

# IST NATUR GESUND?

## MÖGLICHE RAUMLUFTPROBLEME DURCH NATURSTOFFE

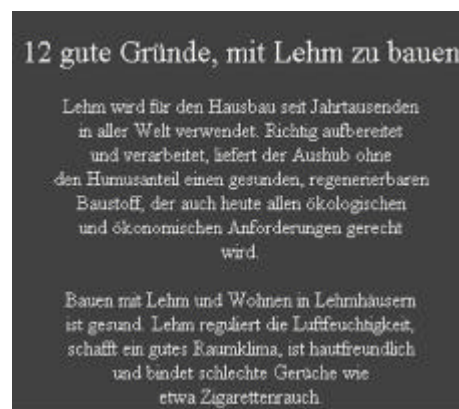


DI Peter Tappler, Innenraum Mess- und Beratungsservice

### „GESUNDE“ MATERIALIEN

Seit Ende der 70er Jahre sind die Gefahren synthetischer Chemikalien im Bauwesen in das Zentrum des Interesses getreten. Als Antwort auf Formaldehyd, PCP und Asbest besann man sich auf natürliche, zum Teil traditionelle Baustoffe, Materialien und Konstruktionen, deren Herstellung und Entsorgung merkbar weniger ökologische Belastungen mit sich bringen und dadurch im weitesten Sinn einen Vorteil für den Konsumenten versprechen.

In den letzten Jahren zeigte sich allerdings die Tendenz, dass das Thema „Gesundheit“ im Bereich des ökologischen Bauens immer mehr an Bedeutung gewann, Ökologie dagegen für den Konsumenten nicht mehr so im Vordergrund stand. War noch in den 80er Jahren die Angst um die in nächster Zukunft drohenden ökologischen Katastrophen aktuell, steht heute bei Konsumenten in erster Linie die Sorge um die eigene Gesundheit im Vordergrund. Ein Mitgrund für diese Entwicklung mag auch ein, dass zahlreiche der damals prophezeiten ökologischen Untergangs-Szenarien nicht eingetroffen sind.



Auch in der Baubiologie hat sich dieser Wandel vollzogen. Es ist nicht zu übersehen, dass Produzenten und Vertreter umweltgerechter Materialien im Baubereich werblich die Brücke zur Gesundheit schlagen – ökologische Produkte verkaufen sich eben am besten über die Gesundheitsschiene. Angefragt wird eher das gesundheitlich unbedenkliche Material, ob es gesamtökologisch betrachtet empfehlenswert ist, hat für den Endverbraucher meist niedrigere Priorität. Anhand der telefonischen Anfragen, die das Österreichische Institut für Baubiologie und -ökologie (IBO) erreichen, lässt sich diese Entwicklung sehr gut

ablesen. Waren beispielsweise noch vor 15 Jahren nur ein Bruchteil der Konsumenten-anfragen gesundheitsbezogen, hat sich dieser Prozentsatz mittlerweile vervielfacht.

Vor diesem Hintergrund verwundert es nicht, dass auch bei den Produzenten und im Handel Aussagen in den Vordergrund gestellt werden, die eine positive gesundheitliche Wirkung suggerieren. Das Preisniveau qualitativ höherwertiger, baubiologischer Produkte wird häufig nur dann akzeptiert, wenn unter dem Strich ein – imaginiertes oder realer – Bonus für die Gesundheit des Käufers entsteht. Naturharz-Bodenbeschichtungen werden beispielsweise als „gesund“ bezeichnet, es wird die Schaffung

**Naturfarbe - was ist das?**

AURO Naturfarben werden nach den Prinzipien der "Sanften Chemie" hergestellt. Ein wesentlicher Teil der Produktion findet nicht im Betrieb selbst, sondern in der Natur statt, nämlich die durch die Sonne ablaufenden Syntheseprozesse in den Pflanzen. Diese nachwachsenden Rohstoffe werden bei AURO mit geringer Energiezufuhr in einfachen, überschaubaren Verfahren und ohne umweltbelastende Abfälle verarbeitet. Die so hergestellten Naturfarben sind später restlos wieder in die ökologischen Kreisläufe eingliederbar.

Es gibt viele Argumente, die klar für konsequent ökologische Naturfarben sprechen: Natürliche Rohstoffe - voll deklariert, Lebensqualität durch die Schaffung eines gesunden Raumklimas und in der Ökobilanz sind unsere Produkte preisgünstiger als viele konventionelle Farben. AURO Naturfarben gibt es für viele Anwendungsbereiche und 20 Jahre Erfahrung in der Praxis beweisen: **Naturfarben können technisch gut oder besser sein als viele Kunstharzfarben!**

[Mehr Informationen erhalten Sie in unserer AURO-Tour "Häuser atmen auf"!](#)

eines gesunden Raumklimas versprochen. „Häuser atmen auf“ (Auro 2004), es wird versichert, dass Bauen mit Lehm gesund ist (Texbis 2004). Diese Liste ließe sich lange fortsetzen. Es scheint fast so, dass kein Hersteller ökologischer Baustoffe mehr ohne gesundheitsbezogene Aussagen in seinen Produkt auskommt.

## WIE GESUND KANN EIN BAUSTOFF SEIN?

Gesunde Baustoffe sehen Sie ...  
riechen Sie ... spüren Sie ...

Ein Baustoff oder Material der Inneneinrichtung ist kein Medikament – von einem gesunden Material zu sprechen ist

für den Endverbraucher irreführend und missverständlich – wird doch der Eindruck erweckt, dass durch die Verwendung dieses Materials die Gesundheit des Bewohners direkt verbessert wird, was sicher nicht der Fall ist. Der Unterschied ist zwar klein, aber dennoch wichtig: Ein Baumaterial kann bestenfalls gesundheitlich unbedenklich sein – dies macht es jedoch noch nicht zu einem gesunden Material (wie es auch streng genommen keine „gesunde Raumlufte“ gibt).

Der Erhaltung der Gesundheit zuträglich ist erst die richtige Kombination von Baumaterialien mit anderen Faktoren: der Lage eines Hauses, dem fachgerechten Einbau, der Sinnhaftigkeit des Einbaues gerade dieses Baustoffes, Farbe, Licht, Oberflächentemperatur oder Gebrauchstauglichkeit, nicht zuletzt auch soziale Komponenten (Preis eines Materials in Bezug zur wirtschaftlichen Situation des Bauherrn, Anordnung von Arbeitsplätzen etc.). Dadurch kann – als Summe all dieser Einflüsse und noch anderer – sehr wohl die Gesundheit der Bewohner eines Gebäudes gefördert werden.

## MÖGLICHE RAUMLUFTPROBLEME DURCH NATURSTOFFE

### Problemkreise und Abgrenzungen

Im Regelfall ist die Anwendung von Naturmaterialien bzw. traditionellen Konstruktionen mit keinen gravierenden Raumlufteproblemen oder gesundheitlichen Risiken verbunden. In ungünstigen Fällen können natürliche Baustoffe jedoch raumlufthygienische Probleme aufwerfen. Es scheinen gerade diejenigen am meisten auf Naturstoffe zu reagieren, die auch gegenüber synthetischen Chemikalien und klassischen Allergenen empfindlich sind – MCS-Patienten, Allergiker und vorgeschädigte Personen.

Raumlufteprobleme durch Naturstoffe und traditionelle Bauweisen bzw. Konstruktionen haben vor allem drei Ursachen:

- **Niedrige Qualität der verwendeten Produkte**
- **Ungeeignete Auswahl der Bauteile, Zubereitungen und Konstruktionen**
- **Falsche Anwendung der eingesetzten Materialien**

Prinzipiell können in Innenräumen produzierte oder aus der Außenluft stammende Luftbestandteile wie Ozon und andere reaktive Verbindungen wie z.B. Aldehyde in der Gasphase oder an Materialoberflächen mit anderen Stoffen reagieren und neue Verbindungen erzeugen. Art und Menge dieser so genannten sekundären Emissionsprodukte sind von den Vorläufersubstanzen und den klimatischen Parametern abhängig. Zahlreiche im Innenraum gebräuchliche Produkte emittieren darüber hinaus herstellungsbedingt reaktive Verbindungen oder Sekundärprodukte (Salthammer 2000).

Solche Verbindungen können schon in niedrigen Konzentrationen durch ihre Geruchsintensität oder ihre irritative Wirkung das menschliche Wohlbefinden negativ beeinflussen (Wolkoff et al. 1997).

Für den Nachweis dieser Verbindungen ist zum Teil eine über Routinemethoden hinausgehende, spezielle Analytik notwendig; manche Substanzen können derzeit überhaupt noch nicht analytisch erfasst werden.

Tabelle 1: Mögliche Reaktionsprodukte und reaktive Komponenten in der Innenraumluft mit potentiellen Emissionsquellen (nur Naturstoffe aufgelistet) und Vorläufer-substanzen (nach Salthammer 2000, ergänzt)

Quelle	Vorläufersubstanz	Reaktive Verbindung/Reaktionsprodukt
Kork	Pentosen	Furfural, Ameisensäure, Essigsäure, Hydroxymethylfurfural
Weichholz, Terpentin		$\alpha$ -Pinen, $\beta$ -Pinen, $\Delta^3$ -Caren, Longifolen, $\beta$ -Phellandren, Camphen, Myrcen, Carvon
Linoleum, Leinöl als Bindemittel für Naturstoffbeschichtungen, (Alkydharze)	Ölsäure	Heptanal, Octanal, Nonanal, Decanal, 2-Decenal
	Linolensäure	2-Pentanal, 2-Hexanal, 3-Hexanal, 2-Heptanal, 2,4-Heptedienal, 1Penten-3-on
	Linolsäure	Hexanal, Heptanal, 2-Heptenal, Octanal, 2-Octenal, 2-Nonenal, 2-Decenal, 2,4-Nonadienal, 2,4-Decadienal

Im Folgenden werden für die Hauptursachen von Raumluftproblemen einige ausgewählte Beispiele aus der Praxis (ohne Anspruch auf Vollständigkeit) dargelegt.

### Niedrige Qualität der Produkte

In der Regel versucht jeder Hersteller, dem Konsumenten optimale Qualität zu bieten. Aufgrund der Tatsache, dass Naturmaterialien per definitionem nicht industriell unter genau definierten Bedingungen hergestellt werden bzw. in der Regel keine industrielle Verarbeitung erfahren, ergeben sich in manchen Fällen große Qualitätsunterschiede sowohl zwischen einzelnen Produzenten als auch zwischen einzelnen Produktionchargen des gleichen Herstellers.

Ein typisches Beispiel ist der Bodenbelag Linoleum, dessen Hauptanteil Leinöl unter anderem aus den Bestandteilen Linolsäure und Linolensäure besteht. Aus diesen Leinölbestandteilen entstehen geruchsintensive Substanzen, die als für Linoleum typisch empfunden und vom Konsumenten in der Regel nicht beanstandet werden. Bei falscher Lagerung bzw. Produktion, die nicht dem letzten Stand der Technik entspricht, verstärken sich allerdings diese Abgasungen, die dann zu den vor allem durch höhere Aldehyde verursachten, persistenten muffigen Gerüchen führen (Jensen et al. 1993).

Einige Vertreter der Isoprenoide werden seit einigen Jahrzehnten in zunehmenden Ausmaß als Alternativen zu synthetisch hergestellten Lösungsmitteln verwendet. Hier ist vor allem das Zitruschalenterpen Limonen zu nennen, das als Lösungsmittel in Naturöl- und Naturharzpräparaten eingesetzt wird. Weiters findet man diese Substanz als Duftstoff in einer Vielzahl von im Haushalt eingesetzten Produkten (z.B. Waschmittel, Spülmittel, Duftölen).

Die Verwendung von Terpentinöl (eine Mischung unterschiedlicher Terpene) als Lösungsmittel ist dagegen stark rückläufig – interessant ist in diesem Zusammenhang, dass fast alle Naturfarbenhersteller in den letzten Jahren das Terpentinöl aus ihren Produkten entfernt und durch Zitruschalenterpene (Hauptanteil Limonen) oder synthetische Lösungsmittel ersetzt haben. Überschreitungen des in Deutschland gültigen Richtwertes I für bicyclische Terpene (Leitkomponente  $\alpha$ -Pinen) von  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Sagunski, Heinzow 2003) kommen daher in der Praxis nicht mehr so häufig vor. Nach wie vor ist allerdings zu beobachten, dass natürliche Lösungsmittel niedriger Qualität relevante Konzentrationen des in der Raumluft unerwünschten Stoffes  $\Delta^3$ -Caren verursachen.

Verbindungen wie  $\alpha$ -Pinen,  $\beta$ -Pinen oder  $\Delta^3$ -Caren wurden in relevanten Konzentrationen auch als Abgasung von frischem Nadelholz nachgewiesen (Salthammer et al. 1996). Eigene Messungen zeigen allerdings, dass bei der Verwendung von Holz in Innenräumen die Konzentrationen dieser Substanzen schon nach kurzer Zeit Hintergrundwerte erreichen.

Radon ist ein natürliches, Krebs erzeugendes radioaktives Edelgas. Es entsteht ständig durch radioaktiven Zerfall aus natürlichem Uran. Die radioaktive Eigenstrahlung von Baustoffen war in der Vergangenheit Thema, was in der Folge zu einer Regelung durch die ÖNORM S 5200 führte. Ein Naturstoff, der aufgrund seiner Zusammensetzung die Vorgaben dieser Norm überschreiten kann, ist Granit. Unter den einzelnen Granitsorten existiert jedoch eine große Variabilität bezüglich der radioaktiven Eigenstrahlung (Sorantin et al. 1981). Zum Teil wurden maßgebliche Erhöhungen gegenüber Durchschnittswerten gemessen, manche Granitsorten hatten jedoch auch eine völlig unauffällige Eigenstrahlung. Eine erhöhte Eigenstrahlung eines Baustoffes führt dann zu einer signifikanten Erhöhung der Radonkonzentration in der Innenraumluft, wenn er in größeren Mengen, als Baustoff oder als Fußbodenmaterial eingesetzt wird. Die beliebte Küchenarbeitsplatte aus Granit trägt auch bei sehr niedriger Qualität nur in unbedeutendem Ausmaß zur Erhöhung der Radonkonzentration in Innenräumen bei.

Die als „ökologisch“ wahrgenommenen Holzwerkstoffe dreischichtiges Brettsperrholz, Tischlerplatten und Furnierholz werden häufig als Alternative zu Spanplatten eingesetzt. Die Emissionsrate an Formaldehyd wird vor allem von der Auswahl der Leime bestimmt. Platten guter Qualität tragen nur unbedeutend zur Formaldehydkonzentration in Räumen bei. Materialien schlechter Qualität (mit Harnstoff-Formaldehydharzen als Leime) können jedoch beträchtliche Mengen an Formaldehyd abgeben, welche die Emission von E1-Spanplatten deutlich überschreitet wodurch diese Materialien ungeeignet für den Einsatz in Innenräumen werden.

### **Ungeeignete Auswahl der Materialien und Konstruktionen**

Die ungeeignete Auswahl eines an sich bewährten Materials lässt sich anhand des Beispiels Kork zeigen. Kork gibt, abhängig von der Produktionsmethode, stark unterschiedliche Mengen an VOC, darunter eine Reihe von Substanzen mit niedrigem Geruchsschwellenwert, an die Raumluft ab (Horn et al. 1998). Wird nun beispielsweise Korkgranulat niedriger Qualität in der Bodenschüttung eingesetzt, wie es in der Praxis mitunter vorkommt, kann dies aufgrund der offenen Verbindung zwischen dem Material und der Raumluft zu starken Gerüchen führen. Die Geruchsqualität reicht dabei von „korktypisch“ bis zu „Geruch nach geselchtem Fleisch“.

Obgleich Radon auch von Baustoffen abgegeben (emaniert) wird, ist die Hauptquelle von Radon in der Regel der geologische Untergrund. Von dort kann das Gas über Kellerräume in Wohnräume eindringen. Es zeigte sich bei umfangreichen Messungen in Österreich im Rahmen der ÖNRAP-Studie (2004), dass der Mittelwert eines Gebietes nichts über das

tatsächliche individuelle Risiko aussagt - die tatsächliche Radonkonzentration hängt stark von der Bauweise und vom Lebensstil der Bewohner ab.

Ein Beispiel für eine ungeeignete Konstruktion wäre das Erstellen eines sogenannten „Naturkellers“ mit diffusionsoffenen Kellerwänden in Gebieten mit einem hohen Radonabgasungspotential des Untergrundes (Radonrisikogebiete). In diesem Fall strömt das natürliche radioaktive Edelgas Radon in hohen Konzentrationen nahezu ungehindert in die Kellerräume und in der Folge in die Wohnräume. Risiken entstehen auch, wenn in Radonrisikogebieten Erdwärmetauscher mit nicht absolut dichter Verrohrung ausgeführt würde. Als Folge würde sich in den Innenräumen erhöhte Konzentrationen des Edelgases Radon einstellen.

### **Falsche Anwendung der eingesetzten Stoffe**

In vorindustriellen Zeiten entsprach der Einsatz von Naturstoffen dem Stand der Technik; die Verarbeitungsmethoden wurden von praktisch allen Handwerker beherrscht. Dieses Wissen ist jedoch weit gehend verloren gegangen. Nur wenige moderne Handwerksbetriebe beherrschen die Verarbeitung von Naturstoffen, die vor allem im Bereich der Beschichtungen mitunter nicht trivial ist. Dazu kommt, dass manche Konsumenten glauben, alle Arbeiten selbst ausführen zu können. Es verwundert daher nicht, wenn aufgrund des mangelnden Wissens Fehler entstehen, die in manchen Fällen mit einer Raumluftkontamination einher gehen.

Bei großflächiger Verwendung von lösungsmittelhaltigen Beschichtungen (Lacke und Imprägnierungen für Boden und Möbel) ergibt sich in der ersten Zeit nach der Applikation eine deutlich erhöhte Konzentration an flüchtigen Substanzen (z.B. Terpene oder isooliphatische Verbindungen) in der Innenraumluft. Wird nun die Wartezeit nach Abschluss der Arbeiten nicht eingehalten oder waren, was manchmal vorkommt, die Auftragsmengen zu hoch, ergibt sich eine hygienisch bedenkliche Belastung der Raumnutzer mit diesen Lösungsmitteln.

Neuere Arbeiten, die sich mit Innenraumluftchemie beschäftigen, zeigen, dass bei gleichzeitiger Anwesenheit reaktiver Naturstoffe wie Limonen (Zitrusschalenöl) bzw. Pinenen (Balsamterpentinöl) und Ozon stark schleimhautreizende Verbindungen entstehen (Wolkoff et al. 1999). Weiters konnte nachgewiesen werden, dass durch Oxidationsprodukte des Limonens Effekte am Auge auftreten (Klenø und Wolkoff 2002). Bei falscher Anwendung von natürlichen Beschichtungsstoffen tritt manchmal in der Praxis der Fall ein, dass erhebliche Mengen der Beschichtungsstoffe in Materialschichten eintreten, in denen eine Abgasung der Lösungsmittel und produkttypische Vernetzung des Bindemittels verhindert wird. Ein Beispiel ist die Renovierung alter Parkettböden mit breiten Fugen, bei denen Lösungsmittelbestandteile zwischen Blindboden und Parkettschicht bzw. zwischen die Parkettbretter eintreten und dort unkontrolliert oxidieren. Auf die Problematik der Oxidation des Bindemittels Leinöl wurde schon eingegangen. Es wurde nachgewiesen, dass leinöhlältige Anstriche unterschiedliche organische Stoffe, vor allem Aldehyde und organische Säuren emittieren (Andersson et al. 1999).

In der Summe können solche Situationen unangenehme, persistente Gerüche und/oder Beschwerden wie Schleimhautreizungen vor allem bei empfindlichen Nutzern ergeben. Aufgrund der Depotwirkung können diese Probleme über Monate oder in Einzelfällen Jahre anhalten.

## RESÜMEE

Baubiologische Mythen wie „natürlich ist gesund“ (jedoch auch: „Die chemische Industrie hat alles im Griff“) richten mehr Schaden als Nutzen an. Chemikalienüberempfindliche Menschen, die nach Naturstoffen wie nach dem sprichwörtlich letzten Strohalm greifen, um sich eine „gesunde“ Wohnumwelt zu schaffen, können bei einseitiger Beratung in die Irre geführt werden – statt Gesundheit handeln sie sich manchmal noch mehr gesundheitliche Probleme ein, die Enttäuschung ist verständlicherweise groß. Der manchmal gebrauchte Einwurf, dass diese Überempfindlichkeiten letzten Endes immer durch synthetische Stoffe und unsere moderne Lebensweise verursacht wurde, könnte zwar (obwohl im Einzelfall nicht beweisbar) in manchen Fällen zutreffen, der konkret Betroffene erwartet sich jedoch Empfehlungen zur Verbesserung seiner momentanen Situation, welche eine differenziertere Betrachtungsweise notwendig macht.

Es kann nicht im Interesse der Naturstoffproduzenten und des Handels liegen, mögliche Risiken nicht zu benennen. Der Vertrauensverlust seitens der Konsumenten wird groß sein, wenn keine ideologiefreie Diskussion auch über mögliche Gesundheitsschäden bei Naturstoffen geführt wird. Was passiert, wenn Realitäten hartnäckig geleugnet werden, kann jeder an den Beispielen Atomkraft und Formaldehyd ersehen, wo eine sachliche Diskussion nicht stattfindet.

## EMPFEHLUNGEN

Gesundheit und Baubiologie dürfen kein Widerspruch sein - unbeeinflusst von ideologischen und verkaufstechnischen Überlegungen sollten mögliche Risiken bestimmter Baustoffe und Konstruktionen erfasst und bekannt gemacht werden. Dies bedeutet sicherlich noch erheblichen Forschungsbedarf. Die in der Regel nicht zu unterschätzende Rolle spielende Luftchemie in Innenräumen ist noch unzureichend erforscht.

Folgende **generelle Empfehlungen** für Naturstoffe können auf Grund des vorhandenen Wissens schon jetzt getroffen werden (die Empfehlungen gelten sinngemäß auch für synthetische Materialien):

- Empfindliche und vorgeschädigte Menschen sollten bei der Verwendung von Naturstoffen besonders vorsichtig sein, im Zweifelsfall ist auf geprüfte, weitgehend emissionsfreie Produkte zurückzugreifen.
- Prüfsiegel, die naturstoffspezifische Vorgaben in den Kriterien enthalten (z.B. nature-plus) können bei der Produktauswahl dienlich sein.
- Auf allen Produktinformationen und auf den Gebinden sollten mögliche Risiken und Wege zu deren Vermeidung angesprochen werden.
- Gesundheitsbezogene Werbung hat auf Baustoffen und Materialien der Innenausstattung nichts verloren – zulässige und sinnvolle Formulierungen wären jedoch: ...frei von dem Stoff XY....., unterschreitet den Richtwert der ÖNORM YZ.....
- Bei der Planung der Verwendung von Produkten in öffentlichen Bereichen wie Schulen, Büros etc. ist immer mit einem gewissen Anteil empfindlicher Individuen zu rechnen, die Auswahl der Materialien für die Innenausstattung sollte demnach in Hinblick auf diese Personen stattfinden.
- Die Sinnhaftigkeit von Oberflächenbeschichtungen ist immer zu prüfen, in manchen Fällen ist eine solche nicht unbedingt notwendig.

## **Detaillierte Empfehlungen** für bestimmte Produkte und Konstruktionen:

- Ein im Innenraum verwendetes Produkt sollte möglichst keine Geruchsstoffe an die Raumluft abgeben, vor allem bei Verwendung von Kork und Linoleum in Innenräumen ist auf Qualitäten zurückzugreifen, die möglichst wenig riechen.
- So weit wie möglich Vermeidung von natürlichen Lösungsmitteln, dies betrifft auch Duftöle bei empfindlichen Individuen (außer in zeitlich beschränkten therapeutischen Anwendungen), bei (Holz)Bodenbeschichtungen sind lösungsmittelfreie Rezepturen zu verwenden, die sehr sparsam eingesetzt werden sollen.
- Terpentinöl sollte von der Verwendung in Innenräumen ausgeschlossen sein, wird es dennoch verwendet, sollte es weitgehend frei von  $\Delta^3$ -Caren sein.
- Holz kann in bestimmten Bereichen im Innenraum auch unbehandelt belassen werden, Holzmöbel sollten an den Innenseiten wenn möglich nicht beschichtet werden, um eine Kontamination von Kleidung und anderen Gegenständen zu vermeiden.
- Werksseitig beschichtete Fertigparkettböden ergeben geringere Emissionen als vor Ort beschichtete.
- Beschichtungen mit Naturstoffen sollten nur von dazu geschulten, erfahrenen Personen durchgeführt werden, potentielle Depots und schlecht trocknende Bereiche sind zu vermeiden.
- Bei Verwendung von natürlichen Lösungsmitteln sind entsprechende Sicherheitsmaßnahmen zu beachten (Lüften, Nutzungsverbote nach Applikation, Brandschutz etc.).
- Werden Holzwerkstoffe in größeren Mengen verwendet, ist auf die Auswahl extrem gering Formaldehyd emittierender Leimharze zu achten.
- Bei Verwendung von Lehm als Baustoff ist darauf zu achten, dass eine schnelle Trocknung gewährleistet ist, um Schimmel zu vermeiden.
- Bei der Errichtung von Gebäuden in Radonrisikogebieten ist auf die Vorgaben der ÖNORM S 5280 Teil 2 ("Radon - Technische Vorsorgemaßnahmen bei Gebäuden") zu achten, nicht radondichte Keller sind in diesen Gebieten zu vermeiden.
- Potentiell undichte Verrohrungen bei Erdwärmetauschern von Lüftungsanlagen (z.B. Betonrohre) sind in Radonrisikogebieten zu vermeiden.
- Bei großflächiger Verwendung von Granit ist bezüglich radioaktiver Eigenstrahlung die Vorgabe der ÖNORM S 5200 einzuhalten.

## LITERATUR:

Andersson K, Fjällström P, Andersson B, Nilsson C, Sandström M (1999): Emission of volatile organic compounds from the indoor application of water-based paints containing linseed oil. INDOOR AIR '99 – Proc. 8<sup>th</sup> International Conf. on Indoor Air Quality and Climate, Edinburgh 1999, Vol. 5: 167-172

Auro (2004): Webseite der Fa. AURO. <http://www.auro.de>

Bauproduktenrichtlinie (1988): Richtlinie des Rates vom 21. Dezember 1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten über Bauprodukte (89/106/EWG)

BMLFUW (2003): Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft, erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Blau-Weiße Reihe (Loseblattsammlung)

Horn W, Ullrich D, Seifert B (1998): VOC Emissions from Cork Products for Indoor Use, Indoor Air 1/98: 39-46

Klenø JG, Wolkoff P (2002): Eye Irritation from Exposure to ppb-Levels of Limonene Oxidation Products. In INDOOR AIR '02 – Proc. 9<sup>th</sup> Internat. Conf. on Indoor Air Quality and Climate (Monterey, USA, 30.06.-05.07.2002), Vol. 2: 602-607

ÖNORM S 5200 (1995): Radioaktivität von Baustoffen. Österreichisches Normungsinstitut

ÖNRAP (2004): Vorläufige Ergebnisse des Österreichischen nationalen Radon Projektes. Internet <http://www.univie.ac.at/kernphysik/oenrap/welcome.htm>

Jensen B et al. (1993): Characterisation of linoleum, Part 1+2. INDOOR AIR '93 – Proc. 7<sup>th</sup> Internat. Conf. on Indoor Air Quality and Climate, Helsinki Finland, Vol. 2: 443-454

Sagunski H, Heinzow B (2003): Richtwerte für die Innenraumluft: Bicyclische Terpene. Bundesgesundheitsblatt 46 (4), 346-352

Salthammer T, Fuhrmann F (1996): Emission of Monoterpenes from wooden furniture. INDOOR AIR '96 – Proc. 7<sup>th</sup> Internat. Conf. on Indoor Air Quality and Climate, Nagoja, Japan, Vol. 3: 607-612

Salthammer T (2000): Verunreinigung der Innenraumluft durch reaktive Substanzen – Nachweis und Bedeutung von Sekundärprodukten. Teil III-6.4.2 des Handbuch für Bioklimatologie und Lufthygiene, 4. Erg.Lfg. 12/2000

Sorantin H et al. (1981): Bestimmung der Radioaktivität von Baustoffen in Österreich, Endbericht im Rahmen des Projektes „Baustoffe und Lebensqualität“, Institut für Strahlenschutz, Österr. FZ Seibersdorf

Texbis (2004): Webseite der Fa. TEXBIS. <http://www.texbis.de>

Wolkoff P, Clausen PA, Jensen B, Nielsen GD, Wilkins CK (1997): Are we measuring the relevant indoor pollutants? Indoor Air 7: pp. 92-106

Wolkoff P, Clausen PA, Wilkins CK (1999) Formation of strong airway irritants in a model mixture of (+)- $\alpha$ -pinene/ ozone. Atmospheric Environment 33: 693-698