

# AGÖF-Orientierungswerte für den Hausstaub - Ein Vorschlag für eine Aktualisierung

*Jörg Thumulla, Wigbert Maraun*

## Einleitung

Im Jahre 2004 wurden die AGÖF-Orientierungswerte für Inhaltsstoffe von Raumluft und Hausstaub vorgestellt. Schwerpunkt der Richtwertaktualisierung der AGÖF der letzten Zeit war die Aktualisierung der Orientierungswerte für flüchtige organische Verbindungen (VOC). Ebenso wie die Aktualisierung der VOC-Werte ist aber auch eine regelmäßige Überarbeitung der Staubwerte notwendig, um diese an Veränderungen des Expositionsspektrum im Laufe der Jahre anzupassen (Hott 2004). Zudem erlaubt eine Aktualisierung die Berücksichtigung von Kritikpunkten, insbesondere bezüglich der Nachvollziehbarkeit der statistischen Ableitung sowie der Vergleichbarkeit der Aufarbeitungs- und Analyseverfahren. Aus zeitlichen Gründen konnte die vorgestellten Orientierungswerte noch nicht in den Gremien abgestimmt werden, so dass diese zunächst als Vorschlag der Verfasser erscheinen.

## Gründe für Hausstaubuntersuchungen

Eine Vielzahl von Schadstoffen in Gebäuden entstammen dem mittel- bis schwerflüchtigen Bereich und kommen daher im Wesentlichen partikelgebunden im Innenraum vor. Beispiele hierfür sind die mehrkernigen PAK (polyaromatische Kohlenwasserstoffe), Pyrethroide wie Permethrin oder TRIS-Phosphate wie Tris(2-chlorethyl)phosphat (TCEP) oder Tris(2-butoxyethyl)phosphat (TBEP). Der Nachweis derartiger Stoffe im Innenraum über Raumluftmessungen erfordert jeweils spezialisierte Aufarbeitungen für einzelne Stoffgruppen. Ein negativer Befund aus der Analyse einer Raumluftprobe gibt noch keinen Ausschluss der betreffenden Substanz für den beprobten Raum. Die Untersuchung von Hausstaub ist ein einfaches Screeningverfahren, um Belastungen mit schwerer flüchtigen organischen Substanzen in Innenräumen detektieren zu können. Sie dient dem Überprüfen bzw. des Nachweises von Verdachts-substanzen, der Feststellung von Auffälligkeiten und bietet wertvolle Aussagen im Bereich der Sanierungskontrolle. Darüber hinaus dient sie der Expositionsbeurteilung, weil in Räumen, die von Kleinkindern genutzt werden, die Staubaufnahme über den Hand zu Mund Kontakt eine wesentliche Rolle spielen kann. Letztendlich bietet sie die Möglichkeit eines Umweltmonitorings, um die Freisetzung neuer technischer Substanzen im Innenraum- und Wohnbereich zu verfolgen und neue potentielle Problem-substanzen entdecken zu können (ARGUK 2005).

## Probenahme und Partikelgröße

Die Probenahme von Hausstaub ist in der VDI-Vorschrift 4300, Blatt 8 beschrieben. Das Standardverfahren geht von einem Staub aus, der nach einer Grundreinigung der Wohnung über einen Zeitraum von sieben Tagen in der Wohnung anfällt und dann mittels handelsüblichem Staubsauger von der frei begehbaren Bodenfläche in einen neuen Staubsaugerbeutel gesaugt wird. Für die Aufarbeitung der Hausstaub-Proben trifft die VDI-Richtlinie keine Empfehlungen. In der Praxis werden unterschiedliche Verfahren angewendet:

- Gesamtstaub bzw. Fraktion < 2 mm,
- Feinstaubfraktion < 63 µm,

- Zwischenlagenstaub (Staub zwischen den einzelnen Papierlagen eines Staubsaugerbeutels). Dieser entspricht zu über 90 % einem Feinstaub < 160µm (AnBUS 1998).

Generell gilt, dass die Konzentrationen der Staubinhaltsstoffe mit abnehmender Korngröße zunehmen. Die durchgeführten Auswertungen (s.u.) zeigen, dass der Gehalt im Feinstaub (< 63 µm) bis um das Fünf- bis Zehnfache über dem Gehalt im Gesamtstaub bzw. der 2 mm-Fraktion liegen. Die Homogenität des Staubes nimmt mit kleiner werdender Partikelgröße zu. Die publizierten Daten (Kersten 2003, Walker 1999, AnBUS 1998) ergeben, dass dadurch ein Probenmaterial gewonnen wird, dessen Inhaltsstoffe ein stabiles Verteilungsmuster zeigen. Bisher nicht publizierte Daten (AnBUS 2002) zeigen zudem, dass die Kontamination von Hausstaub mit SVOC bei Berücksichtigung des Feinstaubgehaltes ähnlich reproduzierbar erfassbar ist wie der VOC-Gehalt in der Raumluft und unabhängig ist von Zufälligkeiten wie aufgesaugte Brotkrumen oder von außen herein getragener Schmutz. Bei dreifachen Beprobungen innerhalb eines Monats waren Standardabweichungen von teilweise deutlich unter 30% zu realisieren.

Auch der Vergleich entsprechender Perzentil-Werte aus unterschiedlichen Studien belegt die gute Reproduzierbarkeit bei der Untersuchung des Mediums „Hausstaub“ (zit. nach (ARGUK 2005):

**Tabelle 1: Vergleich unterschiedlicher Studien zu Schadstoffgehalten im Hausstaub**

Verbindung	Nagorka / Ullrich (2003) <sup>1</sup>	Kersten / Reich (2003) <sup>2</sup>	Butte/ Hoffmann (2001) <sup>3</sup>	Walker / Butte (1999) <sup>4</sup>	AnBUS 1997) <sup>5</sup>	AGÖF (2004) <sup>6</sup>	AGÖF (2007) <sup>7</sup>
Chlorpyrifos		4,7	2,9	0,63	0,6	1	0,4
DDT		2,2	3,9	4,2	5,1	3	0,7
Lindan		0,3	0,67	0,83	1	0,5	0,3
Methoxychlor		6,5	11	27		5	0,85
PCP		2,6	8,3	8,0	13,3	1	1,5
Permethrin		110	43	37	25	5	6
Piperonylbutoxid		3,1	4,6	13	1,3	1	0,8
Propoxur		3,1	0,96	0,90	0,5	0,1	<0,2
Benzylbutyl-phthalat		230	320		270	150	150
Di-isobutylphthalat		78	130			200	300
Di-butyl-Phthalat		180	240		370	200	240
DEHP		1600	2600		2000	1000	2300
TCEP	7,5	6,2			7,6	5	3,4
TCPP	3,4	12				5	8,1
TBEP		40				50	73
Chlorparaffine C10/C13		180				50	
Chlorparaffine C14/C17		150				50	

1 Nagorka / Ullrich (2003): Ein-Jahres-Sedimentstaub, n = 436 – 983, 95%-Perzentil

2 Kersten / Reich (2003): Staubalter ohne Angaben, n = 62 – 65, Fraktion < 63 µm, 95%-Perzentil

3 Butte /Hoffmann (2001): Vier-Wochen-Staub, n = 286, Fraktion < 63µm, 95%-Perzentil

4 Walker / Butte (1999):> 4 Wochen, n = 35 – 325, Fraktion < 63 µm, 95%-Perzentil (der Proben > BG)

5 AnBUS e.V. (1997): 5 - 14-Tage-Staub, n = 272, Fraktion < 63 µm, 95%-Perzentil

6 AGÖF (2004): 7-Tage-Staub, n = 3500, 63 µm, 90%-Perzentil

7 AGÖF (2007) Vorschlag, n siehe unten, 63 µm, 90%-Perzentil

Entscheidend auf den Schadstoffgehalt des Hausstaubes wirkt sich die Schadstoffbelastung des Bodens bzw. dessen Untergrund aus. Durch primären Kontakt zu den Schadstoffen (z.B. einem PCB-haltigen Parkettlack) können sich diese im Hausstaub wesentlich stärker anreichern als bei der sekundären Anreicherung über die Raumluft beispielsweise aus dem Lindan-behandelten Ständerwerk eines Fertighauses oder einer Holzdecke. Dies ist bei der Bewertung unter Heranziehung der statistisch begründeten Orientierungswerte zu berücksichtigen, weil hier diese Unterschiede nicht getroffen werden.

## Ableitungsgrundlagen

Für die Ableitung der Werte wurden die Analysedaten von AGÖF-Instituten herangezogen. Anders als bei den VOC-Richtwerte wurden nicht nur Daten herangezogen, bei denen die Probenahme durch AGÖF-Institute selber durchgeführt wurde, sondern auch Daten aus Proben, die den Instituten nach Anleitung zur Probenahme zugesandt wurden. Sie entstammen zum überwiegenden Teil Privathaushalten. Zu einem Anteil von etwa 20% sind aber auch andere Gebäude (Schulen, Bürogebäude etc.) enthalten. Die Ergebnisse wurden von Daten, bei denen es sich nicht um normal genutzte Innenräume handelt (z.B. Produktionsstätten, Dachböden, ...) bereinigt. Die Daten stammen aus den Jahren 2002 bis 2007 und schreiben damit die alten Richtwerte mit einem Datenpool aus 1992-2002 fort.

Für die Auswertung zur Verfügung standen Daten, die mit unterschiedlichen analytischen Verfahren aus drei Staubfraktionen gewonnen wurden.

- Feinstaub der Fraktion  $< 63\mu\text{m}$
- Staub aus Zwischenlagenstaubes
- Staub der Fraktion  $< 2\text{ mm}$

Um sicherzustellen, dass die Daten vergleichbare Ergebnisse liefern, wurden zunächst die Daten je Fraktion und Verfahren einzeln ausgewertet und die sich ergebenden Perzentile miteinander verglichen. Hierbei stellte sich heraus, dass die Häufigkeitsverteilungen der Fraktion  $< 63\mu\text{m}$  und des Zwischenlagenstaubes im wesentlichen übereingestimmt haben, während die Daten aus dem Staub  $< 2\text{mm}$  (ca. 500 Datensätze) zu wesentlich niedrigeren Perzentilwerten führten (Faktor 5-10). Dementsprechend wurden die Datensätze aus der Fraktion  $< 2\text{ mm}$  nicht in die Auswertung einbezogen. Referenzdaten für diese Fraktion werden im Umweltsurvey Kinder und Jugendliche des Umweltbundesamtes zur Verfügung gestellt.

Grundlage der Ableitung der neuen Orientierungswerte ist eine von der AGÖF organisierte Ringmessung einer realen Probe (Mischung aus etwa 20 belasteten Hausstäuben, Homogenisierung durch Sieben  $< 63\mu\text{m}$ ) aus dem Jahr 2004. Diese zeigt, dass beim Einsatz der von den AGÖF-Instituten eingesetzten Verfahren mit den Extraktionsmitteln

- n-Hexan bzw. Cyclohexan/Aceton-Gemisch (1:1),
- n-Hexan (100 %),
- Etylacetat/ Cyclohexan (für Pyrethroide, Phosphorsäureester und einige weitere Biozide),

unabhängig von der Extraktion (kalt über Nacht, 45 min im Ultraschallbad, Soxhlett) und Detektion mittels massenselektivem Detektor (GC/MS), Elektroneneinfang- und Flammenionisations-Detektor (GC/ECD-FID) oder Phosphor-Stickstoff-Detektor (GC/PND) bzw. der HPLC/UV-vis (PAK) und der Derivatisierung von Phenolen wie PCP mittels Acetylierung bzw. Silylierung die Abweichungen zwischen den einzelnen AGÖF-Insti-

tuten in einem Bereich (einfache Standardabweichung) von  $\pm 31\%$  liegt. Im Folgenden sind die Auszüge der Ergebnisse der AGÖF-Institute dargestellt:

**Tabelle 2: Ergebnisse der Ringmessung 2004**

Labor	1	2	3	4	7	Teilnehmer > BG	Mittelwert	Median	Standardabweichung abs.	Standardabweichung %
	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]					
Chlorpyrifos	0,3		0,32	< 0,24		2	0,31	0,31	0,01	3,2%
DDT	0,3	1,72	0,72	1,2	0,6	5	0,91	0,72	0,50	54,9%
DDD	0,2	0,37	0,21		0,1	4	0,22	0,21	0,10	44,0%
DDE	< 0,2	0,57	0,17		0,1	3	0,28	0,17	0,21	73,9%
Dichlofluanid	< 0,2		0,23	0,28		2	0,26	0,26	0,03	9,8%
gamma-HCH (Lindan)	0,4	0,48	0,54	0,56		4	0,50	0,51	0,06	12,6%
Methoxychlor	0,3		0,75	0,73		3	0,59	0,73	0,21	35,0%
Pentachlorphenol (PCP)	1,2	2,17	3,3	1,49	3,3	5	2,29	2,17	0,88	38,4%
PCSD/PCAD	4,5		4,4			2	4,45	4,45	0,05	1,1%
<b>Pyrethroide</b>										
Permethrin	14	31,3	5,5	12,5	13,7	5	15,40	13,70	8,53	55,4%
Piperonylbutoxid	2,8	7,51	< 2	4,2	3,3	4	4,45	3,75	1,84	41,2%
<b>PCBs</b>										
PCB # 52	<	0,02	0,01	< 0,01		2	0,015	0,015	0,005	33,3%
PCB # 101	0,1	0,09	0,05	0,05	< 0,1	4	0,07	0,07	0,02	31,4%
PCB # 138	0,2	0,27	0,1	0,10	0,3	5	0,19	0,20	0,08	43,0%
PCB # 153	0,2	0,26	0,1	0,10	0,2	5	0,17	0,20	0,06	36,5%
PCB # 180	0,2	0,2	0,07	0,08	0,1	5	0,13	0,10	0,06	44,6%
Summe PCB (LAGA)	3,5	4,2	1,65	1,65	3,0	5	2,80	3,00	1,01	36,2%
<b>PAKs</b>										
Naphthalin*	< 0,2	0,26	0,45	0,21	0,2	4	0,28	0,24	0,10	36,0%
Acenaphthen*	0,4	0,06	0,12	0,12	< 0,1	4	0,18	0,12	0,13	75,5%
Fluoren*	<	0,08	0,15	0,12	0,1	4	0,11	0,11	0,03	23,0%
Phenanthren*	4,7	5,17	3,3	4,9	6,2	5	4,85	4,90	0,93	19,2%
Anthracen	<	0,17	0,22	0,15	0,2	4	0,19	0,19	0,03	14,6%
Fluoranthren	2,9	2,86	2,2	3,2	3,6	5	2,95	2,90	0,46	15,6%
Pyren	2,0	1,8	1,6	1,96	2,3	5	1,93	1,96	0,23	12,1%
Benz-(a)-anthracen	1,3	1,4	1,0	1,47	1,6	5	1,36	1,44	0,20	15,0%
Chrysen	1,9	1,7	0,9	1,53	2,6	5	1,73	1,74	0,55	31,7%
Benzo-(b)-fluoranthren	2,0	1,8	0,9	2,5	2,16	5	1,87	2,00	0,54	28,7%
Benzo-(k)-fluoranthren	0,6	1,35	0,65	0,83	1	5	0,89	0,83	0,27	30,7%
Benzo-(a)-pyren	0,8	1,2	0,55	1,12	1,3	5	0,98	1,12	0,27	27,6%
Indeno-(1,2,3-cd)-pyren	0,9	1,1	0,28	1,13	0,6	5	0,79	0,90	0,31	39,6%
Dibenz-(a,h)-anthracen	0,2	0,5	0,15	0,29	< 0,1	4	0,28	0,25	0,13	46,0%
Benzo-(ghi)-perylene	1,0	0,9	0,19	1,11	0,5	5	0,75	0,93	0,35	46,5%
Summe PAK	18,7	20,6	12,7	20,6	22,4	5	19,00	20,62	3,38	17,8%
<b>Flammenschutzmittel</b>										
Tris-(butoxyethyl)-phosphat (TEBP)	66,0	80,5	58	155	84,6	5	88,82	80,50	34,46	38,8%
Tris-(n-butyl)-phosphat (TnBP)	<	0,66		0,86	0,3	3	0,61	0,66	0,23	38,2%
Tris-(2-chlorethyl)-phosphat (TCEP)	1,1	1,94	< 0,3	1,4	1,8	4	1,56	1,60	0,33	21,2%
Tris-(2-chlorisopropyl)-phosphat (TCPP)	2,0	3,5	< 0,3	2,7	2,5	4	2,67	2,60	0,53	19,7%
<b>Weichmacher</b>										
Dimethylphthalat	6,2	7,35	5,1		12,3	4	7,74	6,78	2,75	35,6%
Diethylphthalat	22	22,3	14,6		27,9	4	21,70	22,15	4,72	21,8%
Benzylbutylphthalat	28	78,9	36		59,3	4	50,55	47,65	20,00	39,6%
Dibutylphthalat	76	102	29		78,3	4	71,33	77,15	26,47	37,1%
Diisobutylphthalat	72	79,9	53			3	68,30	72,00	11,29	16,5%
Di-(2-ethylhexyl)-phthalat (DEHP)	1200	749	707		515	4	792,75	728,00	251,13	31,7%
Di-n-octylphthalat	10		6,6		6,1	3	7,57	6,60	1,73	22,9%

Bezieht man die Ergebnisse der nicht AGÖF-Institute, die alle andere Extraktions-/ Aufbereitungsverfahren angewendet haben, in die Auswertung der Ringmessung mit ein, vergrößert sich die Standardabweichung auf  $\pm 40\%$ , wobei dann ein Unterschied bis zum Faktor zehn zwischen den Einzelergebnissen und dem Mittelwert auftritt.

Insofern können die Orientierungswerte, die nur aus Daten der o.g. Verfahren gewonnen wurden, für die Beurteilung mit anderen Extraktions-/ Aufarbeitungsverfahren gewonnenen Ergebnissen nicht oder nur eingeschränkt herangezogen werden.

## Orientierungswerte

Im Folgenden werden die statistisch abgeleiteten Perzentile dargestellt. Werte kleiner der Bestimmungsgrenze wurden dabei gemäß der Bestimmungsgrenze der einzelnen Verfahren einsortiert. In der Tabelle werden die Zahl der zugrundeliegenden Datensätze sowie weitere Hinweise dargestellt. Aus Kapazitätsgründen konnten dabei nicht alle in der AGÖF zur Verfügung stehenden Datensätze berücksichtigt werden. Die ausgewerteten Datensätze sind jedoch als repräsentativ anzusehen. Für die Schwermetalle und einige organische Verbindungen wie Fettsäuren oder Moschusverbindungen konnte bisher keine Aktualisierung der Werte durchgeführt werden. Hier müssen mangels anderer Daten die Werte von 2004 weiterverwendet werden.

Der 50.-Perzentil stellt gemäß AGÖF-Konvention den Normalwert, der 90. Perzentil den Auffälligkeitswert da. Liegen Normalwert und Auffälligkeitswert in gleicher Höhe unterhalb der Nachweisgrenze, wird kein Wert für den Normalwert angegeben. Zur weiteren Information über Hintergrund- und Spitzenbelastung sind weitere Perzentile dargestellt. In der Spalte „Hinweise“ werden Informationen bezüglich rechtlicher oder toxikologischer Einstufungen gegeben, die aber keinen Anspruch auf Vollständigkeit haben. Dabei werden zunächst die Einstufungen (Carc.Cat., Muta.Cat, Repr.Cat.) gemäß EU dargestellt. Andere Einstufungen in TRGS 905 werden erwähnt.

**Tabelle 3: Vorschlag für die AGÖF-Orientierungswerte 2007**

Perzentil			10%		25%		Normal		Auffällig		Hinweise
Bezeichnung	CAS	Anzahl	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	50%	90%	95%		
Aldrin	309-00-2	698	<0,2	<0,2				<0,2	<0,2	POP (Stockholmer Konvention)*, Carc.Cat.3	
Bendiocarb	22781-23-3	684	<0,3	<0,3				<0,3	<0,3		
Bromophos	2104-96-3	1356	<0,1	<0,1				<0,2	<0,2		
Carbaryl	63-25-2	684	<0,5	<0,5				<0,5	<0,5	Carc.Cat.3	
Chlordan	57-74-9	755	<0,2	<0,2				<0,2	<0,2	POP (Stockholmer Konvention)*, Carc.Cat.3	
p-Chlor-m-kresol	59-50-7	1006	<0,2	<0,2	<0,2	0,6	0,9				
5-Chlor-2-methyl-4-isothiazolin-3-on	026172-55-4	990	<0,5	<0,5				<0,5	<0,5		
1-Chlornaphthalin	90-13-1	990	<0,2	<0,2				<0,2	<0,2		
2-Chlornaphthalin	91-58-7	990	<0,2	<0,2				<0,2	<0,2		
Chlorpyrifos	2921-88-2	1365	<0,1	<0,2	<0,2	0,4	0,87				
Chlorthalonil	1897-45-6	990	<0,3	<0,3				<0,3	<0,3	Carc.Cat.3	
p,p'-DDT	50-29-3	1374	<0,1	<0,3	<0,3	0,7	1,7			POP (Stockholmer Konvention)* Herstellungs- und in Verkehrbringungsverbot (ChemVerbotsV), Immunsuppressiv, endokrin, Carc.Cat.3	
o,p'-DDT	50-29-3	929	<	<				<0,1	0,4	Stockholmer Konvention*; Immunsuppressiv, endokrin, Carc.Cat.3	
p,p'-DDE	72-55-9	1374	<0,1	0,11				<0,2	0,3	Immunsuppressiv, endokrin	
p,p'-DDD	72-54-8	1068	<0,1	<0,1				<0,2	0,3	Immunsuppressiv, endokrin	
Diazinon	333-41-5	1356	<0,2	<0,2	<0,2			<0,5	<0,5		
Dicofol	115-32-2	684	<0,2	<0,2				<0,2	<0,2		
Dichlofluamid	1085-98-9	1368	<0,1	<0,1				<0,3	<0,3		
p-Dichlorbenzol	106-46-7	684	<0,2	<0,2				<0,2	<0,2	Carc.Cat.3	
Dichlorphos/Naled	62-73-7	984	<0,3	<0,3				<0,3	<0,3		
Dieldrin	60-57-1	1361	<0,1	<0,1				<0,2	<0,2	POP (Stockholmer Konvention)*, Gefahrenwert für Kleinkinder 0,2 mg/kg**, Carc.Cat.3	
a-Endosulfan	959-98-8	990	<0,3	<0,3				<0,3	<0,3		
b-Endosulfan	33213-65-9	990	<0,4	<0,4				<0,4	<0,4		
Endrin	72-20-8	1054	<0,1	<0,1				<0,3	<0,3	POP (Stockholmer Konvention)*	
Eulan (PCSD/PCAD)		1362	<0,5	<0,5	<0,5	3,6	11				
Fenobucarb	3766-81-2	990	<0,2	<0,2				<0,2	<0,2		

Perzentil			10%	25%	Normal	Auffällig	95%	Hinweise
Bezeichnung	CAS	Anzahl			50%	90%		
Furmecyclo	60568-05-0	1005	<0,4	<0,4		<0,4	<0,4	
Heptachlor	76-44-8	1054	<0,1	<0,1		<0,2	<0,2	POP (Stockholmer Konvention)*
Heptachlorepoxyd	1024-57-3	698	<0,3	<0,3		<0,3	<0,3	POP (Stockholmer Konvention)*
Hexachlorbenzol	118-74-1	1360	<0,1	<0,1		<0,2	<0,2	Carc.Cat.2
Lindan (g-HCH)	58-89-9	1372	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	0,7	TRGS 905 K3
a-HCH	319-84-6	684	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1	Carc.Cat.3
b-HCH	319-85-7	1054	<0,1	<0,1		<0,2	<0,2	Carc.Cat.3
d-HCH	319-86-8	915	<	<	<	<0,1	<0,1	
Malathion	121-75-5	1050	<0,3	<0,3	<0,3	<0,5	<0,5	
Methoxychlor	72-43-5	1370	<0,2	<0,3	<0,3	0,85	2,9	
2-Octyl-2H-isothiazol-3-on	26530-20-1	990	<0,5	<0,5		<0,5	<0,5	
Omethoat	1113-02-6	559	<	<		<0,2	<	
Parathion-ethyl (E605)	56-38-2	1004	<	<		<0,2	<	
Pentachlorphenol	87-86-5	1371	<0,1	<0,2	<0,2	1,5	3,2	< 1 mg/kg; Unbelastet nach PCP - Richtlinie, Carc.Cat.3, TRGS 905 K2
Phosmet	732-11-6	545	<	<		<0,2	<	
Phoxim	14816-18-3	545	<	<		<0,2	<	
Piperonylbutoxid (PBO)	51-03-6	990	<0,2	<0,2	<0,2	0,8	2,2	Synergist für Pyrethroide
Pirimiphos-methyl	29232-93-7	545	<	<	<	<	<	
Propiconazol	60207-90-1	990	<0,3	<0,3		<0,3	<0,3	
Propoxur	114-26-1	990	<0,2	<0,2		<0,2	<0,2	
Tebuconazol	107534-96-3	990	<0,4	<0,4		<0,4	<0,4	Repr.Cat.3
Tetrachlorvinphos	22248-79-9	684	<0,2	<0,2		<0,2	<0,2	
Tolyfluanid	731-27-1	990	<0,3	<0,3		<0,3	<0,3	
Allethrin	584-79-2	1358	<0,3	<0,3	<0,3	<0,5	<0,5	Immunsuppressiv mit PBO
Bioresmethrin	28434-01-7	1052	<0,3	<0,3	<0,3	<0,5	<0,5	
Cyfluthrin	68359-37-5	1358	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	Immunsuppressiv mit PBO
Cyhalothrin	68085-85-8	559	<	<		<0,5	<	
Cypermethrin	52315-07-8	1358	<0,5	<0,5		<0,6	<0,6	Immunsuppressiv mit PBO
Deltamethrin	52918-63-5	1358	<0,5	<0,5		<0,5	<0,5	Immunsuppressiv mit PBO
Fenvalerat	51630-58-1	1358	<0,5	<0,5		<0,5	<0,5	Immunsuppressiv mit PBO
Permethrin	52645-53-1	1371	<0,3	<0,3	<0,5	6	21	Immunsuppressiv mit PBO
Phenothrin	26002-80-2	1004	<0,3	<0,3		<0,3	<0,3	Immunsuppressiv mit PBO
Pyrethrin (Summe I + II)	121-21-1 (I) 121-29-9 (II)	1004	<1	<1		<1	<1	Immunsuppressiv mit PBO ; Allergen
Tetramethrin	7696-12-0	1359	<0,3	<0,3	<0,3	<0,5	<0,5	
Summe Pyrethroide		990	<	<	<	9,9	31	
PCB Nr. 28	7012-37-5	1257	<0,01	<0,1		<0,1	<0,1	Stockholmer Konvention* ; ChemVerbotsV
PCB Nr. 52	35693-99-3	1256	<0,01	<0,1		<0,1	<0,1	Stockholmer Konvention* ; ChemVerbotsV
PCB Nr. 101	37680-73-2	1259	<0,01	<0,1	<0,1	0,1	0,3	Stockholmer Konvention* ; ChemVerbotsV
PCB Nr. 138	35065-28-2	1259	<0,01	<0,1	<0,1	0,3	0,7	Stockholmer Konvention* ; ChemVerbotsV
PCB Nr. 153	74472-44-9	1259	<0,01	<0,1	<0,1	0,3	0,67	Stockholmer Konvention* ; ChemVerbotsV
PCB Nr. 180	35065-29-3	1258	<0,01	<0,1	<0,1	0,2	0,5	Stockholmer Konvention* ; ChemVerbotsV
Summe PCB nach LAGA		1260	<	<	<	4,5	12,5	Herstellungs- und in Verkehrbringungsverbot (ChemVerbotsV) Grenzwert 50 mg/kg
Naphthalin	91-20-3	990	<0,2	<0,2		<0,2	<0,2	Carc.Cat.3
Acenaphthylen	208-96-8	990	<0,2	<0,2		<0,2	<0,2	
Acenaphthen	83-32-9	990	<0,2	<0,2		<0,2	<0,2	
Fluoren	86-73-7	990	<0,2	<0,2		<0,2	<0,2	
Phenanthren	85-01-8	990	<0,2	<0,2	0,3	1,7	3,9	
Anthracen	120-12-7	990	<0,2	<0,2		<0,2	0,3	
Fluoranthren	206-44-0	990	<0,2	<0,2	0,2	1,5	3,6	
Pyren	129-00-0	990	<0,2	<0,2	0,2	1,1	2,2	
Benz(a)anthracen	56-55-3	990	<0,2	<0,2	<0,2	0,4	0,9	Carc.Cat.2
Chrysen	218-01-9	990	<0,2	<0,2	<0,2	0,6	1,3	Carc.Cat.2 , Muta.Cat.3
Benzo(b)fluoranthren	205-99-2	990	<0,2	<0,2	<0,2	0,8	1,8	Carc.Cat.2
Benzo(k)fluoranthren	207-08-9	990	<0,2	<0,2	<0,2	0,3	0,6	Carc.Cat.2
Benzo(a)pyren	50-32-8	1240	<0,1	<0,2	<0,2	0,3	0,6	50 mg/kg, Grenzwert für Einstufung als krebserregender Arbeitsstoff (TRGS 905) , Carc.Cat.2 , Muta.Cat.2, Repr.Cat.2
Indeno(123cd)pyren	193-39-5	990	<0,2	<0,2	<0,2	0,3	0,6	
Dibenz(ah)anthracen	53-70-3	990	<0,2	<0,2		<0,2	0,2	Carc.Cat.2
Benzo(ghi)perylen	191-24-2	990	<0,2	<0,2	<0,2	0,4	0,9	

Perzentil			10%	25%	Normal	Auffällig	95%	Hinweise
Bezeichnung	CAS	Anzahl			50%	90%		
Summe PAK nach EPA		1028	<	<	0,7	7,4	19,3	
Tris(2-chlorethyl)phosphat	115-96-8	1208	<0,1	<0,5	<0,5	3,4	8	Karzinogen , Carc.Cat.3 , TRGS 905: K2
Tris-chlorpropyl-phosphat	13674-84-5	1175	<0,1	<0,5	1,2	8,1	16	
Tris-2,3-dichlor(iso)propyl-phosphat	13674-87-8	1200	<0,1	<0,5	<0,5	0,7	1,7	
Tri-ethyl-phosphat	78-40-0	545	<	<		<0,2	<	
Tri-butyl-phosphat	126-73-8	990	<0,5	<0,5	<0,5	0,9	1,3	Carc.Cat.3
Tris(2-ethylhexyl)phosphat	78-42-2	990	<0,5	<0,5		<0,5	0,7	Herstellungs- und In-Verkehrbringungsverbot (ChemVerbotsV)
Tris(2-butoxyethyl)phosphat	78-51-3	1218	0,18	0,9	3,7	73	205	
Tri-phenyl-phosphat	115-86-6	684	<0,5	<0,5	0,7	3,3	7,1	
Dimethylphthalat	131-11-3	942	<2	<2	<2	<5	<5	Reizstoff
Diethylphthalat	84-66-2	942	<2	2,5	<5	79	170	
Dibutylphthalat	84-74-2	952	8,8	19	41	240	389	Repr.Cat.2 , Repr.Cat.3
Diisobutylphthalat	84-69-5	954	<5	12	31	300	460	
Benzylbutylphthalat	85-68-7	947	2,9	<5	12	150	310	Repr.Cat.2 , Repr.Cat.3
Dioctylphthalat	117-84-0	752	<2	<2	<2	5,3	13	
Di(2-ethylhexyl)phthalat	117-81-7	960	100	210	(430)***	(2320)***	3500	Repr.Cat.2, hormonell wirksam; Richtwerte für am Boden spielende Kleinkinder: 250 mg/kg (B.A.U.C.H. 1991) , 100 mg/Kg (IFAU 2004)
Diisononylphthalat	28553-12-0	755	<10	22	62	380	750	
Methylmercapto)benzothiazol	615-22-5	990	<0,3	<0,3		<0,3	0,5	
Nikotin	54-11-5	990	<0,5	<0,5	2	50	100	
Phthalsäureanhydrid	85-44-9	1025	1,2	2,6	5,9	35	52	

\* Als POP ("persistent organic pollutants") werden organische Chemikalien bezeichnet, die ein bestimmtes Profil an Umwelteigenschaften aufweisen:  
 langsame Abbaubarkeit in der Umwelt  
 Anreicherung im Körper vom Menschen, Tieren und Pflanzen  
 toxische oder ökotoxische Wirksamkeit  
 Potential zum weiträumigen Transport  
 Das Stockholmer Übereinkommen ist es ein globales Abkommen zur Beendigung oder Einschränkung der Produktion, Verwendung und Freisetzung von POPs und trat am 17. Mai 2004 in Kraft.  
 ( vgl. <http://www.umweltbundesamt.de/chemikalien/pops.htm>)

\*\* gemäß Staubaufnahmepmodell für Kleinkinder gemäß Bundesgesundheitsblatt 1-99, S. 88, Bekanntmachungen des WaBoLu des Umweltbundesamtes: „DDT in Housings“

\*\*\* siehe Anmerkung 6

## Anmerkungen

Der Vergleich der Orientierungswerte 2004 und 2007 ergibt keine wesentlichen Unterschiede. Es können jedoch Tendenzen festgestellt werden:

- Das streng statistische Verfahren führt zu einer vermehrten Zahl von Orientierungswerten unterhalb der Bestimmungsgrenze. Für die Werte 2004 wurden Subgruppen von Verfahren besserer Nachweisgrenzen gebildet, so dass mehr Werte für Normal- und Auffälligkeitwerte oberhalb der Bestimmungsgrenze angegeben werden konnten.
- Die Konzentration klassischer Pestizide wie Lindan, DDT und Methoxychlor nimmt zwischen 2004 und 2007 deutlich ab. Bezüglich DDT könnte dies aber an einer Unterrepräsentierung der neuen Bundesländer liegen.
- Die Konzentration von Polychlorierten Biphenylen (PCB) nimmt ebenfalls ab, während der Konzentrationen an PAK durchschnittlich gleich bleiben.
- Die Konzentration von Permethrin bleibt nahezu konstant.
- Im Bereich der Tris-Phosphate gibt es eine deutliche Tendenz des Ersatzes des als mittlerweile als krebserregend eingestuftes Flammenschutzmittel und Weich-

machers Tris(2-chlorethyl)phosphat (TCEP) (deutlich abnehmende Konzentration) zum weniger umfassend untersuchten Tris(monochlorpropyl)phosphat (TCPP) mit deutlich zunehmender Konzentration. Auch die Konzentration des hauptsächlich als Rutschhemmer/Glanzstoff in Pflegeversiegelungen von glatten Bodenbelägen, aber auch als Weichmacher für manche für einige Synthese-Kautschuktypen eingesetzten Tris(2-butoxyethyl)phosphat (TBEP) ist weiter angestiegen, während die Konzentration von Tri-butyl-phosphat deutlich gesunken ist.

- Bei den Phthalaten sind insbesondere DEHP und die Diisononylphthalate zu beachten. Während für letzteres aufgrund ihres zunehmenden Einsatzes als Ersatz für das in Verruf geratene DEHP zum ersten Mal Orientierungswerte erstellt wurden, hat auch die Konzentration von DEHP zugenommen. Für DEHP liegen die Staubgehalte erheblich oberhalb der toxikologisch für Kleinkinder abgeleiteten Richtwerte.
- Insbesondere bei DEHP liegt eine sehr große Abhängigkeit der Staubkonzentrationen von der Extraktionsmethode vor, da unterschiedliche Extraktionsmethoden im Staub vorhandene PVC-Partikel unterschiedlich berücksichtigen, was die Variationen des Extraktionsmittels in von PVC-Böden abgesaugten Stäuben zeigt. Insbesondere die Lösemittelgemische, die Aceton enthalten, berücksichtigen auch das im PVC-Abrieb enthaltene DEHP, während andere Verfahren aus dem Hausstaub nur das sekundär absorbierte DEHP berücksichtigen. Da der in der AGÖF-Ringmessung eingesetzte Mischstaub nur zum geringen Teil von PVC-Böden stammt und damit überwiegend sekundär gebundenes DEHP enthält, kann die hier festgestellte, relativ geringe Standardabweichung eine falsche Sicherheit in Bezug auf die Analytik von Staub von PVC-Böden vor-täuschen. Dies sollte bei der Heranziehung der o.g. Normal- und Auffälligkeitwerte berücksichtigt werden, weshalb diese eingeklammert dargestellt werden.

## Literatur:

ALAB 2004: Hott et. al.: Konzentrationsänderungen von VOC in Innenräumen im Zeitraum von 1989 – 2003 - Konsequenzen für statistisch basierte Bewertungsmodelle in Umwelt, Gebäude & Gesundheit- Innenraumhygiene , Raumluftqualität und Raumklima, Hrsg. Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF), Springe-Eldagsen 2004.

AGÖF 2004: AGÖF-Orientierungswerte für Inhaltsstoffe von Raumluft und Hausstaub, in Umwelt, Gebäude & Gesundheit- Innenraumhygiene , Raumluftqualität und Raumklima, Hrsg. Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF), Springe-Eldagsen 2004.

AnBUS (1998): Pöhner A, Simrock S, Thumulla J, Weber S, Wirkner T: Hintergrundbelastung des Hausstaubes von Privathaushalten mit mittel- und schwerflüchtigen organischen Schadstoffen. AnBUS e.V., Zusammenfassungen in Zeitschrift für Umweltmedizin 6 (1998) 337-45 und in Diel F; Feist W; Krieg HU, Linden, W (Hrsg.): Ökologisches Bauen und Sanieren. C.F. Müller (Heidelberg 1998) 122-7

AnBUS (2002): Forschungsprojekt zur Reproduzierbarkeit von Hausstaubuntersuchungen, bisher nicht veröffentlicht

ARGUK (2005): W. Maraun , AGÖF-Orientierungswerte für den Hausstaub, in Qualitätsziele für die Raumluft –Innenraumstandards, Dokumentation des Fachkolloquiums



der AGÖF am 13. Januar 2005 in Bremen, Hrsg.: Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) Springer 2006

B.A.U.C.H. (1991): Analyse und Bewertung der in Raumluft und Hausstaub vorhandenen Konzentrationen der Weichmacherbestandteile Diethylhexylphthalat (DEHP) und Dibutylphthalat (DBP); Berlin 1991 sowie Forschungs- und Beratungsinstitut Gefahrstoffe (FoBiG): Humantoxikologische Bewertung von Di-2-(ethyl)-phthalat (DEHP) und Di-n-butylphthalat (DBP) - Ableitung von Orientierungswerten; Freiburg 1991

Kersten 2002: Kersten W, Reich T: Schwer flüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben. Gefahrstoffe - Reinhalt. Luft 63 (2002) 85-91

IFAU (2004): M. Binder und H. Obenland: Literaturstudie zum Vorkommen und zur Expositions- und Risikoabschätzung von Di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) im Innenraum, Juli 2004, <http://www.ifau.org/download/IfAU-%20DEHP-2004.pdf>

Walker 1999: Walker G, Hostrup O, Hoffmann W, Butte W: Biozide im Hausstaub: Ergebnisse eines repräsentativen Monitorings in Innenräumen. Gefahrstoffe - Reinhalt. Luft 59 (1999) 33-41