

AGÖF - Arbeitsgemeinschaft Ökologischer
Forschungsinstitute (Hrsg.)

Umwelt, Gebäude & Gesundheit

**Innenraumhygiene,
Raumluftqualität und
Energieeinsparung**

Ergebnisse des 7. Fachkongresses der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer
Forschungsinstitute (AGÖF) am 04. und 05. März 2004 in München

2004

AGÖF – Springe-Eldagsen

In diesem Buch werden die Beiträge des 7. Fachkongresses der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) vom 04. bis 05. März 2004 an der Fachhochschule München veröffentlicht.

Herausgeber:

Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF)

Geschäftsstelle:

im Energie- und Umweltzentrum am Deister
D - 31832 Springe-Eldagsen

Vorstand der AGÖF

Martin Duve, Heidrun Hofmann, Martin Klima

Wissenschaftlicher Beirat:

Martin Duve, Indikator GmbH, Wuppertal
Heidrun Hofmann, Göttinger Umwelt-Labor e.V., Göttingen
Dr. Wigbert Maraun, Arguk- Umwelt GmbH, Oberursel
Prof. Clemens Richarz, Fachhochschule München
Dr. Burkhard Schulze Darup,Architekt, Nürnberg
Jörg Thumulla, AnBUS e.V., Fürth

Redaktion: Sabine Weber

Veranstalter:

Analyse und Bewertung von Umweltschadstoffen (AnBUS) e.V.
Mathildenstraße 48
D - 90762 Fürth

Die Deutsche Bibliothek - CIP Einheitsaufnahme

Umwelt, Gebäude & Gesundheit : Innenraumhygiene, Raumluftqualität und Energieeinsparung ;
Tagungsband des 7. AGÖF-Fachkongresses 2004 / AGÖF - Arbeitsgemeinschaft Ökologischer
Forschungsinstitute (AGÖF) e.V. Bearb. Sabine Weber. - Springe : AGÖF, 2004

Buch: ISBN 3-930576-05-8

CD-ROM ISBN 3-930576-06-6

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung auch von Teilen außerhalb des Urheberrechtgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Autoren, Herausgeber und Verlag, redaktionelle Mitarbeiter und Herstellungsbetriebe haben das Werk nach bestem Wissen und mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt. Inhaltliche und technische Fehler sind jedoch nicht vollständig auszuschließen. Die Wahl der Rechtschreiberegeln lag bei den Autoren.

© 2004 Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) e.V.,

Springe-Eldagsen

Umschlagsgestaltung: Harald Hans Vogel, Fürth

Titelfoto: © AnBUS e.V., Mathildenstraße 48, D-90762 Fürth; Abbildungen Mathildenstraße 48

Buch: ISBN 3-930576-05-8

CD-ROM ISBN 3-930576-06-6

Baubiologische Sanierungsbegleitung an einer Schule – Prüfung neu einzubauender Materialien mittels Thermodesorption (TDS)

Martin H. Virnich, Jörg Thumulla

Das Projekt

Das Berufskolleg Kaufmännische Schulen des Kreises Düren ist Ausbildungsstätte für 1.800 Schüler. Errichtet in den Jahren 1970/71 umfasst der 4-geschossige Gebäudekomplex aus Stahlbeton im Bauhausstil eine Nutzfläche von 6.400 Quadratmetern.

In dem Gebäude wurden 1999 erhebliche Belastungen mit Polychlorierten Biphenylen (PCB) festgestellt, als deren Primärquelle Fugenmassen identifiziert werden konnten. Probenahmen an den Wänden und an Einrichtungsgegenständen ergaben, dass wegen der Höhe der Sekundärkontaminationen eine Totalsanierung erforderlich war. Fußböden, Decken- und Wandverkleidungen wurden bis auf den Beton abgetragen, Innenausbau und Mobiliar entfernt. Dies bedeutete für die anschließende Wiederherstellung einen erheblichen Erneuerungsbedarf.

Zur Reduzierung des PCB-Austritts aus der kontaminierten Baumasse nach Entfernung der Primärquellen wurden nach Maßgabe des für die PCB-Sanierung verantwortlichen Chemischen Institutes alle Betonflächen (13.000 m²) mit einer entsprechenden Versiegelung versehen.

Mit der Gestaltung der Wiederherstellung hatte der Kreis Düren als Träger der Einrichtung ein Architekturbüro beauftragt. Dabei mussten die Anforderungen eines schulischen Gebäudes an Gebrauchsfähigkeit und Verschleißfestigkeit sowie ein begrenzter Kostenrahmen berücksichtigt werden. Darüber hinaus legten die Schulleitung und der Kreis Düren Wert darauf, mit dem im Rahmen der Wiederherstellung des Gebäudes neu einzubauenden Materialien keinen neuen Sanierungsfall in absehbarer Zeit zu schaffen. Beim Einbau neuer Materialien sollte daher darauf geachtet werden, dass diese nicht mit – möglicherweise neuen und weiteren – Schadstoffen belastet sind.

Zur Berücksichtigung dieser Anforderung wurde das Ingenieurbüro für Baubiologie und Umweltmesstechnik, Dr.-Ing. Martin H. Virnich, Mönchengladbach, vom Kreis Düren beauftragt, das Sanierungsprojekt baubiologisch beratend zu begleiten. Die chemischen Materialprüfungen bezüglich Ausgasungspotential wurden durch die anbus analytik GmbH, Fürth, durchgeführt.

Zum Beratungsumfang gehörte zunächst die kritische Prüfung der Vorschläge des Architekturbüros hinsichtlich der gesundheitlichen Unbedenklichkeit bzw. Risiken der geplanten Produkte/Materialien, insbesondere bezüglich chemischer Emissionen. Waren aus baubiologischer Sicht problematische Produkte/Materialien für den Einbau vorgesehen, so war darauf hinzuweisen und nach gesundheitlich unbedenklicheren Alternativen zu suchen. Die Vor- und Nachteile der verschiedenen Produkte/Materialien bezüglich ihrer für das Sanierungsprojekt relevanten Eigenschaften waren einander gegenüber zu stellen. Die Entscheidung über Auswahl und Einsatz der Alternativen erfolgte dann nach entsprechender Abwägung durch den Kreis Düren und das Architekturbüro.

Am Projekt waren damit folgende Kerngruppen beteiligt:

- Kreisverwaltung und Schulvertreter

- Chem. Institut (PCB-Untersuchungen und -Sanierungsleitung)
- Baubiologe (Baubiologische Beratung bezüglich neu einzubauender Materialien)
- Architekturbüro (Planung und Bauleitung)
- Ausführende Firmen/Handwerker

Der Schulbetrieb wurde während der zehnmonatigen Sanierungs- und Wiederherstellungsarbeiten in Container ausgelagert (Herbst 2002 bis Sommer 2003).

Der Untersuchungsumfang

Im Interview mit dem Architekturbüro wurden zunächst die zu untersuchenden Gegenstände detailliert erfasst, genau definiert und systematisch strukturiert. Außerdem wurden die jeweiligen Ansprechpartner und Verantwortlichen benannt, die teilweise in anderen Verwaltungsbereichen angestammt waren, wie z.B. die Zuständigkeiten für Büro- und Schulmöbel oder die Vergabe von Reinigungs-Dienstleistungen (betreffend Fußboden-Pflegemittel).

Die Gliederung der Untersuchungsgegenstände wurde gemäß folgender Struktur vorgenommen:

1. Wände
2. Fußböden
3. Decken
4. Innenausbau
5. Mobiliar
6. Gebäudetechnik

Im einzelnen waren folgende Produkte/Materialien für die Wiederherstellungsmaßnahmen zu betrachten:

1. Wände

- PCB-Versiegelung
- Wandfarbe
- Lack für Innentüren
- Gipskartonplatten (Vorsatzschale auf Ständerwerk)
- Glasfasertapete
- Kleber für Glasfasertapete
- Latexfarbe für Glasfasertapete
- Fensterrahmen

2. Fußböden

- Haftgrund
- Spachtelmasse/Bodenausgleich
- Bodenbelag elastisch
- Kleber für Bodenbelag elastisch
- Bodenbelag elastisch, elektrisch ableitfähig
- Ableitfinish für Bodenbelag elastisch, elektrisch ableitfähig
- Leitfähiger Kleber für Bodenbelag elastisch, elektrisch ableitfähig
- Reinigungs- und Pflegemittel für Bodenbelag elastisch und elektrisch ableitfähig
- Teppichboden
- Kleber für Teppichboden
- Sockelleisten

3. Decken

- Akustik-Lochplatten
- Akustik-Dämmstoff
- PE-Folie für Mineralwolle-Dämmung
- Deckenleuchten

4. Innenausbau

- Trennwandsystem
- PE-Folie für Mineralwolle-Dämmung
- Moltopren-Dichtungsbänder
- Fugenmassen

5. Mobiliar

- Tische
- Stühle
- Sessel
- Schränke
- Regale

6. Gebäudetechnik

- Abwasserrohre
- Elektrische Leitungen

Als besondere Herausforderung erwies sich die Notwendigkeit der öffentlichen Ausschreibung für möglichst schadstoffarme Produkte in einem überwiegend konventionell geprägten Handwerkerumfeld. Einerseits sollte der Einsatz geeigneter Produkte, die den Zielvorgaben des Projektes entsprachen, gewährleistet sein, andererseits durften keine ausgewählten Einzelprodukte explizit vorgegeben werden, da nach VOB der Gleichwertigkeitsgrundsatz einzuhalten ist und die zur Ausführung kommenden Materialien möglichst produktneutral (VOB/A Nr. 5 Abs. 1+2) im Leistungsverzeichnis zu beschreiben sind.

Die Lösungsmethoden

Zur Beurteilung der Unbedenklichkeit bzw. möglicher gesundheitlicher Risiken der einzelnen Produkte/Materialien wurden folgende Methoden angewandt:

1. Allgemeine Material- und Produktinformationen aus der Fachliteratur

Aus gesundheitlicher, biologischer und ökologischer Sicht als bedenklich bekannte, aber immer noch „gerne“ am Bau eingesetzte Materialien wurden aufgezeigt und unbedenklichere Alternativen vorgestellt.

Dies betraf z.B. den großflächigen elastischen Fußboden und die Sockelleisten, für die der Werkstoff PVC vorgesehen war. Nach eingehender Diskussion der Materialeigenschaften von PVC im Nutzungs- und Brandfall sowie Abwägung anderer Alternativen wurde der Einsatz von Linoleum beschlossen.

Nach der gleichen Methode wurde die Auswahl des Dämmstoffes im Trennwandsystem und für die Akustikplatten an den Decken vorgenommen. Da man hier aus Kostengründen auf Mineralwolle nicht verzichten wollte, wurde beschlossen, dass diese dann jedenfalls in PE-Folie eingeschweißt sein müsse. Zur Beurteilung verschiedener PE-Folien-Produkte wurden eigene Materialprüfungen gemäß Methode 3 (Eigene Materialprüfungen mittels TDS) durchgeführt.

2. Aussagekräftige und verwertbare Prüfzeugnisse der Hersteller

Soweit aussagekräftige und verwertbare Prüfzeugnisse der Hersteller vorlagen, wurden diese in die Beurteilung unter kritischer Prüfung mit einbezogen. Dabei bestätigte sich die Erfahrung, dass – gerade im Vergleich zu Methode 3 (Eigene Materialprüfungen mittels TDS) – die Informationen der EU-Sicherheitsdatenblätter für die hier anstehende Aufgabe häufig nur bedingt aussagekräftig sind.

Auch wurden Prüfsiegel nur als Kriterien zur Vorauswahl betrachtet (z.B. Eimcode EC1), weil diese häufig lediglich einen Summenwert berücksichtigen, Eigenschaften einzelner Substanzen aber außer Acht lassen. Zur Absicherung wurden deshalb eigene Materialprüfungen mittels TDS durchgeführt.

3. Eigene Materialprüfungen mittels Thermodesorption (TDS)

Dieses Verfahren erwies sich als sehr gut geeignet, um kurzfristig und kostengünstig fundierte Aussagen über das Ausgasungspotential von Materialien zu erhalten.

Materialprüfung mittels Thermodesorption (TDS)

Das Verfahren der Thermodesorption

Das angewendete Verfahren ist angelehnt an ein in der Automobilindustrie entwickeltes Verfahren (VDA 278, bzw. DaimlerChrysler Methode PB VWL 709) für die Prüfung von Kunststoffen auf ihr Emissionspotential bzw. ihre Foggingeigenschaften. Hierbei wird in einer Thermodesorptionsapparatur (Fa. Gerstel) ein Schutzgas (Helium 5.0) bei 90°C bzw. 120°C über einen Zeitraum von 10 Minuten über die in einem Thermodesorptionsröhrchen befindliche Probe (Probenmenge ca. 10-50 mg) geleitet. Der Gasstrom mit den Ausgasungen der Probe wird anschließend in eine mit flüssigem Stickstoff gekühlte Kühlfalle geleitet, wo die Ausgasungen bei -150 °C ausgefroren werden. Nach Beendigung der Extraktionsphase wird der Inhalt der Kühlfalle binnen 3 Sekunden auf 320°C aufgeheizt, – im Regelfall splittlos – auf die leicht polare GC-Säule (OPTIMA 5 MS 30m) geführt und mittels Gaschromatographie und Massenspektrometrie (GC/MS) ausgewertet (Gaschromatograph: Agilent 6890 GC Series, Detektion: Agilent 5973 Mass Selective Detector). Die Identifizierung der Stoffe erfolgt durch Vergleich der Massenspektren mit Bibliotheken. Sofern nicht in den Prüfberichten durch ein „?“ vermerkt, liegt die Wahrscheinlichkeit der Identifikation bei > 90 %. Zur Quantifizierung wird als Bezugsstoff n-Hexadecan herangezogen; die angegebenen Einzelstoffgehalte und die Gesamtsumme aller ausgasenden organischen Verbindungen sind somit als Hexadecan-Äquivalente zu verstehen.

Vor- und Nachteile gegenüber Prüfkammer-Verfahren

Prüfkammeruntersuchungen bieten den Vorteil, bei Kenntnis von Luftwechsel und Oberflächenbeladung relativ exakt die im Gebäude zu erwartenden Konzentrationen abschätzen zu können. Sie sind jedoch zeit- und kostenaufwendig, da sie – insbesondere wenn über das übliche Spektrum an leichtflüchtigen organischen Verbindungen hinaus auch die schwerer flüchtigen Substanzen erfasst werden sollen – lange Zeiten der Vorkonditionierung in der Prüfkammer erfordern. Die Erfahrung zeigt, dass gerade die Substanzklasse der schwerer flüchtigen Verbindungen (PCP, PCB, PAK etc.) aufgrund ihrer langen Verweilzeit im Gebäude das größte Risiko beinhalten, zu einer neuen Altlast zu werden. Das TDS-Verfahren benötigt dagegen keine lange Vorkonditionierungszeit und ist deutlich schneller und kostengünstiger. Da kein Adsorptionsschritt zur Anreicherung des Analyten benötigt wird, kann mit einem Analyselauf ein weites Spektrum an Substanzen

abgescannt werden, ohne das Risiko in Kauf nehmen zu müssen, dass bestimmte Adsorptionsmaterialien bestimmte Analyten entweder gar nicht festhalten oder für den analytischen Prozess nicht wieder freigeben. Der Vorteil des Prüfkammerverfahrens, dass nur ausgasbare Verbindungen erfasst werden, gilt auch für das TDS-Verfahren. Um die schwerer flüchtigen Substanzen, wie das Di-2-(ethylhexyl)-phthalat (DEHP), mit ausreichender Empfindlichkeit erfassen zu können, ist eine Desorptionstemperatur von 120°C erforderlich. Dies birgt das Risiko, dass im flüchtigeren Bereich Pyrolyseprodukte auftreten. Beim Auftreten von kritisch zu bewertenden Verbindungen im flüchtigeren Bereich, welche möglicherweise auf Pyrolyseprodukte zurückzuführen sind, muss ein zweiter Desorptionslauf bei verminderter Temperatur (90°C) durchgeführt werden. Dennoch kann es möglich sein, dass eine endgültige Bewertung der Materialien nur nach zusätzlicher Durchführung einer Prüfkammeruntersuchung möglich ist.

Bewertungsgrundlagen bei der TDS-Prüfung

Die Methodik der TDS-Analytik bedingt ein eigenes Bewertungsmodell, weil auf Prüfkammeruntersuchungen abgestimmte Bewertungsverfahren sich hier als nicht anwendbar erweisen.

Zunächst erlaubt die Gesamtsumme der emittierten Verbindungen eine Abschätzung des gesamten Emissionspotentials. Neben den von einzelnen Automobilherstellern für bestimmte Untersuchungsparameter (Extraktionszeit, und -temperatur) genannten Grenzwerten ist vor allem der Vergleich der Emissionspotentiale innerhalb einer Produktgruppe hilfreich, um emissionsarme Produkte auszuwählen.

Über das gesamte Ausgasungspotential hinaus werden durch die detaillierte GC/MS-Analyse sowie die vollständige oder teilweise Identifizierung der einzelnen Substanzen Informationen über die Qualität der ausgasbaren Verbindungen festgestellt. Im Hinblick auf die Aufgabenstellung, zukünftige Altlasten möglichst zu vermeiden, wurden die nachgewiesenen Substanzen in unterschiedliche Substanzkategorien eingeteilt:

- **Toxikologisch bedenkliche Substanzen:** Als toxikologisch bedenklich werden vor allem Substanzen mit nachgewiesenermaßen oder vermutlich krebserzeugenden, erbgutverändernden und/oder fruchtschädigenden Eigenschaften sowie sensibilisierende Substanzen eingestuft. Beispiele sind Butanomoxim, Mercaptobenzothiazol oder Naphthalin.
- **Substanzen, zu denen nicht ausreichende Erkenntnisse über die Unbedenklichkeit vorliegen:** Hierzu gehören beispielsweise Substanzen, zu denen es weder Informationen in der MAK- und BAT-Wert-Liste gibt, noch aussagekräftige Informationen in internetverfügbaren Datenbanken, wie z.B. toxnet (<http://www.toxnet.nlm.nih.gov>), verfügbar sind.
- **Nicht oder nicht vollständig identifizierbare Substanzen:** Dies sind Substanzen, bei denen man über das Massenspektrum und den Vergleich mit Spektrenbibliotheken keine Informationen über die Struktur oder nur Informationen über bestimmte funktionelle Gruppen erhält. Eine Bewertung dieser Substanzen ist dementsprechend nicht oder nur eingeschränkt möglich.
- **Substanzen, gegen die in den nachgewiesenen Konzentrationen keine Bedenken bestehen.**

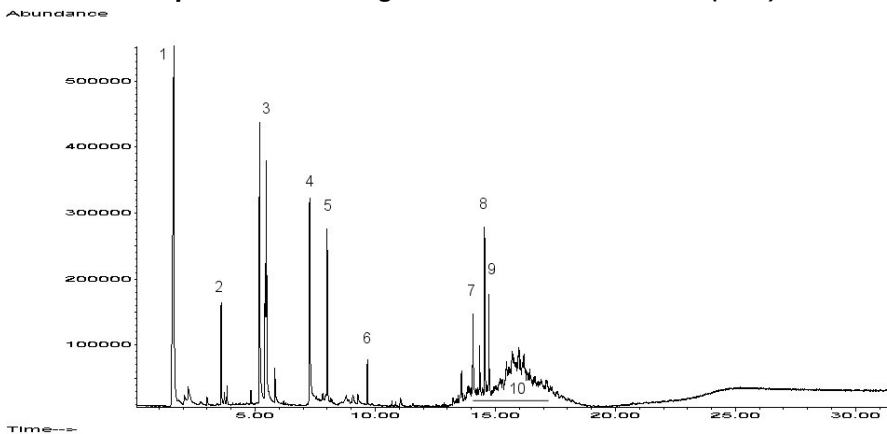
Bei den wenigsten Produkten gehören alle Substanzen zur letzten Kategorie, so dass letztendlich gutachterliche Abwägungen zwischen einzelnen Produkten getroffen werden müssen. Dies soll im Folgenden an praktischen Beispielen gezeigt werden.

Beispiele von Materialprüfungen mittels TDS

Kleber für Linoleum-Böden

Bodenbelagsklebstoffe werden in hohen Einbringmengen auf großen Flächen verbaut, weshalb sie einen deutlichen Einfluss auf die Raumluftqualität haben können. Die Prüfung des favorisierten Klebers 1 mit EC1-Label ergab bereits nach 24 Stunden Trocknung ein erstaunlich geringes Emissionspotential. Bis auf den Nachweis des 2-Methyl-3(2H)-Isothiazolon (2-Methyl-3-isothiazolon, MI) als Konservierungsmittel konnten keine toxikologisch bedenklichen Substanzen nachgewiesen werden. 5-Chlor-2-methyl-3-isothiazolon (CMI), das häufig in Kombination eingesetzt und toxikologisch kritischer eingeschätzt wird, konnte nicht nachgewiesen werden. Zur Bewertung von CMI/MI-Konzentrationen in der Raumluft liegen von der Innenraumlufthygienekommission des Umweltbundesamtes in Zusammenarbeit mit dem Ausschuss für Umwelthygiene der Arbeitsgemeinschaft der leitenden Medizinalbeamtinnen und -beamten der Länder (AGLMB) erarbeitete Richtwerte vor (Roßkamp 1998). Mit $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (RW II) und $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (RW I) liegen diese Werte vergleichsweise niedrig, was auf eine hohe innenraumhygienische Relevanz dieser Substanzen schließen lässt. Nach den bisherigen Erfahrungen ist mit einer Abgabe relevanter Isothiazolonmengen bis etwa einem halben Jahr nach den Verlegearbeiten zu rechnen, so dass in der ersten Zeit nach dem Einbringen ein konsequentes Lüftungsmanagement empfohlen wurde.

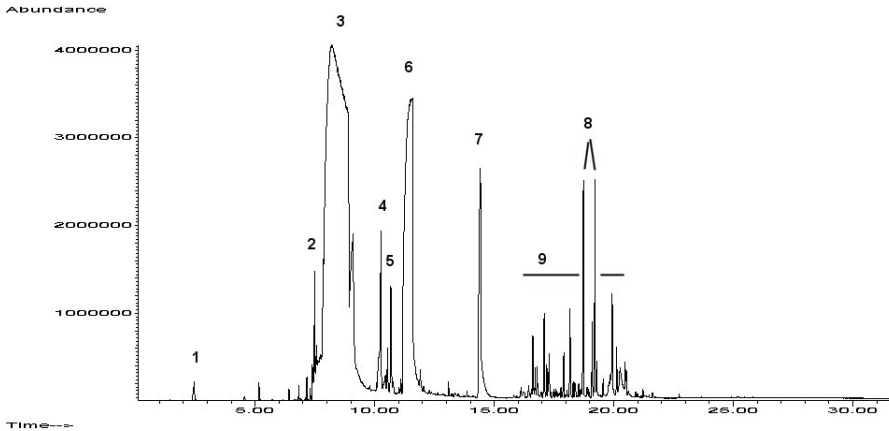
Thermodesorptionschromatogramm: Linoleumkleber 1 (EC1)



Nr.	Substanz (CAS)	Konzentration [mg/kg]
1	Isobutan (Zersetzungsprodukt aus Peroxidkomponente?)	36 mg/kg
2	Dibutylether	3,7 mg/kg
3	Dipropylenglykol (Isomere)	43 mg/kg
4	2-Methyl-3(2H)-Isothiazolon	12 mg/kg
5	Urotropin	7,5 mg/kg
6	Butoxybutanol	1,7 mg/kg
7	Dithiopropionsäuredimethylester	6,4 mg/kg
8	3,3'-Thiobispropionsäuremethylester	8,9 mg/kg
9	Diethylisopropylmalonat	6,5 mg/kg
10	Öl-Kohlenwasserstoffe	109 mg/kg
	Summe aller desorbierten Verbindungen	242,6 mg/kg

Alternativ zu diesem Kleber wurde vom Verlegebetrieb ein kostengünstigerer Linoleumkleber 2 des gleichen Herstellers vorgeschlagen, der im Produktkatalog ebenfalls als EC1-Kleber gekennzeichnet war.

Thermodesorptionschromatogramm: Linoleumkleber 2 (als EC1 bezeichnet)
(Rückstand nach 24 h Trocknung bei Raumtemperatur: 83 %)



Nr.	Substanz (CAS)	Konzentration [mg/kg]
1	Glykol	16 mg/kg
2	Terpen (α -Terpineol)	10 mg/kg
3	Phenoxyethanol	> 4.750 mg/kg
4	Methylphenoxypropionat	155 mg/kg
5	Terpen (Nopylacetat)	87 mg/kg
6	Butoxytriethylenglykol	> 1.440 mg/kg
7	Tetraethylenglykolmonobutylether	263 mg/kg
8	Terpen (Cryptinon-Derivat?)	109 mg/kg
	Terpen (Cycloisolongifolen-Derivat?)	142 mg/kg
9	Alkylsubstituierte Decahydronaphthalin-Derivate	496 mg/kg
	Summe aller desorbierten Verbindungen	> 7.600 mg/kg

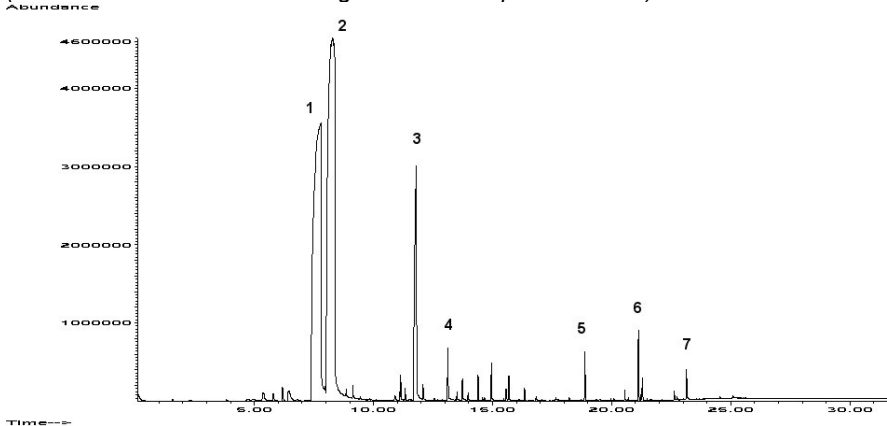
Das Ergebnis dieser Untersuchung zeigt, dass das gesamte Ausgasungspotential flüchtiger und halbflüchtiger organischer Verbindungen im Vergleich zu dem vorher geprüften Kleber 1 um Größenordnungen höher ist, der Kleber 2 von seiner Konzeption her also nicht dem neusten Stand entspricht. Darüber hinaus wurde mit Phenoxyethanol eine Substanz als Hauptkomponente festgestellt, die bereits häufiger in Innenräumen als Ursache für massive Geruchsbeschwerden verantwortlich gemacht werden konnte. Als der Hersteller mit dem Ergebnis konfrontiert wurde, gestand er ein, dass dieser Kleber in dem zum Jahresbeginn erschienenen Produktkatalog zwar bereits als EC1 gekennzeichnet, die Produktion jedoch noch nicht auf die EC1-Rezeptur umgestellt war.

Fußbodenpflegemittel

Die innenraumhygienische Relevanz einer anderen großflächig eingesetzten Produktgruppe, der Fußbodenpflegemittel, zeigt das Analyseergebnis des Grundreinigers eines namhaften deutschen Herstellers im folgenden Thermodesorptionschromatogramm.

Thermodesorptionschromatogramm: Grundreiniger

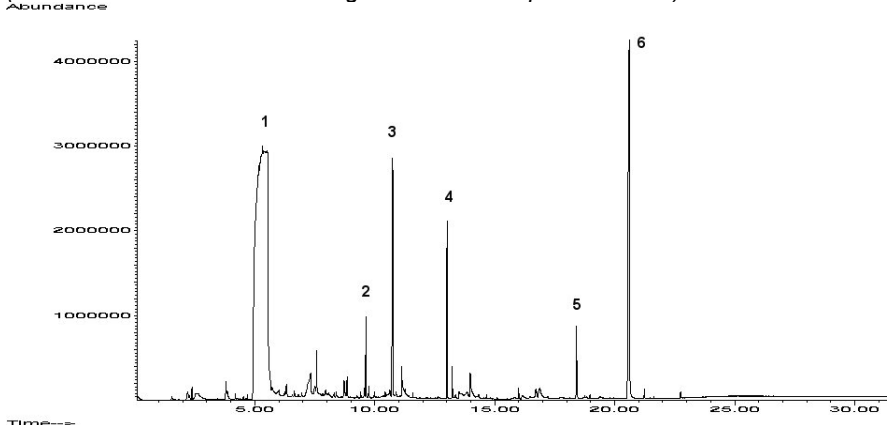
(Rückstand nach 24h Trocknung bei Raumtemperatur: 27 %)



Nr.	Substanz (CAS)	Konzentration [mg/kg]
1	2-(2-Butoxyethoxy)-ethanol	17.000 mg/kg
2	2-Phenoxyethanol	21.000 mg/kg
3	2-(2-Phenoxyethoxy)-ethanol	3.800 mg/kg
4	Benzoopropionsäure-Derivat?	390 mg/kg
5	Bis-(butoxyethyl)-ether	220 mg/kg
6	2-(2-(2-Butoxyethoxy)-ethoxy)-ethanol	330 mg/kg
7	Polyglykolether	170 mg/kg
	Summe aller desorbierten Verbindungen	45.982 mg/kg

Thermodesorptionschromatogramm: Langzeitsiegel

(Rückstand nach 24 h Trocknung beim Raumtemperatur: 26 %)



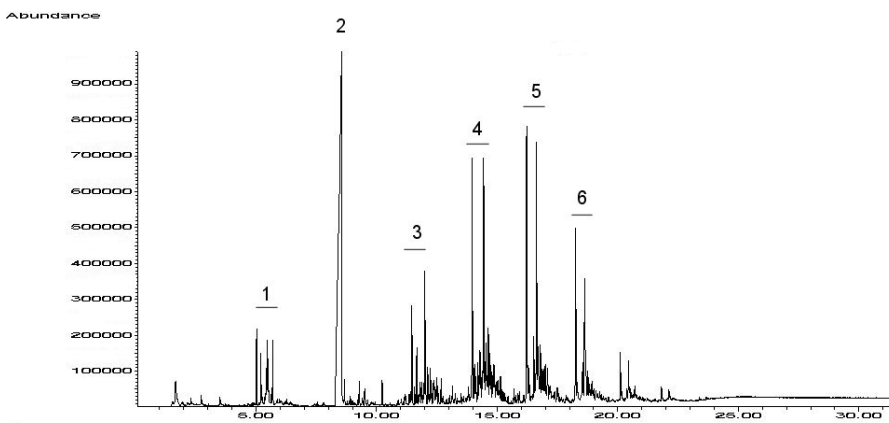
Nr.	Substanz (CAS)	Konzentration [mg/kg]
1	Ethyldiethylenglykol	6.200 mg/kg
2	Terpinylacetat	96 mg/kg
3	Di-(butoxyethyl)-ether	410 mg/kg
4	Siloxan-Derivat (Butyldimethylsiloxybutanol)	210 mg/kg
5	Aliphat	88 mg/kg
6	Tris(2-butoxyethyl)phosphat (TBEP)	1.000 mg/kg
	Summe aller desorbierten organischen Verbindungen	8.481 mg/kg

Auch das Langzeitsiegel des gleichen Herstellers zeigt erhebliches Ausgasungspotential. Zu berücksichtigen ist hierbei, dass das Mittel regelmäßig angewendet wird, so dass auch ein anfängliches Lüftungsmanagement (wie beim Kleber empfohlen) keine Problemlösung darstellt. Zudem ist Tris(2-butoxyethyl)phosphat (TBEP), das trotz seines hohen Siedepunktes einen entscheidenden Teil des Ausgasungspotentiales bestreitet (und wegen seines hohen Siedepunktes dieses auch lange Zeit nach der Anwendung behält) eine derzeit kontrovers diskutierte Chemikalie. So sind verwandte Verbindungen potente Nervengifte oder als krebserregend eingestuft.

Bodenbeläge

Gegenüber den regelmäßig aufgebrauchten Pflegemitteln für Bodenbeläge haben einige der untersuchten Bodenbeläge selbst nur ein erstaunlich geringes Emissionspotential und damit nur einen relativ geringen Einfluss auf die Raumluftqualität. Im Folgenden ist das Emissionspotential eines synthetischen Teppichbodens dargestellt. Der Nachweis von Caprolactam dürfte thermisch bedingt sein, da er bei niedrigeren Desorptionstemperaturen nicht reproduzierbar war.

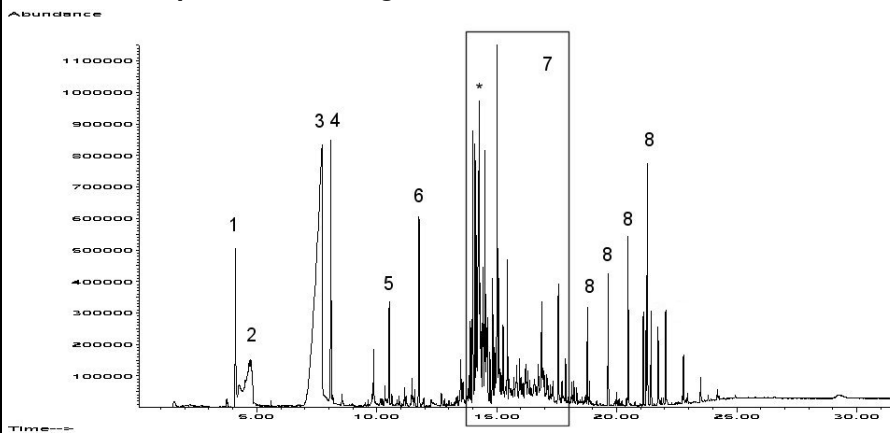
Thermodesorptionschromatogramm: Teppichboden



Nr.	Substanz (CAS)	Konzentration [mg/kg]
1	Iso-Alken (C12)	1,5 mg/kg
	Dipropylenglykol	1,1 mg/kg
	2-Ethyl-1-hexanol	0,7 mg/kg
	Glykol-Derivat	1,2 mg/kg
	Iso-Alkan (C12)	1,3 mg/kg
	Caprolactam	43 mg/kg
3	Alkane (ca. n-C16)	17 mg/kg
4	Alkane (ca. n-C18)	33 mg/kg
5	Alkane (ca. n-C20)	22 mg/kg
6	Alkane (ca. n-C22)	15 mg/kg
Summe aller desorbierten Verbindungen		152,6 mg/kg

Ein anderes Bild liefert die Untersuchung eines Kautschukbodens, bei dem bereits das untersuchende Musterstück deutlichen Geruch aufwies. Ursache dürfte ein technisches Gemisch von Alkylphenolen mit einem Siedepunkt oberhalb 300 °C sein. Aufgrund des hohen Siedepunktes ist mit einer lang anhaltenden Emissionsdauer und damit einer lang anhaltenden Geruchsbelästigung zu rechnen. Bei einer üblichen Prüfkammeruntersuchung wäre dieses technische Phenolgemisch nicht entdeckt worden und der Boden wäre trotz des Geruchs aufgrund seines geringen Gehaltes an leichtflüchtigen organischen Verbindungen (VOC) als emissionsarm eingestuft worden.

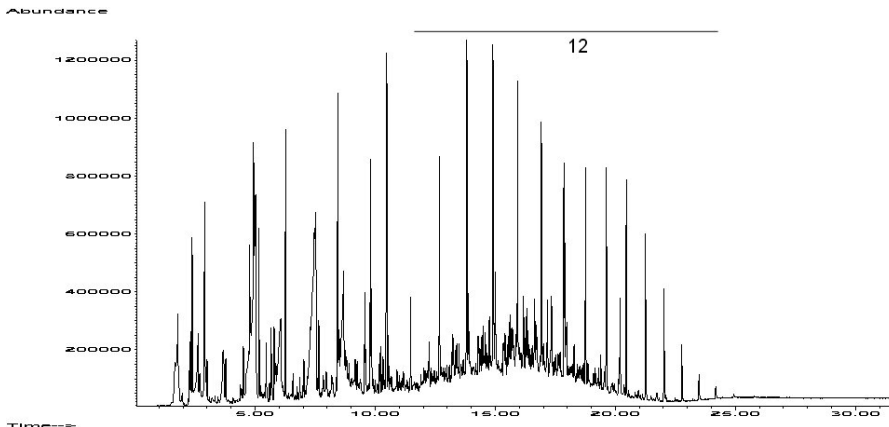
Thermodesorptionschromatogramm: Kautschukboden



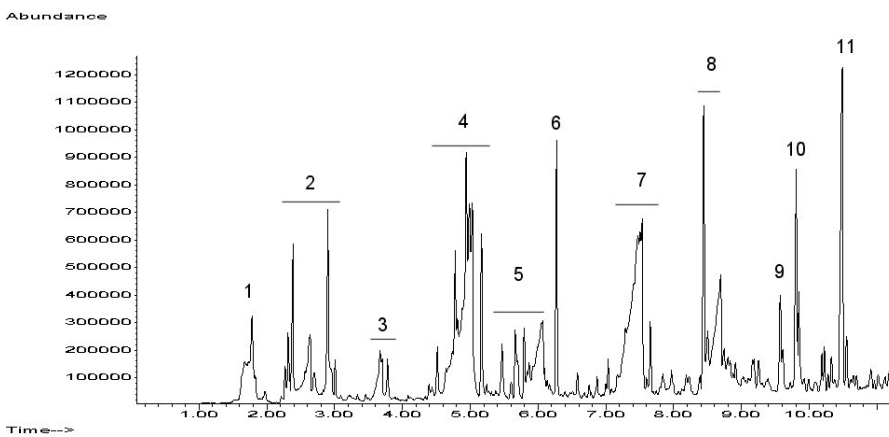
Nr.	Substanz (CAS)	Konzentration [mg/kg]
1	Dimethylpropanediol	9,9 mg/kg
2	Cyclohexanamin	5,3 mg/kg
3	Benzoessäure	153 mg/kg
4	Benzothiazol	3,0 mg/kg
5	Longifolen	9,9 mg/kg
6	Butyliertes Hydroxytoluol (BHT)	1,8 mg/kg
7	C6- bis C9-substituierte Phenyle und Phenole sowie Dibenzylamin	216 mg/kg 16 mg/kg
8	n-Alkane (Summe)	25 mg/kg
	Summe aller desorbierten Verbindungen	475,1 mg/kg

Zum Vergleich soll im Folgenden das Ergebnis eines Linoleumbodens dargestellt werden, der in der Summe zwar über ein höheres Ausgasungspotential verfügt als der Kautschukboden, welches aber zum Großteil aus als unproblematisch einzuschätzenden aliphatischen Kohlenwasserstoffen besteht. Im Gegensatz zum Kautschukboden emittiert der Linoleumboden eine Vielzahl geruchsrelevanter VOC wie Aldehyde und Säuren, die seinen typischen Geruch erklären. Da diese Verbindungen wesentlich flüchtiger sind als die im Kautschukboden nachgewiesenen Phenole, kann davon ausgegangen werden, dass die Emissionen dieser Verbindungen und die damit verbundenen negativen Auswirkungen auf die Raumluftqualität (z.B. Reizwirkungen durch Aldehyde und Säuren, Geruch) deutlich schneller abklingen als beim Kautschukboden.

Thermodesorptionschromatogramm: Linoleumboden



Ausschnittsvergrößerung: Linoleumboden



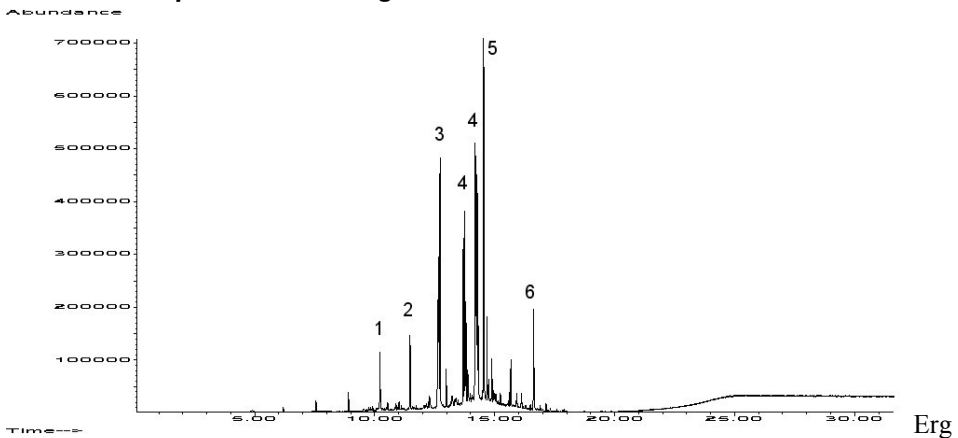
Nr.	Substanz (CAS)	Konzentration [mg/kg]
1	Verfahrensbedingt (CO ₂)	
	Aceton	4,0 mg/kg
2	Pentanal	0,9 mg/kg
	Pentanal	2,2 mg/kg
	Essigsäure	4,2 mg/kg
	Isoamylformiat	4,8 mg/kg
	Hexanal	8,5 mg/kg
	Hexamethylcyclotrisiloxan	1,0 mg/kg
3	Valeriansäure	4,2 mg/kg
	Heptanal	1,2 mg/kg
4	Heptanol	1,7 mg/kg
	Capronsäure (C ₆)	6,9 mg/kg
	Octamethylcyclotetrasiloxan	5,5 mg/kg
	Octanal	19 mg/kg
	Tripropylenglykolether (Isomere)	23 mg/kg
5	2-Hexen-4-olid	2,2 mg/kg
	Octenol	4,1 mg/kg
	1-Octanol	2,3 mg/kg

	Methylbenzaldehyd	2,5 mg/kg
	Oenanthsäure (C7)	11 mg/kg
6	Nonanal	7,5 mg/kg
7	2-Nonenal	1,1 mg/kg
	Caprinsäure (C8)	30 mg/kg
	Benzoessäure	12 mg/kg
	Decanal	2,1 mg/kg
8	Decenal	9,3 mg/kg
	Pelargonsäure (C9)	11 mg/kg
9	Trimethylcyclohexenol	3,6 mg/kg
10	Undecenal	8,2 mg/kg
11	Tetramethyl-decin-diol (Surfynol 104)	16 mg/kg
12	lineare und verzweigte Kohlenwasserstoffe (Sdp. > 350°C)	359 mg/kg
	Summe aller desorbierten Verbindungen	581,2 mg/kg

PE-Folien

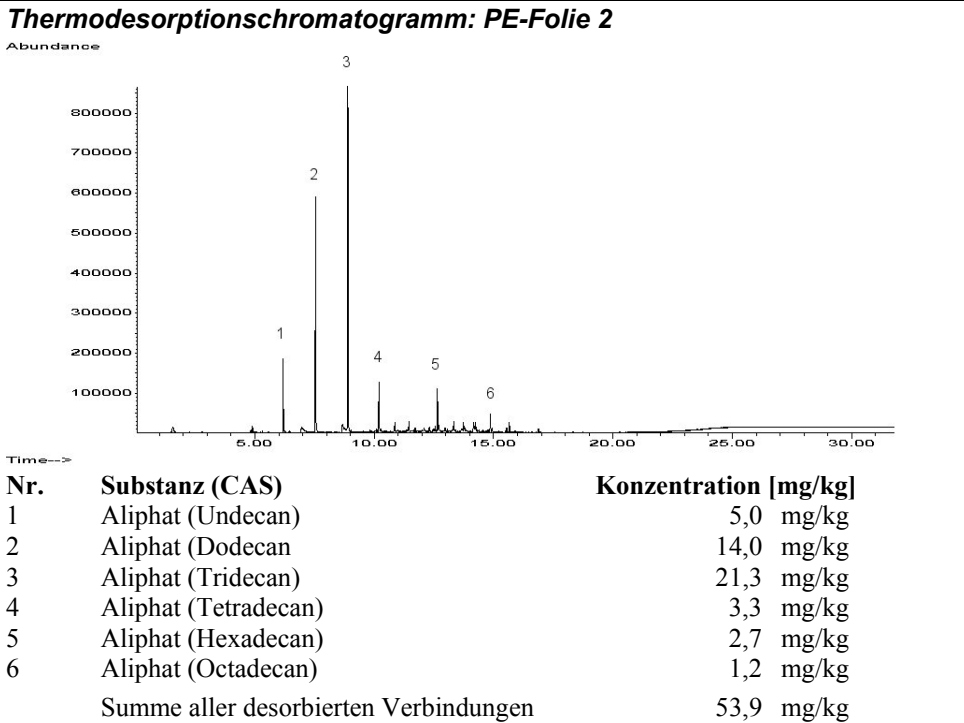
Abschließend soll gezeigt werden, dass selbst unscheinbare Materialien wie PE-Folien erheblichen Einfluss auf die Raumluftqualität haben können. So liegt das Emissionspotential der folgenden PE-Folie 1 zur Mineralwolle-Umhüllung mit einer Summe von ca. 250 mg/kg in gleicher Höhe wie der o.a. EC1-Linoleumkleber nach einer Trockenzeit von 24 Stunden. Der hohe Gehalt an Diisopropylnaphthaline der Folie läuft dem Bestreben zuwider, den Einsatz aromatischer Verbindungen in Innenräumen zu reduzieren.

Thermodesorptionschromatogramm: PE-Folie 1



Nr.	Substanz (CAS)	Konzentration [mg/kg]
1	Tetradecan	6,1 mg/kg
2	Pentadecan	7,3 mg/kg
3	Hexadecan	30 mg/kg
4	Trimethyl-pentandiol-diisobutyrat (Txib)	24 mg/kg
4	Diisopropylnaphthaline	125 mg/kg
5	Tetramethylbiphenyl?	38 mg/kg
6	Weichmacher Dibutylphthalat (DBP)	11 mg/kg
	Summe aller desorbierten Verbindungen	255,5 mg/kg

Die folgende PE-Folie 2 zeigt, dass Produkte mit gleichen technischen Eigenschaften sich in ihrem Einfluss auf die Raumluftqualität gravierend unterscheiden können. Mit einem Emissionspotential von etwa 50 mg/kg, das zudem nur aus aliphatischen Verbindungen besteht, gehört sie unter Aspekten der Raumluftqualität zu den besten von uns untersuchten Baumaterialien.



Fazit

Durch die Baubiologische Begleitung der Gebäudesanierung mit der vorsorglichen Untersuchung von Materialien mittels Thermodesorption konnte eine erhebliche Verminderung des Emissionspotentials der neu eingebauten Materialien erreicht werden. Hierdurch wurde eine wesentliche Grundlage zur Vermeidung von Beeinträchtigungen der Raumluftqualität im sanierten Gebäude gelegt. Probleme, wie sie häufig bei Sanierungen oder Neubauten z.B. durch den Einsatz von technisch veralteten Klebern mit einem hohen Anteil von Lösemitteln bzw. Lösevermittlern entstehen, konnten so im Vorfeld vermieden werden.

Es zeigte sich, dass auch von renommierten Herstellern zu Ihren Produkten gegebene Informationen gründlich hinterfragt und geprüft werden sollten, da die Hersteller selber über die aktuellen Inhaltsstoffe ihrer Produkte und insbesondere über Verunreinigungen z.T. nur eingeschränkt Bescheid wissen.

Die Kosten der Baubiologischen Begleitung betragen nur einen Bruchteil der Herstellungskosten der einzelnen Gewerke und haben sich im vorgestellten Fall alleine durch die Vermeidung des großflächigen Einsatzes eines emissionsreichen Klebstoffs sowie eines geruchsintensiven Bodenbelags mit langfristigem Emissionspotential mehr als bezahlt gemacht.