

Bericht

Verbesserung der Luftqualität in Innenräumen
- Ausgewählte Handlungsschwerpunkte aus Sicht BMU -

Gliederung

Seite

1 Einführung**2 Bedeutung, Ursachen und Wirkungen von Innenraumluft-Belastungen**

- 2.1 Chemische Belastungen
- 2.2 Mikrobiologische Belastungen
 - 2.2.1 Schimmelpilze
 - 2.2.2 Bakterien
- 2.3 Radon

3 Anforderungen an eine gute Innenraumluft - Richtwerte und Grenzwerte

- 3.1 Einführung
- 3.2 Maximale Arbeitsplatz-Konzentration (MAK)
- 3.3 Unit-Risk-Werte
- 3.4 Luftgüteleitlinien der WHO
- 3.5 Richtwerte für die Innenraumluft gem. ad hoc AG IRK/AOLG
- 3.6 Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN
- 3.7 AGÖF-Orientierungswerte

4 Maßnahmen zur Verringerung von Innenraumluft-Belastungen

- 4.1 Einführung
- 4.2 Anforderungen an Bauprodukte und Einrichtungsgegenstände
 - 4.2.1 Einführung
 - 4.2.2 Prüfschema zur gesundheitlichen Bewertung der Emissionen flüchtiger organischer Stoffe aus Bauprodukten (AgBB-Schema)
 - 4.2.3 Rechtlicher Rahmen – Anforderungen an Gebäude und Baumaterialien im Hinblick auf die Verringerung der Belastung der Innenraum-Luft durch Schadstoffe
 - 4.2.3.1 Überblick
 - 4.2.3.2 Baurecht
 - 4.2.3.3 Chemikalienrecht
- 4.3 Maßnahmen gegen Schimmelpilzbefall
- 4.4 Information der Öffentlichkeit
 - 4.4.1 Schimmelpilz-Leitfaden und Schimmelpilzsanierungs-Leitfaden des UBA
 - 4.4.2 Leitfaden des UBA zum Phänomen „Schwarze Wohnungen“ („Fogging-Leitfaden“)
 - 4.4.3 Leitfaden des UBA für die Innenraumlufthygiene in Schulgebäuden
 - 4.4.4 Umweltzeichen „Blauer Engel“

- 4.5 Forschungsbedarf
- 4.5.1 Untersuchungen zum Vorkommen und zur gesundheitlichen Relevanz von Bakterien in Innenräumen
- 4.5.2 Untersuchung des Zusammenwirkens einzelner Entstehungsmechanismen des Phänomens "Schwarze Wohnungen" (Fogging-Phänomen) mittels Prüfkammermessungen
- 4.5.3 Globalansatz Umsetzung Aktionsprogramm "Umwelt und Gesundheit"; TV 5: Umwelt- und Gesundheitsanforderungen an Bauprodukte - Entwicklung eines Prüfverfahrens und produktspezifischer Prüfbedingungen zur Ermittlung von Geruchsemissionen aus Bauprodukten
- 4.5.4 Etablierung eines externen, bundesweiten Qualitätsmanagementsystems zum Nachweis von relevanten chemischen Schadstoffen in Innenräumen
- 4.5.5 Ermittlung der Emissionen aus Bauprodukten - Untersuchungen zum Emissionsverhalten von Holzmaterialien und über Maßnahmen zur Emissionsminderung sowie Bewertung der Emissionen auf der Grundlage des AgBB-Bewertungsschemas

5 Was ist weiterhin zu tun? – Handlungsschwerpunkte 2005 – 2010

- 5.1 Stärkung der Eigenverantwortung des Verbrauchers und Innenraumnutzers
- 5.2 Verschärfung des Chemikalienrechts (REACH)
- 5.3 Radonschutzgesetz
- 5.4 Weiterentwicklung der Verbraucherkennzeichen
- 5.5 Gesundheitliche Anforderungen an Bauprodukten
- 5.6 Weitere Entwicklung von Innenraumluft-Richtwerten und HBM-Werten
- 5.7 Analytische Qualitätssicherung
- 5.8 Förderung der Kooperation zwischen Industrie, Behörden, Wissenschaft und Umweltverbänden
- 5.9 Forschung
- 5.10 Stärkung der Innenraumlufthygiene als eigenständigen Politikbereich

6 Zusammenfassung

7 Literatur

1 Einführung

Bei der Wirkung von Luftverunreinigungen auf die menschliche Gesundheit muss nicht nur die Qualität der Aussenluft berücksichtigt werden. Die wesentlich längere Aufenthaltsdauer in geschlossenen Räumen macht vielmehr die Qualität der Innenraumluft für viele Luftverunreinigungen zur entscheidenden Größe. Aus Untersuchungen des Umweltbundesamtes, geht hervor, dass sich in Deutschland Erwachsene zwischen 25 und 69 Jahren im Mittel täglich etwa 20 Stunden in Innenräumen aufhalten - davon 14 Stunden in der eigenen Wohnung. Allgemein lässt sich sagen, dass wir im Durchschnitt 80 – 90 % unserer Lebenszeit in Innenräumen verbringen.

Vor 12 Jahren, im Jahr 1992, veröffentlichte die Bundesregierung erstmals eine „*Konzeption zur Verbesserung der Luftqualität in Innenräumen*“ (Innenraumluft-Konzeption). Sie war das Ergebnis der Arbeiten einer Interministeriellen Arbeitsgruppe. Vier Jahre später, im Februar 1996, folgte ein Bericht über den Stand der Umsetzung der Maßnahmenvorschläge“. In beiden Papieren waren zu insgesamt 13 Handlungsschwerpunkten¹ Bestandsaufnahmen und Maßnahmenvorschläge erarbeitet worden.

Obwohl mit der Innenraumluft-Konzeption der Bundesregierung zur Verbesserung der Luftqualität in Innenräumen ein entscheidender Meilenstein gesetzt wurde, konnten noch nicht alle gewünschten Ziele erreicht werden. Trotz vieler eingeleiteter Aktivitäten hat das Thema „Luftqualität in Innenräumen“ daher bis heute nicht an Aktualität eingebüßt.

1

1. Bauprodukte
2. Ausstattungsmaterialien und Einrichtungsgegenstände
3. Offene Flammen, Feuerstätten und Außenwandfeuerstätten
4. Raumlufttechnische Anlagen (RLT-Anlagen)
5. Radon
6. Einfluss der Umgebung (Altlasten-Standorte, Straßenverkehr, gewerbliche Anlagen u.a.)
7. Putz-, Reinigungs- und Pflegemittel
8. Mittel zur Ungezieferbekämpfung und Desinfektion von Holz-, Textilschutz sowie zum Schutz vor Zimmerpflanzen
9. Gebrauchsartikel und Produkte des Heimwerker-, Hobby- und Bastelbereichs
10. Tabakrauch
11. Hausstaub, Mikroorganismen und allergisierende Stoffe
12. Unsachgemäße Anwendung chemischer Stoffe und Produkte in Innenräumen
13. Luftverunreinigungen in Fahrzeuginnenräumen

Dank neuer Erkenntnisse, aber auch aufgrund geänderter Raumnutzungen, sind sogar bestimmte Problemfelder neu hinzugekommen oder verstärkt aufgetreten, wie z.B. das Schimmelpilz-Problem oder Fogging-Effekte („schwarze Wohnungen“).

Der Innenraumluftbereich ist bisher weitgehend rechtlich nicht geregelt, d.h. es liegen keine umfassenden Vorgaben in Form von Gesetzen, Verordnungen oder anderen rechtlich verbindlichen Regelungen vor. Die gilt nicht nur für den deutschen sondern auch für den internationalen Raum.

Mit Fragen der Qualität der Innenraumluft beschäftigt sich in Deutschland vor allem die *Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK)*. Die IRK wurde vor 20 Jahren (1984) im damaligen Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene (WaBoLu) des Bundesgesundheitsamt (BGA) eingerichtet. Seit Auflösung des BGA und Überführung des WaBoLu in das UBA im Jahr 1994 wird die IRK als UBA-Kommission fortgeführt.

Die Kommission berät über Fragen und Probleme der Innenraumlufthygiene und gibt Empfehlungen und Stellungnahmen ab. Diese betrafen in der Vergangenheit zum Beispiel die Themen: Tetrachlorethen in Chemisch-Reinigungen, Desinfektionsmittel im Haushalt, polychlorierte Biphenyle, Asbest in Nachtstromspeicheröfen, Asphaltfußbodenplatten, Formaldehyd, Emissionen aus Bauprodukten, biologische Innenraumluftverunreinigungen und hygienische Probleme bei raumluftechnischen Anlagen. Als Beispiel aus der jüngeren Vergangenheit ist die hygienische Bewertung des Auftretens von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) nach Verwendung von teerhaltigen Klebern bei der Parkettverlegung zu nennen. Nachdem in mehreren ehemals von alliierten Streitkräften in Deutschland genutzten Wohnungen PAK im Hausstaub festgestellt worden waren, wurde in zwei Sondersitzungen der IRK (unter Hinzuziehung weiterer Experten) 1998 eine rasche Aufklärung und Information der Öffentlichkeit erreicht. Die dabei erarbeiteten Empfehlungen dienten als Grundlage für die späteren Empfehlungen der ARGEBAU (Arbeitsgemeinschaft der Bauministerien der Länder) und die Veröffentlichung der „PAK“-Hinweise des Deutschen Instituts für Bautechnik vom April 2000.

Zuletzt wurden der „Leitfaden für die Innenraumlufthygiene in Schulgebäuden“ im Juni 2000 sowie der "Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen“ im Dezember 2002 von der IRK fertiggestellt und

vom UBA veröffentlicht. In der laufenden Sitzungsperiode wird ein Leitfaden über die Sanierung bei Schimmelpilzbelastungen in Gebäuden erstellt.

Grobe Übersichten über den aktuellen Stand des Erreichten im Bereich Innenraumlufthygiene und über die Zuständigkeiten in der Bundesregierung zu den 13 Handlungsschwerpunkten gem. Innenraumluft-Konzeption sind in den Anlagen 1 und 2 zusammengestellt.

Ziel dieses Berichts ist es, aus der Vielfalt der vielen Innenraumluft-relevanten Themen bestimmte Handlungsschwerpunkte herauszustellen, die insbesondere für die weiteren Arbeiten im BMU (IG) und UBA für die Innenraumluft bedeutsam sind, um die Luftqualität in Innenräumen zu verbessern und dauerhaft eine hohe Qualität der Innenraumluft sicher zu stellen.

Folgenden externen Fachleuten sei an dieser Stelle für wertvolle Beiträge aus Reden, Publikationen oder Berichten, die von ihnen freundlicherweise zur Verfügung gestellt wurden, gedankt:

- Herr Dr. med. Birger Heinzow, Umweltbezogener Gesundheitsschutz/Umwelttoxikologie, Landesamt für Gesundheit und Arbeitssicherheit Flintbek, Beiträge zu Kapitel 2
- Frau Dr. R. Szewzyk, Umweltbundesamt, Beiträge zum Kapitel 2.2 „Mikrobiologische Belastungen“. Aus: Dienstreisebericht vom 13. 02. 2004 über die Internationale Tagung „Healthy Buildings“ in Singapur, 7.-11.12. 2003.
- Frau Dr. J. Witten, Hessisches Sozialministerium, Vorsitzende des Ausschusses zur Gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB), Beiträge zu den Kapitel 4.2 „AgBB-Schema“. Aus: Vortrag „Gesundheitliche Bewertung der Emissionen von VOC aus Bauprodukten – Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB)“.

2 Bedeutung, Ursachen und Wirkungen von Innenraumluft-Belastungen

Wir halten uns – wie gesagt - im Schnitt zwischen 80 und 90 Prozent des Tages in geschlossenen Räumen auf, deren Luft wir einatmen. Deshalb sind Verunreinigungen der Luft in Innenräumen von besonderer Bedeutung für unsere Gesundheit.

Im Sondergutachten des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen 1987 sind Innenräume wie folgt definiert:

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

In den letzten Jahren ist die Bedeutung der Innenraumluftthygiene innerhalb der umweltmedizinischen Praxis ständig gewachsen. Unterschiedliche Beschwerden und Krankheitsbilder („Sick Building Syndrom“ - SBS, Gebäudekrankheit - BRI) können mit dem Aufenthalt in Innenräumen zusammenhängen. Neben physikalischen, chemischen und biologischen Faktoren wird das Befinden von Raumnutzern auch von psychologischen Faktoren beeinflusst.

Die Exposition in Innenräumen gegenüber Fremd- und Schadstoffen in der Atemluft wird von der Aufenthaltsdauer und von der Konzentration der Stoffe bestimmt. Folgende Faktoren können nach Heinzow das Befinden in Innenräumen beeinflussen:

Physikalische Faktoren	Chemische Faktoren	Biologische Faktoren	Psychologische Faktoren
Temperatur Luftfeuchte Luftwechsel Beleuchtung Schall Ionen	Partikel/Stäube Luftfeuchte Gase Dämpfe Aerosole Biozide Gerüche	Pilze Bakterien Bioeffluentien Exkrememente Pollen	Psyche Irritation

Tabelle: Einflussfaktoren auf das Befinden in Innenräumen

Ein SBS wird nach Heinzow in etwa einem Drittel neubezogener Gebäude beobachtet. Es ist eine normale Reaktion normaler Personen auf Innenraumbelastungen; eine Schleimhaut-Irritation ist das häufigste Symptom.

Eine Erklärung für das Auftreten eines SBS bei niedrigen Belastungen stellt die Reizsummentheorie/ Reizstörungstheorie dar:

Lärm, Licht, Blendung, Zugluft, Gerüche, Fasern und VOC beeinflussen in Abhängigkeit von der Stärke der Einwirkung bzw. Stoffkonzentration das Wohlbefinden. Eine adäquate Umgebung erlaubt eine optimale Anpassung an eine Aufgabe. Prinzipiell benötigt ein Individuum für eine anspruchsvolle Aufgabe eine ungestörte Umgebung, die Wahrnehmung störender Signale wirkt verstärkend auf gesundheitliche Beschwerden.

Das SBS ist eine inzwischen weithin bekannte Problematik und wird zunehmend auch am Arbeitsplatz zu einem Einfluss-Faktor für die Arbeitszufriedenheit und den Krankenstand der Mitarbeiter.

Neben mehreren Studien des Umweltbundesamtes zeigen auch andere Veröffentlichungen, wie etwa die des Joint Research Centre der Europäischen Gemeinschaft in Ispra, dass die Luft in Innenräumen oftmals stärker mit Chemikalien belastet ist als die Außenluft. Zwei Gründe sind in erster Linie für die im Vergleich zur Außenluft oftmals größere Belastung der Innenraumluft mit Schadstoffen verantwortlich:

- Ungenügende Lüftung, nachdem in Folge der Energieeinsparung die passiven Luftwechselraten in Gebäuden durch Wärmedämmung drastisch zurückgegangen sind, und

- die Vielzahl von Produkten, die in den Innenräumen flüchtige Verbindungen freisetzen.

Die Ursachen für Schadstoffemissionen in Innenräumen können vielfältig sein. Grundsätzlich ist zwischen chemischen und biologischen Belastungen zu unterscheiden, d.h. Belastungen durch chemische Stoffe bzw. durch Mikroorganismen wie Pilze oder Bakterien. Das Thema Strahlenbelastung durch Radon aus dem Untergrund ist gesondert zu betrachten (s. Kapitel 2.3).

2.1 Chemische Belastungen

Die Ursache für Stoffbelastungen der Innenraumluft liegt – wie bereits ausgeführt und abgesehen von den Sonderthemen Rauchen und offene Flammen in Innenräumen – vor allem in der Anwendung zahlreicher Chemie-haltiger Produkte im Haushalt, wie etwa²:

- Bauprodukte,
- Ausstattungsmaterialien und Einrichtungsgegenstände,
- Putz-, Reinigungs- und Pflegemittel,
- Mittel zur Ungezieferbekämpfung und Desinfektion,
- Biozidanwendung zum Schutz von Holz, Textilien oder Zimmerpflanzen,
- Alte Thiokol-Dichtungsmassen (PCB),
- Bestimmte Spanplatten von Fertiggbauten (Chlornaphthalin),
- Dämmstoffen (Mineralfasern),
- Spanplatten und Möbel (Formaldehyd),
- Teppichböden und Fußbodenkleber,
- Parkettkleber auf Teerbasis (PAK),
- Farben, Lacke, Kleber, Spachtel- und Dichtungsmassen,
- Gebrauchsartikel und Produkte des Heimwerker-, Hobby- und Bastelbereiches,

Viele der genannten Produkte können über Tage, einige sogar über Jahre, die Innenraumluft belasten und die Gesundheit der sich dort aufhaltenden Menschen schädigen. Auch die Isolierung und Abdichtung (aus Energieeinsparungs- und Lärmschutzgründen) der Räume sowie die oft unzureichende aktive Raumbelüftung und die damit verbundenen längeren Verweilzeiten in geschlossenen Räumen haben die auftretenden Probleme verschärft.

Die Wirkungen auf die Gesundheit können vielfältig sein. So können Innenraumschadstoffe Reizerscheinungen der Atemwege und Allergien bis hin zu toxischen Effekten bei extremen

² Quelle: Heinzow u.a.

Belastungssituationen bewirken. Zahlreiche Krankheitserscheinungen wie allergische Reaktionen der Haut (Neurodermitis) oder der Schleimhäute, Bronchitis bis Asthma, Störungen des Nervensystems oder auch Immunschäden und Symptome wie Müdigkeit, Gedächtnis- und Konzentrationsstörungen, Kopfschmerzen, sogar Depression oder andere mentale Veränderungen und sensorische Störungen, können ihre Ursache in einer unzureichenden Innenraumluftqualität haben.

Die nachfolgende Tabelle (nach Heinzow) gibt eine Übersicht über typische Symptome des gestörten Wohlbefindens in Innenräumen ("SBS"):

Augen	Augenbrennen Bindehautreizung
Nase	Nasen- und Nebenhöhlenreizung Rhinitis
Rachen	Halskratzen Heiserkeit
Lunge	Bronchitis Asthma
Haut	Trockenheit Brennen Ausschlag
ZNS	Kopfschmerz Müdigkeit Konzentrationsstörung

Tabelle: Symptome des gestörten Wohlbefindens in Innenräumen ("SBS")

Nicht alle chemischen Stoffe haben zwangsläufig nachteilige Wirkungen auf Mensch und Umwelt. Einige Stoffgruppen verdienen jedoch besondere Beachtung. Dazu gehören flüchtige organische Stoffe – kurz: VOC (Volatile Organic Compounds) – wie kettenartige Kohlenwasserstoffe, Ketone, Aldehyde oder aromatische Verbindungen.

VOC finden sich zum Beispiel in Lacken oder Farben. Inzwischen gelangen in wachsendem Maße häufig schwerere flüchtige Substanzen - sogenannte SVOC (Semi Volatile Organic Compounds) – in die Umwelt. Sie können langfristig – und nicht nur kurze Zeit nach dem Hausbau oder Renovieren - die Innenraumluft belasten. Von hohem Stellenwert unter den SVOC sind zum Beispiel

- *phosphororganische Flammschutzmittel*, die z.B. aus vielen elektrischen und elektronischen Geräten ausgasen,
- *Phthalate*, die z.B. in zahlreichen Kunststoffen als Weichmacher und in Farben als Filmbildner enthalten sind,
- Topfkonservierer (*Thiazolinone*) und andere *Biozide*, die Fertigputzen, Bodenbelagsklebstoffen, Wandfarben und anderen bauchemischen Produkten zugesetzt sein können,
- *Pyrethroide* und andere *Biozide*, die Textilien und Hölzer schützen sollen oder in Insektensprays verwendet werden.

Auch in so genannten „Bio-Bauten“ können Probleme entstehen, zum Beispiel wenn die Bewohnerinnen und Bewohner auf bestimmte *Terpene* in Leinölfirnissen und Naturharzlacken allergisch reagieren.

Häufig wird nach Einzug in Neubauten oder nach Renovierungsmaßnahmen in Innenräumen von den Raumnutzern über Unwohlsein und gesundheitliche Beschwerden berichtet. Auch wird oftmals über gesundheitliche Beeinträchtigungen nach Einbringung von fabrikneuen Raumausstattungen etwa nach Verlegungen von Bodenbelägen oder nach Neumöblierungen geklagt. Zu den von den Betroffenen genannten gesundheitlichen Beschwerden gehören vielfach Geruchsbeeinträchtigungen, Reizungen oder Trockenheit an Schleimhäuten von Augen, Nase oder Rachen, Kopfschmerzen, Übelkeit, Ermüdungen, Schwindel sowie unspezifische Überempfindlichkeiten.

Zusätzliche Stoffemissionen können als Folge von Temperatur-, Luftfeuchtigkeits- und Lichteinfluss oder durch chemische Reaktionen etwa mit Ozon ausgelöst werden. Darüber hinaus bestimmen Raumbeladung, Nutzungsverhalten sowie weitere Faktoren die Immissionsbelastung der Raumluft und damit besonders die Expositionssituation der Raumnutzer.

Die Palette der chemischen Einzelstoffe kann sehr vielfältig sein. Die messtechnische Erfassung und Bewertung ihres Vorkommens in Innenräumen ist schwierig, da die Anzahl möglicher Stoffe nahezu unbegrenzt ist und ihre Konzentrationen je nach Nutzerverhalten laufenden Änderungen unterworfen ist.

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über ausgewählte Schadstoffe in der Innenraumluft und ihre Quellen. Sie basiert auf Zusammenstellungen des Umweltbundesamtes (Dr. Moriske)³ und des Bundesverbandes Die Verbraucher Initiative⁴:

Schadstoff	Emissionsquellen
Asbest	Bauprodukte, alte Wand- und Deckenverkleidungen, alte Bodenbeläge (bis 1982), alte Dachbedeckungen, Außenluft
DDT	Holzschutzmittel bis 1972, in der DDR bis in die 80er Jahre
Flammschutzmittel (z. B. die Phosphorsäureester TCPP, TCEP und TDCPP, bromierte Flammschutzmittel (PBDPE, PBBP oder TBBA)	Möbel, Textilbezüge, Polster, Matratzen, Gehäusen etc. aus Kunststoffen; TCEP auch in Möbel und Parkettpolituren
Flüchtige organische Verbindungen (VOC)	Bauprodukte, Lösemittel, Möbel, Lacke, Farben, Tabakrauch, Heimwerken
Formaldehyd	Spanplatten, Möbel, Lacke, Tabakrauch
Isocyanate	Lacke, Kleber, PU-Schäume, Spanplatten
Kohlendioxid (CO ₂)	
Kohlenmonoxid (CO)	Ofenheizung, Tabakrauch, Außenluft
Künstliche Mineralfasern	Bauprodukte
Lindan	Holzschutzmittel bis 1977
Mikrobielle Verunreinigungen	Feuchteschäden, menschliche Aktivitäten, Luftbefeuchter, raumlufttechnische Anlagen, Duschaerosole, Außenluft
Mykotoxine, Pilzsporen, MVOC (= leicht flüchtige organische Verbindungen)	Schimmelpilze
Pentachlorphenol (PCP)	Holzschutzmittel bis 1989
Phthalate	Weich-PVC-Produkte, z. B. Bodenbeläge, Kabelummantelungen, Spielzeuge
Polychlorierte Biphenyle (PCB), Polychlorierte Terphenyle (PCT), Chlorparaffine (CP)	Dichtungsfugen, Parkettkleber aus dem Zeitraum 1955-1975 u.a.
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und oxidierte PAK	Teerhaltige Produkte, z.B. alte Parkettkleber (50er Jahre); Tabakrauch, offener Kamin, Autoabgase, Außenluft,
Pyrethroide	Mottenschutzmittel, z. B. in Teppichböden
Radon	Gesteinsschichten (regional)
Schwebstaub	Tabakrauch, Ofenheizung, Heimwerken, Außenluft
Schwefeldioxid (SO ₂)	Außenluft, Ofenheizung (Braunkohle)
Schwerflüchtige organische Verbindungen (SVOC)	Bauprodukte, Inventar, Heimwerken, Tabakrauch
Schwermetalle	Farben, Lacke, Tabakrauch, Außenluft
Staubniederschlag	Tabakrauch, Ofenheizung, Heimwerken und andere menschliche Aktivitäten, Außenluft
Stickstoffdioxid (NO ₂)	Gasherd, Gasheizung, Ofenheizung, Außenluft
Styrol	Hartschaumprodukte
Toluol	Lösemittel, z.B. in Lacken, Klebern

Nicht alle Stoffe, die sich in der Raumluft befinden, lassen sich bislang in ihrem Risiko für den Menschen sicher beurteilen. Häufig sind die Kenntnisse über die toxischen und anderen

³ Handbuch für Bioklima und Lufthygiene (Hrsg: Moriske u. Turowski, ecomed-Verlag, Landsberg 1998-2003)

⁴ Bundesverband Die Verbraucher Initiative e.V., Schadstoffe in Innenräumen, info Nr. 55 A45195, August 2002

gefährlichen Eigenschaften dieser Stoffe unzureichend; dies gilt insbesondere für Stoffgemische, wie sie in der Regel auftreten.

Noch immer fehlen von den meisten auf dem Markt befindlichen Stoffen elementare Daten und Informationen, um das Gesundheits- und Umweltrisiko, das von ihnen ausgehen könnte, zu beurteilen. Die Exposition gegenüber vielen Stoffen ist zudem gar nicht bekannt, weil nicht nach ihr gesucht wird und vor allem, weil es keine umfassenden Bestandsaufnahmen über die Belastung von Innenräumen mit chemischen Stoffen gibt.

Meist wird die Innenraum-Luft nur dann – von Behörden oder Gutachtern - gemessen, wenn bereits Beschwerden, in der Regel über unangenehme Gerüche, vorliegen.

Ca. 100.000 sogenannte „Altstoffe“ – also die chemischen Stoffe, die vor 1981 in Europa auf dem Markt waren – sind im europäischen Altstoffregister (EINECS) gelistet. Hiervon werden 30.000 in einer Menge von mehr als einer Tonne pro Jahr auf den Markt gebracht. Einige dieser Altstoffe werden seit zehn Jahren im Rahmen des sogenannten Altstoffprogramms untersucht. In diesen zehn Jahren wurde lediglich für ca. 40 Stoffe eine umfassende Bewertung des Gesundheits- und Umweltrisikos vorgenommen.

Bei den Altstoffen muss der Staat bisher beweisen, dass die Stoffe unsicher sind – und nicht die Hersteller, dass Stoffe sicher sind. Für diese Stoffe sind allerdings viele Daten, die für die Risikobewertung erforderlich sind, nicht bekannt oder allgemein zugänglich.

Gefährliche Substanzen in Erzeugnissen unterliegen keiner Kennzeichnungspflicht. Die bisherigen Kennzeichnungspflichten im Rahmen der Gefahrstoffverordnung erstrecken sich auf Chemikalien und Chemikalienmischungen – die Zubereitungen – selbst. Sie gilt nicht für Erzeugnisse, in denen gefährliche Chemikalien verwendet werden, wie zum Beispiel Einrichtungsgegenstände oder Haushaltsgeräte. Verbraucherinnen und Verbraucher wissen daher in der Regel nicht, mit welchen Stoffen sie konfrontiert sind. Sie können daher auch keine Auswahl treffen.

Über die Gesamtexposition mit chemischen Stoffen, der ein Mensch ausgesetzt ist, ist nur wenig bekannt, wie das Beispiel der Innenräume anschaulich zeigt.

Es wird erwartet, dass die Kenntnisse über Exposition und Wirkungen von Altstoffen durch die angestrebte neue Chemikalien Verordnung der EU (REACH) erheblich verbessert wird, die dann auch der Qualität der Innenraum-Luft zu Gute kommen wird (s. Abschnitt 4.2.3.3 und 5.2).

2.2 Mikrobiologische Belastungen

Neben chemischen Verunreinigungen spielen mikrobiologische Innenraumverunreinigungen eine wesentliche Rolle für die Gesundheit der Bewohnerinnen und Bewohner von Wohnungen. Im wesentlichen ist zwischen der Verunreinigung durch Schimmelpilze und durch Bakterien zu unterscheiden.

2.2.1 Schimmelpilze

In den letzten Jahren sind zunehmend Schimmelpilzprobleme in Wohnungen aufgetreten. Die Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes hat zu diesem Zweck einen Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen („Schimmelpilz-Leitfaden“) herausgegeben (s. Internet <http://www.umweltbundesamt.org/fpdf-l/2199.pdf>) sowie eine Broschüre in Kurzfassung zum Thema „Hilfe! Schimmel im Haus“ (s. Internet: <http://www.umweltbundesamt.org/fpdf-l/2227.pdf>). Diese beschreiben das Phänomen Schimmelpilz, seine Ursachen und Wirkungen und geben Hinweise zur Vermeidung des Schimmelpilzwachstums. Oft gibt es verschiedene Ursachen, die zusammenwirken, und in den Bereichen Bauphysik und Benutzerverhalten zu suchen sind.

In Ergänzung zum Schimmelpilz-Leitfaden arbeitet die IRK z.Z. an der Erstellung eines ergänzenden Schimmelpilz-Sanierungsleitfadens als Hilfe für Bauträger, Sachverständige, Architekten und fachlich interessierte Hausbewohner.

Nachfolgend und in Abschnitt 4.7. werden einige wichtige Aussagen aus dem Schimmelpilz-Leitfaden wiedergegeben:

Einleitung

Dem Auftreten von Schimmelpilzen in Gebäuden wird zunehmend Beachtung geschenkt. Die Gründe hierfür sind vielfältig. Voraussetzung für das Wachstum von Schimmelpilzen ist generell Feuchtigkeit. Höhere Feuchte im Innenraum kann durch bauliche Mängel oder durch falsches Nutzerverhalten auftreten.

In älteren und in nicht vorschriftsmäßig errichteten neuen Gebäuden kann durch bauliche Mängel (undichtes Dach, Risse im Mauerwerk) oder Fehler in der Gebäudekonstruktion Feuchtigkeit in Wände, Fußböden und Decken eindringen sowie zur Gebäudeinnenseite wandern. Durch Wärmebrücken oder unzureichend bzw. falsch angebrachte Wärmedämmungen kommt es zu einer erhöhten relativen Feuchte an der Oberfläche bis hin zur Tauwasserbildung an Innenflächen der Gebäudewände. Um dies zu verhindern und einem Schimmelpilzbefall vorzubeugen, müssen an erster Stelle solche baulichen Mängel beseitigt werden.

Das Verhalten der Raumnutzer kann ebenfalls zu einem erhöhten Feuchtigkeitsanfall im Innenraum beitragen. Vor allem unsachgemäßes Lüftungsverhalten der Bewohnerinnen und Bewohner in Verbindung mit Tätigkeiten, bei denen Feuchtigkeit produziert wird (Duschen, Kochen, Wäschetrocknen etc.), erhöht die Feuchtigkeit der Raumluft. Dies kann zu Schimmelpilzwachstum führen. Besonders bei nachträglich wärmegegedämmten und nach den geltenden Wärmeschutzvorschriften neu errichteten Gebäuden ist wegen des verringerten natürlichen Luftwechsels (das ist der Luftaustausch mit der Außenluft, der z.B. über Fugenundichtigkeiten bei geschlossenen Fenstern und Türen auftritt) ein sachgerechtes Lüften erforderlich, um solche Feuchtigkeitsabscheidungen zu vermeiden.

Nicht zuletzt können unvollständig oder unsachgemäß beseitigte Wasserschäden oder Baufeuchte das Wachstum von Schimmelpilzen begünstigen.

Eigenschaften und Vorkommen von Schimmelpilzen in Innenräumen

„Schimmelpilze“ ist ein Sammelbegriff für Pilze, die typische Pilzfäden und Sporen ausbilden können und dadurch makroskopisch als (oft gefärbter) Schimmelbelag sichtbar werden. Es handelt sich dabei aber nicht um eine einheitliche Gruppe von Pilzen, vielmehr sind unter dem Begriff „Schimmelpilze“ Fadenpilze aus mehreren Pilzgruppen (Zygomycetes, Ascomycetes, Fungi imperfecti) zusammengefasst.

Manchmal werden in den Begriff „Schimmelpilze“ zusätzlich bestimmte schimmelpilzartig bzw. fadenförmig wachsende Bakterien, die Actinomyceten, eingeschlossen; aus systematischen Gründen ist eine solche Zuordnung jedoch nicht korrekt. Auch Actinomyceten können zu Problemen im Innenraum führen (typischer erdig-modriger Geruch). Auf das zusätzliche Problem der Belastung von Innenräumen durch Bakterien, wird in Kapitel 2.2.2 gesondert eingegangen.

Zur Vermehrung und Verbreitung bilden Schimmelpilze Sporen. Das sind asexuelle Verbreitungsorgane (Sporangiosporen und Konidien) und, jedoch seltener, sexuelle Verbreitungsorgane (Zygosporen, Ascosporen). Da die asexuellen Sporen meist in großer Zahl produziert werden und oft gefärbt sind, werden die Schimmelpilze in diesem Stadium mit bloßem Auge (z.B. als Schimmelpilzflecken) sichtbar.

Schimmelpilzsporen umfassen mit wenigen Ausnahmen den Größenbereich von 3 bis 20 μm (maximaler Bereich 2-100 μm , 1 μm entspricht 1/1000 mm). Die meisten Sporen haben Durchmesser unter 10 μm . Sie können eingeatmet werden, in der Luft über weite Strecken schweben und mit dem Wind transportiert werden.

Schimmelpilze kommen in der Natur häufig vor. Sie sind an der Zersetzung von organischem Material beteiligt und spielen damit eine wichtige Rolle im Kohlenstoffkreislauf der Natur. Schimmelpilzsporen sind daher ein normaler Bestandteil der Außenluft und auch in der Innenraumluft immer vorhanden. Wichtig ist die Tatsache, dass die Konzentration an Schimmelpilzen in der Außenluft je nach Ort, Klima, Tages- und Jahreszeit großen Schwankungen unterworfen ist. Diese Schwankungen werden einerseits durch natürliche Einflüsse hervorgerufen, z.B. durch Ansammlung von verrottendem Material oder Aufwirbelung von Erde. Andererseits können auch durch menschliche Aktivitäten Schimmelpilze freigesetzt werden, wie z.B. in Kompostierungsanlagen, Wertstoffsortierungsanlagen, Tierhaltungsanlagen oder in der Getreideverarbeitung.

Schimmelpilze, die in der Innenraumluft nachgewiesen werden, können zwei Quellen haben. Zum einen können sie bei Lüftungsvorgängen aus der Außenluft in den Innenraum gelangt sein; zum anderen können sie aus Quellen im Innenraum herrühren. Um hier unterscheiden

zu können, ist es wichtig, bei Untersuchungen der Innenraumluft immer parallel eine vergleichende Messung in der Außenluft durchzuführen.

Das Wachstum von Schimmelpilzen im Innenraum wird hauptsächlich durch drei Faktoren bestimmt: Feuchtigkeit, Nährstoffangebot und Temperatur. Weitere Faktoren, die das Wachstum oder bestimmte Stoffwechselvorgänge beeinflussen können, sind der pH-Wert des Substrates, Licht (Sporenbildung), der Sauerstoffgehalt der Luft sowie chemische Substanzen. Schimmelpilze können in einem weiten Temperaturbereich wachsen.

Schimmelpilze können eine Vielzahl von Materialien als Nährstoffquellen nutzen wie z.B.:

- Holz, Spanplatten,
- Papier, Pappe, Karton (auch Gipskarton),
- Tapeten, Tapetenkleister
- Kunststoffe, Gummi, Silikon, Folien
- Teppichböden, Kleber für Fußbodenbelag
- Farben, Lacke
- Leder

Auch Materialien wie Zement und Beton können Nährstoffe für Schimmelpilze enthalten. Schimmelpilze können außerdem auf Materialien wachsen, die selbst keine Nährstoffe abgeben, wenn sich organische Partikel und Stäube aus der Luft auf diesen abgelagert haben (z.B. Glas).

Da die Temperaturen in Innenräumen meist in einem für Schimmelpilzwachstum günstigen Bereich liegen und sich außerdem in Innenräumen genügend Nährstoffe für Schimmelpilze in Form von Holz, Tapeten, Teppichen, Wandfarbe, u. ä. finden, kommt der Feuchtigkeit die entscheidende Rolle für das Wachstum zu.

Schimmelpilze können auch auf Materialien wachsen, die nicht sichtbar nass sind. Es genügt eine relative Luftfeuchtigkeit von ungefähr 80 % an der Oberfläche des Materials. Besonders gute Wachstumsbedingungen finden sich immer dann, wenn es zu Tauwasserbildung auf oder im Material kommt.

Zur Vermeidung des Wachstums von Schimmelpilzen im Innenraum ist die Reduktion der Feuchte im Material bzw. auf seiner Oberfläche von entscheidender Bedeutung. Auch bei der

Sanierung von mit Schimmelpilz befallenen Wohnungen ist ein langfristiger Erfolg nur zu erreichen, wenn die Ursachen für die erhöhte Feuchtigkeit gefunden und beseitigt werden. (Weitere Ausführungen über Maßnahmen gegen Schimmelpilzbefall s. Abschnitt 4.7).

Wirkungen von Schimmelpilzen auf den Menschen

Zahlreiche epidemiologische Studien zu gesundheitlichen Auswirkungen durch Schimmelpilze belegen einen Zusammenhang zwischen einer Exposition der Normalbevölkerung gegenüber luftgetragenen mikrobiologischen Stoffen in der Umwelt - auch durch Feuchtigkeit sowie Schimmelbildung im Innenraum - und Atemwegsbeschwerden.

In keiner dieser umweltepidemiologischen Studien konnte jedoch bislang aufgrund der vielen möglichen Einflussfaktoren eine Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen der Konzentration an Schimmelpilzen in der Luft und den gesundheitlichen Auswirkungen aufgestellt werden. Dies bedeutet, dass es nicht möglich ist anzugeben, ab welchen Konzentrationen von Schimmelpilzen im Innenraum mit welchen Erkrankungshäufigkeiten zu rechnen ist.

Sporen und Stoffwechselprodukte von Schimmelpilzen können, über die Luft eingeatmet, allergische und reizende Reaktionen bzw. Symptomkomplexe beim Menschen auslösen. In seltenen Fällen können einige Schimmelpilzarten darüber hinaus bei bestimmten Risikogruppen auch Infektionen hervorrufen (sog. Mykosen). Dabei ist es wichtig zu beachten, dass allergische und reizende Wirkungen sowohl von lebenden als auch von toten Schimmelpilzen ausgehen können, während zur Auslösung von Infektionen nur lebende Schimmelpilze befähigt sind.

Die häufigsten bei Schimmelpilzbelastungen im Innenraum beschriebenen Symptome sind unspezifisch, so z.B. Bindehaut-, Hals- und Nasenreizungen sowie Husten, Kopfweh oder Müdigkeit. Einige dieser Symptome (Bindehaut- oder Nasenreizungen) können sowohl im Zusammenhang mit leichten allergischen als auch mit reizenden Wirkungen stehen. Die anderen werden vor allem mit reizenden Wirkungen in Verbindung gebracht.

Eine der möglichen gesundheitlichen Reaktionen des Körpers auf eine erhöhte Schimmelpilzkonzentration im Innenraum ist das Auftreten von Allergien, die durch

Einatmen von Sporen ausgelöst werden. Es wird angenommen, dass grundsätzlich alle Schimmelpilze in der Lage sind, bei empfänglichen Personen allergische Reaktionen auszulösen.

Bei Allergien setzt sich das Immunsystem des Körpers nicht gegen gefährliche Fremdstoffe (z.B. Bakterien) sondern fälschlicherweise gegen an sich harmlose Fremdstoffe (wie z.B. Pollen, Bestandteile von Lebensmitteln) zur Wehr. Beim ersten Kontakt mit dem Fremdstoff (Antigen) tritt noch keine allergische Reaktion ein, sondern der Körper bereitet sich durch die Produktion von Abwehrstoffen (Antikörpern) auf die Bekämpfung des Fremdstoffes vor. Man bezeichnet eine solche Person als „sensibilisiert“. Erst bei erneutem Kontakt mit dem Fremdstoff kann es dann zu allergischen Erscheinungen kommen, bei denen eine ganze Kette von Reaktionen im Körper abläuft, an deren Ende die typischen Symptome allergischer Reaktionen, wie Schnupfen, Niesen, gerötete Augen, Hautausschlag etc. stehen.

In der Normalbevölkerung sind Allergien häufig. Ein Teil davon (genaue Angaben über die Höhe sind in der Literatur strittig) wird auf Schimmelpilze zurückgeführt. Oft wird aber eine Schimmelpilzallergie nicht erkannt, da es erst für einige wenige Schimmelpilze Extrakte für die Allergietestung gibt.

Zu den allergischen Symptomen, die durch Schimmelpilze ausgelöst werden, zählen z.B. Rhinitis (Heuschnupfen-ähnliche Symptome), Asthma und allergische Alveolitis (siehe unten). Diese können sich unmittelbar, innerhalb von Minuten (Allergie vom Typ I) nach Sporenkontakt oder erst nach 4 bis 8 Stunden (Allergie vom Typ III) bzw. 24 - 48 Stunden (Allergie vom Typ IV) entwickeln. Rhinitis- und Asthma-Anfälle treten innerhalb weniger Minuten nach dem Kontakt mit Schimmelpilzen auf und gehören damit zum Reaktionstyp I. Bei bereits sensibilisierten Personen können auch geringe Schimmelpilzkonzentrationen, wie sie in niedrig-belasteten Innenräumen vorkommen können, ausreichend sein, um allergische Reaktionen (z.B. Asthmaanfälle) auszulösen.

Die sehr viel seltener und fast ausschließlich am Arbeitsplatz auftretende exogen-allergische Alveolitis (EAA= Hypersensitivitätspneumonie) wird im allgemeinen durch wiederholte Exposition gegenüber sehr hohen Konzentrationen von Sporen (106 bis 1010Sporen/m³) ausgelöst, wie sie im Innenraum nicht zu erwarten sind. Bei dauerhafter Exposition kann die EAA in eine Lungenfibrose münden. Die EAA kann zur Entwicklung von spezifischen

Berufserkrankungen, wie z.B. der Farmerlunge führen. Hier spielen Sporen aus verschimmeltem landwirtschaftlichen Material wie Heu, Stroh, Getreide und Gemüse die wesentliche Rolle.

Eine Möglichkeit zur Abschätzung, ob eine Person Schimmelpilzen ausgesetzt war, ist die Bestimmung von spezifischen Antikörpern (IgG) verbreiteter Schimmelpilze im Blut-Serum. Die Konzentration der Antikörper spiegelt zwar den Kontakt der Person zu diesen Schimmelpilzen, z.B. am Arbeitsplatz, wider, lässt jedoch keine Rückschlüsse auf das Vorhandensein oder den Schweregrad einer allergischen Reaktion zu.

Verschiedene Schimmelpilzarten sind in der Lage, Mykotoxine zu produzieren. Anders als für den Bereich der Lebensmittel ist das Datenmaterial über toxische Wirkungen von Mykotoxinen, was die Aufnahme über die Atemwege oder die Haut anbelangt, zur Zeit noch sehr begrenzt. Die derzeit vorliegenden Ergebnisse aus Tierversuchen zeigen aber, dass auch Mykotoxine, die über die Luft verbreitet und eingeatmet werden, zu Erkrankungen führen können. Die im Innenraum auftretenden Konzentrationen an Mykotoxinen sind zwar im Allgemeinen gering und die Wirkung von solch niedrigen Konzentrationen auf die Gesundheit bei langfristiger Exposition derzeit nicht bekannt. Aus Vorsorgegründen ist aber das verstärkte Auftreten von Mykotoxin-produzierenden Schimmelpilzarten im Innenraum kritisch zu bewerten.

1,3-β-D-Glucan ist ein Toxin, das Bestandteil der Zellwand von Pilzen ist und aus Pilzhyphen sowie Sporen extrahiert werden kann. Es hat, wie die Endotoxine aus Gram-negativen Bakterien, eine entzündungsfördernde Wirkung und wurde bei Untersuchungen in Bürogebäuden mit mangelhafter Innenraumluftqualität mit dem Auftreten von Schleimhautreizung und Müdigkeit in Zusammenhang gebracht.

Bei den von Schimmelpilzen produzierten, den charakteristischen Schimmelgeruch verursachenden flüchtigen organischen Substanzen (MVOC, englisch = Microbial Volatile Organic Compounds), handelt es sich um ein Gemisch aus verschiedenen Stoffen (z.B. Alkohole, Terpene, Ketone, Ester, Aldehyde). Einige Studien weisen auf einen Zusammenhang zwischen MVOC-Exposition und gesundheitlichen Beschwerden wie Schleimhautreizungen und Kopfschmerzen hin.

Toxische Wirkungen der MVOC sind nach heutigem Kenntnisstand im Innenraum nicht relevant, da solche Wirkungen - wenn überhaupt - erst bei Konzentrationen auftreten, wie sie im Innenraum nicht erreicht werden.

Der Bedeutung von möglichen Geruchsbelästigungen durch MVOC ist jedoch Beachtung zu schenken, da die Geruchsschwellen einiger MVOC im unteren $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -Bereich liegen.

2.2.2 Bakterien

Bei Feuchteschäden im Innenraum war das Hauptaugenmerk bisher auf das Wachstum von Schimmelpilzen gerichtet. Neuere Informationen auf der Internationalen Tagung "Healthy Buildings" in Singapur, 7.-11.12. 2003 machten deutlich, dass die Mikrobiologie bei einem Feuchteschaden viel komplexer ist und mit dem Vorkommen unterschiedlichster Mikroorganismen gerechnet werden muss.

An erster Stelle sind dabei die Actinomyceten zu nennen. Dies sind Bakterien, die schimmelpilzartig wachsen. Sie wurden in einer Untersuchung (gem. Information Umweltbundesamt) in Deutschland bei insgesamt ca. 600 untersuchten Feuchteschäden in ca. 60 % der Materialien nachgewiesen. Das Vorkommen von Actinomyceten bei Feuchteschäden im Innenraum ist aus gesundheitlicher Sicht sehr kritisch zu bewerten, da Actinomyceten bekannt sind als Produzenten von Toxinen und Antibiotika.

Außerdem weisen neuere Arbeiten aus Deutschland und Finnland auf einen Zusammenhang zwischen dem Vorkommen von Actinomyceten im Innenraum und rheumatoiden Beschwerden bei den Bewohnern hin. Den Actinomyceten sollte in Zukunft mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden.

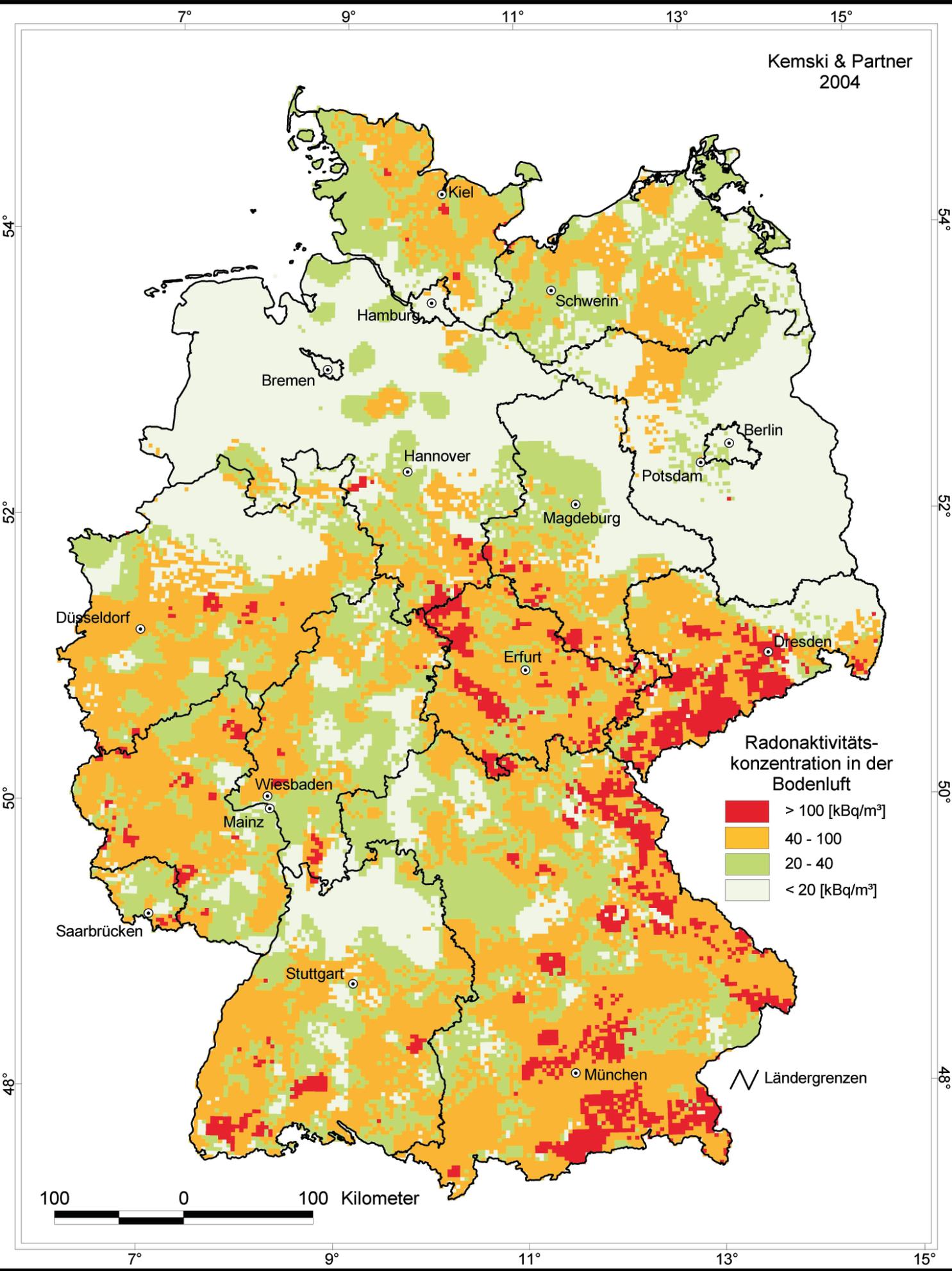
Bei Untersuchungen in Finnland zum Vorkommen von Amöben und anderen Protozoen wurden über 100 Materialien aus Feuchteschäden in Innenräumen untersucht (gem. Information Umweltbundesamt über die o.a. Tagung). In 22 % der Proben wurden Amöben nachgewiesen. Amöben traten besonders häufig zusammen mit Bakterien auf sowie mit Schimmelpilzen, die auf einen hohem Wassergehalt im Material schließen lassen wie z.B. Chaetomium, Trichoderma oder Aspergillus versicolor. An einigen besonders nassen Proben

wurden zusätzliche Untersuchungen zum Nachweis anderer Protozoen durchgeführt. In fast allen Proben konnten Ziliaten und Flagellaten nachgewiesen werden. Diese Studie zeigt, dass bei Feuchteschäden in Innenräumen mit dem Vorkommen verschiedenster Mikroorganismen gerechnet werden muss. Amöben und anderen Protozoen kommt dabei auch eine gesundheitliche Bedeutung zu, da sie intrazellulär Krankheitserreger beherbergen können.

Die Bedeutung dieser Befunde für die Bewohner von Räumen mit Feuchteschäden ist noch nicht geklärt. Weitere Untersuchungen sind angezeigt, die im Rahmen des UFOPLANs 2005 durchgeführt werden sollen (s. Kapitel 4.6.1).

2.3 Radon

Aufgrund umfangreicher Messungen, die seit den 80er Jahren durchgeführt wurden, ist bekannt, dass in einigen Gegenden Deutschlands erhöhte Radonwerte in der Bodenluft auftreten, die aus dem Gestein des Untergrunds stammen. Als Ergebnis liegt seit einiger Zeit eine Radonbodenluftkarte vor (*siehe Abbildung*).



Radon ist nach dem Rauchen die häufigste Ursache für die Erkrankung an Lungenkrebs durch Innenraum Schadstoffe. Rechnerisch werden in Deutschland etwa 3.000 der jährlich etwa 40.000 neu diagnostizierten Lungenkrebsfälle auf Radon zurückgeführt. Das Problem ist regional unterschiedlich stark ausgeprägt.

Radon kann über den Keller in Häuser eindringen. In einigen Häusern wurden zum Teil sehr hohe Belastungen in der Größe von einigen 1.000 Bq/m^3 gefunden. Nach einer Stellungnahme der Strahlenschutzkommission besteht bereits ab 150 Bq/m^3 ein statistisch nachweisbares zusätzliches Lungenkrebsrisiko. Das relative Risiko liegt bei mindestens 10 % pro 100 Bq/m^3 ; eine neue europäische Studie kommt sogar auf 16 % relatives Risiko pro 100 Bq/m^3 .

3 Anforderungen an eine gute Innenraumluft - Richtwerte und Grenzwerte

3.1 Einführung

Nach wie vor schwierig ist die Bewertung von Verunreinigungen der Innenraumluft. Im Gegensatz zu anderen Umweltmedien gibt es für die Innenraumluft mit äußerst wenigen Ausnahmen weder auf nationaler noch auf internationaler Ebene Konzentrationswerte, deren Einhaltung verbindlich ist.

Für Einzelstoffe und Stoffgemische existieren gesetzliche Regelungen über das Chemikalien- und Gefahrstoffrecht. Sicherheitsdatenblätter und Produktinformationen geben Auskunft über die Kennzeichnung rechtlich auszuweisender Stoffe und Gefahren- und Sicherheitshinweise. Mit solchen Angaben wird nur ein Bezug auf den Umgang mit diesen Stoffen am Arbeitsplatz hergestellt. Welches gesundheitliche Risiko bei der Verwendung dieser Stoffe im Innenraum besteht, wird damit aber nicht beurteilt. Folglich decken solche gesetzlichen Vorgaben nur einen Teil der gesundheitlichen und hygienischen Anforderungen an Bauprodukte ab.

Ein weiteres Problem stellt sich in der Weise, dass für zahlreiche VOC und SVOC - nicht nur für die Einzelstoffe sondern auch für Stoffgemische - Defizite über ihre toxischen/ökotoxikologischen Wirkungen bestehen, besonders was Aussagen über Wirkungen im Niedrig-Dosisbereich, Effektschwellen, Persistenzverhalten sowie kombinatorische Wirkungen betreffen. Für Stoffgemische kann dieses Problem allerdings nach den bisherigen Erfahrungen wohl nur über Konventionen – wie zum Teil bereits geschehen (s. Kap. 3.6) gelöst werden.

Folgende Richt- und Grenzwerte werden häufig hilfsweise zur Beurteilung der Innenraumluft herangezogen. Sie orientieren sich an Werten, die entweder für die Beurteilung der Luft an Arbeitsplätzen oder für die Außenluft vorgegeben sind. Die wichtigsten sind:

3.2 Maximale Arbeitsplatz-Konzentration (MAK)

Für gewerblich genutzte Räume gibt die maximale Arbeitsplatz-Konzentration (MAK) als Richtwerte, die zur Verhütung von Berufskrankheiten dienen sollen. Sie ist definiert als die höchstzulässige Konzentration eines Arbeitsstoffes als Gas, Dampf oder Schwebstoff in der Luft am Arbeitsplatz, die nach dem gegenwärtigen Stand der Kenntnis auch bei wiederholter und langfristiger, in der Regel täglich 8-stündiger Exposition, jedoch bei Einhaltung einer durchschnittlichen Arbeitszeit von 40 Stunden im allgemeinen die Gesundheit der Beschäftigten nicht beeinträchtigt und diese nicht unangemessen belästigt (DFG).

Die MAK-Werte werden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) auf eigener wissenschaftlicher Basis erarbeitet und jährlich als Mitteilungen der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe herausgegeben.

Im allgemeinen entspricht der MAK-Wert dem NOAEL ("No Observed Adverse Effect Level"), d.h. der Dosis ohne erkennbare Wirkung.

Zur Extrapolation vom MAK-Wert auf einen tolerierbaren Wert für den Innenraum wird oft ein Faktor zwischen 10 – 100 als „default value“ eingesetzt.

3.3 Unit-Risk-Werte

Für einige Substanzen, z.B. Benzol, Benzpyren oder Vinylchlorid, liegen Dosis-Wirkungs-Beziehungen in Form von sog. unit risk vor, aus denen das Risiko einer Krebserkrankung abgeschätzt werden kann. Unit risk werden als zusätzliches Krebsrisiko einer Population, die 70 Jahre lang einer Konzentration von 1 µg einer krebs erzeugenden Substanz pro m³ Atemluft ausgesetzt sind, definiert.

Aus den unit-risk-Werten können jedoch derzeit keine Richtwerte abgeleitet werden, da kein gesellschaftlicher Konsens über das tolerierbare Risiko durch Luftverunreinigungen besteht. Allerdings eignen sich unit risk Werte zur vergleichenden Darstellung von Risiken und zur der Prioritätensetzung.

3.4 Luftgüteleitlinien der WHO

Vom europäischen Regionalbüro der WHO wurden 1987 für 28 Luftschadstoffe (12 organische und 16 anorganische) die Luftgüteleitlinien für Europa vorgelegt (WHO 1987) und diese 1999 aktualisiert:

http://www.who.int/environmental_information/Air/Guidelines/Chapter3.htm

Vorrangiges Ziel dieser Leitlinien ist der Schutz der Gesundheit der Allgemeinbevölkerung. Eine Differenzierung zwischen Innen- und Außenraum wurde nicht vorgenommen. Die Leitlinien sollen auch nicht für Kurz- oder Spitzenkonzentrationen gelten, die bei Unfällen oder Naturkatastrophen auftreten können. Für die kanzerogenen Substanzen wurden "unit risk"-Werte angegeben.

In Zusammenhang mit den Anforderungen an die Qualität der Innenraumluft wird zunehmend die Frage nach dem duldbaren gesundheitlichen Risiko gestellt. Gerade im Wohnumfeld ist aufgrund der langfristigen Expositionssituation der Raumnutzer und unter Berücksichtigung in besonderer Weise schutzbedürftiger Risikogruppen - wie Kinder, Schwangere, alte und kranke Menschen - ein überwiegend hoher gesundheitlicher Schutz geboten.

3.5 Richtwerte für die Innenraumluft gem. ad-hoc AG IRK/AOLG

Um dem Mangel fehlender Grundlagen zur Beurteilung der Innenraumluft zu verringern werden seit 1993 durch die *Bund/Länder-Arbeitsgruppe ad-hoc-IRK-AOLG* (bestehend aus Vertretern der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden) toxikologisch begründete Richtwerte für die Innenraumluft (RW II / RW I) herausgegeben (Internet: <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/irk.htm#4>).

Der *Richtwert II (RW II)* stellt die Konzentration eines Stoffes dar, bei deren Erreichen bzw. Überschreiten unverzüglich *Handlungsbedarf* besteht, da diese Konzentration geeignet ist, insbesondere für empfindliche Personen bei Daueraufenthalt in den Räumen eine gesundheitliche Gefährdung darzustellen. Er ist ein wirkungsbezogener, begründeter Wert, der sich auf die gegenwärtigen toxikologischen und epidemiologischen Kenntnisse zur Wirkungsschwelle eines Stoffes unter Einführung von Unsicherheitsfaktoren stützt. Je nach

Wirkungsweise des betrachteten Stoffes kann der Richtwert II als Kurzzeitwert (RW II K) oder Langzeitwert (RW II L) definiert sein. Der Handlungsbedarf ist als unverzüglicher Prüfbedarf zu verstehen, z.B. im Hinblick auf Sanierungsentscheidungen zur Verringerung der Exposition.

Der *Richtwert I (RW I)* kann als *Sanierungszielwert* dienen, welcher , nach Möglichkeit unterschritten werden soll. Er ist die Konzentration eines Stoffes in der Innenraumluft, bei der im Rahmen einer Einzelstoffbetrachtung nach gegenwärtigem Erkenntnisstand auch bei lebenslanger Exposition keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu erwarten sind. Eine Überschreitung ist mit einer über das übliche Maß hinausgehenden, hygienisch unerwünschten Belastung verbunden. Aus Vorsorgegründen besteht auch im Konzentrationsbereich zwischen RW I und RW II Handlungsbedarf. Der RW I wird vom RW II durch Einführen eines zusätzlichen Faktors (in der Regel 10) abgeleitet. Dieser Faktor ist eine Konvention.

Für folgende Substanzen wurden bisher Richtwerte nach dem Basisschema abgeleitet:

Toluol, Dichlormethan , Kohlenmonoxid, Pentachlorphenol, Stickstoffdioxid, Styrol, Quecksilber (als metallische Dämpfe), Trischlorethylphosphat (TCEP), bicyclische Terpene (α -Pinen) und Naphthalin. Eine Stellungnahme erfolgte zu Diisocyanaten. Weitere Substanzen werden folgen.

Ferner wurden Bewertungsmaßstäbe für die Beurteilung der Innenraumluftqualität mit Hilfe der Summe der flüchtigen organischen Verbindungen („TVOC“) angegeben. Für einen langfristigen Aufenthalt sollte die Summe der flüchtigen organischen Verbindungen - als so genannter TVOC-Wert (Total Volatile Organic Compounds) - den Bereich von 1 - 3 mg/m³ nicht überschreiten.

Alle Richtwertempfehlungen haben sich neben den bereits bestehenden früheren Empfehlungen in der Praxis als sehr hilfreich erwiesen, die Exposition gegenüber chemischen Innenraumschadstoffen besser als früher bewerten zu können. Dieses im Allgemeinen auf Einzelstoffe bezogene Beurteilungskonzept berücksichtigt zum Schutz des menschlichen Organismus einerseits die Abwehr von Gesundheitsgefahren als auch die gesundheitliche Vorsorge.

3.6 Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN

Bedeutsam ist auch die Erarbeitung von Richtlinien durch den Ausschuss "Innenraumluchtverunreinigungen" der *Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN*. (s. Internet: <http://www.vdi.de/vdi/organisation/schnellauswahl/fgkf/krdl/index.php>) 1997 wurden weitere Richtlinien der Reihe 4300 veröffentlicht, in der Messstrategien zur Bestimmung verschiedener Innenraumluchtverunreinigungen sowie die für spezielle Stoffe bzw. Stoffgruppen zu beachtenden Randbedingungen beschrieben werden. Diese Richtlinien sorgen für eine einheitliche Vorgehensweise in Deutschland und finden in immer stärkerem Maße Eingang in die Praxis.

Von besonderer Bedeutung ist auch die neue *VDI-Richtlinie 6022* („*Hygienebewusste Planung, Ausführung, Betrieb und Instandhaltung raumluftechnischer Anlagen*“), die in Zusammenarbeit mit der VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung entstand. Die Anwendung dieser Richtlinie für raumluftechnische Anlagen (RLT-Anlagen) in der Praxis wird aller Voraussicht nach zu einer Verringerung der gesundheitlichen Beschwerden führen, die mit dem Aufenthalt in (Büro)Gebäuden in Verbindung gebracht werden. Untersuchungen haben nämlich gezeigt, dass vor allem die unsachgemäße oder mangelhafte Wartung der RLT-Anlagen häufig die Ursache solcher Beschwerden ist. Mit der Bereitstellung dieser VDI -Richtlinie wird auch eine der Forderungen der Innenraum-Konzeption der Bundesregierung erfüllt.

3.7 AGÖF-Orientierungswerte

Die Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute e.V. (AGÖF) hat über einen Zeitraum von 10 Jahren mehr als 2.000 Raumlufmessungen und über 3.500 Hausstaubanalysen durchgeführt (s. Internet: <http://www.agoef.de>). Aus den Daten wurden statistische Kennwerte abgeleitet mit folgenden Bezeichnungen:

- 10-Perzentil : „Hintergrundwert“
- 50-Perzentil: „Normalwert“
- 90-Perzentil: „Auffälligkeitswert“.

Der „Hintergrundwert“ soll den Zustand beschreiben, der durch die konsequente Vermeidung von Emissionsquellen erreichbar und deswegen grundsätzlich anzustreben ist.

Der „Normalwert“ soll die durchschnittliche Belastungssituation des betrachteten Kollektivs vorstellen, die im Allgemeinen auf Quellen im Innenraum zurück geht. Ein Handlungsbedarf wird daraus nicht abgeleitet.

Der „Auffälligkeitswert“ soll eine Überschreitung von in Innenräumen üblichen Konzentrationen beschreiben und wird als Indikator für das Vorhandensein einer Schadstoffquelle angesehen, die ggf. zu sanieren ist.

Die AGÖF-Werte sind, wie gesagt, nicht toxikologisch abgeleitet sondern basieren auf statistischen Befunden. Sie beschreiben die in Innenräumen gefundenen Konzentrationen. Hohe Werte deuten auf Auffälligkeit bzw. einen abnormalen Zustand hin. Sie besagen nichts über eine mögliche gesundheitliche Gefährdung; diese kann nur über toxikologisch begründete Werte, wie die Richtwerte der ad-hoc AG IRK/AOLG, beurteilt werden.

Die AGÖF-Orientierungswerte sind keine statistisch gesicherten Repräsentativwerte, weil sie überwiegend als Ergebnis von Auftragsanalytik in Verdachtsfällen gewonnen wurden. Sie können aber als Vergleichswerte für Trendentwicklungen nützlich sein. Durch Änderungen der Zusammensetzung von Baumaterialien oder anderen Gegenständen zur Verwendung in Innenräumen bzw. durch Änderungen des Benutzerverhaltens können im Laufe der Zeit Verschiebungen der Konzentrationen von Schadstoffen in Innenräumen eintreten; diese Trendänderungen können mit Hilfe der AGÖF-Werte möglicherweise schneller erkannt werden.

So sind die Konzentrationen aromatischer Lösemittel in den letzten Jahren stetig gesunken, weil sie aus Gründen des Arbeitsschutzes durch entaromatisierte oder lösemittelfreie Systeme ersetzt wurden. Die Konzentrationen für Glykolverbindungen, die in wässrigen Systemen eingesetzt wurden, sind dagegen trendmäßig gestiegen.

Die AGÖF-Werte sollen vor allem Sachverständigen ein Werkzeug in die Hand geben, um die Relevanz von Innenraumschadstoffen besser vergleichen und damit beurteilen zu können.

4 Maßnahmen zur Verringerung von Innenraumluft-Belastungen

4.1 Einführung

Bei den Maßnahmen ist grundsätzlich zu unterscheiden zwischen solchen, die der einzelne Raumnutzer im Rahmen seiner eigenen Verantwortung und Entscheidungsfreiheit durchführen kann, und solchen, die staatliches Handeln, z.B. im Bereich der Rechtsetzung, erfordern.

Auf staatlicher Ebene ist in dem vergangenen Zeitraum von über zehn Jahren bereits viel geschehen. Beispiele: Das Chemikaliengesetz wurde über das Biozid-Gesetz um neue strenge Vorschriften zur Zulassung von Biozid-Produkten erweitert. Einige Chemikalien-Verordnungen, wie die Chemikalien-Verbotsverordnung, wurden neu erlassen bzw. ergänzt. Für Wasch- und Reinigungsmittel, gewerbliche Anlagen und raumluftechnische Anlagen wurden neue Anforderungen entwickelt. Auch im Bereich der Information der Öffentlichkeit über Ursachen der Innenraumluftbelastung und Möglichkeiten zu ihrer Verringerung ist seitdem viel geschehen.

Zur Zeit werden in Deutschland Fragen der gesunden Umweltqualität in Innenräumen schwerpunktmäßig im Rahmen des nationalen **Aktionsprogramms „Umwelt und Gesundheit“ (APUG)** (s. Internet: <http://www.apug.de>) bearbeitet, welches 1999 als gemeinsames Programm zwischen dem Bundesumweltministerium (BMU) und dem Bundesgesundheitsministerium (BMGS) entwickelt wurde.

Auch international wird dem Thema Innenraum verstärkt Aufmerksamkeit gewidmet:

- Die **EU-Kommission** hat im Juni 2004 einen „Aktionsplan Umwelt und Gesundheit 2004-2007“ vorgelegt den es mit Leben zu füllen gilt (s. Internet: http://europa.eu.int/comm/environment/health/pdf/com2004416_de.pdf).

Dieser Aktionsplan ist der erste Schritt (2004-2010) der von der Kommission im Juni 2003 vorgelegten Strategie für Umwelt und Gesundheit, die unter dem Akronym SCALE bekannt ist:

<i>Science</i>	die wissenschaftlich begründet ist;
<i>Children</i>	die an Kindern ausgerichtet ist;
<i>Awareness</i>	die Bewusstsein schafft;
<i>Legal instruments</i>	die Rechtsinstrumente einsetzt;
<i>Evaluation</i>	die eine Bewertung umfasst.

Am 2./3. Dezember 2004 fand in Egmond aan Zee/ Niederlande auf Einladung des Ratsvorsitzenden der EU hierzu eine internationale Konferenz statt.

- Das **Europäische Parlament** bereitet zur Zeit einen Bericht mit Resolution über diesen Aktionsplan vor mit neuen weitreichenden Forderungen, u.a. einem umfassenden Ansatz unter Einbeziehung der verschiedenen Verschmutzungsquellen in Innenräumen.
- Die **WHO** hatte das Thema „Indoor Air Pollution“ bereits in den 80er-Jahren intensiv bearbeitet. Auf einer WHO-Ministerkonferenz am 23.-25. Juni 2004 in Budapest hat sie sich diesem Thema erneut verstärkt zugewandt; die Innenraumhygiene wurde im Rahmen eines Aktionsplans zu Umwelt und Gesundheit als internationales Schwerpunktthema anerkannt.

In den nachfolgenden Kapiteln wird auf einige ausgewählte Maßnahmen eingegangen, denen aus Sicht BMU zum Schutz der Innenraumluft besondere Bedeutung zukommt. Sie decken nicht das gesamte Spektrum der Maßnahmen ab, die bereits durchgeführt wurden bzw. erforderlich sind.

Im Vordergrund stehen erforderliche Anforderungen an Bauprodukte. Auf diesen Bereich soll daher im folgenden zunächst näher eingegangen werden, bevor in den weiteren Abschnitten auch noch andere wichtige Themen wie Information der Öffentlichkeit, Bedeutung der Verbraucherkennzeichen, Maßnahmen gegen Schimmelpilzbefall und Forschungsbedarf angesprochen werden.

4.2 Anforderungen an Bauprodukte

4.2.1 Einführung

Unter wohnhygienischen Anforderungen spielen Emissionen von flüchtigen chemischen Verbindungen eine wichtige Rolle, wobei diese durch unterschiedlichste in Innenräumen

eingesetzte Materialien freigesetzt werden. Bedeutsame innenraumrelevante Emissionsquellen sind vor allem Bauprodukte.

Bisher hat der Aspekt gesundheitliche Wirkungen von Stoffemissionen aus Bauprodukten kaum Aufmerksamkeit gefunden, obwohl es in der Vergangenheit immer wieder zu Schadstoffbelastungen in Gebäuden (z.B. Asbest, PCB, PCP, Formaldehyd, PAK) gekommen ist, durch Bauprodukte verursacht wurden; diese waren häufig bereits in großen Mengen verbaut worden, so dass solche Schadstoffbelastungen vielfach erst sehr spät erkannt wurden.

Bauprodukte, die in Innenräumen eingesetzt werden, können durch Ausgasung vor allem flüchtiger organischer Inhaltsstoffe maßgeblich zur Beeinträchtigung der Luftqualität beitragen. Dazu zählen z.B. Holz, Kork, Linoleum, PVC-Beläge, Teppichböden, Tapeten, Lacke oder Dispersionsfarben. Diese stellen insbesondere dann wesentliche Emissionsquellen dar, wenn diese großflächig im Raum verbracht wurden.

Bei den emittierten Stoffen handelt es sich zumeist um gasförmige flüchtige organische Verbindungen – so genannte VOC (Volatile Organic Compounds) und SVOC (Semi Volatile Organic Compounds). Diese Verbindungen gehören oftmals chemischen Stoffgruppen wie aliphatischen Kohlenwasserstoffen, Aldehyden, Ketonen, Alkoholen, Esterverbindungen, organischen Säuren, Glykolverbindungen oder Terpenen an.

Ursächlich stammen die VOC und SVOC aus den zugehörigen Inhaltsstoffen der Bauprodukte, zu denen neben den Rohstoffen, Lösemittel, Additive, Bindemittel, Weichmacher, Flammenschutzmittel, Biozide, und weitere Stoffe, darunter auch natürliche Substanzen wie Terpene im Holz, zählen.

Festzustellen ist, dass häufig für Stoffe erst dann die Frage nach dem Gesundheitsrisiko gestellt wird, wenn diese bereits in den Innenraum eingebracht sind. In Hinblick auf Anforderungen an den Gesundheitsschutz an Bauprodukte ist die derzeitige Situation für Architekten, Planer und den Verbraucher was Kennzeichnungen, Deklarationen von Inhaltsstoffen von Bauprodukten und deren Emissionsverhalten betrifft, als unbefriedigend zu beurteilen. Aufgrund der vielen (unspezifischen) Gesundheitsbeschwerden bei Innenraumnutzungen sowie der vielfach unzureichenden toxikologischen Kenntnisse über Inhaltsstoffe von Bauprodukten ist es aus Gründen der Vorsorge wichtig, verstärkt emissions-

und schadstoffarme Bauprodukte herzustellen und zu verwenden und die Emissionen von Stoffen aus Bauprodukten zur Verwendung in Innenräumen soweit wie möglich zu beschränken.

Es ist erforderlich, objektivierbare und transparente gesundheitliche Bewertungskriterien zu entwickeln und bereit zu stellen, um geeignete Anforderungen an die Gesundheitsverträglichkeit von Bauprodukten stellen sowie eine verlässliche Produktauswahl gewährleisten zu können.

4.2.2 Prüfschema zur gesundheitlichen Bewertung der Emissionen flüchtiger organischer Stoffe aus Bauprodukten (AgBB-Schema)

Um Grundlagen für eine einheitliche gesundheitliche Bewertung von Bauprodukten in Deutschland bereitzustellen, ist 1997 von der Länderarbeitsgruppe „Umweltbezogener Gesundheitsschutz“ (LAUG) der Arbeitsgemeinschaft der Obersten Landesgesundheitsbehörden (AOLG) der Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) eingerichtet worden. In dem Ausschuss sind Bundes- und Landesbehörden aus dem Bau- und Gesundheitsbereich vertreten. Die Geschäftsstelle des AgBB ist im Umweltbundesamt angesiedelt.

Der AgBB sieht seine Aufgaben für die gesundheitliche Bewertung von Bauprodukten darin, nicht nur Emissionen von Einzelstoffen und Stoffgruppen, die besonders von innenraumrelevanten, großflächigen Produkten herrühren, zu berücksichtigen, sondern auch die Expositionssituation der Raumnutzer sowie Verbraucheransprüche mit einzubeziehen.

Ziel des AgBB ist es, im Vorfeld von normativen Gremien gesundheitsbezogene Bewertungskriterien zu entwickeln, um die Anforderungen aus der europäischen Bauproduktenrichtlinie umzusetzen und um nachvollziehbare sowie objektivierbare Produktbewertungen zu ermöglichen. Der Anspruch an Bauprodukte ist nicht auf Mindestanforderungen nach dem Baurecht begrenzt sondern steht auch für Anforderungen an emissionsarme Produkte.

Ziel des AgBB ist es, im Vorfeld von normativen Gremien gesundheitsbezogene Bewertungskriterien zu entwickeln, um die Anforderungen aus der Bauprodukten-Richtlinie

umzusetzen und um nachvollziehbare sowie objektivierbare Produktbewertungen zu ermöglichen.

Die Arbeiten des AgBB basieren auf den Vorgaben der *European Collaborative Action (ECA)* „*Indoor Air Quality and its Impact on Man*“. Unter maßgeblicher Beteiligung von Mitarbeitern des Umweltbundesamtes erarbeiteten Vertreter aus Ländern der Europäischen Union sowie aus der Schweiz und Norwegen fachliche Stellungnahmen zu wichtigen innenraumbezogenen Problemen. Diese Stellungnahmen dienen sowohl zur Beratung der Europäischen Kommission als auch dazu, in den europäischen Ländern eine fachlich abgestimmte Grundlage für eventuelle Maßnahmen zu schaffen. 1997 veröffentlichte die ECA zwei umfangreiche Berichte.

Einer der Berichte, die über das Office for Official Publications of the European Communities, L-2985 Luxembourg, zu beziehen sind (Nr. 18 EUR 17334), befasst sich am Beispiel von Fußbodenbelägen mit den Möglichkeiten der Bewertung von Bauprodukten am Beispiel der Emissionen aus Fußbodenbelägen, ohne hieraus jedoch verbindliche Vorgehensweisen abzuleiten.

Der andere Bericht (Nr. 19 EUR 17675) befasst sich mit der Frage, ob und wie die Vielzahl von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC), die in der Innenraumluft anzutreffen sind, durch eine einzige Indikatorgröße abgebildet werden kann. Eine derartige Indikatorgröße, der sogenannte TVOC-Wert (englisch: Total Volatile Organic Compounds), wird zwar in der Fachwelt immer wieder verwendet, eine einheitliche Definition fehlt jedoch bislang. Der Bericht liefert eine solche Definition und diskutiert die Möglichkeiten, den TVOC-Wert für gesundheitsbezogene Bewertungen heranzuziehen.

Auf den Grundlagen dieser Vorgehensweise sowie den bei Seifert (s. Literaturverzeichnis) gegebenen Empfehlungen zum Gesamtgehalt an flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC) in der Innenraumluft hat der AgBB Prüfkriterien für ein Beurteilungsschema entwickelt, das die gesundheitliche Bewertung von Emissionen von VOC, SVOC sowie deren Summen TVOC und TSVOC (Total Semi Volatile Organic Compounds) aus innenraumrelevanten Bauprodukten ermöglicht s. Internet: [http:// www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/voc.htm](http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/voc.htm)).

Das AgBB-Prüfschema zur Bewertung von VOC-Emissionen aus Bauprodukten soll Bauplanern sowie Verbraucherinnen und Verbrauchern helfen, gezielt Baustoffe auszuwählen, die weniger Schadstoffe freisetzen. Diese Beurteilungsgrundlagen sind im Vorfeld umfassend mit zuständigen Herstellerkreisen, Fachinstitutionen sowie Behörden diskutiert worden und sollen zukünftig als ein Bestandteil der Zulassungsverfahren für Bauprodukte gelten. Gemeinsam mit nationalen Herstellern wird die Anwendbarkeit des Schemas in einer zweijährigen Pilotphase (2002 – 2004) geprüft.

Auf der Grundlage des AgBB-Prüfschemas wurden vom Deutschen Institut für Bautechnik im August 2004 *Zulassungsgrundsätze zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten in Innenräumen* (Stand Juni 2004) veröffentlicht. In Teil II wurden diese durch Bewertungskonzepte für spezielle Bauprodukte, nämlich zulassungspflichtige Bodenbeläge und Klebstoffe, konkretisiert.

Bodenbeläge sind seit Dezember 2001 dann zulassungspflichtig, wenn sie in Aufenthaltsräumen verwendet werden sollen und gleichzeitig Anforderungen an die Schwerentflammbarkeit des Produkts bestehen. Dabei sind Aufenthaltsräume nach § 2 der Musterbauordnung (Fassung November 2002) Räume, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt oder geeignet sind.

Bodenbelagsklebstoffe unterliegen derzeit den vorliegenden Zulassungsgrundsätzen, wenn ein Bodenbelag zum Nachweis der Schwerentflammbarkeit nur verklebt verwendet werden darf.

Nach dem AgBB-Prüfschema erfolgt die qualitative und quantitative Erfassung der VOC und SVOC bzw. der TVOC und TSVOC nach standardisierten Verfahren zu Prüfkammermessungen sowie zu Probenahme- und Analysenmethoden. Der AgBB geht davon aus, dass bei Einhaltung der vorgegebenen Prüfwerte die Mindestanforderungen der Bauordnungen zum Schutz der Gesundheit im Hinblick auf VOC- und SVOC-Emissionen aus dem einzelnen Bauprodukt erfüllt werden. Für eine Umsetzung des Konzeptes auf unterschiedliche Bauproduktgruppen müssen jedoch darüber hinaus, die bauprodukt-spezifischen Prüfbedingungen angepasst und berücksichtigt werden.

Vorgehensweise bei der gesundheitlichen Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC und SVOC) aus innenraumrelevanten Bauprodukten

Nach dem AgBB-Prüfschema erfolgt die Bestimmung der Emissionen von VOCs aus Bauprodukten in einer Emissionsprüfkammer nach der Norm EN 13419 Teil 1 – 3. Als Beurteilungskriterien für die emittierten VOCs sind sowohl die Einzelstoffe als auch der Summenparameter TVOC (TVOC = Total Volatile Organic Compounds) zu berücksichtigen. Die emittierten VOC- und TVOC- Konzentrationen werden nicht nur nach 3 Tagen, sondern - zur Beachtung des Langzeitemissionsverhaltens des Bauprodukts - auch nach 28 Tagen überprüft, wobei Identifizierung und Quantifizierung der VOCs in Anlehnung an die ISO 16000-6 und nach dem bei Seifert angegebenen Verfahren erfolgen. Weitere Prüfmerkmale umfassen die Emissionen von schwerflüchtigen organischen Verbindungen (SVOC) sowie von Stoffen mit krebserzeugenden, mutagenen sowie reproduktionstoxischen Eigenschaften.

Die gesundheitsbezogene Beurteilung der VOC-Emissionen stützt sich auf Einzelstoffbeurteilungen auf der Basis der Ableitung von stoffspezifisch, „niedrigst interessierenden Konzentrationen“ (NIK) (engl. "lowest concentration of interest" (LCI)).

NIK-Werte orientieren sich an anerkannten Beurteilungen von Stoffbewertungen am Arbeitsplatz, wobei primär die Angabe der maximalen Arbeitsplatzkonzentration (MAK-Wert) in der TRGS 900 bzw. eines europäischen Arbeitsplatzgrenzwertes (OEL-Wert) zu Grunde gelegt ist. Um möglichst viele Stoffe einer ausreichenden toxikologischen Beurteilung unterziehen zu können, wird bei Nichtvorhandensein einer entsprechenden Einstufung in einem festgelegten Ranking-Verfahren auf weitere anerkannte Stoffbewertungen am Arbeitsplatz bzw. auf Zuordnung zu bekannter ähnlicher chemischer Struktur und vergleichbarer toxikologischer Einschätzung zurückgegriffen.

Die Berechnung der stoffspezifisch „niedrigsten interessierenden Konzentration“ als NIK-Wert eines VOC-Einzelstoffes erfolgt durch Anwendung von Divisoren. Damit werden grundsätzliche Unterschiede zwischen Expositionsbedingungen und Empfindlichkeiten in der Allgemeinbevölkerung und am Arbeitsplatz sowie die undefinierte Gesamtexposition im Innenraum berücksichtigt. In der Regel wird ein Divisor mit einer Größe von 100 herangezogen. Kanzerogen wirkende Stoffe, die nach EU-Klassifizierung in die Kategorie 3 eingestuft sind, werden für die Ableitung eines NIK-Werts mit einem Divisor von 1000

belegt. Mutagen und reproduktionstoxisch eingestufte Stoffe werden einer Einzelstoffprüfung unterzogen. Die Ableitung einer „niedrigsten interessierenden Konzentration“ für einen VOC-Einzelstoff erfolgt ausschließlich durch das Gremium des AgBB unter Mitwirkung von Industrie und Herstellerverbänden. Die in diesem Verfahren festgelegten NIK-Werte der VOC-Einzelstoffe sind bzw. werden laufend ergänzend in einer Liste (NIK-Werteliste) geführt und nur durch den AgBB autorisiert veröffentlicht.

Zur Anwendung der NIK-Werte wird für jeden VOC-Einzelstoff (i) der stoffspezifische NIK-Wert (NIK_i) mit der in der Prüfkammerluft gemessenen VOC-Konzentration (C_i) ins Verhältnis R_i gesetzt, d.h. mit $R_i = C_i / NIK_i$. Es wird angenommen, dass keine gesundheitliche Wirkung auftritt, wenn R_i den Wert 1 unterschreitet. Bei Vorkommen mehrerer Verbindungen wird eine Additivität der Wirkungen angenommen und festgelegt, dass die Summe aller R_i , den Wert 1 nicht überschreiten darf. Es ist zu beachten, dass sich die sogenannten NIK-Werte nur in Verbindung mit dem Ziel der emissionsbezogenen Qualitätsbewertung und Zulassung von Bauprodukten verwenden lassen. Eine offizielle Festlegung der NIK-Werte erfolgt ausschließlich durch den AgBB unter Mitwirkung von Industrie und Herstellerverbänden.

NIK-Werte sind grundsätzlich in ihrer Verwendung als raumlufthygienische Grenz- oder Beurteilungswerte für Einzelstoffe ungeeignet.

Hat ein Bauprodukt das Beurteilungsschema erfolgreich durchlaufen, so lautet die Schlussaussage zur Produktbeurteilung: „Ein Bauprodukt, welches die im Ablaufschema geforderten Bedingungen erfüllt, ist für die Verwendung in Innenräumen von Gebäuden geeignet.“ Der AgBB geht davon aus, dass mit der Einhaltung dieser Beurteilungskriterien die Mindestanforderungen der Bauordnungen zum Schutz der Gesundheit in Hinsicht auf VOC-Emissionen aus dem einzelnen Bauprodukt erfüllt werden.

Der AgBB hat eine ausführliche Darstellung mit Erläuterungen zum Beurteilungsschema zur gesundheitlichen Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) aus Bauprodukten einschließlich der aktualisierten NIK-Liste im Internet veröffentlicht:

<http://www.umweltdaten.de/daten/bauprodukte/agbb-bewertungsschema2004.pdf>

Abbildung 1 gibt eine Übersicht zur Prüfabfolge und den Beurteilungskriterien.

Abb. 1: **SCHEMA ZUR GESUNDHEITLICHEN BEWERTUNG VON VOC*- UND SVOC*-EMISSIONEN AUS BAUPRODUKTEN**



gültig für **EINFÜHRUNGSPHASE 2002-2004**

1. Messung nach 3 Tagen

Prüfung auf:

TVOC₃ ≤ 10 mg/m³? *nein* → **Ablehnung**

ja

Ist die Summe aller detektierten Cancerogene ≤ 0,01 mg/m³? *nein* → **Ablehnung**

ja

2. Messung nach 28 Tagen



⋮

TVOC₂₈ ≤ 1 mg/m³? *nein* → **Ablehnung**

ja

Σ SVOC₂₈ ≤ 0,1 mg/m³? *nein* → **Ablehnung**

ja

Ist die Summe aller detektierten Cancerogene ≤ 0,001 mg/m³? *nein* → **Ablehnung**

ja



Bewertbare Stoffe:
Gilt bei Betrachtung aller VOC mit einer Konz. > 0,005 mg/m³
 $R = \sum C_i / \text{NIK}_i^{**} \leq 1$? *nein* → **Ablehnung**

ja

Nicht bewertbare Stoffe:
Ist die Summe der VOC, für die kein NIK^{**} existiert:

Σ VOC₂₈^{ohne NIK} < 0,1 mg/m³? *nein* → **Ablehnung**

ja

Das Produkt ist für die Verwendung in Innenräumen geeignet

Für die zu diesen Zeitpunkten ebenfalls vorgesehenen sensorischen Prüfungen stehen derzeit noch keine abgestimmten und allgemein anerkannten Verfahren zur Verfügung.

* VOC, TVOC: Retentionsbereich C₆– C₁₆, SVOC: Retentionsbereich > C₁₆– C₂₂

** NIK: Niedrigste interessierende Konzentration, engl. LCI

Am 25. November 2005 fand im Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) ein Fachgespräch mit Vertretern der Bauindustrie statt, in der Erfahrungen über eine zweijährige Erprobung des AgBB-Prüfschemas ausgetauscht wurden.

Als summarische Ergebnisse kristallisierten sich folgende Punkte heraus:

Das AgBB-Schema wird von vielen (allen voran die Deutsche Bauchemie) als geeignete wissenschaftliche Grundlage zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten angesehen. Die Identifizierung von sehr „guten“ und sehr „schlechten“ Produkten gelingt bereits jetzt.

Als noch problematisch hat sich die Identifizierung von Produkten im Bereich der Schwellenwerte/Prüfkriterien des AgBB-Schemas gezeigt. Hier gibt es aufgrund analytischer Schwierigkeiten noch eine Reihe von Unzulänglichkeiten. Ein weiteres gravierendes Problem, vor allem für die betroffene Industrie, ist das Verhältnis zwischen Messaufwand und Nutzen. Hier wurde wiederholt Vereinfachung empfohlen, z.B. durch Festlegung von Abbruchkriterien vor Ablauf der maximalen Prüfzeit von 28 Tagen.

Folgende Einzelthemen, die einer näheren Überprüfung bedürfen, wurden u.a. identifiziert:

- Abbruchkriterien (Aufwand);
- Geruchsmessungen (Forderung nach Streichung);
- Kanzerogene Stoffe nach 3 Tagen (Forderung nach Streichung);
- Messunsicherheit;
- Problem der NIK-Werte;
- Nachweisgrenze 2 oder 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- Stoffe ohne NIK-Werte und nicht identifizierbare Stoffe (Forderung nach getrennter Behandlung);
- Europäische Harmonisierung.

Die aufgeworfenen Fragen werden in zwei Untergruppen des AgBB diskutiert. Bis Mitte 2005 werden praxisnahe Lösungen angestrebt. Dem Thema „Harmonisierung“ innerhalb der Europäischen Union wird gesondert Aufmerksamkeit gewidmet. Die Bundesregierung ist an einer einheitlichen Bewertung von Bauprodukten innerhalb der Europäischen Union interessiert, um von vorne herein Handelshemmnisse zu vermeiden. Dabei ist es aber wichtig, dass ein hohes Schutzniveau für Umwelt und Gesundheit im Einklang mit den Bestimmungen des EG-Vertrags (Art. 2, 95(3) und 174(2)) angestrebt wird (s. Kapitel 4.3.1).

4.2.3 Rechtlicher Rahmen – Anforderungen an Gebäude und Baumaterialien im Hinblick auf die Verringerung der Belastung der Innenraum-Luft durch Schadstoffe

4.2.3.1 Überblick

Der *EG-Vertrag* sieht zum Schutz von Umwelt und Gesundheit eine Reihe weitgehender Anforderungen vor. So verlangt *Art. 2* als Ziel der Gemeinschaft „ein hohes Maß an Umweltschutz und Verbesserung der Umweltqualität“. Nach *Art. 95 (3)* ist die Kommission verpflichtet, bei ihren Vorschlägen in den Bereichen Gesundheit, Sicherheit und Umweltschutz von einem „hohen Schutzniveau“ auszugehen und dabei „insbesondere alle auf wissenschaftliche Ergebnisse gestützten neuen Entwicklungen“ zu berücksichtigen. Bei *Art. 174 (2)* heißt es ergänzend: "... Die Umweltpolitik der Gemeinschaft ... beruht auf den Grundsätzen der Vorsorge und Vorbeugung, auf dem Grundsatz, Umweltbeeinträchtigungen mit Vorrang an ihrem Ursprung zu bekämpfen, sowie auf dem Verursacherprinzip."

Bauliche Anlagen und Bauprodukte unterliegen im nationalen Bereich - direkt oder indirekt - dem Bauordnungsrecht – den Landesbauordnungen, den dazu erlassenen Durchführungsvorschriften und Technischen Baubestimmungen - aber auch Rechtsvorschriften aus anderen Rechtsbereichen wie etwa dem Chemikalienrecht, dem Arbeitsschutzrecht, dem Immissionsschutzrecht, dem Abfallrecht, dem Lebensmittel- und Bedarfsgegenständerecht, dem Verkehrswegerecht, dem Gewerberecht und dem Energieeinsparrecht als gesetzliches- und untergesetzliches Regelwerk.

Durchgängig besteht dabei die Forderung, dass Bauprodukte im Sinne der genannten Vorschriften *brauchbar* sind, d.h. solche Eigenschaften aufweisen, dass von baulichen Anlagen, die damit errichtet werden, von der Errichtung über die Nutzung bis zum Abbruch, keine Gefahr für die öffentliche Sicherheit oder Ordnung, insbesondere für die Gesundheit der Nutzer und der Umwelt sowie für die natürlichen Lebensgrundlagen ausgehen darf und ein sicherer Umgang mit diesen Produkten möglich ist.

Die folgenden Ausführungen konzentrieren sich auf das Baurecht und das Chemikalienrecht im Bereich der Europäischen Union und in Deutschland.

4.2.3.2 Baurecht

Europäisch werden seit 1989 über die *EG-Bauproduktenrichtlinie* harmonisierte Anforderungen an Bauprodukte gestellt. Die Bauproduktenrichtlinie – BPR (89/106/EWG) vom 21.12.1988, geändert mit Richtlinie 93/68/EWG vom 22. Juli 1993 ist auf Art. 95 (früher 100 a) des EG-Vertrages „Angleichung der Rechtsvorschriften“ gestützt. Über die Anwendbarkeit der vorgenannten erweiterten Bestimmungen des EG-Vertrages zum Schutz von Umwelt und Gesundheit im Sinne des Vorsorgeprinzipes (in Erweiterung zur Gefahrenabwehr) gibt es unterschiedliche Auffassungen. Bei allen Regelungen ist aber immer das Prinzip der Verhältnismäßigkeit zu berücksichtigen.

In Deutschland ist die Bauproduktenrichtlinie mit dem *Bauproduktengesetz* – BauPG vom 10. August 1992, in der Fassung vom 28. April 1998 und mit der Neufassung der *Landesbauordnungen* der Länder nach 1992 auf der Grundlage der *Musterbauordnung* - MBO - zur Verwendung von Bauprodukten in nationales Recht umgesetzt worden.

Die nachfolgenden Ausführungen stützen sich vor allem auf Publikationen von H.-J. Bossenmayer, ehemaliger Präsident des DIBt (2003), und M. Springborn, DIBt (2004).

Die *EG-Bauproduktenrichtlinie* regelt die Voraussetzungen und Bedingungen für das Inverkehrbringen und den freien Warenverkehr für Bauprodukte, insbesondere die Verfahrensregeln für den Nachweis der Brauchbarkeit und der Konformität mit den technischen Spezifikationen.

Die Bauproduktenrichtlinie definiert in Art. 2 Abs. 1 die Bauprodukte als brauchbar, wenn sie „solche Merkmale aufweisen, dass das Bauwerk, für das sie durch Einbau, Zusammenfügung, Anbringung oder Installierung verwendet werden sollen, bei ordnungsgemäßer Planung und Bauausführung die wesentlichen Anforderungen ... erfüllen kann. Bei den genannten wesentlichen Anforderungen handelt es sich um die sechs „wesentlichen Anforderungen“ (*essential requirements* - ER) nach Anhang 1 (BPR):

1. mechanische Festigkeit und Standsicherheit,
2. Brandschutz,
3. Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz,
4. Nutzungssicherheit,
5. Schallschutz und

6. Energieeinsparung und Wärmeschutz.

Die wesentliche Anforderung Nr. 3 wird abgekürzt auch *ER3* genannt. Danach muss ein Bauwerk derart entworfen und ausgeführt sein, dass die Hygiene und die Gesundheit der Bewohner und der Anwohner u.a. durch Freisetzung giftiger Gase sowie durch Vorhandensein gefährlicher Teilchen oder Gase in der Luft nicht gefährdet werden.

Die Bauproduktenrichtlinie ist eine Richtlinie nach der so genannten „*Neuen Konzeption*“ bzw. dem „*Neuen Ansatz*“. Damit ist die Entschließung des Ministerrats vom 7. Mai 1985 über eine neue Konzeption auf dem Gebiet der technischen Harmonisierung und der Normung gemeint. Sie sieht in der *Normung durch europäische Normungsorganisationen* (für die Bauproduktenrichtlinie sind dies CEN und CENELEC) das wichtigste Instrument für den Abbau technischer Handelshemmnisse.

Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Bauproduktenrichtlinie (BPR) - anders als andere Richtlinien des Neuen Ansatzes - die Anforderungen nicht an ihren Regelungsgegenstand, die *Bauprodukte*, richtet, sondern an die daraus hergestellten *Bauwerke*. Nicht auf die Bauprodukte, sondern auf die Bauwerke bezieht sich auch die Forderung, dass es möglich sein muss, das nationale Sicherheits- und Schutzniveau weiterhin aufrecht zu erhalten. Die Bauprodukte und damit auch die sie beschreibenden technischen Spezifikationen (harmonisierte Normen oder europäische technische Zulassungen) müssen allerdings dafür geeignet sein, dass das Bauwerk solche - ggf. je nach Lage des Bauwerks, nach Nutzungsbedingungen oder anderen Randbedingungen unterschiedlichen - Sicherheits- und Schutzniveaus erfüllen kann.

Die Neue Konzeption stützt sich auf die *Technik des Normenverweises*. Damit kann - im Gegensatz zu ersten Harmonisierungsansätzen - mit einer Richtlinie ein ganzer Bereich, z. B. Bauprodukte, harmonisiert werden.

Folgende Prinzipien gelten:

- Die Harmonisierung der *Rechtsvorschriften* beschränkt sich auf die Festlegung der grundlegenden Anforderungen.
- Die Harmonisierung technischer Anforderungen erfolgt über *harmonisierte technische Spezifikationen* (harmonisierte europäische Normen oder europäische technische Zulassungen).

Bei ihrer Harmonisierungspolitik hat die Gemeinschaft Politikziele wie Sicherheit, Gesundheit, Umweltschutz und Verbraucherschutz mit zu berücksichtigen und dabei von einem „hohen Schutzniveau“ auszugehen (Artikel 95 Abs. 3 EGV).

Harmonisierte europäische Normen (hEN) sind solche, die aufgrund eines *Normungsauftrags* (*Mandat*) der Europäischen Kommission bei CEN (Europäisches Komitee für Normung) erarbeitet werden. Wo Normen nicht oder noch nicht erarbeitet werden oder wo von Normen nicht nur unwesentlich abgewichen werden soll, ist der Nachweis der Brauchbarkeit über eine *Europäische technische Zulassung* (European Technical Approval - ETA) zu führen.

Die zur Erteilung einer ETA berechtigten Zulassungsstellen sind in der EOTA (European Organisation for Technical Approvals) zusammengeschlossen; für Deutschland ist das Deutsche Institut für Bautechnik - DIBt - als Zulassungsstelle bestimmt worden.

Im DIBt ist darüber hinaus gem. Beschluss des Ausschusses für Bauwesen und Städtebau der ARGEBAU (Konferenz der für Städtebau und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder) vom 11.10.2002 eine Koordinierungsstelle zur Betreuung der Bauaufsicht in der europäischen Bauproduktennormung eingerichtet worden.

Die Europäische Kommission legt die Zulassungsbereiche im Benehmen mit dem *Ständigen Ausschuss für das Bauwesen* fest, in dem die Mitgliedstaaten vertreten sind; unterschieden werden Bereiche mit und ohne Zulassungsleitlinie („ETAG“).

Grundlagendokumente

Zur Verknüpfung der wesentlichen Anforderungen an Bauwerke mit den in den technischen Spezifikationen festzulegenden Produkthanforderungen sind für alle sechs wesentlichen Anforderungen, so genannte Grundlagendokumente erarbeitet worden (Artikel 3 Absatz 3 BPI). Sie sind im Februar 1994 im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften veröffentlicht worden.

Eine wichtige Grundlage zur Entwicklung einer horizontalen europäischen Norm zur Umsetzung von ER 3 und zur Berücksichtigung von Anforderungen an den Schutz von Umwelt und Gesundheit in den Produktnormen wurde bereits 1994 im europäischen

Grundlegendokument Nr. 3 gelegt. In den Ausführungen zum Grundlegendokument Nr. 3 werden nicht nur Emissionen von Schadstoffen aus Bauprodukten in die Innenraumluft benannt, sondern explizit als Schadstoffe VOC aufgeführt. Darüber hinaus umfassen die weiteren Aspekte der Anforderungen, Verfahren zur Bestimmung der Schadstoffemissionen sowie die Vermeidung und Begrenzung von unzuträglichen Schadstoffabgaben an die Innenraumluft.

Das Grundlegendokument Nr. 3 wurde im Jahr 2002 durch ein weiteres Basis Papier, das „Leitpapier H: Ein harmonisiertes Konzept bezüglich der Behandlung von gefährlichen Stoffen nach den Bauproduktenrichtlinie“, ergänzt.

Brauchbarkeit und CE-Kennzeichnung

Für die Bauprodukte selbst legt die BPR fest, dass sie „brauchbar“ sein müssen (Artikel 2 BPR). Als brauchbar gelten sie, wenn bei ihrer Verwendung die 'Bauwerke bei ordnungsgemäßer Planung und Bauausführung die genannten wesentlichen Anforderungen erfüllen können. Bei Bauprodukten, die harmonisierten Normen oder europäischen technischen Zulassungen entsprechen, ist die Brauchbarkeit gegeben. Die Konformität mit der technischen Spezifikation wird durch das *CE-Zeichen* belegt, das die Produkte tragen müssen.

Nach Art. 4 Abs. 2 BPR ist von der Brauchbarkeit der Bauprodukte auszugehen, wenn sie die CE-Kennzeichnung aufgrund der nachgewiesenen Übereinstimmung mit einer harmonisierten europäischen technischen Spezifikation tragen. Eine solche Spezifikation kann eine *europäische technische Zulassung* sein oder eine *harmonisierte europäische Norm*. Diese harmonisierten Normen sind von CEN aufgrund von Normungsaufträgen der Europäischen Kommission („Mandaten“, s. Art. 4 Abs. 1 und Art. 7 Abs. 1 BPR) zu erarbeiten. Die Mandate werden von der Europäischen Kommission nach Befassung der Mitgliedstaaten im Ständigen Ausschuss für das Bauwesen erteilt (s. Art. 7 Abs. 1 BPR).

Es wird unterschieden zwischen (vertikalen) Produktnormen und horizontalen Normen mit Anforderungen, die von allen oder vielen Produkten gleichermaßen zu erfüllen sind.

Inzwischen sind ca. 120 Produktnormen zur Umsetzung der Bauproduktenrichtlinie im Amtsblatt der EU als harmonisiert bekannt gemacht worden. Sie enthalten wegen fehlender inhaltlicher Vorgaben noch keine Anforderungen zur Umsetzung von ER3.

Die Kommission der Europäischen Gemeinschaft, DG Enterprise, arbeitet zur Zeit in Zusammenarbeit unter Beteiligung von Vertretern der Mitgliedstaaten an der Entwicklung eines horizontalen *Normungsmandates* zur Ausfüllung der „wesentlichen Anforderung“ Nr. 3 (ER3) für die Bereich Innenraumluft, Boden, Grundwasser und Oberflächenwasser.

Mit der Abarbeitung des horizontalen Mandats wird bis 2007 – 2010 gerechnet. Auch für die Entwicklung von CEN-Produktnormen können nach den bisherigen Erfahrungen jeweils über 10 Jahre vergehen.

Bauaufsichtliche Regelungen in Deutschland

Die Umsetzung der Bauproduktenrichtlinie in deutsches Recht erfolgte – wie gesagt - durch das *Bauproduktengesetz* – BauPG (i.d.F. der Bekanntmachung vom 28.04.1988). Die in Deutschland für die Entscheidung über die europäische technische Zulassung zuständige Stelle ist das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) in Berlin.

Für die Verwendung von Bauprodukten gelten in Deutschland darüber hinaus die Bestimmungen der *Landesbauordnungen*. Sie stützen sich auf die *Musterbauordnung* - MBO. Die Basis zur Bewertung stofflicher Wirkungen auf die Gesundheit im Baurecht bildet der Begriff der Gefahrenabwehr.

Nach § 3 Abs. 1 MBO sind bauliche Anlagen so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit und die natürlichen Lebensgrundlagen nicht gefährdet werden. Nach § 3 Abs. 5 dürfen Bauprodukte nur verwendet oder angewendet werden, wenn das geforderte Schutzniveau in Bezug auf Sicherheit, Gesundheit und Gebrauchstauglichkeit gleichermaßen dauerhaft erreicht wird. Nach § 13 MBO müssen bauliche Anlagen so angeordnet, beschaffen oder gebrauchstauglich sein, dass durch Wasser, Feuchtigkeit, pflanzliche und tierische Schädlingen sowie andere chemische, physikalische oder biologische Einflüsse Gefahren oder unzumutbare Belästigungen nicht entstehen.

Eine Gesundheitsgefahr besteht dann, wenn eine hinreichend wahrscheinliche, regelmäßig eintretende schädigende Wirkung eines Stoffes auf die normale Gesundheit besteht, aber auch wenn die entfernte Möglichkeit eines gestörten Wohlbefindens gegeben ist. Letztere Eingriffsschwelle wird vom Deutschen Institut für Bautechnik praktisch als „vorbeugende Gefahrenabwehr“ interpretiert.

Im Einklang zur EG-Bauprodukten-Richtlinie ist es erklärtes Ziel der Landesbauordnungen, die Gesundheit von Gebäudenutzern zu schützen. In Analogie zum o.a. *EU-Grundlegendokument Nr. 3*, in dem die Vermeidung und Begrenzung von Schadstoffen in Innenräumen, z.B. von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC), explizit genannt werden (EC, 1994), hat der Koordinierungsausschuss 03 des Normenausschusses Bauwesen einen „Leitfaden zur Beurteilung von Bauprodukten unter Gesundheitsaspekten“ erarbeitet, der der Konkretisierung der gesundheitlichen Anforderungen gem. Musterbauordnung dienen soll.

Bauprodukte dürfen aufgrund der in § 17 MBO entsprechenden Regelungen der Landesbauordnungen nur verwendet werden, wenn sie

- a) von den in der vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) bekannt gemachten Bauregelliste A Teil 1 genannten technischen Regeln nicht oder nicht wesentlich abweichen (geregelt Bauprodukte) und das Ü-Zeichen tragen oder
- b) einen Verwendbarkeitsnachweis in Form
 - einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (§ 18 MBO) des DIBt
 - eines allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses (§ 19 MBO) einer dafür anerkannten Stelle
 - einer Zustimmung im Einzelfall der obersten Bauaufsichtsbehörde (§ 20 MBO) aufweisen, soweit sie von technischen Baubestimmungen wesentlich abweichen oder es solche oder allgemein anerkannte Regeln der Technik nicht gibt (nichtgeregelt Bauprodukte) und das Ü-Zeichen tragen oder
- c) nach den Vorschriften des Bauproduktengesetzes oder den Vorschriften anderer Mitgliedstaaten zur Umsetzung der Bauproduktenrichtlinie oder anderer EG-Richtlinien, soweit diese die o.g. wesentlichen Anforderungen berücksichtigen, in Verkehr gebracht werden dürfen und die CE-Kennzeichnung aufgrund der Bauproduktenrichtlinie tragen und dieses Zeichen die national erforderlichen Klassen und Leistungsstufen des Produkts ausweist.

Ausgenommen von diesen Regelungen sind sonstige Bauprodukte, die von allgemein anerkannten Regeln der Technik nicht abweichen, und Bauprodukte, für die es technische Regeln nicht gibt und die für die Erfüllung baurechtlicher Anforderungen nur untergeordnete Bedeutung haben und in die Liste C aufgenommen worden sind, die ebenfalls das DIBt bekannt macht.

Bestimmte, in Bauregelliste A Teil 2 genannte Bauprodukte, die nicht geregelt sind und nicht der Erfüllung wesentlicher Anforderungen dienen, sowie Bauprodukte, für die es Technische Baubestimmungen oder technische Regeln nicht oder nicht für alle Anforderungen gibt, und die hinsichtlich dieser Anforderungen nach allgemein anerkannten Prüfverfahren beurteilt werden können, benötigen als Verwendbarkeitsnachweis nur ein *allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis*.

Geregelte und nichtgeregelte Bauprodukte unterliegen - in Anlehnung an die europäischen Vorschriften - einem in der Bauregelliste, der jeweiligen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung oder der Zustimmung im Einzelfall vorgeschriebenen Verfahren zum Nachweis der Übereinstimmung mit den ihnen zu Grunde liegenden technischen Regeln in Form einer Übereinstimmungserklärung des Herstellers mit („ÜHP“) oder ohne („ÜH“) vorheriger Prüfung des Bauprodukts durch eine anerkannte Prüfstelle oder eines Übereinstimmungszertifikats („ÜZ“) einer anerkannten Zertifizierungsstelle.

Die Übereinstimmung des Produkts mit der dafür maßgebenden technischen Regel, der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung, dem allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis oder der Zustimmung im Einzelfall dokumentiert der Hersteller durch Kennzeichnung des Produkts mit dem Übereinstimmungszeichen Ü aufgrund der Bestimmungen der Übereinstimmungszeichen-Verordnungen der Länder. Das Ü-Zeichen darf auch auf der Verpackung, einem Beipackzettel, dem Lieferschein oder einer Anlage zum Lieferschein aufgebracht werden.

Nationales Schutzniveau

Bauaufsicht dient primär der *Abwehr von Gefahren* für die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere für Leben und Gesundheit, die von baulichen Anlagen ausgehen können. Diese in allen Landesbauordnungen enthaltene generelle Regelung zur Gefahrenabwehr wird durch zahlreiche Vorschriften in den Landesbauordnungen, z.B. zur Standsicherheit, zum Brandschutz, Wärmeschutz, Schallschutz, Erschütterungsschutz oder zur Verkehrssicherheit, die die Sicherheitsanforderungen im Einzelnen konkretisieren, ergänzt.

Dieses Ziel der reinen Gefahrenabwehr wurde im Laufe des 20. Jahrhunderts, verstärkt in jüngster Zeit insbesondere auch von der Umweltpolitik um Aspekte der *Vorsorge* erweitert. In der Diskussion um bauordnungsrechtliche Regelungen geht es heute nicht mehr um die bloße Sicherung einer möglichst ungefährdeten und menschenwürdigen Existenz, sondern um eine „angemessene“, am sozioökonomischen Entwicklungsstand orientierte und damit entsprechend hochwertige Versorgung.

Auch im Bereich der Gefahrenabwehr ist eine Abwägung zwischen sicherheitstechnischen Minimalforderungen (Grundstandard) und ihren Wirkungen zu vollziehen (Gebot der Verhältnismäßigkeit von Maßnahmen). Die gesellschaftliche Akzeptanz des Risikos sollte den für die Vermeidung von Schäden oder die Schadensbegrenzung betriebenen Aufwand („Mindestanforderungen“) bestimmen. Diese Abwägungen erfordern die systematisch-empirisch belegte Kenntnis von Versagens- bzw. Schadenseintrittswahrscheinlichkeiten, Schadenshöhen und Maßnahmen und Kosten zur Schadensbegrenzung und Schadensbeseitigung.

4.2.3.3 Chemikalienrecht

Auf EU-Ebene gibt es eine Reihe von Richtlinien zu Chemikalien, die z.T. auch die Bauprodukte als „Erzeugnisse“ betreffen. Dazu zählen vor allem die Richtlinien zur Regelung des Inverkehrbringens von Chemikalien, z.B. die Richtlinie über Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung gewisser gefährlicher Stoffe und Zubereitungen (76/769/EWG in der jeweils geltenden Fassung) oder die Richtlinie über das Inverkehrbringen von Biozid-Produkten (98/8/EG) vom 15.02.1998.

In Deutschland erfolgen die Anforderungen nach dem Chemikalienrecht auf der Grundlage des *Chemikaliengesetzes* – *ChemG* (i.d.F. der Bekanntmachung vom 20.06.2002), mit dem die meisten der o.a. EG-Richtlinien in nationales Recht umgesetzt wurden.

§ 17 ChemG sieht eine Reihe von Möglichkeiten für Verbote und Beschränkungen von bestimmten gefährlichen Stoffen, bestimmten gefährlichen Zubereitungen oder Erzeugnissen vor, um den Menschen und die Umwelt vor schädlichen Einwirkungen durch diese zu schützen.

Mit der *Chemikalien-Verbotsverordnung* (i.d.F. der Bekanntmachung vom 13.06.2003) wurde u.a. das Inverkehrbringen bestimmter Holzwerkstoffe verboten, wenn durch das Ausgasen von *Formaldehyd* eine bestimmte Konzentration in der Innenraumluft (0,1 ml/m³) überschritten wird. Weitere entsprechende Verbote bzw. Beschränkungen bestehen im Hinblick auf das Vorkommen von *Quecksilber, Arsen, zinnorganischen Verbindungen, Pentachlorphenol, Teeröle* oder *krebserzeugenden, erbgutverändernden und fortpflanzungsgefährdenden Stoffen*, von denen auch Bauprodukte betroffen sind.

Auf der Grundlage der Ermächtigungen von § 17 ChemG könnte daran gedacht werden, das Inverkehrbringen bestimmter Bauprodukte zur Verwendung in Innenräumen, die den Anforderungen des AgBB-Schemas nicht entsprechen, zu verbieten oder zu beschränken. Eine solche Vorschrift würde formal aus EU-Sicht des Tatbestand eines Handelshemmnisses erfüllen und müsste gegenüber der EU notifiziert werden. Zum Schutz der Umwelt und Gesundheit in Deutschland ist eine solche nationale Regelung grundsätzlich rechtlich durchsetzbar, falls die EU selbst darauf verzichten sollte, eine entsprechende EU-Regelung zu erlassen.

Biozid-Produkte dürfen nach § 12b Abs. 1 Nr. 2c ChemG u.a. nur zugelassen werden, wenn das Biozid-Produkt unter Berücksichtigung einer Exposition über die „Luft in Innenräumen ... keine ... unannehmbaren Auswirkungen auf die Gesundheit von Mensch oder Tier hat.“

Zur weiteren Verbesserung des Gesundheitsschutzes hat die Europäische Kommission eine neue Verordnung zur Registrierung, Evaluierung, Beschränkung und Autorisierung von Chemikalien (REACH) vorgelegt, die gegenwärtig in der Gesetzgebung von Parlament und Rat sich befindet. Mit der REACH-Verordnung sollen vor allem die im Bereich der sog. Altstoffe bestehenden Wissenslücken über deren human- und ökotoxikologische Eigenschaften geschlossen werden (s. Abschnitt 2.1).

Die geplante REACH-Verordnung sieht vor, dass in Europa jeder Hersteller bzw. Importeur ab einer Jahrestonne bestimmte Daten – abhängig von Tonnage und Exposition – über intrinsische Eigenschaften eines Stoffes bei der neu zu gründenden Chemikalienagentur im Rahmen eines Registrierungs dossiers vorlegen muss. Die einzelnen Stoffe können dann durch die nationalen Behörden bewertet werden. Bei Bedarf werden für bestimmte Stoffe Beschränkungen erlassen. Verwendungen von Hochrisikostoffen, die etwa krebserzeugend oder erbgutschädigend sind, können von einer Zulassung abhängig gemacht werden.

Hierdurch wird ein risikoorientiertes Chemikalienmanagement ermöglicht und die aufgezeigten Mängel des geltenden Systems werden beseitigt oder zumindest reduziert.

REACH wird für das Thema Indoor-Pollution gewichtige Verbesserungen zur Folge haben. Mit der Altstoffprüfung einher geht ein Chemikalien-Sicherheitsbericht, der von den Herstellern der Chemikalien zu erstellen ist. In diesem Sicherheitsbericht sind die Ergebnisse der Tests (intrinsische Wirkung der jeweiligen Stoffe) mit den voraussichtlichen Verwendungs- und Expositionsbedingungen der Stoffe abzugleichen. Diese Informationen sind dann in Form verbesserter Sicherheitsdatenblätter entlang der Lieferkette auch den sog. down-stream-user zur Kenntnis zu geben. Der Hersteller einer Farbe, einer Textilie oder eines Möbels, der in seine Produkte auch Chemikalien einbringt, bekommt für diese Stoffe durch REACH zukünftig eine große Menge an zusätzlichen Informationen (gegenüber heute). Diese Informationen kann er, im Rahmen seiner Eigenverantwortung im Sinne der Produktverbesserung einsetzen. Wenn er Informationen über Risiken, die er dem verbesserten Sicherheitsdatenblättern der Stoffhersteller entnehmen kann, nicht zur Kenntnis nimmt oder sogar missachtet, dann läuft er in ein eigenes Haftungsrisiko.

Entnimmt der Produkthersteller dem Sicherheitsdatenblatt, dass der von ihm verwendete Stoff nicht für den Indoorbereich vom Hersteller her vorgesehen ist, so kann dies unterschiedliche Gründe haben. Er hat nach REACH die Möglichkeit, eine Prüfung vom Stoffhersteller zu verlangen, ob der Stoff doch für den Indoorbereich geeignet ist. Wenn er diese Prüfung nicht anregen will, kann er diese Prüfung auch selbst vornehmen lassen. Wichtig ist, dass durch REACH mehr Transparenz in die Verwendung von Chemikalien kommen wird und das gerade die mittelständischen Hersteller einen Informationszugewinn haben werden.

4.3 Maßnahmen gegen Schimmelpilzbefall

Die wichtigste Voraussetzung für das Wachstum von Schimmelpilzen ist das Vorhandensein von Feuchtigkeit, was meist auf bauliche Mängel und/oder falsches Nutzverhalten zurückgeführt werden kann. Fachgerechte bauseitige Maßnahmen und vernünftiges Raumnutzerverhalten müssen zusammenwirken, um eine Wohnung frei von Schimmelpilzwachstum zu halten. Beide Aspekte werden im Folgenden ausgeführt.

Bauseitige Maßnahmen

Grundvoraussetzung für eine Wohnung ohne Schimmelpilzwachstum ist eine Errichtung des Gebäudes nach dem Stand der Technik.

Für die Vermeidung von Feuchteschäden als wesentliche Voraussetzung für mögliches Schimmelpilzwachstum sind besonders folgende Maßnahmen zu erwähnen:

- Mindestwärmeschutz (DIN 4108-2:2001-03)
- Schutz vor Schlagregen (DIN 4108-3)
- Abdichtung gegenüber aufsteigender Bodenfeuchte (DIN 18195)
- Regelgerechte Dachkonstruktion (Handwerkliche Richtlinien)
- Wasserdichte Installationen

Der bauaufsichtlich geforderte Mindestwärmeschutz ist in DIN 4108-2:2001-03 „Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz“ konkretisiert. DIN 4108-2 ist als technische Baubestimmung bauaufsichtlich eingeführt. In Abschnitt 6.2 der Norm werden Hinweise zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung angegeben. Hiernach ist eine besondere Aufmerksamkeit auf den Bereich der Wärmebrücken zu richten. Die Norm gibt vereinfachte Nachweisverfahren für die Einhaltung der Anforderungen an. Für bestimmte Konstruktionen enthält DIN 4108 Beiblatt 2 einige Ausführungsdetails.

Bei Beachtung der Vorgaben dieser Norm ist davon auszugehen, dass bei üblicher Raumnutzung Schäden durch Schimmelpilzwachstum im Allgemeinen nicht auftreten.

Die Berechnungen zur notwendigen Wärmedämmung hatten in der Vergangenheit als wichtigstes Kriterium die Vermeidung von Tauwasserbildung vorgegeben (Tauwasserkriterium). Basierend auf der Erkenntnis, dass ein Wachstum von Schimmelpilzen bereits bei einer Luftfeuchtigkeit von ca. 80 % an der Materialoberfläche möglich ist, wurde in der DIN 4108-2:2001 eine weiterreichende Forderung dadurch aufgestellt, dass in die Norm weitergehende Vorgaben zur Berechnung von Wärmedämmmaßnahmen aufgenommen wurden, um Schimmelpilzwachstum auszuschließen (Schimmelpilzkriterium).

Bei vielen wärme gedämmten Häusern ist diese weitergehende Anforderung noch nicht erfüllt, und es kann vor allem bei Raumnutzungen mit erhöhter Feuchtigkeitsproduktion oder ungünstiger Luftzirkulation (vgl. B-2) zu Schimmelpilzwachstum kommen.

Richtiges Lüftungs- und Heizverhalten

Der Wohnungsnutzer kann durch sein Verhalten dazu beitragen, dass Schimmelpilze in der Wohnung keine günstigen Wachstumsbedingungen finden. Durch richtiges Lüften und Heizen kann die Feuchtigkeit im Gebäude begrenzt werden. Die relative Feuchte der Luft im Gebäude sollte dauerhaft 65-70 % (direkt über Materialien < 80 %) nicht überschreiten.

Wichtig ist, dass die Feuchtigkeit, die durch die Aktivitäten im Raum entsteht (z.B. Feuchtigkeitsabgabe des Menschen, Duschen, Kochen, Waschen), durch regelmäßiges Lüften nach außen abgeführt wird.

Luftfeuchtigkeit und Lüftung

Die Möglichkeit, durch Lüftung Feuchtigkeit aus dem Raum zu entfernen, beruht darauf, dass Luft abhängig von der Temperatur unterschiedliche Mengen Wasserdampf aufnehmen kann. Der maximal mögliche Wassergehalt der Luft nimmt mit der Temperatur stark zu. Warme Luft enthält bei gleicher relativer Feuchte viel mehr Wasser als kalte Luft. Kalte Außenluft im Winter enthält wenig Wasser, auch wenn ihre relative Feuchte hoch ist.

Luft ist also in der Lage mehr Wasser aufzunehmen, wenn sie erwärmt wird. Dies kann ausgenutzt werden, um Feuchtigkeit durch Luftaustausch aus einem Raum abzuführen. Wird zum Beispiel Wasserdampf-gesättigte Außenluft mit einer Temperatur von 5 °C in einen Raum eingebracht und mit einer Temperatur von 20°C und einer relativen Feuchte von 60% wieder hinaus gefördert, dann werden je kg Luft $8,7 - 5,5 = 3,2$ g Wasser nach außen transportiert. Hier erkennt man die Möglichkeit, die Feuchtigkeit in einem Raum durch Lüftung zu reduzieren.

Je schlechter die Wärmedämmung der Außenwände ist oder je mehr bauliche Fehler bei der Gebäudekonstruktion gemacht wurden (z.B. in Form von Wärmebrücken) und je schlechter Außenwände durch zirkulierende Raumluft erwärmt werden, zum Beispiel hinter Schränken

oder hinter Wandverkleidungen, um so niedriger ist im Winter die Oberflächentemperatur dieser Außenwände. Damit nimmt die relative Feuchte an der Innenwandoberfläche und die Gefahr der Tauwasserbildung entsprechend zu.

Daher sollten an Außenwänden, vor allem bei ungenügender Wärmedämmung, keine dicht abschließenden Möbelstücke, Bilder oder schwere Gardinen aufgestellt bzw. aufgehängt werden. Als Richtschnur kann ein Mindestabstand von ca. 10 cm angesehen werden.

Bei Kellerräumen ist die Wandtemperatur auch im Sommer häufig niedrig. Da aber die absolute Feuchte der Außenluft im Sommer oft hoch ist, wäre dann häufiges Lüften mit Außenluft zum „Abtrocknen“ falsch, weil immer mehr Feuchtigkeit in den Raum eingetragen wird und an den kalten Wänden kondensiert.

In Kellerräumen, die nur als Lager dienen und nicht für den längeren Aufenthalt von Personen bestimmt sind, wird Schimmelpilzbefall häufig in Kauf genommen. Abhilfe wäre nur möglich durch bessere Wärmedämmung, durch Beheizen oder durch Trocknen der Raumluft. Keller, in denen Schimmelpilz nicht verhindert wird, sollten aber keine direkte Verbindung zum übrigen Gebäude haben, etwa durch Treppen, Schächte oder nicht abgedichtete Öffnungen in der Kellerdecke.

Bei vielen älteren Gebäuden sind die Undichtigkeiten in der Gebäudehülle noch immer so groß, dass selbst bei geschlossenen Fenstern und Türen zweifache Luftwechsel je Stunde keine Seltenheit sind und der Luftaustausch bei geschlossenen Fenstern zur Erneuerung der Raumluft völlig ausreicht. Hier kann zeitweise eher zu trockene Luft im Winter ein Problem sein.

Bei neuen Gebäuden werden die Außenwände und die Fenster besser wärmegeklämt. Das ist ein Vorteil, da damit die Wände wärmer sind und die Gefahr der Kondenswasserbildung geringer wird. Gleichzeitig wird aber der Luftaustausch durch dichtere Wände und dichtere Fenster reduziert. Dadurch steigt die relative Feuchte im Gebäude und kann, obwohl die Oberflächentemperaturen durch bessere Wärmedämmung höher liegen, an den Innenflächen der Außenwänden kritische Werte erreichen. Das lässt sich durch Reduzierung der Feuchtequellen, mehr aktive Lüftung über die Fenster oder maschinelle Lüftung verhindern.

Besonders in älteren Gebäuden haben Fenster oft eine schlechtere Wärmedämmung als die Wände. Das hat den Vorteil, dass Tauwasserbildung zuerst am Fenster auftritt und damit ein Hinweis gegeben wird, dass mehr geheizt und/oder mehr gelüftet werden muss.

Bei dicht schließenden Fenstern mit besserer Wärmedämmung als bei den Wänden sind nicht mehr die Fenster sondern die Außenwände (vor allem die Außenecken) die kältesten Stellen und damit die Stellen mit der höchsten relativen Feuchte. Dort wird eventuell auftretendes Kondenswasser meist nicht so schnell erkannt als bei „beschlagenen“ Fensterscheiben. Bei dicht schließenden, gut wärmegeprägten Fenstern sollte daher vorsorglich vermehrt gelüftet werden. Man kann auch Feuchtigkeitsmessgeräte zur Beurteilung heranziehen, sollte dabei aber bedenken, dass einfache Feuchtemessgeräte sehr unzuverlässig sein können und häufig durch Anzeige von mehreren Stellen nach dem Komma eine unberechtigte Genauigkeit vortäuschen. Es wurde auch der Vorschlag gemacht, mindestens ein kleines schlecht gedämmtes Fenster mit Kondensatablauf bei Sanierungen als Feuchte-Indikator zu erhalten, falls die Fenster besser wärmegeprägt sind als die Wände.

Luftaustausch im Gebäude

Der Luftaustausch in einem Gebäude kann auf zwei Arten erfolgen:

1. durch freie oder natürliche Lüftung durch Türen, Fenster und Undichtigkeiten in der Außenhülle des Gebäudes oder
2. durch maschinelle Lüftung mit Ventilatoren.

Bei der freien oder natürlichen Lüftung entsteht die Luftbewegung durch Auftriebskräfte infolge von Temperaturunterschieden zwischen innen und außen oder durch Druckunterschiede am Gebäude durch Wind.

Raumluftechnische Anlagen

Raumluftechnische Anlagen lassen sich einteilen in einfache Be- und Entlüftungsanlagen und die sogenannten Klimaanlage, die die Luft zusätzlich kühlen und befeuchten können.

Der Vorteil von raumluftechnischen Anlagen besteht in dem garantierten Mindestluftaustausch, unabhängig von der Witterung.

Die Zu- und Abluftsysteme mit Wärmerückgewinnung stellen eine einfache Ausführungsform einer raumluftechnischen Anlage dar. Sie sind vor allem im Wohnbereich anzutreffen. Die Anlagen haben nur die Funktionen Lüften und Heizen, wobei das Lüften gleichzeitig die Abfuhr von Luftverunreinigungen und Feuchtigkeit aus dem Gebäude bewirkt. Problemzonen mit hohen relativen Feuchten und der Gefahr von Pilzwachstum können bei diesen Anlagen entweder in den erwähnten Erdwärmetauschern im Frühjahr/Sommer oder auf den Filtern am Eintritt in den Erdwärmetauscher bei hoher relativer Luftfeuchte im Winter bestehen.

Anlagen, die die zusätzlichen Funktionen Kühlen und Befeuchten haben („Klimaanlagen“), arbeiten ihrer Aufgabe entsprechend in Bereichen hoher relativer Feuchten und können deshalb auch zu Problemen Anlass geben. Wie solche Anlagen aus hygienischer Sicht geplant und betrieben werden sollten, wird in der *VDI-Richtlinie 6022* beschrieben. Die Angaben reichen von der richtigen Wahl des Ortes der Luftansaugung über die Sauberkeit der Luftleitungen bis zum richtigen Umgang mit Befeuchtern und Filtern. Raumluftechnische Anlagen sollten regelmäßig durch geschultes Personal gewartet werden.

Maßnahmen

Bei nachweislichem Schimmelpilzwachstum im Innenraum sollten die Ursachen hierfür ermittelt und beseitigt sowie die befallenen Stellen saniert werden. Eine Schimmelpilzsanieung ohne Beseitigung der Ursachen ist nicht sinnvoll, da früher oder später mit einem erneuten Schimmelpilzwachstum zu rechnen ist. Daher ist es unerlässlich, bei der Begehung die Ursachen für das Schimmelpilzwachstum aufzuklären.

Die Sanierung von schimmelpilzbefallenen Materialien muss das Ziel haben, die Schimmelpilze vollständig zu entfernen. Eine bloße Abtötung von Schimmelpilzen reicht nicht aus, da auch von abgetöteten Schimmelpilzen allergische und reizende Wirkungen ausgehen können.

Voraussetzung für Schimmelpilzwachstum ist in jedem Fall eine erhöhte Feuchte an bestimmten Stellen in der Wohnung. Solche hohen Feuchten können prinzipiell durch folgende Hauptursachen bedingt sein:

- Akute Feuchteschäden durch Rohrbruch, Überschwemmung u.ä.
- Feuchteschäden durch defekte Dächer insbesondere Flachdächer, Dachrinnen und Fallrohre
- Baufeuchte im Neubaufall oder nach Sanierung durch ungenügendes Austrocknen vor Erstbezug oder ungenügende (dem Feuchteanfall nicht angepasste) Lüftung.
- Erhöhte Feuchte durch ungenügende Abdichtung wie z.B. fehlende Horizontalsperre (Durchfeuchtung bei Schlagregen, aufsteigende Bodenfeuchte)
- Erhöhte Feuchte durch Oberflächentauwasser (Wärmebrücken, hohe Luftfeuchtigkeit) oder, seltener, durch inneren Tauwasserausfall (z.B. an Schichtgrenzen).

Besonders problematisch ist die Durchfeuchtung bei feinporige Materialien wie z. B. Sandstein, Holz, Spanplatten oder Isoliermaterial. Bei ihnen wird die materialbegünstigte hohe Feuchtigkeit lange Zeit aufrechterhalten.

Nur im Falle der akuten Feuchteschäden ist die Ursache direkt bekannt. Es sollten so schnell wie möglich Abhilfemaßnahmen eingeleitet werden. Wichtig dabei ist eine rasche und vollständige Trocknung der betroffenen Bereiche um zu verhindern, dass sich Schimmelpilze ansiedeln und wachsen.

Am häufigsten tritt Schimmelpilzwachstum im Zusammenhang mit Tauwasserbildung an Oberflächen auf. In diesem Falle kann die Ursache ebenfalls in einem Baufehler (z.B. Wärmebrücken) liegen, es können aber auch falsches Nutzerverhalten oder eine Kombination beider Ursachen vorliegen.

Schimmelpilzschäden aufgrund von Tauwasserbildung an Oberflächen treten oft in Gebäuden auf, die nachträglich saniert worden sind, um eine bessere Wärmedämmung zu erreichen (dichte Fenster, Wanddämmungen) oder die bereits entsprechend den aktuellen Wärmeschutzvorschriften gebaut worden sind. Durch die erhöhte Dichtigkeit der Fenster wird der natürliche Luftaustausch reduziert. Die im Raum entstehende Feuchtigkeit muss in diesen Wohnungen durch vermehrtes Lüften abgeleitet werden (vgl. B-2). Bei manchen sehr dichten Konstruktionen und Nutzeraktivitäten mit hoher Feuchtigkeitsabgabe muss über eine technische Lösung zur Regelung der Lüftung nachgedacht werden, da die Feuchtigkeit auch

durch mehrmaliges kurzzeitiges Lüften nicht ausreichend abgeleitet werden kann (z. B. Bäder mit indirekter Belüftung).

Früher waren Fenster die Bauteile mit dem höchsten Wärmeaustrag und der stärksten Abkühlung (kälteste Bauteile) in der Wohnung. War die Luft im Innenraum zu feucht, machte sich dies durch Tauwasserbildung an den Fenstern bemerkbar und man wusste, dass vermehrt gelüftet werden muss. Nach dem Einbau von dichten Fenstern, ist der kälteste Punkt in der Wohnung nicht mehr die Fensterscheibe, sondern eine andere Stelle im Raum (z.B. Außenwände und speziell Außenecken). Kommt es dort zu Tauwasserbildung wird dies oft erst bemerkt, wenn sich bereits Schimmelpilze ausgebreitet haben.

Wird vorschriftsmäßig nach DIN 4108 gebaut bzw. wärmegeklärt, so dürfen diese kältesten Punkte im Raum bei "normaler Raumnutzung" keine Probleme mit Tauwasserbildung aufweisen.

Um das Schimmelpilzwachstum in Wohnungen weitestgehend zu vermeiden, bedarf es vor allem einer guten Information von Bauträgern, Hausbesitzern und Mietern von Wohnungen. Die Informationsschriften, die das Umweltbundesamt dazu herausgibt, dienen diesem Ziel (vergl. Kapitel 4.4).

4.4 Information der Öffentlichkeit

Ein wichtiges Instrument zur Verbesserung der Luftqualität in Innenräumen ist die Information der Öffentlichkeit über mögliche Belastungen, ihre Ursachen und Möglichkeiten zu ihrer Vermeidung oder Verringerung. Wer gut informiert ist, kann sich auch am besten selbst schützen, zumal jeder Innenraum sich vom anderen unterscheidet und die Quellen der Belastungen sehr unterschiedlich sein können. Oft liegt es auch am eigenen Verhalten, ob übermäßige Luftbelastungen in Innenräumen auftreten (s. Kapitel 2).

Das Umweltbundesamt hat sich dieser wichtigen Aufgabe angenommen und die folgenden Informationsschriften herausgegeben:

4.4.1 Schimmelpilz-Leitfaden und Schimmelpilzsanierungs-Leitfaden

Über den Leitfaden des UBA zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen („Schimmelpilz-Leitfaden“) sowie die kurzgefasste Broschüre zum Thema „Hilfe! Schimmel im Haus“ wurde bereits in den Abschnitten 2.2.1 und 4.3 ausführlich berichtet.

Als weitere Broschüre zu dieser Problematik wird z.Z. im Rahmen der Innenraumlufthygiene-Kommission beim Umweltbundesamt an einem *Schimmelpilzsanierungsleitfaden* gearbeitet, der voraussichtlich im Jahr 2005 veröffentlicht werden wird und sich an Bauträger, Planer, Architekten, Behörden, Gutachter, aber auch an fachlich interessierte Bürger wendet. Er enthält zahlreiche Vorschläge und konkrete Beispiele, wie das Auftreten von Schimmelpilz in Wohnungen verhindert bzw. beseitigt werden kann.

4.4.2 Leitfaden des UBA zum Phänomen „Schwarze Wohnungen“ („Fogging-Leitfaden“)

Mitte der neunziger Jahre erreichten das Umweltbundesamt erstmalig Informationen über plötzliche schwarze Staubablagerungen in Wohnungen. Wände, Decken und Einrichtungsgegenstände waren – manchmal innerhalb von Tagen, zumeist innerhalb weniger Wochen - mit einem ruß-ähnlichen Schmierfilm überzogen. Selten war ein Raum, meist waren mehrere Räume der Wohnung betroffen. Die Schäden reichten von einzelnen Flecken bis zu größeren Verschmutzungen, die aussahen, als hätten in der Wohnung Schwelbrände stattgefunden. Bis Anfang 2003 sind dem Umweltbundesamt inzwischen an die Tausend Fälle plötzlicher Schwarzstaubablagerungen in Wohnungen - manchmal auch als Phänomen „Schwarze Wohnungen“ oder „Fogging-Effekt“ bekannt geworden.

Die Ursachen und gesundheitlichen Wirkungen des Fogging-Effekts sind noch nicht vollständig bekannt. Nach dem Fogging-Leitfaden des Umweltbundesamtes „Angriff des schwarzen Staubes – das Phänomen ‚schwarze Wohnungen‘ – Ursachen- Wirkungen – Abhilfe“ wurden bis Ende 2001 insgesamt 287 Fälle ausgewertet; hier die wichtigsten Ergebnisse (s. Internet: <http://www.umweltbundesamt.org/fpdf-l/2276.pdf>)

- Die Ablagerungen wurden von den Befragten überwiegend als „ölig-schmierig“ und „schwarzgrau“ bezeichnet. Sie traten nahezu ausschließlich während der Heizperiode auf.
- Die Ablagerungen traten grundsätzlich in allen Räumen auf, wobei das Wohnzimmer oftmals am stärksten betroffen war.

- Grundsätzlich konnten alle Flächen in der Wohnung betroffen sein. Der schwarze Staub setzte sich jedoch hauptsächlich oberhalb von Heizkörpern, an Gardinen und Vorhängen, auf Fensterrahmen, Kunststoffflächen, an elektrischen Geräten sowie auf der Innenseite von Außenwänden ab.

Da das Problem in aller Regel im Zusammenhang mit der erfolgten Durchführung von Bau- und Renovierungsarbeiten in Erscheinung tritt, müssen hierin die Hauptgründe liegen. Viele Hersteller von Bau- und Renovierungsprodukten sowie Einrichtungsgegenständen sind seit einigen Jahren bestrebt, anstelle leichtflüchtiger organischer Verbindungen (VOC) vermehrt schwerflüchtige organische Verbindungen (SVOC) als Lösemittel oder Additive einzusetzen.

Schwerflüchtige organische Verbindungen können aus Produkten, die bei Renovierung oder Neubau von Wohnungen zum Einsatz kommen, in die Raumluft gelangen. Insbesondere Weichmacherverbindungen („Phthalate“), langkettige Alkane, Alkohole, Fettsäuren und Fettsäureester spielen hierbei eine Rolle. Diese schwerflüchtigen organischen Verbindungen können unter anderem in

- • Farben (auch in als „lösemittelfrei“ bezeichneten Farben) und Lacken,
- • Fußbodenklebern,
- • PVC-Bodenbelägen,
- • Vinyltapeten,
- • Kunststoff-Dekorplatten und
- • Holzimitat-Paneelen

enthalten sein.

Auch Kunststoffoberflächen zum Beispiel von Möbeln können Weichmacher enthalten, die an die Raumluft abgegeben werden können.

Die schwerflüchtigen organischen Verbindungen können sich offensichtlich unter bestimmten Bedingungen mit den im Raum vorhandenen Schwebstaubpartikeln zu größeren Teilchen verbinden und sich dann als schmierige Beläge in der Wohnung absetzen. Fachleute sprechen hier von einem „Fogging- Effekt“ (Fog = englisch Nebel). Schmierige Beläge können aber auch beim Vorbeiströmen des luftgetragenen Staubes auf weichmacherhaltigen Oberflächen auftreten. In diesem Fall spricht man vom „Klebefilm-Effekt“.

Schwerflüchtige organische Verbindungen führen allein noch nicht zu Schwarzstaubablagerungen, sondern es müssen noch andere auslösende Faktoren hinzu kommen. Soweit bisher bekannt, sind die wichtigsten Einflussfaktoren für „Schwarze Wohnungen“:

- *Renovierungseinflüsse:*
Einträge schwerflüchtiger organischer Verbindungen über „Fogging-“, und/oder „Klebefilmeffekte“.
- *Bauliche Gegebenheiten:*
Wärmebrücken, „kalte“ Wandflächen, ungünstige strömungstechnische Einflüsse, intensive Abdichtung der Gebäudehülle und damit Verringerung des natürlichen Luftaustauschs.
- *Raumausstattung:*
Materialien, die zusätzlich Weichmacher abgeben, wie PVC-haltige Dekorplatten, Weichmacher enthaltende Möbel etc.
- *Raumnutzung:*
Entstehung schwerflüchtiger organischer Verbindungen durch brennende Öllämpchen und/oder rußende Kerzen in Verbindung mit nur periodischem Heizen, unzureichendem Lüften (bei stark abgedichteten Gebäuden von Bedeutung) und/oder erhöhten Staubkonzentrationen in der Raumluft.
- *Raumklimatische- und Witterungseinflüsse:*
zu geringe Luftfeuchtigkeit, erhöhte Elektrostatik der Luft.

Von Schwarzstaubablagerungen geht nach gegenwärtigem Kenntnisstand keine unmittelbare Gesundheitsgefahr aus. Die Konzentrationen an Problemstoffen – schwerflüchtige organische Verbindungen, wie Weichmacher - sind in den betroffenen Wohnungen nur geringfügig gegenüber nicht betroffenen Wohnungen erhöht. Die Konzentrationen liegen nach bisherigem Kenntnisstand deutlich unterhalb der Schwelle einer möglichen akuten Gesundheitsgefahr.

Trotzdem empfiehlt sich aus Vorsorgegründen – ganz zu Schweigen vom „ästhetischen“ Problem der unansehnlichen Wohnung – die Ursachen zu klären und die Ablagerungen zu beseitigen.

Weisen die Ablagerungen jedoch erhöhte Konzentrationen an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen („PAK“) oder von Ruß auf (beides entsteht bei Verbrennungsvorgängen), kann ein Gesundheitsrisiko gegeben sein.

In einem Forschungsvorhaben im Rahmen des UFOPLANs 2005 sollen über gezielte Prüfkammermessungen weitere Aufklärungen des Sachverhaltes über Ursachen und Maßnahmen zur Vermeidung des Fogging-Effektes erfolgen (s. Kapitel 4.5.2).

4.4.3 Leitfaden des UBA für die Innenraumlufthygiene in Schulgebäuden

Dieser Leitfaden, der bereits im Jahr 2000 veröffentlicht worden ist, soll den Verantwortlichen und Nutzern von Schulen helfen, mögliche Innenraumluftprobleme zu erkennen, sie besser als bisher einschätzen zu können und bei Bedarf erste

Minimierungsschritte bzw. Strategien zur Vermeidung von Innenraumluftbelastungen entwickeln zu können (s.Internet: <http://www.umweltbundesamt.org/fpdf-l/1824.pdf>).

Der Leitfaden wendet sich an Lehrer, Schüler und Eltern als direkt oder indirekt Betroffene auf der einen Seite, sowie an die Schulträger und die in Aufsichtsbehörden , Bauämtern, Gesundheits- und Umweltämtern für den Schulbereich verantwortlichen Personen auf der anderen Seite.

Der Leitfaden bietet auch Informationen für alle Berufsgruppen, die an der Planung, Errichtung, Renovierung oder Sanierung von Schulgebäuden beteiligt sind.

Die in Schulgebäuden beobachteten Innenraumbelastungen sind auf verschiedene Ursachen zurückzuführen, wie zum Beispiel bauliche Mängel, Fehler in der Lüftungstechnik, unsachgemäßes Lüftungsverhalten oder die Verwendung bestimmter Bauprodukte, Einrichtungsgegenstände oder auch Reinigungsprodukte.

4.4.4 Umweltzeichen „blauer Engel“

Ein weiteres wichtiges Instrument zur Information der Öffentlichkeit sind Verbraucherkennzeichen, mit denen der Kauf von Produkten beeinflusst werden soll (s. Internet: <http://www.blauer-engel.de>)

Die Emissionen von Schadstoffen aus Materialien, die in Innenräumen eingesetzt werden (Bauprodukte, Innenraumausstattungen, Gegenstände des täglichen Gebrauchs, wie Kosmetika etc.), sollten auf ein Mindestmaß reduziert oder gänzlich zu vermieden werden, sofern dies möglich ist.

Beiden Ansprüchen (Verringerung oder Vermeidung der Emissionen) kann u.a. durch Produktkennzeichnungen Rechnung getragen werden, die gesundheitliche Aspekte einbeziehen. Solche Produktkennzeichnungen und –empfehlungen werden z.B. mit dem bereits seit 25 Jahren von der Jury Umweltzeichen verliehenen „blauen Engel“ und anderen Gütezeichen gemacht. Nachfolgend sind einige innenraumrelevante Umweltzeichen genannt:

Emissionsarme Produkte in der Wohnumwelt		
RAL-UZ 34	Insektizidfreie Schädlingsbekämpfungsmittel für	weil ohne giftige Wirkstoffe

	Innenräume	
RAL-UZ 38	Produkte aus Holz/Holzwerkstoffen (Holzmöbel, Parkett, Laminat, Linoleum, Paneele)	weil emissionsarm
RAL-UZ 57	Thermische Verfahren (Heißluftverfahren) zur Bekämpfung holzerstörender Insekten	weil schadstoffarme Schädlingsbekämpfung
RAL-UZ 62	Kopierer	weil ressourcenschonend und emissionsarm
RAL-UZ 76	Holzwerkstoffplatten	weil emissionsarm
RAL-UZ 85	Drucker	weil ressourcenschonend und emissionsarm
RAL-UZ 101	Gas- und Elektroherde	weil energiesparend, emissionsarm und recyclinggerecht
RAL-UZ 102	Wandfarben	weil emissionsarm
RAL-UZ 113	Bodenbelagsklebstoffe und andere Verlegewerkstoffe	weil emissionsarm
RAL-UZ 114	Multifunktionsgeräte	weil ressourcenschonend und emissionsarm
RAL-UZ 117	Polstermöbel	weil emissionsarm

Die bisherigen Vergabegrundlagen umfassen jedoch nur zum Teil gesundheitlich begründete Emissionsbegrenzungen und betreffen bei weitem nicht alle gängigen Innenraumprodukte.

Mit der Überprüfung der Vergabegrundlagen für die Kennzeichnung von Bauprodukten und Einrichtungsmaterialien mit dem Umweltzeichen wurde begonnen. Bei den Gütegemeinschaften sollte darauf hingewirkt werden, eine ausreichende Berücksichtigung gesundheitlicher Aspekte der Güte- und Prüfbestimmungen zu erreichen.

4.5 Forschungsbedarf

Die systematische Weiterentwicklung der Anforderungen an eine gute Innenraumluft erfordert auch systematische Forschungs- und Entwicklungsarbeit. Im Rahmen des Umweltforschungsplans 2004/2005 (UFOPLAN 2005) des BMU sollen folgende fünf Forschungsvorhaben gefördert werden:

4.5.1 Untersuchungen zum Vorkommen und zur gesundheitlichen Relevanz von Bakterien in Innenräumen

Problemstellung:

Bei den mikrobiellen Verunreinigungen in Innenräumen nimmt die Zahl der Beschwerden betroffener Bewohner seit Jahren zu. Umfangreiche Studien hierzu wurden und werden durchgeführt. Das Hauptaugenmerk gilt dabei der Erfassung und gesundheitlichen Bedeutung von Schimmelpilzwachstum.

Handlungsbedarf: In der Mehrzahl der Fälle, in denen es aufgrund von Feuchtigkeitsschäden zu Schimmelpilzwachstum kommt, treten gleichzeitig Bakterien, vor allem Actinomyceten auf. Einige Arten sind pathogen oder produzieren Antibiotika. In einer Kindertagesstätte konnten solche Stoffe im Hausstaub nachgewiesen werden. Zudem weisen erste Untersuchungen daraufhin, dass Actinomyceten und andere Bakterien evtl. die Ursache für Rheumabeschwerden bei Bewohnern sein können (Heusman et al., Seuri et al. 2002, Lorenz 2004).

Projektdurchführung:

In 15-20 Wohnungen mit Feuchtigkeitsschäden werden Schimmelpilze und Bakterien bestimmt. Die kultivierten Bakterien werden isoliert und mittels biochemischer und molekularbiologischer Methoden charakterisiert. Mittels Zelltests wird die toxische Wirkung der Bakterien auf das Immunsystem sowie auf menschliche Bindegewebe- und Knorpelzellen untersucht. Mit den als wichtig erkannten Bakterien werden darauf aufbauend Untersuchungen zu Wachstumsbedingungen auf verschiedenen Materialien durchgeführt.

Ziel des Vorhabens:

Ziel des Vorhabens ist die Erfassung und Risikoeinschätzung von bakteriellen Innenraumverunreinigungen zur Ableitung konkreter Vermeidungs- und Sanierungsempfehlungen.

Bundesinteresse / Ressortinteresse:

Die Verbesserung der Luftqualität in Innenräumen ist nach der - gleichnamigen - Konzeption aus dem Jahr 1992 erklärtes Ziel der Bundesregierung und zudem ein Schwerpunkt des Aktionsprogramms Umwelt und Gesundheit der Bundesregierung (APUG II).

Neben chemischen Verunreinigungen spielen mikrobiologische Innenraumverunreinigungen eine wesentliche Rolle für die Gesundheit der Bewohnerinnen und Bewohner. Mit dem vorliegenden Vorhaben soll die Gesundheitsgefahr durch bakterielle Innenraumverunreinigungen, die häufig parallel mit Schimmelpilzbelastungen auftreten, erfasst und bewertet werden. Hierzu besteht großer Forschungsbedarf, insbesondere weil es Hinweise z.B. auf mögliche rheumatoide Beschwerden von Bewohnern bei erhöhten bakteriellen Innenraumluftbelastungen gibt.

Zusätzliches BfS, BfN oder UBA-Interesse:

Umsetzung des Aktionsprogramms Umwelt und Gesundheit; Sammeln von Informationen für die Vermeidung und Sanierung von mit Bakterien kontaminierten Innenräumen. Aufklärung der Öffentlichkeit (Amtsaufgabe).

Nutzen der Ergebnisse (Beitrag des Vorhabens für die Erfüllung einer konkreten Ressortaufgabe):

Mit dem geplanten Vorhaben sollen die Erkenntnisse um den Beitrag bakterieller Innenraumverunreinigungen auf die Gesundheit der Bewohnerinnen und Bewohner erweitert werden. Die Ergebnisse des Vorhabens erlauben es, konkrete Vermeidungsstrategien zu entwickeln und Empfehlungen für die Dringlichkeit von Sanierungen bei mikrobiellen Wohnraumbelastungen (Bakterien + Schimmelpilze) abzuleiten.

Die Ergebnisse des Vorhabens fließen ein in die Arbeiten der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) sowie des Ausschusses für die gesundheitliche Bewertung von Bauprodukten (AgBB).

4.5.2 Untersuchung des Zusammenwirkens einzelner Entstehungsmechanismen des Phänomens "Schwarze Wohnungen" (Fogging-Phänomen) mittels Prüfkammermessungen

Problemstellung:

Das plötzliche Auftreten schwarzer, schmieriger Beläge in Neubauwohnungen sowie nach Renovierungsarbeiten beschäftigt das Umweltbundesamt bereits seit einigen Jahren. Die Zahl der vom Phänomen "Schwarze Wohnungen" betroffenen Wohnungen nimmt ständig zu. Während der Wintermonate erreichen das UBA täglich (!) Anfragen zu diesem Thema. In intensiven Recherchen und Untersuchungen ist es gelungen, die Einflussgrößen, die zum Entstehen der schwarzen Beläge führen, einzugrenzen. Der bisherige Erkenntnisstand wurde mehrfach publiziert. Die vom UBA herausgegebene Broschüre "Attacke des schwarzen Staubes" ist neben dem UBA-Schimmelpilzleitfaden laut Pressestelle die im vergangenen Jahr am meisten abgefragte UBA-Mitteilung. Auch in den Medien wird regelmäßig über dieses Thema berichtet.

Handlungsbedarf: Um konkrete Hilfestellung für Betroffene geben zu können, welche Einflussgrößen im Einzelfall zum Entstehen der Ablagerungen führten, ist außer dem Wissen um das Vorhandensein der Einflussgrößen aber auch die Untersuchung des Zusammenwirkens notwendig. Hier gibt es bisher noch große Wissenslücken, die mit diesem Vorhaben geschlossen werden sollen.

Projektdurchführung:

In Prüfkammerversuchen wird zunächst mit verschiedenen Materialien der Einfluss auf die Partikeldeposition untersucht. Durch gezielte Dosierung "foggingaktiver" Testaerosole, also von Weichmachern und anderen schwerflüchtigen organischen Verbindungen (SVOC), wird das Zusammenwirken von Staubpartikeln und SVOC auf das Entstehen der Ablagerungen untersucht. Zuletzt werden "echte" Wohnverhältnisse simuliert und verschiedene Einflussgrößen, die in der Praxis auftreten können, gezielt miteinander kombiniert und das Bildungspotenzial für "Fogging" gemessen.

Ziel des Vorhabens:

Ziel des Vorhabens ist es, betroffenen Bewohnern konkrete Hinweise an die Hand zu geben, welche Einflussparameter im Einzelfall zum Entstehen der schwarzen Beläge geführt haben und welche Abhilfemaßnahmen konkret zu treffen sind - bisher wird hier oft mit Vermutungen gearbeitet. Ziel ist es außerdem, Materialauswahlempfehlungen bei bestehenden baulichen Rahmenbedingungen zur Vermeidung des Problems in der Zukunft zu geben. Die Vorhabenergebnisse führen zur Herausnahme von Produkten aus dem Markt, die zu "Fogging" führen können (Schadensprävention).

Bundesinteresse/Ressortinteresse:

Aufgrund der enormen Zahl von Anfragen zu diesem Thema und der regelmäßigen Darstellung und Auseinandersetzung mit dem Phänomen "Schwarze Wohnungen" in den Medien (Rundfunk, TV, Zeitungen) ist ein Schließen der noch vorhandenen Wissenslücken und eine weitere gezielte Information der Öffentlichkeit über diesen wohnraumhygienischen Schadensfall von hohem verbraucherpolitische Interesse. Das UBA hat hier bisher hervorragende Pionierarbeit geleistet, die im öffentlichen Bewusstsein auch so gesehen und positive gewürdigt wird. Allerdings darf man hier nicht auf halbem Wege stehen bleiben. BMU und UBA müssen auch bei der Klärung der noch offenen Fragen die Federführung behalten. Als Erkenntnis aus den Untersuchungen kann es erforderlich werden, regulatorisch einzugreifen und bestimmte Bauprodukte und Bauproduktinhaltsstoffe vom Markt zu nehmen.

Nutzen der Ergebnisse:

Die vorhandenen Wissenslücken zum Fogging-Phänomen werden mit dem beantragten Untersuchungen geschlossen. Gezielte und wichtige Aufklärungsarbeit der Öffentlichkeit kann geleistet werden. Hilfestellung für die Politik beim regulatorischen Umgang mit Bauproduktinhaltsstoffen wird gegeben.

Die Ergebnisse des Vorhabens fließen ein in die Arbeit der Innenraumlufthygiene-Kommission sowie des Ausschusses zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) sowie in die Vergabe des "Blauen Engel" für Innenraumprodukte

Auch für die künftige Überarbeitung der EU-Bauprodukten-Richtlinie werden die Vorhabenergebnisse erwartet.

4.5.3 Globalansatz Umsetzung Aktionsprogramm "Umwelt und Gesundheit"; TV 5: Umwelt- und Gesundheitsanforderungen an Bauprodukte - Entwicklung eines Prüfverfahrens und produktspezifischer Prüfbedingungen zur Ermittlung von Geruchsemissionen aus Bauprodukten

Problemstellung:

Emissionen flüchtiger organischer Stoffe (VOC) aus Bauprodukten können wesentlich zur Belastung der Innenraumluft beitragen und sind zumeist mit Geruchsbelästigungen verbunden. Wenn Produkte einen unangenehmen Geruch aufweisen, dann ist diese Belästigung stets langanhaltend und erstreckt sich in der Regel über Monate oder länger. Derartige Geruchsbelästigungen führen über ein verstärktes Lüften zu einem erheblich gesteigerten Energieverbrauch: Der Bedarf nach mehr Lüftung steht den Bestrebungen für eine weitere Einsparung von Primärenergie entgegen, die gemeinsam mit einer Vielzahl von wärmedämmenden und abdichtenden Maßnahmen zu einem reduzierten Luftwechsel in Gebäuden führen.

Der Ausschuss für die gesundheitliche Bewertung von Bauprodukten (AgBB) hat ein Bewertungsschema erarbeitet, das auch durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) veröffentlicht worden ist. Das Bewertungsschema ist ein wesentlicher Schritt zur Umsetzung der Anforderungen von EG-Bauprodukten-Richtlinie und Bauproduktengesetz bezüglich der an Bauprodukte zu stellenden Anforderungen "Gesundheit, Hygiene und Umweltschutz". Da VOC-Emissionen häufig mit Geruchsbelastungen einhergehen, ist die

sensorische Prüfung ein wesentliches Element bei der Bewertung von Bauprodukten auf der Grundlage des AgBB-Schemas. Bisher besteht jedoch kein entsprechendes Mess- und Prüfverfahren zur Ermittlung und Bewertung von Geruchsbelastungen, wie auch bei der durch AgBB und DIBt durchgeführten Anhörung festgestellt wurde.

Ziel des Forschungsvorhabens:

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, die national und international dringend benötigten Prüfmethoden zu entwickeln und zur Verfügung zu stellen, um Bauprodukte nach dem Bewertungsschema des Ausschusses zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) bewerten zu können.

Am Ende des Vorhabens sollen für ausgewählte Produktgruppen akzeptierte Prüfmethoden verfügbar sein, die von den ausreichend befähigten Prüfinstituten erfolgreich eingesetzt werden können. Eine Anerkennung von Prüfinstituten im Rahmen des Vorhabens (u.a. auf der Grundlage von Ringversuchen) ist vorgesehen.

Bundesinteresse/Ressortinteresse:

Die Umsetzung von Anforderungen an Gesundheit, Hygiene und Umweltschutz ist eine wesentliche Anforderung der EG-Bauprodukten-Richtlinie. Die Kenntnisse des Emissionsverhaltens von Bauprodukten und die Entwicklung der hierfür notwendigen prüftechnischen Grundlagen für die Entwicklung emissionsarmer Bauprodukte ist im Bundesinteresse. Das Aktionsprogramm "Umwelt und Gesundheit" von BMU und BMG fordert u. a. die Verminderung potentiell gesundheitsschädlicher Emissionen aus Baumaterialien durch effektive gesundheitliche Prüfung und Bewertung der Produkte.

Nutzen der Ergebnisse:

Das AgBB-Bewertungsschema für Bauprodukte sieht u.a. eine Geruchsprüfung vor, die derzeit wegen fehlender Kenntnisse zur Eignung von Geruchsprüfungsverfahren nicht umgesetzt ist. Die kurzfristige Entwicklung einer Methode für die Geruchsprüfung von Bodenbelagsklebstoffen entspricht außerdem dem Auftrag der Jury Umweltzeichen an das Umweltbundesamt aus der Sitzung im Juni 2003. Die zu entwickelnde Methode ist die Grundlage dafür, um bei der Produktgruppe, bei der häufig gerichtliche Beanstandungen vorkommen, eine Geruchsprüfung in die Vergabegrundlage aufnehmen können, die sich mit den wesentlichen Anforderungen eng an das Bewertungsschema des AgBB anlehnt.

Gerüche sind auch häufig Anlass zu Klagen aus der Bevölkerung mit dem Hinweis auf Befindlichkeitsstörungen.

Es ist vorgesehen, die Ergebnisse des Vorhabens in die Arbeiten des AgBB und in die europäischen Aktivitäten von UBA und BMU zur EG-Bauprodukten-Richtlinie einfließen zu lassen.

4.5.4 Etablierung eines externen, bundesweiten Qualitätsmanagementsystems zum Nachweis von relevanten chemischen Schadstoffen in Innenräumen

Problemstellung:

Um die Schadstoffbelastung in Innenräumen bewerten zu können, ist es unerlässlich die Schadstoffkonzentrationen möglichst exakt zu ermitteln. Bei sporadisch durchgeführten Ringversuchen, wie zuletzt am Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg, wird immer wieder festgestellt, dass es zum Teil erhebliche Abweichungen bei den ermittelten Konzentrationen von Wohnraumschadstoffen gibt. Die Messwerte weichen zum Teil um den Faktor 2 bis 3 voneinander ab. Umso schwieriger, im Einzelfall gar unmöglich, wird dann die Einschätzung des gesundheitlichen Risikos für die Bewohner.

Handlungsbedarf: Um die Vergleichbarkeit der Methoden und Ergebnisse zu erhalten, ist es besonders dringend geboten, einen breit angelegten Ringversuch durchzuführen.

Projektdurchführung:

Aufbau und Durchführung standardisierter Ringversuche für chemische Innenraumverunreinigungen, insb. für folgende Schadstoffgruppen: VOC, speziell Terpene, BTX, SVOC, speziell Weichmacher, Flammenschutzmittelwirkstoffe, PCB, PCP, PAK, Zersetzungsprodukte aus Baustoffen (Aldehyde). Für den Aufbau einer Infrastruktur mit den notwendigen Vorversuchen zu den Testobjekten und der entsprechenden Dokumentation, die im engen Einvernehmen mit dem Auftraggeber zu erfolgen haben, kommen nur neutrale und fachkompetente Institutionen in Frage. In der anschließenden Phase ist die Durchführung von drei bis vier Ringversuche geplant, um allen potentiellen Nutzern, die die Qualität ihrer analytischen Fähigkeit belegt sehen wollen, von einer regelmäßigen Teilnahme zu überzeugen. Die weiteren Ringversuche sind dann für die Teilnehmer kostenpflichtig, so dass dieses Qualitätssicherungssystem sich selbst tragen kann. In einer Kampagne, die mit dem AOLG abgestimmt werden muss, sind die potentiellen Auftraggeber von Innenraumluftuntersuchungen von der Notwendigkeit zu überzeugen, hierzu nur noch Messinstitute zu beauftragen, die die entsprechenden Ringversuche erfolgreich bestanden haben.

Ziel des Vorhabens:

Ziel des Vorhabens ist es, die Qualität von Innenraummessungen zu erhöhen und definierte Kriterien zur Überprüfung der Zuverlässigkeit und exakten Arbeitsweise von Innenraum-Analyselabors zu erarbeiten. Auf der Basis valider Messdaten lassen sich u.a. Gefährungsabschätzungen für die Bewohner besser als bisher vornehmen.

Bundesinteresse/Ressortinteresse:

Innenraumhygiene ist ein Schwerpunktbereich im Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit der Bundesregierung. Erst die Erhebung valider Belastungsdaten in Wohnungen erlaubt eine verlässliche Einschätzung des gesundheitlichen Risikos für die Bewohner bei Vorliegen von Innenraumverunreinigungen.

Nutzen der Ergebnisse:

Mit standardisierten Methoden und einem bundesweiten Qualitätsmanagements für Innenraummessungen können verlässliche Belastungs- und Expositionsdaten für Innenraumverunreinigungen erhoben werden.

Die Ergebnisse des Vorhabens fließen ein in die Arbeit der Innenraumlufthygiene

4.5.5 Ermittlung der Emissionen aus Bauprodukten - Untersuchungen zum Emissionsverhalten von Holzmaterialien und über Maßnahmen zur Emissionsminderung sowie Bewertung der Emissionen auf der Grundlage des AgBB-Bewertungsschemas

Problemstellung:

Emissionen flüchtiger organischer Stoffe (VOC) aus Bauprodukten tragen wesentlich zur Belastung der Innenraumluft bei. Die Monoterpene (α -, β -Pinen, 3-Caren und Limonen) stellen dabei die wichtigsten terpenoiden Innenraumluft-Komponenten dar. Ihre Quelle sind im weitesten Sinne Nadelhölzer und damit im Zusammenhang stehende Produkte oder andere Naturöle. Demzufolge werden sie auch in relativ hohen Konzentrationen in Häusern gefunden, die im Innenraum mit viel Holz ausgestattet sind. Dies ist durch eine größere Zahl von Innenraumlufmessungen belegt. Auch in Prüfkammern wurden von verschiedenen Arbeitsgruppen Hölzer und Holzwerkstoffe im Hinblick auf ihr Emissionsverhalten untersucht. Eine systematische Untersuchung von Hölzern unterschiedlicher Herkunft und Vorbehandlung sowie mögliche Einflüsse des Einschlagszeitpunktes fehlt jedoch bisher.

Bei Holzwerkstoffen (Spanplatten, MDF- oder OSB-Platten) wurden teilweise hohe Aldehydemissionen gemessen. Diese können zu hohen Innenraumluftbelastungen an VOC, verbunden mit unangenehmen und reizenden Gerüchen, besonders in neu erbauten Häusern führen. Auch hier fehlen systematische Untersuchungen des Emissionsverhaltens und möglicher produktionstechnischer Einflussparameter.

Ziel des Forschungsvorhabens:

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, diese Wissensdefizite zu beheben und die Grundlagen für eine Bewertung der Holzmaterialien nach dem Bewertungsschema des Ausschusses zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) zu erarbeiten. Die Ziele sollen in drei Schritten erreicht werden:

1. Zusammenstellung der vorhandenen Erkenntnisse;
2. Ausgewählte Messungen der VOC-Emissionen in Emissionsprüfkammern;
3. Prüfung von Maßnahmen zur Emissionsminderung:
 - bei Holz durch Auswahl und Vorbehandlung,
 - bei Holzwerkstoffen durch Änderung von Prozessparametern in Zusammenarbeit mit den Herstellern.

Nach wie vor besteht ein Trend zur vermehrten Verwendung von Holz im Innenraum. Die Emissionen aus Holz und Holzwerkstoffen - und damit die Belastungen der Innenraumluft insbesondere mit flüchtigen organischen Stoffen - können sehr unterschiedlich sein. Von einer steigenden Zahl von gesundheitlichen Auswirkungen bei Bewohnern (insbesondere Allergikern) ist auszugehen, wie die häufigen Klagen aus der Bevölkerung mit dem Hinweis auf allgemeine Befindlichkeitsstörungen bis hin zu Inhalationsintoxikationen zeigen. Die Emission dieser Stoffe kann somit erhebliche Gesundheitsbeeinträchtigungen zur Folge haben.

Bundesinteresse/Ressortinteresse:

Die Umsetzung von Anforderungen an Gesundheit, Hygiene und Umweltschutz ist eine wesentliche Anforderung der EG-Bauprodukten-Richtlinie. Die Kenntnisse des Emissionsverhaltens von Bauprodukten und die Entwicklung der hierfür notwendigen prüftechnischen Grundlagen für die Entwicklung emissionsarmer Bauprodukte ist im Bundesinteresse. Das Aktionsprogramm "Umwelt und Gesundheit" von BMU und BMG fordert u. a. die Verminderung potentiell gesundheitsschädlicher Emissionen aus Baumaterialien durch effektive gesundheitliche Prüfung und Bewertung der Produkte.

Nutzen der Ergebnisse:

Es ist vorgesehen, die Ergebnisse des Vorhabens in die Arbeiten des AgBB und in die europäischen Aktivitäten von UBA und BMU zur EG-Bauprodukten-Richtlinie einfließen zu lassen.

5 Was ist weiterhin zu tun? – Handlungsschwerpunkte 2005 - 2010

Wie die bisherigen Ausführungen gezeigt haben, ist das Thema „Verringerung der Innenraumluftbelastung“ fachlich außerordentlich komplex und auch politisch vielschichtig. Für die weitere Entwicklung müssen Schwerpunkte gebildet werden.

Für die nächsten 5 Jahre (2005 – 2010) steht aus Sicht BMU folgendes 10-Punkte-Programm im Vordergrund:

5.1 Stärkung der Eigenverantwortung des Verbrauchers und Innenraumnutzers

Die Innenraumluft wird wesentlich vom Verbraucher und Innenraumnutzer selbst beeinflusst, sei es durch den Kauf und die Verwendung von Produkten, von denen schädliche Emissionen von Stoffen in die Innenraumluft ausgehen können, durch Verhaltensweisen wie das Rauchen oder durch die Art der Lüftung von Wohnräumen.

Es ist daher wichtig, dass jeder einzelne seiner Verantwortung für sich, seine Gesundheit, aber auch die der Mitbenutzer von Innenräumen gerecht wird. Dazu ist es erforderlich, die Öffentlichkeit über innenraumrelevante Belastungsfaktoren aufzuklären und Alternativen des Handelns aufzuzeigen, wie z.B. vom UBA bereits vielfach praktiziert durch Broschüren, Leitfäden, Stellungnahmen aus der IRK oder der Kommission HBM für die Öffentlichkeit, die jährlich stattfindenden „WaBoLu-Innenraumtage“ oder durch Kooperation mit Verbraucherzentralen.

Beim Thema Eigenverantwortung spielt das Rauchen eine zentrale Rolle. Rauchen ist weiterhin die Belastungsquelle Nr. 1 für Innenräume und Lungenkrebsfaktor Nr. 1. Seine Auswirkungen betreffen nicht nur den Raucher selbst sondern auch den Mitnutzer von Innenräumen. Dank der z.T. durch EU-Recht vorgeschriebenen Werbehinweise, dass Rauchen tödlich sein kann, des Rauchverbotes in vielen öffentlichen Gebäuden, auch durch die Erhöhung der Tabaksteuer, ist hier inzwischen in Deutschland ein prozentual signifikanter Rückgang des Zigarettenkonsums eingetreten.

Mit dem Gesetz zur Verbesserung des Schutzes junger Menschen vor Gefahren des Alkohol- und Tabakkonsums wurde auch in den Zigarettenkonsum eingegriffen. Das Gesetz ist am 1.

Juli 2004 in Kraft getreten. Trotz der erreichten Erfolge bedarf die angestrebte Verringerung der Belastung der Innenraumluft durch Tabakrauch - vor allem auch im privaten Bereich – auf nationaler und internationaler Ebene weiterer Anstrengungen.

5.2 Verschärfung des Chemikalienrechts (REACH)

Durch das neue europäische Chemikalienrecht sollen die bestehenden Kenntnisse über die gefährlichen Eigenschaften zehntausender Stoffe, die bisher weitgehend ungeprüft verwendet wurden, systematisch verbessert werden. Mit Hilfe von REACH sollen Daten über die intrinsischen Eigenschaften aller marktrelevanten Stoffe gewonnen werden.

In diesem Zusammenhang wird es wichtig sein, die durch REACH gewonnenen Erkenntnisse so weiterzugeben und verfügbar zu machen, dass in der praktischen Verwendung die richtigen Schlussfolgerungen getroffen werden können. Deshalb ist es wichtig, das laufende Gesetzgebungsverfahren zügig abzuschließen.

5.3 Radonschutzgesetz

Ursache für das Vorkommen von Radon in Häusern in bestimmten Gegenden Deutschlands ist das im Boden gebildete Radon aus dem in Gestein vorhandenen Radium. Das Radon dringt durch Fugen in den Keller und von dort in die Wohnräume, in denen es sich anreichern kann. BMU hat dieses Thema aufgegriffen und plant, über ein Radonschutzgesetz rechtsverbindliche Anforderungen an die Bereitstellung der erforderlichen Informationen für die Bevölkerung sowie die Durchführung von baulichen Maßnahmen von Gebäuden zu stellen.

Wegen der Bedenken der Länder gegen eine umfassende Regelung soll nun in einem ersten Schritt gesetzlich sichergestellt werden, dass zumindest bei der Planung und Errichtung von neuen Gebäuden ein ausreichender Radonschutz beachtet wird. Es ist nicht hinnehmbar, dass trotz des inzwischen vorhandenen Wissens über das Lungenkrebsrisiko durch Radon und der bereits vorhandenen bautechnischen Erfahrung zum Schutz vor Radon weiterhin Gebäude ohne den erforderlichen Radonschutz gebaut werden. Langfristig ist es deshalb auch anzustreben, die Radonbelastung in bestehenden Gebäuden zu verringern.

5.4 Weiterentwicklung der Verbraucherkennzeichen

Ein wichtiges Instrument zur Stärkung der Eigenverantwortung des Verbrauchers sind Verbraucherkennzeichen, wie der „Blaue Engel“. Eine stärkere Vereinheitlichung der emissionsbegrenzenden Vergabegrundlagen für die Kennzeichnung von Bauprodukten und Einrichtungsmaterialien unter Berücksichtigung der Anforderungen Umweltschutz und Gesundheit ist anzustreben.

5.5 Gesundheitliche Anforderungen an Bauprodukten

Das AgBB-Prüfschema ist fachlich zur Anwendungsreife weiter zu entwickeln und auf konkrete Bauprodukte anzuwenden. Hierzu sind geeignete produktspezifische Vorschriften zu entwickeln - nach Möglichkeit gleich auf EU-Ebene zur Vermeidung von Handelshemmnissen.

Nach Möglichkeit sollte das Prüfschema rechtlich verbindlich gemacht werden, damit alle Produzenten und Inverkehrbringer von Bauprodukten, auch ausländische Importeure, sich auch tatsächlich danach richten. Dies würde einen deutlichen Impuls für die zukünftige Entwicklung „gesunder“ Bauprodukte und damit einen wichtigen Beitrag für eine gesunde Innenraumluft geben.

Voraussetzung dafür ist, dass das Prüfschema zu belastbaren und reproduzierbaren Ergebnissen führt und ein hohes Maß an fachlicher Anerkennung erfährt. Erfreulich ist, dass das Prüfschema in Fachkreisen, darunter auch bei der Industrie, als wissenschaftliche Grundlage zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten im Grundsatz bereits viel Anerkennung gefunden hat.

Vorteilhaft wäre die Notifizierung des AgBB-Schemas in Brüssel, auch um Anreize für eine europäische Initiative durch die Europäische Kommission zu schaffen, denn die Kommission hat allein das Initiativrecht zum Erlass von EU-Regelungen.

In jedem Fall wird die Unterstützung der Fachleute aus der Wissenschaft benötigt. Das letzte Fachgespräch im November 2004 beim Deutschen Institut für Bautechnik unter Beteiligung

der Industrie hat noch gewisse Schwachstellen des Prüfschemas sichtbar gemacht. Es besteht Anlass zur Hoffnung, dass diese vom Ausschuss AgBB möglichst bald beseitigt werden können und dass uns die Fachwelt dann grünes Licht für die Entwicklung einer geeigneten Rechtsvorschrift gibt.

Eine Alternative bestände bereits heute darin, dass die für das Baurecht zuständigen Länder die vom DIBt im August 2004 bereits veröffentlichten Zulassungsgrundsätze für bestimmte Fußbodenbeläge und Fußbodenbelagskleber auf der Grundlage des AgBB-Schemas notifizieren. Bisher hat die ARGE Bau der Länder eine solche Notifizierung abgelehnt, weil sie diese im Rahmen ihrer nationalen Zuständigkeiten für entbehrlich hält. Hier besteht ein nicht unerhebliches Risiko, dass die Rechtmäßigkeit dieser nationalen Zulassungsgrundsätze wegen der nicht erfolgten Notifizierung als Verstoß gegen EU-Recht angezweifelt werden kann.

5.6 Weitere Entwicklung von Innenraumluft-Richtwerten und HBM-Werten

Die Arbeiten der ad-hoc AG IRK/AOLG zur Ableitung von Richtwerten für die Innenraumluft sowie die Arbeiten der HBM-Kommission zur Ableitung von Referenz- und HBM-Werten sind systematisch weiter zu führen. Die Ergebnisse sollten auch in die EU-Diskussion eingebracht werden mit dem Ziel, einheitliche Bewertungsmaßstäbe auf EU-Ebene zu entwickeln.

5.7 Analytische Qualitätssicherung

Bei Ringversuchen mit ausgewählten Bauprodukten und Innenraumluft-Proben sind z.T. gravierende Unterschiede (Faktor 10 und mehr) aufgetreten. Diese analytischen Unsicherheiten erschweren die Entwicklung und Anwendung rechtsverbindlicher Anforderungen, z.B. an die Qualität von Bauprodukten. Da dieses im wesentlichen ein Vollzugsproblem darstellt, sind hier vor allem die Länder in der Pflicht. Es sollten klarere Vorgaben für die analytische Qualitätssicherung und die Qualifikation der Prüflaboratorien entwickelt und verbindlich vorgeschrieben werden, z.B. die Verpflichtung zur Organisation von Ringversuchen und zur regelmäßigen Teilnahme der Prüflaboratorien an diesen. Sofern die Probleme im Zusammenhang mit der Anwendung harmonisierter Normen auftreten, sollten sich die nationalen (DIN) und internationalen Normenorganisationen (CEN, ISO) in

der Pflicht fühlen. Aber auch VDI, welches eine Reihe von Luftüberwachungsvorschriften entwickelt hat, sollte sich dieses Themas verstärkt annehmen. Zur Qualitätssicherung gehört auch die Abschätzung von Expositionen über den Vergleich von Messwerten mit Expositionsmodellen.

5.8 Förderung der Kooperation zwischen Industrie, Behörden, Wissenschaft und Umweltverbänden

Das Kooperationsprinzip ist eines der Grundprinzipien des Umweltschutzes und war bereits im ersten Umweltprogramm der Bundesregierung neben dem Verursacher- und Vorsorgeprinzip genannt worden. Angesichts der geringer werdenden personellen und finanziellen Ressourcen sollte diesem Prinzip besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden, um unnötige Doppelarbeiten zu vermeiden und Synergieeffekte zu erzielen. Die Zusammenarbeit mit Industrie, Umweltberatungsstellen und Verbraucherzentralen sollte weiter intensiviert werden. Zum Beispiel bietet die Normung von Bauprodukten zur Ausfüllung der wesentlichen Anforderung Nr. 3 gem. Bauproduktenrichtlinie (ER3) zu Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz eine sehr gute Plattform, um das Kooperationsprinzip umzusetzen und mit Leben zu erfüllen.

5.9 Forschung

Wegen der vielen verschiedenen Faktoren, die zu einer Belastung der Innenraumluft beitragen können, und vieler noch ungelöster Fragen zur Bewertung dieser Belastung und zur Entwicklung von Vermeidungsmaßnahmen kommt dem Thema Forschung in diesem Gebiet eine wichtige Rolle zu. Dies ist auch die Auffassung der Europäischen Kommission, die dem Thema Umwelt und Gesundheit in dem bereits erwähnten EU-Aktionsprogramm für die Jahre 2004 – 2007 verstärkt Aufmerksamkeit widmen will. Im BMU sind im Rahmen des UFOPLANs 2005 mehrere Vorhaben zur Innenraumluft geplant, darunter Vorhaben zum Fogging-Problem, zur Bedeutung von Bakterien in Verbindung mit Schimmelpilzen, zur analytischen Qualitätssicherung, zu Emissionen aus Holz und zur Entwicklung einer Datenbank mit Innenraumwerten.

5.10 Stärkung der Innenraumlufthygiene als eigenständigen Politikbereich

Die Bedeutung der Innenraumlufthygiene für unsere Gesundheit muss stärker in unser Bewusstsein dringen. Dazu ist es wichtig, dieses Thema als eigenständigen Politikbereich weiter zu entwickeln. Konzertierte Aktionen aller beteiligten Gruppierungen („stakeholders“) können dabei hilfreich sein. Die Dimension dieses Problemfeldes ist den politisch Verantwortlichen in Regierung und Parlament zu verdeutlichen. Besonders wirkungsvoll ist oft die öffentliche Bekanntmachung plastischer Beispiele konkreter Belastungsfälle, die sich verallgemeinern lassen.

6 Zusammenfassung

Der Bericht mit zwei Anlagen gibt eine Übersicht über ausgewählte aktuelle und zukünftige Handlungsschwerpunkte zur Verbesserung der Luftqualität in Innenräumen aus Sicht des BMU. Seit Verabschiedung der Innenraumluft-Konzeption der Bundesregierung im Jahr 1992 wurden bereits zahlreiche Maßnahmen ergriffen. Dennoch hat das Thema Innenraumluft bisher nicht den umweltpolitischen Stellenwert erlangt, den es verdient. Wir verbringen 80 – 90 % unserer Lebenszeit in Innenräumen, und so ist eine hohe Qualität der Innenraumluft für unsere Gesundheit von entscheidender Bedeutung.

Der Innenraumluftbereich ist bisher weitgehend rechtlich nicht geregelt, d.h. es liegen keine umfassenden Vorgaben in Form von Gesetzen, Verordnungen oder anderen rechtlich verbindlichen Regelungen vor. Die gilt nicht nur für den deutschen sondern auch für den internationalen Raum.

Eine Schlüsselrolle in der fachlichen Bearbeitung des Themas spielt in Deutschland seit über 20 Jahren die Innenraumhygiene-Kommission (IRK) beim Umweltbundesamt; sie hat zu zahlreichen aktuellen Fragestellungen Empfehlungen und Stellungnahmen erarbeitet und den Anstoß zur Gründung weiterer wichtiger Fachgremien gegeben, darunter der Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung der Emissionen flüchtiger organischer Stoffe aus Bauprodukten (AgBB) oder die ad-hoc AG IRK/AOLG

In dem Bericht wird in vier Kapiteln auf die Bedeutung, Ursachen und Wirkungen von Innenraumluft-Belastungen, auf die Anforderungen an eine gute Innenraumluft, auf ausgewählte Maßnahmen zur Verringerung von Innenraumluft-Belastungen und auf die Handlungsschwerpunkte aus Sicht BMU für die nächsten fünf Jahre eingegangen.

Beim Kapitel über die **Bedeutung, Ursachen und Wirkungen von Innenraumluft-Belastungen** wird differenziert zwischen chemischen und mikrobiologischen Belastungen; zu den letzteren zählen vor allem Schimmelpilze und Bakterien. Auf das relativ neue Phänomen des „Fogging“, welches zu schwarzen Belägen auf den Wänden führt, wird gesondert eingegangen.

Die Schimmelpilzproblematik in Räumen hat aufgrund der Energiesparmaßnahmen in Häusern tendenziell zugenommen, weil die beim Wohnen entstehende Raumfeuchtigkeit weniger gut als früher, als die Häuser undichter waren, abgeführt wird. Hier sind neue Anforderungen an die bauliche Konzeption der Häuser, vor allem aber auch an das Verhalten der Wohnungsnutzer zu stellen. Mit Leitfäden des Umweltbundesamtes bzw. der Innenraumlufthygiene-Kommission zu den genannten Problemen werden Informationen und praktische Hilfen angeboten.

Bezüglich der **Anforderungen an eine gute Innenraumluft** wird eine Übersicht über vorhandene Richtwerte und Grenzwerte gegeben, die von verschiedenen Stellen für verschiedene Zwecke erstellt wurden. Für die Beurteilung der Innenraumluft kommt den Richtwerten der ad hoc AG IRK/AOLG bisher die größte Bedeutung zu.

Die Ausführungen über **aktuell laufende Maßnahmen zur Verringerung von Innenraumluft-Belastungen** umfassen Anforderungen an Bauprodukte, Maßnahmen gegen Schimmelpilzbefall, die Information der Öffentlichkeit mit Hilfe von über Informationsschriften und Verbraucherkennzeichen („Blauer Engel“) sowie aktuelle Forschungsthemen.

Bei den Bauprodukten steht die fachliche Entwicklung eines Prüfschemas zur gesundheitlichen Bewertung der Emissionen flüchtiger organischer Stoffe aus Bauprodukten (AgBB-Schema), der rechtliche Rahmen des Bau- und Chemikalienrechts, dem Bauprodukte unterliegen, sowie Fragen der europäischen Harmonisierung der Anforderungen im Vordergrund.

Zur Vermeidung von Schimmelpilzbefall ist entscheidend, die Ursachen zu finden und zu beseitigen. Schimmelpilz wächst in der Regel auf kalten, feuchten Wänden; Ziel muss daher sein, die Wände von Räumen ausreichend trocken und warm zu halten.

Die wichtigsten, vom Umweltbundesamt veröffentlichten Informationsschriften zur Information der Öffentlichkeit über aktuelle Fragen von Innenraumbelastungen und Möglichkeiten zu ihrer Vermeidung, vor allem im Hinblick auf Schimmelpilz und Fogging, werden beschrieben.

Bei den Verbraucherkeennzeichen wird eine Übersicht über wichtige innenraumrelevante Produkte gegeben, für die der „Blaue Engel“ bisher vergeben wurde; hier ist es für die weitere Entwicklung wichtig, dass neben den traditionellen umweltschutzbezogenen Anforderungen verstärkt auch Anforderungen an den Gesundheitsschutz gestellt werden.

Der beschriebene aktuelle Forschungsbedarf konzentriert sich auf Untersuchungen zur gesundheitlichen Relevanz von Bakterien und zum Phänomen "Schwarze Wohnungen" (Fogging-Phänomen), auf die Entwicklung eines Prüfverfahrens zur Ermittlung von Geruchsemissionen aus Bauprodukten, auf die Etablierung eines externen, bundesweiten Qualitätsmanagementsystems zum Nachweis von relevanten chemischen Schadstoffen in Innenräumen sowie auf Untersuchungen zum Emissionsverhalten von Holzmaterialien.

Als **Handlungsschwerpunkte für die nächsten fünf Jahre** werden folgende zehn Themenfelder herausgestellt: Stärkung der Eigenverantwortung des Verbrauchers und Innenraumnutzers, darunter die weitere Eindämmung des Rauchens, Verschärfung des Chemikalienrechtes (REACH), Entwicklung eines Radonschutzgesetzes, Weiterentwicklung der Verbraucherkeennzeichen, gesundheitliche Anforderungen an Bauprodukten, weitere Entwicklung von Innenraumluf-Richtwerten und Humanbiomonitoring (HBM) -Werten, analytische Qualitätssicherung, Förderung der Kooperation zwischen Industrie, Behörden, Wissenschaft und Umweltverbänden, Verringerung der Radonbelastung von Gebäuden, Forschung und die Stärkung der Innenraumlufthygiene als eigenständigen Politikbereich.

7 Literatur

Allgemein

ad-hoc-Arbeitsgruppe aus Mitgliedern der Innenraumlufthygiene-Kommission des UBA und Vertretern der Arbeitsgemeinschaft der Obersten Landesgesundheitsbehörden (AOLG) 1996: Richtwerte für die Innenraumluft: Basisschema. Bundesgesundheitsblatt 39 (11): 422-426.

Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) (2003): Empfehlungen zur Vorgehensweise bei der gesundheitlichen Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) aus Bauprodukten. Stichwortsuche „AgBB“. <http://www.umweltdaten.de/daten/bauprodukte/agbb-bewertungsschema2004.pdf>

AGÖF-Orientierungswerte für Inhaltsstoffe von Raumluft und Hausstaub, Umwelt & Gesundheit 1/2004, S. 6-13 und in umwelt-medizin-gesellschaft 3/2004, S. 195 – 206.

Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS), Technische Richtkonzentrationen (TRK) für gefährliche Stoffe, TRGS 102, <http://www.baua.de/prax/ags/trgs102.pdf>

Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) (2003): Empfehlungen zur Vorgehensweise bei der gesundheitlichen Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) aus Bauprodukten. <http://www.umweltbundesamt.de/search.htm> ; Stichwortsuche „AgBB“.

Bauproduktengesetz – BauPG: Gesetz über das Inverkehrbringen von und den freien Warenverkehr mit Bauprodukten zur Umsetzung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates vom 21. Dezember 1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten über Bauprodukte und anderer Rechtsakte der Europäischen Gemeinschaften (Bauproduktengesetz - BauPG) vom 10. August 1992, in der Fassung vom 28. April 1998 (BGBl. 1 S. 812).

Bauproduktengesetz: Gesetz über das Inverkehrbringen von und den freien Warenverkehr mit Bauprodukten zur Umsetzung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates vom 21. Dezember 1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedsstaaten über Bauprodukte. Bundesgesetzblatt I, Nr. 39 vom 14.08.1992, 1495-1501; Novellierung 1998: Bekanntmachung der Neufassung des Bauproduktengesetzes vom 28. April 1998. Bundesgesetzblatt I, Nr. 25 vom 08.05.1998, 812-819

Biozidgesetz: Gesetz zur Umsetzung der Richtlinie 98/8/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Februar 1998 über das Inverkehrbringen von Biozid-Produkten (Biozidgesetz) vom 20. Juni 2002. Bundesgesetzblatt I, Nr. 40 vom 27. Juni 2002

Bossenmayer H.-J.: Eurocodes und Bauprodukte – Stzand der europäischen Harmonisierung, DIBt Mitteilungen 5/2003, S. 125 – 140.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und
Bundesministerium für Gesundheit, jeweils Referat Öffentlichkeitsarbeit,
Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit, Juni 1999

Bundesverband Die Verbraucher Initiative e.V., Schadstoffe in Innenräumen, info Nr.
55 A45195, August 2002

Chemikaliengesetz: Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (ChemG).
Bundesgesetzblatt 1, Nr. 40 vom 27. Juni 2002

Chemikalien-Verbotsverordnung: Verordnung über Verbote und Beschränkungen des
Inverkehrbringens gefährlicher Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse nach dem
Chemikaliengesetz in der Fassung vom 13. Juni 2003 (BGBl. I Nr. 26 vom
25.06.2003 S. 867), zuletzt geändert am 25. Februar 2004 durch Artikel 1 der Achten
Verordnung zur Änderung chemikalienrechtlicher Verordnungen (BGBl. I Nr. 9 vom
04.03.2004 S. 328)

DIBt-Merkblatt „Erarbeitung harmonisierter Normen nach der Richtlinie des Rates
vom 21.12.1988 über Bauprodukte 89/106/EWG (Bauproduktenrichtlinie) und ihre
Umsetzung in das nationale Regelwerk“. 2004 herausgegeben vom DIBt und über das
DIN an alle Normungsmitarbeiter verteilt.

ECA (1991a): European Collaborative Action „Indoor Air Quality and its Impact on
Man“: Guideline for the Characterisation of Volatile Organic Compounds Emitted
from Indoor Materials and Products Using Small Test Chambers. Report Na. 8, EUR
1593 EN, European Commission, Joint Research Centre, Environment Institute

ECA (1991b): European Collaborative Action „Indoor Air Quality and its Impact on
Man“: Effects of Indoor Air Pollution on Human Health. Report Na. 10, EUR 14086
EN, European Commission, Joint Research Centre, Environment Institute

ECA (1993): European Collaborative Action „Indoor Air Quality and its Impact on
Man“: Determination of VOCs emitted from indoor materials and products -
Interlaboratory comparison of small chamber measurements. Report Na. 13, EUR
15054 EN, European Commission, Joint Research Centre, Environment Institute

EC (1994): European Commission: Mitteilung der Kommission über die
Grundlegendokumente. Amtsblatt EG, C 62/1 vom 28.2.1994

ECA (1995): European Collaborative Action „Indoor Air Quality and its Impact on
Man“: Determination of VOCs emitted from indoor materials and products - Second
interlaboratory comparison of small chamber measurements. Report No. 16, EUR
16284 EN, European Commission, Joint Research Centre, Environment Institute

ECA (1997) European Collaborative Action "Indoor Air Quality and its Impact on
Man": Evaluation of VOC Emissions from Building Products – Solid Flooring
Materials. Report No. 18, EUR 17334 EN, European Commission, Joint Research
Centre, Environment Institute.

ECA (1997) European Collaborative Action "Indoor Air Quality and its Impact on
Man". Total Volatile Organic Compounds (TVOC) in Indoor Air Quality

Investigations. Report No. 19, EUR 17675 EN, European Commission, Joint Research Centre, Environment Institute.

ECA (1999): European Collaborative Action
Indoor Air Quality and its Impact an Man": Sensory Evaluation of Indoor Air Quality.
Report Na. 20, EUR 18676 EN, European Commission, Joint Research Centre,
Environment Institute

EG-Richtlinie 67/548/EWG des Rates zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe vom 27. Juni 1967 (ABl. EG vom 16.08.1967 Nr. L 196 S. 1), zuletzt geändert am 29. April 2004 durch Artikel 1 der Richtlinie 2004/73/EWG der Kommission zur neunundzwanzigsten Anpassung der Richtlinie 67/548/EWG des Rates zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe an den technischen Fortschritt (ABl. EU vom 30.04.2004 Nr. L 152 S.1)

EG-Richtlinie des Rates vom 21. Dezember 1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten über Bauprodukte (89/106/EWG) - Bauproduktenrichtlinie - Amtsblatt c EG Nr. L 40 S. 12-26; geändert durch die Richtlinie des Rates 93/68/EWG vom 22. Juli 1993;
EG-Bauproduktenrichtlinie - Leitpapiere, verfasst von Vertretern der Mitgliedstaaten und der Dienste der Europäischen Kommission. In der englischen Fassung im Internet erhältlich unter <http://europa.eu.int/comm/enterprise/construction/internal/guidpap/guidpap.htm>. Alle Leitpapiere in aktueller Fassung siehe Kiehne, Hinrich; bearbeitet von Lutz, Holger und Springborn, Matthias: Bauproduktengesetz Materialsammlung. Loseblattsammlung, Grundwerk 1992, Beuth Verlag

EG- Richtlinie 98/8/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über das Inverkehrbringen von Biozid-Produkten vom 16. Februar 1998 (Biozid-Richtlinie) (ABl. EG vom 24.04.1998 Nr. L 123 S. 1;ABl. EG vom 08.06.2002 Nr. L 150: S. 71) zuletzt geändert am 29. September 2003 durch Anhang II Nr. 26 u Anhang III Nr. 76 der Verordnung (EG) Nr. 1882/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Anpassung der Bestimmungen über die Ausschüsse zur Unterstützung der Kommission L der Ausübung von deren Durchführungsbefugnissen, die in Rechtsakten vorgesehen sind, für die das Verfahren des Artikels 251 des EG-Vertrags gilt, an den Beschluss 1999/468/EG des Rates (ABl. EU vom 31.10.2003 Nr. L 284 S. 1)

Europäisches Parlament, Ausschuss für Umweltfragen, Volksgesundheit und Lebensmittelsicherheit, Dokument: Vorläufig 2004/2132(INI) - PR\545962DE.doc-PE349.889 vom 27. Oktober 2004)

Europäische Kommission, „Europäische Strategie für Umwelt und Gesundheit“ (SCALE-Initiative), KOM (2003) 338, und „Der Europäische Aktionsplan Umwelt und Gesundheit“ 2004-2010, KOM (2004) 416

Fischer J., Englert N. und Seifert B (1998): Luftverunreinigungen und geruchliche Wahrnehmungen unter besonderer Berücksichtigung von Innenräumen. WaBoLu-Hefte 1/1998. Umweltbundesamt, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Berlin. 1 10 S. ISSN 0175-421 1

Heinzow B (2003), FLUGS-Fachinformationsdienst – Seminar „Konfliktfeld Umwelt und Gesundheit. Risikokommunikation – Dialog oder Akzeptanzbeschaffung?“, 9. 12. 2003, Berlin. Im Internet unter <http://www.umweltbundesamt.de>.

Hippelein M (2003) Erhebung und Diskussion von Referenzdaten der TVOC-Konzentration in Innenräumen. Umed Forsch Prax 8 (2): 87-89.

Konzeption der Bundesregierung zur Verbesserung der Luftqualität in Innenräumen, Hrsg. Referat Öffentlichkeitsarbeit, Bundesumweltministerium, September 1992; in Ergänzung zur Konzeption: Bericht über den Stand der Umsetzung der Maßnahmenvorschläge, Bericht für das Bundeskabinett, Februar 1996 (nicht veröffentlicht)

Krause C et al. (1991) Umwelt-Survey: Messung und Analyse von Umweltbelastungsfaktoren in der Bundesrepublik Deutschland - Umwelt und Gesundheit. Band III c: Wohn-Innenraum: Raumluft. WaBoLu-Heft 4. Bundesgesundheitsamt, Berlin, 1991.

Leitfaden für die Innenraumlufthygiene in Schulgebäuden, Umweltbundesamt, Juni 2000

Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen, Umweltbundesamt, Dezember 2002, und zugehörige Kurzfassung mit dem Titel „Hilfe! Schimmel im Haus“.

Leitfaden „Angriff des schwarzen Staubes – das Phänomen ‚schwarze Wohnungen‘ – Ursachen- Wirkungen – Abhilfe“ („Fogging-Leitfaden“), Umweltbundesamt 2002

Lux et al. (2001) Belastung der Raumluft privater Neubauten mit flüchtigen organischen Verbindungen. Bundesgesundheitsbl-Gesundheitsforsch-Gesundheitsschutz 44: 619-624.

Maroni, M., Seifert, B. und T. Lindvall (1995): Indoor Air Quality, A Comprehensive Reference Book; Air Quality Monographs - Vol 3. Elsevier Amsterdam
Mølhav L (1991) Volatile organic compounds. Indoor Air 4: 357-376.

Musterbauordnung, Fassung November 2002

Oppl R et al. (2000) Innenraumluft und TVOC: Messung, Referenz- und Zielwerte, Bewertung. Bundesgesundheitsbl-Gesundheitsforsch-Gesundheitsschutz 43:513-518.

Oppl R et al.(2002) Emissionskontrollierte, lösemittelfreie Verlege-werkstoffe für Bodenbeläge und Parkett. Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft 62 Nr.4: 173-176.

Rat der Europäischen Gemeinschaften (1989): Richtlinie des Rates vom 21. Dezember 1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedsstaaten über Bauprodukte (89/106/EWG). Amtsblatt der EG Nr. L 40/12-26.

Salthammer T (1999) Indoor air pollution by release of VOCs from wood-based furniture. In: Salthammer T (Hrsg) Organic indoor air pollutions. Wiley-VCH Verlag Weinheim, 203-218.

Salthammer T (2000) Verunreinigungen der Innenraumluft durch reaktive Substanzen – Nachweis und Bedeutung von Sekundärprodukten. In Moriske HJ und Turowski E (Hrsg): Handbuch für Bioklima und Lufthygiene. Ecomed Verlag, Landsberg, Kapitel III-6.4.2, 1-16.

Schleibinger H et al. (2001) VOC-Konzentrationen in Innenräumen des Großraums Berlin im Zeitraum von 1988-1999. Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft 61 Nr.1/2: 26-38.

Seifert B. (1999): Richtwerte für die Innenraumluft: TVOC. Bundesgesundheitsblatt 42 (3), 270-278

Springborn M (2004): Die Koordinierungsstelle für die harmonisierte europäische Normung im DIBt – Merkpunkte für die Mitarbeit in der Normungsarbeit, SIBt Mitteilungen 4/2004, S. 106 – 116.

Szewzyk R, Umweltbundesamt, Dienstreisebericht vom 13. 02. 2004 über die Internationale Tagung "Healthy Buildings" in Singapur, 7.-11.12. 2003. TRGS 900: Technische Regeln für Gefahrstoffe. Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz "Luftgrenzwert". Fortlaufende Aktualisierung im Bundesarbeitsblatt.

WHO Weltgesundheitsorganisation (1998) Indoor air quality: organic pollutants. EURO Reports and Studies No.111, Copenhagen.

WHO World Health Organization (2000) Air Quality Guidelines for Europe. Second Edition. WHO Regional Publications, European Series, No. 91. World Health Organization Regional Office for Europe. Copenhagen.

Wilke O et al. (2003) Untersuchung und Ermittlung emissionsarmer Klebstoffe und Bodenbeläge, UBA-Texte27/03, Umweltbundesamt Berlin.

Witten J, Hessisches Sozialministerium, Vorsitzende des Ausschusses zur Gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB), Vortrag „Gesundheitliche Bewertung der Emissionen von VOC aus Bauprodukten – Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB)“.

Normenverzeichnis

E DIN EN 717-1: Holzwerkstoffe - Bestimmung der Formaldehydabgabe - Teil 1: Formaldehydabgabe nach der Prüfkammer-Methode E DIN EN 13419-1, Januar 2003: Bauprodukte - Bestimmung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen - Teil I: Emissionsprüfkammer-Verfahren. Ausgabe August 2002

DIN 1946-6: Raumluftechnik - Teil 6: Lüftung von Wohnungen; Anforderungen, Ausführung, Abnahme (VDI-Lüftungsregeln). Ausgabe Oktober 1998

DIN (Deutsches Institut für Normung) DIN EN 13419- Teil 1 bis 3: Bauprodukte - Bestimmung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC).
Teil 1.: Emissionsprüfkammer-Verfahren – Deutsche Fassung prEN 13419-1:2002;
Teil 2: Emissionsprüfzellen-Verfahren – Deutsche Fassung prEN 13419-2:2002;
Teil 3: Verfahren zur Probenahme, Lagerung der Proben und Vorbereitung der Prüfstücke. Deutsche Fassung prEN 13419-3:2002.

DIN ISO 16000-3: Innenraumluftverunreinigungen - Teil 3: Messen von Formaldehyd und anderen Carbonylverbindungen; Probenahme mit einer Pumpe. Ausgabe August 2003

DIN/ISO 16000-6:2002-09 Bestimmung von VOC in der Innenraumluft und in Prüfkammern - Probenahme auf TENAX TA, thermische Desorption und Gaschromatographie.

ISO 16000-6: Indoor air - Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling an Tenax TA sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS/FID. Ausgabe März 2004

DIN 1946-6: Raumluftechnik, Teil 6: Lüftung von Wohnungen, Anforderungen, Ausführung, Abnahme (VDI-Lüftungsregeln). Deutsches Institut für Normung, Berlin, Sept. 1994.