

1	Analysenübersicht.....	7
2	Luftuntersuchungen.....	11
2.1	Flüchtige organische Verbindungen (VOC) – Lösemitteldesorption – Passivsammler	11
2.1.1	Flüchtige organische Verbindungen (VOC) - vorwiegend unpolar – Passivsammler.....	11
2.1.2	Flüchtige organische Verbindungen (VOC) - polar und unpolar – Passivsammler	12
2.2	Flüchtige organische Verbindungen (VOC) – Lösemitteldesorption – aktive Probenahme ...	13
2.2.1	Flüchtige organische Verbindungen (VOC) - vorwiegend unpolar – Lösemitteldesorption	13
2.2.2	Glykolverbindungen und weitere, vorwiegend polare Substanzen – Lösemitteldesorption.....	14
2.2.3	VOC mikrobiellen Ursprungs (MVOC) und weitere VOC – Lösemitteldesorption	15
2.2.4	Leichtflüchtige Alkohole – Lösemitteldesorption	15
2.2.5	Narkosegase – Lösemitteldesorption.....	15
2.2.6	Kombinationspaletten / Substanzgruppen / Einzelsubstanzen / TVOC-Wert – Lösemitteldesorption	16
2.3	Flüchtige organische Verbindungen (VOC) – Thermodesorption	17
2.3.1	Flüchtige organische Verbindungen (VOC) - vorwiegend unpolar – Thermodesorption	17
2.3.2	Glykolverbindungen und weitere, vorwiegend polare Substanzen – Thermodesorption.....	18
2.3.3	Weitere flüchtige organische Verbindungen (VOC), vorwiegend unpolar – Thermodesorption	19
2.3.4	Weitere flüchtige organische Verbindungen (VOC/MVOC), vorwiegend polar – Thermodesorption	20
2.3.5	MVOC – Thermodesorption	21
2.3.6	Phenolverbindungen inkl. Kresole , Chlor- und Bromphenole – Thermodesorption.....	21
2.3.7	Flüchtige polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Naphthalinverbindungen – Thermodesorption.....	21
2.3.8	Phenolverbindungen inkl. Kresole – Thermodesorption.....	21
2.3.9	Isothiazolinone – Thermodesorption.....	21
2.3.10	Acrylate – Thermodesorption - NEU	22
2.3.11	ETS (Environmental Tobacco Smoke) – Thermodesorption - NEU	22
2.3.12	Chlor- und Bromanisole – Thermodesorption	22
2.3.13	Chlornaphthaline – Thermodesorption.....	22
2.3.14	Organische Säuren – Thermodesorption	22
2.3.14-a	Oxime – Thermodesorption - NEU	22
2.3.15	DGNB-/BNB-Palette.....	22
2.3.16	Kombinationspaletten / Substanzgruppen / Einzelsubstanzen / TVOC-Wert – Thermodesorption.....	23
2.4	Aldehyde und Ketone – DNPH-Kartusche^A	25
2.4.1	Formaldehyd – DNPH-Kartusche	25
2.4.2	Formaldehyd und Acetaldehyd – DNPH-Kartusche.....	25
2.4.3	Aldehyde und Ketone (4) – DNPH-Kartusche.....	25
2.4.4	Aldehyde und Ketone (15) – DNPH-Kartusche.....	25
2.4.5	Aldehyde und Ketone (25) – DNPH-Kartusche.....	25
2.5	Holzschutzmittelwirkstoffe.....	26
2.5.1	Holzschutzmittelwirkstoffe - Palette I	26
2.5.2	Holzschutzmittelwirkstoffe - Palette II	26
2.5.3	Holzschutzmittelwirkstoffe - Palette III	26
2.5.4	Holzschutzmittelwirkstoffe - Palette IV	26
2.5.5	Holzschutzmittelwirkstoffe - Palette V.....	26
2.5.6	Einzelsubstanzen Holzschutzmittelwirkstoffe.....	27
2.6	Polychlorierte Biphenyle (PCB).....	27
2.6.1	6 PCB nach LAGA	27
2.6.2	6 PCB nach LAGA + PCB 118.....	27
2.7	Weichmacher (Phthalate)	27
2.7.1	Weichmacher (Phthalate)	27
2.7.2	Einzelsubstanzen Weichmacher (Phthalate) in Luft.....	27
2.8	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK).....	28
2.8.1	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe – PU-Schaum	28
2.8.2	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (16 EPA-PAK) – Kombination der Probenahme auf PU-Schaum und Tenax TA [®]	28
2.8.3	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (16 EPA-PAK und Naphthalinverbindungen) – Kombination der Probenahme auf PU-Schaum und Tenax TA [®]	28
2.8.4	Einzelsubstanzen polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe – PU-Schaum.....	28
2.9	Flammschutzmittel.....	29
2.9.1	Flammschutzmittel auf Phosphorbasis	29
2.9.2	Einzelsubstanzen Flammschutzmittel.....	29

2.10	Asbest / Künstliche Mineralfasern (KMF)^B	29
2.10.1	Untersuchung auf Asbest/KMF	29
2.10.2	Untersuchung auf KMF inkl. Produktfaserzuordnung	29
3	Hausstaubuntersuchungen	30
3.1	Holzschutzmittelwirkstoffe	30
3.1.1	Holzschutzmittelwirkstoffe - Palette I.....	30
3.1.2	Holzschutzmittelwirkstoffe - Palette II.....	30
3.1.3	Holzschutzmittelwirkstoffe - Palette III.....	30
3.1.4	Holzschutzmittelwirkstoffe - Palette IV	30
3.1.5	Holzschutzmittelwirkstoffe - Palette V	30
3.2	Biozide	30
3.2.1	Biozide - Palette I	30
3.2.2	Biozide - Palette II	30
3.2.3	Biozide - Palette III	31
3.2.4	Biozide - Palette IV	31
3.3	Polychlorierte Biphenyle (PCB) nach LAGA	31
3.4	Weichmacher	31
3.4.1	Weichmacher (Phthalate).....	31
3.4.2	Weitere Weichmacher	32
3.5	Flammschutzmittel	32
3.5.1	Flammschutzmittel auf Phosphorbasis.....	32
3.5.2	Bromierte Flammschutzmittel ^B	32
3.6	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	32
3.7	Isothiazolinone^C	32
3.8	Moschusverbindungen^C	32
3.9	ETS^C (Environmental Tobacco Smoke)	33
3.10	Chlorparaffine^B	33
3.11	Schwermetalle^A	33
3.11.1	Schwermetalle.....	33
3.11.2	Einzelsubstanz Schwermetalle.....	33
3.12	Zinnorganische Verbindungen^B	33
3.12.1	Organozinnverbindungen Palette I.....	33
3.12.2	Organozinnverbindungen Palette II.....	33
3.13	Hausstaub-Screening	33
3.13.1	Hausstaub-Screening - Palette I	33
3.13.2	Hausstaub-Screening - Palette II	34
3.13.3	Hausstaub-Screening - Palette III endokrin wirksame Substanzen.....	34
3.14	Kombinationspaletten / Einzelsubstanzen	35
3.14.1	Kombinationspaletten.....	35
3.14.2	Einzelsubstanzen	35
3.15	Asbest / Künstliche Mineralfasern (KMF) in Staubabdruck-/Kontaktproben^B	35
3.15.1	Untersuchung auf Asbest/KMF	35
3.15.2	Untersuchung auf KMF inkl. Produktfaserzuordnung	35
3.16	Schwarzstaubuntersuchungen (Fogging)	35
3.17	Probenvorbereitung	35
4	Materialuntersuchungen	36
4.1	Flüchtige organische Verbindungen (VOC) mittels Thermoextraktion	36
4.1.1	Flüchtige organische Verbindungen (VOC), vorwiegend unpolar – Thermodesorption.....	36
4.1.2	Glykolverbindungen und weitere, vorwiegend polare Substanzen – Thermodesorption	37
4.1.3	Weitere flüchtige organische Verbindungen (VOC), vorwiegend unpolar – Thermodesorption.....	38
4.1.4	Weitere flüchtige organische Verbindungen (VOC/MVOC), vorwiegend polar – Thermodesorption.....	39
4.1.5	MVOC – Thermodesorption	40
4.1.6	Phenolverbindungen inkl. Kresole, Chlor- und Bromphenole – Thermodesorption	40
4.1.7	Flüchtige polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Naphthalinverbindungen – Thermodesorption	40
4.1.8	Phenolverbindungen inkl. Kresole – Thermodesorption	40
4.1.9	Isothiazolinone – Thermodesorption	40
4.1.10	Acrylate – Thermodesorption - NEU	40
4.1.11	ETS (Environmental Tobacco Smoke) – Thermodesorption - NEU	40

4.1.12	Chlor- und Bromanisole – Thermodesorption	41
4.1.13	Chlornaphthaline – Thermodesorption	41
4.1.14	Organische Säuren – Thermodesorption	41
4.1.14-a	Oxime – Thermodesorption - NEU	41
4.1.15	Kombinationspaletten / Substanzgruppen / Einzelsubstanzen – Thermodesorption	41
4.2	Formaldehyd (WKI)	43
4.3	Aldehyde und Ketone – DNPH-Kartusche^A	43
4.3.1	Acetaldehyd – DNPH-Kartusche	43
4.3.2	Aldehyde und Ketone (3) – DNPH-Kartusche	43
4.3.3	Aldehyde und Ketone (14) – DNPH-Kartusche	43
4.3.4	Aldehyde und Ketone (24) – DNPH-Kartusche	43
4.4	Prüfkammeruntersuchungen	44
4.4.1	Emissionsprüfungen von Bauprodukten im Rahmen des Zulassungsverfahrens durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt)	44
4.4.2	Prüfverfahren nach RAL (Umweltzeichen "Blauer Engel")	44
4.4.3	Emissionsprüfungen gemäß natureplus®	46
4.4.4	Prüfverfahren nach GEV	46
4.4.5	Internationale Verordnungen	46
4.4.6	Weitere Prüfkammeruntersuchungen	46
4.5	Oberflächen-Emissionsmesszelle (FLEC®)	46
4.6	Holzschutzmittelwirkstoffe	46
4.6.1	Holzschutzmittelwirkstoffe - Palette I	47
4.6.2	Holzschutzmittelwirkstoffe - Palette II	47
4.6.3	Holzschutzmittelwirkstoffe - Palette III	47
4.6.4	Holzschutzmittelwirkstoffe - Palette IV	47
4.6.5	Holzschutzmittelwirkstoffe - Palette V	47
4.7	Biozide	47
4.7.1	Biozide - Palette I	47
4.7.2	Biozide - Palette II	47
4.7.3	Biozide - Palette III	47
4.7.4	Biozide - Palette IV	48
4.7.5	Biozide - Palette V	48
4.8	Polychlorierte Biphenyle (PCB) nach LAGA	48
4.9	Weichmacher	49
4.9.1	Weichmacher (Phthalate)	49
4.9.2	Weitere Weichmacher ^C	49
4.10	Flammschutzmittel	49
4.10.1	Flammschutzmittel auf Phosphorbasis	49
4.10.2	Bromierte Flammschutzmittel ^B	49
4.11	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	49
4.12	Isothiazolinone^C	49
4.13	ETS (Environmental Tobacco Smoke)^C	50
4.14	Chlorparaffine^A	50
4.15	Schwermetalle^A	50
4.15.1	Schwermetalle	50
4.15.2	Einzelsubstanz Schwermetalle	50
4.16	Zinnorganische Verbindungen^B	50
4.16.1	Organozinnverbindungen Palette I	50
4.16.2	Organozinnverbindungen Palette II	50
4.17	Asbest / Künstliche Mineralfasern (KMF)^B	51
4.17.1	Material	51
4.17.2	Bodenbelag mit Kleber	51
4.18	Schwarzstaubuntersuchungen (Fogging)	51
4.18.1	Material-, Wisch- oder Hausstaubprobe	51
4.18.2	„Foggingpakete“	51
4.19	Probenvorbereitung	52
5	Materialien für die Probenahme	52
5.1	Luftprobenahme	52
5.2	Abtupfprobenahme	52
5.3	Wischprobenahme	52

6	Personalkosten	53
7	Rabattregelungen	53
8	Literatur	54
9	Allgemeine Geschäftsbedingungen - Datenschutz	56
10	Infoteil	59
10.1	Flüchtige organische Verbindungen (VOC)	59
10.1.1	Leicht- bis mittelflüchtige, vorwiegend unpolare organische Verbindungen	59
10.1.2	Glykolverbindungen	63
10.1.3	Isothiazolinone	64
10.1.4	Dicarbonsäureester (dibasische Ester)	65
10.1.5	Acrylate	66
10.1.6	Organische Säuren	66
10.1.7	Phenole und Kresole	66
10.1.8	Chloranisole	67
10.1.9	Weitere flüchtige Verbindungen	67
10.1.10	DGNB- Zertifizierungssystem und BNB-Bewertungssystem	68
10.1.11	Häufige Quellen für VOC.....	68
10.1.12	Mikrobiologisch erzeugte flüchtige organische Verbindungen (MVOC)	70
10.2	Environmental Tobacco Smoke (ETS) / Nikotin	71
10.3	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) / Naphthaline	72
10.4	Formaldehyd und höhere Aldehyde	73
10.5	Holzschutzmittelwirkstoffe / Pestizide	75
10.6	Biozide	77
10.7	Endokrin wirksame Substanzen (EDC)	79
10.8	Polychlorierte Biphenyle (PCB)	80
10.9	Weichmacher	82
10.10	Flammschutzmittel	83
10.11	Schwermetalle	85
10.12	Asbest / Künstliche Mineralfasern (KMF)	87
10.13	Schwarzstaubablagerungen in Innenräumen	88
10.13.1	Schwarzstaub: Ruß, Dreck oder Spuk?	88
10.13.2	Was kann man tun?	89
10.13.3	Das "Fogging-Paket"	90
10.14	Prüfkammeruntersuchungen/Thermoextraktion	90
10.14.1	Emissionsprüfungen von Bauprodukten im Rahmen des Zulassungsverfahrens durch das DIBt.....	90
10.14.2	Emissionsprüfungen von Bauprodukten nach der belgischen und der französischen VOC-Verordnung	91
10.14.3	Prüfverfahren nach RAL (Umweltzeichen "Blauer Engel")	91
10.14.4	natureplus®.....	91
10.14.5	Prüfverfahren nach GEV	92
10.14.6	Oberflächen-Emissionsmesszelle	92
10.14.7	Dynamische Headspace-Untersuchungen (Thermoextraktion).....	92
10.15	Standard der baubiologischen Messtechnik	93
10.16	Informationen zur Messunsicherheit	93
11	CAS-Nummern	95



Vorwort

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

Vor Ihnen liegt unser aktuelles Leistungsverzeichnis, Stand Dezember 2020.

Im Vergleich zu der letzten Version vom September 2017 haben wir einige kleinere Erweiterungen unseres Analysenangebots vorgenommen. So haben wir unter anderem eine neue Palette Oxime aufgenommen, die wir mittels Thermodesorption analysieren. Oxime finden u.a. als Antihautmittel bei der Lagerung von Lacken Verwendung. Außerdem haben wir die Palette der Acrylate und der ETS erweitert. Eine weitere Änderung betrifft Untersuchungen nach DGNB bzw. BNB. Hier haben wir den Untersuchungsumfang an die aktuellen Neubau-Orientierungswerte (NOW) und Richtwerte angepasst und erfassen jetzt alle von Tenax und DNPH nachweisbaren Verbindungen, für die Richtwerte (RWI / RW II) existieren, das umfasst z.B. auch Acetaldehyd.

Wie gewohnt finden Sie kurzfristige Veränderungen des ALAB-Analysenangebots bis zur Neuauflage der gedruckten Version in der Internetfassung unseres Leistungsverzeichnisses auf unserer Homepage unter www.alab-berlin.de. Dort finden Sie im Zweifelsfall also immer die aktuell gültige Fassung.

Unser Labor ist, wie Sie an unserem Leistungsangebot erkennen können, auf den Nachweis von Innenraumschadstoffen in Luft, Materialproben und Produkten spezialisiert. Das ist ein besonders anspruchsvolles Arbeitsgebiet, denn die analytischen Anforderungen verändern sich laufend. Der Erfindungsreichtum der Produzenten von Farben, Lacken, Klebstoffen, Bauprodukten, Möbeln und was sonst noch in Innenräumen an potenziellen Schadstoffquellen anzutreffen ist, sorgt für immer neue analytische Herausforderungen. Wenn Schadstoffanalytik ihre Stärken als wertvolles Instrument der Innenraumbegutachtung voll ausspielen soll, gilt es für uns Analytiker, ständig am Ball und den Veränderungen im Schadstoffspektrum auf der Spur zu bleiben. Dabei ist es eine große Hilfe, dass wir uns nicht nur im Labor aufhalten und analysieren, sondern auch als Innenraumgutachter/Innen draußen unterwegs sind. Vor Ort gewonnene gutachterliche Erkenntnisse und direkter fachlicher Austausch mit einem kompetenten, auf Innenraumschadstoffe spezialisierten Labor – diese Kombination ist von unschätzbarem Wert und oft der Schlüssel zur Lösung neu auftauchender Schadstoffprobleme in Innenräumen. Wir freuen uns daher über den regen fachlichen Austausch mit Ihnen, unseren Kunden. Sie helfen uns damit, den ALAB - Analysenservice auf dem neuesten Stand zu halten.

Unangenehme Gerüche in Innenräumen sind immer häufiger Anlass für Beschwerden. Wir haben daher unser Analysenangebot um weitere geruchsintensive flüchtige Verbindungen wie beispielsweise ungesättigte Aldehyde, organische Säuren, Bromphenole, weitere Chlornaphthaline und Chloranisole ergänzt. Auf die Strategie mancher Hersteller, in den Rezepturen ihrer Klebstoffe, Farben und Lacke immer schwerer flüchtige Lösemittel einzusetzen, haben wir mit der Aufnahme weiterer Glykolverbindungen und der hoch siedenden Dicarbonsäureester reagiert.

Die Erfahrung zeigt immer wieder, dass gesundes, schadstoffarmes Bauen keine Selbstverständlichkeit ist. Im Gegenteil führen Kosten- und Zeitdruck, der ungebrochene Trend zur Chemisierung in der Bautechnik und steigende Anforderungen an die Luftdichtigkeit von Bauwerken immer öfter dazu, dass nach der Fertigstellung die Gebäudenutzer über gesundheitliche Beschwerden oder unangenehme Gerüche klagen. Mit der Zertifizierung nachhaltiger und schadstoffarmer Gebäude nach den Kriterien der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. (DGNB), die in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) entwickelt wurden, soll diesem Trend begegnet werden. Wir bieten Ihnen maßgeschneiderte Raumluftanalysen für die DGNB-Zertifizierung an bzw. dem Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB).

Auf Anregung vieler Kunden haben wir unser Preissystem für VOC-Raumluftanalysen überarbeitet und damit – so hoffen wir jedenfalls – übersichtlicher und transparenter gemacht. Alle VOC-Analysenangebote sind jetzt einer von drei Preiskategorien zugeordnet. Wird eine Luftprobe mit der Analyse mehrerer VOC-Paletten beauftragt, greift automatisch eine Staffelregelung mit teilweise erheblichen Preisminderungen. Das gleiche Preissystem gelangt auch bei VOC-Materialanalysen zur Anwendung. Näheres zu dieser Neuerung auf den Seiten 23 und 41 dieses Leistungsverzeichnisses.

Analysenangebote, die für die baubiologische Begutachtung von Innenräumen nach dem Standard der baubiologischen Messtechnik (SBM) geeignet sind, haben wir entsprechend gekennzeichnet. Näheres dazu auf der Seite 93 unseres Leistungsverzeichnisses.

Wir sind inzwischen auch ein nach der neuen DIN EN ISO/IEC 17025:2018 durch die DAkkS akkreditiertes Prüflaboratorium. Anregungen und Kritik sind uns weiterhin willkommen. Denn nur so sind wir in der Lage, unser Analysenangebot und das nächste Leistungsverzeichnis auf dem neuesten Stand zu halten und die Schadstoffanalytik als wertvolles Instrument der Innenraumbegutachtung weiter zu verbessern.

Mit freundlichem Gruß

Ruth Cremer

Technische Hinweise

Substanzbezeichnungen:

Häufig werden für ein und dieselbe chemische Substanz sehr unterschiedliche Bezeichnungen verwendet (z.B. für Formaldehyd: Methanal, Methylaldehyd, Ameisensäurealdehyd, Oxomethan...). Falls Sie in unserem Leistungsverzeichnis bei der Suche nach einer zu analysierenden Substanz nicht fündig werden, liegt das vielleicht daran, dass wir diese Substanz unter einem anderen Namen als dem Ihnen bekannten aufgelistet haben. Um das zu überprüfen, können Sie im Internet nach der unverwechselbaren CAS-Nummer (CAS = Chemical Abstracts Service) der Substanz suchen, z.B. indem Sie den von Ihnen verwendeten Substanznamen und "CAS" als Suchbegriffe in eine Suchmaschine eingeben. Auf den letzten Seiten unseres Leistungsverzeichnisses finden Sie eine Liste mit den CAS-Nummern aller von uns zur Analyse angebotenen Substanzen. Dem CAS-Nummern-Verzeichnis am Ende unseres Leistungsverzeichnisses können Sie entnehmen, unter welchem Namen wir die Substanz führen. Wenn Sie die pdf-Version unseres Leistungsverzeichnisses auf unserer Homepage nach diesem Substanznamen durchsuchen, finden Sie die Untersuchungspaletten mit der gesuchten Substanz.

Fußnoten:

Die in unserem Leistungsverzeichnis verwendeten Fußnotenzeichen haben folgende Bedeutung:

^A Fremdvergabe der Leistung an ein hierfür akkreditiertes externes Labor

^B Fremdvergabe der Leistung an ein externes Labor

^C nicht Bestandteil der Akkreditierung

1 Analysenübersicht

Flüchtige organische Verbindungen (VOC) - Luft und Material

Position LV	VOC Probenahme mittels Passivsammler (Lösemitteldesorption)	
Luft		
2.1.1	VOC – vorwiegend unpolar	
2.1.2	VOC – polar und unpolar	
	VOC Probenahme - aktive Probenahme (Lösemitteldesorption)	
2.2.1	VOC – vorwiegend unpolar	
2.2.2	Glykolverbindungen und weitere, vorwiegend polare VOC	
2.2.3	MVOC und weitere VOC	
2.2.4	Leichtflüchtige Alkohole	
2.2.5	Narkosegase	
2.2.6.1	Kombination von 2 Paletten aus 2.2.1, 2.2.2 und 2.2.3	
2.2.6.1	Kombination von 3 Paletten aus 2.2.1, 2.2.2 und 2.2.3	
2.2.6.2	Substanzgruppen aus den Paletten 2.2.1, 2.2.2 und 2.2.3	
2.2.6.3	Einzelsubstanzen aus den Paletten 2.2.1, 2.2.2 und 2.2.3 / jede weitere	
2.2.6.4	Berechnung TVOC-Wert	
2.2.6.5	Bibliotheksvergleich	

Position LV		VOC Probenahme mittels Tenax (Thermodesorption)	
Luft	Material (Thermoextraktion)		Kategorie
2.3.1	4.1.1	VOC – vorwiegend unpolar	G
2.3.2	4.1.2	Glykolverbindungen und weitere, vorwiegend polare Substanzen	G
2.3.3	4.1.3	Weitere VOC, vorwiegend unpolar	G
2.3.4	4.1.4	Weitere VOC/MVOC, vorwiegend polar	G
2.3.5	4.1.5	MVOC	M
2.3.6	4.1.6	Phenolverbindungen inkl. Kresole, Chlor- und Bromphenole	M
2.3.7	4.1.7	Flüchtige PAK und Naphthalinverbindungen	M
2.3.8	4.1.8	Phenolverbindungen inkl. Kresole	K
2.3.9	4.1.9	Isothiazolinone	K
2.3.10	4.1.10	Acrylate	K
2.3.11	4.1.11	ETS (Environmental Tobacco Smoke)	K
2.3.12	4.1.12	Chlor- und Bromanisole	K
2.3.13	4.1.13	Chlornaphthaline	K
2.3.14	4.1.14	Organische Säuren	K
2.3.14-a	4.1.14-a	Oxime	K
2.3.16.2	4.1.15.2	Substanzgruppen (z.B. Alkane, Aromaten, Terpene,...)	G/M/K

Position LV		Kombinationspaletten / Substanzgruppen / Einzelsubstanzen / TVOC-Wert (Thermodesorption)	
Luft	Material (Thermoextraktion)		
2.3.15.1	-	DGNB-Palette ohne/mit Formaldehyd/Acetaldehyd	
2.3.15.2	-	BNB-Palette ohne/mit Formaldehyd/Acetaldehyd	
2.3.16.3	4.1.15.3	Einzelsubstanzen / jede weitere	
2.3.16.4	-	Berechnung TVOC-Wert	
2.3.16.5	-	Weitere Alkane gemäß Richtwert I und II	
2.3.16.6	-	Weitere Aklybenzole gemäß Richtwert I und II	

2.3.16.7	4.1.15.4	Bibliotheksvergleich
----------	----------	----------------------

Position LV		Aldehyde und Ketone		
Luft	Material (Thermoextraktion)			
2.4.1	-	Formaldehyd – DNPH-Kartusche		
-	4.2	Formaldehyd (WKI)		
2.4.2	-	Formaldehyd und Acetaldehyd – DNPH-Kartusche		
-	4.3.1	Acetaldehyd – DNPH-Kartusche		
2.4.3	4.3.2	Aldehyde und Ketone (4 bzw. 3) – DNPH-Kartusche		
2.4.4	4.3.3	Aldehyde und Ketone (15 bzw. 14) – DNPH-Kartusche		
2.4.5	4.3.4	Aldehyde und Ketone (25 bzw. 24) – DNPH-Kartusche		

Position LV	Prüfkammeruntersuchungen - Material	
4.4.1	Emissionsprüfungen von Bauprodukten DIBt	
4.4.2	Prüfverfahren nach RAL	
4.4.3	Emissionsprüfungen gemäß natureplus®	
4.4.4	Prüfverfahren nach GEV	
4.4.5.1	Emissionsprüfungen nach Französischer VOC-Verordnung	
4.4.5.2	Emissionsprüfungen nach Belgischer VOC-Verordnung	
4.4.5.3	Emissionsprüfungen nach Französischer und Belgischer VOC-Verordnung	
4.4.6	Weitere Prüfkammeruntersuchungen	
4.5	Oberflächen-Emissionsmesszelle FLEC	

Schwerflüchtige organische Verbindungen (SVOC) - Luft

Position LV	Holzschutzmittelwirkstoffe	
2.5.1.1	Palette I Organochlor-Pestizide – Probenahme mittels Chromosorb	
2.5.1.2	Palette I Organochlor-Pestizide – Probenahme mittels PUF	
2.5.2.1	Palette II Organochlor-Pestizide – Probenahme mittels Chromosorb	
2.5.2.2	Palette II Organochlor-Pestizide – Probenahme mittels PUF	
2.5.3.1	Palette III Organochlor-, Organophosphor-Pestizide – Probenahme mittels PUF	
2.5.4.1	Palette IV Organochlor-, sonstige-Pestizide – Probenahme mittels Chromosorb	
2.5.5.1	Palette V Organochlor-, Organophosphor-, sonstige-Pestizide – Probenahme mittels PUF	
2.5.6	Einzelsubstanzen – Probenahme mittels Chromosorb / PUF	
	Polychlorierte Biphenyle (PCB)	
2.6.1.1	6 PCB nach LAGA – Probenahme mittels Florisil	
2.6.1.2	6 PCB nach LAGA – Probenahme mittels PUF	
2.6.2.1	6 PCB nach LAGA + PCB 118 – Probenahme mittels Florisil	
2.6.2.2	6 PCB nach LAGA + PCB 118 – Probenahme mittels PUF	
	Weichmacher	
2.7.1	Weichmacher (Phthalate) – Probenahme mittels Florisil	
2.7.2	Einzelsubstanzen Weichmacher (Phthalate) – Probenahme mittels Florisil	
	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	
2.8.1	16 EPA-PAK – Probenahme mittels PUF	
2.8.2	16 EPA-PAK – Kombination der Probenahme auf PUF und Tenax	
2.8.3	16 EPA-PAK und Naphthalinverbindungen – Kombination der Probenahme auf PUF und Tenax	
2.8.4	PAK Einzelsubstanz – Probenahme mittels PUF	
	Flammschutzmittel	
2.9.1	Flammschutzmittel auf Phosphorbasis – Probenahme mittels PUF	
2.9.2	Einzelsubstanzen Flammschutzmittel – Probenahme mittels PUF	

Asbest/Künstliche Mineralfasern (Luft) siehe Analysenservice Punkt 2.10 Seite 29

Schwerflüchtige organische Verbindungen (SVOC) - Staub und Material

Position LV		Holzschutzmittelwirkstoffe	
Staub	Material		
3.1.1	4.6.1	Palette I Organochlor-Pestizide	
3.1.2	4.6.2	Palette II Organochlor-Pestizide	
3.1.3	4.6.3	Palette III Organochlor-, Organophosphor-Pestizide	
3.1.4	4.6.4	Palette IV Chlornaphthaline	
3.1.5	4.6.5	Palette V Organochlor-, Organophosphor-, sonstige-Pestizide, Pyrethroide	
		Biozide	
3.2.1	4.7.1	Palette I Pyrethroide, Synergist	
-	4.7.2	Palette II Pyrethroide	
3.2.2	4.7.3	Palette II / III Pyrethroide, Synergist	
3.2.3	4.7.4	Palette III / IV Organochlor-, Organophosphor-, sonstige-Pestizide Pyrethroide, Carbamate, Synergist, Juvenilhormon	
3.2.4	4.7.5	Palette IV / V Organochlor-, Organophosphor-, sonstige-Pestizide, Pyrethroide, Carbamate, Synergist, Juvenilhormon, Chlornaphthaline	

Position LV		Polychlorierte Biphenyle (PCB) nach LAGA		
Staub	Material			
3.3	4.8	PCB-Kongenere		
		Weichmacher		
3.4.1	4.9.1	Weichmacher (Phthalate)		
3.4.2	4.9.2	Weitere Weichmacher		
		Flammschutzmittel		
3.5.1	4.10.1	Flammschutzmittel auf Phosphorbasis		
3.5.2.1	4.10.2	Palette I Bromierte Flammschutzmittel		
3.5.2.2	-	Palette II Bromierte Flammschutzmittel		
		Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)		
3.6	4.11	16 EPA-PAK		
		Isothiazolinone		
3.7	4.12	MIT, CIT, OIT		
		Moschusverbindungen		
3.8	-	Nitromoschusambrette, Nitromoschusxylo, Nitromoschusketon		
		ETS (Environmental Tobacco Smoke)		
3.9	4.13	Nikotin, Cotinin		
		Chlorparaffine		
3.10	4.14	Kurz- und mittelkettige Chlorparaffine		
		Schwermetalle		
3.11.1	4.15.1	Schwermetalle		
3.11.2	4.15.2	Einzelsubstanz Schwermetalle / weitere		
		Zinnorganische Verbindungen		
3.12.1	4.16.1	Palette I Organozinnverbindungen		
3.12.2	4.16.2	Palette II Organozinnverbindungen		
		Hausstaubscreening		
3.13.1	-	Palette I Organochlor-, Organophosphor-Pestizide, Pyrethroide, Synergist, Industriechemikalien, PAK		
3.13.2	-	Palette II Organochlor-, Organophosphor-, sonstige Pestizide, Pyrethroide, Synergist, Juvenilhormon, Industriechemikalien, Weichmacher, Flammschutzmittel, 16 EPA-PAK, ETS		
3.13.3	-	Palette III Organochlor-, Organophosphor-Pestizide, Pyrethroide, Synergist, Industriechemikalien, Weichmacher, PAK		
		Kombipaletten / Einzelsubstanzen		
3.14.1	-	Kombipaletten – siehe Analysenservice-Staub		
3.14.2	-	Einzelsubstanzen – siehe Analysenservice-Staub		

Asbest/Künstliche Mineralfasern (Staub / Material) siehe Analysenservice Punkt 3.15 Seite 35 und Punkt 4.17 Seite 51.

Position LV		Schwarzstaubuntersuchungen (Fogging)		
4.18.1		Material-, Wisch- oder Hausstaubprobe		
4.18.2		Foggingpakete		

2 Luftuntersuchungen

2.1 **Flüchtige organische Verbindungen (VOC) – Lösemitteldesorption – Passivsammler**

Methode: Passive Probenahme auf Aktivkohle (Typ Orsa); Elution der adsorbierten Substanzen mit Schwefelkohlenstoff bzw. Dichlormethan/Methanol; quantitative Bestimmung folgender adsorbierter Substanzen nach Elution mittels Kapillargaschromatographie und Massenspektrometer (GC/MS).

2.1.1 **Flüchtige organische Verbindungen (VOC) - vorwiegend unpolar – Passivsammler**

(SBM-2015, B-2)

- **Alkane:** n-Hexan, n-Heptan, n-Octan, n-Nonan, n-Decan, n-Undecan, n-Dodecan, n-Tridecan, n-Tetradecan, n-Pentadecan, n-Hexadecan, 2,2,4,6,6-Pentamethylheptan, 2,2,4,4,6,8,8-Heptamethylnonan, Methylcyclopentan, Cyclohexan, Methylcyclohexan
- **Alkene:** Decen, 4-Vinylcyclohexen, trimeres Isobuten, 4-Phenylcyclohexen
- **Aromaten:** Benzol, Toluol, Ethylbenzol, m-/p-Xylol, o-Xylol, Styrol, 1,3,5-Trimethylbenzol, 1,2,4-Trimethylbenzol, 1,2,3-Trimethylbenzol, Isopropylbenzol (Cumol), n-Propylbenzol, 3-/4-Ethyltoluol, 2-Ethyltoluol, 1-Methyl-4-isopropylbenzol (p-Cymol), 1,2,4,5-Tetramethylbenzol (Durol), 1,3-/1,4-Diisopropylbenzol
- **Flüchtige PAK und Naphthalinverbindungen:** Naphthalin
- **Halogenierte Kohlenwasserstoffe:** 1,1,1-Trichlorethan, Tetrachlormethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen (Per), 1,4-Dichlorbenzol
- **Terpene:** α -Pinen, β -Pinen, Δ -3-Caren, Limonen, Eucalyptol, Campher, Isolongifolen, Longifolen
- **Siloxane:** Hexamethylcyclotrisiloxan (D3), Octamethylcyclotetrasiloxan (D4), Decamethylcyclopentasiloxan (D5)
- **Carbonsäureester:** Ethylacetat, Isopropylacetat, n-Propylacetat, Isobutylacetat, n-Butylacetat, Methylbenzoat
- **Ketone:** Methylethylketon (2-Butanon, MEK), Methylisobutylketon (MIBK), Cyclohexanon
- **Acrylate:** Methylmethacrylat (Methacrylsäuremethylester)

Inklusive Bibliotheksvergleich auf unbekannte Verbindungen (Spektrenvergleich aus verschiedenen Bibliotheken).

2.1.2 Flüchtige organische Verbindungen (VOC) - polar und unpolar – Passivsammler

(SBM-2015, B-2)

- **Alkane:** n-Hexan, n-Heptan, n-Octan, n-Nonan, n-Decan, n-Undecan, n-Dodecan, n-Tridecan, n-Tetradecan, n-Pentadecan, n-Hexadecan, 2,2,4,6,6-Pentamethylheptan, 2,2,4,4,6,8,8-Heptamethylnonan, Methylcyclopentan, Cyclohexan, Methylcyclohexan
- **Alkene:** Decen, 4-Vinylcyclohexen, trimeres Isobuten, 4-Phenylcyclohexen
- **Aromaten:** Benzol, Toluol, Ethylbenzol, m-/p-Xylol, o-Xylol, Styrol, 1,3,5-Trimethylbenzol, 1,2,4-Trimethylbenzol, 1,2,3-Trimethylbenzol, Isopropylbenzol (Cumol), n-Propylbenzol, 3-/4-Ethyltoluol, 2-Ethyltoluol, 1-Methyl-4-isopropylbenzol (p-Cymol), 1,2,4,5-Tetramethylbenzol (Durool), 1,3-Diisopropylbenzol, 1,4-Diisopropylbenzol
- **Flüchtige PAK und Naphthalinverbindungen:** Naphthalin
- **Halogenierte Kohlenwasserstoffe:** 1,1,1-Trichlorethan, Tetrachlormethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen (Per), 1,4-Dichlorbenzol
- **Terpene:** α -Pinen, β -Pinen, Δ -3-Caren, Limonen, Eucalyptol, Campher, Isolongifolen, Longifolen
- **Siloxane:** Hexamethylcyclotrisiloxan (D3), Octamethylcyclotetrasiloxan (D4), Decamethylcyclopentasiloxan (D5)
- **Einwertige Alkohole:** Isobutanol, n-Butanol, 2-Ethyl-1-hexanol
- **Carbonsäureester:** Ethylacetat, Isopropylacetat, n-Propylacetat, Isobutylacetat, n-Butylacetat, Methylbenzoat
- **Ketone:** Methylethylketon (2-Butanon, MEK), Methylisobutylketon (MIBK), Cyclohexanon, Acetophenon
- **Glykole, Glykolether, Glykolester:** Ethylenglykolmonomethylether (EGMM), 1,2-Propylenglykolmonomethylether (1,2-PGMM), Ethylenglykolmonoethylether (EGME), Ethylenglykoldiethylether (EGDE)
- **Aldehyde:** n-Butanal, n-Pentanal, n-Hexanal, n-Nonanal
- **Acrylate:** Methylmethacrylat (Methacrylsäuremethylester)
- **Heterocyclen:** 1,4-Dioxan, N-Methyl-2-pyrrolidon

Inklusive Bibliotheksvergleich auf unbekannte Verbindungen (Spektrenvergleich aus verschiedenen Bibliotheken).

2.2 Flüchtige organische Verbindungen (VOC) – Lösemitteldesorption – aktive Probenahme

Methode: Aktive Probenahme auf Aktivkohle Typ Niosh bzw. Typ Anasorb 747; Elution mit Schwefelkohlenstoff (Typ Niosh) bzw. einem Gemisch aus Dichlormethan und Methanol (Typ Anasorb 747); quantitative Bestimmung folgender adsorbierter Verbindungen mittels Kapillargaschromatographie und Massenspektrometer (GC/MS).

2.2.1 Flüchtige organische Verbindungen (VOC) - vorwiegend unpolar – Lösemitteldesorption

(SBM-2015, B-2)

- **Alkane:** n-Hexan, n-Heptan, n-Octan, n-Nonan, n-Decan, n-Undecan, n-Dodecan, n-Tridecan, n-Tetradecan, n-Pentadecan, n-Hexadecan, n-Heptadecan, n-Octadecan, n-Nonadecan, n-Eicosan, 2-Methylhexan, 3-Methylhexan, 2,2,4-Trimethylpentan (Isooctan), 2,3-Dimethylheptan, 2,2,4,6,6-Pentamethylheptan, 2,2,4,4,6,8,8-Heptamethylnonan, Methylcyclopentan, Cyclohexan, Methylcyclohexan
- **Alkene:** 1-Hepten, 1-Octen, 1-Nonen, 1-Decen, 1-Undecen, 1-Dodecen, 1-Tridecen, 4-Vinylcyclohexen, trimeres Isobuten, 4-Phenylcyclohexen
- **Aromaten:** Benzol, Toluol, Ethylbenzol, m-/p-Xylol, o-Xylol, Styrol, 1,3,5-Trimethylbenzol, 1,2,4-Trimethylbenzol, 1,2,3-Trimethylbenzol, Isopropylbenzol (Cumol), n-Propylbenzol, 3-/4-Ethyltoluol, 2-Ethyltoluol, 1-Methyl-4-isopropylbenzol (p-Cymol), 1-Ethyl-3,5-dimethylbenzol, 1,2,4,5-Tetramethylbenzol (Duro), 1,3-/1,4-Diisopropylbenzol, Indan
- **Flüchtige PAK und Naphthalinverbindungen:** Naphthalin, 1,2,3,4-Tetrahydronaphthalin, 2-Methylnaphthalin, 1-Methylnaphthalin
- **Halogenierte Kohlenwasserstoffe:** cis-1,2-Dichlorethen, Trichlormethan, 1,1,1-Trichlorethan, 1,2-Dichlorethan, Tetrachlormethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen, Chlorbenzol, 1,3-Dichlorbenzol, 1,4-Dichlorbenzol, 1,2-Dichlorbenzol
- **Terpene:** α -Pinen, β -Pinen, Δ -3-Caren, α -Terpinen, Limonen, Eucalyptol, β -Linalool, Campher, (-)-Borneol, (1S)-(-)-Verbenon, Isolongifolen, Longifolen, β -Caryophyllen
- **Siloxane:** Hexamethylcyclotrisiloxan (D3), Octamethylcyclotetrasiloxan (D4), Decamethylcyclopentasiloxan (D5)
- **Carbonsäureester:** Ethylacetat, Isopropylacetat, n-Propylacetat, Isobutylacetat, n-Butylacetat, n-Butylformiat, Methylbenzoat, Isopropyltetradecanoat (Tetradecansäureisopropylester)
- **Ketone:** Methylethylketon (2-Butanon, MEK), Methylisobutylketon (MIBK), Cyclohexanon
- **Acrylate:** Methylmethacrylat (Methacrylsäuremethylester)
- **Heterocyclen:** Benzothiazol

Inklusive Bibliotheksvergleich auf unbekannte Verbindungen (Spektrenvergleich aus verschiedenen Bibliotheken).

2.2.2 Glykolverbindungen und weitere, vorwiegend polare Substanzen – Lösemitteldesorption

(SBM-2015, B-2)

- **Einwertige Alkohole:** Isobutanol, 1-Butanol, 2-Ethyl-1-hexanol
- **Carbonsäureester:** Bornylacetat
- **Dicarbonsäureester:** Dibutylmaleinat (Maleinsäuredibutylester), Diisobutyladipat (Adipinsäurediisobutylester)
- **Ketone:** 3-Heptanon, 2,6-Dimethyl-4-heptanon, Acetophenon, Benzophenon
- **Glykole, Glykolether, Glykolester:** Ethylenglykolmonomethylether (EGMM), Ethylenglykoldimethylether (EGDM), 1,2-Propylenglykolmonomethylether (PGMM), Ethylenglykol (EG), Ethylenglykolmonoethylether (EGME), 1,2-Propylenglykol (PG), Propylenglykolmonoethylether (PGME), Ethylenglykoldiethylether (EGDE), Ethylenglykolmonobutylether (EGMB), 2-Methyl-2,4-pentandiol (Hexylenglykol), Diethylenglykolmonomethylether (DEGMM), 1,2-Propylenglykolmonobutylether (PGMB), Diethylenglykoldimethylether (DEGDM), Diethylenglykol (DEG), Dipropylenglykolmonomethylether (DPGMM), Diethylenglykolmonoethylether (DEGME), Diethylenglykoldiethylether (DEGDE), Diethylenglykolmonobutylether (DEGMB), Ethylenglykolmonophenylether (EGMP), Dipropylenglykolmonobutylether (DPGMB), Propylenglykolmonophenylether (PGMP), Tripropylenglykolmonobutylether (TPGMB), Ethylenglykolmonomethyletheracetat (EGMMA), Propylenglykolmonomethyletheracetat (PGMMA), Ethylenglykolmonoethyletheracetat (EGMEA), Propylenglykolmonoethyletheracetat (PGMEA), Butylenglykolmonomethyletheracetat (BGMMA), Ethylenglykolmonobutyletheracetat (EGMBA), Dipropylenglykolmonomethyletheracetat (DPGMMA), Diethylenglykolmonobutyletheracetat (DEGMBA), Texanol (2,2,4-Trimethylpentan-1,3-diolmonoisobutytrat), TXIB (2,2,4-Trimethylpentan-1,3-dioldiisobutytrat)
- **Aldehyde:** n-Butanal, n-Pentanal, n-Hexanal, n-Heptanal, n-Octanal, n-Nonanal, n-Decanal, Benzaldehyd, 2,4,6-Trimethylbenzaldehyd
- **Phthalate:** Dimethylphthalat (DMP), Diethylphthalat (DEP), Diisobutylphthalat (DIBP), Di-n-butylphthalat (DBP)
- **MVOC:** 2-Methylfuran
- **Heterocyclen:** Tetrahydrofuran, 1,4-Dioxan, N-Methyl-2-pyrrolidon

Inklusive Bibliotheksvergleich auf unbekannte Verbindungen (Spektrenvergleich aus verschiedenen Bibliotheken).

2.2.3 VOC mikrobiellen Ursprungs (MVOC) und weitere VOC – Lösemitteldesorption

(SBM-2015, B-2/C)

- **Alkane:** 2-Methylhexan, 1,4-Dimethylcyclohexan
- **Aromaten:** α -Methylstyrol, 1,2,4,5-Tetramethylbenzol, 1,4-Diethylbenzol
- **Halogenierte Kohlenwasserstoffe:** 1,3-Dichlor-2-propanol, 1,3,5-Trichlorbenzol, 1,2,4-Trichlorbenzol, 1,2,3-Trichlorbenzol
- **Einwertige Alkohole:** 1-Pentanol, 1-Hexanol, 1-Heptanol, 2-Octanol, 1-Octanol, 1-Nonanol, 2-Ethyl-1-hexanol, Benzylalkohol
- **Carbonsäureester:** Methyloctanoat
- **Dicarbonsäureester:** Dimethylsuccinat (Bernsteinsäuredimethylester), Dimethylglutarat (Glutarsäuredimethylester), Dimethyladipat (Adipinsäuredimethylester)
- **Ketone:** 3-Methyl-2-butanon, 2-Pentanon, 2-Octanon
- **Ether:** 2,5-Dimethylfuran
- **Glykole, Glykolether, Glykolester:** 1,3-Butylenglykolmonomethylether (BGMM), Propylenglykolmonoethyletheracetat (PGMEA)
- **Aldehyde:** 3-Methyl-1-butanal, Furfural, 5-Methylfurfural
- **Acrylate:** 2-Ethylhexylacrylat
- **MVOC:** 2-Methylfuran, 3-Methylfuran, 2-Methyl-2-butanol, 3-Methyl-2-butanol, 2-Pentanol, 3-Methyl-1-butanol, 2-Methyl-1-butanol, Dimethyldisulfid, 2-Hexanon, Dimethylsulfoxid, 2-Heptanon, 1-Octen-3-ol, 3-Octanon, 3-Octanol, 2-n-Pentylfuran, trans-2-Octen-1-ol, 2-Isopropyl-3-methoxypyrazin, 1-Decanol
- **Heterocyclen:** Epichlorhydrin, Pyrazin
- **Phenole (aromatische Alkohole):** 2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol (BHT)
- **Sonstige Verbindungen:** 2-Butanonoxim, Diphenylsulfid

Inklusive Bibliotheksvergleich auf unbekannte Verbindungen (Spektrenvergleich aus verschiedenen Bibliotheken).

2.2.4 Leichtflüchtige Alkohole – Lösemitteldesorption

- **Leichtflüchtige Alkohole:** Ethanol, 1-Propanol, 2-Propanol

2.2.5 Narkosegase – Lösemitteldesorption

- **Narkosegase:** Desfluran, Sevofluran und Isofluran

2.2.6 Kombinationspaletten / Substanzgruppen / Einzelsubstanzen / TVOC-Wert – Lösemitteldesorption

2.2.6.1 Kombinationspaletten

Die unter 2.2.1, 2.2.2 und 2.2.3 aufgeführten Substanzpaletten können auch miteinander kombiniert werden.

Kombination von 2 Paletten

Kombination von 3 Paletten

2.2.6.2 Substanzgruppen

Folgende Substanzgruppen aus den Paletten 2.2.1, 2.2.2 und 2.2.3 können auch einzeln beauftragt werden (Substanzgruppen beinhalten keinen Bibliotheksvergleich, siehe Punkt 2.2.6.5):

- Alkane
- Aromaten (beinhalten BTXE)
- Halogenierte Kohlenwasserstoffe
- Terpene
- Carbonsäureester
- Einwertige Alkohole
- Glykole, Glykoether, Glykolester
- MVOC
- Aldehyde

Quantitative Bestimmung einer einzelnen Substanzgruppe

Jede weitere Substanzgruppe vom gleichen Sammelmedium

(wegen unterschiedlicher Sammelmedien bitten wir zu Kombinationen von Substanzgruppen um Rücksprache)

2.2.6.3 Einzelsubstanzen

Quantitative Bestimmung einer Einzelsubstanz aus unseren Substanzpaletten (Einzelsubstanzen beinhalten keinen Bibliotheksvergleich, siehe Punkt 2.2.6.5)

Jede weitere Einzelsubstanz vom gleichen Sammelmedium

(wegen unterschiedlicher Sammelmedien bitten wir zu weiteren Einzelsubstanzen um Rücksprache)

2.2.6.4 TVOC-Wert

Zusätzlich zu den oben angeführten Analysen bieten wir die Berechnung des TVOC-Wertes an.

2.2.6.5 Bibliotheksvergleich

Zu den oben angeführten Substanzgruppen (2.2.6.2) und Einzelsubstanzen (2.2.6.3) bieten wir zusätzlich einen Bibliotheksvergleich an.

2.3 Flüchtige organische Verbindungen (VOC) – Thermodesorption

Methode: Aktive Probenahme auf Tenax TA® (besondere Probenahme - bitte Merkblatt anfordern); quantitative Bestimmung der aufgeführten adsorbierten Verbindungen nach thermischer Desorption mittels Kapillargaschromatographie und Massenspektrometer (GC/MS).

2.3.1 Flüchtige organische Verbindungen (VOC) - vorwiegend unpolar – Thermodesorption

(SBM-2015, B-2)

- **Alkane:** n-Hexan, n-Heptan, n-Octan, n-Nonan, n-Decan, n-Undecan, n-Dodecan, n-Tridecan, n-Tetradecan, n-Pentadecan, n-Hexadecan, n-Heptadecan, n-Octadecan, n-Nonadecan, n-Eicosan, 2-Methylpentan, 3-Methylpentan, 2-Methylhexan, 3-Methylhexan, 2,2,4-Trimethylpentan (Isooctan), 2,3-Dimethylheptan, 2,2,4,6,6-Pentamethylheptan, 2,2,4,4,6,8,8-Heptamethylnonan, Methylcyclopentan, Cyclohexan, Methylcyclohexan
- **Alkene:** 1-Hepten, 1-Octen, 1-Nonen, 1-Decen, 1-Undecen, 1-Dodecen, 1-Tridecen, 4-Vinylcyclohexen, trimeres Isobuten, 4-Phenylcyclohexen
- **Aromaten:** Benzol, Toluol, Ethylbenzol, m-/p-Xylol, o-Xylol, Styrol, 1,3,5-Trimethylbenzol, 1,2,4-Trimethylbenzol, 1,2,3-Trimethylbenzol, Isopropylbenzol (Cumol), n-Propylbenzol, 3-/4-Ethyltoluol, 2-Ethyltoluol, 1-Methyl-4-isopropylbenzol (p-Cymol), 1-Ethyl-3,5-dimethylbenzol, 1,2,4,5-Tetramethylbenzol (Durol), 1,3-/1,4-Diisopropylbenzol, Indan, 1,2,3,4-Tetrahydronaphthalin
- **Flüchtige PAK und Naphthalinverbindungen:** Naphthalin, 2-Methylnaphthalin, 1-Methylnaphthalin
- **Halogenierte Kohlenwasserstoffe:** cis-1,2-Dichlorethen, Trichlormethan, 1,1,1-Trichlorethan, 1,2-Dichlorethan, Tetrachlormethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen (Per), Chlorbenzol, 1,3-Dichlorbenzol, 1,4-Dichlorbenzol, 1,2-Dichlorbenzol
- **Terpene:** α -Pinen, β -Pinen, Δ -3-Caren, α -Terpinen, Limonen, Eucalyptol, β -Linalool, Campher, (-)-Borneol, (1S)-(-)-Verbenon, β -Citronellol, Isolongifolen, Longifolen, β -Caryophyllen
- **Siloxane:** Hexamethylcyclotrisiloxan (D3), Octamethylcyclotetrasiloxan (D4), Decamethylcyclopentasiloxan (D5), Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6)
- **Carbonsäureester:** Methylacetat, Vinylacetat, Ethylacetat, Isopropylacetat, n-Propylacetat, Isobutylacetat, n-Butylacetat, n-Butylformiat, Methylbenzoat, Isopropyltetradecanoat (Tetradecansäureisopropylester)
- **Ketone:** Methylethylketon (2-Butanon, MEK), Methylisobutylketon (MIBK), Cyclohexanon, Benzophenon
- **Ether:** Methyl-tert-butylether (MTBE)
- **Acrylate:** Methylmethacrylat (Methacrylsäuremethylester)
- **Heterocyclen:** Benzothiazol
- **Sonstige Verbindungen:** Acrylnitril

Inklusive Bibliotheksvergleich auf unbekannte Verbindungen (Spektrenvergleich aus verschiedenen Bibliotheken).

2.3.2 Glykolverbindungen und weitere, vorwiegend polare Substanzen – Thermodesorption

(SBM-2015, B-2)

- **Chlornaphthaline, Fluornaphthaline:** 1-Chlornaphthalin
- **Halogenierte Kohlenwasserstoffe:** 1,3-Dichlor-2-propanol
- **Einwertige Alkohole:** Isobutanol, n-Butanol, 2-Ethyl-1-hexanol, Benzylalkohol
- **Carbonsäureester:** Vinylacetat, Ethylacetat, Isopropylacetat, Bornylacetat
- **Dicarbonsäureester:** Dimethylsuccinat (Bernsteinsäuredimethylester), Dimethylglutarat (Glutarsäuredimethylester), Dimethyladipat (Adipinsäuredimethylester), Dibutylmaleinat (Maleinsäuredibutylester), Diisobutyladipat (Adipinsäurediisobutylester)
- **Ketone:** Methylethylketon (2-Butanon, MEK), 3-Heptanon, 2,6-Dimethyl-4-heptanon, Acetophenon, Benzophenon
- **Glykole, Glykolether, Glykolester:** Ethylenglykolmonomethylether (EGMM), Ethylenglykoldimethylether (EGDM), 1,2-Propylenglykolmonomethylether (1,2-PGMM), Ethylenglykol (EG), Ethylenglykolmonoethylether (EGME), 1,2-Propylenglykol (PG), Propylenglykolmonoethylether (PGME), Ethylenglykoldiethylether (EGDE), Ethylenglykolmonobutylether (EGMB), 2-Methyl-2,4-pentandiol (Hexylenglykol), Diethylenglykolmonomethylether (DEGMM), 1,2-Propylenglykolmonobutylether (PGMB), Diethylenglykoldimethylether (DEGDM), Diethylenglykol (DEG), Dipropylenglykolmonomethylether (DPGMM), Diethylenglykolmonoethylether (DEGME), Diethylenglykoldiethylether (DEGDE), Diethylenglykolmonobutylether (DEGMB), Ethylenglykolmonophenylether (EGMP), Dipropylenglykolmonobutylether (DPGMB), Propylenglykolmonophenylether (PGMP), Tripropylenglykolmonobutylether (TPGMB), Ethylenglykolmonomethyletheracetat (EGMMA), Propylenglykolmonomethyletheracetat (PGMMA), Ethylenglykolmonoethyletheracetat (EGMEA), Propylenglykolmonoethyletheracetat (PGMEA), Butylenglykolmonomethyletheracetat (BGMMA), Ethylenglykolmonobutyletheracetat (EGMBA), Dipropylenglykolmonomethyletheracetat (DPGMMA), Diethylenglykolmonobutyletheracetat (DEGMBA), Texanol (2,2,4-Trimethylpentan-1,3-diolmonoisobutytrat), TXIB (2,2,4-Trimethylpentan-1,3-dioldiisobutytrat)
- **Aldehyde:** n-Butanal, n-Pentanal, n-Hexanal, n-Heptanal, 2-Ethylhexanal, n-Octanal, n-Nonanal, n-Decanal, n-Undecanal, Furfural, Benzaldehyd, 2-Butenal, 2-Pentenal, 2-Hexenal, 2-Heptenal, 2-Octenal, 2-Nonenal, 2-Decenal, 2-Undecenal
- **Phthalate:** Dimethylphthalat (DMP), Diethylphthalat (DEP), Diisobutylphthalat (DIBP), Di-n-butylphthalat (DBP)
- **MVOC:** 2-Methylfuran
- **Heterocyclen:** Tetrahydrofuran, 1,4-Dioxan, N-Methyl-2-pyrrolidon
- **Phenole (aromatische Alkohole):** Phenol, 2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol (BHT)
- **Sonstige Verbindungen:** 2-Butanonoxim, Diethylcarbonat, Acrylamid, ϵ -Caprolactam

Inklusive Bibliotheksvergleich auf unbekannte Verbindungen (Spektrenvergleich aus verschiedenen Bibliotheken).

2.3.3 Weitere flüchtige organische Verbindungen (VOC), vorwiegend unpolar – Thermodesorption

(SBM-2015, B-2)

- **Alkane:** n-Pentan, 2,3-Dimethylpentan, 2-Methylheptan, Cyclopentan, trans-Decahydronaphthalin (trans-Decalin), cis-Decahydronaphthalin (cis-Decalin)
- **Alkene:** 1-Hexen, Cyclohexen
- **Aromaten:** 1-Methyl-3-isopropylbenzol (m-Cymol), 1-Methyl-2-isopropylbenzol (o-Cymol), tert-Butylbenzol, n-Butylbenzol, 1,3-Diethylbenzol, 1,4-Diethylbenzol, 1,2-Diethylbenzol, 1,2,3,4-Tetramethylbenzol, Phenylacetylen, 3-Methylstyrol (3-Vinytoluol), 4-Methylstyrol (4-Vinytoluol), 2-Methylstyrol (2-Vinytoluol), α -Methylstyrol (Isopropenylbenzol), cis- β -Methylstyrol (cis-1-Propenylbenzol), Inden, Heptylbenzol, Octylbenzol, Nonylbenzol, Decylbenzol, Undecylbenzol, Diisopropyl-naphthalin (DIPN)
- **Halogenierte Kohlenwasserstoffe:** 2-Chlorpropan, Bromdichlormethan, Bromtrichlormethan, Chlordibrommethan, 1,2-Dibromethan, Tribrommethan, 1,1,2,2-Tetrachlorethan, 1,3,5-Trichlorbenzol, 1,2,4-Trichlorbenzol, 1,2,3-Trichlorbenzol, 1,2,3,5-/1,2,4,5-Tetrachlorbenzol, 1,2,3,4-Tetrachlorbenzol
- **Terpene:** Camphen, Myrcen, γ -Terpinen, (1R)-endo-(+)-Fenchylalkohol, Menthol, α -Jonon, β -Jonon
- **Siloxane:** Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6), Hexamethyldisiloxan (L2), Octamethyltrisiloxan (L3), Decamethyltetrasiloxan (L4)
- **Carbonsäureester:** n-Pentylacetat, n-Hexylacetat, 2-Ethylhexylacetat, Phenylethylacetat, Isobornylacetat, Glykolsäurebutylester, Ethyl-3-ethoxypropionat
- **Ketone:** 3-Pentanon, 3-Hexanon, Diisopropylketon (2,4-Dimethyl-3-pentanon), Mesityloxid (4-Methylpent-3-en-2-on), Cyclopentanon, 2-Methylcyclopentanon, 2-Methylcyclohexanon, 4-Methylcyclohexanon, Isophoron (3,5,5-Trimethylcyclohex-2-enon), 1-Hydroxyacetone, Diacetonalkohol (4-Hydroxy-4-methyl-2-pentan-2-on), 2,4-Pentandion (Acetylaceton), 2,5-Hexandion (Acetonylaceton), Butyrolacton
- **Sonstige Verbindungen:** Ethylencarbonat, Propylencarbonat

Inklusive Bibliotheksvergleich auf unbekannte Verbindungen (Spektrenvergleich aus verschiedenen Bibliotheken).

2.3.4 Weitere flüchtige organische Verbindungen (VOC/MVOC), vorwiegend polar – Thermodesorption

(SBM-2015, B-2/C)

- **Alkane:** 1,4-Dimethylcyclohexan, Heneicosan, Docosan
- **Chlornaphthaline, Fluornaphthaline:** 2-Chlornaphthalin, 1-Chlornaphthalin, 1,4-Dichlornaphthalin, 1-Chlormethylnaphthalin, 1-Fluornaphthalin
- **Halogenierte Kohlenwasserstoffe:** 1,3-Dichlor-2-propanol
- **Einwertige Alkohole:** 2-Propanol, tert-Butanol, 2-Butanol, 3-Pentanol, 1-Pentanol, 1-Hexanol, 1-Heptanol, 3-Octen-2-ol, 2-Octanol, cis-3-Octen-1-ol, 1-Octanol, 1-Nonanol, 1-Dodecanol, 1-Tridecanol, Cyclohexanol, 2-Methylcyclohexanol, 3-Methylcyclohexanol, 4-Methylcyclohexanol, Furfurylalkohol, Benzylalkohol, 2-Phenyl-2-propanol
- **Carbonsäureester:** Ethylisobutyrat, Ethyl-2-methylbutyrat, Methyloctanoat, Methyldecanoat, Methylhexadecanoat (Methylpalmitat)
- **Dicarbonsäureester:** Diisobutylsuccinat (Bernsteinsäurediisobutylester), Diisobutylglutarat (Glutarsäurediisobutylester), Dibutylfumarat (Fumarsäuredibutylester)
- **Ketone:** 3-Methyl-2-butanon, 2-Pentanon, 2-Octanon
- **Ether:** sec-Butylmethylether, tert-Amylmethylether, 1,1,3,3-Tetramethoxypropan, Dibuthylether, Dioctylether
- **Glykole, Glykolether, Glykolester:** 1,2-Propylenglykoldimethylether (1,2-PGDM), Ethylenglykomoisopropylether (Methylethoxyethanol), Ethylenglykolmono-n-propylether (2-Propoxyethanol), 1,3-Butylenglykolmonomethylether (BGMM), Propylenglykolmono-n-propylether (DL-1-Propoxypropan-2-ol), Propylenglykolmonoisobutylether (DL-1-Isobutoxypropan-2-ol), Neopentylglykol (2,2-Dimethyl-1,3-propandiol), 1,4-Butandiol (Tetramethylenglykol), Dipropylenglykoldimethylether (DPGDM), Dipropylenglykol (DPG), Ethylenglykolmonohexylether (2-Hexoxyethanol), Dipropylenglykolmonopropylether (DPGMP), Dipropylenglykolmono-tert-butylether (DPGMtB), Triethylenglykoldimethylether (TEGDM), Tripropylenglykolmonomethylether (TPGMM), Tripropylenglykol (TPG), Diethylenglykoldibutylether (DEGDB), Propylenglykoldiacetat (PGDA), Diethylenglykoldiacetat (DEGDA), 2,4,7,9-Tetramethyldec-5-yn-4,7-diol (TMDD)
- **Aldehyde:** 2-Methyl-1-propanal (Isobutyraldehyd), 3-Methyl-1-butanal, n-Undecanal, n-Dodecanal, 5-Methylfurfural, 4-Isopropylbenzaldehyd (Cuminaldehyd)
- **Acrylate:** 2-Ethylhexylacrylat, Hexandioldiacrylat
- **Phthalate:** Dimethylglykolphthalat
- **MVOC:** 2-Methylfuran, 2-Methylisoborneol, Dimethylsulfid, 3-Methylfuran, 2-Methyl-2-butanol, 3-Methyl-2-butanol, 2-Pentanol, 3-Methyl-1-butanol, 2-Methyl-1-butanol, Dimethyldisulfid, 2-Hexanon, Dimethylsulfoxid, 2-Heptanon, 1-Octen-3-ol, 3-Octanon, 3-Octanol, 2-n-Pentylfuran, trans-2-Octen-1-ol, 2-Isopropyl-3-methoxypyrazin, 1-Decanol, Geosmin
- **Heterocyclen:** 2,5-Dimethylfuran, Epichlorhydrin, Dibenzofuran, 1-Ethyl-2-pyrrolidon, Pyrazin, 2-Isobutyl-3-methoxypyrazin, Indol, 3-Methylindol (Skatol)
- **Phosphorsäureester:** Trimethylphosphat (TMP), Triethylphosphat (TEP), Tri-n-butylphosphat (TNBP), Tris(2-chlorethyl)phosphat (TCEP)
- **Chloranisole:** 2,4,6-Trichloranisol, 2,3,4-Trichloranisol, 2,3,6-Trichloranisol, 2,3,4,6-Tetrachloranisol, 2,3,4,5-Tetrachloranisol, 2,3,4,5,6-Pentachloranisol
- **Bromanisole:** 2,4,6-Tribromanisol
- **Sonstige Verbindungen:** 2-Butanonoxim, Allylthiocyanat, 4-Hydroxyanisol, ϵ -Caprolactam, Diphenylsulfid

Inklusive Bibliotheksvergleich auf unbekannte Verbindungen (Spektrenvergleich aus verschiedenen Bibliotheken).

2.3.5 MVOC – Thermodesorption

(SBM-2015, C)

- **MVOC:** 2-Methylfuran, Dimethylsulfid, 3-Methylfuran, 2-Methyl-2-butanol, 3-Methyl-2-butanol, 2-Pentanol, 3-Methyl-1-butanol, 2-Methyl-1-butanol, Dimethyldisulfid, 2-Hexanon, Dimethylsulfoxid, 2-Heptanon, 1-Octen-3-ol, 3-Octanon, 3-Octanol, 2-n-Pentylfuran, trans-2-Octen-1-ol, 2-Isopropyl-3-methoxypyrazin, 2-Methylisoborneol, 1-Decanol, Geosmin

2.3.6 Phenolverbindungen inkl. Kresole , Chlor- und Bromphenole – Thermodesorption

(SBM-2015, B-2/B-3)

- **Phenolverbindungen:** Phenol, o-Kresol, m-/p-Kresol, 2,6-Dimethylphenol, 2,4-/2,5-Dimethylphenol, 2,3-Dimethylphenol, 3,5-Dimethylphenol, 3,4-Dimethylphenol, 2,4,6-Trimethylphenol, 2,3,6-Trimethylphenol, 2,3,5-Trimethylphenol, 2-Ethylphenol, 4-Ethylphenol, 3-Ethylphenol, 2-Isopropoxyphenol, 2-Isopropylphenol, 4-Isopropylphenol, 2,6-Di-tert-butylphenol, 2,4-Di-tert-butylphenol, 2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol (BHT), 2-Phenylphenol
- **Chlorierte Phenole:** 2-Chlorphenol, 3-Chlorphenol, 2,4-Dichlorphenol, 2,3-Dichlorphenol, 2,6-Dichlorphenol, 2,3,5-Trichlorphenol, 2,4,5-Trichlorphenol, 2,4,6-Trichlorphenol, 2,3,4-Trichlorphenol, 2,3,6-Trichlorphenol, 2,3,4,5-Tetrachlorphenol, 4-Chlor-2-methylphenol, 4-Chlor-3-methylphenol, 4-Chlor-3,5-dimethylphenol, 2-Benzyl-4-chlorphenol
- **Bromierte Phenole:** 2-Bromphenol, 4-Bromphenol, 2,4,6-Tribromphenol

2.3.7 Flüchtige polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Naphthalinverbindungen – Thermodesorption

(SBM-2015, B-2/B-3)

- **Flüchtige PAK und Naphthalinverbindungen:** Naphthalin, Acenaphthylen, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthren, Pyren, 2-Methylnaphthalin, 1-Methylnaphthalin, 2-Ethylnaphthalin, 1-Ethylnaphthalin, 2,7-Dimethylnaphthalin, 2,6-Dimethylnaphthalin, 1,3-Dimethylnaphthalin, 1,7-Dimethylnaphthalin, 1,6-Dimethylnaphthalin, 1,5-Dimethylnaphthalin, 1,4-Dimethylnaphthalin, 1,2-Dimethylnaphthalin, 1,8-Dimethylnaphthalin

2.3.8 Phenolverbindungen inkl. Kresole – Thermodesorption

(SBM-2015, B-2/B-3)

- **Phenolverbindungen:** Phenol, o-Kresol, m-/p-Kresol, 2,6-Dimethylphenol, 2,4-/2,5-Dimethylphenol, 2,3-Dimethylphenol, 3,5-Dimethylphenol, 3,4-Dimethylphenol, 2-Ethylphenol, 4-Ethylphenol, 3-Ethylphenol

2.3.9 Isothiazolinone – Thermodesorption

(SBM-2015, B-2/B-3)

- **Isothiazolinone:** 2-Methyl-4-isothiazolin-3-on (MIT, MI), 5-Chlor-2-methyl-4-isothiazolin-3-on (CIT, CMI), Octhilion (OIT)

2.3.10 Acrylate – Thermodesorption - NEU

(SBM-2015, B-2)

- **Acrylate:** Methylacrylat, Ethylacrylat, Methylmethacrylat, tert-Butylacrylat, n-Butylacrylat, Isobutylmethacrylat, Butylmethacrylat, 2-Ethylhexylacrylat, Benzylmethacrylat, Isobornylacrylat, Isobornylmethacrylat, 1,6-Hexandioldiacrylat

2.3.11 ETS (Environmental Tobacco Smoke) – Thermodesorption - NEU

- **ETS:** Nikotin, Pyrrol, Cotinin, 2-Nitropropan, 3-Methylpyridin, 3-Vinylpyridin

2.3.12 Chlor- und Bromanisole – Thermodesorption

(SBM-2015, C)

- **Chloranisole:** 2,4,6-Trichloranisol, 2,3,4-Trichloranisol, 2,3,6-Trichloranisol, 2,3,4,6-Tetrachloranisol, 2,3,4,5-Tetrachloranisol, 2,3,4,5,6-Pentachloranisol
- **Bromanisole:** 2,4,6-Tribromanisol

2.3.13 Chlornaphthaline – Thermodesorption

(SBM-2015, B-3)

- **Chlornaphthaline:** 1-Chlornaphthalin, 2-Chlornaphthalin und 1,4-Dichlornaphthalin, 1-Chlormethylnaphthalin

2.3.14 Organische Säuren – Thermodesorption

(SBM-2015, B-2)

- **Organische Säuren:** Essigsäure, Propionsäure, Isobuttersäure, n-Buttersäure, Pivalinsäure, Isovaleriansäure, n-Valeriansäure, n-Hexansäure, n-Heptansäure, 2-Ethylhexansäure, n-Octansäure

2.3.14-a Oxime – Thermodesorption - NEU

- **Oxime:** Acetaldehydoxim, 2-Propanonoxim, 2-Butanonoxim, 2-Pentanonoxim, 4-Methyl-2-Pentanonoxim, Cyclopentanonoxim, Cyclohexanonoxim, Acetophenonoxim

2.3.15 DGNB-/BNB-Palette

2.3.15.1 DGNB-Palette

Die quantitative Bestimmung umfasst die in den Neubau-Orientierungswertelisten von 2012 und 2015/2018 aufgeführten und mit Tenax TA[®] erfassbaren Substanzen (VOC), sowie alle weiteren mittels Tenax TA[®] nachweisbaren richtwertrelevanten VOC. Probenahme auf Tenax TA[®] notwendig.

Die quantitative Bestimmung umfasst die in den Neubau-Orientierungswertelisten von 2012 und 2015/2018 aufgeführten Substanzen (VOC und Formaldehyd und Acetaldehyd), sowie alle weiteren mittels Tenax TA[®] und DNPH nachweisbaren richtwertrelevanten VOC. Probenahme auf Tenax und DNPH-Kartusche notwendig.

2.3.15.2 BNB-Palette

Die quantitative Bestimmung umfasst die in den Neubau-Orientierungswertelisten von 2012 und 2015/2018 aufgeführten und mit Tenax TA® erfassbaren Substanzen (VOC), sowie alle weiteren mittels Tenax TA® nachweisbaren richtwertrelevanten VOC. Probenahme auf Tenax TA® notwendig.

Die quantitative Bestimmung umfasst die in den Neubau-Orientierungswertelisten von 2012 und 2015/2018 aufgeführten Substanzen (VOC und Formaldehyd und Acetaldehyd), sowie alle weiteren mittels Tenax TA® und DNPH nachweisbaren richtwertrelevanten VOC. Probenahme auf Tenax und DNPH-Kartusche notwendig.

2.3.16 Kombinationspaletten / Substanzgruppen / Einzelsubstanzen / TVOC-Wert – Thermodesorption

2.3.16.1 Kombinationspaletten

Die unter 2.3.1 bis 2.3.14 aufgeführten Substanzpaletten sowie die unter 2.3.16.2 aufgeführten Substanzgruppen können beliebig miteinander kombiniert werden.

Die aufgeführten VOC-Substanzpaletten und Substanzgruppen sind in 3 Kategorien eingeteilt:

G: große Palette (2.3.1 bis 2.3.4) (ab 45 Substanzen)

M: mittlere Palette (2.3.5 bis 2.3.7) (13 - 44 Substanzen)

K: kleine Palette (2.3.8 bis 2.3.14) (bis 12 Substanzen).

2.3.16.2 Substanzgruppen

Folgende Substanzgruppen aus den Paletten 2.3.1 bis 2.3.4 können auch einzeln beauftragt werden (Substanzgruppen beinhalten keinen Bibliotheksvergleich!):

Die aufgeführten VOC-Substanzgruppen sind analog den Substanzpaletten in 3 Kategorien eingeteilt:

- G:** große Substanzgruppe (ab 45 Substanzen)
- M:** mittlere Substanzgruppe (12 - 44 Substanzen)
- K:** kleine Substanzgruppe (bis 11 Substanzen)

- Alkane (**M**) aus den Paletten 2.3.1, 2.3.3 und 2.3.4
- Aromaten (beinhalten BTXE) (**M**) aus den Paletten 2.3.1 und 2.3.3
- Halogenierte Kohlenwasserstoffe (**M**) aus den Paletten 2.3.1, 2.3.2 und 2.3.3
- Terpene (**M**) aus den Paletten 2.3.1 und 2.3.3
- Siloxane (**K**) aus den Paletten 2.3.1 und 2.3.3
- Einwertige Alkohole (**M**) aus den Paletten 2.3.2 und 2.3.4
- Glykole, Glykoether, Glykolester (**G**) aus den Paletten 2.3.2 und 2.3.4
- Carbonsäureester (**M**) aus den Paletten 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3 und 2.3.4
- Ketone (**M**) aus den Paletten 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3 und 2.3.4
- Phthalate (**K**) aus den Paletten 2.3.2 und 2.3.4
- Dicarbonsäureester (**K**) aus den Paletten 2.3.2 und 2.3.4
- Aldehyde (**M**) aus den Paletten 2.3.2 und 2.3.4

Preise für beliebige Kombinationen von Substanzgruppen (oder auch Substanzgruppen mit Paletten) sind der Tabelle unter Punkt 2.3.16.1 zu entnehmen.

2.3.16.3 Einzelsubstanzen

Quantitative Bestimmung einer einzelnen Substanz aus unseren VOC-Substanzpaletten

Jede weitere Einzelsubstanz (aus unseren VOC- Substanzpaletten)

2.3.16.4 TVOC-Wert

Zusätzlich zu den oben angeführten Analysen bieten wir die Berechnung des TVOC-Wertes an

2.3.16.5 Weitere Alkane gemäß Richtwert I und II

Ergänzende Berechnung von nicht einzeln quantifizierten Alkanen (Iso- und Cycloalkane) im Retentionzeitfenster C₉ – C₁₄ als Toluoläquivalent gemäß Richtwert I und II

2.3.16.6 Weitere Alkylbenzole gemäß Richtwert I und II

Ergänzende Berechnung von nicht einzeln quantifizierten Alkylbenzolen (Aromaten) im Retentionzeitfenster C₉–C₁₅ als Toluoläquivalent gemäß Richtwert I und II

2.3.16.7 Bibliotheksvergleich

Zu den oben angeführten Paletten 2.3.5 bis 2.3.14, den Substanzgruppen (Punkt 2.3.16.2) und Einzelsubstanzen (Punkt 2.3.16.3) bieten wir zusätzlich einen Bibliotheksvergleich auf unbekannte Verbindungen (Spektrenvergleich aus verschiedenen Bibliotheken) an.

2.4 Aldehyde und Ketone – DNPH-Kartusche^A

Methode: Probenahme auf DNPH-Silica-Kartuschen (Supelco); quantitative Bestimmung der adsorbierten Verbindungen nach Desorption mittels Hochdruck-Flüssigkeitschromatographie (HPLC) mit Diodenarray-Detektor nach der Methode des Externen Standards in einer gezogenen Luftprobe.

2.4.1 Formaldehyd – DNPH-Kartusche

(SBM-2015, B-1)

- **aliphatische Aldehyde:** Formaldehyd (Methanal)

2.4.2 Formaldehyd und Acetaldehyd – DNPH-Kartusche

(SBM-2015, B-1/B-2)

- **aliphatische Aldehyde:** Formaldehyd (Methanal) und Acetaldehyd (Ethanal)

2.4.3 Aldehyde und Ketone (4) – DNPH-Kartusche

(SBM-2015, B-1/B-2)

- **aliphatische Aldehyde:** Formaldehyd (Methanal), Acetaldehyd (Ethanal), Propanal (Propionaldehyd)
- **aliphatische Ketone:** Propanon (Aceton)

2.4.4 Aldehyde und Ketone (15) – DNPH-Kartusche

(SBM-2015, B-1/B-2)

- **aliphatische Aldehyde:** Formaldehyd (Methanal), Acetaldehyd (Ethanal), Propanal (Propionaldehyd)
- **ungesättigte Aldehyde:** Propenal (Acrolein), 2-Methyl-2-propenal (Methacrolein, Isobutenal)
- **Hydroxyaldehyde:** Glykolaldehyd
- **aromatische Aldehyde:** 2-Methylbenzaldehyd (o-Tolualdehyd), 3-Methylbenzaldehyd (m-Tolualdehyd), 4-Methylbenzaldehyd (p-Tolualdehyd), 2,5-Dimethylbenzaldehyd
- **Dialdehyde:** Ethandial (Glyoxal), Pentandial (Glutardialdehyd)
- **aliphatische Ketone:** Propanon (Aceton), 3-Methyl-2-butanon (Isopropylmethylketon)
- **cyclische Ketone:** Cyclopentanon

2.4.5 Aldehyde und Ketone (25) – DNPH-Kartusche

(SBM-2015, B-1/B-2)

- **aliphatische Aldehyde:** Formaldehyd (Methanal), Acetaldehyd (Ethanal), Propanal (Propionaldehyd), Butanal (n- und iso-Butyraldehyd), Pentanal (Valeraldehyd), Hexanal
- **ungesättigte Aldehyde:** Propenal (Acrolein), 2-Methyl-2-propenal (Methacrolein, Isobutenal), 2-Butenal (Crotonaldehyd), 2-Pentenal, 2-Hexenal
- **Hydroxyaldehyde:** Glykolaldehyd
- **aromatische Aldehyde:** Benzaldehyd, 2-Methylbenzaldehyd (o-Tolualdehyd), 3-Methylbenzaldehyd (m-Tolualdehyd), 4-Methylbenzaldehyd (p-Tolualdehyd), 2,5-Dimethylbenzaldehyd
- **Dialdehyde:** Ethandial (Glyoxal), Pentandial (Glutardialdehyd)
- **aliphatische Ketone:** Propanon (Aceton), 2-Butanon (Ethylmethylketon), 3-Methyl-2-butanon (Isopropylmethylketon), 4-Methyl-2-Pentanon
- **cyclische Ketone:** Cyclopentanon, Cyclohexanon

2.5 Holzschutzmittelwirkstoffe

(SBM-2015, B-3)

Methode: Probenahme auf Chromosorb bzw. PU-Schaum; quantitative Bestimmung der adsorbierten Verbindungen nach Elution / Extraktion mittels Kapillargaschromatographie und Elektroneneinfangdetektor (ECD) bzw. Massenspektrometer (GC/MS).

2.5.1 Holzschutzmittelwirkstoffe - Palette I

2.5.1.1 Chromosorb

- **Organochlor-Pestizide:** Lindan, Pentachlorphenol (PCP)

2.5.1.2 PU-Schaum

- **Organochlor-Pestizide:** Lindan, Pentachlorphenol (PCP)

2.5.2 Holzschutzmittelwirkstoffe - Palette II

2.5.2.1 Chromosorb

- **Organochlor-Pestizide:** Lindan, Pentachlorphenol (PCP), DDT und DDT-Abbauprodukte (p,p-DDT, o,p-DDT, p,p-DDE, o,p-DDE, p,p-DDD, o,p-DDD)

2.5.2.2 PU-Schaum

- **Organochlor-Pestizide:** Lindan, Pentachlorphenol (PCP), DDT und DDT-Abbauprodukte (p,p-DDT, o,p-DDT, p,p-DDE, o,p-DDE, p,p-DDD, o,p-DDD)

2.5.3 Holzschutzmittelwirkstoffe - Palette III

2.5.3.1 PU-Schaum

- **Organochlor-Pestizide:** Lindan, Pentachlorphenol (PCP)
- **Organophosphor-Pestizide:** Parathion-methyl, Parathion-ethyl

2.5.4 Holzschutzmittelwirkstoffe - Palette IV

2.5.4.1 Chromosorb

- **Organochlor-Pestizide:** Lindan, Pentachlorphenol (PCP), Chlorthalonil, Endosulfane (α -Endosulfan, β -Endosulfan, Endosulfansulfat), DDT und DDT-Abbauprodukte (p,p-DDT, o,p-DDT, p,p-DDE, o,p-DDE, p,p-DDD, o,p-DDD)
- **sonstige Pestizide:** Dichlofluanid, Fumecyclohex

2.5.5 Holzschutzmittelwirkstoffe - Palette V

2.5.5.1 PU-Schaum

- **Organochlor-Pestizide:** Lindan, Pentachlorphenol (PCP), Chlorthalonil, Endosulfane (α -Endosulfan, β -Endosulfan, Endosulfansulfat), DDT und DDT-Abbauprodukte (p,p-DDT, o,p-DDT, p,p-DDE, o,p-DDE, p,p-DDD, o,p-DDD)
- **Organophosphor-Pestizide:** Parathion-methyl, Parathion-ethyl
- **sonstige Pestizide:** Dichlofluanid, Fumecyclohex

2.5.6 Einzelsubstanzen Holzschutzmittelwirkstoffe

Quantitative Bestimmung einer einzelnen Komponente aus unseren Holzschutzmittel-Paletten:

- Chromosorb
- PU-Schaum

2.6 Polychlorierte Biphenyle (PCB)

(SBM-2015, B-3)

Methode: Probenahme auf Florisil bzw. PU-Schaum; quantitative Bestimmung folgender adsorbierter Verbindungen nach Elution / Extraktion mittels Kapillargaschromatographie und Elektroneneinfangdetektor (ECD) bzw. Massenspektrometer (GC/MS).

2.6.1 6 PCB nach LAGA

2.6.1.1 Florisil

- **PCB-Kongenerne:** PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153, PCB 180

2.6.1.2 PU-Schaum

- **PCB-Kongenerne:** PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153, PCB 180

2.6.2 6 PCB nach LAGA + PCB 118

2.6.2.1 Florisil

- **PCB-Kongenerne (LAGA):** PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB-138, PCB 153, PCB 180
- **Coplanare PCB:** PCB 118

2.6.2.2 PU-Schaum

- **PCB-Kongenerne (LAGA):** PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153, PCB 180
- **Coplanare PCB:** PCB 118

2.7 Weichmacher (Phthalate)

Methode: Probenahme auf Florisil; quantitative Bestimmung folgender adsorbierter Verbindungen nach Elution mittels Kapillargaschromatographie und Massenspektrometer (GC/MS).

(SBM-2015, B-3)

2.7.1 Weichmacher (Phthalate)

- **Weichmacher/Phthalate:** Dimethylphthalat (DMP), Dimethylisophthalat (DMIP), Diethylphthalat (DEP), Diisobutylphthalat (DIBP), Di-n-butylphthalat (DBP), n-Benzyl-butylphthalat (BBP), Di-(2-ethylhexyl)-phthalat (DEHP) und Di-n-Octylphthalat (DOP)

2.7.2 Einzelsubstanzen Weichmacher (Phthalate) in Luft

Quantitative Bestimmung einer einzelnen Komponente aus unserer Weichmacher-Palette

2.8 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

(SBM-2015, B-3)

Methode: Probenahme auf einer Kombination aus PU-Schaum und Glasfaserfilter. Extraktion der Probe im Soxhlet; quantitative Bestimmung folgender adsorbierter Substanzen mittels Kapillar-Gaschromatographie mit Massenspektrometer (GC/MS).

Anmerkung: Bei der Probenahme der 16 EPA-PAK auf PU-Schaum und Glasfaserfilter kommt es zu Minderbefunden von Naphthalin (s. Infoteil Seite 72). Wir empfehlen daher für die Probenahme der 16 EPA-PAK eine Kombination aus PU-Schaum / Glasfaserfilter und Tenax TA®.

2.8.1 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe – PU-Schaum

- **16 EPA-PAK:** Naphthalin, Acenaphthylen, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthen, Pyren, Benz(a)anthracen, Chrysen, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Benzo(a)pyren, Indeno(1,2,3-cd)pyren, Dibenz(a,h)anthracen, Benzo(g,h,i)perylene

2.8.2 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (16 EPA-PAK) – Kombination der Probenahme auf PU-Schaum und Tenax TA®

- **Quantifizierung vom Tenax-Sammelröhrchen:** Naphthalin
- **Quantifizierung vom PU-Schaum:** Acenaphthylen, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthen, Pyren, Benz(a)anthracen, Chrysen, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Benzo(a)pyren, Indeno(1,2,3-cd)pyren, Dibenz(a,h)anthracen, Benzo(ghi)perylene

2.8.3 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (16 EPA-PAK und Naphthalinverbindungen) – Kombination der Probenahme auf PU-Schaum und Tenax TA®

- **Quantifizierung vom Tenax-Sammelröhrchen:** Naphthalin, 2-Methylnaphthalin, 1-Methylnaphthalin, 2-Ethylnaphthalin, 1-Ethylnaphthalin, 2,7-Dimethylnaphthalin, 1,3-/1,7-Dimethylnaphthalin, 1,6-Dimethylnaphthalin, 1,4-Dimethylnaphthalin, 1,5-Dimethylnaphthalin, 1,2-Dimethylnaphthalin, 1,8-Dimethylnaphthalin
- **Quantifizierung vom PU-Schaum:** Acenaphthylen, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthen, Pyren, Benz(a)anthracen, Chrysen, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Benzo(a)pyren, Indeno(1,2,3-cd)pyren, Dibenz(a,h)anthracen, Benzo(ghi)perylene

2.8.4 Einzelsubstanzen polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe – PU-Schaum

Quantitative Bestimmung einer einzelnen Komponente aus unserer PAK-Palette vom PU-Schaum

2.9 Flammschutzmittel

(SBM-2015, B-3)

Methode: Probenahme auf einer Kombination aus PU-Schaum und Glasfaserfilter. Extraktion der Probe im Soxhlet; quantitative Bestimmung folgender adsorbierter Substanzen mittels Kapillar-Gaschromatographie mit Massenspektrometer (GC/MS).

2.9.1 Flammschutzmittel auf Phosphorbasis

- **Halogenhaltig:** Tris-(2-chlorethyl)-phosphat (TCEP), Tris-(2-chlorpropyl)-phosphat (TCPP), Tris-(dichlorpropyl)-phosphat (TDCPP)
- **Halogenfrei:** Triethylphosphat (TEP), Tri-n-butyl-phosphat (TNBP), Tris-(ethylhexyl)-phosphat (TEHP), Tris-(2-butoxyethyl)-phosphat (TBEP), Triphenylphosphat (TPP), Tricresylphosphat (TCP), Dicresylphenylphosphat (DCPP), Cresyldiphenylphosphat (CDP)

2.9.2 Einzelsubstanzen Flammschutzmittel

Quantitative Bestimmung einer einzelnen Komponente aus unserer Flammschutzmittelpalette

2.10 Asbest / Künstliche Mineralfasern (KMF)^B

(SBM-2015, B-5)

Methode: Filterauswertung mittels Rasterelektronenmikroskop (REM); Bestimmung der Elementzusammensetzung mit der energiedispersiven Mikroanalyse (EDXA).

2.10.1 Untersuchung auf Asbest/KMF

Untersuchung eines Kernporenfilters auf Asbest/KMF

Zulage REM-Foto mit/oder Elementspektrum als Anhang an Bericht

2.10.2 Untersuchung auf KMF inkl. Produktfaserzuordnung

Untersuchung eines Kernporenfilters auf KMF

Untersuchung einer Materialprobe (Aufnahme von Produktfaserspektren)

Aufnahme eines Elementspektrums von jeder bei der Kernporenfilterauswertung nachgewiesenen KMF für Produktfaserzuordnung

Produktfaserzuordnung/Dokumentation (Stunden nach Aufwand)

3 Hausstaubuntersuchungen

Methode: Extraktion der Probe im Ultraschallbad; Analyse mittels Kapillar-Gaschromatographie und Elektroneneinfang-Detektor bzw. Massenspektrometer, quantitative Bestimmung folgender Verbindungen nach der Methode des Internen Standards und Vergleichsgemisch.

3.1 Holzschutzmittelwirkstoffe

(SBM-2015, B-3)

3.1.1 Holzschutzmittelwirkstoffe - Palette I

- **Organochlor-Pestizide:** Lindan, Pentachlorphenol (PCP)

3.1.2 Holzschutzmittelwirkstoffe - Palette II

- **Organochlor-Pestizide:** Lindan, Pentachlorphenol (PCP), DDT und DDT-Abbauprodukte (p,p-DDT, o,p-DDT, p,p-DDE, o,p-DDE, p,p-DDD, o,p-DDD)

3.1.3 Holzschutzmittelwirkstoffe - Palette III

- **Organochlor-Pestizide:** Lindan, Pentachlorphenol (PCP)
- **Organophosphor-Pestizide:** Parathion-methyl, Parathion-ethyl

3.1.4 Holzschutzmittelwirkstoffe - Palette IV

- **Chlornaphthaline^C:** 2-Chlornaphthalin, 1-Chlornaphthalin, Dichlornaphthaline, Trichlornaphthaline, Tetrachlornaphthaline

3.1.5 Holzschutzmittelwirkstoffe - Palette V

- **Organochlor-Pestizide:** Lindan, Pentachlorphenol (PCP), Chlorthalonil, Endosulfane (α -Endosulfan, β -Endosulfan, Endosulfansulfat), DDT und DDT-Abbauprodukte (p,p-DDT, o,p-DDT, p,p-DDE, o,p-DDE, p,p-DDD, o,p-DDD)
- **Pyrethroide:** Permethrin (cis/trans), Deltamethrin
- **Organophosphor-Pestizide:** Parathion-methyl, Parathion-ethyl
- **sonstige Pestizide:** Tebuconazol, Propiconazol, Tolyfluanid, Dichlofluanid, Fumecycloz

3.2 Biozide

(SBM-2015, B-3)

3.2.1 Biozide - Palette I

- **Pyrethroide:** Permethrin (cis/trans)
- **Synergist:** Piperonylbutoxid (PBO)

3.2.2 Biozide - Palette II

- **Pyrethroide:** Permethrin (cis/trans), Tetramethrin, Cyfluthrin, Cypermethrin, Deltamethrin, Allethrin, Phenothrin, Fenvalerat
- **Synergist:** Piperonylbutoxid (PBO)

3.2.3 Biozide - Palette III

- **Organochlor-Pestizide:** Lindan, Pentachlorphenol (PCP), Chlorthalonil, Endosulfane (α -Endosulfan, β -Endosulfan, Endosulfansulfat), DDT und DDT-Abbauprodukte (p,p-DDT, o,p-DDT, p,p-DDE, o,p-DDE, p,p-DDD, o,p-DDD), para-Dichlorbenzol^C (1,4-Dichlorbenzol), Hexachlorethan^C, Hexachlorbenzol, Heptachlor, Aldrin, Chlordan (cis/trans)^C, Dieldrin, Endrin, Methoxychlor, Triclosan
- **Organophosphor-Pestizide:** Diazinon, Chlorpyrifos-methyl, Chlorpyrifos-ethyl, Parathion-methyl, Parathion-ethyl, Malathion, Dichlorvos, Dimethoat^C, Bromophos-methyl^C
- **Pyrethroide:** Permethrin (cis/trans), Tetramethrin, Cyfluthrin, Cypermethrin, Deltamethrin, Allethrin, Phenothrin, Fenvalerat
- **Carbamate:** Ethiofencarb^C, Propoxur
- **sonstige Pestizide:** Dichlofluanid, Furmecycloxy, Tebuconazol, Propiconazol, Tolyfluanid
- **Synergist:** Piperonylbutoxid (PBO)
- **Juvenilhormon:** Methopren^C

3.2.4 Biozide - Palette IV

- **Organochlor-Pestizide:** Lindan, Pentachlorphenol (PCP), Chlorthalonil, Endosulfane (α -Endosulfan, β -Endosulfan, Endosulfansulfat), DDT und DDT-Abbauprodukte (p,p-DDT, o,p-DDT, p,p-DDE, o,p-DDE, p,p-DDD, o,p-DDD), para-Dichlorbenzol^C (1,4-Dichlorbenzol), Hexachlorethan^C, Hexachlorbenzol, Heptachlor, Aldrin, Chlordan (cis/trans)^C, Dieldrin, Endrin, Methoxychlor, Triclosan
- **Chlornaphthaline^C:** 2-Chlornaphthalin, 1-Chlornaphthalin, Dichlornaphthaline, Trichlornaphthaline, Tetrachlornaphthaline
- **Organophosphor-Pestizide:** Diazinon, Chlorpyrifos-methyl, Chlorpyrifos-ethyl, Parathion-methyl, Parathion-ethyl, Malathion, Dichlorvos, Dimethoat^C, Bromophos-methyl^C
- **Pyrethroide:** Permethrin (cis/trans), Tetramethrin, Cyfluthrin, Cypermethrin, Deltamethrin, Allethrin, Phenothrin, Fenvalerat
- **Carbamate:** Ethiofencarb^C, Propoxur
- **sonstige Pestizide:** Dichlofluanid, Furmecycloxy, Tebuconazol, Propiconazol, Tolyfluanid
- **Synergist:** Piperonylbutoxid (PBO)
- **Juvenilhormon:** Methopren^C

3.3 Polychlorierte Biphenyle (PCB) nach LAGA

(SBM-2015, B-3)

- **PCB-Kongenere:** PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153, PCB 180

3.4 Weichmacher

(SBM-2015, B-3)

3.4.1 Weichmacher (Phthalate)

- **Phthalate:** Phthalsäureanhydrid (PSA), Dimethylphthalat (DMP), Dimethylisophthalat (DMIP), Diethylphthalat (DEP), Diisobutylphthalat (DIBP), Di-n-butylphthalat (DBP), n-Benzylbutylphthalat (BBP), Di-(2-ethylhexyl)-phthalat (DEHP), Di-n-Octylphthalat (DOP), Diisononylphthalat (DINP)*, Diisodecylphthalat (DIDP)*

* halbquantitativ



3.4.2 Weitere Weichmacher

- **weitere Weichmacher^C:** Diisobutyladipat (DIBA), 2,2,4-Trimethylpentan-1,3-dioldiisobutytrat (TXIB), Dibutylmaleinat (DBM), Di-(2-ethylhexyl)adipat (DEHA), Bisphenol A, 2,2,4-Trimethylpentan-1,3-diolmonoisobutytrat (Texanol)

3.5 Flammenschutzmittel

(SBM-2015, B-3)

3.5.1 Flammenschutzmittel auf Phosphorbasis

- **Halogenhaltig:** Tris-(2-chlorethyl)-phosphat (TCEP), Tris-(2-chlorpropyl)-phosphat (TCPP), Tris-(dichlorpropyl)-phosphat (TDCPP)
- **Halogenfrei:** Triethylphosphat (TEP), Tri-n-butyl-phosphat (TNBP), Tris-(ethylhexyl)-phosphat (TEHP), Tris-(2-butoxyethyl)-phosphat (TBEP), Triphenylphosphat (TPP), Tricresylphosphat (TCP), Dicresylphenylphosphat (DCPP), Cresyldiphenylphosphat (CDP)

3.5.2 Bromierte Flammenschutzmittel^B

Methode: Extraktion der Probe im Ultraschallbad; Analyse mittels Kapillar-Gaschromatographie und Massenspektrometer im NCI (negative chemische Ionisation) und/oder EI (elektrische Ionisation), quantitative Bestimmung folgender Verbindungen nach der Methode des Internen Standards und Vergleichsgemisch.

3.5.2.1 Palette I

- **Bromierte Flammenschutzmittel:** Tetrabrombiphenyle, Pentabrombiphenyle, Hexabrombiphenyle, Tribromphenol, Tetrabrombiphenylether, Pentabrombiphenylether, Hexabrombiphenylether, Hexabromcyclododecan, Tetrabrombisphenol A (TBBPA)

3.5.2.2 Palette II

- **Bromierte Flammenschutzmittel:** Tetrabrombiphenyle, Pentabrombiphenyle, Hexabrombiphenyle, Heptabrombiphenyle, Octabrombiphenyle, Nonabrombiphenyle, Decabrombiphenyle, Tribromphenol, Hexabrombenzol, Pentabromtoluol, Tetrabrombiphenylether, Pentabrombiphenylether, Hexabrombiphenylether, Heptabrombiphenylether, Octabrombiphenylether, Nonabrombiphenylether, Decabrombiphenylether, Hexabromcyclododecan, Tetrabrombisphenol A (TBBPA), Tribromphenylallylether

3.6 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

(SBM-2015, B-3)

- **16 EPA-PAK:** Naphthalin, Acenaphthylen, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthren, Pyren, Benz(a)anthracen, Chrysen, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren, Benzo(a)pyren, Indeno(1,2,3-cd)pyren, Dibenz(a,h)anthracen, Benzo(ghi)perylen

3.7 Isothiazolinone^C

(SBM-2015, B-3)

- **Isothiazolinone:** 2-Methyl-4-isothiazolin-3-on (MIT, MI), 5-Chlor-2-methyl-4-isothiazolin-3-on (CIT, CMI), Octhilonon (OIT)

3.8 Moschusverbindungen^C

(SBM-2015, B-3)

- **Moschusverbindungen:** Nitromoschusambrette, Nitromoschusxylool, Nitromoschusketon



3.9 ETS^c (Environmental Tobacco Smoke)

- **ETS:** Nikotin, Cotinin

3.10 Chlorparaffine^B

Methode: Extraktion der Probe im Ultraschallbad; Analyse mittels Kapillar-Gaschromatographie und Massenspektrometer im NCI (negative chemische Ionisation) und/oder EI (elektrische Ionisation), quantitative Bestimmung folgender Verbindungen nach der Methode des Internen Standards und Vergleichsgemisch.

- **Chlorparaffine:** Kurz- und mittelkettige Chlorparaffine

3.11 Schwermetalle^A

(SBM-2015, B-4)

Methode: Aufschluss der Probe mit Königswasser, quantitative Bestimmung folgender Elemente mittels ICP-MS.

3.11.1 Schwermetalle

- Antimon, Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kobalt, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Thallium, Zink, Zinn

3.11.2 Einzelsubstanz Schwermetalle

Quantitative Bestimmung einer einzelnen Komponente aus der Schwermetall-Palette

3.12 Zinnorganische Verbindungen^B

(SBM-2015, B-3)

Methode: Die Analyse erfolgt in Anlehnung an DIN 38407-13. Die Organozinnverbindungen werden mit Natriumtetraethylborat versetzt und mittels GC/MS bestimmt.

3.12.1 Organozinnverbindungen Palette I

- **Organozinnverbindungen:** Monobutylzinn, Dibutylzinn, Tributylzinn

3.12.2 Organozinnverbindungen Palette II

- **Organozinnverbindungen:** Monobutylzinn, Dibutylzinn, Tributylzinn, Monoctylzinn, Dioctylzinn, Triphenylzinn, Tricyclohexylzinn

3.13 Hausstaub-Screening

(SBM-2015, B-3)

3.13.1 Hausstaub-Screening - Palette I

- **Organochlor-Pestizide:** Lindan, Pentachlorphenol (PCP), DDT und DDT-Abbauprodukte (p,p-DDT, o,p-DDT, p,p-DDE, o,p-DDE, p,p-DDD, o,p-DDD)
- **Organophosphor-Pestizide:** Chlorpyrifos-methyl, Chlorpyrifos-ethyl
- **Pyrethroide:** Permethrin (cis/trans)
- **Synergist:** Piperonylbutoxid (PBO)
- **Industriechemikalien:** PCB-Kongenere: PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153, PCB 180
- **PAK-Leitkomponente:** Benzo(a)pyren

3.13.2 Hausstaub-Screening - Palette II

- **Organochlor-Pestizide:** Lindan, Pentachlorphenol (PCP), Chlorthalonil, Endosulfane (α -Endosulfan, β -Endosulfan, Endosulfansulfat), DDT und DDT-Abbauprodukte (p,p-DDT, o,p-DDT, p,p-DDE, o,p-DDE, p,p-DDD, o,p-DDD), Triclosan^C
 - **Organophosphor-Pestizide:** Diazinon, Chlorpyrifos-methyl, Chlorpyrifos-ethyl, Parathion-methyl, Parathion-ethyl, Malathion, Dichlorvos, Dimethoat^C, Bromophos-methyl^C
 - **Pyrethroide:** Permethrin (cis/trans), Tetramethrin, Cyfluthrin, Cypermethrin, Deltamethrin, Allethrin, Phenothrin, Fenvalerat
 - **sonstige Pestizide:** Dichlofluanid, Fumecycloxy, Tebuconazol, Propiconazol, Tolyfluanid
 - **Synergist:** Piperonylbutoxid (PBO)
 - **Juvenilhormon:** Methopren^C
 - **Industriechemikalien:** PCB-Kongenere: PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153, PCB 180
 - **Weichmacher/Phthalate:**
 - **Phthalate:** Phthalsäureanhydrid (PSA)^C, Dimethylphthalat (DMP), Dimethylisophthalat (DMIP), Diethylphthalat (DEP), Diisobutylphthalat (DIBP), Di-n-butylphthalat (DBP), n-Benzylbutylphthalat (BBP), Di-(2-ethylhexyl)-phthalat (DEHP), Di-n-Octylphthalat (DOP), Diisononylphthalat (DINP)*, Diisodecylphthalat (DIDP)*
 - **Weitere Weichmacher^C:** Diisobutyladipat (DIBA), 2,2,4-Trimethylpentan-1,3-dioldiisobutyrat (TXIB), Dibutylmaleinat (DBM), Di-(2-ethylhexyl)adipat (DEHA), Bisphenol A, 2,2,4-Trimethylpentan-1,3-diolmonoisobutyrat (Texanol)
 - **Flammschutzmittel auf Phosphorbasis:**
 - **Halogenhaltig:** Tris-(2-chlorethyl)-phosphat (TCEP), Tris-(2-chlorpropyl)-phosphat (TCPP), Tris-(dichlorpropyl)-phosphat (TDCPP)
 - **Halogenfrei:** Triethylphosphat (TEP), Tri-n-butyl-phosphat (TNBP), Tris-(ethylhexyl)-phosphat (TEHP), Tris-(2-butoxyethyl)-phosphat (TBEP), Triphenylphosphat (TPP), Tricresylphosphat (TCP), Dicresylphenylphosphat (DCPP), Cresyldiphenylphosphat (CDP)
 - **16 EPA-PAK:** Naphthalin, Acenaphthylen, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthen, Pyren, Benz(a)anthracen, Chrysen, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Benzo(a)pyren, Indeno(1,2,3-cd)pyren, Dibenz(a,h)anthracen, Benzo(g,h,i)perylen
 - **ETS:** Nikotin^C
- * halbquantitativ

3.13.3 Hausstaub-Screening - Palette III endokrin wirksame Substanzen

- **Organochlor-Pestizide:** Lindan, Pentachlorphenol (PCP), Endosulfane (α -Endosulfan, β -Endosulfan, Endosulfansulfat), DDT und DDT-Abbauprodukte (p,p-DDT, o,p-DDT, p,p-DDE, o,p-DDE, p,p-DDD, o,p-DDD), Hexachlorbenzol, Heptachlor, Aldrin, Chlordan (cis/trans)^C, Dieldrin, Endrin, Methoxychlor
 - **Organophosphor-Pestizide:** Diazinon, Methylparathion, Parathion-ethyl, Malathion, Dimethoat
 - **Pyrethroide:** Permethrin (cis/trans), Deltamethrin
 - **Synergist:** Piperonylbutoxid (PBO)
 - **Industriechemikalien:** PCB-Kongenere: PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153, PCB 180
 - **Weichmacher/Phthalate:** Diethylphthalat (DEP) Diisobutylphthalat (DIBP), Di-n-butylphthalat (DBP), n-Benzylbutylphthalat (BBP), Di-(2-ethylhexyl)-phthalat (DEHP), Diisononylphthalat (DINP)*, Diisodecylphthalat (DIDP)*, Bisphenol A^C
 - **PAK:** Benz(a)anthracen, Benzo(a)pyren
- * halbquantitativ



3.14 Kombinationspaletten / Einzelsubstanzen

3.14.1 Kombinationspaletten

Die unter den Punkten 3.1 bis 3.9 aufgeführten Substanzpaletten (ausgenommen Punkt 3.5.2) können miteinander kombiniert werden.

3.14.2 Einzelsubstanzen

Quantitative Bestimmung einer Einzelsubstanz aus den unter den Punkten 3.1 bis 3.9 aufgeführten Paletten (ausgenommen Punkt 3.5.2)

3.15 Asbest / Künstliche Mineralfasern (KMF) in Staubabdruck-/Kontaktproben^B

(SBM-2015, B-5)

Methode: Untersuchung im Rasterelektronenmikroskop mit der Elektronenstrahl-Mikroanalyse (REM/EDXA).

3.15.1 Untersuchung auf Asbest/KMF

Untersuchung einer Kontaktprobe auf Asbest/KMF

Zulage REM-Foto mit/oder Elementspektrum als Anhang an Bericht

3.15.2 Untersuchung auf KMF inkl. Produktfaserzuordnung

Untersuchung einer Kontaktprobe auf KMF

Untersuchung einer Materialprobe (Referenzprobe, Aufnahme von Produktfaserspektren)

Aufnahme eines Elementspektrums von jeder bei der Kontaktprobenauswertung nachgewiesenen KMF für Produktfaserzuordnung

Produktfaserzuordnung/Dokumentation (Stunden nach Aufwand)

3.16 Schwarzstaubuntersuchungen (Fogging)

siehe Punkt 4.18

3.17 Probenvorbereitung

Für aufwendige Vorbereitung von Hausstaubproben für die Analyse behalten wir uns vor einen Aufschlag zu erheben:

Aufbereitung eines Staubsaugerbeutels

4 Materialuntersuchungen

4.1 Flüchtige organische Verbindungen (VOC) mittels Thermoextraktion

Methode: Extraktion einer Materialprobe bei erhöhter Temperatur im Gasstrom; quantitative Untersuchung des beladenen Tenax-Röhrchens auf die unten aufgeführten Verbindungen.

4.1.1 Flüchtige organische Verbindungen (VOC), vorwiegend unpolare – Thermodesorption

- **Alkane:** n-Hexan, n-Heptan, n-Octan, n-Nonan, n-Decan, n-Undecan, n-Dodecan, n-Tridecan, n-Tetradecan, n-Pentadecan, n-Hexadecan, n-Heptadecan, n-Octadecan, n-Nonadecan, n-Eicosan, 2-Methylpentan, 3-Methylpentan, 2-Methylhexan, 3-Methylhexan, 2,2,4-Trimethylpentan (Isooctan), 2,3-Dimethylheptan, 2,2,4,6,6-Pentamethylheptan, 2,2,4,4,6,8,8-Heptamethylnonan, Methylcyclopentan, Cyclohexan, Methylcyclohexan
- **Alkene:** 1-Hepten, 1-Octen, 1-Nonen, 1-Decen, 1-Undecen, 1-Dodecen, 1-Tridecen, 4-Vinylcyclohexen, trimeres Isobuten, 4-Phenylcyclohexen
- **Aromaten:** Benzol, Toluol, Ethylbenzol, m-/p-Xylol, o-Xylol, Styrol, 1,3,5-Trimethylbenzol, 1,2,4-Trimethylbenzol, 1,2,3-Trimethylbenzol, Isopropylbenzol (Cumol), n-Propylbenzol, 3-/4-Ethyltoluol, 2-Ethyltoluol, 1-Methyl-4-isopropylbenzol (p-Cymol), 1-Ethyl-3,5-dimethylbenzol, 1,2,4,5-Tetramethylbenzol (Durol), 1,3-/1,4-Diisopropylbenzol, Indan, 1,2,3,4-Tetrahydronaphthalin
- **Flüchtige PAK und Naphthalinverbindungen:** Naphthalin, 2-Methylnaphthalin, 1-Methylnaphthalin
- **Halogenierte Kohlenwasserstoffe:** cis-1,2-Dichlorethen, Trichlormethan, 1,1,1-Trichlorethan, 1,2-Dichlorethan, Tetrachlormethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen (Per), Chlorbenzol, 1,3-Dichlorbenzol, 1,4-Dichlorbenzol, 1,2-Dichlorbenzol
- **Terpene:** α -Pinen, β -Pinen, Δ -3-Caren, α -Terpinen, Limonen, Eucalyptol, β -Linalool, Campher, (-)-Borneol, (1S)-(-)-Verbenon, β -Citronellol, Isolongifolen, Longifolen, β -Caryophyllen
- **Siloxane:** Hexamethylcyclotrisiloxan (D3), Octamethylcyclotetrasiloxan (D4), Decamethylcyclopentasiloxan (D5), Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6)
- **Carbonsäureester:** Methylacetat, Vinylacetat, Ethylacetat, Isopropylacetat, n-Propylacetat, Isobutylacetat, n-Butylacetat, n-Butylformiat, Methylbenzoat, Isopropyltetradecanoat (Tetradecansäureisopropylester)
- **Ketone:** Methylethylketon (2-Butanon, MEK), Methylisobutylketon (MIBK), Cyclohexanon, Benzophenon
- **Ether:** Methyl-tert-butylether (MTBE)
- **Acrylate:** Methylmethacrylat (Methacrylsäuremethylester)
- **Heterocyclen:** Benzothiazol
- **Sonstige Verbindungen:** Acrylnitril

Inklusive Bibliotheksvergleich auf unbekannte Verbindungen (Spektrenvergleich aus verschiedenen Bibliotheken).

4.1.2 Glykolverbindungen und weitere, vorwiegend polare Substanzen – Thermodesorption

- **Chlornaphthaline, Fluornaphthaline:** 1-Chlornaphthalin
- **Halogenierte Kohlenwasserstoffe:** 1,3-Dichlor-2-propanol
- **Einwertige Alkohole:** Isobutanol, n-Butanol, 2-Ethyl-1-hexanol, Benzylalkohol
- **Carbonsäureester:** Vinylacetat, Ethylacetat, Isopropylacetat, Bornylacetat
- **Dicarbonsäureester:** Dimethylsuccinat (Bernsteinsäuredimethylester), Dimethylglutarat (Glutarsäuredimethylester), Dimethyladipat (Adipinsäuredimethylester), Dibutylmaleinat (Maleinsäuredibutylester), Diisobutyladipat (Adipinsäurediisobutylester)
- **Ketone:** Methylethylketon (2-Butanon, MEK), 3-Heptanon, 2,6-Dimethyl-4-heptanon, Acetophenon, Benzophenon
- **Glykole, Glykolether, Glykolester:** Ethylenglykolmonomethylether (EGMM), Ethylenglykoldimethylether (EGDM), 1,2-Propylenglykolmonomethylether (1,2-PGMM), Ethylenglykol (EG), Ethylenglykolmonoethylether (EGME), 1,2-Propylenglykol (PG), Propylenglykolmonoethylether (PGME), Ethylenglykoldiethylether (EGDE), Ethylenglykolmonobutylether (EGMB), 2-Methyl-2,4-pentandiol (Hexylenglykol), Diethylenglykolmonomethylether (DEGMM), 1,2-Propylenglykolmonobutylether (PGMB), Diethylenglykoldimethylether (DEGDM), Diethylenglykol (DEG), Dipropylenglykolmonomethylether (DPGMM), Diethylenglykolmonoethylether (DEGME), Diethylenglykoldiethylether (DEGDE), Diethylenglykolmonobutylether (DEGMB), Ethylenglykolmonophenylether (EGMP), Dipropylenglykolmonobutylether (DPGMB), Propylenglykolmonophenylether (PGMP), Tripropylenglykolmonobutylether (TPGMB), Ethylenglykolmonomethyletheracetat (EGMMA), Propylenglykolmonomethyletheracetat (PGMMA), Ethylenglykolmonoethyletheracetat (EGMEA), Propylenglykolmonoethyletheracetat (PGMEA), Butylenglykolmonomethyletheracetat (BGMMA), Ethylenglykolmonobutyletheracetat (EGMBA), Dipropylenglykolmonomethyletheracetat (DPGMMA), Diethylenglykolmonobutyletheracetat (DEGMBA), Texanol (2,2,4-Trimethylpentan-1,3-diolmonoisobutytrat), TXIB (2,2,4-Trimethylpentan-1,3-dioldiisobutytrat)
- **Aldehyde:** n-Butanal, n-Pentanal, n-Hexanal, n-Heptanal, 2-Ethylhexanal, n-Octanal, n-Nonanal, n-Decanal, n-Undecanal, Furfural, Benzaldehyd, 2-Butenal, 2-Pentenal, 2-Hexenal, 2-Heptenal, 2-Octenal, 2-Nonenal, 2-Decenal, 2-Undecenal
- **Phthalate:** Dimethylphthalat (DMP), Diethylphthalat (DEP), Diisobutylphthalat (DIBP), Di-n-butylphthalat (DBP)
- **MVOC:** 2-Methylfuran
- **Heterocyclen:** Tetrahydrofuran, 1,4-Dioxan, N-Methyl-2-pyrrolidon
- **Phenole (aromatische Alkohole):** Phenol, 2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol (BHT)
- **Sonstige Verbindungen:** 2-Butanonoxim, Diethylcarbonat, Acrylamid, ϵ -Caprolactam

Inklusive Bibliotheksvergleich auf unbekannte Verbindungen (Spektrenvergleich aus verschiedenen Bibliotheken).

4.1.3 Weitere flüchtige organische Verbindungen (VOC), vorwiegend unpolar – Thermodesorption

- **Alkane:** n-Pentan, 2,3-Dimethylpentan, 2-Methylheptan, Cyclopentan, trans-Decahydronaphthalin (trans-Decalin), cis-Decahydronaphthalin (cis-Decalin)
- **Alkene:** 1-Hexen, Cyclohexen
- **Aromaten:** 1-Methyl-3-isopropylbenzol (m-Cymol), 1-Methyl-2-isopropylbenzol (o-Cymol), tert-Butylbenzol, n-Butylbenzol, 1,3-Diethylbenzol, 1,4-Diethylbenzol, 1,2-Diethylbenzol, 1,2,3,4-Tetramethylbenzol, Phenylacetylen, 3-Methylstyrol (3-Vinylnol), 4-Methylstyrol (4-Vinylnol), 2-Methylstyrol (2-Vinylnol), α -Methylstyrol (Isopropenylbenzol), cis- β -Methylstyrol (cis-1-Propenylbenzol), Inden, Heptylbenzol, Octylbenzol, Nonylbenzol, Decylbenzol, Undecylbenzol, Diisopropyl-naphthalin (DIPN)
- **Halogenierte Kohlenwasserstoffe:** 2-Chlorpropan, Bromdichlormethan, Bromtrichlormethan, Chlordibrommethan, 1,2-Dibromethan, Tribrommethan, 1,1,2,2-Tetrachlorethan, 1,3,5-Trichlorbenzol, 1,2,4-Trichlorbenzol, 1,2,3-Trichlorbenzol, 1,2,3,5-/1,2,4,5-Tetrachlorbenzol, 1,2,3,4-Tetrachlorbenzol
- **Terpene:** Camphen, Myrcen, γ -Terpinen, (1R)-endo-(+)-Fenchylalkohol, Menthol, α -Jonon, β -Jonon
- **Siloxane:** Dodecamethylcyclhexasiloxan (D6), Hexamethyldisiloxan (L2), Octamethyltrisiloxan (L3), Decamethyltetrasiloxan (L4)
- **Carbonsäureester:** n-Pentylacetat, n-Hexylacetat, 2-Ethylhexylacetat, Phenylethylacetat, Isobornylacetat, Glykolsäurebutylester, Ethyl-3-ethoxypropionat
- **Ketone:** 3-Pentanon, 3-Hexanon, Diisopropylketon (2,4-Dimethyl-3-pentanon), Mesityloxid (4-Methylpent-3-en-2-on), Cyclopentanon, 2-Methylcyclopentanon, 2-Methylcyclohexanon, 4-Methylcyclohexanon, Isophoron (3,5,5-Trimethylcyclohex-2-enon), 1-Hydroxyacetone, Diacetonalkohol (4-Hydroxy-4-methyl-2-pentan-2-on), 2,4-Pentandion (Acetylacetone), 2,5-Hexandion (Acetylacetone), Butyrolacton
- **Sonstige Verbindungen:** Ethylencarbonat, Propylencarbonat

Inklusive Bibliotheksvergleich auf unbekannte Verbindungen (Spektrenvergleich aus verschiedenen Bibliotheken).

4.1.4 Weitere flüchtige organische Verbindungen (VOC/MVOC), vorwiegend polar – Thermodesorption

- **Alkane:** 1,4-Dimethylcyclohexan, Heneicosan, Docosan
- **Chlornaphthaline, Fluornaphthaline:** 2-Chlornaphthalin, 1-Chlornaphthalin, 1,4-Dichlornaphthalin, 1-Chlormethylnaphthalin, 1-Fluornaphthalin
- **Halogenierte Kohlenwasserstoffe:** 1,3-Dichlor-2-propanol
- **Einwertige Alkohole:** 2-Propanol, tert-Butanol, 2-Butanol, 3-Pentanol, 1-Pentanol, 1-Hexanol, 1-Heptanol, 3-Octen-2-ol, 2-Octanol, cis-3-Octen-1-ol, 1-Octanol, 1-Nonanol, 1-Dodecanol, 1-Tridecanol, Cyclohexanol, 2-Methylcyclohexanol, 3-Methylcyclohexanol, 4-Methylcyclohexanol, Furfurylalkohol, Benzylalkohol, 2-Phenyl-2-propanol
- **Carbonsäureester:** Ethylisobutyrat, Ethyl-2-methylbutyrat, Methyloctanoat, Methyldecanoat, Methylhexadecanoat (Methylpalmitat)
- **Dicarbonsäureester:** Diisobutylsuccinat (Bernsteinsäurediisobutylester), Diisobutylglutarat (Glutarsäurediisobutylester), Dibutylfumarat (Fumarsäuredibutylester)
- **Ketone:** 3-Methyl-2-butanon, 2-Pentanon, 2-Octanon
- **Ether:** sec-Butylmethylether, tert-Amylmethylether, 1,1,3,3-Tetramethoxypropan, Dibuthylether, Dioctylether
- **Glykole, Glykoether, Glykolester:** 1,2-Propylenglykoldimethylether (1,2-PGDM), Ethylenglykomonolisopropylether (Methylethoxyethanol), Ethylenglykolmono-n-propylether (2-Propoxyethanol), 1,3-Butylenglykolmonomethylether (BGMM), Propylenglykolmono-n-propylether (DL-1-Propoxypropan-2-ol), Propylenglykolmonoisobutylether (DL-1-Isobutoxypropan-2-ol), Neopentylglykol (2,2-Dimethyl-1,3-propandiol), 1,4-Butandiol (Tetramethylenglykol), Dipropylenglykoldimethylether (DPGDM), Dipropylenglykol (DPG), Ethylenglykolmonohexylether (2-Hexoxyethanol), Dipropylenglykolmonopropylether (DPGMP), Dipropylenglykolmono-tert-butylether (DPGMtB), Triethylenglykoldimethylether (TEGDM), Tripropylenglykolmonomethylether (TPGMM), Tripropylenglykol (TPG), Diethylenglykoldibutylether (DEGDB), Propylenglykoldiacetat (PGDA), Diethylenglykoldiacetat (DEGDA), 2,4,7,9-Tetramethyldec-5-yn-4,7-diol (TMDD)
- **Aldehyde:** 2-Methyl-1-propanal (Isobutyraldehyd), 3-Methyl-1-butanal, n-Undecanal, n-Dodecanal, 5-Methylfurfural, 4-Isopropylbenzaldehyd (Cuminaldehyd)
- **Acrylate:** 2-Ethylhexylacrylat, Hexandioldiacrylat
- **Phthalate:** Dimethylglykolphthalat
- **MVOC:** 2-Methylfuran, 2-Methylisoborneol, Dimethylsulfid, 3-Methylfuran, 2-Methyl-2-butanol, 3-Methyl-2-butanol, 2-Pentanol, 3-Methyl-1-butanol, 2-Methyl-1-butanol, Dimethyldisulfid, 2-Hexanon, Dimethylsulfoxid, 2-Heptanon, 1-Octen-3-ol, 3-Octanon, 3-Octanol, 2-n-Pentylfuran, trans-2-Octen-1-ol, 2-Isopropyl-3-methoxypyrazin, 1-Decanol, Geosmin
- **Heterocyclen:** 2,5-Dimethylfuran, Epichlorhydrin, Dibenzofuran, 1-Ethyl-2-pyrrolidon, Pyrazin, Indol, 3-Methylindol (Skatol)
- **Phosphorsäureester:** Trimethylphosphat (TMP), Triethylphosphat (TEP), Tri-n-butylphosphat (TNBP), Tris(2-chlorethyl)phosphat (TCEP)
- **Chloranisole:** 2,4,6-Trichloranisol, 2,3,4-Trichloranisol, 2,3,6-Trichloranisol, 2,3,4,6-Tetrachloranisol, 2,3,4,5-Tetrachloranisol, 2,3,4,5,6-Pentachloranisol
- **Bromanisole:** 2,4,6-Tribromanisol
- **Sonstige Verbindungen:** 2-Butanonoxim, Allylisothiocyanat, 4-Hydroxyanisol, ε-Caprolactam, Diphenylsulfid

Inklusive Bibliotheksvergleich auf unbekannte Verbindungen (Spektrenvergleich aus verschiedenen Bibliotheken).

4.1.5 MVOC – Thermodesorption

- **MVOC:** 2-Methylfuran, Dimethylsulfid, 3-Methylfuran, 2-Methyl-2-butanol, 3-Methyl-2-butanol, 2-Pentanol, 3-Methyl-1-butanol, 2-Methyl-1-butanol, Dimethyldisulfid, 2-Hexanon, Dimethylsulfoxid, 2-Heptanon, 1-Octen-3-ol, 3-Octanon, 3-Octanol, 2-n-Pentylfuran, trans-2-Octen-1-ol, 2-Isopropyl-3-methoxypyrazin, 2-Methylisoborneol, 1-Decanol, Geosmin

4.1.6 Phenolverbindungen inkl. Kresole, Chlor- und Bromphenole – Thermodesorption

- **Phenolverbindungen:** Phenol, o-Kresol, m-/p-Kresol, 2,6-Dimethylphenol, 2,4-/2,5-Dimethylphenol, 2,3-Dimethylphenol, 3,5-Dimethylphenol, 3,4-Dimethylphenol, 2,4,6-Trimethylphenol, 2,3,6-Trimethylphenol, 2,3,5-Trimethylphenol, 2-Ethylphenol, 4-Ethylphenol, 3-Ethylphenol, 2-Isopropoxyphenol, 2-Isopropylphenol, 4-Isopropylphenol, 2,6-Di-tert-butylphenol, 2,4-Di-tert-butylphenol, 2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol (BHT), 2-Phenylphenol
- **Chlorierte Phenole:** 2-Chlorphenol, 3-Chlorphenol, 2,4-Dichlorphenol, 2,3-Dichlorphenol, 2,6-Dichlorphenol, 2,3,5-Trichlorphenol, 2,4,5-Trichlorphenol, 2,4,6-Trichlorphenol, 2,3,4-Trichlorphenol, 2,3,6-Trichlorphenol, 2,3,4,5-Tetrachlorphenol, 4-Chlor-2-methylphenol, 4-Chlor-3-methylphenol, 4-Chlor-3,5-dimethylphenol, 2-Benzyl-4-chlorphenol
- **Bromierte Phenole:** 2-Bromphenol, 4-Bromphenol, 2,4,6-Tribromphenol

4.1.7 Flüchtige polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Naphthalinverbindungen – Thermodesorption

- **Flüchtige PAK und Naphthalinverbindungen:** Naphthalin, Acenaphthylen, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthen, Pyren, 2-Methylnaphthalin, 1-Methylnaphthalin, 2-Ethylnaphthalin, 1-Ethylnaphthalin, 2,7-Dimethylnaphthalin, 2,6-Dimethylnaphthalin, 1,3-Dimethylnaphthalin, 1,7-Dimethylnaphthalin, 1,6-Dimethylnaphthalin, 1,5-Dimethylnaphthalin, 1,4-Dimethylnaphthalin, 1,2-Dimethylnaphthalin, 1,8-Dimethylnaphthalin

4.1.8 Phenolverbindungen inkl. Kresole – Thermodesorption

- **Phenolverbindungen:** Phenol, o-Kresol, m-/p-Kresol, 2,6-Dimethylphenol, 2,4-/2,5-Dimethylphenol, 2,3-Dimethylphenol, 3,5-Dimethylphenol, 3,4-Dimethylphenol, 2-Ethylphenol, 4-Ethylphenol, 3-Ethylphenol

4.1.9 Isothiazolinone – Thermodesorption

- **Isothiazolinone:** 2-Methyl-4-isothiazolin-3-on (MIT, MI), 5-Chlor-2-methyl-4-isothiazolin-3-on (CIT, CMI), Octhilonon (OIT)

4.1.10 Acrylate – Thermodesorption - NEU

- **Acrylate:** Methylacrylat, Ethylacrylat, Methylmethacrylat, tert-Butylacrylat, n-Butylacrylat, Isobutylmethacrylat, Butylmethacrylat, 2-Ethylhexylacrylat, Benzylmethacrylat, Isobornylacrylat, Isobornylmethacrylat, 1,6-Hexandioldiacrylat

4.1.11 ETS (Environmental Tobacco Smoke) – Thermodesorption - NEU

- **ETS:** Nikotin, Pyrrol, Cotinin, 2-Nitropropan, 3-Methylpyridin, 3-Vinylpyridin

4.1.12 Chlor- und Bromanisole – Thermodesorption

- **Chloranisole:** 2,4,6-Trichloranisol, 2,3,4-Trichloranisol, 2,3,6-Trichloranisol, 2,3,4,6-Tetrachloranisol, 2,3,4,5-Tetrachloranisol, 2,3,4,5,6-Pentachloranisol
- **Bromanisole:** 2,4,6-Tribromanisol

4.1.13 Chlornaphthaline – Thermodesorption

- **Chlornaphthaline:** 1-Chlornaphthalin, 2-Chlornaphthalin, 1,4-Dichlornaphthalin und 1-Chlormethylnaphthalin

4.1.14 Organische Säuren – Thermodesorption

- **Organische Säuren:** Essigsäure, Propionsäure, Isobuttersäure, n-Buttersäure, Pivalinsäure, Isovaleriansäure, n-Valeriansäure, n-Hexansäure, n-Heptansäure, 2-Ethylhexansäure, n-Octansäure

4.1.14-a Oxime – Thermodesorption - NEU

- **Oxime:** Acetaldehydoxim, 2-Propanonoxim, 2-Butanonoxim, 2-Pentanonoxim, 4-Methyl-2-Pentanonoxim, Cyclopentanonoxim, Cyclohexanonoxim, Acetophenonoxim

4.1.15 Kombinationspaletten / Substanzgruppen / Einzelsubstanzen – Thermodesorption

4.1.15.1 Kombinationspaletten

Die unter 4.1.1 bis 4.1.14 aufgeführten Substanzpaletten sowie die unter 4.1.15.2 aufgeführten Substanzgruppen können beliebig miteinander kombiniert werden.

Die aufgeführten VOC-Substanzpaletten und Substanzgruppen sind in 3 Kategorien eingeteilt:

- G:** große Palette (4.1.1 bis 4.1.4) (ab 45 Substanzen)
- M:** mittlere Palette (4.1.5 bis 4.1.7) (12 - 44 Substanzen)
- K:** kleine Palette (4.1.8 bis 4.1.14) (bis 11 Substanzen).

4.1.15.2 Substanzgruppen

Folgende Substanzgruppen aus den Paletten 4.1.1 bis 4.1.4 können auch einzeln beauftragt werden (Substanzgruppen beinhalten keinen Bibliotheksvergleich!).

Die aufgeführten VOC-Substanzgruppen sind analog den Substanzpaletten in 3 Kategorien eingeteilt:

- G:** große Substanzgruppe (ab 45 Substanzen)
- M:** mittlere Substanzgruppe (13 - 44 Substanzen)
- K:** kleine Substanzgruppe (bis 12 Substanzen)



- Alkane (**M**) aus den Paletten 4.1.1, 4.1.2 und 4.1.4
- Aromaten (beinhalten BTXE) (**M**) aus den Paletten 4.1.1 und 4.1.3
- Halogenierte Kohlenwasserstoffe (**M**) aus den Paletten 4.1.1, 4.1.2 und 4.1.3
- Terpene (**M**) aus den Paletten 4.1.1 und 4.1.3
- Siloxane (**K**) aus den Paletten 4.1.1 und 4.1.3
- Einwertige Alkohole (**M**) aus den Paletten 4.1.2 und 4.1.4
- Glykole, Glykolether, Glykolester (**G**) aus den Paletten 4.1.2 und 4.1.4
- Carbonsäureester (**M**) aus den Paletten 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3 und 4.1.4
- Ketone (**M**) aus den Paletten 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3 und 4.1.4
- Phthalate (**K**) aus den Paletten 4.1.2 und 4.1.4
- Dicarbonsäureester (**K**) aus den Paletten 4.1.2 und 4.1.4
- Aldehyde (**M**) aus den Paletten 4.1.2 und 4.1.4

Preise für beliebige Kombinationen von Substanzgruppen (oder auch Substanzgruppen mit Paletten) sind der Tabelle unter Punkt 4.1.15.1 zu entnehmen.

4.1.15.3 Einzelsubstanzen

Quantitative Bestimmung einer einzelnen Substanz aus unseren VOC-Substanzpaletten

4.1.15.4 Bibliotheksvergleich

Zu den oben angeführten Substanzpaletten 4.1.5 bis 4.1.14, den Substanzgruppen (Punkt 4.1.15.2) und Einzelsubstanzen (Punkt 4.1.15.3) bieten wir zusätzlich einen Bibliotheksvergleich auf unbekannte Verbindungen (Spektrenvergleich aus verschiedenen Bibliotheken) an.

4.2 Formaldehyd (WKI)

Methode: Untersuchung einer Materialprobe (Spanplatte, Tapete, Mineralfasermatte etc.) nach der WKI-Flaschenmethode auf Formaldehyd. Bitte beachten Sie, dass wir für diese Analyse genügend Material benötigen (Holzwerkstoffe: 10 x 10 cm; Tapeten, Textilien, Mineralfasermatte, etc. ca. 30 g).

- **aliphatische Aldehyde:** Formaldehyd

4.3 Aldehyde und Ketone – DNPH-Kartusche^A

Methode: Extraktion einer Materialprobe bei erhöhter Temperatur im Gasstrom; quantitative Untersuchung der beladenen DNPH-Kartusche auf die unten aufgeführten Substanzen.

4.3.1 Acetaldehyd – DNPH-Kartusche

- **aliphatische Aldehyde:** Acetaldehyd (Ethanal)

4.3.2 Aldehyde und Ketone (3) – DNPH-Kartusche

- **aliphatische Aldehyde:** Acetaldehyd (Ethanal), Propanal (Propionaldehyd)
- **aliphatische Ketone:** Propanon (Aceton)

4.3.3 Aldehyde und Ketone (14) – DNPH-Kartusche

- **aliphatische Aldehyde:** Acetaldehyd (Ethanal), Propanal (Propionaldehyd)
- **ungesättigte Aldehyde:** Propenal (Acrolein), 2-Methyl-2-propenal (Methacrolein, Isobutenal)
- **Hydroxyaldehyde:** Glykolaldehyd
- **aromatische Aldehyde:** 2-Methylbenzaldehyd (o-Tolualdehyd), 3-Methylbenzaldehyd (m-Tolualdehyd), 4-Methylbenzaldehyd (p-Tolualdehyd), 2,5-Dimethylbenzaldehyd
- **Dialdehyde:** Ethandial (Glyoxal), Pentandial (Glutardialdehyd)
- **aliphatische Ketone:** Propanon (Aceton), 3-Methyl-2-butanon (Isopropylmethylketon)
- **cyclische Ketone:** Cyclopentanon

4.3.4 Aldehyde und Ketone (24) – DNPH-Kartusche

- **aliphatische Aldehyde:** Acetaldehyd (Ethanal), Propanal (Propionaldehyd), Butanal (n- und iso-Butyraldehyd), Pentanal (Valeraldehyd), Hexanal
- **ungesättigte Aldehyde:** Propenal (Acrolein), 2-Methyl-2-propenal (Methacrolein, Isobutenal), 2-Butenal (Crotonaldehyd), 2-Pentenal, 2-Hexenal
- **Hydroxyaldehyde:** Glykolaldehyd
- **aromatische Aldehyde:** Benzaldehyd, 2-Methylbenzaldehyd (o-Tolualdehyd), 3-Methylbenzaldehyd (m-Tolualdehyd), 4-Methylbenzaldehyd (p-Tolualdehyd), 2,5-Dimethylbenzaldehyd
- **Dialdehyde:** Ethandial (Glyoxal), Pentandial (Glutardialdehyd)
- **aliphatische Ketone:** Propanon (Aceton), 2-Butanon (Ethylmethylketon), 3-Methyl-2-butanon (Isopropylmethylketon), 4-Methyl-2-Pentanon
- **cyclische Ketone:** Cyclopentanon, Cyclohexanon

4.4 Prüfkammeruntersuchungen

Methode: Die Probenahme für die VOC erfolgt auf Tenax TA® mit anschließender quantitativer Bestimmung der adsorbierten Verbindungen nach thermischer Desorption mittels Kapillargaschromatographie und Massenspektrometer (GC/MS). Für Aldehyde und Ketone erfolgt die Probenahme auf DNPH-Kartusche. Die quantitative Bestimmung der adsorbierten Substanzen erfolgt nach Desorption mittels Hochdruck-Flüssigkeitschromatographie (HPLC) und Diodenarray-Detektor. Zur Bestimmung von Ammoniak wird Prüfkammerluft mittels Impinger durch Schwefelsäure geleitet, mit Reagenzlösungen versetzt und photometrisch vermessen.

Die im Folgenden aufgeführten Prüfkammeruntersuchungen beinhalten die Vorbereitung der Prüfkammer inklusive Blindwertbestimmungen. Falls Sie an Prüfkammer- oder sonstigen Emissionsuntersuchungen interessiert sind, nehmen Sie bitte insbesondere zur Abklärung der Anforderungen an den Prüfling und zur terminlichen Abstimmung Kontakt mit uns auf.

4.4.1 Emissionsprüfungen von Bauprodukten im Rahmen des Zulassungsverfahrens durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt)

Die Untersuchung von Bauprodukten nach dem AgBB-Bewertungsschema beinhaltet eine Prüfkammeruntersuchung und sieht Probenahmen auf Tenax TA® und DNPH-Kartuschen nach 3 Tagen und 28 Tagen vor. Bei geräucherten Parketten, Dielen oder sonstigen Hölzern erfolgt auch die Probenahme zur Analyse auf Ammoniak. Die Messergebniserfassung und Auswertung der Emissionsprüfung erfolgt mit der AgBB/DIBt Auswertemaske (ADAM genannt) (siehe Infoteil Seite 90).

4.4.2 Prüfverfahren nach RAL (Umweltzeichen "Blauer Engel")

Das Umweltbundesamt hat für eine Vielzahl von Produktgruppen Vergabegrundlagen erstellt, bei deren Erfüllung einzelne Produkte das Umweltzeichen "Blauer Engel" verliehen bekommen können. ALAB ist von der RAL GmbH als anerkanntes Prüfinstitut für die Vergabe folgender Umweltzeichen als Prüfinstitut ausgewiesen (siehe Infoteil Seite 91).

- **Prüfverfahren nach DE-UZ 38**

Die Untersuchung von emissionsarmen Möbeln und Lattenrosten aus Holz und Holzwerkstoffen nach RAL-UZ 38 mittels einer Prüfkammer sieht Probenahmen auf Tenax TA® und DNPH-Kartuschen nach 3 Tagen und 28 Tagen vor (siehe Infoteil Seite 91).

- **Prüfverfahren nach DE-UZ 113**

Die Untersuchung von emissionsarmen Bodenbelagsklebstoffen und anderen Verlegewerkstoffen sieht Probenahmen auf Tenax TA® und DNPH-Kartuschen nach 3 Tagen und 28 Tagen vor. Die Vergaberichtlinie gilt z.B. für Dispersionsklebstoffe, Pulverklebstoffe und Fixierungen (siehe Infoteil Seite 91).

- **Prüfverfahren nach DE-UZ 120**

Die Untersuchung von emissionsarmen elastischen Fußbodenbelägen sieht Probenahmen auf Tenax TA® und DNPH-Kartuschen nach 3 Tagen und 28 Tagen vor. Die Vergaberichtlinie gilt z.B. für Kunststoffbodenbeläge, Bodenbeläge aus künstlichem und natürlichem Kautschuk, Linoleum (siehe Infoteil Seite 91).

- **Prüfverfahren nach DE-UZ 123**

Die Untersuchung von emissionsarmen Dichtstoffen für den Innenraum sieht Probenahmen auf Tenax TA® und DNPH-Kartuschen nach 3 Tagen und 28 Tagen vor. Die Vergaberichtlinie gilt z.B. für Fugendichtstoffe aus Silikon auf Wasser-, Acetatbasis und neutralvernetzende Silikone - ausgenommen sind oximvernetzende Systeme; Fugendichtstoffe auf Acrylatbasis (siehe Infoteil Seite 91).

- **Prüfverfahren nach DE-UZ 128**

Die Untersuchung von emissionsarmen textilen Bodenbelägen sieht Probenahmen auf Tenax TA® und DNPH-Kartuschen nach 3 Tagen und 28 Tagen vor. Die Vergaberichtlinie gilt für textile Bodenbeläge gemäß DIN ISO 2424 (siehe Infoteil Seite 91).

- **Prüfverfahren nach DE-UZ 132**

Die Untersuchung von emissionsarmen Wärmedämmstoffen und Unterdecken für die Anwendung in Gebäuden sieht Probenahmen auf Tenax TA® und DNPH-Kartuschen vor. Die Vergaberichtlinie gilt für Wärmedämmstoffe nach DIN EN 13162 bis 13171, Unterdecken nach DIN EN 13964 für die Anwendung in Gebäuden sowie bauaufsichtlich zugelassene Dämmstoffe und Unterdecken (siehe Infoteil Seite 91).

- **Prüfverfahren nach DE-UZ 156**

Die Untersuchung von emissionsarmen Verlegeunterlagen sieht Probenahmen auf Tenax TA® und DNPH-Kartuschen nach 3 Tagen und 28 Tagen vor. Die Vergaberichtlinie gilt für Verlegeunterlagen für die Verlegung unter Laminat-, Parkett- und anderen Hartfußböden sowie textilen Bodenbelägen (siehe Infoteil Seite 91).

- **Prüfverfahren nach DE-UZ 176**

Die Untersuchung von emissionsarmen Bodenbelägen, Paneelen und Türen aus Holz und Holzwerkstoffen in Innenräumen sieht Probenahmen auf Tenax TA® und DNPH-Kartuschen nach 3 Tagen und 28 Tagen vor (siehe Infoteil Seite 91).

- **Prüfverfahren nach DE-UZ 198**

Die Untersuchung von emissionsarmen Putzen für den Innenraum sieht Probenahmen auf Tenax TA® und DNPH-Kartuschen nach 3 Tagen und 28 Tagen vor. Die Vergaberichtlinie gilt für mineralische Putze und Dispersionsputze für den Innenraum mit Ausnahme von Gipsputzen (siehe Infoteil Seite 91).



4.4.3 Emissionsprüfungen gemäß natureplus®

In Abhängigkeit von unterschiedlichen Bauprodukten wie Dämmstoffen, Holzwerkstoffplatten, Bodenbelägen oder Anstrichstoffen sind nach festgelegten Kriterien im Rahmen einer Prüfkammeruntersuchung Probenahmen auf Tenax TA® und DNPH-Kartuschen nach 24 Stunden, 3 Tagen oder 28 Tagen vorgeschrieben (siehe Infoteil Seite 91).

4.4.4 Prüfverfahren nach GEV

Das Emissionsverhalten von Verlegewerkstoffen wird nach definierter Lagerung in einer Prüfkammer ermittelt. Probenahmen auf Tenax TA® und DNPH-Kartuschen finden nach 3 Tagen und 28 Tagen statt.

Die „Gemeinschaft emissionskontrollierter Verlegewerkstoffe e.V.“ (GEV) hat für die Produktgruppen dünnflüssige Verlegewerkstoffe (z.B. Grundierungen), pulverförmige Verlegewerkstoffe (z.B. Spachtelmassen), pastöse Verlegewerkstoffe (z.B. Bodenbelagsklebstoffe) sowie sonstige Verlegewerkstoffe (z.B. Unterlagen, Dämmstoffe) das Prüfzeichen „EMICODE“ entwickelt. Dazu wird das Emissionsverhalten der Verlegewerkstoffe nach definierter Lagerung in einer Prüfkammer nach 3 Tagen und nach 28 Tagen ermittelt (siehe Infoteil Seite 92).

4.4.5 Internationale Verordnungen

4.4.5.1 Emissionsprüfungen nach Französischer VOC-Verordnung (Décret n° 2011-321)

Die Untersuchungen sind für Bauprodukte, Einrichtungs- und Ausstattungsmaterialien, wie z.B. Fußbodenbeläge, Farben, Lacke, Fenster, Türen sowie Wand- und Deckenverkleidungen vorgeschrieben. Nach festgelegten Kriterien werden im Rahmen einer Prüfkammeruntersuchung Probenahmen auf Tenax TA® und DNPH-Kartusche nach 28 Tagen durchgeführt (siehe Infoteil Seite 91).

4.4.5.2 Emissionsprüfungen nach Belgischer VOC-Verordnung

Die Untersuchungen sind für Bodenbeläge, Bodenbelagsklebstoffe und Oberflächenbeschichtungen für hölzerne Bodenbeläge vorgeschrieben. Die Prüfungen erfolgen nach der sogenannten horizontalen europäischen Emissionsprüfnorm CEN TS 16516 und zur Bewertung der Emissionsmessungen erfolgt nach 28 Tagen die Probenahmen auf Tenax TA® und DNPH-Kartusche (siehe Infoteil Seite 91).

4.4.5.3 Emissionsprüfungen nach Französischer und Belgischer VOC-Verordnung

Die Bewertung der Emissionsmessungen nach 28 Tagen kann nach der Französischen und nach der Belgischen VOC-Verordnung vorgenommen werden (siehe Infoteil Seite 91).

4.4.6 Weitere Prüfkammeruntersuchungen

Es sind auch Untersuchungen von Materialproben möglich, bei denen z.B. nur die 24-Stunden-Werte oder nur eine einzelne Verbindung, wie Formaldehyd, ermittelt werden sollen.

4.5 Oberflächen-Emissionsmesszelle (FLEC®)

Methode: Prüfung einer Materialprobe auf ihr Emissionsverhalten durch Messung der flüchtigen und mittelflüchtigen organischen Verbindungen mittels einer Oberflächen-Emissionsmesszelle. Die Probenahme erfolgt auf Tenax TA® und/oder DNPH-Kartusche (siehe Infoteil Seite 92).

Der Analysenumfang kann in Absprache festgelegt werden.

4.6 Holzschutzmittelwirkstoffe

(SBM-2015, B-3)

Methode: Extraktion einer Materialprobe im Soxhlet bzw. Ultraschallbad; Derivatisierung des PCP mit Essigsäureanhydrid; quantitative Bestimmung der aufgeführten Substanzen mittels Kapillargaschromatographie und Elektroneneinfangdetektor (ECD) bzw. Massenspektrometer (GC/MS).

4.6.1 Holzschutzmittelwirkstoffe - Palette I

- **Organochlor-Pestizide:** Lindan, Pentachlorphenol (PCP)

4.6.2 Holzschutzmittelwirkstoffe - Palette II

- **Organochlor-Pestizide:** Lindan, Pentachlorphenol (PCP), DDT und DDT-Abbauprodukte (p,p-DDT, o,p-DDT, p,p-DDE, o,p-DDE, p,p-DDD, o,p-DDD)

4.6.3 Holzschutzmittelwirkstoffe - Palette III

- **Organochlor-Pestizide:** Lindan, Pentachlorphenol (PCP)
- **Organophosphor-Pestizide:** Parathion-methyl, Parathion-ethyl

4.6.4 Holzschutzmittelwirkstoffe - Palette IV

- **Chlornaphthaline^C:** 2-Chlornaphthalin, 1-Chlornaphthalin, Dichlornaphthaline, Trichlornaphthaline, Tetrachlornaphthaline

4.6.5 Holzschutzmittelwirkstoffe - Palette V

- **Organochlor-Pestizide:** Lindan, Pentachlorphenol (PCP), Chlorthalonil, Endosulfane (α -Endosulfan, β -Endosulfan, Endosulfansulfat), DDT und DDT-Abbauprodukte (p,p-DDT, o,p-DDT, p,p-DDE, o,p-DDE, p,p-DDD und o,p-DDD)
- **Pyrethroide:** Permethrin (cis/trans), Deltamethrin
- **Organophosphor-Pestizide:** Parathion-methyl, Parathion-ethyl
- **sonstige Pestizide:** Dichlofluanid, Furmecycloxy, Tebuconazol, Propiconazol, Tolyfluanid

4.7 Biozide

(SBM-2015, B-3)

Methode: Extraktion einer Materialprobe im Ultraschallbad bzw. am Soxhlet; quantitative Bestimmung der unten aufgeführten Substanzen mittels Kapillargaschromatographie und Elektroneneinfangdetektor (ECD) bzw. Massenspektrometer (GC/MS).

4.7.1 Biozide - Palette I

- **Pyrethroide:** Permethrin (cis/trans)
- **Synergist:** Piperonylbutoxid (PBO)

4.7.2 Biozide - Palette II

- **Pyrethroide** (in Teppichböden): Permethrin (cis/trans), Tetramethrin, Cyfluthrin, Cypermethrin, Deltamethrin

4.7.3 Biozide - Palette III

- **Pyrethroide:** Permethrin (cis/trans), Tetramethrin, Cyfluthrin, Cypermethrin, Deltamethrin, Allethrin, Phenothrin, Fenvalerat
- **Synergist:** Piperonylbutoxid (PBO)

4.7.4 Biozide - Palette IV

- **Organochlor-Pestizide:** Lindan, Pentachlorphenol (PCP), Chlorthalonil, Endosulfane (α -Endosulfan, β -Endosulfan, Endosulfansulfat), DDT und DDT-Abbauprodukte (p,p-DDT, o,p-DDT, p,p-DDE, o,p-DDE, p,p-DDD, o,p-DDD), para-Dichlorbenzol^C (1,4-Dichlorbenzol), Hexachlorethan^C, Hexachlorbenzol, Heptachlor, Aldrin, Chlordan (cis/trans)^C, Dieldrin, Endrin, Methoxychlor, Triclosan^C
- **Organophosphor-Pestizide:** Diazinon, Chlorpyrifos-methyl, Chlorpyrifos-ethyl, Parathion-methyl, Parathion-ethyl, Malathion, Dichlorvos, Dimethoat^C, Bromophos-methyl^C
- **Pyrethroide:** Permethrin (cis/trans), Tetramethrin, Cyfluthrin, Cypermethrin, Deltamethrin, Allethrin, Phenothrin, Fenvalerat
- **Carbamate:** Ethiofencarb^C, Propoxur
- **sonstige Pestizide:** Dichlofluanid, Fumecyclox, Tebuconazol, Propiconazol, Tolyfluanid
- **Synergist:** Piperonylbutoxid (PBO)
- **Juvenilhormon:** Methopren^C

4.7.5 Biozide - Palette V

- **Organochlor-Pestizide:** Lindan, Pentachlorphenol (PCP), Chlorthalonil, Endosulfane (α -Endosulfan, β -Endosulfan, Endosulfansulfat), DDT und DDT-Abbauprodukte (p,p-DDT, o,p-DDT, p,p-DDE, o,p-DDE, p,p-DDD, o,p-DDD), para-Dichlorbenzol^C (1,4-Dichlorbenzol), Hexachlorethan^C, Hexachlorbenzol, Heptachlor, Aldrin, Chlordan (cis/trans)^C, Dieldrin, Endrin, Methoxychlor, Triclosan^C
- **Chlornaphthaline^C:** 2-Chlornaphthalin, 1-Chlornaphthalin, Dichlornaphthaline, Trichlornaphthaline, Tetrachlornaphthaline
- **Organophosphor-Pestizide:** Diazinon, Chlorpyrifos-methyl, Chlorpyrifos-ethyl, Parathion-methyl, Parathion-ethyl, Malathion, Dichlorvos, Dimethoat^C, Bromophos-methyl^C
- **Pyrethroide:** Permethrin (cis/trans), Tetramethrin, Cyfluthrin, Cypermethrin, Deltamethrin, Allethrin, Phenothrin, Fenvalerat
- **Carbamate:** Ethiofencarb^C, Propoxur
- **sonstige Pestizide:** Dichlofluanid, Fumecyclox, Tebuconazol, Propiconazol, Tolyfluanid
- **Synergist:** Piperonylbutoxid (PBO)
- **Juvenilhormon:** Methopren^C

4.8 Polychlorierte Biphenyle (PCB) nach LAGA

Methode: Extraktion einer Materialprobe im Soxhlet bzw. Ultraschallbad; quantitative Bestimmung der unten aufgeführten Substanzen mittels Kapillargaschromatographie und Elektroneneinfangdetektor (ECD) bzw. Massenspektrometer (GC/MS).

- **PCB-Kongenere:** PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153, PCB 180

4.9 Weichmacher

Methode: Extraktion einer Materialprobe im Soxhlet bzw. Ultraschallbad; quantitative Bestimmung der unten aufgeführten Substanzen mittels Kapillargaschromatographie und Massenspektrometer (GC/MS).

4.9.1 Weichmacher (Phthalate)

- **Phthalate:** Phthalsäureanhydrid (PSA)^C, Dimethylphthalat (DMP), Dimethylisophthalat (DMIP), Diethylphthalat (DEP), Diisobutylphthalat (DIBP), Di-n-Butylphthalat (DBP), n-Benzylbutylphthalat (BBP), Di-(2-ethylhexyl)-phthalat (DEHP), Di-n-Octylphthalat (DOP), Diisononylphthalat (DINP)*, Diisodecylphthalat (DIDP)*

* halbquantitativ

4.9.2 Weitere Weichmacher^C

- **weitere Weichmacher:** Diisobutyladipat (DIBA), 2,2,4-Trimethylpentan-1,3-dioldiisobutytrat (TXIB), Dibutylmaleinat (DBM), Di-(2-ethylhexyl)adipat (DEHA), Bisphenol A, 2,2,4-Trimethylpentan-1,3-diolmonoisobutytrat (Texanol)

4.10 Flammschutzmittel

4.10.1 Flammschutzmittel auf Phosphorbasis

Methode: Extraktion einer Materialprobe im Soxhlet bzw. Ultraschallbad; quantitative Bestimmung der unten aufgeführten Substanzen mittels Kapillargaschromatographie und Massenspektrometer (GC/MS).

- **Halogenhaltig:** Tris-(2-chlorethyl)-phosphat (TCEP), Tris-(2-chlorpropyl)-phosphat (TCPP), Tris-(dichlorpropyl)-phosphat (TDCPP)
- **Halogenfrei:** Triethylphosphat (TEP), Tri-n-butyl-phosphat (TNBP), Tris-(ethylhexyl)-phosphat (TEHP), Tris-(2-butoxyethyl)-phosphat (TBEP), Triphenylphosphat (TPP), Tricresylphosphat (TCP), Dicresylphenylphosphat (DCPP), Cresyldiphenylphosphat (CDP)

4.10.2 Bromierte Flammschutzmittel^B

Methode: Extraktion der Probe im Ultraschallbad; Analyse mittels Kapillar-Gaschromatographie und Massenspektrometer im NCI (negative chemische Ionisation) und/oder EI (elektrische Ionisation), quantitative Bestimmung folgender Verbindungen nach der Methode des Internen Standards und Vergleichsgemisch.

- **Bromierte Flammschutzmittel:** Monobrombiphenyle, Dibrombiphenyle, Tribrombiphenyle, Tetrabrombiphenyle, Pentabrombiphenyle, Hexabrombiphenyle, Heptabrombiphenyle, Octabrombiphenyle, Nonabrombiphenyle, Decabrombiphenyle, Tribromphenylallylether, Hexabrombenzol, Pentabromtoluol, Monobrombiphenylether, Dibromdiphenylether, Tribrombiphenylether, Tetrabrombiphenylether, Pentabrombiphenylether, Hexabrombiphenylether, Heptabrombiphenylether, Octabrombiphenylether, Nonabrombiphenylether, Decabrombiphenylether, Hexabromcyclododecan, Tris-(2,3-dibrompropyl)-phosphat (TRIS), Tetrabrombisphenol A (TBBPA)

4.11 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

Methode: Extraktion der Materialprobe im Soxhlet bzw. Ultraschallbad; quantitative Bestimmung der unten aufgeführten Substanzen mittels Kapillargaschromatographie und Massenspektrometer (GC/MS).

- **16 EPA-PAK:** Naphthalin, Acenaphthylen, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthren, Pyren, Benz(a)anthracen, Chrysen, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren, Benzo(a)pyren, Indeno(1,2,3-cd)pyren, Dibenz(a,h)anthracen, Benzo(ghi)perylen

4.12 Isothiazolinone^C



Methode: Extraktion der Materialprobe im Soxhlet bzw. Ultraschallbad; quantitative Bestimmung der unten aufgeführten Substanzen mittels Kapillar-Gaschromatographie und Massenspektrometer (GC/MS).

- **Isothiazolinone:** 2-Methyl-4-isothiazolin-3-on (MIT, MI), 5-Chlor-2-methyl-4-isothiazolin-3-on (CIT, CMI), Octhilonon (OIT)

4.13 ETS (Environmental Tobacco Smoke)^C

Methode: Extraktion der Materialprobe im Soxhlet bzw. Ultraschallbad; quantitative Bestimmung der unten aufgeführten Substanzen mittels Kapillar-Gaschromatographie und Massenspektrometer (GC/MS).

- **ETS:** Nikotin, Cotinin

4.14 Chlorparaffine^A

Methode: Extraktion der Probe im Ultraschallbad; Analyse mittels Kapillar-Gaschromatographie und Massenspektrometer im NCI (negative chemische Ionisation) und/oder EI (elektrische Ionisation), quantitative Bestimmung folgender Verbindungen nach der Methode des Internen Standards und Vergleichsgemisch.

- **Chlorparaffine:** kurz- und mittelkettige Chlorparaffine

4.15 Schwermetalle^A

Methode: Aufschluss der Probe mit Königswasser; quantitative Bestimmung folgender Elemente mittels ICP-MS:

4.15.1 Schwermetalle

- Antimon, Arsen, Barium, Beryllium, Bismut, Blei, Cadmium, Chrom, Kobalt, Kupfer, Molybdän, Nickel, Quecksilber, Silber, Thallium, Vanadium, Wolfram, Zink, Zinn, Zirkonium

4.15.2 Einzelsubstanz Schwermetalle

Quantitative Bestimmung einer einzelnen Komponente aus der Schwermetall-Palette 4.15.1

4.16 Zinnorganische Verbindungen^B

(SBM-2015, B-3)

Methode: Die Analyse erfolgt in Anlehnung an DIN 38407-13. Die Organozinnverbindungen werden mit Natriumtetraethylborat versetzt und mittels GC/MS bestimmt.

4.16.1 Organozinnverbindungen Palette I

- **Organozinnverbindungen:** Monobutylzinn, Dibutylzinn, Tributylzinn

4.16.2 Organozinnverbindungen Palette II

- **Organozinnverbindungen:** Monobutylzinn, Dibutylzinn, Tributylzinn, Monoctylzinn, Dioctylzinn, Triphenylzinn, Tricyclohexylzinn

4.17 Asbest / Künstliche Mineralfasern (KMF)^B

Methode 1: Untersuchung im Lichtmikroskop, bei Bedarf Veraschen und Säurebehandlung der Probe zur Entfernung organischer Bestandteile oder Methode 2: Untersuchung im Rasterelektronenmikroskop mit der Elektronenstrahl-Mikroanalyse (REM/EDXA). Die Anwendung von Methode 1 oder 2 für Materialproben wird vom Fremdlabor nach Erhalt der Probe/n entschieden. Die Untersuchung gemäß 4.17.2 erfolgt mit Methode 2.

4.17.1 Material

Untersuchung einer Materialprobe auf Asbest/KMF

KMF-Produktfaserzuordnung siehe Punkt 2.10.2 und 3.15.2

4.17.2 Bodenbelag mit Kleber

Untersuchung einer Bodenbelagsprobe mit anhaftendem Bitumenkleber auf Asbest

4.18 Schwarzstaubuntersuchungen (Fogging)

Methode: Extraktion einer Material-, Wisch- oder Hausstaubprobe im Ultraschallbad; quantitative Bestimmung der unten aufgeführten Substanzen mittels Kapillar-Gaschromatographie und Massenspektrometer (GC/MS).

4.18.1 Material-, Wisch- oder Hausstaubprobe

- **Weichmacher/Phthalate:**
 - **Phthalate:** Phthalsäureanhydrid (PSA)^C, Dimethylphthalat (DMP), Dimethylisophthalat (DMIP), Diethylphthalat (DEP), Diisobutylphthalat (DIBP), Di-n-butylphthalat (DBP), n-Benzylbutylphthalat (BBP), Di-(2-ethylhexyl)-phthalat (DEHP), Di-n-Octylphthalat (DOP), Diisononylphthalat (DINP)*, Diisodecylphthalat (DIDP)*
 - **Weitere Weichmacher^C:** Diisobutyladipat (DIBA), 2,2,4-Trimethylpentan-1,3-dioldiisobutyrat (TXIB), Dibutylmaleinat (DBM), Di-(2-ethylhexyl)adipat (DEHA), Bisphenol A, 2,2,4-Trimethylpentan-1,3-diolmonoisobutyrat (Texanol)
- **16 EPA-PAK:** Naphthalin, Acenaphthylen, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthren, Pyren, Benz(a)anthracen, Chrysen, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren, Benzo(a)pyren, Indeno(1,2,3-cd)pyren, Dibenz(a,h)anthracen, Benzo(ghi)perylene
- **sonstige Verbindungen^C:** Nicotin, Squalen, Paraffine (Summe C12 – C33), Fettsäure-Ester*, Fettalkohole*

* halbquantitativ

Die Untersuchung einer Wischprobe beinhaltet die Blindwertbestimmung eines Wischtuches.

4.18.2 „Foggingpakete“

Untersuchung je einer Wisch- und Hausstaubprobe auf die unter 4.18.1 aufgeführten Substanzen, sowie einer Blindwertbestimmung eines Wischtuches.

Untersuchung einer Wischprobe sowie von zwei Materialproben auf die unter 4.18.1 aufgeführten Substanzen, sowie einer Blindwertbestimmung eines Wischtuches.

Untersuchung je einer Wisch- und Hausstaubprobe sowie von zwei Materialproben auf die unter 4.18.1 aufgeführten Substanzen, sowie einer Blindwertbestimmung eines Wischtuches.



4.19 Probenvorbereitung

Für aufwendige Vorbereitung von Proben (Material und Hausstaub) für die Analyse behalten wir uns vor Aufschläge zu erheben:

Herstellung einer repräsentativen Mischprobe (Zerkleinern/Homogenisieren)

Zermahlen in der Kugelmühle (betrifft die Analyse auf Schwermetalle) je Probe

Aufbereitung eines Staubsaugerbeutels

5 Materialien für die Probenahme

5.1 Luftprobenahme

Aktivkohle (Passivsammler Orsa) je Stück

Aktivkohle (Niosh) je Stück

Anasorb 747 je Stück

Chromosorb je Stück

Florisilröhrchen je Stück

PU-Schaum/GFF inkl. Sammelkopf je Stück

Tenax TA-Röhrchen für Thermodesorption je Satz (3 Stück, Doppelprobe und Blindwert)

Pfand für Aufbewahrungs- und Transportgefäße für Thermodesorptionsröhrchen je Satz

Messingadapter für Tenax TA-Röhrchen

Leihgebühr Schlauch mit Messingadapter und Restriktor für Tenax TA-Röhrchen

Kaufpreis Schlauch mit Messingadapter und Restriktor für Tenax TA-Röhrchen

DNPH-Kartuschen je Stück

Adapter für DNPH-Kartuschen (wiederverwendbar) je Stück

5.2 Abtupfprobenahme

Abtupfstempel für Asbest/KMF je Stück

5.3 Wischprobenahme

vorextrahierte Wischtücher für Fogginguntersuchungen je Satz (1 Tuch + 1 Blindwert-Tuch)

6 Personalkosten

Die Regelstundensätze werden grundsätzlich auf die angefangene halbe Stunde aufgerundet (kleinste Einheit: 0,5 Stunden).

Tätigkeiten vor Ort umfassen die Beratung und Begutachtung vor Ort sowie die Planung und Durchführung der Probenahme.

Als besondere Laborleistungen gelten - soweit keine anderen Absprachen getroffen wurden - alle Tätigkeiten, die nicht im Leistungsverzeichnis enthalten sind.

Nebenleistungen wie die Erstellung von Berichten, Recherchen bei Behörden, Vermessungs- und Zeichenarbeiten werden nach Aufwand oder per Angebot pauschal abgerechnet.

Gutachterliche Tätigkeit wird nach Absprache dem Aufwand entsprechend berechnet.

7 Rabattregelungen

Auf Labordienstleistungen gewähren wir folgende Rabatte:

ab einem Netto-Auftragsvolumen von € 1600,- pro Quartal: 5% Rabatt,

ab einem Netto-Auftragsvolumen von € 2800,- pro Quartal: 10% Rabatt,

ab einem Netto-Auftragsvolumen von € 5000,- pro Quartal: 15% Rabatt.



8 Literatur

Zusätzlich zu unserem Analysenangebot möchten wir Sie auf einige Projektberichte und Broschüren hinweisen, die vor allem für diejenigen unter Ihnen interessant sein dürften, die sich mit dem Problemfeld "Innenraumlufte" beschäftigen. Die Arbeiten können Sie über uns beziehen, Bestellung am besten per Fax.

Verbraucherinformationen zu Umweltchemikalien

- Weichmacher in Innenräumen. Berlin 1991 1,50
- Wasserlacke - völlig harmlos? Berlin 1993 1,50
- Holzschutzmittel in Dachgeschossen. Berlin 1997 1,50

Sachberichte zu Projekten

- Formaldehyd und Luftwechselraten in Fertighäusern. Berlin 1991 15,00
- Analyse von Muttermilch auf Organochlorpestizide und Polychlorierte Biphenyle und darauf aufbauende Beratung. Berlin 1991 15,00
- Analyse und Bewertung der in Raumlufte und Hausstaub vorhandenen Konzentrationen der Weichmacherbestandteile Diethylhexylphthalat (DEHP) und Dibutylphthalat (DBP). Berlin 1991 15,00
- Forschungs- und Beratungsinstitut Gefahrstoffe (FoBiG): Humantoxikologische Bewertung von Di-2-(ethyl)-phthalat (DEHP) und Di-n-butylphthalat (DBP) - Ableitung von Orientierungswerten. Freiburg 1991 15,00
- Analyse und Bewertung der in Innenräumen vorkommenden Konzentrationen von Diisocyanaten. Berlin 1992. ISBN: 3-929807-11-4 15,00
- Untersuchung der Raumluftebelastung von Wohnungen in unmittelbarer Nachbarschaft von Tankstellen / Fortsetzung. Berlin 1992. ISBN: 3-929807-12-2 15,00
- Analyse und Bewertung der in Innenräumen vorkommenden Konzentrationen an länger-kettigen Aldehyden. Berlin 1993. ISBN: 3-929807-13-0 15,00
- Institut für Umweltchemie Bremen: Zur Toxikologie aliphatischer Aldehyde. Datenauswertung und Bewertung hinsichtlich chronischer inhalativer Toxizität - Orientierungswerte für den Innenraumbereich. Bremen 1993 15,00
- Untersuchung der Raumluftebelastung von Wohnungen in unmittelbarer Nähe von vielbefahrenen Kreuzungen Berlin 1993. ISBN: 3-929807-14-9 15,00
- Belastung der Innenraumlufte durch Emissionen aus Tiefgaragen. Berlin 1993 ISBN: 3-929807-15-7 15,00
- Untersuchung von Dachgeschossen auf die Belastung mit Holzschutzmittelwirkstoffen. Berlin 1993. ISBN: 3-929807-16-5 15,00
- Umweltberatung zum Thema "Vorkommen von Estern und Ethern mehrwertiger Alkohole in der Raumlufte." Berlin 1994. ISBN: 3-929807-17-3 15,00

Sachbericht-Paket

Alle 12 aufgeführten Sachberichte zu Projekten zum Paketpreis von 77,00

Projektbericht "Ester und Ether mehrwertiger Alkohole in der Innenraumlufte"

- Von Oktober 1997 bis April 1998 wurden im Rahmen eines vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie geförderten Projektes in 200 repräsentativ ausgewählten Wohnungen 400 Raumlufteanalysen auf Glykolverbindungen durchgeführt. In dem Projektbericht werden u.a. die Messergebnisse statistisch ausgewertet, so dass sich eine dem Umwelt-Survey des früheren Bundesgesundheitsamtes vergleichbare Basis für die Bewertung der untersuchten Stoffe ergibt. Berlin 1999. ISBN: 3-929807-18-1 15,00

Innenraumlufstudie VOC: 1989 - 1999

- Im Rahmen einer Diplomarbeit führte Uwe Hott eine statistische Analyse von 744 Raumluf-untersuchungen aus dem Zeitraum 1989 bis 1999 durch. Die Ergebnisse wurden mit dem 1. Umwelt-Survey des BGA und Messungen der GfU verglichen. Um Quellen für bestimmte VOC zu ermitteln bzw. Umgebungsfaktoren zu benennen, welche die VOC-Konzentrationen beeinflussen, wurden Fragebögen ausgewertet, die u. a. Daten zur Raumausstattung und Umgebungsfaktoren enthielten. Diese Daten wurden mit den Messdaten verknüpft und eine Korrelationsanalyse durchgeführt. Uwe Hott, Berlin 2000. ISBN: 3-929807-20-3 (129 Seiten + CD ROM) 26,00

Innenraumlufbroschüre

- Wohngifte – Ein Blick hinter die Fassade. Berlin 1992. 112 Seiten, ISBN: 3-929807-00-9 7,00

Publikationen der Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute AGÖF:

- Ökologische Gebäudesanierung II - Gesundes Bauen und Wohnen - Beiträge vom Fachkongress der Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute 15./16. November 1993 in Berlin. Bonn 1994. 432 Seiten, ISBN: 3-930576-00-7 27,00
- Gebäudestandard 2000: Energie & Raumlufqualität. Ergebnisse des 4. Fachkongresses der Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) am 25. und 26. 9. 1998 in Nürnberg. Springe-Eldagsen: AGÖF 1998, 280 Seiten, ISBN: 3 930576-01-5 29,00
- Ökologisches Bauen - Energiesparend, emissionsarm und zukunftsfähig?! Ergebnisse des 5. Fachkongresses der Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) vom 23. bis 25. 9. 1999 in Bremen. Springe-Eldagsen: AGÖF 1999, 253 Seiten, ISBN: 3-9305766-02-3 29,00
- Umwelt, Gebäude & Gesundheit - Von Energieeffizienz zur Raumlufthygiene. Ergebnisse des 6. Fachkongresses der Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) am 20. und 21. 9. 2001 in Nürnberg. AGÖF - Springe-Eldagsen. 2001, 431 Seiten, ISBN: 3-9305766-03-1 29,00
- PCB in Innenräumen; AGÖF/TU Berlin, Berlin 1996, 69 Seiten, ISBN: 3-7983-685-6 5,00
- Umwelt, Gebäude & Gesundheit - Ergebnisse des 7. Fachkongresses der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) am 4. und 5. März 2004 in München. AGÖF - Springe-Eldagsen. 2004, 325 Seiten, ISBN: 3-930576-05-8 45,00

Publikationen anderer Verlage:

- Neuauflage: Leitfaden Umweltmedizin: Herausgegeben von Dr. S. Böse-O`Reilly, Dr. S. Kammerer, Prof. Dr. V. Mersch-Sundermann, Prof. Dr. M. Wilhelm; Urban & Fischer Verlag, München - Jena, 2. Auflage 2001, 720 Seiten, ISBN: 3-437-41021-0 37,00

9 Allgemeine Geschäftsbedingungen - Datenschutz

§ 1 Geltungsbereich: Die Rechtsbeziehungen der ALAB GmbH zu ihrem Auftraggeber (AG) bestimmen sich nach den folgenden Vertragsbedingungen. Davon abweichende Geschäftsbedingungen des AG werden nur dann Vertragsinhalt, wenn sie die ALAB GmbH ausdrücklich schriftlich anerkennt.

§ 2 Auftrag: Gegenstand des Auftrags sind Messungen, Beratungen, Planungen und die gutachterliche Tätigkeit, wie die Feststellung von Tatsachen, Darstellung von Erfahrungssätzen, Ursachenermittlung, Bewertung und Überprüfung nach dem aktuellen Stand der Technik im Bereich der Innenraum-, Boden- und Wasserschadstoffe.

§ 3 Durchführung des Auftrags: Der Auftrag wird durch die ALAB GmbH unparteiisch und nach bestem Wissen und Gewissen ausgeführt. Soweit unvorhergesehene oder im Verhältnis zum Zwecke des Gutachtens zeit- oder kostenaufwendige Untersuchungen erforderlich werden, oder wenn Aufträge an Andere vergeben werden, ist dazu die vorherige Zustimmung des AG einzuholen. ALAB GmbH wird vom AG ermächtigt, bei Beteiligten, Behörden und dritten Personen, die für die Erstattung des Gutachtens notwendigen Auskünfte einzuholen und Erhebungen durchzuführen. Falls erforderlich, hat der AG der ALAB GmbH hierfür eine besondere Vollmacht auszustellen. Ist für den Auftrag eine zeitliche Frist vereinbart worden, so ist hierin im Zweifel keine Vereinbarung eines Fix-Geschäfts zu sehen.

§ 4 Pflichten des Auftraggebers: Der AG darf der ALAB GmbH keine Weisungen erteilen, die deren tatsächliche Feststellungen oder das Ergebnis eines Gutachtens verfälschen können. Der AG hat dafür Sorge zu tragen, dass der ALAB GmbH alle für die Ausführung des Auftrages notwendigen Auskünfte und Unterlagen unentgeltlich und rechtzeitig zur Verfügung stehen. ALAB GmbH behält sich vor, ggf. Unteraufträge zu vergeben.

§ 5 Schweigepflicht: Der ALAB GmbH ist untersagt, Tatsachen und Unterlagen, die ihr im Rahmen ihrer Tätigkeit anvertraut wurden oder sonst bekannt geworden sind, unbefugt zu offenbaren, weiterzugeben oder auszunutzen. Die Pflicht zur Verschwiegenheit umfasst alle nicht offenkundigen Tatsachen und gilt über die Dauer des Auftragsverhältnisses hinaus. Die ALAB GmbH ist zur Offenbarung, Weitergabe oder eigenen Verwendung der bei ihrer Tätigkeit erlangten Erkenntnisse befugt, wenn sie aufgrund von gesetzlichen Vorschriften hierzu verpflichtet ist oder der AG sie ausdrücklich und schriftlich von der Schweigepflicht entbindet. Im Übrigen sind die ALAB GmbH und ihre Mitarbeiter/innen nach Absprache mit dem AG befugt, Untersuchungsergebnisse im Rahmen von erbrachten Tätigkeiten unter Beachtung des Datenschutzes für wissenschaftliche Zwecke zu verwenden, zu publizieren und einer eigenständigen wissenschaftlichen Bewertung zu unterziehen. Die Nennung des Auftraggebers in allgemeiner Form (Auftraggeber, Kurzbeschreibung, Datum) darf als Referenz genannt werden.

§ 6 Urheberrechtsschutz: Die Veröffentlichung, insbesondere von Gutachten, seine Verwendung, Vervielfältigung und Verbreitung ist nur im Rahmen des vertraglich bestimmten Verwendungszweckes unter namentlicher Nennung der ALAB GmbH gestattet.

§ 7 Vergütung: Die ALAB GmbH hat Anspruch auf Zahlung einer Vergütung. Es gelten die Preise gemäß dem aktuellen Verzeichnis sofern nicht ein bestimmter Preis vereinbart wurde. Positionen mit dem Vermerk "nach Aufwand" werden im Einzelfall auf der Basis des zeitlichen Aufwands (Stundensatz) kalkuliert. Nach Erteilung größerer Aufträge können vor Beginn und während der Arbeiten Kostenabschläge bis max. 90% der voraussichtlichen Gesamtabrechnung erhoben werden. Alle Preise verstehen sich zuzügl. der aktuellen Mehrwertsteuer.

§ 8 Zahlung und Zahlungsverzug: Die vereinbarte Vergütung wird mit Zugang von Leistung (Protokoll, Gutachten, Planung) und Rechnung beim AG ohne Abzug fällig. Die postalische Übersendung des Gutachtens unter gleichzeitiger Einbeziehung der fälligen Vergütung per Nachnahme ist zulässig. Zahlungsanweisungen, Schecks und Wechsel werden nur nach besonderer Vereinbarung und unter Berechnung aller Einbeziehungs- und Diskontspesen – sowie nur zahlungshalber angenommen. Kommt der AG mit der Zahlung oder einer Vorschusszahlung auf eine Mahnung der ALAB GmbH in Verzug, so sind Verzugszinsen in Höhe von 5 % - sofern der AG Verbraucher ist - im übrigen in Höhe von 8 % über dem jeweiligen Basiszinssatz zu entrichten. Die Geltendmachung eines höheren Verzugs Schadens bleibt der ALAB GmbH auf entsprechenden Nachweis vorbehalten. Bei Nichteinhaltung von Zahlungsbedingungen ist die ALAB GmbH berechtigt, alle Vergütungsforderungen sofort fällig zu stellen. Dies gilt auch bei Nichteinlösung von Wechseln und Schecks. Gegen die Ansprüche der ALAB GmbH kann der AG nur aufrechnen, wenn die Gegenforderung des AG unbestritten ist oder ein rechtskräftiger Titel vorliegt. Ein Zurückbehaltungsrecht kann der AG geltend machen, wenn es auf Ansprüchen aus abgeschlossenem Vertrag beruht.

§ 9 Fristüberschreitung: Die ALAB GmbH übernimmt keine Gewähr für die Einhaltung eines bestimmten Terms beim Abschluss einer Untersuchung, Planung oder Gutachtenerstellung. Im Falle der Vereinbarung einer Frist zur Ablieferung der Leistung beginnt diese mit Vertragsabschluss. Benötigt die ALAB GmbH für die Leistungserbringung Unterlagen des AG oder ist die Zahlung eines Vorschusses vereinbart, so beginnt der Lauf der Frist erst nach Eingang der vollständigen Unterlagen bzw. des Vorschusses. Bei Überschreitung eines vereinbarten Ablieferungstermins kann der AG nur im Fall des Leistungsverzuges der ALAB GmbH oder der von der ALAB GmbH zu vertretenden Unmöglichkeit vom Vertrag zurücktreten oder Schadensersatz verlangen. Der AG kann neben der Lieferung Verzugschadensersatz nur verlangen, wenn er der ALAB GmbH Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit nachweist.

§ 10 Kündigung: Die ALAB GmbH und der AG können den Vertrag jederzeit aus wichtigem Grund kündigen. Die Kündigung ist schriftlich zu erklären. Ohne Vorliegen eines wichtigen Grundes ist die Kündigung ausgeschlossen. Wird der Vertrag aus wichtigem Grund gekündigt, den die ALAB GmbH zu vertreten hat, so steht ihr eine Vergütung für die bis zum Zeitpunkt der Kündigung erbrachte Teilleistung nur insoweit zu, als diese für den AG objektiv verwertbar ist. In allen anderen Fällen behält die ALAB GmbH den Anspruch auf volle Aufwendungen. Sofern der AG im Einzelfall keinen höheren Anteil an ersparten Aufwendungen nachweist, wird dieser mit 40% der Vergütung für die von der ALAB GmbH noch nicht erbrachten Leistungen vereinbart.

§ 11 Gewährleistung: Der AG kann als Gewährleistung zunächst nur Nacherfüllung verlangen. Sollte die Nacherfüllung innerhalb einer vom AG zu setzenden, angemessenen Frist fehlschlagen, so kann der AG Herabsetzung der Vergütung verlangen oder vom Vertrag zurücktreten. Offensichtliche Mängel müssen unverzüglich nach Feststellung durch den AG der ALAB GmbH schriftlich angezeigt werden; andernfalls erlischt der Gewährleistungsanspruch. Bei Fehlen von zugesicherten Eigenschaften bleibt ein Anspruch auf Schadensersatz unberührt.

§ 12 Haftung und Verjährung: Die ALAB GmbH haftet nur für Schäden, die durch Vorsatz und grobe Fahrlässigkeit verursacht werden. Dies gilt auch für die Handlungen von Erfüllungs- und Verrichtungsgehilfen. Ebenso gilt dieser Haftungsausschluss für Schäden, die bei Nachbesserung entstehen. Die Rechte des AG aus Gewährleistung gemäß § 11 werden dadurch nicht berührt. Die Ansprüche wegen Lieferverzug sind in § 9 abschließend geregelt. Es gilt die gesetzliche Verjährungsfrist.

§ 13 Erfüllungsort und Gerichtsstand: Gerichtsstand und Erfüllungsort ist Berlin, Amtsgericht Charlottenburg.

Datenschutz

1. Grundlegendes

Diese Datenschutzerklärung soll über die Art, den Umfang und den Zweck der Erhebung und Verwendung personenbezogener Daten informieren.

Die ALAB GmbH nimmt Ihren Datenschutz sehr ernst und behandelt Ihre personenbezogenen Daten vertraulich und entsprechend der gesetzlichen Vorschriften.

Definitionen der verwendeten Begriffe (z.B. "personenbezogene Daten" oder "Verarbeitung") finden Sie in Art. 4 DSGVO (Datenschutzgrundverordnung).

2. Name und Anschrift der Verantwortlichen

Die verantwortliche Stelle für die Erhebung, Verarbeitung und Nutzung Ihrer personenbezogenen Daten im Sinne von Art. 4 Nr. 7 DSGVO ist:

ALAB - Analyse Labor in Berlin GmbH

Wilsnacker Straße 15

10559 Berlin

vertreten durch die Geschäftsführerin Dipl.-Ing. Ruth Cremer

Tel.: 030 / 394 99 83

Fax: 030 / 394 73 79

E-Mail: info@alab-berlin.de

Sofern Sie der Erhebung, Verarbeitung oder Nutzung Ihrer Daten durch uns nach Maßgabe dieser Datenschutzbestimmungen insgesamt oder für einzelne Maßnahmen widersprechen wollen, können Sie Ihren Widerspruch an die Verantwortlichen richten.

3. Datenerfassung

E-Mail-Kontakt

Nehmen Sie mit uns durch die angebotene Kontaktmöglichkeit (E-Mail) Verbindung auf, werden Ihre Angaben gespeichert, damit auf diese zur Bearbeitung und Beantwortung Ihrer Anfrage zurückgegriffen werden kann. Rechtsgrundlage für die Verarbeitung der Daten, die im Zuge einer Übersendung per E-Mail übermittelt werden, ist Art. 6 Abs. 1 lit. f DSGVO. Zielt der E-Mail-Kontakt auf den Abschluss eines Vertrages ab, so ist zusätzlich Rechtsgrundlage für die Verarbeitung Art. 6 Abs. 1 lit. b DSGVO.

Datenerfassung zur Erfüllung vertraglicher Pflichten

Im Rahmen unserer Geschäftstätigkeit behalten wir uns vor Ihre personenbezogenen Daten zur Durchführung von vorvertraglichen Maßnahmen und / oder zur Erfüllung von vertraglichen Pflichten gemäß Art. 6 Abs. 1 lit. b DSGVO zu verarbeiten. Dabei kann es sich um Daten handeln, wie:

- Firmenname
- Ansprechpartner (Vor- und Nachname)
- Anschrift (Straße, PLZ, Ort)
- Telefonnummer
- Fax-Nummer
- E-Mail Adresse

Die Speicherung der Daten erfolgt in unserer internen Datenbank.

Datenerfassung bei der Beauftragung unserer öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen durch das Gericht

Die Verarbeitung erfolgt zum Zweck der Erstellung einer Sachverständigenleistung aufgrund der Beauftragung durch ein Gericht. Rechtsgrundlage ist Art. 6 Abs. 1 lit. c DSGVO i.V.m. §407 ZPO (Zivilprozessordnung). Des Weiteren kann eine Vorlage des Gutachtens an die zuständige Bestellungsbehörde (IHK Berlin) zu Zwecken der aufsichtsrechtlichen Überprüfung der Sachkunde erfolgen. Rechtsgrundlage ist ebenfalls Art. 6 Abs. 1 c) DSGVO i.V.m. §36 GewO (Gewerbeordnung) und die Sachverständigenordnung.

Zu diesem Zweck werden Titel, Namen, Berufe und Anschriften der Prozessbeteiligten einschließlich der Prozessvertreter aufgenommen und verwendet (je nach Art des Gutachtens kommen weitere Daten wie Funktion etc. hinzu). Die Daten werden der Gerichtsakte entnommen, anlässlich von Ortsterminen erhoben oder im Rahmen einer Recherche (z.B. im Katasteramt) ermittelt.

In die Daten haben befugte Personen der ALAB GmbH Einsicht. Die Sachverständigenleistung wird beim auftraggebenden Gericht eingereicht, das es den Prozessbeteiligten zuleitet. Im Fall der Überprüfung der Sachkunde wird das Gutachten der zuständigen Bestellungsbehörde übermittelt, die die Sachverständigenleistung ggf. einem Fachausschuss zur weiteren Prüfung vorlegt.

Als öffentlich bestellte Sachverständige unterliegen wir einer Aufbewahrungsfrist unserer schriftlichen Dokumente von 10 Jahren (soweit nicht Rechtsstreitigkeiten eine Verlängerung der Aufbewahrungsfrist erfordern), die mit dem Ende des Kalenderjahres, in dem die Leistung erbracht wurde, beginnt.

4. Bestehende Datenschutzrechte betroffener Personen

Sie haben jederzeit das Recht auf unentgeltliche Auskunft über Ihre gespeicherten personenbezogenen Daten, deren Herkunft und Empfänger und den Zweck der Datenverarbeitung. Sie haben außerdem das Recht die Berichtigung, Sperrung oder Löschung dieser Daten zu verlangen. Ausnahmen: Es handelt sich um die vorgeschriebene Datenspeicherung zur Geschäftsabwicklung oder die Daten unterliegen der gesetzlichen Aufbewahrungspflicht. Hierzu sowie zu weiteren Fragen zum Thema Datenschutz können Sie sich jederzeit unter der in Punkt zwei angegebenen Adresse an uns wenden. Sollten Sie annehmen, dass Ihre Daten unrechtmäßig verarbeitet wurden, können Sie eine Beschwerde bei der zuständigen Aufsichtsbehörde einreichen.

Stand: 21.07.2021

10 Infoteil

10.1 Flüchtige organische Verbindungen (VOC)

Luftanalytik: Die Analyse von VOC kann entweder mit Thermodesorption oder mit Lösemitteldesorption erfolgen.

Die Analyse von VOC mittels Thermodesorption wird nach DIN ISO 16000 Blatt 6:2012-11 durchgeführt. Die Probenahme erfolgt auf Sammelröhrchen, die mit dem Adsorptionsmittel Tenax TA[®] gefüllt sind. Diese Röhrchen können in speziellen Transportbehältern zusammen mit einer detaillierten Probenahmeanleitung von ALAB bezogen werden. Die Röhrchen werden in der Regel mit 2 Litern Luft bei einem Volumenstrom von ca. 100 ml/min beladen. Die quantitative Analyse erfolgt nach thermischer Desorption gaschromatographisch mit massenselektivem Detektor (GC/MS) nach der Methode des Externen Standards. Die Bestimmungsgrenzen liegen für die meisten VOC bei 1 µg/m³. Die Bestimmungsgrenzen für MVOC und weitere Geruchsstoffe liegen, je nach Gehalt an überlagernden Störsubstanzen, bei 1 bis 100 ng/m³ pro Substanz. Die Vorteile der Thermodesorption gegenüber der Lösemitteldesorption bestehen in kürzeren Probenahmezeiten, einer umfangreicheren Untersuchungspalette sowie teilweise niedrigeren Bestimmungsgrenzen.

Die Analytik mittels Lösemitteldesorption wird nach VDI 2100 Blatt 2:2010-11 durchgeführt. Bei der Analyse von auf Aktivkohle-Sammelröhrchen gezogenen Luftproben für vorwiegend unpolare VOC erfolgt die Desorption der nachzuweisenden Substanzen mit Schwefelkohlenstoff nach Zugabe von internen Standards zu der beladenen Aktivkohle. Der analytische Nachweis erfolgt mit Hilfe eines mit einem Massenspektrometer gekoppelten Gaschromatographen (GC/MS). Die Bestimmungsgrenze pro Substanz beträgt bei 100 Liter Sammelvolumen 1 bis 2 µg/m³.

Bei der Analyse von vorwiegend polaren Verbindungen und den MVOC erfolgt die Sammlung auf Anasorb 747. Als Desorptionsmittel wird anstelle von Schwefelkohlenstoff ein Gemisch aus Dichlormethan und Methanol verwendet, da mit Schwefelkohlenstoff polare Substanzen wie z. B. Glykolverbindungen nicht vollständig von Anasorb 747 heruntergelöst werden. Der analytische Nachweis erfolgt mit Hilfe eines mit einem Massenspektrometer gekoppelten Gaschromatographen (GC/MS). Die Bestimmungsgrenze ist für die einzelnen Verbindungen sehr unterschiedlich und beträgt pro Substanz bei 100 Liter Sammelvolumen zwischen 0,08 und 10 µg/m³.

Materialanalytik: Materialproben werden zur Untersuchung auf VOC mittels Thermodesorption zwei Stunden lang im Gasstrom extrahiert. Der beladene Extraktionsgasstrom wird über ein Tenax TA-Sammelröhrchen geleitet. Der weitere Analysengang entspricht der Luftanalytik.

10.1.1 Leicht- bis mittelflüchtige, vorwiegend unpolare organische Verbindungen

Lösungsmittel (auch: Lösemittel) sind Substanzen, in der Regel Flüssigkeiten, die andere Feststoffe, Flüssigkeiten, selten auch Gase lösen oder verdünnen können, ohne dass es dabei zu chemischen Reaktionen zwischen gelöstem Stoff und lösendem Stoff kommt. In Innenräumen finden wir Lösemittel vor allem als Bestandteile von Farben, Lacken und Klebstoffen, die unangenehme Gerüche, Gesundheits- und Umweltschäden sowie explosive Dämpfe verursachen können. Nach der TRGS 610 (Technische Regeln für Gefahrstoffe) werden nur flüchtige organische Lösemittel mit einem Siedepunkt bis 200 °C als Lösemittel bezeichnet. Die sogenannten „Hochsieder“ (Siedepunkt über 200 °C) gelten daher rein rechtlich nicht als Lösemittel.

Lösemittel sind allgegenwärtig: sie sind in der Atemluft auffindbar und in unzähligen Produkten des täglichen Gebrauchs enthalten. Autokraftstoffe bestehen fast ausschließlich aus Chemikalien, die auch als Lösemittel verwendet werden. In Nahrungsmitteln, vor allen Dingen den fetthaltigen, werden sie bei Kontrollen immer häufiger gefunden. An vielen Arbeitsplätzen müssen die dort Beschäftigten hohe Konzentrationen gesundheitsschädlicher Lösemittel ertragen. Weil viele Lösemittel nur in hohen Konzentrationen, etwa an Tankstellen oder unmittelbar nach Malerarbeiten, an ihrem Geruch zu erkennen sind, wissen wir oft gar nicht, dass wir es mit ihnen zu tun haben. Schon wenige Tage nach Beendigung der Malerarbeiten ist der typische Lösemittelgeruch verschwunden. Das ist aber noch längst kein Beleg für saubere Luft; mit Hilfe von Analysen lassen sich oft noch Monate nach Renovierungsmaßnahmen erhöhte Lösemittelkonzentrationen in der Raumluft nachweisen. Auch mit Lösemittel kontaminierte Lebensmittel, wie perchlorethylenbelastetes Olivenöl, lassen sich am Geschmack nicht erkennen.

Lösemittel sind aus ganz unterschiedlichen Gründen in die Diskussion geraten. Einmal aus Gründen des Umweltschutzes – jährlich werden allein in Deutschland schätzungsweise ca. 700.000 Tonnen dieser Substanzen freigesetzt, davon ca. 100.000 Tonnen durch häusliche Anwendung lösemittelhaltiger Produkte. Deren Abbauprodukte tragen, einmal in die Umwelt gelangt, zur Bildung von Stickoxiden und damit zur Entstehung des „Sommersmogs“ bei. Außerdem schädigen einige Lösemittel die Ozonschicht. Vor allem aber

sind Lösemittel für HeimwerkerInnen gefährlich, denn für sie gibt es – anders als in industriellen Lackieranlagen – kaum einen wirksamen Schutz vor den Dämpfen aus Farben, Lacken, Abbeizern, Teppichklebern und Pinselreinigern.

Jeder, der in einem geschlossenen Raum einmal größere Flächen mit einem lösemittelhaltigen Lack gestrichen hat, wird in irgendeiner Weise eine Wirkung dieser Dämpfe gespürt haben. Kopfschmerzen, Schleimhautreizungen, Benommenheit oder das Auftreten von Allergien sind die typischen Folgen, wenn Lösemitteldämpfe eingeatmet werden. Im Extremfall kann Bewusstlosigkeit auftreten, selbst Todesfälle gibt es immer wieder. Dauerhafte Schäden können am zentralen Nervensystem und an inneren Organen auftreten.

Unterschiede im Sortiment

Die beschriebenen allgemeinen Giftwirkungen sind grundsätzlich allen Lösemitteln eigen. Doch gibt es durchaus Unterschiede in der Giftigkeit der einzelnen Stoffe. Vor allem dann, wenn keine ungiftigen lösemittelfreien Produkte als Alternative zur Verfügung stehen, kann die Zusammensetzung des Lösemittels ein wichtiger Prüfstein sein. Im Folgenden soll daher auf einige Lösemittelgruppen hinsichtlich ihrer Giftigkeit und teilweise auch ihrer Einsatzgebiete näher eingegangen werden.

Aromatische Lösemittel

Aromaten wie Toluol, Ethylbenzol oder Xylole werden hauptsächlich in Nitro- und Kunstharzlacken als Verdünner eingesetzt. Auch bestimmte Dispersionskleber für Bodenbeläge oder Abbeizer können aromatische Lösemittel enthalten. Sie werden über die Atemwege und in geringerem Umfang über den Magen-Darmtrakt aufgenommen. Auch über die Haut können – vor allem beim direkten Umgang mit Lacken und Lösemitteln – erhebliche Mengen absorbiert werden. Auf keinen Fall sollte man sich daher Lack- oder Kleberreste mit Lösemitteln von der Haut abwaschen! Toluoldämpfe schädigen das Nervensystem, was sich an Symptomen wie Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schwächegefühl, Gleichgewichts- und Koordinationsstörungen zeigen kann. Xylole wirken ähnlich und können darüber hinaus Blutbildveränderungen, eine Tendenz zu Früh- und Fehlgeburten sowie Sterilität bewirken. Benzol darf übrigens als Lösemittel nicht mehr verwendet werden, da es sich als krebserzeugend erwiesen hat. Wegen ihrer Giftigkeit werden aromatische Lösemittel in Farben, Lacken und Klebstoffen zunehmend ganz oder teilweise durch andere organische Lösemittel oder durch Wasser (in wasserverdünnbaren Farben, Lacken und Klebstoffen) ersetzt.

Aliphatische Lösemittel

Dies ist die Bezeichnung für eine Gruppe von chemisch recht stabilen Chemikalien, die nach wie vor häufig als Lösemittel eingesetzt werden. Cyclohexan, Oktan, Dekan, Dodekan sind die Namen einiger Einzelstoffe aus dieser Chemikalienfamilie. Petrolether, Siedegrenzenbenzin und Testbenzin sind Sammelbezeichnungen für Gemische dieser Substanzen mit unterschiedlichen Siedepunkten. Bis zu 0,1 % des krebserzeugenden Benzols dürfen diese Gemenge nach der Gefahrstoff-Verordnung als Verunreinigung enthalten. Testbenzin enthält außer aliphatischen Lösemitteln bis zu 10 % Xylol und 1 % Toluol. Aliphatische Lösemittel reizen die Schleimhäute, können zu Erbrechen führen und in sehr hohen Konzentrationen vor allem beim Verschlucken eine Lungenentzündung hervorrufen. Schädigungen des zentralen Nervensystems sind ebenfalls möglich. Häufig sind aliphatische Lösemittel in der Raumluft nachweisbar – meist in etwas geringeren Konzentrationen als die aromatischen Lösemittel.

Iso-Aliphaten (Iso-Paraffine, Iso-Alkane)

Isoaliphatische Lösemittel, auch Iso-Paraffine genannt, gehören zu den aliphatischen Lösemitteln. Im Unterschied zu den geradkettig aufgebauten n-Alkanen weisen sie in ihrer Molekülkette Verzweigungen auf. Man nennt diese verzweigten Verbindungen isomere Aliphaten oder kurz Iso-Aliphaten. Dass sie hier gesondert aufgeführt sind, hat einen Grund: Iso-Aliphaten werden in Lösemittelgemischen zunehmend als Ersatzstoffe für andere Bestandteile, zum Beispiel aromatische Lösemittel, eingesetzt. Einige Naturharzlack-Hersteller verwenden als Lösemittel Gemische von Iso-Aliphaten anstelle von Terpenkohlenwasserstoffen. Als Begründung wird von den Herstellern ein im Vergleich zu Terpenen geringeres allergenes Potenzial sowie allgemein ihre angeblich geringere Giftigkeit genannt. Zumindest die Behauptung, Iso-Aliphaten seien ungiftig, hält einer kritischen Betrachtung nicht stand. Die Dämpfe der Iso-Aliphaten verursachen Reizungen der Augen und Atemwege, Kopfschmerzen, Schwindel und Störungen des Zentralnervensystems. Geringste Mengen, die bei Verschlucken oder nachfolgendem Erbrechen in die Lunge gelangen, können zum Lungenödem oder zu einer Lungenentzündung führen. Iso-Aliphaten sind Substanzgemische, deren genaue Zusammensetzung offenbar nicht einmal den Herstellern bekannt ist. So antwortete die Firma EXXON CHEMIKAL GmbH auf die Frage nach der Zusammensetzung ihres Iso-Aliphaten-Gemisches „Isopar“ lediglich mit der Auflistung der Kohlenstoffzahl der enthaltenen Verbindungen. Charakteristisch für Iso-Aliphaten ist aber die große Variationsbreite der in den Gemischen vorkommenden Verbindungen mit gleicher Kohlenstoffzahl, da einer einzigen Summenformel eine Vielzahl von Isomeren mit unterschiedlichen chemischen, physikalischen und auch toxikologischen Eigenschaften zuzuordnen ist. So gibt es für die aliphatische Verbindung „Dekan“ mit 10 Kohlenstoffatomen 75 Isomere. Für die aliphatische Verbindung

„Eicosan“ mit 20 Kohlenstoffatomen gibt es bereits über 300.000 Isomere! Ein Vielstoffgemisch, wie es Iso-Aliphaten darstellen, pauschal als „ungiftig“ zu bezeichnen, ist schon aus diesem Grund nicht haltbar. Die Dämpfe der Iso-Aliphaten sind zudem geruchsarm bis geruchslos, so dass die bei herkömmlichen Lösemitteln oder auch Terpengemischen gegebene Warnwirkung entfällt. Hinzu kommt, dass zur Herstellung von Iso-Aliphaten zahlreiche Prozessschritte mit Verbrauch von u. a. Erdöl und Energie sowie Anfall von giftigen Abfällen nötig sind. Typische Vertreter für Iso-Aliphaten sind z. B. Heptamethylnonan oder Pentamethylheptan.

Alkene

Alkene gehören zur Gruppe der ungesättigten Kohlenwasserstoffe und treten in erster Linie als Produkte unvollständiger Verbrennung auf, u. a. auch im Zigarettenrauch. Einige Alkene können auch aus Teppichböden emittieren. Hinsichtlich ihres Schädigungspotenzials für den menschlichen Organismus sind sie den Alkanen ähnlich: Auch sie können Schleimhautreizungen hervorrufen und in hohen Konzentrationen zu Erbrechen führen. In der Innenraumluft kommen sie in der Regel jedoch nur in geringen Konzentrationen vor.

Die cyclischen ungesättigten Kohlenwasserstoffe Vinylcyclohexen und Phenylcyclohexen werden als Zerfallsprodukte u. a. aus dem Synthetikgummi SBR freigesetzt und lösen aufgrund ihrer sehr niedrigen Geruchsschwelle (Phenylcyclohexen: 4 µg/m³) häufig Beschwerden bei Nutzern von Räumen aus, in denen neuer Teppich- oder Kautschukbelag verlegt wurde. Auch trimeres Isobuten wird häufig von Synthetikgummi emittiert. Isoalkene im Bereich Decen bis Dodecen können ebenfalls aus Teppichböden freigesetzt werden und zu nachhaltigen Geruchsbelastungen führen.

Chlorierte Lösemittel

Chlorierte Lösemittel wurden unter anderem zum chemischen Reinigen (Perchloroethylen), zum Abbeizen (Dichlormethan) und als Lösemittel in Korrekturlösungen (1,1,1-Trichlorethan) verwendet. Chlorierte Lösemittel gehören zu den für Umwelt und Gesundheit schädlichsten flüchtigen Chemikalien überhaupt. Sie sind, wie andere Lösemittel auch, Nervengifte und wirken narkotisierend, darüber hinaus sind sie mehr oder weniger starke Organgifte, die vor allem Leber und Nieren schädigen. Bei der Zersetzung z. B. an heißen Oberflächen oder bei Bränden, entsteht aus den chlorierten Lösemitteln unter anderem Salzsäure und das auch als Kampfstoff eingesetzte Phosgen. Die extrem giftigen polychlorierten Dibenzodioxine können ebenfalls gebildet werden. Chlorierte Lösemittel werden vor allem ihrer Unbrennbarkeit wegen in chemischen Reinigungen eingesetzt. Sie sind chemisch sehr stabil und werden, nachdem sie einmal in die Umwelt gelangt sind, oft jahrzehntelang nicht abgebaut. Einige Vertreter dieser Stoffklasse, vor allem das als relativ ungiftig bezeichnete 1,1,1-Trichlorethan, schädigen – ähnlich den Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW) – die Ozonschicht. Insbesondere in der Raumluft von an chemische Reinigungen angrenzenden Wohnungen sind chlorierte Lösemittel manchmal in hohen Konzentrationen nachweisbar. Aus chemisch gereinigten Textilien ausgasendes Perchloroethylen kann zu erheblichen Raumluftbelastungen führen. Fettreiche Lebensmittel wie Schokolade und Butter, die in solchen Räumen gelagert werden, nehmen die chlorierten Lösemittel aus der Raumluft auf und reichern sie an. Angesichts der Gefahren für Umwelt und Gesundheit ist die Verwendung chlorierter Lösemittel in den letzten Jahren stark zurückgegangen.

Alkohole, Ketone, Ester, Heterocyclen

Diese Substanzgruppen sind in vielen lösemittelhaltigen Zubereitungen enthalten. Leichtflüchtige Alkohole findet man z. B. häufig in Reinigungs- und Pflegemitteln. Im Vergleich zu anderen Lösemitteln fällt die ausgeprägte Reizwirkung vieler Alkohole, Ketone und Ester auf.

Alkohole wie Butanol und Isobutanol werden als Lösemittel und zur Verbesserung der Verlaufsbarkeit und des Glanzes in konventionellen Kunstharzlacken (z. B. Alkydharzlacken) und aufgrund ihrer Wasserlöslichkeit zunehmend in wässrigen Lacksystemen, Wandfarben und Bodenbelagsklebern eingesetzt. Neben der narkotischen Wirkung können die Dämpfe Leber, Nieren, Gehirn und Nerven schädigen. Viele Alkohole reizen Augen, Haut und Schleimhäute bereits in geringen Konzentrationen. Benzylalkohol gehört zu den schwerer flüchtigen organischen Verbindungen. Benzylalkohol weist lediglich einen schwachen Eigengeruch u. a. nach Bittermandeln auf, der sich jedoch bei Luftkontakt durch Bildung von Benzaldehyd deutlich verstärken kann. Benzylalkohol wird als leicht haut- und schleimhautreizend und gesundheitsschädlich beim Verschlucken beschrieben. Über die Reiz- bzw. Giftwirkung am Menschen bei langfristiger inhalativer Aufnahme geringer Konzentrationen an Benzylalkohol bzw. eventueller Abbauprodukte liegen keine Informationen vor. Benzylalkohol ist als Konservierungsstoff für kosmetische Mittel und als Lösemittel in Ostereierfarben und Käseüberzügen zugelassen. Auch bei der Parfümherstellung wird Benzylalkohol als Verdünnungs- und Lösemittel eingesetzt. Benzylalkohol ist häufig in Anteilen von 10 – 50 % in den beiden Ausgangskomponenten von Epoxidharzen enthalten. Epoxidharze werden als Bindemittel in Produkten wie Bodenbeschichtungen, Grundierungen und Schnellestrichmassen eingesetzt.

Ketone, wie Methylethylketon (MEK), sind wie Cyclohexanon ebenfalls häufiger Bestandteil von Lösemitteln. Acetophenon wird als Rohstoff bei der Herstellung von Kunststoffen verwendet und als Lösungsmittel in der

pharmazeutischen und chemischen Industrie eingesetzt. Der Stoff ist in ätherischen Ölen enthalten und wird durch einen süßlich bis mandelartigen, leicht stechenden Geruch charakterisiert. Acetophenon wird als hochsiedendes Lösungsmittel für Farben und Harze eingesetzt und ist in Steinkohlenteer enthalten. Acetophenon reizt die Augen und die Haut und wirkt in höheren Konzentrationen narkotisch. Allerdings liegen die üblicherweise in Innenräumen anzutreffenden Konzentrationen um Größenordnungen unter dem Niveau, bei dem akut toxische Wirkungen zu befürchten wären. Generell ähnelt die Giftwirkung der Ketone derjenigen der Alkohole.

Methylacetat, Ethylacetat und Butylacetat gehören zur Gruppe der Essigsäureester und werden als Lösemittel oft in Kombination mit Alkoholen eingesetzt. Polyurethanlacke, wie sie z. B. zur Versiegelung von Holzfußböden verwendet werden, enthalten sehr oft leichtflüchtige Essigsäureester. Essigsäureester sind schleimhaut- und augenreizend, können Hirn und Nerven schädigen und wirken in höheren Konzentrationen narkotisierend. Sie sind häufig an ihrem charakteristischen durchdringend-fruchtigen Geruch erkennbar.

1-Methyl-2-pyrrolidon (N-Methylpyrrolidon) wird u. a. als Lösemittel für Cellulose, Wachse, Harze und Lacke auf Basis von Polyethylenglykol, Polyamid, Polyester, Polystyrol, Polyurethane usw. eingesetzt. Außerdem ist 1-Methyl-2-pyrrolidon Bestandteil vieler Abbeizmittel. Zur gesundheitlichen Bewertung einer langfristigen Aufnahme geringer Konzentrationen von 1-Methyl-2-pyrrolidon über die Atemwege liegen bisher kaum verwertbare Untersuchungen vor. Aus Tierversuchen, die allerdings mit erheblich höheren als den in Innenräumen vorkommenden Konzentrationen durchgeführt wurden, ergeben sich Hinweise auf eine mögliche schädigende Wirkung auf die Atemwege, auf Blutbildveränderungen sowie Effekte auf Reproduktion und Fruchtschädigung. Beim Menschen werden Beeinträchtigungen des Wohlbefindens und unspezifische Effekte berichtet. Letztere Daten wurden allerdings nur an wenigen Betroffenen erhoben, es handelt sich dabei um die Schilderung subjektiver Beschwerden.

Tetrahydrofuran wird ebenfalls als Lösungsmittel u. a. für Polystyrol, PVC, Polyurethane, Cellulosenitrat, Klebstoffe, Druckfarben, Lacke usw. verwendet. Zur gesundheitlichen Bewertung einer langfristigen Aufnahme geringer Konzentrationen von Tetrahydrofuran liegen uns keine Informationen vor.

Benzothiazol wird oft Kautschuk als Vulkanisationshilfsmittel zugegeben. Diese sehr geruchsintensive Substanz ist Mitverursacher des typischen Gummigeruchs, der manchen Kautschukprodukten hartnäckig anhaftet. Vor allem Autoreifen, Gummimatratzen und Kautschukbodenbeläge können teils deutliche und langanhaltende Emissionen an Benzothiazol aufweisen.

Siloxane

Siloxane sind leicht flüchtig und praktisch geruchlos, weisen eine niedrige Oberflächenspannung auf und sind transparent und hydrophob. Aufgrund dieser Eigenschaften werden Siloxane zunehmend in den unterschiedlichsten Produkten eingesetzt.

Siloxane werden als Rezepturbestandteil in Lacken, z. B. für Möbeloberflächen, eingesetzt. Außer als Lösemittel werden sie nach Angaben von einigen Lackherstellern u. a. als Additive zur Verminderung der Grenzflächenspannung, zur Verbesserung des Verlaufs und der Pigmentnetzung sowie zur Erhöhung der Kratzfestigkeit eingesetzt. Ferner werden Silikonemulsionen bei der Hydrophobierung von Dämmstoffen genutzt und sind in Silikonharzfarben enthalten. Ein Vorteil der Siloxane aus Sicht der Lack- und Möbelhersteller ist sicher ihre vollkommene Geruchlosigkeit. Während bei konventionellen Lösemitteln deren Geruch häufig Anlass von Beschwerden und Reklamationen z. B. beim Möbelkauf ist, entfällt diese warnende Wirkung, wenn stattdessen Siloxane als Lösemittel verwendet werden.

Siloxane sind als Lösemittel, Feuchthaltemittel oder Antischaummittel sowie zur Viskositätskontrolle häufig in Körperpflegeprodukten wie Haarpflegemitteln, Shampoos, Deodorants, Lippenstiften oder Hautcremes enthalten.

Flüchtige Siloxane in der Innenraumluft kommen zum Teil in erheblichen Konzentrationen (bis > 100 µg/m³) vor. Die Siedepunkte der bisher häufig in der Raumluft nachgewiesenen cyclischen Methyl-Siloxane liegen zwischen ca. 130 °C und über 240 °C. Es handelt sich hierbei um methylierte Cyclotri-, Cyclotetra-, Cyclopenta- und Cyclohexasiloxane.

Natürliche Lösemittel

Als Alternativen zu den herkömmlichen Lösemitteln werden häufig Citrusterpene und Balsamterpentinöle empfohlen. Hinsichtlich der Gesundheitsgefahren sind diese Stoffe nicht harmlos. Natürliche Lösemittel können, in größeren Mengen eingeatmet, akute Symptome wie Schleimhautreizungen und Rauschzustände bewirken. Die allergisierende Wirkung einer Reihe von natürlichen Lösemitteln ist bekannt, für ihre Abbauprodukte wird ein krebserzeugendes Potenzial diskutiert. Trotzdem sind natürliche Lösemittel in vielen Fällen eine wichtige Alternative zu den konventionellen Verdünnern. Das gilt vor allem dann, wenn sie Bestandteil von Lacken sind, die auch sonst konsequent aus natürlichen Rohstoffen hergestellt sind. Solche Anstrichmittel belasten die Umwelt allein schon bei der Produktion entscheidend weniger, als die auf synthetischem Wege hergestellten Fabrikate. Die Rohstoffe sind weitgehend natürlicher Herkunft und

größtenteils erneuerbar – anders als die Rohstoffe konventioneller Lacke, auch derjenigen mit dem blauen Engel. Bei der Herstellung fallen kaum giftige Nebenprodukte an, während die Produktion konventioneller Lacke mit zu den größten Lieferanten hochgiftigen Sondermülls zählt. Schließlich kann man naturlackgestrichenes Holz im Unterschied zu beispielsweise mit Alkydharzlack gestrichenem bedenkenlos verbrennen. Darüberhinaus gibt es inzwischen auch eine Reihe von wasserlöslichen Naturharzfarben, die weitgehend auf Citrusterpene verzichten.

Vorsicht ist immer geboten

Über all diesen unbestreitbaren Vorteilen der Naturharzlacke darf aber nicht vergessen werden, dass bei der Verarbeitung dieser Materialien die gleichen Vorsichtsmaßnahmen zu treffen sind wie bei jedem x-beliebigen Chemielack:

- Vor Beginn von Renovierungsarbeiten sollte genau überlegt werden, welche Arbeiten mit lösemittelhaltigen Materialien unumgänglich sind. Je weniger mit Lacken, Klebstoffen und Pinselreinigern hantiert wird, um so geringer ist die Raumluftbelastung mit den in ihnen enthaltenen Lösemitteln.
- Möglichst im Freien malern! Wenn das nicht möglich ist, muß unbedingt für gute Durchlüftung gesorgt werden.
- Malerarbeiten bevorzugt während der warmen Jahreszeit durchführen (wegen der besseren Lüftungsmöglichkeiten), im Notfall beim Malern Atemschutz tragen, frischgestrichene Räume mindestens eine Woche, besser vier Wochen „ausstinken“ lassen. Wenn jemand aus der Nachbarschaft die Fenster auf- und zumachen kann, ist der Beginn von großen Ferien im Sommer, kurz bevor es auf Urlaubsreise geht, ein idealer Zeitpunkt für umfangreichere Malerarbeiten zuhause.
- Lösemittelarme oder -freie Produkte sollten immer dann verwendet werden, wenn sichergestellt ist, dass anstelle der Lösemittel keine anderen umwelt- und gesundheitsschädlichen Substanzen hinzugefügt wurden. Ansonsten sind Farben und Lacke auf natürlicher Rohstoffbasis eine gute Alternative.

10.1.2 Glykolverbindungen

Als „Glykolverbindungen“ oder „Glykole“ werden mehrwertige Alkohole sowie deren Ester und Ether bezeichnet.

Glykole sind häufig als Lösemittel in Acrylharzlacken („Wasserlacke“) und Bodenbelagsklebstoffen enthalten. In Lacken, die den „blauen Engel“ verliehen bekommen, dürfen bis zu 10 Prozent Lösemittel enthalten sein. Das klingt zwar erstmal nicht viel im Vergleich zu konventionellen Lacken, die 50 % Lösemittel und mehr enthalten können. Aber: den Umweltengel auf der Dose halten viele Verbraucher für einen Freibrief zum sorglosen Gebrauch des Inhalts. Und damit liegen sie falsch. Lösemittel in Wasserlacken sind keineswegs harmlos. Teilweise stehen sie in ihrer Giftigkeit den konventionellen Lösemitteln nicht nach. Eine Reihe von Glykolverbindungen haben sich im Tierversuch als „embryotoxisch“, „Missbildungen erzeugend“ und darüber hinaus die „Fortpflanzungsorgane schädigend“ erwiesen. Da die giftigen Abbauprodukte dieser Substanzen nach der Aufnahme nur langsam aus dem Körper ausgeschieden werden, können sie sich bei langandauernder Exposition im Körper anreichern.

Manche Glykolverbindungen verdunsten nur extrem langsam. Sie können über Jahre hinweg aus gestrichenen Oberflächen ausgasen und die Raumluft belasten. Davon merkt der Bewohner oder die Bewohnerin allerdings nicht viel: schon kurze Zeit nach dem Verstreichen sind die Lösemitteldämpfe nicht mehr zu riechen.

Glykole haben einige Eigenschaften, die sie für die Verwendung als Lösemittel besonders attraktiv machen: im Unterschied zu den „klassischen“ Lösemitteln wie Toluol, Xylol oder Testbenzin mischen sie sich in der Regel leicht mit Wasser. Das ist natürlich für einen Lack oder einen Bodenbelagsklebstoff, in dem Wasser das Hauptlösemittel darstellt, von besonderer Bedeutung, zumal die in diesen Produkten enthaltenen Bindemittel sich eigentlich nicht in Wasser lösen. Glykole verdampfen nur langsam, so dass die Raumluftkonzentrationen beim Verstreichen eines Lacks oder Verkleben eines Bodenbelags niedriger liegen als bei Verwendung konventioneller Lösemittel. Der Geruch der konventionellen Lösemittel wird von vielen Verbrauchern mittlerweile als giftig und ungesund empfunden; Glykole riechen nur schwach und dazu noch ganz anders als beispielsweise Toluol und Testbenzin. Und nicht zuletzt: die wenigen existierenden Grenzwerte für Glykole liegen so hoch, dass die Kennzeichnungspflicht für ihre Produkte von den Lack- und Klebstoffherstellern leicht zu umgehen ist.

Ein weiteres Problem, welches durch die Verwendung von Glykolen als Lösemittel entstehen kann, sind sogenannte Sekundärkontaminationen. Sie entstehen, wenn relativ schwerflüchtige Substanzen über lange Zeit hinweg die Luft in einem Raum belasten und sich nach und nach auf ursprünglich unbelasteten Wänden, Fußböden und in Textilien niederschlagen. Bekannt sind solche Sekundärkontaminationen aus Häusern, in denen Oberflächen mit Holzschutzmitteln behandelt wurden. Einige Jahre nach der Behandlung konnten

Wirkstoffe wie Pentachlorphenol (PCP) und Lindan auch in nicht behandelten Tapeten, Vorhängen und Fußbodenbelägen nachgewiesen werden.

Sind Sekundärkontaminationen vorhanden, kann es extrem schwierig sein, die Raumluftbelastung zu vermindern. Selbst das vollständige Entfernen der behandelten Gegenstände oder Oberflächen reicht oft nicht aus. Die von den großflächigen Sekundärkontaminationen ausgehende Belastung ist dann nur unter großem Aufwand und mit hohen Kosten einigermaßen zu beseitigen.

Einige hochsiedende Glykolverbindungen mit Siedepunkten über 200 °C werden besonders gerne in Klebern für Bodenbeläge verwendet. Der Grund: im Oktober 1994 wurde die Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) Nr. 610 überarbeitet. In diesem Regelwerk, welches die Anforderungen der Gefahrstoffverordnung im Detail formuliert, werden als Lösemittel kurzerhand nur noch solche Chemikalien definiert, deren Siedepunkt unter 200 °C liegt. Hersteller von Bodenbelagsklebern, deren Produkte z. B. 3 % der Glykolverbindung 2-Phenoxyethanol (EGMP) enthalten (Siedepunkt: 245 °C), dürfen diese als „lösemittelfrei“ bewerben. Wer einen solcherart „lösemittelfreien“ Kleber verwendet, hat anschließend häufig ein Problem: Räume, in denen vor mehr als drei Monaten Auslegeware mit solchen Klebern verlegt worden war, wiesen nach eigenen Messungen hohe Raumluftkonzentrationen von bis zu 400 µg/m³ 2-Phenoxyethanol auf. Die TRGS 610 schreibt daher vor, den Begriff „lösemittelfrei“ nur in Verbindung mit der Lösemitteldefinition oder einem Hinweis auf die TRGS 610 zu verwenden.

Die beschriebenen flüchtigen organischen Verbindungen stellen mit ihren Giftwirkungen nur einen kleinen Ausschnitt dessen dar, was unter dem harmlosen Etikett „Lösemittel“ verkauft wird. Jeder beliebige Lack kann diese oder ähnliche Substanzen und alle möglichen Mischungen davon enthalten. Und die Lösemittel, die in der Lackdose waren, finden wir nach dem Verarbeiten in der Atemluft wieder. Nun ist bekannt, dass beim Verstreichen eines Lackes oder beim Verkleben eines Teppichbodens Lösemittel verdampfen und eingeatmet werden; der charakteristische Geruch von Lösemitteln ist dafür ein sicheres Zeichen. Doch ist es ein Irrtum zu glauben, dass die Lösemittel vollständig aus der Atemluft verschwunden sind, wenn der Geruch nicht mehr registriert wird. Untersuchungen belegen vielmehr, dass noch Wochen und Monate nach der Anwendung lösemittelhaltiger Lacke oder Kleber die flüchtigen Gifte in der Atemluft in erhöhten Konzentrationen vorhanden sind. Lösemittel sind nicht nur – wie erwartet – in Produkten wie Lacken, Klebstoffen oder Pinselreinigern enthalten. Viele Dinge des täglichen Lebens, mit denen wir ständig umgehen, enthalten flüchtige organische Substanzen, ohne dass wir es vermuten. Wer denkt schon an Lösemittel, wenn beim Abwasch die „wilde Frische von Limonen“ aus dem Spülmittel den Geruchssinn betört? Tatsache ist, dass der natürliche Geruchsstoff namens Limonen auch als Lösemittel eingesetzt wird und Gesundheitsschäden hervorrufen kann. Oder wer denkt an Perchlorethylen, wenn der frisch aus der chemischen Reinigung abgeholte Wintermantel in den Kleiderschrank im Schlafzimmer gehängt wird? Perchlorethylen schädigt Nerven und innere Organe, steht unter dem Verdacht, Krebs zu erzeugen und wird in chemischen Reinigungen als Waschmittel eingesetzt. Mit den frisch gereinigten Kleidungsstücken kommt das Gift in die Wohnung, wo es nur langsam ausgast. Auch neue Möbel können die Raumluft für längere Zeit mit Lösemitteldämpfen belasten: Lacke und Kleber, bei der Möbelherstellung verwendet, dünsten im heimischen Wohnzimmer aus. Oft hält diese Belastung, schon am Geruch erkennbar, wochenlang an. Besonders Baukastenmöbel, die gleich nach der Herstellung in Plastikfolie luftdicht verpackt wurden und erst zu Hause zusammengebaut werden, führen oft zu Beschwerden.

Dies sind nur wenige Beispiele für eine Vielzahl von Materialien und Gegenständen, aus denen die unterschiedlichsten Lösemittel ausgasen und die Raumluft belasten können. Längst nicht alle Quellen für Lösemittel in Innenräumen sind bekannt; immer wieder werden selbst Fachleute verblüfft, weil scheinbar unverdächtige Gegenstände sich plötzlich als Ursache für die Lösemittelbelastung in Wohnräumen erweisen. So hat sich vor einigen Jahren gezeigt, dass frisch gedruckte Zeitungen und Zeitschriften erheblich zur Raumluftbelastung beitragen können. Der Grund: auch Druckfarben enthalten Lösemittel, die nur langsam ausgasen. Wo Zeitungen und Zeitschriften in größeren Mengen lagern, in Zeitungsläden und Buchhandlungen etwa, kann die Belastung so hoch sein, dass vor allem fettreiche Lebensmittel erhebliche Mengen der giftigen Chemikalien aufnehmen. Mehr durch Zufall als durch systematische Suche entdeckt, überraschte dieser Fund vor einigen Jahren die ExpertInnen. Weitere Überraschungen sind zu erwarten. Das „Gift, das aus der Zeitung kommt“ wird nicht die letzte gewesen sein.

10.1.3 Isothiazolinone

Isothiazolinone wie 2-Methyl-4-isothiazolin-3-on (MI oder MIT), Octylisothiazolinon (OIT oder OI) und 5-Chlor-2-methyl-4-isothiazolin-3-on (CIT, CMI oder CMIT) werden als Topfkonservierer u. a. in wasserverdünnbaren Farben, Lacken und Klebern eingesetzt. Aufgrund ihres Wassergehaltes sind diese Produkte empfindlich gegen mikrobiellen Befall. In Dispersionswandfarben, die das Umweltzeichen („blauer Engel“) tragen, dürfen bis zu 200 mg/kg eines Gemisches aus MI und BIT (Benzisothiazolinon) oder max. 50 mg/kg eines Gemisches aus MI und CMI enthalten sein. Dass damit ein höchst problematischer Innenraumschadstoff quasi den Segen des blauen Engels erhält, wird von vielen Fachleuten scharf kritisiert.

Nach dem Auftragen und Trocknen der Produkte haben die Isothiazolinone keine Funktion mehr; ein durchgetrockneter Wandanstrich oder ein getrockneter Kleber kann nicht vergammeln. Isothiazolinone verdampfen bei Raumtemperatur langsam und sind daher teilweise noch Jahre nach der Verwendung eines isothiazolinonhaltigen Anstrichs oder Klebers in der Raumluft nachweisbar.

Darüber hinaus sind Isothiazolinone u. a. in Kosmetika, Shampoos, Spül- und Reinigungsmitteln, Polituren oder Druckerfarben enthalten.

Untersuchungen am Menschen belegen die stark reizende, sensibilisierende und allergisierende Wirkung der Isothiazolinone. Bei direktem Hautkontakt z. B. mit Cremes oder Shampoo ist ab Konzentrationen von 100 – 300 mg/kg mit einer hautreizenden Wirkung der Isothiazolinone zu rechnen. MI/CMI-Gemische gehören nach den Bewertungen des Bundesinstitutes für gesundheitlichen Verbraucherschutz zu den bedeutendsten Kontaktallergenen. Noch Konzentrationen unter 20 mg/kg können hautsensibilisierend wirken, bei Personen mit bereits bestehender Allergie wurden noch Reaktionen durch Kontakt mit 6,5 mg/kg-haltigen Lösungen hervorgerufen. Akute Hautekzeme wurden in mehreren Fällen durch einen Kontakt über die Luft während des Aufenthalts in frisch gestrichenen Räumen ausgelöst. Die dabei auftretenden Symptome waren teilweise so schwer, dass eine stationäre Aufnahme in ein Krankenhaus notwendig wurde. Die Symptome an der Haut (Schwellung, Juckreiz, Ekzem) hielten zum Teil lange Zeit an, wenn die Betroffenen nicht den Aufenthalt in den belasteten Räumen mieden. Neben den Reaktionen der Haut wurden von Betroffenen weitere Symptome wie Augenreizungen, Reizungen der Nasenschleimhaut, Kurzatmigkeit und Husten berichtet. In einer Untersuchung des Informationsverbundes Dermatologischer Kliniken (IVDK) werden die Isothiazolinone bei nichtberuflich gegen Farben und Lacke exponierten Männern als häufigste Sensibilisierungsursache genannt. Laut dem Schweizerischen Bundesamt für Gesundheit sind in der Schweiz ca. 5 % der getesteten Patienten auf Isothiazolinone sensibilisiert.

10.1.4 Dicarbonsäureester (dibasische Ester)

Seit einigen Jahren werden hochsiedende Dicarbonsäureester (dibasische Ester) mit Siedepunkten oberhalb von 200 °C, vor allem Dicarbonsäure-Dimethylester und Dicarbonsäure-Diisobutylester, zunehmend als Verdünnungs- und Lösungsmittel und Rezepturbestandteil z. B. in Mitteln zur Entfernung von Graffiti und in Abbeizern eingesetzt. Als weitere Einsatzgebiete für dibasische Ester werden in der Literatur neben Abbeizern auch Lacke und als Feuchtigkeitssperre eingesetzte Bodenbeschichtungen auf der Basis von Polyurethan(PU)-Harz genannt. Verwendet werden meist Mischungen aus den dibasischen Dimethylestern Adipinsäuredimethylester, Bernsteinsäuredimethylester und Glutarsäuredimethylester (Handelsname z. B. FlexiSolv DBE esters) und Mischungen aus den dibasischen Diisobutylestern Diisobutyladipat, Diisobutylglutarat und Diisobutylsuccinat (Handelsnamen z. B. Pentasol AGS-DIB oder FlexiSolv DBE-IB esters).

Erstmals im Jahr 2007 konnten wir DBE in erheblichen Konzentrationen in der Raumluft von Schulräumen nachweisen. Anlass der Raumluftmessungen waren gesundheitliche Beschwerden der Raumnutzer nach dem Einsatz von DBE-haltigen Produkten im Rahmen von Renovierungs- bzw. Sanierungsmaßnahmen. Die Betroffenen klagten auffällig häufig über starke Reizungen der Schleimhäute und Atemwege sowie über Kopfschmerzen und Müdigkeit.

Literaturrecherchen ergaben für das 3-Ester-Gemisch eine Geruchsschwelle von 470 µg/m³. Die Resultate von Tierversuchen bestätigen die beobachtete starke schleimhautreizende Wirkung des DBE-Gemischs. Bereits bei einer Konzentration von 20 mg/m³ wurden Schädigungen des Nasenepithels von Ratten beobachtet.

Aufgrund neuer toxikologischer Erkenntnisse wurden im Jahr 2010 die zur Beurteilung von Emissionen aus Baumaterialien dienenden NIK-Werte für Dicarbonsäure-Dimethylester drastisch abgesenkt. NIK-Werte (niedrigste interessierende Konzentrationen) sind im Rahmen des AgBB-Bewertungsschemas Hilfsgrößen zur Bewertung von Bauprodukten.

Stoffbezeichnung	NIK-Wert vor 2010	NIK-Wert 2010
Adipinsäuredimethylester	7.300 µg/m ³	50 µg/m ³
Bernsteinsäuredimethylester	6.200 µg/m ³	50 µg/m ³
Glutarsäuredimethylester	6.800 µg/m ³	50 µg/m ³

10.1.5 Acrylate

Aus Acrylaten wie 2-Ethylhexylacrylat werden Kunstharze hergestellt, die in Dispersionsfarben und -lacken häufig als Bindemittel enthalten sind. Acrylharze findet man überdies häufig in Klebstoffen, Bodenbelägen und Dichtmassen. Flüchtige Acrylate sind in Acrylharzen herstellungsbedingt in unterschiedlich hohen Konzentrationen als sogenannte „Restmonomere“ enthalten. Sie können nach dem Auftragen der Farbe oder des Klebstoffs an die Raumluft abgegeben werden.

2-Ethylhexylacrylat kann bei ausreichend hoher Konzentration die Augen, Atmungsorgane und Haut reizen. Die Folgen können Bindehautentzündungen, Schnupfen, Niesen und selten auch Asthmaanfälle sein. Wiederholter oder länger andauernder Hautkontakt kann eine Sensibilisierung verursachen. Weiterhin steht die Substanz im Verdacht, durch Kreuzreaktionen eine allergische Reaktion auslösen zu können, ohne selbst ein bedeutendes Allergen zu sein.

Monomere Acrylate (wie z. B. Methylacrylat, Ethylacrylat, Methylmethacrylat, n-Butylacrylat, Butylmethacrylat und 2-Ethylhexylacrylat) werden daher als sensibilisierende Arbeitsstoffe eingestuft, die zu allergischen Reaktionen an der Haut und den hautnahen Schleimhäuten führen können.

Aus den Acrylaten können durch hydrolytische Esterspaltung die jeweiligen Alkohole abgespalten werden (z. B. 2-Ethylhexanol aus 2-Ethylhexylacrylat und Butanol aus Butylacrylat). Begünstigt wird diese Reaktion durch einen hohen pH-Wert ("alkalisches Milieu") und Feuchtigkeit. Wird z. B. eine Acrylharzgrundierung oder ein acrylharzhaltiger Bodenbelagskleber auf eine nicht ausreichend getrocknete Estrichoberfläche aufgetragen, kann es durch den Kontakt mit dem stark alkalischen feuchten Beton zu lang anhaltenden Emissionen der genannten Alkohole und entsprechenden geruchlichen Belastungen kommen.

10.1.6 Organische Säuren

Organische Säuren können aus verschiedenen Baumaterialien, die im Innenraum Verwendung finden, emittieren: Heptan- oder Hexansäure beispielsweise aus Bodenbelagsklebern oder Alkydharzprodukten, Essigsäure aus MDF-Platten und anderen Holzwerkstoffen sowie Massivholz (vor allem Harthölzern wie Buche und Eiche), Kunstharzputz, Dämmstoffen oder Silikonabdichtungen. Aus Linoleumbodenbelägen können Valeriansäure, Essigsäure, Propionsäure, Butter- und Capronsäure ausgasen. Die Emission der penetrant riechenden Buttersäure konnten wir unter anderem aus einem chlorfreien Bodenbelag auf der Basis von Polyvinylbutyral (PVB) nachweisen, der unter Verwendung von Butanal hergestellt wurde.

Als Fettsäuren bezeichnet man hierbei aliphatische Carbonsäuren mit nahezu ausschließlich unverzweigter Kohlenstoffkette. Fettsäuren mit 1–7 C-Atomen werden als niedere, solche mit 8–12 C-Atomen als mittlere und die mit mehr als 12 C-Atomen als höhere Fettsäuren bezeichnet.

Niedere Fettsäuren, wie z. B. Buttersäure haben ausgesprochen unangenehme Geruchseigenschaften. Höhere Fettsäuren sind eher geruchsneutral, können jedoch durch mikrobiellen Abbau niedermolekulare und geruchsintensive Metaboliten wie Alkohole, Aldehyde, Ketone und Säuren bilden.

10.1.7 Phenole und Kresole

Viele Phenole und Kresole wirken fungizid und bakterizid. Sie wurden daher früher als Wirkstoffe in Desinfektionsmitteln und zur Konservierung z. B. von Leim, Klebstoffen und Tinten eingesetzt. Mit Siedepunkten von um die 200 °C und darüber (4-Chlor-m-kresol: Sdp. 235 °C; 3-Chlor-p-kresol: Sdp. 228 °C; 6-Chlor-m-kresol: Sdp. 196 °C) gehören viele dieser Wirkstoffe zu den mittel- bis schwerflüchtigen Substanzen, die über längere Zeiträume hinweg ausgasen können.

Auch zur Herstellung von Kunststoffen und wasserfesten Bindemitteln werden Phenole verwendet. Vor allem manche mit Phenolharzen gebundene Spanplatten können in Innenräumen eine Quelle für Phenole darstellen.

Bodenbelagskleber auf Basis phenolhaltiger Klebstoffe waren vor allem in der DDR in den 50er und 60er Jahren gebräuchlich. Besonders beim Entfernen alter Bodenbeläge kommt es daher immer wieder zu massiven Geruchsbelästigungen durch ausgasende Phenole und Kresole. Der jahrelange Einsatz phenol- bzw. kresolhaltiger Mittel zur Flächenreinigung kann ebenfalls lang anhaltende Geruchsbelastungen hervorrufen.

Bodenbeläge aus einem Gemisch von Holzschnitzeln und mineralischem Bindemittel – sog. Steinholzestrich – können ebenfalls eine Quelle für geruchsintensive Phenole in der Raumluft darstellen. Das Holz in Steinholzestrich kann geringe Mengen an Phenolverbindungen enthalten. Phenol selbst ist im Holz jedoch nicht vorhanden, sondern entsteht durch Dehydrierung und Spaltung aus hydroaromatischen Verbindungen. Durch äußere Einflüsse (Feuchtigkeit, pH-Wert) kann dieser Prozess beschleunigt und Phenol vermehrt aus den Holzschnitzeln freigesetzt werden.

Teeröle werden durch Erhitzen von Steinkohle oder Holz unter Luftabschluss erzeugt. Dabei entstehen neben anderen giftigen und krebserzeugenden Substanzen (vor allem PAK) auch große Mengen an Phenolen und Kresolen. Die biozide Wirkung dieser Substanzen macht Teeröle zu wirksamen Holzschutzmitteln ("Carbolineum"). Der Einsatz von Teerölen im Innenraum war insbesondere wegen des starken Eigengeruchs eher die Ausnahme und ist seit 1991 generell untersagt. Trotzdem gibt es immer wieder Fälle, bei denen Konstruktionshölzer, z. B. in Dachgeschossen, einer Teerölbehandlung unterzogen wurden, die aufgrund des Geruchs unschwer zu identifizieren sind.

Seit 2009 beobachten wir erneut das Auftreten deutlich erhöhter Konzentrationen an Phenol und m/p-Kresol in Zusammenhang mit der Verlegung neuer PVC- Bodenbeläge. Phenol und m/p-Kresol sind Spaltprodukte der den Bodenbelägen als Flammschutzmittel bzw. Weichmacher zugesetzten Kresyl- und Phenylphosphate.

Viele Phenole und Kresole sind bereits in Konzentrationen von wenigen Mikrogramm pro Kubikmeter Luft geruchlich wahrnehmbar. Der unangenehme Geruch ist daher meist Anlass für Nachforschungen und Messungen. Der Annahme, die Warnwirkung des Geruchs setze bei so niedrigen Phenolkonzentrationen ein, dass gesundheitliche Auswirkungen auszuschließen sind, muss jedoch deutlich widersprochen werden. Phenol und viele Kresole gelten als krebserzeugend und bewirken somit immer ein von der Konzentration abhängiges zusätzliches Krebsrisiko.

Als Anzeichen chronischer Vergiftung werden Hustenreiz, Kopfschmerz, Brechreiz, Appetitverlust, Mattigkeit und Schlaflosigkeit genannt. Wie bei anderen Innenraum-Schadstoffen handelt es sich dabei aber um recht unspezifische Symptome, für die eine Vielzahl von möglichen Ursachen denkbar sind.

Phenol sowie viele Kresole werden sehr schnell über die Haut aufgenommen. Beim direkten Hautkontakt, z. B. mit teeröhaltigen Holzschutzmitteln, besteht daher die Gefahr resorptiver Vergiftungen mit Nierenschäden und zentralnervösen Störungen wie Krämpfen, Bewusstlosigkeit und Atemlähmung.

10.1.8 Chloranisole

In Fertighäusern älterer Bauart treten immer wieder Gerüche auf, die als schimmelig-muffig charakterisiert werden. Da dieser „Fertighaus-Geruch“ gut an Oberflächen und Textilien anhaftet, ist er an der Kleidung von Bewohnern oder Besuchern solcher Fertighäuser auch längere Zeit nach Verlassen des Hauses als unangenehmer Geruch noch wahrnehmbar. Als Ursache für das Auftreten dieses Geruchs wurden Chloranisole identifiziert. Sie wurden nicht gezielt produziert, sondern entstehen vor allem in den in Holzständerbauweise errichteten Außenwänden der Fertighäuser durch mikrobiellen Abbau des Holzschutzmittelwirkstoffs Pentachlorphenol durch Schimmelpilze und Bakterien im Zusammenhang mit Feuchteschäden.

Zur Substanzklasse der Chloranisole zählen insgesamt 19 Verbindungen, von denen in der Innenraumluft bislang 4 nachgewiesen wurden. Einige Chloranisole – insbesondere das 2,4,6-Trichloranisol (TCA) – weisen sehr niedrige Geruchsschwellen im Bereich von wenigen Nanogramm pro Kubikmeter auf. Auch wenn eine toxikologisch begründbare Gesundheitsgefährdung nicht gegeben ist, kann der Geruch Unwohlsein auslösen.

10.1.9 Weitere flüchtige Verbindungen

Butanonoxim wird u. a. als Hautverhinderungsmittel in oxidativ trocknenden Bindemitteln (z. B. Alkydharzen) eingesetzt. Die Substanz Methyltris(2-butanonoxim)silane, die als Vernetzungsmittel für Siliconkautschuk eingesetzt wird, kann bei Kontakt mit Luftfeuchtigkeit ebenfalls 2-Butanonoxim freisetzen. Nach der Anwendung von 2-butanonoximhaltigen Alkydharzlacken ist diese Substanz in der Raumluft teils über längere Zeiträume nachweisbar. 2-Butanonoxim wird als geruchsintensive Substanz beschrieben, ein Geruchsschwellenwert ist in der ausgewerteten Literatur nicht angegeben. Es handelt sich um einen Stoff, der wegen möglicher krebserzeugender Wirkung beim Menschen Anlass zur Besorgnis gibt. Durch die hautresorptive Substanz können außerdem Sensibilisierungen der Haut und der Atemwege ausgelöst werden. Wiederholter Kontakt kann zu allergischen Erkrankungen führen.

Acrylnitril hat als Ausgangsstoff für die Herstellung von Kunststoffen (Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymere, Styrol-Acrylnitril-Copolymere und Nitrilkautschuk) sowie Kunstfasern (Polyacrylnitril-Fasern) große technische Bedeutung. Acrylnitril ist nach Gefahrstoff-Verordnung krebserzeugend (Kategorie 2), giftig beim Einatmen, Verschlucken und der Berührung mit der Haut und reizt Atmungsorgane und Haut.

ε-Caprolactam weist einen Siedepunkt von 270 °C auf und gehört somit zu den schwerer flüchtigen Substanzen. Caprolactam ist Ausgangsstoff für die Herstellung von Polyamid und ist darin als sogenanntes „Restmonomer“ in geringen Konzentrationen enthalten. Polyamid wird als Textilfaser häufig in Teppichböden eingesetzt. In Prüfkammeruntersuchungen wurden zum Teil erhebliche Emissionen an Caprolactam aus Teppichböden nachgewiesen.



10.1.10 DGNB- Zertifizierungssystem und BNB-Bewertungssystem

Die im Jahr 2007 gegründete Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) hat ein Zertifizierungssystem für Neubauten entwickelt. Bestandteil der Zertifizierung ist die Durchführung von Raumlufthuntersuchungen auf ein festgelegtes Spektrum flüchtiger organischer Verbindungen einschließlich Formaldehyd spätestens 4 Wochen nach Fertigstellung des Gebäudes. Für Bundesgebäude existiert seit 2011 das "Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen" (BNB) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Alle Neubauten des Bundes von Büro- und Verwaltungsgebäuden mit einer Bausumme über 1 Million Euro müssen einer BNB-Bewertung unterzogen werden. Das Bewertungssystem ist auch auf private und andere öffentliche Bauwerke anwendbar.

Das DGNB-System verwendet zur Bewertung der Ergebnisse von Raumlufthuntersuchungen die sogenannten "Neubau-Orientierungswerte" (NOW). Die Zertifizierungen werden von ausgebildeten Auditoren durchgeführt. Die Probenahmen für Raumlufthmessungen werden in der Regel von den Auditoren selbst oder von entsprechend qualifizierten Instituten durchgeführt.

Wir bieten die akkreditierte Analytik der in den Neubau-Orientierungswertelisten von 2012 und 2015 (identisch mit 2018) enthaltenen flüchtigen organischen Verbindungen sowie im Raum Berlin den Verleih kalibrierter Probenahmegeräte an. In Berlin und im Umland führen wir auch akkreditierte Probenahmen vor Ort durch eine/n öffentlich bestellte/n und vereidigte/n Sachverständige/n für Innenraumschadstoffe durch.

10.1.11 Häufige Quellen für VOC

In der Literatur findet man eine Vielzahl von Hinweisen zu Quellen für bestimmte VOC. Wir haben uns bei der folgenden Liste bewusst auf Substanzen beschränkt, die wir aufgrund eigener Erfahrungen den angegebenen Quellen zugeordnet haben.

Substanz	typische Quelle
Alkankohlenwasserstoffe	B, E, L, R, T1, V1, V2
n-Hexan	B, L, T1, V2
n-Heptan	B, L, T, V2
n-Oktan	B, L, V2
n-Nonan	B, L, T1, V2
n-Decan	B, L, T1, V2
n-Undecan	L, T1, V1
n-Dodekan	L, T1, V1
n-Tridekan	L, T1, V1
n-Tetradekan	T1, V1
n-Pentadekan	T1, V1
n-Hexadekan	T1, V1
2,2,4,6,6-Pentamethylheptan	L, R
2,2,4,4,6,8,8-Heptamethylnonan	L, R
Cyclohexan	B, L, T1, V1, V2
Methylcyclopentan	L, T1, V1, V2
Methylcyclohexan	L, T1, V1, V2
Alkene (Hepten - Tridecen)	G, T1, Z
Trimeres Isobuten	T1
4-Vinylcyclohexen, 4-Phenylcyclohexen	T1, Kautschukbodenbeläge
Aromaten	A, B, C, H, L, S1, T1, V1, V2, Z
Benzol	A, T, V2, Z
Toluol	A, B, E, L, T1, V2, W1, Z
Ethylbenzol	A, B, H, L, S1, T1, V2, Z
Xylole	A, B, D, E, H, L, T1, V2, W1, Z
Styrol	S1, T1, Polyesterharze
Trimethylbenzole	L, T1, V2
Propylbenzole	L, T1, V2
Ethyltoluole	L, T1, V2
Isopropylbenzole	L, V2
1,2,4,5-Tetramethylbenzol	L, V2
Naphthalin	C, V1, Mottenkugeln, Kautschukbodenbeläge
Chlorierte Kohlenwasserstoffe	Q, T1, W
Trichlormethan	Q
1,1,1-Trichlorethan	Korrekturfüssigkeit
Trichlorethylen, Perchlorethylen	Q, Chem. Reinigung, Metallentfettung
1,4-Dichlorbenzol	T1, Mottenkugeln, Klosteine
1,3-Dichlorpropanol	Kautschukbodenbeläge
Terpene/Terpentinöle	B, L, M, N, R, X, Y
α -Pinen, β -Pinen, Limonen	L, B, N, R, T, X, Zitrusfrüchte
Δ -3-Caren	N, L
Eucalyptol	R, X, Y
Linalool	X
Campher	X, Y, Zelluloid
Longifolene	B, L, N, R, T
Siloxane D3, D4, D5, D6	E, F, W, Y, S, S2
Alkohole	B, E, H, I, L, M, O, R, U, W1
Isobutanol, n-Butanol	B, E, G, H, L, M, O, W1
Ethanol, Isopropanol	B, E, H, L, S, U, W1
Ethylhexanol	B, F1, G, I, T
Benzylalkohol	I, L, T, X, Y
Ester	B, E, H, I, L, T1, W1, X
Vinylacetat	B
Ethylacetat	B, E, L, W1
Propylacetate	B, L, W1
Methacrylsäuremethylester	B, I, K
Butylacetate	B, E, L, T1, W1
Methylbenzoat	Heizkostenverteiler
Bornylacetat	X
Ketone	B, E, H, I, L, W, W1
Aceton	E, H, W1, L
Methylethylketon (MEK), Methylisobu- tylketon (MIBK)	B, E, L
Cyclohexanon	I, L, T, W
2-Heptanon	H
Acetophenon	B, C, I, K, L, X, Y
4,6-Dimethylheptanon	T
Benzophenon	D
Tetrahydrofuran	D, H
Glykolverbindungen	B, E, M, W1, H, O, U, L
1,2-Propylenglykolmonomethylether (PGMM)	B, E, H, L, M
Ethylenglykol (EG)	B, M, L
1,2-Propylenglykol (1,2 PG)	M, L, T
Ethylenglykolmonobutylether (EGMB)	B, D, H, M, T, U, W1, L
Diethylenglykolmonobutylether (DEGMB)	B, D, H, M, L, T
Ethylenglykolmonophenylether (EGMP)	B, M, L

Substanz	typische Quelle
Dipropylenglykolmonomethylether (DPGMM)	H, L, W1
Dethylenglykolmonoethylether (DEGME)	W1
Dipropylenglykolmonobutylether (DPGMB)	M, L, B
Propylenglykolmonophenylether (PGMP)	M, L, B
Tripropylenglykolmonobutylether (TPGMB)	B, O, L
Propylenglykolmonomethyletheracetat (PGMMA)	L, E, M, W1
Diethylenglykolmonobutyletheracetat (DEGMB)	B, L
2,2,4-Trimethyl,-1,3- Pentandiolmonoisobutytrat (Texanol)	B, L, M, W1
TXIB	I, L, W1
höhere Aldehyde (Butanal - Decanal)	D, E, G, K, R, T, S, X, Z, trocknende Öle
Furfural	D, Z
Adipinsäuredimethylester	H
Bernsteinsäuredimethylester	D, H
Glutarsäuredimethylester	H
Methyltertiärbutylether (MTBE)	V2
1,4-Dioxan	L
1-Methyl-2-pyrrolidon	E, H, W1, M, T
Phthalate	B, I, O, T2, Y
Dimethylphthalat	B, I, O
Dibutylmaleinat	I, W1
Diethylphthalat	I, Y, O
Diisobutylphthalat	B, I, T
Di-n-butylphthalat	B, I, T
organische Säuren	B, M, S, T
Phenole und Kresole	C, T, U, Phenolharze, Steinholzstrich
BHT (2,6-Ditertiärbutyl-4-methylphenol)	Kautschukbodenbeläge, F1
Butanonoxim	F, K
Caprolactam	D, T1
Ethylhexylacrylat	Kautschukbodenbeläge
Ethyl-3-ethoxypropionat	H
Isophoron	B, L, W
Isothiazolinone	B, M, T
Trichloranisol	D, G
Tetrachloranisol	D, G
Pentachloranisol	D, H
1-Chlornaphthalin	H1

A = Autoabgase
B = (Bodenbelags-)Klebstoffe
C = Teer, Bitumen, Asphalt
D = Korkwerkstoffe
E = Möbel, Möbellacke
F = Siliconprodukte
F1 = Dichtmassen
G = Abbauprodukt/Reaktionsprodukt
H = Abbeizer
H1 = Holzschutzmittel
I = Kunststoffe
J = Fugenmassen
K = Kunstharzlacke
L = Lösemittel
M = wasserlösli. Lacke und Farben
N = Nadelhölzer
O = Latexfarben
P = Produktionsrückstand
Q = Wasserchlorierung
R = Naturharzlacke
S = Dämmstoffe
S1 = Polystyrol
S2 = Silikonharzfarbe
T = Wand- u. Bodenbeläge, Beschichtungen
T1 = Teppichböden
T2 = Vinyltapeten
U = Reinigungsmittel
V = Kraftstoffe
V1 = Heizöl, Diesel
V2 = Vergaserkraftstoffe
W = Speziallacke
W1 = Siegelacke für Holzböden
X = Duftöle/ Duftstoffe
Y = Kosmetikartikel
Z = Zigarettenrauch

10.1.12 Mikrobiologisch erzeugte flüchtige organische Verbindungen (MVOC)

Mikroorganismen wie Schimmelsporen und Bakterien finden sich in Innenräumen auf jeder Oberfläche. Für ihr Wachstum und die Vermehrung benötigen sie Nährstoffe und vor allem Feuchtigkeit. Nährstoffe sind in den meisten Materialien, die zum Bau, zur Dekoration und zur Einrichtung von Wohnungen und Häusern verwendet werden, reichlich vorhanden. Von Schimmelpilzen und Bakterien verwertbare Nährstoffe sind überwiegend aus Kohlenstoff und Wasserstoff aufgebaut, zudem enthalten sie oft Sauerstoff und Stickstoff. Tapeten, Holz, Spanplatten, Papier, Gipskartonplatten, Kork, Dichtungsmassen, Textilien und manche Kunststoffe enthalten Nährstoffe, die von vielen Schimmelpilzen zum Wachstum und zur Vermehrung genutzt werden können. Kommt noch genügend Feuchtigkeit hinzu, ist das Schimmelwachstum vorprogrammiert.

Auch Materialien, die eigentlich nicht als Nahrungsgrundlage geeignet sind, können verschimmeln. So bildet sich selbst auf Glasscheiben manchmal Schimmel; ein Feuchtigkeitsfilm, angereichert mit Nährstoffen, die aus anderen Materialien verdampfen und sich auf der Glasoberfläche niederschlagen, ermöglicht das Wachstum. Eigentlich unverdauliche Gegenstände aus PVC können verschimmeln: PVC-Duschvorhänge beispielsweise enthalten große Mengen an Weichmachern, die wiederum hervorragende Nährböden für Schimmelpilze darstellen. Die nötige Feuchtigkeit ist bei Duschvorhängen fast immer vorhanden.

Nicht sichtbare Schimmelschäden können zum Beispiel an Außenwänden hinter Schränken, hinter diffusionsdichten Tapeten, in Hohlräumen von Leichtbauwänden oder unter Bodenbelägen auftreten. Typische Ursachen nicht sichtbarer mikrobieller Belastungen sind auch raumluftechnische Anlagen. Gerade ältere Klimaanlage werden häufig nicht ausreichend gewartet. Luftfilter, die jahrelang nicht gewechselt wurden, können von Schimmel regelrecht durchwachsen sein, die Luftkanäle können durch Kondenswasser zu einer Brutstätte für Keime aller Art werden. Auch die Wassertanks der Luftbefeuchter in manchen Klimaanlage können bei unzureichender Reinigung eine Quelle für Schimmelpilze oder Bakterien werden. Eine mikrobielle Belastung ganz anderer Art lässt sich häufig schon am Geruch erkennen: in Abwasserleitungen lebende Fäulnisbakterien bilden leichtflüchtige Schwefelverbindungen wie Dimethylsulfid und Dimethyldisulfid. Deren extrem starker Geruch nach faulen Eiern und Fäkalien ist ein Indikator für Undichtigkeiten oder fehlende Verschlussstopfen an Abwasserleitungen oder ausgetrocknete Geruchsverschlüsse von Abflüssen.

Seit einigen Jahren werden in Innenräumen zunehmend Luftuntersuchungen auf flüchtige organische Verbindungen durchgeführt, die als MVOC, also von Mikroorganismen produzierte flüchtige organische Verbindungen bezeichnet werden (Microbial Volatile Organic Compounds). Die Hauptaktivität der Mikroorganismen richtet sich auf den Abbau komplexer Nährstoffe zu einfacheren Verbindungen unter Bildung von Kohlendioxid und Wasser, mikrobieller Biomasse und Energiegewinn für die Lebensprozesse. Während dieses Um-/Abbaus werden eine ganze Reihe von Stoffwechselprodukten als flüchtige Verbindungen abgegeben, die MVOC genannt werden. Diese MVOC sind häufig sehr geruchsintensiv und für die typischen Schimmel- oder Bakteriengerüche verantwortlich. Aufgrund ihrer charakteristischen chemischen Eigenschaften sind MVOC noch in geringsten Konzentrationen (teilweise in nur wenigen Nanogramm pro Kubikmeter) geruchlich gut wahrnehmbar. Häufig finden sich Substanzen mit Doppelbindungen, Alkohole und Schwefelverbindungen unter den MVOC. Der ungesättigte Alkohol 1-Octen-3-ol beispielsweise, ein Stoffwechselprodukt vieler Schimmelpilze, riecht intensiv nach Pilzen. Er wird daher auch „Champignol“ genannt. Manche Bakterien scheiden Dimethyldisulfid aus, eine durchdringend nach Fäkalien riechende schwefelhaltige Substanz.

Mit den Untersuchungen auf MVOC wird die Hoffnung verbunden, Schimmelschäden in Wohnungen quantitativ nachweisen zu können. Der klassische Nachweis von Schimmelschäden mit Hilfe luftgetragener Mikroorganismen leidet unter erheblichen Einschränkungen, u. a. weil verdeckter Schimmelbefall oder im Material befindliche Mikroorganismen nicht als luftgetragene Keime nachgewiesen werden können. Außerdem wächst nur ein kleiner Teil der in der Luft vorhandenen Mikroorganismen als „koloniebildende Einheiten“ (KBE) heran. Die Analyse der von Mikroorganismen produzierten MVOC – so die Behauptung – umgeht diese Probleme und bietet einen weitaus besseren Indikator zum quantitativen Nachweis eines Schimmelbefalls in Innenräumen. Neuere Untersuchungen zeigen jedoch, dass die Interpretation der Ergebnisse von MVOC-Untersuchungen häufig problematisch ist.

Im Jahr 2003 untersuchte das Robert-Koch-Institut in Zusammenarbeit mit dem Institut für Hygiene und Umweltmedizin der FU Berlin und der ALAB GmbH im Rahmen einer Feldstudie, ob sich mit Hilfe der Ergebnisse von MVOC-Messungen Wohnungen mit Schimmelbefall von Wohnungen ohne Schimmelbefall statistisch zuverlässig unterscheiden lassen. In 40 Schimmel- und 44 Nichtschimmelwohnungen wurden die Raumlufkonzentrationen von 8 ausgewählten MVOC, raumklimatische Faktoren, Schwebstaubkonzentrationen und der Luftwechsel bestimmt, die Merkmale der Wohnräume protokolliert und die Daten statistisch ausgewertet.

Lediglich für zwei MVOC konnte ein Zusammenhang mit dem Schimmelstatus nachgewiesen werden. Der Einfluss anderer Faktoren auf die Raumluftkonzentration an MVOC war teilweise deutlich stärker. Bei der als Hauptindikator angesehenen Verbindung 3-Methylfuran erwies sich der Raucherstatus der Wohnung als hochsignifikanter Einflussfaktor. Als weitere wichtige Einflussgrößen wurden die absolute Luftfeuchte und die Luftwechselrate ermittelt.

Aufgrund der Ergebnisse dieser Studie sollten die untersuchten MVOC nur ergänzend zu anderen Methoden als Indikatoren für einen mikrobiellen Befall verwendet werden, da durch die Einflussgröße „Schimmelstatus der Wohnung“ lediglich ein Teil der Konzentrationsunterschiede (Gesamtvariabilität) der MVOC in der Raumluft erklärt werden konnte. Erhebliche Beiträge lieferten andere, nicht mit dem Schimmelstatus verbundene Einflussgrößen. Bei ausschließlicher Verwendung der MVOC als Indikatoren besteht die Gefahr der Falschklassifikation. Damit bestätigen sich Zweifel, die bereits in früheren Veröffentlichungen zur Eignung mikrobieller flüchtiger organischer Verbindungen als alleinige Indikatoren für Schimmelpilzbefall in Innenräumen geäußert wurden. Wir empfehlen daher, MVOC beim gegenwärtigen Stand des Wissens nur in Ergänzung zu anderen Methoden als Indikatoren für Schimmelpilzbefall heranzuziehen. Sinnvoll können MVOC-Messungen darüber hinaus zur Identifizierung geruchsintensiver Substanzen herangezogen werden.

10.2 Environmental Tobacco Smoke (ETS) / Nikotin

Luftanalytik: Bei der Analyse von Nikotin mittels Thermodesorption nach DIN ISO 16000 Blatt 6:2012-11 erfolgt die Probenahme auf Sammelröhrchen, die mit dem Adsorptionsmittel TENAX TA gefüllt sind. Diese Röhrchen können in speziellen Transportbehältern zusammen mit einer detaillierten Probenahmeanleitung von ALAB bezogen werden. Die Röhrchen werden in der Regel mit 2 – 5 Litern Luft bei einem Volumenstrom von ca. 100 ml/min beladen. Die quantitative Analyse erfolgt nach thermischer Desorption gaschromatographisch mit massenselektivem Detektor (GC/MS) nach der Methode des Externen Standards.

Bestimmungsgrenze bei einem Probenahmevolumen von 5 Litern: 50 ng/m³.

Staubanalytik/Materialanalytik: Die Probe wird nach Zugabe von internen Standards mit Cyclohexan/Aceton (1:1) im Ultraschallbad extrahiert. Die Analyse wird mittels Kapillar-Gaschromatographie und Massenspektrometer durchgeführt (GC/MS). Die quantitative Bestimmung der Substanzen erfolgt nach der Methode des Internen Standards und Vergleichsgemisch; Bestimmungsgrenze: 0,1 – 0,5 mg/kg bei einer Einwaage von 250 mg.

Eine wichtige Ursache für Schadstoffbelastungen in Innenräumen ist der Zigarettenrauch. Während man früher davon ausging, dass nur der Raucher durch Zigarettenrauch geschädigt wird, weiß man heute, dass auch das passive Rauchen gesundheitliche Schäden hervorrufen kann. Unter Passivrauchen versteht man das unfreiwillige Einatmen von Zigarettenrauch aus der Umgebungsluft (ETS, Environmental Tobacco Smoke). Die MAK-Kommission stufte 1998 das Passivrauchen als kanzerogen ein. Seither gewinnt der Nichtraucherschutz zunehmend an Bedeutung. Mittlerweile sind, wie auch in Deutschland, in vielen Ländern Regelungen zum Nichtraucherschutz erlassen worden, die durch Rauchverbote in öffentlichen Gebäuden und Verkehrsmitteln, an Arbeitsplätzen und in gastronomischen Betrieben Nichtraucher vor einer Passivrauchbelastung schützen sollen.

Zigarettenrauch enthält eine Vielzahl von flüchtigen und partikelgebundenen Verbindungen. Zu diesen Verbindungen gehören neben Kohlenmonoxid, Aldehyden, Aromaten, Ketonen und PAK (polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe) auch aromatische Amine, Nitrosamine und Nikotin. Aromatische Amine sind als kanzerogen eingestuft und liegen im sog. Nebenstromrauch (= Rauch, welcher der Zigarette in Rauchpausen entströmt) in höheren Konzentrationen als im Hauptstromrauch (= Rauch, der vom Raucher ein- bzw. ausgeatmet wird) vor.

Als spezifische Indikatoren für Tabakrauch sind Nikotin und Cotinin (ein Abbauprodukt des Nikotin) geeignet. Eine aktuelle Belastung mit Tabakrauch kann durch eine Raumluftanalyse auf Nikotin überprüft werden. Da sich sowohl Nikotin als auch Cotinin aufgrund ihrer geringen Flüchtigkeit im Hausstaub und an Materialien anreichern, kann mit Hilfe einer Analyse von Hausstaub- oder Wischproben auch eine zeitweise oder in der Vergangenheit stattgefunden Belastung mit Tabakrauch festgestellt werden. In Nichtraucherwohnungen liegt der Nikotingehalt im Staub im Bereich von wenigen Milligramm pro Kilogramm. In Raucherwohnungen kann die Konzentration durchaus 100 mg/kg und mehr betragen.

10.3 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) / Naphthaline

Luftanalytik (PU-Schaum): 10 m³ Raumluft werden über eine Kombination aus PU-Schaum und Glasfaserfilter gesaugt. Die Extraktion der Probe erfolgt im Soxhlet; der Nachweis der untersuchten Substanzen mittels Kapillar-Gaschromatographie mit Massenspektrometer (GC/MS) (DIN ISO 12884:2000-12). Bestimmungsgrenzen: 0,5 – 2 ng/m³ bei einem Probenahmevolumen von 10 m³.

Luftanalytik (TDS): Für die Analyse der leichtflüchtigen PAK nach DIN ISO 16000 Blatt 6:2012-11 erfolgt die Probenahme auf Sammelröhrchen, die mit dem Adsorptionsmittel TENAX TA gefüllt sind. Diese Röhrchen können in speziellen Transportbehältern zusammen mit einer detaillierten Probenahmeanleitung von ALAB bezogen werden. Die Röhrchen werden in der Regel mit 2 – 4 Litern Luft bei einem Volumenstrom von ca. 100 ml/min beladen. Die Analyse erfolgt nach thermischer Desorption gaschromatographisch mit Massenspektrometer (GC/MS) nach der Methode des externen Standards. Bestimmungsgrenzen: 5 – 10 ng/m³ bei einem Probenahmevolumen von 2 Litern.

Staubanalytik: Die Analyse von PAK in Staubproben erfolgt nach DIN ISO 18287:2006-05. Nach Zugabe von 8 deuterierten polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (interne Standards) wird die Probe mit Cyclohexan/Aceton (1:1) im Ultraschallbad extrahiert. Der Nachweis der untersuchten Substanzen erfolgt mittels Kapillar-Gaschromatographie mit Massenspektrometer (GC/MS). Bestimmungsgrenzen: 0,02 – 0,5 mg/kg pro Substanz bei einer Einwaage von 250 mg.

Materialanalytik: Die Analyse von PAK in Boden- und Materialproben erfolgt nach DIN ISO 18287:2006-05. Nach Zugabe von 8 deuterierten polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (interne Standards) wird die Materialprobe mit Toluol im Soxhlet oder mit Cyclohexan (Kleber) im Ultraschallbad extrahiert. Stark verunreinigte Extrakte werden säulenchromatographisch aufgereinigt. Der Nachweis der untersuchten Substanzen erfolgt mittels Kapillar-Gaschromatographie mit Massenspektrometer (GC/MS). Bestimmungsgrenze: 0,5 mg/kg pro Substanz bei einer Einwaage von 250 mg.

Materialanalytik (Thermoextraktion): Materialproben werden zur Untersuchung auf flüchtige PAK/Naphthaline in einem kleinen Prüfraum bei 60 °C zwei Stunden lang im Reingasstrom extrahiert. Der beladene Extraktionsgasstrom wird durch ein TENAX TA-Sammelröhrchen geleitet. Der weitere Analysengang entspricht der Luftanalytik (TDS).

Der Begriff „polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe“ (PAK) ist eine Sammelbezeichnung für eine Vielzahl aromatischer Verbindungen mit kondensierten Ringsystemen. Am besten untersucht sind die von der amerikanischen Umweltbehörde Environmental Protection Agency (EPA) aufgrund ihres häufigen Vorkommens in der Umwelt als Leitsubstanzen ausgewählten 16 sogenannten „EPA-PAK“: Naphthalin, Acenaphthylen, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthen, Pyren, Benz[a]anthracen, Chrysen, Benzo[b]fluoranthen, Benzo[k]fluoranthen, Benzo[a]pyren, Dibenz[a,h]anthracen, Benzo[ghi]perylen und Indeno[1,2,3-cd]pyren. Von diesen wiederum gilt das Benzo[a]pyren als wichtigster der EPA-PAK, da es die stärkste krebserzeugende Wirkung aufweist.

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe entstehen immer dann, wenn organisches Material verbrennt oder verkohlt. PAK werden in großen Mengen z. B. beim Verschwelen von Kohle in Kokereien, bei der Eisen- und Stahlerzeugung, bei Waldbränden und in Großfeuerungsanlagen gebildet. Hausbrand, Verbrennungsmotoren, Grillen, Räuchern und Tabakrauch sind weitere Quellen für polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe. PAK sind in Mineralölen, Pech, Teer, Ruß und daraus hergestellten Produkten enthalten. Mögliche Quellen im Baubereich sind z. B. teer- oder bitumenhaltige Materialien wie Trennschichten, Isolieranstriche, Bodenbelags- und Parkettkleber, Dachpappen sowie Teerölprodukte. Bei einem typischen Belastungsmuster von Hölzern mit PAK, die mit Teeröl (Carbolineum) gestrichen wurden, ist erfahrungsgemäß von Gehalten im Bereich von einigen hundert bis mehreren tausend mg/kg auszugehen. Die Verwendung PAK-haltiger Materialien wurde weitgehend eingestellt. Die Anwendung von Teerölen unterliegt sehr weitreichenden Einschränkungen. Sie sind für Privatpersonen nicht mehr erhältlich.

In den Boden, in Gewässer, auf Oberflächen von Pflanzen und anderen Organismen gelangen PAK durch Deposition aus der Luft. Bodenbelastungen durch PAK finden sich zudem häufig an Altstandorten von Mineralölagern, Kokereien, teer- und pechverarbeitenden Betrieben sowie unter alten Deponien.

Der Mensch kann PAK über die Lunge, über die Nahrung und durch direkten Hautkontakt aufnehmen; bei Nichtrauchern spielt die Aufnahme über die Luft in der Regel eine geringe Rolle. Ein wichtiger Belastungspfad wurde vor mehreren Jahren entdeckt: im Hausstaub aus Wohnungen, in denen vor 1970 Parkett verlegt worden war, fanden sich erhebliche Mengen PAK. Der Grund der Hausstaubbelastung: bis Ende der sechziger Jahre wurden Bodenbelagskleber, vor allem Parkettkleber, oft aus Steinkohlenteerpech hergestellt. Während reine Bitumenkleber in der Regel keine bzw. nur geringe PAK-Belastungen aufweisen, können Teerkleber mehrere Prozent PAK enthalten. Ohne chemische Analyse lässt sich jedoch keine Aussage über die Art der zur Herstellung eines Klebers verwendeten Rohstoffe treffen. Durch Risse und Fugen in älterem Parkett werden Anteile des Klebers freigesetzt und vermischen sich mit dem Hausstaub. Bei schadhaftem Parkett, vor allem, wenn sich einzelne Parkettstäbe vollständig gelöst haben, kann der im

Laufe der Jahre versprödete Kleber durch Trittbelastung zwischen Parkettstäben und Estrich regelrecht zermahlen werden. Durch Erschütterungen und Pumpeffekte wird besonders der sehr feine Staubanteil durch Risse und Fugen an die Fußbodenoberfläche befördert.

PAK-belasteter Hausstaub gefährdet speziell Kleinkinder im Krabbelalter. Sie können die Schadstoffe durch direkten Hautkontakt, durch Einatmen des besonders in Bodennähe aufgewirbelten Schwebstaubes und durch Essen des Hausstaubes aufnehmen. Die Aufnahme über den Magen-Darmtrakt steht dabei im Vordergrund. Fachleute gehen davon aus, dass Kleinkinder im Krabbelalter täglich bis zu 100 Milligramm Hausstaub essen, teilweise auch erheblich mehr. Zur Bewertung wird die Hausstaubbelastung mit dem schwerflüchtigen, staubgebundenen Benz[a]pyren (BaP) herangezogen.

Quellen, vor allem für leichtflüchtige PAK in der Raumluft, sind teerhaltige Dachpappen bzw. Teerpappen in Fußboden- und Deckenaufbauten. Insbesondere teerhaltige Dachpappen weisen oft erhebliche Mengen an Naphthalin auf. Eventuell ausgasendes Naphthalin kann durch Undichtigkeiten in die unter dem Dach liegenden Hohlräume eindringen und die Raumluft belasten.

Von den 16 PAK nach EPA sind nicht alle in gleichem Maße krebserregend – vielmehr gibt es deutliche Unterschiede. Insbesondere für vier- und mehrringige Kohlenwasserstoffe wird ein krebserzeugendes Potenzial angenommen. Das gefährlichste der untersuchten PAK ist das Benzo[a]pyren. Dass einige PAK Krebs verursachen können, ist bereits seit über zweihundert Jahren bekannt. Der sogenannte „Kaminfeigerkrebs“ trat bei Schornsteinfegern auf, die im Laufe ihres Berufslebens intensiv mit PAK-haltigem Staub, Ruß und Rauch in Kontakt kamen. Auch der Beginn der experimentellen Krebsforschung ist mit dieser Stoffklasse verbunden; 1915 beschrieben japanische Forscher erstmalig das Entstehen lokaler Tumore an der Haut von Kaninchen nach Bepinselung mit Steinkohlenteer.

Im Belastungsfall werden in der Raumluft vor allem die leichter flüchtigen bicyclischen und seltener die tricyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe nachgewiesen. Für diese PAK wurden Innenraumluft-Richtwerte abgeleitet. Zur Gruppe der bicyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe gehören Naphthalin, Methylnaphthaline und Dimethylnaphthaline. Zur Gruppe der tricyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe gehören die Substanzen Acenaphthen, Acenaphthylen, Anthracen, Fluoren und Phenanthren.

Die Analyse der 16 EPA-PAK aus der Luft nach DIN ISO 12884 erfolgt mittels Probenahme auf PU-Schaum in Kombination mit Glasfaserfilter. Ein wesentlicher Nachteil dieser Methode ist, neben der langen Probenahmezeit und dem hohen Probenahmevermögen, ein deutlicher Unterbefund von Naphthalin und in geringerem Umfang anderen leichtflüchtigen PAK. Wir bieten Ihnen daher speziell für diese Problematik eine Probenahme-Kombination aus PU-Schaum und Glasfaserfilter sowie TenaxTA an.

10.4 Formaldehyd und höhere Aldehyde

Luftanalytik: Die Analyse von Formaldehyd sowie höheren Aldehyden und Ketonen wird nach DIN EN ISO 16000 Blatt 3:2013-01 ausgeführt. Die Probenahme erfolgt auf Silicagel-Sammelkartuschen, die mit 2,4-Dinitrophenylhydrazin (DNPH) präpariert sind (Supelco LpDNPH S10 Cartridges). Diese Kartuschen können über die ALAB GmbH bezogen werden. Das Probenvolumen ist abhängig von der erwarteten Raumluftkonzentration an Carbonylverbindungen (Aldehyde und Ketone) und beträgt in der Regel 90 Liter bei einem Volumenstrom von maximal 1,5 Liter pro Minute.

Nach Elution der Sammelröhrchen mit Acetonitril erfolgt die Analyse mit Hochdruck-Flüssigkeits-Chromatographie und Diodenarraydetektor (HPLC/DAD). Die Bestimmungsgrenze beträgt bei 90 Litern Sammelvolumen 3 µg/m³ pro Substanz.

Ein Teil der höheren Aldehyde kann auch mittels Thermodesorption oder Lösemitteldesorption nachgewiesen werden. Die Analytik entspricht jeweils der Analytik der Glykolverbindungen (1.2.2 und 1.3.2).

Materialanalytik (Thermoextraktion): Materialproben werden zur Untersuchung auf höhere Aldehyde in einem kleinen Prüfraum bei 60 °C temperiert. Dabei wird über einen Zeitraum von 2 Stunden gereinigte Luft über die Probe gezogen und die freigesetzten Substanzen auf einer DNPH-Kartusche angereichert. Der weitere Analysengang entspricht der Luftanalytik.

Formaldehyd wird seit etwa 100 Jahren großtechnisch hergestellt. Es wird nicht nur als Bindemittelbestandteil in Spanplatten, sondern beispielsweise auch als Konservierungsmittel in Farben, Lacken und Kosmetika, als Pflegeleichtzusatz in Textilien, als Desinfektionsmittel und bei der Produktion von Kunstharz eingesetzt. Neben dem technisch hergestellten Formaldehyd findet sich diese Substanz zudem in großen Mengen als Produkt unvollständiger Verbrennungsvorgänge, z. B. in Kraftfahrzeugabgasen und Zigarettenrauch. Immer und überall eingesetzt, kann man dieser Chemikalie heutzutage kaum noch aus dem Wege gehen. Die Zahl der Menschen, die aufgrund einer ständigen Belastung durch Formaldehyd an Augenreizungen, Bronchialproblemen und Kopfschmerzen leiden, lässt sich kaum abschätzen.

Bereits in den 70er Jahren kam die Substanz Formaldehyd wegen ihrer unerwünschten Eigenschaft als reizendes Gas und der allergisierenden Wirkung bei direktem Hautkontakt ins Gerede; damals wurde

erstmalig der Verdacht der Kanzerogenität geäußert. Neuere, sehr umfangreiche Studien in den USA mit Arbeitnehmern der chemischen Industrie, die gegenüber Formaldehyd exponiert waren, belegen eine erhöhte Sterberate durch Tumore im Nasenrachenraum. Spontan und mit Ausnahme bestimmter berufsbedingter Expositionen treten solche Tumore beim Menschen nur selten auf. Aus diesem Grund entschied die Internationale Krebsforschungsagentur der Weltgesundheitsorganisation (International Agency on Research of Cancer, IARC) im Juni 2004, dass eine ausreichende Beweislage gegeben sei, Formaldehyd als humankanzerogen einzustufen. Die IARC sieht es als hinreichend bewiesen an, dass Formaldehyd beim Menschen Nasen- und Rachenkrebs auslöst.

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) hat die Studienergebnisse zum Anlass genommen, die krebsauslösenden Risiken von Formaldehyd neu zu bewerten. Das Institut kommt zu dem Schluss, dass die Substanz beim Menschen Krebs auslösen kann, wenn sie eingeatmet wird, und schlug im Mai 2006 vor, Formaldehyd nur im Hinblick auf die Aufnahme über die Atemluft als humankanzerogen einzustufen. Bei dieser Bewertung hat das BfR erstmals einen neuen konzeptionellen Ansatz gewählt: Der krebsauslösenden Wirkung von Formaldehyd liegen zwei biologische Mechanismen zugrunde – die zellschädigende Wirkung, auf die der Körper mit einer Zellwucherung reagiert, und die Veränderung der Erbinformation. Beide Mechanismen werden oberhalb einer bestimmten Menge gemeinsam wirksam. Auf der Basis von Daten, die am Tier und am Menschen erhoben wurden, hat das BfR deshalb unter Zugrundelegung der beiden Wirkmechanismen einen so genannten „safe level“ abgeleitet. Dieses liegt bei 0,124 Milligramm pro Kubikmeter Raumluft. Bei Luftkonzentrationen unterhalb dieses Wertes wird angenommen, dass ein gegenüber dem „Hintergrundrisiko“ erhöhtes Krebsrisiko nicht zu erwarten ist. Bei wiederholter, deutlicher Überschreitung dieses Wertes können dagegen gesundheitliche Risiken bestehen.

Höhere Aldehyde sind aufgrund ihrer Reaktionsfähigkeit – ähnlich wie Formaldehyd – gesundheitsschädlich und reizen bereits in geringsten Konzentrationen die Schleimhäute der Augen und Atemwege. Eine wichtige Quelle für Aldehyde in der Raumluft sind trocknende Öle, die beispielsweise Lacken, Klebstoffen und Linoleumbelägen als Bindemittel zugesetzt werden. Trocknende Öle, wie Leinöl, binden durch Aufnahme von Luftsauerstoff ab. Bei dieser Reaktion kann es zur Abspaltung von länger-kettigen Aldehyden kommen. Die Aldehyd-Abgabe ist dabei nicht nur auf den Zeitraum der Trocknung beschränkt.

Bindemittel auf Basis trocknender Öle werden in den letzten Jahren zunehmend als Alternative zu synthetischen Harzen eingesetzt. Ein wichtiges Beispiel hierfür ist die Verwendung von Linoleum als Fußbodenbelag anstelle des problematischen PVC. Parallel zum verstärkten Einsatz von Linoleum erreichen uns immer häufiger Beschwerden von Verbrauchern, die nach dem Verlegen von Linoleumbelägen über starke Geruchsbelästigung und Reizungen der Schleimhäute – insbesondere der Atemwege – klagen. Denkbar wäre, dass die Klebmittel, mit denen diese Beläge verklebt werden, eine Ursache für die geschilderten Beschwerden darstellen. Dies konnte bisher jedoch durch eine Untersuchung der Raumluft auf die entsprechenden Lösemittelkomponenten meist ausgeschlossen werden. Aufgrund von Untersuchungen über das Ausgasungsverhalten von Linoleum ist zu vermuten, dass Aldehyde eine wesentliche Ursache der geschilderten Geruchsbelästigungen und Schleimhautreizungen sind. Dies kann im konkreten Fall durch eine Untersuchung der Raumluft auf diese Substanzen überprüft werden.

Eine weitere wichtige Quelle für höhere Aldehyde in der Raumluft sind Alkydharzlacke, also die klassischen, stark lösemittelhaltigen Kunstharzlacke. Alkydharze bestehen aus Polyalkoholen, die mit Fettsäuren und mehrwertigen Säuren verestert sind. Ebenso wie aus trocknenden Ölen können auch aus durchgetrockneten Alkydharzlacken durch oxidative Spaltung der Doppelbindungen in den Fettsäureresten höhere Aldehyde freigesetzt werden. Alkydharzlacke werden u. a. als Heizkörperlacke, zur Oberflächenbeschichtung von Fensterrahmen und Türen oder großflächig zum schmutz- und wasserabweisenden Lackieren von Wänden in Küchen und Bädern („Ölsockel“) verwendet.

Chlorfreie Bodenbeläge aus Polyvinylbutyral (PVB) können neben Butanol und Buttersäure auch größere Mengen an Butanal freisetzen.

Benzaldehyd kann von UV-härtenden Lacken als flüchtiges Spaltprodukt der als Photoinitiatoren eingesetzten Substanzen freigesetzt werden, z. B. aus UV-härtenden Möbelbeschichtungen.

Furfural kann von thermisch behandeltem Kork ("Backkork"), thermisch behandeltem Holz bzw. Holzwerkstoffen und von Papier und Pappe freigesetzt werden. Es besteht der Verdacht, dass Furfural krebserzeugend ist (EU-Einstufung Carc. 2: Kann vermutlich Krebs erzeugen).

10.5 Holzschutzmittelwirkstoffe / Pestizide

Luftanalytik: Üblicherweise werden die Wirkstoffe auf Chromosorb gesammelt und nach akkreditiertem Hausverfahren ALAB 3 1996 analysiert. Werden die Wirkstoffe auf Polyurethanschaum (PU-Schaum und Glasfaserfilter) gesammelt, wird die Analyse nach VDI 4301 Blatt 3:2003-06 sowie ASTM Methode D4861-11 durchgeführt. Wir bieten beide Methoden an, wobei unsererseits die Sammlung auf Chromosorb bevorzugt wird, da sowohl die Aufreinigung der PU-Schäume als auch die Analyse selbst mit einem wesentlich höheren Lösemittelverbrauch als bei der Chromosorb-Methode verbunden ist.

Luftanalytik (Chromosorb): Die Röhren werden mit Aceton eluiert. Die Extrakte werden in Toluol aufgenommen und PCP mit Essigsäureanhydrid derivatisiert. Die Analyse erfolgt mittels Kapillargaschromatographie und Elektroneneinfang-Detektor bzw. Massenspektrometer. Die quantitative Bestimmung der Wirkstoffe erfolgt nach der Methode des Internen Standards über Vergleichsgemische. Bestimmungsgrenze für Lindan, PCP, DDT, Chlorthalonil und Endosulfan bei 100 Litern Sammelvolumen: 0,01 – 0,03 µg/m³ pro Substanz; Bestimmungsgrenze für Fumecycloxy, Dichlofluanid bei 500 Liter Sammelvolumen: 0,03 µg/m³ pro Substanz.

Luftanalytik (PU-Schäume): Die PU-Schäume und Filter werden mit Diethylether/Hexan im Soxhlet extrahiert. Die Extrakte werden in Toluol aufgenommen und PCP mit Essigsäureanhydrid derivatisiert. Die Analyse erfolgt mittels Kapillargaschromatographie und Elektroneneinfang-Detektor bzw. Massenspektrometer. Die quantitative Bestimmung der Wirkstoffe erfolgt nach der Methode des Internen Standards über Vergleichsgemische. Bestimmungsgrenze bei Verwendung von PU-Schaum bei 1000 Litern Sammelvolumen: 0,01 – 0,03 µg/m³ pro Substanz.

Staubanalytik: Die Analyse wird nach VDI 4301 Blatt 2:2000-06, VDI 4301 Blatt 3:2003-06, VDI 4301 Blatt 4:2007-07 sowie ASTM Methode D4861-11 durchgeführt. Ein Aliquot des Probenmaterials wird im Ultraschallbad mit Cyclohexan/Aceton extrahiert und ein Teil des Extraktes mit Essigsäureanhydrid derivatisiert. Die Analyse erfolgt mittels Kapillar-Gaschromatographie und Elektroneneinfang-Detektor bzw. Massenspektrometer. Die quantitative Bestimmung der Wirkstoffe erfolgt nach der Methode des Internen Standards über Vergleichsgemische; Bestimmungsgrenze: 0,1 – 2 mg/kg bei einer Einwaage von 250 mg.

Materialanalytik: Die Analyse wird nach dem akkreditierten Hausverfahren ALAB 9a 1996 durchgeführt. Ein Aliquot des Probenmaterials wird im Soxhlet mit Aceton/Methanol bzw. im Ultraschallbad mit Cyclohexan/Aceton (dann wird das gleiche Analyseverfahren wie bei Staub angewendet) extrahiert. Ein Teil des Extraktes wird mit Essigsäureanhydrid derivatisiert. Die Analyse erfolgt mittels Kapillar-Gaschromatographie und Elektroneneinfang-Detektor bzw. Massenspektrometer. Die quantitative Bestimmung der Wirkstoffe erfolgt nach der Methode des Internen Standards über Vergleichsgemische; Bestimmungsgrenze: 0,1 – 2 mg/kg bei einer Einwaage von 250 mg.

Staub- und Materialanalytik / zinnorganische Verbindungen: Die Analyse erfolgt in Anlehnung an die DIN 38407 Blatt 13. Die Organozinnverbindungen werden mit Natriumtetraethylborat versetzt und mittels GC/MS bestimmt.

Infos zur Material-Probenahme: Bei tragenden Holzbauteilen können z. B. mit Hilfe eines Forstnerbohrers oder eines anderen Bohrers großen Durchmessers und einer langsam laufenden Bohrmaschine Holzspäne im oberflächennahen (0 bis 2 mm) Bereich entnommen und in Aluminiumfolie verpackt werden. Die Probemenge beträgt mindestens 1 g.

Seit ca. 150 Jahren werden chemische Holzschutzmittel gezielt im Baubereich angewendet. Neben den in der Bauordnung vorgeschriebenen Verwendungen vorwiegend an statisch tragenden Konstruktionshölzern kamen in den siebziger/achtziger Jahren Holzschutzmittel auch in Wohnräumen massiv zum Einsatz. Hier wurde häufig alles verwendete Holz – von tragenden Konstruktionen über Fenster, Türen, Wand- und Deckenverkleidungen, Fußböden, Treppen bis hin zu Möbeln – mit solchen Mitteln behandelt.

Chemische Holzschutzmittel lassen sich grob in drei Gruppen zusammenfassen:

- wasserlösliche Salze
- ölige Holzschutzmittel
- Teeröle

Allen ist gemeinsam, dass sie Substanzen enthalten, die eine Giftwirkung auf lebende Organismen entfalten. So lässt sich unterscheiden zwischen Stoffen, die vorwiegend gegen Insekten wirken (Insektizide) und solchen, die vorwiegend gegen Schimmel und andere Pilze wirken (Fungizide). Häufig werden in der Praxis Präparate verwendet, die sowohl Insektizide als auch Fungizide enthalten. Leider ist die Giftwirkung der meisten Holzschutzmittel nicht auf Insekten und Pilze beschränkt. Auch für Menschen sind viele dieser Mittel gesundheitsschädlich.

Ist ein Holz mit einem Holzschutzmittel behandelt worden, so bleiben die Wirkstoffe nicht nur im Holz, sondern gasen langfristig aus und belasten – in Innenräumen angewendet – die Raumluft. Besonders in den ersten Wochen und Monaten nach der Anwendung findet eine starke Freisetzung der Gifte statt. Die Abgabe an die Luft bedeutet einerseits eine unmittelbare Belastung der Bewohner über die Atemluft. Andererseits nehmen aber auch Hausstaub und zahlreiche Materialien wie Textilien (Kleidungsstücke, Bettwäsche, Polsterstoffe), Tapeten, Putz, Teppichböden, Bücher die Wirkstoffe aus der Luft auf und reichern sie an. Solchermaßen „sekundär belastete“ Materialien können die Wirkstoffe wieder an die Luft abgeben, oder die Bewohner nehmen die Gifte teilweise zusätzlich über Hautkontakt mit diesen Materialien auf. Auch Nahrungsmittel – vor allem fetthaltige – können die Wirkstoffe aus der Luft anreichern. Die Hauptaufnahme bei Bewohnern belasteter Räume findet jedoch über die Atmung und Hautkontakt statt.

Im Jahr 1989 (neue Bundesländer im Oktober 1990) erließ die Bundesregierung ein Verbot für Pentachlorphenol (PCP) als Wirkstoff in Holzschutzmitteln. Pentachlorphenol zählt zur Gruppe der Chlorphenole und fand als Fungizid im Bereich des chemischen Holzschutzes eine breite Anwendung. „Technische“ Chlorphenole enthielten produktionsbedingt bis zu maximal 19 unterschiedliche Chlorphenolkongenerie (Mono-, Di-, Tri-, Tetra-, Penta- Chlorphenole). Chlorphenole wirken fungizid und bakterizid und wurden z. B. zur Konservierung von Holz, Leder und Textilwaren eingesetzt. Di- und Trichlorphenole wurden eher selten im Bereich des chemischen Holzschutzes eingesetzt. Das in Holzschutzmitteln eingesetzte technische PCP enthielt u. a. Tetrachlorphenol, aber auch Chlordibenzodioxine und -furane.

Als Ersatzstoffe für das verbotene PCP wurden eine Vielzahl von Wirkstoffen wie Chlorthalonil, Dichlofluanid, Tolyfluanid, Furmecyclox, Tebuconazol und Propiconazol eingesetzt.

Chlorthalonil wurde bereits 1969 im ersten Holzschutzmittelverzeichnis als wirksames Fungizid genannt, jedoch zu keiner Zeit im Holzschutz in größerem Umfang eingesetzt. Das ehemalige Bundesgesundheitsamt führt Chlorthalonil nicht in der Liste der für Holzschutzmittel empfohlenen Wirkstoffe auf. Im Tierversuch wurden als akute Giftwirkungen von Chlorthalonil Durchfall, Atembeschwerden, Blutharne sowie Haut- und Augenreizungen nachgewiesen, über die chronische Giftwirkung ist praktisch nichts bekannt.

Dichlofluanid ist der am meisten verwendete Wirkstoff gegen Bläuepilze. Es wird auch als Konservierungsmittel in Dispersionsfarben sowie wasserlöslichen Lacken und Lasuren eingesetzt. Zur Toxizität von Dichlofluanid liegen nur wenige Erkenntnisse vor. In Tierversuchen traten Augenreizungen und Sensibilisierungen auf, bei hohen Dosen unspezifische Symptome. Beim Menschen wurden ebenfalls Sensibilisierungen beobachtet. Auffallend ist eine im Tierversuch hohe inhalative Toxizität gegenüber einer eher geringen oralen Toxizität.

Tolyfluanid (Handelsname „Preventol A 5“) wird ebenfalls gegen Bläuepilze verwendet und hat eine ähnliche Struktur wie das Dichlofluanid, wird aber seltener eingesetzt. Über mögliche Gesundheitsgefahren ist ebenfalls wenig bekannt. Es dürfte aber ähnliche toxikologische Eigenschaften haben wie Dichlofluanid.

Furmecyclox (Handelsname „Xyligen B“) wurde als Ersatz für PCP Mitte bis Ende der 80er Jahre in großem Umfang als Fungizid im Holzschutz eingesetzt. Aufgrund ungenügender Langzeitwirkung im Holz wurde es jedoch Ende der 80er Jahre wieder vom Markt genommen. Über mögliche Gesundheitsschäden ist auch hier wenig bekannt.

Die Triazole Tebuconazol (Handelsname „Preventol A 8“) und Propiconazol werden ebenso als Fungizide eingesetzt, ihre Bedeutung nimmt derzeit stark zu. Angaben zur Toxizität sind äußerst spärlich. Daten über chronische Auswirkungen liegen nicht vor.

Seit 1984 wird das Insektizid Lindan in der alten Bundesrepublik nicht mehr produziert und seine Verwendung wurde stark eingeschränkt. Seit dem 01.09.2006 ist Lindan in Holzschutzmitteln EU-weit verboten. Als Ersatz für Lindan werden verstärkt Pyrethroide (Permethrin, Cypermethrin, Deltamethrin) verwendet.

Früher wurde in seltenen Fällen Ethylparathion – besser bekannt unter dem Namen E 605 – als Insektizid im Holzschutz eingesetzt. Ethylparathion zählt zur Gruppe der Phosphorsäureester; es ist äußerst flüchtig und wird als Atemgift eingestuft.

Vor allem auf Dachböden in den neuen Bundesländern sind häufig erhöhte DDT-Konzentrationen zu finden. Dies ist auf den Einsatz von Hylotox-Präparaten zurückzuführen, die meist die Wirkstoff-Kombinationen Pentachlorphenol/DDT bzw. Lindan/DDT enthielten. „Hylotox 59“ (Wirkstoffe: Lindan/DDT) war noch bis 1989 im Handel der DDR frei erhältlich.

Weiterhin wurden Chlornaphthaline als Holzschutzmittel eingesetzt. Es handelt sich dabei meist um Gemische aus chlorierten Naphthalinen mit unterschiedlichem Chlorierungsgrad. Im Gegensatz zu anderen Holzschutzmitteln wurden sie fast ausschließlich im gewerblichen Bereich bei der Herstellung von Holzwerkstoffen im Leimzumischverfahren mit Phenol-Formaldehyd-Harzen als Leim- bzw. Kleberkomponenten eingesetzt. Die so hergestellten Produkte waren feuchtebeständige Bauspanplatten mit der Bezeichnung V100G und Baufurnierplatten (Baufurniersperrholz) mit der Bezeichnung AW100G. In den alten Bundesländern musste technisches Mono-Chlornaphthalin bei Verwendung als Holzschutzmittel frei von tri- und höherchlorierten Naphthalinen sein, da diese zum Teil bei Hautkontakt chlorakne-ähnliche Erkrankungen hervorrufen können. Auch bei Verwendung so aufgereinigter Produkte kann es einerseits zu starken Geruchsbelästigungen kommen, da der Geruchsschwellenwert extrem niedrig liegt; andererseits können Symptome wie Schleimhautreizungen, Augenbrennen, Hautreizungen oder Kopfschmerzen auftreten. In der DDR wurden Chlornaphthaline in den 50er und 60er Jahren als Holzschutzmittel eingesetzt und waren sogar für die Anwendung in geschlossenen Räumen zulässig.

Organozinnverbindungen wurden ebenfalls als Fungizide im Holzschutz eingesetzt. Gebräuchlich war hierbei insbesondere Tributylzinnoxid, z. B. in Kombinal-Präparaten.

Quellen für Holzschutzmittelwirkstoffe in Innenräumen: mit Holzschutzmitteln behandelte Hölzer und Holzwerkstoffe, z. B. Wand- und Deckenverkleidungen, Deckenbalken, Dachbalken, für Feuchträume geeignete Spanplatten, antike Möbel, die gegen Holzwurmbefall behandelt wurden, Holzfenster.

Zusätzliche Quelle für PCP und Permethrin in Innenräumen: Teppichböden

Zusätzliche Quelle für PCP in Innenräumen: Ledermöbel.

10.6 Biozide

Staub- und Materialanalytik: Die Analyse wird nach VDI 4301 Blatt 2:2000-06, VDI 4301 Blatt 3:2003-06, VDI 4301 Blatt 4:2007-07, DIN ISO 10382:2003-05 sowie ASTM Methode D4861-11 durchgeführt. Die Probe wird im Ultraschallbad mit Cyclohexan/Aceton extrahiert. Ein Teil des Extraktes wird mit Essigsäureanhydrid derivatisiert. Die Analyse erfolgt mittels Kapillar-Gaschromatographie und Elektroneneinfang-Detektor bzw. Massenspektrometer. Die quantitative Bestimmung der Wirkstoffe erfolgt nach der Methode des Internen Standards über Vergleichsgemische; Bestimmungsgrenze: 0,1 – 3 mg/kg bei einer Einwaage von 250 mg.

Die Verwendung von Bioziden in Innenräumen wird wegen der damit einhergehenden Gesundheitsrisiken für die Raumnutzer zunehmend kritisiert. Die meisten bei der Bekämpfung von Insekten in Innenräumen angewendeten Wirkstoffe werden auch im Pflanzenschutz, z. B. in der Landwirtschaft eingesetzt. Für Schädlingsbekämpfungsmittel, die in Innenräumen eingesetzt werden, ist jedoch im Unterschied zu Pflanzenschutzmitteln nur für Neuprodukte eine amtliche Prüfung oder Zulassung vorgeschrieben (Biozidgesetz).

Biozide, einmal in Innenräumen ausgebracht, werden deutlich langsamer abgebaut als bei der Anwendung im Freiland. Dadurch können sich auch Biozide, die als leicht abbaubar gelten, vor allem bei regelmäßiger Anwendung, in Innenräumen anreichern. Die Wirkstoffe verteilen sich in Abhängigkeit von ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften über die Raumluft und den Hausstaub, dringen in Oberflächen ein und werden aus diesen wieder frei gesetzt, so dass die Raumnutzer einer der Aufenthaltsdauer entsprechenden Schadstoffbelastung ausgesetzt sein können.

Einige Vertreter der Organophosphor-Insektizide, die als Schädlingsbekämpfungsmittel im Haushalt in Sprays, Köderdosen, Strips, Plättchen für Elektroverdampfer oder ähnliches eingesetzt werden, sind z. B. Dichlorvos und Chlorpyrifos. Ebenfalls in Innenräumen angewendet werden Carbamate wie Propoxur und Ethiofencarb.

Zur Gruppe der Organochlor-Pestizide zählen unter anderem DDT, Lindan, Aldrin und Dieldrin. Lindan und DDT sind dabei wohl die bekanntesten Vertreter. Mögliche DDT-Quellen in Innenräumen können neben mit

DDT behandelten Hölzern (Dachgeschosse oder alte Möbel aus den neuen Bundesländern), lang zurückliegende Schädlingsbekämpfungsmaßnahmen (z. B. in ehemals von den amerikanischen Streitkräften genutzten Wohnungen) oder Orientteppiche sein. DDT darf seit dem Inkrafttreten der Stockholmer Konvention 2004 weltweit nur noch zur Malariabekämpfung eingesetzt werden. Lindan wurde früher häufig als Holzschutzmittel eingesetzt. Seit dem 01.09.2006 ist die Verwendung von Lindan in Holzschutzmitteln EU-weit verboten. Zur Schädlingsbekämpfung außerhalb der Landwirtschaft und für human- und veterinärmedizinische Zwecke war Lindan bis Ende 2007 zugelassen.

Seit Mitte der achtziger Jahre werden in Innenräumen zunehmend Pyrethroide zur Schädlingsbekämpfung eingesetzt. Die wichtigsten Pyrethroide sind Permethrin, Deltamethrin, Cyfluthrin, Fenvalerat, Cypermethrin und Tetramethrin. Im häuslichen Bereich werden Pyrethroide als Holzschutzmittel, zur Textilausrüstung von Wollteppichen, als Insektensprays, in Elektroverdampfern, als Flohmittel und Mittel gegen Kopfläuse verwendet.

Permethrin ist ein insektizider Wirkstoff, der zur Ausrüstung von Wolltextilien – vor allem Teppichböden – gegen Insektenfraß eingesetzt wird. Mit dem „Wollsiegel“ gekennzeichnete Teppichböden sind immer behandelt, da die Vergabe des Wollsiegels an die Motten- und Käfer-Schutzbehandlung geknüpft ist. Permethrin hat weitgehend das Pestizid Lindan ersetzt, welches in der Vergangenheit aufgrund seiner Giftigkeit und Langlebigkeit in Verruf geraten ist. Obwohl Permethrin, verglichen mit anderen Pestiziden wie Lindan, nur in sehr geringem Ausmaß aus dem Teppichmaterial ausgast, besteht die Möglichkeit der Aufnahme über direkten Hautkontakt oder beim Einatmen von feinen Wollfasern und Teppichabrieb. Die Frage, ob und in welchem Ausmaß Permethrin auch für den Menschen gefährlich ist, kann gegenwärtig nicht endgültig beantwortet werden. Bei der Diskussion möglicher gesundheitsschädlicher Effekte von Pyrethroiden stehen neurotoxische Symptome im Vordergrund.

In einer Studie des BMBF zu Pyrethroiden in Innenräumen werden folgende Symptome nach Kontakt mit Pyrethroiden – bei Dosierung laut Anwendungshinweisen – genannt: Stechen, Jucken oder Brennen der exponierten Haut, Taubheitsgefühle, Überempfindlichkeit des Atemtraktes, allgemeines Unwohlsein, Kopfschmerz, Ermüdung und Übelkeit. Die Studie kommt jedoch zu der Einschätzung, dass es keine belastbaren Hinweise auf eine gesundheitliche Gefährdung von Menschen durch Pyrethroide in Innenräumen gibt, wenn die Insektizide einmalig zur Schädlingsbekämpfung oder zum Schutz von Wollteppichen und -teppichböden in sachgerechter Weise eingesetzt werden. Bezüglich besonders empfindlicher Personen wird jedoch Forschungsbedarf angemeldet. Insbesondere für Neugeborene und Kleinkinder ist ein hohes Gefährdungspotenzial gegenüber Pyrethroiden anzunehmen.

Die Aufnahme von Permethrin erfolgt hauptsächlich über die Haut, z. B. durch Kontakt mit behandelten Materialien. Kinder sind aufgrund ihrer empfindlicheren Haut stärker gefährdet als Erwachsene. Die vorliegenden Hinweise waren für das Umweltbundesamt und das Bundesgesundheitsamt Grund genug, um in Presseerklärungen vor der Anwendung von Pyrethroiden in Innenräumen zu warnen.

Neben Pestiziden werden zur Schädlingsbekämpfung auch hormonähnliche Substanzen eingesetzt, die Störungen des Insektenwachstums verursachen. Methopren besitzt eine juvenilhormonähnliche Wirkung; dies bedeutet, dass die Larvenentwicklung und Verpuppung verhindert werden. Methopren wird u. a. zur Flohbekämpfung bei Hunden und Katzen eingesetzt. Neben dem gezielten Einsatz von hormonähnlichen Pestiziden gibt es eine Reihe von Pestiziden, die zu den endokrin wirksamen (hormonähnlichen) Substanzen zählen wie z. B. DDT, PCP, Lindan, Methoxychlor (siehe hierzu Infoteil unter Punkt 10.7).

10.7 Endokrin wirksame Substanzen (EDC)

Staubanalytik: Die Analyse wird nach VDI 4301 Blatt 2:2000-06, VDI 4301 Blatt 3:2003-06, VDI 4301 Blatt 4:2007-07, VDI 4301 Blatt 6:2012-09, VDI 2464 Blatt 1:2009-09, DIN ISO 10382:2003-05, DIN ISO 18287:2006-05 sowie ASTM Methode D4861-11 durchgeführt. Die Probe wird im Ultraschallbad mit Cyclohexan/Aceton extrahiert. Ein Teil des Extraktes wird mit Essigsäureanhydrid derivatisiert. Die Analyse erfolgt mittels Kapillar-Gaschromatographie und Elektroneneinfang-Detektor bzw. Massenspektrometer. Die quantitative Bestimmung der Substanzen erfolgt nach der Methode des Internen Standards über Vergleichsgemische; Bestimmungsgrenze: 0,1 – 10 mg/kg bei einer Einwaage von 250 mg.

Staubanalytik / bromierte Flammschutzmittel: Die Probe wird im Ultraschallbad extrahiert. Die Analyse erfolgt mittels GC/MS im NCI und/oder EI. Die quantitative Bestimmung der Substanzen erfolgt nach der Methode des Internen Standards. Bestimmungsgrenze: 0,1 – 1 mg/kg bei einer Einwaage von 500 mg.

Staubanalytik / zinnorganische Verbindungen: Die Analyse erfolgt in Anlehnung an die DIN 38407 Blatt 13. Die Organozinnverbindungen werden mit Natriumtetraethylborat versetzt und mittels GC/MS bestimmt.

Endokrin wirksame Substanzen (endocrine disrupting compounds, EDC) stehen zunehmend im Blickpunkt des öffentlichen Interesses. Sie werden auch als Umwelthormone oder endokrine Disruptoren bezeichnet, da sie sich ähnlich wie natürliche Hormone verhalten und im Organismus entsprechende Wirkungen hervorrufen können. Die Wirkungen körpereigener, natürlicher Hormone können durch endokrin wirksame Substanzen abgeschwächt oder blockiert, aber auch verstärkt werden. Einige Hormone sind nur in bestimmten (empfindlichen) Lebensabschnitten aktiv (z. B. Entwicklung von Fetus und Kind). Die Wirkung von Hormonen kann nach deren Aufnahme durch den Menschen mit deutlicher Verzögerung auftreten, im Extremfall erst in der nächsten Generation. Da Hormone bereits in sehr geringen Konzentrationen wirken, sind schon kleinste Mengen von EDC in der Umwelt als problematisch zu bewerten.

EDC stehen im Verdacht, die Entstehung bestimmter Tumore zu fördern, die Entwicklung des menschlichen Organismus zu stören und die Fortpflanzungsfähigkeit zu mindern. Die durch epidemiologische Studien festgestellte Zunahme von Brust- und Prostatakrebs, die Beeinträchtigungen der männlichen Fortpflanzungsfähigkeit durch Hodenhochstand und die sinkende Spermienzahl werden ebenfalls in Zusammenhang mit dem vermehrten Vorkommen endokrin wirksamer Substanzen in der Umwelt gebracht.

Zu den endokrin wirksamen Substanzen gehören sehr unterschiedliche Stoffgruppen. Neben Pflanzenschutzmitteln (DDT, Lindan), polychlorierten Biphenylen (PCB), Organozinnverbindungen (TBT), bromierten Flammschutzmitteln, Phytohormonen (Isoflavone) gehören hierzu auch einige in sehr großen Mengen produzierte Industriechemikalien wie Phthalat-Weichmacher und vor allem Bisphenol A.

1999 ließ die Europäische Kommission eine Liste von 564 persistenten Stoffen und Stoffen mit großem Produktionsvolumen erstellen, die prioritär auf ihre endokrine Wirkung hin bewertet werden sollen. Die im Rahmen von mehreren EU-Studien überprüften Chemikalien wurden dann in eine Prioritätenliste mit 3 Kategorien unterteilt. Bis Januar 2011 sind 319 Chemikalien als Kategorie 1 oder 2 (nachweislich oder potentiell endokrin wirksam) eingestuft worden. In Kategorie 3a/b werden Chemikalien, die keine wissenschaftliche Basis für eine Aufnahme in die Prioritätenliste 1 oder 2 liefern (Kategorie 3a) bzw. zu denen keine oder keine ausreichenden Daten gesammelt wurden (Kategorie 3b), eingestuft.

Die Liste von Substanzen führte zur Entwicklung von europäischen Rechtsvorschriften in verschiedenen Bereichen mit dem Ziel, die Verwendung endokrin wirksamer Substanzen zu regulieren und deren Zulassung zu überprüfen:

- Chemische Stoffe: Verordnung EG 1907 / 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH)
- Pestizide: Verordnung EG 1107 / 2009 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln
- Biozide: Verordnung EU 528 / 2012 über die Verwendung von Biozidprodukten
- Kosmetika: Verordnung EG 1223 / 2009 über kosmetische Mittel
- Wasserqualität: Richtlinie zum Ordnungsrahmen für die Wasserpolitik 2000 / 60 / EG

Ein Beispiel: Die ab Juni 2011 gültige EU-Verordnung zur Zulassung von Pflanzenschutzmitteln sieht vor, dass zukünftig ein Stoff in Pflanzenschutzmitteln nur zugelassen wird, wenn dieser keine endokrin disruptiven Eigenschaften besitzt, die möglicherweise Auswirkungen auf den Menschen haben können.

Im Folgenden wird näher auf Bisphenol A und Phthalate eingegangen.

Bisphenol A steckt in vielen Alltagsgegenständen. Die Substanz wird als Ausgangssubstanz für die Herstellung von Polycarbonat-Kunststoffen verwendet, woraus zum Beispiel Trinkflaschen, Becher, Mobiltelefone und Motorradhelme hergestellt werden. Bisphenol A ist darüber hinaus ein Hauptbestandteil bei der Herstellung von Epoxidharzen, die als Kleber, Oberflächenbeschichtungen und Lacken eingesetzt

werden. Epoxidlacke werden u.a. zur Innenbeschichtung von Konserven- und Getränkedosen sowie von Flaschendeckeln verwendet. Bisphenol A wird auch als Additiv (also als Zusatzstoff) verwendet: zur Beschichtung von Thermopapier, beim Herstellen und Verarbeiten von PVC (Polyvinylchlorid)-Kunststoffen und in Bremsflüssigkeiten. Unter bestimmten Bedingungen kann sich Bisphenol A aus den Produkten lösen – wie aus der Beschichtung von Dosen und aus Polycarbonatbabyfläschchen – und dann über die Nahrung oder über die Haut – wie bei Thermopapier – vom Menschen aufgenommen werden. Hier kann Bisphenol A ähnlich wie das weibliche Sexualhormon Östrogen wirken.

Die Diskussion über die Bewertung aktueller Expositionssituationen wird sehr kontrovers geführt. Das Altstoffchemikalien-Programm der EU und die europäische Lebensmittelsicherheitsbehörde EFSA bewerteten 2006 Produkte auf Bisphenol-A-Basis als unbedenklich. 2015 wurde von der EFSA erneut ein Gutachten zur Bewertung der Gesundheitsrisiken durch die Verwendung von Bisphenol A in Lebensmittelbedarfsgegenständen publiziert; dieses kommt zu einer ähnlichen Einschätzung. Nicht alle EU-Länder teilten jedoch diese Bewertung: Dänemark und Frankreich haben aus Vorsorgegründen Bisphenol-A-haltige Babyflaschen und andere Produkte für Kinder im Jahr 2010 verboten. Um eine einheitliche Rechtslage in der EU zu schaffen, hat die Europäische Kommission daraufhin aus Gründen des vorsorgenden Verbraucherschutzes die Verwendung von Bisphenol A bei der Herstellung von Babyflaschen und das Inverkehrbringen von Babyflaschen, die mit Bisphenol A hergestellt wurden, in allen EU-Mitgliedsstaaten untersagt. Das Verbot gilt seit März bzw. Juni 2011.

Phthalate sind in der Kunststoffherstellung ebenfalls weit verbreitet (siehe hierzu Infoteil unter Punkt 10.9). Als endokrin aktive Phthalate (Kategorie 1) gelten Diethylhexylphthalat (DEHP), Dibutylphthalat (DBP) und Butylbenzylphthalat (BBP). Durch ihre hormonelle Wirkung können sie genitale Fehlbildungen oder Unfruchtbarkeit bei Männern bewirken. EU-weit sind diese Phthalate in Kosmetika oder Kinderspielzeug verboten. In vielen Medizinprodukten wie Blutbeuteln, Infusionsbeuteln, Schläuchen oder Kathetern können jedoch nach wie vor Konzentrationen von 30 bis 40 Prozent enthalten sein. DEHP-haltige Medizinprodukte müssen seit dem 21.03.2010 gekennzeichnet werden.

Die als Ersatz für DEHP verwendeten Gemische isomerer Diisononylphthalate (DINP) und Diisodecylphthalate (DIDP) werden ebenso als potenziell endokrin wirksame Substanzen (Kategorie 2) eingestuft.

Die von ALAB angebotene Untersuchung von Hausstaub auf endokrin wirksame Substanzen berücksichtigt endokrin wirksame Substanzen, die im Rahmen der EU-Studien in Kategorie 1 oder 2 eingestuft wurden. Soll der Staub darüber hinaus auf bromierte Flammschutzmittel und zinnorganische Verbindungen untersucht werden, so erfordert dies drei unterschiedliche Analysemethoden. Bitte beachten Sie, dass dann mindestens 3 g Staub benötigt werden.

10.8 Polychlorierte Biphenyle (PCB)

Luftanalytik: Die Luftproben werden auf Florisil-Sammelröhrchen oder auf spezielle Polyurethanschaum-Kartuschen gezogen. Wir bieten beide Verfahren an, bevorzugen aber die Sammlung auf Florisil, da sowohl für die Aufreinigung der PU-Schäume als auch die Analyse selbst erheblich mehr Lösemittel verbraucht wird als bei der Florisilmethode. In der VDI 4300 Blatt 2 und der PCB-Richtlinie werden beide Verfahren als gleichwertig genannt. Analytik: Extraktion/Elution der Sammelmedien mit n-Hexan; bei Bedarf säulenchromatographische Aufreinigung des Extraktes an zwei unterschiedlichen stationären Phasen (Benzolsulfonsäure und Silicagel), Analyse mit Kapillargaschromatographie und Elektroneneinfang-Detektor bzw. Massenspektrometer (DIN EN 12766 Blatt 1:2000-11 bzw. VDI 2464 Blatt 1:2009-09). Quantifizierung mittels internem Standard und Vergleichsgemisch. Die Analyse erfolgt auf die PCB-Kongeneren 28, 52, 101, 138, 152 und 180 sowie ergänzend auf PCB 118 (Nummerncode nach Ballschmiter). Nach einer Empfehlung des ehemaligen Bundesgesundheitsamtes errechnet sich die Gesamt-PCB-Konzentration aus der Summe der PCB-Kongeneren 28, 52, 101 und 138, multipliziert mit dem Faktor 6. In der PCB-Richtlinie wird empfohlen, den Gesamt-PCB-Gehalt aus der Summe der Einzelkonzentrationen dieser sechs „Indikator“-PCB-Kongeneren multipliziert mit dem Faktor 5 näherungsweise zu errechnen (Berechnung nach LAGA – Länderarbeitsgemeinschaft Abfall). Im Prüfbericht werden die nach beiden Verfahren berechneten Gesamt-PCB-Gehalte angegeben. Bestimmungsgrenze bei 250 Litern Sammelvolumen je Kongener: 0,5 ng/m³.

Staubanalytik: Extraktion der Staubprobe im Ultraschallbad mit Aceton/Cyclohexan (1:1); Analyse mit Kapillargaschromatographie und Massenspektrometer nach VDI 2464 Blatt 1:2009-09. Quantifizierung mittels internem Standard. Die Analyse erfolgt auf die PCB-Kongeneren 28, 52, 101, 138, 152 und 180 (Nummerncode nach Ballschmiter). Berechnung des Gesamt-PCB-Gehalts nach LAGA (s. Luftanalytik). Bestimmungsgrenze: $\leq 0,1$ mg/kg je Kongener bei einer Einwaage von 250 mg.

Materialanalytik: Extraktion der Materialprobe mit n-Hexan am Soxhlet; bei Bedarf säulenchromatographische Aufreinigung des Extraktes an zwei unterschiedlichen stationären Phasen (Benzolsulfonsäure und Silicagel) nach DIN EN 12766 Blatt 1:2000-11, Analyse mit Kapillargaschromatographie und Massenspektrometer (GC/MS) nach VDI 2464 Blatt 1:2009-09. Quantifizierung mittels internem Standard. Die Analyse erfolgt auf die PCB-Kongeneren 28, 52, 101, 138, 152 und 180 (Nummerncode nach Ballschmiter). Berechnung Gesamt-PCB-Gehalt nach LAGA (s. Luftanalytik). Bestimmungsgrenze: $0,1 - 0,5$ mg/kg je Kongener bei einer Einwaage von 250 mg.

Bei den polychlorierten Biphenylen – kurz PCB – handelt es sich um eine Verbindungsklasse von 209 Einzelsubstanzen mit gleicher Grundstruktur (Kongener). Merkmal aller PCB ist das gemeinsame Grundgerüst Biphenyl. An diesem Grundgerüst sind in verschiedenen Stellungen und unterschiedlicher Anzahl Wasserstoffatome durch Chloratome ersetzt. Technische Produkte enthalten 50 bis 70 solcher Kongenere, von denen etwa zehn die Hauptmenge bilden. Für die vielfältigen Anwendungen wurden PCB-Gemische mit unterschiedlich hohen Chloranteilen verwendet. Die technischen PCB enthalten herstellungsbedingt hochtoxische Verunreinigungen wie polychlorierte Dibenzofurane (PCDF) und polychlorierte Dioxine (PCDD). Bei der Bewertung von PCB-Raumluftkonzentrationen werden zunehmend die Belastungen mit dioxinähnlichen PCB sowie polychlorierten Dibenzofuranen (PCDF) und polychlorierten Dioxinen (PCDD) berücksichtigt. Hierbei gibt es offensichtlich einen Zusammenhang zwischen dem Chlorierungsgrad der verwendeten PCB-Gemische und der Raumluftbelastung mit dioxinähnlichen PCB sowie PCDF und PCDD, da der Gehalt dieser Verunreinigungen in höher chlorierten PCB-Gemischen zunimmt. Bei dem Einsatz höher chlorierter PCB-Gemische wird daher zur Bewertung der Sanierungsdringlichkeit zusätzlich zu den sechs Leit-PCB die Raumluftbelastung mit dem dioxinähnlichen PCB 118 berücksichtigt.

Da PCB in vielen Anwendungen und Produkten eingesetzt wurden, sind sie seit langem ubiquitär in den Umweltmedien Luft, Wasser und Boden verbreitet. Einen Beitrag dazu leisteten nicht nur die offenen Systeme; mit der Zeit werden auch viele Kondensatoren, Transformatoren, Wärmetauscher und Hydrauliksysteme, die zu den „geschlossenen“ Systemen gezählt werden, undicht. Die Unterscheidung zwischen „offenen“ und „geschlossenen“ Systemen ist daher obsolet; spätestens auf der Müllkippe wird aus dem geschlossenen Kondensator, eingebaut z. B. in einer Waschmaschine, durch Korrosion ein offenes System.

Seit 1978 wurde die Verwendung von PCB in offenen Systemen wie Lacken, Schmierölen, Druckfarben, Dichtungsmassen und Kunststoffen in Deutschland verboten. Die 1989 verabschiedete PCB-Verbotsverordnung sah ein Verwendungsverbot für alle Erzeugnisse, die Zubereitungen mit mehr als 50 mg/kg PCB enthalten, vor. Allerdings enthielt die Verordnung Ausnahmen und Übergangsfristen. Seit 2010 dürfen in Deutschland endgültig keine Geräte mehr betrieben werden, die mehr als einen Liter PCB-haltige Flüssigkeit enthalten.

In Innenräumen fielen PCB erstmals auf, als sich in einem Marburger Gymnasium 1988 Lampenschalen auffällig gelb verfärbten. Nachforschungen ergaben, dass aus undichten Leuchtstofflampen-Kondensatoren PCB-haltiges Öl tropfte und zu hohen Belastungen des Staubes und der Luft geführt hatte. In der Folge wurden vor allem in öffentlichen Gebäuden überall in der Bundesrepublik PCB-haltige Kondensatoren aufgespürt und ausgetauscht. Bei der anschließenden Kontrolle der Raumluft auf PCB konnte entgegen den Erwartungen in einigen Fällen keine Entwarnung gegeben werden; nach wie vor waren PCB in hohen Konzentrationen in der Raumluft zu finden. In einer Gesamtschule in Köln wurde 1989 schließlich die Ursache gefunden. Dauerelastische Dichtungsfugen zwischen den Beton-Bauelementen des Gebäudes enthielten PCB in großen Mengen als Weichmacher. Die Kölner Gesamtschule ist kein Einzelfall: bis ca. 1975 wurden Dichtungsmassen mit einem PCB-Anteil von bis zu 30 % und mehr routinemäßig in Innen- und Außenfugen eingesetzt. Zwar wurden bisher hauptsächlich öffentliche Gebäude wie Schulen, Turnhallen, Kindergärten und (seltener) Verwaltungen untersucht, doch nicht nur sie sind betroffen. Alle Großplattenbauten, die vor 1975 erbaut wurden, müssen nach den bisherigen Erfahrungen als Verdachtsgebäude gelten. Das gilt auch für reine Wohngebäude, wie Untersuchungen in Berlin belegen. In mehreren Wohnungen der Berliner Gropiusstadt, einem weitgehend in Tafelbauweise erbauten Neubauviertel, wurden 1994 bei Stichprobenmessungen PCB-Konzentrationen gefunden, die deutlich über dem Vorsorgewert von 300 ng/m^3 lagen. Eine weitere Quelle für höchste PCB-Belastungen der Raumluft wurde bei Messungen in einer Schule in Berlin-Tiergarten entdeckt: Heizungsrohre in einem Klassenraum, die offen mit einer PCB-haltigen Dichtmasse zur Wand hin verlegt worden waren. Bei weiteren Untersuchungen in Berlin wurde festgestellt, dass in einigen Fällen Kleber von Stäbchenparkett PCB-Gehalte im unteren Prozentbereich aufweisen. In einer anderen Veröffentlichung werden als PCB-Quelle

alte Buntsteinputze genannt, denen PCB als Weichmacher zugesetzt wurde und die zum Beispiel in Treppenhäusern und Turnhallen wegen ihrer Strapazierfähigkeit eingesetzt wurden.

Primärquellen für PCB in Innenräumen: defekte Kondensatoren, Fugendichtungsmassen, Akustik-Deckenplatten, Brandschutzfarben, im Betonbau verwendetes Schalöl, Parkettkleber, Buntsteinputz.

10.9 Weichmacher

Luftanalytik: Die Analyse der Phthalate wird nach VDI 4301 Blatt 6:2012-09 durchgeführt. Die Weichmacher werden auf Florisil-Röhrchen gesammelt und mit Diethylether eluiert. Die Analyse erfolgt mittels Kapillargaschromatographie und Massenspektrometer. Die quantitative Bestimmung erfolgt nach der Methode des Internen Standards über Vergleichsgemische.

Bestimmungsgrenze: 20 – 50 ng/m³ pro Substanz bei 500 Litern Sammelvolumen.

Ein Teil der Weichmacher kann auch mittels Thermodesorption oder Lösemitteldesorption nachgewiesen werden. Die Analytik entspricht der Analytik der Glykolverbindungen.

Staubanalytik: Die Analyse wird nach VDI 4301 Blatt 6:2012-09 durchgeführt. Die Probe wird im Ultraschallbad mit Cyclohexan/Aceton extrahiert. Die Analyse wird mittels Kapillar-Gaschromatographie und Massenspektrometer durchgeführt. Die quantitative Bestimmung der Weichmacher erfolgt nach der Methode des Internen Standards über Vergleichsgemische.

Bestimmungsgrenze: 1 mg/kg für DIDP und DINP 10 mg/kg (halbquantitativ) bei einer Einwaage von 250 mg.

Materialanalytik: Die Analyse wird nach VDI 4301 Blatt 6:2012-09 durchgeführt. Die Probe wird im Soxhlet bzw. im Ultraschallbad mit Aceton extrahiert. Die Analyse wird mittels Kapillar-Gaschromatographie und Massenspektrometer durchgeführt. Die quantitative Bestimmung der Weichmacher erfolgt nach der Methode des Internen Standards über Vergleichsgemische.

Bestimmungsgrenze: 1 mg/kg; für DIDP und DINP 10 mg/kg (halbquantitativ) bei einer Einwaage von 250 mg.

Weichmacher sind Chemikalien, die in enormen Mengen produziert werden. Sie werden Kunststoffen, hauptsächlich PVC, beigemischt, um sie elastisch und gut verarbeitbar zu machen.

PVC-Produkte bestehen oft nur zu weniger als der Hälfte aus PVC. Den Rest machen Zusatzstoffe aus, die für die unterschiedlichen Eigenschaften der aus PVC hergestellten Gegenstände verantwortlich sind. An erster Stelle stehen dabei Weichmacher, darüber hinaus werden Farbstoffe, Pigmente, Stabilisatoren, Flammschutzmittel und weitere Hilfsmittel zugefügt.

Die in den größten Mengen eingesetzten Weichmacher gehören zur Stoffgruppe der Phthalate. Phthalat-Weichmacher haben einen großen Nachteil: sie bleiben nicht in dem Kunststoff, dem sie zugesetzt werden, sondern gasen mit der Zeit aus oder gehen bei direktem Kontakt auf andere Materialien über. Fachleute mit Sinn für Poesie haben dafür den Begriff „Weichmacherwanderung“ geprägt.

Die Folgen des Bewegungsdranges der Weichmacher sind unangenehm: einerseits werden die auf die weichmachende Wirkung der Phthalate angewiesenen Kunststoffe hart und spröde, andererseits stellen vagabundierende Weichmacher eine schwer zu kalkulierende Gesundheitsgefahr dar.

DEHP war lange Zeit das am häufigsten verwendete Phthalat. Wegen seiner fortpflanzungsgefährdenden Eigenschaften und der diesbezüglichen öffentlichen Diskussion wurde DEHP in den vergangenen Jahren teilweise durch DINP und DIDP ersetzt. DINP und DIDP sind gegenwärtig die in Westeuropa am meisten verwendeten Weichmacher. Bei ungefähr gleich bleibendem Weichmachergesamtverbrauch stieg ihr Anteil von 35 % im Jahr 1999 auf 67 % im Jahr 2008. Der Anteil von DEHP fiel nach Angaben der Aktionsgemeinschaft PVC und Umwelt im selben Zeitraum von 42 % auf 17,5 %.

Kinder, insbesondere Kleinkinder im Krabbelalter, können mit DEHP deutlich stärker belastet sein als Jugendliche und Erwachsene, da sie Weichmacher nicht nur über die Nahrung, sondern auch vermehrt über den Hausstaub und über Dinge, die sie in den Mund stecken, aufnehmen. Neben der hormonähnlichen Wirkung gibt es Hinweise darauf, dass DEHP-haltiger Staub aus PVC-Bodenbelägen die Bronchien von Kindern schädigen kann. Im Oktober 2004 veröffentlichte ein schwedisch-dänisches Forscherteam eine Studie, in der ein deutlicher Zusammenhang zwischen Phthalat-Konzentrationen im Hausstaub aus Kinderzimmern und dem Auftreten von Asthma, Hautekzemen und Katarrh der Nasenschleimhaut bei den betroffenen Kindern aufgezeigt wird.

In einer Presseinformation des BfR heißt es: „Um das gesundheitliche Risiko der gegenwärtigen Phthalatbelastung für den Menschen genauer charakterisieren zu können, besteht noch Forschungsbedarf. Hierbei spielt vor allem die Frage eine Rolle, ob sich bei Phthalat-Gemischen die einzelnen Stoffe in ihrer Wirkung verstärken. Tierexperimentelle Studien mit einzelnen Phthalaten und mit Gemischen deuten auf eine additive Wirkung bei der Störung der Testosteronbildung bei den Nachkommen der Tiere.“

Diethylhexylphthalat (DEHP), Dibutylphthalat (DBP) und Butylbenzylphthalat (BBP) gelten als endokrin aktive Phthalate (Infos zu endokrin wirksamen Substanzen siehe Punkt 10.7).

Seit dem 30.7.2002 müssen Zubereitungen, die mehr als 0,5% DEHP enthalten, EU-weit als giftig gekennzeichnet werden. In Spielzeug für Kinder unter 3 Jahren ist der Einsatz verboten. Dies bedeutet, dass die Massenkonzentration in dem weichmacherhaltigen Material unter 0,1 Masse-Prozent liegen muss (gilt für DEHP, DBP und BBP).

Die DEHP-Ersatzstoffe DINP (Gemische isomerer Diisononylphthalate) und DIDP (Diisodecylphthalate) sind bislang nicht als gefährliche Stoffe eingestuft. Mögliche gesundheitlich relevante Effekte von DIDP betreffen primär die Leber. Zudem werden beide Stoffe als potenziell endokrin wirksame Substanzen (Kat 2) eingestuft. Die EU-Kommission hat wegen der Risiken von DIDP und – aus Vorsorgegründen – auch für DINP sowie Di-n-octylphthalat (DNOP) ein Verbot für Babyartikel und Kinderspielzeug, das in den Mund genommen werden kann, erlassen. Auch das Umweltbundesamt (UBA) bewertet das zunehmende Vorkommen dieser Stoffe in Produkten und in der Umwelt als bedenklich und plädiert dafür, den Eintrag dieser beiden Stoffe in die Umwelt zu vermeiden.

Als Weichmacher werden außerdem Ester aliphatischer Dicarbonsäuren, z. B. Di(2-ethylhexyl)adipat (DEHA bzw. Synonym Dioctyladipat DOA) sowie Dibutylmaleinat eingesetzt. Sie ähneln in ihren Stoffeigenschaften den Phthalaten, weisen aber eine geringere Toxizität auf. Sie sind in ihrer Herstellung teurer als Phthalate, verdrängen diese jedoch zunehmend.

Das Weichmacherproblem ist untrennbar mit PVC verbunden. Wie kein anderer Kunststoff ist PVC auf Zusatzstoffe – vor allem Weichmacher – angewiesen. PVC ohne Weichmacher – das ist ein spröder, wenig schlagzäher Werkstoff, für den es nur einen begrenzten Anwendungsbereich gibt. Gäbe es keine Weichmacher, hätte PVC nie die große Bedeutung im Bausektor erlangen können, die es heute hat.

Eine weitere Quelle für Weichmacher vom Phthalat-Typ sind scheuerbeständige sogenannte „Latex“-Farben für Innenanstriche. Diese Anstriche werden häufig in Kombination mit Glasfasertapeten in besonders beanspruchten Räumen (Schulen, Büros, Hotels, Krankenhäuser) verwendet. Sie enthalten meist relativ leichtflüchtige Phthalate, z. B. Dimethylphthalat (DMP), die aufgrund ihres hohen Dampfdrucks stark ausgasen. DMP-Raumluftkonzentrationen von 100 – 200 µg/m³ sind nach Verwendung derartiger Farben keine Seltenheit.

Quellen für Weichmacher in Innenräumen: PVC-Fußbodenbeläge, Latexfarben, Teppich-Rückenbeschichtungen, Strukturschaumtapeten, Faltschichten, PVC-Weich-Profile, PVC-Elektrokabel, Aufblasmöbel, PVC-Folien, Badewannen- und Duscheinlagen, (Dusch-)Vorhänge, „Wachs“-tücher, Wäscheleinen mit PVC-weich-Ummantelung, PVC-Spielzeugfiguren, Türpuffer, Saughaken, Schuhsohlen, Parfüms, Duftöle.

10.10 Flammschutzmittel

Luftanalytik: Die Analyse wird nach VDI 4301 Blatt 5:2009-04 durchgeführt. Die phosphororganischen Flammschutzmittel werden auf Polyurethanschaum (PU-Schaum und Glasfaserfilter) gesammelt und im Soxhlet extrahiert. Die Analyse wird mittels Kapillar-Gaschromatographie und Massenspektrometer durchgeführt. Die quantitative Bestimmung der Flammschutzmittel erfolgt nach der Methode des Internen Standards über Vergleichsgemische. Bestimmungsgrenze: 10 – 50 ng/m³ bei einem Probenahmevolumen von 1 m³.

Staub- und Materialanalytik / phosphororganische Flammschutzmittel: Die Analyse wird nach VDI 4301 Blatt 5:2009-04 durchgeführt. Ein Aliquot des Probenmaterials wird nach Zugabe von internen Standards mit Cyclohexan / Aceton (1:1) im Ultraschallbad bzw. mit Aceton am Soxhlet extrahiert. Die Analyse wird mittels Kapillar-Gaschromatographie und Massenspektrometer durchgeführt. Die quantitative Bestimmung der Flammschutzmittel erfolgt nach der Methode des Internen Standards über Vergleichsgemische; Bestimmungsgrenze: 0,1 – 3 mg/kg bei einer Einwaage von 250 mg.

Staub- und Materialanalytik / bromierte Flammschutzmittel / Chlorparaffine: Die Probe wird im Ultraschallbad extrahiert. Die Analyse erfolgt mittels GC/MS im NCI und/oder EI. Die quantitative Bestimmung der Wirkstoffe erfolgt nach der Methode des Internen Standards. Bestimmungsgrenze: 0,1 – 1 mg/kg.

Ähnlich wie Weichmacher werden Flammschutzmittel in großen Mengen hergestellt. Sie werden Kunststoffen, Textilien sowie Holz zugesetzt, um diese üblicherweise leicht brennbaren Stoffe feuerfest bzw. schwer entflammbar zu machen. Oft werden Flammschutzmittel Kunststoffen bereits bei der Polymerisation zugegeben, teilweise aber auch an fertigen Produkten oder Halbprodukten in Form von Überzügen angewendet. Neben anorganischen Verbindungen wie Aluminiumoxidhydraten und Ammoniumphosphaten werden halogenierte organische Verbindungen wie polychlorierte Naphthaline, polybromierte Biphenyle und chlorierte organische Phosphorsäureester (z. B. Tris(2-chlor-ethyl)phosphat [TCEP]) eingesetzt. Darüber

hinaus werden auch nicht-halogenierte organische Phosphorverbindungen (z. B. Trikresylphosphat) verwendet, die neben der flammhemmenden Wirkung auch Weichmacherfunktion besitzen.

Halogenierte und nicht-halogenierte organische Phosphate finden sich in Innenräumen hauptsächlich in Polyurethan-Weichschäumen wie sie z. B. in Polstern und Matratzen verwendet werden, in Orts- oder Montageschäumen zum Einbau von Fenster- und Türrahmen, in Farben und Lacken, Tapeten, Textilien und in den Gehäusen und Leiterplatten von elektronischen Geräten. Üblicherweise werden sie dem Material in Konzentrationen zwischen 10 und 20 Prozent zugesetzt.

Eine weitere Quelle für Flammschutzmittel können bestimmte Bodenpflegemittel sein. Im Hausstaub einer Schule in Süddeutschland fanden sich hohe Konzentrationen eines organischen Phosphats. Nach langer Suche wurde eine „Selbstglanzdispersion“ als Ursache ausgemacht. Das Produkt enthielt nach Herstellerangaben Tris-(2-butoxyethyl)-phosphat in einer Konzentration von max. 1 %. Bei üblicher Anwendung führt das zu einem Auftrag von ca. 500 mg Tris-(2-butoxyethyl)-phosphat pro m² Boden.

Aus Flammschutzmitteln (Triphenylphosphat, Trikresylphosphaten, Cresyldiphenylphosphat, Dicresylphosphat), die in neu verlegten Bodenbelägen eingesetzt werden, können Phenole und Kresole freigesetzt werden.

Ähnlich wie die als Weichmacher eingesetzten Phthalate gasen organische Phosphate und auch die bromierten Flammschutzmittel mit der Zeit aus den Fertigprodukten aus und kondensieren teilweise auf anderen Oberflächen im Raum und im Hausstaub.

Die Datenlage hinsichtlich der Humantoxizität der als Flammschutzmittel eingesetzten organischen Phosphorsäureester ist unbefriedigend. Die Angaben zur Toxikologie basieren im Wesentlichen auf Tierversuchen. Hier konnten für TCEP eine nervenschädigende Wirkung sowie eine erhöhte Rate an Nierentumoren nachgewiesen werden. TCEP ist laut Gefahrstoffverordnung (CMR-Liste) als karzinogen der Kategorie 2 und als reproduktionstoxisch der Kategorie 1B eingestuft. Um die Auswirkungen von TCEP in Spielzeug auf die Gesundheit von Kindern bewerten und beurteilen zu können, wurde der Wissenschaftliche Ausschuss „Gesundheits- und Umweltrisiken“ SCHER von der Europäischen Kommission um eine Stellungnahme ersucht und kam 2012 zu folgender Einschätzung: Von den TCEP-Gehalten, den die dänische Umweltschutzagentur in Spielzeug gefunden hat (0,5 bis 0,6 %), kann selbst dann ein Risiko für Kinder ausgehen, wenn andere Expositionen außer Acht gelassen werden. Auch wenn insgesamt der Einsatz von TCEP in der EU zurückgegangen ist, so lässt sich nicht ausschließen, dass Spielzeug TCEP enthält, da sehr viel Spielzeug außerhalb der EU hergestellt wird.

Die weltweit meistverbrauchten bromierten Flammschutzmittel sind Tetrabrombisphenol A (TBBPA), Decabromdiphenylether (DecaBDE) und Hexabromcyclododecan (HBCD). DecaBDE wird hauptsächlich bei Kunststoffgehäusen in Elektro- und Elektronikgeräten sowie bei Textilien eingesetzt. TBBPA wird vor allem bei Leiterplatten eingesetzt. Der Hauptanwendungsbereich des HBCD liegt bei Dämmstoffen (expandiertes und extrudiertes Polystyrol). Der Stoff wird in geringerem Umfang auch in Rückenbeschichtungen von Vorhängen und Möbelbezugsstoffen oder in Gehäusekunststoffen verwendet. DecaBDE, TBBPA und HBCD sind persistent und reichern sich in Lebewesen an. Im Brandfall und bei unkontrollierter Entsorgung können sie hochgiftige Dioxine bilden.

Folgende gesetzliche Regeln bzw. Verordnungen gelten für bromierte Flammschutzmittel: Die europäische Chemikalienbewertung REACH sieht vor, dass PBT-Stoffe – dies sind Stoffe, die gleichzeitig persistent, bioakkumulierend und toxisch sind – in Zukunft nicht mehr verwendet werden sollen. HBCD ist bereits als PBT-Stoff eingestuft; bei DecaBDE steht die Entscheidung noch aus.

Das Inverkehrbringen von Erzeugnissen und Zubereitungen, die mehr als 0,1 Gewichtsprozent Penta- und Octabromdiphenylether enthalten, ist seit 2004 in Deutschland verboten. Für DecaBDE wurde diese Stoffbeschränkung durch die Entscheidung 2005/717/EG der Europäischen Kommission im Oktober 2005 jedoch wieder aufgehoben und im Juli 2008 durch eine Entscheidung des Europäischen Gerichtshof (EuGH) wieder in Kraft gesetzt. DecaBDE darf seither in der EU nicht mehr in neu in Verkehr gebrachten Elektro- und Elektronikgeräten enthalten sein.

Chlorparaffine sind eine weitere Gruppe von Substanzen, die auch im Hausstaub gefunden werden. Es handelt sich hierbei um Isomergemische von Alkanen mit unterschiedlichem Chlorierungsgrad. Man unterscheidet zwischen kurzkettigen (C10 – C13) und mittelkettigen (C14 – C17) Chlorparaffinen.

Chlorparaffine haben ähnliche technische Eigenschaften wie Polychlorierte Biphenyle (PCB) und wurden weitverbreitet als Flammschutzmittel bzw. Weichmacher in verschiedensten Produkten wie Farben, Gummi, Öl, Beschichtungen, Fugendichtmassen etc., aber auch als Fettungsmittel für Leder verwendet. Chlorparaffine sind wie andere chlorierte Kohlenwasserstoffe sehr langlebig. Speziell die kurzkettigen Chlorparaffine sind als möglicherweise krebserregend (K3) eingestuft. Ihre Anwendung in der metallverarbeitenden Industrie und zum Fetten von Leder wurde von der EU im Juni 2002 verboten. Mit der Verordnung (EU) Nr. 519/2012 wurde das Verbot kurzkettiger Chlorparaffine verschärft; Herstellung,

Inverkehrbringen und Verwendung kurzkettiger Chlorparaffine sind nun in der EU mit wenigen Ausnahmen verboten.

Quellen für Flammschutzmittel in Innenräumen: Polyurethan-Weichschäume (Möbelpolster und Matratzen), Hartschäume (Montageschäume, Dämmschäume), Dekorationstextilien, textile Bodenbeläge, Tapeten, Farben und Lacke, Versiegelungen/Beschichtungen von Bodenbelägen, elektronische Geräte.

10.11 Schwermetalle

Luftanalytik / Quecksilber: *Sammlung des Quecksilbers (Hg^0 , Hg^{2+} und quecksilberorganische Verbindungen) auf goldbedampftem Silicagel, thermische Desorption des beladenen Sammelröhrchens, quantitative Analyse mittels Atomfluoreszenzspektrometer. Bestimmungsgrenze bei 5 Litern Sammelvolumen: 10 ng/m^3*

Staub- und Materialanalytik: *Aufschluss der Probe in der Mikrowelle mit Salpetersäure bzw. Salpetersäure/Flusssäure; quantitative Bestimmung mittels ICP-MS (DIN EN ISO 17294 Blatt 2). Probenvorbereitung, Analysenmethode und Bestimmungsgrenzen variieren in Abhängigkeit von der Matrix und der Zielsetzung.*

*Bestimmungsgrenzen: Material/Boden.: 0,1 – 5 mg/kg pro Element,
Hausstaub: 0,5 – 5 mg/kg pro Element,
bei Einzelelementuntersuchungen nachfragen.*

Schwermetalle und ihre Verbindungen können über verschiedene Wege in Innenräume gelangen. Zum einen wird die Raumluft durch Stäube belastet, die z. B. bei Schleif- und Sägearbeiten oder durch unvermeidbaren Abrieb von Gebrauchsgegenständen wie Teppichböden freigesetzt werden. Auch Asche- und Schlackeschüttungen in Zwischendecken von Altbauwohnungen sind eine mögliche Quelle. Zum anderen können Quecksilber und flüchtige Schwermetallverbindungen z. B. aus Anstrichen oder Holzschutzmitteln ausgasen. Dabei handelt es sich v. a. um organische Verbindungen von Quecksilber, Arsen, Blei und Zinn. Diese werden teilweise an Staubpartikeln adsorbiert und führen so zu einer latenten Gesundheitsgefährdung.

Das Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene (WaBoLu) führte Anfang der 1990er Jahre eine repräsentative Studie zur Schwermetallbelastung im Hausstaub durch. Hierbei wurden 2731 Hausstaubuntersuchungen auf die Elemente Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel und Zink durchgeführt. Im Jahre 1994 untersuchte G. Riehm im Rahmen einer Diplomarbeit 79 Hausstaubproben. Beide Untersuchungen belegen, dass es erhebliche Unterschiede in der Schwermetallbelastung des Hausstaubes gibt, die ggf. auch auf Emittenten im Haus zurückzuführen sind. Da bisher nur recht wenige Studien zu der Fragestellung Schwermetalle in Innenräumen bekannt sind, gibt es entsprechend wenige Aussagen zu deren Ursachen.

Besonders hervorzuheben ist die Belastung von Gebäudesubstanz, Staub und Raumluft mit Quecksilber im Zusammenhang mit der Verwendung von Amalgam in Zahnarztpraxen.

In der folgenden Tabelle sind bekannte potenzielle Quellen für Schwermetalle in Innenräumen aufgelistet. Nahezu jedes der genannten Schwermetalle kann auch in Asche- und Schlackeschüttungen der Holzbalkendecken von Altbauten enthalten sein.

	Mögliche Quellen
Antimon	Batterien, Glas und Keramik, Flammschutz für Textilien, Kabel, Pigmente und Farben, Stabilisator in Kunststoffen
Arsen	Holzschutz (Bollidensalze), Farbpigment, Metallegierung, LötKolben, Bakterizid in PVC, Halbleiter
Blei	Farbpigment, Spiegel, Stabilisator und Biozid in Polymeren, Bleirohre, Stabilisator in PVC, Trockenstoff in Lacken, Gewichte und Ballaste, Rostschutzfarbe, Dachabdeckungen, Kabelummantelungen
Cadmium	Pigmente für Kunststoffe, Farben, Emaille, Weichmacher in Kunststoffen, Rostschutzüberzug, Batterien, Legierungen, Photozellen, Stabilisator für PVC, Zigarettenrauch
Chrom	Farbpigmente, Fixieren von Holzimprägnierung, Korrosionsschutz, Pigmente in Tapeten, Gerbstoff, Legierungen, Pigment in der Bauindustrie, Tonbänder
Cobalt	Legierungen, Farbpigmente für Glas und Glasuren
Kupfer	Holzschutzmittel, Bakterizid in Teppichen, Fungizid, Farbpigment, Saatgutbeizmittel, Schutz vor Mikroorganismen in Textilien, Elektroindustrie, Dachdeckungen, Kartoffelfungizid, Wasserleitungen
Nickel	Batterien, Textildruck, keramische Farben und Glasuren, Pigmente in Kunststoffen und Lacken sowie Fassadenanstriche, vernickelte Graphitfasern in Belägen oder Beschichtungen, Pigmente in chemischen Nachbeizen für Holz, Legierungen, Edelstahl
Quecksilber	Thermometer, Barometer, Quecksilberdampflampen, Trockenbatterien, früher Pflanzenschutzmittel, Bakterizid und Fungizid z. B. in Lacken und Farben, Algizid, Rotpigment, Insektizid in Anstrichen, Fungizid in Kunststoffen, Zahnmedizin, Desinfektionsmittel
Thallium	Mäuse- und Rattengift, Tieftemperaturthermometer, Legierungen, Spezialgläser
Zink	galvanische Elemente, Ätzmittel im Textildruck, Textilbeize für Farbstoffe, Flammschutzmittel, Pigmente, Fungizid zur Holz- und Kunststoffkonservierung, Grundierung und Spachtelmasse, kosmetische Erzeugnisse, Trockenstoff in Farben und Lacken, Wasserdichtimprägnierung von Papier und Textilien sowie Holz, PVC-Stabilisator, Bautenschutzanstriche, Schädlingsbekämpfungsmittel, Zinkoxid als Katalysator bei der Vulkanisation von Teppichrücken, Dachdeckungen, Lüftungskanäle, Leuchtstoff in Bildröhren, Nebelkerzen
Zinn	Fungizid und Insektizid in Holzschutzmitteln und Textilien, Farbpigmente, Flammschutzmittel für Textilien, Kunststoffstabilisator, keramische Farbkörper und Vergoldung von Rahmen, Stahlverzinnung, Desinfektionsmittel

Über die Toxikologie von Schwermetallen existieren zahlreiche Untersuchungen. Die Gefährdung durch erhöhte Konzentrationen an Schwermetallen in Nahrung und Atemluft ist hinlänglich bekannt. Es ist jedoch darauf zu achten, dass die meisten Studien sich auf Belastungen am Arbeitsplatz beziehen und nicht unbedingt auf die Innenraumsituation in Wohnungen übertragbar sind. Die in diesen Studien genannten Krankheitssymptome können deshalb lediglich als Anhaltspunkte gesehen werden.

Insbesondere für die Elemente Arsen, Blei, Cadmium und Quecksilber liegen weitreichende Studien vor. Diese belegen, dass auch geringe Konzentrationen zu erheblichen Gesundheitsbelastungen führen können.

Schwermetalle können die unterschiedlichsten Krankheitssymptome hervorrufen. Deshalb ist es geradezu unmöglich aufgrund von Krankheitssymptomen auf die Belastung durch ein bestimmtes Element zu schließen. Es ist vielmehr sinnvoll, im Verdachtsfall mittels einer Hausstaubuntersuchung die konkrete Belastungssituation durch die Innenraumsituation zu ermitteln.

10.12 Asbest / Künstliche Mineralfasern (KMF)

Luftanalytik: Die Luftuntersuchung auf Asbest/KMF erfolgt nach VDI 3492. Die Luft wird über einen Zeitraum von acht Stunden über einen goldbedampften Kernporenfilter gesaugt. Der Kernporenfilter wird nach Präparation im Raster-Elektronenmikroskop (REM) untersucht. Die Fasern werden bei 2000 bis 5000-facher Vergrößerung ausgezählt. Durch die Bestimmung der Elementzusammensetzung mittels energiedispersiver Mikroanalyse (EDXA) werden Asbestfasern von anderen Fasern unterschieden. Als Fasern werden Partikel gezählt, für die folgende Bedingungen gelten:

Länge $L > 5 \mu\text{m}$; Durchmesser $D < 3 \mu\text{m}$; Verhältnis Faserlänge zu Faserdurchmesser $L:D > 3:1$

Materialanalytik: Analyse mittels Lichtmikroskop: Die Analyse wird in Anlehnung an VDI 3866 Blatt 4 und ISO 22262 Blatt 1 [E] durchgeführt. Die Materialprobe wird für die lichtmikroskopische Untersuchung präpariert. Soweit erforderlich werden organische Bestandteile der Probe durch Veraschen und Säurebehandlung entfernt. Dies führt in Abhängigkeit vom organischen Anteil an der Gesamtmasse der Proben zu einer Anreicherung des eventuell vorhandenen Asbestfaser- bzw. KMF-Anteils. Die Probe wird bei 200- bis 400-facher Vergrößerung unter dem Lichtmikroskop (Auflicht und Durchlicht) betrachtet und auf die Anwesenheit von Fasern untersucht. Verdächtige Fasern werden unter dem Polarisationsmikroskop in einem Einbettungsmedium näher untersucht und aufgrund ihrer morphologischen und optischen Eigenschaften identifiziert.

Materialanalytik: Analyse mittels Rasterelektronenmikroskop (REM): Die Analyse wird nach VDI 3866 Blatt 5 durchgeführt. Nach Präparation wird die Materialprobe auf einen mit doppelseitigem Klebeband vorbereiteten Probenhalter des Rasterelektronenmikroskops aufgetragen. Anschließend wird die Probe mit einer dünnen Goldschicht bedampft, um sie zur Untersuchung im REM elektrisch leitend zu machen. Im REM wird die Probe bei 200- bis 5000-facher Vergrößerung untersucht. Verdächtige Fasern werden mit der Elektronenstrahl-Mikroanalyse auf ihre Elementzusammensetzung hin analysiert (EDX-Analysator).

Staub-Abdruck-/Kontaktproben: Kontaktproben werden mittels eines vorbereiteten Stempels bzw. mit speziellem doppelseitigem Klebeband (nicht mit „Tesa“-film) genommen. Die Messung und Auswertung erfolgt nach VDI 3877 Blatt 1. Die Kontaktprobe wird mit einer dünnen Goldschicht bedampft (Sputter Coater), um die Probe zur Untersuchung im Rasterelektronenmikroskop (REM) vorzubereiten. Es wird eine Teilfläche von 10 mm^2 bei 300- bis 400-facher Vergrößerung sowie in einem zweiten Schritt eine Teilfläche von 1 mm^2 bei 1000-facher Vergrößerung nach Asbestfasern und/oder KMF abgesucht. Asbestfasern/KMF werden durch energiedispersive Röntgenstrahlmikroanalyse (EDX-Analysator) analysiert und von anderen Fasern, z. B. organischen Fasern, unterschieden. Alle gefundenen asbesthaltigen Faserstrukturen (Einzelfasern, Fasercluster, Faserbündel, Fasermatrix) und/oder KMF werden gezählt. Anschließend werden die gezählten Faserstrukturen je nach Größe gewichtet. Die Summe der gewichteten Zählergebnisse wird auf eine Fläche von 1 cm^2 umgerechnet.

Produktfaserzuordnung: Sollen bei der Untersuchung von Kernporenfiltern/Kontaktproben auf KMF ggf. nachgewiesene KMF einem verbauten Produkt zugeordnet werden, muss die Materialprobe mitgeliefert werden. Von den Produktfasern werden EDX-Spektren aufgenommen. Die Spektren von ggf. auf den Kernporenfiltern/Kontaktproben nachgewiesenen KMF werden mit den Spektren der Produktfasern verglichen.

Asbest ist ein Sammelbegriff für ein faseriges natürliches Material, das sich leicht in feinste Fasern aufspaltet. Es gibt verschiedene Asbestsorten, die jedoch alle ähnliche Eigenschaften aufweisen: sie sind sehr hitzebeständig, praktisch nicht brennbar, schlecht wärmeleitend und widerstehen der Zersetzung durch Umwelteinflüsse. Langfaserige Arten lassen sich zu Fäden und Geweben spinnen. Aufgrund dieser Eigenschaften wurde Asbest in sehr vielen Produkten verarbeitet. Asbest ist z. B. enthalten in Spritzasbest, Asbestzement und Asbestprodukten wie Fassadenplatten, Dachplatten, Auskleidung von Lüftungskanälen, Nachtspeicherheizungen, Kunststoffbodenbelägen (Flex-Platten, Cushion-Vinyl-Bodenbelägen), Rohren für Wasser, Abwasser, Lüftung und Abgas, Straßendecken (z. B. Autobahnkriechspuren), Überzüge zum Brandschutz usw.

Die Einführung der Asbestprodukte war von der Beständigkeit der Fasern bestimmt, die jedoch selbst nicht dauerhaft in den Produkten gebunden sind. Durch Benutzung (Fahrbahnen), Abrieb (Rohre, Bremsbeläge), Reparaturen und Sanierungsmaßnahmen (Abschleifen von Dachplatten), Verwitterung und sauren Regen (Fassaden) werden Fasern freigesetzt.

Asbestfaserbündel und Asbestfasern können sich unter Umweltbedingungen in kürzere und dünnere Fasern aufspalten, die lungengängig (Faserlänge $< 250 \mu\text{m}$ und Faserdurchmesser $< 3 \mu\text{m}$) sind. Fasern mit einer Faserlänge von größer als $5 \mu\text{m}$, einem Durchmesser von maximal $3 \mu\text{m}$ und einem Längen-/Durchmesser-Verhältnis von mindestens 3:1 (WHO-Fasern, kritische Fasern) können in die Alveolen der Lunge gelangen und Bronchialkarzinome, Lungenveränderungen (Asbestose bei beruflich exponierten Personen) und Bindegewebsveränderungen am Brustfell (Pleurafibrose) auslösen. Wegen ihrer feinen, nadelartigen Form durchbohren diese Fasern die Zellwände, wandern von dort in das Rippen- und in das

Bauchfell (Mesotheliom) und können auch hier Krebs auslösen. Bei Asbest (wie bei anderen krebsauslösenden Substanzen) lässt sich keine Faserkonzentration angeben, bei der eine Krebsgefahr ausgeschlossen ist. Von der Aufnahme der Fasern in den Körper bis zum Ausbruch einer Erkrankung können mehrere Jahrzehnte vergehen. Die Wahrscheinlichkeit einer Erkrankung steigt mit der Konzentration der Fasern und vor allem mit der Einwirkzeit, d. h. jüngere Menschen, die einer Asbestbelastung ausgesetzt sind, haben ein höheres Risiko zu erkranken als ältere.

Künstliche Mineralfasern (KMF) werden aus Glas, Stein, seltener Schlacke oder Aluminiumsilikat (Keramik) und anderen anorganischen Stoffen hergestellt. Fasern mit einer Länge über 5 µm, einem Durchmesser kleiner als 3 µm und einem Länge-zu-Durchmesser-Verhältnis von über 3:1 werden nach einer Definition der Weltgesundheitsorganisation (WHO) als lungengängige Fasern (auch „kritische“ oder WHO-Fasern) bezeichnet. Weisen solche Fasern eine hohe Biobeständigkeit auf, werden sie als krebserzeugend eingestuft. Aus längeren Fasern mit einem Durchmesser von < 3 µm, die nicht lungengängig sind, können kurze Faserlängen durch mechanische Bearbeitung durch Bruch prinzipiell in größerer Anzahl erzeugt werden.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen Asbest-Fasern und KMF besteht darin, dass sich Asbestfasern längs spalten können – d. h. dass die Fasern immer dünner werden können – und KMF nicht. Daraus ergibt sich, dass von KMF-Produkten ein deutlich niedrigeres Gefährdungspotential als von Asbest ausgeht.

Bei künstlichen Mineralfasern wird unterschieden zwischen „alten“ KMF-Produkten und „neuen“ KMF-Produkten. „Alte“ KMF-Produkte gelten als krebserzeugend (Kategorie 2) oder krebserzeugend (Kategorie 3). Es sind insbesondere Produkte, die vor 1996 produziert wurden. „Neue“ KMF-Produkte gelten aufgrund ihrer geringeren Biobeständigkeit im Körper nicht als krebserzeugend oder krebserzeugend. Seit dem 01.06.2000 gilt in der BRD ein Herstellungs- und Verwendungsverbot für „alte“ KMF-Produkte. In der Übergangszeit von 1996 bis Juni 2000 wurden beide KMF-Produktarten eingesetzt.

Bei Mineralwolleprodukten mit potenziell lungengängigen Fasern, die vor 1996 eingebaut wurden, muss daher von einer Einstufung als krebserzeugend nach TRGS 905 ausgegangen werden. Bei der angebotenen Analyse wird qualitativ auf die Anwesenheit von KMF und ggf. auf potentielle WHO-Fasern untersucht. Eine Aussage darüber, ob es sich um KMF-Produkte alten oder neuen Typs handelt, kann mit der angebotenen Untersuchung nicht getroffen werden. Wenn sich anhand der Bauunterlagen nicht eindeutig belegen lässt, dass es sich um ein Produkt neuen Typs handelt, sollte unter Vorsorgeaspekten davon ausgegangen werden, dass es sich um ein altes KMF-Produkt handelt.

Mineralwolle-Produkte sind in unterschiedlichen Konfektionierungsformen im Handel wie Mineralwolle-Matten, -Filze, -Platten, -Formteile, -Akustik-Platten und -Akustikdeckenplatten. Akustikdeckenplatten sind Plattenerzeugnisse mit höherer Dichte, die unter Verwendung von Bindemitteln und anorganischen Füllstoffen hergestellt werden.

10.13 Schwarzstaubablagerungen in Innenräumen

10.13.1 Schwarzstaub: Ruß, Dreck oder Spuk?

Seit einigen Jahren tritt vor allem in der kalten Jahreszeit in manchen Wohnungen ein Phänomen auf, das sich in einer spontan auftretenden Schwärzung von Wänden, Fensterrahmen, Fenstergläsern und anderen Oberflächen zeigt. Innerhalb von Tagen oder Wochen verschmutzen Tapeten, Fenster, Decken, Möbel, Teppiche, selbst die Innenwände von Kühlschränken so stark, dass in Einzelfällen schon die Feuerwehr geholt wurde, da Verdacht auf einen Schmelbrand vorlag. Durch Abwischen oder Abstauben werden die Staubablagerungen nur verschmiert, da die betroffenen Oberflächen meist mit einem leicht fettigen Film belegt sind. In den meisten der beobachteten Fälle gab es weder Brände noch sonstige außergewöhnliche Staub- oder Rußquellen in den betroffenen Wohnungen.

Manchmal sind aus zunächst unerfindlichen Gründen nur einzelne Wohnungen in großen, ähnlich ausgestatteten Wohnkomplexen betroffen. All das macht solche Schwarzstaubablagerungen zu einem besonders rätselhaften Phänomen, man findet in der Literatur daher auch die Bezeichnungen „Magic Dust“, „Ghosting“ oder „Black Soot Deposit“ und „Fogging“.

Nachdem man zunächst bei der Ursachenforschung im Dunklen tappte, sind mittlerweile eine Reihe von Ursachen und begünstigenden Faktoren für die Entstehung des Schwarzstaubphänomens bekannt:

- Unzureichende Wärmedämmung. Bei niedrigen Außentemperaturen führen Wärmebrücken vor allem an Außenwänden zu raumseitig kalten Wandoberflächen. An diesen Oberflächen kondensieren vor allem Wasserdampf und schwerflüchtige organische Verbindungen wie z. B. Weichmacher oder Paraffine, es bildet sich ein hauchdünner klebriger Film. Kleinste Partikel aus aufgewirbeltem Staub, aber auch aus Zigarettenrauch oder Kerzenruß bewegen sich in einem Temperaturgefälle aus einem warmen Gebiet (erwärmte Raumluft) hin zu kälteren Zonen (kalte Wandoberfläche) und haften an diesem Film.
- Foggingaktive Substanzen. Beim Neubau und bei der Wohnungsrenovierung werden seit einigen Jahren zunehmend Materialien und Produkte verwendet, die schwerflüchtige organische Verbindungen (SVOC) wie Weichmacher, hochsiedende Glykolverbindungen und Paraffine enthalten. Aus Wandfarben, Teppichböden und -klebern, Kunststofftapeten, PVC-Belägen und anderen Quellen können diese Substanzen mit der Zeit ausgasen und sich an Schwebstaubteilchen und kühlen Oberflächen niederschlagen. Kleinste Staubeilchen ballen sich zu größeren Partikeln zusammen und bleiben an den SVOC-belegten Oberflächen kleben.
- Verstärkter Ruß- und Staubeintrag. In seltenen Fällen kommt eine erhöhte Belastung der Außenluft mit Ruß- oder Staubeilchen als Ursache in Betracht, die in die Wohnung mit dem natürlichen Luftwechsel eingetragen werden. Die Abluft von Tiefgaragen oder benachbarte Feuerungsanlagen können derartige Belastungen hervorrufen. Häufiger sind es jedoch interne Quellen wie der Abrieb von Kollektoren defekter Elektromotoren (z. B. von Staubsaugern), überhitzte Elektronikgeräte (verschmorte Leiterplatten), Zigarettenrauch und vor allem rußende offene Flammen, wie etwa Kerzen, Duftlampen und Petroleumleuchten.
- Statische Aufladungen. Durch bisher wenig untersuchte elektrostatische Effekte können sich Staubeilchen und Oberflächen unterschiedlich aufladen. Dadurch entstehen Anziehungskräfte, die zu einer beschleunigten Ablagerung des Staubs führen. Dieser Vorgang lässt sich gut an den Bildröhren von Fernsehgeräten oder Computermonitoren beobachten. Die Oberflächen der Bildröhren verschmutzen aufgrund der elektrostatischen Aufladung häufig sehr schnell. Die geringe elektrische Leitfähigkeit der Kunststoffoberflächen von Möbeln, aber auch der Kunstharzbindemittel in Farben und Lacken begünstigen vermutlich elektrostatische Aufladungen, verstärkt durch den Einfluss niedriger Luftfeuchtigkeit.

Auffällig ist, dass Neubauten und frisch renovierte Wohnungen besonders häufig betroffen sind.

10.13.2 Was kann man tun?

Nach ersten erfolglosen Reinigungsversuchen, die meist nur zum Verschmieren der Schwarzstaubablagerungen führen, streichen viele Betroffene Wände, Decken, teilweise auch Fenster und Türen ihrer Wohnung neu. In den meisten Fällen allerdings ohne dauerhaften Erfolg: bereits in der nächsten Heizperiode verschmutzt die Wohnung erneut. Selbst das vollständige Entfernen der alten Anstriche vor dem Malern ist keine Garantie für einen Erfolg. Zu viele Faktoren können bei der Entstehung von Fogging eine Rolle spielen, als dass eine Standard-Vorgehensweise in allen Fällen Abhilfe schaffen könnte. Die Methode „Trial and Error“ führt, wenn überhaupt, oft erst nach kostspieligen Fehlschlägen zum Erfolg. Die Kosten für fehlgeschlagene Sanierungsversuche in Fogging-Wohnungen sind oft sehr hoch. Irgendwann stellt sich daher die Frage, wer eigentlich das Ganze bezahlen muss. Handelt es sich um einen vom Hauseigner zu verantwortenden Baumangel? Oder liegt die Verantwortung bei den Bewohnern, die häufig Kerzen abbrennen und zu selten lüften?

Bei der Begutachtung von Fogging-Wohnungen steht die Wohnungsbegehung durch einen Sachverständigen mit einer Dokumentation des Schadensbildes und des Raumnutzungsverhaltens der Bewohner (Heiz- und Lüftungsverhalten, Abbrennen von Kerzen) im Vordergrund. Bereits das Schadensbild kann wichtige Informationen über die Hauptursache geben: wird z. B. die Unterkonstruktion der Gipskartonverkleidung der Dachgeschossschräge wie eine Schwarzweiß-Photographie auf der Tapete abgebildet? Ist die Verschmutzung im Bereich von Wärmebrücken besonders ausgeprägt? Weiterhin werden während der Begehung Wischproben der Verschmutzungen, Hausstaubproben und Materialproben von Wandfarben, Tapeten und Bodenbelägen entnommen. Für die Entnahme der Wischproben sollten nur speziell gereinigte und blindwertkontrollierte Tücher verwendet werden. Die Untersuchungsergebnisse weisen häufig den Weg zu den Quellen für diejenigen Substanzen, die maßgeblich an der Bildung des klebrigen Films auf den Oberflächen beteiligt sind.

Mit Hilfe der durch die Begehung gewonnenen Erkenntnisse und der Untersuchungsergebnisse können Sanierungsmaßnahmen gezielt geplant und durchgeführt werden. Bei Unsicherheiten können Wandfarben, Fußbodenkleber oder Fensterlacke mit unbekannter Zusammensetzung vor der Verwendung auf foggingaktive Substanzen überprüft werden.

10.13.3 Das "Fogging-Paket"

Die wichtigsten Analysen zur Untersuchung einer Fogging-Wohnung haben wir in unseren „Fogging-Paketen“ zusammengefasst. Sie umfassen neben den im jeweiligen Paket enthaltenen Analysen die Zusendung von vorgereinigten, blindwertkontrollierten Wischtüchern und Probenahmeanleitungen.

Wischproben dürfen nur mit sorgfältig vorgereinigten und blindwertkontrollierten Tüchern entnommen werden, wobei die Tücher nicht mit bloßen Händen angefasst werden dürfen. Normale Papiertaschentücher oder Küchentücher sind ungeeignet, da sie von Haus aus oft mit den zu untersuchenden Substanzen verunreinigt sind. Wischproben werden am besten von glatten, anorganischen Oberflächen wie Glas, Fliesen oder Metall entnommen. Kunststoffoberflächen, gestrichene Wände, Holz und Textilien sind für die Entnahme von Wischproben ungeeignet. Die ausgewählte Oberfläche darf mindestens 14 Tage lang nicht mehr gereinigt worden sein und sollte deutliche Fogging-Spuren aufweisen.

Materialien, die große Oberflächen im Raum bedecken, werden ebenfalls beprobt. Wandfarben z. B. können große Mengen foggingaktiver Substanzen enthalten, ebenso Teppichböden und Kunststofftapeten.

Anhand der Untersuchungsergebnisse können Kosten und Aufwand für Sanierungsmaßnahmen minimiert und die Erfolgchancen optimiert werden.

10.14 Prüfkammeruntersuchungen/Thermoextraktion

Ein Großteil der Schadstoffbelastung mit flüchtigen organischen Verbindungen in Innenräumen ist auf VOC-Emissionen von Baumaterialien und Einrichtungsgegenständen zurückzuführen. Besonders in Häusern mit weitgehend luftdichter Gebäudehülle können diese Emissionen gesundheitsschädliche Schadstoffbelastungen verursachen. Aus diesem Grund sollten beim Neubau, bei der Sanierung und bei der Einrichtung von Gebäuden nur geprüfte emissionsarme Produkte verwendet werden.

Immer mehr Hersteller von Baustoffen, Einrichtungsgegenständen und anderen in Innenräumen verwendeten Materialien lassen ihre Produkte daher in Prüfkammern auf Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen untersuchen. Für viele Produktgruppen gibt es bereits Klassifizierungssysteme und standardisierte Prüfverfahren.

Mit Hilfe von Prüfkammern kann das Emissionsverhalten von Materialien unter definierten Bedingungen exakt bestimmt werden. Prüfkammeruntersuchungen haben den Vorteil, dass ihre Ergebnisse besser als die anderer Prüfverfahren auf reale Raumverhältnisse übertragbar sind – vorausgesetzt, die Randbedingungen (Raumbeladung, Luftwechselrate, Temperatur, Luftfeuchte, Dauer der Prüfung) sind praxistgerecht ausgewählt. Diesem Vorteil stehen die Kosten einer solchen Untersuchung gegenüber. Sie sind deutlich höher als z. B. bei einer Materialuntersuchung mittels Thermoextraktion, da die Prüfkammer über einen Zeitraum von mehreren Tagen bis Wochen mit dem Prüfkörper belegt ist.

Darüber hinaus haben sich Prüfkammer- bzw. Prüfzellenuntersuchungen auch als ein wichtiges Instrument bei der Quellensuche in Zusammenhang mit Schadstoffbelastungen in Raumluft bewährt. Hierbei können einzelne Materialien oder komplette Baugruppen, wie z. B. mehrschichtige Boden- und Wandaufbauten untersucht werden.

10.14.1 Emissionsprüfungen von Bauprodukten im Rahmen des Zulassungsverfahrens durch das DIBt

Bauprodukte müssen im Hinblick auf gesundheitliche Risiken von Inhaltsstoffen, die sie in den Innenraum abgeben könnten, bewertet werden. So schreibt es das Bauproduktengesetz vor. Der Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) hat im Jahr 2002 ein Bewertungsschema veröffentlicht, durch welches die Abgabe von flüchtigen und schwerflüchtigen organischen Stoffen geprüft und bewertet werden kann. Zentrales Prüfmittel ist eine Prüfkammeruntersuchung der Bauprodukte. Das Schema ist seit August 2004 Grundlage für die gesundheitliche Bewertung bei der Zulassung von Bauprodukten durch das Deutsche Institut für Bautechnik und bei einigen Prüfverfahren für die Erteilung des Umweltzeichens „Blauer Engel“.

Die ALAB GmbH ist eine vom DIBt anerkannte Prüfstelle für Bodenbeläge, Klebstoffe und Beschichtungen.

10.14.2 Emissionsprüfungen von Bauprodukten nach der belgischen und der französischen VOC-Verordnung

Prüfkammeruntersuchungen, die nach den Zulassungsgrundsätzen des DIBt durchgeführt werden und andere Prüfkammeruntersuchungen, denen das AgBB-Schema zu Grunde liegt, können auch für Emissionsprüfungen von Bauprodukten nach der belgischen und der französischen VOC-Verordnung herangezogen werden. Die im Vergleich zu den deutschen Bestimmungen niedrigeren Anforderungen führen zu geringeren Kosten für Prüfkammeruntersuchungen nach der belgischen und der französischen VOC-Verordnung.

10.14.3 Prüfverfahren nach RAL (Umweltzeichen "Blauer Engel")

Das Umweltbundesamt hat für eine Vielzahl von Produktgruppen Vergabegrundlagen erstellt, bei deren Erfüllung auf Antrag das Umweltzeichen „Blauer Engel“ verliehen wird.

Hierbei werden Vorgaben zum Beispiel bezüglich der Rohstoffauswahl, des Emissionsverhaltens und für die Verwertung und Entsorgung gemacht. Die detaillierten Kriterien können den jeweiligen Vergabegrundlagen entnommen werden.

Zur Überprüfung des Emissionsverhaltens werden die Produkte in Prüfkammern untersucht. Nach vorgegebenen Zeitspannen wird die Prüfkammerluft auf eine Vielzahl von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) sowie Formaldehyd und weitere Aldehyde untersucht. Bei Erfüllung der Vergabekriterien kann die Nutzungserlaubnis für den Blauen Engel bei der RAL gGmbH (Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e. V.) beantragt werden. Das RAL überprüft den Antrag und schließt mit dem Unternehmen einen zeitlich befristeten Zeichennutzungsvertrag ab. Die Produkte können dann mit dem „Blauen Engel“ und dem jeweiligen RAL-Umweltzeichen (RAL-DE) gekennzeichnet werden.

ALAB ist von der RAL GmbH als anerkanntes Prüfinstitut für die Vergabe folgender Umweltzeichen als Prüfinstitut ausgewiesen:

- DE-UZ 38 Emissionsarme Möbel und Lattenroste aus Holz und Holzwerkstoffen
- DE-UZ 113 Emissionsarme Bodenbelagsklebstoffe und andere Verlegewerkstoffe
z. B. Dispersionsklebstoffe, Pulverklebstoffe und Fixierungen
- DE-UZ 120 Elastische Bodenbeläge
z. B. Kunststoffbodenbeläge, Bodenbeläge aus künstlichem und natürlichem Kautschuk, Linoleum
- DE-UZ 123 Emissionsarme Dichtstoffe für den Innenraum
Fugendichtstoffe aus Silikon auf Wasser-, Acetatbasis und neutralvernetzende Silikone –
ausgenommen sind oximvernetzende Systeme; Fugendichtstoffe auf Acrylatbasis
- DE-UZ 128 Emissionsarme textile Bodenbeläge
textile Bodenbeläge gemäß DIN ISO 2424
- DE-UZ 132 Emissionsarme Wärmedämmstoffe und Unterdecken für Innenanwendungen
Wärmedämmstoffe nach DIN EN 13162 bis 13171, Unterdecken nach DIN EN 13964 für die
Anwendung in Gebäuden sowie bauaufsichtlich zugelassene Dämmstoffe und Unterdecken
- DE-UZ 156 Emissionsarme Verlegeunterlagen für Bodenbeläge
Verlegeunterlagen für die Verlegung unter Laminat-, Parkett- und anderen Hartfußböden sowie
textilen Bodenbelägen
- DE-UZ 176 Emissionsarme Bodenbeläge, Paneele und Türen aus Holz und Holzwerkstoffen in
Innenräumen
- DE-UZ 198 Emissionsarme Putze für den Innenraum.

10.14.4 natureplus®

Für Baustoffe, die zu mindestens 85 % aus nachwachsenden Rohstoffen bestehen, gibt es seit einigen Jahren das Qualitätszeichen „natureplus“. Für die Zeichenvergabe ist u. a. eine Prüfkammeruntersuchung durch ein von natureplus zugelassenes Labor vorgeschrieben. ALAB ist ein von natureplus® zugelassenes Prüfinstitut.

10.14.5 Prüfverfahren nach GEV

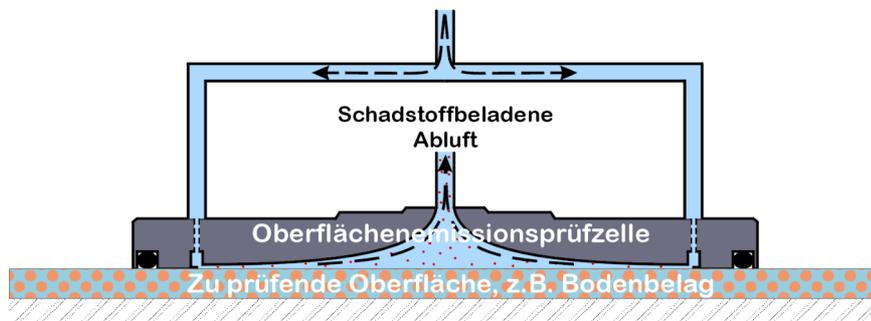
Die „Gemeinschaft emissionskontrollierter Verlegewerkstoffe e. V.“ (GEV) hat für die Produktgruppen dünnflüssige Verlegewerkstoffe (z. B. Grundierungen), pulverförmige Verlegewerkstoffe (z. B. Spachtelmassen), pastöse Verlegewerkstoffe (z. B. Bodenbelagsklebstoffe) sowie sonstige Verlegewerkstoffe (z. B. Unterlagen, Dämmstoffe) das Prüfzeichen „EMICODE“ entwickelt. Dazu wird das Emissionsverhalten der Verlegewerkstoffe in einer Prüfkammer ermittelt.

ALAB hat an den entsprechenden GEV-Ringversuchen teilgenommen und ist in der Lage, qualitätsgeprüfte Prüfkammeruntersuchungen nach GEV-EMICODE anzubieten.

10.14.6 Oberflächen-Emissionsmesszelle

Alternativ zur Prüfkammeruntersuchung bietet sich für Emissionsprüfungen an Materialien mit ebenen, glatten Oberflächen in bestimmten Fällen die Untersuchung mit Hilfe einer Oberflächenemissionsprüfzelle an. Dieses Untersuchungsverfahren findet vor allem dann Anwendung, wenn Materialien zerstörungsfrei oder direkt vor Ort überprüft werden müssen, weil eine Probenentnahme zur Untersuchung in einer Prüfkammer nicht möglich oder sinnvoll ist. So kann z. B. die Oberflächenemission von verlegten Bodenbelägen unter Einbeziehung des gesamten Bodenaufbaus (Kleber, Grundierung, Spachtelmasse, Estrich) gemessen werden. Auch für die schnelle Bestimmung von Materialemissionen im Rahmen der Quellensuche ist die Oberflächenemissionsprüfzelle gut geeignet. Allerdings kann eine Oberflächenemissionsprüfzelle nur auf glatten Flächen eingesetzt werden, da z. B. auf Teppichboden keine ausreichende Abdichtung der Kammer möglich ist. Mit Hilfe eines speziellen Adapters können zwar auch Teppichböden untersucht werden, jedoch muss dafür eine Probe entnommen werden und der Vorteil der zerstörungsfreien Prüfung ist dahin.

Oberflächenemissionsprüfzellen werden direkt auf den Prüfling aufgesetzt. Eine elastische Dichtung schließt die nur etwa 30 cm³ fassende Kammer zur Umgebung ab. Die Kammer wird mit gereinigter und befeuchteter Luft durchspült. Probenoberfläche, Kammervolumen und Luftwechsel werden so abgestimmt, dass eine Raumbeladung von 1m² Probenbeladung/m³ simuliert wird. Die Abluft wird über Sammelröhrchen (aufgrund des geringen Volumenstroms vorzugsweise Tenax-Sammelröhrchen) geleitet. Die Untersuchungsergebnisse sind vergleichbar mit den Ergebnissen von Prüfkammeruntersuchungen.



Querschnitt durch eine Oberflächenemissionsprüfzelle

10.14.7 Dynamische Headspace-Untersuchungen (Thermoextraktion)

Eine einfache Methode zur Übersichtsanalyse der flüchtigen Inhaltsstoffe von Materialproben ist die dynamische Headspace-Untersuchung („Ausgasung“). Dabei wird eine kleine Menge der zu untersuchenden Materialprobe in einer Gaswaschflasche in der Regel zwei Stunden lang auf 60 °C erwärmt. In dieser Zeit wird gereinigte Luft über die Probe gezogen und die ausgasenden Substanzen auf den jeweiligen Adsorbentien (z. B. Tenax TA® oder DNPH) aufgefangen. Die Auswertung geschieht entsprechend den Luftproben.

Diese einfache Methode hat sich besonders beim Aufspüren von Emissionsquellen von Baustoffen und Einrichtungsgegenständen bewährt. Obwohl die Ausgasung der schwerer flüchtigen Komponenten oft nicht quantitativ erfolgt, ist sie dennoch ein wichtiges Mittel, über einen Vergleich mit den Ergebnissen von Raumluftmessungen potenziellen Belastungsquellen auf die Spur zu kommen.

10.15 Standard der baubiologischen Messtechnik

Bei der baubiologischen Begutachtung von Innenräumen werden zur Bewertung von Messergebnissen häufig die Bewertungskriterien des „Standards der baubiologischen Messtechnik (SBM)“ verwendet. Der Standard der baubiologischen Messtechnik wurde 1987-1992 von der Baubiologie Maes unter Beteiligung u.a. des Instituts für Baubiologie und Oekologie Neubeuern (IBN) entwickelt. Er wurde 1992 erstmals als SBM-92/5 publiziert und liegt mittlerweile als SBM-2015 vor.

In der gegenwärtigen Version beinhaltet der SBM die Abschnitte

- A Felder, Wellen, Strahlung
- B Wohngifte, Schadstoffe, Raumklima
- C Pilze, Bakterien, Allergene.

Die Abschnitte sind nochmals untergliedert. Der Abschnitt B (Wohngifte, Schadstoffe, Raumklima) umfasst z.B. die Bereiche

- B1 Formaldehyd und andere gasförmige Schadstoffe
- B2 Lösemittel und andere leicht- bis mittelflüchtige Schadstoffe
- B3 Pestizide und andere schwerflüchtige Schadstoffe
- B4 Schwermetalle und andere verwandte Schadstoffe
- B5 Partikel und Fasern (Feinstaub, Nanopartikel, Asbest, Mineralfasern...)
- B6 Raumklima (Temperatur, Feuchte, Kohlendioxid, Luftionen, Luftwechsel, Gerüche...)

Unsere Analysenangebote, die für die baubiologische Begutachtung von Innenräumen nach SBM-2015 geeignet sind, erkennen Sie an dem Zusatz (SBM-2015, B-X) in der Positionsbezeichnung, wobei X für den jeweiligen SBM-Unterabschnitt steht.

10.16 Informationen zur Messunsicherheit

Jede Messung liefert ungenaue Ergebnisse. Egal, ob ich mit einem Zollstock die Länge eines Tisches oder mit einem Gaschromatographen die Konzentration von Luftschadstoffen messe, jeder Messwert ist mit einem Fehler oder besser gesagt, mit einer **Messunsicherheit** behaftet. Ein Messwert liegt immer unter oder über dem "wahren" Wert. Das gilt für einfache Messungen – Stichwort Zollstock – wie für komplexe quantitative chemische Analysen, wie die gaschromatographische Bestimmung der Konzentration einer flüchtigen organischen Verbindung in der Atemluft.

Als akkreditiertes Prüflabor sind wir verpflichtet, die Messunsicherheit unserer Prüfergebnisse zu ermitteln bzw. abzuschätzen. Wie in der DIN ISO 11352 beschrieben, schätzen wir die Messunsicherheit durch Kombination der "zufälligen" und der "systematischen" Abweichungen von Messwerten ab.

Zufällige Abweichungen werden durch Wiederholmessungen von Kontrollproben ermittelt. Damit werden die Präzision bzw. die Reproduzierbarkeit eines Messwertes innerhalb unseres Labors bestimmt.

Systematische Abweichungen ermitteln wir durch die Analyse von Referenzmaterialien und durch die Teilnahme an Eignungsprüfungen (z.B. Ringversuche). Damit wird die Richtigkeit des Messwertes überprüft.

Aus diesen Daten wird die kombinierte Standardunsicherheit – auch "einfache Gesamtmessunsicherheit" genannt - berechnet. Sie beschreibt den Vertrauensbereich von 68 %, d.h. der wahre Wert liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von 68 % innerhalb des angegebenen Wertintervalls (z.B. $10 \mu\text{g}/\text{m}^3 \pm 10 \%$). Durch die Multiplikation der kombinierten Standardunsicherheit mit einem Erweiterungsfaktor k erhalten wir die "erweiterte Gesamtmessunsicherheit", die bei dem üblicherweise verwendeten Faktor $k=2$ einem Vertrauensbereich von 95 % entspricht. Für das o.g. Beispiel läge die erweiterte Messunsicherheit demnach bei $\pm 20 \%$.

Das Thema Messunsicherheit spielt vor allem dann eine Rolle, wenn Messergebnisse bewertet, also Aussagen darüber getroffen werden sollen, ob bestimmte Anforderungen eingehalten werden. (Konformitätsaussagen). Bei der Bewertung mittels Shared Risk Ansatz (auch als "geteiltes Risiko der Messunsicherheit" bezeichnet) verteilt sich das Risiko, dass ein Produkt fälschlicherweise als "konform" bzw. "nicht konform" bewertet wird, zu gleichen Teilen auf den Kunden und das Prüfinstitut.

Obwohl wir die Messunsicherheit für alle unsere Analysenverfahren ermitteln, geben wir sie aus den folgenden Gründen standardmäßig in unseren Prüfberichten nicht an.

Bei der Bewertung von Raumluft-Messergebnissen im Hinblick auf die Einhaltung von Innenraumrichtwerten ist die Messunsicherheit entsprechend den Empfehlungen des AIR nicht zu berücksichtigen, sofern der Messwert auf der Grundlage von qualitätsgesicherten Probenahme- und Analyseverfahren ermittelt wurde¹.

Bei der Untersuchung von Materialproben - z.B. auf Holzschutzmittelwirkstoffe, PCB oder Weichmacher - erfolgt die Beurteilung nicht anhand von gesetzlich festgelegten Grenzwerten z.B. im Hinblick auf die Feststellung der Verkehrsfähigkeit eines Produktes, sondern mit Hilfe statistisch ermittelter Referenzwerte oder der Einstufung in Belastungsklassen (z.B. gering/deutlich/stark belastet oder Primär-/Sekundärquelle). Für diese Form der Beurteilung spielt die Messunsicherheit nur eine untergeordnete Rolle und wird daher in aller Regel nicht berücksichtigt.

Das Gleiche gilt für besonders inhomogene Analysenmaterialien wie z.B. Hausstaubproben, da hier die Beurteilung der Messwerte ausschließlich anhand statistisch ermittelter Referenzwerte vorgenommen wird und Hausstaubanalysen vorrangig Anhaltspunkte für potenzielle Schadstoffquellen in Innenräumen liefern.

Auf Anfrage erhalten Sie von uns weitere Informationen zur Ermittlung der Messunsicherheit sowie die für unser Labor ermittelten Kenndaten.

¹ Ausschuss für Innenraumrichtwerte/UBA (2020): Rundungsregeln für die Anwendung von Richt- und Leitwerten des Ausschusses für Innenraumrichtwerte. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 63(3):368-369.

11 CAS-Nummern

(aufsteigend sortiert)

CAS-Nr.	Substanzname
50-00-0	Formaldehyd (Methanal)
50-29-3	p,p-DDT
50-32-8	Benz(a)pyren
51-03-6	Piperonylbutoxid (PBO)
53-70-3	Dibenzo(a,h)anthracen
54-11-5	Nicotin
56-23-5	Tetrachlormethan
56-38-2	ethyl-Parathion
56-81-5	Glycerin
57-06-7	Allylisothiocyanat
57-55-6	1,2-Propylenglykol (PG)
57-74-9	Chlordan
58-89-9	Lindan
59-50-7	4-Chlor-3-Methylphenol
60-12-8	2-Phenylethanol
60-35-5	Acetamid
60-51-5	Dimethoat
60-57-1	Dieldrin
62-53-3	Anilin
62-73-7	Dichlorvos
64-17-5	Ethanol
64-19-7	Essigsäure
66-25-1	n-Hexanal
67-56-1	Methanol
67-63-0	2-Propanol (Isopropanol)
67-64-1	Aceton (Propanon)
67-66-3	Trichlormethan
67-68-5	Dimethylsulfoxid
67-72-1	Hexachlorethan
68-12-2	N,N-Dimethylformamid
71-23-8	n-Propanol
71-36-3	1-Butanol
71-41-0	1-Pentanol
71-43-2	Benzol
71-55-6	1,1,1-Trichlorethan
72-20-8	Endrin
72-43-5	Metoxychlor
72-54-8	p,p-DDD
72-55-9	p,p-DDE
75-07-0	Acetaldehyd (Ethanal)
75-15-0	CS ₂
75-18-3	Dimethylsulfid
75-25-2	Tribrommethan
75-27-4	Bromdichlormethan
75-29-6	2-Chlorpropan
75-62-7	Bromtrichlormethan
75-65-0	2-Methyl-2-propanol (tert-Butanol)
75-85-4	2-Methyl-2-butanol
75-98-9	Pivalinsäure
76-13-1	1,1,2-Trichlortrifluorethan
76-22-2	Campher
76-44-8	Heptachlor
76-49-3	Bornylacetat
77-78-1	Dimethylsulfat
78-40-0	Triethylphosphat (TEP)
78-42-2	Trisethylhexylphosphat (TEHP)
78-51-3	Trisbutoxyethylphosphat (TBEP)
78-59-1	Isophoron (3,5,5-Trimethylcyclohex-2-enon)
78-70-6	β-Linalool
78-79-5	2-Methyl-1,3-butadien
78-83-1	Isobutanol
78-84-2	2-Methyl-1-propanal
78-85-3	2-Methyl-2-propenal
78-92-2	2-Butanol
78-93-3	Methylethylketon (2-Butanon, MEK)
78-94-4	3-Buten-2-on
78-98-8	Methylglyoxal
79-01-6	Trichlorethen
79-06-1	Acrylamid

CAS-Nr.	Substanzname
79-09-4	Propionsäure
79-20-9	Methylacetat
79-31-2	Isobuttersäure
79-34-5	1,1,2,2-Tetrachlorethan
79-46-9	2-Nitropropan
79-77-6	β-Jonon
79-92-5	Camphen
79-94-7	2,2',6,6'-Tetrabrombisphenol A (TBBPA)
80-05-7	Bisphenol A
80-06-2	2,4,6-Trichlorphenol
80-56-8	α-Pinen
80-62-6	Methacrylsäuremethylester
81-14-1	Nitromoschusketon
81-15-1	Nitromoschusxylo
83-32-9	Acenaphthen
83-34-1	3-Methylindol
83-66-9	Nitromoschusambrette
84-61-7	Di-n-cyclohexylphthalat
84-66-2	Diethylphthalat (DEP)
84-69-5	Diisobutylphthalat (DIBP)
84-74-2	Di-n-butylphthalat (DBP)
85-01-8	Phenanthren
85-22-3	Pentabromtoluol
85-44-9	Phthalsäureanhydrid
85-68-7	n-Benzylbutylphthalat (BBP)
86-52-2	1-Chlormethylnaphthalin
86-73-7	Fluoren
87-40-1	2,4,6-Trichloranisol
87-44-5	β-Caryophyllen
87-61-6	1,2,3-Trichlorbenzol
87-65-0	2,6-Dichlorphenol
87-82-1	Hexabrombenzol
87-86-5	Pentachlorphenol
88-04-0	4-Chlor-3,5-Dimethylphenol
88-69-7	2-Isopropylphenol
90-00-6	2-Ethylphenol
90-12-0	1-Methylnaphthalin
90-13-1	1-Chlornaphthalin
90-43-7	2-Phenylphenol
91-17-8	Decalin
91-20-3	Naphthalin
91-57-6	2-Methylnaphthalin
91-58-7	2-Chlornaphthalin
91-59-8	Naphthylamin
92-24-0	Benz(a)anthracen
92-52-4	Biphenyl
92-66-1	4-Bromphenol
93-58-3	Methylbenzoat
95-13-6	Inden
95-16-9	Benzothiazol
95-47-6	o-Xylol
95-48-7	o-Kresol
95-49-8	2-Chlortoluol
95-50-1	1,2-Dichlorbenzol
95-53-4	o-Toluidin
95-56-7	2-Bromphenol
95-57-8	2-Chlorphenol
95-63-6	1,2,4-Trimethylbenzol
95-65-8	3,4-Dimethylphenol
95-76-1	3,4-Chloranilin
95-80-7	2,4-Diaminotoluol (TDA)
95-87-4	2,5-Dimethylphenol
95-93-2	1,2,4,5-Tetramethylbenzol
95-94-3	1,2,4,5-Tetrachlorbenzol
95-95-4	2,4,5-Trichlorphenol
96-14-0	3-Methylpentan
96-18-4	1,2,3-Trichlorpropan
96-22-0	3-Pentanon
96-23-1	1,3-Dichlor-2-propanol
96-29-7	2-Butanonoxim

CAS-Nr.	Substanzname
96-33-3	Methylacrylat
96-37-7	Methylcyclopentan
96-48-0	Butyrolacton
96-49-1	Ethylencarbonat
96-76-4	2,4-Di-tert-butylphenol
97-62-1	Ethylisobutytrat
97-86-9	Isobutylmethacrylat
97-88-1	Butylmethacrylat
98-00-0	Furfurylalkohol
98-01-1	Furfural
98-06-6	tert-Butylbenzol
98-55-5	alpha-Terpineol
98-82-8	i-Propylbenzol
98-83-9	α-Methylstyrol
98-86-2	Acetophenon
99-62-7	1,3-Diisopropylbenzol
99-83-2	alpha-Phellandren
99-85-4	γ-Terpinen
99-86-5	α-Terpinen
99-87-6	1-Methyl-4-Isopropylbenzol
99-89-8	4-Isopropylphenol
100-18-5	1,4-Diisopropylbenzol
100-40-3	4-Vinylcyclohexen
100-41-4	Ethylbenzol
100-42-5	Styrol
100-51-6	Benzylalkohol
100-52-7	Benzaldehyd
100-64-1	Cyclohexanonoxim
100-80-1	3-Methylstyrol (3-Vinyltoluol)
100-97-0	Hexamethylenetetramin
101-77-9	4,4'-Diaminodiphenylmethan (MDA)
101-84-8	Diphenylether
101-97-3	Phenylethylacetat
102-52-3	1,1,3,3-Tetramethoxypropan
102-76-1	Triacetin
103-09-3	2-Ethylhexylacetat
103-11-7	2-Ethylhexylacrylat
103-23-1	Di-(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)
103-65-1	n-Propylbenzol
104-51-8	n-Butylbenzol
104-72-3	Decylbenzol
104-76-7	2-Ethyl-1-hexanol
104-87-0	4-Methylbenzaldehyd
105-05-5	1,4-Diethylbenzol
105-44-2	4-Methyl-2-pentanoxim
105-58-8	Diethylcarbonat
105-60-2	ε-Caprolactam
105-67-9	2,4-Dimethylphenol
105-75-9	Dibutylfumarat (Fumarsäuredibutylester)
105-76-0	Dibutylmaleinat
106-22-9	β-Citronellol
106-35-4	3-Heptanon
106-42-3	p-Xylol
106-44-5	p-Kresol
106-46-7	1,4-Dichlorbenzol
106-48-9	4-Chlorphenol
106-65-0	Bernsteinsäuredimethylester
106-68-3	3-Octanon
106-89-8	Epichlorhydrin
106-93-4	1,2-Dibromethan
107-02-8	Acrolein
107-06-2	1,2-Dichlorethan
107-10-8	Propylamin (1-Aminopropan)
107-13-1	Acrylnitril
107-21-1	Ethylenglykol (EG)
107-22-2	Ethandial
107-29-9	Acetaldehydoxim
107-41-5	2-Methyl-2,4-pentandiol (Hexylenglykol)
107-46-0	Hexamethyldisiloxan (L2)
107-51-7	Octamethyltrisiloxan (L3)
107-83-5	2-Methylpentan
107-87-9	2-Pentanon
107-92-6	n-Buttersäure

CAS-Nr.	Substanzname
107-98-2	1,2-Propylenglykolmonomethylether (PGMM)
108-01-0	N,N-Dimethylethanolamin
108-05-4	Vinylacetat
108-10-1	Methylisobutylketon (MIBK)
108-21-4	Isopropylacetat
108-32-7	Propylencarbonat
108-39-4	m-Kresol
108-38-3	m-Xylol
108-41-8	3-Chlortoluol
108-43-0	3-Chlorphenol
108-65-6	Propylenglykolmonomethyletheracetat (PGMMA)
108-67-8	1,3,5-Trimethylbenzol
108-68-9	3,5-Dimethylphenol
108-70-3	1,3,5-Trichlorbenzol
108-83-8	2,6-Dimethyl-4-heptanon
108-87-2	Methylcyclohexan
108-88-3	Toluol
108-90-7	Chlorbenzol
108-93-0	Cyclohexanol
108-94-1	Cyclohexanon
108-95-2	Phenol
108-99-6	3-Methylpyridin
109-52-4	n-Valeriansäure
109-59-1	Ethylenglykolmonoisopropylether (Methylethoxyethanol)
109-60-4	n-Propylacetat
109-66-0	n-Pentan
109-86-4	Ethylenglykolmonomethylether (EGMM)
109-97-7	Pyrrrol
109-99-9	Tetrahydrofuran
110-13-4	2,5-Hexandion (Acetonylacetone)
110-19-0	Isobutylacetat
110-27-0	Tetradecansäureisopropylester
110-27-0	Isopropylmyristat
110-42-9	Methyldecanoat
110-43-0	2-Heptanon
110-49-6	Ethylenglykolmonomethyletheracetat (EGMMA)
110-54-3	n-Hexan
110-60-1	1,4-Diaminobutan (Putrescin)
110-62-3	n-Pentalanal
110-63-4	1,4-Butandiol (Tetramethylenglykol)
110-71-4	Ethylenglykoldimethylether (EGDM)
110-80-5	Ethylenglykolmonoethylether (EGME)
110-82-7	Cyclohexan
110-83-8	Cyclohexen
111-02-4	Squalen
111-11-5	Methyloctanoat
111-13-7	2-Octanon
111-14-8	n-Heptansäure
111-15-9	Ethylenglykolmonoethyletheracetat (EGMEA)
111-27-3	1-Hexanol
111-30-8	Glutaraldehyd
111-46-6	Diethylenglykol (DEG)
111-65-9	n-Octan
111-66-0	1-Octen
111-70-6	1-Heptanol
111-71-7	n-Heptanal
111-76-2	Ethylenglykolmonobutylether (EGMB)
111-77-3	Diethylenglykolmonomethylether (DEGMM)
111-84-2	n-Nonan
111-87-5	1-Octanol
111-90-0	Diethylenglykolmonoethylether (DEGME)
111-96-6	Diethylenglykoldimethylether (DEGDM)
112-05-0	n-Nonansäure
112-07-2	Ethylenglykolmonobutyletheracetat (EGMBA)
112-25-4	Ethylenglykolmonohexylether (2-Hexoxyethanol)
112-27-6	Triethylenglykol (TEG)
112-30-1	1-Decanol

CAS-Nr.	Substanzname
112-31-2	n-Decanal
112-34-5	Diethylenglykolmonobutylether (DEGMB)
112-36-7	Diethylenglykoldiethylether (DEGDE)
112-39-0	Methylhexadecanoat (Methylpalmitat)
112-39-0	Methylpalmitat
112-40-3	n-Dodecan
112-41-4	1-Dodecen
112-44-7	n-Undecanal
112-49-2	Triethylenglykoldimethylether (TEGDM)
112-53-8	1-Dodecanol
112-54-9	n-Dodecanal
112-59-4	2-(2-Hexoxyethoxy)-ethanol (Int Std.)
112-61-8	Methylstearat
112-70-9	1-Tridecanol
112-72-1	1-Tetradecanol
112-73-2	Diethylenglykoldibutylether (DEGDB)
112-92-5	1-Octadecanol
112-95-8	n-Eicosan
114-26-1	Propoxur
115-29-7	α -Endosulfan
115-86-6	Triphenylphosphat (TPP)
115-96-8	Tri(2-chlorethyl)phosphat (TCEP)
116-09-6	1-Hydroxyaceton
117-81-7	Di-(2-ethylhexyl)-phthalat (DEHP)
117-82-8	Dimethylglykolphthalat
117-84-0	Di-n-octylphthalat (DOP)
118-74-1	Hexachlorbenzol
118-79-6	2,4,6-Tribromphenol
119-61-9	Benzophenon
119-64-2	1,2,3,4-Tetrahydronaphthalin
120-12-7	Anthracen
120-32-1	2-Benzyl-4-Chlorphenol
120-72-9	Indol
120-82-1	1,2,4-Trichlorbenzol
120-83-2	2,4-Dichlorphenol
120-92-3	Cyclopentanon
121-33-5	Vanillin
121-44-8	Triethylamin (N,N-Diethylethanamin)
121-75-5	Malathion
122-03-2	4-Isopropylbenzaldehyd (Cuminaldehyd)
122-99-6	Ethylenglykolmonophenylether (EGMP)
123-05-7	2-Ethylhexanal
123-07-9	4-Ethylphenol
123-35-3	Myrcen
123-38-6	Propanal
123-42-2	Diacetonalkohol (4-Hydroxy-4-methyl-2-pentanon)
123-51-3	3-Methyl-1-butanol
123-54-6	2,4-Pentandion (Acetylaceton)
123-72-8	n-Butanal
123-86-4	n-Butylacetat
123-91-1	1,4-Dioxan
123-92-2	Isopentylacetat
123-96-6	2-Octanol
124-07-2	n-Octansäure
124-11-8	1-Nonen
124-13-0	n-Octanal
124-17-4	Diethylenglykolmonobutyletheracetat (DEGMBa)
124-18-5	n-Decan
124-19-6	n-Nonanal
124-48-1	Chlordibrommethan
125-12-2	Isobornylacetat
126-30-7	Neopentylglykol (2,2-Dimethyl-1,3-propanediol)
126-72-7	Tris-(2,3-dibrompropyl)-phosphat (TRIS)
126-73-8	Tri-n-butylphosphat (TNBP)
126-86-3	2,4,7,9-Tetramethyldec-5-yn-4,7-diol (TMDD)
126-99-8	2-Chlor-1,3-butadien (Chloropren)
127-06-0	2-Propanonoxim
127-18-4	Tetrachlorethen
127-19-5	N,N-Dimethylacetamid (DMA)
127-41-3	α -Jonon

CAS-Nr.	Substanzname
127-91-3	β -Pinen
128-37-0	2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol (BHT)
128-39-2	2,6-Di-tert-butylphenol
129-00-0	Pyren
131-11-3	Dimethylphthalat (DMP)
131-16-8	Di-n-propylphthalat
131-18-0	Di-n-pentylphthalat
132-64-9	Dibenzofuran
135-01-3	1,2-Diethylbenzol
137-32-6	2-Methyl-1-butanol
138-86-3	Limonen
139-66-2	Diphenylsulfid
140-88-5	Ethylacrylat
141-04-8	Diisobutyladipat
141-32-2	n-Butylacrylat
141-62-8	Decamethyltetrasiloxan (L4)
141-78-6	Ethylacetat
141-79-7	Mesityloxid (4-Methylpent-3-en-2-on)
141-93-5	1,3-Diethylbenzol
142-62-1	n-Hexansäure
142-82-5	n-Heptan
142-91-6	Isopropylpalmitat
142-92-7	n-Hexylacetat
142-96-1	Dibutylether
143-08-8	1-Nonanol
143-22-6	Triethylenglykolmonobutylether
149-57-5	2-Ethylhexansäure
150-76-5	4-Hydroxyanisol
156-59-2	cis-1,2-Dichlorethen
191-24-2	Benzo(g,h,i)perylene
192-28-5	Cyclopentanonoxim
193-39-5	Indeno(1,2,3-cd)pyren
205-99-2	Benz(b)fluoranthen
206-44-0	Fluoranthen
207-08-9	Benz(k)fluoranthen
208-96-8	Acenaphthylen
218-01-9	Chrysen
280-57-9	Triethylendiamin (DABCO)
287-92-3	Cyclopentan
290-37-9	Pyrazin
298-00-0	Methyl-Parathion
309-00-2	Aldrin
321-38-0	1-Fluornaphthalin
333-41-5	Diazinon
392-56-3	Hexafluorbenzol
462-94-2	1,5-Diaminopentan (Cadaverin)
464-45-9	(-)-Borneol
470-82-6	Eucalyptol
475-20-7	Longifolen
486-56-6	(-)-Cotinin
487-68-3	2,4,6-Trimethylbenzaldehyd
488-23-3	1,2,3,4-Tetramethylbenzol
493-01-6	cis-Decahydronaphthalin (cis-Decalin)
493-02-7	trans-Decahydronaphthalin (trans-Decalin)
496-11-7	Indan
501-94-0	Tyrosol
512-56-1	Trimethylphosphat (TMP)
526-55-6	Tryptophol
526-73-8	1,2,3-Trimethylbenzol
526-75-0	2,3-Dimethylphenol
527-53-7	1,2,3,5-Tetramethylbenzol
527-60-6	2,4,6-Trimethylphenol
527-84-4	1-Methyl-2-isopropylbenzol (o-Cymol)
53-19-0	o,p-DDD
532-27-4	Chloracetophenon
534-22-5	2-Methylfuran
535-77-3	1-Methyl-3-isopropylbenzol (m-Cymol)
536-74-3	Phenylacetylen
540-10-3	Hexadecansäurehexadecylester
540-84-1	2,2,4-Trimethylpentan
540-97-6	Dodecamethylcyclhexasiloxan (D6)
541-02-6	Decamethylcyclpentasiloxan (D5)
541-05-9	Hexamethylcycltrisiloxan (D3)

CAS-Nr.	Substanzname
54-11-07	Nicotin
541-73-1	1,3-Dichlorbenzol
544-76-3	n-Hexadecan
556-67-2	Octamethylcyclotetrasiloxan (D4)
563-80-4	3-Methyl-2-butanon
565-59-3	2,3-Dimethylpentan
565-80-0	Diisopropylketon (2,4-Dimethyl-3-pentanon)
569-41-5	1,8-Dimethylnaphthalin
571-58-4	1,4-Dimethylnaphthalin
571-81-9	1,5-Dimethylnaphthalin
573-98-8	1,2-Dimethylnaphthalin
575-37-1	1,7-Dimethylnaphthalin
575-41-7	1,3-Dimethylnaphthalin
575-43-9	1,6-Dimethylnaphthalin
576-24-9	2,3-Dichlorphenol
576-26-1	2,6-Dimethylphenol
581-42-0	2,6-Dimethylnaphthalin
582-16-1	2,7-Dimethylnaphthalin
583-59-5	2-Methylcyclohexanol
583-60-8	2-Methylcyclohexanon
584-02-1	3-Pentanol
584-79-2	Allethrin
589-34-4	3-Methylhexan
589-38-8	3-Hexanon
589-90-2	1,4-Dimethylcyclohexan
589-91-3	4-Methylcyclohexanol
589-92-4	4-Methylcyclohexanon
589-98-0	3-Octanol
590-86-3	3-Methyl-1-butanal
591-23-1	3-Methylcyclohexanol
591-76-4	2-Methylhexan
591-78-6	2-Hexanon
592-27-8	2-Methylheptan
592-41-6	1-Hexen
592-76-7	1-Hepten
592-84-7	n-Butylformiat
593-45-3	n-Octadecan
598-75-4	3-Methyl-2-butanol
598-81-1	3-Methylheptan
607-99-8	2,4,6-Tribromanisol
611-14-3	2-Ethyltoluol
611-15-4	2-Methylstyrol (2-Vinyltoluol)
613-91-2	Acetophenonoxim
617-94-7	2-Phenyl-2-propanol
620-02-0	5-Methylfurfural
620-14-4	3-Ethyltoluol
620-17-7	3-Ethylphenol
622-96-8	4-Ethyltoluol
622-97-9	4-Methylstyrol (4-Vinyltoluol)
623-40-5	2-Pentanonoxim
623-56-3	Ethylisobutylketon
623-84-7	Propylenglykoldiacetat (PGDA)
624-92-0	Dimethyldisulfid
625-85-5	2,5-Dimethylfuran
627-93-0	Adipinsäuredimethylester
628-63-7	1-Pentylacetat
628-68-2	Diethylenglykoldiacetat (DEGDA)
629-14-1	Ethylenglykoldiethylether
629-50-5	n-Tridecan
629-59-4	n-Tetradecan
629-62-9	n-Pentadecan
629-78-7	n-Heptadecan
629-82-3	Diocylether
629-92-5	n-Nonadecan
629-94-7	Heneicosan
629-97-0	Docosan
634-66-2	1,2,3,4-Tetrachlorbenzol
634-90-2	1,2,3,5-Tetrachlorbenzol
637-50-3	cis- β -Methylstyrol (1-Propenylbenzol)
647-42-7	6:2-Fluorotelomeralkohol (6:2 FTOH)
678-39-7	8:2-Fluorotelomeralkohol (8:2 FTOH)
697-82-5	2,3,5-Trimethylphenol
731-27-1	Tolyfluand

CAS-Nr.	Substanzname
763-69-9	Ethyl-3-ethoxypropionat
770-35-4	Propylenglykolmonophenylether (PGMP)
789-02-6	o,p-DDT
821-95-4	1-Undecen
865-88-1	10:2-Fluorotelomeralkohol (10:2 FTOH)
872-05-9	1-Decen
872-50-4	N-Methyl-2-pyrrolidon
925-06-4	Diisobutylsuccinat (Bernsteinsäurediisobutylester)
930-27-8	3-Methylfuran
933-75-5	2,3,6-Trichlorphenol
933-78-8	2,3,5-Trichlorphenol
934-74-7	1-Ethyl-3,5-dimethylbenzol
938-22-7	2,3,4,6-Tetrachloranisol
938-86-3	2,3,4,5-Tetrachloranisol
939-27-5	2-Ethyl-naphthalin
994-05-8	tert-Amylmethylether
1031-07-8	Endosulfan-Sulfat
1078-71-3	Heptylbenzol
1081-77-2	Nonylbenzol
1085-98-9	Dichlofluand
1119-40-0	Glutarsäuredimethylester
1120-21-4	n-Undecan
1120-72-5	2-Methylcyclopentanon
1121-55-7	3-Vinylpyridin
1127-76-0	1-Ethyl-naphthalin
1135-66-6	Isolongifolen
1137-12-8	Longicyclen
1196-01-6	Verbenon
1330-78-5	Trikresylphosphat (Isomerengemisch)
1459-93-4	Dimethylisophthalat (DMIP)
1490-04-6	Menthol
1569-01-3	Propylenglykolmono-n-propylether (DL-1-Propoxypropan-2-ol)
1569-02-4	Propylenglykolmonoethylether (PGME)
1570-64-5	4-Chlor-2-Methylphenol
1576-87-0	2-Pentalen
1634-04-4	Methyl-tert-butylether (MTBE)
1663-69-4	tert-Butylacrylat
1738-25-6	3-Diethylaminopropionsäurenitril (DMAPN)
1825-21-4	2,3,4,5,6-Pentachloranisol
1825-30-5	1,5-Dichlor-naphthalin
1825-31-6	1,4-Dichlor-naphthalin
1897-45-6	Chlorthalonil
2104-96-3	methyl-Bromophos
2189-60-8	Octylbenzol
2199-69-1	1,2-Dichlorbenzol d4 IS
2213-23-2	2,4-Dimethylheptan
2217-02-9	(1)-endo-(+)-Fenchylalkohol
2371-42-8	2-Methylisoborneol
2416-94-6	2,3,6-Trimethylphenol
2437-56-1	1-Tridecen
2463-77-6	2-Undecenal
2495-37-6	Benzylmethacrylat
2517-43-3	1,3-Butylenglykolmonomethylether (BGMM)
2548-87-0	2-Octenal
2682-20-4	2-Methyl-4-isothiazolin-3-on (MIT, MI)
2687-91-4	1-Ethyl-2-pyrrolidon
2807-30-9	Ethylenglykolmono-n-propylether (2-Propoxyethanol)
3074-71-3	2,3-Dimethylheptan
3194-55-6	1,2,5,6,9,10-Hexabromcyclododecan (HBCDD)
3278-89-5	2,4,5-Tribromphenylallylether
3380-34-5	Triclosan
3391-86-4	1-Octen-3-ol
3424-82-6	o,p-DDE
3648-21-3	Di-n-heptylphthalat
3777-69-3	2-n-Pentylfuran
3913-81-3	2-Decenal
4170-30-3	2-Butenal
4390-04-9	2,2,4,4,6,8,8-Heptamethylnonan

CAS-Nr.	Substanzname
4435-53-4	Butylenglykolmonomethyletheracetat (BGMMMA)
4602-84-0	Farnesol
4812-20-8	2-Isopropoxyphenol
4901-51-3	2,3,4,5-Tetrachlorphenol
4994-16-5	4-Phenylcyclohexen
5131-66-8	1,2-Propylenglykolmonobutylether (PGMB)
5598-13-0	methyl-Chlorpyrifos
5911-04-6	3-Methylnonan
5973-71-7	3,4-Dimethylbenzaldehyd
5989-08-2	Longipinen
6032-29-7	2-Pentanol
6728-26-3	2-Hexenal
6742-54-7	Undecylbenzol
6795-87-5	sec-Butylmethylether
6846-50-0	TXIB
7012-37-5	PCB 28
7397-62-8	Glykolsäurebutylester
7452-79-1	Ethyl-2-methylbutyrat
7696-12-0	Tetramethrin
7756-94-7	trimeres Isobuten
7778-85-0	1,2-Propylenglykoldimethylether (1,2-PGDM)
7785-70-8	(+)- α -Pinen
13048-33-4	1,6-Hexandioldiacrylat
13466-78-9	Δ -3-Caren
13475-82-6	2,2,4,6,6-Pentamethylheptan
13674-84-5	Trichlorisopropylphosphat (TCPP)
13674-87-8	Tri(1,3-dichlorisopropyl)phosphat (TDCPP)
14234-82-3	Diisobutylmaleat
15950-66-0	2,3,4-Trichlorphenol
16423-19-1	Geosmin
17527-29-6	6:2-Fluorotelomeracrylat (6:2 FTA)
17741-60-5	10:2-Fluorotelomeracrylat (10:2 FTA)
18409-17-1	trans-2-Octen-1-ol
18829-55-5	2-Heptenal
18829-56-6	2-Nonenal
20125-84-2	cis-3-Octen-1-ol
20324-33-8	Tripropylenglykolmonomethylether (TPGMM)
20407-84-5	2-Dodecenal
23436-19-3	Propylenglykolmonoisobutylether (DL-1-Isobutoxypropan-2-ol)
24683-00-9	2-Isobutyl-3-methoxy-pyrazin
24800-44-0	Tripropylenglykol (TPG)
25013-15-4	Vinyltoluol
25265-71-8	Dipropylenglykol (DPG)
25265-77-4	Texanol
25773-40-4	2-Isopropyl-3-methoxy-pyrazin
26002-80-2	Phenothrin
26172-55-4	5-Chlor-2-methyl-4-isothiazolin-3 on (CIT, CMI)
26444-49-5	Cresyldiphenylphosphat (CDP)
26530-20-1	Octhlinon (OIT)
26761-40-0	Diisodecylphthalat (DIDP)
28523-86-6	Sevofluran
28553-12-0	Diisononylphthalat (DINP)
28973-97-9	β -Farnesen

CAS-Nr.	Substanzname
29911-27-1	Dipropylenglykolmonopropylether
29911-28-2	Dipropylenglykolmonobutylether (DPGMB)
29973-13-5	Ethiofencarb
31508-00-6	PCB 118
33213-65-9	β -Endosulfan
33685-54-0	1,1,2,2-Tetrachlorethan D2 IS
34590-94-8	Dipropylenglykolmonomethylether (DPGMM)
35065-27-1	PCB 153
35065-29-3	PCB 180
35694-06-5	PCB 138
36653-82-4	1-Hexadecanol
37680-73-2	PCB 101
38640-62-9	Diisopropyl-naphthalin (DIPN)
39475-55-3	ethyl-Chlorpyrifos
40596-69-8	Methopren
41464-40-8	PCB 52
50375-10-5	2,3,6-Trichloranisol
51630-58-1	Fenvalerat
52315-07-8	Cypermethrin
52645-53-1	Permethrin
52918-63-5	Deltamethrin
54135-80-7	2,3,4-Trichloranisol
55934-93-5	Tripropylenglykolmonobutylether (TPGMB)
57041-67-5	Desfluran
5888-33-5	Isobornylacrylat
60207-90-1	Propiconazol
60568-05-0	Furmecycloz
68359-37-5	Cyfluthrin
71195-64-7	Diisobutylglutarat
73506-93-1	Ethylenglykoldiethylether (EGDE)
7534-94-3	Isobornylmethacrylat
76649-14-4	3-Octen-2-ol
88917-22-0	Dipropylenglykolmonomethyletheracetat (DPGMMMA)
94247-68-4	Dipropylenglykomonopropylether
98516-30-4	Propylenglykolmonoethyletheracetat (PGMEA)
107534-96-3	Tebuconazol
111109-77-4	Dipropylenglykoldimethylether (DPGDM)
132739-31-2	Dipropylenglykolmono-tert-butylether (DPGMTB)