Für eine Worst-case-Betrachtung wird der zweite Fall für eine Berechnung herangezogen. Hierbei wird davon ausgegangen, dass die Anwendungslösung nicht direkt aus einem Originalgebinde in die Trichter eingefüllt, sondern zunächst in kleinere Gefäße umgefüllt wird. Dies gilt sowohl für gebrauchsfertige Produkte als auch für Konzentrate zur Verdünnung. Die Bewertung der Anmisch- bzw. Umfüllphase ist mit der Vorbereitungsphase des Streichens identisch.

Die eigentliche Anwendungsphase umfasst das Befüllen der Trichter. Für diese Anwendung steht jedoch – wie schon zuvor erwähnt – kein Modell zur Verfügung. Aufgrund der sich ähnelnden Tätigkeiten mit der Vorbereitungsphase wird die Abschätzung der dermalen Exposition analog durchgeführt, wobei von 100 Einfüllvorgängen pro Schicht mit einem verminderten Flüssigkeitsvolumen von maximal 1 l pro Füllvorgang auszugehen ist. Eine inhalative Exposition gegenüber Aerosolen während der Anwendungsphase wird nicht betrachtet.

In der Nachbereitungsphase führt die Reinigung der gebrauchten Geräte zu einer zusätzlichen dermalen Belastung des Arbeitnehmers. Dieser Anteil wird analog der Anwendung Sprühen abgeschätzt und ist im Vergleich zur dermalen Gesamtexposition von nachrangiger Bedeutung. Einen Überblick über die verwendeten Expositionswerte und Parameter für die Bohrlochtränkung mit einem flüssigen Holzschutzmittel bietet **Tabelle 3**.

3.4 Druckimprägnierung

Der Begriff Druckimprägnierung fasst eine Vielzahl von Prozessen zusammen, denen die Behandlung von Holz im Druckverfahren im industriellen oder gewerblichen Maßstab gemeinsam ist. Die Imprägnierung zum vorbeugenden Holzschutz erfolgt in einem geschlossenen Kessel und unterscheidet sich in den speziellen Verfahren u.a. durch Modifikation der Druckführung. Da die Imprägnierung im geschlossenen Kessel abläuft, ist diese Phase für die Exposition der Beschäftigten nicht relevant [23; 24].

Tabelle 3. Bohrlochtränkung (flüssige Holzschutzmittel) – Parameter zur Expositionsabschätzung*.

Phase	Parameter	Expositionsrelevanter Wert
Vorbereitungsphase	potenzielle Handexposition (für Flüssigkeitsvolumen von 10 bis 20 l)	0,5 ml Holzschutzmittel
Anwendungsphase	potenzielle Handexposition (für Flüssigkeitsvolumen von 1 l)	0,01 ml Holzschutzmittel
	Einfüllvorgänge	100 pro Schicht
Nachbereitungsphase	potenzielle Handexposition	210 mg Holzschutzmittel

* nicht übertragbar auf die weiteren Bohrlochverfahren

Das Anmischen und Befüllen der Anwendungslösung wird aufgrund der verwendeten Gebindegrößen über automatische Dosier- und Mischsysteme gewährleistet, sodass lediglich die Verbindung vom Großgebilde des Holzschutzmittels zum Vorratstank des Anwendungssystems durch den beruflichen Anwender hergestellt werden muss. Die Exposition der Hände wird entsprechend einer HEEG Opinion [16] in Anlehnung an das RISKOFDERM-Toolkit „Connecting lines“ abgeschätzt. Dabei wird angenommen, dass die Tätigkeit nicht länger als 10 min andauert und nicht täglich auszuführen ist; daher wird sie als wöchentlich anfallende Arbeit in die Expositionsbeurteilung einbezogen (TNsG Teil 3 [8]).

Die Anwendungsphase umfasst das Beladen des Holzes auf eine Lore, das Einfahren in den Imprägnierkessel bis hin zum Entladen der behandelten Hölzer in den Trocknungsbereich. Dieser Ablauf wird mehrmals am Tag durchlaufen. Die dermale Exposition der Arbeitnehmer erfolgt insbesondere beim Beschieken und Entleeren des Imprägnierkessels durch Berühren kontaminierter Oberflächen oder des imprägnierten Holzes. Auch müssen nach der Imprägnierung die zur Sicherung des Holzes angebrachten Spanngurte gelöst werden; dabei kommt es durch die nassen Wagenteile und Spanngurte zu einer Exposition an Unterarmen, Bauch

und Oberschenkeln. Diese Einschätzung wird durch die von der BAuA durchgeführte Studie [23] unterstützt. Für die Expositionsabschätzung steht das Modell „Handling model 1“ (TNsG [8; 11]) zur Verfügung, das auf ca. 40 Messdatensätzen beruht, die für das Druckverfahren erhoben wurden. Es bietet jeweils unterschiedliche Werte für wasser- und lösemittelbasierte Holzschutzmittel und ermöglicht die getrennte Bewertung der Körper- und Handexposition. Die Expositionswerte werden in diesem Modell in der Einheit mg/Zyklus angegeben. Europaweit werden entsprechend des TNsG [8] drei Zyklen pro Schicht berücksichtigt. Beim Öffnen des Kessels nach der Imprägnierung können Aerosolbelastungen auftreten. Diese werden ebenfalls in der Studie erfasst und zur Bewertung der inhalativen Exposition von nicht flüchtigen Stoffen herangezogen. Teeröhlhaltige Produkte sind hiervon abweichend gesondert zu bewerten [25]. Jegliche Instandsetzungsarbeiten am Kessel (z. B. Reinigung des Innenraumes) ziehen zusätzliche dermale Belastungen des Arbeitnehmers nach sich. Für die Expositionsabschätzung wird nach Vereinbarung auf europäischer Ebene ebenfalls das Modell „Handling model 1“ verwendet, jedoch geht in die Abschätzung nur ein Zyklus ein (TNsG Teil 3 [8]). Wie auch die Vorbereitungsphase wird diese Tätigkeit nicht

Tabelle 4. Druckimprägnierung – Parameter zur Expositionsabschätzung.

Phase	Parameter	Expositionsrelevanter Wert
Vorbereitungsphase	potenzielle Handexposition	0,92 mg Holzschutzmittel/min
	Dauer der Tätigkeit	10 min
	Häufigkeit der Tätigkeit	wöchentlich
Anwendungsphase – inhalative Exposition	inhalative Exposition	wasserbasiertes Holzschutzmittel: 1,9 mg Holzschutzmittel/m ³
		lösemittelbasiertes Holzschutzmittel: 0,6 mg Holzschutzmittel/m ³
	Dauer der Tätigkeit*	90 min
	Häufigkeit der Tätigkeit	täglich
Anwendungsphase – dermale Exposition bzw. Nachbereitungsphase**	tatsächliche Handexposition (unter Handschuhen)	wasserbasiertes Holzschutzmittel: 1080 mg Holzschutzmittel/Zyklus lösemittelbasiertes Holzschutzmittel: 260 mg Holzschutzmittel/Zyklus
	potenzielle Körperexposition	wasserbasiertes Holzschutzmittel: 8570 mg Holzschutzmittel/Zyklus lösemittelbasiertes Holzschutzmittel: 158 mg Holzschutzmittel/Zyklus
	Zyklenanzahl	drei pro Schicht (für Anwendungsphase – dermale Exposition) bzw. einer pro Schicht (für Nachbereitungsphase)
	Häufigkeit der Tätigkeit	täglich (für Anwendungsphase – dermale Exposition) bzw. wöchentlich (für Nachbereitungsphase)

* Kesselöffnung

** identische Parameter für beide Phasen

Tabelle 5. Trogränkung bzw. automatisiertes Tauchen – Parameter zur Expositionsabschätzung.

Phase	Parameter	Expositionsrelevanter Wert
Vorbereitungsphase	potenzielle Handexposition	0,92 mg Holzschutzmittel/min
	Dauer der Tätigkeit	10 min
	Häufigkeit der Tätigkeit	täglich
Anwendungsphase bzw. Nachbereitungsphase*	tatsächliche Handexposition (unter Handschuhen)	wasserbasiertes Holzschutzmittel: 1080 mg Holzschutzmittel/Zyklus lösemittelbasiertes Holzschutzmittel: 260 mg Holzschutzmittel/Zyklus
	potenzielle Körperexposition	wasserbasiertes Holzschutzmittel: 8570 mg Holzschutzmittel/Zyklus lösemittelbasiertes Holzschutzmittel: 158 mg Holzschutzmittel/Zyklus
	Zyklanzahl	vier pro Schicht (für Anwendungsphase, Tier 1) einer pro Schicht (für Anwendungsphase, Tier 2) einer pro Schicht (für Nachbereitungsphase)
	Häufigkeit der Tätigkeit	täglich (für Anwendungsphase) bzw. wöchentlich (für Nachbereitungsphase)

* identische Parameter für beide Phasen

regelmäßig durchgeführt und daher als wöchentliche Belastung interpretiert.

Eine Übersicht über die verwendeten Parameter und Werte, die in die Expositionsbewertung eingehen, bietet **Tabelle 4**.

3.5 Trogränkung bzw. automatisiertes Tauchen

Die Trogränkung bzw. das automatisierte Tauchen ist ein Applikationsverfahren, das hauptsächlich in größeren holzverarbeitenden Betrieben durchgeführt wird. Die Behandlung des Holzes erfolgt dabei in stationären, offenen Tauchbecken, die in der Regel außerhalb eines Gebäudes, dann jedoch überdacht, aufgestellt werden.

Zur Bewertung dieses Verfahrens gibt es keine dermalen Messdaten im TNsG [8; 9] oder andere publizierte Daten. Die europäischen Mitgliedstaaten haben sich daher auf ein harmonisiertes Vorgehen zur Bewertung geeinigt.

Da sich die Anmischphase wie für das Verfahren Druckimprägnierung in der Regel durch Anschluss von Leitungen darstellt, wird diese analog bewertet. Sie fließt jedoch als tägliche Belastung in die Expositionsabschätzung ein.

Die Anwendungsphase umfasst sowohl

- die Vorbereitung der Hölzer (Bündelung der zu behandelnden Hölzer mit entsprechenden Befestigungsgurten, Aufladen auf einen Hubwagen),
- den eigentlichen Tauchvorgang (Absenken des Holzes in das Becken für eine bestimmte Zeitperiode) sowie
- das Entladen des Tauchbeckens (Anheben der Hölzer mithilfe einer Hebevorrichtung, Abtropfen der Anwendungslösung über dem Tank, Einsammeln von evtl. losen Holzteilen im Tauchbecken, Nachziehen gelöster Spanngurte) und
- den Transport des noch feuchten, behandelten Holzes in den Lagerungs- bzw. Trocknungsbereich.

Da die Tätigkeiten vergleichbar mit denjenigen der Druckimprägnierung sind, werden auch hier die Daten des „Handling model 1“ (TNsG [8; 11]) herangezogen. Die Anzahl der Zyklen wurde auf der Basis einer Untersuchung des Umweltbundesamtes [26] ermittelt und auf vier Zyklen bzw. Tauchvorgänge festgelegt. Das Vorgehen für die Bewertung erfolgt entsprechend einer HEEG Opinion [27]. Wird mit dieser Abschätzung ein gesundheitliches Risiko für den Arbeitnehmer identifiziert, so ist im Rahmen einer Verfeinerung der Expositionsabschätzung (Tier 2) die Einbeziehung eines

vollständig automatisierten Tauchprozesses, in dem der händische Kontakt mit behandeltem Holz ausgeschlossen ist, gemäß einer weiteren HEEG Opinion [28] vorzusehen. Für die Expositionsabschätzung wird aufgrund dieser Arbeitsschutzmaßnahme ein vierfach geringerer Expositionsbeitrag einbezogen.

Instandsetzungs- und Reinigungsarbeiten werden in Analogie zur Druckimprägnierung bewertet. Eine inhalative Belastung durch Aerosolexposition wird bei allen Arbeitsphasen als vernachlässigbar eingeschätzt.

Die für die Berechnung notwendigen Parameter und expositionsrelevante Werte können der **Tabelle 5** entnommen werden.

3.6 Manuelles Tauchen

Das manuelle Tauchen wird zur vorbeugenden Behandlung von Hölzern in Tauchbecken angewendet. Im Gegensatz zur Trogränkung stehen diese Becken meist in Gebäuden; das Einbringen, Tauchen und Entnehmen der Holzteile erfolgt händisch bzw. mit Hilfsmitteln, aber nicht mit maschineller Unterstützung.

Liegt das Holzschutzmittel als Konzentrat vor, so wird für die Vorbereitungsphase das Anmischen der Anwendungslösung als expositionsrelevante Tätigkeit betrachtet. Dieses geschieht entweder direkt im Tauchbecken oder wird in einem separaten Mischtank durchgeführt, der über eine Verbindung zum Tauchbecken verfügt. Bei einem gebrauchsfertigen Holzschutzmittel ist für diese Phase zwar kein Anmisch-, jedoch ein Umfüllvorgang zu betrachten, da zunächst das Holzschutzmittel aus dem Transportgebilde in das Tauchbecken gefüllt werden muss. Da es sich auch hier in der Regel um eine Verbindung von Leitungen handelt, wird diese Phase in Analogie zur Druckimprägnierung bewertet.

Die Anwendungsphase umfasst das manuelle Tauchen des Holzes im Tauchbecken. Nach Abschluss der Tauchphase erfolgen die Entnahme aus dem Becken und anschließend der händische Transport zur Trocknungsfläche. Die dabei auftretende tatsächliche Hand- bzw. potenzielle Körperexposition wird mithilfe des TNsG-Modells „Dipping model 1“ [8; 11] abgeschätzt. Dieses Modell basiert auf fünf Messdaten, die an einer entsprechenden Anlage ermittelt wur-

Tabelle 6. Manuelles Tauchen – Parameter zur Expositionsabschätzung.

Phase	Parameter	Expositionsrelevanter Wert
Vorbereitungsphase	potenzielle Handexposition	0,92 mg Holzschutzmittel/min
	Dauer der Tätigkeit	10 min
Anwendungsphase bzw. Nachbereitungsphase*	tatsächliche Handexposition (unter Handschuhen)	25,7 mg Holzschutzmittel/min
	potenzielle Körperexposition	178 mg Holzschutzmittel/min
	Zyklanzahl	je einer pro Schicht (für Anwendungs- und Nachbereitungsphase)
	Dauer der Tätigkeit	je 30 min (für Anwendungs- und Nachbereitungsphase)
	inhalative Exposition	1 mg Holzschutzmittel/m ³

* identische Parameter für beide Phasen

den. Aufgrund der schlechten Datenbasis wird jeweils der höchste ermittelte Messwert zur Bewertung herangezogen. Einer HEEG Opinion [27] folgend wird für die Expositionsabschätzung die Dauer von 30 min pro Schicht einbezogen. Zusätzlich stellt dieses Modell einen Wert für die Abschätzung der inhalativen Exposition der nicht flüchtigen Stoffe zur Verfügung.

Auch eine Nachbereitungsphase wird separat betrachtet. Allerdings steht für die Reinigungsarbeiten an dem Tauchbecken kein eigenes Expositionsmodell zur Verfügung. Daher erfolgt die Berechnung der dermalen Exposition ebenfalls auf Grundlage der Expositionswerte des Modells „Dipping model 1“ [8; 11] und es wird von einer täglichen Reinigung ausgegangen.

Letztlich tragen Anwendungs- und Nachbereitungsphase gleichermaßen zu der dermalen Gesamtexposition bei. Alle für die Berechnung notwendigen Parameter und Werte, die in die Expositionsbewertung eingehen, sind in **Tabelle 6** dargestellt.

3.7 Sprühtunnelverfahren

Das Sprühtunnelverfahren wird zur vorbeugenden Behandlung von Hölzern und Holzkonstruktionen wie z. B. Fensterrahmen angewendet. Es gibt verschiedene Arten von Sprühtunneln, die sich nicht nur in ihrer Größe und in ihrem Durchsatz unterscheiden, sondern auch mobil oder stationär angelegt sein können. Auch die Art der Entnahme der Hölzer nach Durchlaufen des Tunnels kann unterschiedlich stark automatisiert sein.

Da die Vorbereitungsphase dem Anmischen und Befüllen bei der Druckimprägnierung entspricht, wird sie wie dort beschrieben bewertet.

Während der Anwendungsphase durchläuft das Holz – meist auf einem Förderband – den Sprühtunnel. Dabei kommen je nach Tunneltyp unterschiedliche Sprühdüsen, Rollen und Walzen zum Einsatz. Das so behandelte, feuchte oder nasse Holz verlässt den Tunnel und kann auf verschiedene Weise zum Trockenplatz gelangen: Entweder müssen die Hölzer von Hand aufgenommen und auf Regale zum Trocknen überführt werden oder die Entnahme erfolgt automatisiert bzw. der Abtransport zum Lager- bzw. Trockenplatz wird mithilfe eines Gabelstaplers ausgeführt.

Derzeit stehen für diese Tätigkeit keine Messdaten zur Verfügung, jedoch wird nach einer Vereinbarung auf europäischer Ebene und entsprechend dem Dokument User Guidance das TNsG-Modell „Dipping model 1“ [8; 11] für die beschriebenen Aktivitäten herangezogen. Unter der Annahme, dass mit dem Sprühtunnelverfahren ein deutlich höherer

Durchsatz an Hölzern möglich ist als beim manuellen Tauchen, wird eine potenzielle Expositionsdauer von 60 min pro Schicht in die Abschätzung einbezogen. Wird mit dieser Abschätzung ein gesundheitliches Risiko für den Arbeitnehmer identifiziert, werden in einem zweiten Schritt technische Arbeitsschutzmaßnahmen einbezogen (Tier 2). Durch eine automatische Stapelung und Bündelung der behandelten Hölzer und anschließenden Abtransport mit einem Gabelstapler kann die Exposition etwa um die Hälfte reduziert werden. Die Vorgabe einer automatischen Stapelung wird an den Verwender über das Etikett kommuniziert und ist entsprechend als Risikominderungsmaßnahme von den Betrieben umzusetzen.

Die Nachbereitungsphase erfasst alle am Tunnel oder am Transportband nötigen Reinigungsarbeiten. Besonders vor längerem Stillstand des Tunnels bzw. bei einem Wechsel des Holzschutzmittels müssen die Sprühdüsen ausreichend gereinigt werden. Zudem können Hölzer beim Kontakt mit dem Förderband noch nass sein, sodass auch hier Reinigungstätigkeiten ausgeführt werden müssen. Da auch für diese Arbeiten kein Expositionsmodell existiert, wird die dermale Exposition für die Nachbereitungsphase ebenfalls auf Grundlage des Modells „Dipping model 1“ [8; 11] abgeschätzt. Dabei wird angenommen, dass solche Reinigungsarbeiten täglich ausgeführt werden und diese mit 30 min pro Schicht in die Berechnungen eingehen. Alle für die Expositionsabschätzung nötigen Angaben sind in **Tabelle 7** zusammengestellt.

4 Fazit

Im Rahmen der Zulassungsverfahren von Holzschutzmitteln sind die dermale und inhalative Exposition von Arbeitnehmern quantitativ abzuschätzen. Hierzu werden Messdaten, Modelle und Annahmen verwendet, die die europäischen Mitgliedstaaten bzw. die ECHA in Form von europäischen und nationalen Leitfäden [29; 30] und Expertenempfehlungen (z. B. HEEG Opinions) veröffentlichen. Der Fachbereich 4 der BAuA muss diese Leitfäden und Empfehlungen während der Bewertung eines Zulassungsantrags berücksichtigen, wenn keine spezifischen Messdaten durch den Antragsteller im Rahmen eines Zulassungsverfahrens vorgelegt werden oder es keine neueren relevanten Daten (abgestimmt auf europäischer Ebene) gibt. Dieses Vorgehen ist notwendig, um eine einheitliche Bewertung und somit eine Gleichbehandlung von Antragstellern europaweit ermöglichen zu können.

Tabelle 7. Sprühtunnelverfahren – Parameter zur Expositionsabschätzung.

Phase	Parameter	Expositionsrelevanter Wert
Vorbereitungsphase	potenzielle Handexposition	0,92 mg Holzschutzmittel/min
	Dauer der Tätigkeit	10 min
Anwendungsphase bzw. Nachbereitungsphase*	tatsächliche Handexposition (unter Handschuhen)	25,7 mg Holzschutzmittel/min
	potenzielle Körperexposition	178 mg Holzschutzmittel/min
	Dauer der Exposition	60 min (für Anwendungsphase) 30 min (für Nachbereitungsphase)
	inhalative Exposition	1 mg Holzschutzmittel/m ³

* identische Parameter für beide Phasen

Nicht für alle Applikationsverfahren von Holzschutzmitteln existieren spezifische Messdaten oder geeignete Modelle. Insbesondere die Trogränkung und das Sprühtunnelverfahren werden durch die Verwendung von Daten aus Verfahren bewertet, von denen die europäischen Experten eine gewisse Übertragbarkeit erwarten.

Um die Datenlage, Qualität und Aussagefähigkeit der Expositionsannahmen zu verbessern, sind Studien, die die dermale und inhalative Exposition von Arbeitnehmern bei der Ausübung der betreffenden Applikationsverfahren ermit-

eln, nützlich. Verschiedene europäische Behörden haben (auch in internationalen Kooperationen) bereits Studien zu spezifischen Fragestellungen durchgeführt, doch zur Verbesserung der Datenlage sind dringend weitere Erhebungen erforderlich. Antragstellern oder Industrieverbänden, die entsprechende Expositionsstudien planen, bietet der Fachbereich 4 der BAuA eine ausführliche Beratung im Vorfeld an. Eine solche Beratung stellt die Qualität der Datenerhebung sicher und fördert somit die europaweite Akzeptanz der Studie.

Literatur

- [1] Richtlinie 98/8/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Februar 1998 über das Inverkehrbringen von Biozid-Produkten. ABl. EU (1998) Nr. L 123, S. 1-63.
- [2] Verordnung (EU) Nr. 528/2012 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Mai 2012 über die Bereitstellung auf dem Markt und die Verwendung von Biozidprodukten. ABl. EU (2012) Nr. L 167, S. 1-23.
- [3] *Schlüter, U.*: Die Europäische Biozid-Verordnung und ihre Durchführung in Deutschland. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 73 (2013) Nr. 10, S. 401.
- [4] Verordnung (EG) Nr. 1451/2007 der Kommission vom 4. Dezember 2007 über die zweite Phase des Zehn-Jahres-Arbeitsprogramms gemäß Artikel 16 Absatz 2 der Richtlinie 98/8/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über das Inverkehrbringen von Biozid-Produkten. ABl. EU (2007) Nr. L 325, S. 3-65.
- [5] Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Chemikaliengesetz – ChemG) vom 16. September 1980, neugefasst 28. August 2013. BGBl. I (2013), S. 3498, 3991.
- [6] List of approved substances. Hrsg.: Europäische Kommission. http://ec.europa.eu/environment/chemicals/biocides/active-substances/approved-substances_en.htm
- [7] *Auffarth, J.; Macho, K.; Holthenrich, D.; Schlüter, U.; Lechtenberg-Auffarth, E.*: Zulassung von Biozid-Produkten: Exposition und Maßnahmen. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 63 (2003) Nr. 11/12, S. 455-459.
- [8] Human exposure to biocidal products – Technical notes for guidance (TNsG 2002). Hrsg.: Europäische Chemikalienagentur (ECHA), Helsinki, Finnland 2002. <http://echa.europa.eu>
- [9] Human exposure to biocidal products – Technical notes for guidance (TNsG 2007). Hrsg.: Europäische Chemikalienagentur (ECHA), Helsinki, Finnland 2007. <http://echa.europa.eu>
- [10] *Auffahrt, J.; van Hemmen, J.; Hebisch, R.; Lechtenberg-Auffahrt, E.; Marquart, J.; Oppl, R.; Rajan, B.; Wriedt, H.*: RISKOFDERM – Europas Beschäftigte sollen nicht länger ihre Haut zu Markte tragen. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 63 (2003) Nr. 10, S. 399-405.
- [11] Guidance on Biocides Legislation, TNsG User Guidance. Hrsg.: Europäische Chemikalienagentur (ECHA), Helsinki, Finnland. <http://echa.europa.eu/en/guidance-documents/guidance-on-biocides-legislation>
- [12] Manual of Technical Agreements (MOTA). Hrsg.: Europäische Chemikalienagentur (ECHA), Helsinki, Finnland. <http://echa.europa.eu/en/guidance-documents/guidance-on-biocides-legislation>
- [13] ConsExpo. Hrsg.: National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), Bilthoven, Niederlande. www.rivm.nl/en/Topics/C/ConsExpo
- [14] *Krause, M.*: Persönliche Schutzausrüstung beim Umgang mit Gefahrstoffen – Einstieg in die Auswahl. Sicherheitsingenieur (2012) Nr. 12, S. 42-46.
- [15] HEEG Opinion: Default protection factors for protective clothing and gloves, agreed at TM I 2010. Hrsg.: Europäische Kommission, Gemeinsame Forschungsstelle, Ispra, Italien. http://echa.europa.eu/documents/10162/19680902/heeg_opinion_9_default_protection_factors_for_clothing_and_gloves_en.pdf
- [16] HEEG Opinion on the use of available data and models for the assessment of the exposure of operators during the loading of products into vessels or systems in industrial scale, agreed at TM I 2008. Hrsg.: Europäische Kommission, Gemeinsame Forschungsstelle, Ispra, Italien. http://echa.europa.eu/documents/10162/19680902/heeg_opinion_1_mixing_loading_model_7_alternatives_en.pdf
- [17] *Ling, W.; Reifenstein, H.; Westphal, D.; Plattner, E.*: Human exposure bei Holzschutzmitteln (BfR Wissenschaft 03/2006). Hrsg.: Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), Berlin 2006.
- [18] *Garrod, A. N. I.; Guiver, R.; Rimmer, D. A.*: Potential exposure of amateurs (consumers) through painting wood preservative

- and antifoulant preparations. *Ann. Occup. Hyg.* 44 (2000), S. 421-426.
- [19] HEEG opinion on Exposure model Primary exposure scenario – washing out of a brush which has been used to apply a paint, agreed at TM III 2010. Hrsg.: Europäische Kommission, Gemeinsame Forschungsstelle, Ispra, Italien. http://echa.europa.eu/documents/10162/19680902/heeg_opinion_11_washing_out_of_a_brush_en.pdf
- [20] Koch, W.; Berger-Preiß, E.; Boehncke, A.; Könnecker, G.; Mangelsdorf, I.: Arbeitsplatzbelastungen bei der Verwendung von bioziden Produkten – Teil 1: Inhalative und dermale Expositionsdaten für das Versprühen von flüssigen Biozid-Produkten (Projektnummer: F 1702). Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund 2004.
- [21] Berger-Preiß, E.; Boehncke, A.; Könnecker, G.; Mangelsdorf, I.; Holthenrich, D.; Koch, W.: Inhalational and dermal exposures during spray application of biocides. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 208 (2005) S. 357-372.
- [22] Marquart, H.; Warren, N.; Laitinen, J.; van Hemmen, J.: Default values for assessment of potential dermal exposure of the hands to industrial chemicals in the scope of regulatory risk assessments. *Ann. Occup. Hyg.* 50 (2006), S. 469-489.
- [23] Hebisch, R.; Holthenrich, D.; Karmann, J.; Riechert, F.; Berger, M.; Kersten, N.: Arbeitsplatzbelastungen bei der Verwendung von bioziden Produkten – Teil 4: Holzschutzmittel (Projektnummer: F 1809). Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund 2009.
- [24] Hebisch, R.; Holthenrich, D.; Karmann, J.: Gefahrstoffbelastungen in Holzimprägnierbetrieben – Aufschlussreiche Arbeitsplatzmessungen. *Sicherheitsingenieur* 40 (2009) Nr. 11, S. 18-24.
- [25] Schäferhenrich, A.; Hebisch, R.; Holthenrich, D.; Krutz, K.; Göen, T.: Messung von Hautbelastungen durch chemische Stoffe bei der Imprägnierung mit Holzschutzmitteln (Projektnummer: F 2053). Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund 2012.
- [26] Langer, W.; Forst, S.: Gutachten zur Erhebung struktureller Daten über industrielle und gewerbliche Anwender von Holzschutzmitteln in Deutschland. Hrsg.: Umweltbundesamt (UBA), Dessau 2001.
- [27] HEEG opinion: Defaults and appropriate models to assess human exposure for dipping processes (PT 8), agreed at TM III 2009. Hrsg.: Europäische Kommission, Gemeinsame Forschungsstelle, Ispra, Italien. http://echa.europa.eu/documents/10162/19680902/heeg_opinion_8_dipping_cycles_pt_8_en.pdf.
- [28] HEEG Opinion For exposure assessment for professional operators undertaking industrial treatment of wood by fully automated dipping, endorsed at TM III 2013. Hrsg.: Europäische Kommission, Gemeinsame Forschungsstelle, Ispra, Italien. http://echa.europa.eu/documents/10162/19680902/heeg_opinion_18_fully_automated_dipping_en.pdf
- [29] Guidance for Human Health Risk Assessment, Volume III Part B. Hrsg.: Europäische Chemikalienagentur (ECHA), Helsinki 2013. http://echa.europa.eu/documents/10162/15623299/biocides_guidance_human_health_ra_iii_partb_en.pdf
- [30] Informationen für die Zulassung von Biozidprodukten. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund. www.baua.de/de/Chemikaliengesetz-Biozidverfahren/Biozide/zip/Informationen-Zulassung.zip