

# Analysenprogramm

für den Wohn- und Innenraumbereich



Eukos Umweltanalytik Nord GmbH  
Eichkamp 6-14  
24116 Kiel  
Tel.: 0431 – 533 296 40  
Fax: 0431 – 533 296 42  
E-mail: [info@eukos-analytik.de](mailto:info@eukos-analytik.de)  
Internet-Adresse: [www.eukos-analytik.de](http://www.eukos-analytik.de)

Die Fa. EUKOS Umweltanalytik Nord GmbH ist ein Unternehmen, das analytische Dienstleistungen für Privatpersonen, Industrie und Behörden anbietet. Auf der Basis einer modernen Ausstattung wie Gaschromatographie (GC), Gaschromatographie-Massenspektrometrie (GC-MS), Hochdruckflüssigkeitschromatographie (HPLC), Atomabsorptionsspektrometrie (AAS), Atomemissionspektrometrie (AES-ICP), Photometrie und Chemilumineszenz sind Analysen von Schwermetallen, Bioziden und sonstigen umweltrelevanten Substanzen bzw. Substanzgruppen in Innenräumen möglich. Hierzu zählen die Untersuchung von Holz, Hausstaub, Raumluft, Leder, Teppichen und sonstigen Materialien des Wohnbereichs. Auch mikrobiologische Untersuchungen in der Raumluft und auf Materialproben, z.B. die Differenzierung und Quantifizierung von Bakterien und Pilzen, zählen zum Untersuchungsprogramm.

Eine Übersicht über das analytische Routineangebot finden Sie auf den folgenden Seiten. Zum leichteren Auffinden einer gesuchten Substanz bzw. Substanzgruppe beachten Sie bitte die Seiten 4 und 5 mit Erläuterungen und Querverweisen. Das Inhaltsverzeichnis finden Sie auf den Seiten 2 und 3, die für die jeweiligen Analysen z. Zt. gültigen Preise auf den Seiten 28-30. Weitere Analysen sind nach Rücksprache ebenfalls möglich.

Wir kommen Ihren Analysenanforderungen schnell und preiswert nach. Für alle Analyseverfahren liegen sorgfältig ausgearbeitete Analysenvorschriften vor; es handelt sich dabei um standardisierte Verfahren (DEV, VDI/DIN etc.) oder um, unter eigener Regie entstandene, publizierte Methoden. Eine Akkreditierung bei der DACH (Deutsche Akkreditierungsstelle Chemie) wird z. Zt. vorbereitet. Außerdem unterwerfen wir uns den Regeln der internen und externen Qualitätskontrolle; dazu nehmen wir an Ringversuchen teil.

Ihre Ansprechpartnerin in unserem Labor ist Frau Anett Klopsch und die Geschäftsführung obliegt Herrn Dr. Bernd Ahlsdorf. Die wissenschaftliche Beratung des Labors nehmen Herr Prof. Dr. Werner Butte (Universität Oldenburg) und Herr Prof. Dr. Gottfried Walker (Fachhochschule Emden/Leer) wahr, die beide u. a. Mitglied der „Kommission Reinhaltung der Luft“ im VDI/DIN sind. Herr Prof. Dr. Butte und Herr Prof. Dr. Walker stehen als öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige für das Sachgebiet „Messung und Bewertung von Schadstoffen in Wohn- und Innenräumen“ auch für gutachterliche Aufgaben zur Verfügung.



## Inhaltsverzeichnis

Erläuterungen/Querverweise	4
Analysenprogramm	6
1 Holz/Spanplatten	6
1.1 Quantitative Bestimmung einzelner Wirkstoffe	6
1.2 Screening-Programme (für Holzproben)	6
1.3 Spanplatten (Formaldehyd)	8
2 Hausstaub	9
2.1 Quantitative Bestimmung einzelner Wirkstoffe	9
2.2 Screening-Programme (für Hausstaub)	11
2.3 Pilzsporen im Hausstaub	14
3 Leder	15
3.1 Bestimmung von Pentachlorphenol und/oder Lindan	15
3.2 Bestimmung von Azofarbstoffen	15
4 Teppiche, Teppichböden, Textilien	16
4.1 Quantitative Bestimmung einzelner Wirkstoffe: Biozide	16
4.2 Bestimmung flüchtiger ausgasender Verbindungen	16
4.3 Screening-Programme "Teppich"	16
4.4 Bestimmung von Azofarbstoffen	16
5 Baumaterialien	17
5.1 Chemische Analysen in Baumaterialien	17
5.2 Screening-Programme "Teppich"	18
5.3 Physikalische Analysen: Asbest und Mineralfasern	18
5.4 Schimmelpilze in Materialien	18
6 Oberflächen-Wischproben	19
6.1 Permethrin	19
6.2 Pyrethrum/PBO	19
6.3 Polychlorierte Biphenyle (PCB)	19
6.4 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) nach EPA	19
6.5 Nikotin	20

7	Raumluft	20
7.1	Lösungsmittel (volatile organic compounds, VOC)	20
7.2	Lösungsmittel (chloriert)	20
7.3	Isocyanate	21
7.4	Aldehyde/Ketone	21
7.5	Ammoniak	22
7.6	Biozide	22
7.7	PAK (polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe)	23
7.8	MVOC (von Schimmelpilzen gebildete flüchtige organische Komponenten)	23
7.9	Pilze und Pilzsporen	24
7.10	Bakterien und Actinomyceten (Kultivierung)	25
7.11	Asbest, Mineralfasern	25
7.12	Luftwechselrate	25
8	Fogging	26
9	Gerüche	27
	Preisliste	28



## Erläuterungen/Querverweise

Stichwort	Erläuterung, Erklärung
Antioxidans	Mittel oder Substanz, die eine Oxidation (Anlagerung von Sauerstoff) an eine andere Substanz oder ein anderes Material verhindert. Antioxidantien werden z.B. zur Konservierung von Lebensmitteln und Kunststoffen verwendet.
Asbest	mineralisches Bau - und Isoliermaterial
Biozid	→ Pestizid
Carbamate	→ Insektizid; Einsatz auch zusammen mit → Pyrethroiden
Carbolineum	von carbo (= Kohle) und oleum (= Öl), aus Stein- oder Holzkohlenteer hergestelltes Holzschutzmittel, Anwendung vor allem im Außenbereich
Flammschutzmittel	Bezeichnung für Stoffe, die Holz, Holzwerkstoffe, Kunststoffe und Textilien flammfest machen bzw. flammhemmend ausrüsten sollen. Sie verhindern die Entflammung, behindern die Entzündung und erschweren die Verbrennung
Formaldehyd	u.a. in Spanplatten (Möbel, Deckenverkleidung) und in Kleidung; auch zur Desinfektion in Reinigungsmitteln
Fungizid	Pilzbekämpfungsmittel, pilztötende Substanz
Holzschutzmittel	Substanzen, die Hölzer vor Schäden durch Witterung, Insekten- und Pilzbefall schützen sollen
Insektizid	Insektenbekämpfungsmittel, insektentötende Substanz
Isocyanate	Verwendung bei der Herstellung von Polyurethan-Schäumen und Spanplatten (z.B. HDI, MDI, TDI → alphabetisches Substanzverzeichnis)
Isothiazolone	Fungizid (→) in Dispersionsprodukten
Kanzerogenitätsindex	→ künstliche Mineralfasern/Asbest
Kontamination	Verschmutzung („Belastung“)
Lösungsmittel	Verwendung in Farben, Lacken, Klebstoffen (→ TVOC)
Lösungsmittel, LHKW	leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe, Verwendung in chemischen Reinigungen, zur Entfettung, als Abbeizmittel etc.
MVOC	mikrobiell gebildete, organische leichtflüchtige Verbindungen: Indikator für einen Schimmelpilzbefall in Wohn- und Innenräumen

---

Stichwort	Erläuterung, Erklärung
Nicotin	Inhaltsstoff von Tabakerzeugnissen, Indikator für Rauchen
PAK (englisch: PAH)	polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe, Stoffgruppe [prominentester Vertreter: Benzo(a)pyren], die bei allen Verbrennungsprozessen entsteht, Bestandteil von Mineral- und Teeröl, Bitumen, Pech, Ruß etc.
Pentachlorphenol (PCP)	→ Fungizid besonders zum Lederschutz und in → Holzschutzmitteln Anwendung seit Ende 1989 in der Deutschland verboten
Pestizid	Schädlingsbekämpfungsmittel (z.B. → Insektizid, → Fungizid)
Phosphorsäureester	→ Insektizid; Einsatz auch zusammen mit → Pyrethroiden
Phosphorsäureester	→ Flammschutzmittel (mit anderer chemischer Struktur als Insektizide)
Polychlorierte Biphenyle (PCB)	Substanzklasse, die als Dielektrikum in Kondensatoren (z.B. Leuchtstoffröhren) und als "Weichmacher" in Dichtungsmassen (Verfugung von Betonplatten) verwendet wurde: es gibt insgesamt 209 PCB-"Congenere" (= Verbindungen)
Phthalsäureester	→ Weichmacher
Pyrethroide	Sammelbezeichnung für → Insektizide, die sich von (→) "Pyrethrum" ableiten
Pyrethrum	insektizide Inhaltsstoffe der Chrysanthemen
Synergisten	Hilfsstoffe, die die Wirkung anderer Biozide verstärken z.B.: von → Pyrethroiden
Teeröl	→ Carbolineum, PAK
Toxizität	Giftigkeit
TVOC	Total volatile organic compounds = Summe aller flüchtigen organischen Substanzen (Siedebereich ca. 60 – 260 °C)
Weichmacher	Substanzen, die Kunststoffen zugesetzt werden, um deren Elastizität zu erhöhen und die Gebrauchseigenschaften zu verbessern.
Xenobiotikum	Fremdstoff (Nicht-Naturstoff)

---



EUKOS Umweltanalytik Nord GmbH  
Eichkamp 6-14  
24116 Kiel  
Tel.: 0431 – 533 296 40  
Fax: 0431 – 533 296 42  
e-Mail: [info@eukos-analytik.de](mailto:info@eukos-analytik.de)  
Internet: [Eukos-Analytik.de](http://Eukos-Analytik.de)

## Analysenprogramm

### **1 Holz/Spanplatten**

#### **1.1 Quantitative Bestimmung einzelner Wirkstoffe**

##### **1.1.1 Holzschutzmittelwirkstoffe, organisch**

Das Programm "Holzschutzmittelwirkstoffe" wurde so konzipiert, dass vor allem solche Mittel erfasst werden können, die:

- häufig eingesetzt worden sind
- einen hohen Dampfdruck haben (hohe Neigung zum "Ausdunsten")
- vergleichsweise hohe Toxizitäten aufweisen.

Die quantitative Bestimmung der Konzentration folgender Holzschutzmittelwirkstoffe (HSM) ist als "Standardprogramm" anzusehen:

1- und 2-Chlornaphthalin, Chlorthalonil, p,p'-DDT, Dichlofluanid,  $\alpha$ -Endosulfan und  $\beta$ -Endosulfan, Fenobucarb (Baycarb), Fenoxycarb, Flufenoxuron,  $\gamma$ -Hexachlorcyclohexan (=  $\gamma$ -HCH, Lindan), Jodpropinyl-Butylcarbammat, Parathion, Pentachlorphenol (PCP), cis- und trans-Permethrin, Prochloraz, Propiconazol, Tebuconazol und Tolyfluanid. Außerdem: TBTO (Bis-tributyl-zinnoxid)

(weitere Biozide können nach Rücksprache ebenfalls analysiert werden)

Die Analyse erfolgt in der Regel aus Material der ersten beiden Millimeter der Oberfläche des Holzes.

##### **1.1.2 Holzschutzmittel, anorganisch**

Neben den oben erwähnten organischen werden auch anorganische Holzschutzmittel zur Konservierung von Holz verwendet; dies sind vor allem Chrom- und/oder Kupfer- und/oder Borsalze.

### **1.2 Screening-Programme (für Holzproben)**

#### **1.2.1 Screening „Holzschutzmittel“**

Das Programm **Screening „Holzschutzmittel“** (Holzschutzmittel-Übersichtsanalyse) dient dazu, mehrere Holzschutzmittelwirkstoffe (HSM) mit Hilfe quantitativer Verfahren zu erfassen, und somit zu prüfen, ob ein Holz mit einem oder mehreren Holzschutzmittelwirkstoffen behandelt wurde.

Das **Screening „Holzschutzmittel“** umfasst die Substanzen:

1- und 2-Chlornaphthalin, Chlorthalonil, p,p'-DDT, Dichlofluanid,  $\alpha$ -Endosulfan und  $\beta$ -Endosulfan, Fenobucarb (Baycarb), Fenoxycarb, Flufenoxuron,  $\gamma$ -Hexachlorcyclohexan (=  $\gamma$ -HCH, Lindan), Jodpropinyl-Butylcarbammat, Parathion, Pentachlorphenol (PCP), cis- und trans-Permethrin, Prochloraz, Propiconazol, Tebuconazol und Tolyfluanid.

### 1.2.2 Screening „Teeröl“

Der Nachweis einer Behandlung von Hölzern mit **Carbolineum** oder anderen **Teerölen** erfolgt über die Bestimmung von "Leitsubstanzen".

Wir analysieren für den Nachweis von „Teeröl“ folgende Verbindungen:

Acenaphthen, Anthracen, Benzo[a]pyren, Dibenzofuran, Fluoren sowie 1- und 2-Methylnaphthalin.

### Referenzwerte für Holzschutzmittelwirkstoffe in der Oberfläche von Holz

Substanz	Methode	Referenzwert
Acenaphthen	GC-MS	unter 2 mg/kg <sup>a</sup>
Anthracen	GC-MS	unter 2 mg/kg <sup>a</sup>
Benzo(a)pyren	GC-MS	unter 2 mg/kg <sup>a</sup>
Bis-(tributylzinn)-oxid	GC-MS	unter 1 mg/kg <sup>a</sup>
Borat	ICP	unter 2 mg/kg <sup>a</sup>
1- bzw. 2-Chlornaphthalin	GC-MS	unter 1 mg/kg <sup>a</sup>
Chlorthalonil	GC	unter 1 mg/kg <sup>a</sup>
Chrom	ICP	unter 2 mg/kg <sup>a</sup>
p,p'-DDT	GC	unter 1 mg/kg <sup>a</sup>
Dibenzofuran	GC-MS	unter 2 mg/kg <sup>a</sup>
Dichlofluanid	GC	unter 1 mg/kg <sup>a</sup>
α- bzw. β-Endosulfan	GC	unter 1 mg/kg <sup>a</sup>
Fenobucarb (Baycarb)	GC-MS	unter 1 mg/kg <sup>a</sup>
Fenoxycarb	GC-MS	**
Flufenoxuron	GC-MS	**
Fluoren	GC-MS	unter 2 mg/kg <sup>a</sup>
Jodpropinyl-Butylcarbamat	GC-MS	unter 2 mg/kg <sup>a</sup>
Kupfer	ICP	unter 2 mg/kg <sup>a</sup>
Lindan	GC	unter 2 mg/kg <sup>a</sup>
1- bzw. 2-Methylnaphthalin	GC-MS	unter 2 mg/kg <sup>a</sup>
Parathion	GC-MS	unter 1 mg/kg <sup>a</sup>
cis- bzw. trans-Permethrin	GC-MS	unter 1 mg/kg <sup>a</sup>
Pentachlorphenol	GC	unter 5 mg/kg <sup>a</sup>
Prochloraz	GC-MS	unter 2 mg/kg <sup>a</sup>
Propiconazol	GC-MS	unter 1 mg/kg <sup>a</sup>
TBTO	→ Bis-(tributylzinn)-oxid	
Tebuconazol	GC-MS	unter 1 mg/kg <sup>a</sup>
Tolyfluanid	GC-MS	unter 1 mg/kg <sup>a</sup>

Wegen des Metallgehaltes von Staub kann die Konzentration von Borat, Chrom und Kupfer auf der Oberfläche von Hölzern z.T. höher als in der Oberfläche sein.

Abkürzungen: GC-MS: Gaschromatographie-Massenspektrometrie  
 GC: Gaschromatographie (mit Elektroneneinfangdetektor = ECD)  
 ICP: Atomemissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma

<sup>a</sup> Die Referenzwerte gelten für unbehandeltes Holz, \*\* behandelte Hölzer: mg/kg-Bereich





EUKOS Umweltanalytik Nord GmbH  
Eichkamp 6-14  
24116 Kiel  
Tel.: 0431 – 533 296 40  
Fax: 0431 – 533 296 42  
e-Mail: [info@eukos-analytik.de](mailto:info@eukos-analytik.de)  
Internet: [Eukos-Analytik.de](http://Eukos-Analytik.de)

**erforderliches Material (für die Untersuchung von Wirkstoffen im Holz):**

- ca. 500 mg feine Raspelspäne (entspricht ca. einem gefüllten Kaffeelöffel) oder Hobelspäne aus der Oberfläche des Holzes
- oder ein ca. 5 x 5 cm großes Stück des Holzes (zu analysierende Oberfläche bitte kennzeichnen)

### **1.3 Spanplatten (Formaldehyd)**

Substanz	Methode	Referenzwert
Formaldehyd	Photometrie nach Destillation (DIN EN 120)	< 80 mg/kg = 8 mg/100 g trockenes Material <sup>b</sup>

**erforderliches Material (für die Untersuchung des Formaldehydgehalts von Spanplatten):**

- ein ca. 30 x 30 cm großes Stück unbeschichtete Spanplatte

<sup>b</sup> für unbeschichtete Spanplatten bzw. Faserplatten der Klasse E1

## **2 Hausstaub**

### **2.1 Quantitative Bestimmung einzelner Wirkstoffe**

Im Hausstaub ist der Nachweis zahlreicher Biozide/Xenobiotika/Schwermetalle möglich, die folgenden Stoffgruppen zugeordnet werden können:

- Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe = PAK oder als „Leitparameter“ für PAK:  
Benzo[a]pyren
- Biozide: Carbamate, Phosphorsäureester, Pyrethroide, Synergisten etc.
- Holzschutzmittelwirkstoffe
- Organochlorverbindungen
- Polychlorierte Biphenyle
- Schwermetalle
- Weichmacher/Flammschutzmittel (Phthalate/Phosphorsäureester)

#### **2.1.1 Benzo[a]pyren**

Im Hausstaub anzutreffendes **Benzo[a]pyren** ist ein Indikator für polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), die in z.B. Bitumen-Klebern enthalten sein können. Teeröl-haltige Bitumen-Kleber wurden für das Verlegen von Parkett, aber auch von PVC- und Linoleum-Bodenbelägen verwendet. Da Benzo(a)pyren zu den stark krebserregenden Substanzen zählt, wird vom Umweltbundesamt empfohlen, bei einem Verdacht auf die Verwendung Benzo[a]pyren-haltiger Kleber sowohl den Kleber als auch den Hausstaub zu untersuchen. Bei Überschreitungen des Richtwerts von jeweils 10 mg/kg an Benzo[a]pyren im Kleber und im Hausstaub wird empfohlen, kurzfristige Maßnahmen zur Minimierung der Kontamination (Sanierungsmaßnahmen) vorzunehmen.

#### **2.1.2 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) nach EPA**

Neben der Analytik von Benzo[a]pyren (siehe oben) ist für die Beurteilung einer Kontamination von Innenräumen mit PAK auch die Analyse einer nach EPA (Environmental Protection Agency = Umweltschutzbehörde der USA) vorgeschlagenen Auswahl polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAK) möglich. Diese „EPA-Liste“ umfasst die folgenden 16 PAK:

Naphthalin, Acenaphthylen, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthen, Pyren, Benzo[a]anthracen, Chrysen, Benzo[b]fluoranthen, Benzo[k]fluoranthen, Benzo[a]pyren, Indeno[1,2,3,c,d]-pyren, Dibenz[a,h]anthracen und Benzo[g,h,i]perylen.

#### **2.1.3 Biozide: Carbamate, Phosphorsäureester, Pyrethrum, Pyrethroide, Synergisten etc.**

Folgende Biozide können als Analyse einer Einzelsubstanz angefordert werden:

(Bio)-Allethrin, Bendiocarb, Bifenthrin, Chlorpyrifos, Cyfluthrin,  $\lambda$ -Cyhalothrin, Cypermethrin, Cyphenothrin, Deltamethrin, Diazinon, Dichlorvos, Dimethoat, Empenthrin, Fenitrothion, Fenvalerat, Malathion, Permethrin, Phenothrin, Piperonylbutoxid, Propetamphos, Propoxur, Pirimiphos (-ethyl und -methyl), (Bio)-Resmethrin, "S 421", Tetrachlorvinphos, Tetramethrin.

Pyrethrum (enthält ein Gemisch aus den folgenden 6 insektiziden Wirkstoffen):

Cinerin I und II, Jasmolin I und II sowie Pyrethrin I und II.

EULAN WA = Pentachlor-2-(chlormethylsulfonamid)-diphenylether



#### **2.1.4 Holzschutzmittelwirkstoffe**

Die im Hausstaub anzutreffenden **Holzschutzmittelwirkstoffe** entsprechen den unter 1.1.1 genannten Substanzen. Ihre quantitative Bestimmung im Staub dient dazu, herauszufinden, ob sie sich im ganzen Haus verteilt haben und ob sie eine über eine „Grundbelastung“ hinausgehende Kontamination von Wohn- und Innenräumen hervorgerufen haben.

Folgenden Holzschutzmittelwirkstoffe können im Hausstaub analysiert werden:

1- und 2-Chlornaphthalin, Chlorthalonil, p,p'-DDT, Dichlofluanid,  $\alpha$ -Endosulfan und  $\beta$ -Endosulfan, Fenobucarb (Baycarb), Flufenoxuron,  $\gamma$ -Hexachlorcyclohexan (=  $\gamma$ -HCH, Lindan), Parathion, Pentachlorphenol (PCP), cis- und trans-Permethrin, Propiconazol, Tebuconazol und Tolyfluanid.

#### **2.1.5 Polychlorierte Biphenyle (PCB)**

Die Analyse von **polychlorierten Biphenylen (PCB)** im Hausstaub dient zum Feststellen einer über eine Grundbelastung hinausgehenden Kontamination von Innenräumen. Diese kann z.B. nach einem "Auslaufen" PCB-haltiger Kondensatoren oder durch das Vorhandensein PCB-haltiger Dichtungsmassen (verwendet zum Verfugen von Betonfertigplatten oder Fenstern) oder anderer PCB-haltiger Materialien in Wohn- und Innenräumen bedingt sein.

Die Analyse der PCB umfasst die PCB-Congenere 28, 52, 101, 138, 153, 180 (gemäß DIN 51527), auf Wunsch zusätzlich PCB 118.

#### **2.1.6 Isothiazolone (= Isothiazolinone)**

Isothiazolone werden als fungizide Bestandteile in wasserverdünnbaren Klebern und Farben (z.B. Dispersionsfarben, Acrylatlacken), Bautenanstrichen sowie Beschichtungsstoffen zur Konservierung eingesetzt. Seit einiger Zeit werden sie auch als Konservierungsstoffe in einer Vielzahl von Haushaltsreinigern, Spülmitteln, WC-Reinigern und Kosmetika aufgeführt. Einige Isothiazolone erwiesen sich als haut- und schleimhautreizend bzw. als bedeutende Kontaktallergene. Folgende Isothiazolone können im Hausstaub quantifiziert werden:

2-Methyl-3(2H)-isothiazolon, 5-Chlor-2-methyl-3(2H)-isothiazolon, Octhilion [2-Octyl-3(2H)-sothiazolon].

#### **2.1.7 Schwermetalle**

Mit dem Programm "**Schwermetalle im Hausstaub**" ist das Erkennen einer Kontamination der Wohn- und Innenräume mit Schwermetallen möglich. Das Analyseprogramm umfasst die Metalle:

Blei, Cadmium, Chrom, Eisen, Kupfer, Mangan, Quecksilber, Zink.

Diese können als Einzelanalysen oder als „Paket“ angefordert werden; die Bestimmung anderer Metalle ist auf Anfrage ebenfalls möglich.

#### **2.1.8 Organozinnverbindungen**

Die Bestimmung von Organozinnverbindungen umfasst folgende Verbindungen:

Mono- und Dimethyl-, Mono-, Di, Tri- und Tetrabutyl-, Mono-, Di und Trioctyl-, Di- und Triphenyl sowie Tricyclohexyl-Zinnverbindungen.

## **2.2 Screening-Programme (für Hausstaub)**

### **2.2.1 Screening „Biozide“**

In den Jahren 1996-2000 haben wir mehr als 2000 Staubproben untersucht, die im Rahmen mehrerer Studien als repräsentative Stichproben der Bevölkerung Deutschlands (alte Länder) gesammelt wurden. Im Rahmen dieser Studien haben wir in allen Staubproben in der < 63 µm-Fraktion mehr als 45 Biozide, sowie Weichmacher und endokrin wirksame Phenole analysiert. Dabei stellten wir fest, dass von den untersuchten Bioziden nur einige tatsächlich im Hausstaub vorkommen.

Die Erfahrungen dieser Studien führten zu einem Programm **Screening „Biozide“**, das folgende Verbindungen umfasst:

1- und 2-Chlornaphthalin, Chlorpyrifos, p,p'-DDT, Diazinon, Dichlofluanid, γ-Hexachlorcyclohexan (= γ-HCH, Lindan), Hexachlorbenzol, Methoxychlor, PBO, Pentachlorphenol (PCP), cis- und trans-Permethrin, Propoxur, Tetrachlorvinphos und Tetramethrin.

Die Analytik der übrigen Biozide, die fast nie im Hausstaub vorkommen (in weniger als 5 von 1000 Proben) macht in einer Übersichtsanalyse keinen Sinn. Bei speziellen Fragestellungen oder einem konkreten Verdacht im Hinblick auf eine bestimmte Substanz sollte die quantitative Bestimmung einer Einzelsubstanz angefordert werden.

### **2.2.2 Screening „Holzschutzmittel“**

Das Programm **Screening „Holzschutzmittel“** im Hausstaub dient dazu, eine über eine Grundbelastung hinausgehende Kontamination der Wohn- bzw. Innenräume mit Holzschutzmittelwirkstoffen zu erkennen.

Das **Screening „Holzschutzmittel“** umfasst:

1- und 2-Chlornaphthalin, Chlorthalonil, p,p'-DDT, Dichlofluanid, α-Endosulfan und β-Endosulfan, Fenobucarb (Baycarb), Flufenoxuron, γ-Hexachlorcyclohexan (= γ-HCH, Lindan), Parathion, Pentachlorphenol (PCP), cis- und trans-Permethrin, Propiconazol, Tebuconazol und Tolyfluanid.

### **2.2.3 Screening „häufig verwendete Pyrethroide“**

Das Programm **Screening „häufig verwendete Pyrethroide“** dient dazu, eine über eine Grundbelastung hinausgehende Kontamination der Wohn- bzw. Innenräume z.B. nach Einsatz von Schädlingsbekämpfungsmitteln oder durch Permethrin-haltige Wollteppiche zu erkennen.

Die analytischen Methoden wurden so ausgearbeitet, dass der Nachweis von mindestens 1 mg/kg (= 1 µg/g = 1 ng/mg = 1 ppm) möglich ist. Bei geringeren Konzentrationen ist nicht von einer Pyrethroid-Kontamination auszugehen. Das **Screening „häufig verwendete Pyrethroide“** umfasst die Wirkstoffe:

Cyfluthrin, Cypermethrin, Deltamethrin, Permethrin, Prallethrin sowie Phenothrin und den Synergisten Piperonylbutoxid.

### **2.2.4 Screening "seltene Pyrethroide"**

Das Programm **Screening „seltene Pyrethroide“** umfasst die seltener eingesetzten bzw. vergleichsweise instabilen Pyrethroide:

(Bio)-allethrin, λ-Cyhalothrin, Cyphenothrin, Empenthrin, Fenvalerat, Resmethrin und Tetramethrin.



### **2.2.5 Screening "Synergisten"**

Das Programm **Screening „Synergisten“** umfasst synergistisch wirksame Verbindungen, d.h. Substanzen, die die Wirkung der Pyrethroide verstärken, und Substanzen, die zusammen mit den Pyrethroiden als Wirkstoffe mit ähnlichem Wirkungsspektrum verwendet werden.

Das Programm **Screening „Synergisten“** beinhaltet:

Bendiocarb, Chlorpyrifos, Diazinon, Dichlorvos, Dimethoat, Fenitrothion, Malathion, Methoxychlor, Pirimiphos (-ethyl und -methyl), Propetamphos, Propoxur, "S 421", Tetrachlorvinphos.

### **2.2.6 Screening "Weichmacher - Flammschutzmittel"**

Das Programm **Screening „Weichmacher - Flammschutzmittel“** umfasst die Substanzgruppen der Phthalsäureester (Phthalate) und der Phosphorsäureester (Phosphate). Dies spiegelt sich in den beiden Untersuchungsprogrammen wider:

- a.) Weichmacher - Flammschutzmittel: Phthalate
- b.) Weichmacher - Flammschutzmittel: Phosphorsäureester

Die Phthalate finden als Weichmacher Verwendung, während die Phosphorsäureester dieses Untersuchungsprogramms teils als Weichmacher, überwiegend aber als Flammschutzmittel eingesetzt werden.

Das **Screening „Weichmacher - Flammschutzmittel (Phthalate)“** umfasst:

Benzylbutylphthalat (BBP), Diisobutylphthalat (DiBP), Di-n-butylphthalat (DnBP), Diethylhexylphthalat (DEHP), Diethylphthalat (DEP), Dimethylphthalat (DMP), Di-n-octylphthalat (DnOP), isomere Nonylphthalate (DiNP) und Decylphthalate (DiDP) sowie Phthalsäureanhydrid.

Das **Screening „Weichmacher- Flammschutzmittel (Phosphorsäureester)“** umfasst:

Triphenylphosphat (TPP), Tris-(2-butoxyethylester)-phosphat (TBEP), Tris-(2-chlorethyl)-phosphat (TCEP), Tris-(2-ethylhexyl)-phosphat (TEHP), Trikresylphosphat (TCP), Tri-n-butylphosphat (TNBP), Tris(2-chlorisopropyl)-phosphat (TCPP) und Tri(1,3-dichlorisopropyl)-phosphat (TDPP).

Anmerkung:

Im Regelfall werden alle oben aufgeführten Weichmacher und Flammschutzmittel bei einer Analysenanforderung bestimmt. Möglich ist aber auch die Untersuchung nur einer dieser Gruppen.

### **2.2.7 Suche nach unbekanntem Verbindungen im Hausstaub**

Neben den oben beschriebenen Untersuchungen des Hausstaubs im Hinblick auf bestimmte Substanzen oder Substanzklassen ist es auch möglich, mit Hilfe der Massenspektrometrie nach bisher nicht auffällig in Erscheinung getretenen Rückständen zu suchen. Hierbei wird versucht, die aus Hausstaub extrahierten Verbindungen über Spektrenbibliotheken und Referenzsubstanzen zu identifizieren. Dies ist eine zeitintensive Tätigkeit, hilft aber in vielen Fällen, Fragestellungen auch außerhalb der Routineanalytik zu beantworten.

**Referenzwerte für Biozid- und Schwermetall-Rückstände im Hausstaub (< 63 µm - Fraktion)**

Substanz	Methode	Referenzwert
Blei	ICP	unter 230 mg/kg <sup>c</sup>
Benzo(a)pyren	GC-MS	10 mg/kg <sup>d</sup>
Cadmium	ICP	unter 7 mg/kg <sup>c</sup>
Chlorpyrifos	GC-MS	unter 0,5 mg/kg <sup>e</sup>
DDT	GC-MS oder GC	unter 3,0 mg/kg <sup>e</sup>
Dichlofluanid	GC-MS oder GC	unter 1,0 mg/kg <sup>e</sup>
Eisen	ICP	unter 13.000 mg/kg <sup>c</sup>
Kupfer	ICP	unter 370 mg/kg <sup>c</sup>
Lindan	GC-MS oder GC	unter 1 mg/kg <sup>e</sup>
Mangan	ICP	unter 410 mg/kg <sup>c</sup>
Pentachlorphenol	GC	unter 5 mg/kg <sup>e</sup>
polychlorierte Biphenyle (PCB)	GC	unter 3,5 mg/kg <sup>f</sup>
Permethrin	GC-MS	siehe Beurteilungswerte <sup>e</sup>
Piperonylbutoxid	GC-MS	unter 5,0 mg/kg <sup>e</sup>
Propoxur	GC-MS	unter 1,0 mg/kg <sup>e</sup>
Quecksilber	AAS-(Kaltdampf)	unter 10 mg/kg <sup>g</sup>
Zink	ICP	unter 1.400 mg/kg <sup>c</sup>

Abkürzungen: AAS: Atomabsorptionsspektrometrie  
 GC-MS: Gaschromatographie-Massenspektrometrie  
 GC: Gaschromatographie (mit Elektroneneinfangdetektor = ECD)  
 ICP: Atomemissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma

<sup>c</sup> Krause C et al.: Umweltsurvey Band IIIa, Wohn-Innenraum: Spurenelementgehalte im Hausstaub, WaBoLu-Hefte (2/1991)  
<sup>d</sup> Bauministerkonferenz. Hinweise für die Bewertung und Maßnahmen zur Verminderung der PAK-Belastung durch Parkettböden mit Teerkebstoffen in Gebäuden (PAK-Hinweise). Mitteilungen des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt-Mitteilungen 4/2000)  
<sup>e</sup> Walker G, Hostrup O, Hoffmann W, Butte W. Biozide im Hausstaub: Ergebnisse eines repräsentativen Monitorings in Wohnräumen. Gefahrst. Reinh. Luft, 59, 33 - 41 (1999)  
 Dort schlagen wir zum Erkennen von Permethrin-Quellen in Innenräumen folgende Beurteilungswerte vor:  
 bis 3 mg/kg: Permethrin-Quellen im Haus wenig wahrscheinlich  
 > 3 - 30 mg/kg: geringe aber erkennbare Kontamination mit Permethrin  
 > 30 - einige 1000 mg/kg: deutliche Kontamination mit Permethrin: z.B. durch „imprägnierte“ Teppiche, nach Schädlingsbekämpfung mit Permethrin  
<sup>f</sup> Landesamt für Natur und Umwelt, Kiel. Bodenbelastung in Hausgärten und Hausstaubbelastung aus vier Regionen in Schleswig-Holstein (1996)  
<sup>g</sup> Edelmann H, Schweinsberg F. Quantitative Quecksilberbestimmung in passiv abgelagertem Staub mit Atomabsorptionsspektrometrie. Zbl. Hyg. 197, 576 - 579 (1995)  
 (Passiv abgelagerter Staub entspricht unserer Erfahrung nach weitgehend dem 63 µm Staub)



EUKOS Umweltanalytik Nord GmbH  
Eichkamp 6-14  
24116 Kiel  
Tel.: 0431 – 533 296 40  
Fax: 0431 – 533 296 42  
e-Mail: [info@eukos-analytik.de](mailto:info@eukos-analytik.de)  
Internet: [Eukos-Analytik.de](http://Eukos-Analytik.de)

### **Referenzwerte für Phthalat-Rückstände im Hausstaub (< 63 µm - Fraktion)**

Phthalate	Methode	Referenzwert
Benzylbutylphthalat	GC-MS	unter 320 mg/kg <sup>h</sup>
Di-iso-butylphthalat	GC-MS	unter 130 mg/kg <sup>h</sup>
Di-n-butylphthalat	GC-MS	unter 240 mg/kg <sup>h</sup>
Di(ethylhexyl)phthalat	GC-MS	unter 2.600 mg/kg <sup>h</sup>

GC-MS: Gaschromatographie-Massenspektrometrie

Referenzwerte für Isothiazolone im Hausstaub müssen noch erarbeitet werden. Die Konzentrationen im nicht kontaminierten Hausstaub sollten allerdings unter 1 mg/kg liegen.

### **2.3 Pilzsporen im Hausstaub**

Pilzsporen sedimentieren in Abhängigkeit von Sporengröße und Zeit. Sie sind in Innenräumen auf Oberflächen und vor allem im Hausstaub nachweisbar. Durch die Untersuchung von Hausstaub erhält man Auskunft über eine mögliche andauernde Schimmelpilzbelastung im Innenraum, da sich im Hausstaub Schimmelpilze über einen längeren Zeitraum anreichern können<sup>i</sup>.

Für die Bewertung von Pilzsporen im Hausstaub liegt z.Zt. noch kein gültiger Bewertungsmaßstab vor<sup>i</sup>. Wir orientieren uns hinsichtlich des Messverfahrens und der Bewertung an den Arbeiten von Baudisch et al.<sup>j</sup>, die mit DG18-Nährböden erhalten wurden. Ein Kurzkomentar liegt jedem Prüfbericht bei.

**erforderliches Material (für die Untersuchung von Wirkstoffen im Hausstaub):**  
- der komplette Staubsaugerbeutel (mit Inhalt)

h Butte W, Hoffmann W, Hostrup O, Schmidt A, Walker G. Endokrin wirksame Substanzen im Hausstaub: Ergebnisse eines repräsentativen Monitorings. Gefahrst Reinh Luft 61, 19-23 (2001)

i Innenraumlufthygienekommission des Umweltbundesamtes. Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen (2002)

j Baudisch C, Sadek H, v Stengelin M: Erste Ergebnisse eines modifizierten Hausstaubmessverfahrens zur quantitativen und qualitativen Bewertung von Schimmelpilzen. Umweltmed Forsch Prax 6, 265-274 (2001)

### **3 Leder**

#### **3.1 Bestimmung von Pentachlorphenol und/oder Lindan**

Substanz	Methode	Referenzwert
Pentachlorphenol	Gaschromatographie	unter 5 mg/kg <sup>k</sup>
Lindan	Gaschromatographie	unter 1 mg/kg <sup>l</sup>

**erforderliches Material:** ein 3 x 3 cm an Lederstück

#### **3.2 Bestimmung von Azofarbstoffen**

Nach der Bedarfsgegenständeverordnung (§3 BedGgstV in Verbindung mit Anlage 1 Nr. 7) dürfen Azofarbstoffe, die durch Aufspaltung einer oder mehrerer Azogruppen die folgenden aromatischen Amine bilden, nicht verwendet werden. Der Nachweis von Azofarbstoffen gilt bei einem Gehalt von > 30 mg/kg pro Aminkomponente als erbracht.

Die Analytik bestimmter Azofarbstoffe im Leder erfolgt nach ISO/TS 17234. Es werden die in der folgenden Tabelle aufgeführten Einzelparameter (als Amine) untersucht (und im Anhang eines Prüfberichtes aufgelistet). Die Berichtsgrenze beträgt 10 mg/kg (pro Amin).

Amin	CAS-Nr.	Amin	CAS-Nr.
4-Aminodiphenyl	92-67-1	3,3'-Dimethoxybenzidin	119-90-4
Benzidin	92-87-5	3,3'-Dimethylbenzidin	119-93-7
4-Chlor-o-toluidin	95-69-2	3,3'-Dimethyl-4,4'-diaminophenylmethan	838-88-0
2-Naphtylamin	91-59-8	p-Kresidin	120-71-8
o-Aminoazotoluol	97-56-3	4,4'-Methylen-bis-(2-chloranilin)	101-14-4
2-Amino-4-nitrotoluol	99-55-8	4,4'-Oxydianilin	101-80-4
p-Chloranilin	106-47-8	4,4'-Thiodianilin	139-65-1
2,4-Diaminoanisol	615-05-4	o-Toluidin	95-53-4
4,4'-Diaminodiphenylmethan	101-77-9	2,4-Toluylendiamin	95-80-7
3,3'-Dichlorbenzidin	91-94-1	2,4,5-Trimethylanilin	137-17-7
o-Anisidin	90-04-0	4-Amionoazobenzol	60-09-3
2,4-Xylidin (*)	95-68-1	2,6-Xylidin (*)	87-62-7

(\*) In der BedGgstV derzeit nicht aufgeführt.

**erforderliches Material:** ein ca. 10 x 10 cm Lederstück

k Leder, das nicht mit Pentachlorphenol behandelt wurde (und Grenzwert nach der Chemikalien-Verbotsverordnung)  
 l Leder, das nicht mit Lindan behandelt wurde





## **4 Teppiche, Teppichböden, Textilien**

### **4.1 Quantitative Bestimmung einzelner Wirkstoffe: Biozide**

In Teppichen, Teppichböden und Textilien ist der Nachweis zahlreicher Biozide bzw. Xenobiotika möglich. Analysiert werden können alle Substanzen, die auch im Hausstaub angetroffen werden können (siehe Abschnitt 2). Bei Teppichen, Textilien etc. stehen allerdings die Insektizide im Vordergrund des Interesses, die eingesetzt wurden, um diese vor Insektenfraß zu schützen.

Folgende Biozide sind besonders häufig verwendet worden:

Pentachlorphenol (als Fungizid in Teppichböden mit Schaumstoffrücken, in Sisal-Teppichen)

Lindan und DDT (als Insektizid in Teppichen - insbesondere aus „Dritte-Welt-Ländern“)

Permethrin (als Insektizid in Wollteppichböden - „Wollsiegel“-Qualität)

EULAN WA = Pentachlor-2-(chlormethylsulfonamid)-diphenylether (als Insektizid).

### **4.2 Bestimmung flüchtiger ausgasender Verbindungen**

#### **(Dampfraum bzw. Headspace-Analyse)**

Mit Hilfe dieser Analytik wird untersucht, welche Lösungsmittel aus einem Teppich (oder dem anhaftenden Kleber) in die Gasphase, d.h. z.B. in einen Wohnraum „ausdunsten“. Erfasst werden Komponenten mit einem Siedebereich zwischen 60 °C und 260 °C.

### **4.3 Screening-Programme "Teppich"**

Für Teppiche bzw. Teppichfasern werden die gleichen Screening-Programme wie für Hausstaub (siehe 2.2) angeboten.

#### **erforderliches Material (für die Untersuchung von Teppichen, Teppichböden und Textilien):**

- ein 3 x 3 cm großes Stück des Teppichs bzw. Teppichbodens  
oder: ein Eßlöffel voll (dicht gepackt) des Flors
- bei Textilien: ca. 10 x 10 cm großes Stück

### **4.4 Bestimmung von Azofarbstoffen**

Die Untersuchung von Azofarbstoffen in Textilien kann entweder über Farb-Einzelproben oder als mehrfarbige Mischprobe erfolgen. Als Methoden finden Vorschriften nach § 35 LMBG 82.02-2; EN 14362-1 / EN 14362-2 Anwendung. Der Untersuchungsumfang umfasst die in der Tabelle unter 3.2 aufgeführten Einzelparameter. Die Berichtsgrenze pro Einzelkomponente beträgt 10 mg/kg.

#### **erforderliches Material (für die Untersuchung von Azofarbstoffen in Textilien):**

- ein 10 x 10 cm großes Stück der Textilie (bei Untersuchung mehrfarbiger Proben)
- ein 20 x 20 cm großes Stück der Textilien (bei Untersuchung von Farbeinzelproben)

## Referenzwerte für Biozide bzw. Pyrethroide in Teppichen, Teppichböden und Textilien

Substanz	Methode	Referenzwert
EULAN WA	GC-MS	unter 1 mg/kg <sup>m</sup>
Pentachlorphenol	GC	unter 5 mg/kg <sup>n</sup>
Lindan	GC	unter 1 mg/kg <sup>o</sup>
DDT	GC	unter 1 mg/kg <sup>p</sup>
Permethrin	GC-MS	unter 1 mg/kg <sup>q</sup>
PBO = Piperonylbutoxid	GC-MS	unter 1 mg/kg <sup>r</sup>
Pyrethroide (nicht Permethrin)	GC-MS	unter 1 mg/kg <sup>r</sup>

Abkürzungen: GC: Gaschromatographie / GC-MS: Gaschromatographie-Massenspektrometrie

## 5 Baumaterialien

### 5.1 Chemische Analysen in Baumaterialien

In Baumaterialien ist der Nachweis all der Biozide bzw. Xenobiotika möglich, die auch im Hausstaub angetroffen werden können (siehe Abschnitt 2). Bei der Untersuchung von Baumaterialien stehen die Substanzen im Vordergrund des Interesses, die zum Schutz z.B. vor Insekten- bzw. Pilzbefall und als Weichmacher verwendet wurden oder die als Sekundärkontamination auf Materialien angetroffen werden. Dies sind insbesondere:

- Benzo(a)pyren (als Leitsubstanz für PAK) alternativ: PAK nach der EPA-Liste (siehe Abschnitt 2.1.2)
- Lindan, Pentachlorphenol (PCP)
- polychlorierte Biphenyle (PCB)
- 2-Methyl-3(2H)-isothiazolon, 5-Chlor-2-methyl-3(2H)-isothiazolon,
- Octhilinon [2-Octyl-3(2H)isothiazolon].

### Referenzwerte für Xenobiotika in Baumaterialien

Substanz	Methode	Material	Referenzwert
Benzo[a]pyren (BaP)	GC-MS	Parkettkleber	unter 10 mg/kg <sup>d</sup>
Lindan	GC	Putz/Tapete etc.	unter 1 mg/kg <sup>s</sup>
Pentachlorphenol (PCP)	GC	Putz/Tapete etc.	unter 2 mg/kg <sup>s</sup>
polychlorierte Biphenyle (PCB)	GC	Dichtungsmassen	unter 50 mg/kg <sup>t</sup>

m für Textilien, Teppiche etc., die nicht mit EULAN WA insektizid behandelt wurden

n nach der Chemikalien-Verbotsverordnung; gleichzeitig Referenzwert für Materialien, die nicht mit Pentachlorphenol fungizid behandelt wurden

o für Textilien, Teppiche etc., die nicht mit Lindan insektizid behandelt wurden

p für Textilien, Teppiche etc., die nicht mit DDT insektizid behandelt wurden

q für Textilien, Teppiche etc., die nicht mit Permethrin insektizid behandelt wurden

r PBO und andere Pyrethroide als Permethrin sind in Teppichen bzw. Textilien in aller Regel nur als Sekundärkontamination zu erwarten

s für Baumaterialien, die nicht fungizid oder insektizid behandelt wurden und aus Räumen stammen, in denen keine Holzschutzmittel verwendet wurden

t nach der Chemikalien-Verbotsverordnung



EUKOS Umweltanalytik Nord GmbH  
Eichkamp 6-14  
24116 Kiel  
Tel.: 0431 – 533 296 40  
Fax: 0431 – 533 296 42  
e-Mail: [info@eukos-analytik.de](mailto:info@eukos-analytik.de)  
Internet: [Eukos-Analytik.de](http://Eukos-Analytik.de)

## **5.2 Screening-Programme "Baumaterialien"**

Für Baumaterialien werden die gleichen Screening-Programme wie für Hausstaub (siehe 2.2) angeboten.

## **5.3 Physikalische Analysen: Asbest und Mineralfasern**

Die Identifizierung von Asbest oder Mineralfasern in oder auf Materialproben wird von uns als Fremdauftrag vergeben. Die Analyse erfolgt mit Hilfe der Rasterelektronenmikroskopie / energiedispersiven Röntgenfluoreszenzspektroskopie nach der VDI-Methode 3492 bzw. phasenkontrastmikroskopisch nach der VDI-Methode 3866 (Blatt 4). Beurteilt werden die Art der Fasern sowie die kritische Größe (als Kriterium für die Lungengängigkeit). Die Bewertung kann auch hinsichtlich des Karzinogenitätsindex (KI-Wert) erfolgen.

### **erforderliches Material (für die Untersuchung von Baumaterialien):**

- |                               |                                    |
|-------------------------------|------------------------------------|
| • Dichtungsmassen: ca. 100 mg | • Mineralfasern/Asbest: ca. 200 mg |
| • Putz: ca. 1 g               | • Parkettkleber: ca. 200 mg        |

## **5.4 Schimmelpilze in Materialien**

Das Prüfen von Materialproben im Hinblick auf einen Bewuchs mit Schimmelpilzen dient dazu, Schimmelpilz-Quellen in Innenräumen zu erkennen und die eventuell wachsenden Schimmelpilz-Gattungen zu identifizieren. Untersucht werden kann z.B. Mauerwerk, Putz, Styropor, Mineralwolle, Papier etc.

Je nach Material kann eines (oder mehrere) der folgenden Verfahren zur Identifizierung von Schimmelpilz-Gattungen dienen:

- Oberflächenkontaktproben:
  - „Abklatschproben“: das Nährmedium wird direkt gegen die befallene Fläche gedrückt und anschließend bebrütet
  - „Klebefilmpräparate“: Pilzmycel und Pilzsporen werden auf eine durchsichtige Klebefolie („Tesafilm“) überführt; das Präparat wird anschließend angefärbt und mikroskopiert
- Verdünnungsverfahren:
  - Materialproben werden entnommen, zerkleinert und wie eine Staubprobe mit dem Verdünnungsverfahren hinsichtlich der Menge und der Gattungen der Pilze untersucht
  - „Überimpfen“ von Sporen aus offensichtlichem Bewuchs auf DG18-Nährböden (Direktverfahren)

Die Bewertung erfolgt in Anlehnung an den „Schimmelpilzleitfaden“ des Umweltbundesamtes <sup>i</sup>.

## **6 Oberflächen-Wischproben**

Schädlingsbekämpfungsmaßnahmen, Brände oder das Vorhandensein PCB-haltiger Dichtungsmassen machen es häufig erforderlich, die Innenräume zu sanieren oder gründlichst zu reinigen. Diese Reinigungsmaßnahmen oder Sanierungen können z.B. mit Hilfe der noch vorhandenen Kontamination glatter Oberflächen beurteilt werden. Sie wird erfasst, indem eine definierte, ausgewählte Oberfläche (Wände, Schränke, Tische etc.) mit einem für die entsprechende Substanz geeigneten Lösungsmittel „abgewischt“ wird und die dabei aufgenommene Menge an Substanz analysiert wird. Aus der gemessenen Menge an Substanz und der abgewischten Oberfläche wird die Konzentration pro Flächeneinheit errechnet (meist in  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ). Die folgenden Beispiele zeigen, ohne Anspruch auf Vollständigkeit, einige Anwendungen für eine sinnvolle Analytik an Oberflächen.

### **6.1 Permethrin**

Speziell nach Dekontaminationsmaßnahmen, mit Hilfe derer versucht wurde, in Innenräumen ausgebrachte Pyrethroide wie Cyfluthrin, Cypermethrin oder Permethrin wieder zu entfernen, ist ein Überprüfen dieser Dekontamination sinnvoll.

Bewertung von Permethrin-Rückständen auf Oberflächen nach Stolz et al. <sup>u</sup>:

0,01 - 0,1 $\text{mg}/\text{m}^2$ : „geringe Belastung“	1 - 10 $\text{mg}/\text{m}^2$ : „hohe Belastung“
0,1 - 1 $\text{mg}/\text{m}^2$ : „deutliche Belastung“	> 10 $\text{mg}/\text{m}^2$ : „sehr hohe Belastung“

Unserer Ansicht nach ist die Einstufung nach Belastungsgraden, wie sie von Stolz et al. erfolgt, problematisch, weil sie eine gesundheitliche Bewertung vornimmt, für die keine medizinische Grundlage vorhanden ist. Sie kann hingegen als Kontaminationsrichtlinie gelten.

### **6.2 Pyrethrum/PBO**

Pyrethrum enthält ein Gemisch aus den 6 insektiziden Wirkstoffen Cinerin I und II, Jasmolin I und II sowie Pyrethrin I und II. PBO (Piperonylbutoxid) ist ein Synergist (Wirkungsverstärker) insektizider Pyrethroid- oder Pyrethrum-haltiger Präparate. Hinsichtlich der Bewertung der Konzentrationen orientieren wir uns an den Werten für Permethrin.

### **6.3 Polychlorierte Biphenyle (PCB)**

Nach Sanierung PCB-kontaminierter Gebäude kann ein Sanierungserfolg durch Analytik der Rückstände an PCB in Oberflächen beurteilt werden. Die Bewertung erfolgt nach Messung von 6 ausgewählten PCB-Congeneren als Summenwert; als Sanierungszielwert wurden  $100 \mu\text{g}/\text{m}^2$  angegeben <sup>v</sup>.

### **6.4 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) nach EPA**

Speziell nach Bränden werden Reinigungsmaßnahmen anhand der Rückstandssituation von PAK beurteilt (jeder Verbrennungsprozeß führt zur Bildung von PAK). Die Auswahl der PAK für die Analytik erfolgt entsprechend der „EPA-Liste“ (siehe: Abschnitt 2.1.2).

Beurteilungswert: Es wird für die Beurteilung einer Kontamination von Oberflächen mit PAK konventionsgemäß der PCB-Sanierungszielwerts von  $100 \mu\text{g}/\text{m}^2$  angewandt. Er ergibt sich (als Summe) aus den 16 PAK der „EPA-Liste“. Ein „offizieller“, behördlicher Sanierungszielwert ist uns bisher nicht bekannt.

<sup>u</sup> Stolz P, Meierhenrich U, Krooß J. Dekontaminations- und Abbaumöglichkeiten für Pyrethroide in Innenräumen. Staub - Reinh Luft, 54, 379-386 (1994)

<sup>v</sup> Hessisches Ministerium des Innern. Erlass vom 1.3.89, Az. A2-64b 16/99-8/99)



## **6.5 Nikotin**

Nikotin als Inhaltsstoff von Tabakerzeugnissen kann als charakteristisch für den „Raucherstatus“ eines Innenraums angesehen werden.

Nach unseren Erfahrungen sind Nikotin-Konzentrationen auf Oberflächen von mehr als  $0,5 \text{ mg/m}^2$  ( $= 500 \text{ } \mu\text{g/m}^2$ ) immer mit dem Rauchen von Tabakerzeugnissen verknüpft, während in Räumen, in denen nicht geraucht wurde, die Konzentrationen unter  $100 \text{ } \mu\text{g/m}^2$  liegen.

## **7 Raumluf**

### **7.1 Lösungsmittel (volatile organic compounds, VOC)**

Lösungsmittel in der Innenraumluf können aus vielen unterschiedlichen Quellen, wie Bauprodukten oder Innenraumaustattungen stammen. Die Auswahl der analysierten VOC entspricht der im Anhang A der VDI-Richtlinie 4300 Blatt 6 [Messen von Innenraumlufverunreinigungen Messstrategie für flüchtige organische Verbindungen (VOC)] genannten Verbindungen. Wir bestimmen die VOC in der Innenraumluf nach Probenahme auf Tenax<sup>TA</sup>. Die auf Tenax gesammelten VOC werden thermisch desorbiert und mit Hilfe der Gaschromatographie-Massenspektrometrie analysiert (siehe auch: VDI 2100, Blatt 3). Pro Probenahmeort sollte immer ein Blindwertröhrchen mitgeführt und anschließend im Labor analysiert werden (Feldblindwert). Für die Analytik von Lösungsmitteln in der Raumluf bieten wir zwei unterschiedliche Auswertungen an:

- Auswertung nach dem TVOC-Konzept („TVOC“ = total volatile organic compounds)  
Hierbei werden alle in der VDI 4300 Blatt 6 genannten VOC (= Lösungsmittel), die in Konzentrationen oberhalb der jeweiligen Nachweisgrenze (je nach Verbindung  $0,5 - 2 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ) vorliegen sowie weitere zusätzliche VOC summiert.  
Zusätzlich können die Konzentrationen der nicht individuell identifizierten VOC ermittelt werden.
- Bestimmung der aromatischen Kohlenwasserstoffe  
Bei dieser Methode werden die aromatischen Kohlenwasserstoffe Benzol, Toluol und die 3 isomeren Xylole quantitativ in der Raumluf bestimmt.

Eine ausführliche Aufstellung von Vergleichskonzentrationen in Form von Referenz- bzw. Richtwerten<sup>w</sup> erhalten Sie als Anhang zu jedem Prüfbericht. Auf eine detaillierte Auflistung der mehr als 70 Einzelverbindungen der VDI-Liste wird an dieser Stelle verzichtet.

### **7.2 Lösungsmittel (chloriert)**

Die im Programm „Lösungsmittel (chloriert)“ zusammengefassten flüchtigen Chlorkohlenwasserstoffe werden auch als LHKW (leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe) bezeichnet. Es umfasst die chlorierten Verbindungen: Chloroform; 1- und 2-Chlornaphthalin; 1,4-Dichlorbenzol; Dichlormethan; 1,1,1,2-Tetrachlorethan; 1,1,2,2-Tetrachlorethan; Tetrachlorethen; Tetrachlorkohlenstoff; 1,1,1-Trichlorethan sowie Trichlorethen.

Die Analytik erfolgt nach Probenahme auf Tenax<sup>TA</sup>-Adsorptionsröhrchen (siehe 7.1) mit Hilfe der Gaschromatographie-Massenspektrometrie nach Thermodesorption. Die Referenzwerte für chlorierte Koh-

<sup>w</sup> Innenraumkommission. Handreichung zur Beurteilung von Innenraumkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten. Bundesgesundhbl. Gesundheitsforsch. Gesundheitsschutz, 50, 990 -1005 (2007).

lenwasserstoffe liegen im Allgemeinen im Mikrogramm pro Kubikmeter-Bereich, sie sind u.a. der Arbeit von Heinzow et al.<sup>x</sup> zu entnehmen.

### **7.3 Isocyanate**

Isocyanate (genauer: Diisocyanate) werden bei der bzw. zur Herstellung von Spanplatten und Schaumstoffen (Polyurethanen) verwendet. Sie weisen ein erhebliches allergenes Potential auf und können eine starke Reizwirkung auf Haut und Schleimhäute ausüben, die zu Asthma führen kann.

Nach einer Empfehlung der Innenraumkommission des Umweltbundesamtes stellen Diisocyanat-haltige Produkte ein Gefährdungspotential dar und sollten nach Möglichkeit im häuslichen Bereich von Heimwerkern nicht eingesetzt werden. Richtwerte für Innenraumluft wurden nicht abgeleitet<sup>y</sup>.

### **7.4 Aldehyde/Ketone**

Formaldehyd wird in der Industrie zur Herstellung von Kunstharzen und Kunststoffen verwendet. Es entsteht bei Verbrennungsprozessen (Rauchen!), wird aber auch endogen als normales Stoffwechselprodukt in Säugetieren gebildet. Formaldehyd ist, wie einige andere Aldehyde (Acrolein), bei Inhalation als krebserregend eingestuft. Andere Aldehyde und Ketone sind Lösungsmittel (Methylethylketon) oder entstehen bei Verbrennungsprozessen (Rauchen, Acrolein), dienen als Hilfsmittel bei der Herstellung von Kunststoffen und Weichmachern (Propionaldehyd) oder sind Aromastoffe in Früchten und Kräutern (Hexenal, Hexanal).

#### **Referenzwerte für Aldehyde/Ketone in Innenraumluft**

(gerundete Werte, Angaben für Eine-Woche-Durchschnittswerte nach Passivsammlung)

Substanz	Methode	Referenzwert
Formaldehyd	DNPH-HPLC	50 µg/m <sup>3</sup> z
Acetaldehyd	DNPH-HPLC	50 µg/m <sup>3</sup> z
Aceton	DNPH-HPLC	- <sup>aa</sup>
Acrolein (Propenal)	DNPH-HPLC	- <sup>aa</sup>
Propionaldehyd (Propanal)	DNPH-HPLC	10 µg/m <sup>3</sup> z
Methylethylketon (2-Butanon)	DNPH-HPLC	- <sup>aa</sup>
Benzaldehyd	DNPH-HPLC	10 µg/m <sup>3</sup> z
Hexenal	DNPH-HPLC	- <sup>aa</sup>
Hexanal = Capronaldehyd	DNPH-HPLC	30 µg/m <sup>3</sup> z

Abkürzung: DNPH-HPLC: Hochdruckflüssigkeitschromatographie nach Derivatisierung mit Dinitrophenylhydrazin

x 95 % - Perzentile nach: B. Heinzow et al.: „Organische Schadstoffe in der Innenraumluft von Schulen und Kindergärten.“ VDI-Berichte Nr. 1122, 269 -281 (1994)

y Wolff T, Stirn H. Richtwerte für die Innenraumluft: Diisocyanate. Bundesgesundheitsbl. Gesundheitsforsch. Gesundheitsschutz 43, 505-512 (2000)

z Bekanntmachung des Umweltbundesamtes: Vergleichswerte für flüchtige organische Verbindungen (VOC und Aldehyde) in der Innenraumluft von Haushalten in Deutschland. Bundesgesundheitsbl. Gesundheitsforsch. Gesundheitsschutz 51, 109-112 (2008)

aa kein Referenz- oder Vergleichswert bekannt



EUKOS Umweltanalytik Nord GmbH  
Eichkamp 6-14  
24116 Kiel  
Tel.: 0431 – 533 296 40  
Fax: 0431 – 533 296 42  
e-Mail: [info@eukos-analytik.de](mailto:info@eukos-analytik.de)  
Internet: [Eukos-Analytik.de](http://Eukos-Analytik.de)

Neben der Messung von Formaldehyd im Rahmen der Bestimmung von Aldehyden/Ketonen mit Hilfe der Hochdruckflüssigkeitschromatographie (DIN ISO 16000-3) ist auch eine photometrische Bestimmung nach VDI 3484, Blatt 1 (Nov. 2001) möglich.

#### **Richtwerte für Formaldehyd in Innenraumluft:**

nach Bundesgesundheitsamt:	0,1 ml/m <sup>3</sup> (ppm) <sup>bb</sup>
nach WHO (Weltgesundheitsorganisation)	0,08 ml/m <sup>3</sup> (ppm) <sup>cc</sup>

### **7.5 Ammoniak**

Ammoniak ist ein in der Innenraum- und der Außenluft in geringen Konzentrationen stets vorkommendes Gas. Quellen für die Entstehung sind vor allem die Massentierhaltung und die Anwendung von Düngemitteln. Da Harnstoff, das bei Feuchtigkeit zu Ammoniak gespalten wird, auch in Materialien von Innenräumen eingesetzt wird, kann es zu erhöhten Ammoniak-Konzentrationen in Innenräumen kommen.

Kommentar: Es ist sinnvoll, stets auch eine Vergleichsmessung in der Außenluft vorzunehmen.

Geruchsschwellenwert:	700 - 3500	µg/m <sup>3</sup> <sup>dd</sup>
Vorsorgewert (= 1/500 des MAK-Werts)	28	µg/m <sup>3</sup> <sup>ee</sup>
Eingriffswert (= 1/50 des MAK-Werts)	280	µg/m <sup>3</sup> <sup>ee</sup>

Abkürzungen: MAK: Maximale Arbeitsplatz-Konzentration (MAK- und BAT-Werte-Liste 2001)

### **7.6 Biozide**

Nach unserer Kenntnis und Erfahrung werden in Innenräumen häufig Biozide eingesetzt. Sie dienen z.B. zur Konservierung von Hölzern (Holzschutzmittel), zum Bekämpfen von Insekten (Insektizide), Pilzen (Fungizide) und anderen Parasiten (z.B. Flöhen und Milben speziell bei Haustierhaltung, Silberfischchen, Fliegen, Mücken). Diese Biozide werden meist von den Bewohnern selbst verwendet, besonders hohe Rückstände werden aber insbesondere nach Schädlingsbekämpfungsmaßnahmen durch professionelle Schädlingsbekämpfer beobachtet. Rückstände in Wohn- und Innenräumen können über die Analytik von Bioziden im Hausstaub festgestellt werden (siehe Abschnitt 2.2.1). Neben dem Erkennen einer Kontamination der Räume und dem Identifizieren der Wirksubstanz ist häufig auch die Konzentration in der Innenraumluft = Atemluft von Interesse, da über sie die tägliche inhalative Aufnahme errechnet werden kann und somit eine toxikologisch begründete Gefährdungsabschätzung möglich wird.

bb Die vom ehemaligen Bundesgesundheitsamt empfohlene maximale Konzentration an Formaldehyd in Innenräumen, die auch unter ungünstigen Bedingungen nicht überschritten werden sollte, beträgt: 125 µg/m<sup>3</sup> = 0,1 ppm [Bundesgesundhbl. 36(2), S. 76-78 (1993) und 36(3), S. 117 (1993), Ad-hoch AG: Krebserzeugende Wirkung von Formaldehyd - Änderung des Richtwertes für die Innenraumluft von 0,1 ppm nicht erforderlich. Bundesgesundheitsbl. Gesundheitsforsch. Gesundheitsschutz 49, 1169 (2006)]

cc WHO. Air Quality Guidelines for Europe, 2nd ed., European Series No. 91, p. 87 ff (2000)

dd Römpp Lexikon Chemie – Version 2.0, Stuttgart/New York: Georg Thieme Verlag (1999)

ee 1/500 des MAK-Werts als Vorsorgewert; 1/50 des MAK-Werts als Eingriffswert

## Referenzwerte für Biozide in Innenraumluft

Substanz	Methode	Richtwert
1- /2-Chlornaphthalin	GC/MS	5 µg/m <sup>3 ff</sup>
p,p'-DDT	GC (ECD)	0,1 µg/m <sup>3 gg</sup>
Dichlofluanid	GC (ECD)	120 µg/m <sup>3 hh</sup>
α-/β-Endosulfan	GC (ECD)	2 µg/m <sup>3 ii</sup>
Lindan	GC (ECD)	1 µg/m <sup>3 jj</sup>
Pentachlorphenol	GC (ECD)	1 bzw. 0,1 µg/m <sup>3 kk</sup>
Polychlorierte Biphenyle (PCB)	GC (ECD)	3 bzw. 0,3 µg/m <sup>3 ll</sup>

Abkürzungen: GC: Gaschromatographie, ECD: Elektroneneinfangdetektor, MS: Massenspektrometrie

### **7.7 PAK (polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe)**

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK; englisch: PAH = polycyclic aromatic hydrocarbons) entstehen aus organischem Material bei praktisch allen Verbrennungsprozessen. Quellen der PAK für den Innenraum sind neben offenen Feuerstellen vor allem das Rauchen und der Eintrag von PAK-haltiger Außenluft. Die Messung der PAK erfolgt nach VDI-Methode 3875. Dazu wird die Raumluft über Glasfaserfilter geleitet und die abgeschiedenen Partikel werden auf den PAK-Gehalt analysiert.

Eine Empfehlung der EPA (siehe Abschnitt 2.1.2) sieht die Messung folgender PAK vor:

Naphthalin, Acenaphthylen, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthren, Pyren, Benzo[a]anthracen, Chrysen, Benzo[b]fluoranthren, Benzo[k]fluoranthren, Benzo[a]pyren, Indeno[1,2,3,c,d]-pyren, Dibenz[a,h]anthracen und Benzo[g,h,i]perylene.

Die Beurteilung der im jeweiligen Innenraum gemessenen Konzentrationen erfolgt im Prüfbericht.

Kommentar:

Alternativ zur Messung der oben genannten 16 PAK kann auch Benzo[a]pyren allein gemessen werden. Benzo[a]pyren gilt als Leitparameter für die PAK und somit als Indikator für das kanzerogene Potential des Gesamt-Gehalts an PAK in der Raumluft (Empfehlung der Weltgesundheitsorganisation, WHO).

### **7.8 MVOC (von Schimmelpilzen gebildete flüchtige organische Komponenten)**

Erhöhte Konzentrationen von MVOC (microbial volatile organic compounds = mikrobiell erzeugte, leichtflüchtige organische Verbindungen) können Hinweise auf einen versteckten (äußerlich nicht sichtbaren) Schimmelpilzbefall geben. Da mehrere dieser Verbindungen aber auch einen anderen Ursprung als Schimmelpilze haben können (z.B. Nahrungsmittel wie Kaffee, Bier, Kohl etc., Reinigungsmittel, Aromastoffe, Lacke, Farben usw.), werden MVOC nur dann als Indikator für einen nicht sichtbaren

- ff Sanierungszielwert (Richtwert I) nach: Heinzow B, Mohr S, Benthe C, Ostendorp G, Rahn M, v Berg-Hillringhaus B. Innenraumkontamination mit Chlornaphthalin - Kasuistik und Empfehlungen zur Richtwertsetzung. Umweltmed. Forsch. Prax. 7, 207 (2002)
- gg Sanierungszielwert nach: Lederer P, Angerer J. Raumluftbelastung durch DDT als Holzschutzmittel. Umweltmed. Forsch. Prax. 2, 31 (1997)
- hh „Vom Umgang mit Holzschutzmitteln“, Informationsschrift des ehemaligen Bundesgesundheitsamtes (1983)
- ii aus dem ADI-Wert ("acceptable daily intake" = duldbare tägliche Aufnahme) errechnet
- jj Vorsorgewert des ehemaligen Bundesgesundheitsamtes: Bundesgesundheitsblatt 36, 117 (1993)
- kk "Eingriffswert" bzw. "Sanierungszielwert" der Innenraumkommission: Bundesgesundheitsblatt 40, 234-236 (1997)
- ll "Eingriffswert" bzw. "Sanierungszielwert": Bundesgesundheitsblatt 33, 497 - 499 (1990)





Schimmelbefall angesehen, wenn gleichzeitig mehrere besonders charakteristische MVOC („Hauptindikatoren“) in erhöhten Konzentrationen in der Raumluft nachgewiesen werden.

Welche MVOC besonders charakteristisch sind (als Hauptindikatoren für einen verdeckten Schimmelpilzbefall gelten können), wird derzeit in der Fachliteratur unterschiedlich diskutiert. Wir verwenden die Hauptindikatoren nach Keller et al.<sup>mm</sup>, sie umfassen die folgenden MVOC: Dimethylsulfid, Dimethyldisulfid, Dimethylsulfoxid, 2-Methylfuran, 3-Methylfuran, 1-Octen-3-ol, 2-Pentanol und 2-Methylisoborneol. Die Probenahme erfolgt auf TENAX<sup>TA</sup>, die Analytik mit Hilfe der GC-MS als Fremdanalyse.

## **7.9 Pilze und Pilzsporen**

Die quantitative Bestimmung von keimfähigen Pilzsporen in der Innenraumluft ist die bekannteste Methode zur Erfassung von Schimmelpilzen in Gebäuden. Sie stellt eine Momentaufnahme der Schimmelpilzkonzentration in der Raumluft dar. Dabei ist zu beachten, dass Pilzsporen normale Bestandteile der Innenraum- und der Außenluft sind. Hohe Konzentrationen an Pilzsporen finden sich in der Außenluft vor allem im Sommer und im Herbst, mit abnehmender Temperatur ist dann die Konzentration rückläufig und geht z.B. bei Regen oder Schneefall gegen Null. Das Pilzwachstum wird durch Umgebungsfeuchte und mangelnde Belüftung gefördert. Schon kleine „Stockflecken“ oder verschimmelte Blumenerde können zu einer erhöhten Konzentration an Schimmelpilzsporen in der Innenraumluft führen. Einige Schimmelpilzgattungen und deren Sporen weisen ein erhebliches allergenes Potential auf.

### **Messung kultivierbarer Schimmelpilze**

Die Bestimmung der Schimmelpilze erfolgt durch Saugen der Raumluft auf Agar-Nährböden (aktive Probenahme)<sup>nn</sup>. Wir bestimmen die Anzahl von Kolonie-bildenden Einheiten (KBE) in der Raumluft und deren Gattungen. Pilzsporen verteilen sich ungleichmäßig in der Raumluft. Darum sollte in Wohnungen oder Einfamilienhäusern bei einer geplanten Probenahme in nur einem Raum eine Parallelmessung erfolgen. Werden dagegen mehrere Räume des gleichen Haushalts beprobt, kann auf Parallelmessungen in den einzelnen Räumen verzichtet werden. Zusätzlich zur Beprobung des Innenraums ist immer eine Außenluftmessung notwendig. Wir bestimmen in der Routine die mesophilen Pilze auf DG18–Agar sowie Malzextrakt-Agar und die thermotoleranten Pilze auf Malzextrakt-Agar.

Die Bewertung der Ergebnisse erfolgt nach den Empfehlungen des Umweltbundesamtes<sup>i</sup> und der europäischen Norm EUR 14988 EN<sup>oo</sup>.

### **Referenzwerte für lebensfähige Pilzsporen in Innenraumluft**

Nach [EUR 14988 EN]<sup>oo</sup>

< 50 KBE/m <sup>3</sup> very low (sehr gering)	< 10000 KBE/m <sup>3</sup> high (hoch)
< 200 KBE/m <sup>3</sup> low (gering)	> 10000 KBE/m <sup>3</sup> very high (sehr hoch)
< 1000 KBE/m <sup>3</sup> intermediate (mittel)	

---

KBE: Kolonie-bildende Einheiten

---

mm Keller R, et al.: Hintergrundwerte von flüchtigen Schimmelpilzmetaboliten in unbelasteten Wohngebäuden. Gefahrst Reinh Luft 64, 187-190 (2004)

nn VDI 43200, Blatt 10 (Juli 2008) Messen von Innenraumluftverunreinigungen. Messstrategien zum Nachweis von Schimmelpilzen im Innenraum.

oo European Collaborative Action, Indoor air quality and its impact on man, Report No. 12, Biological particles in indoor environments. (1993)

### Messung der Gesamtzellzahl (Gesamtsporenzahl)

Toxische und sensibilisierende Wirkungen luftgetragener Pilzsporen gehen sowohl von kultivierbaren als auch von nicht kultivierbaren Sporen aus. Zur Bestimmung der Gesamtzellzahl wird die Schlitzdüsenimpaktion auf beschichteten Objektträgern eingesetzt. Die Auswertung erfolgt durch Auszählung unter dem Mikroskop und soweit möglich unter Identifizierung der Gattungen<sup>i</sup>.

### **7.10 Bakterien und Actinomyceten (Kultivierung)**

Bakterien in der Raumluft werden bei 22-25 °C oder 37 °C (auf R2A- oder Columbia-Blut-Agar) bestimmt. Die Kultivierung von Actinomyceten erfolgt bei 56 °C auf R2A-Agar.

### **7.11 Asbest, Mineralfasern**

Die Bestimmung der Konzentration und der Beschaffenheit von mineralischen Fasern (Asbest oder Mineralfasern) in der Raumluft wird von uns als Fremdauftrag vergeben. Sie erfolgt mit Hilfe der Rasterelektronenmikroskopie sowie der energiedispersiven Röntgenfluoreszenzspektroskopie nach der VDI-Methode 3492. Beurteilt werden die Art der Faser sowie die kritische Größe (als Kriterium für die Lungengängigkeit) bei einer Nachweisgrenze<sup>pp</sup> von 100 Fasern/m<sup>3</sup>.

### **7.12 Luftwechselrate**

Ein Innenraum wird nur dann als „behaglich“ empfunden, wenn eine adäquate Temperatur herrscht und eine ausreichende aber nicht zu hohe relative Feuchtigkeit vorhanden ist (behaglich: zwischen 30% und 70% relative Luftfeuchte, unabhängig von der Temperatur)<sup>qq</sup>. Außerdem sollte die Luft ausreichend oft aber nicht zu stark ausgetauscht werden. Zu niedriger Luftaustausch, d.h. zu niedrige Luftwechselraten führen zu einer Anreicherung von Substanzen, die der Mensch und eventuell Materialien in den Innenraum abgeben. Besonders in Neubauten ist häufig der Luftwechsel zu gering, weil ausschließlich auf einen hohen Wärmeschutz geachtet wurde und sehr gut schließende Fenster und Türen verwendet wurden. Zu hohe Luftwechselraten andererseits werden als „Zug“ empfunden. Wir messen die Luftwechselrate kinetisch nach der VDI-Methode 4300 (Blatt 7) bzw. nach DIN EN ISO 12569 mit Kohlendioxid als Indikatorgas.

Ein Luftwechsel von 0,5 - 1 [1/h] - die gesamte Luft im Raum wird 0,5 - 1 mal pro Stunde gewechselt - wird als optimal angesehen<sup>qq</sup>. Im Allgemeinen sind jedoch die Luftwechselraten in Innenräumen eher zu niedrig als zu hoch<sup>rr</sup>.

<sup>pp</sup> Als "Zielwert" für die Sanierung von Innenraumbelastungen gelten 500 Fasern pro Kubikmeter (MBL.NRW 1997, S. 1067)  
<sup>qq</sup> Kommission Innenraumluftthygiene des Bundesgesundheitsamtes. Raumklimabedingungen in Schulen, Kindergärten und Wohnungen und ihre Bedeutung für die Bestimmung der Formaldehydkonzentrationen. Bundesgesundhbl. 36, 76 - 78 (1993)  
<sup>rr</sup> Salthammer T et al. Effects of climatic parameters on formaldehyde concentrations in indoor air. Indoor Air 5, 120-128 (1995)



EUKOS Umweltanalytik Nord GmbH  
Eichkamp 6-14  
24116 Kiel  
Tel.: 0431 – 533 296 40  
Fax: 0431 – 533 296 42  
e-Mail: [info@eukos-analytik.de](mailto:info@eukos-analytik.de)  
Internet: [Eukos-Analytik.de](http://Eukos-Analytik.de)

Für Luftprobenahmen sind in der Regel spezielle Geräte („Gasprobenehmer“) erforderlich. Solche sogenannten „aktiven“ Probenahmen werden daher entweder von Mitarbeitern der Firma EUKOS oder anderen Personen durchgeführt, die über die erforderliche Geräteausstattung verfügen (z.B. Gesundheitsämter oder Ing.-Büros). Gleiches gilt auch für die Bestimmung von Luftwechselraten.

Daneben gibt es für manche Stoffe (z.B. VOC) auch die sogenannte „passive“ Probenahme mit Diffusions-Sammlern. Bitte fragen Sie uns nach der für Sie besten Methode.

## **8 Fogging**

Werden schwerflüchtige organische Substanzen („SVOC“ = semivolatile organic compounds) z.B. langkettige Alkohole, Alkane, Alkene, Carbonsäuren, Phthalate und Phosphate von einer Primärquelle durch Verdunsten abgegeben, über den Luftweg transportiert und an kalten Stellen im Raum niedergeschlagen, so kann sich ein Film dieser schwerflüchtigen Substanzen an Wänden, Fensterscheiben etc. bilden. Das Vorhandensein von solchen SVOC-Filmen begünstigt die Adsorption von luftgetragenen Feinstaub-Partikeln. Durch das Zusammenwirken des „Klebefilmeffektes“ mit der Ablagerung von Partikeln kann es nach einiger Zeit zu einer Schwarzfärbung („Fogging“) kommen. Fogging wird neben dem Vorhandensein einer oder mehrerer SVOC-Primärquellen durch zahlreiche Faktoren wie Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Wohnverhalten, Luftwechsel, durch Heizvorgänge resultierende konvektive Luftströmungen, Wärmebrücken, Raumklima, elektrostatische Aufladungen, usw. beeinflusst.

Insbesondere Weichmacher (Phthalate und Phosphate) sowie höhersiedende Alkane und Alkene werden für das Entstehen des Foggingeffektes verantwortlich gemacht. Weichmacher werden in vielen Kunststoffen eingesetzt, u.a. in Farben, Laminat, beschichteten Tapeten und Teppichen.

Fogging kann aber auch durch Verbrennungsprozesse (Kerzenabbrand, Kamine, Öllampen, Tabakrauch) und die damit verbundene Bildung von Ruß verursacht werden. Ruß kann auch durch unsauber laufende Elektromotoren (z.B. Staubsauger) freigesetzt werden.

Nicht zum Foggingeffekt gehören Schwärzungen durch Schimmelpilzwachstum.

Das Untersuchungsprogramm zum Fogging umfasst:

- Wohnungsbegehung
- Analyse von Wischproben zur Bestimmung von SVOC auf der betroffenen Oberfläche
- Bestimmung von Temperaturen und Feuchten von Raumluft und Oberflächen
- Bestimmung der Luftwechselzahl
- Ruß-Bestimmung aus Oberflächentupfproben
- Ggf. Pilzmessungen (zur Abgrenzung eventuellen Schimmelpilzwachstums vom Fogging)

## **9 Gerüche**

Auffällige Gerüche in Innenräumen können sehr unterschiedliche Gründe haben, u.a. können sie von verschiedenen chemischen Stoffen oder Stoffgruppen hervorgerufen werden. Einige geruchsintensive Stoffe sind toxikologisch bedenklich; andererseits können aber auch geruchsintensive Stoffe vorkommen, die toxikologisch unbedenklich sind. Dennoch wird durch Gerüche das Wohlbefinden mehr oder minder stark beeinträchtigt.

Die derzeit häufigsten Ursachen für unangenehme Gerüche in Innenräumen sind:

- Flüchtige organische Verbindungen (VOC) aus Farben, Lacken und Einrichtungsgegenständen
- Stoffwechselprodukte von Schimmelpilzen (MVOC)
- Monochlornaphthaline (Holzschutzmittelwirkstoff, insbesondere in älteren Spanplatten)
- Chloranisole (werden durch Abbau des Holzschutzmittelwirkstoffes PCP gebildet und mit dem in manchen Fertighäusern älterer Bauart wahrnehmbaren muffig-schimmeligen Geruch in Verbindung gebracht).

Im Untersuchungsumfang „Gerüche“ können diese Substanzen bzw. Substanzgruppen bestimmt werden, nähere Einzelheiten für VOC: siehe Kap. 7.1, für MVOC: siehe Kap. 7.8, Monochlornaphthaline: siehe Kap. 7.6. Bei der Analytik von Chloranisolen in der Raumluft werden die Substanzen: 2,4,6-Trichloranisol; 2,3,5,6-Tetrachloranisol; 2,3,4,5 Tetrachloranisol und Pentachloranisol erfasst.



## Preisliste

<b>1</b>	<b>Holz/Spanplatten</b>	
1.1	quantitative Bestimmung einzelner Wirkstoffe	
1.1.1	Holzschutzmittelwirkstoffe, organisch (Nachweis einzelner Wirkstoffe)	
	Probeaufbereitung und Messung eines Holzschutzmittels (z.B. Permethrin).....	80,- €
	jeder weitere Wirkstoff .....	30,- €
	Ausnahme: TBTO (inkl. Aufarbeitung) .....	180,- €
1.1.2	Holzschutzmittelwirkstoffe, anorganisch	
	Chrom, Kupfer, Borate	
	Probeaufbereitung und Messung des 1. Wirkstoffs (z.B. Kupfer) .....	50,- €
	jeder weitere (anorganische) Wirkstoff.....	20,- €
1.2	Screening-Programme (für Holzproben)	
1.2.1	Screening „Holzschutzmittel“ .....	110,- €
1.2.2	Screening „Teeröl“ .....	110,- €
1.3	Spanplatten	
	Formaldehyd, Perforatormethode (DIN EN 120) .....	250,- €
<b>2</b>	<b>Hausstaub</b>	
2.1	Quantitative Bestimmung einzelner Wirkstoffe	
2.1.1	Benzo(a)pyren .....	80,- €
2.1.2	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) nach EPA .....	120,- €
2.1.3	Carbamate, Phosphorsäureester, Pyrethroide, Synergisten etc.	
	Probeaufbereitung und Messung des 1. Wirkstoffs (z.B. Permethrin) .....	80,- €
	jedes weitere Carbamat, Pyrethroid etc. ....	30,- €
2.1.4	Holzschutzmittelwirkstoffe (Dichlofluanid, p,p'-DDT, Lindan, PCP...)	
	Probeaufbereitung und Messung des 1. Wirkstoffs (z.B. PCP) .....	80,- €
	jeder weitere Holzschutzmittelwirkstoff .....	30,- €
2.1.5	Polychlorierte Biphenyle .....	120,- €
2.1.6	Isothiazolone	
	Probeaufbereitung und Messung .....	110,- €
2.1.7	Schwermetalle (z.B. Blei, Cadmium, Quecksilber ...)	
	Probeaufbereitung und Messung des 1. Wirkstoffs (z.B. Kupfer) .....	50,- €
	jedes weitere Schwermetall .....	20,- €
2.1.8	Organozinnverbindungen	
	Probeaufbereitung und Messung .....	180,- €
2.2	Screening-Programme (für Hausstaub)	
2.2.1	Screening „Biozide“ .....	115,- €
2.2.1.a	Screening "Biozide und Eulan" .....	195,- €
2.2.2	Screening „Holzschutzmittel“ .....	110,- €
2.2.3	Screening „häufig verwendete Pyrethroide“ .....	100,- €
2.2.4	Screening „seltene Pyrethroide“ .....	100,- €
2.2.5	Screening „Synergisten“ .....	115,- €
2.2.6-a	Screening „Phthalate“ (Weichmacher) .....	100,- €
2.2.6-b	Screening „Phosphate“ (Flammschutzmittel, Weichmacher).....	100,- €
	**** 2 Screenings (aus einem Material) kosten als Sonderpreis: 160,- €, jedes weitere Screening 60,- € ****	
2.2.7	Suche nach unbekanntem Verbindungen im Hausstaub: nach Zeitaufwand (pro Stunde 80,- €), mindestens .....	150,- €
2.3	Schimmelpilze im Hausstaub	
	Auszählung von Pilzen und Differenzierung nach Gattung .....	95,- €
	Differenzierung nach Art .....	auf Anfrage

### 3 Leder

3.1	Probeaufbereitung und Messung z.B. von Pentachlorphenol <u>oder</u> Lindan .....	80,- €
	jeder weitere Wirkstoff .....	30,- €
3.2	Bestimmung von Azofarbstoffen	
3.2.1	Bestimmung von Azofarbstoffen .....	85,- €
3.2.2	Bestimmung von p-Aminoazobenzol.....	50,- €
3.3	Bestimmung von Chrom VI.....	85,- €

### 4 Teppiche, Teppichböden, Textilien

4.1	Quantitative Bestimmung einzelner Wirkstoffe (Biozide, Pyrethroide)	
	Probeaufbereitung und Messung eines Wirkstoffs (z.B. PCP) .....	80,- €
	jeder weitere Wirkstoff .....	30,- €
4.2	Bestimmung flüchtiger ausgasender Verbindungen .....	190,- €
	(Dampfraum- bzw. Headspace-Analyse, semi-quantitativ)	
4.3	Screening-Programme "Teppich" siehe 2.2 Screening-Programme "Hausstaub"	
4.4	Bestimmung von Azofarbstoffen	
4.4.1	Bestimmung von Azofarbstoffen .....	85,- €
4.4.2	Bestimmung von p-Aminoazobenzol.....	50,- €

### 5 Baumaterialien

5.1	Chemische Analysen	
5.1.1	Probeaufbereitung und Messung eines Wirkstoffs (z.B. Pentachlorphenol oder Benzo(a)pyren) .....	80,- €
	jeder weitere Wirkstoff .....	30,- €
5.1.2	Polychlorierte Biphenyle (PCB).....	120,- €
5.1.3	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) nach EPA.....	120,- €
5.1.4	Isothiazolone (siehe 2.1.6)	
5.2	Screening-Programme "Baumaterialien" siehe 2.2 Screening-Programme "Hausstaub"	
5.3	Prüfung von Material auf Asbest und Mineralfasern	
5.3.1	Prüfung von Material auf Asbest bzw. lungengängige Fasern .....	80,- €
5.3.2	Prüfung von Tupfproben auf Asbest bzw. KMF (inkl. Tupfer) .....	100,- €
5.3.3	Bestimmung des KI-Indexes bei künstlichen Mineralfasern (KMF) .....	100,- €
5.4	Schimmelpilze, Bakterien und Holz-zerstörende Pilze in Materialproben	
5.4.1	Direktpräparate und Abklatschproben auf Agar-Platten	
	Auszählung von Pilzen und Differenzierung nach Gattung, je Platte .....	25,- €
	Differenzierung nach Art.....	auf Anfrage
	Auszählung von Bakterien und mikroskopische Differenzierung soweit möglich, je Platte .....	30,- €
5.4.2	Auswertung eines Klebefilmpräparats (Anfärbung, Mikroskopie) .....	30,- €
	Klebefilm und Direktpräparat (vom Klebefilm abgedrückt) auf DG-18- und MEA-Platten .....	50,- €
5.4.3	Materialproben nach Zerkleinerung und Verdünnungsverfahren	
	Auszählung von Pilzen und Differenzierung nach Gattung .....	95,- €
	Differenzierung nach Art.....	auf Anfrage
5.4.4	Materialproben nach Zerkleinerung, Colilert-Verfahren zum Nachweis von E. coli und coliformen Keimen und Membranfiltration mit anschließender Kultivierung auf Selektivnährböden zum Nachweis von Enterokokken	
	Bestimmung von Fäkalkeimen (E. coli, Enterokokken, coliforme Keime) .....	95,- €
5.4.5	Mikroskopische Prüfung von Materialproben im Hinblick auf Echten Hausschwamm und andere Holz-zerstörende Pilze	
	Nachweis von Holz-zerstörenden Pilzen.....	110,- €



## 6 Oberflächen-Wischproben

6.1	Pyrethroide	
	Probeaufbereitung und Messung eines Wirkstoffs (z.B. Permethrin) .....	80,- €
	jeder weitere Wirkstoff .....	30,- €
6.2	Pyrethrum/PBO .....	
	Probeaufbereitung und Messung eines Wirkstoffs (z.B. PBO) .....	80,- €
	jeder weitere Wirkstoff .....	30,- €
6.3	Polychlorierte Biphenyle (PCB) .....	120,- €
6.4	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) nach EPA .....	120,- €
6.5	Nicotin .....	100,- €

\*\*\*\* Die Bestimmung aller Pyrethroide, PCB und PAK aus Oberflächenwischproben kostet als Sonderpreis: 280,- € \*\*\*\*

## 7 Raumluft

7.1	Lösungsmittel (VOC)	
7.1.1	TVOC-kurz (ca. 110 Substanzen), Sammeln auf Tenax, Thermodesorption, GC/MS-Analyse .....	190,- €
7.1.2	TVOC-lang (ca. 220 Substanzen), Sammeln auf Tenax, Thermodesorption, GC/MS-Analyse .....	250,- €
7.1.3	Auswertung weiterer, unbekannter Substanzen nach Aufwand, je Stunde .....	80,- €
7.1.4	Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylole (BTEX), Sammeln auf Tenax, Thermodesorption, GC/MS-Analyse .....	120,- €
7.2	Lösungsmittel (chloriert), Sammeln auf Tenax Thermodesorption, GC/MS-Analyse .....	120,- €
7.3	Isocyanate, als Einzelsubstanz .....	110,- €
	alle vier Isocyanate (2,4-TDI, 2,6-TDI, HDI und MDI) .....	260,- €
7.4	Aldehyde/Ketone	
	Formaldehyd, Acetaldehyd, Aceton etc. DNPH-HPLC-Methode	
	als Einzeluntersuchung (z.B. nur Aceton, Acetaldehyd etc.) .....	70,- €
	alle Aldehyde und Ketone (z.Zt. 9 Komponenten) .....	120,- €
	Formaldehyd, photometrisch nach VDI 3484 .....	70,- €
7.5	Ammoniak .....	70,- €
7.6	Biozide	
	Chlornaphthaline .....	90,- €
	Dichlofluorid .....	90,- €
	DDT .....	90,- €
	$\alpha$ -/ $\beta$ -Endosulfan .....	90,- €
	Pentachlorphenol <u>oder</u> Lindan (Chromosorb) .....	80,- €
	Pentachlorphenol <u>und</u> Lindan (Chromosorb) .....	100,- €
	Pentachlorphenol <u>und</u> Lindan (nach VDI 4301, Blatt 2) .....	250,- €
	Phenol .....	100,- €
	Polychlorierte Biphenyle (PCB) .....	120,- €
7.7	PAK nach EPA .....	130,- €
	Benzo(a)pyren als Indikator für PAK .....	80,- €
7.8	MVOC .....	180,- €
7.9	Schimmelpilze in der Raumluft	
	- Kultivierung, d.h. Bestimmung der KBE = Kolonie-bildende Einheiten	
	je Probe, bestehend aus 2 Malzextrakt- und 1 DG18-Agar-Platten, Auszählung und Gattungsbestimmung .....	80,- €
	Differenzierung nach Art: .....	auf Anfrage
	- Kultivierung, d.h. Bestimmung der KBE = Kolonie-bildende Einheiten	
	je Probe, einzeln, Auszählung und Gattungsbestimmung .....	30,- €
	- Gesamtsporenzahl .....	90,- €
7.10	Bakterien in der Raumluft (Kultivierung), je Kulturplatte .....	30,- €
	Actinomyceten in der Raumluft (Kultivierung) .....	50,- €
7.11	Asbest und Mineralfasern - Raumluft - (inkl. des Goldfilters zzgl. Probenahme)	
	Bei 4 m <sup>3</sup> Luftvolumen, Nachweisgrenze: ca. 300 Fasern/m <sup>3</sup> .....	200,- €
	Bei 2 m <sup>3</sup> Luftvolumen, Nachweisgrenze: ca. 300 Fasern/m <sup>3</sup> .....	auf Anfrage
	Bei 1 m <sup>3</sup> Luftvolumen, Nachweisgrenze: ca. 300 Fasern/m <sup>3</sup> .....	auf Anfrage
7.12	Luftwechselrate .....	160,- €

## 8 Fogging

Wohnungsbegehung: nach Zeitaufwand, je Stunde .....	80,- €
Ruß-Bestimmung (mit Hilfe der Rasterelektronenmikroskopie).....	180,- €
Wischproben (Phthalate, hochsiedende Alkane, Alkene etc) nach Zeitaufwand (pro Stunde 80,- €), mindestens..	150,- €
Pilze auf Oberflächen (z.B. Abklatschproben), je Platte.....	25,- €

## 9 Gerüche

VOC: siehe 7.1, MVOC: siehe 7.8, Monochlornaphthaline: siehe 7.6.  
Chloranisole (2,4,6-Trichloranisol; 2,3,5,6-Tetrachloranisol; 2,3,4,5 Tetrachloranisol und Pentachloranisol) ..... 120,- €

## 10 Sonstiges

Erstellung von Gutachten und Berichten: nach Zeitaufwand, je Stunde .....	80,- €
Versandkosten: nach Aufwand, mindestens .....	5,- €
Kernbohrungen, pro Bohrung (zuzüglich Arbeitszeit und Personalaufwand) .....	100,- €

Die Preise für Luftproben beinhalten Probenahmeröhrchen (oder andere Medien).  
Die Probenahme wird nach Zeitaufwand und Entfernung (Fahrkosten) extra in Rechnung gestellt.  
Für Probenahmen bzw. Ortsbegehungen berechnen wir folgende Kosten:  
pro Stunde (Fahrt): 40,- €; pro Stunde vor Ort: 80,- €, pro gefahrenen Kilometer: 0,50 €.

**Alle Preise verstehen sich zuzüglich der gesetzlichen Mehrwertsteuer (ab Januar 2007: 19%).**

Dieses Programm wurde nach bestem Wissen erstellt, doch sind Fehler leider nicht auszuschließen.  
Für Anregungen jeder Art sind wir dankbar.