

# **Schadstoffe im Bauwesen – wie gefährdet ist der Mensch?**

Prof. Dr. med. Klaus Fiedler, Vorsitzender des  
Ausschusses für Wohnmedizin und Bauhygiene  
der Gesellschaft für Hygiene Umweltmedizin  
und Präventivmedizin, Chefredakteur der  
Zeitschrift "Wohnmedizin"

# Wohnen und Gesundheit im Paradies



## **Prima Klima!**

- **Saubere Luft**

- **Angenehme**

**Temperatur**

**Genügend zu essen**

**Friedliche Nachbarn**

**Wenig Stress**

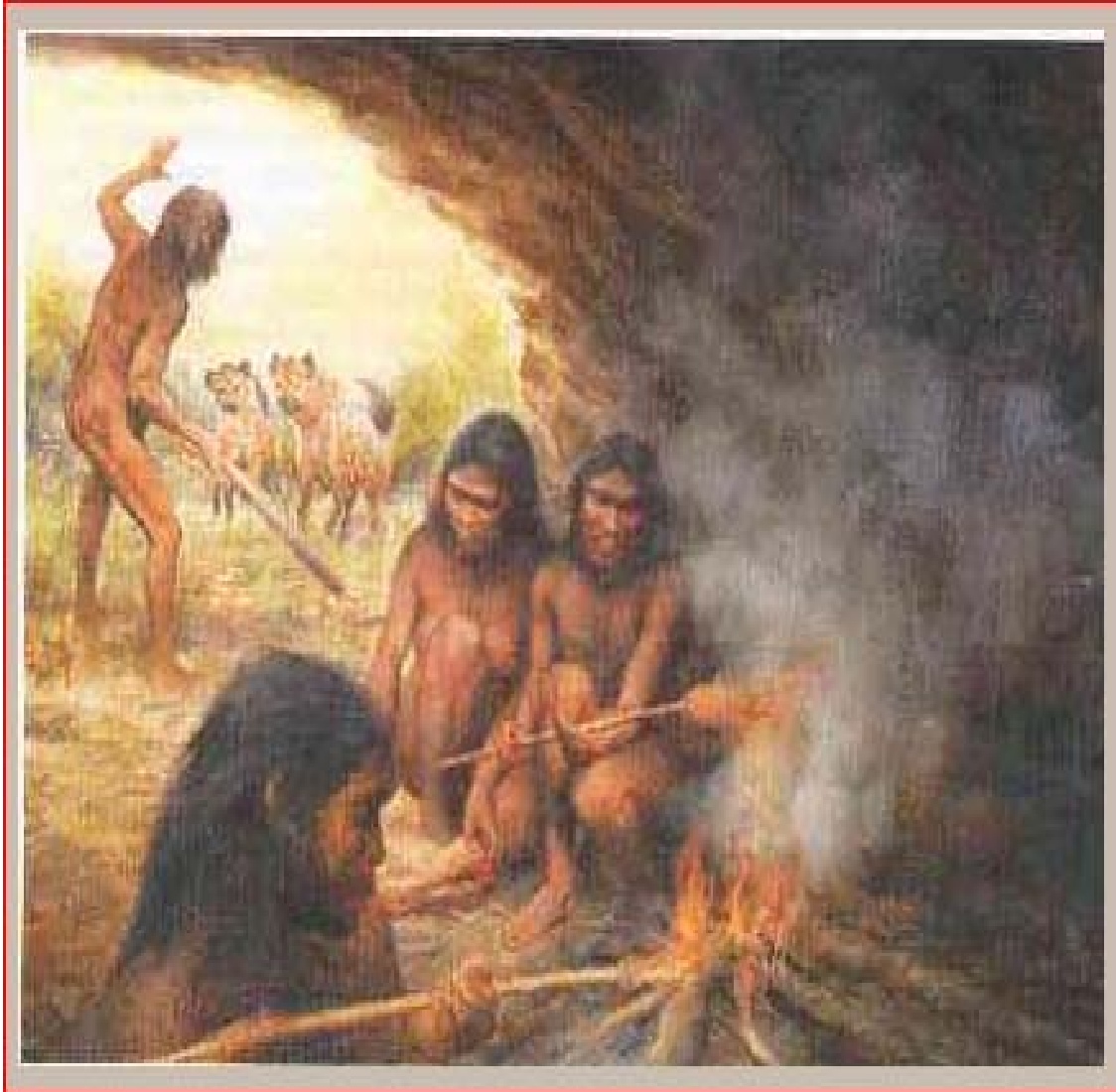
Adam und Eva im Paradies

von Lucas Cranach d. Ä. 1531

Rotbuchenholz, 51,3 x 35,5 cm

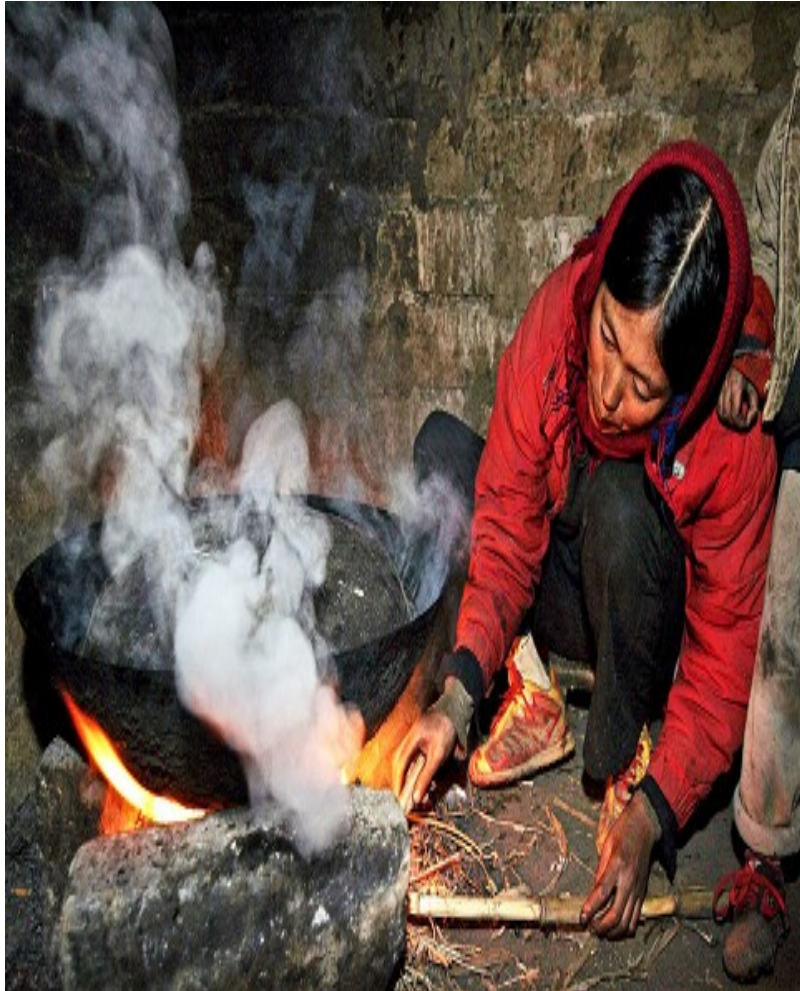
Staatliche Museen zu Berlin, Gemäldegalerie

# Wohnen und Gesundheit Höhlenbewohner



- **Kein prima Klima**
- **Stress**

# Und heute?: akute Gesundheitsgefährdung durch Kochen in Entwicklungsländern



<http://www.welt.de/gesundheit/article13659256/Kochen-mit-Feuer-toetet-mehr-Menschen-als-Malaria.html>

## Kochen mit Feuer tötet mehr Menschen als Malaria

Durch Luftverschmutzung über primitive Kochstellen sterben jährlich weltweit fast 2 Millionen Menschen (CO, CO<sub>2</sub>, krebs-erzeugende Kohlenwasserstoffe) insb. an akuten Lungenentzündungen (vor allem Kinder) sowie chronischen Atemwegserkrankungen.

(Martin et. Al., Science)

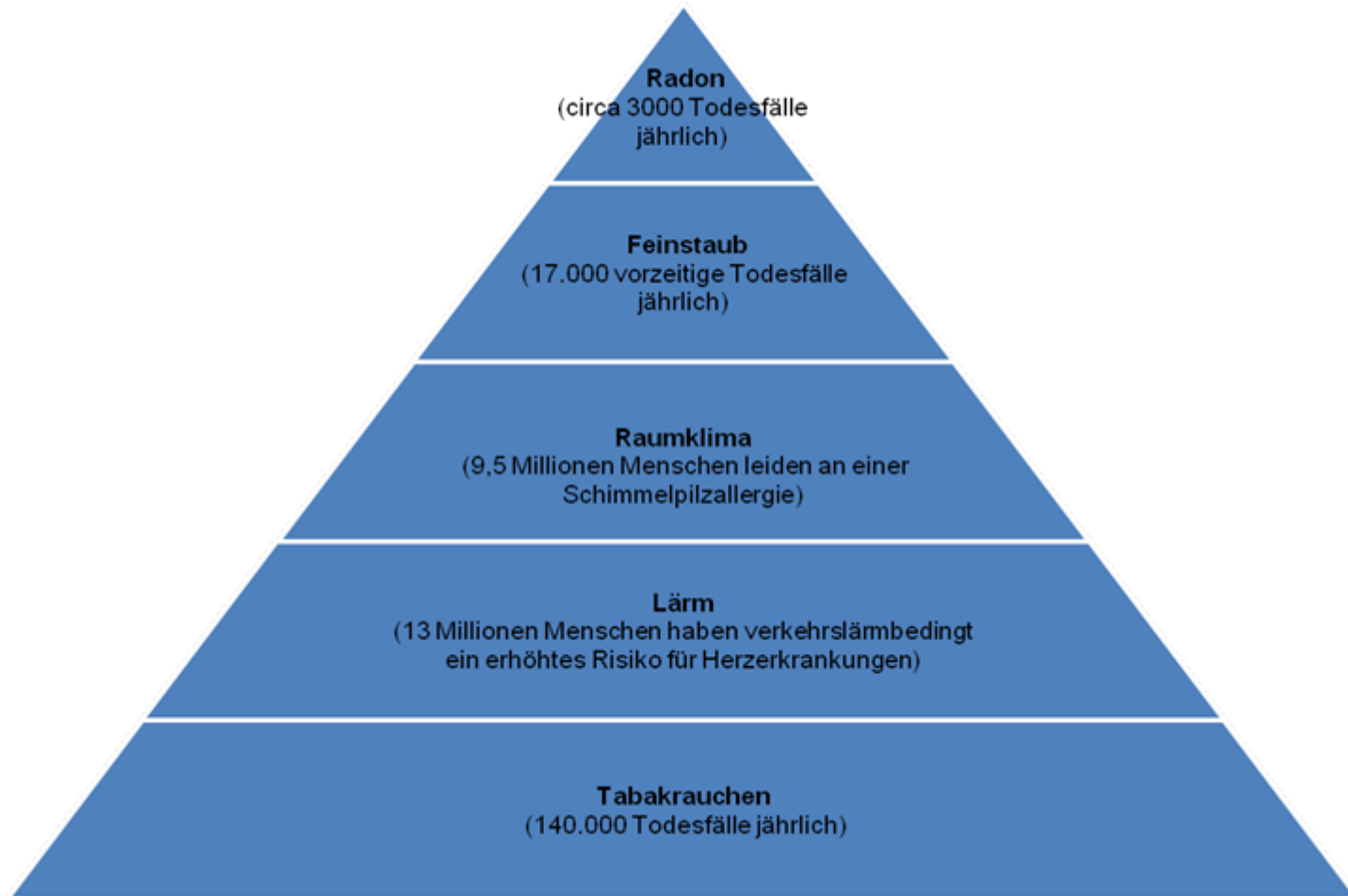
# Die wichtigsten wohnmedizinischen Risikofaktoren

- 1. *Tabakrauchen*:** weltweit 5 Millionen, in Europa, 0,5 Millionen, in Deutschland 140.000 Todesfälle jährlich
- 2. *Lärm*:** 13 Millionen Deutsche haben verkehrslärmbedingt ein erhöhtes Risiko für ischämische Herzerkrankungen
- 3. *Ungünstiges Raumklima*:**
  - *Schimmel*: 20% der Gebäude weltweit weisen Feuchtigkeitsschäden auf, 21% der Asthmaerkrankungen in den USA sind auf Feuchtigkeit und Schimmelpilz in Wohnungen zurückzuführen
  - 9,5 Millionen Deutsche haben eine Schimmelpilzallergie
  - viele Erkrankungen durch zu warme, zu kalte, trockene Raumluft, durch zu hohe Differenz der Temperatur der Umgebungsflächen zur Raumlufttemperatur

# Die wichtigsten wohnmedizinischen Risikofaktoren

4. **Feinstaub**: 17.000 vorzeitige Todesfälle in Deutschland jährlich. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass ein großer Teil der Feinstaubaufnahme außerhalb von Gebäuden erfolgt. Je dichter ein Gebäude an Hauptverkehrsstraßen liegt, umso intensiver ist die Exposition.
5. **Radon**: 3000 Deutsche sterben jährlich an Lungenkrebs der durch Radon verursacht wurde
6. **Innenraumemissionen: Bauprodukte**  
(Chemikalien, Geruch): Gesundheitsstörungen und Erkrankungen durch Immissionen insbesondere flüchtiger organischer Verbindungen aus Bau- und Ausstattungsmaterialien, Einrichtungsgegenständen, Haushalts- und Hobbyprodukten
7. **Emissionen von Menschen** (insb. CO<sub>2</sub>, Gerüche)

# Wohnmedizinische Einflusspyramide



**Abbildung 9: Die fünf wichtigsten wohnmedizinischen Einflussfaktoren auf die Gesundheit in Deutschland**

# Gefährdung durch Altlasten aus Bauprodukten

- **PCP, Lindan, DDT**
- **formaldehydhaltige Spanplatten**
- **asbesthaltige Produkte**
- **biopersistenten Mineralfasern**
- **PCB-haltige Dichtungsmassen**



# Rechtsvorschriften zum Schutze der Verbraucher

- **Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Chemikaliengesetz)**
- **Chemikalienverbotsverordnung**
- **Gefahrstoffverordnung**
- **REACH-Verordnung**
- **Europäische Bauproduktenverordnung**

# Zum Schutze des Verbrauchers gibt es weiter

- **Richtwerte** (Vorsorgerichtwert, Eingriffsrichtwert ) für 19 Stoffe festgelegt)
- **Leitwerte** (hygienisch begründeter Beurteilungswert) für TVOC und Kohlendioxyd
- **NIK-Werte** (für eine einheitliche und nachvollziehbare gesundheitliche Bewertung von Bauprodukten)

# Welche Materialien sind potenziell im Innenraum emissionsintensiv

- **Klebstoffe**
- **Fußbodenbeläge**
- **Holzprodukte**

# Klebstoffe

- **Lösemittel-Klebstoffe** (30-85 % Lösemittel) und **Polyurethan-Klebstoffe** (bis zu 10 % Lösemittel) können **gesundheitsschädliche flüchtige organische** Verbindungen emittieren,
- bei **Polyurethan-Klebstoffe** sind **allergieauslösende Bestandteile** bekannt. Gesundheitliche Probleme können hier insbesondere beim Verlegen und in der unmittelbaren Zeit danach auftreten.

# Klebstoffe

- **Problematisch ist, dass leicht- oder schwer flüchtige Inhaltsstoffe oft erst nach längerer Zeit durch das verklebte Bauprodukt (z.B. Bodenbelag, Tapeten) hindurch diffundieren.**

# Klebstoffe

- **Den lösemittelfreien Dispersionsklebstoffen (D1) werden zur Verbesserung der Konsistenz (Streichfähigkeit), Flüssigkeiten und Mischungen mit einem Siedepunkt über 200 °C (Hochsieder) zugesetzt.**
  - z. B. Glykolether (Butyldiglykol, Butyltriglycol, 2-Phenoxyethanol), welche oft über einen längeren Zeitraum an die Raumluft abgegeben werden.

# Klebstoffe

- In einigen Klebern befinden sich nicht unbeträchtliche Mengen von Terpenen unter anderem auch das Delta-3-Caren, welche Allergien hervorrufen.
- In Klebstoffen können auch Ausgangsstoffe enthalten sein, welche bei der Synthese von Kunstharzen eingesetzt wurden. So können z.B. Acrylat-Monomere Allergie auslösen, wenn sie auf die Haut gelangen.

# Klebstoffe

- **Die Konzentrationen dieser Stoffe in der Luft liegen normalerweise weit unterhalb der Richtwerte. Die Kombination dieser chemischen Verbindungen mit dem verklebten Material kann jedoch zu Geruchsbelästigungen führen.**



# Fußbodenbeläge

- **Emissionen aus Fußbodenbelägen können insbesondere wegen der großen emittierenden Fläche rein quantitativ ein Problem werden.**
- **Beim Einsatz von Holzwerkstoffen ist eine mögliche Emissionen von Formaldehyd zu beachten.**

# Fußbodenbeläge

- Emissionsarme Versiegelungen sind zu bevorzugen
- Nachteil von **Wasserlacken** ist, dass sie zum Aushärten meist mehrere Tage benötigen.
- Wenn Wasserlacke als filmbildendes Element nicht wasserlösliche Acrylharze enthalten, werden chemische Stoffe als "**Lösungsvermittler**" eingesetzt, die **z. T. gesundheitsschädigende Eigenschaften** haben.
- Außerdem können chemische Konservierungsstoffe, die zur Haltbarkeit den Wasserlacken beigelegt wurden, beim späteren Abschleifen frei werden.

# PVC

- **PVC ist ein problematisches Produkt**
  - Der Grundstoff von PVC, Vinylchlorid ist krebserregend.
  - **Bei der Verbrennung PVC-haltiger Materialien entstehen neben Kohlenmonoxid, ätzende Chlorverbindungen sowie hochtoxische Dioxine und Furane.**
  - Die erhebliche Rauchentwicklung beim Brand PVC-haltiger Materialien können Flucht und Rettung betroffener Personen erschweren.

# PVC

- In PVC-Bodenbelägen befindet sich häufig der **Weichmacher DEHP (Di-[2-ethylhexyl]-phthalat)**. **DEHP steht unter Verdacht, krebserregend zu sein.**
- PVC-Beläge emittieren nur geringe Mengen flüchtiger organischer Kohlenwasserstoffe, besonders aus weichen PVC-Belägen gasen aber Weichmacher aus.

# Holzprodukte im Innenraum

- Holzprodukte – insbesondere solche aus frischen Nadelhölzern – emittieren zum Teil erhebliche Mengen an VOC, insbesondere Terpene
- Diese Emissionen, welche den typischen Nadelholzgeruch verursachen, bedeuten aber kein toxikologisches Risiko und werden von den meisten Menschen als angenehm empfunden.
- Es sind jedoch auch allergische Reaktionen auf Terpene bei hierfür disponierten Personen bekannt.
- Zur Vermeidung gesundheitsschädlicher Innenraumemissionen ist auf Holzschutz im Innenraum zu verzichten!

# Geruchsemissionen aus Bauprodukten

- **Im Juni 2011 hat das Umweltbundesamt die künftige Strategie zur sensorischen Bewertung der Emissionen aus Bauprodukten insb. auch von Fußbodenbelägen veröffentlicht.**

Umweltbundesamt – Texte 35/2011: Sensorische Bewertung der Emissionen aus Bauprodukten – Integration in die Vergabegrundlagen für den Blauen Engel und das Bewertungsschema des Ausschusses zu gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten. Autoren: Müller, B., Panaskova J., Danielak, M., Horn W., Jann, O., Müller, D., Redaktion: Brandt, S., Öhm, A., Plehn, W., Dessau-Roßlau, Juni 2011

# Sensorische Bewertung bei Probanden- gruppen

- Die emotionale Wirkung des Geruches wird durch die hedonische Note beschrieben (Hedonik von griechisch hēdonē = Lust, Freude).
- Auf einer Skala von äußerst unangenehm (-4) bis äußerst angenehm (+4) wird beschrieben wie der Geruch von den Probanden empfunden wird.

# Ergebnisse

- Es konnte bei den Versuchen bis jetzt noch *kein Bauprodukt ermittelt* werden, welches von den Probanden *gleichzeitig als intensiv riechend und positiv bewertet wurde*.
- Um dieses Ergebnis überhaupt einmal zu erreichen, musste man zu einem Lebensmittel, nämlich zu einem Schokoladenkeks greifen!
- Es ist jedoch festzustellen, dass **Holz und Holzwerkstoffe** in der Summe über alle Messtage etwas **positiver in der Hedonik** als andere Bauprodukte bewertet wurden.



# Hedonik

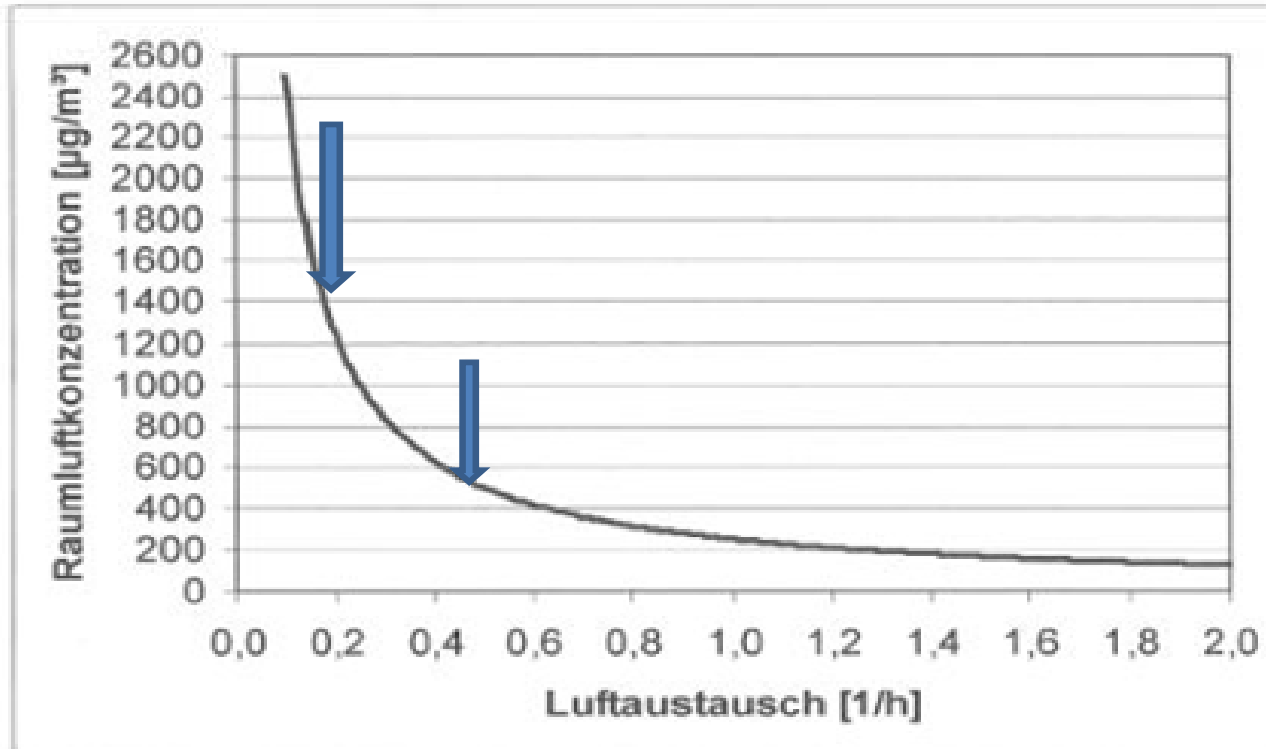
- **Bei den Bauprodukten, insbesondere den Fußbodenbelägen, wird die sensorische Bewertung künftig eine wichtige Rolle spielen!**
- **Es ist sogar vorstellbar, dass man für bestimmte Nutzergruppen unterschiedliche hedonische Anforderungen primär bei der Produktion berücksichtigt.**
- **Es muss aber darauf hingewiesen werden, dass bei Maßnahmen zur Optimierung der Gerüche keine Richtwerte flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) bzw. deren Gesamtzahl (TVOC) überschritten werden.**

# Problem bei der Einschätzung der Höhe der Immissionen

- Die Bauprodukte werden bei einer Luftwechselzahl von  $0,5 \text{ h}^{-1}$  getestet d.h. bei einem 50 prozentigen Luftaustausch pro Stunde.
- Dieser Luftaustausch von  $0,5 \text{ h}^{-1}$  ist auch erforderlich um Luftfeuchtigkeit, Kohlendioxid und Innenraumemissionen kontinuierlich zu entfernen.
- Deshalb ist dieser Luftaustausch auch in der *DIN 1946-6 (2009/5)* sowie *DIN 4108-2 (2003/7)* festgelegt

# Problem bei der Einschätzung der Höhe der Immissionen

- In gemäß der **Energieeinsparverordnung 2009** gebauten Gebäuden liegt aber bei geschlossenen Fenstern und Türen nur eine **Luftwechselzahl von 0,2-0,3 h<sup>-1</sup>** vor.
- Deshalb muss zusätzlich zur Grundlüftung von 0,2-0,3 h<sup>-1</sup> eine **zusätzliche Fensterlüftung von 0,2-0,3 h<sup>-1</sup>** durchgeführt werden, um die Differenz bis 0,5 auszugleichen.



Aus: *Thumulla/Schmidt*, Luftwechsel und Schadstoffe, 4. Bauphysiktagung des VDB, November 2011.

In diesem Beispiel würde die VOC -Konzentration bei einer Luftwechselrate von  $0,5 \text{ h}^{-1}$  bei  $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$  liegen, bei einem natürlichen Luftwechsel von  $0,2 \text{ h}^{-1}$  jedoch weit über  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$

# Ausreichende Lüftung als Lösung

- Die Lüftung eines Raumes entscheidet in erheblichem Maße darüber, ob ein Raum trocken bleibt oder feucht wird.
- Die Lüftung eines Raumes entscheidet in erheblichem Maße darüber, ob in einem Raum erhöhte Schadstoffkonzentrationen auftreten, oder nicht.

# Wie sichere ich die erforderliche Lüftung trotz luftdichter Bauweise gemäß Energiesparverordnung?

- Erstellung eines Lüftungskonzepts (DIN 1946-6) mit Planungsbeginn des Hausbaus bzw. der Sanierung:
- Grundsätzliche Entscheidung über
  - Bauen ohne Lüftungsanlage, ausschließlich freie Lüftung durch Fugen = **nutzerabhängige Lüftung**
  - Einsatz von geregelten Außenwandluftdurchlässen (ALD)
  - Einsatz einer maschinellen (ventilatorgestützten) Entlüftung
  - Einsatz von zentral gesteuerten Anlagen (RLT-Anlagen) mit Zuluft- und Abluftsystem, ggf. mit Erwärmung, Kühlung (im Sommer) und Befeuchtung der zugeführten Luft

# Bei Entscheidung für eine nutzerabhängige Lüftung

Ist zu sichern:

- Häufiges individuelles Lüften der Bewohner entsprechend des Bedarfes
- Hierzu ist eine Belehrung der Bewohner erforderlich, da energieökonomisch gebaute Häuser ein viel häufigeres Lüften erforderlich machen, als es die meisten Bürger traditionell gewöhnt sind.

# Bei Entscheidung für eine nutzerabhängige Lüftung

- *Problematisch wird es aber immer dann werden,*
  - *wenn die Bewohner nicht oder nicht mehr in der Lage sind, aktiv in das Lüftungsregime einzugreifen*
  - *oder die Mitarbeit in dieser Beziehung verweigern, bzw. nur unzureichend kooperieren*



# Bei Entscheidung für eine nutzerabhängige Lüftung

- Es sollte hierbei stets die Frage gestellt werden, ob auch in Zukunft die Bewohner die Lüftungsmaßnahmen anpassen an
  - wechselnde Belegung ?
  - wechselnde Feuchtebelastung ?
  - wechselnde Aktivitäten im Raum ?
  - wechselnde Innenraumemissionen ?
  - wechselnde Klimasituation ?

# Zusammenfassung

- **Die entscheidende Frage dieses Vortrages lautet:**
- **Schadstoffe im Bauwesen – wie gefährdet ist der Mensch?**

# Zusammenfassende Antwort

- Die Rechtsvorschriften sichern ein gesundes Wohnen durch emissionsarme Bauprodukte
- Eine Gefährdung der Menschen wird nur dann entstehen, wenn es nicht gelingt in gemäß der Energiesparverordnung gebauten Wohngebäuden die hygienisch erforderliche Luftwechselzahl von  $0,5 \text{ h}^{-1}$  möglichst benutzerunabhängig zu gewährleisten.

# Zusammenfassung

- **Alle Dinge sind Gift, und nichts ist ohne Gift. Allein die Dosis macht, dass ein Ding kein Gift ist (Paracelsus, 1493-1541)**
- **Die Luftwechselrate entscheidet darüber, ob Emissionen aus Bauprodukten sich im Innenraum zu erhöhten Konzentrationen ansammeln können!**

# Fazit

- Die Lüftung eines Raumes ist das Zünglein an der Waage, das darüber entscheidet, ob die klassischen wohnmedizinischen Kriterien Feuchtigkeit und Innenraumemissionen aus Bauprodukten gesundheitsrelevant werden können!!!

- **Die Bedeutung der Wohnung, eines Hauses war schon in Vorzeiten bekannt.**
- **Wie sagte der König Salomo (Sprüche Salomons 24,3):**

- **"Durch Weisheit wird ein Haus gebaut und durch Verstand erhalten".**
- **Möge uns diese Weisheit, dieser Verstand auch im Zeitalter der Energieökonomie, nie abhanden kommen!**

**Ich danke Ihnen für  
Ihre Aufmerksamkeit!**