

## Gesunde Raumluf**t** bauen: Schadstoffmanagement in Gebäuden

- Luftwechselraten und Raumluf**t**qualität
- Schimmelpilze
- Radon und radonsicheres Bauen
- Aspekte zu Gesundheit und Vorsorge
- Maßnahmen bei Neubau und Sanierung

## Pamela Jentner

- Diplom Biologin, Technische Universität München TUM
- Freie Sachverständige und Fachplanerin für Baubiologie
- Baubiologische Messtechnikerin IBN
- Baubiologische Beratungsstelle IBN in Freising
- Fachberaterin am Bauzentrum München,  
Referat für Gesundheit und Umwelt
- Radonfachperson  
Bayerisches Landesamt für Umwelt LfU  
Sächsisches Ministerium für Umwelt und Landwirtschaft SMUL

## **Gesunde Raumluf**t** bauen: Schadstoffmanagement in Gebäuden**

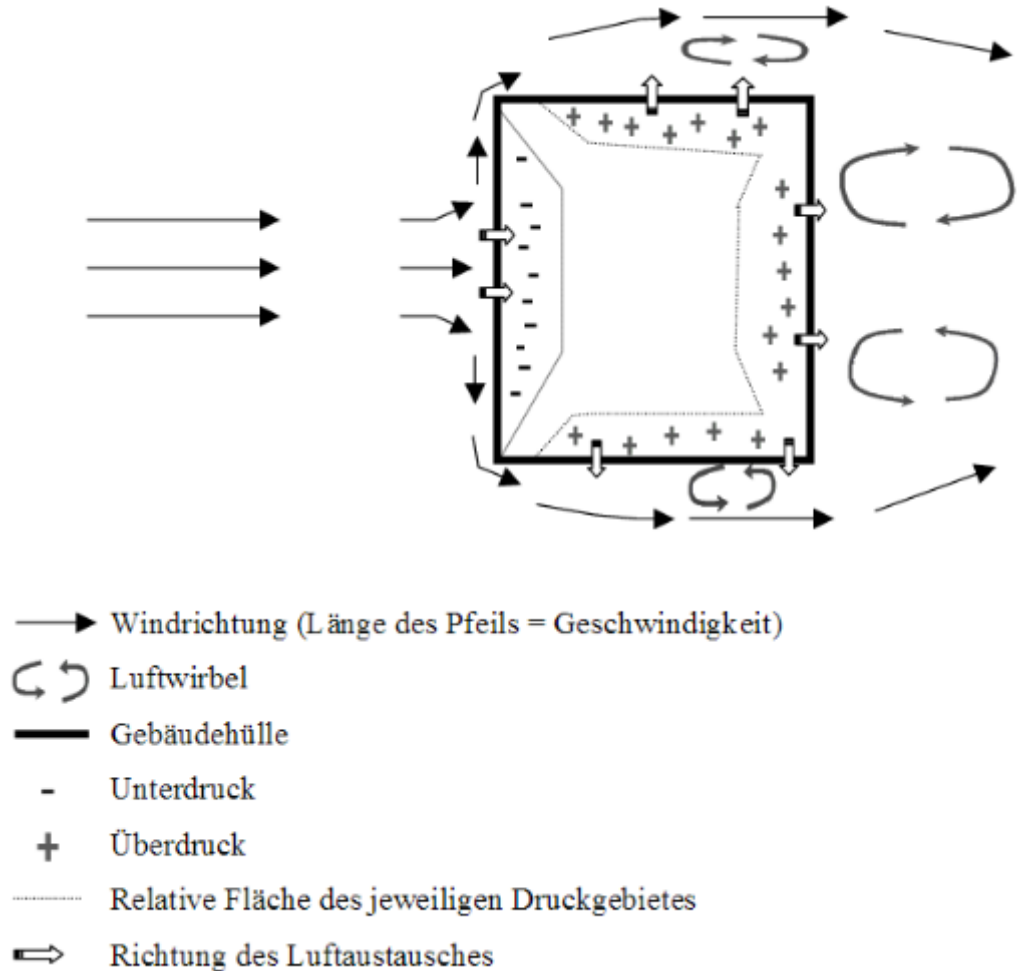
- **Luftwechselraten und Raumluf**t**qualität**
- **Gebäudedichtheit**
- **Wechselwirkung mit Luftqualität**
- **Aspekte zu Gesundheit und Vorsorge**
- **Maßnahmen bei Neubau und Sanierung**

## Luftwechselraten in alten Gebäuden

- Alte Gebäude mit Zugluft, undichte Fenster etc.
- hohe bis sehr hohe Luftwechselraten, oft  $> 1/h$
- Wohngefühl: Unangenehmer Luftzug
- Wärmeverluste,
- Hoher Heizbedarf im Winter

## Natürlicher Luftwechsel

- Druckunterschiede
- Temperaturunterschiede
- Als Beispiel:  
Druckverhältnisse an  
einem windangeströmten  
Gebäude (Draufsicht) oder  
Temperaturunterschiede



Quelle: Anbus-Analytik, Diplomarbeit Weithaas

- Gebäudedichtheit und Energieeinsparungsverordnung EnEV
- <http://www.enev-online.de/>

## EnEV-online

HOME + AKTUELL

ENEV 2014 - Praxis

ENEV ab 2016

ENEV 2009 - Praxis

EEWärmeG 2011

WISSEN + PRAXIS

KALENDER

DIENSTLEISTER

SERVICE + DIALOG

BROSCHÜREN

ENEV-NEWSLETTER

ZUGANG BESTELLEN



### Aktuell:

- **Novelle Energiesparrecht 2017: Aktueller Stand und Umfrage**
- **EnEV ab 2016 anwenden: Praxis-Dialog und neue Kurzinfo**
- **Praxis: Nachrüstpflichten Bestand und neue KfW-40-Siedlung**
- **Praxishilfen: Veranstaltungen und Publikationen**

## Gebäudedichtheit

- Vorteile:
- Geringe Wärmeverluste
- Energieeinsparung
- Umweltschutz, Ressourcenschonung
  
- Nachteile, wenn Luftaustausch entsprechend der Raumnutzung zu gering wird
- Verändertes Raumklima, z.B. bei CO<sub>2</sub>, Feuchtigkeit, Schimmel, Schadstoffe, Radon

## Standard der Baubiologischen Messtechnik SBM 2015, Auszug

### B WOHNIGIFTE, SCHADSTOFFE, RAUMKLIMA

#### 1 FORMALDEHYD und andere gasförmige Schadstoffe

Formaldehyd in Mikrogramm pro Kubikmeter	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	< 20	20 - 50	50 - 100	> 100
--	--------------------------	------	---------	----------	-------

MAK: 370  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; BGA: 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; WHO: 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Katalyse: 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; AGÖF-Orientierungswert: 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; VDI: 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Schleimhaut- und Augenreizung, Geruchswahrnehmung: ~ 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Lebensgefahr: 30.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Natur: < 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Umrechnung: 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  = 0,08 ppm

#### 2 LÖSEMITTEL und andere leicht- bis mittelflüchtige Schadstoffe

Lösemittel VOC in Mikrogramm pro Kubikmeter	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	< 100	100 - 300	300 - 1000	> 1000
---	--------------------------	-------	-----------	------------	--------

Werte gelten für die Summe aller flüchtigen Verbindungen (TVOC) in der Raumluft.

Allergisierende, reizende oder geruchsintensive Einzelstoffe bzw. Stoffgruppen sind kritischer zu bewerten, das gilt speziell auch für besonders gefährliche bzw. krebserzeugende Luftschadstoffe wie z.B. Benzole, Naphthaline, Kresole, Styrol...

Für Einzelbewertungen siehe 'AGÖF-Orientierungswerte für flüchtige organische Verbindungen in der Raumluft' (2013).

Umweltbundesamt: 300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Selfert BGA Zielwert: 200-300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Molhave: 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; AGÖF-Normalwert a) Summe: 360  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , b) Einzelstoffe (Beispiele): Acetaldehyd 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Aceton 42  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Benzol 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Ethylbenzol 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Naphthalin < 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Phenol < 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Styrol 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Toluol 7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , m,p-Xylol 3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , alpha-Pinen 4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , delta-3-Caren 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Limonen 4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Natur: < 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Für die Einschätzung geruchsintensiver Substanzen siehe AGÖF-Leitfaden 'Gerüche in Innenräumen' (2013).

#### 3 PESTIZIDE und andere schwerflüchtige Schadstoffe

Pestizide wie PCP, Lindan, Permethrin, Chlorpyrifos, DDT, Dichlodianid...	Luft	$\text{ng}/\text{m}^3$	< 5	5 - 25	25 - 100	> 100
	Staub	$\text{mg}/\text{kg}$	< 0,2	0,2 - 1	1 - 10	> 10
	Holz, Material	$\text{mg}/\text{kg}$	< 1	1 - 10	10 - 100	> 100
	Material mit Hautkontakt	$\text{mg}/\text{kg}$	< 0,5	0,5 - 2	2 - 10	> 10



## Baubiologische Richtwerte für Schlafbereiche SBM-2015 Seite 3

			unauffällig	schwach auffällig	stark auffällig	extrem auffällig
Flammschutzmittel chloriert	Staub	mg/kg	< 0,5	0,5 - 2	2 - 10	> 10
		halogenfrei	< 5	5 - 50	50 - 200	> 200
Weichmacher	Staub	mg/kg	< 100	100 - 250	250 - 1000	> 1000
PCB Summenwert nach LAGA	Staub	mg/kg	< 0,5	0,5 - 2	2 - 5	> 5
PAK Summenwert nach EPA	Staub	mg/kg	< 0,5	0,5 - 2	2 - 20	> 20

Werte in Nanogramm pro Kubikmeter Luft bzw. Milligramm pro Kilogramm Material, Holz, Staub.

Hausstaubwerte gelten in aller Regel für Sekundärkontaminationen, nicht für Primärkontaminationen (also nicht für direkt abgesaugte, behandelte Quellen, Flächen und Materialien).

PCP-Verbotsordnung: Material 5 mg/kg; PCP-Richtlinie: Luft 1000 ng/m<sup>3</sup>, Zielwert 100 ng/m<sup>3</sup>; ARGE-Bau: Luft 100 ng/m<sup>3</sup>, Staub 1 mg/kg  
 PCB-Richtlinie Ziel: 300 ng/m<sup>3</sup>; PCB-Sanierungsziel NRW: 10 ng/m<sup>3</sup>; akute Gesundheitsgefahr: 3000 ng/m<sup>3</sup>; Sonderentsorgung: 50 mg/kg  
 AGÖF-Normalwert Staub (Beispiele): PCP 0,3 mg/kg, Lindan 0,1 mg/kg, Permethrin 0,5 mg/kg, Chlorpyrifos 0,1 mg/kg, DDT/DDD/DDE < 0,1 mg/kg, Dichlofluorid 0,1 mg/kg, Tolyfluorid < 0,1 mg/kg, TCEP 0,5 mg/kg, PAK Benzo-(a)-pyren < 0,2 mg/kg, DEHP 400 mg/kg

Als weitere Bewertungshilfe siehe 'AGÖF-Orientierungswerte für mittel- und schwerflüchtige Stoffe im Hausstaub' (2004), zurzeit in Überarbeitung.

## 4 SCHWERMETALLE und andere verwandte Schadstoffe

Es gibt noch keine baubiologischen Richtwerte für Schwermetalle.

Als Bewertungshilfe siehe 'AGÖF-Orientierungswerte für mittel- und schwerflüchtige Stoffe im Hausstaub' (2004).

## 5 PARTIKEL und FASERN (Feinstaub, Nanopartikel, Asbest, Mineralfasern...)

Die Partikel-, Faser- bzw. Staubkonzentration sollte in Räumen unter dem üblichen unbelasteten Hintergrund im Freien liegen. Asbest sollte in der Raumluft, auf Flächen, im Staub gar nicht oder nur minimal nachweisbar sein.

Ehemalige baubiologische Asbest-Luftrichtwerte SBM-2000: < 100 keine, 100-200 schwache, 200-500 starke, > 500/m<sup>3</sup> extreme Anomalie  
 Asbestfasern Luft - BGA: 500-1000/m<sup>3</sup>; TRGS-Zielwert: 500/m<sup>3</sup>; EU: 400/m<sup>3</sup>; WHO: 200/m<sup>3</sup>; Außenluft: 50-150/m<sup>3</sup>; Reinluftgebiete: 20/m<sup>3</sup>  
 Partikel Luft - (Jahresmittel) BImSchV: 40 µg/m<sup>3</sup>; EU: 50 µg/m<sup>3</sup> (< 10 µm), 25 µg/m<sup>3</sup> (< 2,5 µm), EPA: 25 µg/m<sup>3</sup> (< 2,5 µm), VDI: 75 µg/m<sup>3</sup>  
 Zugspitze: 5-10 µg/m<sup>3</sup>; Land: 20-30 µg/m<sup>3</sup>; Stadt: 30-100 µg/m<sup>3</sup>; Raum mit Zigarettenqualm: > 1000 µg/m<sup>3</sup>; Smog-Alarm Stufe 1: 800 µg/m<sup>3</sup>

## 6 RAUMKLIMA (Temperatur, Feuchte, Kohlendioxid, Luftionen, Luftwechsel, Gerüche...)

Relative Luftfeuchte in Prozent	% r.F.	40 - 60	< 40 / > 60	< 30 / > 70	< 20 / > 80
---------------------------------	--------	---------	-------------	-------------	-------------

Kohlendioxid in parts per million	ppm	< 600	600 - 1000	1000 - 1500	> 1500
-----------------------------------	-----	-------	------------	-------------	--------

MAK: 5000 ppm; DIN: 1500 ppm; Umweltbundesamt: 1000 ppm; USA (Arbeitsplätze/Schulräume): 1000 ppm; ungelüftetes Schlafzimmer morgens bzw. Klassenzimmer nach einer Schulstunde: 2000-4000 ppm; Natur 2015: 400 ppm, 1985: 330 ppm; jährlicher Anstieg: 1-2 ppm

Kleinionen pro Kubikzentimeter Luft	/cm <sup>3</sup>	> 500	200 - 500	100 - 200	< 100
-------------------------------------	------------------	-------	-----------	-----------	-------

Achtung: Hohe Luftionenwerte in Innenräumen können auf Radon hinweisen.

Am Meer: > 2000/cm<sup>3</sup>; Reinluftgebiete: ~ 1000/cm<sup>3</sup>; Land: < 800/cm<sup>3</sup>; Stadt: < 700/cm<sup>3</sup>; Industriegebiete/Straßenverkehr: < 500/cm<sup>3</sup>; Raum mit Elektrostatik: < 300/cm<sup>3</sup>; Raum mit Zigarettenqualm: < 200/cm<sup>3</sup>; Smog: < 50/cm<sup>3</sup>; stete Luftionenabnahme in den letzten Jahr(zehn)en

Luftelektrizität in Volt pro Meter	V/m	< 100	100 - 500	500 - 2000	> 2000
------------------------------------	-----	-------	-----------	------------	--------

DIN/VDE 0848: Arbeit 40.000 V/m, Bevölkerung 10.000 V/m; Natur: ~ 50-200 V/m, Föhn: ~ 1000-2000 V/m, Gewitter: ~ 5000-10.000 V/m

## Verdachtsmomente in Gebäuden

- Farben, Lacke, Beschichtungsmittel
- Bodenbeläge
- Formaldehyd
- Lösemittel
- Weichmacher
- Pestizide
- Holzschutzmittel
- Schwermetalle
- Asbest

## Formaldehyd

- Giftiges, farbloses, brennbares Gas mit säuerlich-stechendem Geruch
- löslich in Wasser und Alkohol.
- Formalin = wässrige Lösung von Formaldehyd (37%)
- Innenraumquellen: Spanplatten, alte Möbel, ausgestopfte Tiere, Rauch
  
- Messung, chemische Analyse
- Einschätzung Biocheck F
- Sanierung durch Entfernen des Materials

## Lösemittel

- Hohe Konzentrationen von Lösungsmitteln kann man oft riechen, z. B. beim Lackieren mit lösemittelhaltigem Lack, oder beim Reinigen mit Brennspritus oder Waschbenzin.
- Innenraumquellen  
Anstrichstoffen, Kleber, Dichtungsmassen und andere bauchemische Produkte  
Möbeln und Einrichtungsgegenständen  
Holzschutzmitteln, Reinigungs- und Pflegemitteln, Hobby-Heimwerkerprodukte sowie Bürochemikalien.
- Sanierung durch Entfernen

## Holzschutzmittel

- Symptome :Allgemeines Unwohlsein, Müdigkeit, Antriebsschwäche, Kopfschmerzen, Schlafstörungen, Schwindel, Konzentrationsstörungen, Bindehautentzündungen, Ekzeme, Herzrhythmus-Störungen, Stoffwechselstörungen, Unfruchtbarkeit, Schädigungen am Zentralen Nervensystem.
- Schadstoffe in dieser Gruppe  
Chlorothalonil, Dichlofluanid, Lindan, Parathion-ethyl  
Pentachlorphenol PCP, Permethrin
- Sanierung durch Entfernen

Bewusste Auswahl der Materialien,

z.B. Baustoffe, Hilfsstoffe, Kleber, Lacke, Bodenbeläge, Installationen, Einrichtungsgegenstände und Dekorationen

Verschiedene Kennzeichnungssysteme als Orientierungshilfen:

- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) [www.umwelt-online.de](http://www.umwelt-online.de)
- Technische Regeln für Gefahrstoffe  
TRGS 610 für Vorstriche, Klebstoffe  
Lösemittelfrei, lösemittelarm, lösemittelhaltig, stark lösemittelhaltig
- GISCODE von Produktherstellern und Berufsgenossenschaft GISBAU

GISCODE umfasst zurzeit Vorstriche, Bodenbelag- und Parkettklebstoffe, Epoxidharze und zementhaltige Produkte:

D1	Lösemitteľfreie	Dispersions-Klebstoffe/Vorstriche
D2	Lösemitteľarme	Dispersions-Klebstoffe/Vorstriche, aromatenfrei
D3	Lösemitteľarme	Dispersions-Klebstoffe/Vorstriche, toluolfrei
D4	Lösemitteľarme	Dispersions-Klebstoffe/Vorstriche, toluolhaltig
D5	Lösemitteľhaltige	Dispersions-Klebstoffe/Vorstriche, aromatenfrei
D6	Lösemitteľhaltige	Dispersions-Klebstoffe/Vorstriche, toluolfrei
D7	Lösemitteľhaltige	Dispersions-Klebstoffe/Vorstriche, toluolhaltig
S1	Stark lösemitteľhaltige	Klebstoffe/Vorstriche, aromaten- und methanolfrei
S2	Stark lösemitteľhaltige	Klebstoffe/Vorstriche, toluol- und methanolfrei
S3	Stark lösemitteľhaltige	Klebstoffe/Vorstriche, aromatenfrei
S4	Stark lösemitteľhaltige	Klebstoffe/Vorstriche, methanolfrei
S5	Stark lösemitteľhaltige	Klebstoffe/Vorstriche, toluolfrei und methanolhaltig
S6	Stark lösemitteľhaltige	Klebstoffe/Vorstriche, toluolhaltig
R1	Lösemitteľfreie	Epoxidharz-Dispersionen
R2	Lösemitteľfreie	Epoxidharz-Klebstoffe/Vorstriche
R3	Lösemitteľarme	Epoxidharz-Klebstoffe/Vorstriche
R4	Lösemitteľhaltige	Epoxidharz-Klebstoffe/Vorstriche
RU1	Lösemitteľfreie	Polyurethan-Klebstoffe/Vorstriche
RU2	Lösemitteľarme	Polyurethan-Klebstoffe/Vorstriche
RU3	Lösemitteľhaltige	Polyurethan-Klebstoffe/Vorstriche
RU4	Stark lösemitteľhaltige	Polyurethan-Klebstoffe/Vorstriche
ZP1	Chromatarne	zementhaltige Produkte
ZP2	Nicht chromatarne	zementhaltige Produkte



- Emicode, EC1, EC1 plus

**EMICODE** ist ein weiteres Klassifizierungssystem, das 1997 von der GEV (Gemeinschaft Emissionskontrollierte Verlegewerkstoffe) zur zuverlässigen Beschreibung des Emissionsverhaltens von Produkten eingeführt wurde.

EMICODE berücksichtigt, dass nach der 200 °C-Definition lösemittelfreie Produkte durchaus höher siedende Stoffe enthalten können, und erfasst deswegen alle VOC bzw. TVOC. Nach einem Prüfverfahren in einer Emissionsprüfkammer werden die Produkte in 3 Emissionsklassen eingeteilt:

EMICODE EC1	Sehr emissionsarm
EMICODE EC2	Emissionsarm
EMICODE EC3	Nicht emissionsarm

Für die Klasse EMICODE EC1 sind die TVOC-Werte z.B. folgendermaßen definiert:

EMICODE EC1 für Vorstriche	< 100 µg/m <sup>3</sup>
EMICODE EC1 für Spachtelmassen	< 200 µg/m <sup>3</sup>
EMICODE EC1 für Klebstoffe	< 500 µg/m <sup>3</sup>

- Blauer Engel (?)
- Ökotest
- Natureplus
- Und weitere

Vorschau auf Abendforum am 29.01.2016

## **Wohngesund Bauen – eine Chance im täglichen Planungsgeschäft**

- Roter Faden beim grünen Bauen
- Qualitätsstandards und Erfahrungen

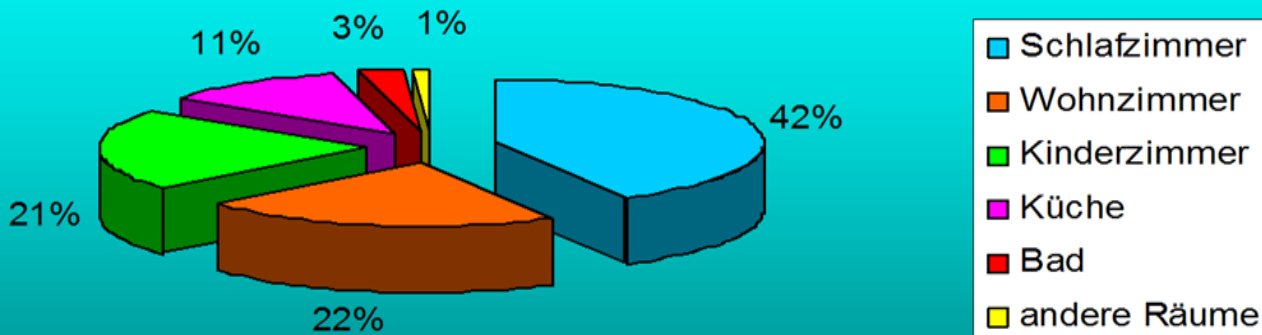
## **Gesunde Raumluf**t** bauen: Schadstoffmanagement in Gebäuden**

- **Schimmelpilze**
- **Radon und radonsicheres Bauen**
- **Aspekte zu Gesundheit und Vorsorge**
- **Maßnahmen bei Neubau und Sanierung**

## Schimmelpilze in Gebäuden

- Aspekte zu Gesundheit und Vorsorge
- Maßnahmen bei Neubau und Sanierung

## Relative Häufigkeit in Wohnungen



“Gesundheitliche Probleme durch Bakterien und Schimmelpilze in Wohnungen wurden von offiziellen Institutionen bisher offenbar vollkommen unterschätzt.”

Organmykosen werden zu 70 % erst nach dem Tod festgestellt.

Institut für Toxikologie an der Christian-Albrechts-Universität Kiel,  
im Auftrag der Kassenärztlichen Vereinigung Schleswig-Holsteins

- Orange, Brot, Marmelade etc.
- Mykotoxine
- Typischer Geruch
- Sporen



Umweltbundesamt,

Auszug aus Schimmelleitfaden:

- Schimmelpilze, denen eine besondere gesundheitliche Bedeutung zugeordnet wird (z.B. *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus*, *Stachybotrys chartarum*), sind besonders kritisch zu beurteilen. Durch die Analyse der Artenzusammensetzung kann außerdem festgestellt werden, ob verstärkt Pilzarten auftreten, die auf Bauschäden (Feuchteindikatoren) hinweisen.



## Umweltbundesamt,

### Auszug aus Schimmelleitfaden:

- Drei Kategorien zur Einstufung einer Belastung
- Stachybotrys = Kategorie 3: Großer baulicher oder nutzungsbedingter Schaden.
- Die Freisetzung von Pilzbestandteilen sollte unmittelbar unterbunden werden und die Ursache des Schadens ist kurzfristig zu ermitteln und zu beseitigen. Die Betroffenen sind auf geeignete Art und Weise über den Sachstand zu informieren, eine umweltmedizinische Betreuung sollte erfolgen. Nach abgeschlossener Sanierung sollte der Sanierungserfolg durch geeignete mikrobiologische Nachweisverfahren überprüft werden („Freimessung“) zum Nachweis, dass keine erhöhten Schimmelpilzkonzentrationen vorliegen.
- Umweltbundesamt: Angaben zur Sanierung erhältlich

## Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg, Schimmelpilze in Innenräumen:

### Schimmelpilze als Indikatoren für Feuchteschäden

Pilzspezies (-gattung)
Acremonium spp.
Aspergillus penicillioides
Aspergillus restrictus
Aspergillus versicolor
Chaetomium spp.
Phialophra spp.
Scopulariopsis brevicaulis
Scopulariopsis fusca
Stachybotrys chartarum
Tritirachium (Engyodontium) album
Trichoderma spp.
Tab. Pilze als Indikatoren für Feuchteschäden, Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg, Schimmelpilze in Innenräumen

Umweltbundesamt, Auszug aus Schimmelleitfaden:

Drei Kategorien zur Einstufung einer Belastung

Die Zusammensetzung der Schimmelpilzarten ist zu berücksichtigen. Ein überwiegendes Auftreten von Schimmelpilzarten, denen eine besondere gesundheitliche Bedeutung zugeordnet wird (z.B. *Aspergillus fumigatus*, *A. flavus*, *Stachybotrys chartarum*), führt zu einer Verschiebung in die nächst höhere Kategorie.

Bewertung von Materialien mit Schimmelpilzbewuchs Auszug aus Schimmelpilz-Leitfaden, Umweltbundesamt			
	Kategorie 1*	Kategorie 2*	Kategorie 3*
Schadensausmaß (sichtbare und nicht sichtbare Materialschäden)	Keine bzw. sehr geringe Biomasse (z.B. geringe Oberflächenschäden <20 cm <sup>2</sup> )	Mittlere Biomasse; oberflächliche Ausdehnung <0,5 m <sup>2</sup> , tiefere Schichten sind nur lokal begrenzt betroffen	Große Biomasse; Große flächige Ausdehnung >0,5 m <sup>2</sup> Auch tiefere Schichten können betroffen sein
Tab. Bewertung von Schimmelpilzbefall in 3 Kategorien			

## Hinweise auf Schimmelbefall

- muffig-modriger Geruch
- feuchte Flecken
- dunkle bzw. farbige Flecken (meist schwarz, olivgrün oder dunkelbraun)
- ungeklärte Ursachen für Krankheiten wie z. B. Allergien oder Atemwegserkrankungen

## Erkrankungen

- Allergische Atemwegserkrankungen
- Nicht-allergische Atemwegserkrankungen
- Mykosen durch Inhalation (durch Schimmel-Sporen)
- Mykosen durch Infektion
- Mykotoxikosen (durch Schimmel-Gifte)

## Symptome bei Schimmel in Innenräumen

- Juckreiz oder Schwellungen in Nase und Augen („Heuschnupfen“, Augenbrennen)
- Atembeschwerden, Atemnot, Husten
- asthmatische Beschwerden
- Benommenheit
- Aufstoßen
- Übelkeit, Erbrechen
- Blähungen
- Durchfall
- Überempfindlichkeiten
- Immunschwäche
- Herzrhythmusstörungen



## Schimmel Wachstum

- Schimmel auf fast allen Materialien (Nährstoffangebot)
- Wachstum in weitem Temperaturbereich
- Feuchtigkeit ist von entscheidender Bedeutung
- pH-Wert des Substrates

## Sanierung

- Baubiologisch giftfreie Methoden
- Mechanische Entfernung des befallenen Materials
- Desinfektion bzw. Feinreinigung der Räume samt Einrichtung, 70 % iger Alkohol, Schutzmaßnahmen für Personen
- Luftfilterung mit HEPA Filtersystemen (entfernt 99,99 % Feinststäube)
- Staubsauger mit HEPA Filter

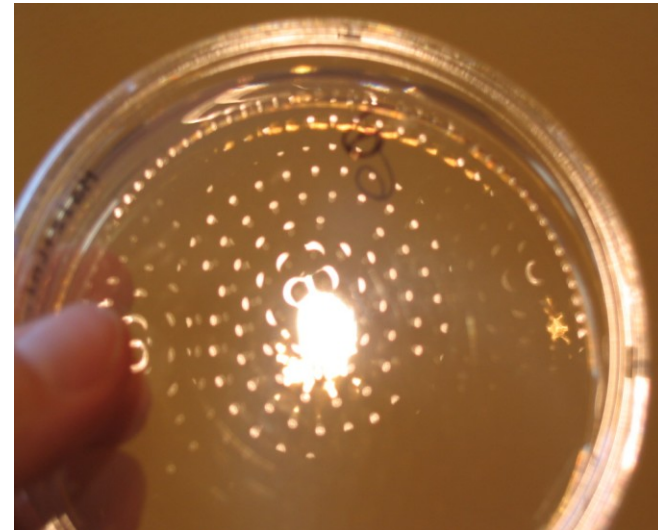
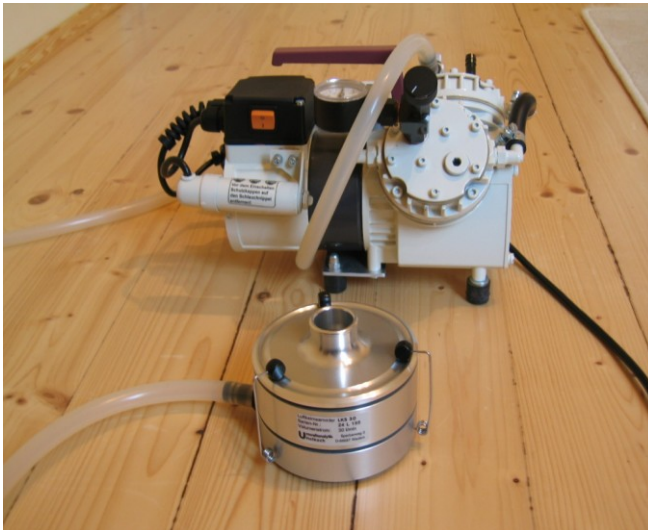
## Prophylaxe gegen weiteren Befall

- Trockenheit der Räume, Bauteile und Einrichtungen
- Alkalische Putze und Anstriche z.B. auf Kalk-, Silikatbasis

- Baubiologische Sanierung
- Giftfrei !
- Keine Fungizide
- Kein Filmschutz
- Mechanisch entfernen
- Schutzmaßnahmen !!!
- 70% Alkohol
- 2-3 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>
- Bleichmittel (Vorsicht bei Anwendung, Chlorgas)
- Silikatfarben, alkalischer pH-Wert
- Kalkfarben, Kalkputz, stark alkalisch (basisch)



- Verschiedene Untersuchungsmethoden, zum Beispiel:  
Materialproben, direktes Material oder Klebefilmproben,  
Abklatschproben  
Luftproben, Luftkeimsammlung oder Partikelsammlung,  
Staubproben



## Weitere Grundlagen und Vorgaben des Umweltbundesamtes

- Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen („Schimmelpilz-Leitfaden“)
- <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4218.pdf>
- <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/leitfaden-zur-vorbeugung-untersuchung-bewertung>
- Leitfaden zur Ursachensuche und Sanierung bei Schimmelpilzwachstum in Innenräumen ("Schimmelpilzsanierungs-Leitfaden")
- <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/leitfaden-zur-ursachensuche-sanierung-bei>
- Schimmelpilz-Leitfaden 2016, neuer Entwurf

- Schimmel:

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/umwelteinfluesse-auf-den-menschen/schimmel>

- Ratgeber Schimmel im Haus

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/ratgeber-schimmel-im-haus>

- Handlungsempfehlung für die Sanierung von mit Schimmelpilzen befallenen Innenräumen, Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg

- [https://www.gesundheitsamt-bw.de/lga/DE/Fachinformationen/Fachpublikationen/Documents/Handlungsempfehlung\\_Schimmel.pdf](https://www.gesundheitsamt-bw.de/lga/DE/Fachinformationen/Fachpublikationen/Documents/Handlungsempfehlung_Schimmel.pdf)

- Schimmelpilze in Innenräumen – Nachweis, Bewertung, Qualitätsmanagement, Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg

## Weitere Informationen:

- Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe, TRBA 460 – Einstufung von Pilzen in Risikogruppen, Neufassung: Bundesarbeitsblatt 10/2002)
- BG- Information „Sichere Biotechnologie – Einstufung Biologischer Arbeitsstoffe: Pilze“ der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie; BGI 634. Jedermann-Verlag Dr. Otto Pfeffer OHG; Postfach 10 31 40, 69021 Heidelberg)
- Gefährdungsklassen nach Sedlbauer, aus „Vorhersage von Schimmelpilzbildung auf und in Bauteilen“, (Doktorarbeit Univ. Stuttgart)

## Radon in Gebäuden und radonsicheres Bauen

- Aspekte zu Gesundheit und Vorsorge
- Maßnahmen bei Neubau und Sanierung

Informationen zu Radon und radonsicherem Bauen

[www.radon-protect.com](http://www.radon-protect.com)

Umweltbundesamt UBA

[www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)

Bayerisches Landesamt für Umwelt LfU

[www.lfu.bayern.de](http://www.lfu.bayern.de)

Bundesamt für Strahlenschutz BfS

[www.bfs.de](http://www.bfs.de)



Bildquelle: Canstockphoto

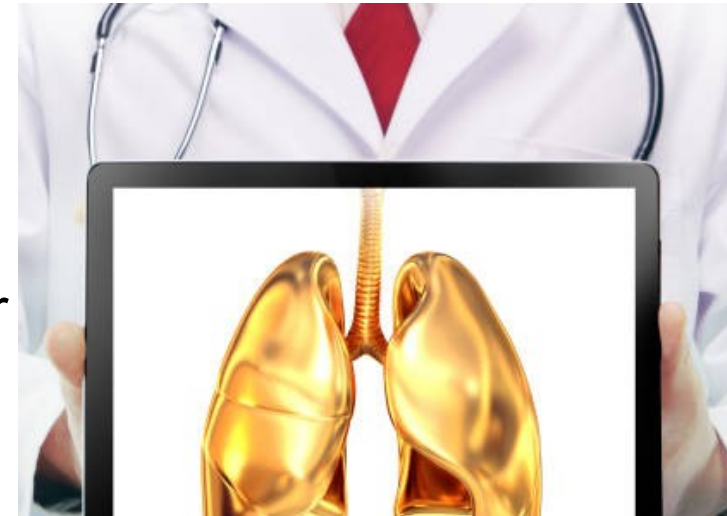
## Radon

- Radioaktives Edelgas
- unsichtbar, geruchlos und geschmacklos
- Radongas entsteht in tiefen Bodenschichten durch radioaktiven Zerfall von Uran.
- Je nach Art und Umfang der unterirdischen Gesteinsschichten entsteht mehr oder weniger Radon.
- Abhängig von der geologischen Beschaffenheit und der Durchlässigkeit des Untergrunds können sehr hohe Radonkonzentrationen in der Bodenluft entstehen.
- Es spielt keine Rolle, ob es sich um bergiges oder flaches Gelände handelt.
- Radon dringt von tiefen Bodenschichten an die Oberfläche.
- Eindringen in Gebäude



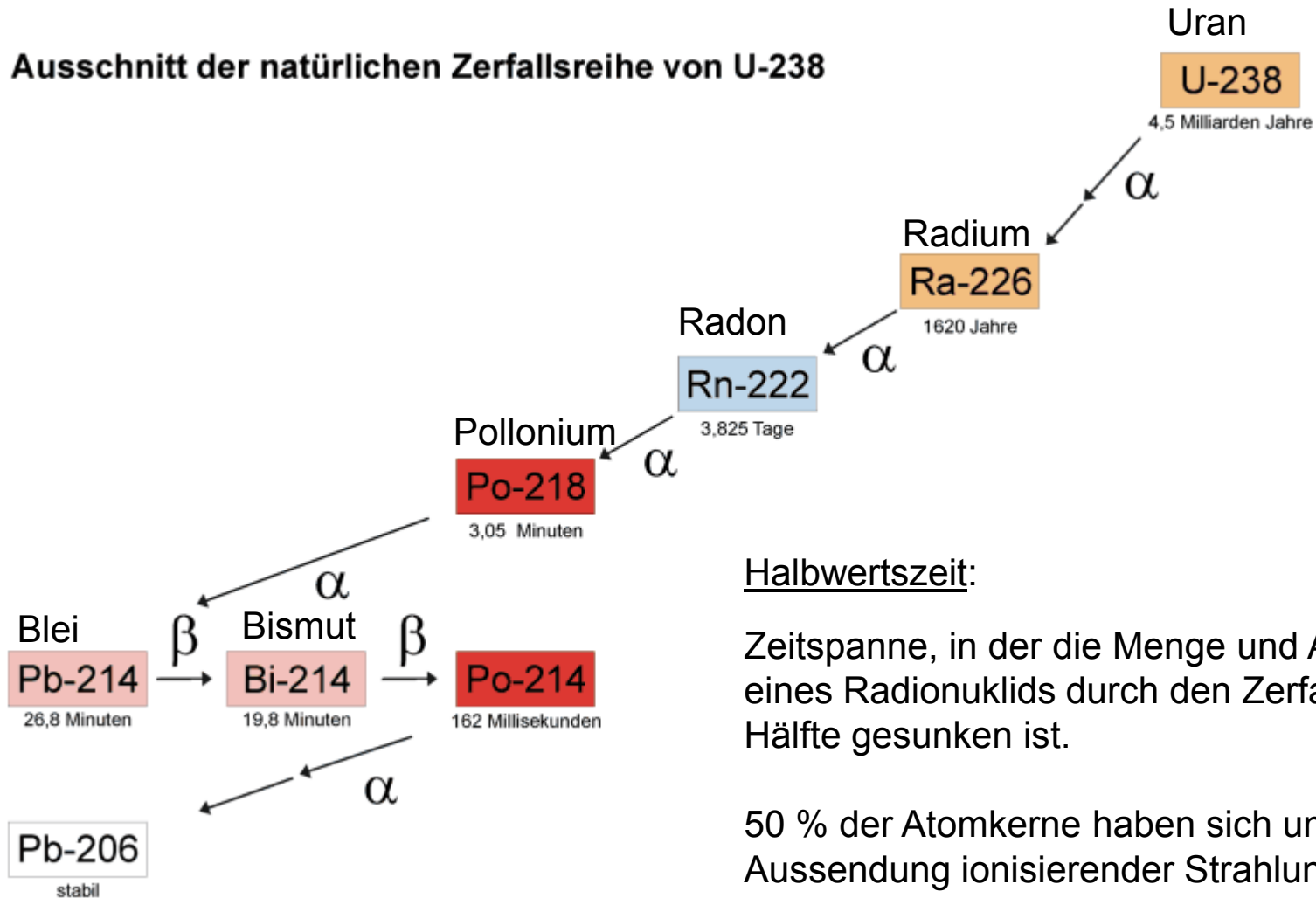
## Radon und Wirkung auf die Gesundheit

- Radongas wird mit der Luft eingeatmet und größtenteils wieder ausgeatmet.
- Radongas ist nicht der Hauptverursacher der Gesundheitsrisiken
- Radioaktiver Zerfall von Radon führt zu radioaktiven Zerfallsprodukten, Nuklide der Schwermetalle Polonium, Blei, Bismut
- Zerfallsprodukte lagern sich an Staubteilchen an, gelangen mit der Atemluft in die Lunge und verbleiben dort.
- Zerfallsprodukte zerfallen weiter. Die dabei entstehende radioaktive Strahlung kann das Lungengewebe schädigen und somit langfristig zu Lungenkrebs führen.
- Je mehr Staubpartikel in der Raumluft sind, umso stärker wirkt sich die Gesundheitsbelastung aus.





## Ausschnitt der natürlichen Zerfallsreihe von U-238



### Halbwertszeit:

Zeitspanne, in der die Menge und Aktivität eines Radionuklids durch den Zerfall auf die Hälfte gesunken ist.

50 % der Atomkerne haben sich unter Aussendung ionisierender Strahlung in ein anderes Nuklid umgewandelt.

## Radon und Gesundheit

Zweithäufigste Ursache für Lungenkrebs weltweit

Deutschland:

Jährlich ca. 2.000 Todesfälle durch Lungenkrebs  
aufgrund von Radon-Einwirkung

Gesetzliche Vorschrift in allen Europäischen Ländern

- EURATOM-Richtlinie 2013/59 vom 05.12.2013
- Gesetzliche Umsetzung ab Februar 2018



Die Radonkonzentration wird in  
Becquerel pro Kubikmeter ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ) gemessen.



300  $\text{Bq}/\text{m}^3$  bedeuten:

In 1 Kubikmeter Luft zerfallen pro Sekunde

300 Radon-Atomkerne unter Aussendung ionisierender Strahlung

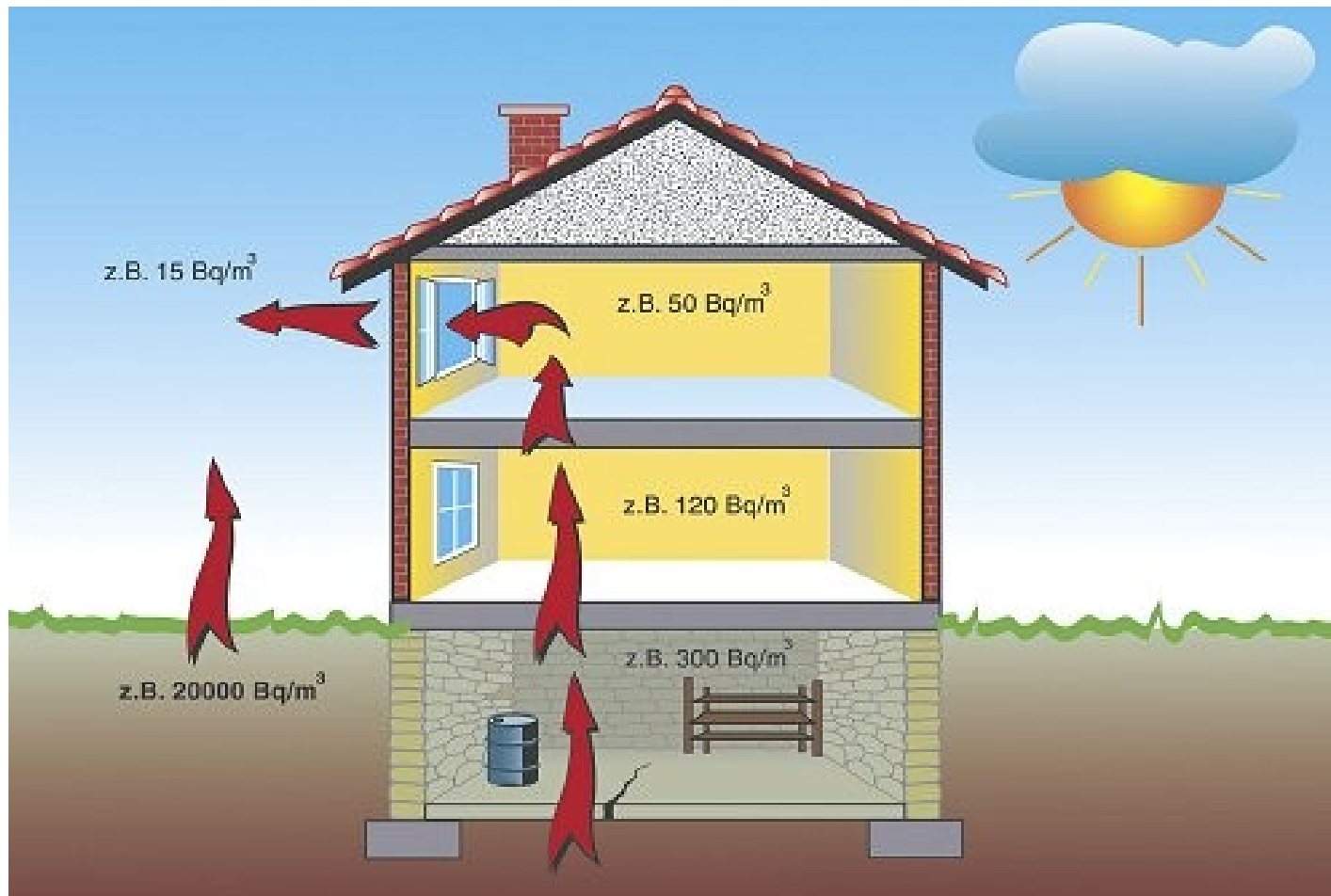
## **Vermutliche Richtwerte:**

In Innenräumen dürfen die Radonwerte  $300 \text{ Bq}/\text{m}^3$  im Jahresmittel nicht überschreiten.

Zielwert: unter  $100 \text{ Bq}/\text{m}^3$  im Jahresmittel

**Gemessen werden Neubauten und Bestandsgebäude**

## Eintrittspfade



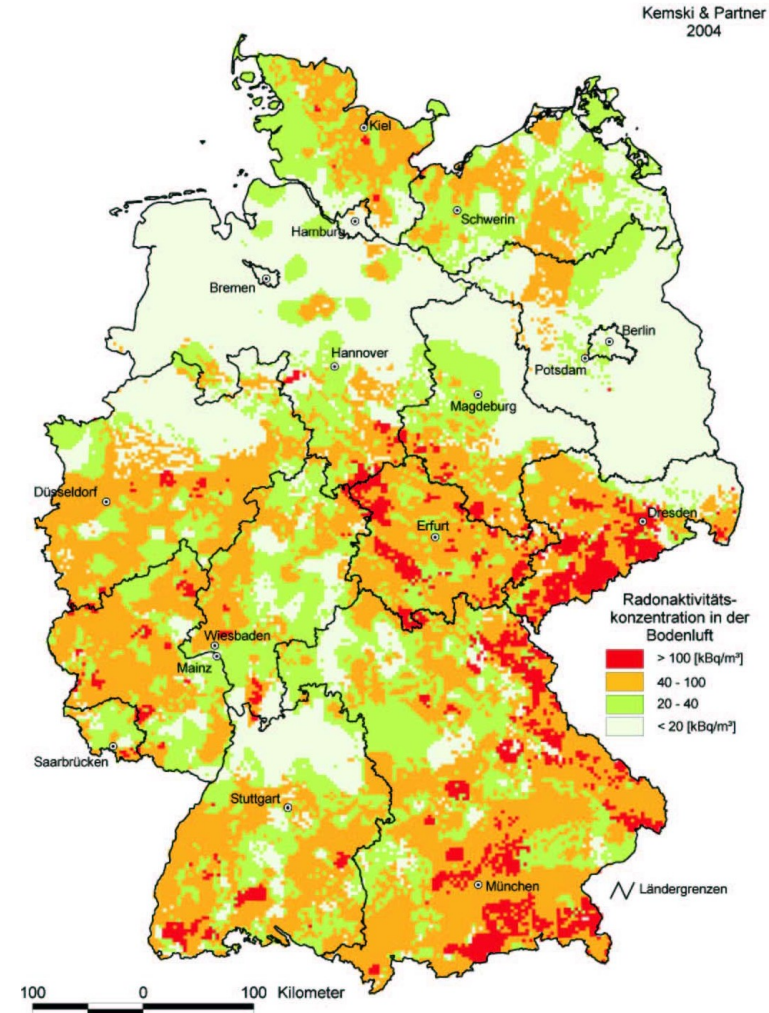
Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt LfU

## Aussagekraft der Radonkarten

- Grobes Raster, grober Anhaltspunkt
- Raster nicht flächendeckend
- Keine Aussage über individuelles Grundstück oder Gebäude möglich
- Kein prinzipieller Unterschied ob bergiges oder flaches Gelände

## Radonkonzentration im Erdreich abhängig von:

- Boden- und Gesteinsart  
Hohe Werte bei Granit, Schiefer,  
Geringe Werte bei Sand und Lehm
- Gasdurchlässigkeit des Bodens
- Witterung, z.B. Schnee, Eis, Feuchte



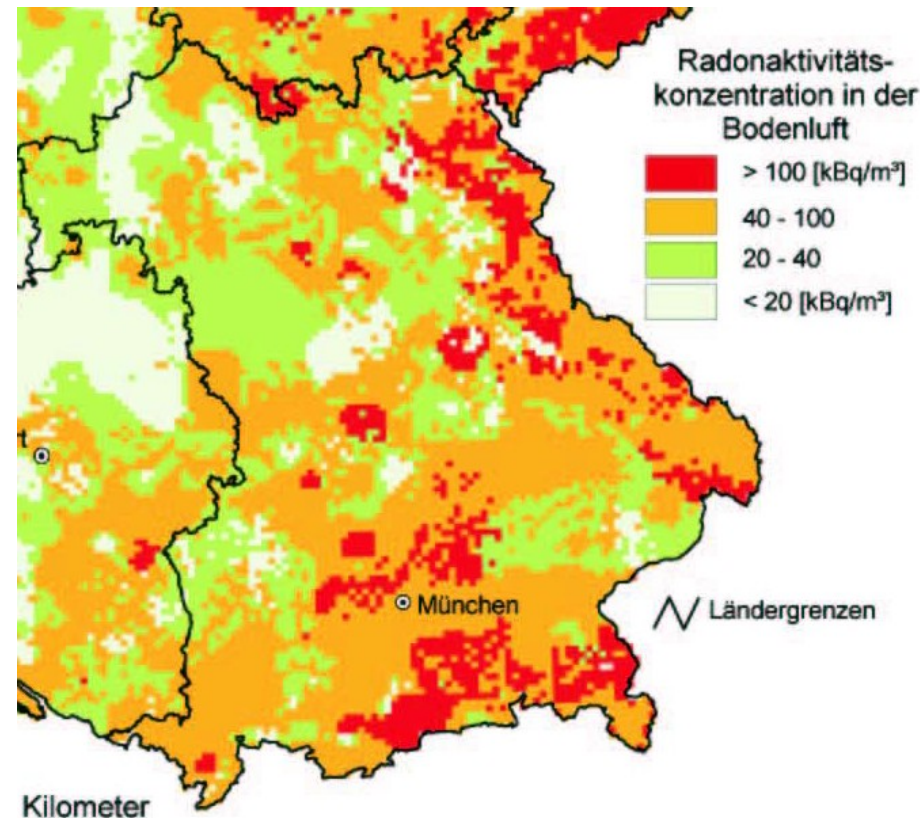
## Baubiologische Dauermess-Stellen

Eigene Datenerhebungen (Keller)

- Freising: 300 – 800 Bq/m<sup>3</sup>
- Germering: 1.500 – 4.000 Bq/m<sup>3</sup>
- Pullach: 1.600 – 11.000 Bq/m<sup>3</sup>

## Radonkonzentration im Gebäude abhängig von der Bauqualität

- Gasdichte Bodenplatte
- Gasdichte Durchdringungen
- Dichte Wände (bei Erdkontakt)
- Ausreichender Luftaustausch



## Altbausanierung

Auswirkungen auf Radonkonzentrationen im Haus

### Altbau vorher

- Undichte Bodenplatte
- Undichte Durchdringungen
- Undichte Wände mit Erdkontakt
- Undichte Fenster, Zugluft
- Ausreichender Luftaustausch

### Altbau nachher

- Dichte Fenster
- Weniger Luftaustausch
- Undichte Durchdringungen
- Undichte Wände mit Erdkontakt
- Undichte Bodenplatte

→ **Höhere Radonkonzentrationen**

### Empfehlung: Altbausanierung + Radon-Schutz

Altbausanierung nur mit Berücksichtigung eines ausreichenden Radon-Schutzes durchführen

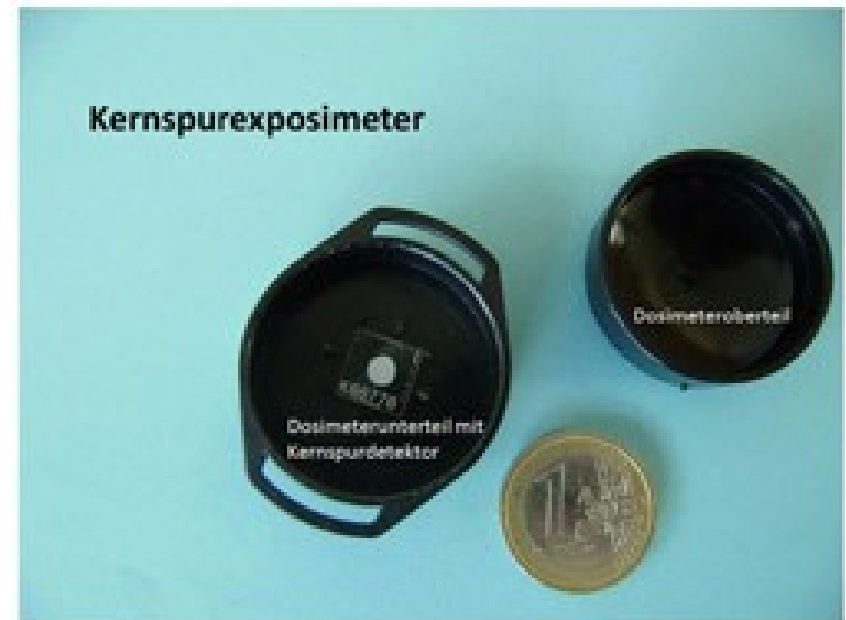
- Messungen der Radon-Aktivitätskonzentration in der Bodenluft
- Vor dem Baubeginn, Ableitung von erforderlichen Maßnahmen
- Werte können jahreszeitlich und örtlich stark schwanken
- Orientierende Messung
- Keine Relevanz vor Gericht





## Gesetzlich zulässige Messungen

- Kernspurdosimeter, passive Methode
- Messdauer: 1 Jahr, jedoch mind. 3 Monate während der Heizperiode
- Auswertung im Labor
- Gefahr der Manipulation



Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt LfU

Elektronische Messgeräte,

- Orientierende Messungen
- Kürzere Messdauer
- Teilweise Direktablesung oder Auswertung über Software



Canary



DOSEman



Radon Scout Plus

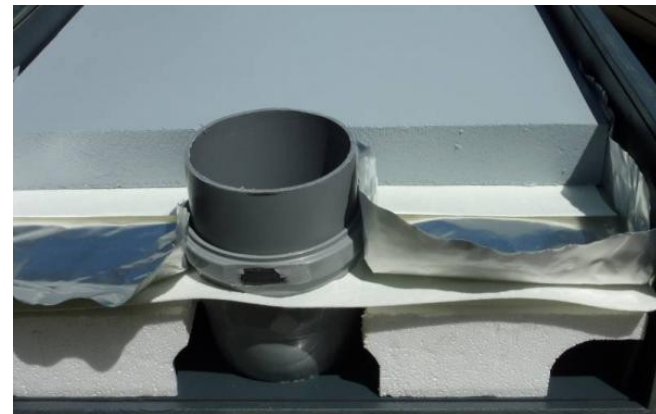
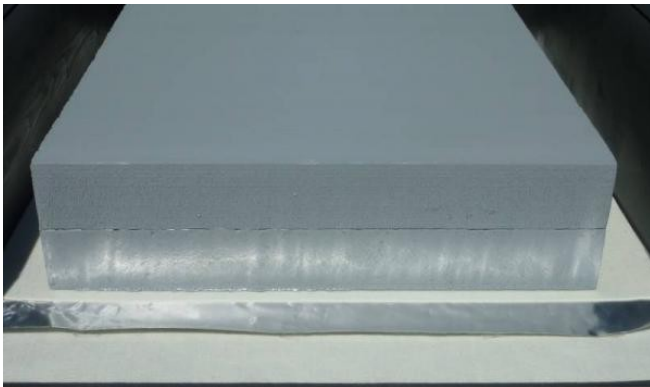
## RadonProtect Folie:

- gasdichter Schutz vor Radon und anderen Gasen
- Dampfsperre



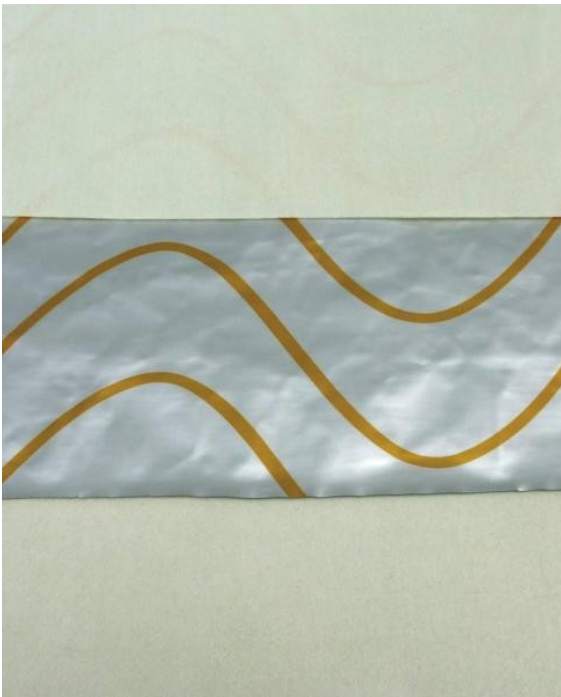
## RadonProtect System - Ein System für 5 Anwendungen

- 1) Radon-Prävention im Neubau - unter der Bodenplatte
- 2) Radon-Prävention im Neubau - mit Lüftungsboden unter der Bodenplatte
- 3) Radon-Sanierung im Bestand - unter dem Estrich
- 4) Radon-Sanierung im Bestand - mit Lüftungsboden unter dem Estrich
- 5) Radon-Sanierung im Bestand - Spezialfall mit Vlieskaschierung



Informationen und Datenblätter: [www.radon-protect.com](http://www.radon-protect.com)

- RadonProtect Folie verlegen im Sandwich mit Wikaflor Schutzvlies
- Mit Heißluft gasdicht verschweißen



## Gasdichte Durchführungen von Rohren, Leitungen und Kabeln

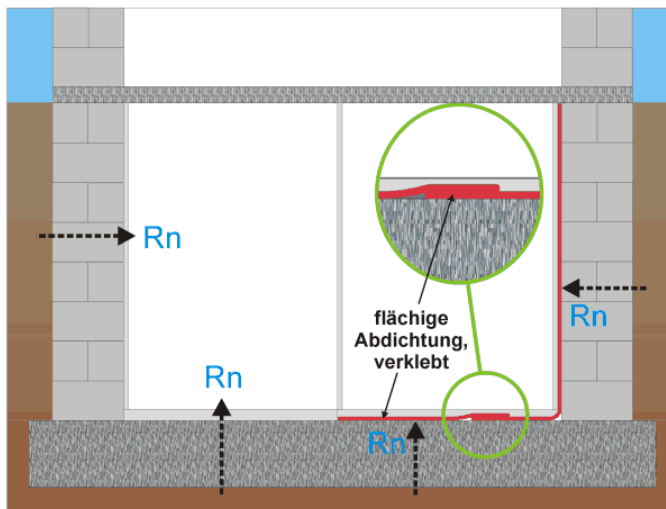


## Weitere Maßnahmen für Neubau und Sanierung

### Drainage

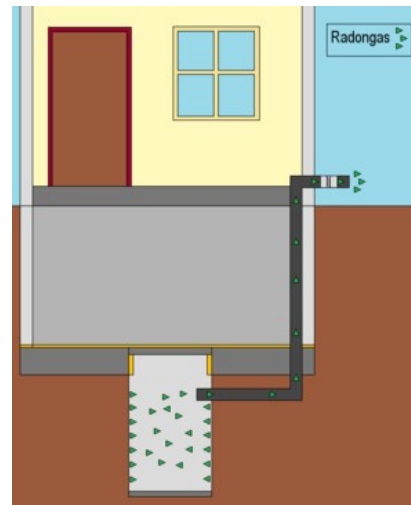


### Abdichtung



Quelle: [www.radon-info.de](http://www.radon-info.de)

### Radonbrunnen



Quelle: [www.bau-welt.de](http://www.bau-welt.de)

### Lüftungsmaßnahmen und Radonsauger



Quelle: [www.corroventa.de](http://www.corroventa.de)

## Zusammenfassung:

Radonsicheres Bauen wird gesetzliche Pflicht ab Februar 2018  
Genaue Gesetzestexte liegen noch nicht vor

Schutz vor Radon ist Schutz der eigenen Gesundheit  
Baubiologisches Vorsorgeprinzip

Es gibt mehrere Möglichkeiten für Prävention im Neubau sowie für  
Sanierungen im Bestand.

Welche Maßnahmen sinnvoll sind, sollte für das jeweilige Objekt gezielt  
erarbeitet werden.

Nur Messungen verschaffen Klarheit über Gesundheitsrisiken



Vielen Dank für Ihr Interesse

[www.radon-protect.com](http://www.radon-protect.com)

