

Innenraumschadstoffe – Vorkommen und Analytik

Vorlesung Hochschule OWL 18.11.2020

Referent: Thomas Jockel, Detmold

**Die in diesem Vortrag genannten Regelwerke
und Grenzwerte erheben keinen Anspruch auf
Vollständigkeit!**

Definition Baubiologie

Baubiologie ist die Lehre von den ganzheitlichen Beziehungen zwischen Menschen und der bebauten Wohn- und Arbeitsumwelt.

Baubiologie

Im Mittelpunkt steht der Mensch und seine
Bedürfnisse unter Berücksichtigung der
Ökologie

Baubiologie

Verwendung von nachvollziehbaren Methoden –
z.B. „Standard der Baubiologischen
Messtechnik“, DIN u.a.

Baubiologie Jockel seit 2005

- Baubiologe IBN/VDB
- Sachverständiger für Schimmel (TÜV-zertifiziert) und Innenraumschadstoffe
- Sachkundiger gemäß TRGS 519 Anlage 3 (Asbest)
- Sachkundiger gemäß BGR 128 Anhang 6A /
Fachkundiger gemäß TRGS 524 Anlage 2A (Altlasten)
- Lehrbeauftragter für Baubiologie im Lehrgebiet Wohnmedizin an der Hochschule OWL

www.baubiologie-jockel.de

Büro Detmold Tel.05231/5699715

Innenraumbelastungen

chemische

biologische

physikalische

anorganische

organische

Schimmelpilze
Hefepilze
Bakterien

Raumklima
Lärm / Schall
Radioaktivität
Elektrosmog

Gase
Faserstäube
Schwermetalle

VVOC
VOC
SVOC
POM

Grundsätzliches

- Altlasten - bei Sanierungen zu beachten
- Neulasten – zur Vermeidung sorgfältige Auswahl der Bauprodukte (emissionsarm)
- Dichte Gebäude – Erhöhung der Schadstoffkonzentrationen
- Einträge von außen

Innenraumbelastungen

chemische

biologische

physikalische

anorganische

organische

Schimmelpilze
Hefepilze
Bakterien

Raumklima
Lärm / Schall
Radioaktivität
Elektrosmog

Gase
Faserstäube
Schwermetalle

VVOC
VOC
SVOC
POM

Gase

- Technische Gase aus Anlagen (Firmen)
- Erdgas
- Faulgase (Landwirtschaft, Kläranlagen)
- Radongas

Radon

- Es gehört zu den Quellen der natürlichen Radioaktivität im Erdreich.
- Eindringen durch Risse, Öffnungen im Keller
- Dichte Häuser \Rightarrow erhöhte Konzentration
- Video:
http://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/radon/radon_node.html

Radon

- Zerfallsprodukte (α -Strahler)schädigen Lungenzellen \Rightarrow Lungenkrebs (ca.7% in Deutschland)
- **Lungenkrebs: Risikozunahme je 100 Bq/m³ um je 10 %**
- Langzeitmessungen Raumluft
- Kurzzeitmessungen während der Wintermonate
- In Zukunft Messpflicht in Vorsorgegebieten an Arbeitsplätzen und Aufenthaltsräumen
- Auf Grundstücken mit Bodensonde in 1 Meter Tiefe

Radon



Radon – Richt-/Referenzwerte

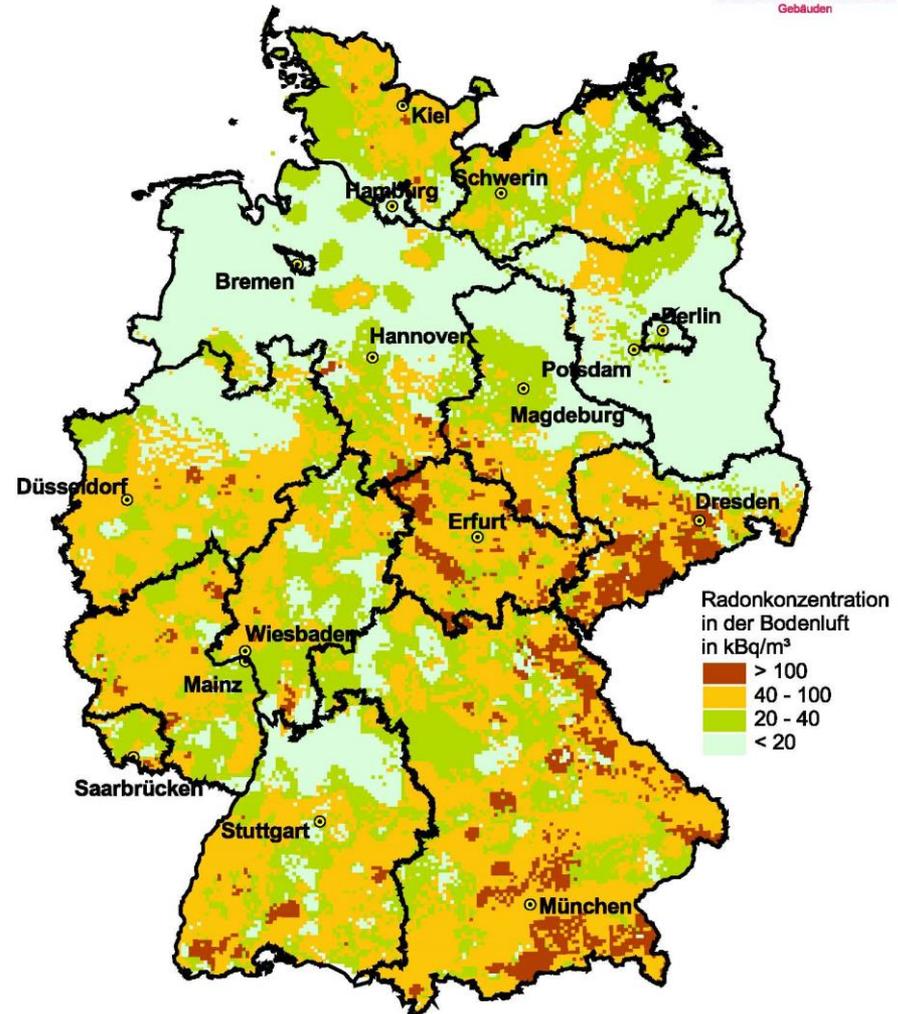
- EU: neue Richtlinie Euratom 12/2013 – Referenzwert 300Bq/m^3 im Jahresmittel; muss bis 2/2018 in nationales Recht umgesetzt werden.
- WHO: 100 Bq/m^3
- Baubiologische Richtwerte SBM2008 für Schlafplätze
 - < 30 Bq/m^3 unauffällig
 - $30- 60\text{ Bq/m}^3$ schwach auffällig
 - $60 - 200\text{ Bq/m}^3$ stark auffällig
 - > 200 Bq/m^3 extrem auffällig
- Innenraum im Schnitt: $20-50\text{ Bq/m}^3$
- Außenluft im Schnitt: $5-15\text{ Bq/m}^3$
- Extremlagen: $> 1000\text{ Bq/m}^3$
- Radonstollen: $\sim 100.000\text{ Bq/m}^3$;

Radon - Sanierung

- Abdichten
- Lüftungskonzept
- Radonbrunnen oder -drainage

Radonkarte Deutschland:
<https://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/radon/boden/radon-karte.html>

Aber Achtung! Auch in vermeintlich niedrig belasteten Bereichen können in Häusern erhöhte Radonkonzentrationen vorkommen!!



Innenraumbelastungen

chemische

biologische

physikalische

anorganische

organische

Schimmelpilze
Hefepilze
Bakterien

Raumklima
Lärm / Schall
Radioaktivität
Elektrosmog

Gase
Faserstäube
Schwermetalle

VVOC
VOC
SVOC
POM

Schwermetalle

- Blei: Rohrleitungen ⇒ Wasserprobe
- Quecksilber: Zahnmedizin, Thermometer, Energiesparlampen ⇒ Raumluftmessung
- In alten Farben: Türen, Treppengeländer u.a. ⇒ Materialproben
- u.a.

Innenraumbelastungen

chemische

biologische

physikalische

anorganische

organische

Schimmelpilze
Hefepilze
Bakterien

Raumklima
Lärm / Schall
Radioaktivität
Elektrosmog

Gase
Faserstäube
Schwermetalle

VVOC
VOC
SVOC
POM

Begrifflichkeiten

- VVOC: very volatile organic compounds
- VOC: volatile organic compounds
- SVOC: semi volatile organic compounds
- POM: particulate organic matter
- TVOC: total volatile organic compounds
Summenparameter für VOC
- MVOC: microbial volatile organic compounds

Unterteilung in Abhängigkeit vom Siedepunkt (WHO 1989)

Bezeichnung	Abkürzung	Siedepunktbereich	
		von °C	bis °C
Sehr flüchtige organische Verbindungen	VVOC z.B. Formaldehyd	< 0	50 - 100
Flüchtige organische Verbindungen	VOC z.B. Lösemittel	50 – 100	240 - 260
Mittelflüchtige organische Verbindungen	SVOC z.B. Weichmacher, Flammschutzmittel	240 – 260	380 - 400
Schwerflüchtige, partikelgebundene organische Verbindungen	POM z.B. PAK	> 380	

Innenraumbelastungen

chemische

biologische

physikalische

anorganische

organische

Schimmelpilze
Hefepilze
Bakterien

Raumklima
Lärm / Schall
Radioaktivität
Elektrosmog

Gase
Faserstäube
Schwermetalle

VVOC
VOC
SVOC
POM

Formaldehyd

Formaldehyd:

- Zählt zu den bedeutsamsten Innenraumschadstoffen
- Giftiges, farbloses, säuerlich-stechend riechendes Gas
- Gut löslich in Wasser und Alkohol

Formaldehyd

- Vorkommen in Kunstharzen auf Formaldehydbasis in Spanplatten, Sperrholz, Tischler-, MDF- oder OSB-Platten, Weichfaserplatten, ältere Fertighäuser
- Mineralwollen, Sprays, Parkettsiegel, Teppiche mit Schaumrücken, Tabakrauch, Kosmetik, Desinfektions- und Konservierungsmittel u.v.m.

Formaldehyd

- Analytik \Rightarrow aktive Raumluchtprobenahme mit DNPH-Kartusche.
- Passivsammler (Aussagekraft sehr gering)
- direkt anzeigende Geräte (nicht als Grundlage von Sanierungen geeignet).
- Achtung! Raumlufttemperatur und -feuchte haben erheblichen Einfluss \Rightarrow 18-20°C optimal
- Materialproben in der Prüfkammer.
- Sanierung: Ausbau, Lüftungskonzept, Abdichten (sehr aufwendig)

Formaldehyd

- Atemwegbeschwerden, Schwindel, Erbrechen, Schlaflosigkeit, Nervosität u.v.m.
- Chronische Belastungen können zu Nieren-, Leber- und Lungenschäden führen
- Möglicherweise Krebserzeugend (K3)

Formaldehyd Richt-/Grenzwerte

- UBA 2016: 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- WHO: 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- AGÖF Normalwert: 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Hamburger Liste:
 - RW I (Gefahrenvorsorgewert): 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 - RW II (Gefahrenwert): 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Schleimhaut- und Augenreizung: 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Riechschwelle: 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Lebensgefahr: 30.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Natur: < 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Formaldehyd Regelwerke

- DIN EN ISO 16000-1
- DIN EN ISO 16000-2
- DIN EN ISO 16000-3
- VDI 4300 Blatt 1 und 3
- TRGS 900
- BGA
- Gefahrstoffverordnung

Innenraumbelastungen

chemische

biologische

physikalische

anorganische

organische

Schimmelpilze
Hefepilze
Bakterien

Raumklima
Lärm / Schall
Radioaktivität
Elektrosmog

Gase
Faserstäube
Schwermetalle

VVOC
VOC
SVOC
POM

VOC

- Vielzahl chemischer Verbindungen
- Einige Substanzklassen sind:
 - Aldehyde und Ketone
 - Ether und Ester mehrwertiger Alkohole, Glykolverbindungen
 - Aliphatische Kohlenwasserstoffe
 - Aromatische Kohlenwasserstoffe
 - Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe
 - Terpene
 - Alkohole
 - Ester
 - Amine
 - Phenole und Kresole
 - Isocyanate

VOC

- In vielen Produkten des alltäglichen Lebens und Innenraumausstattung
- Häufig in Neubauten oder nach Umbaumaßnahmen
- Oft stehen VOC's in Verbindung mit Geruchsproblemen
- Gesundheitliche Auswirkungen:
Von sensorischen Wahrnehmungen bis hin zu toxischen Langzeitwirkungen

VOC

- Analytik \Rightarrow aktive Raumlufthprobenahme mit Adsorptionsröhrchen (Aktivkohle, Silicagel, TENAX).
- Orientierende Messung mit Photoionisationsdetektor (PID)
- Materialproben
- Ergebnisse werden nach TVOC und Einzelstoffen bewertet.

VOC – Richtwerte, Einzelsubstanzen

- Innenraum-Richtwerte (RW) werden von der Ad-hoc-Arbeitsgruppe der IRK des UBA und AOLG (AG der obersten Landesbehörden) festgelegt.
- RW I: Einzelstoffbetrachtung bei Unterschreitung ist nicht mit gesundheitlichen Auswirkungen zu rechnen
- RW II: Wird der Wert erreicht oder überschritten – sofortiges handeln erforderlich
- www.umweltbundesamt.de/gesundheit/innenraumhygiene/richtwerte-irluft.htm

TVOC IRK-Richtwerte

Bewertung nach UBA:		
Stufe 1: < 300 µg/m³	hygienisch unbedenklich	Zielwert
Stufe 2: 300 - 1000 µg/m³	hygienisch noch unbedenklich	erhöhter Lüftungsbedarf
Stufe 3: 1000 - 3000 µg/m³	hygienisch auffällig	befristet (<12 Monate); als Obergrenze für Räume, die für einen längerfristigen Aufenthalt bestimmt sind
Stufe 4: 3000 - 10000 µg/m³	hygienisch bedenklich	Raum befristet (maximal 1 Monat) und bei verstärkter Lüftung nutzbar
Stufe 5: > 10000 µg/m³	hygienisch inakzeptabel	Die Raumnutzung ist allenfalls vorübergehend täglich stundenweise unter Lüften möglich.

VOC – Regelwerke

- DIN EN ISO 16000-5
- DIN EN ISO 16000-6
- Richtwerte der IRK

Innenraumbelastungen

chemische

biologische

physikalische

anorganische

organische

Schimmelpilze
Hefepilze
Bakterien

Raumklima
Lärm / Schall
Radioaktivität
Elektrosmog

Gase
Faserstäube
Schwermetalle

VVOC
VOC
SVOC
POM

SVOC

- Biozide (vorwiegend Holzschutzmittel)
- Weichmacher
- Flammschutzmittel
- Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)
- Polychlorierte Biphenyle (PCB)

Holzschutzmittel

- Innenraumvorkommen vorwiegend aus Altlasten
- Pentachlorphenol (PCP) (Fungizid) und Lindan (Insektizid)
- Verwendung in Kombination
- PCP wurde 1989 verboten
- Beide können durch Importprodukte noch nach Deutschland gelangen.

Holzschutzmittel

- Chlornaphthalin: Fungizid - Spanplatten, Farben; Achtung evtl. starker Geruch
- Dichlofluanid: Fungizid- Farben
- uvm.

Holzschutzmittel

- Holzoberflächen, Dachstuhl und Holzkonstruktionen (Fachwerk), Teppiche, Mottenmittel, Kopflausmittel, Pflanzenschutz, ältere Fertighäuser, restaurierte Möbel u.a.
- Achtung: Sekundärbelastungen möglich

Holzschutzmittel

- Analytik \Rightarrow Material-, Hausstaub-(7-Tage alt), aktive Raumluchtprobe (PU-Schaum)
- PCP: Kanzerogenes Potential K2, erbgutveränderndes Potential M3, Frucht- und entwicklungsschädigende Wirkung R_E2
- Lindan:
Verdacht auf kanzerogenes Potential K3
- Nervenschäden, Bauch- und Kopfschmerzen, Schwindelgefühl, reduzierte Merkfähigkeit, Muskelschwäche u.v.m.

Holzschutzmittel - Regelwerk

- Die PCP-Richtlinie der Projektgruppe Schadstoffe der ARGEBAU wurde 1996 als technische Regel erarbeitet. Außer in Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt und Hessen wurde die PCP-Richtlinie in den Bundesländern in das Baurecht übernommen.
- Gefahrstoffverordnung, TRGS 905, VDI 4300 Blatt 4
- PCP Vorsorgewert $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Luft
- Lindan Vorsorgewert $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Luft

Insektizide

- DDT: vorwiegend in ehemaliger DDR und in Gebäuden der amerikanischen Streitkräfte
- Permethrin und Eulan WA neu: Mottenschutzmittel in Wollteppichen
- Permethrin ist in Teppichen mit folgenden Siegel aktuell höchstwahrscheinlich enthalten:
 - Teppichboden schadstoffgeprüft von GUT
 - Teppichsiegel ETG
 - Wollsiegel
- Weitere Produkte mit Bioziden: Elektroverdampfer, Insektensprays, Mottenkugeln, Mottenstreifen, restaurierte Möbel u.a.

Weichmacher

- Phthalate werden als Weichmacher in Kunststoffen eingesetzt.
- Quellen sind vorwiegend PVC-Böden und Vinylschaumtapeten
- Störung des Immunsystems und der Fortpflanzung durch hormonähnliche Wirkung möglich
- Analytik \Rightarrow Raumluft-, Staub- oder Materialprobe
- Abgabe an die Umgebung mit der Zeit steigend

Flammschutzmittel

- Einsatz in PU-Schäumen (Polster, Matratzen, Montageschäume u.a.), Tapeten u.a.
- Kanzerogenes Potential K2, Reizerscheinungen, Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit
- Analytik \Rightarrow Raumluft-, Staub- oder Materialprobe

Innenraumbelastungen

chemische

biologische

physikalische

anorganische

organische

Schimmelpilze
Hefepilze
Bakterien

Raumklima
Lärm / Schall
Radioaktivität
Elektrosmog

Gase
Faserstäube
Schwermetalle

VVOC
VOC
SVOC
POM

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

- Gruppe von mehreren hundert Einzelstoffe
- Steinkohleteer als Parkettkleber bis Ende der 1960er



Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

- Teeranstrich, Holzschutzmittel (Carbolineum) seit 1991 verboten, Verbrennungsprozesse (Ruß), Gußasphalt, u.a.
- Zahlreiche PAK's haben kanzerogenes Potential K2
- Benzo(a)pyren - Leitsubstanz

Polychlorierte Biphenyle (PCB)

- Stoffgruppe besteht aus 209 unterschiedlichen Substanzen
- Schwer entflammbar, nicht leitend, chemisch stabil
- Einsatz in Kondensatoren, Transformatoren, Fugendichtmassen, als Flammenschutzmittel in Farben und Lacken
- Seit 1989 weltweit verboten
- Analytik \Rightarrow Raumluft- und Materialprobe

Polychlorierte Biphenyle (PCB)



18.11.2020

© Thomas Jockel, Baubiologie IBN/VDB
Vorlesung Hochschule OWL

50

Polychlorierte Biphenyle (PCB)

- Kanzerogenes Potential K3, frucht-,
entwicklungsschädigende Wirkung R_E2,
Fortpflanzung- und fruchtbarkeitsschädigende
Wirkung R_F2, Leber-, Milz- und Nierenschäden
- Regelwerke: PCB-Richtlinie,
Gefahrstoffverordnung, TRGS 900, TRGS 905,
DIN EN ISO 16000-12
- Vorsorgewert: 300ng/m³ Luft
- Interventionswert: 3000ng/m³ Luft

Qualifikationen

- Sachkunde gemäß BGR128 Anhang 6A
- Fachkunde gemäß TRGS 524 Anlage 2A

Fertighäuser

- Ältere Fertighäuser (Holzständerwerk) bis ca. Baujahr 1985



Fertighäuser

- Holzschutzmittel
- Formaldehyd
- KMF, Asbest
- Geruch (Chloranisol)
- Chlornaphthalin
- PAK, PCB
- Essigsäure

Fertighäuser

Probenahme:

- Raumluftprobe
- Materialproben zur Quellensuche
- (Hausstaub)

Fallbeispiel Fertighaus 1976

Formaldehyd	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Wohnzimmer	71
Musikzimmer	116

Probe		E909742/1 + 5 Wohnzimmer	E909742/2 + 6 Musikzimmer		Referenzwerte (Richtwerte bzw. Geruch)
über PU-Schaum:	BG				
Lindan	0,01	0,23	0,29		0,1/1,0
Pentachlorphenol*	0,01	<	<		0,1/1,0
p,p'-DDT	0,02	<	<		0,1/1,0
Dichlofluamid	0,02	<	<		
über TENAX:					
1-Chlornaphthalin	0,01	<	<		20
2-Chlornaphthalin	0,01	<	<		20
Dichlornaphthaline	0,05	<	<		
2,4,6-Trichloranisol	0,0005	0,0030	0,0044		0,002
2,3,4-Trichloranisol	0,0005	<	<		
2,3,6-Trichloranisol	0,0005	0,0020	0,0036		
2,3,5,6-Tetrachloranisol	0,005	0,200	0,25		0,1
Pentachloranisol	0,005	0,001	0,02		
Geruchswert TCA/TeCA		3,5	4,7		1

Brandschäden

- Ablagerungen durch Rauch
- Löschwasser transportiert Schadstoffe
- Schimmelpilzbefall in Folge des Löschwassers

Brandschäden

- PAK
- PCB
- Dioxine
- Furane

Brandschäden

Probenahme in der Regel nach der Sanierung:

- Wischproben von Oberflächen
- Materialproben

Literatur

- Gebäudeschadstoffe und Gesunde Innenraumluft – Zwiener/Lange
- Schadstoffe in Innenräumen und an Gebäuden – Gesamtverband Schadstoffsanierung
- Ökologisches Baustoff-Lexikon – Zwiener/Mötzel
- AGÖF - Tagungsbände

Und jetzt Ihre Fragen!

Baubiologie Jockel

Thomas Jockel

Baubiologe IBN/VDB, Sachverständiger,
Lehrbeauftragter

Maiweg 41

32760 Detmold

05231/5699715

info@baubiologie-jockel.de

www.baubiologie-jockel.de

