

## 12 Chemische Einwirkungen

Tapeten oder auch Textilien vorkommen. Aufgrund ihrer Eigenschaften als Lösungsvermittler sind Phthalate ferner in Farben, Lacken, Klebstoffen sowie in Kosmetika und Körperpflegeprodukten enthalten.

Sind im Rahmen der VOC-Analytik die Gehalte von Butanol und/oder 2-Ethylhexanol ungewöhnlich hoch, kann dies ein Hinweis auf erhöhte Phthalatkonzentrationen sein, da erstere Stoffe aus den Weichmachern Di-n-butylphthalat (DBP) und Di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) durch Hydrolyse freigesetzt werden können.

Im Innenraum dominiert üblicherweise das DEHP, das im Rahmen diverser Studien in der Luft von Wohnungen im unteren  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -Bereich gefunden wurde [28]. Im Hausstaub von Wohnungen werden üblicherweise Summengenhalte an Phthalaten von bis zu 1000 mg/kg nachgewiesen, wobei neben der Hauptkomponente DEHP verstärkt längerkettige „Ersatz-Phthalate“ wie z. B. Diisononylphthalat vertreten sind [29].

Phthalate als Weichmacher können aufgrund ihrer hormonellen und reproduktionstoxischen Eigenschaften insbesondere ein Problem im Staub von Kindertagesstätten darstellen. So ist dessen durchschnittliche Phthalatbelastung gegenüber dem Wohnungstaub um mehr als das Dreifache erhöht [30]. Quellen sind meist Einrichtungsgegenstände aus Weich-Polyvinylchlorid (PVC), etwa PVC-Fußböden, Vinyltapeten, Turnmatten, Tischdecken aus Plastik oder Möbelpolster aus Kunstleder, wohingegen z. B. die Verwendung der bisher üblichen Phthalate in Kinderspielzeug bereits seit längerer Zeit verboten ist.

Zur Senkung der Phthalatkonzentration hat das Umweltbundesamt (UBA) den Kindertagesstätten empfohlen, auf Weich-PVC zu verzichten. Stattdessen sollten Kindertagesstätten und auch Eltern auf Produkte setzen, die keine der als „besorgniserregend“ gelisteten Weichmacher enthalten [31]. Händler und Vertrieber sind dabei verpflichtet, den Konsumenten auf Nachfrage Auskunft zu erteilen. Eltern und Kitas sollten dieses Recht nutzen. Das UBA hat ein Musterschreiben vorbereitet, mit dem man gezielt beim Handel nachfragen kann [32].

### 12.4.8 Insektizide

Insektizide, also Mittel zur Bekämpfung von Schadinsekten, kommen zwar vorrangig in der Land- und Forstwirtschaft zum Einsatz, sie werden in großem Maße jedoch auch in Innenräumen für folgende Zwecke eingesetzt:

- als Holz- und Textilschutzmittel (z. B. Permethrin in Wollteppichen)
- zum Schutz vor Stechmücken (Elektroverdampfer, Sprays)
- gegen Schädlingsbefall an Pflanzen
- zur Therapie parasitärer Hauterkrankungen bei Mensch und Tier sowie
- zur Entseuchung bei Schädlingsbefall (z. B. Kakerlaken, Silberfischchen)

Folgende Substanzklassen spielen derzeit bei der Anwendung im Innenraum eine Rolle:

- Pyrethroide

Mehr als die Hälfte aller im Innenraum ausgebrachten Insektizide enthalten Pyrethroide als Wirkstoffe. Sie werden u. a. unter den Namen Permethrin, Cypermethrin, Cyfluthrin, Deltamethrin, Allethrin oder Tetramethrin geführt. Ihre Wirkung auf den Menschen wird in letzter Zeit immer wieder diskutiert. Zielorgan für Pyrethroidwirkungen ist – bei Insekten wie bei Warmblütern – das Nervensystem. Beim Menschen können infolge unsachgemäßer Handhabung akute Vergiftungen auftreten, wobei auch eine Penetration der Stoffe durch die Haut diskutiert wird. Das chronisch-neurotoxische Potenzial wird eher als gering eingeschätzt. Im Gegensatz zum Naturstoffgemisch Pyrethrum sind die Pyrethroide aufgrund ihres Absorptionsverhaltens, ihres niedrigen Dampfdrucks und ihrer hohen Fotostabilität sehr persistent, sodass belastete Innenräume unter Umständen dekontaminiert werden müssen [33].

- Phosphorsäureester

Eine weitere, weit verbreitete Klasse von Insektiziden sind die Phosphorsäureester – auch Organophosphate genannt. Die in Innenräumen dominierenden Vertreter sind Dichlorvos, Chlorpyrifos und Diazinon. Sie sind unter anderem in vielen haushaltsüblichen Insektiziden enthalten, die meist versprüht oder als Pulver ausgebracht werden. Weit verbreitet ist Dichlorvos als Inhaltsstoff von Insektenstrips, da sich diese Substanz infolge ihres relativ

hohen Dampfdrucks gleichmäßig im Raum verteilt. Dieser Wirkstoff wurde mittlerweile aufgrund neuerer Erkenntnisse zu seinen Stoffeigenschaften von der Liste der zugelassenen Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe gestrichen. Alle Phosphorsäureester zeichnen sich durch eine hohe akute Warmblütertoxizität aus. Angriffspunkt ist wie bei den Pyrethroiden das Nervensystem, jedoch erfolgt hier eine Hemmung wichtiger, an der Muskelsteuerung beteiligter Enzyme. Unter anderem wird auch der Abbau eines pyrethroidspaltenden Enzyms gehemmt, was zu einer Wirkungsverstärkung führt, wenn Phosphorsäureester zusammen mit Pyrethroiden angewendet werden.

- Carbamate

Carbamate spielen in Insektizidprodukten außerhalb des Agrarbereichs eher eine untergeordnete Rolle. Ihr Wirkmechanismus gleicht demjenigen der Organophosphate, wenn auch in einer abgeschwächten Ausprägung. Als Hauptvertreter ist Propoxur zu nennen, das meist in Kombination mit Wirkstoffen aus den beiden anderen Kategorien zur Anwendung gelangt.

Allen Insektiziden ist gemeinsam, dass sie auch längere Zeit nach ihrer Ausbringung durch unterschiedliche Prozesse wie Verdampfung, Desorption von Oberflächen oder staubgebunden in die Innenraumluft abgegeben werden. Die Belastungsdauer variiert unter Praxisbedingungen von wenigen Tagen (z. B. Pyrethrum) bis zu mehreren Wochen (Dichlorvos) und Monaten oder länger (Deltamethrin, Permethrin).

## 12 Chemische Einwirkungen

Da sich viele Insektizide im Staub anreichern, kann die Analytik von abgelagertem Staub wichtige Hinweise auf die im Innenraum ausgebrachten Stoffe und Aufwandmengen liefern. So werden zur Analyse von Pyrethroiden in Innenräumen Luft-, Schwebstaub-, Hausstaub- und Wischproben genommen.

Für Luftproben sind spezielle Filterköpfe aus Polyurethanschaum geeignet, wobei Schwebstaub auf einem vorgeschalteten Glasfaserfilter abgetrennt wird. Hausstaub wird mit konventionellen Staubsaugern gesammelt; zur Untersuchung gelangen dabei ausgewählte Siebfraktionen mit einer oberen Korngröße von 2 mm oder 63 µm. Bei Wischproben wird eine definierte Fläche mithilfe eines Lösungsmittelhaltigen Wischmaterials (meist Watte) abgewischt.

### 12.4.9 Pentachlorphenol (PCP) und Lindan als Holzschutzmittel

Chemische Holzschutzmittel dienen mit ihren bioziden Wirkstoffen dem präventiven Holzschutz. Dabei unterscheidet man zwischen Fungiziden gegen Holz zerstörende und Holz verfärbende Pilze sowie Insektiziden gegen Holz zerstörende Insekten. Von besonderer Bedeutung für die Luftqualität in Innenräumen, insbesondere aufgrund des Umfangs ihrer Anwendung, ihrer toxischen Wirkung und des Emissionsverhaltens, sind die Holzschutzmittel Pentachlorphenol (PCP) und Lindan.

#### *Pentachlorphenol*

PCP wurde aufgrund seines breiten Wirkungsspektrums zur Bekämpfung von Bakterien, Pilzen, Hausschwamm, Algen, Schnecken und Insekten eingesetzt. Bei

den Holzschutzmitteln stand es als Fungizid im Vordergrund. Darüber hinaus wurde PCP in der Textil- und Lederindustrie verwendet, z. B. für Markisen und Zeltstoffe. Seit Ende der 1960er-Jahre bis 1978 war es für den großflächigen Innenanstrich zugelassen. Dabei kam fast ausschließlich technisches, mit Dioxinen und Furanen erheblich verunreinigtes PCP zur Anwendung. Die Verunreinigungen betragen bis zu 0,3 %.

In den alten Bundesländern Deutschlands wurde, nachdem die Anwendung in Innenräumen bereits 1986 untersagt worden war, die Produktion von PCP 1989 verboten [34].

#### *Lindan*

Die gleiche Bedeutung wie PCP unter den Fungiziden hatte Lindan unter den insektiziden Holzschutzmitteln. Seit 1983 besteht Lindan zu mindestens 99 % aus dem insektizid wirksamen  $\gamma$ -Hexachlorcyclohexan. Es war das am meisten eingesetzte Insektizid im chemischen Holzschutz, wurde mittlerweile aber weitgehend durch Ersatzstoffe wie Pyrethroide (siehe Abschnitt 12.4.8) verdrängt.

Lindan wurde meist mit dem Wirkstoff PCP (siehe oben) oder auch DDT (Dichlordiphenyltrichlorethan) kombiniert. Das Gemisch aus Lindan und DDT wurde in der ehemaligen DDR unter dem Namen „Hylotox 59“ bis 1988 insbesondere auf Dachböden und z. T. auch in Innenräumen eingesetzt. Restbestände an Hylotoxpräparaten durften noch bis Ende Juni 1991 verbraucht werden. Lindan darf mittlerweile EU-weit seit September 2006 in Innenräumen nicht mehr eingesetzt werden [35].