

Innenraumklimatologie – der Umgang mit Schadstoffen, Lüftung & Co

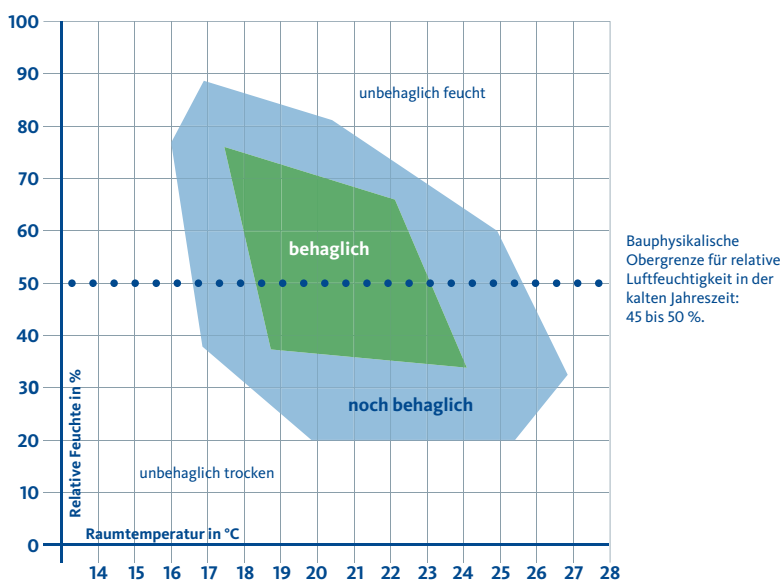
Die Chemie des Wohnens – Gesundheit, Wohlbefinden und die Vermeidung von Innenraumschadstoffen sind untrennbar miteinander verbunden. Einwandfreies Raumklima und gute Raumluft wirken sich immer positiv auf die menschliche Befindlichkeit und Gesundheit aus und steigern zudem die Leistungsfähigkeit. Die Vermeidung von Schadstoffen in Innenräumen kann maßgeblich selbst beeinflusst werden.

Text Peter Tappler

Innenraumklimatologie

Der Immissionsbelastung in Innenräumen wurde in der Vergangenheit in Österreich im Vergleich zu jener in der Außenluft erst relativ spät, und dann meist nur bei konkreten Anlassfällen (zum Beispiel verursacht durch passives Rauchen, Radon, Gasherde oder Klimaanlage) eine gewisse Beachtung geschenkt. Schon länger detailliert geregelt sind lediglich Arbeitsplätze, an denen gesundheitsschädliche Arbeitsstoffe verwendet werden. Erst in den letzten Jahren erlangte die Frage der Luftverunreinigung in Innenräumen vermehrte Aufmerksamkeit, nicht zuletzt deshalb, da sich in vergleichenden Studien gezeigt hatte, dass die Belastung durch Luftschadstoffe auch in nicht gewerblich genutzten Innenräumen relevant sein kann. Sind Schadstoffquellen in Innenräumen vorhanden, kann die Belastung jene in der Außenluft um ein Vielfaches überschreiten.

Grafik 1
Behaglichkeitsbereich nach Leusden und Freymark mit bauphysikalischer Obergrenze in der kalten Jahreszeit, © Wegweiser für eine gesunde Raumluft/BMK [2]



In unserem Kulturkreis halten sich Menschen zu einem hohen Anteil in Innenräumen auf. Insbesondere für Kleinkinder, Kranke und andere empfindlichere Personengruppen ist durch ihre vergleichsweise lange Aufenthaltsdauer die Qualität der Innenraumluft wesentlich. Sie hat über die unmittelbare toxikologische Bedeutung hinaus eine wichtige Funktion für die Wohn- und Lebensqualität, weshalb auch für das Wohlbefinden des Menschen beeinträchtigende und belastende Eigenschaften (zum Beispiel unangenehme Gerüche, das Raumklima) zu berücksichtigen sind. Darüber hinaus ist die Funktion der Wohnumwelt als Erholungsraum beispielsweise bei gegebenen Belastungen am Arbeitsplatz einzubeziehen.

Erkrankungen, Beeinträchtigungen und Symptome, die durch Innenraumschadstoffe hervorgerufen sein können, haben oft komplexe Ursachen und sind meistens nicht eindeutig einem bestimmten Faktor zuzuordnen. Daher ist das Vorliegen einer bestimmten Symptomatik bei den Bewohnern noch kein ausreichender Hinweis auf den Schadstoff, ja nicht einmal die Schadstoffgruppe. Viele Symptome sind auch in der Hinsicht „unspezifisch“, als sie nicht allein durch Innenraumbelastungen, sondern durch eine Vielzahl anderer Faktoren hervorgerufen werden können.

Temperatur und Luftfeuchtigkeit

Temperatur und Luftfeuchtigkeit als direkt vom Menschen wahrnehmbare Faktoren sind ein zentraler Bereich der Innenraumklimatologie. Für die Temperatur werden im Arbeitsrecht Grenzwerte definiert, andernfalls gibt es Empfehlungen, die den optimalen Bereich dieser Parameter in Hinblick auf Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit bestimmen. In einem Positionspapier

des BMK wurde die Situation in Hinblick auf die „Auswirkung energiesparender Maßnahmen auf die Innenraumluft“ beleuchtet [1]. Sehr hilfreich für den praktischen Gebrauch hat sich die Grafik von Leusden & Freymark erwiesen, → siehe Grafik 1.

Lüftung und Leistungsfähigkeit

Luftverunreinigungen beeinflussen auch die Leistungsfähigkeit. Gut abgesichert ist die Tatsache, dass bei besserer Lüftung von Büros sowie von Schul- und Unterrichtsräumen hohe Leistungsgewinne zu erwarten sind [3]. In dicht belegten Räumen ist generell eine mechanische Lüftungsunterstützung zusätzlich zur Fensterlüftung notwendig. Relativ neu ist der wissenschaftliche Nachweis von etwas, das aufmerksamen Schläfern schon lange bekannt ist: Bei guter Nachtlüftung fühlt man sich am nächsten Tag besser und erbringt im Schnitt signifikant mehr Leistung [4].

Als zentraler Indikator in Bezug auf die Lüftung hat sich seit Mitte des 19. Jahrhunderts Kohlenstoffdioxid (CO_2) durchgesetzt. Die sogenannte „Pettenkofer-Zahl“ [5] von 1.000 ppm oder 0,1 Vol% CO_2 sollte in Räumen, „in denen geistig gearbeitet wird und die zur Regeneration dienen“ laut Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft des BMK [6] im Mittel nicht überschritten werden, ansonsten sind 1.400 ppm die Grenze. Die Konzentration an CO_2 fungiert auch als Anzeiger für diverse weitere anthropogene (vom Menschen erzeugte) flüchtige Substanzen und Geruchsstoffe, die in ihrer Summe müde machen, die Leistung verringern und daher zu einer schlechten Innenraumluft beitragen.

Wegweisend in Bezug auf Lüftung war daher die jüngst erfolgte Publikation der ÖNORM H 6039 für Bildungseinrichtungen, in der die erforderlichen personenbezogenen Luftvolumenströme dargestellt werden [7]. Diese Vorgaben können ohne mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung nicht erfüllt werden, ohne massive Komfortverluste in den Klassenräumen in Kauf nehmen zu müssen. Abluftanlagen und reine Fensterlüftung haben sich dagegen als ungeeignet für Schulen erwiesen [8]. Zusammenfassend können wir uns Schulen ohne Lüftungsanlagen nicht leisten, da die Investitionen für gute Lüftung gegenüber den monetär bewerteten Leistungs- und Komfortgewinnen vernachlässigbar gering sind.

Quellen für Schadstoffe in Innenräumen

Wichtige Quellen für Schadstoffe in Innenräumen sind bestimmte menschliche Aktivitäten wie Zigarettenrauchen, Reinigungstätigkeiten, Verbrennungsvorgänge sowie auch bestimmte Baustoffe, Einrichtungsgegenstände oder Materialien der Innenausstattung.



1
Farben und Lacke als Quelle flüchtiger Stoffe, © Wegweiser für eine gesunde Raumluft/BMK [2]

Nach wie vor werden in der Innenraumluft in hohem Ausmaß flüchtige organische Substanzen (VOC) vor allem nach Baumaßnahmen festgestellt. Erhöhte VOC-Konzentrationen entstehen bei Beschichten oder Abdichten von Oberflächen, werden aus Holz und Holzwerkstoffen emittiert oder bilden sich im Material oder im Raum neu (bspw. Reaktionsprodukte wie Aldehyde). Um viele der meistens in den 1960er- und 1970er-Jahren eingebauten Problemstoffe wie Formaldehyd, Teerprodukte, PCP oder PCBs ist es dagegen aufgrund der laufenden Entfernung der eingebauten Emittenten ruhiger geworden. Ein Beispiel dafür ist auch der krebserzeugende Faserstoff Asbest, der sogar bis in die 1990er-Jahre auch in Spachtelmassen enthalten war. Wichtig ist dies vor allem für den Arbeitsschutz bei Abriss und Umbau von Gebäuden.

Stichwort krebserzeugend: Es ist wenig bekannt, dass sogenannte „Bio-Ethanolöfen“ große Mengen an Benzol und Formaldehyd sowie Feinstaub in die Luft freisetzen [9] – derartige Öfen ohne Abzug haben daher in Innenräumen ähnlich wie Tabakrauch nichts verloren. Zusammenfassend kann fast bei allen Noxen festgestellt werden, dass sich die Situation mittlerweile meist stark verbessert hat – eine Ausnahme ist der immer geringer werdende Luftwechsel in Neubauten.



2

Räucherstäbchen sind schlecht für das Innenraumklima,
© Gesunde Raumluf –
Ausgewählte Aspekte der
Wohnhygiene/Österr. Akademie der Wissenschaften

Sind natürliche Materialien gesund?

Bauen mit Naturstoffen entlastet massiv die Umwelt und ist bei einer ökologischen Betrachtung sehr empfehlenswert. Entgegen oft geäußerter Meinung gibt es aber keinen Grund anzunehmen, dass generell „biologische“ Baustoffe und Materialien besser für die Innenraumluft wären als „konventionelle“ Produkte. Dies gilt vor allem für den Gebrauch von Kiefernholz in Baukonstruktionen, das eine starke Quelle von Terpenen sein kann oder Zirbenholz, dessen angeblich positive Eigenschaften niemals wissenschaftlich belegt wurden.

Schlechte Nachricht auch für Esoteriker: Der exzessive Gebrauch von Räucherstäbchen, Duftlampen und Kerzen verunreinigt massiv die Innenraumluft. Die Konzentration an Feinstaub übersteigt dabei gesundheitlich basierte Richtwerte.

Gesetzliche Vorschriften, Normen und andere Regelwerke

Die OIB-Richtlinien als Basis der gesetzlichen bautechnischen Regelungen der Länder nehmen an mehreren Stellen Bezug auf das Innenraumklima. So schreibt die OIB-Richtlinie 3 [10] vor, dass Aufenthaltsräume so auszuführen sind, dass gefährliche Emissionen aus Baumaterialien und aus dem Untergrund (gemeint ist das radioaktive Edelgas Radon) nicht zu Konzentrationen führen dürfen, die die Gesundheit der Benutzer beeinträchtigen. Die OIB-Richtlinie 3 widmet sich auch dem Thema der Verhinderung des Eintritts von Rauchgasen in Innenräume und der Vermeidung von Wasserdampfkondensation in oder an Bauteilen (präzisiert in der OIB-Richtlinie 6 [11]) – dies beugt Schimmelbefall vor.

Zahlreiche ÖNORMEN, VDI-Richtlinien sowie vor allem die ISO-Reihe 16000 gehen weiter ins Detail. Von dem im Jahre 1999 im damaligen Umweltministerium (jetzt BMK) konstituierten Arbeitskreis „Innenraumluft“ wurden zahlreiche Positionspapiere zu aktuellen Themen (auch zum Umgang mit Corona) ausgearbeitet und Innenraumrichtwerte auf toxikologischer Basis für zahlreiche flüchtige Substanzen definiert [12]. Der 2019 gemeinsam mit dem deutschen Umweltbundesamt, der AUVA und dem Bundesverband für Schimmelsanierung herausgegebene österreichische Schimmelleitfaden [13] hat sich mittlerweile als Standardwerk für den Umgang mit Schimmelbefall und -sanierung etabliert.

3

Das Vermeiden von Wasserdampfkondensation in oder an Bauteilen beugt Schimmelbefall vor, © Tappler



Nicht zu vergessen sind die diversen Gebäudezertifizierungssysteme wie ÖGNB oder ÖGNI, deren Basis in Bezug auf Schadstoffe die vor kurzem fertiggestellte ISO-Richtlinie 16000-41 [14] darstellt. Insgesamt liegt – trotz einiger Lücken – mittlerweile eine gute Basis

zur Bewertung von Schadstoffen und anderen Faktoren vor, die auch für Planungsprozesse eingesetzt werden können (z.B. Lüftungskonzepte). Auf der Website <https://raumluft.org> findet man weitere Informationen zu Innenraum-Themen.

Zusammenstellung wichtiger Schadstoffe und weiterer Faktoren

Schadstoff/Noxe	Mögliche Wirkung auf den Menschen (dosisabhängig)	Häufige Quellen/Ursachen	Abhilfe
Allergene	Allergisches Asthma, Schleimhaut- und Bindehautentzündung, Schnupfen	Hausstaub, Haustiere, Pollen, Inhaltsstoffe der Nahrung, Pflanzen, Schimmelpilzsporen	Allergenkarenz, Haustiere vermeiden, Staubsauger mit HEPA-Filter oder Abluftanlagen, gute Lüftung, Luftreiniger
Asbest*	Krebserkrankungen der Atemwege, Rippen- und Bauchfellkrebs	Spritzasbest, Dichtungen, Fußbodenbeläge ("Cushion Vinyl"), Spachtelmassen, Nachtspeicheröfen	Asbest von Fachleuten entfernen lassen, beim Heimwerken mit Spachtelmassen Atemschutz verwenden (FFP2-Masken)
Biozide	Schädigung des Nervensystems, Kopfschmerzen, bei PCP auch Leberkrebs	Holzschutzmittel, Lacke, Teppiche, Schädlingsbekämpfung ("Gelsenstecker")	Quellen identifizieren, einhausen oder entfernen, Schädlinge alternativ bekämpfen, Fliegengitter verwenden
Kohlenstoffdioxid (CO ₂)	Indikator für vom Menschen belastete Raumluft, Leistungsverluste	Menschen, Haustiere, Verbrennungsprozesse wie Gasherd oder Ethanolöfen	Häufiger Lüften, Lüftungsanlagen, offene Flammen vermeiden
Feinstaub	Reizung und Irritation der Atemwege, Kopfschmerzen, Krebsverdacht	Verbrennungsprozesse wie Tabakrauch, E-Zigaretten, Ethanolöfen, Abrieb von Textilien	Häufiger Lüften, Lüftungsanlagen mit Feinstaubfilter, Quellen vermeiden, gute Zuluftfilter bei Lüftungsanlagen
Formaldehyd	Reizung der Augenbindehaut und der Atemwege, Kopfschmerzen, in hohen Konzentrationen Krebsverdacht	Tabakrauch, Spanplatten und Holzwerkstoffe, Lacke, offene Flammen (bspw. Ethanolöfen, Gasflammen), Desinfektionsmittel	Rauchen in Innenräumen vermeiden, formaldehydarme Leime bei Holzwerkstoffen, Schadstoffquelle entfernen
Geruchsstoffe	Belästigung, Befindlichkeitsstörungen möglich, Stressfaktor	Lacke, Naturstoffe, Abflussrohre, undichte Gebäude, Duftöle, Mensch	Ursache der Gerüche herausfinden und sanieren, regelmäßige Lüftung, Lüftungsanlagen
Kohlenstoffmonoxyd (CO), Stickoxide (NO, NO _x)	Herz- und Sehstörungen, Kopfschmerzen, Schwindel, zentralnervöse Funktionsstörungen, inneres Ersticken	Undichte Öfen und Kamine, Durchlauferhitzer ohne Abzug, Gasherde, Garagen	Geräte regelmäßig überprüfen lassen, alte Geräte erneuern, aktive Entlüftung ins Freie
PAK* (Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe)	Krebs, Geruchsbelästigung	Teerhaltige Parkettkleber und Feuchteabdichtungen, Karbolium	Abdichten oder entfernen
PCB* (Polychlorierte Biphenyle)	Schädigung der Leibesfrucht, Beeinträchtigung des Immunsystems, Krebsverdacht	Fugen- und Dichtungsmassen, Kleinkondensatoren in Leuchtstofflampen, alte Wandfarben	Quellen identifizieren, entfernen
Radon	Lungenkrebs	Erdschicht, Baustoffe	Radonmessung durchführen, radondicht bauen, Abdichten, belüften
Biogene Verunreinigungen (Schimmelpilze und Bakterien, Viren)	Allergien, Reizungen, Geruchsbelästigung, Infektionen	Feuchte Bauteile und Materialien, Keimbildung in Luftbefeuchtern, Menschen	Ursache bekämpfen: Sanierung von Bauschäden, Luftfeuchte reduzieren, für gute Lüftung sorgen
Tabakrauch und E-Zigaretten	Herz- Kreislauf- und Atemwegserkrankungen, Lungenkrebs, Asthma	Zigaretten, Zigarren, Pfeifen, E-Zigaretten	Rauchen in Innenräumen und im Auto einstellen
VOC (Flüchtige organische Verbindungen)	Geruchsbelästigung, Reizung des Atmungsstraktes, Beeinträchtigung des Nervensystems, Befindlichkeitsstörungen, zum Teil krebserregend	Lösungsmittel, Farben, Lacke, Kleber, Ausgleichsmassen, Kiefernholz, Gewerbebetriebe, Ethanolöfen (Benzol)	Lüften, lösungsmittelfreie Produkte verwenden, Quelle entfernen oder abdichten, statt Kiefer Fichtenholz einsetzen, Gewerbebetrieb sanieren

*Anwendung in der EU bis auf wenige Ausnahmen verboten

Literatur und Regelwerke

- [1] BMK: Positionspapier zu Auswirkungen energie-sparender Maßnahmen auf die Innenraumluft. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), 2023.
- [2] Leusden, P.; Freymark, F.: Darstellung der Raumbe-haglichkeit für den einfachen praktischen Gebrauch. In: Gesundheitsingenieur 72, Nr. 16, 271 – 273, 1951.
- [3] Allen, J.; MacNaughton, P.; Satish, U.; et al.: Associations of cognitive function scores with carbon dioxide, ventilation, and Volatile Organic Compound Exposures in office workers: a controlled exposure study of green and conventional office environments. *Environ Health Perspect* 124: 805 – 812, 2016.
- [4] Strøm-Tejsen, P.; Zukowska, D.; Wargocki, P.; Wyon, D-P.: The effects of bedroom air quality on sleep and next day performance. *Indoor Air* Vol 26, Issue 5. 679 – 686, 2016.
- [5] Pettenkofer, M. von: Über den Luftwechsel in Wohn-gebäuden. Cotta, München 1858.
- [6] BMK: Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft. Erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft im öster-reichischen Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Techno-logie (BMK), Loseblatt-Sammlung, ab 2003.
- [7] ÖNORM H 6039: Lüftungstechnische Anlagen – Kontrollierte mechanische Be- und Entlüftung von Schul-, Unterrichts- oder Gruppenräumen sowie Räumen mit ähnlicher Zweckbestimmung – Anfor-derungen, Dimensionierung, Ausführung, Betrieb und Wartung, 1. Februar 2023.
- [8] BMK: Positionspapier zu Lüftungserfordernissen in Bildungseinrichtungen. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), 2023.
- [9] Tappler, P.; Muñoz-Czerny, U.; Hutter, H-P.; et al.: Innenraumschadstoffe durch Verbrennungsprozesse – Ethanol- und Speicheröfen. Beauftragt durch das BMLFUW, Eigenverlag, 2015.
- [10] OIB-Richtlinie 3: Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz, OIB-330.3-011/23 bzw. Erläuternde Bemerkungen dazu OIB-330.3-012/23, 2023.
- [11] OIB-Richtlinie 6: Energieeinsparung und Wärme-schutz. OIB-330.6-026/23, 2023.
- [12] Innenraum-Website des Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), verfügbar unter https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/luft/innen-raum.html, geprüft am 12. Februar 2024.
- [13] BMNT: Leitfaden zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelbefall in Gebäuden („Schimmelleitfaden“), erstellt durch den Arbeits-kreis Innenraumluft (derzeit BMK), Wien, 2019, verfügbar unter <http://www.innenraumanalytik.at/schimmelleitfaden.pdf>, geprüft am 12. Februar 2024.
- [14] ISO 16000-41: Indoor air. Part 41: Assessment and classification. 4. August 2023.



Univ.-Lektor Dipl.-Ing. Peter Tappler, Geschäftsführer der IBO Innen-raumanalytik OG, Mitglied des Arbeitskreises Innenraum-luft am BMK. p.tappler@innenraumanalytik.at