

Häufige Altlasten und Schadstoffe in Bestandsgebäuden

Häufige Schadstoffe, Überprüfung, Messtechnik, Analysen

Vorgaben Umweltbundesamt, Bewertungssysteme

Dipl. Biol. Pamela Jentner

Pamela Jentner

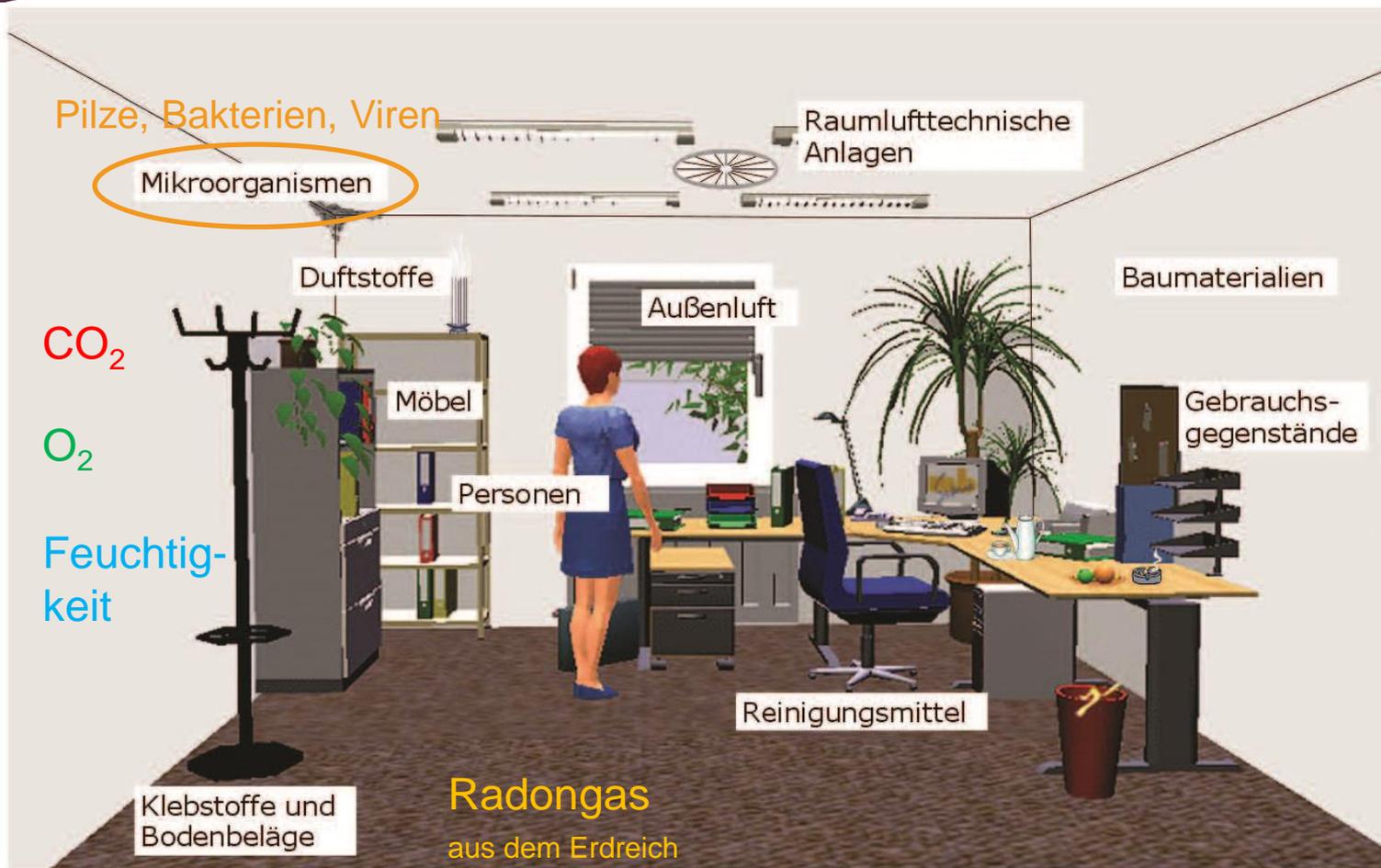
- Diplom Biologin, Technische Universität München TUM
- Freie Sachverständige und Fachplanerin für Baubiologie
- Baubiologische Messtechnikerin IBN
- Baubiologische Beratungsstelle IBN, Freising
- Vorstandsmitglied Verband Baubiologie e.V. (VB)
- Fachberaterin am Bauzentrum München,
Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU), Stadt München
- Radonfachperson
Bayerisches Landesamt für Umwelt LfU
Sächsisches Ministerium für Umwelt und Landwirtschaft SMEKUL



Schadstoffe in Innenräumen – Ursachen und Zusammenhänge:

- Energiesparende „dichte“ Bauweisen bei Neubau oder Sanierung im Bestand
- → „Thermoskanne Haus“
- Verringerung des Luftwechsels bzw. der Frischluftzufuhr?
- Möglichst wenig Schadstoffe in Gebäude einbringen
- Raumklima-Faktoren beachten und regulieren, z.B. Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit
- Geruchliche Komponenten beachten
- Geruchsprüfungen durchführen
- Konsequente baubiologische Auswahl von Baustoffen, Materialien, Einrichtungsgegenständen, Reinigungsmittel etc.
- Grundlage: Sicherheitsdatenblätter, Technische Merkblätter sowie Volldeklarationen
- Umfangreiche Produktaufstellungen von einer Vielzahl an Herstellern bieten verschiedene Kennzeichnungs- und Prüfsysteme.
- Im Einzelfall kann es erforderlich und sinnvoll sein, Produkte labortechnisch überprüfen zu lassen





Die Quellen für Schadstoffe in Innenräumen können auch innerhalb des Gebäudes liegen, z.B. technische Anlagen, Emissionen aus Innenraummaterialien, Bauschäden, Tiere und die Nutzer selbst

Mikrobielle Belastungen

- Schimmel, Bakterien, Hefen
- Sporen, Mykotoxine, Gerüche
- Messtechnik
- Bewertung

Chemische Belastungen (heute Themen der nachfolgende Referenten)

- Baustoffe, Kleber, Lacke, Farben, Bodenbeläge, Möblierung etc.
- Schadstoffe, Gerüche
- Messtechnik
- Bewertung

Gerüche, Geruchsprüfung

- Geruchsprüfung
- Geruchsleitwert

Radioaktivität – Radon in Innenräumen

- Einfache Möglichkeiten im Neubau
- Sanierung im Bestand
- Messtechnik
- Bewertung

Mikrobielle Belastungen – Schimmel

Schimmel in Neubauten

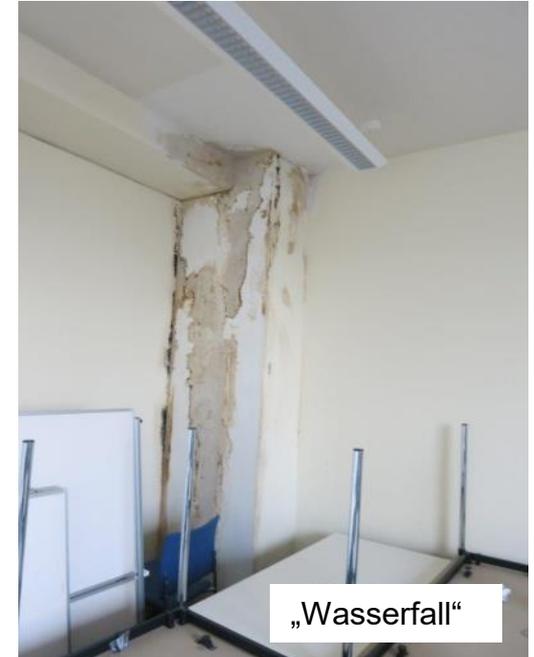
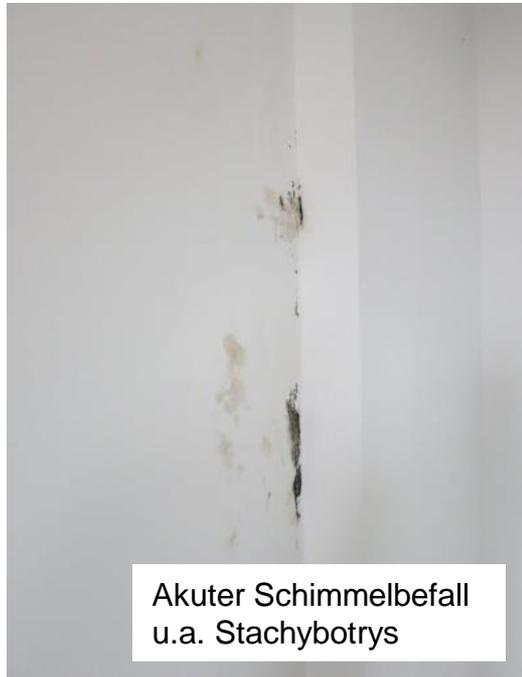
- Hohe Feuchtigkeit
- Kurze Trocknungsphasen
- Schnelle Fertigstellung
- Dichte Gebäude
- Dichte Oberflächen: Bodenbeläge, Wandfarben
- Schneller Einzug
- Wasserschäden / Installationen

Schimmel in Bestandsgebäuden

- Wasserschäden
- Feuchteprobleme durch Kondensation
- Nicht angepasstes Heiz- und Lüftungsverhalten
- Lüften von Wohnräumen und Keller

Mikrobielle Belastungen – Schimmel

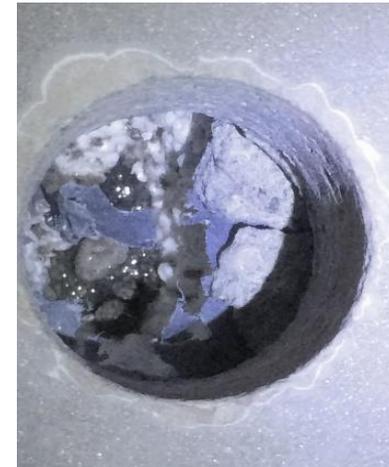
Fallbeispiele durch Wasserschäden, Undichtigkeiten am Flachdach



Mikrobielle Belastungen – Schimmel

Fallbeispiele durch Wasserschäden, Undichtigkeiten am Flachdach

Durchnässter „Trockenbau“ über verschiedene Etagen



Raumklima und Luftqualität

- Temperatur, je nach Tätigkeit, 18 – 22 °C
- Luftfeuchte, relative Luftfeuchte 40 – 60 %
 - Ab 60 % Luftfeuchte Schimmelgefahr
 - Vorsicht kalte Außenwände/-ecken im Winter, feuchteres Mikroklima
- Schimmelpilze: lungengängige Sporen, Mykotoxine
 - Umweltbundesamt: Schimmel-Leitfaden 2017
- Gerüche: nur lästig oder gesundheitsgefährdend?
 - Chemische Substanzen
 - Schimmel, Bakterien

Fallbeispiel Dachstuhl Neubau



Fallbeispiel Außenecke älteres Bestandsgebäude



Sehr häufig:

Außenecke im Altbau
nicht gedämmt

Kondensationsprobleme an kalten
Oberflächen

Schimmel vor allem im Winter

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

Verschiedene Untersuchungsmethoden, z.B.

Materialproben: direktes Material oder Klebefilmproben, Abklatschproben

Luftproben: Luftkeimsammlung oder Partikelsammlung, UBA: Vergleich mit Außenluft (Referenzprobe)

Staubproben

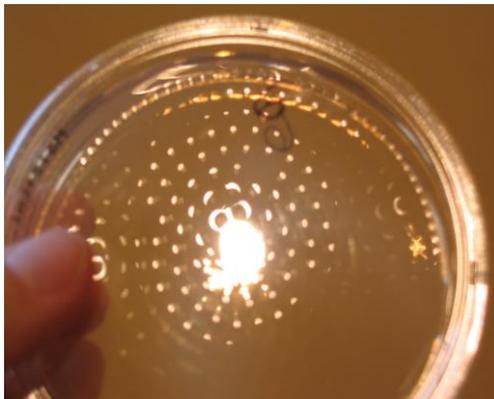


Luftprobennahme:

MBASS30 Holbach mit verschiedenen Köpfen

Links: Luftkeimsammlung (LKS30 oder LKS 100)

Nährmedien-Platte (Agar),
Bebrütung im Labor,
Laboranalysen



Rechts: Partikelsammlung (PS30)
Beschichteter Objektträger,
3 Spuren zur Beprobung,
Laboranalysen lichtmikroskopisch,
teilweise auch mit
Rasterelektronen-Mikroskop, ohne
Bebrütung

Schimmelleitfaden Umweltbundesamt (UBA)

Inhalt

Einleitung	7
1 Schimmel, Schimmelbefall und Schimmelpilze	12
1.1 Schimmelbefall	15
1.2 Schimmelpilze	18
1.2.1 Eigenschaften von Schimmelpilzen	19
1.2.2 Schimmelpilze in Innenräumen	21
1.2.3 Faktoren, die das Wachstum von Schimmelpilzen beeinflussen	23
1.3 Hefen	31
1.4 Bakterien und Aktinobakterien	32
1.4.1. Eigenschaften von Aktinobakterien	32
1.4.2 Nachweis und Identifizierung von Aktinomyceten	35
1.4.2 Nachweis und Identifizierung von Aktinomyceten	35
2 Wirkungen von Schimmel in Innenräumen auf die Gesundheit des Menschen	36
2.1 Allergische Reaktionen	41
2.2 Reizende, toxische und geruchliche Wirkungen	43
2.3 Infektionen	45
3 Ursachen für Schimmelbefall in Gebäuden	46
3.1 Bauliche, nutzungsbedingte und sonstige Einflussgrößen	47
3.1.1 Unzureichende Wärmedämmung	49
3.1.2 Wärmebrücken	50
3.1.3 Erhöhte Wärmeübergangswiderstände	51
3.1.4 Unzureichende oder unsachgemäße Beheizung	53
3.1.5 Erhöhte Feuchteproduktion im Innenraum	54
3.1.6 Unzureichendes oder unsachgemäßes Lüften	56
3.1.7 Feuchtepufferung der Baumaterialien	58
3.1.8 Feuchte in der Baukonstruktion durch Leckagen und aufsteigende Feuchte	60
3.1.9 Baufeuchte	61
3.1.10 Hochwasserschäden	61
3.2 Feuchteschäden durch unsachgemäße energetische Modernisierung	62
3.2.1 Einbau dichter Fenster in unzureichend gedämmten Altbauten	64
3.2.2 Falsch ausgeführte Innendämmungen	64
3.2.3 Unsachgemäß ausgeführte Abdichtungen bei energieeffizient ausgeführten Gebäuden	67
3.3 Ermittlung der Befallsursachen	67

4 Vorbeugende Maßnahmen gegen Schimmelbefall

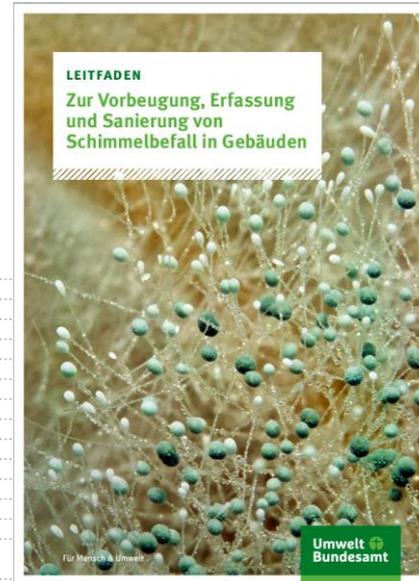
4.1 Vorbeugende bauliche Maßnahmen	
4.1.1 Vermeidung von Schimmelbefall durch Baufeuchte	
4.1.2 Vermeidung von feuchten Baumaterialien	
4.1.3 Vermeidung von Feuchte und Schimmel bei Umbaumaßnahmen	
4.1.4 Überprüfung von Gebäuden im Alltagsbetrieb	
4.2 Richtiges Lüften	
4.3 Möglichkeiten der Lüftung	
4.3.1 Freie Lüftung	
4.3.2 Einfache mechanische Lüftungseinrichtungen	
4.3.3 Raumlufttechnische Anlagen mit Zu- und Abluftführung	
4.3.4 Erdwärmetauscher	
4.3.5 Wartung technischer Lüftungseinrichtungen	
4.4 Richtiges Heizen	

5 Schimmelbefall erkennen, erfassen und bewerten

5.1 Ortsbegehung und Schadenserfassung	90
5.1.1 Durchführung der Ortsbegehung	91
5.1.2 Weiterführende Untersuchungen	94
5.1.3 Qualitätssicherung	107
5.2 Bewertung der Ergebnisse	110
5.2.1 Bewertung bei sichtbarem Schimmelbefall	112
5.2.2 Bewertung von Materialproben	114
5.2.3 Bewertung von Luftproben	115
5.3 Gutachten	120

6 Maßnahmen im Schadensfall

6.1 Nutzungsklassen	123
6.1.1 Nutzungsklasse I	124
6.1.2 Nutzungsklasse II	124
6.1.3 Nutzungsklasse III	124
6.1.4 Nutzungsklasse IV	124
6.2 Sanierung eines kleinen Schimmelbefalls	126
6.2.1 Maßnahmen durch den Raumnutzer	126
6.2.2 Maßnahmen durch Fachfirmen	127
6.3 Sanierung eines großen Schimmelbefalls	130
6.3.1 Arbeitsschutz	131
6.3.2 Sofortmaßnahmen	134
6.3.3 Erfassung des Schadensausmaßes	135
6.3.4 Beseitigung der Schadensursachen	135
6.3.5 Entfernung befallener Materialien	138
6.3.6 Trocknungsmaßnahmen	141
6.3.7 Reinigung nach Rückbau	144
6.3.8 Kontrolle des Sanierungs- und Reinigungserfolgs	145



Umweltbundesamt - Schimmelleitfaden 2017

- Nutzungsklassen in Gebäuden

Nutzungsklassen in Gebäuden

Nutzungs- klasse	Anforderungen an die Innen- raumhygiene	Beispiel	Anmerkungen
I	Spezielle, sehr hohe Anforderungen wegen individueller Disposition	Räume für Patienten mit Immunsuppression	Nicht in diesem Leitfaden behandelt; die Anforderungen bedürfen gesonderter Vereinbarung
II	Normale Anforderungen	Innenräume zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen: Wohn- oder Büroräume, Schulen, Kitas usw. einschließlich dazu gehörender Nebenräume	Es gelten die gleichen Anforderungen für alle genutzten Räume (d. h. bei Wohnungen alle Räume einschließlich in der Wohnung liegender Nebenräume)
III	Reduzierte Anforderungen	Nicht dauerhaft genutzte Räume außerhalb von Wohnungen, Büros, Schulen usw., z. B. Kellerräume und Abstellräume (ohne direkten Zugang zur Wohnung), nicht ausgebaute Dachgeschosse sowie Garagen oder Treppenhäuser	Verringertes Anforderungsniveau für Sanierung und Instandsetzung; geringere Dringlichkeit der Sanierung
IV	Deutlich reduzierte Anforderungen bis hin zu keinen Maßnahmen hinter der Abschottung	Luftdicht abgeschottete Bauteile und Hohlräume in Bauteilen oder Räumen, die nach Anforderung der DIN 4108-7 mit geeigneten Stoffen gegenüber Innenräumen abgeschottet sind	Bestimmungsgemäß trockene Bauteile hinter der Abschottung müssen trocken bzw. dürfen nicht dauerhaft feucht sein

Umweltbundesamt – Schimmelleitfaden 2017

- Gesundheitliche Relevanz

Stärke der Zusammenhänge zwischen einem Feuchte/Schimmelbefall in Innenräumen und gesundheitlichen Beschwerden, die in epidemiologischen Studien beobachtet wurden

Stärke des Zusammenhangs	Symptome
ausreichende Hinweise für einen ursächlichen (kausalen) Zusammenhang	<ul style="list-style-type: none"> • Verschlimmerung und Verstärkung der Symptome einer bestehenden Asthmaerkrankung bei Kindern
ausreichende Hinweise für einen Zusammenhang <i>(Daten lassen Zusammenhang als wahrscheinlich erscheinen)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Verschlimmerung und Verstärkung der Symptome einer bestehenden Asthmaerkrankung • Symptome der oberen Atemwege • Husten • Keuchende Atemgeräusche • Entwicklung einer Asthmaerkrankung • Atemnot • Aktuell bestehendes Asthma • Atemwegsinfektionen
begrenzte Hinweise für einen Zusammenhang <i>(Daten lassen Zusammenhang als möglich, aber nicht gesichert erscheinen)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Vorkommen von Bronchitis • Vorliegen von Symptomen des allergischem Schnupfens (Heuschnupfens)
unzureichende Hinweise für einen Zusammenhang <i>(Daten wurden geprüft, sind aber nicht ausreichend, um einen Zusammenhang zu belegen)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • veränderte Lungenfunktion • Auftreten einer Allergie oder Atopie • Auftreten von Asthma jemals im gesamten Leben (muss nicht aktuell vorliegen und Symptome verursachen)

Quelle: nach WHO-Guidelines for Indoor Air Quality: Dampness and Mould, 2009, ergänzt durch Kanchnongkittiphon et al., 2015: Indoor Environmental Exposures and Exacerbation of Asthma: An Update to the 2000 Review by the Institute of Medicine, Env. Health Perspectives 123: 6–20.

Bewertung bei sichtbarem Schimmel

- Auszüge aus dem Schimmel-Leitfaden 2017 (Umweltbundesamt):
- „In der Regel sind Schimmelpilzbelastungen der Raumluft auf befallene oder kontaminierte Materialien zurückzuführen.
- Die Bewertung, ob ein Schimmelbefall in Innenräumen als gering und damit hinnehmbar oder als eine erhebliche und damit nicht mehr hinnehmbare negative Beeinträchtigung eingestuft wird, erfolgt über den **Schadensumfang und die Nutzungsklasse**.
- Es wird davon ausgegangen, dass ein kleinerer Befall weniger biogene Schadstoffe produziert als ein in der Fläche und Tiefe größerer Befall.“

Umweltbundesamt – Schimmelleitfaden 2017

- 3 Kategorien zur Einstufung einer Belastung von Materialien mit Schimmelpilzen aufgeführt.

Auszug aus Schimmelpilz-Leitfaden 2017, Umweltbundesamt:

Bewertung von Materialien mit an Oberflächen feststellbarem, meist sichtbarem Schimmelbefall. Die Flächenangaben sollen nicht als Absolutwerte herangezogen werden, sondern dienen der Orientierung. Bei einer Beurteilung sind immer der Einzelfall sowie die ggf. besonderen Umstände zu prüfen.

Schadensausmaß	Kategorie 1 Normalzustand bzw. geringfügiger Schimmelbefall	Kategorie 2 Geringer bis mittlerer Schimmelbefall	Kategorie 3 Großer Schimmelbefall
Ausdehnung in der Fläche und in der Tiefe	geringe Oberflächenschäden <20 cm ²	oberflächliche Ausdehnung <0,5 m ² tiefere Schichten sind nur lokal begrenzt betroffen	Große flächige Ausdehnung >0,5m ² Auch tiefere Schichten können betroffen sein
Daraus resultierende mikrobielle Biomasse	Keine bzw. sehr geringe mikrobielle Biomasse	Mittlere mikrobielle Biomasse	Große mikrobielle Biomasse

Tab. 4: Bewertung von Materialien mit Schimmelpilzbefall in 3 Kategorien

- **Kategorie 1: Normalzustand bzw. geringfügiger Schimmelbefall**
- „Sofortmaßnahmen sind in der Regel nicht erforderlich. Die Ursache sollte erkannt und Abhilfemaßnahmen eingeleitet werden. Typische Beispiele für geringfügigen Schimmelbefall sind mit Schimmel bewachsene Dichtungen in Bädern und an Fensterfugen oder Schimmelwachstum auf Blumenerde.“
- **Kategorie 2: Geringer bis mittlerer Schimmelbefall**
- „Die Freisetzung von Schimmelbestandteilen sollte zeitnah unterbunden werden, die
- Ursache des Befalls sollte mittelfristig ermittelt und abgestellt sowie der Schimmelbefall beseitigt werden.“
- **Kategorie 3: Großer Schimmelbefall**
- „Die Freisetzung von Schimmelbestandteilen sollte unmittelbar unterbunden und die Ursache des Befalls kurzfristig ermittelt und beseitigt werden. Die Betroffenen sind auf geeignete Art und Weise über den Sachstand zu informieren.
- Die Sanierung soll durch eine Fachfirma erfolgen.“
- Freimessung nach der Sanierung, Überprüfung des Sanierungserfolgs

Umweltbundesamt – Schimmelleitfaden 2017

- Bewertungshilfen von Luftproben

Bewertungshilfe von Luftproben – Gesamtsporensammlung (Sporen oder Myzelstücke/m³)

Sporentyp	Hintergrundbelastung Innenraumquelle unwahrscheinlich	Innenraumquelle möglich	Innenraumquelle wahrscheinlich
Sporentypen, die in der Außenluft erhöhte Konzentrationen erreichen z. B. Typ Ascosporen Typ <i>Alternaria/Ulocladium</i> , Typ Basidiosporen Typ <i>Cladosporium</i>	Die Zählung von Basidio- und Ascosporen typischer Außenluftarten ist für das Aufdecken von Schimmelquellen nicht relevant. Allerdings kann man i.d.R. anhand der Konzentration dieser Sporen den Außenlufteinfluss erkennen und dadurch eine Plausibilitätsprüfung der angegebenen Probenherkunft (Außenluft, Innenraum, Lager, Keller) durchführen. Für die Beurteilung von Sporen der Gattungen <i>Cladosporium</i> und <i>Alternaria/Ulocladium</i> können wegen stark schwankenden Außenluftkonzentrationen, Depotwirkung von Staubbelägen sowie schlechter Sporenfreisetzung bei Innenraumschäden keine allgemeinen Aussagen zu Konzentrationen, die auf einen Schimmelbefall hindeuten, gemacht werden. Bei Verdacht auf Schimmelbefall mit Cladosporien sollte insbesondere geprüft werden, ob außen und innen die gleichen Cladosporientypen vorkommen.		
Typ <i>Penicillium/Aspergillus</i>	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumluft und Außenluft nicht über 300 Sporen/m ³ liegt $I_{SpAA} \leq A_{SpAA} + 300$	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumluft und Außenluft über 300 Sporen/m ³ und bis zu 800 Sporen/m ³ liegt $A_{SpAA} + 300 < I_{SpAA} \leq A_{SpAA} + 800$	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumluft und Außenluft über 800 Sporen/m ³ liegt $I_{SpAA} > A_{SpAA} + 800$
Andere typische Sporen aus Feuchteschäden Typ <i>Scopulariopsis</i> Typ <i>Acremonium murorum</i> Typ <i>Paecilomyces</i> Typ <i>Microascus</i> Typ <i>Ascotricha</i> (Typ <i>Alternaria</i> , Typ <i>Ulocladium</i>)	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumluft und Außenluft nicht über 100 Sporen/m ³ liegt $I_{SpAF} \leq A_{SpAF} + 100$	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumluft und Außenluft über 100 Sporen/m ³ und bis zu 300 Sporen/m ³ liegt $A_{SpAF} + 100 < I_{SpAF} \leq A_{SpAF} + 300$	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumluft und Außenluft über 300 Sporen/m ³ liegt $I_{SpAF} > A_{SpAF} + 300$

Umweltbundesamt – Schimmelleitfaden 2017

- Bewertungshilfen von Luftproben

Bewertungshilfe von Luftproben – Gesamtsporensammlung (Sporen oder Myzelstücke/m³)

Sporentyp	Hintergrundbelastung Innenraumquelle unwahrscheinlich	Innenraumquelle möglich	Innenraumquelle wahrscheinlich
Typische Sporen aus Feuchteschäden mit schlechter luftgetragener Verbreitung Typ <i>Chaetomium</i> Typ <i>Stachybotrys</i> Typ <i>Chromelosporium</i> Typ <i>Pyronema</i>	Wenn in der Innenraumluft nicht mehr Sporen als in der Außenluft vorliegen $I_{typs} \leq A_{typs}$	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumluft und Außenluft bis zu 20 Sporen/m ³ liegt* $A_{typs} < I_{typs} \leq A_{typs} + 20$	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumluft und Außenluft über 20 Sporen/m ³ liegt* $I_{typs} > A_{typs} + 20$
Myzelstücke	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumluft und Außenluft nicht über 150 Myzelstücken/m ³ liegt $I_{Myzel} \leq A_{Myzel} + 150$	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumluft und Außenluft über 150 Myzelstücken/m ³ und bis zu 300 Myzelstücken/m ³ liegt $A_{Myzel} + 150 < I_{Myzel} \leq A_{Myzel} + 300$	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumluft und Außenluft über 300 Myzelstücken/m ³ liegt $I_{Myzel} > A_{Myzel} + 300$

Die fünf Zeilen der Tabelle sind nicht als eigenständige Kriterien gedacht, sondern sind in einer umfassenden Auswertung gemeinsam zu betrachten.

Die Angaben beziehen sich auf Luftproben, die unter Nutzung oder nutzungähnlichen Umständen in normalen Wohnräumen ohne Staubaufwirbelung entsprechend DIN ISO 16000-20 genommen wurden (siehe auch Anlage 8).

* Konzentrationen von unter 10 Sporen/m³ bzw. unter 5 Sporen/m³ lassen sich bei einem Probenvolumen von 100 l bzw. 200 l auch bei Auswertung der Gesamtspur nicht mit einer ausreichenden statistischen Genauigkeit nachweisen, da erst ab einer Anzahl von 10 Sporen pro Objektträger quantitative ausgewertet werden kann. Trotzdem kann der Nachweis einzelner Sporen dieser Schimmelpilze ein erster Hinweis auf eine mögliche Innenraumquelle sein.

A Konzentration in der Außenluft in Anzahl Sporen/m³,

I Konzentration in der Innenraumluft in Anzahl Sporen/m³

EP+A Summe der Sporen vom Typ *Penicillium* und *Aspergillus*

ItypF = Summe der anderen typischen Sporen aus Feuchteschäden

Umweltbundesamt – Schimmelleitfaden 2017

Bewertungshilfen von Luftproben

Übliche Sporenanzahlen Innenraumlufte Außenraumlufte im Winter und Sommer

Orientierungskonzentrationen für die Gesamtsporenzahl [Sporen/Myzel/m³] in der Innenraumlufte und Außenluft im Sommer und im Winter in Deutschland

(aus Abschlussbericht UFOPLAN 20161218/07 (2004) Erhebung von Hintergrundkonzentrationen für die Bewertung von Schimmelpilzen im Innenraum)

Orientierungskonzentrationen für ausgewählte Sporentypen in der Innenraumlufte und Außenluft im Winter und im Sommer

	Median				95. Perzentil			
	IL-W	AL-W	IL-S	AL-S	IL-W	AL-W	IL-S	AL-S
Basidiosporen	889	711	3822	8732	3017	11354	17384	26168
Ascosporen	0	11	178	289	85	151	586	2333
Cladosporium	65	22	2000	3311	195	160	5560	11590
Typ <i>Alternaria/Ulocladium</i>	0	0	5	5	5	5	39	69
Typ <i>Aspergillus/Penicillium</i> , rau	22	0	42	44	139	64	224	255
Typ <i>Aspergillus/Penicillium</i> , glatt	67	22	111	44	560	157	422	322
Typ <i>Aspergillus restrictus</i> Gruppe	0	0	0	0	67	42	67	42
Summe Typ <i>Aspergillus/Penicillium</i>	111	22	178	111	743	235	589	658
sonstige Sporen	22	0	44	44	178	67	244	276
Hyphenstücke	0	0	67	89	67	42	451	539
<i>Stachybotrys chartarum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetomium</i>	0	0	0	0	1	0	5	5
Typ <i>Helminthosporium</i>	0	0	10	24	5	0	87	136
Epicoccum	0	0	5	5	0	0	45	58
Torula	0	0	0	0	0	0	5	10

IL = Innenraumlufte, AL = Außenluft, W = Winter, S = Sommer

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

Grundlagen und Vorgaben

Schimmelpilz-Leitfaden 2017

<https://www.umweltbundesamt.de/www.umweltbundesamt.de/schimmelleitfaden>

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>

<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

Chemische Belastungen in Innenräumen

Quellen und Emittenten: Beispiele für typische geruchsaktive Substanzen



Teppich: 4-Phenylcyclohexen, trimeres Isobuten, Alkohole, Glykole, ...



Klebstoffe: Ethylhexanol, Phenole, Glykole, ...



Teerhaltige Klebemittel: Phenole, PAK ,...



Anstriche (Wandfarben, usw): Gykole, Glykolether, Weichmacher, früher: PCB, Blei,...

Quellen und Emittenten: Beispiele für typische geruchsaktive Substanzen



Möbel: Ester, Aldehyde und Ketone, Alkohole, BTEX (aromatische Kohlenwasserstoffe Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol), Terpene (Alpha-Pinen, Limonen, Delta3Caren), ...



Kunststoff-Bodenbeläge: Weichmacher, Styrol, Benzylalkohol, ...



Kosmetika - Parfum: „Duftstoffe“, Alkohole, Terpene, Phenole, ...



Schimmelgeruch: „MVOC“, Stoffwechselprodukte des Pilzes, z.B. Geosmin, 3-Methylfuran, 1-Octen-3-ol, 2-Pentylfuran, usw.

- Raumluft: Baubiologische Messtechnik und Laboranalytik
- Qualitätssicherheit durch Freimessungen
- Probennahmen auf verschiedenen Medien
- Tenax Röhrchen (DIN ISO 16000-6)
- DNPH-Kartusche (EN ISO 16000-3)
- Aktivkohle (VDI 2100 Bl. 2)



Luftprobensammler BiVOC2V2 (Holbach Messtechnik) mit Medien. Links: Tenax-Röhrchen, rechts: DNPH-Kartusche

Beurteilung der Innenraumluftqualität mittels TVOC-Wert (Umweltbundesamt)

(Summe verschiedener flüchtigen organischen Verbindungen)

<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/pdfs/TVOC.pdf>

Empfehlungen und Richtwerte für TVOC Summenwerte:

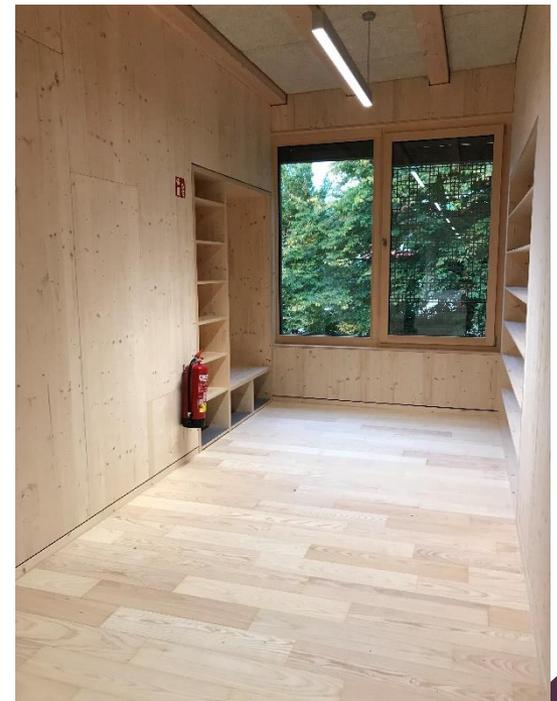
→ Statistisch abgeleitete Werte, keine toxikologische Betrachtung

- **Umweltbundesamt: 200- 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**
- AGÖF P50: 380 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- AGÖF Zielwert: 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Seifert BGA Zielwert: 200-300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Molhave: 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- **Baubiologie SBM 2015: ideal <100, tolerabel bis 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**
- Häufig sehr hohe TVOC-Werte bei Neubauten und saniertem Bestand

Dilemma

Bewertung / Vergleich mit AGÖF Orientierungswerten

- Statistisch erhobene Orientierungswerte
- Berücksichtigt wurden vor allem Massivhäuser
- Aber kaum Holzhäuser mit z.B. hohen Terpen-Werten
- Mineralische Baustoffe wären hiernach vorteilhaft.
- Holzbaustoffe wären kritisch.
- Nachbesserungsbedarf hinsichtlich natürliche Baustoffe



Beurteilung der Innenraumluftqualität mittels TVOC-Wert (Umweltbundesamt)

(Summe verschiedener flüchtigen organischen Verbindungen)

<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/pdfs/TVOC.pdf>

Bewertung für TVOC Summenwerte:

- Stufe 1: TVOC $<300 \mu\text{g}/\text{m}^3$: **hygienisch unbedenklich**,
Zielwert $<200 - 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Langzeitmittelwert
- Stufe 2: TVOC-Wert $>300 - 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$: **hygienisch noch unbedenklich**, sofern keine Richtwertüberschreitungen für Einzelstoffe bzw. Stoffgruppen vorliegen, erhöhter Lüftungsbedarf
- Stufe 3: TVOC-Wert $>1000 - 3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$: **hygienisch auffällig**, befristet (<12 Monate) ,
Obergrenze für Räume, die für einen längerfristigen Aufenthalt bestimmt sind.
- Stufe 4: TVOC-Wert $>3000 - 10.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$: **hygienisch bedenklich**, Raum befristet
(maximal 1 Monat) und bei verstärkter Lüftung nutzbar.
- Stufe 5: TVOC-Wert $>10.000-25.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$: **hygienisch inakzeptabel**. Die Raumnutzung ist allenfalls vorübergehend täglich (stundenweise) und bei Durchführung verstärkter regelmäßiger Lüftungsmaßnahmen zumutbar.

Richtwerte RW I und RW II, Umweltbundesamt

Zitate Umweltbundesamt: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/kommissionen-arbeitsgruppen/ausschuss-fuer-innenraumrichtwerte-vormals-ad-hoc#textpart-3>

- Es gibt zwei Richtwert-Kategorien:
- **Richtwert II (RW II)** ist ein wirkungsbezogener Wert, der sich auf die gegenwärtigen **toxikologischen und epidemiologischen** Kenntnisse zur **Wirkungsschwelle eines Stoffes** unter Einführung von Unsicherheitsfaktoren stützt.
- Er stellt die Konzentration eines Stoffes dar, bei deren **Erreichen** beziehungsweise **Überschreiten unverzüglich zu handeln** ist.
- Diese höhere Konzentration kann, besonders für empfindliche Personen bei Daueraufenthalt in den Räumen, eine gesundheitliche Gefährdung sein.
- Je nach Wirkungsweise des Stoffes kann der Richtwert II als Kurzzeitwert (RW II K) oder Langzeitwert (RW II L) definiert sein.

Richtwerte RW I und RW II, Umweltbundesamt

Zitate Umweltbundesamt: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/kommissionen-arbeitsgruppen/ausschuss-fuer-innenraumrichtwerte-vormals-ad-hoc#textpart-3>

- **Richtwert I (RW I - Vorsorgerichtwert)** beschreibt die Konzentration eines Stoffes in der Innenraumluft, bei der bei einer **Einzelstoffbetrachtung** nach gegenwärtigem Erkenntnisstand auch dann **keine gesundheitliche Beeinträchtigung zu erwarten** ist, wenn ein Mensch diesem Stoff lebenslang ausgesetzt ist.
- Eine **Überschreitung** ist allerdings mit einer über das übliche Maß hinausgehenden, **unerwünschten Belastung** verbunden.
- Aus **Gründen der Vorsorge sollte auch im Konzentrationsbereich zwischen Richtwert I und II gehandelt werden**, sei es durch technische und bauliche Maßnahmen am Gebäude (handeln muss in diesem Fall der Gebäudebetreiber) oder durch verändertes Nutzerverhalten.
- RW I kann als **Zielwert bei der Sanierung** dienen.

Richtwerte RW I und RW II, Umweltbundesamt

Für wenige Substanzen liegen bisher
Richtwerte vor.

Liste einsehbar beim Umweltbundesamt

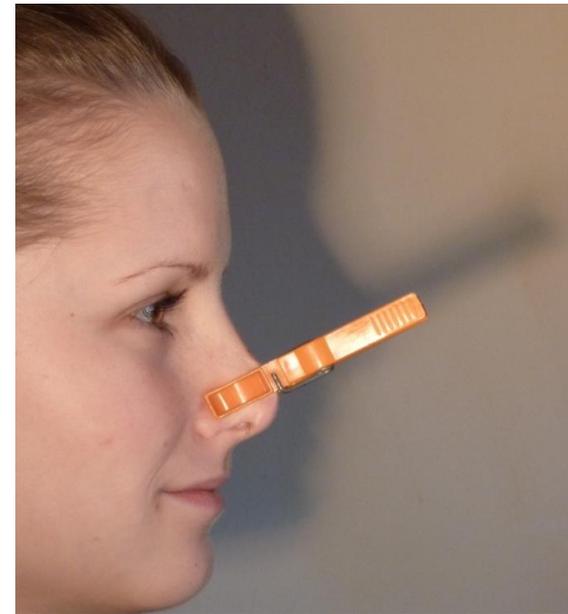
Verbindung	Richtwert II ¹⁾ (mg/m ³)	Richtwert I ¹⁾ (mg/m ³)	Jahr der Festlegung
Stickstoffdioxid (NO ₂ , CAS-Nr. 10102-44-0)	0,25 (60 Min-Wert)	0,08 (60 Min-Wert)	2018
2-Phenoxyethanol (CAS-Nr. 122-99-6)	0,1	0,03	2018
Tetrachlorethen (CAS-Nr. 127-18-4)	1	0,1	2017
Propan-1,2-diol (CAS-Nr. 57-55-6)	0,6	0,06	2017
C ₇ -C ₉ -Alkylbenzolen (Summenrichtwert Toluol, Xylole und Ethylbenzol)	Siehe Erläuterungen im Text		2016
Toluol (CAS-Nr. 108-88-3) ²⁾	3	0,3	2016
Formaldehyd (CAS-Nr. 50-00-0)	nicht abgeleitet	0,1	2016
Xylole Summe (CAS-Nr. 95-47-6; 108-38-3; 106-42-3; 1330-20-7) ²⁾	0,8	0,1	2015
Butanonoxim (CAS-Nr. 96-29-7)	0,06	0,02	2015
2-Chlorpropan (CAS-Nr. 75-29-6)	8	0,8	2015
Ethylacetat (CAS-Nr. 141-78-6)	6	0,6	2014
1-Methyl-2-pyrrolidon (CAS-Nr. 872-50-4)	1	0,1	2014
1-Butanol (CAS-Nr. 71-36-3)	2	0,7	2014
2-Ethylhexanol (CAS-Nr. 104-76-7)	1 (v)	0,1 (v)	2013
Ethylenglykolmonomethylether (EGME, CAS-Nr. 109-86-4)	0,2 [= 0,05 ppm]	0,02	2013
Diethylenglykolmethylether (DEGME, CAS-Nr. 111-77-3)	6 (v) [= 1 ppm]	2 (v)	2013
Diethylenglykoldimethylether (DEGDME, CAS-Nr. 111-96-6)	0,3 [= 0,06 ppm]	0,03	2013
Ethylenglykolmonoethylether (EGEE, CAS-Nr. 110-80-5)	1 [= 0,4 ppm]	0,1	2013
Ethylenglykolmonoethylether-acetat (EGEEA, CAS-Nr. 111-15-9)	2 (v) [= 0,4 ppm]	0,2 (v)	2013
Diethylenglykolmonoethylether (DEGEE, CAS-Nr. 111-90-0)	2 (v) [= 0,4 ppm]	0,7 (v)	2013
Ethylenglykolbutylether (EGBE, CAS-Nr. 111-76-2)	1 [= 0,3 ppm]	0,1	2013
Ethylenglykolbutyletheracetat (EGBEA, CAS-Nr. 112-07-2)	2 (v) [= 0,3 ppm]	0,2 (v)	2013

Quelle Umweltbundesamt:

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheits/kommissionen-arbeitsgruppen/ausschuss-fuer-innenraumrichtwerte-vormals-ad-hoc#textpart-3>

Gerüche in Innenräumen und Geruchswahrnehmung

- Geruchssinn ist sehr empfindlich und individuell sehr unterschiedlich.
- Manche Substanzen werden geruchlich wahrgenommen, obwohl Konzentrationen unter den Bestimmungsgrenzen der chemischen Laboranalysen liegen können.
- „Objektivität“ nur schwer erzielbar
- Mögliche Effekte, z.B.
- Placebo, Nocebo
- Sensibilisierungen
- Riechstörungen
- Quantitative Störungen:
verminderter oder gesteigerter Geruchssinn
- Qualitative Störungen:
falsche Wahrnehmung von Gerüchen



Geruchsstoffe – was ist ein Geruch?

- Mehrheit: Flüchtige **organische** Verbindungen
- Nur wenige **anorganische** Substanzen
- Regen die Rezeptoren in den Geruchszellen an
- Bewirken dadurch eine Geruchswahrnehmung
- Potentiell gesundheitsgefährlich oder lästig

Geruchserfahrungswerte

- Orientierende Herangehensweise um Gerüche quantitativ und qualitativ zu erfassen
- Labor: Einzelstoffe werden getestet
- Räume: Mischgerüche vorhanden

Begrifflichkeiten und ggf. irritierende Interpretationen

- Geruchserfahrungswert (praktische Erfahrungen)
- Geruchsleitwert („Leitwert“ impliziert ggf. rechtliche Bedeutung, obwohl keine juristische Relevanz vorliegt)

Einstufungen der Geruchsintensität nach VDI 3883 Blatt 1

Stufe	Geruchsbeschreibung
0	Kein Geruch
1	Sehr schwacher Geruch
2	Schwacher Geruch
3	Deutlicher Geruch
4	Starker Geruch
5	Sehr starker Geruch
6	Extrem starker Geruch

Geruchsleitwert-Konzept (Umweltbundesamt)

- Gesundheitlich-hygienische Beurteilung von Geruchsstoffen in der Innenraumluft mithilfe von Geruchsleitwerten
- Pilotphase, **vorläufige** Geruchsleitwerte vGLW,
- 2014 veröffentlicht

Ziel

- Schutz der Bevölkerung vor **geruchlichen** Wirkungen von Verunreinigungen der Innenraumluft

Abgrenzung

- Geruchliche Lästigkeit (geringe geruchliche Belästigung)
- Unzumutbare erhebliche geruchliche Belästigung
- Toxikologische gesundheitsschädliche Gefährdungen sind davon jedoch nicht ableitbar

Baurecht

- Erhebliche geruchliche Belästigung gilt als eine regulatorisch relevante Eigenschaft. Aber Geruchsleitwerte können derzeit nicht baurechtlich zugeordnet werden (trotz Benennung als „Leitwert“).

Geruchsleitwert-Konzept (Umweltbundesamt)

Ziel

Schutz der Bevölkerung vor geruchlichen Wirkungen von Verunreinigungen der Innenraumluft

Dilemma

- Manche Substanzen weisen sehr niedrige Geruchswahrnehmungsschwellen auf. Sind ggf. auch in Konzentrationen, die den UBA-Richtwert I (Vorsorgewert) unterschreiten, noch geruchlich wahrnehmbar und können evtl. belästigend wirken.

Vergleich: **UBA Richtwerte für Innenraumluft**

- Ziel: Schutz der Bevölkerung vor gesundheitsschädlichen Wirkungen von Verunreinigungen der Innenraumluft
- Richtwerte I und II basieren auf epidemiologischen und toxikologischen Kenntnissen zur Wirkung der Substanz.
- Nur wenige Substanzen werden hier erfasst (derzeit ca. 40)
- Richtwert I: Vorsorgewert

Tab. 2 Geruchswahrnehmungsschwellen ODT₅₀ und vorläufige Geruchsleitwerte I und II

Geruchsstoff	CAS-Nr.	ODT ₅₀ (µg/m ³)	Zitat	vGLW I (mg/m ³)	vGLW II (mg/m ³)
Ethanal	75-07-0	2,8	15	0,02	0,1
Butanal	123-72-8	1,4	14	0,008	0,07
Pentanal	110-62-3	1,5	15	0,009	0,07
Hexanal	66-25-1	1,4	14	0,008	0,07
Heptanal	111-71-7	0,9	15	0,005	0,04
Octanal	127-13-0	0,9	14	0,005	0,04
Nonanal	124-19-6	3,2	14	0,02	0,15
Decanal	112-31-2	2,6	15	0,02	0,1
Pentandial	111-30-8	1	9	0,006	0,05
1-Butanol	71-36-3	16	12	0,1	0,8
1-Hexanol	111-27-3	29	12	0,2	1,4
1-Octanol	111-87-5	23	12	0,1	1
Ethylacetat	141-78-6	897	11	5	43
n-Butylacetat	123-86-4	10	11	0,06	0,5
Phenol	108-95-2	22	15	0,1	1
o-Kresol	95-48-7	1,3	15	0,008	0,06
m-Kresol	108-39-4	0,45	15	0,003	0,02
p-Kresol	106-44-5	0,24	15	0,001	0,01
TXIB	6846-50-0	14	8	0,08	0,7
Toluol	108-88-3	300	13	2	14
Ethylbenzol	100-41-4	27	13	0,2	1
1,4-Diethylbenzol	105-05-5	2	15	0,01	0,1
n-Butylbenzol	104-51-8	14	13	0,1	0,7
α-Pinen	80-56-8	100	15	0,6	5
β-Pinen	127-91-3	190	15	1	9
Limonen	138-86-3	90	10	0,5	4
Ethansäure	64-19-7	13	28	0,08	0,6
Propansäure	79-09-4	20	15	0,1	1
Butansäure	107-92-6	1	28	0,006	0,05
Hexansäure	142-61-1	5	28	0,03	0,2
Octansäure	124-07-2	5	28	0,03	0,2
Benzothiazol	95-16-9	0,7	29	0,004	0,03

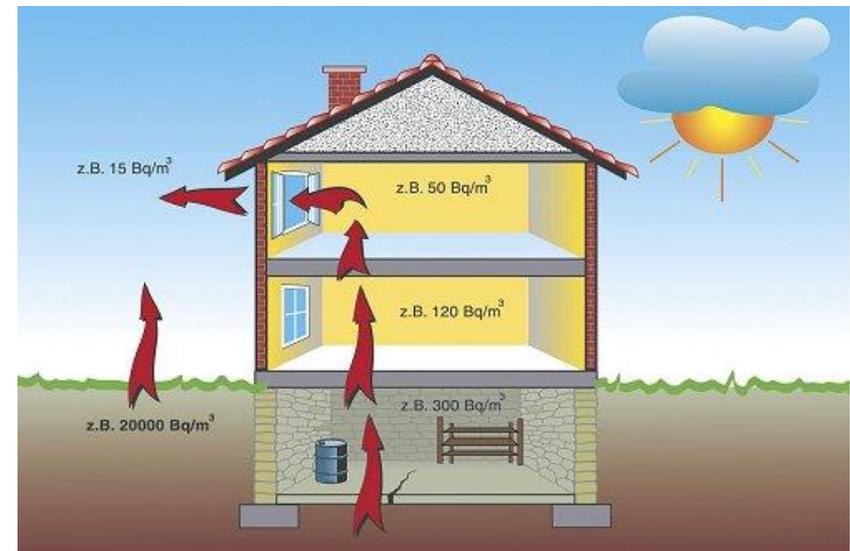
Derzeit 32 Substanzen

Quelle Umweltbundesamt

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/dokumente/geruchsleitwerte_2014.pdf

Radon – auf einen Blick:

- **Lungenkrebs:** Radon ist zweithäufigste Ursache
- Ca. 1.900 Todesfälle pro Jahr in Deutschland durch Radon
- Radon: radioaktives Edelgas, aus tiefen Gesteinsschichten
- Geruchlos, unsichtbar, für unsere Sinne nicht wahrnehmbar
- **Messtechnik erforderlich !**
- Radon kommt an die Oberfläche
- Kann sich in Gebäuden anreichern
- Komplexe Einflussfaktoren:
- Lage des Bauplatzes bzw. Gebäudes?
- Bausubstanz – Alter, Zustand, Fugen?
- Luftwechselrate - Frischluft?
- Raumnutzung?
- Nutzungsbedingungen?



- Messungen der Radon-Aktivitätskonzentration in der Bodenluft
- Radon-Werte können jahreszeitlich und örtlich stark schwanken
- Orientierende Kurzzeit-Messungen, schnelle Ergebnisse, vor Ort
- Vor dem Baubeginn, Entscheidungshilfe für vorsorgliche Maßnahmen
- Keine Relevanz vor Gericht, keine gesetzlichen Richtwerte



Messgerät RTM 1688-2 mit Bodenluftsonde und Wassereintrittsschutzflasche



Im speziellen Messkoffer, verbesserter Schutz für das hochwertige Messgerät

Radon-Detektor (Dosimeter, Exposimeter)

- Radon-Kernspurexposimeter, passive Methode
- Messdauer: 1 Jahr, jedoch mind. 3 Monate während der Heizperiode
- Auswertung im Labor
- Ergebnis: Mittelwert während der Messdauer



Radon-Detektor im Größenvergleich
(verschiedene Hersteller)

Elektronische Radon-Messgeräte

- Radonwerte im Zeitverlauf aufgezeichnet
- Minima, Maxima, Mittelwert
- Orientierende Messungen
- Kürzere Messdauer
- Direktablesung oder Auswertung über Software



Radon Scout
Home, optional
mit Luftdruck, -
CO₂-Messung

Bildquelle: Pamela Jentner



Radon Scout Plus



RTM 1688-2

Radon-Sniffing

- Suche nach Eintrittspfaden und Ausbreitungswegen
- Grundlage für wirksame, kostengünstige Sanierungen



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

**Dipl. Biol. Pamela Jentner
OrangePep GmbH&Co.KG
D-85354 Freising
www.orangepep.de**