

Umweltbericht: 61/2002
**Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien
in Hamburger Hausstäuben**

ISSN 0179-8510

Inhaltsverzeichnis

| | Seite |
|---|-------|
| Inhaltsverzeichnis..... | 2 |
| Zusammenfassung..... | 4 |
| 1. Einleitung..... | 8 |
| 1.1 Veranlassung..... | 9 |
| 1.1.1 Ziele..... | 9 |
| 1.2.1 Definitionen..... | 10 |
| 1.3.1 Innenräume..... | 10 |
| 1.3.2 Hausstaub..... | 10 |
| 2. Messmethoden..... | 11 |
| 2.1 Probenahme und Vorbehandlung von Hausstaub..... | 11 |
| 2.1.1 Hausstaub als Screeningmaterial..... | 11 |
| 2.1.2 Probenahme des Hausstaubes..... | 11 |
| 2.1.3 Vorbehandlung des Hausstaubes..... | 11 |
| 2.2 Qualitative Untersuchung von Hausstaub..... | 12 |
| 2.2.1 Übersichtsanalyse mit Schnellmethode..... | 12 |
| 2.2.2 Suche nach neuen schwerflüchtigen organischen Umweltchemikalien..... | 12 |
| 2.3 Quantitative Untersuchung von Hausstaub..... | 12 |
| 2.3.1 Probenvorbehandlung..... | 12 |
| 2.3.2 Bestimmungsmethoden für Biozide, Phthalsäureester, Chlorparaffine..... und organische Phosphorsäureester | 12 |
| 2.3.3 Bestimmungsmethode für Organozinnverbindungen..... | 13 |
| 3. Ergebnisse..... | 14 |
| 3.1 Qualitative Untersuchung von Hausstaub..... | 14 |
| 3.2 Suche nach neuen schwerflüchtigen organischen Umweltchemikalien..... | 14 |
| 3.2.1 Allgemeine Probleme bei der Suche..... | 14 |
| 3.2.2 Suche mittels Massenspektrometrie mit Elektronenstoß-Ionisation (EI)..... | 15 |
| 3.2.3 Suche mittels Massenspektrometrie mit Chemischer Ionisation (CI)..... | 15 |
| 3.2.4 Suche mittels Atomemissionsdetektor (AED)..... | 16 |
| 3.3 Quantitative Bestimmung im Hausstaub..... | 16 |
| 3.3.1 Stoffauswahl..... | 16 |
| 3.3.2 Ergebnisse der quantitativen Bestimmungen..... | 19 |
| 3.3.2.1 Kenngrößen..... | 19 |
| 3.3.2.1.1 Phthalate und Chlorparaffine..... | 20 |
| 3.3.2.1.2 Organophosphate..... | 22 |
| 3.3.2.1.3 Biozide..... | 23 |
| 3.3.2.1.4 Organozinn-Verbindungen..... | 23 |
| 3.3.2.1.5 Benzo(a)pyren..... | 24 |
| 4. Bewertung..... | 25 |
| 4.1 Grenzen der toxikologischen Bewertbarkeit..... | 25 |
| 4.2 Vorläufige Referenzwerte..... | 25 |

| | Seite | |
|-----------|---|-----|
| 4.3 | Besonders wichtige Umweltchemikalien im Hausstaub..... | 26 |
| 4.3.1 | Phthalate..... | 26 |
| 4.3.1.1 | Phthalat-Aufnahme von Kleinkindern..... | 27 |
| 4.3.1.1.1 | Phthalat-Aufnahme von Kleinkindern aus Hausstaub..... | 27 |
| 4.3.1.1.2 | Phthalat-Aufnahme von Kleinkindern aus Weich-PVC-Spielzeug..... | 28 |
| 4.3.2 | Kurzkettige Chlorparaffine..... | 29 |
| 4.3.3 | Tris(2-chlorethyl)phosphat (TCEP)..... | 30 |
| 4.3.4 | Permethrin..... | 31 |
| 5. | Zuordnung von Umweltchemikalien zu bestimmten Produkten..... | 32 |
| 5.1 | Weichmacher, Flammschutzmittel, Stabilisatoren..... in großflächigen Produkten | 32 |
| 5.2 | Biozide in großflächigen Produkten und Anwendungen bei Haustieren..... | 33 |
| 5.3 | Benzo(a)pyren aus möglichen Emissionsquellen..... | 35 |
| 6. | Vorkommen, Verwendung und Vergleich mit anderen Untersuchungen..... | 36 |
| 6.1 | Biozide..... | 36 |
| 6.1.1 | Biozide (Staubfraktion < 63 µm)..... | 36 |
| 6.1.1.1 | Alte Biozide..... | 36 |
| 6.1.1.2 | Neuere Biozide..... | 37 |
| 6.1.2 | Biozide (Staubfraktion < 2 mm, bzw. Gesamtstaub)..... | 38 |
| 6.2 | Weichmacher..... | 38 |
| 6.3 | Organophosphate..... | 39 |
| 6.4 | Benzo(a)pyren..... | 39 |
| 6.5 | Chlorparaffine und Organozinn-Verbindungen..... | 40 |
| 6.5.1 | Chlorparaffine..... | 40 |
| 6.5.2 | Organozinn-Verbindungen..... | 40 |
| 7. | Produkt- und Chemikalienpolitik..... | 42 |
| 7.1 | Qualitätsziele für Hamburger Innenräume..... | 42 |
| 7.1.1 | Phthalate..... | 43 |
| 7.1.2 | Chlorparaffine..... | 43 |
| 7.1.3 | Organophosphate..... | 44 |
| 7.1.4 | Organozinn-Verbindungen..... | 44 |
| 7.1.5 | Biozide..... | 44 |
| 7.1.6 | Benzo(a)pyren..... | 44 |
| 8. | Literatur..... | 45 |
| 9. | Anhang..... | 52 |
| 9.1 | Tabellen..... | 52 |
| 9.2 | Abbildungen..... | 76 |
| 9.3 | Methoden..... | 121 |
| 9.4 | Abkürzungen..... | 124 |

Zusammenfassung

In den Jahren 1998 bis 2000 wurde bei der Hamburger Umweltbehörde das Projekt „Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Innenräumen“ durchgeführt. Dieses Projekt ist Bestandteil eines längerfristigen Konzeptes, das an nachhaltiger umweltgerechter Entwicklung orientiert ist und Anfang März 2001 als „Kursbuch Umwelt, Ziele für ein zukunftsfähiges Hamburg“ der Öffentlichkeit vorgestellt worden ist.

Am Beispiel von 65 Privatwohnungen sollten Erkenntnisse über das Vorkommen von schwerflüchtigen organischen Umweltchemikalien in Innenräumen gewonnen werden. Im Vordergrund des Interesses standen dabei Biozide, Weichmacher, Flammenschutzmittel, Stabilisatoren, Ruß-, Teer- und Bitumenbestandteile, die in vielen Produkten des täglichen Bedarfs und in Bauprodukten anzutreffen sind. Sammelmedium war Hausstaub, der sich als Passivsammler für schwerflüchtige Komponenten in Innenräumen bewährt hat. Interessierte Mitarbeiter(innen) der Umweltbehörde und deren Bekanntenkreis aus Hamburg und Umgebung stellten ihre vollen Staubsaugerbeutel zur Verfügung. Bei den Wohnungen der Mitarbeiter(innen) handelte es sich nicht um Beschwerde- oder Schadensfälle. Nähere Angaben zur Wohnung lieferte ein Fragebogen, der in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 4300 Blatt 1 und 8 erstellt worden ist.

Planung und Koordinierung des Projektes sowie Voruntersuchungen wurden von der Umweltbehörde durchgeführt. Quantitative Bestimmungen sind an private Messinstitute vergeben worden. Vor der Vergabe wurden die inhomogenen Gesamtstäube gesiebt. Zur Analyse wurde die $< 63 \mu\text{m}$ Staubfraktion ausgewählt. Diese Staubfraktion war genügend homogen, um reproduzierbare Ergebnisse zu ermöglichen.

Für 58 schwerflüchtige Umweltchemikalien wurde in den Hausstäuben der 65 Hamburger Wohnungen eine Bestandsaufnahme durchgeführt.

Erstmalig wurden dabei Chlorparaffine und Organozinn-Verbindungen im Hausstaub gemessen. Während die Chlorparaffine deutlich zur Belastung der Hausstäube beitragen, sind die Belastungen durch Organozinn-Verbindungen als eher gering einzuschätzen.

Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) kommt unter den 58 schwerflüchtige Umweltchemikalien besondere Bedeutung zu. DEHP war in fast allen Hausstäuben die Hauptkomponente. Die Stoffgruppe der Phthalate wies insgesamt die höchsten Gehalte auf. Neben den Phthalaten trugen hauptsächlich die Chlorparaffine und das Biozid Permethrin zur Belastung bei. Es folgten Organophosphate, weitere Biozide, Organozinn-Verbindungen und Benzo(a)pyren.

Eine Bewertung der Einzelstoffe erfolgte an Hand von 95 % Perzentilen, die aus den jeweiligen Häufigkeitsverteilungen erhalten wurden. Ein 95 % Perzentil besagt, dass 95 % der Hausstäube einen geringeren oder höchstens gleich hohen Stoffgehalt aufweisen als es dem 95 % Perzentil entspricht. Üblicherweise dienen 95 % Perzentile als umwelthygienische Referenzwerte. Wegen der kleinen Kollektivstärke von 65 Hausstäuben und der für Hamburg nicht repräsentativen Auswahl an Wohnungen haben die hier ermittelten Referenzwerte noch vorläufigen Charakter. Zu den Stoffen, denen auf Grund ihrer hohen Gehalte oder/und ihrer toxischen Wirkungen besondere Bedeutung zukommt, gehören DEHP mit einem vorläufigen Referenzwert von 1600 mg/kg Hausstaub, Dibutylphthalat mit 180 mg/kg Hausstaub, kurzkettige Chlorparaffine mit 180 mg/kg Hausstaub, Permethrin mit 110 mg/kg Hausstaub, Monobutylzinn mit 8,7 mg/kg Hausstaub, Tris(2-chlorethyl)phosphat (TCEP) mit 6,2 mg/kg Hausstaub und Benzo(a)pyren mit 1,1 mg/kg Hausstaub. Stoffgehalte bis zu diesen hier aufgeführ-

ten Referenzwerten repräsentieren vorläufig das übliche Vorkommen in Hausstäuben aus Hamburger Privatwohnungen. Stoffgehalte oberhalb des ermittelten Referenzwertes wurden als erhöht und oberhalb des zweifachen Referenzwertes als deutlich erhöht eingestuft.

Bekannt ist, dass die Hauptkomponenten im Hausstaub Phthalate und Chlorparaffine mit über 90 % bzw. rund 30 % hauptsächlich für PVC-Produkte Verwendung finden. Die EG hat 1999 Kleinkinder-Spielzeug aus Weich-PVC verboten, weil die duldbaren täglichen Dosen für DEHP und Diisononylphthalat überschritten waren. Kleinkinder sind auch in besonderem Maße von möglichen gesundheitlichen Gefahren betroffen, die von Umweltchemikalien im Hausstaub ausgehen. Kleinkinder spielen in der Regel auf dem Boden und können dabei vor allem durch Hand-Mund-Kontakt kontaminierten Hausstaub aufnehmen. Eine Abschätzung hierfür unter Annahme mittlerer Bedingungen ergab einen Anteil von 1 % der duldbaren täglichen DEHP-Belastung für Kleinkinder. Bei Annahme ungünstiger Bedingungen wurde dagegen ein Anteil von 230 % erhalten, d.h. die duldbare tägliche DEHP-Aufnahme für Kleinkinder kann bis zum Faktor 2,3 überschritten werden.

Unberücksichtigt bleibt bei dieser Abschätzung die inzwischen erfolgte Neubewertung von DEHP, Dibutylphthalat und Phthalatgemischen mit verzweigten und linearen C7-C11-Alkylgruppen.

Umweltchemikalien, die als krebserzeugend, erbgutverändernd oder fortpflanzungsgefährdend bewertet werden, verdienen besondere Beachtung. DEHP ist seit März 2001 in der TRGS 905 als fruchtschädigend und die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigend eingestuft worden. Als fortpflanzungsgefährdend werden auch seit September 2001 das Dibutylphthalat und ab Mai 2002 Phthalatgemische mit verzweigten und linearen C7-C11-Alkylgruppen bewertet. Bei kurzkettigen Chlorparaffinen ist eine krebserzeugende Wirkung möglich. Tris(2-chlorethyl)phosphat kann krebserzeugend wirken und die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigen. Diese Stoffe unterliegen bisher noch keinem Verbot. Für kurzkettige Chlorparaffine ist im Mai 2002 eine EG-Richtlinie beschlossen worden, die ein Verwendungsverbot in der Metallver- und Metallbearbeitung und beim Fetten von Leder für Produkte vorsieht, die kurzkettige Chlorparaffine mit einem Gehalt von über 1 % enthalten. Für die verbleibenden Anwendungen z.B. als Flammschutzmittel und Weichmacher ist eine Prüfung der Gesundheits- und Umweltrisiken bis 1. Januar 2003 vorgesehen. Kurzkettige Chlorparaffine und Tris(2-chlorethyl)phosphat werden in Deutschland nicht mehr produziert, aber der Import ist noch möglich. Bei zukünftig herzustellenden Produkten sollte durch freiwilligen Verzicht oder Verbot insbesondere der Einsatz dieser Umweltchemikalien vermieden werden.

Nur für die wenigsten Umweltchemikalien liegen Vergleichsergebnisse vor. Die Vergleichsmöglichkeiten werden weiterhin dadurch eingeschränkt, dass nicht in jedem Falle mit der < 63 µm Staubfraktion gearbeitet wurde. Bei Studien aus Niedersachsen von 1997 und Schleswig-Holstein von 1995/96 wurden für alte Biozide wie z.B. DDT, Methoxychlor, Pentachlorphenol und Lindan um den Faktor 2 – 4 höhere 95 % Percentile gefunden als in Hamburger Hausstäuben. Umgekehrt verhielt es sich bei neueren Bioziden wie z.B. Permethrin, Chlorpyrifos und Propoxur. In diesem Falle lagen die Hamburger 95 % Percentile um den Faktor 2 – 4 höher. Bei Phthalaten lagen die 95 % Percentile einer Niedersachsen/Schleswig-Holstein-Studie von 1998/99 um den Faktor 1,3 – 1,7 höher. In den Hausstäuben aus Hamburg und Norddeutschland (1997) zeigten sich deutlich häufiger Rückstände von chlorierten Organophosphaten und Benzo(a)pyren als in Hausstäuben aus Süddeutschland (1997).

In Verbindung mit den Informationen aus den Fragebögen wurde eine Methode entwickelt, die auch bei kleinem Kollektivumfang ($n \geq 5$) bereits Aussagen über vermutlich emittierende

Produkte ermöglicht. Verglichen wurden die 75 % Perzentile von Ergebnissen aus Wohnungen, die ein in Verdacht stehendes Produkt enthalten, mit 75 % Perzentilen von solchen, die dieses Produkt nicht enthalten. Die jeweiligen 75 % Perzentile bildeten den Zähler und Nenner eines Quotienten, der als Auswahlkriterium diente. Angewandt wurde der Perzentil-Quotient zunächst auf großflächige Produkte, für die Informationen aus den Fragebögen vorlagen.

Für das Biozid Permethrin wurden Teppichböden mit Wollflor als mögliche Hauptquelle erkannt. Der gelegentliche Einsatz von Permethrin in Präparaten zur Parasitenbekämpfung bei Hunden oder Katzen besaß dagegen nur untergeordnete Bedeutung.

Bemerkenswert ist, dass Methoxychlor, zusammen mit DDT ein Biozid der ersten Generation, nach Permethrin, wenn auch mit deutlichem Abstand, die höchsten Gehalte unter den Bioziden im Hausstaub aufweist. Eine entsprechende Reihenfolge der Gehalte wurde auch bei Untersuchungen in anderen Bundesländern festgestellt. Die Auswertung ergab Hinweise, dass Methoxychlor neben DDT als Holzschutzmittel bei Holzdielenböden eingesetzt worden ist. Ferner wies ein erhöhter Perzentil-Quotient auf Insektizidbehandlung bei Hunden hin. Die Ergebnisse zeigen, dass Propoxur hauptsächlich z.B. im Flohhalsband bei Hunden Anwendung findet, während Chlorpyrifos vornehmlich zur Parasitenbekämpfung bei Katzen eingesetzt wird.

Für das bereits seit 1972 in Westdeutschland verbotene persistente Biozid DDT wurden ebenfalls Holzdielen-Böden als mögliche emittierende Quelle erkannt. Welche Auswirkungen verschiedene Arten der Oberflächenbehandlung auf die DDT-Emissionen haben, konnte ebenfalls mit dem Perzentil-Quotienten gezeigt werden.

Für das 1989 verbotene Holzschutzmittel Pentachlorphenol ergab sich kein erhöhter Perzentil-Quotient. Offensichtlich sind die Hauptquellen nicht unter den großflächigen Produkten zu finden. Lindan besitzt im untersuchten Hausstaub aus Hamburger Wohnungen nur eine untergeordnete Bedeutung.

Für die Organozinn-Verbindungen Monobutylzinn (MBT) und Dibutylzinn (DBT) weist ein erhöhter Perzentil-Quotient auf PVC-Bodenbeläge als Quelle hin, welche die Organozinn-Verbindungen als Stabilisatoren gegen thermische Beanspruchung oder/und als UV-Schutz enthalten.

Bei den Phthalaten, Chlorparaffinen und Organophosphaten zeigte es sich, dass die Informationen aus den Fragebögen, die sich auf großflächige Produkte beschränkte, für eine Zuordnung zu bestimmten Produkten, noch nicht ausreichend waren. Insbesondere für Phthalate ist zu vermuten, dass in großer Häufigkeit auftretende kleinflächige Produkte wie z. B. Ummantelung von Elektrokabeln u.ä. zur Emission der Stoffe beitragen.

Die Einhaltung von längerfristig angestrebten umweltpolitischen Zielwerten von < 1 mg/kg bzw. < 10 mg/kg, wie sie im „Kursbuch Umwelt, Ziele für ein zukunftsfähiges Hamburg“ vorgegeben sind, wurde geprüft. Mit der angestrebten Einhaltung dieser umweltpolitischen Zielwerte soll ein Anreiz für den vermehrten Bedarf und die Produktion von emissionsärmeren Produkten geschaffen werden. Die umweltpolitischen Zielwerte sind nicht toxikologisch begründet.

Der Zielwert von < 10 mg/kg wurde für DEHP und Dibutylphthalat bei keinem der 65 Hausstäube eingehalten. Bei weiteren Phthalaten und den Chlorparaffinen liegt der Hausstaubge-

halt nur bei wenigen Wohnungen unterhalb von 10 mg/kg. Der Zielwert von < 1 mg/kg wird bei einigen Organophosphaten und Permethrin ebenfalls nur in wenigen Fällen erreicht. Bei Tributylzinn (TBT) wird dagegen der Zielwert von 1 mg/kg bereits jetzt in allen Hausstäuben eingehalten. Selbst bei Erniedrigung des Zieles auf < 0,1 mg/kg halten die Hausstäube aus 90 % der Wohnungen das Ziel ein.

1. Einleitung

Produkte emittieren vielfach Chemikalien, die zu einer Schädigung der menschlichen Gesundheit und der Umwelt beitragen können. Erinnerung sei an Pentachlorphenol (PCP), das bis zum Verbot 1989 als Wirkstoff u.a. in Holzschutzmitteln enthalten war. In Innenräumen ist Hausstaub ein geeigneter Indikator zur Erkennung schwerflüchtiger organischer Umweltchemikalien.

Mit dem wirtschaftlichen Aufschwung nach dem 2. Weltkrieg wurden viele mineralische und metallische Stoffe, Holz und Fasermaterialien auf natürlicher Basis verdrängt durch Kunststoffe, Verbundwerkstoffe und synthetische Hilfsmittel. Es begann eine schnelle Einführung einer ständig zunehmenden Anzahl neuer Bau- und Ausstattungsmaterialien, begleitet von einer ebenfalls rasanten Entwicklung auf dem Sektor der Konsumartikel, bei Heimwerkerprodukten, Reinigungs- und Pflegemitteln, sowie Büro- und Schreibwaren. Mit diesen Produkten gelangten zahlreiche Zusatzstoffe wie Lösemittel, Biozide, Konservierungsmittel u.a. Hilfsstoffe in die Innenräume (s. Kapitel 1.3.1), die bis dahin keinen Einfluss auf die Raumluftqualität hatten.

Unterstützend für das Entstehen erhöhter Raumluftbelastungen wirkte die Einführung verschärfter Maßnahmen der Energieeinsparung ab Mitte der 70er Jahre, die als Folge verbesserter Raumabdichtung zu einem verringerten selbständigen Luftwechsel führte.

Hinzu kommt die lange tägliche Aufenthaltsdauer in Innenräumen von bis zu 90 %. Eine an sich geringe Belastung in Innenräumen kann wegen dieser langen Aufenthaltszeiten durchaus größere Auswirkungen auf die Gesundheit der Bewohner haben. Eines besonderen Schutzes bedürfen dabei Kinder, Schwangere und ältere Menschen.

Die Kombination der genannten Einflüsse war maßgeblich dafür verantwortlich, dass es ab Mitte der 70er Jahre verstärkt zu Schadens- und Beschwerdefällen aus der Bevölkerung kam. Auch in Hamburg sind ab dieser Zeit größere Messkampagnen und Sanierungsmaßnahmen vor allem in Kindergärten und Schulen durchgeführt worden. Bekannte Problemstoffe aus dieser Zeit sind:

- ab 1984 Formaldehyd in Hamburger Kindergärten, Schulen, Privatwohnungen,
- ab 1986 leichtflüchtige organische Kohlenwasserstoffe (VOC) in Hamburger Schulen und Privatwohnungen,
- ab 1986 Pentachlorphenol (PCP), Lindan in Hamburger Wohnungen,
- 1989 Dioxine und Furane (PCDD und PCDF) in Hamburger Kindergärten [1, 2],
- 1989 Bromierte Dioxine und Furane (PBDD und PBDF) aus einem Fernsehgerät [3],
- 1987 - 1990 Tetrachlorethen (Per) in vier Messserien in Wohnungen und Kellerräumen eines Hamburger Mietshauses mit ehemaliger Münzreinigung in den Kellerräumen [4],
- 1993 Polychlorierte Naphthaline (PCN) in Hamburger Schulpavillons [5],
- 1994 - 1995 Asbest z.B. im inzwischen gesprengten Hochhaus am Millerntor,
- 1996 Polychlorierte Biphenyle (PCB) in Hamburger Schulen [6],
- 2000 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) in Hamburger Wohnungen [7].

Anlass für Innenraumuntersuchungen waren in der Vergangenheit hauptsächlich Schadens- oder Beschwerdefälle. Die dabei erzielten Ergebnisse sind geprägt durch die besonderen Rahmenbedingungen des Einzelfalles und lassen sich nicht ohne weiteres auf die Bedingungen in anderen Innenräumen übertragen. Übergreifende systematische Bestandsaufnahmen hat

bisher vor allem das Institut für Wasser- Boden- und Lufthygiene (heute zum Umweltbundesamt gehörend) durchgeführt [8 - 10].

In dem vorliegenden Bericht werden keine Schadens- oder Beschwerdefälle behandelt. Die untersuchten Proben stammen von interessierten Mitarbeiterinnen der Umweltbehörde und deren Bekanntenkreis aus Hamburg und Umgebung. Die Ergebnisse sollen zu einer Bestandsaufnahme zusammengefasst werden, die erste allgemeine Aussagen über das Vorkommen von schwerflüchtigen organischen Umweltchemikalien in Hausstäuben aus Hamburger Privatwohnungen ermöglichen, die nicht als Schadens- oder Beschwerdefälle auffällig geworden sind.

Bei der Art der Wohnungsauswahl und der geringen Anzahl von 65 Wohnungen sind keine für Hamburger Haushalte repräsentativen Ergebnisse zu erwarten, wohl aber können die gewonnenen Erkenntnisse über Produkte und ihre Emissionen für alle Haushalte z.B. beim Kauf neuer Produkte von Nutzen sein (s. Kapitel 4 bis 7).

Untersucht werden sollten schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Innenräumen. Schwerflüchtige organische Stoffe besitzen auf Grund geringer Dampfdrücke eine geringe Mobilität und sind nur in seltenen Fällen am Geruch erkennbar. Einfaches Lüften ist in den meisten Fällen nicht ausreichend, um schwerflüchtige Stoffe aus den Innenräumen zu entfernen.

Als Indikator für das Vorhandensein schwerflüchtiger organische Komponenten hat sich Hausstaub bewährt (s. Kapitel 1.3.2) [11 - 13].

Untersucht wurde der Hausstaub aus Staubsaugerbeuteln von 65 Privatwohnungen aus Hamburg und dem Hamburger Umland. Hauptgewicht lag dabei auf neuen Stoffen bzw. Stoffen, die bisher wenig Beachtung gefunden haben. Insgesamt wurden 58 Komponenten untersucht. Zu den Stoffen gehören Biozide, Weichmacher, Flammenschutzmittel, Stabilisatoren und Benzo(a)pyren sowie Organozinn-Verbindungen. Bekannt ist die Organozinn-Verbindung Tributylzinn, deren Einsatz als Biozid in Antifouling-Farben bei Schiffen unter 25 m Länge bereits verboten ist [14,15].

1.1 Veranlassung

Es ist nur wenig über den Einsatz von schwerflüchtigen Chemikalien in Produkten und deren Auswirkungen auf Mensch und Umwelt bekannt. Bisher besteht für Anwender von Chemikalien (industrielle Benutzer und Verarbeiter) keine Verpflichtung die für Risikobewertungen erforderlichen Daten ihrer Produkte zur Verfügung zu stellen. Die erweiterte Verantwortung der Anwender von Chemikalien wird im Weißbuch der Europäischen Kommission als ein wichtiges Schlüsselement der zukünftigen Chemikalienpolitik genannt [16]. Zur Verbesserung des Kenntnisstandes soll in einem ersten Schritt anhand einer Bestandsaufnahme geklärt werden, welche schwerflüchtigen organischen Umweltchemikalien in Privatwohnungen überhaupt vorkommen und welche Gehaltsbereiche zu erwarten sind.

1.2 Ziele

Erstes Ziel der Untersuchungen ist eine Bestandsaufnahme, die Informationen liefert, welche schwerflüchtigen organischen Umweltchemikalien häufig zur Belastung beitragen und für

welche der Umweltchemikalien die Belastung auf Einzelfälle beschränkt ist. Zweites Ziel ist es anhand der Bestandsaufnahme die Umweltchemikalien zu ermitteln, die auf Grund hoher Staubgehalte oder toxischer Wirkungen in besonderer Weise die Raumluftqualität in Wohnungen beeinflussen. Als drittes Ziel soll die Bestandsaufnahme die Basis für eine Suche nach möglichen emittierenden Produkten bilden. Der Schutz vor gesundheitsschädigenden Stoffen, die aus Produkten emittieren ist ein wichtiges Kriterium bei der Prüfung von Produkten auf Nachhaltigkeit [17]. Eine toxikologische Bewertung der Hausstäube ist dagegen kein Ziel der Untersuchungen.

1.3 Definitionen

1.3.1 Innenräume

Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen hat 1987 in einem Sondergutachten Innenräume wie folgt definiert [18]:

Wohnungen mit Wohn-, Schlaf-, Bastel-, Sport- und Kellerräumen, Küchen und Badezimmern; Arbeitsräume bzw. Arbeitsplätze in Gebäuden, die nicht im Hinblick auf Luftschadstoffe arbeitsschutzrechtlichen Kontrollen unterliegen (so z.B. Büros, Verkaufsräume); öffentliche Gebäude (Krankenhäuser, Schulen, Kindergärten, Sporthallen, Bibliotheken, Gaststätten, Theater, Kinos und andere Veranstaltungsräume) sowie die Fahrgasträume von Kraftfahrzeugen und allen öffentlichen Verkehrsmitteln.

1.3.2 Hausstaub

Es gibt für den Begriff „Hausstaub“ bisher noch keine allgemein verbindliche Definition. Zur Abgrenzung gegenüber Schwebstaub, dem luftgetragenen Staubanteil, wird die Definition aus der VDI-Richtlinie 4300 Blatt 8 übernommen [19]. Danach werden unter Hausstaub alle Arten von Partikeln verstanden, die sich in abgelagerter (niedergeschlagener) Form in Innenräumen antreffen lassen. Es kann sich um Feststoffe aus den verschiedensten anorganischen oder organischen Materialien handeln, die natürlichen oder synthetischen Ursprungs sein können. Der Begriff umfasst sowohl Anteile, die im Innenraum selbst ihren Ursprung haben, als auch solche, die von außen eingetragen werden.

2. Messmethoden

2.1 Probenahme und Vorbehandlung von Hausstaub

2.1.1 Hausstaub als Screeningmaterial

Für die Suche nach schwerflüchtigen organischen Umweltchemikalien in Innenräumen hat sich Hausstaub als Indikator bewährt. Ein Beispiel hierfür sind hohe Gehalte an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) im Hausstaub, die 1998 zu teerhaltigen Parkettklebern als Quelle führten [20, 21].

2.1.2 Probenahme des Hausstaubes

Die Probenahme des Hausstaubes erfolgte durch Bewohner von Privatwohnungen mit ihren eigenen Staubsaugern. Bei den Bewohnern handelte es sich um interessierte Mitarbeiter(innen) der Umweltbehörde und deren Bekanntenkreis. Für keine der Wohnungen lag ein Beschwerde- oder Schadensfall vor. Zu den von der Umweltbehörde vorgegebenen Rahmenbedingungen gehörte, dass nur volle Hausstaubbeutel angenommen wurden, um sicherzustellen, dass eine ausreichende Staubmenge für Analysen zur Verfügung steht. In einem Probenahme-Protokoll waren die Probenahmebedingungen zu vermerken (s. Abbildung A1 im Anhang). Der gefüllte Staubsaugerbeutel war zu verschließen und dann in zur Verfügung gestellten Vakuumverbundfolienbeuteln zu verpacken, wie sie auch vom Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene für das Umwelt-Survey - Hausstaub eingesetzt worden sind [8]. Zusätzlich wurde von den Bewohnern ein Fragebogen ausgefüllt, in dem wichtige Informationen zur Wohnung, dem Umfeld und den Gewohnheiten der Bewohner erfragt wurden (s. Abbildung A2 im Anhang). Bei der Erstellung des Fragebogens lieferten Vorschläge für Fragebögen aus den VDI-Richtlinien 4300 Blatt 1 und Blatt 8 hilfreiche Anregungen [22, 19].

2.1.3 Vorbehandlung des Hausstaubes

Die Inhomogenität der Matrix Hausstaub macht eine Fraktionierung nach Korngrößen erforderlich. Vorversuche mit einer Siebmaschine ergaben, dass ausreichende Homogenität erst unterhalb einer Korngröße von 63 µm erreicht wird. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit Angaben aus der Literatur [23]. Nur ausreichend homogenes Probenmaterial sichert bei der Vielzahl der hier angewendeten unterschiedlichen Analysenmethoden eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse.

Nähere Angaben zu einzelnen Methoden finden sich im Anhang in Kapitel 9.3 Die angewandte Siebmethode ist dort als Methode A1 kurz erläutert.

Wenn bei den nachfolgend beschriebenen Untersuchungen von Hausstaub gesprochen wird, so bezieht sich das immer auf die < 63 µm-Fraktion.

2.2 Qualitative Untersuchung von Hausstaub

2.2.1 Übersichtsanalyse mit Schnellmethode

Von allen < 63 µm-Fractionen wurde zunächst eine Übersichtsanalyse angefertigt, um Hauptkomponenten, charakteristische Stoffmuster aber auch evtl. Auffälligkeiten, z.B. besondere Stoffe oder Stoffe mit besonders hohen Gehalten, frühzeitig zu erkennen (s.a. Methode A2). Diese Voruntersuchungen wurden bei der Umweltbehörde durchgeführt.

2.2.2 Suche nach neuen schwerflüchtigen organischen Umweltchemikalien

Vier Hausstaubproben wurden exemplarisch auf neue schwerflüchtige organische Umweltchemikalien untersucht. Die Untersuchung ist an das Messinstitut Gesellschaft für Umweltschutz (GfU) TÜV- Nord GmbH vergeben worden. (s.a. Methode A3).

2.3 Quantitative Untersuchung von Hausstaub

Für die quantitative Untersuchung des Hausstaubes wurden von der Umweltbehörde jeweils 2 g der < 63 µm Hausstaub-Fraktion den beauftragten Messinstituten zur Verfügung gestellt. Mit Ausnahme der Bestimmung von Organozinn-Verbindungen wurden alle quantitativen Analysen an die Gesellschaft für Umweltschutz (GfU) TÜV-Nord GmbH vergeben. Die Organozinn-Verbindungen wurden von dem Messinstitut GALAB analysiert [24]. Dazu war es erforderlich eine ursprünglich für die Matrix Sedimente benutzte Methode auf die Matrix Hausstaub zu erweitern.

Für eine Reihe von Stoffgruppen mussten die Analysemethoden für die quantitative Bestimmung in der Matrix Hausstaub erst im Verlauf des Projektes entwickelt werden oder um neu hinzukommende Stoffe erweitert werden. Neue Methoden wurden für die Stoffgruppen organische Phosphorsäureester und Chlorparaffine erarbeitet. Für die Stoffgruppe der Phthalate konnte durch Umstellung von Flüssigchromatographie (HPLC/UV) auf Gaschromatographie (GC/MS) bei gesteigerter Empfindlichkeit den Problemen einer komplexen Hausstaubmatrix besser begegnet werden.

2.3.1 Probenvorbereitung

Die unterschiedlichen Eigenschaften der Stoffgruppen erfordern eine jeweils angepasste Probenvorbereitung. (s.a. Methode A4).

2.3.2 Bestimmungsmethoden für Biozide, Phthalsäureester, Chlorparaffine und organische Phosphorsäureester

Als Bestimmungsmethode diente mit Ausnahme der Organozinn-Verbindungen eine gaschromatographische Methode mit massenselektiver Detektion (GC/MS-Kopplung) im SIM-Modus (Single-Ion-Monitoring). Als Ionisierungstechniken wurden sowohl die EI-Ionisierung (electron impact) als auch die negative chemische Ionisation (NCI) eingesetzt. Die NCI-Methode besitzt im Vergleich zur EI-Methode vielfach eine bessere Empfindlichkeit und

und Selektivität. Die Anwendung der NCI-Methode erspart bei vielen Stoffen eine aufwendige Aufreinigung.

Die Quantifizierung erfolgte nach der Methode des internen Standards mit einer 5-Punkte Kalibrierung. Als interne Standards kamen deuterierte oder ^{13}C -markierte Verbindungen zur Anwendung. Nicht alle Komponenten sind im Handel erhältlich. So sind die chlorierten Propylphosphate bisher nicht erhältlich. Die Ergebnisse der chlorierten Propylphosphate wurden deshalb jeweils auf Tris(2-chlorethyl)phosphat bezogen. Die Chlorparaffine werden bisher lediglich als technische Gemische angeboten.

Die Bestimmungsgrenze wurde gemäß DIN 32645 mit der Leerwert-Methode bestimmt [25]. Für die einzelnen Stoffgruppen ergaben sich folgende Bestimmungsgrenzen (BG):

Tab. 1: Bestimmungsgrenzen für verschiedene Stoffgruppen im Hausstaub

| Stoffgruppe | Bestimmungsgrenze (BG) [mg/kg] |
|---|--------------------------------|
| Insektizide | 0,1 |
| Fungizide | 0,1 |
| Benzo(a)pyren | 0,1 |
| Chlorparaffine | 10 |
| Phosphorsäureester | 0,1 |
| Phthalsäureester (Diisononyl-, Diisodecylphthalat) | 1 (10) |

Es ergaben sich Wiederfindungsraten im Bereich von 80-110 % (s. a. Methode A5).

Der Fehler der Methode wird auf ca. 10 % geschätzt. Bei der Bestimmung von Chlorparaffinen, Diisononylphthalat und Diisodecylphthalat muss mit einem Fehler von ca. 30 % gerechnet werden, da es sich hierbei um Gemische isomerer Verbindungen handelt, die nicht in die einzelnen Verbindungen getrennt werden können. Die Integration der Peakflächen dieser Gemische erfolgte auf manuelle Weise.

2.3.3 Bestimmungsmethode für Organozinn-Verbindungen

Die Organozinn-Verbindungen wurden mit Hilfe von GC/AED detektiert. Die Quantifizierung erfolgte durch Zugabe von Tetrapropylzinn als internem Referenzstandard. Die Kontrolle der Richtigkeit der Analysen erfolgte mit einem zertifizierten Referenzstandard (BCR 646: „Organotin in Freshwater Sediment“).

Die Bestimmungsgrenze wurde gemäß DIN 32645 mit der Kalibrierdatenmethode bestimmt [25]. Für alle Organozinn-Verbindungen ergab sich eine Bestimmungsgrenze von 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Hausstaub. Damit ist die Bestimmungsmethode für Organozinn-Verbindungen im Vergleich zu den anderen Bestimmungsmethoden deutlich empfindlicher. Die Wiederfindungsraten lagen im Bereich von 75–100 % (s. a. Methode A6). Für Butylzinn-Verbindungen wurde eine Methodenpräzision von kleiner als 4,7 % ermittelt (s.a. Methode A7).

3. Ergebnisse

3.1 Qualitative Untersuchung von Hausstaub

Die qualitative Untersuchung von 4 Hausstaubproben über den gesamten Polaritätsbereich ergab, dass Hausstaub an organischen Bestandteilen in der Hauptsache Fettsäuren, Aliphaten und Phthalate enthält (s.a. Methode A3 im Anhang 9.3).

Die halbquantitative Bestimmung mit deuterierten Alkanen als internen Standards ergab folgende Verteilung auf die Stoffgruppen (s. Tabelle 2). Je nach Probe ergab sich ein Gesamtgehalt an bestimmten organischen Bestandteilen von 5500 - 7000 mg/kg Hausstaub. Auf die Stoffgruppe der Fettsäuren entfiel ein Anteil von rund 50 - 70 %, auf Aliphaten rund 10 - 30 %. Es folgten die Phthalate mit 5 - 20 %. Als weitere Stoffgruppen kamen Fettsäureester, Steroide, Aldehyde und Alkohole mit Gehalten bis zu 5 % hinzu. Daneben waren eine Reihe weiterer Stoffgruppen mit noch geringeren Gehalten vertreten.

Tab. 2: Hauptkomponenten im Hausstaub

| Stoffgruppen | Hauptkomponenten | % - Anteil* |
|----------------|-------------------|-------------|
| Fettsäuren | C12 - C18 hs. C16 | 50 - 70 |
| Aliphaten | C27 - C31 | 10 - 30 |
| Phthalate | DEHP | 5 - 20 |
| Fettsäureester | | bis 5 |
| Steroide | Cholesterin | bis 5 |
| Aldehyde | | bis 5 |
| Alkohole | | bis 5 |

* Basis: Summe aller bestimmten organischen Komponenten mit 5500 - 7000 mg/kg

Die Reihenfolge der Einzelstoffen ist bei allen 4 Proben gleich. Die Einzelstoffe werden angeführt von Palmitinsäure (C16), gefolgt von Ölsäure (C18), Stearinsäure (C18), Myristinsäure (C14) dann Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) als Hauptkomponente der Phthalate. Weschler hat Schwebstaub aus amerikanischen Innenräumen begrenzt auf unpolare Komponenten untersucht [26]. In Übereinstimmung mit den vorliegenden Ergebnissen ergaben sich ebenfalls C27 - C31-Aliphaten als unpolare Hauptkomponenten.

3.2 Suche nach unbekanntem schwerflüchtigen organischen Umweltchemikalien

3.2.1 Allgemeine Probleme bei der Suche

Die Identifizierung von unbekanntem Stoffen erfolgte an Hand von GC/MS-Übersichten über den gesamten Massenbereich. Die erhaltenen Massenspektren wurden dabei rechnergestützt mit Spektren aus der Massenspektrenbibliothek verglichen. Hauptkomponenten ließen sich auf diese Weise sicher identifizieren. Zur Suche nach unbekanntem Spurenstoffen war die Methode im Allgemeinen aber zu unempfindlich. Erst eine Kenntnis der für den Spurenstoff charakteristischen Massenfragmente würde die Voraussetzungen schaffen durch Begrenzung auf diese Massenfragmente die Empfindlichkeit ausreichend zu steigern.

Versuche, für das Auffinden unbekannter Bestandteile ein hochauflösendes Massenspektrometer zu nutzen, hatten ebenfalls keinen Erfolg. Wie oben bereits gezeigt, enthält Hausstaub

eine Vielzahl von Stoffgruppen aus allen Polaritätsbereichen. Diese störende Matrix bereitete Probleme bei der Geräteabstimmung und verhinderte dadurch eine erfolgreiche Suche.

Eine vorherige Aufreinigung bietet ebenfalls keine Lösung des Problems, da bei jeder Aufreinigung die Gefahr nicht auszuschließen ist, dass gesuchte unbekannte Spurenstoffe verloren gehen können.

Die Suche beschränkt sich deshalb auf Stoffe, für die Hinweise vorhanden sind, dass sie möglicherweise als Inhaltsstoff im Hausstaub enthalten sein könnten.

3.2.2 Suche mittels Massenspektrometrie mit Elektronenstoß-Ionisation (EI)

Begonnen wurde die Suche nach unbekanntem Stoffen mit der Massenspektrometrie. Die Ionisation der Stoffmoleküle erfolgte dabei mittels Elektronenstoß (EI). Diese Methode findet breite Anwendung. Entsprechend groß ist die Zahl der Komponenten, für die bereits Massenspektren in Form von Spektrensammlungen vorliegen. Eine Identifizierung von bisher noch unbekanntem Stoffen wird auf diese Weise erheblich erleichtert.

Identifiziert werden konnten aber lediglich einige bereits bekannte Biozide, Weichmacher und Flammschutzmittel. Dazu gehören: Phthalate, Permethrin, Bis(2-ethylhexyl)adipat, Tris(2-butoxyethyl)phosphat.

Bei Nachrecherchen wurde gezielt nach schwerflüchtigen organischen Umweltchemikalien gesucht, für die es Hinweise gab, dass sie möglicherweise als Inhaltsstoffe im Hausstaub in Frage kommen. Die Suche erfolgte in den einzelnen Lösemittel-Fractionen anhand von charakteristischen Massenfragmenten.

Gefunden wurden die Komponenten:

- Diisononylphthalat,
- Diisodecylphthalat,
- Tris(chlorpropyl)phosphat,

Diese Stoffe wurden neu in die Stoffpalette für quantitative Untersuchungen des Hausstaubes aufgenommen.

Nicht gefunden wurden die Komponenten:

- Methylisothiazolinon,
- Chlormethylisothiazolinon,
- Carbendazim,
- Bendiocarb.

3.2.3 Suche mittels Massenspektrometrie mit Chemischer Ionisation

Für die weitere Suche wurden die Massenfragment-Ionen statt mit der üblichen Elektronenstoß-Ionisation (EI) mit der Chemischen Ionisation (CI) erzeugt. Für diese Methode liegen bisher nur wenig Vergleichsspektren vor. Im Unterschied zur Ionisation durch Elektronenstoß erfolgt die Ionisation bei der Chemischen Ionisation deutlich schonender, mit der Folge, dass weniger Molekül-Bruchstücke gebildet werden und mit der Methode im Allgemeinen eine bessere Selektivität und Empfindlichkeit erreicht werden kann.

Als bisher nicht untersuchte Inhaltsstoffe im Hausstaub wurden bei dieser Suche die Stoffgruppe der Chlorparaffine gefunden.

Aus dieser Stoffgruppe sind gefunden worden:

- Chlorparaffine kurzkettig, C10 - C13,
- Chlorparaffine mittelkettig, C14 - C17.

Diese Stoffgruppe ist in den Umweltmedien bisher nur selten untersucht worden [27]. Mit den hier vorgestellten Untersuchungen werden erstmalig Chlorparaffine im Hausstaub nicht nur nachgewiesen sondern auch, wie im Kapitel 3.3 ausführlich dargestellt wird, im Hausstaub einer größeren Anzahl von Wohnungen quantitativ gemessen.

Die Massenspektren ergaben keine Hinweise auf bromierte Verbindungen.

3.2.4 Suche mittels Atomemissionsdetektor (AED)

Mit dem Atomemissionsdetektor wurde aus der Stoffgruppe der Organophosphate Tris(dichlorpropyl)phosphat gefunden.

Auch zur Suche nach zinnorganischen Verbindungen im Hausstaub wurde von der Fa. GALAB ein Atomemissionsdetektor genutzt. An Organozinn-Verbindungen wurden folgende Komponenten in die Stoffpalette zur quantitativen Bestimmung aufgenommen:

- Monobutylzinn,
- Dibutylzinn,
- Tributylzinn,
- Tetrabutylzinn,
- Monoethylzinn,
- Dioctylzinn,
- Tricyclohexylzinn,
- Triphenylzinn.

Besondere Aufmerksamkeit hat in der Vergangenheit Tributylzinn gefunden, das als Biozid immer noch in Schiffsanstrichen zum Einsatz kommt. Erstmals wurden die zinnorganischen Verbindungen nicht nur im Hausstaub nachgewiesen sondern auch im Hausstaub einer größeren Anzahl von Wohnungen quantitativ bestimmt.

Den Ergebnissen für die Organozinn-Verbindungen und Chlorparaffine kommen deshalb besondere Bedeutung zu.

3.3 Quantitative Bestimmung im Hausstaub

3.3.1 Stoffauswahl

Basis für die Stoffauswahl waren umfangreiche Literaturrecherchen. Für die Auswahl an Bioziden war hauptsächlich eine Fallstudie sehr hilfreich, bei der eine umfangreiche Liste von Bioziden und ihren Anwendungen in Haushalten Gegenstand der Untersuchungen waren [28-33]. Für die Auswahl an Weichmachern, Flammenschutzmitteln und anderen Hilfsmitteln

leistete u. a. das Taschenbuch der Kunststoff-Additive gute Dienste [34]. Begonnen wurden die Untersuchungen mit 40 Komponenten. Bei der begleitenden Suche nach noch unbekanntenen Komponenten und unterstützt durch Stofflisten mit möglichen weiteren Inhaltsstoffen führten Voruntersuchungen der Messinstitute dann zur Identifizierung von 10 weiteren Komponenten. Hinzu kamen 8 Organylzinnkationen, die dem routinemäßig durchgeführten Messumfang der Fa. GALAB entsprechen.

Insgesamt sind 58 schwerflüchtige organische Umweltchemikalien im Hausstaub aus bis zu 65 Wohnungen quantitativ bestimmt worden (s. Tabelle 3 - 5). Zu den 58 schwerflüchtigen organischen Umweltchemikalien gehören Chlorparaffine, Organozinn-Verbindungen, 24 Biozide und Piperonylbutoxid als Wirkungsverstärker und weitere 33 Komponenten, die als Flammenschutzmittel, Weichmacher, Stabilisatoren eingesetzt werden sowie Benzo(a)pyren, das gebunden an Teer-, Bitumen- und Verbrennungsprodukte vorkommt. Bei den bestimmten Organozinn-Verbindungen handelt es sich um Kationen, die an unterschiedliche Anionen gebunden sein können. Deshalb fehlen in Tabelle 3 die CAS-Nummern.

Tab. 3: Stoffliste der Chlorparaffine und Organozinnverbindungen

| Stoffgruppe | Stoff | CAS-Nr. |
|-----------------------------------|---|-------------|
| Chlorparaffine | kurzkettig, C10 - C13 | 085535-84-8 |
| FSM*, WM* | mittelkettig, C14 - C17 | 085535-85-9 |
| Organozinn-Verbindungen S*, B* | Monobutylzinn- (MBT) Dibutylzinn- (DBT) Tributylzinn- (TBT) Tetrabutylzinn- (TTBT) Monooctylzinn- (MOT) Dioctylzinn- (DOT) Tricyclohexylzinn-(TcHT) Triphenylzinn-(TPhT) | |

* FSM = Flammenschutzmittel, WM = Weichmacher, S = Stabilisatoren, B = Biozide

Tab. 4: Stoffliste der Phthalate, Organophosphate und Benzo(a)pyren

| Stoffgruppe | Stoff | CAS-Nr. |
|-------------|-----------------------------------|-------------|
| Phthalate | Dimethylphthalat (DMP) | 000131-11-3 |
| WM* | Diethylphthalat (DEP) | 000084-66-2 |
| | Diallylphthalat (DAP) | 000131-17-9 |
| | Dipropylphthalat (DPP) | 000131-16-8 |
| | Diisobutylphthalat (DIBP) | 000084-69-5 |
| | Dibutylphthalat (DBP) | 000084-74-2 |
| | Bis(2methoxyethyl)phthalat(BMoEP) | 000117-82-8 |
| | Benzylbutylphthalat (BBP) | 000085-68-7 |
| | Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) | 000117-81-7 |
| | Dicyclohexylphthalat (DcHP) | 000084-61-7 |
| | Diphenylphthalat (DPhP) | 000084-62-8 |
| | Di-n-octylphthalat (DNOP) | 000117-84-0 |
| | Diisononylphthalat (DINP) | 028553-12-0 |
| | Diisodecylphthalat (DIDP) | 026761-40-0 |

Tab. 4: Stoffliste der Phthalate, Organophosphate und Benzo(a)pyren (Fortsetzung)

| Stoffgruppe | Stoff | CAS-Nr. |
|------------------------------|-------------------------------------|-------------|
| Organophosphate FSM*, WM* | Tris(2-chlorethyl)phosphat (TCEP) | 000115-96-8 |
| | Tris(chlorpropyl)phosphat (TCPP) | 006145-73-9 |
| | Tris(dichlorpropyl)phosphat (TDCPP) | 013674-87-8 |
| | Tributylphosphat (TBP) | 000126-73-8 |
| | Tris(2-ethylhexyl)phosphat (TEHP) | 000078-42-2 |
| | Tris(2-butoxyethyl)phosphat (TBoEP) | 000078-51-3 |
| | Triphenylphosphat (TPhP) | 000115-86-6 |
| | Trikresylphosphat (TKP) | 001330-78-5 |
| PAK TP*, VP* | Benzo(a)pyren (B(a)P) | 000050-32-8 |

* WM = Weichmacher, FSM = Flammschutzmittel,
TP = Teer-, Bitumenprodukte, VP = Verbrennungsprodukte

Tab. 5: Stoffliste der Biozide und Wirkungsverstärker

| Stoffgruppe | Stoff | CAS-Nr. |
|--------------------------|------------------------|-------------|
| Pyrethroide | Permethrin, | 052645-53-1 |
| | Cypermethrin, | 052315-07-8 |
| | Cyfluthrin, | 068359-37-5 |
| | Cyhalothrin | 068085-85-8 |
| | Deltamethrin | 052918-63-5 |
| | Tetramethrin | 007696-12-0 |
| Wirkungsverstärker | Piperonylbutoxid (PBO) | 000051-03-6 |
| Organochlor-Biozide | Chlorthalonil, | 001897-45-6 |
| | Diclofluanid, | 001085-98-9 |
| | alpha-Endosulfan, | 000115-29-7 |
| | beta-Endosulfan | 000115-29-7 |
| | Lindan | 000058-89-9 |
| | Methoxychlor | 000072-43-5 |
| | p,p'-DDT | 000050-29-3 |
| Pentachlorphenol (PCP) | 000087-86-5 | |
| Organophosphor-Biozide | Dichlorvos, | 000062-73-7 |
| | Chlorpyrifos, | 002921-88-2 |
| | Diazinon | 000333-41-5 |
| | Tetrachlorvinphos | 022248-79-9 |
| Organostickstoff-Biozide | Tebuconazol | 107534-96-3 |
| | Propiconazol | 060207-90-1 |
| | Tolylfluanid | 000731-27-1 |
| | Furmecyclox | 060568-05-0 |
| Carbamate | Propoxur | 000114-26-1 |
| | Fenobucarb | 003766-81-2 |

3.3.2 Ergebnisse der quantitativen Bestimmungen

Die Ergebnisse der quantitativen Bestimmungen von Umweltchemikalien im Hausstaub aus bis zu 65 Hamburger Wohnungen sind in drei Tabellen zusammengefasst (s. Tabelle A1 – A3 im Anhang). Alle Berechnungen wurden mit dem Tabellenkalkulationsprogramm „Microsoft Excel 2000“ durchgeführt.

Die 65 Hausstäube wurden nicht alle gleichzeitig untersucht sondern in Probenkollektiven von ca. 10 – 15 Stück. Das hatte den Vorteil, dass aus den Ergebnissen gewonnene Erkenntnisse bei den nachfolgenden Messserien berücksichtigt werden konnten. Mit fortschreitender Projektdauer wuchs auch die Anzahl der untersuchten Komponenten von anfänglich 40 auf 58 an. Bei Hausstäuben aus anfänglich untersuchten Wohnungen fand keine Nachmessung auf die neu hinzugekommenen Komponenten statt, wenn die Bewohner in der Zwischenzeit bereits aus der Wohnung ausgezogen waren. So erklärt sich, dass bei einigen Komponenten weniger als 65 Hausstäube untersucht worden sind. Bei der Bestimmung der Organozinn-Verbindungen ist zunächst der Hausstaub aus 50 Wohnungen untersucht worden.

Erkenntnisse des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene legen nahe, dass für größere Datenkollektive z.B. für Permethrin im Hausstaub eine logarithmische Normalverteilung der Werte zu erwarten ist [35]. Auch bei einem vergleichsweise kleinen Kollektiv von 65 Wohnungen zeigen die Häufigkeitsverteilungen bei allen Komponenten bereits ähnliche Verläufe, die ebenfalls eine logarithmische Normalverteilung nahe legen. Am Beispiel von Bis(2-ethylhexyl)phthalat und Permethrin wird gezeigt, dass bei Verwendung logarithmierter Stoffgehalte sich tatsächlich annähernd eine Glockenkurve mit dem Maximum beim geometrischen Mittelwert ergibt (s. Abbildungen A3 – A6). Entsprechend ist dann das geometrische Mittel als Lagemaß für einen Hausstaub mit mittlerer Belastung besser geeignet als das arithmetische Mittel, das in den Tabellen A1 – A3 ebenfalls aufgeführt ist. Die Tabellen zeigen, dass die geometrischen Mittel in den meisten Fällen den Medianwerten (50 % Percentile) sehr nahe kommen. Medianwerte werden vielfach zusätzlich zu arithmetischen Mittelwerten verwendet, da sie nicht wie die arithmetischen Mittel dem Einfluss durch Extremwerte unterliegen.

Als übliches Vorkommen einer Substanz werden Gehalte bis zum 95 % Percentil der Verteilung angesehen, d. h. bei 95 % der Wohnungen ist der Gehalt für die jeweilige Einzelkomponente geringer oder höchstens gleich dem 95 % Percentil. Das 95 % Percentil kann unter Angabe der Rahmenbedingungen als Referenzwert dienen. Als Rahmenbedingungen sind Zeitpunkt der Probenahme, Probenahmeort und Art der Personengruppe anzugeben [36] (s.a. Tabelle A4). Der Referenzwert hat auch Bedeutung bei der Bewertung, wie im Kapitel 4 noch näher ausgeführt wird. Die Minima geben für jeden Stoff Auskunft, ob im untersuchten Wohnungskollektiv unbelastete oder nur gering belastete Wohnungen vorkommen.

3.3.2.1 Kenngrößen

95 % Percentile und geometrische Mittel kennzeichnen übliches und häufigstes Vorkommen einer Umweltchemikalie im Hausstaub. Häufigkeitsverteilungen zeigen das Verteilungsmuster der Umweltchemikalie für das gesamte Probenkollektiv.

95 % Percentile von 47 schwerflüchtigen organischen Umweltchemikalien im Hausstaub aus Hamburger Wohnungen sind nach Größe sortiert dargestellt (s. Abbildungen A7 – A10). Für die übrigen 11 Komponenten liegen die 95 % Percentile unterhalb von 0,1 mg/kg Hausstaub. Für 32 Komponenten finden sich im Anhang die Häufigkeitsverteilungen (s. Abbildungen A11 – A42). Für die übrigen 26 Komponenten ist die Anzahl der verwertbaren Ergebnisse für die Erstellung einer Häufigkeitsverteilung zu gering.

Die Häufigkeitsverteilungen sind nach Stoffgruppen sortiert, beginnend mit den Phthalaten, der Stoffgruppe unter den Umweltchemikalien mit den höchsten Gehalten in den Hausstäuben. Innerhalb der Stoffgruppen bestimmt die Höhe des 95 % Percentil die Reihenfolge.

Für die Stoffgruppen ergibt sich folgende Reihenfolge:

- Phthalate,
- Chlorparaffine,
- Organophosphate,
- Biozide,
- Organozinn-Verbindungen,
- Benzo(a)pyren

3.3.2.1.1 Phthalate und Chlorparaffine

In der Stoffgruppe der Phthalate und Chlorparaffine werden die höchsten Gehalte aller im Hausstaub untersuchten Komponenten gemessen (s. Tabelle A1). Hervorzuheben sind hier sechs Phthalate sowie kurzkettige und mittelkettige Chlorparaffine mit 95 % Percentilen im Bereich von 1600–150 mg/kg (s. Abbildungen A7 und A10). Die Abbildungen A11–A23 im Anhang geben Auskunft über die Häufigkeitsverteilung von Phthalaten und Chlorparaffinen.

Tab. 6: Kenngrößen für Phthalate und Chlorparaffine im Hausstaub

| Komponente | 95 % Percentile [mg/kg] | Geometrisches Mittel [mg/kg] |
|--|----------------------------|---------------------------------|
| Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) | 1600 | 610 |
| Diisononylphthalat (DINP) | 540 | 74 |
| Diethylphthalat (DEP) | 350 | 7 |
| Diisodecylphthalat (DIDP) | 340 | 29 |
| Benzylbutylphthalat (BBP) | 230 | 29 |
| Dibutylphthalat (DBP) | 180 | 56 |
| Chlorparaffine kurzkettig, (C10 - C13) | 180 | 28 |
| Chlorparaffine mittelkettig, (C14 - C17) | 150 | 34 |

Das 95 % Percentil des Spitzenreiters Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) liegt mit 1600 mg/kg um rund den Faktor 3 höher als bei Diisononylphthalat (DINP). Die geometrischen Mittel beider Stoffe unterscheiden sich sogar um Faktor 8 (s. Tabelle 6). Dieser Vergleich macht die Sonderstellung deutlich, die DEHP unter den Phthalaten einnimmt. Eine Betrachtung der

Häufigkeitsverteilungen der beiden Phthalate macht die Unterschiede ebenfalls deutlich (s. Abbildungen A11 und A12). Bei DEHP werden Gehalte bis 2000 mg/kg erreicht, während bei DINP der größte Teil der Gehalte bei ≤ 300 mg/kg liegt. In fast allen Wohnungen war der Gehalt von DEHP der höchste Einzelstoffgehalt. Maximal wurden 2700 mg/kg Hausstaub erreicht (s. Tabelle A1). Mit 62 mg/kg Hausstaub weist DEHP auch das größte Minimum auf. Lediglich 16 der 58 untersuchten Komponenten zeigen überhaupt Gehalte oberhalb des Minimum-Wertes von DEHP.

Die möglichen Unterschiede in den Gehalten für Bis(2-ethylhexyl)phthalat, Diisononylphthalat, Diisodecylphthalat und Chlorparaffine lassen sich besonders deutlich am Beispiel zweier Wohnungen im Vergleich zum 95 % Perzentil und geometrischen Mittel aller Wohnungen zeigen. Für Dibutylphthalat, Diisobutylphthalat und Benzylbutylphthalat sind die Unterschiede in den Gehalten weniger deutlich, deshalb sind sie in der Tabelle 7 nicht aufgeführt.

Tab. 7: Zwei Hausstäube im Vergleich

| Komponente | 95 % Perzentil [mg/kg] | Geometrisches Mittel [mg/kg] | Wohnung A [mg/kg] | Wohnung B [mg/kg] |
|--------------|---------------------------|---------------------------------|----------------------|----------------------|
| DEHP* | 1600 | 610 | 2000 | 62 |
| DINP | 540 | 74 | 180 | < 10 |
| DEP | 350 | 7 | 2 | 120 |
| DIDP | 340 | 29 | 4200 | < 10 |
| CP (C10-C13) | 180 | 28 | 400 | < 10 |
| CP (C14-C17) | 150 | 34 | 230 | < 10 |
| DMP | 20 | 1 | < 1 | 64 |

* s. Erklärung im Anhang „Abkürzungen“

In Wohnung A wurde für Diisodecylphthalat (DIDP) mit 4200 mg/kg der insgesamt höchste Gehalt aller Einzelstoffe gemessen. Dieser Gehalt übersteigt das übliche Vorkommen im Hausstaub der Hamburger Wohnungen (95 % Perzentil) um den Faktor 12 und das häufigste Vorkommen (geometrischen Mittelwert) um den Faktor 75. Auch bei den kurzkettigen Chlorparaffinen wurde mit 400 mg/kg der Maximalwert dieser Stoffgruppe in Wohnung A erreicht. Gehalte auf hohem Niveau wurden auch für beinahe alle übrigen Komponenten ermittelt. Welche niedrigen Gehalte im Hausstaub aber ebenfalls möglich sind zeigen eindrucksvoll die Ergebnisse für die Wohnung B, die bei den genannten Komponenten jeweils minimale Gehalte aufweisen. Ein völlig anderes Bild ergibt sich demgegenüber bei der Betrachtung von Diethylphthalat (DEP) und Dimethylphthalat (DMP). Mit 64 mg/kg für Dimethylphthalat wird in Wohnung B der höchste Gehalt aller Wohnungen erreicht, auch die 120 mg/kg für Diethylphthalat liegen deutlich oberhalb des Wertes aus Wohnung A.

Neben Bis(2-ethylhexyl)phthalat ist Dibutylphthalat, Diisobutylphthalat und Benzylbutylphthalat in allen Wohnungen vorhanden. Für Diisononylphthalat und Diisodecylphthalat und die Chlorparaffine liegt die Bestimmungsgrenze bei 10 mg/kg. Wohnung B war die einzige Wohnung, bei welcher der Gehalt für Diisononylphthalat unterhalb der Bestimmungsgrenze von 10 mg/kg lag. Auch für die mittelkettigen und kurzkettigen Chlorparaffine (90 % und 87 %) sowie Diisodecylphthalat (81 %), war der Prozentanteil der Hausstäube hoch, bei denen der Gehalt von 10 mg/kg überschritten wurde (s. Tabelle A1).

In der weiteren Reihung der nach Größe des 95 % Perzentil sortierten Einzelstoffe folgen die Phthalate Diisobutylphthalat, Dioctylphthalat, Dimethylphthalat, Bis(2-methoxyethyl)phthalat,

und Dicyclohexylphthalat mit Werten im Bereich 78 - 5 mg/kg (s. Abbildung A8 und A9). Diese Phthalate sind nicht mehr in allen Wohnungen anzutreffen. Wie die Häufigkeitsverteilungen zeigen, ist die Klasse „< Bestimmungsgrenze (1 mg/kg)“ bei Dimethylphthalat und Dicyclohexylphthalat bereits am häufigsten belegt (s. Abbildungen A19 und A21).

Eine weitere Gruppe von Phthalaten kommt so selten in den Wohnungen vor, dass höchstens 10 % der Werte oberhalb der Bestimmungsgrenze liegt. Dazu gehören Diallylphthalat (9 %), Dipropylphthalat (8 %) und Diphenylphthalat (5 %).

3.3.2.1.2 Organophosphate

Die Vorläufige Referenzwerte und geometrischen Mittel für Organophosphate liegen mit 40 – 0,9 mg/kg Hausstaub bzw. 5,6 mg/kg – 0,2 mg/kg deutlich niedriger als bei den Phthalaten und Chlorparaffinen (s. Tabelle 8).

Tab. 8: Kenngrößen für Organophosphate im Hausstaub

| Komponente | 95 % Perzentil [mg/kg] | Geometrisches Mittel [mg/kg] |
|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| Tris(2-butoxyethyl)phosphat (TBEP) | 40 | 5,6 |
| Triphenylphosphat (TPhP) | 16 | 3,2 |
| Trikresylphosphat (TKP) | 15 | 2,0 |
| Tris(chlorpropyl)phosphat (TCPP) | 12 | 1,6 |
| Tris(dichlorpropyl)phosphat (TDCPP) | 6,8 | 1,0 |
| Tris(2-chlorethyl)phosphat (TCEP) | 6,2 | 1,6 |
| Tributylphosphat (TBP) | 1,5 | 0,5 |
| Tris(2-ethylhexyl)phosphat (TEHP) | 0,9 | 0,2 |

Hauptkomponente bei den Organophosphaten ist Tris(2-butoxyethyl)phosphat gefolgt von Triphenylphosphat, Trikresylphosphat, den chlorhaltigen Komponenten mit Tris(chlorpropyl)phosphat, Tris(dichlorpropyl)phosphat, Tris(2-chlorethyl)phosphat sowie den restlichen beiden Organophosphaten Tributylphosphat und Tris(2-ethylhexyl)phosphat. Die Häufigkeitsverteilungen für die Organophosphate finden sich im Anhang als Abbildungen A24 - A31.

Fünf der acht Organophosphate kamen in den Hausstäuben aller untersuchten Wohnungen vor. Aber auch Trikresylphosphat (97 %), Tris(dichlorpropyl)phosphat (92 %) und Tris(2-ethylhexyl)phosphat (82 %) waren häufig anzutreffen.

3.3.2.1.3 Biozide

Im Vergleich zu den bisher betrachteten Stoffgruppen waren die Biozide in deutlich geringem Umfang im Hausstaub der Wohnungen zu finden. Eine Sonderstellung unter den Bioziden nimmt Permethrin ein, das in allen Wohnungen vorhanden ist und auch die höchsten Gehalte aufweist. Für Permethrin ergibt sich ein 95 % Perzentil von 110 mg/kg und ein geometrisches Mittel von 6,3 mg/kg. Von den 24 bestimmten Bioziden konnten für weitere fünf Biozide und den Wirkungsverstärker Piperonylbutoxid (PBO) 95 % Perzentile im Bereich von 6,5 – 2,2 mg/kg und geometrische Mittel im Bereich von 0,5 – 0,1 mg/kg berechnet werden. Zu den fünf Bioziden gehören in der Reihenfolge der 95 % Perzentile Methoxychlor, Chlorpyrifos, Propoxur, Pentachlorphenol (PCP), und p,p'-DDT.

Tab. 9: Kenngrößen für ausgewählte Biozide im Hausstaub

| Komponente | 95 % Perzentile [mg/kg] | Geometrisches Mittel [mg/kg] |
|------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| Permethrin | 110 | 6,3 |
| Methoxychlor | 6,5 | 0,2 |
| Chlorpyrifos | 4,7 | 0,2 |
| Propoxur | 3,1 | 0,2 |
| Piperonylbutoxid (PBO) | 3,1 | 0,1 |
| Pentachlorphenol (PCP) | 2,6 | 0,5 |
| p,p'-DDT | 2,2 | 0,2 |

3.3.2.1.4 Organozinn-Verbindungen

Von den acht untersuchten Organozinn-Verbindungen wurden die drei Verbindungen Monobutylzinn, Dibutylzinn und Monoöctylzinn in allen Hausstäuben gefunden, wozu auch die sehr geringe Bestimmungsgrenze von 0,001 mg/kg beitrug. Tributylzinn war mit geringen Gehalten ebenfalls in fast allen Hausstäuben vorhanden (98 % der Hausstäube). Monobutylzinn bildet mit einem Referenzwert von 8,7 mg/kg und einem geometrischem Mittel von 1,5 mg/kg die Hauptkomponente der Organozinn-Verbindungen im Hausstaub. Das als Biozid in Schiffsanstrichen häufig verwendete Tributylzinn besitzt im Hausstaub nur eine untergeordnete Bedeutung. In Einzelfällen sind in der Vergangenheit aber auch bei Bekleidungstextilien hohe Gehalte an Tributylzinn gefunden worden. So wurden z.B. in der Polsterung einer Radlerhose ein maximaler Gehalt von 110 mg TBT/kg Polsterung bestimmt [37].

Tab. 10: Kenngrößen für ausgewählte Organozinn-Verbindungen in Hamburger Hausstäuben

| Komponente | 95 % Perzentile [mg/kg] | Geometrisches Mittel [mg/kg] |
|---------------------|----------------------------|---------------------------------|
| Monobutylzinn (MBT) | 8,7 | 1,5 |
| Dibutylzinn (DBT) | 1,4 | 0,2 |
| Monoöctylzinn (MOT) | 1,0 | 0,2 |
| Tributylzinn (TBT) | 0,1 | 0,03 |
| Diöctylzinn (DOT) | 0,1 | 0,01 |

3.3.2.1.5 Benzo(a)pyren (B(a)P)

Benzo(a)pyren bildet die Leitkomponente für die Stoffgruppe der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK), die in Teer- und Bitumenprodukten vorhanden sind und bei der unvollständigen Verbrennung von Kraft- und Brennstoffen gebildet werden. Nur geringe Gehalte an Benzo(a)pyren konnten in den Hausstäuben bestimmt werden. Als 95 % Perzentil wurde 1,1 mg/kg und als geometrisches Mittel 0,2 mg/kg ermittelt.

4. Bewertung

Eine toxikologische Bewertung war kein Ziel der Untersuchungen. Mit den hier vorgestellten Hausstaubuntersuchungen sollte geklärt werden, welche Umweltchemikalien in besonderer Weise in der Raumluft von Wohnungen vorkommen.

4.1 Grenzen der toxikologischen Bewertbarkeit

Für eine toxikologische Bewertung sind bestimmte Rahmenbedingungen einzuhalten [19, 38]. Hinzu kommt, dass bisher nur wenig Wissen über die Wirkung der mit dem Hausstaub aufgenommenen Umweltchemikalien vorliegt. Die Grenzen der toxikologischen Bewertbarkeit sind im Einzelnen:

- nach Mitteilung durch das Amt für Gesundheit und Verbraucherschutz fehlt es für eine sinnvolle und sachgerechte Risikobewertung vor allem an Kenntnissen über die jeweilige Resorptionsverfügbarkeit der einzelnen Substanzen aus dem Hausstaub,
- die bisher vorliegenden Richtwerte für Innenräume beziehen sich auf Raumluft. Für den Hausstaub liegen bisher keine Richtwerte vor.
- zwischen den Schadstoffgehalten in der Atemluft der Wohnung und den Schadstoffkonzentrationen im Hausstaub konnten bisher bei schwerflüchtigen organischen Verbindungen keine systematischen Zusammenhänge erkannt werden [39 – 42],
- bei der Probenahme des Hausstaubes wurden keine definierten Rahmenbedingungen eingehalten, wie sie in der VDI-Richtlinie 4300 Blatt 8 vom Juni 2001 beschrieben werden [19].

4.2 Vorläufige Referenzwerte

Bewertet werden können die Stoffgehalte der einzelnen Wohnungen im Vergleich zu den Stoffgehalten des Gesamtkollektivs der 65 Wohnungen. Als übliches Vorkommen einer Substanz werden Gehalte bis zum 95 % Perzentil angesehen, d. h. bei 95 % der Wohnungen ist der Gehalt für die jeweilige Einzelkomponente geringer oder höchstens gleich dem 95 % Perzentil. Die 95 % Perzentile können unter Angabe von Probenahmejahr (1998/99), Probenahmeort (Hamburg und Umgebung) und Nutzungsbedingungen (Privatwohnungen interessierter Bewohner) als vorläufige Referenzwerte genutzt werden (s. Tabelle A4) [36]. Bei den interessierten Bewohnern handelt es sich um Mitarbeiter(innen) aus der Umweltbehörde und deren Bekanntenkreis mit Wohnungen ohne Schadens- oder Beschwerdefälle.

Diese vorläufigen Referenzwerte liefern erste Anhaltspunkte für das übliche Vorkommen von schwerflüchtigen organischen Umweltchemikalien in Hausstäuben aus Hamburger Privatwohnungen, die nicht als Schadens- oder Beschwerdefälle auffällig geworden sind. Bei der geringen Probenanzahl und der Art der Wohnungsauswahl kann nicht davon ausgegangen werden, dass die vorläufigen Referenzwerte das übliche Chemikalienvorkommen im Hausstaub aller rund 900000 Hamburger Haushalte repräsentieren.

Die Gehalte oberhalb des vorläufigen Referenzwertes werden bis zum Doppelten des vorläufigen Referenzwertes als erhöht und Gehalte oberhalb des Doppelten des vorläufigen Referenzwertes als deutlich erhöht eingestuft.

- Stoffgehalt > vorläufiger Referenzwert bis
 \leq zweimal vorläufiger Referenzwert, Einstufung: **Erhöhte Gehalte**,
- Stoffgehalt > zweimal vorläufiger Referenzwert, Einstufung: **Deutlich erhöhte Gehalte**.

Bei Überschreitung des vorläufigen Referenzwertes für eine der Substanzen im Hausstaub hatte die Behörde für Arbeit, Gesundheit und Soziales (BAGS) den betroffenen Bewohnern auf Wunsch zusätzliche Untersuchungen im biologischen Material (z.B. Urin, Blut, Fettgewebe) angeboten.

4.3 Besonders wichtige Umweltchemikalien im Hausstaub

Unter den in Hamburger Hausstäuben untersuchten 58 Umweltchemikalien besitzen die Stoffe besondere Bedeutung, die als krebserzeugend, erbgutverändernd oder fortpflanzungsgefährdend bewertet werden, im Hausstaub zu den Hauptkomponenten gehören und zur Zeit noch keinem Verbot unterliegen.

Tab.11: Besonders wichtige Umweltchemikalien im Hausstaub [43 - 50]

| Umweltchemikalie | Stoffgruppe | Toxische Eigenschaften |
|---|------------------|------------------------|
| Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) | Phthalate | RE 2, RF 2, EWS |
| Dibutylphthalat | Phthalate | RE 2, RF 2/ RF3, EWS |
| Di-C7-C9 verzweigte und lineare Alkylphthalate | Phthalatgemische | RE 3 |
| Di-C7-C11 verzweigte und lineare Alkylphthalate | Phthalatgemische | RE 2, RF 3 |
| Di-C9-C11 verzweigte und lineare Alkylphthalate | Phthalatgemische | RE 3 |
| Chlorparaffine, kurzkettig (C10 – C13) | Chlorparaffine | K 3 |
| Tris(2-chlorethyl)phosphat (TCEP) | Organophosphate | K 2/ K3, RF 2 |
| Permethrin | Pyrethroide | EWS* |

K = krebserzeugend

RE = fruchtschädigend

RF = Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit

EWS = im Verdacht endokrin (hormonell) wirksam zu sein

EWS* = wird als potenziell endokrin wirksam diskutiert

4.3.1 Phthalate

Die Phthalate bilden die Hauptkomponenten unter den 58 untersuchten Umweltchemikalien. Außerdem sind sie teilweise als die Fortpflanzung gefährdend eingestuft.

DEHP ist im März 2001, Dibutylphthalat im September 2001 und Gemische von Di-C7-C11-verzweigte und lineare Alkylphthalate im Mai 2002 vom Ausschuss für Gefahrstoffe neu bewertet worden. DEHP, Dibutylphthalat und Phthalatgemische von Di-C7-C11 verzweigten und linearen Alkylphthalaten werden danach in der TRGS 905 als fruchtschädigend und die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigend eingestuft [46] (s. Tab. 11). Außerdem steht sowohl DEHP als auch Dibutylphthalat in dem Verdacht endokrin wirksam zu sein [43].

DEHP, Dibutylphthalat und die Phthalatgemische sollten in absehbarer Zeit durch andere toxikologisch unbedenkliche Stoffe ersetzt werden. In den Fällen, wo ein Ersatz nicht möglich ist, sollte einer Empfehlung des Umweltbundesamtes folgend ein schrittweiser Ausstieg aus der Verwendung von Weich-PVC eingeleitet werden [51]. Gleichzeitig sollte die Prüfung von Produktalternativen fortgesetzt werden. Für fast alle Anwendungen sollen nach Angaben des Umweltbundesamtes bereits Produktalternativen zur Verfügung stehen.

4.3.1.1 Phthalat-Aufnahme von Kleinkindern

4.3.1.1.1 Phthalat-Aufnahme von Kleinkindern aus Hausstaub

Kleinkinder sind in besonderem Maße von möglichen gesundheitlichen Gefahren betroffen, die von Umweltchemikalien im Hausstaub ausgehen. Kleinkinder spielen in der Regel auf dem Boden und können dabei vor allem durch Hand-Mund-Kontakt kontaminierten Hausstaub aufnehmen.

Jährlich werden in Westeuropa etwa 1 Mio. t Phthalate hergestellt, von denen etwa 900.000 t in die PVC-Produktion gehen [52]. Unter den Phthalaten nimmt Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) in Westdeutschland mit knapp 40 % (90.100 t) den Spitzenplatz ein [53]. In 60 von 65 Hausstäuben bildet DEHP die Hauptkomponente aller untersuchten Umweltchemikalien. Hauptsächlich für PVC verwandte Phthalate wie Diisononylphthalat und Diisodecylphthalat, Benzylbutylphthalat und Dibutylphthalat sind weitere Hauptkomponenten im Hausstaub. Es ist deshalb davon auszugehen, dass Phthalat-Emissionen aus Weich-PVC-Produkten maßgeblich zur Belastung des Hausstaubes beitragen.

Es soll abgeschätzt werden, wie viel Mikrogramm an Phthalaten Kleinkinder täglich aus Hausstaub aufnehmen können und welcher Anteil der duldbaren täglichen Aufnahme damit erreicht wird [55].

Es wird von folgenden Annahmen ausgegangen:

- das Gewicht des Kleinkindes beträgt 8 kg [54, 55],
- der gesamte Hausstaub besteht einheitlich aus der < 63 µm Staubfraktion,
- Kleinkinder nehmen täglich eine mittlere Hausstaubmenge von 10 mg über den Mund auf, bei einer Resorptionsverfügbarkeit von 50 % [56],
- Kleinkinder nehmen im ungünstigen Falle täglich eine Hausstaubmenge von 250 mg über den Mund auf, bei einer Resorptionsverfügbarkeit von 100 % [56],
- der mittlere Hausstaubgehalt entspricht dem geometrischen Mittel für die jeweilige Umweltchemikalie,
- für den ungünstigen Fall wird die Wohnung gewählt, deren Hausstaub den maximalen Gehalt für die jeweilige Umweltchemikalie besitzt.

Tab. 12: Phthalat-Aufnahme von Kleinkindern aus Hausstaub

| Phthalate | Tolerable Daily Intake (TDI) [µg/kg Körpergewicht/Tag] [55] | Hausstaubgehalt [mg/kg] | | Tägliche Aufnahme aus Hausstaub [µg/kg Körpergewicht/Tag] | | Anteil von der TDI [%] | |
|-----------|---|-------------------------|------|---|-----|------------------------|-----|
| | | Geom. Mittel | Max | Mittel | Max | Mittel | Max |
| DEHP | 37 | 610 | 2700 | 0,4 | 84 | 1 | 230 |
| DINP | 150 | 74 | 1000 | 0,05 | 31 | 0,03 | 21 |
| DIDP | 250 | 29 | 4200 | 0,02 | 131 | 0,01 | 53 |
| BBP | 200 | 29 | 700 | 0,02 | 22 | 0,01 | 11 |
| DBP | 100 | 56 | 600 | 0,04 | 19 | 0,04 | 19 |
| DNOP | 370 | 5 | 160 | 0,003 | 5 | 0,001 | 1 |

Die Abschätzung zeigt, dass der Beitrag des Hausstaubes zur Phthalat-Belastung für Kleinkinder bei mittleren Bedingungen sehr gering ist. Der größte Anteil der duldbaren täglichen Aufnahme wird mit 1 % für DEHP erreicht. Unter den angenommenen ungünstigen Bedingungen kommt es für DEHP aus Hausstaub mit 230 % zu einer Überschreitung der duldbaren täglichen Phthalat-Aufnahme für Kleinkinder

Ein Vergleich mit 95 % Perzentilen aus zwei anderen Studien lässt vermuten, dass für DEHP in anderen Wohnungskollektiven noch höhere maximale Staubgehalte gemessen worden sind (s. Tab. A13) Das 95 % Perzentil aus der Niedersachsen/Schleswig-Holstein-Studie von 1998/99 z.B. erreicht für DEHP mit 2600 mg/kg bereits in etwa den Hamburger Maximalgehalt von 2700 mg/kg [45]. Welche DEHP-Gehalte im Hausstaub erreicht werden können, zeigt z.B. die Studie aus Fürth und Umgebung von 1995/96 mit einem Maximalgehalt von 8600 mg/kg [57]. Auch unter weniger ungünstigen Annahmen ist daher eine Überschreitung der duldbaren täglichen Aufnahme für DEHP aus Hausstaub nicht auszuschließen. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass auch die Atemluft mit DEHP belastet sein kann, ferner kamen zumindest bis zum Verbot Ende des Jahres 1999 auch Spielzeuge aus Weich-PVC als Quelle für DEHP in Frage.

4.3.1.1.2 Phthalat-Aufnahme von Kleinkindern aus Weich-PVC-Spielzeug

Die Phthalat-Aufnahme von Kleinkindern aus Hausstaub soll mit der aus Weich-PVC-Spielzeug verglichen werden. Als Rahmenbedingungen für die Expositionsabschätzung bei Weich-PVC-Spielzeug wurde ebenfalls von einem 8 kg schweren Kleinkind ausgegangen, das 3 Stunden am Tag auf einem 10 cm² großen phthalathaltigen PVC-Spielzeug nuckelt [55]. Die Aufnahme an Phthalaten wurde durch Extraktion simuliert. Der Vergleich bezieht sich jeweils auf maximale Emissionsraten bei Spielzeug und maximale Stoffgehalte im Hausstaub.

Tab. 13: Phthalat-Aufnahme von Kleinkindern aus Weich-PVC-Spielzeug

| Phthalate | Tolerable Daily Intake (TDI) [$\mu\text{g}/\text{kg}$ Körpergewicht/Tag] [55] | Tägliche Aufnahme aus Spielzeug [$\mu\text{g}/\text{kg}$ Körpergewicht/Tag] | Anteil von der TDI bei Spielzeug [%] | Anteil von der TDI bei Hausstaub [%] | TDI-Anteilverhältnis Spielzeug/Hausstaub |
|-----------|--|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| DEHP | 37 | 200 | 540 | 230 | 2 |
| DINP | 150 | 200 | 130 | 21 | 6 |
| DIDP | 250 | 17,5 | 7 | 53 | 0,1 |
| BBP | 200 | 0,95 | 0,5 | 11 | 0,04 |
| DBP | 100 | 0,40 | 0,4 | 19 | 0,02 |
| DNOP | 370 | 95 | 26 | 1,4 | 19 |

Das Verhältnis der TDI-Anteile Spielzeug/Hausstaub zeigt, dass die Kleinkinder nicht bei allen Phthalaten aus dem Weich-PVC-Spielzeug größere Phthalatmengen als mit dem Hausstaub aufnehmen. Unter den angenommenen Bedingungen für einen ungünstigen Fall kann die Aufnahme aus dem Hausstaub bei den Phthalaten Diisodecylphthalat, Benzylbutylphthalat und Dibutylphthalat überwiegen.

Bei Weich-PVC-Spielzeug kommt es bei DEHP mit 540 % und Diisononylphthalat mit 130 % zu Überschreitungen der duldbaren täglichen Phthalat-Aufnahme für Kleinkinder.

Diese Überschreitungen haben dazu geführt, dass gemäß EG-Entscheidung 1999/815/EG vom 7. Dezember 1999 das in Verkehrbringen von Spielzeug- und Babyartikeln aus Weich-PVC, die dafür bestimmt sind von Kindern unter drei Jahren in den Mund genommen zu werden, wegen der darin enthaltenen Phthalate untersagt worden ist [58]. Die Geltungsdauer der Entscheidung wurde am 17. Mai 2002 zum zehnten Mal verlängert [59]. Das Verbot stützt sich auf Bewertungen des wissenschaftlichen Ausschusses für Toxizität, Ökotoxizität und Umwelt der Europäischen Union (CSTEE) vom November 1998 [55].

Den Abschätzungen zur Belastung durch DEHP und Dibutylphthalat aus Hausstaub und Weich-PVC-Spielzeug liegen TDI-Werte zu Grunde, welche die inzwischen erfolgte Neubewertung dieser Umweltchemikalien als ‚fortpflanzungsgefährdend‘ unberücksichtigt lassen.

4.3.2 Kurzketten Chlorparaffine

Zu den Hauptkomponenten im Hausstaub gehören neben den Phthalaten auch die Chlorparaffine. Chlorparaffine werden hauptsächlich als Sekundärweichmacher und Flammschutzmittel für PVC eingesetzt [51, 60].

Die kurzkettigen Chlorparaffine stehen im Verdacht krebserzeugend (K 3) zu wirken [46].

Im Rahmen des Meeresschutzabkommens PARCOM ist 1995 mit Zustimmung Deutschlands ein Verbot für kurzkettige Chlorparaffine völkerrechtlich verbindlich beschlossen worden.

Dieser Beschluss (PARCOM-Beschluss 95/1) sieht die Einstellung folgender Verwendungen vor:

- Einsatz in Metallbearbeitungsflüssigkeiten,
- Weichmacher in Farben und Beschichtungen,
- Weichmacher in Dichtungsmaterialien,
- Flammenschutzmittel in Gummi, Kunststoffen und Textilien [60 - 62].

Ende Mai 2002 haben das Europäische Parlament und der Europäische Rat eine Richtlinie beschlossen, welche die Anwendung von kurzkettigen Chlorparaffinen einschränkt [61]. Die Richtlinie sieht für die Metall verarbeitende Industrie und für das Fetten von Leder ein Verwendungsverbot für Produkte mit einem Gehalt von über 1 % kurzkettiger Chlorparaffine vor. Für die Anwendungen als Weichmacher und als Flammenschutzmittel ist eine Prüfung der Gesundheits- und Umweltrisiken bis zum 1. Januar 2003 vorgesehen. Es ist davon auszugehen, dass insbesondere diese zunächst ausgesparten Anwendungen bei zahlreichen Produkten in Innenräumen anzutreffen sind.

Kurzkettige Chlorparaffine werden in Deutschland nicht mehr hergestellt. Derzeit werden jedoch die Anwender von Chlorparaffinen durch Importe versorgt [51, 60, 62].

Die gesamte PVC-Industrie hat sich im März 2000 in einer freiwilligen Selbstverpflichtung dazu bekannt sich den Herausforderungen einer nachhaltigen Entwicklung zu stellen [52, 63 - 65]. Unter Verwendung eines integrierten Ansatzes soll ein verantwortliches Management-Konzept (Responsible Care) realisiert werden. Ziel ist es die Produkte über ihren gesamten Lebensweg einer kontinuierlichen Verbesserung in Bezug auf Umweltauswirkungen zu unterziehen. Die Verwendung von Zusatzstoffen, die zu der Gruppe von Stoffen gehören, die wie DEHP, Dibutylphthalat als fortpflanzungsgefährdend und wie kurzkettige Chlorparaffine, die im Verdacht stehen krebserzeugend zu wirken, lassen sich mit diesem Konzept nicht vereinbaren.

Das Umweltbundesamt empfiehlt einen kurzfristigen Ausstieg aus der Verwendung von Chlorparaffinen als Sekundärweichmacher und Flammenschutzmittel in PVC [51]. Bei der geforderten Substitution von Weich-PVC sind Weich-PVC-Produkte, die Chlorparaffine enthalten, bevorzugt zu ersetzen. In den meisten Fällen sind nach Angaben des Umweltbundesamtes geeignete Alternativen zur Verwendung von Chlorparaffinen in PVC vorhanden.

4.3.3 Tris(2-chlorethyl)phosphat (TCEP)

Organophosphate werden wie Chlorparaffine als Flammenschutzmittel und Weichmacher eingesetzt [34]. Insbesondere die halogenhaltigen Organophosphate besitzen gute flammenhemmende Eigenschaften. Zu den halogenhaltigen Organophosphaten gehört TCEP, das gemäß TRGS 905 als krebserzeugend (K 2/ K3) und die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigend (RF 2) bewertet wird [46]. TCEP wird in Deutschland nicht mehr hergestellt, aber Importe sind möglich.

Stoffe wie TCEP, die als krebserzeugend und fortpflanzungsgefährdend bewertet werden, sollten bei zukünftig hergestellten Produkten nicht mehr zum Einsatz kommen. Für die Schaumstoffe in Polstermöbeln und Matratzen hat der Verband der Polyurethan-Weichschaum-Industrie bereits auf die Anwendung von TCEP verzichtet [66].

4.3.4 Permethrin

Permethrin gehört nicht zu der Gruppe von Stoffen, die als krebserzeugend, erbgutverändernd oder fortpflanzungsgefährdend bewertet werden. Permethrin besitzt aber unter den Bioziden im Hausstaub dominierenden Charakter und wird als potenziell endokrin wirksam diskutiert [47].

Wie im Kapitel 5 anhand der Auswertung mit dem Percentil-Quotienten gezeigt wird, stellen Teppichböden mit Wollflor die Hauptquelle für Permethrin dar (PQ = 11). Permethrin gehört zur Stoffgruppe der Pyrethroide.

Beim Kauf von Teppichböden mit Wollflor sollte durch verständliche Deklaration der Produkte der Verbraucher sofort erkennen können, welche Teppichböden mit Bioziden behandelt wurden und welche frei von Bioziden sind. Teppiche bzw. Teppichböden mit der Bezeichnung „Reine Schurwolle“ bieten keinen Schutz vor Bioziden. Bekannte Prüfzeichen sind das „Woolmark“-Wollsiegel und „Wools of New Zealand“. Für Produkte mit diesen Prüfzeichen ist eine Mottenschutzrüstung vorgeschrieben. Nach Angaben der Teppichindustrie ist das in der Regel verwendete Biozid Permethrin jedoch so fest an die Faser gebunden, dass auch Kleinkinder keinen Schaden nehmen. Meierhenrich konnte jedoch zeigen, dass die Permethrin-Ergebnisse für Hausstaub nicht auf abgelöste Wollfasern zurückzuführen sind, sondern auf Adsorption beim Kontakt der Hausstaubpartikel mit der Wollfaser [67]. Von einer festen Bindung des Permethrins an die Wollfaser kann daher nicht ausgegangen werden. Die Notwendigkeit einer Biozid-Behandlung von Teppichböden mit Wollflor und Wollsiegel-Produkten sollte kritisch hinterfragt werden, insbesondere ob die möglichen Schäden den möglichen Nutzen nicht überwiegen. Teppichböden mit Wollflor ohne Mottenschutz sind bereits seit über zehn Jahren auf dem deutschen Markt erhältlich [68].

5. Zuordnung von Umweltchemikalien zu bestimmten Produkten

Anhand der vorliegenden Hausstaub-Ergebnisse aus 65 Privatwohnungen soll geprüft werden, ob eine Zuordnung der untersuchten Umweltchemikalien zu bestimmten Produkten möglich ist.

Begleitend zur Probenahme wurde von den Bewohnern ein Fragebogen ausgefüllt (s. Abbildung A1 und A2). Ziel war es, einen Fragebogen zu entwickeln, der übersichtlich und nicht zu umfangreich sein sollte. Gefragt wurde vor allem nach großflächigen Produkten wie z.B. Teppichböden, Kunststoffbelägen etc. Dabei wurde davon ausgegangen, dass insbesondere Produkte mit großer Oberfläche durch Desorption und Abrieb besonders geeignet sind, Beiträge zur Belastung von Innenräumen beizusteuern.

Für die Beurteilung, ob ein Produkt bestimmte Stoffe emittiert, wurde nach einem geeigneten Kriterium gesucht. Die vielfach zur Beurteilung benutzten arithmetrischen Mittelwerte können in starkem Maße durch Extremwerte beeinflusst werden. Bei dem Median (50 % Perzentil), dem Mittelwert der Häufigkeitsverteilung ist dieser Einfluss nicht gegeben. Es bestehen aber Probleme wenn der Median im Bereich der Bestimmungsgrenze liegt. Die vielfach benutzten 95 % und 98 % Perzentile haben größere Datenkollektive zur Voraussetzung. Im vorliegenden Falle bietet sich zur Beurteilung ein 75 % Perzentil an, das ohne Beeinflussung durch den Maximalgehalt bis zur Kollektivstärke von 5 Werten einsetzbar ist.

Zur Beurteilung werden die Werte aus Wohnungen, die das Produkt enthalten (wahr), denjenigen gegenübergestellt, die das Produkt nicht enthalten (falsch). Zur Beschränkung auf deutliche Einflüsse wird ab einem Quotienten (PQ)

**P75 Wahr/P75 Falsch $\geq 2,0$
(mit P75 Wahr $\geq 1,0$ mg/kg)**

ein Einfluss des Produktes als gegeben angesehen. Bei Einfluss mehrerer möglicher Produkte ist das Kollektiv, so weit möglich ($n \geq 5$), auf einzelne Produkte einzugrenzen. Bei richtiger Produktauswahl wächst der Quotient entsprechend an. Diese auf großflächige Produkte beschränkte Vorgehensweise, kann erste Hinweise auf mögliche Quellen liefern. Nicht auszuschließen ist aber, dass auch bisher noch nicht erfasste kleinflächige Produkte, insbesondere wenn sie in größerer Anzahl vorhanden sind, als emittierende Quellen einen bedeutenden Beitrag zur Belastung leisten.

Für eine endgültige Zuordnung von Umweltchemikalien zu einzelnen Produkten bedarf es immer der Kenntnis der Produktzusammensetzung.

5.1 Weichmacher, Flammschutzmittel, Stabilisatoren in großflächigen Produkten

Als großflächige Produkte für Weichmacher, Flammschutzmittel, Stabilisatoren wurden beteiligt:

- PVC-Fußbodenbeläge (PVC),
- Teppichboden mit Kunstfaserflor (TBK),
- Teppichboden mit Naturfaserflor (TBN),
- Teppiche (TEP),
- Laminat-Fußbodenbeläge (LAM),

- Lackversiegelte Böden aus Holzdielen, Parkett und Kork (LV),
- Öl/Wachs-behandelte Böden aus Holzdielen, Parkett und Kork (ÖW).

Wegen zu geringer Anzahl konnten Linoleum-Fußbodenbeläge und Vinyl-Tapeten nicht berücksichtigt werden.

Die Tabelle A5 im Anhang enthält die Produkte, für die der Quotient aus P75 wahr/P75 falsch Werte $\geq 2,0$ ergeben hat.

Die Tabelle zeigt, dass für einige Stoffe mehrere Produkte als Quellen in Frage kommen. Zu prüfen ist, ob diese Produkte tatsächlich zur Emission beitragen oder ob Quereinflüsse anderer Produkte dafür verantwortlich sind. Eine Klärung wird durch Begrenzung auf ein Produkt erreicht (verfeinerte Zuordnung).

Die verfeinerte Zuordnung in Tabelle A6 zeigt, dass Teppiche keinen Beitrag zur Emission an Dimethylphthalat liefern, wohl aber Teppichböden mit Naturfaserflor und Lackversiegelung mit deutlich erhöhten Percentil-Quotienten von 6,3 und 10.

Bei Benzylbutylphthalat entfällt Teppichboden mit Kunstfaserflor als Quelle. Teppichböden mit Naturfaserflor sind im Vergleich zu den PVC-Fußbodenbelägen nur eine schwache Quelle.

Bei Di-n-octylphthalat entfällt die Öl/Wachs-Behandlung von Fußböden als Quelle. Als Quellen bestätigt werden Laminatbeläge und PVC-Fußbodenbeläge.

Bei verfeinerter Zuordnung entfallen Teppichböden mit Naturfaserflor als Emittenten für zinnorganischen Verbindungen. Es verbleiben PVC-Fußbodenbeläge, die Monobutylzinn- und Dibutylzinn-Verbindungen als Stabilisatoren enthalten. Es ist bekannt, dass bei Weich-PVC-Produkten, wie z.B. Fußbodenbeläge, die Mobilität von zinnorganischen Stabilisatoren durch Weichmacher erhöht wird [69].

Tabelle A7 fasst die großflächigen Produkte zusammen, die möglicherweise als Emittenten für Weichmacher, Flammschutzmittel und Stabilisatoren in Frage kommen. Ob die hier aufgeführten Produkte tatsächlich einen Beitrag zur Emission leisten, bedarf der weiteren Prüfung.

5.2 Biozide in großflächigen Produkten und Anwendungen bei Haustieren

Für die Biozide wurden an großflächigen Produkten berücksichtigt:

- die oben bereits aufgeführten Teppichwaren,
- Holzbeläge wie Holzdielen (HD), Parkett (PAR), Kork (KOR) und Holzverkleidungen (HV),
- Behandlungsmethoden für Holz (Lackversiegelung (LV) und Öl/Wachs-Behandlung (ÖW) und
- Insektizidanwendungen bei Haustieren (insbesondere bei Katzen und Hunden).

Für alle 65 Wohnungen liegen Ergebnisse über die Biozidgehalte im Hausstaub vor. Von den 24 Bioziden wurden 6 Biozide ausgewählt, bei denen mindestens 45 % der Hausstaubgehalte größer oder gleich der Bestimmungsgrenze waren.

Das sind:

- Permethrin,
- Pentachlorphenol (PCP),
- p,p'-DDT,
- Methoxychlor,
- Propoxur und
- Chlorpyrifos

Ein Percentil-Quotient von 11 liefert den deutlichen Hinweis, dass Teppichböden mit Naturfaserflor die Hauptquelle für Permethrin bilden (s. Tabelle A8). Aus den Fragebögen ist bekannt, dass vereinzelt auch für Hunde und Katzen Schädlingsbekämpfungsmittel eingesetzt werden, die als Wirkstoff Permethrin enthalten. Eine verfeinerte Zuordnung z.B. Anwendung von Insektizidmitteln bei Katzen ohne Vorhandensein von Teppichböden mit Naturfaserflor ist wegen verbleibender zu kleiner Wohnungsanzahl (n = 4) nicht möglich. Ersatzweise werden die Wohnungen betrachtet, bei denen Insektizidanwendung und TBN zusammen vorkommen. Die Steigerung des Quotienten von 11 auf 19 ist als Hinweis auf Insektizidmittel als zusätzliche Permethrin-Quelle zu werten (s. Tabelle A9).

Holzdielenböden (HD) sind als mögliche Emittenten für DDT erkennbar. Werden behandelte und unbehandelte Holzdielenböden gemeinsam betrachtet, ergibt sich ein Percentil-Quotient von 5,7. Auch für die unterschiedlichen Behandlungsarten lieferte der Percentil-Quotient plausible Werte. Werden nur lackversiegelte Holzböden betrachtet, verringert sich der Percentil-Quotient auf Grund der abschirmenden Wirkung der Lackschicht erwartungsgemäß auf 3,7. Bei offenerporiger Behandlung der Holzdielen mit Öl/Wachs dagegen wird ein Percentil-Quotient von 11 erreicht. Dabei wird der Übergang aus den Holzdielen in die Öl/Wachsschicht noch durch die lipophilen Eigenschaften des DDT unterstützt. DDT ist in Westdeutschland bereits 1972 verboten worden. Wenn auch nach rund 30 Jahren immer noch DDT in Innenräumen gefunden wird, so belegt das die besondere Persistenz von DDT im Innenraummilieu. Die Häuser mit Holzdielenböden und DDT-Gehalten im Hausstaub sind überwiegend zwischen 1945 und 1977 oder vor 1945 gebaut worden. In einem Falle handelt es sich um einen Neubau von 1991. Die Holzdielen sind in dem Fall vermutlich bereits behandelt aus osteuropäischen Ländern bezogen worden.

Ergebnisse von Butte, wonach bei Vorkommen von Wollteppichen bzw. Wollteppichböden signifikant höhere Gehalte an DDT und Methoxychlor in den Hausstäuben beobachtet wurden, konnten mit dem Percentil-Quotienten für Hamburger Wohnungen nicht bestätigt werden [45]. Auch bei zusätzlich durchgeführter gemeinsamer Betrachtung von Teppichen und Teppichböden mit Wollflor ergab sich keine Bestätigung.

Methoxychlor wurde an Stelle von DDT als weniger toxischer Ersatzstoff angewandt. Ein erhöhter Quotient konnte für Holzdielenböden aber nicht festgestellt werden. Erhöhte Quotienten wurden gefunden für Teppichwaren, Kork und Insektizide insbesondere zur Anwendung bei Hunden. Bei verfeinerter Zuordnung kommen Teppichwaren als Quellen nicht mehr in Frage. Für Kork ergibt sich bei Aussparung der Wohnungen mit Insektizidanwendung immer noch ein Percentil-Quotient von 4,0, allerdings bei zu geringer Wohnungsanzahl von n = 4.

Für das seit 1989 verbotene Pentachlorphenol (PCP), das u.a. als Holzschutzmittel eingesetzt worden ist, ergaben sich keine Hinweise auf emittierende Produkte. Möglicherweise sind kleinflächige Produkte für die vereinzelt beobachteten erhöhten Gehalte verantwortlich.

Als mögliche Hauptquelle für Chlorpyrifos wurden Insektizide erkannt, die bei Katzen Anwendung fanden (PQ = 9,9). Daneben wurde auch für Teppiche mit 3,5 ein erhöhter Percentil-Quotient gefunden. Eine verfeinerte Zuordnung auf Wohnungen ohne Insektizidanwendung lieferte keine Bestätigung für Teppiche als emittierendem Produkt für Chlorpyrifos.

Als Hauptquelle für Propoxur wurden Insektizide erkannt, die bei Hunden Anwendung finden (PQ = 6,2).

In der Tabelle A9 sind die emittierenden Stoffe für die einzelnen großflächigen Produkte und Anwendungen bei Haustieren zusammengefasst, wie sie sich nach Feinabstimmung der Zuordnung ergeben.

5.3 Benzo(a)pyren aus möglichen Emissionsquellen

Nur in 4 Wohnungen wurden für Benzo(a)pyren im Hausstaub Gehalte von über 1 mg/kg ermittelt. Eine Zusammenhang zu möglichen Emissionsquellen wie z.B. Parkettkleber, Öfen, Raucherhaushalte oder starker Verkehr im Umfeld der Wohnungen konnte nicht festgestellt werden.

6. Vorkommen, Verwendung und Vergleich mit anderen Untersuchungen

Alle in diesem Bericht vorgestellten Untersuchungen an Hausstäuben aus Hamburger Wohnungen basieren auf der Hausstaubfraktion $< 63 \mu\text{m}$. Nur ausreichend homogenes Probenmaterial sichert bei der Vielzahl der hier angewendeten unterschiedlichen Analysemethoden eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse.

Für Vergleichszwecke ist das 95 % Perzentil besser geeignet als das geometrische Mittel, weil die Unterschiede deutlicher erkennbar sind, ohne dass eine Beeinflussung durch Extremwerte gegeben ist.

6.1 Biozide

6.1.1 Biozide (Staubfraktion $< 63 \mu\text{m}$)

Zum Vergleich werden drei Studien herangezogen, in denen ebenfalls von der Staubfraktion $< 63 \mu\text{m}$ ausgegangen wird. Bei den Probenkollektiven handelt es sich jeweils wie bei den Hamburger Untersuchungen um Stäube aus Wohnungen, die nicht als Schadens- oder Beschwerdefälle auffällig geworden sind.

Die Hamburger Ergebnisse werden verglichen mit den Ergebnissen der folgenden beiden Kontrollkollektive und dem Gesamtkollektiv einer umwelttoxikologischen Studie:

- Kontrollkollektiv bei der Nachuntersuchung zur Fall-Kontroll-Studie MÜNCHENHAGEN Niedersachsen / Nordrhein-Westfalen 1997 [23, 70],
- Gesamtkollektiv einer umwelttoxikologischen Studie im Kreis Pinneberg, Schleswig-Holstein 1995/96 [71].
- Kontrollkollektiv der „Norddeutschen Leukämie und Lymphom-Studie“ (NLL), Niedersachsen / Schleswig-Holstein 1998/99 [45],

Ausgewählt werden sechs Biozide, für die in Hamburger Hausstäuben 95 % Perzentile $> 1 \text{ mg/kg}$ ermittelt wurden.

- Permethrin,
- Methoxychlor,
- Chlorpyrifos,
- Propoxur,
- Pentachlorphenol,
- p, p'-DDT.

6.1.1.1 Alte Biozide

Alle drei Vergleichsstudien weisen bei alten Bioziden der ersten Biozid-Generation wie p,p'-DDT und Methoxychlor und der zweiten Generation wie Pentachlorphenol und Lindan um rund Faktor 2 – 4 höhere 95 % Perzentile auf als bei den Untersuchungen in Hamburg

(s. Tabelle A10) [45]. Im Vergleich zu den großstädtischen Wohnungen in Hamburg ist bei den Wohnungen der drei Vergleichsstudien zumindest teilweise ein eher ländlich geprägtes Umfeld zu erwarten. Abhängig vom Umfeld sind Unterschiede beim Umgang mit Bioziden möglich.

Insbesondere bei Methoxychlor, dem Biozid mit den nach Permethrin höchsten Gehalten ist in der Niedersachsen/Schleswig-Holstein Studie von 1998/99 ein signifikanter Unterschied festgestellt worden, je nach dem ob im Umfeld der Wohnungen sich Scheunen, Stallungen, Gartenhäuser befinden oder nicht. Bis Mitte der 90er Jahre war Methoxychlor als Pflanzenschutzmittel zugelassen [45]. Auch in Hamburg weist Methoxychlor nach Permethrin die höchsten Gehalte auf. Der Percentil-Quotient in Kapitel 5 liefert Hinweise, dass Methoxychlor als Insektenbekämpfungsmittel bei Hunden eingesetzt worden ist (PQ = 6,3).

DDT ist in Westdeutschland bereits seit 1972 verboten [72]. In Ostdeutschland wurde DDT z.B. bis 1989 und in den übrigen Ostblockstaaten auch noch länger zur Holzbehandlung eingesetzt. Der aus den Hamburger DDT-Gehalten berechnete Percentil-Quotient liefert den Hinweis, dass vermutlich Holzdielenböden für die DDT-Belastung verantwortlich sind (PQ = 5,7). In der niedersächsischen Studie wurde dagegen kein signifikanter Zusammenhang zwischen DDT-Gehalten und Einsatz als Holzschutzmittel gefunden, wohl aber für den Einsatz von DDT bei Anwendern von Insektenschutzmitteln und bei Ausstattung mit Wollteppichen bzw. Wollteppichboden [23, 45].

Für Pentachlorphenol hat Butte auf der Basis von über 2800 Staubproben der Jahre 1985 bis 1997 Jahresmediane ermittelt [23]. Die Industrie ist 1985 eine freiwillige Selbstverpflichtung eingegangen, zukünftig auf Pentachlorphenol in Holzschutzmitteln zu verzichten [32]. 1988 zeigten die Hausstaubuntersuchungen erste Auswirkungen der Maßnahme. Während bis 1987 die Mediane für PCP gleichbleibend im Bereich um 4 mg/kg lagen, wurde 1988 erstmals eine Absenkung auf 3 mg/kg erreicht. 1989 wurde die Produktion, das Inverkehrbringen und die Verwendung von PCP in der Bundesrepublik Deutschland verboten, mit der Folge einer weiteren Absenkung der Mediane auf 0,6 mg/kg im Jahre 1997. Die Hamburger Proben stammen aus den Jahren 1998 und 1999. Ermittelt wurde in Hamburg ein Median von 0,5 mg/kg, was gut mit dem von Butte ermittelten Median von 0,6 mg/kg übereinstimmt.

6.1.1.2 Neuere Biozide

Bei allen Messprogrammen ist Permethrin das Biozid mit den höchsten Gehalten. Für die neueren Biozide Permethrin, Chlorpyrifos und Propoxur sind die Vorläufige Referenzwerte (95 % Percentile) in Hamburg umgekehrt wie bei den alten Bioziden um rund den Faktor 2 – 4 höher als bei den Vergleichsstudien, bei Chlorpyrifos sogar bis Faktor 9 höher. Hauptanwendung für Permethrin sind Teppichböden mit Wollflor (PQ = 11). Daneben kommt es, wie den Fragebögen zu entnehmen ist, vereinzelt auch zur Insektenbekämpfung bei Hunden und Katzen zur Anwendung. Propoxur wird z.B. in Flohhalsbändern bei Hunden eingesetzt (PQ = 6,3), während Chlorpyrifos bei Katzen eingesetzt wird (PQ = 9,9). Für den Wirkungsverstärker Piperonylbutoxid (PBO) liegen die Referenzwerte (95 % Percentile) bei den Vergleichsstudien um rund den Faktor 2–4 höher. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Piperonylbutoxid (PBO) in Hamburg nur in 13 von 65 Hausstäuben gemessen worden ist. Eine Erklärung für die Unterschiede kann zur Zeit noch nicht gegeben werden.

6.1.2 Biozide (Staubfraktion < 2 mm bzw. Gesamtstaub)

Bei den weiteren Vergleichsstudien ist mit Hausstaubfraktionen < 2 mm und Gesamtstaub gearbeitet worden. Auf Grund der geringeren spezifischen Partikeloberfläche und den damit verbundenen geringeren Adsorptionsmöglichkeiten für Biozide sind geringere Stoffgehalte zu erwarten. Walker und Butte haben das beispielhaft für Permethrin und Pentachlorphenol an vier Staubfraktionen („Wollmäuse“, Gesamtstaub, < 2 mm Fraktion, < 63 µm Fraktion) gezeigt [23, 41]. Für Permethrin kommt Meierhenrich zu ähnlichen Ergebnissen [67].

In für die Bundesrepublik Deutschland repräsentativen Studien hat das Institut für Wasser-Boden- und Lufthygiene 1985/1986 und 1990/92 Permethrin, Piperonylbutoxid, Lindan und Pentachlorphenol im Hausstaub bestimmt (s. Tabelle A11) [8, 10, 35]. Ein Vergleich der geometrischen Mittel zeigt den Rückgang bei den Bioziden Lindan und Pentachlorphenol bei gleichzeitigem Anstieg bei Permethrin. Diese Veränderungen lassen sich darauf zurückführen, dass 1989 Pentachlorphenol verboten wurde und Lindan in dieser Zeit durch Permethrin ersetzt wurde.

Die Referenzwerte (95 % Perzentil) zeigen, dass in Ostdeutschland 1991/92 noch deutlich weniger Produkte mit Permethrin zur Anwendung gekommen sind als in Westdeutschland. Der Referenzwert lag in Ostdeutschland bei 3,4 mg/kg und in Westdeutschland bei 13,4 mg/kg. In den folgenden Jahren sind die Referenzwerte für Permethrin weiter deutlich angestiegen, wie ein Vergleich mit den jüngeren Studien zeigt.

Zu den jüngeren Studien gehört auch eine Studie aus Süddeutschland vom Messinstitut AnBUS e. V (1995/96) [57]. In dieser Studie sind Gesamtstäube von Wohnungen aus Fürth und Umgebung untersucht worden (s. Tabelle A12). Die Referenzwerte für die alten Biozide Pentachlorphenol und DDT liegen im Vergleich mit den anderen Studien höher als für Permethrin, Chlorpyrifos und Propoxur. Ein Muster, wie es in ähnlicher Form auch bei den Studien aus Niedersachsen/Nordrhein-Westfalen (1996), Schleswig-Holstein (1995/96) und Niedersachsen/Schleswig-Holstein (1998/99) zu finden ist. [23, 45, 70, 71].

6.2 Weichmacher

Phthalate werden zu mehr als 90 % als Weichmacher für PVC verwendet [51, 52, 73]. Die restlichen knapp 10 % verteilen sich auf Farben, Lacke, Kleber, Schmierstoffe und andere Einsatzgebiete. Der Weichmacherverbrauch in Westdeutschland betrug 1990 ca. 234.000 t [53].

Die technisch wichtigsten Verbindungen sind DEHP, Diisononylphthalat, Diisodecylphthalat, Dibutylphthalat und Benzylbutylphthalat. Der Weichmacherverbrauch an DEHP nimmt 1990 in Westdeutschland mit knapp 40 % (90.100 t) den Spitzenplatz ein [53]. Entsprechend ist DEHP auch in fast allen Hausstäuben die Hauptkomponente unter allen bestimmten Stoffen. Für die im Verbrauch folgenden Phthalate Diisononylphthalat und Diisodecylphthalat liegen leider keine Vergleichswerte vor. Die weite Verbreitung auch der anderen Phthalate wie Benzylbutylphthalat, Dibutylphthalat, Diisobutylphthalat ist daran erkennbar, dass in allen Wohnungen diese Stoffe im Hausstaub bestimmbar sind. Ein Vergleich mit der Niedersachsen/Schleswig-Holstein-Studie (1998/99) zeigt, dass die Reihenfolge der 95 % Perzentile mit den Hamburger Werten übereinstimmt (s. Tabelle A13) [45]. Auf DEHP folgt Benzylbutylphthalat dann Dibutylphthalat und Diisobutylphthalat. Die 95 % Perzentile der Niedersachsen/Schleswig-Holstein-Studie (1998/99) liegen dabei um den Faktor 1,3 – 1,7 höher. Bei der

süddeutschen Studie aus Fürth und Umgebung ist der deutlich höhere Referenzwert mit 370 mg/kg für Dibutylphthalat auffällig [57]. Bei dieser Studie werden dagegen im Vergleich mit den Hamburger Werten deutlich geringere Gehalte für Diethylphthalat und Dimethylphthalat erhalten.

6.3 Organophosphate

Organophosphate werden als Flammschutzmittel und Weichmacher eingesetzt [34]. Bei chlorhaltigen Organophosphaten wird die flammenhemmende Wirkung zusätzlich durch den Chlorgehalt unterstützt. Verglichen werden hier zwei besonders wichtige chlorierte Organophosphate, das Tris(chlorethyl)phosphat (TCEP) mit besonderen toxischen Eigenschaften und das Tris(chlorpropyl)phosphat als Hauptprodukt unter den chlorierten Organophosphaten [46, 74, 75]. Von TCEP wurden 1997 weltweit 4000 t und von Tris(chlorpropyl)phosphat 40.000 t produziert. In Deutschland wird TCEP inzwischen nicht mehr hergestellt. Hauptsächlich Anwendung finden chlorierte Organophosphate bei der Herstellung von Polyurethanschäumen, die als Weichschäume in Polstermöbeln und Matratzen und als Hartschäume im Wohnungsbau als Montageschaum eingesetzt werden. Weiterhin finden sie sich in Kunststoffgehäusen von Elektrogeräten aus dem Unterhaltungs- und Informationsbereich [76, 77].

Für Polstermöbel und Matratzen haben sich die Mitglieder des Verbandes der Polyurethan-Weichschaum-Industrie e. V. (VWI) freiwillig verpflichtet auf TCEP zu verzichten [66].

Für TCEP und Tris(chlorpropyl)phosphat liegen zum Vergleich drei Untersuchungen von 1997 vor, eine Untersuchung aus Norddeutschland, eine Untersuchung aus dem mittel-/südostdeutschen Raum und eine Untersuchung aus dem südwestdeutschen Raum (s. Tabelle A14) [78, 79]. Ausgangsmaterial ist jeweils die < 63 µm Hausstaubfraktion.

Die 95 % Perzentile für TCEP liegen im Bereich zwischen 6,2 mg/kg in Hamburg und 12 mg/kg bei der norddeutschen Untersuchung. Mit 7,5 mg/kg und 8,8 mg/kg liegen die süddeutschen Referenzwerte innerhalb dieses Bereiches. Für das hauptsächlich produzierte Tris(chlorpropyl)phosphat wird in Hamburger Wohnungen mit 12 mg/kg der höchste Referenzwert ermittelt. Auffallend ist auch, dass in Hamburg und im norddeutschen Raum deutlich häufiger Rückstände von TCEP und Tris(chlorpropyl)phosphat im Hausstaub gefunden werden als in Süddeutschland. In Hamburg liegen für alle Proben die Werte oberhalb der Bestimmungsgrenze. In Südwestdeutschland liegen z. B. bei Tris(chlorpropyl)phosphat nur 60 % der Werte oberhalb der Bestimmungsgrenze.

Bei zwei weiteren Untersuchungen für TCEP im Gesamtstaub wurden vergleichbare Ergebnisse erhalten (s. Tabelle A15) [75, 80].

6.4 Benzo(a)pyren (B(a)P)

Benzo(a)pyren dient als Leitkomponente für die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK). PAK entstehen bei der unvollständigen Verbrennung und liegen dann hauptsächlich an Ruß gebunden vor. PAK sind auch in Teer- und Bitumenprodukten enthalten. Besondere Aufmerksamkeit haben in der Vergangenheit Parkettkleber auf Teerbasis erlangt, die bis Ende der 70er Jahre eingesetzt worden sind [21].

Beim Vergleich mit der Studie aus Süddeutschland (Fürth und Umgebung) sind die großen Unterschiede beim Prozentsatz der Wohnungen bei und oberhalb der Bestimmungsgrenze von Benzo(a)pyren auffällig (s. Tabelle A16). In Hamburg liegen 81 % der Probengehalte oberhalb der Bestimmungsgrenze gegenüber nur 7,7 % in Fürth und Umgebung [57]. Teilweise lassen sich diese Unterschiede mit der höheren Bestimmungsgrenze von 0,2 mg/kg der in Fürth angewandten Messmethode erklären. Beim Messinstitut AnBUS e. V. wurde außerdem der Gesamtstaub untersucht und nicht wie in Hamburg die < 63 µm Fraktion, bei der im allgemeinen höhere Gehalte erhalten werden. Insgesamt werden in Hamburg auf niedrigem Niveau etwas höhere Gehalte an Benzo(a)pyren gemessen als in Fürth.

Deutlich höhere B(a)P-Gehalte im Hausstaub werden erhalten, wenn in den Haushalten PAK-haltige Parkettkleber verwandt worden sind. Bei 4234 Haushalten mit PAK-haltigen Parkettklebern ergab sich als 95-Perzentil ein B(a)P-Gehalt von 14,8 mg/kg Hausstaub [21].

6.5 Chlorparaffine und Organozinn-Verbindungen

Nach unserer Kenntnis werden mit diesem Bericht erstmalig Ergebnisse von Chlorparaffinen und Organozinn-Verbindungen im Hausstaubvorgestellt. Es liegen deshalb keine Vergleichswerte vor.

6.5.1 Chlorparaffine

Der BUA-Stoffbericht zu Chlorparaffinen kommt auf Grund der unzureichenden Datenlage zu dem Schluss, dass eine Bilanzierung der Einträge von Chlorparaffinen in die Umwelt in Deutschland nicht möglich ist [81].

Chlorparaffine werden als Sekundärweichmacher und Flammschutzmittel hauptsächlich für PVC eingesetzt [51]. Weitere Anwendungen finden sie in Anstrichstoffen, Dichtungsmassen, Flammschutz bei Gummi und einer Reihe weiterer Kunststoffe. Greenpeace schätzte, dass in Deutschland 1994 19.000 bis 23.000 t Chlorparaffine verbraucht worden sind [82]. Für PVC ergab sich ein Verbrauch von 2.100 bis 7.000 t/a (10–36 %) [51]. Diese Angaben gehen davon aus, dass die Chlorparaffine ausschließlich als Flammschutzmittel für PVC eingesetzt werden. Bekannt ist aber der Einsatz als Flammschutzmittel auch bei anderen Kunststoffen z. B. bei Polystyrol oder ungesättigten Polyesterharzen, so dass die tatsächlich für PVC eingesetzte Menge an Chlorparaffinen unterhalb von 7000 t/a liegen dürfte. In Deutschland ist die Produktion von Chlorparaffinen Ende 1998 eingestellt worden, aber Importe sind möglich. Die wichtigsten westeuropäischen Hersteller sind die Fa. ICI und Produzenten in Italien und Spanien.

6.5.2 Organozinn-Verbindungen

An Organozinn-Verbindungen wurden in den Hausstäuben hauptsächlich Monobutylzinn, Dibutylzinn und Monoöctylzinn gefundenen. Diese Verbindungen werden in Deutschland überwiegend als Stabilisatoren für PVC eingesetzt. 1999 lag der Verbrauch zinnorganischer Verbindungen als PVC-Stabilisatoren in Europa bei ca. 16.000 t/a, in Deutschland bei etwa 5000 t/a [83]. Die Stabilisatoren sollen die geringe thermische Beständigkeit von PVC bei der Verarbeitung bzw. die Stabilität gegenüber UV-Strahlung verbessern. Anwendung finden die Stabilisatoren hauptsächlich bei Hart-PVC-Produkten aber auch bei Weich-PVC-

Fußbodenbelägen, wie sie in Küchen und Badezimmern häufiger verlegt sind [83]. Weitere Verwendung finden die Mono- und Diorganozinn-Verbindungen zur Härtung von Silikonkautschuk sowie zur Glasvergütung und als Katalysatoren für Polyurethane und Polyester. Sie werden im Gegensatz zu den Triorganozinn-Verbindungen nicht als Biozide oder Wirkstoffe in Pflanzenschutzmitteln verwendet. Tributylzinn wird zur Zeit noch hauptsächlich als Biozid in Schiffsanstrichen für Schiffe mit einer Länge von mehr als 25 m benutzt [14]. Es findet daneben aber auch für den Holzschutz im konstruktiven Bereich Anwendung, sowie bei bioziden Ausrüstungen von Dachbahnen, Silikondichtmassen und technischen Textilien, aber auch zur mikrobiellen Desinfektion [83].

7. Produkt- und Chemikalienpolitik

Im Februar 2001 wurde von der Europäischen Kommission ein Grünbuch zur integrierten Produktpolitik (IPP) vorgelegt [17]. Das Konzept geht von einem zukünftigen Wachstum auf der Grundlage umweltfreundlicher Produkte aus, die deutlich weniger Ressourcen erfordern. Dabei wird angestrebt, die Umweltauswirkungen von Produkten über ihren gesamten Lebenszyklus zu verringern. Umweltaspekte sollen bereits bei der Entwicklung von Produkten zu maßgeblichen Faktoren werden. Bei Verbrauchern soll durch bessere Information über umweltrelevante Produktmerkmale eine bessere Akzeptanz umweltfreundlicher Produkte erreicht werden. Die EG bemüht sich zur Zeit im Rahmen des 6. Aktionsprogramms „Umwelt 2010: Unsere Zukunft liegt in unserer Hand“ um verbesserte Kenntnisse über die Einflüsse auch von Produkten auf die Luftverschmutzung in Innenräumen [84].

Zu ergreifende Maßnahmen werden neben der integrierten Produktpolitik auch in die revidierte Chemikalienpolitik der Gemeinschaft einfließen. Dazu hat die Europäische Kommission ebenfalls im Februar 2001 ein Weißbuch „Strategie für eine zukünftige Chemikalienpolitik“ vorgelegt [16]. Das Weißbuch sieht vor, dass in der EU künftig alle chemischen Stoffe gleich bewertet und nach einem einheitlichen Verfahren auf ihr Risikopotenzial für Mensch und Umwelt abgeschätzt werden. Die Unterscheidung zwischen neuen und alten Chemikalien (vor September 1981 auf dem Markt) soll aufgehoben werden. Ein weiteres wesentliches Element der vorgeschlagenen Strategie ist, dass neben den Herstellern und Importeuren nun auch die Hersteller von Zubereitungen und andere nachfolgende Anwender für sämtliche Aspekte der Sicherheit ihrer Produkte verantwortlich gemacht werden und verpflichtet werden, die Sicherheit ihrer Produkte für den Teil des Lebenszyklus zu bewerten, zu dem sie beitragen, einschließlich der Entsorgung und der Abfallverwertung. Die Öffentlichkeit erhält das Recht auf Informationen über Chemikalien, denen sie ausgesetzt ist. Der Verbraucher kann dann entscheiden, ob er Produkte vermeidet, die schädliche chemische Stoffe enthalten. Inzwischen liegt zum Weißbuch der Europäischen Kommission auch eine gemeinsame Position der Bundesregierung, des Verbandes der Chemischen Industrie e. V. (VCI) und der Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie (IGBCE) vor [85].

7.1. Qualitätsziele für Hamburger Innenräume

Anfang März 2001 wurde das „Kursbuch Umwelt, Ziele für ein zukunftsfähiges Hamburg“ von der Hamburger Umweltbehörde der Öffentlichkeit vorgestellt [86]. Orientiert an der lokalen Agenda 21 enthält das Kursbuch ein systematisches Nachhaltigkeitskonzept für den Bereich der Ökologie in Hamburg. Zur Steuerung einer nachhaltigen Entwicklung werden mittel- und langfristige Ziele und Indikatoren zur Erfolgskontrolle genannt.

Als Qualitätsziel wird im Kapitel 4.2.1 „Innenraumlufbelastung“ angestrebt, dass chemische Stoffe in Innenraumluft und Hausstaub minimiert werden. Emittierende Quellen für die Chemikalien sind in der Hauptsache die in den Innenräumen verwendeten Produkte.

Handlungsziel sind Produkte, die für Gesundheit und Umwelt unbedenklich sind. Für die Einleitung von emissionsmindernden Maßnahmen ist die Kenntnis der Produktzusammensetzung unverzichtbar. Vergleichbar der Regelung bei Lebensmitteln sollte auch für Produkte Deklarationspflicht für alle Inhalts- und Zusatzstoffe vorgeschrieben werden. Werbewirksame Gütesiegel oder Umweltzeichen sollten begleitend für die Hersteller als Anreiz für die Produktion umweltfreundlicher Produkte dienen. Bei Neubauten sollten die verarbeiteten Produkte

und Zubereitungen in einem Hauspass angegeben werden. Die erforderlichen emissionsmindernden Maßnahmen können auch Verbote gemäß Chemikaliengesetz einschließen.

Als Indikator zur Erfolgskontrolle sind für schwerflüchtige organische Umweltchemikalien folgende Zielwerte anzustreben:

**Hausstaubgehalte von < 1 mg/kg und
Hausstaubgehalte von < 10 mg/kg bei weitverbreiteten Chemikalien wie z.B. Phthalaten**

Diese Zielwerte orientierten sich an den in diesem Bericht vorgestellten Ergebnissen aus anderen Bundesländern und eigenen Ergebnissen.

Am Beispiel Permethrin, der Hauptkomponente unter den Bioziden im Hausstaub lässt sich zeigen, dass dieses Ziel erreichbar ist. In 8 Fällen wurden Gehalte für Permethrin von unterhalb von 1 mg/kg Hausstaub gefunden.

Für die weitverbreitete Chemikalie DEHP, der Hauptkomponente aller im Hausstaub bestimmten Umweltchemikalien, wurde das Ziel bei keinem der Hausstäube erreicht. In 3 Fällen wurden Stoffgehalte unterhalb von 250 mg/kg mit einem Minimum bei 62 mg/kg Hausstaub gefunden. Für die kurzkettigen Chlorparaffine wurden in 8 Fällen Stoffgehalte unterhalb von 10 mg/kg Hausstaub gefunden.

Die Tabelle A17 gibt für alle Komponenten einen Überblick zu welchem Prozentsatz die Zielwerte bereits jetzt erfüllt sind. Die ebenfalls aufgeführten Referenzwerte stehen für das derzeit höchste noch übliche Vorkommen.

7.1.1 Phthalate

Tabelle A17 zeigt, dass in keinem der untersuchten Hausstäube für Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) und Dibutylphthalat der Zielwert von < 10 mg/kg eingehalten wird. Beide Chemikalien besitzen auf Grund ihrer toxischen Wirkung und der besonders bei DEHP hohen Hausstaubgehalte besondere Bedeutung. Die Sonderstellung von DEHP und Dibutylphthalat wird im Kapitel 4.3 näher behandelt. Auch für Diisononylphthalat mit 2 % und Diisobutylphthalat mit 3 % bleibt noch viel zu tun, um das angestrebte Ziel zu erreichen. Weitere häufig angewandte Phthalate sind Diisodecylphthalat (19 %) und Benzylbutylphthalat (20 %). Für Bis(2-methoxyethyl)phthalat (BMoEP) werden nur in 5 % der Fälle Gehalte oberhalb 10 mg/kg gefunden. BMoEP verlangt aber Beachtung wegen seiner fruchtschädigenden Wirkung (RE 2) und möglichen Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit (RF 3) [46].

7.1.2 Chlorparaffine

Die Tabelle A17 zeigt für Chlorparaffine, dass das angestrebte Ziel von < 10 mg/kg Hausstaub bei mittelkettigen Chlorparaffinen zu 10 % und bei den kurzkettigen Chlorparaffinen zu 13 % erreicht wird. Kurzkettige Chlorparaffine besitzen auf Grund ihrer toxischen Wirkung und ihrer erhöhten Stoffgehalte im Hausstaub besondere Bedeutung (s.a. Kapitel 4.3)

Für die weiteren Stoffgruppen in der Tabelle A17 gilt 1 mg/kg Hausstaub als Zielwert.

7.1.3 Organophosphate

Tris(butoxyethyl)phosphat und Triphenylphosphat mit Erfüllungsgraden von 3 und 5 % überschreiten den Zielwert besonders häufig. Das zur Gruppe der chlorierten Organophosphate gehörende Tris(2-chlorethyl)phosphat (TCEP) erfüllt in 32 % der Wohnungen den Zielwert. TCEP besitzt auf Grund seiner toxischen Wirkung besondere Bedeutung (s.a. Kapitel 4.3). In Deutschland wird TCEP nicht mehr produziert, kann aber importiert werden. Für das Hauptprodukt der chlorierten Organophosphate, das Tris(chlorpropyl)phosphat, wird der Zielwert ebenfalls in 32 % der Wohnungen erreicht.

7.1.4 Organozinn-Verbindungen

Am häufigsten findet sich Monobutylzinn (MBT) mit einer Zielerfüllung von 38 % gefolgt von Dibutylzinn (DBT) mit bereits 86 % Zielerfüllung. Die Gehalte für Tributylzinn liegen in allen 50 Wohnungen unterhalb von 1 mg/kg. Selbst bei Erniedrigung des Zielwertes auf 0,1 mg/kg wird dieser Gehalt noch in 90 % der Wohnungen unterschritten (Angaben in Klammern). Die Zielerfüllungen für die drei Butylverbindungen bestätigen ebenfalls, dass in Innenräumen die Nutzung von MBT und DBT als Stabilisatoren vermutlich in PVC-Produkten die hauptsächliche Anwendung darstellt. Der Nutzung biozider Eigenschaften von Organozinn-Verbindungen kommt dagegen nur untergeordnete Bedeutung zu.

7.1.5 Biozide

Die Sonderstellung von Permethrin unter den Bioziden wird mit nur 12 % Zielerfüllung belegt. Diese geringe Zielerfüllung ist hauptsächlich auf den Einsatz von Permethrin in Teppichböden mit Wollflor zurückzuführen (s.a. Kapitel 5.2). Permethrin gehört zur Stoffgruppe der Pyrethroide (s.a. Kapitel 4.3) [47].

Für alle anderen Biozide wird der angestrebte Zielwert mindestens zu 70 % erreicht. Auf Permethrin folgen die drei alten Organochlor-Biozide Pentachlorphenol (PCP) mit 71 %, Methoxychlor mit 77 % und p,p'-DDT mit 80 %. Wenn bedacht wird, dass DDT schon seit 1972 und PCP seit 1989 in Westdeutschland verboten sind, ist die Zielerfüllung erstaunlich gering. Bei einer weiteren alten Organochlor-Verbindung, dem Lindan, werden vermutlich auf Grund besserer Abbaubarkeit 98 % Zielerfüllung erreicht. Für die u.a. zur Insektenbekämpfung bei Haustieren eingesetzten Chlorpyrifos und Propoxur werden 85 % und 86 % Zielerfüllung erreicht.

7.1.6 Benzo(a)pyren (B(a)P)

In 94 % der Wohnungen wird der Zielwert von 1 mg/kg unterschritten. Auch wenn das bereits ein hoher Wohnungsanteil ist, bedarf Benzo(a)pyren als Leitkomponente für polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und einer stark toxischen Wirkung besonderer Beachtung [46].

8. Literatur

- [1] *Päpke, O., M. Ball, A. Lis, K. Scheunert*: PCDD und PCDF in indoor air of kindergartens in northern W. Germany. *Chemosphere* 18 (1989) S. 617- 626
- [2] *Sagunski, H., S. Forschner, AD. Kappos*: Indoor air pollution by dioxins in day-nurseries. Risk assessment and management. *Chemosphere* 18 (1989) S. 1139 – 1142
- [3] *Bruckmann, P., K. Hackhe, M. Ball, A. Lis, O. Päpke*: Degassing of PBDD/PBDF from a Television Set - PBDD/PBDF Levels after a Fire in a Stock House – Two Cases Studies. Vortrag gehalten auf dem Workshop über bromierte aromatische Flammenschutzmittel, Skokloster, Schweden, 24.–26.10.1989
- [4] *Gulyas, H., F. Mirzaei, L. Hemmerling*: “Altlasten” durch eine ehemalige Münzreinigung. *Forum Städte-Hygiene* 40 (1989) S. 314–316
- [5] Bürgerschaft der Freien und Hansestadt Hamburg: Geruchsbelästigungen durch Chlornaphthalin in Schulpavillons, Drucksache 14/4420 vom 6.7.1993
- [6] Staatliche Pressestelle der Freien und Hansestadt Hamburg: PCB-Messungen an Hamburger Schulen, Ergebnisse liegen vor. 18.06.1996
- [7] Bürgerschaft der Freien und Hansestadt Hamburg: Belastungen von Parkettböden mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in Wohnungen der SAGA. Drucksache 16/4430 vom 4.7.2000
- [8] *Krause, C., M. Chutsch, M. Henke, C. Kliem, M. Leiske, C. Schulz, E. Schwarz*: Umwelt-Survey, Band IIIa: Wohn-Innenraum: Spurenelementgehalte im Hausstaub. Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes. Berlin 1990 (WaBoLu-Hefte 2/91).
- [9] *Krause, C., M. Chutsch, M. Henke, M. Huber, C. Kliem, M. Leiske, W. Mailahn, C. Schulz, E. Schwarz, B. Seifert, D. Ullrich*: Umwelt-Survey, Band IIIc: Wohn-Innenraum: Raumluft. Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes. Berlin 1991 (WaBoLu-Hefte 4/91).
- [10] *Friedrich, C., D. Helm, K. Becker, K. Hoffmann, C. Krause, P. Nöllke, C. Schulz, M. Seiwert, B. Seifert*: Umwelt-Survey 1990/92, Band VI: Hausstaub: Deskription der Element- und Biozidgehalte im Staub (Staubniederschlag, Konzentration im Hausstaub) der Haushalte in der Bundesrepublik Deutschland. WaBoLu-Hefte 1/01, Berlin, Umweltbundesamt
- [11] *Moriske, H.-J.*: Zusammenfassung der Ergebnisse der 4. WaBoLu-Innenraumtage in Berlin vom 26. bis 28.05.1997. *Bundesgesundhbl.* 40 (1997) S. 338-340.
- [12] *Schwabe, R., K. Becker, C. Krause, C. Schulz*: Hausstaub als Indikatormedium für die Belastung der Allgemeinbevölkerung mit Pyrethroiden? Ergebnisse eines Fachgesprächs am 14.12.1993 im Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes. *Bundesgesundhbl.* 11/94 S. 468-470

- [13] *Roberts J.W., P. Dickey*: Exposure of children to pollutants in house dust and indoor air. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 143 (1995) S. 59-78.
- [14] EU-Kommission: Richtlinie 89/677/EWG des Rates vom 21. Dezember 1989 zur achten Änderung der Richtlinie 76/769/EWG zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung gewisser gefährlicher Stoffe und Zubereitungen [Amtsblatt Nr. L 398 vom 30.12.1989 S. 19-23].
- [15] Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (GefStoffV): BGBl. I Nr. 52 vom 29.11.1999 S. 2233
- [16] EU-Kommission: Weißbuch Strategie für eine zukünftige Chemikalienpolitik, KOM(2001)88, Brüssel den 27.02.2001
- [17] EU-Kommission: Grünbuch zur integrierten Produktpolitik, KOM(2001)68, Brüssel den 07.02.2001
- [18] Sondergutachten Juni 1987: Luftverunreinigungen in Innenräumen. Gutachten des Rates für Umweltfragen. Stuttgart: Metzler-Poeschel Verlag.
- [19] VDI 4300 Bl. 8: 2001-06 Messen von Innenraumluftverunreinigungen; Probenahme von Hausstaub. Berlin, Beuth Verlag
- [20] Umweltbundesamt Presse-Information: Empfehlungen zu polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in Wohnungen mit Parkettböden. Ergebnisse des zweiten Expertengespräches am 28.04.1998 im Umweltbundesamt
- [21] *Dieckow, P., D. Ullrich, B. Seifert*: Vorkommen von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in Wohnungen mit Parkettfußböden. Institut für Wasser-, Boden-, Lufthygiene des Umweltbundesamtes; WaBoLu-Hefte 2/99
- [22] VDI 4300 Bl. 1: 1995-12 Messen von Innenraumluftverunreinigungen; Allgemeine Aspekte der Messstrategie. Berlin, Beuth Verlag
- [23] *Walker, G., O. Hostrup, W. Hoffmann, W. Butte*: Biozide im Hausstaub Ergebnisse eines repräsentativen Monitorings in Innenräumen. *Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft* 59 (1999) Nr. 1/2 S. 33-41
- [24] *Kuballa, J.*: Speziesanalytik von zinnorganischen Verbindungen zur Aufklärung ihrer Biopfade in der aquatischen Umwelt. Dissertation Technische Universität Hamburg-Harburg, Hamburg 1996
- [25] DIN 32 645: Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze, Ermittlung unter Wiederholbedingungen, Begriffe, Verfahren, Auswertung (Ausg. Mai 1994) Berlin, Beuth Verlag
- [26] *Weschler, C. J.*: Indoor-Outdoor Relationships for Nonpolar Organic Constituents of Aerosol Particles. *Environ. Sci. Technol.*, 18 (1984) 9 S. 648-652

- [27] *Rieger, R., K. Ballschmiter*: Semivolatile organic compounds - polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDD), dibenzofurans (PCDF), biphenyls (PCB), hexachlorobenzene (HCB), 4,4'-DDE and chlorinated paraffins (CP) – as markers in sewer films.
Fresenius J. Anal. Chem (1995) 352 S. 715-724
- [28] *Hostrup, O., I. Witte, W. Hoffmann, E. Greiser, W. Butte, G. Walker*: Biozidanwendungen im Haushalt als möglicher Risikofaktor für die Gesundheit der Raumnutzer. Abschlußbericht zur erweiterten Nachuntersuchung der Fall-Kontroll-Studie Münchenhagen („Nähe zu einer Sondermülldeponie und andere Risikofaktoren für die Entstehung von Leukämien, malignen Lymphomen und multiplen Myelomen“). Im Auftrag des niedersächsischen Sozialministeriums, Oldenburg, Bremen, April 1997
- [29] BgVV (Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin) Bekanntmachung der geprüften und anerkannten Mittel und Verfahren zur Bekämpfung von tierischen Schädlingen nach § 10c Bundes-Seuchengesetz. Bundesgesundheitsbl.-Gesundheitsforsch.-Gesundheitsschutz 43 (Suppl 2) 2000 S. 61-73
- [30] *Liebisch, A., M. Deppe, A. Dyck*: Einsatz von Schädlingsbekämpfungsmitteln im nicht-agrarischen Bereich-Dokumentation und Exposition. Umweltbundesamt Texte 44/92.
- [31] Wirkstoffe in Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmitteln. Hrsg.: Industrieverband Agrar e.V. 2. Auflage BLV-Verlagsgesellschaft München 1990.
- [32] BLAU (Bund-/Länder-Ausschuss für Umweltchemikalien): Chemikalien im nicht gewerblichen Bereich –Gefährdungspotentiale für Mensch und Umwelt und Möglichkeiten ihrer Reduzierung – Wiesbaden 1995.
- [33] *Pluschke, P.*: Luftschadstoffe in Innenräumen – Ein Leitfaden Springer-Verlag Berlin 1996
- [34] *Gächter, R., H. Müller*: Taschenbuch der Kunststoff-Additive – Stabilisatoren, Hilfsstoffe, Weichmacher, Füllstoffe, Verstärkungsmittel, Farbmittel. 2. Auflage C. Hanser Verlag München, Wien 1983
- [35] *Friedrich, C., K. Becker, G. Hoffmann, K. Hoffmann, C. Krause, P. Nöllke, C. Schulz, R. Schwabe, M. Seiwert*: Pyrethroide im Hausstaub der deutschen Wohnbevölkerung - Ergebnisse zweier bundesweiter Querschnittstudien. Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Umweltbundesamtes; Gesundheitswesen 60 (1998) S. 95-101
- [36] *Sagunski, H.*: Beurteilungskriterien für Verunreinigungen der Innenraumluft; vorge-tragen auf der Tagung „Schadstoffbelastung in Innenräumen“, Düsseldorf 30.-31.3.1992
- [37] BgVV (Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin) Tributylzinn (TBT) und andere zinnorganische Verbindungen in Lebensmitteln und verbrauchernahen Produkten (6. März 2000)
- [38] *Seifert, B.*: Die Untersuchung von Hausstaub im Hinblick auf Expositionsabschätzungen. Bundesgesundhbl. 9/98 S. 383 – 391

- [39] *Blessing, R., R. Derra*: Holzschutzmittelbelastung durch Pentachlorphenol und Lindan in Wohn- und Aufenthaltsräumen. Staub-Reinh. Luft 52 (1992) S. 265-271
- [40] *Lahl, U., Neisel, F.*: Sanierung von holzschutzmittel-belasteten Kindergärten. Ges.-Ing. Haustech. Bauphys. 110 (1989) S. 206-210
- [41] *Butte, W., G. Walker*: Sinn und Unsinn von Hausstaubuntersuchungen – Hausstaub als Messparameter zum Erkennen einer Innenraumbelastung mit Permethrin, Pentachlorphenol und Lindan. In VDI-Berichte Nr. 1122 (1994) S. 535-546 Luftverunreinigung in Innenräumen – Herkunft Messung Wirkung Abhilfe. VDI-Verlag Düsseldorf 1994
- [42] *Wensing, M.*: Sinn und Unsinn von Hausstaubuntersuchungen. In VDI-Berichte Nr. 1122 (1994) S. 527-533 Luftverunreinigung in Innenräumen – Herkunft Messung Wirkung Abhilfe. VDI-Verlag Düsseldorf 1994
- [43] EU-Kommission KOM (2001) 262: Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament – Zur Umsetzung der Gemeinschaftsstrategie für Umwelthormone – Stoffe, die im Verdacht stehen, sich störend auf das Hormonsystem des Menschen und der wildlebenden Tiere auszuwirken – KOM (1999) 706, Brüssel 14.06.2001
- [44] *Gülden, M., A. Turan, H. Seibert*: Substanzen mit endokriner Wirkung in Oberflächengewässern, Forschungsbericht 102 04 279; Institut für Toxikologie Christian-Albrechts-Universität Kiel, im Auftrag des Umweltbundesamtes Mai 1997
- [45] *Butte, W., W. Hoffmann, O. Hostrup, A. Schmidt, G. Walker*: Endokrin wirksame Substanzen im Hausstaub: Ergebnisse eines repräsentativen Monitorings. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 61 (2001) Nr. 1/2 S. 19-23
- [46] Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS): TRGS 905 Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe, Ausgabe März 2001, zuletzt geändert Bundes-Arbeitsblatt Heft 5/2002
- [47] GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH: Chemikalien in der Umwelt mit Wirkung auf das endokrine System; im Auftrag von Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; 1. Statusseminar 08.-11.11.1998 Dresden
- [48] EU-Richtlinie 2001/59/EG der Kommission vom 6. August 2001 zur 28. Anpassung der Richtlinie 67/548/EWG des Rates zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedsstaaten für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe an den technischen Fortschritt; Amtsblatt Nr. L 225 vom 21.08.2001 S. 1 – 333
- [49] EU-Richtlinie 98/98/EG der Kommission vom 15. Dezember 1998 zur fünfundzwanzigsten Anpassung der Richtlinie 67/548/EWG des Rates zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedsstaaten für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe an den technischen Fortschritt; Amtsblatt Nr. L 355 vom 30.12.1998 S. 1 – 624

- [50] Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG); MAK- und BAT-Werte-Liste 2002, Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Verlag Wiley-VCH Weinheim 2002
- [51] Umweltbundesamt (UBA): Beiträge zur nachhaltigen Entwicklung; 1; Handlungsfelder und Kriterien für eine vorsorgende nachhaltige Stoffpolitik am Beispiel PVC; E. Schmidt Verlag, Berlin 1999
- [52] EU-Kommission: Grünbuch zur Umweltproblematik von PVC. KOM(2000) 469, Brüssel den 26.07.2000
- [53] ECPI 1994: Assessment of the release, occurrence and possible effects of plasticisers in the environment, European Council for Plasticisers and Intermediates, Brüssel 1994
- [54] CSTE (EU Scientific Committee on Toxicity, Ecotoxicity and Environment): Phthalate migration from soft PVC toys and child-care articles, Opinion expressed at the CSTE third plenary meeting Brüssel, 24. April 1998
- [55] CSTE (EU Scientific Committee on Toxicity, Ecotoxicity and Environment): Opinion on Phthalate migration from soft PVC toys and child-care articles- Data made available since the 16th of June 1998, opinion expressed at the 6th CSTE plenary meeting, Brussels, 26/27 November 1998
- [56] Arbeitsgemeinschaft der Leitenden Medizinalbeamtinnen und –beamten der Länder (AGLMB): Standards zur Expositionsabschätzung. Bericht des Ausschusses für Umwelthygiene. BAGS Hamburg, 1995
- [57] *Pöhner, A., S. Simrock, J. Thumulla, S. Weber, T. Wirkner*: Hintergrundbelastung des Hausstaubes von Privathaushalten mit mittel- und schwerflüchtigen organischen Schadstoffen Analyse und Bewertung von Umweltschadstoffen (AnBUS) e.V. Fürth 1997
- [58] EU-Kommission 1999/815/EG: Entscheidung der Kommission vom 7. Dezember 1999 über Maßnahmen zur Untersagung des Inverkehrbringens von Spielzeug- und Babyartikeln, die dazu bestimmt sind, von Kindern unter drei Jahren in den Mund genommen zu werden, und aus Weich-PVC bestehen, das einen oder mehrere der Stoffe Diisononylphthalat (DINP), Bis-(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP), Dibutylphthalat (DBP), Diisodecylphthalat (DIDP), Di-n-octylphthalat (DNOP) oder Benzylbutylphthalat (BBP) enthält (Bekannt gegeben unter Aktenzeichen K(1999) 4436) Amtsblatt Nr. L 315 vom 09.12.1999 S. 46 – 49
- [59] EU-Kommission 2002/372/EG: Entscheidung der Kommission vom 17. Mai 2002 zur Änderung der Entscheidung 1999/815/EG über Maßnahmen zur Untersagung des Inverkehrbringens von Spielzeug- und Babyartikeln, die dazu bestimmt sind, von Kindern unter drei Jahren in den Mund genommen zu werden, und aus Weich-PVC bestehen, das bestimmte Weichmacher enthält (Bekannt gegeben unter Aktenzeichen K(2002) 1869) Amtsblatt Nr. L 133 vom 18.05.2002 S. 42

- [60] BLAC Bund/Länderausschuss für Chemikaliensicherheit: Bewertung von wesentlichen Anwendungsgebieten der Chlorchemie, BLAC-AG „Chlorchemie“, Wiesbaden 2000
- [61] Richtlinie 2002/45/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 zur zwanzigsten Änderung der Richtlinie 1976/769/EWG des Rates hinsichtlich der Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung gewisser gefährlicher Stoffe und Zubereitungen (kurzkettige Chlorparaffine)
Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft L177 vom 06.07.2002 S. 21 – 22
- [62] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): BMU-Aktuell, Chemikaliensicherheit, aktuelle Stoffe, kurzkettige Chlorparaffine
- [63] Europäische PVC-Industrieverbände: Freiwillige Selbstverpflichtung der PVC-Branche zur Nachhaltigen Entwicklung. März 2000
- [64] Europäische PVC-Industrieverbände: Freiwillige Selbstverpflichtung zum nachhaltigen Wirtschaften der PVC-Branche. Fortschrittsbericht 2001
- [65] Europäische PVC-Industrieverbände: Die Freiwillige Selbstverpflichtung der PVC-Industrie zur nachhaltigen Entwicklung. Fortschrittsbericht 2002
- [66] Verband der Polyurethan-Weichschaum-Industrie e.V. (VWI) Informationsblatt, Stand 06/97 – 08/99, Frankfurt
- [67] *Meierhenrich, U.*: Nachweis und Toxikologie pyrethroider Verbindungen - Untersuchungen für die Matrices Teppichfaser, Hausstaub, Raumluft sowie Urin. Dissertation Universität Bremen, Bremer Umweltinstitut Reihe Umweltwissenschaften Band 1, Bremen 1997
- [68] Öko-Test: Ein gefundenes Fressen? Öko-Test-Magazin 6/96
- [69] KEMI 1997: KEMI-Report 4/97: Additives in PVC, Marking of PVC, Solna Schweden 1997
- [70] *Butte, W.*: Occurrence of Biocides in the Indoor Environment in: T. Salthammer, Organic Indoor Air Pollutants S. 233 – 249 Wiley-VCH Weinheim, New York 1999
- [71] LANU - Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (1997): Umwelttoxikologische Studie im Kreis Pinneberg, 1995/96.- Untersuchungen zu neuropsychologischen Gesundheitseffekten unter chronischer Niedrigdosis-Exposition mit Bioziden, Fortschreibung des humanbiologischen Belastungskatasters Schleswig-Holstein, Flintbek
- [72] DDT-Gesetz: Gesetz über den Verkehr mit DDT. Bundesgesetzbl. I (1972) S. 1385
- [73] BLAU (Bund/Länderausschuss für Umweltchemikalien): Auswirkungen auf die Umwelt bei der Herstellung, Verwendung, Entsorgung und Substitution von PVC. Düsseldorf 1992

- [74] WHO, World Health Organization Publications: Flame Retardants: Tris(chloropropyl)phosphate and Tris(2-chloroethyl)phosphate. Environmental Health Criteria No. 209 1998
- [75] *Sagunski, H., G. Ingerowski, A. Mattulat, M. Scheutwinkel*: Tris(2-chlorethyl)phosphat – Exposition und umweltmedizinische Bewertung. Umweltmed. Forsch. Prax. 2 (3) 1997 S. 185-192
- [76] *Wensing, M.*: Bestimmung organisch-chemischer Emissionen aus elektronischen Geräten als Anstoß für zukünftige Minderungsmaßnahmen. Gesellschaft für Umweltschutz TÜV Nord mbH, Hamburg 1999
- [77] *Kohmanns, B.*: Flammschutzmittel. Fachinformation „Umwelt und Gesundheit“. GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit 1996
- [78] *Ingerowski, G., A. Friedle*: Vorkommen von Tris(2-chlorethyl)-phosphat im Innenraum, Referat auf dem AGÖF Kongress, Mai 97 in Fulda
- [79] *Ingerowski, G., A. Friedle, J. Thumulla, H. Sagunski*: Tris(2-chlorisopropyl)-phosphat als Flammschutzmittel und Weichmacher im Wohninnenraum, Vorkommen und Risikoabschätzung, Umweltmed Forsch Prax 2 (3) 1997 S. 233 -235
- [80] *Hansen, D., G. Volland, G. Krause, D. Zöltzer*: Bestimmung und Vorkommen von phosphororganischen Verbindungen im Hausstaub und Raumluft. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 61 (2001) Nr. 1/ 2 S. 13 - 17
- [81] BUA (Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe) 1993: Stoffbericht Chlorparaffine, VCH-Verlag 1993
- [82] IFEU: Zwischenbericht Ermittlung von Emissionen und Minderungsmaßnahmen für persistente organische Schadstoffe in Deutschland, UFOPLAN-Vorhaben 104 02 365, Umweltbundesamt Berlin 1996
- [83] Umweltbundesamt (UBA) und Bundesinstituts für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV): Produktion und Verwendung zinnorganischer Verbindungen in Deutschland, Fachöffentliche Anhörung vom 14.03.2000, Berlin Juni 2000
- [84] EU-Kommission KOM (2001) 31: „Umwelt 2010: Unsere Zukunft liegt in unserer Hand“ -Sechstes Umweltaktionsprogramm- Vorschlag für einen Beschluss des Europäischen Parlaments und des Rates über das Umweltaktionsprogramm 2001-2010 der Europäischen Gemeinschaft. Von der Kommission vorgelegt am 24.01.2001
- [85] Gemeinsame Position der Bundesregierung, des Verbandes der Chemischen Industrie e. V. (VCI) und der Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie (IGBCE) vom 12.03.2002 (www.bundesregierung.de/dokumente/Artikel/ix_72155.htm)
- [86] Umweltbehörde Hamburg: Kursbuch Umwelt, Ziele für ein zukunftsfähiges Hamburg; Ein Fachprogramm der Umweltbehörde Hamburg; Hamburg Februar 2001

9. Anhang

9.1 Tabellen

| | Seite |
|-----------------------------|--|
| Tab. 1 | Bestimmungsgrenzen für verschiedene Stoffgruppen..... 13 |
| Tab. 2 | Hauptkomponenten im Hausstaub..... 14 |
| Tab. 3 | Stoffliste der Chlorparaffine und Organozinn-Verbindungen..... 17 |
| Tab. 4 | Stoffliste der Phthalate, Organophosphate und Benzo(a)pyren..... 17 |
| Tab. 5 | Stoffliste der Biozide und Wirkungsverstärker..... 18 |
| Tab. 6 | Kenngrößen für Phthalate und Chlorparaffine im Hausstaub..... 20 |
| Tab. 7 | Zwei Hausstäube im Vergleich..... 21 |
| Tab. 8 | Kenngrößen für Organophosphate im Hausstaub..... 22 |
| Tab. 9 | Kenngrößen für ausgewählte Biozide im Hausstaub..... 23 |
| Tab. 10 | Kenngrößen für ausgewählte Organozinn-Verbindungen im Hausstaub... 23 |
| Tab. 11 | Besonders wichtige Umweltchemikalien im Hausstaub..... 26 |
| Tab. 12 | Phthalat-Aufnahme von Kleinkindern aus Hausstaub..... 28 |
| Tab. 13 | Phthalat-Aufnahme von Kleinkindern aus Weich-PVC-Spielzeug..... 29 |
| Tabellen im Anhang | |
| Tab. A1 | Flammenschutzmittel und Weichmacher im Hausstaub..... 53 |
| Tab. A2 | Biozide im Hausstaub..... 54 |
| Tab. A3 | Stabilisatoren und Biozide, Teer-, Bitumen- und Verbrennungsprodukte im Hausstaub..... 55 |
| Tab. A4 | Referenzwerte und Referenzwertüberschreitungen..... 56 |
| Tab. A5 | Zuordnung von Weichmachern etc. zu großflächigen Produkten..... 60 |
| Tab. A6 | Verfeinerte Zuordnung von Weichmachern etc. zu großflächigen Produkten..... 62 |
| Tab. A7 | Welche Weichmacher etc. aus welchen Produkten?..... 63 |
| Tab. A8 | Zuordnung von Bioziden zu großflächigen Produkten..... 64 |
| Tab. A9 | Welche Biozide aus welchen Produkten?..... 65 |
| Tab. A10 | Biozide im Hausstaub aus verschiedenen Bundesländern..... 66 |
| Tab. A11 | Biozide im Hausstaub aus West- und Ostdeutschland..... 67 |
| Tab. A12 | Biozide im Hausstaub aus Fürth und Umgebung..... 68 |
| Tab. A13 | Phthalate im Hausstaub aus verschiedenen Bundesländern..... 69 |
| Tab. A14 | Organophosphate im Hausstaub aus Nord- und Süddeutschland..... 70 |
| Tab. A15 | Organophosphate im Hausstaub aus Nord- und Süddeutschland..... 71 |
| Tab. A16 | Benzo(a)pyren im Hausstaub aus Hamburg und Fürth..... 72 |
| Tab. A17 | Einhaltung der umweltpolitischen Zielwerte und 95 % Perzentile..... 73 |
| Tabellen im Anhang Methoden | |
| Tab. AM1 | Wiederfindungsraten für Leitkomponenten..... 122 |
| Tab. AM2 | Wiederfindungsraten für Organozinn-Verbindungen..... 123 |
| Tab. AM3 | Methodenpräzision für ausgewählte Organozinn-Verbindungen..... 123 |

Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben

Wohnungen: 65
 Hausstaubfraktion: < 63 µm

Tab. A1: Flammschutzmittel (FSM) und Weichmacher (WM) im Hausstaub [mg/kg]

| Gruppe | Stoff | Bestimmungsgrenzen (BG), Anzahl (n), Percentile (P), Extrem- und Mittelwerte | | | | | | | | | |
|----------------------------|-----------------------------|--|----|--------|--------|--------|--------|-------|------|-----|-----|
| | | BG | n | n ≥ BG | % ≥ BG | 50 % P | 95 % P | Min | Max | AM | GM |
| Phthalate WM | Dimethylphthalat | 1 | 65 | 33 | 51 | 1 | 20 | <1 | 64 | 4 | 1 |
| | Diethylphthalat | 1 | 65 | 59 | 91 | 5 | 350 | <1 | 570 | 45 | 7 |
| | Diallylphthalat | 1 | 65 | 6 | 9 | <1 | 1 | <1 | 5 | * | * |
| | Dipropylphthalat | 1 | 62 | 5 | 8 | <1 | 2 | <1 | 2 | * | * |
| | Diisobutylphthalat | 1 | 65 | 65 | 100 | 33 | 78 | 7 | 470 | 47 | 34 |
| | Dibutylphthalat | 1 | 65 | 65 | 100 | 47 | 180 | 12 | 600 | 73 | 56 |
| | Bis(2-methoxyethyl)phthalat | 1 | 65 | 49 | 75 | 2 | 8 | <1 | 17 | 3 | 2 |
| | Benzylbutylphthalat | 1 | 65 | 65 | 100 | 19 | 230 | 4 | 700 | 68 | 29 |
| | Bis(2-ethylhexyl)phthalat | 1 | 65 | 65 | 100 | 600 | 1600 | 62 | 2700 | 740 | 610 |
| | Dicyclohexylphthalat | 1 | 62 | 34 | 55 | 1 | 5 | <1 | 80 | 3 | 1 |
| | Diphenylphthalat | 1 | 62 | 3 | 5 | <1 | <1 | <1 | 4 | * | * |
| | Diocetylphthalat | 1 | 65 | 59 | 91 | 4 | 73 | <1 | 160 | 13 | 5 |
| | Diisononylphthalat | 10 | 62 | 61 | 98 | 72 | 540 | <10 | 1000 | 130 | 74 |
| | Diisodecylphthalat | 10 | 62 | 50 | 81 | 31 | 340 | <10 | 4200 | 120 | 29 |
| | Chlorparaffine FSM, WM | kurzkettig, C10 - C13 | 10 | 62 | 54 | 87 | 26 | 180 | <10 | 340 | 48 |
| mittelkettig, C14 - C17 | | 10 | 62 | 56 | 90 | 36 | 150 | <10 | 400 | 56 | 34 |
| Organophosphate FSM, WM | Tris(2-chlorethyl)phosphat | 0.1 | 65 | 65 | 100 | 1.6 | 6.2 | 0.3 | 9.5 | 2.2 | 1.6 |
| | Tris(chlorpropyl)phosphat | 0.1 | 63 | 63 | 100 | 1.4 | 12 | 0.2 | 27 | 3.1 | 1.6 |
| | Tris(dichlorpropyl)phosphat | 0.1 | 62 | 57 | 92 | 1.2 | 6.8 | < 0,1 | 35 | 2.5 | 1.0 |
| | Tributylphosphat | 0.1 | 65 | 65 | 100 | 0.4 | 1.5 | 0.1 | 5.7 | 0.7 | 0.5 |
| | Tris(2-ethylhexyl)phosphat | 0.1 | 62 | 51 | 82 | 0.2 | 0.9 | < 0,1 | 2 | 0.3 | 0.2 |
| | Tris(2-butoxyethyl)phosphat | 0.1 | 65 | 65 | 100 | 5.0 | 40 | 0.7 | 120 | 10 | 5.6 |
| | Triphenylphosphat | 0.1 | 65 | 65 | 100 | 2.9 | 16 | 0.2 | 56 | 5.1 | 3.2 |
| Trikresylphosphat | 0.1 | 65 | 63 | 97 | 2.2 | 15 | < 0,1 | 36 | 3.7 | 2.0 | |

AM = arithmetisches Mittel, GM = geometrisches Mittel, * = zu wenig Werte > BG

Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben

Wohnungen: 65
 Hausstaubfraktion: < 63 µm

Tab. A2: Biozide (B) im Hausstaub [mg/kg]

| Gruppe | Stoff | Bestimmungsgrenzen (BG), Anzahl (n), Percentile (P), Extrem- und Mittelwerte | | | | | | | | | |
|-------------------|------------------------|--|----|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-----|-----|
| | | BG | n | n ≥ BG | % ≥ BG | 50 % P | 95 % P | Min | Max | AM | GM |
| Pyrethroide | Permethrin, | 0.1 | 65 | 65 | 100 | 5.7 | 110 | 0.3 | 380 | 24 | 6.3 |
| | Cypermethrin, | 0.1 | 65 | 5 | 8 | < 0,1 | 0.2 | < 0,1 | 2.9 | 0.1 | * |
| | Cyfluthrin, | 0.1 | 65 | 10 | 15 | < 0,1 | 0.3 | < 0,1 | 0.6 | * | * |
| | Cyhalothrin | 0.1 | 65 | 0 | 0 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | * | * |
| | Deltamethrin | 0.1 | 65 | 7 | 11 | < 0,1 | 0.4 | < 0,1 | 3 | 0.1 | * |
| | Tetramethrin | 0.1 | 65 | 4 | 6 | < 0,1 | 0.2 | < 0,1 | 13 | 0.3 | * |
| Synergist | Piperonylbutoxid (PBO) | 0.1 | 13 | 4 | 31 | < 0,1 | 3.1 | < 0,1 | 5.1 | 0.6 | 0.1 |
| Organochlor- | Chlorthalonil, | 0.1 | 65 | 0 | 0 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | * | * |
| | Diclofluanid, | 0.1 | 65 | 11 | 17 | < 0,1 | 0.4 | < 0,1 | 1.9 | 0.1 | * |
| | alpha-Endosulfan, | 0.1 | 65 | 2 | 3 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | 0.2 | * | * |
| | beta-Endosulfan | 0.1 | 65 | 1 | 2 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | 0.2 | * | * |
| | Lindan | 0.1 | 65 | 28 | 43 | < 0,1 | 0.3 | < 0,1 | 1.3 | 0.1 | * |
| | Methoxychlor | 0.1 | 65 | 39 | 60 | 0.1 | 6.5 | < 0,1 | 12 | 1.1 | 0.2 |
| | p,p'-DDT | 0.1 | 65 | 41 | 63 | 0.1 | 2.2 | < 0,1 | 5.3 | 0.5 | 0.2 |
| | PCP | 0.1 | 65 | 59 | 91 | 0.5 | 2.6 | < 0,1 | 25 | 1.2 | 0.5 |
| Organophosphor- | Dichlorvos, | 0.1 | 65 | 2 | 3 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | 0.2 | * | * |
| | Chlorpyrifos, | 0.1 | 65 | 29 | 45 | < 0,1 | 4.7 | < 0,1 | 180 | 3.5 | 0.2 |
| | Diazinon | 0.1 | 65 | 14 | 22 | < 0,1 | 0.5 | < 0,1 | 1.3 | 0.1 | * |
| | Tetrachlorvinphos | 0.1 | 65 | 1 | 2 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | 0.1 | * | * |
| Organostickstoff- | Tebuconazol | 0.1 | 65 | 4 | 6 | < 0,1 | 0.5 | < 0,1 | 3.9 | 0.1 | * |
| | Propiconazol | 0.1 | 65 | 6 | 9 | < 0,1 | 0.2 | < 0,1 | 0.6 | * | * |
| | Tolyfluanid | 0.1 | 65 | 3 | 5 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | 0.2 | * | * |
| | Furmecyclox | 0.1 | 65 | 7 | 11 | < 0,1 | 0.3 | < 0,1 | 0.6 | * | * |
| Carbamate | Propoxur | 0.1 | 65 | 39 | 60 | 0.2 | 3.1 | < 0,1 | 67 | 1.7 | 0.2 |
| | Fenobucarb | 0.1 | 65 | 5 | 8 | < 0,1 | 0.1 | < 0,1 | 0.3 | * | * |

AM = arithmetisches Mittel, GM = geometrisches Mittel, * = zu wenig Werte > BG

Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben

Wohnungen: 50/62
 Hausstaubfraktion: < 63 µm

Tab. A3: Stabilisatoren (S) und Biozide (B), Teer-, Bitumenprodukte (TP) und Verbrennungsprodukte im Hausstaub [mg/kg]

| Gruppe | Stoff | Bestimmungsgrenzen (BG), Anzahl (n), Percentile (P), Extrem- und Mittelwerte | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------|--|----|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| | | BG | n | n ≥ BG | % ≥ BG | 50 % P | 95 % P | Min | Max | AM | GM |
| Organozinn-Verbindungen S B | Monobutyl- | 0.001 | 50 | 50 | 100 | 1.4 | 8.7 | 0.1 | 18 | 2.6 | 1.5 |
| | Dibutyl- | 0.001 | 50 | 50 | 100 | 0.2 | 1.4 | 0.01 | 5.6 | 0.4 | 0.2 |
| | Tributyl- | 0.001 | 50 | 49 | 98 | 0.03 | 0.1 | <0,001 | 0.2 | 0.04 | 0.03 |
| | Tetrabutyl- | 0.001 | 50 | 3 | 6 | <0,001 | 0.004 | <0,001 | 0.02 | 0.001 | * |
| | Monooctyl- | 0.001 | 50 | 50 | 100 | 0.2 | 1.0 | 0.01 | 2.8 | 0.4 | 0.2 |
| | Dioctyl- | 0.001 | 50 | 33 | 66 | 0.01 | 0.1 | <0,001 | 0.2 | 0.03 | 0.008 |
| | Tricyclohexyl- | 0.001 | 50 | 0 | 0 | <0,001 | 0.002 | <0,001 | 0.002 | * | * |
| | Triphenyl- | 0.001 | 50 | 29 | 58 | 0.004 | 0.01 | <0,001 | 0.02 | 0.004 | 0.003 |
| PAK TP, VP | Benzo(a)pyren | 0.1 | 62 | 50 | 81 | 0.2 | 1.1 | < 0,1 | 3.0 | 0.3 | 0.2 |

AM = arithmetisches Mittel, GM = geometrisches Mittel, * = zu wenig Werte > BG

Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben

Tab.A4: Referenzwerte* und Referenzwertüberschreitungen für alle 58 bestimmten Stoffe

Auftraggeber: Umweltbehörde Hamburg
 Messinstitut: GfJ TÜV Nord GmbH
 Probenmaterial: Hausstaub (< 63 µm)
 Personengruppe: interessierte Privatpersonen**
 Probenahmejahr: 1998/1999
 Wohnungsort: Hamburg und Umgebung

| Gruppe | Stoff | Anzahl | Referenzwert* | > Referenzwert | > 2 Referenzwert | Bemerkungen [43 - 50] |
|--|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------|----------------|------------------|--------------------------|
| | | n | [mg/kg] | Anzahl | Anzahl | |
| Phthalate | Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) | 65 | 1600 | 4 | 0 | RE 2, RF 2, EWS*** |
| | Diisononylphthalat (DINP) | 62 | 540 | 4 | 0 | EWS*** |
| | Diethylphthalat (DEP) | 65 | 350 | 4 | 0 | |
| | Diisodecylphthalat (DIDP) | 62 | 340 | 2 | 1 | EWS*** |
| | Benzylbutylphthalat (BBP) | 65 | 230 | 3 | 1 | EWS*** |
| | Dibutylphthalat (DBP) | 65 | 180 | 2 | 1 | RE 2, RF 2/ RF3, EWS*** |
| | Diisobutylphthalat (DIBP) | 65 | 78 | 1 | 2 | EWS*** |
| | Di-n-octylphthalat (DNOP) | 65 | 73 | 3 | 1 | |
| | Dimethylphthalat (DMP) | 65 | 20 | 1 | 2 | |
| | Bis(2-methoxyethyl)phthalat (BMoEP) | 65 | 8 | 2 | 1 | RE 2, RF 3 |
| | Dicyclohexylphthalat (DcHP) | 62 | 5 | 2 | 1 | |
| | Dipropylphthalat (DPP) | 62 | 2 | 0 | 0 | |
| | Diallylphthalat (DAP) | 65 | 1 | 0 | 1 | |
| | Diphenylphthalat (DPhP) | 62 | < 1 | - | - | |
| | Chlorparaffine | Chlorparaffine kurzkettig, C10 - C13 | 62 | 180 | 3 | 0 |
| Chlorparaffine mittelkettig, C14 - C17 | | 62 | 150 | 1 | 2 | |

Referenzwerte* = vorläufige Referenzwerte

interessierte Privatpersonen** = Mitarbeiter(innen) der Umweltbehörde und deren Bekanntenkreis mit Wohnungen ohne Schadens- oder Beschwerdefälle

EWS*** = im Verdacht endokrin (hormonell) wirksam zu sein

K = Krebszeugend

M = Erbgutverändernd

RE = Fruchtschädigend

RF = Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit

Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben

Tab. A4: Referenzwerte* und Referenzwertüberschreitungen für alle 58 bestimmten Stoffe (1. Fortsetzung)

Auftraggeber: Umweltbehörde Hamburg
 Messinstitut: GfU TÜV Nord GmbH
 Probenmaterial: Hausstaub (< 63 µm)
 Personengruppe: interessierte Privatpersonen**
 Probenahmejahr: 1998/1999
 Wohnungsort: Hamburg und Umgebung

| Gruppe | Stoff | Anzahl n | Referenzwert* [mg/kg] | > Referenzwert Anzahl | > 2 Referenzwert Anzahl | Bemerkungen [43 - 50] |
|-----------------|-------------------------------------|-------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Organophosphate | Tris(2-butoxyethyl)phosphat (TBoEP) | 65 | 40 | 3 | 1 | K 2/ K 3, RF 2 |
| | Triphenylphosphat (TPhP) | 65 | 16 | 1 | 1 | |
| | Trikresylphosphat (TKP) | 65 | 15 | 3 | 1 | |
| | Tris(chlorpropyl)phosphat (TCPP) | 63 | 12 | 2 | 1 | |
| | Tris(dichlorpropyl)phosphat (TDCPP) | 62 | 6.8 | 2 | 1 | |
| | Tris(2-chlorethyl)phosphat (TCEP) | 65 | 6.2 | 4 | 0 | |
| | Tributylphosphat (TBP) | 65 | 1.5 | 1 | 2 | |
| | Tris(2-ethylhexyl)phosphat (TEHP) | 62 | 0.9 | 2 | 1 | |
| Pyrethroide | Permethrin, | 65 | 110 | 2 | 1 | EWS**** |
| | Deltamethrin | 65 | 0.4 | 0 | 3 | EWS**** |
| | Cyfluthrin, | 65 | 0.3 | 2 | 0 | EWS**** |
| | Cypermethrin, | 65 | 0.2 | 0 | 3 | EWS**** |
| | Tetramethrin | 65 | 0.2 | 1 | 2 | EWS**** |
| | Cyhalothrin | 65 | < 0,1 | - | - | EWS**** |
| Synergist | Piperonylbutoxid (PBO) | 13 | 3.1 | 1 | 0 | |

Referenzwerte* = vorläufige Referenzwerte

interessierte Privatpersonen** = Mitarbeiter(innen) der Umweltbehörde und deren Bekanntenkreis mit Wohnungen ohne Schadens- oder Beschwerdefälle

EWS**** = wird als potenziell endokrin (hormonell) wirksam diskutiert

K = Krebserzeugend

M = Erbgutverändernd

RE = Fruchtschädigend

RF = Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit

Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben

Tab. A4: Referenzwerte* und Referenzwertüberschreitungen für alle 58 bestimmten Stoffe (2. Fortsetzung)

Auftraggeber: Umweltbehörde Hamburg
 Messinstitut: GfJ TÜV Nord GmbH
 Probenmaterial: Hausstaub (< 63 µm)
 Personengruppe: interessierte Privatpersonen**
 Probenahmejahr: 1998/1999
 Wohnungsort: Hamburg und Umgebung

| Gruppe | Stoff | Anzahl | Referenzwert* | > Referenzwert | > 2 Referenzwert | Bemerkungen [43 - 50] |
|------------------------------|------------------------|--------|---------------|----------------|------------------|----------------------------|
| | | n | [mg/kg] | Anzahl | Anzahl | |
| Chlororgano- Biozide | Methoxychlor | 65 | 6.5 | 4 | 0 | EWS*** |
| | Pentachlorphenol (PCP) | 65 | 2.6 | 2 | 1 | K 2/ K3, M 3, RE 2, EWS*** |
| | p,p'-DDT | 65 | 2.2 | 3 | 1 | K 3, EWS*** |
| | Diclofluamid, | 65 | 0.4 | 1 | 2 | |
| | Lindan | 65 | 0.3 | 1 | 2 | K 4, EWS*** |
| | Chlorthalonil, | 65 | < 0,1 | - | - | K 3 |
| | alpha-Endosulfan | 65 | < 0,1 | - | - | EWS*** |
| | beta-Endosulfan | 65 | < 0,1 | - | - | EWS*** |
| Organophosphor- Biozide | Chlorpyrifos | 65 | 4.7 | 2 | 2 | |
| | Diazinon | 65 | 0.5 | 2 | 1 | |
| | Dichlorvos | 65 | < 0,1 | - | - | |
| | Tetrachlorvinphos | 65 | < 0,1 | - | - | |
| Organostickstoff- Biozide | Tebuconazol | 65 | 0.5 | 2 | 2 | |
| | Furmecycloz | 65 | 0.3 | 3 | 0 | |
| | Propiconazol | 65 | 0.2 | 1 | 1 | |
| | Tolyfluanid | 65 | < 0,1 | - | - | |

Referenzwerte* = vorläufige Referenzwerte

interessierte Privatpersonen** = Mitarbeiter(innen) der Umweltbehörde und deren Bekanntenkreis mit Wohnungen ohne Schadens- oder Beschwerdefälle

EWS*** = im Verdacht endokrin (hormonell) wirksam zu sein

K = Krebserzeugend

M = Erbgutverändernd

RE = Fruchtschädigend

RF = Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfrühigkeit

Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben

Tab. A4: Referenzwerte* und Referenzwertüberschreitungen für alle 58 bestimmten Stoffe (3. Fortsetzung)

Auftraggeber: Umweltbehörde Hamburg
 Messinstitut: GfU TÜV Nord GmbH
 Probenmaterial: Hausstaub (< 63 µm)
 Personengruppe: interessierte Privatpersonen**
 Probenahmejahr: 1998/1999
 Wohnungsort: Hamburg und Umgebung

| Gruppe | Stoff | Anzahl n | Referenzwert* [mg/kg] | > Referenzwert Anzahl | > 2 Referenzwert Anzahl | Bemerkungen [43 - 50] |
|-----------------------------|--------------------------|-------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Carbamate | Propoxur | 65 | 3.1 | 1 | 2 | EWS*** |
| | Fenobucarb | 65 | 0.1 | 2 | 1 | |
| Organozinn- Verbindungen | Monobutylzinn (MBT) | 50 | 8.7 | 2 | 1 | |
| | Dibutylzinn (DBT) | 50 | 1.4 | 2 | 1 | |
| | Monooctylzinn (MOT) | 50 | 1.0 | 2 | 1 | |
| | Tributylzinn (TBT) | 50 | 0.1 | 3 | 0 | |
| | Diocetylzinn (DOT) | 50 | 0.1 | 1 | 0 | |
| | Triphenylzinn (TPhT) | 50 | 0.01 | 1 | 0 | |
| | Tetrabutylzinn (TTBT) | 50 | 0.004 | 1 | 2 | |
| | Tricyclohexylzinn (TcHT) | 50 | < 0,002 | - | - | |
| PAK | Benzo(a)pyren (B(a)P) | 62 | 1.1 | 1 | 2 | K 2, M 2, RE 2, RF 2, EWS*** |

Referenzwerte* = vorläufige Referenzwerte

interessierte Privatpersonen** = Mitarbeiter(innen) der Umweltbehörde und deren Bekanntenkreis mit Wohnungen ohne Schadens- oder Beschwerdefälle

EWS*** = im Verdacht endokrin (hormonell) wirksam zu sein

K = Krebserzeugend

M = Erbgutverändernd

RE = Fruchtschädigend

RF = Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfrähigkeit

Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben

Tab. A5: Zuordnung von Weichmachern, Flammschutzmitteln und Stabilisatoren zu großflächigen Produkten

P75w 75 % Perzentil (WAHR)
 P75f 75 % Perzentil (FALSCH)
 P75w/P75f $\geq 2,0$ mit P75w $\geq 1,0$ (Kriterium für die Zuordnung zu bestimmten Produkten)

* P75w/P75f < 2,0

** Anzahl der Werte n = 5

*** s. Erklärung in der Anlage Abkürzungen

| Produkte/Behandlung | | PVC | TBK | TBN | TEP | LAM | LV | ÖW |
|---------------------|--------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Stoffgruppe | Stoffe | P75w/P75f | | | | | | |
| Phthalate | DMP*** | * | * | 2.0 | 2.0 | * | 2.0 | * |
| | DEP | * | 6.9 | * | * | * | * | * |
| | DIBP | * | * | * | * | * | * | * |
| | DBP | * | * | * | * | * | * | * |
| | BMoEP | * | * | * | * | * | * | * |
| | BBP | 8.0 | 2.2 | 2.6 | * | * | * | * |
| | DEHP | * | * | * | * | * | * | * |
| | DNOP | 2.3 | * | * | * | 5.0 | * | 5.5 |
| | DINP | * | 2.1 | * | * | * | * | * |
| | DIDP | * | * | * | * | 3.1 | * | * |
| Chlorparaffine | CPkk | * | * | * | * | 2.5 | * | 2.2 |
| | CPmk | * | * | 2.0 | * | * | * | * |
| Organophosphate | TCEP | * | * | * | * | * | * | * |
| | TCPP | * | * | * | * | 2.5 | * | * |
| | TDCPP | * | * | * | * | 2.0 | * | * |
| | TBP | * | * | * | * | * | * | * |
| | TBoEP | * | * | * | * | * | * | * |
| | TPhP | * | * | * | * | * | * | * |
| | TKP | * | * | * | * | * | * | 4.9 |
| Wohnungen n = 62 | nw | 17 | 34 | 27 | 31 | 6 | 17 | 6 |
| | nf | 45 | 28 | 35 | 31 | 56 | 45 | 56 |

Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben

**Tab. A5: Zuordnung von Weichmachern, Flammschutzmitteln und Stabilisatoren zu großflächigen Produkten
(1. Fortsetzung)**

P75w 75 % Perzentil (WAHR)
 P75f 75 % Perzentil (FALSCH)
 P75w/P75f $\geq 2,0$ mit P75w $\geq 1,0$ (Kriterium für die Zuordnung zu bestimmten Produkten)

* P75w/P75f < 2,0

** Anzahl der Werte n = 5

*** s. Erklärung in der Anlage Abkürzungen

| Produkte/Behandlung | | PVC | TBK | TBN | TEP | LAM | LV | ÖW |
|-----------------------------|--------|-----------|-----|-----|-----|-----|----|----|
| Stoffgruppe | Stoffe | P75w/P75f | | | | | | |
| Organozinn- Verbindungen | MBT*** | 4.2 | * | 2.0 | * | * | * | * |
| | DBT | 5.2 | * | * | * | * | * | * |
| | TBT | * | * | * | * | * | * | * |
| | MOT | * | * | * | * | * | * | * |
| Wohnungen n = 49 | nw | 10 | 26 | 24 | 24 | 6 | 12 | 5 |
| | nf | 39 | 23 | 25 | 25 | 43 | 37 | 44 |

Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben

Tab. A6: Verfeinerte Zuordnung von Weichmachern, Flammschutzmitteln und Stabilisatoren zu großflächigen Produkten

P75w 75 % Perzentil (WAHR)
 P75f 75 % Perzentil (FALSCH)
 P75w/P75f $\geq 2,0$ (Kriterium für die Zuordnung zu bestimmten Produkten)
 (mit P75w $\geq 1,0$ mg/kg)

* P75w/P75f $< 2,0$
 ** Anzahl der Werte $n < 5$
 *** s. Erklärung in der Anlage Abkürzungen

| Produkte/Behandlung | | TEPoTBNöLV | TBNöLV | LVöTBN |
|---------------------|--------|------------|--------|--------|
| Stoffgruppe | Stoffe | P75w/P75f | | |
| Phthalate | DMP*** | * | 6.3 | 10 |
| Wohnungen | nw | 12 | 22 | 12 |
| | nf | 11 | 23 | 23 |

| Produkte/Behandlung | | TBKöTBNöPVC | TBNöPVC | PVCöTBN |
|---------------------|--------|-------------|---------|---------|
| Stoffgruppe | Stoffe | P75w/P75f | | |
| Phthalate | BBP | * | 2.1 | 6.3 |
| Wohnungen | nw | 14 | 17 | 8 |
| | nf | 14 | 28 | 28 |

| Produkte/Behandlung | | ÖWoLAMöPVC | LAMöPVC | PVCöLAM |
|---------------------|--------|------------|---------|---------|
| Stoffgruppe | Stoffe | P75w/P75f | | |
| Phthalate | DNOP | * | 3.8 | 2.2 |
| Wohnungen | nw | 5 | 6 | 16 |
| | nf | 34 | 39 | 39 |



| Produkte/Behandlung | | ÖWoLAM | LAMöÖW |
|---------------------|--------|-----------|--------|
| Stoffgruppe | Stoffe | P75w/P75f | |
| Chlorparffine | CPkk | 2.2 | 2.5 |
| Wohnungen | nw | 6 | 7 |
| | nf | 49 | 49 |

| Produkte/Behandlung | | TBNöPVC |
|---------------------|--------|-----------|
| Stoffgruppe | Stoffe | P75w/P75f |
| Organozinn-Verb. | MBT | * |
| Wohnungen | nw | 17 |
| | nf | 22 |

Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben

Tab. A7: Welche Weichmacher, Flammenschutzmittel und Stabilisatoren aus welchen Produkten ?

| Produkte/Behandlung | | PVC | TBK | TBN | TEP | LAM | LV | ÖW |
|-------------------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|
| Stoffgruppe | Stoffe | | | | | | | |
| Phthalate | DMP* | | | | | | | |
| | DEP | | | | | | | |
| | DIBP | | | | | | | |
| | DBP | | | | | | | |
| | BMoEP | | | | | | | |
| | BBP | | | | | | | |
| | DEHP | | | | | | | |
| | DNOP | | | | | | | |
| | DINP | | | | | | | |
| | DIDP | | | | | | | |
| Chlorparaffine | CPkk | | | | | | | |
| | CPmk | | | | | | | |
| Organophosphate | TCEP | | | | | | | |
| | TCPP | | | | | | | |
| | TDCPP | | | | | | | |
| | TBP | | | | | | | |
| | TBoEP | | | | | | | |
| | TPhP | | | | | | | |
| | TKP | | | | | | | |
| Organozinn-Verbindungen | MBT | | | | | | | |
| | DBT | | | | | | | |
| | TBT | | | | | | | |
| | MOT | | | | | | | |

 möglicher Emittent
 weniger sichere Zuordnung

* s. Erklärung im Anhang Abkürzungen

Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben

Tab. A8: Zuordnung von Bioziden zu großflächigen Produkten

P75w 75 % Perzentil (WAHR)
 P75f 75 % Perzentil (FALSCH)
 P75w/P75f $\geq 2,0$ (Kriterium für die Zuordnung zu bestimmten Produkten)
 (mit P75w $\geq 1,0$ mg/kg)

* P75w/P75f < 2,0
 ** Anzahl der Werte n < 5
 *** s. Erklärung im Anhang Abkürzungen

| Produkte/Behandlung | | TBK*** | TBN | TEP | HD | HDLV | HDÖW | PAR | PARLV | KOR | HV |
|--------------------------|---------------------|-----------|----------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|
| Stoffgruppe | Stoffe | P75w/P75f | | | | | | | | | |
| Pyrethroide | Permethrin | * | 11 | * | * | - | - | * | - | * | * |
| Organochlor-Verbindungen | DDT | * | * | * | 5.7 | 3.7 | 11 | * | - | * | * |
| | Methoxychlor PCP | 5.3 * | 3.6 * | 2.5 * | * * | - - | - - | * * | - - | 4.9 * | * * |
| Organophosphate | Chlorpyrifos | * | * | 3.5 | * | - | - | * | - | * | * |
| Carbamate | Propoxur | * | * | * | * | - | - | * | - | * | * |
| Wohnungen n = 65 | nw | 37 | 28 | 31 | 19 | 9 | 6 | 11 | - | 7 | 21 |
| | nf | 28 | 37 | 34 | 46 | 46 | 46 | 54 | - | 58 | 44 |

| Produkte/Behandlung | | Fungizide | Insektizide | Haustiere | Katzen | Hunde | andere Haustiere | Katzeninsektizide | Hundeinsektizide |
|--------------------------|---------------------|-----------|-------------|-----------|--------|----------|------------------|-------------------|------------------|
| Stoffgruppe | Stoffe | P75w/P75f | | | | | | | |
| Pyrethroide | Permethrin | - | * | * | * | * | * | * | * |
| Organochlor-Verbindungen | DDT | - | * | * | * | * | * | * | * |
| | Methoxychlor PCP | - * | 3.6 - | * - | * - | 5.7 - | * - | * - | 6.3 - |
| Organophosphate | Chlorpyrifos | - | 4.9 | 2.4 | 6.9 | * | * | 9.9 | * |
| Carbamate | Propoxur | - | * | * | * | 5.7 | * | * | 6.2 |
| Wohnungen n = 65 | nw | 5 | 17 | 26 | 10 | 7 | 13 | 6 | 5 |
| | nf | 60 | 48 | 39 | 55 | 58 | 52 | 59 | 60 |

Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben

Tab. A9: Welche Biozide aus welchen Produkten?

| Produkte/Behandlung | | TBK | TBN | TEP | HD | HDLV | HDÖW | PAR | PARLV | KOR | HV |
|--------------------------|---------------------|-----|-----|-----|----|------|------|-----|-------|-----|----|
| Stoffgruppe | Stoffe | | | | | | | | | | |
| Pyrethroide | Permethrin | | | | | | | | | | |
| Organochlor-Verbindungen | DDT | | | | | | | | | | |
| | Methoxychlor PCP | | | | | | | | | | |
| Organophosphate | Chlorpyrifos | | | | | | | | | | |
| Carbamate | Propoxur | | | | | | | | | | |

| Produkte/Behandlung | | Fungizide | Insektizide | Katzeninsektizide | Hundeinsektizide |
|--------------------------|---------------------|-----------|-------------|-------------------|------------------|
| Stoffgruppe | Stoffe | | | | |
| Pyrethroide | Permethrin | | | | |
| Organochlor-Verbindungen | DDT | | | | |
| | Methoxychlor PCP | | | | |
| Organophosphate | Chlorpyrifos | | | | |
| Carbamate | Propoxur | | | | |

■ möglicher Emittent

Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben

Tab. A10: Biozide im Hausstaub aus verschiedenen Bundesländern [mg/kg]

| Auftraggeber: Messinstitut: Personengruppe: Probenahmejahr: Wohnungsort: Staubfraktionierung: Probenanzahl n: Bestimmungsgrenze (BG): | | Umweltbehörde Hamburg GfU TÜV Nord mbH interessierte Privatpersonen** 1998/1999 Hamburg und Umgebung < 63 µm 65 (PBO 13) 0,1 mg/kg | | | | Niedersächsisches Sozialministerium [23, 28] Eukos GmbH Kontrollkollektiv 1997 Niedersachsen/Nordrhein-Westfalen < 63 µm 336 0,1 mg/kg | | | | Landesamt für Natur und Umwelt in Schleswig -Holstein [71] Eukos GmbH Gesamtkollektiv 1995/1996 Kreis Pinneberg < 63 µm 220 0,1 mg/kg | | | |
|--|------------------------|---|--------|--------|--------|---|--------|--------|--------|--|--------|--------|--------|
| Gruppe | Stoff | n ≥ BG | % ≥ BG | 50 % P | 95 % P | n > BG | % > BG | 50 % P | 95 % P | n > BG | % > BG | 50 % P | 95 % P |
| Pyrethroide | Permethrin, | 65 | 100 | 5.7 | 110 | 243 | 72 | 0.7 | 37 | 179 | 81 | 1.1 | 73 |
| | Cypermethrin, | 5 | 8 | < 0,1 | 0.2 | 5 | 2 | ≤ 0,1 | * | 1 | 0.4 | ≤ 0,1 | * |
| | Cyfluthrin, | 10 | 15 | < 0,1 | 0.3 | 4 | 1 | ≤ 0,1 | * | 0 | 0 | * | * |
| | Cyhalothrin | 0 | 0 | < 0,1 | < 0,1 | 1 | 0.3 | ≤ 0,1 | * | | | | |
| | Deltamethrin | 7 | 11 | < 0,1 | 0.4 | | | | | | | | |
| | Tetramethrin | 4 | 6 | < 0,1 | 0.2 | 13 | 4 | ≤ 0,1 | * | 4 | 2 | ≤ 0,1 | * |
| Synergist | Piperonylbutoxid (PBO) | 4 | 31 | < 0,1 | 3.1 | 178 | 53 | 0.1 | 13 | 92 | 42 | ≤ 0,1 | 5.7 |
| Organochlor- | Chlorthalonil, | 0 | 0 | < 0,1 | < 0,1 | | | | | | | | |
| | Diclofluanid, | 11 | 17 | < 0,1 | 0.4 | 9 | 3 | ≤ 0,1 | * | 9 | 4 | ≤ 0,1 | * |
| | alpha-Endosulfan, | 2 | 3 | < 0,1 | < 0,1 | | | | | | | | |
| | beta-Endosulfan | 1 | 2 | < 0,1 | < 0,1 | | | | | | | | |
| | Lindan | 28 | 43 | < 0,1 | 0.3 | 68 | 20 | ≤ 0,1 | 0.8 | 39 | 18 | ≤ 0,1 | 1.1 |
| | Methoxychlor | 39 | 60 | 0.1 | 6.5 | 275 | 82 | 0.9 | 27 | 173 | 79 | 0.5 | 12 |
| | p,p'-DDT | 41 | 63 | 0.1 | 2.2 | 275 | 82 | 0.3 | 4.2 | 163 | 74 | 0.3 | 4.4 |
| PCP | 59 | 91 | 0.5 | 2.6 | 325 | 97 | 1.0 | 8.0 | 215 | 98 | 1.4 | 9.1 | |
| Organophosphor- | Dichlorvos, | 2 | 3 | < 0,1 | < 0,1 | | | | | | | | |
| | Chlorpyrifos, | 29 | 45 | < 0,1 | 4.7 | 35 | 10 | ≤ 0,1 | 0.6 | 18 | 8 | ≤ 0,1 | 0.5 |
| | Diazinon | 14 | 22 | < 0,1 | 0.5 | 10 | 3 | ≤ 0,1 | * | 9 | 4 | ≤ 0,1 | * |
| | Tetrachlorvinphos | 1 | 2 | < 0,1 | < 0,1 | 7 | 2 | ≤ 0,1 | * | 3 | 1 | ≤ 0,1 | * |
| Organostickstoff- | Tebuconazol | 4 | 6 | < 0,1 | 0.5 | | | | | | | | |
| | Propiconazol | 6 | 9 | < 0,1 | 0.2 | | | | | | | | |
| | Tolyfluanid | 3 | 5 | < 0,1 | < 0,1 | | | | | | | | |
| | Furmecycloz | 7 | 11 | < 0,1 | 0.3 | | | | | | | | |
| Carbamate | Propoxur | 39 | 60 | 0.2 | 3.1 | 47 | 14 | ≤ 0,1 | 0.9 | 24 | 11 | ≤ 0,1 | 0.8 |
| | Fenobucarb | 5 | 8 | < 0,1 | 0.1 | | | | | | | | |

* = zu wenig Werte > BG

interessierte Privatpersonen** = Mitarbeiter(innen) der Umweltbehörde und deren Bekanntenkreis mit Wohnungen ohne Schadens- oder Beschwerdefälle

Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben

Tab. A11: Biozide im Hausstaub aus West- und Ostdeutschland [mg/kg]

| Auftraggeber: Messinstitut: Personengruppe: Probenahmejahr: Wohnungsort: Staubfraktionierung: BG: | | Umweltbundesamt, Institut für Wasser- Boden- und Lufthygiene [8, 10, 35] Ergo Forschungsgesellschaft mbH / Institut für Wasser- Boden- und Lufthygiene repräsentative Auswahl | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|---|--------|------|--------|--------|---|--------|------|--------|--------|--|--------|------|--------|--------|
| | | 1985/86 Westdeutschland < 2 mm (Permethrin,PBO), Gesamtstaub (PCP, Lindan) alle 0,02 mg/kg (Lindan 0,01 mg/kg) | | | | | 1990/91 Westdeutschland < 2 mm (Permethrin, PBO) alle 0,02 mg/kg | | | | | 1991/92 Ostdeutschland < 2 mm alle 0,02 mg/kg | | | | |
| Gruppe | Stoff | n | % ≥ BG | GM | 50 % P | 95 % P | n | % ≥ BG | GM | 50 % P | 95 % P | n | % ≥ BG | GM | 50 % P | 95 % P |
| Pyrethroide | Permethrin, | 395 | 63.5 | 0.06 | 0.03 | 4.2 | 969 | 91.5 | 0.23 | 0.16 | 13.4 | 246 | 87.0 | 0.18 | 0.17 | 3.4 |
| Synergist | Piperonylbutoxid (PBO) | 394 | 66.8 | 0.1 | 0.05 | 3.5 | 965 | 72.2 | 0.07 | 0.05 | 3.5 | 254 | 89.3 | 0.21 | 0.18 | 8.0 |
| Organochlor- Verbindungen | Lindan | 465 | 95.3 | 0.25 | 0.18 | 0.84 | | | 0.15 | | | | | | | |
| | PCP | 465 | 100 | 0.66 | 0.84 | 4.76 | | | 0.38 | | | | | | | |

Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben

Tab. A12: Biozide im Hausstaub aus Fürth und Umgebung [mg/kg] [57]

| Auftraggeber: Messinstitut: Personengruppe: Probenahmejahr: Wohnungsort: Staubfraktionierung: | | interessierte Privatpersonen AnBUS e.V. interessierte Privatpersonen 1995/96 Fürth und Umgebung Gesamtstaub | | | | |
|--|------------------------|--|-----|--------|--------|--------|
| Gruppe | Stoff | BG | n | % ≥ BG | 50 % P | 95 % P |
| Pyrethroide Synergist | Permethrin, | 0.5 | 272 | 35.7 | < 0,5 | 25 |
| | Piperonylbutoxid (PBO) | 0.2 | 272 | 13.6 | < 0,2 | 1.3 |
| Organochlor- | Lindan | 0.2 | 272 | 39.3 | < 0,2 | 1.0 |
| | Methoxychlor | | | | | |
| | p,p'-DDT | 0.3 | 272 | 21.7 | < 0,3 | 5.1 |
| | PCP | 0.2 | 272 | 67.3 | 0.3 | 13.3 |
| Organophosphor- | Chlorpyrifos, | 0.3 | 272 | 7.7 | < 0,3 | 0.6 |
| Carbamate | Propoxur | 0.5 | 76 | 6.6 | < 0,5 | 0.5 |

Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben

Tab. A13: Phthalate im Hausstaub aus verschiedenen Bundesländern [mg/kg]

| Auftraggeber: | | Umweltbehörde Hamburg | | | | Niedersächsisches Ministerium für Frauen, Arbeit und Soziales EUKOS Umweltanalytik [45] | | interessierte Privatpersonen | | | |
|------------------|---------------------------|-------------------------------|--------|--------|--------|---|-----|------------------------------|--------|--------|--|
| Messinstitut: | | GfU TÜV Nord mbH | | | | Kontrollkollektiv | | AnBUS e. V [57] | | | |
| Personengruppe: | | interessierte Privatpersonen* | | | | 1998/1999 | | interessierte Privatpersonen | | | |
| Probenahmejahr: | | 1998/1999 | | | | 1998/1999 | | 1995/1996 | | | |
| Wohnungsort: | | Hamburg und Umgebung | | | | Niedersachsen/Schleswig-Holstein | | Fürth und Umgebung | | | |
| Staubfraktion: | | < 63 µm | | | | < 63 µm | | Gesamtstaub | | | |
| Probenanzahl: | | 65 | | | | 286 | | 272 | | | |
| Gruppe | Stoff | BG | % ≥ BG | 50 % P | 95 % P | 95 % P | BG | % ≥ BG | 50 % P | 95 % P | |
| Phthalate | Dimethylphthalat | 1 | 51 | 1 | 20 | - | 0.5 | 57.7 | 0.6 | 4.1 | |
| Weichmacher (WM) | Diethylphthalat | 1 | 91 | 5 | 350 | - | 0.5 | 96.7 | 3.1 | 96 | |
| | Diisobutylphthalat | 1 | 100 | 33 | 78 | 130 | - | - | - | - | |
| | Dibutylphthalat | 1 | 100 | 47 | 180 | 240 | 0.7 | 99.3 | 87 | 370 | |
| | Benzylbutylphthalat | 1 | 100 | 19 | 230 | 320 | 0.7 | 98.9 | 24 | 270 | |
| | Bis(2-ethylhexyl)phthalat | 1 | 100 | 600 | 1600 | 2600 | 0.7 | 99.6 | 450 | 2000 | |

interessierte Privatpersonen* = Mitarbeiter(innen) der Umweltbehörde und deren Bekanntenkreis mit Wohnungen ohne Schadens- oder Beschwerdefälle

Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben

Tab. A14: Organophosphate im Hausstaub aus Nord- und Süddeutschland [mg/kg]

Hausstaubfraktion: < 63 µm

| Auftraggeber: | | Umweltbehörde Hamburg | | | | | interessierte Privatpersonen | | | | |
|------------------------------|-------|-------------------------------|--------|-----|--------|--------|-------------------------------|--------|-----|--------|--------|
| Messinstitut: | | GfU TÜV Nord GmbH | | | | | Labor Dr. Ingerowski [78, 79] | | | | |
| Personengruppe: | | interessierte Privatpersonen* | | | | | interessierte Privatpersonen | | | | |
| Probenahmejahr: | | 1998/1999 | | | | | vor 1997 | | | | |
| Wohnungsort: | | Hamburg und Umgebung | | | | | Norddeutscher Raum | | | | |
| Bestimmungsgrenze (BG): | | 0,1 mg/kg | | | | | 0,1 mg/kg | | | | |
| Gruppe | Stoff | n | % ≥ BG | AM | 50 % P | 95 % P | n | % ≥ BG | AM | 50 % P | 95 % P |
| Organophosphate (FSM, WM) | TCEP | 65 | 100 | 2.2 | 1.6 | 6.2 | 86 | 95 | 3.8 | 0.8 | 12 |
| | TCPP | 63 | 100 | 3.1 | 1.4 | 12 | 73 | 89 | 2.4 | 0.7 | 5.6 |

| Auftraggeber: | | interessierte Privatpersonen | | | | | interessierte Privatpersonen | | | | |
|------------------------------|-------|------------------------------------|--------|-----|--------|--------|------------------------------|--------|-----|--------|--------|
| Messinstitut: | | AnBUS e. V. [78, 79] | | | | | PMA Sindelfingen [78, 79] | | | | |
| Personengruppe: | | interessierte Privatpersonen | | | | | interessierte Privatpersonen | | | | |
| Probenahmejahr: | | vor 1997 | | | | | vor 1997 | | | | |
| Wohnungsort: | | Mittel/Südostdeutscher Raum | | | | | Südwestdeutscher Raum | | | | |
| Bestimmungsgrenze (BG): | | 0,3 mg/kg (TCEP), 0,2 mg/kg (TCPP) | | | | | 0,1 mg/kg | | | | |
| Gruppe | Stoff | n | % ≥ BG | AM | 50 % P | 95 % P | n | % ≥ BG | AM | 50 % P | 95 % P |
| Organophosphate (FSM, WM) | TCEP | 356 | 73 | 2.2 | 0.6 | 8.8 | 541 | 87 | 2.2 | 0.6 | 7.5 |
| | TCPP | 216 | 60 | 1.2 | 0.4 | 3.4 | 147 | 60 | 2.0 | 0.6 | 8.8 |

interessierte Privatpersonen* = Mitarbeiter(innen) der Umweltbehörde und deren Bekanntenkreis mit Wohnungen ohne Schadens- oder Beschwerdefälle

Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben

Tab. A15: Organophosphate im Hausstaub aus Nord- und Süddeutschland [mg/kg]

| Auftraggeber: Messinstitut: Personengruppe: Probenahmejahr: Wohnungsort: Staubfraktionierung: Probenanzahl: Bestimmungsgrenze (BG): | | Behörde für Arbeit, Gesundheit und Soziales Hamburg [75] Labor Dr. Ingerowski, Harsefeld Norddeutscher Raum Gesamtstaub n = 59 0,1 mg/kg | | | | Sozialministerium Baden-Württemberg Forschungs- und Materialprüfungsanstalt Stuttgart [80] Baden-Württemberg Gesamtstaub n = 31 | | | |
|--|-------|---|-----|--------|--------|---|-----|--------|--------|
| Gruppe | Stoff | % ≥ BG | AM | 50 % P | 95 % P | % ≥ BG | AM | 50 % P | 95 % P |
| Organophosphate | TCEP | 93 | 3.4 | 0.9 | 8.4 | k. A. | 5.0 | k. A. | k. A. |

Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben

Tab. A16: Benzo(a)pyren im Hausstaub aus Hamburg und Fürth [mg/kg]

| Auftraggeber: Messinstitut: Personengruppe: Probenahmejahr: Wohnungsort: Staubfraktion: Probenanzahl: Bestimmungsgrenze (BG): | | Umweltbehörde Hamburg GfU TÜV Nord mbH interessierte Privatpersonen* 1998/1999 Hamburg und Umgebung < 63 µm 65 0,1 mg/kg | | | interessierte Privatpersonen AnBUS e. V. [57] interessierte Privatpersonen 1995/1996 Fürth und Umgebung Gesamtstaub 272 0,2 mg/kg | | |
|--|---------------|---|--------|--------|--|--------|--------|
| Gruppe | Stoff | % ≥ BG | 50 % P | 95 % P | % ≥ BG | 50 % P | 95 % P |
| PAK | Benzo(a)pyren | 81 | 0.2 | 1.1 | 7.7 | < 0,2 | 0.3 |

interessierte Privatpersonen* = Mitarbeiter(innen) der Umweltbehörde und deren Bekanntenkreis mit Wohnungen ohne Schadens- oder Beschwerdefälle

Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben

Tab. A17: Einhaltung der umweltpolitischen Zielwerte und 95 % Percentile* für alle 58 bestimmten Stoffe

| Gruppe | Stoff | Anzahl n | Zielwert [mg/kg] | Einhaltung [%] | 95 % Percentile* [mg/kg] | Bemerkungen [43 - 50] |
|-----------------|--|-------------|---------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Phthalate | Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) | 65 | < 10 | 0 | 1600 | RE 2, RF 2, EWS*** |
| | Dibutylphthalat (DBP) | 65 | < 10 | 0 | 180 | RE 2, RF 2/ RF3, EWS*** |
| | Diisononylphthalat (DINP) | 62 | < 10 | 2 | 540 | EWS*** |
| | Diisobutylphthalat (DIBP) | 65 | < 10 | 3 | 78 | EWS*** |
| | Diisodecylphthalat (DIDP) | 62 | < 10 | 19 | 340 | EWS*** |
| | Benzylbutylphthalat (BBP) | 65 | < 10 | 20 | 230 | EWS*** |
| | Diethylphthalat (DEP) | 65 | < 10 | 65 | 350 | |
| | Di-n-octylphthalat (DNOP) | 65 | < 10 | 77 | 73 | |
| | Dimethylphthalat (DMP) | 65 | < 10 | 89 | 20 | |
| | Bis(2-methoxyethyl)phthalat (BMoEP) | 65 | < 10 | 95 | 8 | RE 2, RF 3 |
| | Dicyclohexylphthalat (DcHP) | 62 | < 10 | 98 | 5 | |
| | Dipropylphthalat (DPP) | 62 | < 10 | 100 | 2 | |
| | Diallylphthalat (DAP) | 65 | < 10 | 100 | 1 | |
| | Diphenylphthalat (DPhP) | 62 | < 10 | 100 | < 1 | |
| Chlorparaffine | Chlorparaffine mittelkettig, C14 - C17 | 62 | < 10 | 10 | 150 | |
| | Chlorparaffine kurzkettig, C10 - C13 | 62 | < 10 | 13 | 180 | K 3 |
| Organophosphate | Tris(2-butoxyethyl)phosphat (TBoEP) | 65 | < 1 | 3 | 40 | |
| | Triphenylphosphat (TPhP) | 65 | < 1 | 5 | 16 | |
| | Trikresylphosphat (TKP) | 65 | < 1 | 18 | 15 | |
| | Tris(chlorpropyl)phosphat (TCPP) | 63 | < 1 | 32 | 12 | |
| | Tris(2-chlorethyl)phosphat (TCEP) | 65 | < 1 | 32 | 6.2 | K 2 / K 3, RF 2 |
| | Tris(dichlorpropyl)phosphat (TDCPP) | 62 | < 1 | 40 | 6.8 | |
| | Tributylphosphat (TBP) | 65 | < 1 | 85 | 1.5 | |
| | Tris(2-ethylhexyl)phosphat (TEHP) | 62 | < 1 | 95 | 0.9 | |

Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben

Tab. A17: Einhaltung der umweltpolitischen Zielwerte und 95 % Percentile* für alle 58 bestimmten Stoffe (1. Fortsetzung)

| Gruppe | Stoff | Anzahl n | Zielwert [mg/kg] | Einhaltung [%] | 95 % Percentile* [mg/kg] | Bemerkungen [43 - 50] |
|-----------------------------------|------------------------|-------------|---------------------|-------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Pyrethroide | Permethrin | 65 | < 1 | 12 | 110 | EWS**** |
| | Deltamethrin | 65 | < 1 | 95 | 0.4 | EWS**** |
| | Cypermethrin, | 65 | < 1 | 97 | 0.2 | EWS**** |
| | Tetramethrin | 65 | < 1 | 98 | 0.2 | EWS**** |
| | Cyfluthrin, | 65 | < 1 | 100 | 0.3 | EWS**** |
| | Cyhalothrin | 65 | < 1 | 100 | < 0,1 | EWS**** |
| Synergist | Piperonylbutoxid (PBO) | 13 | < 1 | 85 | 3.1 | |
| Organochlor- Verbindungen | PCP | 65 | < 1 | 71 | 2.6 | K 2 / K 3, M 3, RE 2, EWS*** |
| | Methoxychlor | 65 | < 1 | 77 | 6.5 | EWS*** |
| | p,p'-DDT | 65 | < 1 | 80 | 2.2 | K 3, EWS*** |
| | Dicofluanid | 65 | < 1 | 98 | 0.4 | |
| | Lindan | 65 | < 1 | 98 | 0.3 | K 4, EWS*** |
| | Chlorthalonil | 65 | < 1 | 100 | < 0,1 | K 3 |
| | alpha-Endosulfan | 65 | < 1 | 100 | < 0,1 | EWS*** |
| | beta-Endosulfan | 65 | < 1 | 100 | < 0,1 | EWS*** |
| Organophosphor- Verbindungen | Chlorpyrifos | 65 | < 1 | 85 | 4.7 | |
| | Diazinon | 65 | < 1 | 98 | 0.5 | |
| | Dichlorvos | 65 | < 1 | 100 | < 0,1 | |
| | Tetrachlorvinphos | 65 | < 1 | 100 | < 0,1 | |
| Organostickstoff- Verbindungen | Tebuconazol | 65 | < 1 | 97 | 0.5 | |
| | Propiconazol | 65 | < 1 | 100 | 0.2 | |
| | Tolyfluanid | 65 | < 1 | 100 | < 0,1 | |
| | Furmecycloz | 65 | < 1 | 100 | 0.3 | |
| Carbamate | Propoxur | 65 | < 1 | 86 | 3.1 | |
| | Fenobucarb | 65 | < 1 | 100 | 0.1 | |

Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben

Tab. A17: Einhaltung der umweltpolitischen Zielwerte und 95 % Percentile* für alle 58 bestimmten Stoffe (2. Fortsetzung)

| Gruppe | Stoff | Anzahl n | Zielwert [mg/kg] | Einhaltung [%] | 95 % Percentile* [mg/kg] | Bemerkungen [43 - 50] |
|-----------------------------|--------------------------|-------------|---------------------|-------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Organozinn- Verbindungen | Monobutylzinn (MBT) | 50 | < 1 | 38 | 8.7 | EWS*** |
| | Dibutylzinn (DBT) | 50 | < 1 | 86 | 1.4 | |
| | Monooctylzinn (MOT) | 50 | < 1 | 96 | 1.0 | |
| | Tributylzinn (TBT) | 50 | < 1 (< 0,1) | 100 (90) | 0.1 | |
| | Diocetylzinn (DOT) | 50 | < 1 | 100 | 0.1 | |
| | Triphenylzinn (TPhT) | 50 | < 1 | 100 | 0.01 | |
| | Tetrabutylzinn (TTBT) | 50 | < 1 | 100 | 0.004 | |
| | Tricyclohexylzinn (TcHT) | 50 | < 1 | 100 | < 0,002 | |
| PAK | Benzo(a)pyren B(a)P | 62 | < 1 | 94 | 0.1 | K 2, M 2, RE 2, RF 2, EWS*** |

≤ 95 % Percentil* = übliches Vorkommen

EWS*** = im Verdacht endokrin (hormonell) wirksam zu sein

EWS**** = wird als potenziell endokrin (hormonell) wirksam diskutiert

K = Krebserzeugend

M = Erbgutverändernd

RE = Fruchtschädigend

RF = Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit

9.2 Abbildungen

| | Seite |
|----------|---|
| Abb. A1 | Probenahmeprotokoll für Hausstaub..... 77 |
| Abb. A2 | Fragebogen zum Gebäude, zur Wohnung und zu den Nutzeraktivitäten. 78 |
| Abb. A3 | Häufigkeitsverteilung von Bis(2-ethylhexyl)phthalat..... 81 |
| Abb. A4 | Logarithmische Häufigkeitsverteilung von Bis(2-ethylhexyl)phthalat.... 82 |
| Abb. A5 | Häufigkeitsverteilung von Permethrin..... 83 |
| Abb. A6 | Logarithmische Häufigkeitsverteilung von Permethrin..... 84 |
| Abb. A7 | 95 % Percentile 1600 – 100 mg/kg..... 85 |
| Abb. A8 | 95 % Percentile 99 – 10 mg/kg..... 86 |
| Abb. A9 | 95 % Percentile 9,9 – 1,0 mg/kg..... 87 |
| Abb. A10 | 95 % Percentile 0,99 – 0,1 mg/kg..... 88 |
| Abb. A11 | Häufigkeitsverteilung von Bis(2-ethylhexyl)phthalat..... 89 |
| Abb. A12 | Häufigkeitsverteilung von Diisononyl)phthalat..... 90 |
| Abb. A13 | Häufigkeitsverteilung von Diethylphthalat..... 91 |
| Abb. A14 | Häufigkeitsverteilung von Diisodecylphthalat..... 92 |
| Abb. A15 | Häufigkeitsverteilung von Benzylbutylphthalat..... 93 |
| Abb. A16 | Häufigkeitsverteilung von Dibutylphthalat..... 94 |
| Abb. A17 | Häufigkeitsverteilung von Diisobutylphthalat..... 95 |
| Abb. A18 | Häufigkeitsverteilung von Di-n-octylphthalat..... 96 |
| Abb. A19 | Häufigkeitsverteilung von Dimethylphthalat..... 97 |
| Abb. A20 | Häufigkeitsverteilung von Bis(2-methoxyethyl)phthalat..... 98 |
| Abb. A21 | Häufigkeitsverteilung von Dicyclohexylphthalat..... 99 |
| Abb. A22 | Häufigkeitsverteilung von kurzkettigen Chlorparaffinen..... 100 |
| Abb. A23 | Häufigkeitsverteilung von mittelkettigen Chlorparaffinen..... 101 |
| Abb. A24 | Häufigkeitsverteilung von Tris(2-butoxyethyl)phosphat..... 102 |
| Abb. A25 | Häufigkeitsverteilung von Triphenylphosphat..... 103 |
| Abb. A26 | Häufigkeitsverteilung von Trikresylphosphat..... 104 |
| Abb. A27 | Häufigkeitsverteilung von Tris(chlorpropyl)phosphat..... 105 |
| Abb. A28 | Häufigkeitsverteilung von Tris(dichlorpropyl)phosphat..... 106 |
| Abb. A29 | Häufigkeitsverteilung von Tris(chlorethyl)phosphat..... 107 |
| Abb. A30 | Häufigkeitsverteilung von Tributylphosphat..... 108 |
| Abb. A31 | Häufigkeitsverteilung von Tris(2-ethylhexyl)phosphat..... 109 |
| Abb. A32 | Häufigkeitsverteilung von Permethrin..... 110 |
| Abb. A33 | Häufigkeitsverteilung von Methoxychlor..... 111 |
| Abb. A34 | Häufigkeitsverteilung von Chlorpyrifos..... 112 |
| Abb. A35 | Häufigkeitsverteilung von Propoxur..... 113 |
| Abb. A36 | Häufigkeitsverteilung von Pentachlorphenol..... 114 |
| Abb. A37 | Häufigkeitsverteilung von p,p'-DDT..... 115 |
| Abb. A38 | Häufigkeitsverteilung von Monobutylzinn..... 116 |
| Abb. A39 | Häufigkeitsverteilung von Dibutylzinn..... 117 |
| Abb. A40 | Häufigkeitsverteilung von Monoctylzinn..... 118 |
| Abb. A41 | Häufigkeitsverteilung von Tributylzinn..... 119 |
| Abb. A42 | Häufigkeitsverteilung von Benzo(a)pyren..... 120 |

Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben

Abb. A1: Probenahmeprotokoll für Hausstaub mit Staubsauger

Meßprogramm:.....
Proben Nr.:.....
Datum:.....
Bewohnernamen:.....
Straße Nr., Stockwerk:.....
Postleitzahl Ort:.....
Telefon Nr.:.....
Sonstiges:.....

Staubsaugerhersteller:.....
Staubsaugertyp:.....
Leistung [W]:.....
Lüftungsverschluß bitte schließen, da sonst keine volle Saugleistung!!!
Eine Leistung von 1000 W ist zur vollständigen Erfassung der Schadstoffe wichtig.
Bei mehreren Leistungsstufen
Üblicherweise genutzte Leistungsstufe [W].....
Zusätzliche Feinstaubabscheidung? ja, nein

Sammelzeit [Wochen]:.....
Wie häufig saugen Sie im allgemeinen in Ihrer Wohnung (Ihrem Haus) Staub
pro Monat im Durchschnitt:.....

Was für Böden wurden mit diesem Staubsauger gesaugt?
 Nur glatter Boden (z.B. Holz, Parkett, Linoleum, Kunststoff)
 Nur Teppichboden / Teppiche
 Beides
Wurden außer Böden auch andere Flächen in der Wohnung gesaugt? ja, nein
Wenn ja, welche:.....
Wurde mit dem Staubsauger auch außerhalb der Wohnung gesaugt?
(z. B. Garage, Auto, Terrasse, Balkon, Garten, Keller, Boden) ja, nein
Wenn ja, welche:.....

Bemerkungen

Hinweise der Bewohner:.....
.....
Sonstige Auffälligkeiten:.....
.....

Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben

Abb. A2: Fragebogen zum Gebäude, zur Wohnung und zu den Nutzeraktivitäten

Angaben zum Wohngebäude

Gebäudetyp

- Etagenwohnung
- Reihenhaus
- Einzelhaus

Welcher andere Typ:.....

Handwerkliche Bauweise

- Mauerwerk
- Beton
- Fachwerk
- Holzbau

Welcher andere Typ:.....

Industrielle Bauweise

- Beton-Fertigteilbau
- Fertighausbau

Welcher andere Typ:.....

Alter des Gebäudes

- < 6 Monate, < 2 Jahre, < 6 Jahre
- Baujahr 1986 - 1993, Baujahr 1978 - 1985, Baujahr 1945 - 1977, vor 1945 errichtet

Umgebung des Gebäudes

- ländlich
- städtisch (Vorort)
- städtisch (Zentrum)
- schwacher Verkehr
- starker Verkehr
- Industriebetrieb

Art:..... Entfernung:.....

- Gewerbebetrieb

Art:..... Entfernung:.....

- Kleingewerbe

Art:..... Entfernung:.....

- Boden belastet

Angaben zur Wohnung

Wieviel Personen leben in der Wohnung?.....

Davon wieviel Kinder?.....

Halten Sie in Ihrer Wohnung Haustiere? ja nein

wenn ja, welche.....

Wohnfläche [m²].....

Raumhöhe [m].....

| Räume | Größe [m²] | Alter d.Einrichtung [Jahre] | Raum Nr. |
|---|------------|-----------------------------|----------|
| <input type="checkbox"/> Kinderzimmer..... | [] | [] | 1 |
| <input type="checkbox"/> Schlafzimmer..... | [] | [] | 2 |
| <input type="checkbox"/> Wohnzimmer..... | [] | [] | 3 |
| <input type="checkbox"/> Küche..... | [] | [] | 4 |
| <input type="checkbox"/> Badezimmer..... | [] | [] | 5 |
| <input type="checkbox"/> Arbeitszimmer..... | [] | [] | 6 |
| <input type="checkbox"/> Anderer Raum,..... | [] | [] | 7 |
| welcher?..... | | | |

Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben

Abb. A2: Fragebogen zum Gebäude, zur Wohnung und zu den Nutzeraktivitäten

Angaben zur Wohnung

Fußboden

| Welcher Bodenbelag? | Räume Nr. |
|--|-----------|
| <input type="checkbox"/> Fliesen..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Estrich..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Holzdielen..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Parkett..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Kork..... | [] |
| <input type="checkbox"/> PVC-Belag..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Polyethylen/Polypropylen-Belag..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Gummi-Belag..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Laminat..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Linoleum..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Teppichboden, Kunstfaser..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Teppichboden, Naturfaser..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Teppich..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Andere Beläge..... | [] |
| wenn ja, welche? | [] |

Bodenbelag, Befestigung

| | |
|--|-----|
| <input type="checkbox"/> mit Kleber..... | [] |
| welcher (Handelsname)..... | [] |

Bodenbelag, Behandlung

| | |
|---|-----|
| <input type="checkbox"/> Lackversiegelung..... | [] |
| WelcherLack? (Handelsname)..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Öl, Bienenwachs..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Andere Behandlung..... | [] |
| Welche, mit welchen Mitteln? (Handelsname)..... | [] |

Wand, Decken

| | |
|---|-----|
| <input type="checkbox"/> Papiertapete..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Rauhfaser tapete..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Textiltapete..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Gewebetapete..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Vinyltapete..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Putz mit Anstrich..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Beschichtete Platten..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Holzverkleidung..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Andere Verkleidungen, welche?..... | [] |

Veränderungen in der Wohnung im letzten halben Jahr

| | |
|--|-----|
| <input type="checkbox"/> Renovierung | |
| <input type="checkbox"/> Neue Tapeten..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Neue Wand-/Deckenverkleidung..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Andere Renovierungen, welche ?..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Neue Einrichtungsgegenstände | |
| <input type="checkbox"/> Teppich..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Polstermöbel..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Holz- Möbel..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Kunststoff-Möbel..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Vorhänge..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Matratzen..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Andere neue Einrichtungsgegenstände, welche?..... | [] |
| <input type="checkbox"/> Sonstige Veränderungen, welche?..... | [] |

Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben

Abb. A2: Fragebogen zum Gebäude, zur Wohnung und zu den Nutzeraktivitäten

Angaben zu den Nutzeraktivitäten

Tabakrauch

Nichtraucherwohnung

Raucherwohnung

Beheizung

Zentralheizung

Einzelöfen, welcher Brennstoff?..... []

Offener Kamin, welcher Brennstoff?..... []

Räume Nr.

Verwendung von Produkten in der Wohnung

In der Wohnung werden Produkte zu folgenden Zwecken eingesetzt:

Fußbodenreinigung: []

Handelsname: häufig selten

Fußbodenpflege: []

Handelsname:..... häufig selten

Möbelpflege: []

Handelsname:..... häufig selten

Insektenvernichtung []

Handelsname:..... häufig selten

Insektenvernichtung bei Haustieren []

Handelsname:..... häufig selten

Pflanzenschutz vor Schädlingsbefall []

Handelsname:..... häufig selten

Vorratsschutz vor Schädlingsbefall []

Handelsname:..... häufig selten

Textilschutz vor Schädlingsbefall []

Handelsname:..... häufig selten

Bautenschutz (z.B. Holz-) vor Schädlingsbefall []

Handelsname:..... häufig selten

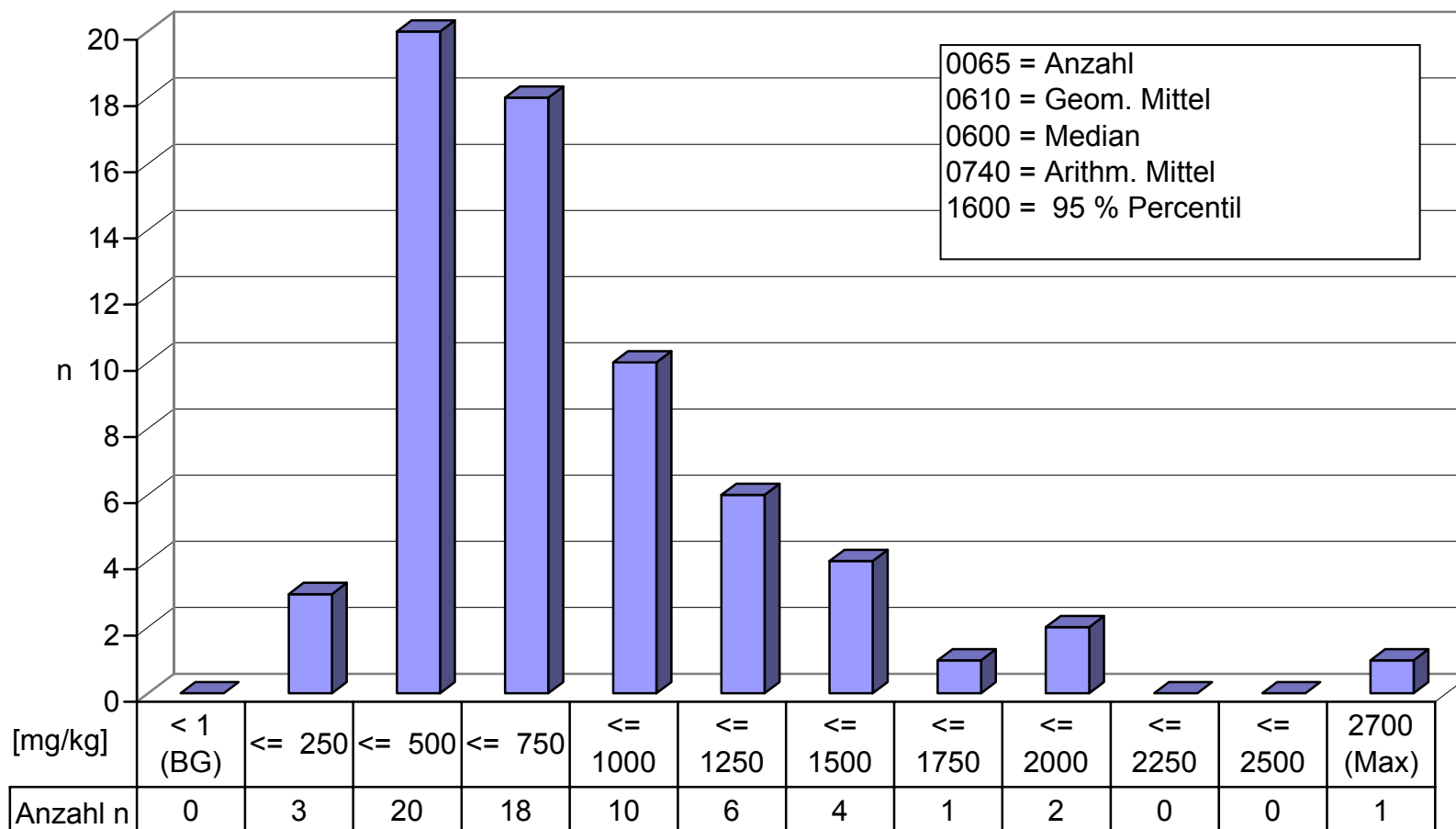
gegen Nagetiere []

Handelsname:..... häufig selten

gegen Schimmel, Mikroorganismen []

Handelsname:..... häufig selten

Abb. A3: **Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -



0065 = Anzahl
 0610 = Geom. Mittel
 0600 = Median
 0740 = Arithm. Mittel
 1600 = 95 % Perzentil

Abb. A4: **Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)**
 - logarithmische Häufigkeitsverteilung -

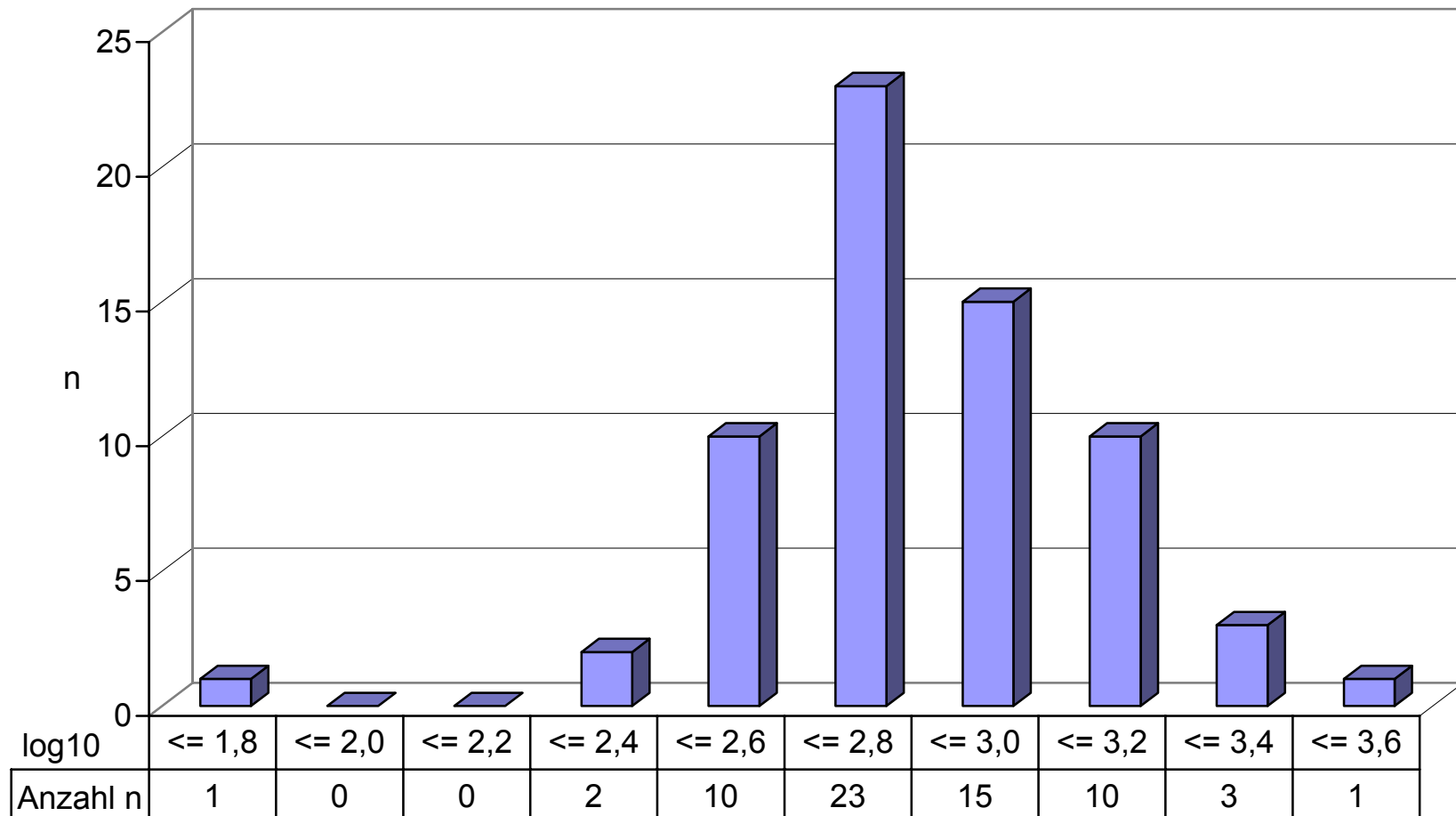


Abb. A5: **Permethrin** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -

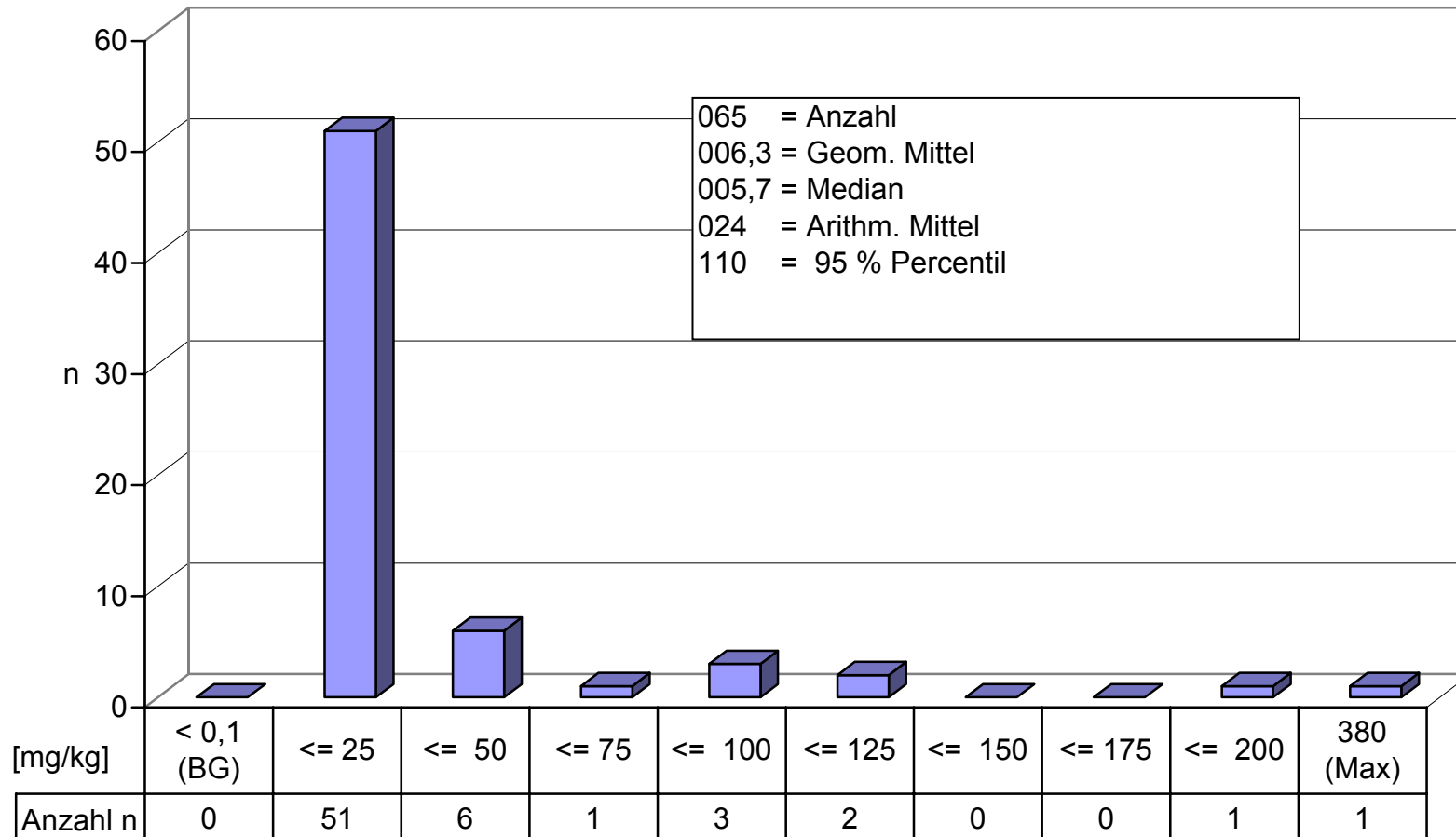
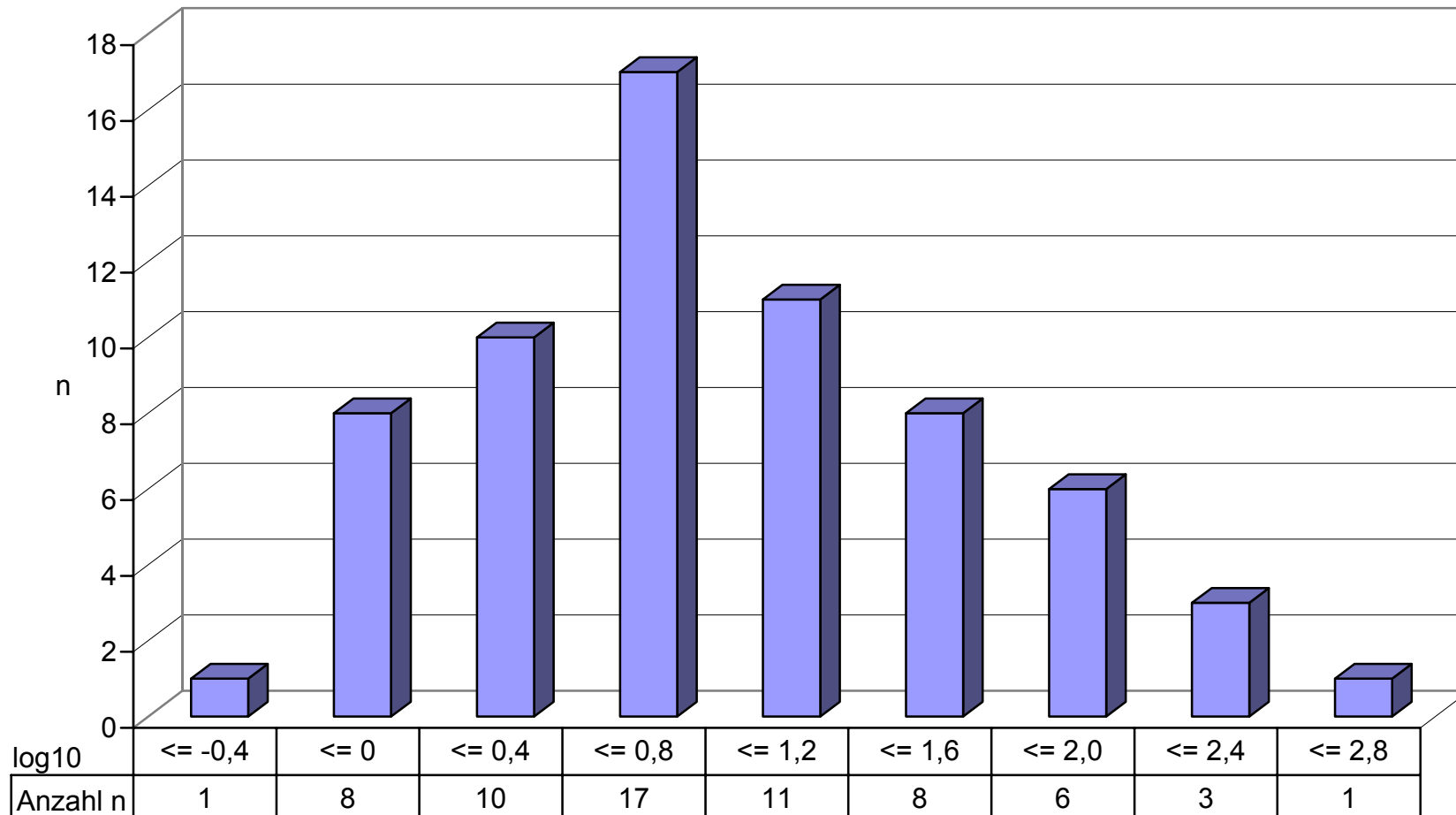
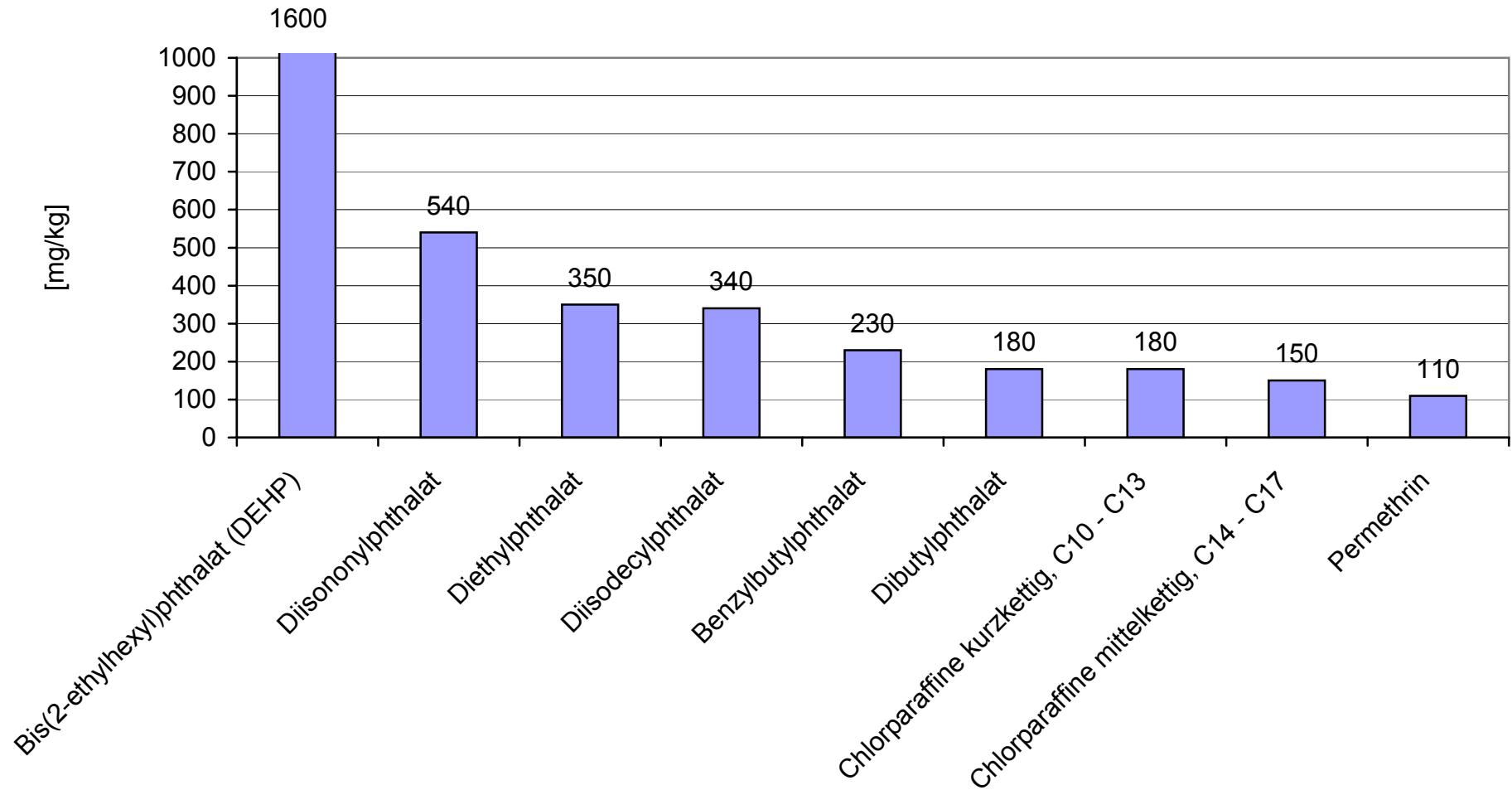


Abb. A6: **Permethrin**
 - logarithmische Häufigkeitsverteilung -



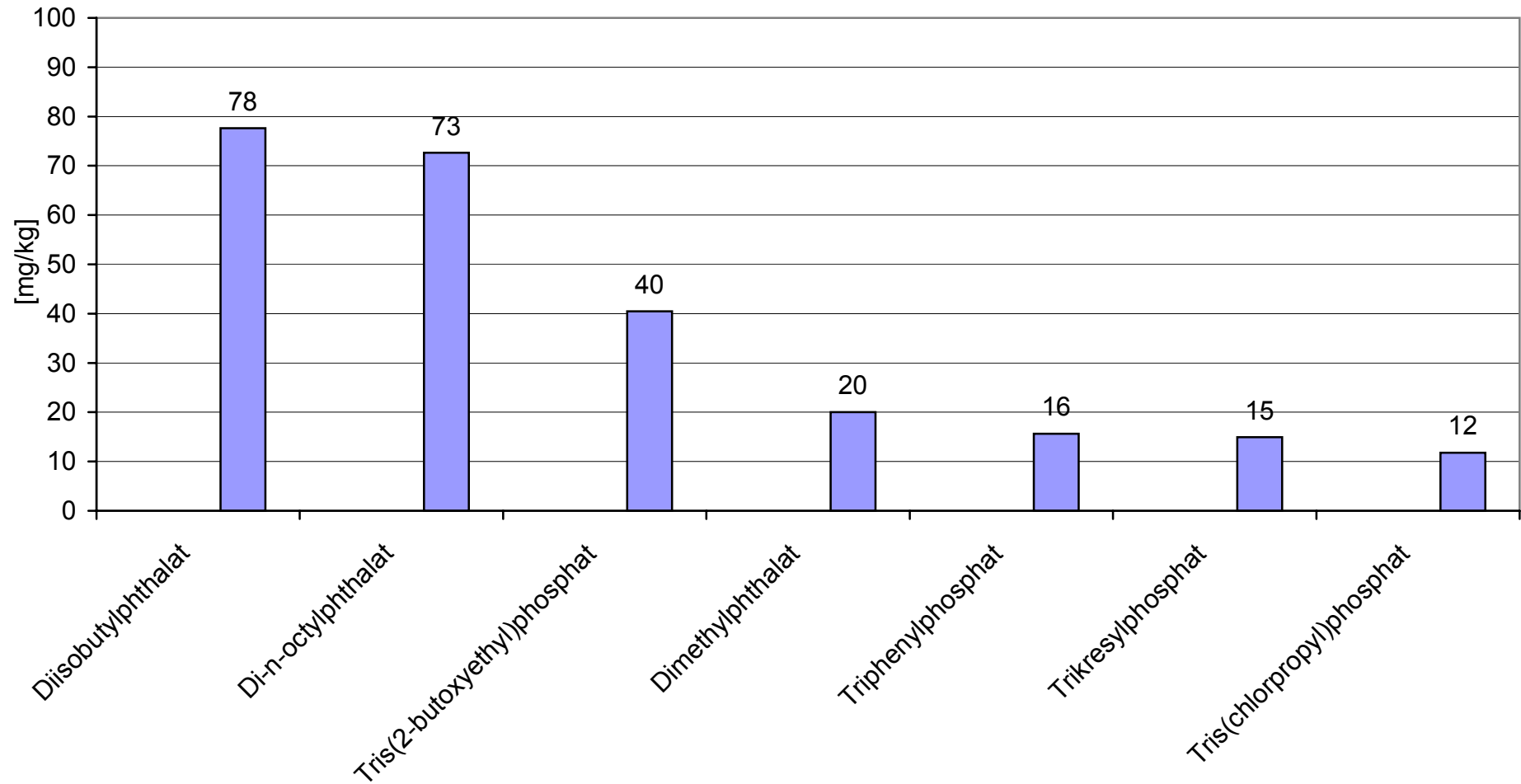
Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben

Abb. A7: 95 % Percentile: 1600 - 100 mg/kg



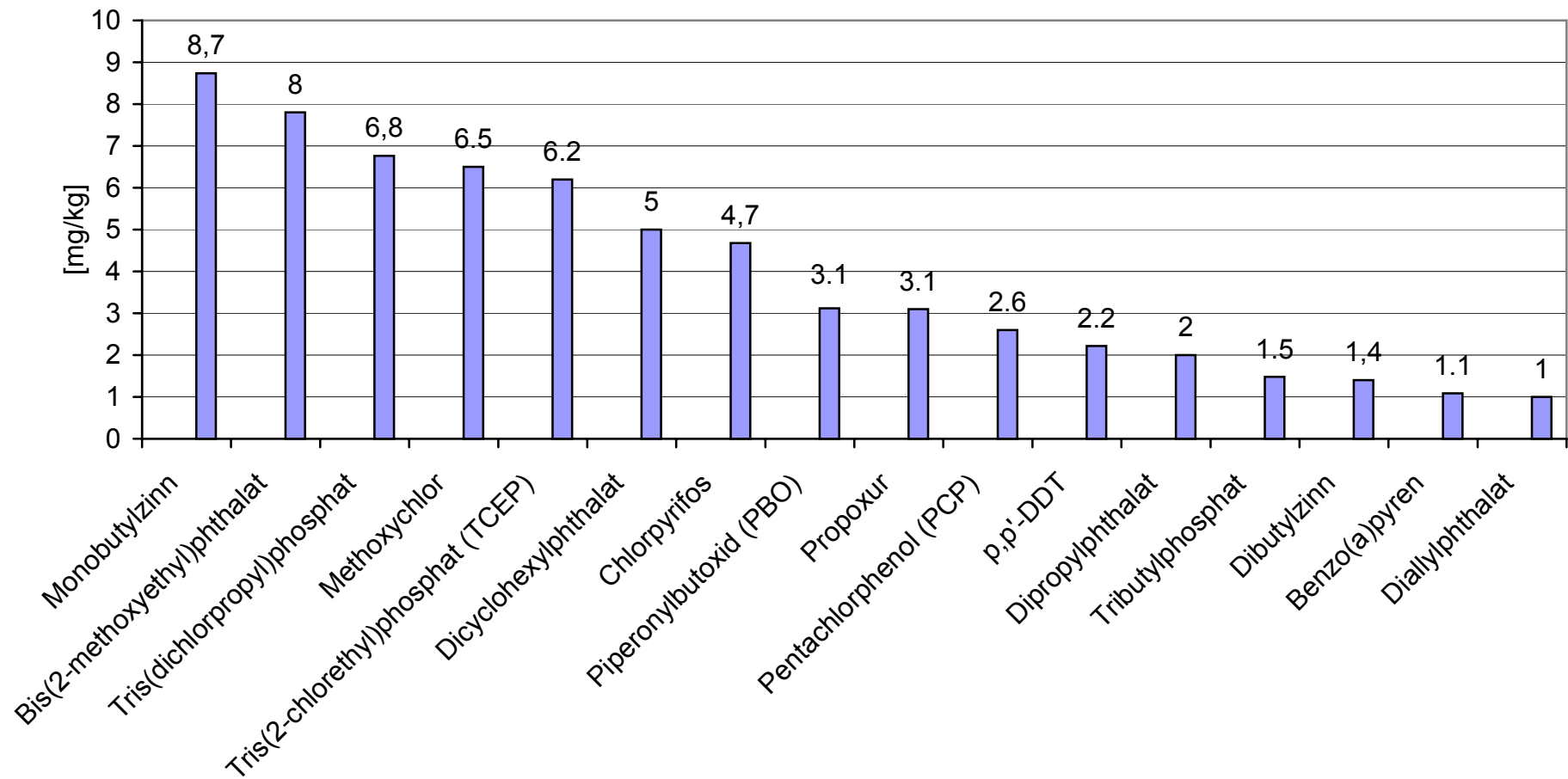
Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben

Abb. A8: **95 % Percentile: 99 - 10 mg/kg**



Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben

Abb. A9: 95 % Perzentile: 9,9 - 1,0 mg/kg



Schwerflüchtige organische Umweltchemikalien in Hamburger Hausstäuben

Abb. A10: 95 % Percentile: 0,99 - 0,1 mg/kg

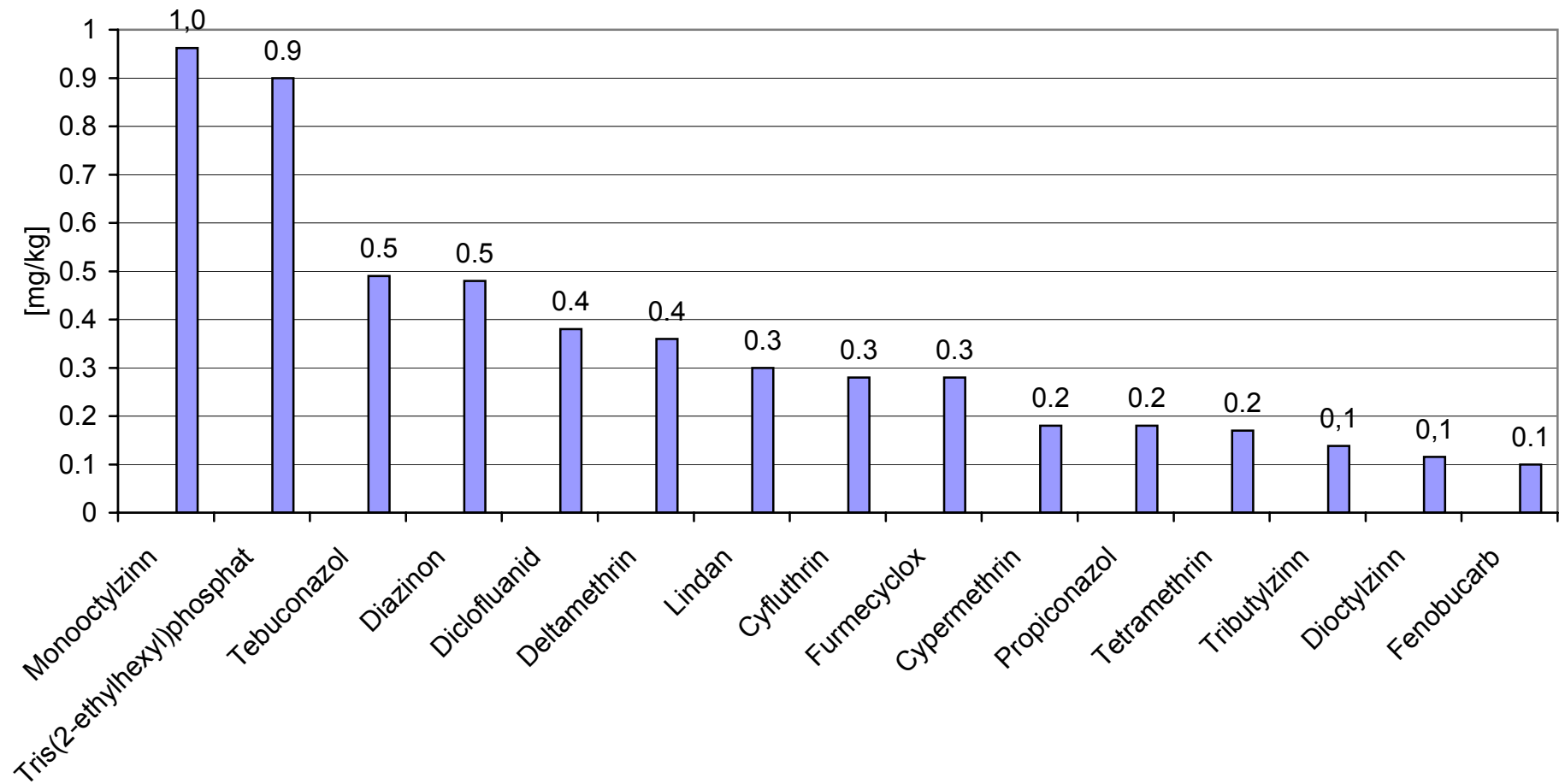
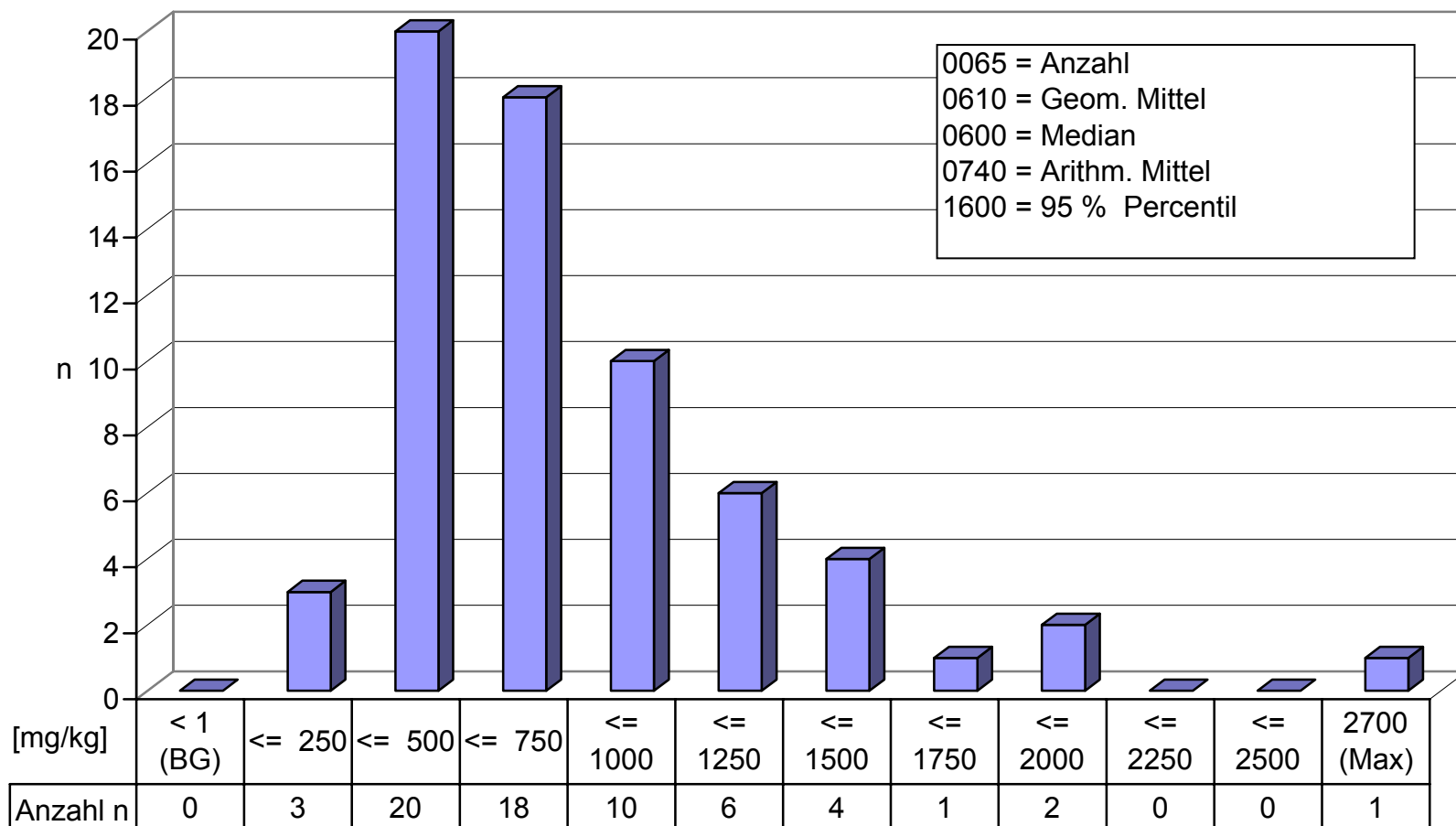


Abb. A11: **Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -



0065 = Anzahl
 0610 = Geom. Mittel
 0600 = Median
 0740 = Arithm. Mittel
 1600 = 95 % Percentil

Abb. A12: **Diisononylphthalat (DINP)** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -

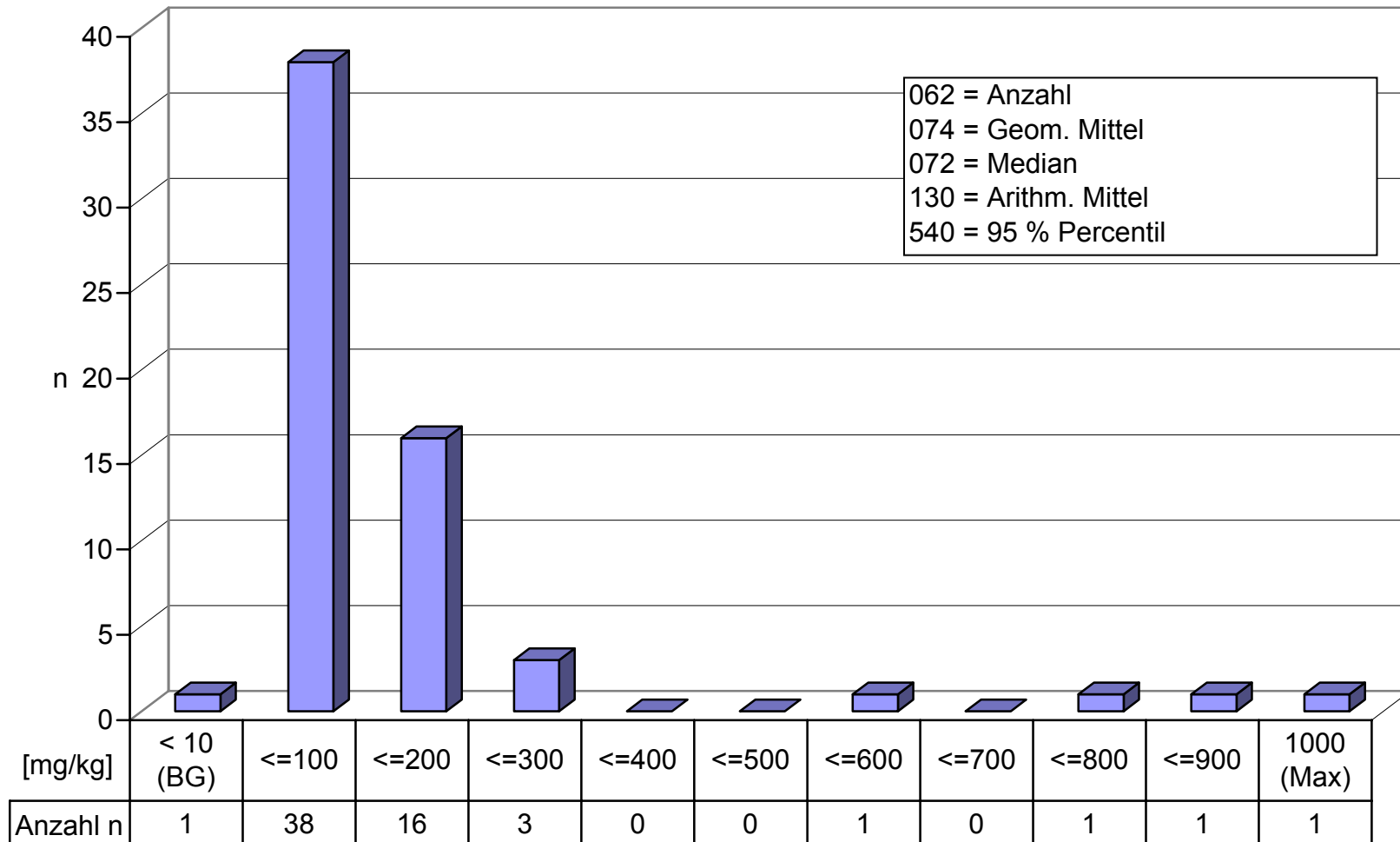
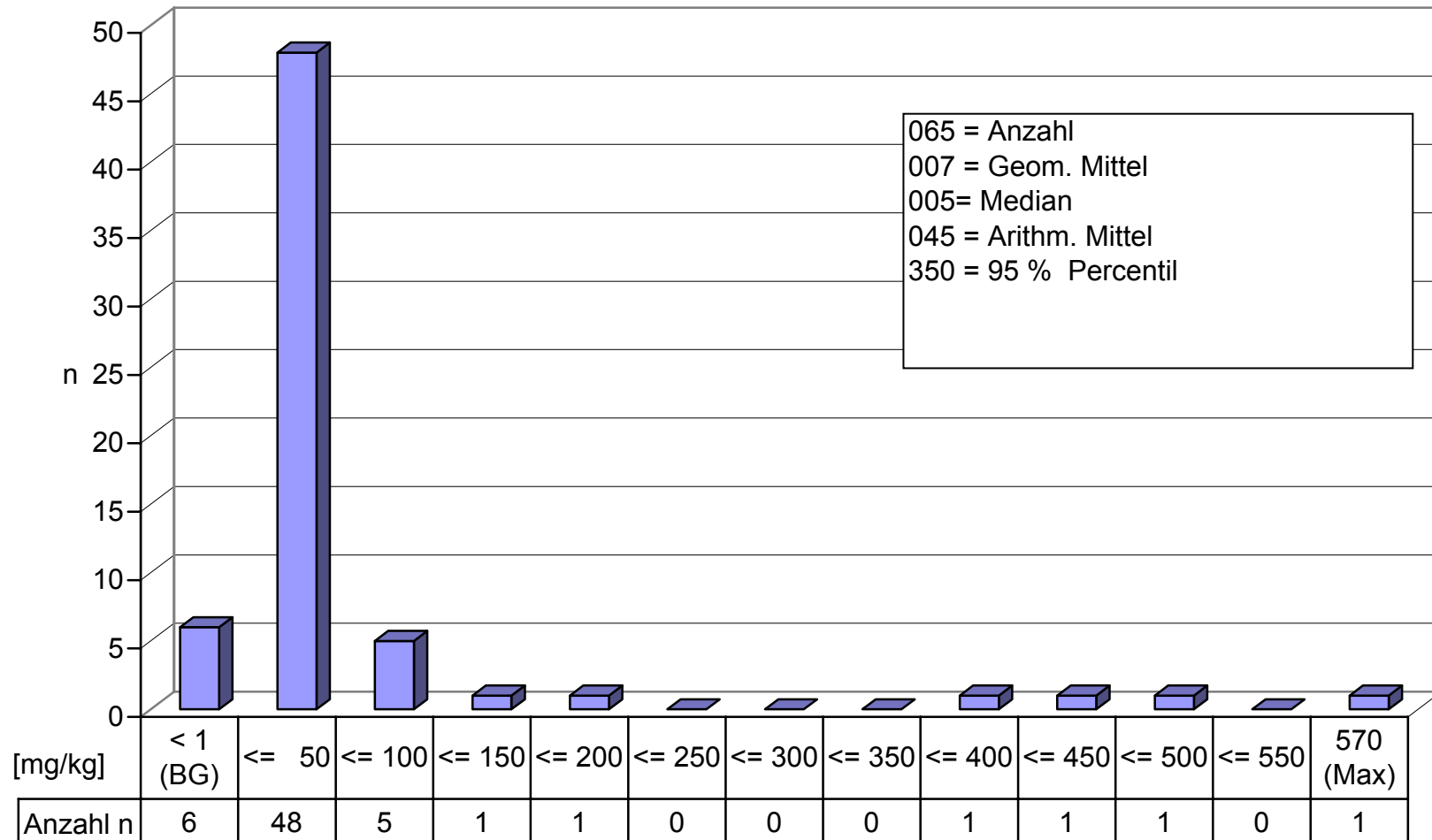
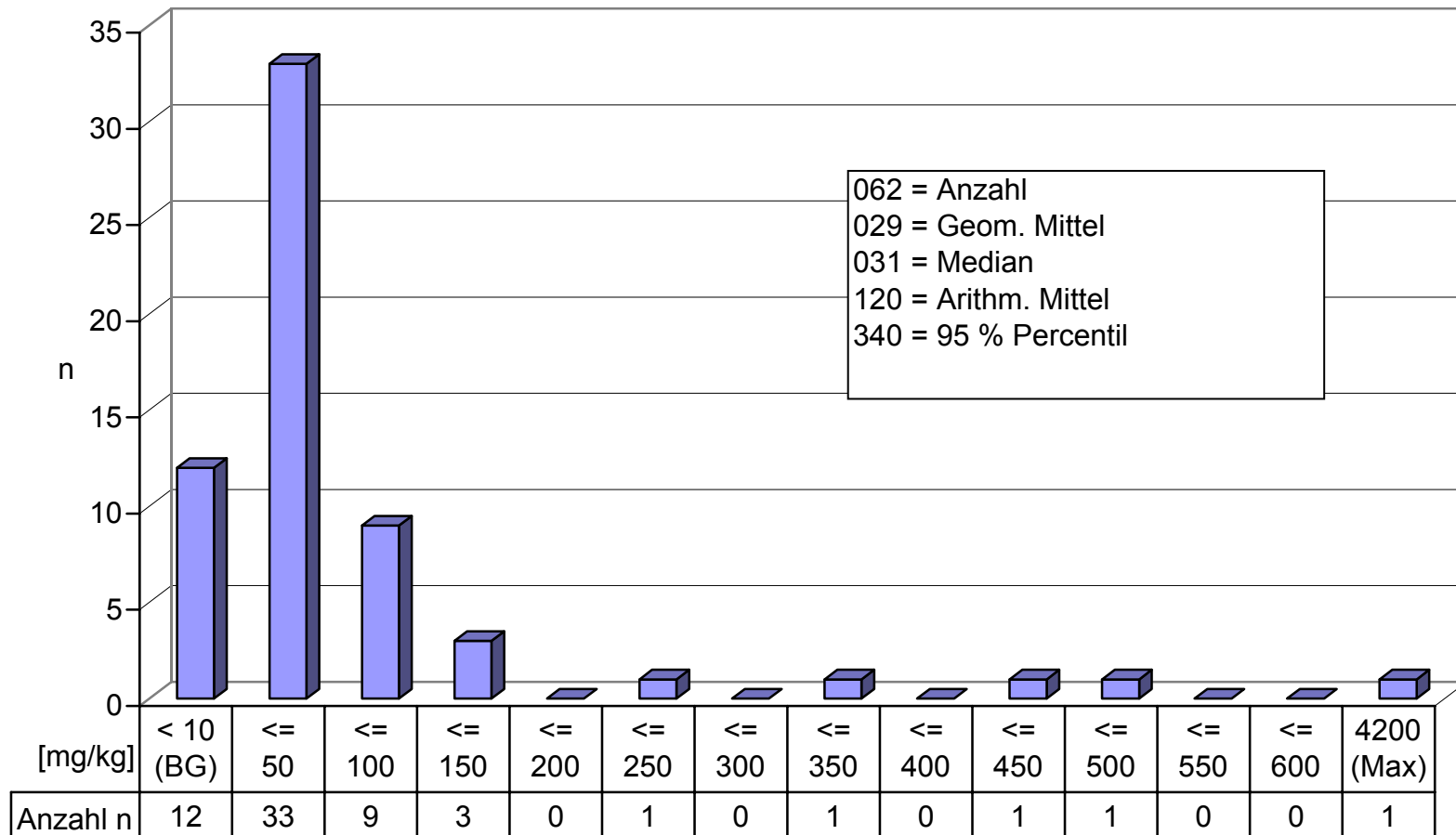


Abb. A13: **Diethylphthalat (DEP)** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -



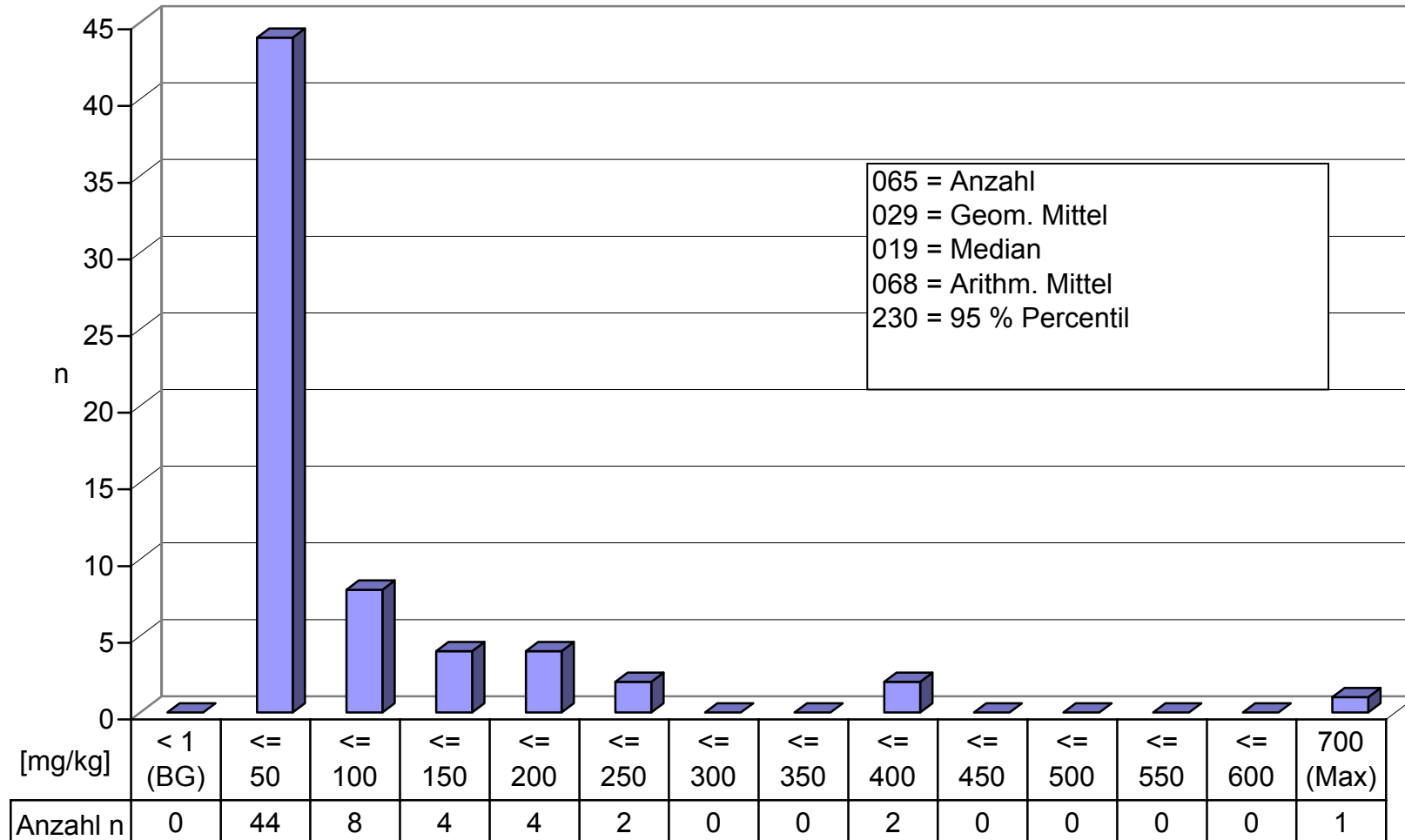
065 = Anzahl
 007 = Geom. Mittel
 005 = Median
 045 = Arithm. Mittel
 350 = 95 % Perzentil

Abb. A14: **Diisodecylphthalat (DIDP)** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -



062 = Anzahl
 029 = Geom. Mittel
 031 = Median
 120 = Arithm. Mittel
 340 = 95 % Perzentil

Abb. A15: **Benzylbutylphthalat (BBP)** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -



065 = Anzahl
 029 = Geom. Mittel
 019 = Median
 068 = Arithm. Mittel
 230 = 95 % Perzentil

Abb. A16: **Dibutylphthalat (DBP)** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -

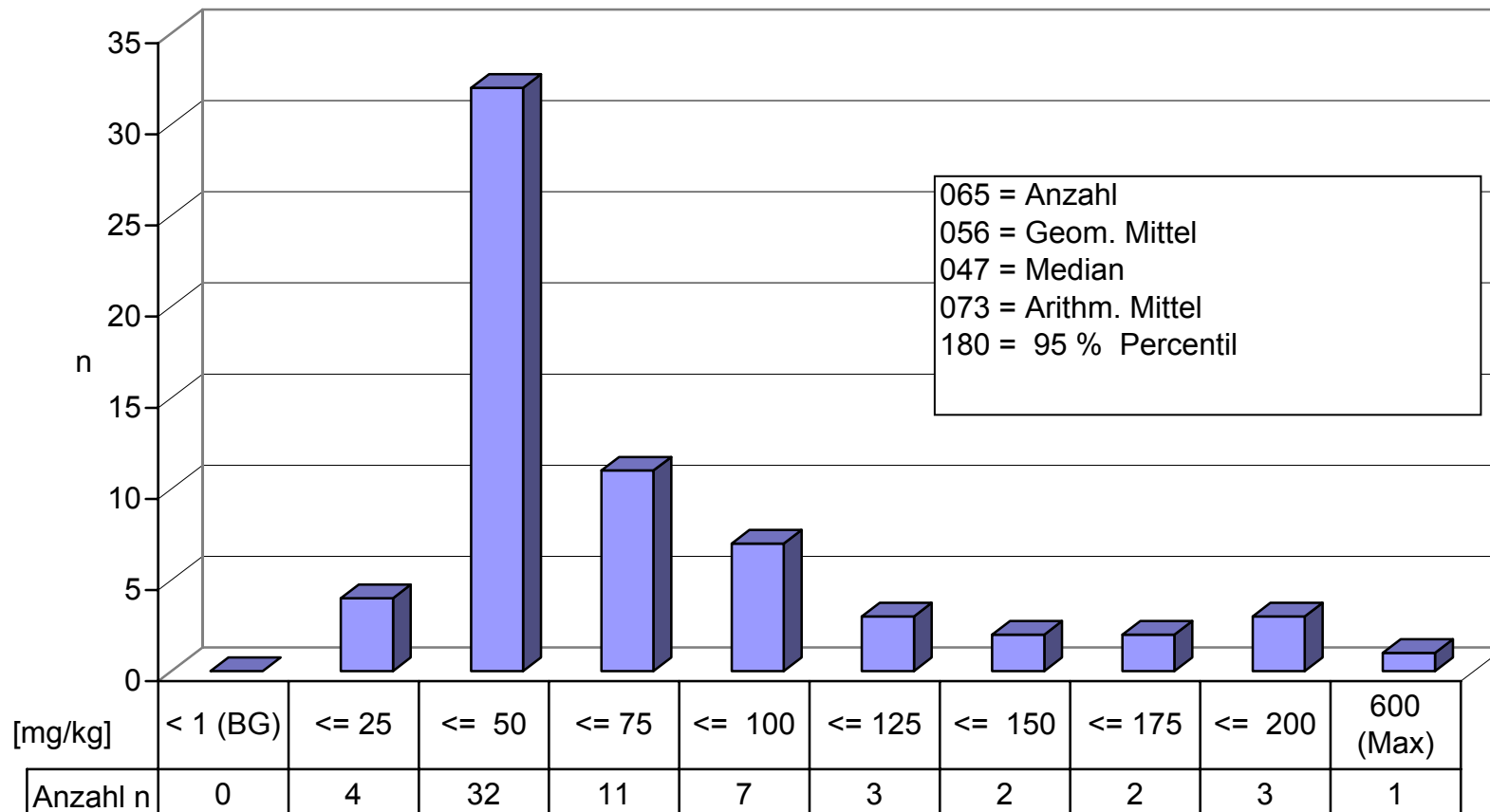


Abb. A17: **Diisobutylphthalat (DIBP)** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -

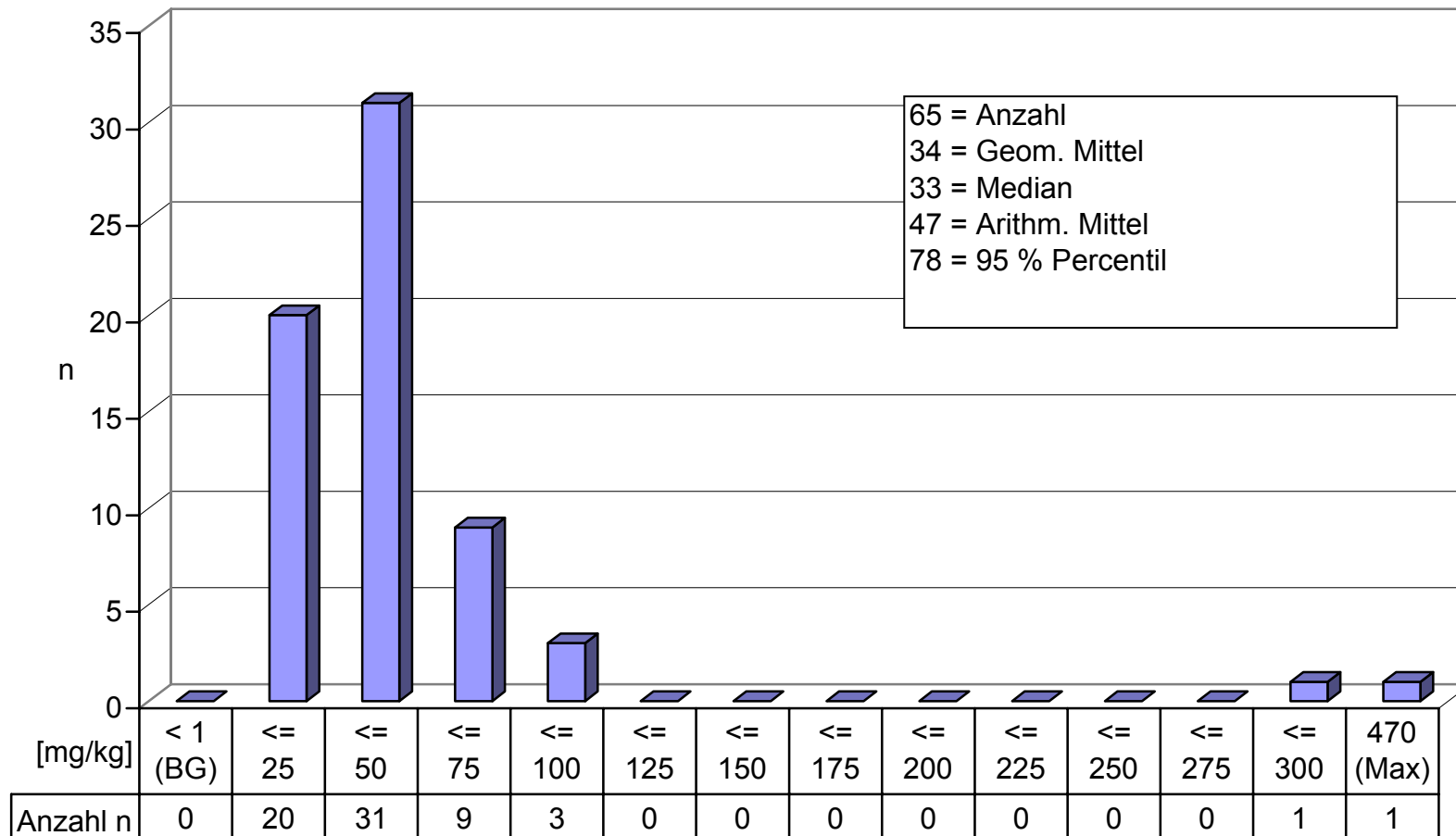


Abb. A18: **Di-n-octylphthalat (DNOP)** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -

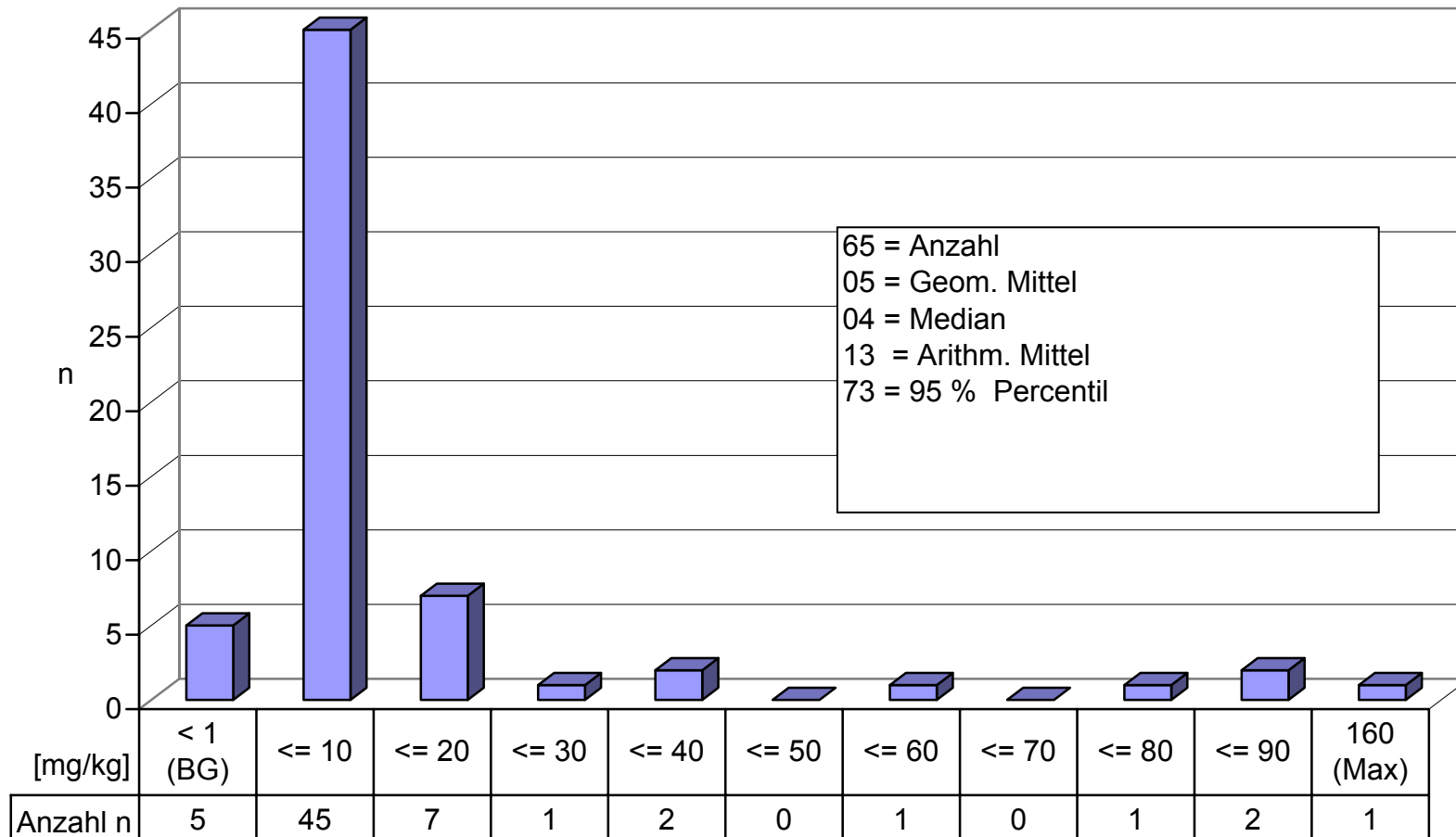


Abb. A19: **Dimethylphthalat (DMP)** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -

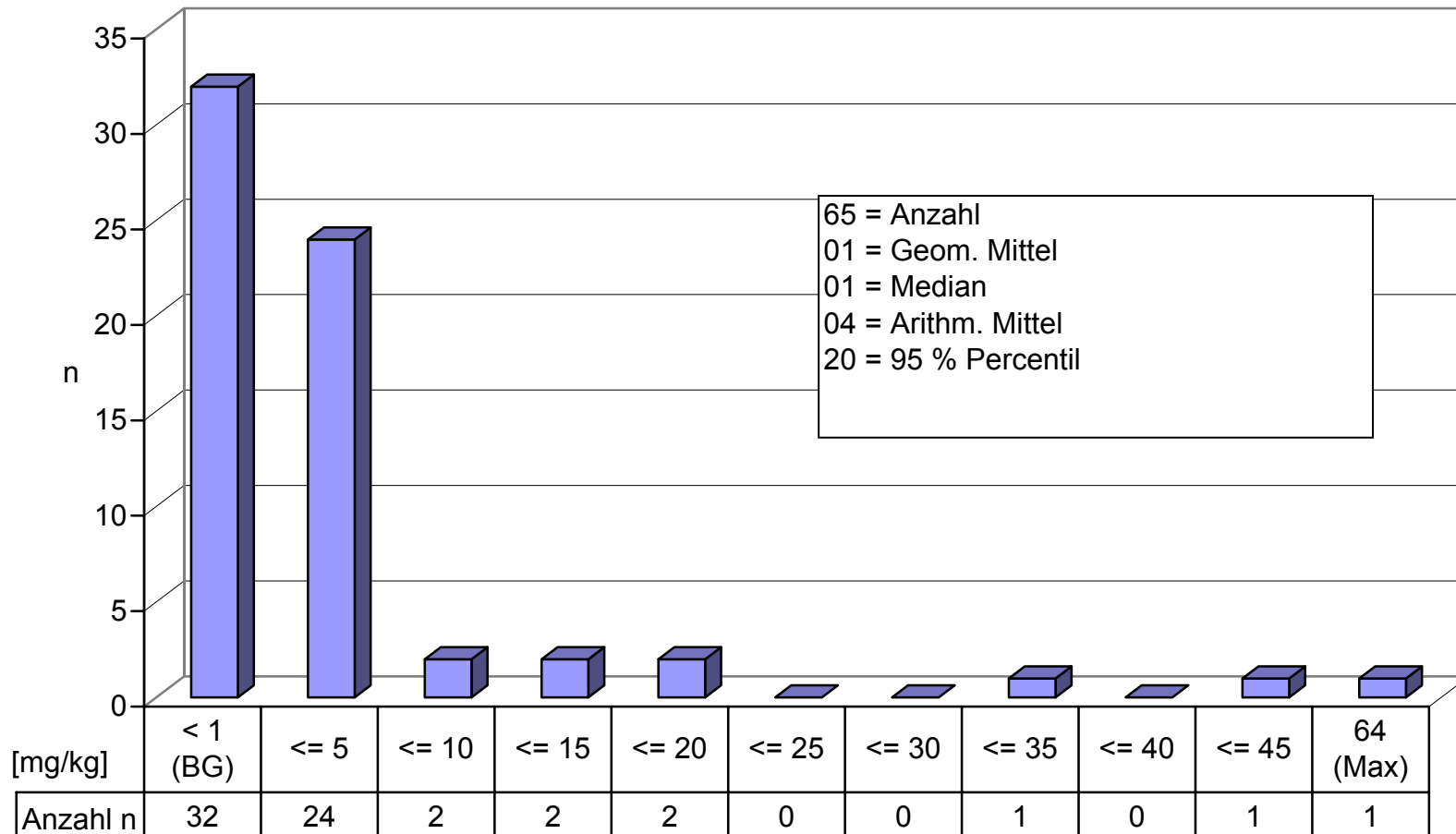


Abb. A20: **Bis(2-methoxyethyl)phthalat (BMoEP)** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -

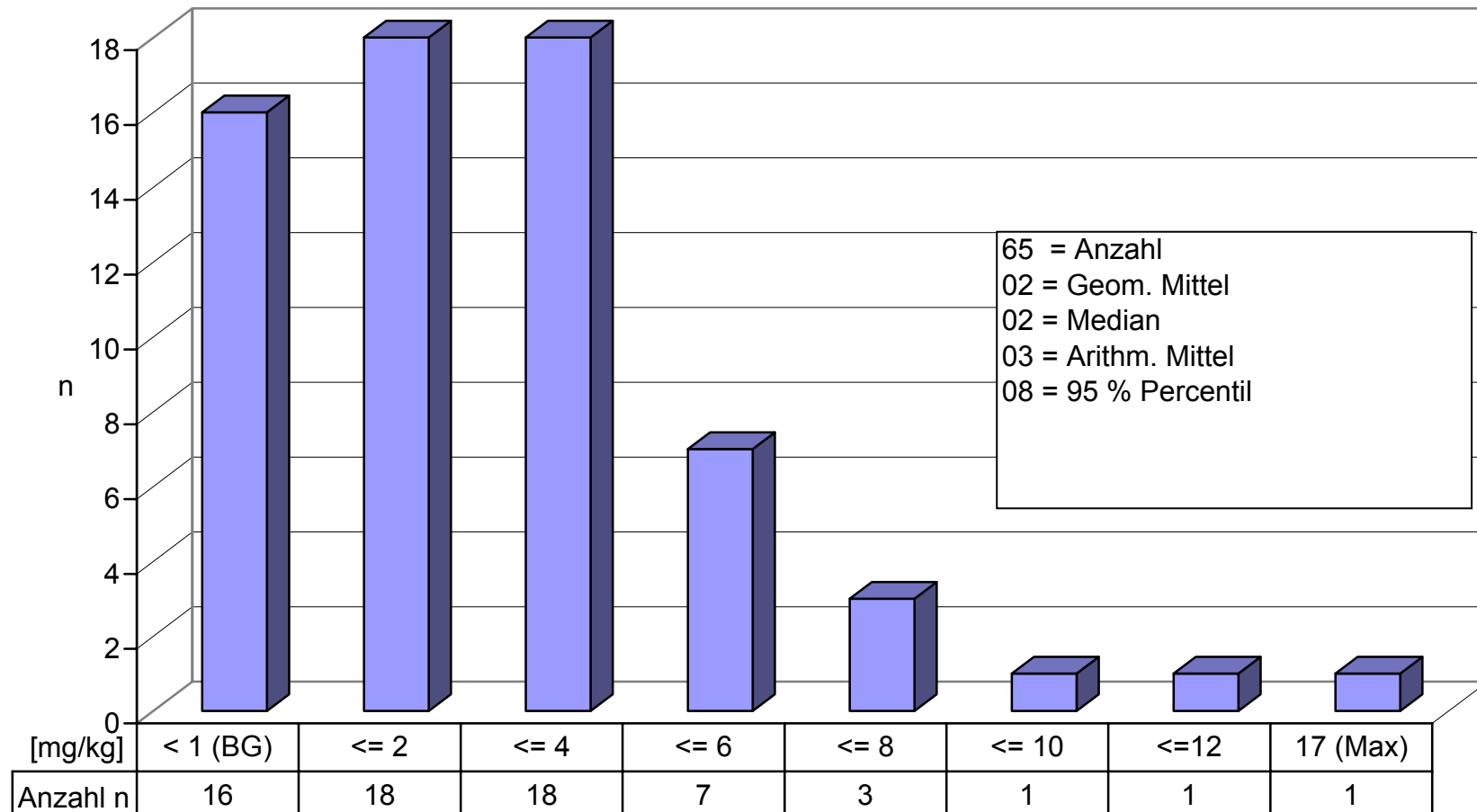


Abb. A21: **Dicyclohexylphthalat (DcHP)** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -

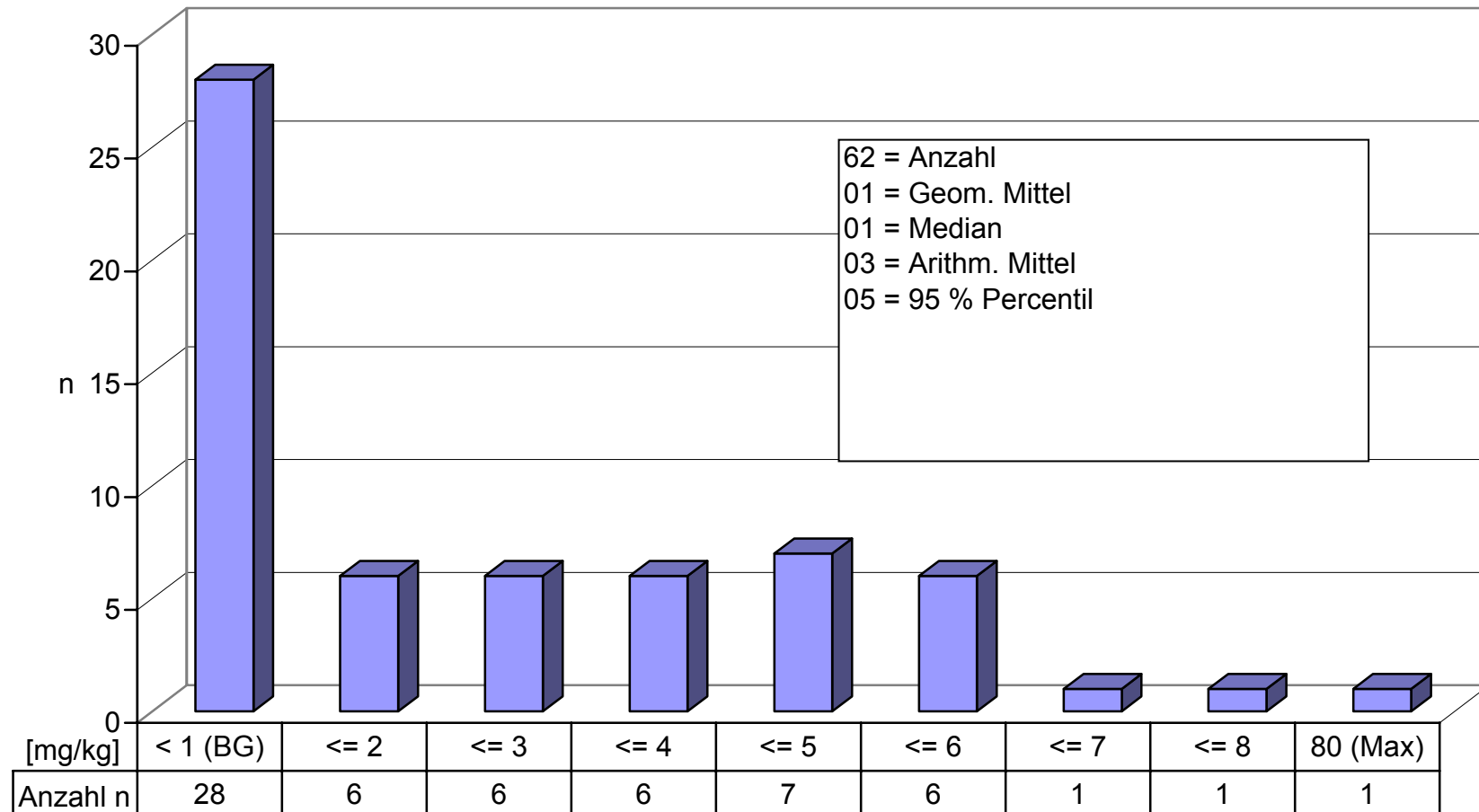


Abb. A22: **Kurzkettige Chlorparaffine (C10 - C13)** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -

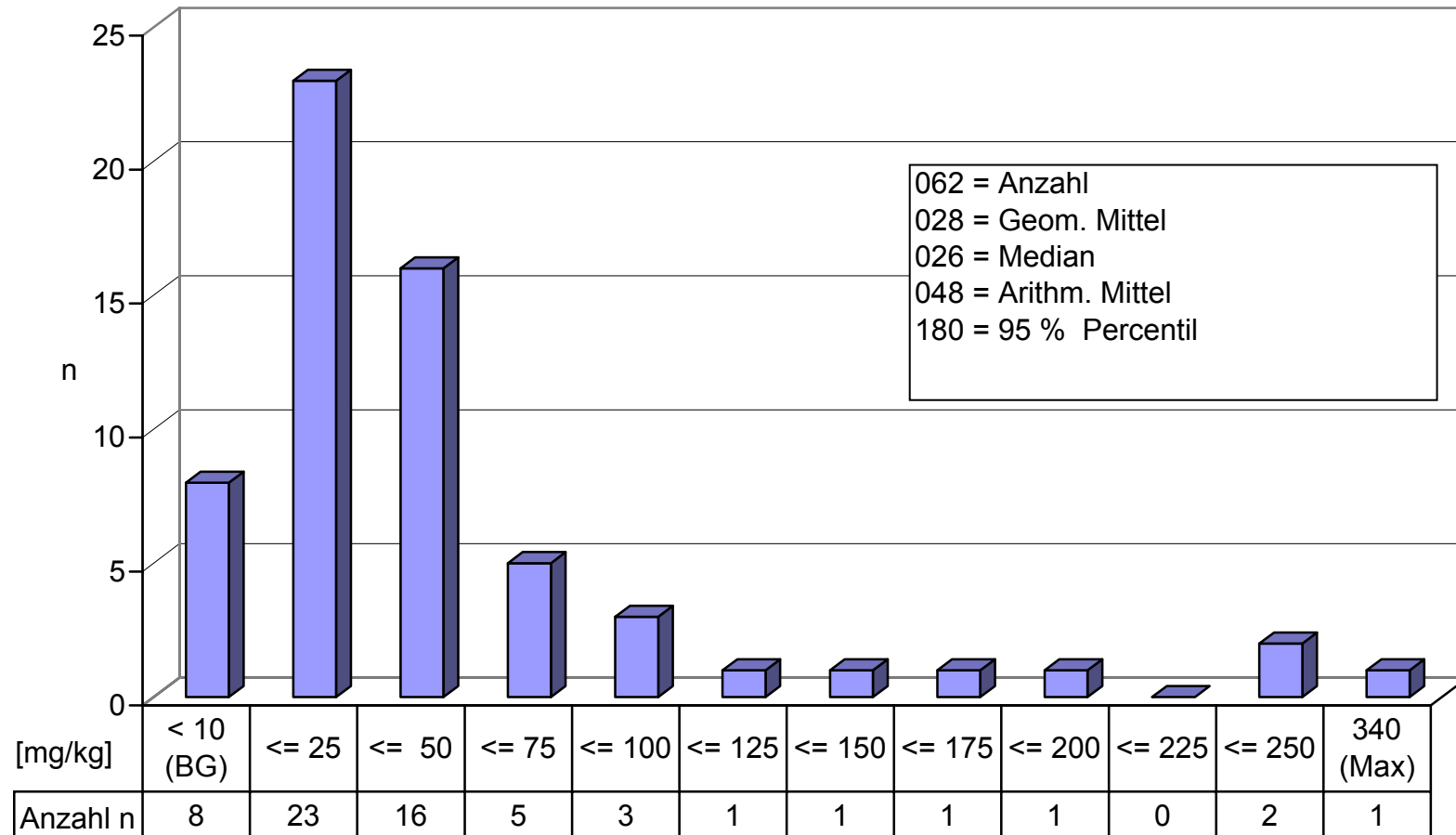


Abb. A23: **Mittelkettige Chlorparaffine (C14 - C17)** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -

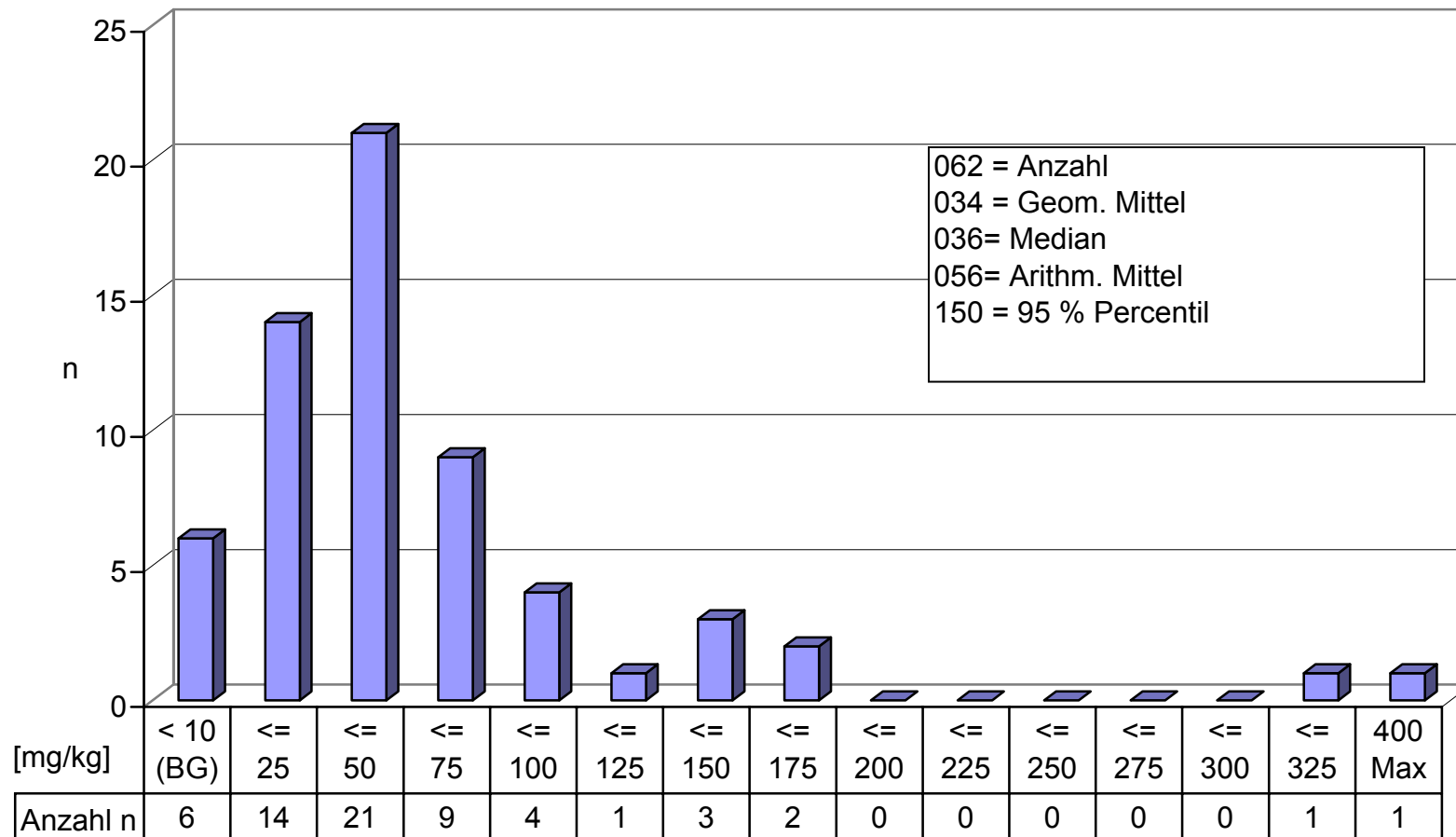


Abb. A24: **Tris(2-butoxyethyl)phosphat (TBoEP)** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -

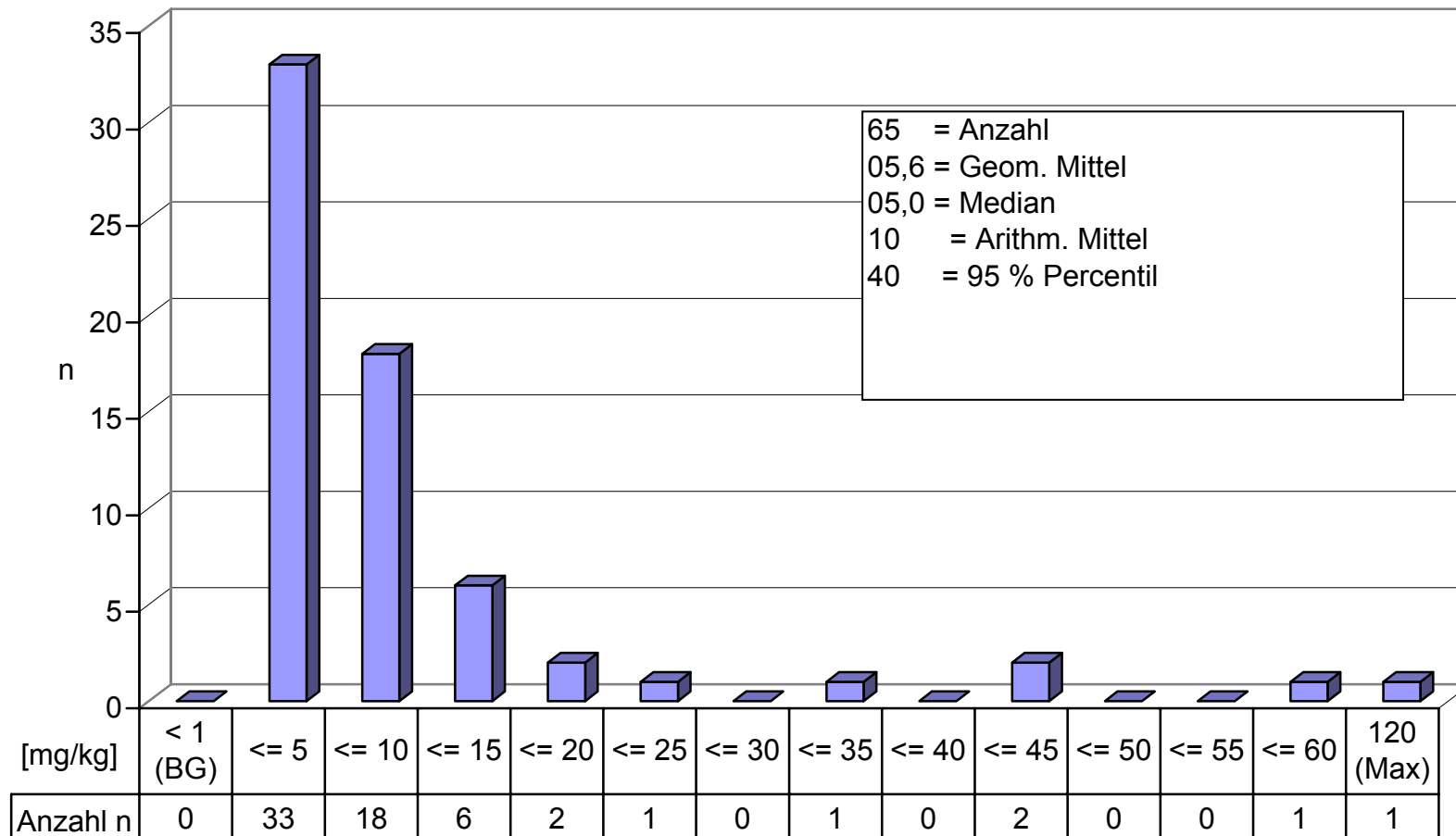
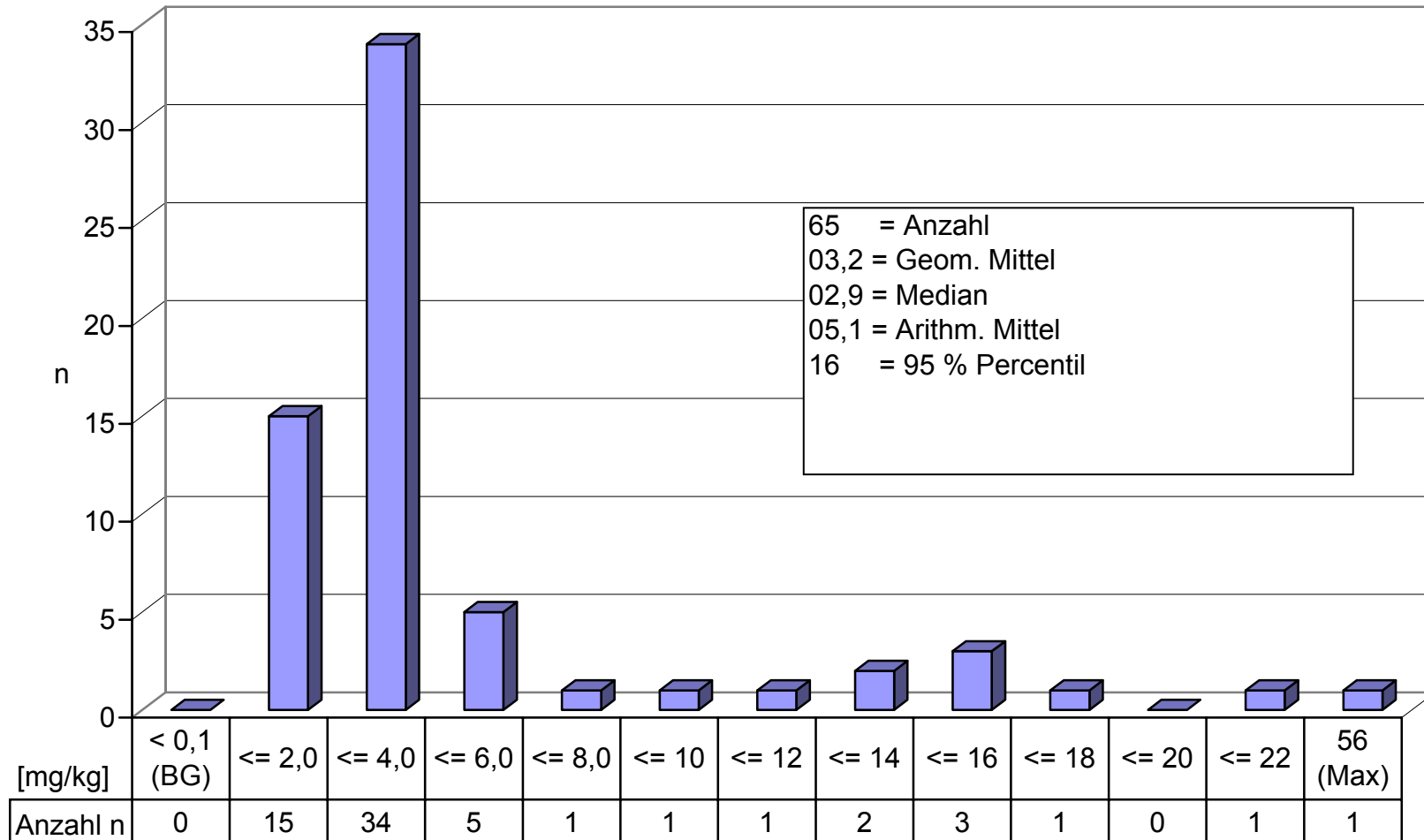
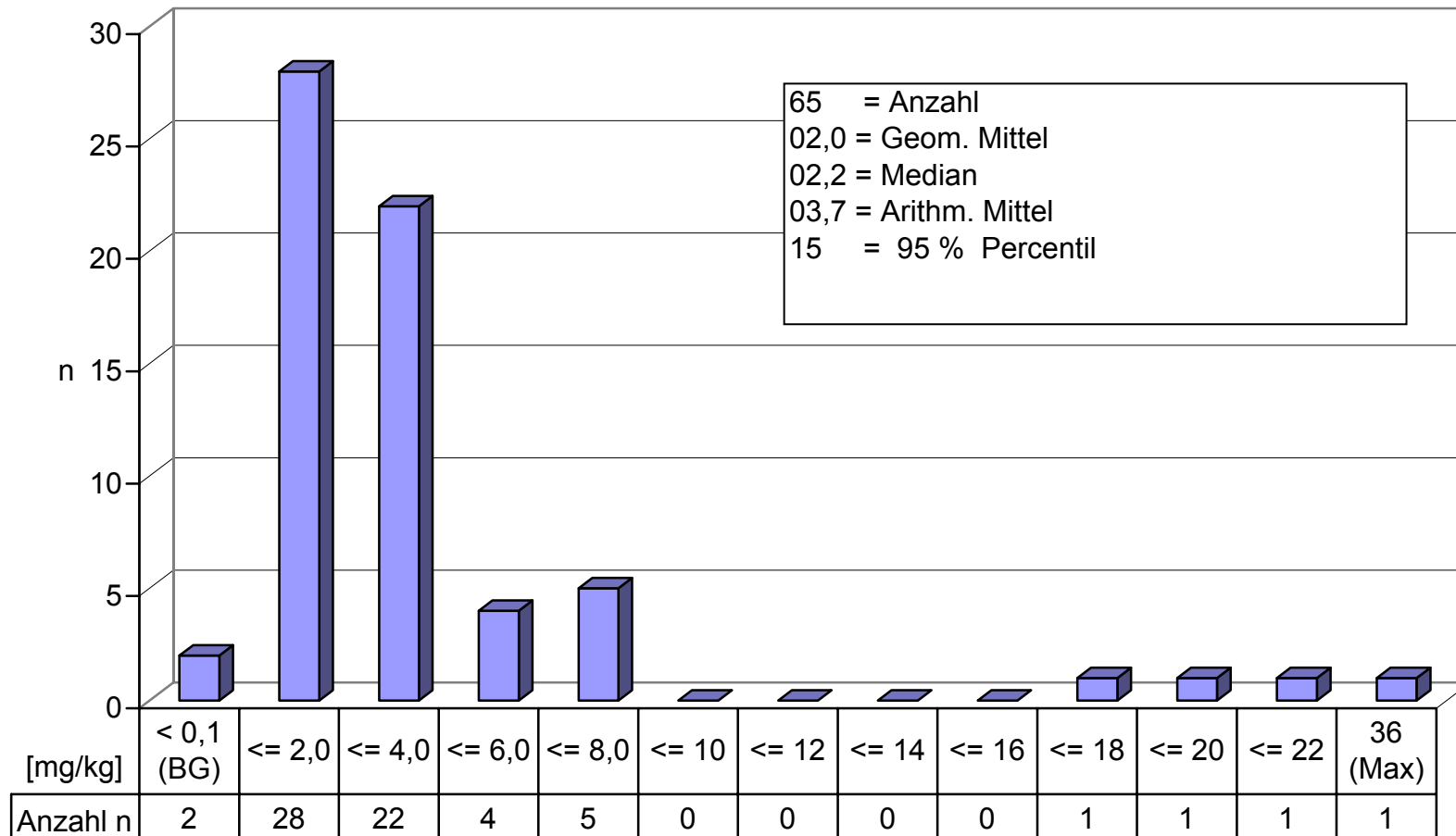


Abb. A25: **Triphenylphosphat (TPhP)** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -



65 = Anzahl
 03,2 = Geom. Mittel
 02,9 = Median
 05,1 = Arithm. Mittel
 16 = 95 % Perzentil

Abb. A26: **Trikresylphosphat (TKP)** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -



65 = Anzahl
 02,0 = Geom. Mittel
 02,2 = Median
 03,7 = Arithm. Mittel
 15 = 95 % Perzentil

Abb. A27: **Tris(chlorpropyl)phosphat (TCPP)** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -

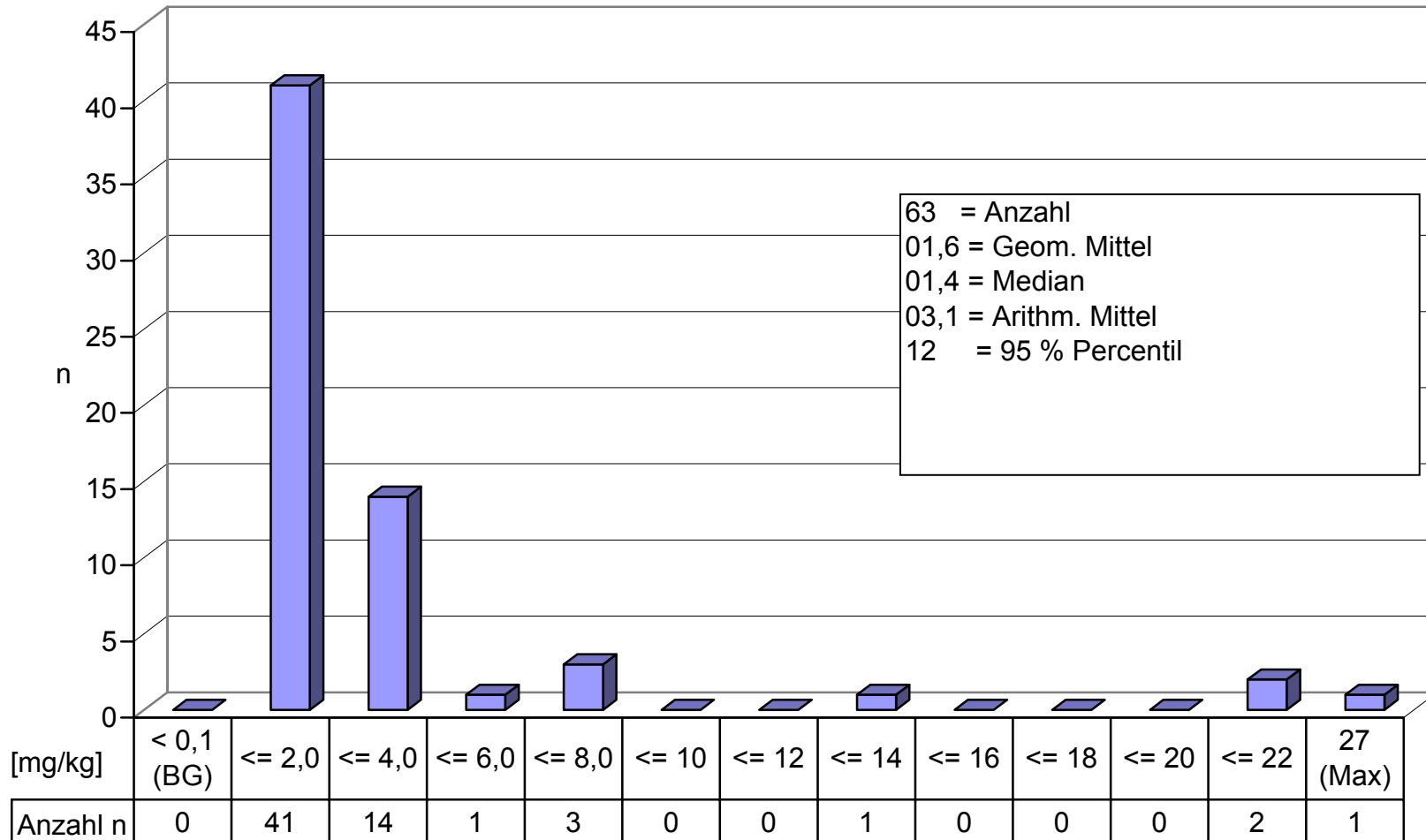


Abb. A28: **Tris(dichlorpropyl)phosphat (TDCPP)** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -

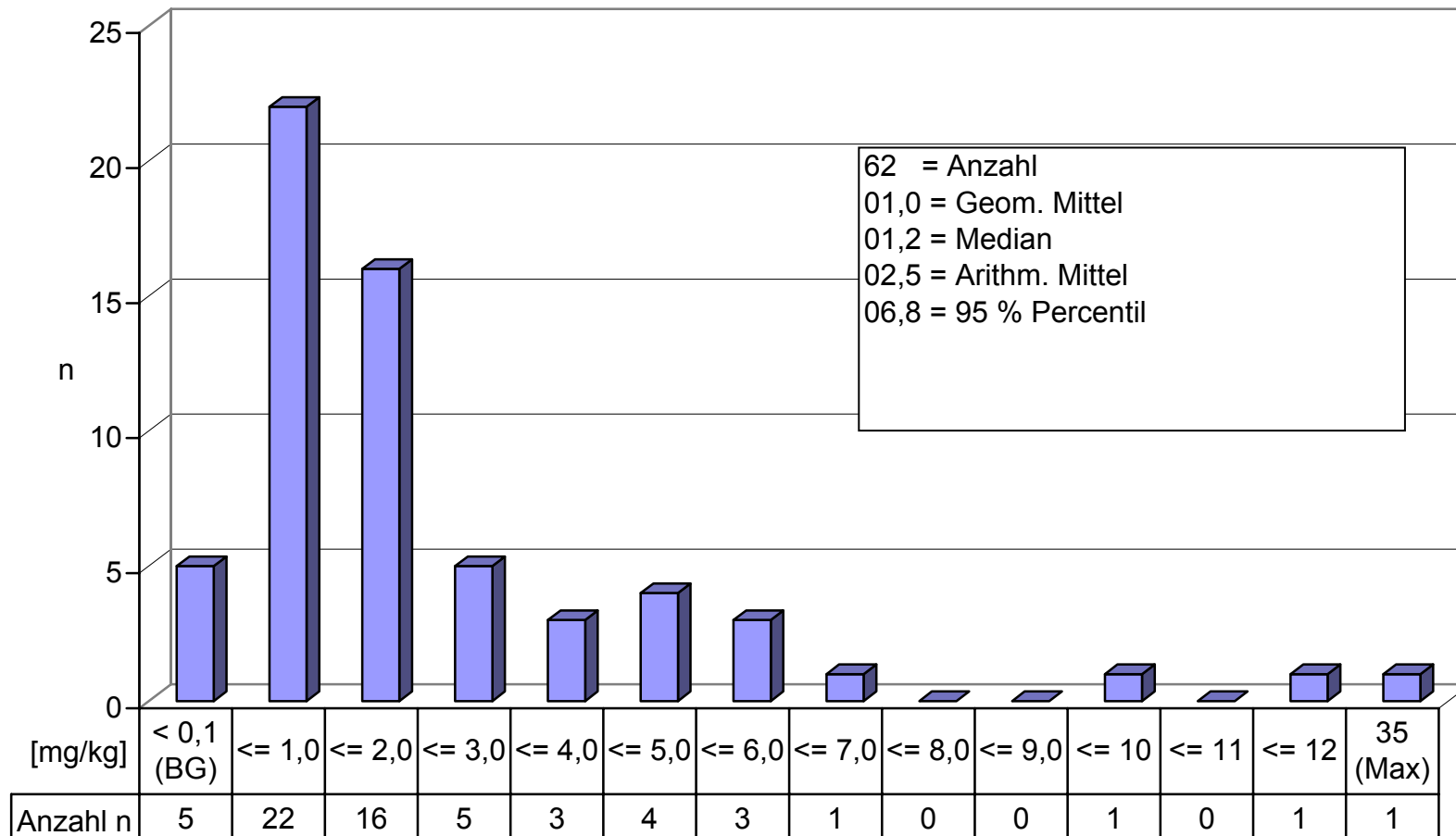


Abb. A29: **Tris(chlorethyl)phosphat (TCEP)** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -

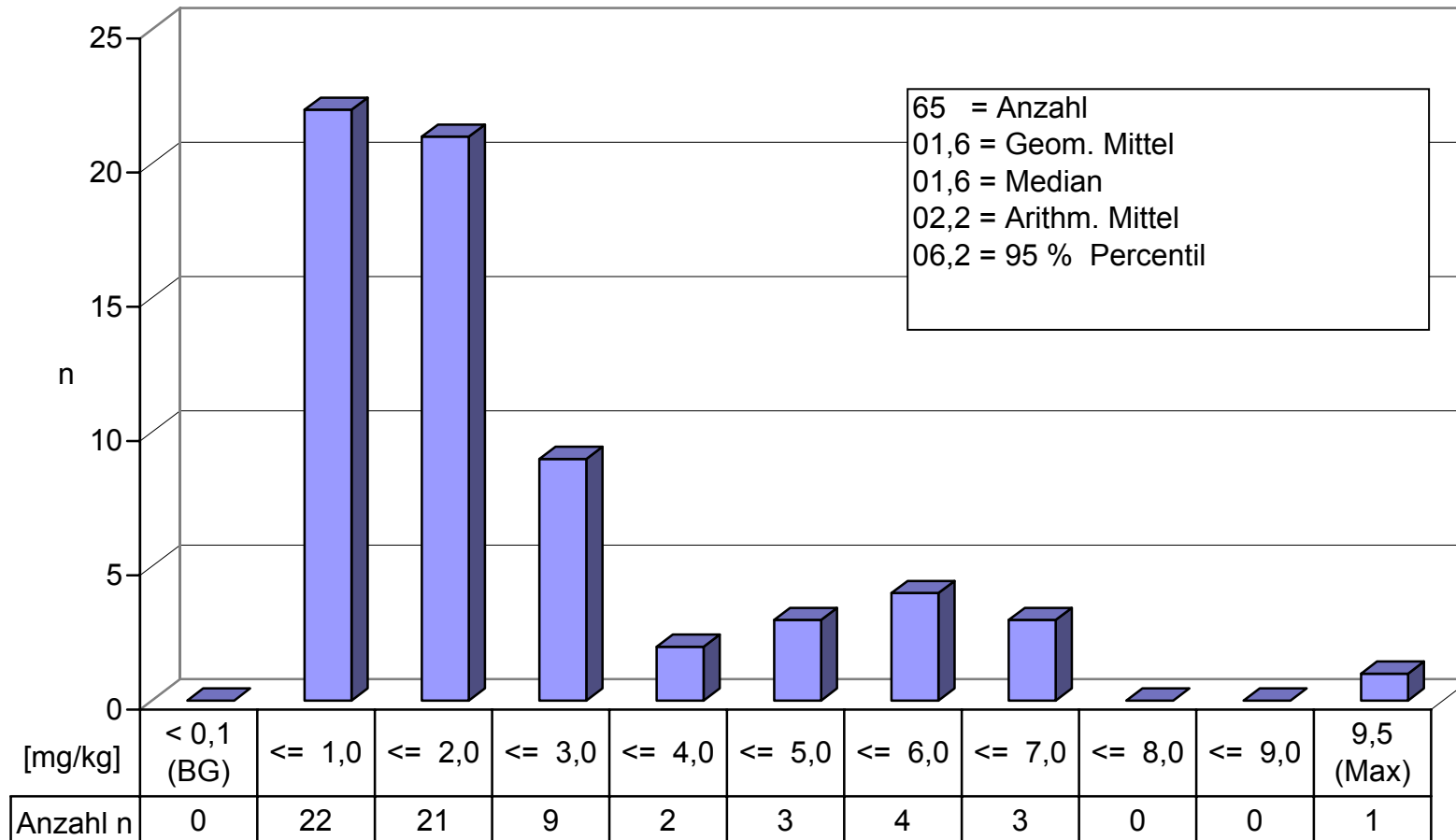


Abb. A30: **Tributylphosphat (TBP)** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -

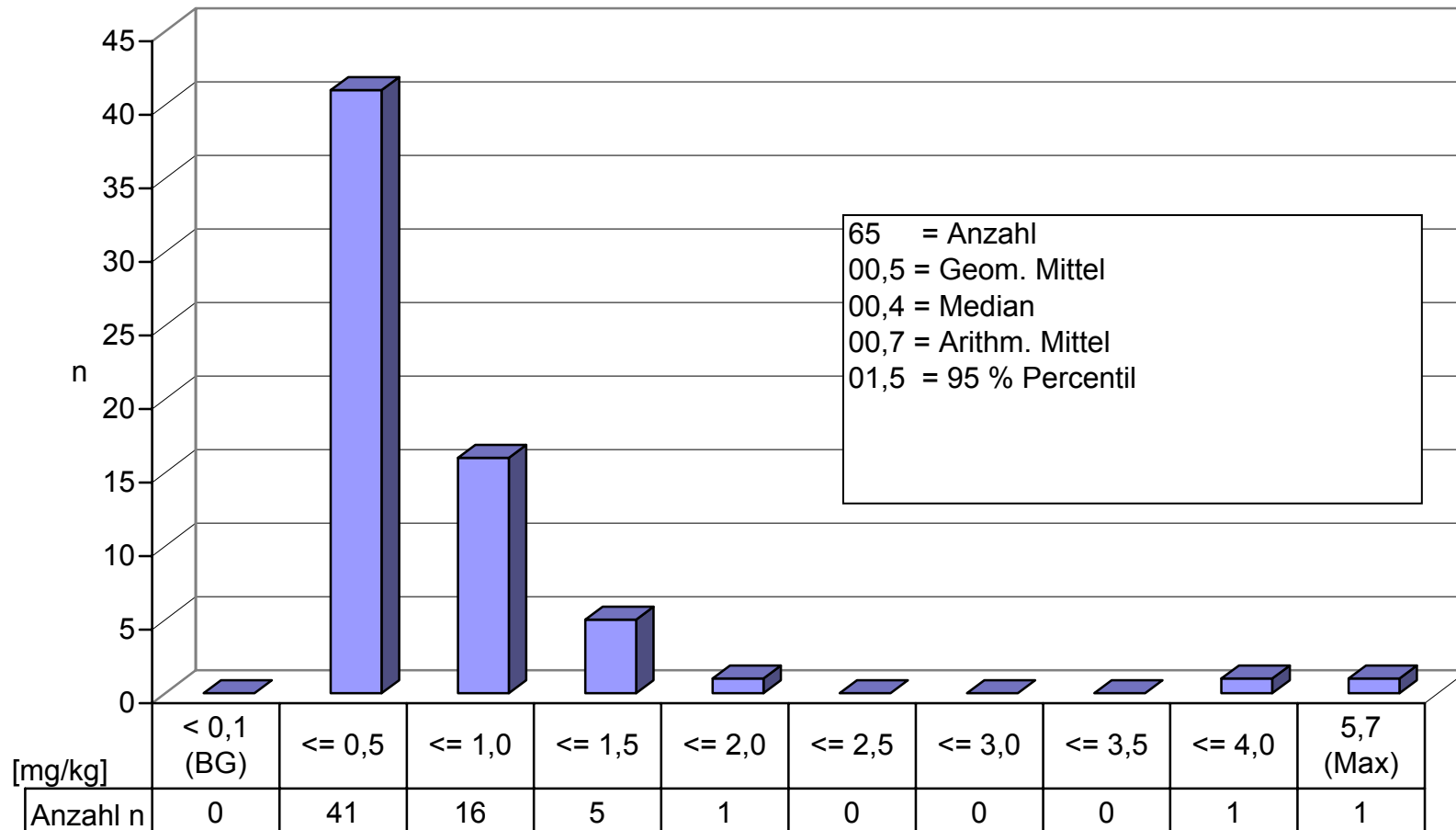


Abb. A31: **Tris(2-ethylhexyl)phosphat (TEHP)** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -

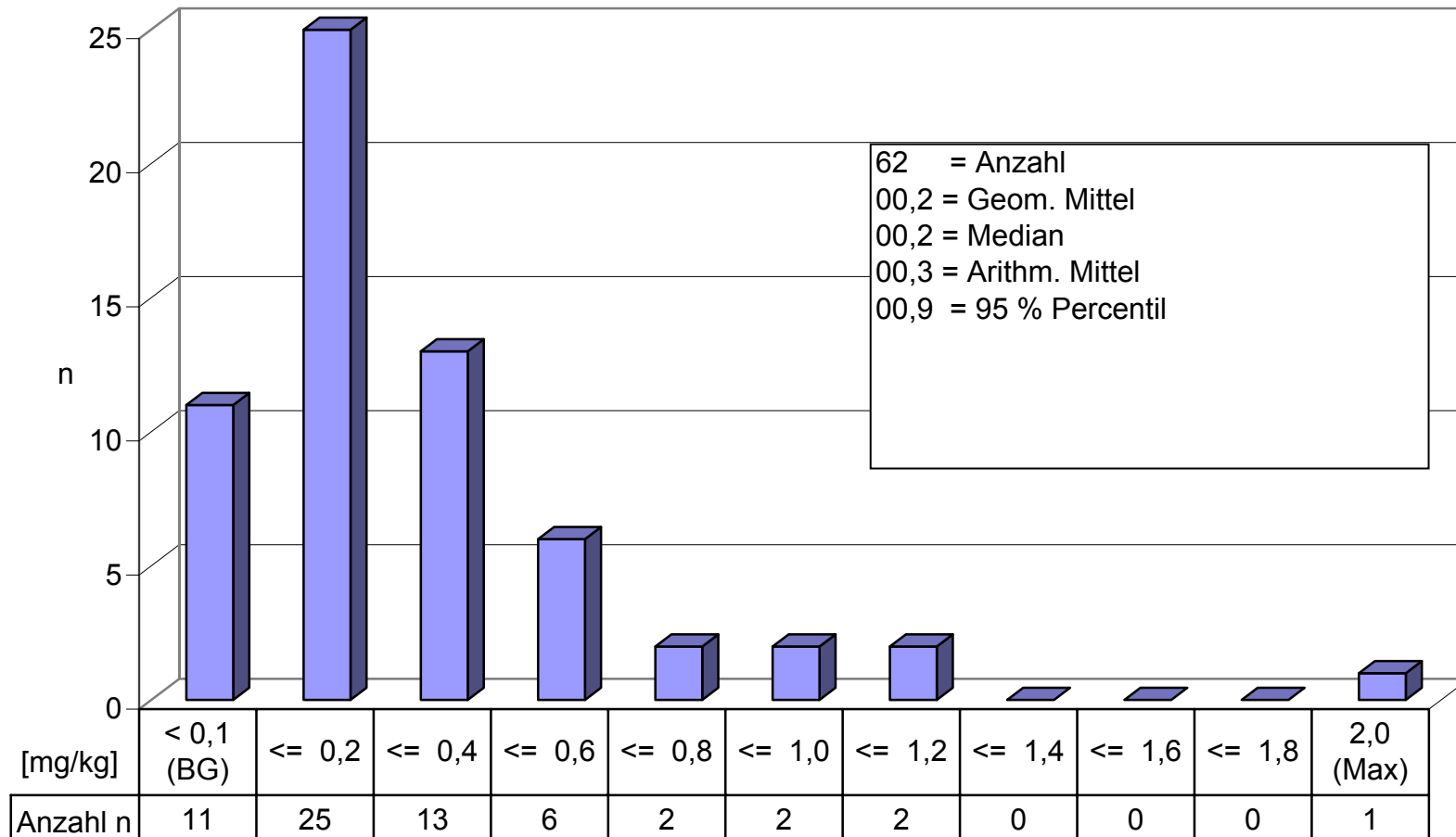


Abb. A32: **Permethrin** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -

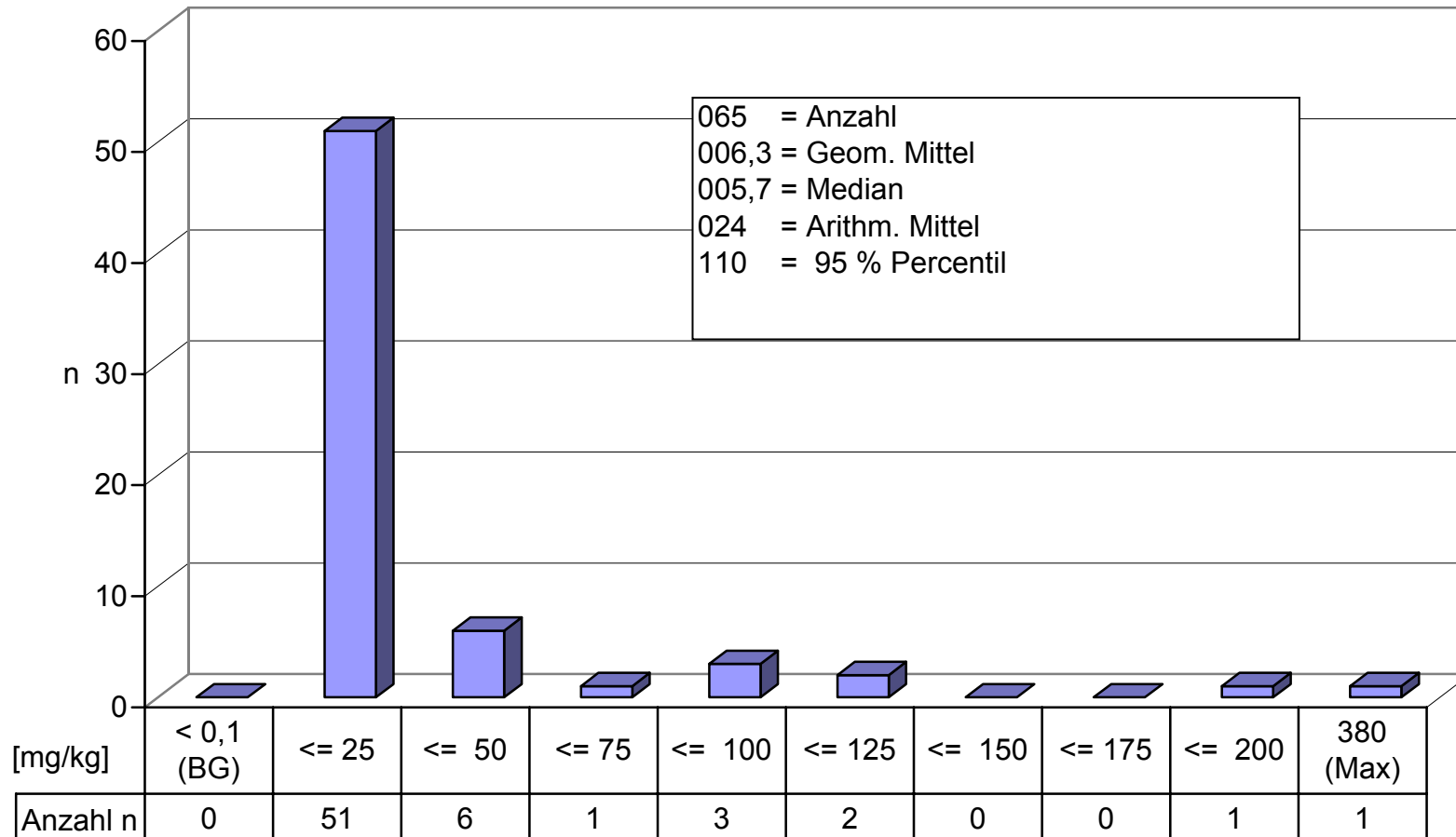


Abb. A33: **Methoxychlor** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -

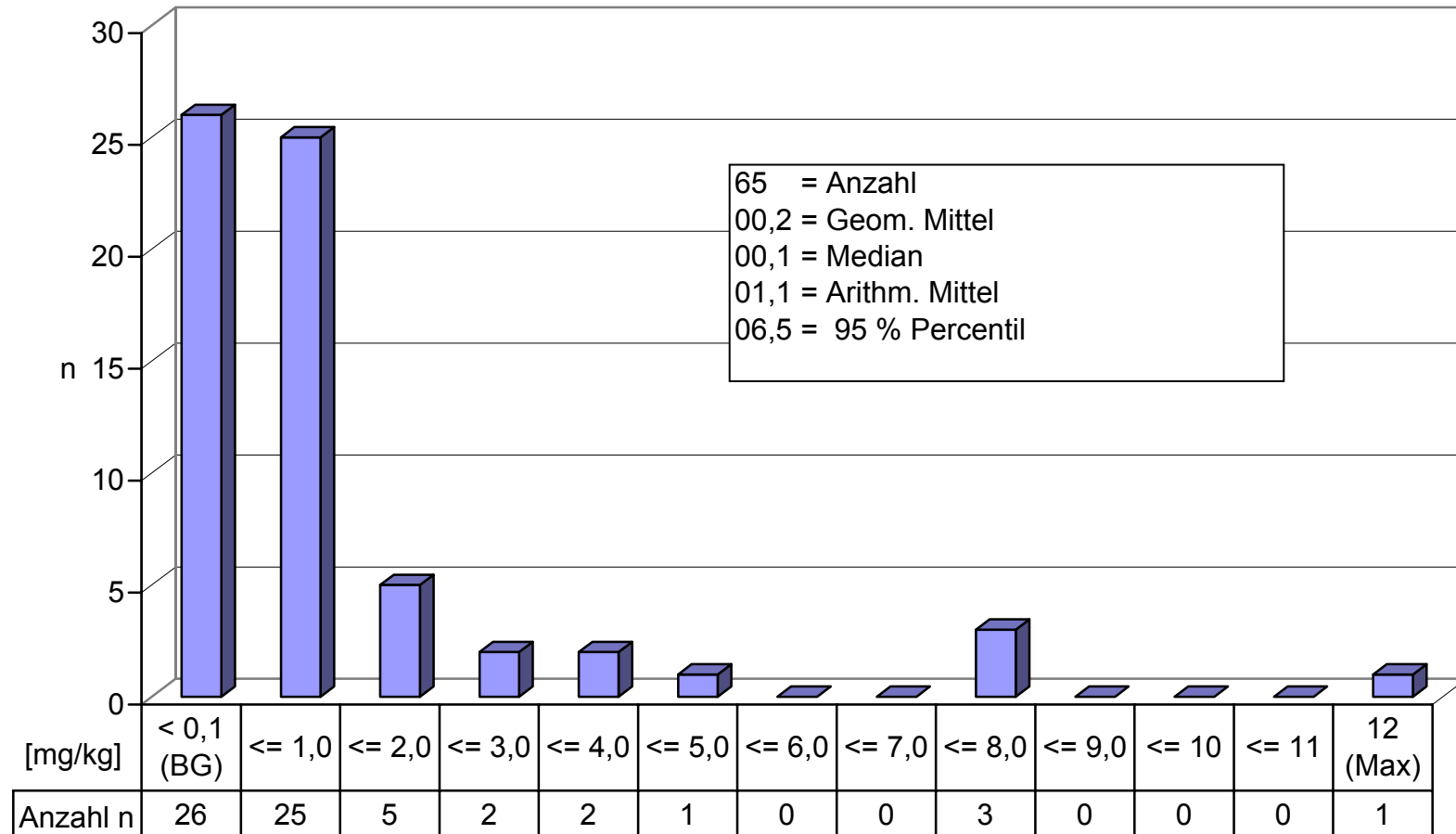


Abb. A34: **Chlorpyrifos** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -

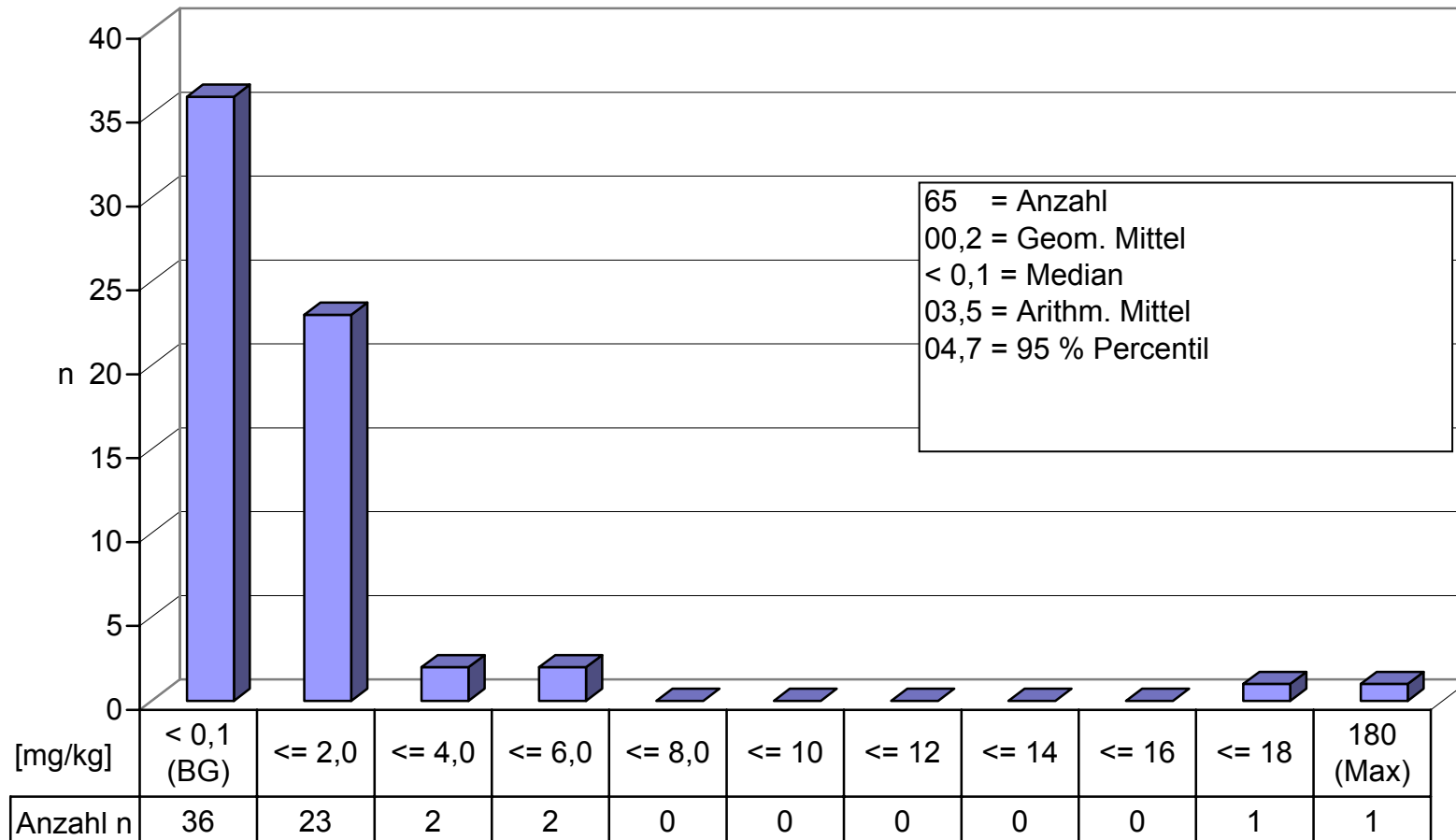


Abb. A35: **Propoxur** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -

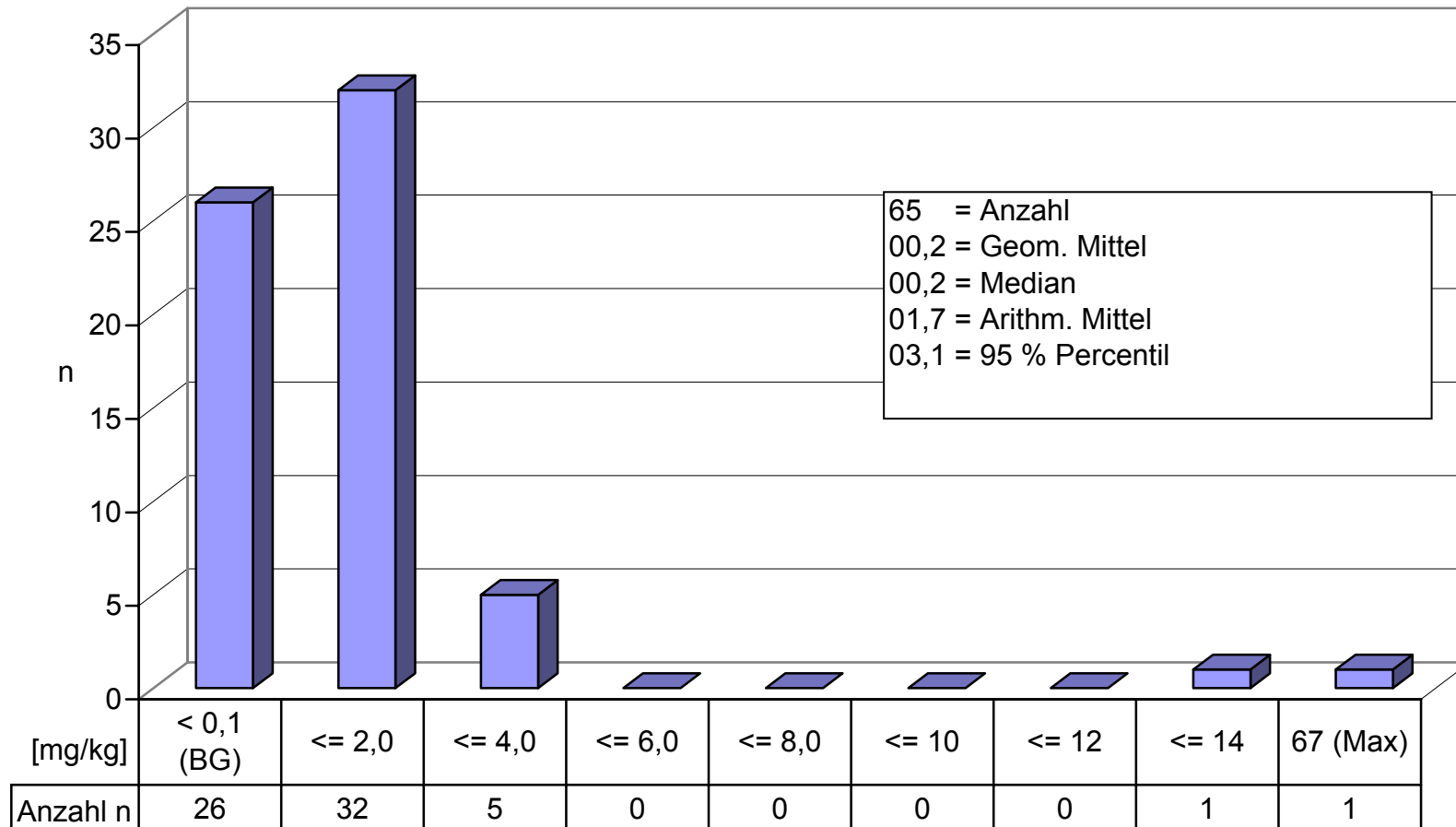


Abb. A36: **Pentachlorphenol (PCP)** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -

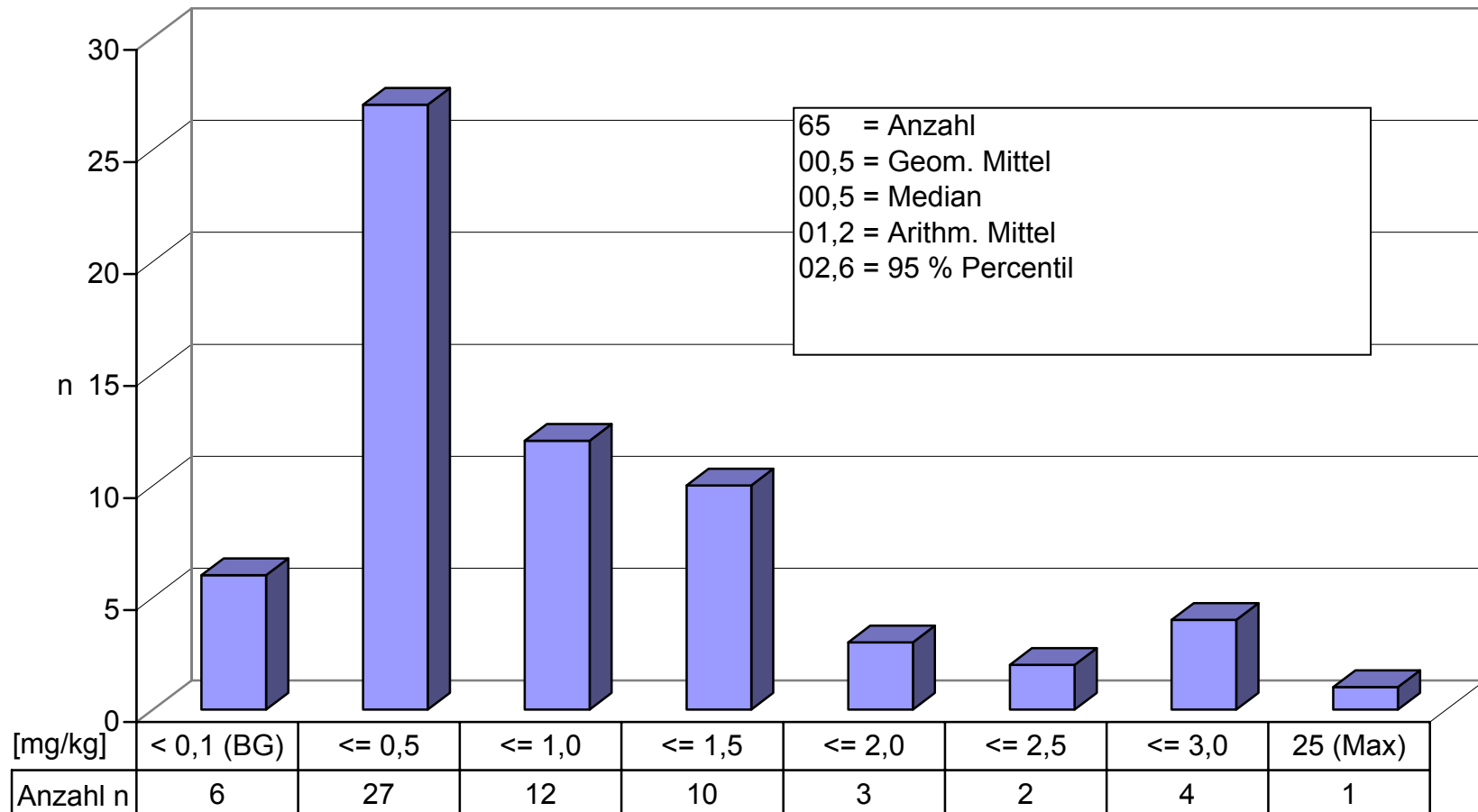


Abb. A37: **p,p'-DDT** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -

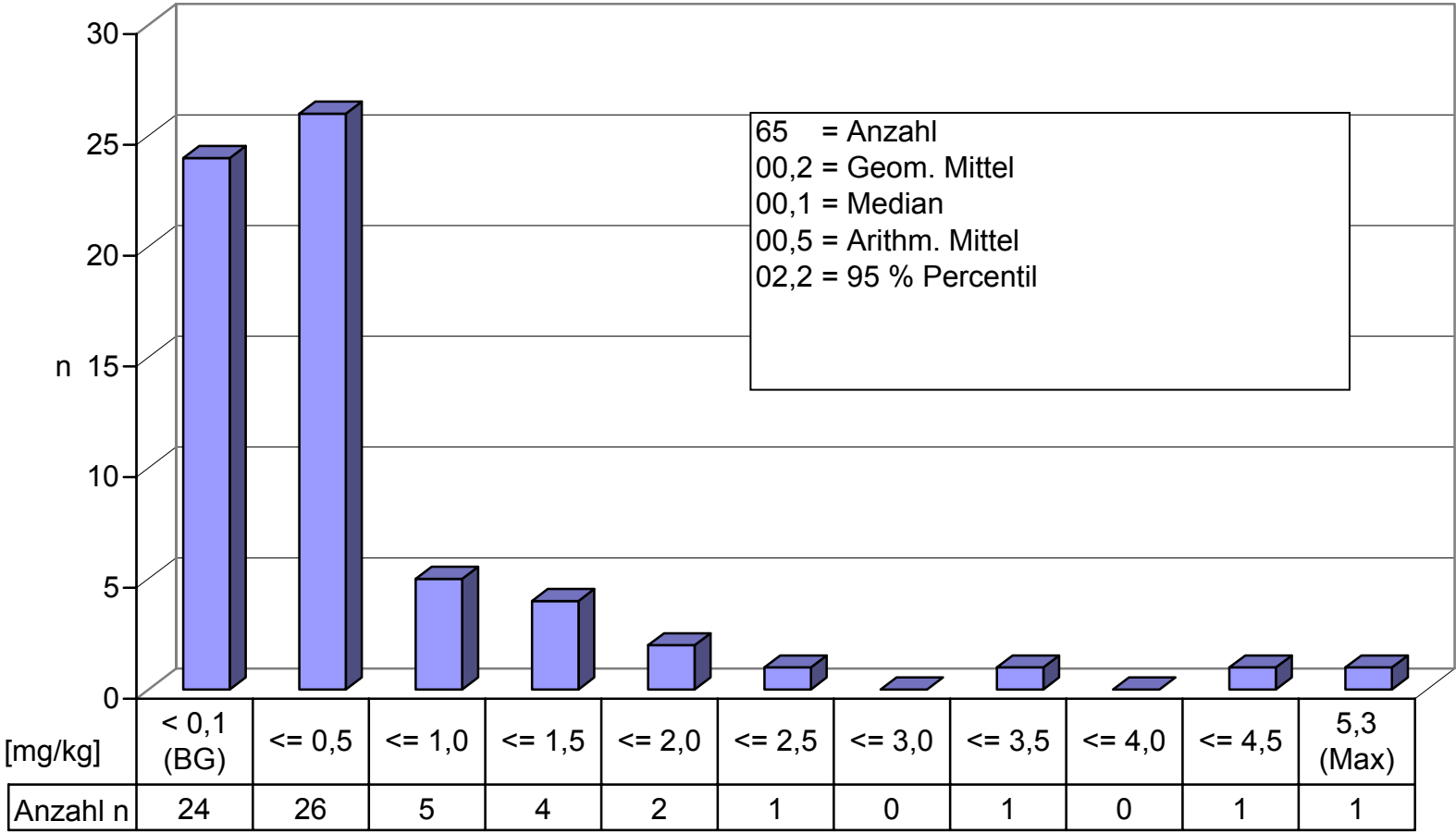
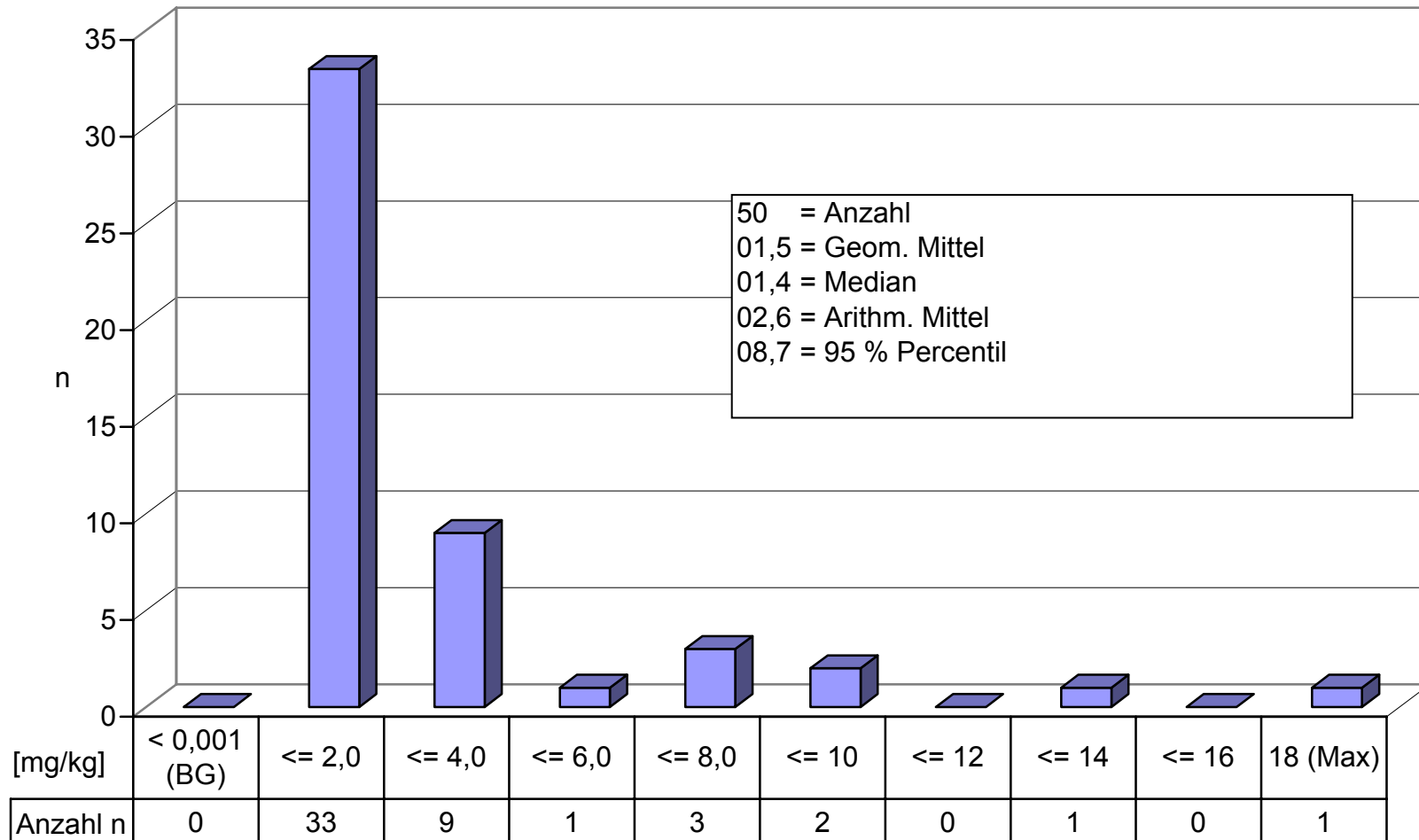
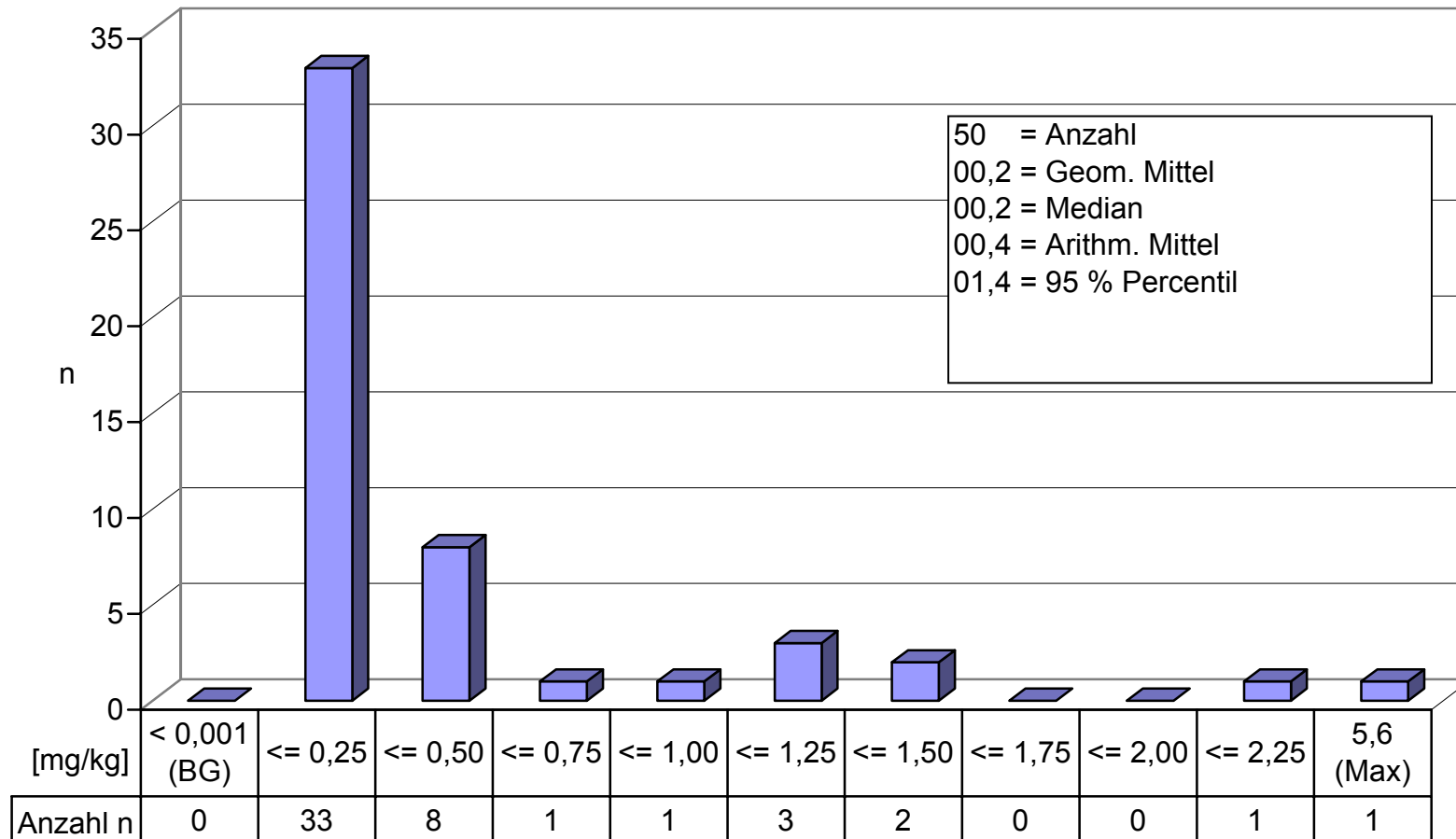


Abb. A38: **Monobutylzinn (MBT)** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -



50 = Anzahl
 01,5 = Geom. Mittel
 01,4 = Median
 02,6 = Arithm. Mittel
 08,7 = 95 % Perzentil

Abb. A39: **Dibutylzinn (DBT)** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -



50 = Anzahl
 00,2 = Geom. Mittel
 00,2 = Median
 00,4 = Arithm. Mittel
 01,4 = 95 % Perzentil

Abb. A40: **Monooctylzinn (MOT)** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -

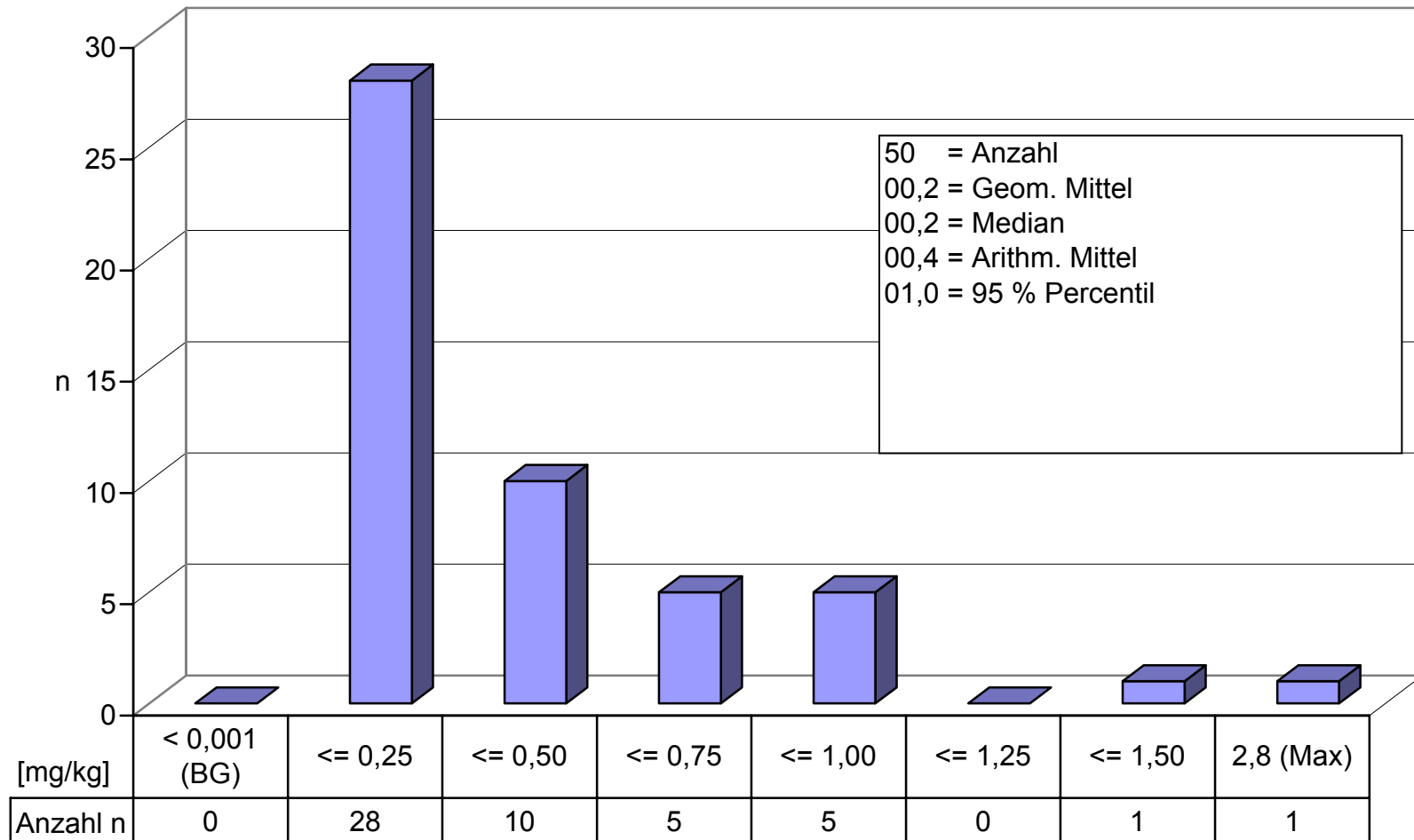


Abb. A41: Tributylzinn (TBT) [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -

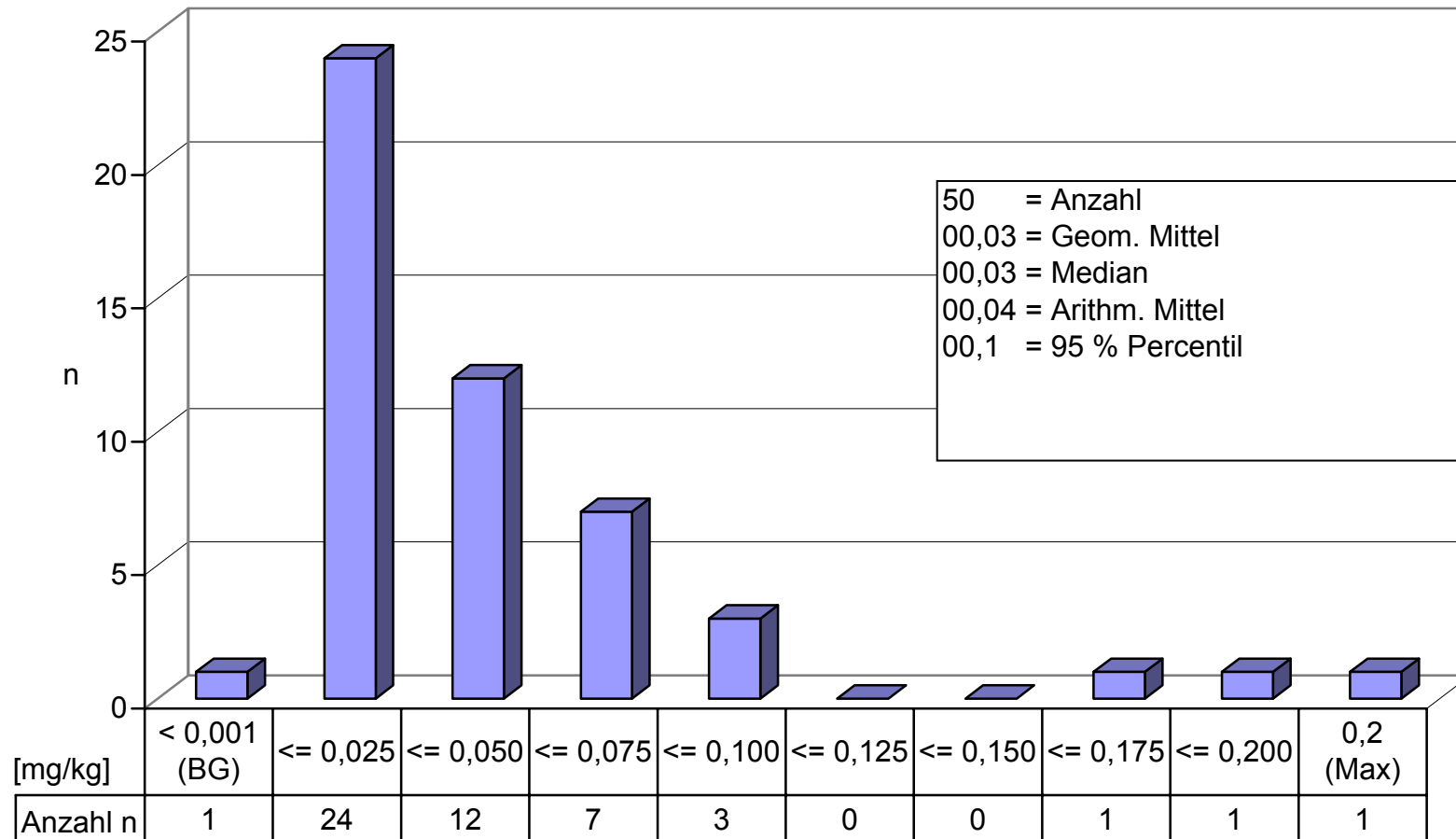
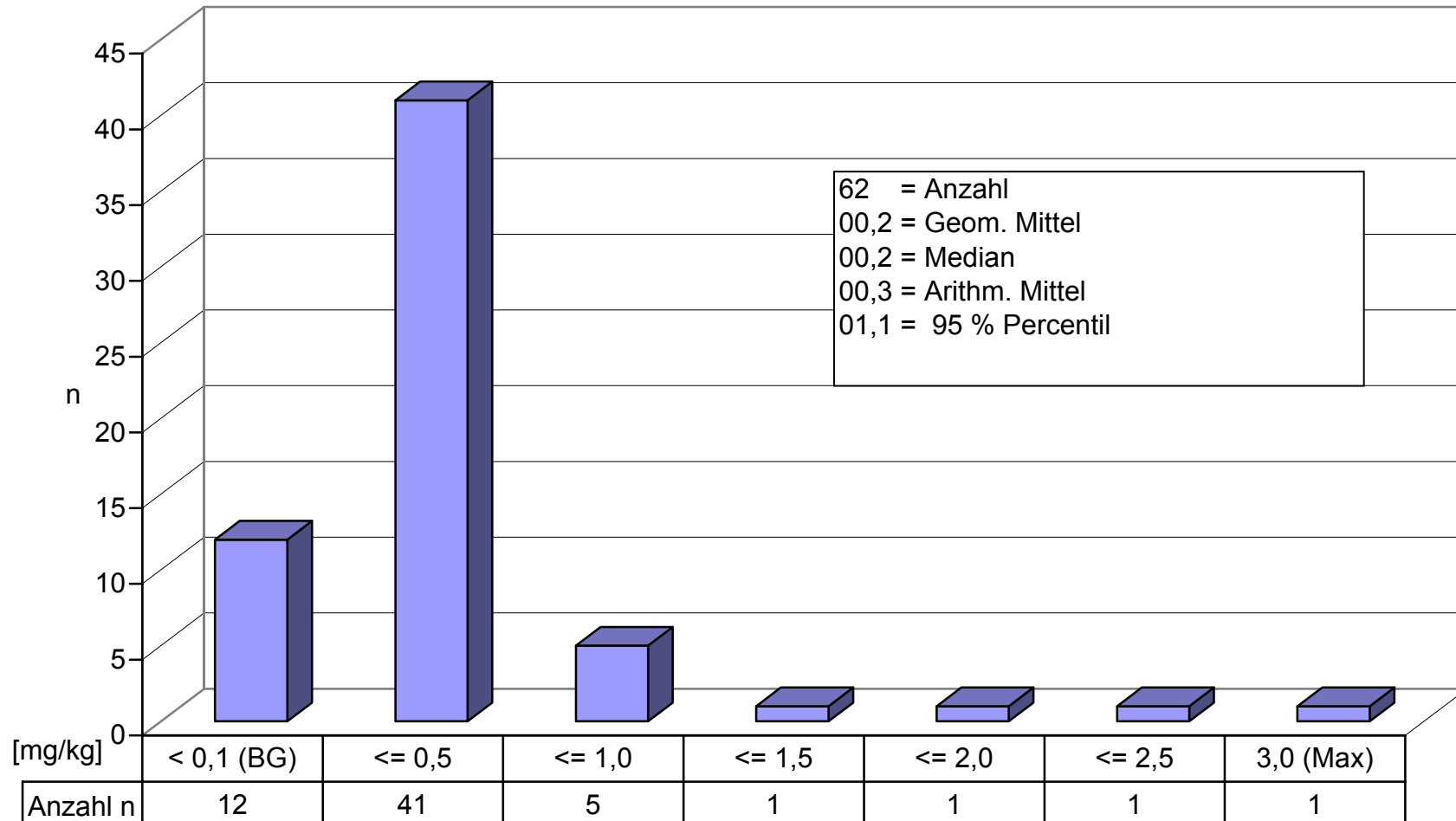


Abb. A42: **Benzo(a)pyren (BaP)** [mg/kg Hausstaub]
 - Häufigkeitsverteilung in Hamburger Hausstäuben -



9.3 Methoden

Methode A1: Sieben von Hausstaub

In mehreren Siebgängen wurde der gesamte Inhalt eines Staubsaugerbeutels gesiebt. Jede Siebung erforderte zwei Siebe, ein 2 mm Sieb zur Vorabscheidung gröberer Partikel und das 63 µm Sieb. Die Siebdauer betrug üblicherweise 20 Minuten und erfolgte mit 3000 Schwingungen pro Minute. Gesammelt wurde die < 63 µm-Fraktion in Braunglasflaschen.

Methode A 2: Übersichtsanalyse mit Schnellmethode

1 g Hausstaub wird mit 10 ml Toluol (nanograd) für 30 Minuten mit Ultraschall extrahiert. Das Filtrat wird mittels GC/MSD im Scan-Modus analysiert.

Zur Abschätzung welche Ausbeuten mit der Ultraschall-Methode im Vergleich zur Soxhlet-Extraktion durchschnittlich erreicht werden können, wurden zusätzlich Extraktionen am Soxhlet durchgeführt. Dafür wurde 1 g Hausstaub für 6 h am Soxhlet extrahiert (20 Zyklen/h). Bei der Ultraschallextraktion ergaben sich am Beispiel der Stoffgruppe Phthalate Ausbeuten von durchschnittlich 37 % der mit Soxhlet-Extraktion behandelten Proben. Es zeigte sich, dass die Schnellmethode bei Phthalat-Gehalten > 5 mg/kg für erste schnelle qualitative Übersichtsanalysen geeignet ist, aber bei quantitativen Bestimmungen von Phthalaten die Soxhlet-Extraktion nicht ersetzen kann.

Methode A3: Suche nach neuen schwerflüchtigen organischen Umweltchemikalien

Die Proben wurden 12 h mit Toluol am Soxhlet extrahiert und anschließend gemäß DFG-Methode S 19 an einer Silicagel-Säule (1 g, mit 1,5 % Wasser deaktiviert) fraktioniert. Die zur Fraktionierung eingesetzten fünf Lösemittelgemische decken fast den gesamten Polaritätsbereich ab.

- Fraktion 1: Hexan/Toluol (65/35)
- Fraktion 2: Toluol
- Fraktion 3: Toluol/Aceton (95/5)
- Fraktion 4: Toluol/Aceton (80/20)
- Fraktion 5: Aceton

Die gewonnenen Fraktionen wurden am Rotationsverdampfer auf ca. 100 µl aufkonzentriert und mit je 1 µg deuterierten n-Alkanen (C16/C20/C24/C30) dotiert. Die deuterierten n-Alkane dienen als interne Standards und ermöglichen eine halbquantitative Bestimmung der Komponenten. Die Bestimmung erfolgte mit GC/MSD im Scan-Modus unter Elektronenionisation. Aufgenommen wurde ein Massenbereich von 30 - 650 amu. Zur Stoffidentifizierung wurden die Massenspektren rechnergestützt mit der Bibliothek "Wiley 275" verglichen. Die Detektionsgrenze zur Gewinnung aussagekräftiger Massenspektren liegt substanz- und matrixabhängig bei ca. 10 mg/kg Hausstaub.

Bei ausgewählten Stoffgruppen wurde anstelle der Elektronenionisierung mit Negativer Chemischer Ionisation (NCI) gearbeitet, bei der die Moleküle weniger stark zerstört werden, so dass eine bessere Selektivität und Empfindlichkeit erreicht wird.

Methode A 4: Probenvorbehandlung

Methode A 4.1 Biozide, Phthalsäureester und Chlorparaffine

0,5 g Hausstaub wurden auf 0,1 mg genau eingewogen und 12 Stunden am Soxhlet mit Toluol extrahiert. Methoxychlor und DDT erfordern anschließend eine Aufreinigung an Florisil. Für Pentachlorphenol und die Carbamate Propoxur und Fenobucarb ist eine Derivatisierung mit Heptafluorbuttersäureanhydrid (HFBA) notwendig.

Methode A 4.2 Organische Phosphorsäureester

100 mg Hausstaub wurden auf 0,1 mg genau eingewogen und jeweils dreimal mit 1 ml Methanol 30 Minuten im Ultraschallbad extrahiert. Anschließend ist eine Aufreinigung an handelsüblicher Octadecyl-Festphase erforderlich.

Methode A 4.3 Organozinn-Verbindungen

1 g Hausstaub wurde mit ca. 20 ml Wasser und 2 ml Natriumacetat-Puffer (2M, pH 4) versetzt und mit 10 ml Hexan für 10 Minuten geschüttelt. Anschließend wurde 1 ml Natriumbortetraethyl zugesetzt und erneut 10 ml geschüttelt. Die Alkylierung mit Natriumbortetraethyl wurde noch dreimal wiederholt. Die organische Phase wurde über Aluminiumoxid (3%, desaktiviert) gereinigt.

Methode A 5: Wiederfindungsraten für Biozide, Phthalsäureester, Chlorparaffine und Organische Phosphorsäureester

Für die Bestimmung der Wiederfindungsraten wurden folgende Leitkomponenten ausgewählt (s. Tab.AM1). Eine wenig belastete Hausstaubmischprobe wurde mit Standardlösungen der Leitkomponenten dotiert. Den jeweiligen Messbereichen angepasst wurde ein niedriges, mittleres und hohes Gehaltsniveau ausgewählt. Nach der Dotierung wurden die Hausstaubproben auf einem Kreisschüttler mindestens 2 Stunden homogenisiert und dann in gleicher Weise wie andere Hausstaubproben aufgearbeitet. Es ergaben sich Wiederfindungsraten im Bereich von 80 -110 %.

Tab. AM1: Wiederfindungsraten für Leitkomponenten

| Leitkomponenten | Dotierung [mg/kg] | Wiederfindung [%] |
|---|-------------------|-------------------|
| Pentachlorphenol (PCP) | 10/50/100 | 95,6 |
| Lindan | 10/50/100 | 100,9 |
| Chlorpyrifos | 10/50/100 | 110,7 |
| Toluylfluamid | 10/50/100 | 96,4 |
| Diazinon | 10/50/100 | 97,6 |
| Permethrin | 10/50/100 | 104,2 |
| p,p-DDT | 10/50/100 | 90,7 |
| Benzo(a)pyren | 3/7,5/15 | 91,1 |
| Bis(2-ethylhexyl)phthalat | 200/600/1000 | 93,5 |
| Tris(2-chlorethyl)phosphat | 10/25/50 | 91,0 |
| mittelkettige Chlorparaffine C14-C17, 57% Cl | 10/25/50 | 80,1 |

Methode A 6: Wiederfindungsraten für Organozinn-Verbindungen

Zur Bestimmung der Wiederfindungsrate wird pro zehn Proben eine Standardaddition durchgeführt. Hierbei wird die Probe mit bestimmten Probenkonzentrationen gespikt. Es werden für die einzelnen Organozinn-Verbindungen Wiederfindungsraten im Bereich von 75 – 100 % ermittelt (s. Tab. AM2).

Tab. AM2: Wiederfindungsraten für Organozinn-Verbindungen

| Organozinn-Verbindungen | Wiederfindungsrate [%] |
|-------------------------|------------------------|
| Monobutylzinn (MBT) | 75 |
| Dibutylzinn (DBT) | 80 |
| Tributylzinn (TBT) | 100 |
| Tetrabutylzinn (TTBT) | 90 |
| Monooctylzinn (MOT) | 65 |
| Dioctylzinn (DOT) | 75 |
| Triphenylzinn (TPhT) | 75 |

Methode A 7: Methodenpräzision bei der Bestimmung Organozinn-Verbindungen

Die Methodenpräzision wurde durch Mehrfachanalyse des zertifizierten Referenzstandard (BCR 646: „Organotin in Freshwater Sediment“) ermittelt (s. Tab. AM3).

Tab. AM3: Methodenpräzision für ausgewählte Organozinn-Verbindungen

| Organozinn-Verbindungen | Methodenpräzision [%] |
|-------------------------|-----------------------|
| Monobutylzinn (MBT) | 4,7 |
| Dibutylzinn (DBT) | 3,4 |
| Tributylzinn (TBT) | 2,4 |

9.4 Abkürzungen

| Abkürzung | Erklärung |
|------------------|--|
| AM | Arithmetisches Mittel |
| B | Biozid |
| B(a)P | Benzo(a)pyren |
| BBP | Benzylbutylphthalat |
| BG | Bestimmungsgrenze |
| BmoEP | Bis(2-methoxyethyl)phthalat |
| CAS | Chemical Abstracts Service (Vergabe von Nummern zur eindeutigen Erkennung von Chemikalien) |
| CPkk | Chlorparaffine kurzkettig (C10 – C13) |
| CPmk | Chlorparaffine mittelkettig (C14 – C17) |
| DAP | Diallylphthalat |
| DBP | Dibutylphthalat |
| DBT | Dibutylzinn |
| DcHP | Dicyclohexylphthalat |
| DDT | Dichlordiphenyltrichlorethan |
| DEP | Diethylphthalat |
| DEHP | Bis(ethylhexyl)phthalat |
| DIBP | Diisobutylphthalat |
| DIDP | Diisodecylphthalat |
| DINP | Diisononylphthalat |
| DMP | Dimethylphthalat |
| DNOP | Di-n-octylphthalat |
| DPhP | Diphenylphthalat |
| DPP | Dipropylphthalat |
| DOT | Diocetylzinn |
| EWS | <u>End</u> okrin (hormonell) <u>Wir</u> ksame <u>S</u> ubstanz |
| FSM | Flammschutzmittel |
| GM | Geometrisches Mittel |
| HD | Holzdielen-Fußboden |
| HDLV | Holzdielen-Fußboden mit Lack versiegelt |
| HDÖW | Holzdielen-Fußboden mit Öl und Wachs behandelt |
| HV | Holzverkleidung |
| K (1 –5) | krebserzeugend (eingeteilt in Wirkungskategorien 1 – 5) |
| k. A. | keine Angaben |
| KOR | Korkfußboden |
| LAM | Laminatfußboden |
| LV | Lackversiegelung |
| M (1 – 3) | erbgutverändernd (eingeteilt in Wirkungskategorien 1 – 3) |
| Max | Maximalwert |
| MBT | Monobutylzinn |
| Min | Minimalwert |
| MOT | Monooctylzinn |
| n | Anzahl |
| nf | Anzahl der Werte, für die eine Bedingung falsch ist |
| nw | Anzahl der Werte, für die eine Bedingung wahr ist |
| ÖW | mit Öl und Wachs behandelter Fußboden |
| 50 % P | 50 % Perzentil (Median) |

| Abkürzung | Erklärung |
|-------------------------|---|
| PAR | Parkett |
| PARLV | Parkett mit Lack versiegelt |
| PBO | Piperonylbutoxid |
| PCP | Pentachlorphenol |
| PVC | Polyvinylchlorid |
| P75f | 75 % Perzentil eines Wertekollektivs, für das eine Bedingung f alsch ist |
| P75w | 75 % Perzentil eines Wertekollektivs, für das eine Bedingung w ahr ist |
| RE (1 - 3) | fruchtschädigend, (eingeteilt in Wirkungskategorien 1 – 3) |
| RF (1 – 3) | Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit (eingeteilt in Wirkungskategorien 1 – 3) |
| S | Stabilisator |
| TBK | Teppichboden mit Kunstfaserflor |
| TBN | Teppichboden mit Naturfaserflor |
| TBoEP | Tris(2-butoxyethyl)phosphat |
| TBP | Tributylphosphat |
| TBT | Tributylzinn |
| TcHT | Tricyclohexylzinn |
| TCEP | Tris(2-chlorethyl)phosphat |
| TCPP | Tris(chlorpropyl)phosphat |
| TDCPP | Tris(dichlorpropyl)phosphat |
| TEHP | Tris(2-ethylhexyl)phosphat |
| TEP | Teppich |
| TEPoTBN _o LV | Wohnung mit Teppichen aber <u>o</u> hne Teppichboden mit Naturfaserflor und <u>o</u> hne Lackversiegelung |
| TKP | Trikresylphosphat |
| TP | Teer-, Bitumenprodukt, Verbrennungsprodukte |
| TPhP | Triphenylphosphat |
| TPhT | Triphenylzinn |
| WM | Weichmacher |
| < | kleiner als |
| > | größer als |
| ≤ | kleiner gleich |
| ≥ | größer gleich |

Impressum

Herausgeber: Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Umwelt und Gesundheit
Billstraße 84
20539 Hamburg

Bearbeitung: Amt für Umweltschutz
Umweltuntersuchungen
Abteilung Luftuntersuchungen
Referat Organische Analytik (H44)

September 2002

Druck: Druckerei: Zentrale Vordruckstelle
Auflage: 1000 Stück
Gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier

Anmerkung zur Verteilung:

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Senats der Freien und Hansestadt Hamburg herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bürgerschafts-, Bundestags- und Europawahlen sowie Wahlen zur Bezirksversammlung. Missbräuchlich ist besonders die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung.

Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zu Gunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Die genannten Beschränkungen gelten unabhängig davon, wann auf welchem Wege und in welcher Anzahl die Druckschrift dem Empfänger zugegangen ist.