

Bundesgesundheitsbl 2014 · 57:574–584  
 DOI 10.1007/s00103-013-1920-1  
 Online publiziert: 25. April 2014  
 © The author(s) 2014. This article is published  
 with open access at link.springer.com

C. Pieper<sup>1</sup> · D. Holthenrich<sup>2</sup> · H. Schneider<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bundesinstitut für Risikobewertung, Berlin

<sup>2</sup> Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund

# Gesundheitliche Risiken durch Schädlingsbekämpfungsmittel

## Hintergrund und Einleitung

Für Schädlingsbekämpfungsmittel, die zu den Biozidprodukten zählen, gab es in Deutschland bis vor wenigen Jahren keine gesetzlichen Grundlagen für ihre Zulassung und Vermarktung. Sie konnten ohne eine behördliche Prüfung unter Maßgabe des Chemikalienrechtes in Verkehr gebracht werden. Somit fand früher z. B. keine unabhängige gesundheitliche Bewertung dieser Mittel statt. Lediglich Schädlingsbekämpfungsmittel, deren Anwendung von den zuständigen Behörden zum Schutz des Menschen vor übertragbaren Krankheiten nach § 18 des Infektionsschutzgesetzes (IfSG) [1] angeordnet werden kann und die dafür der Aufnahme in eine entsprechende Liste des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) bedürfen, wurden vom Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) bzw. seinen Vorgängerinstitutionen hinsichtlich ihrer Risiken für die menschliche Gesundheit einer Bewertung unterzogen. Durch die europäische Gesetzgebung wurde auch in Deutschland ein Zulassungsverfahren für Biozidprodukte und somit auch für Schädlingsbekämpfungsmittel (hauptsächlich Rodentizide und Insektizide) etabliert. Im Rahmen dieser Zulassung erfolgt auch eine Bewertung der gesundheitlichen Risiken für berufsmäßige und nicht-berufsmäßige Anwender, für unbeteiligte Dritte und für Haustiere.

## Biozidprodukte als Schädlingsbekämpfungsmittel und gesetzliche Grundlagen für die Zulassung

Schädlingsbekämpfungsmittel als Oberbegriff umfassen eine Vielzahl an Präparaten mit unterschiedlichen Wirkstoffen, die in unterschiedlichen Anwendungsbereichen auf ein breites Spektrum an Zielorganismen wirken sollen. Sie unterliegen der europäischen Biozidgesetzgebung, die eine nationale Zulassung von Biozidprodukten für verschiedene Produktarten, darunter auch für Schädlingsbekämpfungsmittel, regelt. Die enthaltenen Wirkstoffe müssen jedoch zuvor auf europäischer Ebene genehmigt worden sein.

Die Biozidgesetzgebung nach Richtlinie 98/8/EG [2] und ihre Umsetzung in nationales Recht wurde am 01.09.2013 durch die Verordnung (EG) Nr. 528/2012 [3] abgelöst. Diese Verordnung gilt in allen europäischen Mitgliedstaaten unmittelbar. Grundsätzlich gilt, dass ein Wirkstoff, der in einem Biozidprodukt verwendet werden soll, zunächst auf EU-Ebene bewertet und nach einer positiven Entscheidung in eine Unionsliste der genehmigten Wirkstoffe nach VO (EG) Nr. 528/2012 aufgenommen sein muss. Erst nach dieser Aufnahme kann ein Zulassungsantrag für ein Biozidprodukt gestellt und dieses in einem nationalen Verfahren bewertet und zugelassen werden. Neben der Zulassung von Biozidprodukten in einem EU-Mitgliedstaat gibt es das Verfahren der gegenseitigen Anerkennung von bereits in einem EU-Mitgliedstaat bewerteten und zugelassenen Produkten. Mit der neuen Verordnung (EG)

Nr. 528/2012 ist zudem das Unionszulassungsverfahren als eine Möglichkeit der europaweiten Vermarktung hinzugekommen.

Im Rahmen einer Zulassung sind unter anderem die Risikobewertungen für Mensch und Haustier durchzuführen. Dadurch soll der Schutz von nicht-berufsmäßigen Anwendern, berufsmäßigen Anwendern, unbeteiligten Dritten und Tieren sichergestellt werden. Daneben werden die Auswirkungen auf die Umwelt sowie die Wirksamkeit und mögliche Erzeugung von Resistenzen bewertet. In Deutschland ist die Bundesstelle für Chemikalien in der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) für die Zulassung von Biozidprodukten zuständig. An der gesundheitlichen Bewertung der Biozidprodukte sind das BfR und der Fachbereich 4 „Gefahrstoffe und biologische Arbeitsstoffe“ der BAuA beteiligt.

Auf Basis der europäischen Gesetzgebung sind Schädlingsbekämpfungsmittel der Hauptgruppe 3 zuzuordnen. **Tab. 1** zeigt die verschiedenen Produktarten, die zu den Schädlingsbekämpfungsmitteln gehören. Im vorliegenden Beitrag wird besonders auf die Produktarten 14 (Rodentizide) und 18 (Insektizide) eingegangen, da diese die wichtigsten Mittel innerhalb dieser Hauptgruppe umfassen.

Eine Vielzahl der in Schädlingsbekämpfungsmitteln eingesetzten Wirkstoffe hat das europäische Verfahren zur Bewertung durchlaufen, sodass bereits zahlreiche Rodentizide, aber auch einige Insektizide in Deutschland als Biozidprodukte zugelassen sind.

Das Infektionsschutzgesetz (IfSG, [1]) regelt, welche Krankheiten bei Verdacht,

**Tab. 1** Schädlingsbekämpfungsmittel als Biozidprodukte gemäß VO (EG) Nr. 528/2012 und ihre Verwendung

Produktart	Oberbegriff	Art der Produkte
14	Rodentizide	Produkte zur Bekämpfung von Mäusen, Ratten und anderen Nagetieren <sup>b</sup>
15	Avizide <sup>a</sup>	Produkte zur Bekämpfung von Vögeln <sup>b</sup>
16	Bekämpfungsmittel gegen Mollusken, Würmer und andere Wirbellose	Produkte, die nicht unter andere Produktarten fallen, zur Bekämpfung von Mollusken, Würmern und Wirbellosen <sup>b</sup>
17	Fischbekämpfungsmittel	Produkte zur Bekämpfung von Fischen <sup>b</sup>
18	Insektizide, Akarizide und Produkte gegen andere Arthropoden	Produkte zur Bekämpfung von Arthropoden (z. B. Insekten, Spinnentiere und Schalentiere) <sup>b</sup>
19	Repellenzien und Lockmittel	Produkte zur Fernhaltung oder Köderung von Schadorganismen (auch Produkte, die unmittelbar oder mittelbar für die menschliche Hygiene oder die Hygiene im Veterinärbereich entweder direkt auf der Haut oder indirekt in der Umgebung von Menschen oder Tieren verwendet werden)
20	Produkte gegen sonstige Wirbeltiere <sup>a</sup>	Produkte zur Bekämpfung anderer als der in den Produktarten 14 bis 19 genannten Wirbeltiere <sup>b</sup>

<sup>a</sup>Produkte dieser Produktart sind in Deutschland gemäß § 4 ChemBioZulV [4] nicht zulassungsfähig. <sup>b</sup>Durch andere Mittel als Fernhaltung oder Köderung.

**Tab. 2** Übersicht über die wichtigsten Wirkstoffe in Schädlingsbekämpfungsmitteln, ihre Wirkmechanismen und ihre typischen Anwendungsgebiete

Wirkstoff	Produkttyp	Wirkmechanismus	Typische Anwendungen
4-Hydroxycoumarine (z. B. Brodifacoum, Coumatetralyl, Difenacoum, Flocoumafen, Warfarin)	Rodentizid (PT14)	Vitamin-K-Antagonisten, Hemmung der Blutgerinnung	Fraßköder, Auslegen im Innen- und Außenbereich und in der Kanalisation
Difethialon	Rodentizid (PT14)	Vitamin-K-Antagonist, Hemmung der Blutgerinnung	Fraßköder, Auslegen im Innen- und Außenbereich und in der Kanalisation
Chlorophacinon	Rodentizid (PT14)	Vitamin-K <sub>1</sub> -Antagonist, Hemmung der Blutgerinnung	Fraßköder, Auslegen im Innen- und Außenbereich und in der Kanalisation
Alpha-Chloralose	Rodentizid (PT14)	Depressive Wirkung auf das ZNS	Fraßköder, Auslegen im Innen- und Außenbereich und in der Kanalisation
Pyrethroide und Pyrethrine (z. B. Deltamethrin, Pyrethrin, Cypermethrin, Cyfluthrin, Permethrin)	Insektizid (PT18)	Hemmung der spannungsabhängigen Natriumkanäle in den Nervenzellen	Sprühen, Streuen, Verdampfen, Schaumanwendung, Behandlung von Textilien
Wachstumsregulatoren (z. B. S-Methopren, Pyriproxyfen)	Insektizid (PT18)	Juvenilhormonantagonisten	Fraßköder, Streuen, Sprühen
Neonicotinoide (z. B. Imidacloprid, Clothianidin, Acetamiprid)	Insektizid (PT18)	Bindung an nikotinische Acetylcholinrezeptoren	Fraßköder, Sprühen, Streichen
Phosphide (z. B. Aluminiumphosphid, Magnesiumphosphid)	Rodentizid (PT14) Insektizid (PT18)	Hemmung der mitochondrialen Cytochromoxidase	Begasungsmittel für Innen- und Außenbereich
Blausäure	Rodentizid (PT14)	Hemmung der mitochondrialen Cytochrom-Oxidase	Begasungsmittel für Innenbereich
Sulfuryldifluorid	Insektizid (PT18)	Unspezifische Hemmung des Energiestoffwechsels durch freigesetztes Fluorid	Begasungsmittel für Innenbereich

Erkrankung oder Tod und welche labor-diagnostischen Nachweise von Erregern meldepflichtig sind. Im IfSG ist auch festgelegt, dass gemäß § 18 bei behördlich angeordneten Entseuchungen (Desinfektion), Entwesungen (Bekämpfung von Nichtwirbeltieren) und Maßnahmen zur Bekämpfung von Wirbeltieren, durch die Krankheitserreger verbreitet werden können, nur Mittel und Verfahren verwendet werden, die in einer Liste im Bundesgesundheitsblatt bekannt gemacht worden sind. Die Aufnahme in die Liste erfolgt nur, wenn die Mittel und Verfahren hinreichend wirksam sind und keine unverträglichen Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt haben. Das BfR ist für die Bewertung der Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit durch Anwendung von Mitteln zur Entwesung und Bekämpfung von Wirbeltieren zuständig. Hierbei ist hervorzuheben, dass aufgrund der geltenden Biozidgesetzgebung praktisch nur in Deutschland zugelassene Schädlingsbekämpfungsmittel in die Liste der Mittel aufgenommen werden können.

## Toxizität relevanter Wirkstoffe

Die Toxizität der meisten Schädlingsbekämpfungsmittel resultiert in erster Linie aus den entsprechenden Eigenschaften ihrer Wirkstoffe. Aus diesem Grund wird im Folgenden auf eine Reihe von Wirkstoffen eingegangen, die für Schädlingsbekämpfungsmittel von Bedeutung sind. Die Bedeutung anderer Inhaltsstoffe ist bei den meisten Schädlingsbekämpfungsmitteln relativ gering. Viele Mittel bestehen hauptsächlich aus Lock- und Fraßstoffen, wie sie auch als oder in Lebens- und Futtermitteln verwendet werden. Gesundheitliche Bedenken können aber aus der Verwendung organischer Lösungsmittel resultieren, die die unterschiedlichsten akuten oder chronischen Wirkungen haben können. **Tab. 2** gibt einen Überblick über die zu den im Folgenden beschriebenen Wirkstoffen sowie über ihre Wirkmechanismen und typischen Anwendungen.

## Rodentizide

### 4-Hydroxycoumarine

Bei den Rodentiziden werden überwiegend Wirkstoffe aus der Gruppe der 4-Hydroxycoumarine eingesetzt. Die Wirkung dieser Stoffe beruht auf ihrer Funktion als Vitamin-K-Antagonist und der daraus resultierenden Hemmung der Blutgerinnungsfaktoren-Bildung. Dieser Mechanismus bestimmt sowohl ihre Wirksamkeit als auch ihre toxikologischen Effekte. Da zunächst die im Blut vorhandenen Gerinnungsfaktoren verbraucht werden, tritt die Wirkung verzögert ein. Man unterscheidet sog. Antikoagulanzen der ersten (z. B. Warfarin, Coumatetralyl) und der zweiten Generation (z. B. Difenacoum, Brodifacoum, Flocoumafen und Bromadiolon). Die Antikoagulanzen der ersten Generation werden aus dem Organismus schneller eliminiert, da sie rascher metabolisiert werden. Daher ist für ihre toxikologische Wirkung eine höhere Dosis bzw. ihre Aufnahme über einen längeren Zeitraum erforderlich als bei den Antikoagulanzen der zweiten Generation. Die Antikoagulanzen der zweiten Generation sind folglich meist giftiger [5, 6]. Die Therapie entsprechender Vergiftungen besteht in erster Linie in der Gabe von Vitamin K als Antidot. Bei Vergiftung mit Antikoagulanzen der zweiten Generation ist aufgrund ihrer langsameren Eliminierung und der verlangsamten Neubildung von Gerinnungsfaktoren eine Langzeittherapie mit Vitamin K erforderlich. Aufgrund ihrer blutgerinnungshemmenden Wirkung werden Antikoagulanzen auch zu medizinischen Zwecken eingesetzt [7].

Für Warfarin ist zudem eine teratogene Wirkung sowohl auf Basis von Beobachtungen am Menschen als auch durch Tierversuche an der Ratte klar belegt. Es wird angenommen, dass der Einfluss auf die Blutgerinnung für die fruchtschädigende Wirkung verantwortlich ist [7]. Bezüglich der anderen Hydroxycoumarine sind die Ergebnisse aus Studien an Ratten und Kaninchen – meist aufgrund der hohen maternalen Toxizität der Verbindungen – nicht so eindeutig wie beim Warfarin. Zum Teil wurden überhaupt keine entsprechenden Effekte beobachtet.

Bundesgesundheitsbl 2014 · 57:574–584 DOI 10.1007/s00103-013-1920-1  
© The author(s) 2014. This article is published with open access at link.springer.com

C. Pieper · D. Holthenrich · H. Schneider

### Gesundheitliche Risiken durch Schädlingsbekämpfungsmittel

#### Zusammenfassung

Schädlingsbekämpfungsmittel unterliegen der europäischen Biozidgesetzgebung. Sie bedürfen in Zukunft einer Prüfung und Zulassung durch die zuständigen nationalen oder europäischen Behörden. Demnach können Biozidprodukte nur zugelassen werden, wenn sie keine unannehmbaren Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit haben. Die im Rahmen der Zulassung durchgeführte gesundheitliche Risikobewertung umfasst zunächst die Ableitung von Grenzwerten für die Wirkstoffe und andere bedenkliche Beistoffe. Nach Abschätzung der aufgrund der Anwendung auftretenden Exposition gegenüber diesen Substanzen wird die Risikocharakterisierung durchgeführt. Unterschreitet die ermittelte Exposition den relevanten Grenzwert, werden keine unannehmbaren Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit erwartet. Die toxikologischen Informationen werden außerdem zur Einstufung des Biozidproduktes herangezogen. Im Ergebnis können spezifische Anwendungsbestimmungen und -einschränkungen formuliert werden, falls dies zur Risikominderung erforderlich ist. Die gesundheitlichen Risiken von Schädlingsbekämpfungsmitteln basieren überwiegend auf den toxikologischen

Eigenschaften der enthaltenen Wirkstoffe, da die toxikologischen Eigenschaften der enthaltenen Beistoffe (z. B. Lebens- und Futtermittel) im Vergleich zu denen der Wirkstoffe bei Schädlingsbekämpfungsmitteln oftmals nicht relevant sind. Bei den Rodentiziden werden häufig Antikoagulanzen eingesetzt, die auch beim Menschen wirksam sind. Bei den Insektiziden sind für Vergiftungen insbesondere die Pyrethroide von Bedeutung. Eine besonders hohe akute Toxizität weisen Begasungsmittel mit Aluminiumphosphid, Magnesiumphosphid, Blausäure oder Sulfuryldifluorid auf. Ihre hohe Toxizität steht in Verbindung mit der hohen inhalativen Toxizität der gasförmigen Wirkstoffe oder, im Falle der Phosphide, des freigesetzten Gases Phosphan. Die gesundheitliche Risikobewertung im Rahmen der Zulassung von Biozidprodukten soll, immer eine sachgerechte und bestimmungsgemäße Anwendung vorausgesetzt, den sicheren Umgang mit diesen Produkten gewährleisten.

#### Schlüsselwörter

Rodentizide · Insektizide · Infektionsschutzgesetz · Biozidverordnung · Risikobewertung

### Health risks from pest control products

#### Abstract

According to European biocide legislation, pest control products require assessment and authorization by the responsible national or European authorities. Biocidal products can only be authorized if they have no unacceptable effects on human health. The health risk assessment performed for authorization comprises (a) the derivation of reference values for the active substances and substances of concern contained in the biocidal product and (b) an exposure assessment. These parameters are required for risk characterization. No unacceptable health risks are expected if the determined exposure is less than the relevant reference value. In addition, the toxicological information is used for classification of the biocidal product. The assessment may, where necessary, result in specific conditions for use or other restrictions aimed at minimizing risk. The risk to human health from pest control products is mainly based on the toxicological properties of their active substances. Commonly, the coformulants used

in pest control products are of less concern than the active substances (e.g., food ingredients and animal feed products). For example, most rodenticides belong to the group of anticoagulants, which are also effective in humans. Regarding intoxications through insecticides, the group of pyrethroids is of particular importance. Fumigants containing metal phosphides, hydrogen cyanide, or sulfur dioxide are particularly toxic. This toxicity is linked to the high acute inhalation toxicity of the gaseous active substances themselves or, in the case of phosphides, of the released gas phosphane. The aim of health risk assessment for the authorization of biocidal products is to ensure their safe application for users and all other persons involved, assuming an adequate and label-compliant use.

#### Keywords

Rodenticides · Insecticides · Infection protection act · Biocidal product regulation · Risk assessment

Dies wird insbesondere auf Unterschiede im Übergang der Wirkstoffe durch die Plazenta zurückgeführt. Aufgrund der strukturellen Ähnlichkeiten der Hydroxycoumarine und des zugrunde liegenden Wirkmechanismus wird jedoch von vielen Experten eine generelle Einstufung dieser Verbindungen als reproduktionstoxisch befürwortet.

### Difethialon

Difethialon ist ein Thiocoumarin-Derivat. Es hat vergleichbare toxikologische Eigenschaften wie die oben genannten 4-Hydroxycoumarine. Es gehört zu den Antikoagulantien der zweiten Generation [7, 8].

### Chlorophacinon

Chlorophacinon ist kein Coumarin-Derivat, sondern leitet sich vom 1,3-Indandion ab. Wie die Coumarin-Derivate ist es aber auch ein Gerinnungshemmer. Als Antidot wirkt nur Vitamin K<sub>1</sub>, nicht aber Vitamin K<sub>3</sub> oder K<sub>4</sub>. Chlorophacinon wird aufgrund seines Wirkmechanismus ebenfalls eine teratogene Wirkung zugeschrieben. Allerdings konnte diese Wirkung in Tierversuchen an Ratten und Kaninchen nicht belegt werden [7, 9].

### Alpha-Chloralose

Alpha-Chloralose ist ein Kondensationsprodukt aus Glukose und Chloralhydrat und zurzeit das einzige als Fraßködter eingesetzte Rodentizid, dessen toxikologische Wirkung nicht auf einer Hemmung der Blutgerinnung beruht. Im Organismus erfolgt ein Abbau zu Chloralhydrat, dem Hauptmetaboliten der alpha-Chloralose im Urin. Wie Chloralhydrat hat Alpha-Chloralose eine depressive Wirkung auf das zentrale Nervensystem und wirkt narkotisierend. Im medizinischen Bereich wurde es beim Menschen als Schlafmittel und Anästhetikum eingesetzt. Im Vergleich zu den oben genannten Antikoagulantien ist die akute Toxizität von alpha-Chloralose gering [10].

## Insektizide

### Pyrethroide und Pyrethrine

Pyrethroide sind eine Klasse von synthetischen Insektiziden, die auf Basis der chemischen Struktur der natürlich in Pflanzen vorkommenden Pyrethrine entwickelt und optimiert wurden. Die Pyrethrine sind die wirksamen Bestandteile des aus den Blüten von *Tanacetum*-Arten (z. B. Chrysanthemen) gewonnenen Insektizids Pyrethrum. Es ist das am meisten eingesetzte natürliche Insektizid. Aufgrund seiner Instabilität ist seine Anwendung jedoch begrenzt. Daher wurden synthetische Derivate mit dem Ziel entwickelt, eine ausreichende Stabilität, eine gute Wirksamkeit und eine im Vergleich zur Wirksamkeit geringe Toxizität für Säugetiere miteinander zu verbinden. Derzeit auf europäischer Ebene positiv bewertete Biozidwirkstoffe aus der Gruppe der Pyrethroide sind Deltamethrin, Lambda-Cyhalothrin und Metofluthrin. Noch in der Bewertung befinden sich Pyrethrin, Chrysanthemum-cinerariaefolium-Extrakt, d-Allethrin, Esbiothrin, Prallethrin, Cypermethrin, alpha-Cypermethrin, Cyphenothrin, Cyfluthrin, Esfenvalerat, Imiprothrin, Permethrin, d-Phenothrin, Tetramethrin, d-Tetramethrin, Transfluthrin und Transmethrin.

Pyrethroide sind Nervengifte; sie blockieren die spannungsabhängigen Natriumkanäle der Nervenzellen, sodass diese nicht mehr geschlossen werden können. Die akute Toxizität der Pyrethroide ist unterschiedlich stark ausgeprägt. Ihre akut toxische Wirkung hängt von den kinetischen Eigenschaften ab und korreliert mit der Konzentration des jeweiligen Pyrethroids im zentralen Nervensystem. Hinsichtlich ihrer akut toxischen Effekte im Tierversuch lassen sich die meisten Pyrethroide 2 Gruppen zuordnen: Typ-I-Pyrethroide (meist ohne Cyano-Gruppe, z. B. Permethrin) führen im Tierversuch zu Tremor, während Typ-II-Pyrethroide (meist mit Cyano-Gruppe, z. B. Deltamethrin) in erster Linie zu einer Choreoathetose (Hyperkinese in Form unwillkürlicher, langsam schraubender Bewegungen) mit Speichelfluss führen. Insgesamt sind schwere Vergiftungen beim

Menschen selten. Üblicherweise werden reversible Effekte beobachtet, die auf die neurotoxische Wirkung der Pyrethroide zurückgeführt werden können (Benommenheit, Kopfschmerz, Appetitlosigkeit, Übelkeit, Erbrechen, Muskelzuckungen, Krämpfe, Bewusstlosigkeit). Bei überwiegend dermalen Exposition kann es zu Parästhesien kommen, die innerhalb weniger Stunden reversibel sind.

Die chronische Toxizität von Pyrethroiden wird im Allgemeinen als gering angesehen. Allerdings können bei chronischer Belastung dauerhaft akute Effekte auftreten. Es gibt Hinweise aus Tierversuchen, dass Pyrethroide bei wiederholter Exposition zu einem Absterben der Neuronen führen. Bleibende Schäden an Nerven oder anderen menschlichen Zellen konnten jedoch bisher nicht festgestellt werden. Ob Pyrethroide zum sog. „Multiple Chemical Sensitivity“-Syndrom beitragen, ist umstritten [11, 12].

### Insekten-Wachstumsregulatoren

Die Wirkstoffe dieser Gruppe greifen in die Insektenmetamorphose ein. Sie wirken als Antagonisten der entsprechenden Wachstumshormone. Aus diesem spezifischen Wirkmechanismus ergibt sich im Allgemeinen eine im Vergleich zu anderen insektiziden Verbindungsgruppen (z. B. Pyrethroiden) geringe Toxizität für den menschlichen Organismus. Bei den Schädlingsbekämpfungsmitteln sind insbesondere die Juvenilhormonantagonisten von Bedeutung (z. B. S-Methopren, Pyriproxyfen) [13, 14].

### Neonicotinoide

Neonicotinoide (z. B. Imidacloprid, Clothianidin und Acetamiprid) binden wie der in vielen Organismen vorkommende Neurotransmitter Acetylcholin an nikotinische Acetylcholinrezeptoren der Nervenzellen. Da die Neonicotinoide aber nicht durch die Acetylcholinesterase abgebaut werden, kommt es zu einem Dauerreiz und schließlich zu einer Störung der Signalübertragung. Dieser Mechanismus tritt sowohl bei den zu bekämpfenden Insekten als auch im Säugerorganismus auf. Aufgrund der modifizierten Bindungseigenschaften der als In-

sektizide verwendeten Neonicotinoide ist die Bindung an die entsprechenden Rezeptoren im Säugerorganismus, und somit auch die dadurch vermittelte Toxizität, wesentlich geringer als für die Schadorganismen. Akute Vergiftungen beim Menschen sind selten [15, 16].

## Begasungsmittel

Begasungsmittel werden sowohl als Rodentizide als auch als Insektizide eingesetzt. Die Bekämpfung von Schadorganismen mit Begasungsmitteln sollte aufgrund der Gefährlichkeit der Mittel und der darin enthaltenen Wirkstoffe nur durch besonders ausgebildete, sachkundige Anwender erfolgen.

Neben den Phosphiden (Aluminiumphosphid und Magnesiumphosphid) wird zur Bekämpfung von Nagern der Wirkstoff Blausäure angewendet. Der Wirkstoff Sulfuryldifluorid wird zur Schädlingsbekämpfung nur als Insektizid eingesetzt.

## Aluminiumphosphid und Magnesiumphosphid

Die Biozidwirkstoffe Aluminiumphosphid und Magnesiumphosphid setzen bei Kontakt mit Feuchtigkeit gasförmiges, sehr giftiges, ätzendes Phosphan frei. Dieses wird sehr schnell insbesondere über die Lunge absorbiert und ist sehr giftig. Phosphan ist stark nukleophil und bindet daher an zahlreiche Biomoleküle. Insbesondere die Hemmung der mitochondrialen Cytochrom-Oxidase wird als Mechanismus für die akute Toxizität angenommen [17].

## Blausäure

Blausäure ist ein sehr giftiges Gas. Luftkonzentrationen von über 300 mg/m<sup>3</sup> Luft sind innerhalb kürzester Zeit tödlich. Blausäure und ihre Salze wirken insbesondere aufgrund ihrer Bindung an metallhaltige Proteine, was eine Anoxie verursacht. Hierbei wird die mitochondriale Cytochrom-Oxidase a<sub>3</sub> durch Bindung des Cyanid-Ions an das zentrale Eisen(III)-Ion gehemmt. So kommt es zu einer Unterbrechung der Atmungskette, also der Synthese von Adenosin-

triphosphat. Folglich kann die Zelle den vorhandenen Sauerstoff nicht mehr zur Energiegewinnung nutzen. Ein wichtiges Antidot bei Blausäurevergiftungen ist 4-Dimethylaminophenol. Dies wandelt einen Teil des Eisen(II)-Ions im Hämoglobin zum Eisen(III)-Ion um. Das Cyanid (Salz der Blausäure) kann an das gebildete Methämoglobin binden und wird anderen, kritischeren Bindungspartnern entzogen [18].

## Sulfuryldifluorid

Sulfuryldifluorid ist ein sehr giftiges, ätzendes Gas, das als Insektizid eingesetzt wird. Es dämpft das zentrale Nervensystem und führt in erhöhten Konzentrationen zu Übelkeit, Erbrechen, Unruhe, Krämpfen und Atemstillstand. Das Gas wird im Organismus zu Sulfat und Fluorid abgebaut. Fluorid als primäres Toxin greift relativ unspezifisch in den Energiestoffwechsel ein, sodass in den Zellen die Glykolyse und der Zitronensäurezyklus unterbrochen werden. Bei chronischer Exposition kann es zu einer Fluorose von Zähnen und Knochen kommen [19].

## Vergiftungsfälle

Voraussetzung für die Zulassung von Schädlingsbekämpfungsmitteln als Biozidprodukte ist neben ihrer Unbedenklichkeit für die Gesundheit von Mensch und Haustier, dass ihre Anwendung sachgerecht und bestimmungsgemäß durchgeführt wird. Die Einhaltung der im Rahmen der Bewertung festgelegten, spezifischen Anwendungsbestimmungen und Auflagen ist für eine sichere Anwendung des Produkts dringend erforderlich. Im Folgenden wird zunächst die Situation zu gemeldeten Vergiftungsfällen mit Schädlingsbekämpfungsmitteln in Deutschland beschrieben. Anschließend werden prägnante Vergiftungsfälle (weltweit) aufgrund nicht sachgerechter Anwendung sowie Entsorgung aufgezeigt.

In der Giftinformationsdatenbank des BfR werden die nach dem Chemikaliengesetz (§ 16e Abs. 2) vorgeschriebenen, meldepflichtigen ärztlichen Mitteilungen zu Vergiftungsfällen in Deutschland dokumentiert. Die Vergiftungsfälle werden zum Schutz der Verbraucher vor gesund-

heitlicher Gefährdung durch Chemikalien und chemische Produkte im Sinne eines toxikologischen Monitorings regelmäßig ausgewertet und in den Ärztlichen Mitteilungen des BfR veröffentlicht.

Aus den Ärztlichen Mitteilungen des BfR aus dem Jahr 2010 geht hervor, dass akute Vergiftungen und Unfälle mit Chemikalien, darunter auch Pestizide, in Deutschland gemeldet werden. So zeigt eine Auswertung über den Zeitraum von 1990 bis 2010, dass sowohl bei Erwachsenen als auch bei Kindern Vergiftungen unter anderem mit Schädlingsbekämpfungsmitteln (z. B. Insektiziden wie Pyrethroiden oder Rodentiziden wie Antikoagulantien und Phosphan-bildenden Produkten) sowohl nach beruflicher als auch nach privater Anwendung angezeigt wurden [20]. Die Zahlen der Meldungen von mittleren bis schweren Gesundheitsbeeinträchtigungen sind für den Zeitraum von über 20 Jahren relativ gering (z. B. mittlere bis schwere Gesundheitsbeeinträchtigungen: Kinder: Pyrethroide: 3 Fälle, Antikoagulantien: 0 Fälle, Phosphan: 2 Fälle; Erwachsene: Pyrethroide: 87 Fälle, Antikoagulantien: 4 Fälle, Phosphan: 6 Fälle). Die Gesamtzahl der Meldungen umfasst auch leichte Gesundheitsbeeinträchtigungen, und dies zeigt, dass leichte Vergiftungen häufiger auftreten können (z. B. 424 Vergiftungen mit Pyrethroiden, 99 Vergiftungen mit Rodentiziden, darunter 36 mit Antikoagulantien und 38 mit Phosphan-bildenden Produkten).

Für die Wertigkeit der Meldungen nach ChemG § 16e Abs. 2 ist es bedeutsam, dass das BfR im Vergleich zu den deutschen Giftinformationszentren nur einen geringen Anteil der Fälle mit leichtem Verlauf spontan erhält, aber etwa ein Drittel der Fälle mit mittelgradigem und schwerem Verlauf. In diesem Sinn ist die Aussagekraft der Analysen aus der ärztlichen Meldepflicht in Bezug zu relevanten Gesundheitsbeeinträchtigungen und Risiken durch chemische Stoffe und Produkte als gut einzuschätzen [20].

Bei nicht sachgerechter und nicht bestimmungsgemäßer Anwendung oder aber nicht fachgerechter Entsorgung kann von Schädlingsbekämpfungsmitteln sowohl für den Anwender selbst, aber auch für unbeteiligte Dritte (z. B.

Kinder) eine Gefahr ausgehen. Einzelfälle zu gesundheitlichen Auswirkungen, z. B. aufgrund akzidenteller oraler Aufnahme von Rodentiziden (Verwechslung mit Lebensmitteln), sind in der Literatur berichtet. Watts et al. [21] berichten von einem 7-jährigen Kind aus den USA, das wahrscheinlich Pelletkörner mit dem Antikoagulans Brodifacoum wiederholt aufgenommen hat, die im Rahmen einer Rattenbekämpfung in der Küche ausgelegt und für das Kind erreichbar waren. Erwähnenswert bei diesem Fall ist, dass die daraus resultierenden gesundheitlichen Auswirkungen über einen langen Zeitraum (13 Monate) anhielten, bevor sich die Blutwerte (Koagulation) nach medizinischer Behandlung wieder normalisiert haben.

Binks und Davies [22] berichten, dass nach einer einmaligen akzidentellen Exposition über den dermalen Aufnahmepfad gegenüber einem Chlorophacinonhaltigen Konzentrat bei einem berufsmäßigen Anwender neben Schmerzen im Lendenbereich andauernde Symptome wie Hämaturie und abnormale Blutgerinnungswerte aufgetreten sind. Der Anwender hatte sich das konzentrierte Produkt versehentlich großflächig über die Haut (Körper und Arme) geschüttet und die Haut anschließend mit Wasser gewaschen. Der Wirkstoff wurde jedoch über die Haut in so einem Ausmaß absorbiert, dass der Betroffene für 2 Monate insbesondere mit dem Antidot Vitamin K medizinisch behandelt werden musste.

Vergiftungsfälle mit tödlichem Ausgang sind in Einzelfällen nach der (nicht sachgerechten) Anwendung von Phosphan-bildenden Begasungsmitteln zur Bekämpfung von Ratten oder Wühlmäusen in Gängen aufgetreten. Im Jahr 2010 starben in den USA 2 kleine Kinder im Alter von 4 Jahren und 15 Monaten an den Folgen einer Begasung mit einem Phosphan-freisetzenden Schädlingsbekämpfungsmittel. Das Mittel wurde im Rahmen einer Bekämpfungsmaßnahme überdosiert; zudem wurden die erforderlichen Mindestabstände zu bewohnten Häusern nicht eingehalten, sodass das geruchlose Gas Phosphan, das lediglich bei Auftreten von Verunreinigungen nach Knoblauch riecht, unbemerkt in das bewohnte Haus eindringen konnte und die

Bewohner via Inhalation exponiert waren [23]. In einem weiteren Fall starb ein Kind, nachdem es mit seiner Familie in einem Raum mit Reissäcken, die Aluminiumphosphid-haltige Pellets enthielten und Phosphan freisetzen, geschlafen hatte [24].

In Deutschland wurde in der Presse ebenfalls von einigen Vergiftungsfällen und Folgen unsachgemäßer Entsorgung berichtet. So mussten z. B. 28 Menschen zur Beobachtung in Krankenhäuser gebracht werden, da ein Phosphan-freisetzendes Rodentizid im Keller eines Wohnhauses unsachgemäß ausgelegt worden war [25]. In Bielefeld wurden 115 Kilo eines unsachgemäß entsorgten, Phosphan-freisetzenden Rodentizids von einem Spaziergänger im Wald gefunden [26].

Infolge eines Einsatzes von Sulfuryldifluorid als Holzschutzmittel zur Bekämpfung eines Insektenbefalls in Einrichtungsgegenständen einer Kirche kam es 2002 zu einem Unfall mit 10 schweren Vergiftungen und einem Todesfall. Das Begasungsmittel konnte aufgrund einer nicht sachgerechten Anwendung (unzureichende Abdichtung) in ein benachbartes Wohngebäude eindringen [27].

Immer wieder diskutiert wird der Zusammenhang zwischen einer Gesundheitsschädigung und der Anwendung pyrethroidhaltiger Schädlingsbekämpfungsmittel. Gemäß einer klinischen Bestandaufnahme des BfR ergab eine Auswertung keinen Hinweis auf irreversible Schädigungen, jedoch sollte insbesondere dem „Multiple Chemical Sensitivity“-Syndrom (MCS-Syndrom), der „vielfachen Chemikalienüberempfindlichkeit“, Beachtung geschenkt werden, da es ein noch ungeklärtes umweltmedizinisches Beschwerdebild darstellt. Hier sollen bereits kleinste Mengen verschiedenartiger chemischer Substanzen bei einer kleinen Zahl von Personen vielfache Krankheitsbeschwerden hervorrufen. Neben anderen Chemikalien könnten Pyrethroide bedeutende Auslöser dieses Syndroms sein [28]. Pyrethroide werden häufig z. B. gegen Schaben oder Bettwanzen in Innenräumen angewendet. Auf diese Weise können Personen diesen Stoffen insbesondere bei exzessivem Gebrauch oder nicht sachgerechter Anwendung ausge-

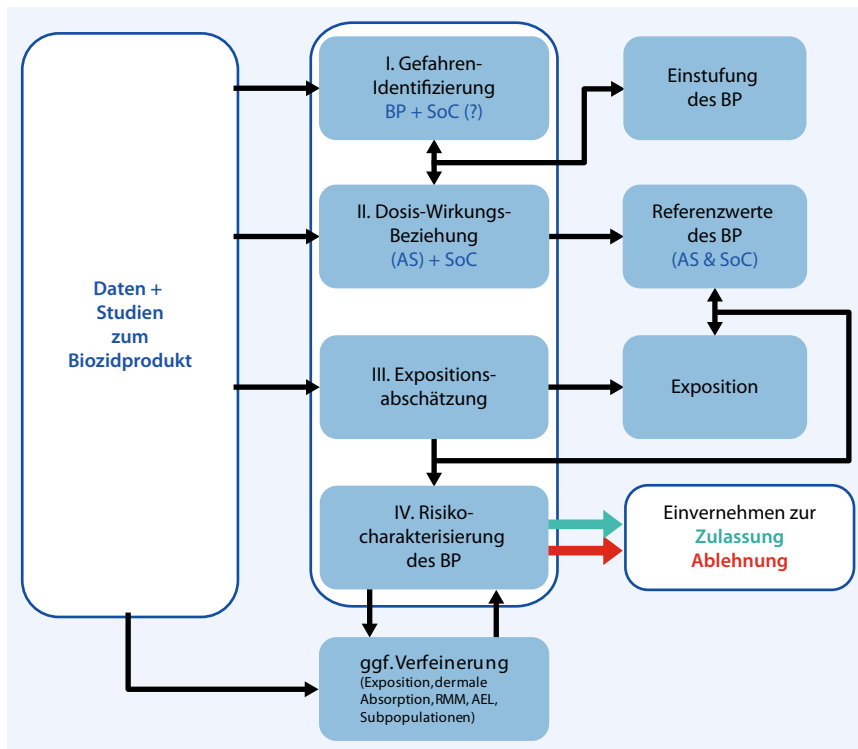
setzt sein. Im Zeitraum von 2003 bis 2010 wurden in 7 Staaten der USA Gesundheitsbeeinträchtigungen, die im Zusammenhang mit einer Pyrethroid- oder Pyrethrin-Exposition bei bzw. mit der Bekämpfung von Bettwanzen standen, registriert. Die Auswertung zeigt, dass 111 Fälle verzeichnet wurden [29].

Insgesamt lässt sich feststellen, dass Vergiftungsfälle zwar registriert werden, diese jedoch in der Regel auf eine unsachgemäße Anwendung oder Lagerung/Entsorgung der Schädlingsbekämpfungsmittel zurückzuführen sind.

## Gesundheitliche Risikobewertung

Für die gesundheitliche Bewertung von Biozidprodukten gelten die in Anhang VI der Verordnung (EG) Nr. 528/2012 [3] aufgeführten Grundsätze. Die Risikobewertung soll für alle Wirkstoffe sowie alle bedenklichen Beistoffe im Sinne des Art. 3 der oben genannten Verordnung durchgeführt werden und etwaige kumulative oder synergistische Effekte berücksichtigen.

Das Grundprinzip der (quantitativen) gesundheitlichen Risikobewertung ist in **Abb. 1** dargestellt. An erster Stelle steht hier die Ableitung von Grenzwerten für die Wirkstoffe und – falls vorhanden – für die bedenklichen Beistoffe. Auf der Grundlage von Studien und Informationen zu diesen Stoffen werden die wichtigsten Gefahren durch die Wirkstoffe und/oder Beistoffe identifiziert. Hieraus resultiert die erforderliche Einstufung und Kennzeichnung für das gesamte Biozidprodukt gemäß Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 [30], bzw. Richtlinie 1999/45/EG [31]. Im nächsten Schritt wird die jeweilige Dosis-Wirkungs-Beziehung für die relevanten Endpunkte bestimmt; dies ist für die Wirkstoffe in der Regel bereits im Rahmen der Wirkstoffbewertung auf europäischer Ebene erfolgt. Die dazugehörigen „No Observed Adverse Effect Level“ (NOAEL) werden möglichst für eine chronische, eine mittelfristige und eine akute Exposition ermittelt. Auf Grundlage dieser Bewertung werden unter Berücksichtigung von Sicherheitsfaktoren und der Toxikokinetik systemische Referenzwerte („Accept-



**Abb. 1** ▲ Allgemeines Schema der Risikobewertung im Rahmen der Zulassung von Biozidprodukten. BP Biozidprodukt, SoC Substance of Concern (bedenklicher Beistoff), AS aktive Substanz (Wirkstoff), RMM Risikominderungsmaßnahme, AEL Acceptable Exposure Level. Erläuterung s. Text

able Exposure Level“, AEL), ggf. routenspezifische AEC („Acceptable Exposure Concentration“) und der ADI („Acceptable Daily Intake“) sowie ggf. die ARfD („Acute Reference Dose“) abgeleitet. Die wichtigsten Informationen zu diesen Grenzwerten sind in **Tab. 3** zusammengefasst. Mit geeigneten Modellen und Daten wird dann die bei Anwendung des zu bewertenden Biozidproduktes auftretende Exposition gegenüber den entsprechenden Substanzen ermittelt. Diese Abschätzung umfasst sowohl die direkte Exposition des Anwenders während der Anwendung als auch die Exposition unbeteiligter Dritter während und nach der Anwendung. Zur Abschätzung der Exposition stehen Modelle für verschiedene Szenarien zur Verfügung. Ein mögliches Auftreten von Rückständen auf oder in behandelten oder kontaminierten Gegenständen und Flächen wird bei der Bewertung berücksichtigt. Die ermittelten Expositionswerte werden den entsprechenden Referenzwerten gegenübergestellt. Wird dabei eine Überschreitung des Referenzwertes durch die abgeschätzte Exposition festgestellt, so ist ent-

weder von einem nicht annehmbaren gesundheitlichen Risiko auszugehen oder eine Verfeinerung der Risikobewertung durchzuführen. Diese kann zum einen im Bereich der Expositionsabschätzung ansetzen (z. B. durch detaillierte Parameter zu den entsprechenden Expositionsszenarien, spezifische Expositionsdaten, Berücksichtigung von Risikominderungsmaßnahmen wie Schutzausrüstung, technisch-organisatorische Maßnahmen) oder auch aufseiten der Ableitung der Referenzwerte (z. B. durch weitere Studien und andere Daten zur Toxikologie und zur dermalen Absorption, Ableitung von Referenzwerten für bestimmte Subpopulationen) durchgeführt werden. Liegt die Expositions menge unter den abgeleiteten Grenzwerten, kann das Biozidprodukt aus Sicht der gesundheitlichen Risikobewertung zugelassen werden. Etwai ge Anwendungsbestimmungen aufgrund der Einstufung und Kennzeichnung des Produkts oder erforderlicher Risikominderungsmaßnahmen sind hierbei zu berücksichtigen.

## Gesundheitliche Risikobewertung speziell für die berufsmäßige Anwendung

Berufsmäßige Schädlingsbekämpfungen werden in Deutschland vor allem durch Schädlingsbekämpfer sowie Landwirte durchgeführt. Für die Verwendung von Schädlingsbekämpfungsmitteln mit sehr giftigen, giftigen und gesundheitsschädlichen Stoffen und Zubereitungen sieht die Gefahrstoffverordnung besondere Vorschriften zum Schutz des Menschen und der Umwelt vor stoffbedingten Schädigungen vor (s. Anhang I Nummer 3 der Gefahrstoffverordnung [33]). Die entsprechende Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 523 „Schädlingsbekämpfung mit sehr giftigen, giftigen und gesundheitsschädlichen Stoffen und Zubereitungen“ [34] präzisiert diese Verordnung unter anderem hinsichtlich der personellen Ausstattung (z. B. Einsatz von Hilfskräften), weiterer Schutzmaßnahmen, arbeitsmedizinischer Vorsorge und Dokumentation. Für die berufsmäßige Verwendung von Schädlingsbekämpfungsmitteln mit sehr giftigen, giftigen und gesundheitsschädlichen Stoffen ist eine Sachkunde nach Gefahrstoffverordnung erforderlich, die z. B. in Deutschland Teil der Ausbildung von Schädlingsbekämpfern ist.

Die Verwendung von Begasungsmitteln (z. B. Sulfuryldifluorid oder Phosphan) wird ebenfalls durch die Gefahrstoffverordnung im Anhang I Nummer 4 geregelt. Auch hier ist eine spezielle TRGS (TRGS 512: „Begasungen“ [35]) vorhanden, die das genaue Vorgehen bei einer Begasung beschreibt. So muss, wer eine Begasung durchführt, eine Erlaubnis und einen Befähigungsschein besitzen, die jeweils von der zuständigen Behörde auf Landesebene erteilt werden. Des Weiteren sind auch für Begasungen spezifische Regelungen hinsichtlich der personellen Ausstattung (z. B. Einsatz von Hilfskräften), weiterer Schutzmaßnahmen, arbeitsmedizinischer Vorsorge, Dokumentation usw. zu beachten.

Im Rahmen des Biozidzulassungsverfahrens werden auf Basis eines gesundheitsbasierten Referenzwertes die Risiken, die für den berufsmäßigen Anwender bestehen, bewertet. Werden dabei

**Tab. 3** Übersicht über die Grenzwerte und die ihnen zugrunde liegenden Parameter. (Mod. nach [32])

Grenzwert Berücksichtigte Expositionsdauer Expositionsrouten	Zur Ableitung herangezogene Toxizitätsstudien	Für die Ableitung eines Grenzwertes relevante Effekte (NOAEL)
AE <sub>L</sub> - <sub>akut</sub> ≤24 h Systemisch	Studien mit einmaliger Verabreichung, die zur Ableitung eines NOAEL <sup>a</sup> angelegt sind, oder Studien nach wiederholter Gabe, wenn relevante akute Effekte beobachtet werden und geeignete akute Studien nicht vorliegen Beispiele: – Studie zur akuten Neurotoxizität – 28- oder 90-Tage-Studie, akute Effekte <sup>b</sup> – Studie zur Entwicklungstoxizität, akute Effekte	Für eine akute Exposition relevante Effekte
AE <sub>L</sub> - <sub>medium-term</sub> >24 h–3 Monate (maximal 6 Monate) <sup>c</sup> Systemisch	Studien mit wiederholter Gabe, die zur Ableitung eines entsprechenden NOAEL angelegt wurden und entsprechende Effekte zeigen Beispiele: – 28- oder 90-Tage-Studie – 90-Tage-Neurotoxizitätsstudie – 12-Monate-Studie am Hund – Studie zur Entwicklungstoxizität – 2-Generationen-Studie	Für eine entsprechende Exposition relevante Effekte
AE <sub>L</sub> - <sub>long-term</sub> >6 Monate (mindestens 3 Monate) <sup>c</sup> Systemisch	Chronische Studien oder Studien mit wiederholter Gabe, die zur Ableitung eines entsprechenden NOAEL angelegt wurden <sup>d</sup> Beispiele: – Studien zur chronischen Toxizität oder zur Kanzerogenität (18/24 Monate) – 2-Generationen-Studie – Studie zur Entwicklungstoxizität – 12-Monate-Studie am Hund <sup>e</sup>	Für eine chronische Exposition relevante Effekte
AEC Expositionsdauer: variabel Route: variabel	Studien, in denen lokale Effekte, vor allem im Atemtrakt oder auf der Haut, beobachtet werden (z. B. Reizung, Sensibilisierung); Studien, in denen routenspezifische, systemische Effekte beobachtet werden <sup>f</sup>	Je nach AEC unterschiedlich
ADI Chronisch Route: oral	Siehe AE <sub>L</sub> - <sub>long-term</sub>	Basiert üblicherweise auf dem gleichen NOAEL wie der AE <sub>L</sub> - <sub>long-term</sub> (externer Grenzwert)
ARfD Akut (einmalige Aufnahme) Route: oral	Siehe AE <sub>L</sub> - <sub>akut</sub>	Basiert üblicherweise auf dem gleichen NOAEL wie der AE <sub>L</sub> - <sub>akut</sub> (externer Grenzwert)

<sup>a</sup>LD<sub>50</sub>-Studien sind im Allgemeinen nicht geeignet für eine Grenzwertableitung. <sup>b</sup>In einem konservativen Ansatz können auch andere Effekte aus solchen Studien herangezogen werden, wenn diese in einer akuten Studie nicht adäquat untersucht wurden. <sup>c</sup>Eine Entscheidung über den in Betracht zu ziehenden Zeitraum erfolgt von Fall zu Fall. Dabei sollen insbesondere die toxikokinetischen Eigenschaften berücksichtigt werden (z. B. eine langsame Eliminierung, die zu einer verlängerten systemischen Exposition führt, die auch nach einer Beendigung der externen Exposition andauert). <sup>d</sup>Grundsätzlich können auch kürzere Studien herangezogen werden, wenn der NOAEL aus dieser Studie niedriger ist als der vergleichbare Effekt aus einer chronischen Studie. <sup>e</sup>Im Allgemeinen ist diese Studie aufgrund ihrer Dauer eher zur Ableitung des AE<sub>L</sub>-<sub>medium-term</sub> geeignet. <sup>f</sup>Eine Ableitung kann erforderlich sein, wenn der AEC aus einer entsprechenden Studie niedriger ist als der systemische AEL, umgerechnet auf die entsprechende externe Konzentration, oder wenn der kritische routenspezifische Effekt sich deutlich von dem aus einer entsprechenden oralen Studie qualitativ und/oder quantitativ unterscheidet (wichtigstes Beispiel: Arbeitsplatzgrenzwerte).

unannehmbare Risiken identifiziert, gibt die bewertende Behörde (Fachbereich 4 der BAuA) geeignete Arbeitsschutzmaßnahmen vor, die das Produkt selbst, die Verwendungsart oder den Anwender betreffen können.

Zur Bewertung der unterschiedlichen Arbeitsplätze sind eine genaue Kenntnis der Tätigkeiten, die Einschätzung der damit verbundenen Exposition und die Beurteilung von praxistauglichen Arbeitsschutzmaßnahmen notwendig. Neben der Auswertung von Literatur und Begehungen von Arbeitsplätzen hat der Fachbereich 4 der BAuA bereits verschiede-

ne Projekte initiiert, die die berufsmäßige Verwendung von Biozidprodukten betrachten. So hat sich ein Projekt mit der Verwendung von Molluskiziden, Insektiziden, Repellentien und Lockmitteln [36] beschäftigt und dabei wertvolle Hinweise zu den einzelnen Tätigkeiten und den dabei auftretenden dermalen bzw. inhalativen Expositionen und zu Arbeitsschutzmaßnahmen, die geeignet sind, die Exposition zu verringern, geliefert.

Die zu erwartende Exposition beim Ausbringen von Schädlingsbekämpfungsmitteln hängt von dem verwendeten

Produkt und der Ausbringungsart ab. Hierzu nachfolgend einige Beispiele: Beim Ausbringen von Wachsböcken zur Nagerbekämpfung wird z. B. eine Exposition der Hände erwartet. Die Art und Höhe der Exposition sind durch Messungen in Studien belegt, und je nach Höhe der Exposition müssen daher zur Einhaltung des Referenzwertes beim Ausbringen solcher Produkte Chemikalienschutzhandschuhe getragen werden.

Bei der Verwendung von granulärförmigen Rodentiziden in Gebinden größer 10 kg kann es beim Umschütten des Produktes in einen Eimer oder in eine Kö-





**Abb. 2** ◀ Vernebelung eines Insektizids in einem Silo. (Aufgenommen im Rahmen des Projektes F 2137 [36])

derbox neben einer dermalen Exposition zu einer inhalativen Exposition kommen.

Die geringste Exposition ist beim Ausbringen von Schädlingsbekämpfungsmitteln für Produkte zu erwarten, die mithilfe einer Dosierpistole als Gel ausgebracht werden. Diese Ausbringungsart findet man sowohl bei Produkten gegen Nagetiere als auch gegen Insekten.

Flüssige Zubereitungen von Insektiziden werden beim großflächigen Einsatz per Gießkanne ausgebracht, versprüht oder vernebelt. Beim Versprühen oder Vernebeln ist der Anwender beim Tragen von Handgeräten unmittelbar durch den Sprühnebel belastet (▣ **Abb. 2**). Es ist sowohl eine dermale Exposition größerer Körperflächen als auch eine inhalative Exposition gegenüber Aerosolen zu erwarten. Dies wurde ebenfalls im Rahmen eines BAuA-Projektes zu Sprühprozessen [37] untersucht. Für die Höhe der Exposition spielen das verwendete Sprühgerät, die Sprühdüse und die Richtung des Sprühens eine entscheidende Rolle. Neben flüssigen Zubereitungen werden auch pulverförmige Zubereitungen bei der Insektenbekämpfung verwendet, die verstreut, verstäubt oder nach Verdünnung mit z. B. Wasser ebenfalls versprüht werden. Auch hier sind dermale und inhalative Expositionen zu erwarten.

Bei der Verwendung von Begasungsmitteln, wie z. B. Aluminiumphosphid in Form von Pellets, tritt bereits beim Öffnen der Gebinde sowie während der Ausbringung eine inhalative Exposition gegenüber Phosphan auf. Sowohl während der Ausbringung als auch nach der Begasung (z. B. beim Belüften von begasten Objekten wie Frachtcontainer [38])

werden Überschreitungen des Arbeitsplatzgrenzwertes für Phosphan (nach TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“ [39]) beobachtet. Aus diesem Grund ist bei den entsprechenden Tätigkeiten ein Atemschutz zu tragen. In Bezug auf eine dermale Exposition wird beim Ausbringen von Aluminiumphosphid als Rodentizid der Einsatz eines sog. Applikators vorgeschrieben, um den dermalen Kontakt zu dem Mittel soweit wie möglich zu reduzieren. Mit diesem Gerät können die Pellets in die Nagetierbauten über ein Fallrohr ausgebracht werden, ohne dass der Anwender mit dem Produkt in Kontakt kommt.

Aufgrund der Ergebnisse der Risikobewertung eines jeden Produkts werden bei der Zulassung entsprechende spezifische Anwendungsbestimmungen formuliert. Diese können, falls erforderlich, die beantragte Anwendung beschränken und/oder bestimmte Risikominderungsmaßnahmen vorgeben, wie z. B. die Verwendung einer technischen Lüftung oder persönlicher Schutzausrüstung. Eine Einschränkung von Verpackungsgrößen ist ebenfalls denkbar, um den Anwender – wie z. B. beim Umfüllen von Granulaten beschrieben – vor einer inhalativen Exposition zu schützen. Eine weitere Risikominderungsmaßnahme ist die Beschränkung der Anwendung auf den sachkundigen Anwender, da hier aufgrund der entsprechenden Ausbildung des Anwenders mit einem sicheren Umgang und der Einhaltung der in den Technischen Regeln vorgegebenen Maßnahmen zu rechnen ist.

## Gesundheitliche Risikobewertung speziell für nicht-berufsmäßige Anwender und die allgemeine Öffentlichkeit

Für Schädlingsbekämpfungsmittel, die nach der gültigen Biozidgesetzgebung für den nicht-berufsmäßigen Anwender zugelassen werden, sind Auflagen zur Risikominderung vorzuschreiben, wenn dies auf Grundlage der gesundheitlichen Risikobewertung erforderlich ist.

Die meisten dieser Anwendungsbestimmungen gehen über die nach Gefahrstoffrecht vorgeschriebenen Angaben hinaus und fließen in die Kennzeichnung des Biozidprodukts mit ein. Die Kennzeichnung weist z. B. auf gesundheitliche Risiken hin, die auf Grundlage der gesundheitlichen Risikobewertung identifiziert wurden, und dient dazu, deren Auftreten vorzubeugen (z. B. „Nur im Außenbereich anwenden.“, „Nur in gut belüfteten Bereichen anwenden.“, „Hautkontakt vermeiden.“, „Bei der Arbeit lange Hose, langärmeliges Hemd und festes Schuhwerk tragen.“). Es kann sich aber auch um Hinweise handeln, die dem nicht-berufsmäßigen Anwender die Verwendung weitergehender persönlicher Schutzausrüstung empfehlen. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass gemäß den Technical Notes for Guidance on Human Exposure (2007) [40] die korrekte Anwendung einer persönlichen Schutzausrüstung durch den nicht-berufsmäßigen Anwender aufgrund der fehlenden Fachkenntnisse in der Regel nicht vorausgesetzt werden kann. Selbst wenn es sich lediglich um Schutzhandschuhe handelt, kann nicht davon ausgegangen werden, dass von nicht-berufsmäßigen Anwendern geeignete Schutzhandschuhe ausgewählt und richtig angewendet werden. Sehr spezifische Schutzmaßnahmen – wie z. B. Atemschutz – sind dem berufsmäßigen Anwender vorbehalten.

Im Allgemeinen wird bei der Risikobewertung davon ausgegangen, dass der Anwender sich an die in der Gebrauchsanweisung beschriebenen Maßnahmen hält und diese umsetzt. Dennoch ist vom Antragsteller und den zuständigen Behörden von Fall zu Fall zu prüfen, inwieweit die Einhaltung der beschriebenen

Vorgaben und Sicherheitshinweise durch den nicht-berufsmäßigen Anwender tatsächlich vorausgesetzt werden kann. Eine Untersuchung auf EU-Ebene hat gezeigt, dass die nicht-berufsmäßigen Anwender nicht unbedingt den Sicherheitshinweisen folgen [41]. Daher ist bei der Vergabe entsprechender Risikominderungsmaßnahmen stets abzuwägen, ob diese tatsächlich zielführend sind und umgesetzt werden können. Allgemein lässt sich festhalten, dass eine zu hohe Zahl an Hinweisen und eine komplizierte Anwendung dazu führen, dass die vergebenen Auflagen nicht eingehalten werden und somit bei der gesundheitlichen Risikobewertung nicht berücksichtigt werden können.

Eine weitere Möglichkeit der Risikominderung besteht in organisatorisch-technischen Maßnahmen. Darunter fallen z. B. Maßnahmen, die die Eigenschaften der Verpackungen oder des Biozidprodukts selbst betreffen. Das können zum einen kindersichere Verschlüsse, Beschränkungen in der Verpackungsgröße oder der Verpackung beigelegte Schutzhandschuhe sein. Denkbar sind aber zum anderen auch Beistoffe, die die physiko-chemischen Eigenschaften des Biozidprodukts beeinflussen und so z. B. durch eine Erhöhung der Viskosität die Gefahr eines Verspritzens, etwa bei ätzenden Formulierungen, verringern. Ein Kontakt mit z. B. ätzenden Konzentraten, die vom Anwender verdünnt werden müssen, wird mit Ready-to-Use-Produkten vermieden. Eine weitere Möglichkeit, Exposition zu vermeiden, ist der Einsatz von Dosierhilfen.

Die gesundheitliche Risikobewertung umfasst neben der Bewertung des Risikos für den Anwender bei Applikation auch die erforderliche Betrachtung eines Risikos für unbeteiligte Dritte während (Nebenstehende) oder nach der Anwendung (z. B. durch Benutzung behandelter Gegenstände). Eine weitere, gesondert zu betrachtende Gegebenheit sind die Orte, an denen der Anwender Biozidprodukte verwenden möchte. Hier muss die entsprechende Dauer der Exposition der verschiedenen Personengruppen, insbesondere empfindlicher Personen (Kinder oder ältere Menschen), berücksichtigt werden. Denkbare Szenarien für die Se-

kundärexposition Unbeteiligter sind speziell bei Kindern beispielsweise das Krabbeln auf behandeltem Teppich, das in den Mund nehmen behandelter Gegenstände, die orale Aufnahme über die Hand nach Kontakt mit behandelten Oberflächen oder die akzidentelle Aufnahme von nicht verbrauchten, im Haushalt gelagerten Produkten. Neben dem Anwender und unbeteiligten Dritten stehen auch Haustiere im Fokus.

Denkbare Risikominderungsmaßnahmen sind hier z. B. das Verschreiben von manipulationssicheren Köderstationen, Anfärben von Ködern (Vorbeugung der Verwechslung mit Lebensmitteln), Zusatz von Bitterstoffen, kindersichere Verschlüsse oder vorgeschriebene Dekontaminationsmaßnahmen.

## Fazit

**Schädlingsbekämpfungsmittel bergen gesundheitliche Risiken. Daher unterliegen sie der Biozidgesetzgebung und müssen im Rahmen der Zulassung einer gesundheitlichen Risikobewertung unterzogen werden. Die festgelegten Anwendungsbestimmungen müssen umsetzbar sein, und die Befolgung dieser Bestimmungen ist eine Grundannahme bei der Risikobewertung. Nur eine sachgerechte und bestimmungsgemäße Anwendung kann gesundheitlichen Risiken und/oder Vergiftungsfällen vorbeugen bzw. Fehlanwendungen auf ein Minimum reduzieren und den sicheren Umgang mit den Produkten gewährleisten.**

## Korrespondenzadresse

**Dr. H. Schneider**  
Bundesinstitut für Risikobewertung  
Max-Dohrn-Str. 8–10, 10589 Berlin  
heiko.schneider@bfr.bund.de

## Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** C. Pieper, D. Holthenrich und H. Schneider geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

## Open Access

This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License which permits any use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and the source are credited.

## Literatur

1. Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen (Infektionsschutzgesetz – IfSG) vom 20. Juli 2000 (BGBl. I S. 1045), geändert durch Artikel 4 Absatz 21 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154)
2. Richtlinie 98/8/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Februar 1998 über das Inverkehrbringen von Biozid-Produkten, publiziert im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 123 vom 24.04.1998
3. 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, publiziert im Amtsblatt der Europäischen Union L 167 vom 27.06.2012
4. Verordnung über die Zulassung von Biozid-Produkten und sonstige chemikalienrechtliche Verfahren zu Biozid-Produkten und Biozid-Wirkstoffen (ChemBiozidZulV, Biozid-Zulassungsverordnung vom 4. Juli 2002 (BGBl. I S. 2514), geändert durch Artikel 15 des Gesetzes vom 22. August 2006 (BGBl. I S. 1970)
5. Vandenbroucke V, Bousquet-Melou A, De Backer P, Croubels S (2008) Pharmacokinetics of eight anticoagulant rodenticides in mice after single oral administration. *J Vet Pharmacol Ther* 31:437–445
6. Parmar G, Bratt H, Moore R, Batten PL (1987) Evidence for a common binding site in vivo for the retention of anticoagulants in rat liver. *Hum Exp Toxicol* 6:431–432
7. WHO (1995) Environmental health criteria 175 Anticoagulants rodenticides. <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc175.htm> (Zugegriffen: 24. Sept. 2013)
8. Difethialone (PT 14) assessment report (2007). Finalised in the Standing Committee on Biocidal Products at its meeting on 21 June 2007 in view of its inclusion in Annex I to Directive 98/8/EC. [http://circa.europa.eu/Public/irc/env/bio\\_reports/library?l=/assessment\\_directive/difethialone\\_210607pdf/\\_EN\\_1.0\\_&a=d](http://circa.europa.eu/Public/irc/env/bio_reports/library?l=/assessment_directive/difethialone_210607pdf/_EN_1.0_&a=d) (Zugegriffen: 24. Sept. 2013)
9. Chlorophacinone (PT 14) assessment report (2009). Finalised in the Standing Committee on Biocidal Products at its meeting on 20 February 2009 in view of its inclusion in Annex I to Directive 98/8/EC. [http://circa.europa.eu/Public/irc/env/bio\\_reports/library?l=/assessment\\_directive/chlorophacinonepdf/\\_EN\\_1.0\\_&a=d](http://circa.europa.eu/Public/irc/env/bio_reports/library?l=/assessment_directive/chlorophacinonepdf/_EN_1.0_&a=d) (Zugegriffen: 24. Sept. 2013)
10. Alphachloralose (PT 14) assessment report (2008). Finalised in the Standing Committee on Biocidal Products at its meeting on 30 May 2008 in view of its inclusion in Annex I to Directive 98/8/EC. [http://circa.europa.eu/Public/irc/env/bio\\_reports/library?l=/assessment\\_directive/alphachloralose/\\_EN\\_1.0\\_&a=d](http://circa.europa.eu/Public/irc/env/bio_reports/library?l=/assessment_directive/alphachloralose/_EN_1.0_&a=d) (Zugegriffen: 24. Sept. 2013)

11. WHO (2005) Safety of pyrethroids for public health use. [http://apps.who.int/iris/bits-tream/10665/69008/1/WHO\\_CDS\\_WHOPE5\\_GCDPP\\_2005.10.pdf](http://apps.who.int/iris/bits-tream/10665/69008/1/WHO_CDS_WHOPE5_GCDPP_2005.10.pdf) (Zugegriffen: 24. Sept. 2013)
12. Hopmann D (2009) Klinisch- neurologische Untersuchung neurotoxischer Erkrankungen durch Pyrethroide. Dissertation Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin. [http://www.diss.fu-berlin.de/diss/receive/FUDISS\\_thesis\\_000000009259](http://www.diss.fu-berlin.de/diss/receive/FUDISS_thesis_000000009259) (Zugegriffen: 24. Sept. 2013)
13. EPA (2001) Pesticide fact sheet methoprene. [http://www.epa.gov/pesticides/chem\\_search/reg\\_actions/reregistration/fs\\_PC-105401\\_1-Jun-01.pdf](http://www.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/reregistration/fs_PC-105401_1-Jun-01.pdf) (Zugegriffen: 24. Sept. 2013)
14. EFSA (2009) Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance pyriproxyfen. EFSA Scientific Report 336:1–99. <http://www.efsa.europa.eu/de/efsajournal/doc/336r.pdf> (Zugegriffen: 24. Sept. 2013)
15. Sheets LP (2010) Imidacloprid: a Neonicotinoid insecticide. In: Krieger R (Hrsg) Hayes handbook of pesticide toxicology. Elsevier, Burlington, S 2055–2064
16. Tomizawa M, Casida JE (2005) Neonicotinoid insecticide toxicology: mechanism of selective action. *Annu Rev Pharmacol Toxicol* 45:247–268
17. Lyubimov AV, Garry VF (2010) Phosphine. In: Krieger R (Hrsg) Hayes handbook of pesticide toxicology. Elsevier, Burlington, S 2259–2266
18. Bhattacharya R, Flora SJS (2009) Cyanide toxicity and its treatment. In: Gupta RC (Hrsg) Handbook of toxicology of chemical warfare agents. Elsevier, Burlington, S 255–270
19. Sulphuryl fluoride (PT 18) assessment report (2009). Finalised in the Standing Committee on Biocidal Products at its meeting on 20 February 2009 in view of its inclusion in Annex I to Directive 98/8/EC. [http://circa.europa.eu/Public/irc/env/bio\\_reports/library?l=/assessment\\_directive/sulphuryl\\_fluoride/assessment\\_sf-18pdf/\\_EN\\_1.0\\_&a=d](http://circa.europa.eu/Public/irc/env/bio_reports/library?l=/assessment_directive/sulphuryl_fluoride/assessment_sf-18pdf/_EN_1.0_&a=d) (Zugegriffen: 24. Sept. 2013)
20. Bundesinstitut für Risikobewertung (2010) Ärztliche Mitteilungen bei Vergiftungen 2010, Seite 71. <http://www.bfr.bund.de/cm/350/aerztliche-mitteilungen-bei-vergiftungen-2010.pdf> (Zugegriffen: 24. Sept. 2013)
21. Watts RG, Castleberry RP, Sadowski JA (1990) Accidental poisoning with a superwarfarin compound (Brodifacoum) in a child. *Pediatrics* 86:883–887
22. Binks S, Davies P (2007) Case of the month: Oh! Drat! A case of transcutaneous superwarfarin poisoning and its recurrent presentation. *Emerg Med J* 24:307–308
23. Lemoine TJ, Schoolman K, Jackman G, Vernon DD (2001) Unintentional fatal phosphine gas poisoning of a family. *Pediatr Emerg Care* 27:869–871
24. Shadnia S, Mehrpour O, Abdollahi M (2008) Unintentional poisoning by phosphine released from aluminum phosphide. *Hum Exp Toxicol* 27:87–89
25. Spiegel Online (2010) Gummersbach: Fast 30 Menschen nach Giftgasunfall zur Beobachtung im Krankenhaus. Pressemeldung vom 10.01.2010. <http://www.spiegel.de/panorama/gummersbach-fast-30-menschen-nach-giftgasunfall-zur-beobachtung-im-krankenhaus-a-671115.html> (Zugegriffen: 24. Sept. 2013)
26. NRW: Pressemeldungen & Nachrichten (2012) Bielefeld: Spaziergänger findet 115 Kilo Maulwurf-Gift. Pressemeldung vom 29.08.2012. <http://www.nrw-pressemeldungen.de/bielefeld-80842> (Zugegriffen: 24. Sept. 2013)
27. Bundesinstitut für Risikobewertung (2003) Ärztliche Mitteilungen bei Vergiftungen 2003, Seite 29. [http://www.bfr.bund.de/cm/350/aerztliche-mitteilungen-bei-vergiftungen\\_2003.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/350/aerztliche-mitteilungen-bei-vergiftungen_2003.pdf) (Zugegriffen: 24. Sept. 2013)
28. Bundesinstitut für Risikobewertung (1996) Klinische Bestandsaufnahme von Pyrethroid-Vergiftungen gab keinen Hinweis auf irreversible Schäden. Presseerklärung 05/1996. [http://www.bfr.bund.de/de/presseinformation/1996/05/klinische-bestandsaufnahme\\_von\\_pyrethroid\\_vergiftungen\\_gab\\_keinen\\_hinweis\\_auf\\_irreversible\\_schaeden-784.html](http://www.bfr.bund.de/de/presseinformation/1996/05/klinische-bestandsaufnahme_von_pyrethroid_vergiftungen_gab_keinen_hinweis_auf_irreversible_schaeden-784.html) (Zugegriffen: 24. Sept. 2013)
29. Jacobson JB, Wheeler K, Hoffman R et al (2011) Acute illnesses associated with insecticides used to control bed bugs – seven states, 2003–2010. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 60(37):1270–1274
30. Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006, publiziert im Amtsblatt der Europäischen Union L 353 vom 31.12.2008
31. Richtlinie 1999/45/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 31. Mai 1999 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Zubereitungen, publiziert im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 200 vom 30.07.1999
32. Technical Notes for Guidance on Annex I Inclusion (2009), Revision of Chapter 4.1: Quantitative Human Health Risk Characterisation. [http://echa.europa.eu/documents/10162/16960215/revision\\_tnsg\\_annex\\_i\\_inclusion\\_chapter\\_4.1\\_2009\\_en.pdf](http://echa.europa.eu/documents/10162/16960215/revision_tnsg_annex_i_inclusion_chapter_4.1_2009_en.pdf) (Zugegriffen: 28. Okt. 2013)
33. Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) vom 26. November 2010 (BGBl. I S 1643)
34. Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 523 „Schädlingsbekämpfung mit sehr giftigen, giftigen und gesundheitsschädlichen Stoffen und Zubereitungen“, zuletzt geändert B ArbBl Heft 11/2003. <http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/TRGS-523.html> (Zugegriffen: 24. Sept. 2013)
35. Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 512 „Begasungen“, zuletzt geändert und ergänzt GMBI 2012 S. 875 vom 17.10.2012 [Nr. 45/46]. <http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/TRGS-512.html> (Zugegriffen: 24. Sept. 2013)
36. Schneider K, Oltmanns J, Gartiser S (200) Arbeitsplatzbelastungen bei der Verwendung von bioziden Produkten. Teil 3: Expositionsszenarien und Arbeitsschutzmaßnahmen bei der Anwendung von Molluskiziden, Insektiziden, Repellentien und Lockmitteln. BAuA Forschungsbericht F1922, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg), Dortmund, ISBN: 978-3-88261-084-0
37. Koch W, Behnke W, Berger-Preiß E et al (2012) Validation of an EDP assisted model for assessing inhalation exposure and dermal exposure during spraying processes. Forschungsbericht F2137, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg), Dortmund. <http://www.baua.de/de/Publikationen/Fachbeitraege/F2137.html> (Zugegriffen: 24. Sept. 2013)
38. Fahrenholtz S, Hühnerfuss H, Baur X, Budnik LT (2011) Messung von Phosphorwasserstoff neben flüchtigen organischen Substanzen mittels Gaschromatografie. *Zentralbl Arbeitsmed Arbeitssch Ergon* 61:414–417
39. Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“, zuletzt geändert und ergänzt GMBI 2013 S. 943–947 vom 19.09.2013 (Nr. 47). <http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/TRGS-900.html> (Zugegriffen: 24. Sept. 2013)
40. o A (2007) Technical notes for guidance on human exposure to biocidal products. [http://echa.europa.eu/documents/10162/16960215/bpd\\_guid\\_tnsg-human-exposure-2007\\_en.pdf](http://echa.europa.eu/documents/10162/16960215/bpd_guid_tnsg-human-exposure-2007_en.pdf) (Zugegriffen: 28. Okt. 2013)
41. European Commission (2011) SPECIAL EUROBAROMETER 360 – Consumer understanding of labels and the safe use of chemicals. [http://ec.europa.eu/public\\_opinion/archives/ebs/ebs\\_360\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_360_en.pdf) (Zugegriffen: 24. Sept. 2013)