

Luftqualität

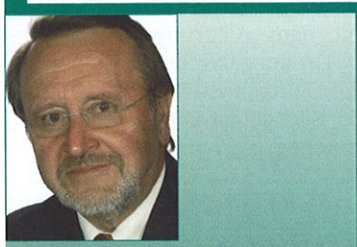
Luft als Lebensmittel akzeptieren und respektieren!

Achim Keune, Bargteheide

Den gewählten Titel auszusprechen hätte vor 20 bis 30 Jahren in Deutschland einen fragenden, ungläubigen bis verneinenden Blick zur Folge gehabt. Denken wir deshalb rund 150 Jahre zurück und erinnern uns vielen Meinungsäußerungen des Vaters der Hygiene in Deutschland, Max Josef von Pettenkofer. Er war damals der Formulierung „Luft ist ein Lebensmittel“ viel näher als bis heute leider immer noch einige unserer „Zeitkollegen“.

Bekannt sind eine Reihe von Verordnungen und Gesetze (z.B. [1], [2] und [3]) welche die Qualität und den Umgang mit Lebensmitteln regeln. Darin findet man u. a. auch die Definition: Lebensmittel sind Stoffe und Produkte, die vom Menschen zum Zwecke der Ernährung oder des Genusses durch den Mund aufgenommen werden,

Autor



Dr.-Ing. Achim Keune VDI ist seit 40 Jahren in der Gebäudetechnik als Dozent bzw. in leitende Positionen tätig. Obmann mehrerer VDI-Richtlinien wie der VDI 6022. TBB Dr. Keune, Bargteheide E-Mail: keune.achim@vdi.de

Aufenthaltsort	Aufenthaltsdauer je Tag ¹	eingeatmete Luftmenge je Tag ²
Außenraum	4 Stunden	~ 2,5 bis 3,5 kg
Innenraum	20 Stunden	~ 12,5 bis 18 kg
• davon in Wohnungen	14 Stunden	~ 9 bis 12 kg
Gesamt:	24 Stunden	~ 15 bis 21,5 kg
tägliche Aufnahme		
Flüssige Lebensmittel	~ 1,5 bis 2 kg	
Feste Lebensmittel	~ 0,5 kg	

¹ gilt nach dem Umweltbundesamt für Erwachsene zwischen 25 und 69 Jahre
² bei sitzender leichter Tätigkeit

ggf. nach vorheriger Zubereitung. Dazu gehören Nahrungsmittel, Genussmittel, Lebensmittelzusatzstoffe und Nahrungsergänzungsmittel.

Lebensmittel Luft

Zu den Nahrungsmitteln werden all die Lebensmittel gezählt, die wir täglich aufnehmen und vorwiegend wegen ihrer Nährstoffe verzehren. Diese sollen uns die Energie spenden, die wir benötigen, um alle Körperfunktionen aufrecht zu halten, um uns bewegen und auch um geistig tätig sein zu können. Genussmittel – wie z.B. Kaffee, Bier, Wein – sind dagegen Lebensmittel, auf die wir nicht angewiesen sind. Trotzdem sind sie sehr beliebt, da sie oft neben dem Genuss auch eine anregende Wirkung erzielen.

Obwohl sogar Genussmittel wie Bier und Wein dem Lebensmittelrecht unterworfen sind, findet man in keiner der Lebensmittellisten die für die Gesunderhaltung des Menschen so wichtige Atemluft. Dabei können wir ohne ausreichend sauerstoffreiche Atemluft innerhalb kürzester Zeit lebensnotwendige Funktionen des menschlichen Körpers nicht aufrecht halten. Vereinfacht kann man feststellen:

Der Mensch kann durchschnittlich zwar ca. 30 Tage ohne Aufnahme fester Nahrung, ungefähr 3 Tage ohne Flüssigkeitsaufnahme, jedoch nur rund 3 Minuten ohne Atemluft leben. Die täglich aufgenommenen Mengen betragen dabei durchschnittlich 0,5 kg feste Nah-

rung, 2 kg Flüssigkeit und bis zu 21,5 kg Luft.

Schon vor etwas über 200 Jahren hat der deutsche Mediziner Hufeland in seinem Buch „Die Kunst, das menschliche Leben zu verlängern“ verdorbene Luft als das „reinste und tödlichste Gift“ bezeichnet. Pettenkofer hat vor rund 150 Jahren formuliert: „Es ist merkwürdig, dass man im gewöhnlichen Leben so viel Gewicht legt auf das was man trinkt und ein viel geringeres auf das was man einatmet, während doch der Genuss an Wasser und Luft dem Volumen nach so verschieden ist, dass man gerade auf die Atmungsluft das größte Gewicht legen sollte.“

Im soeben beim Beuth-Verlag erschienenen Kommentar zur VDI 6022 [4] wird formuliert: „Es kann spekuliert werden, warum die Atemluft in der Gesetzgebung nicht zu den Lebensmitteln gezählt wird. Ein Grund mag sein, dass alle Lebewesen mehr oder weniger unbewusst Luft einatmen. Atmung funktioniert autoaktiv, d.h. es bedarf keiner Überlegung oder Absicht. Hinzu kommt, dass Atemluft – abgesehen von bestimmten Ausnahmen wie beim Tauchen im Wasser – immer „unsichtbar“ in der Umgebung vorhanden ist.“

Deshalb kann nicht oft genug angemerkt werden: Luft ist das wichtigste Lebensmittel für den Menschen überhaupt.

Was ist uns so wichtig bei Lebensmitteln allgemein? Sie müssen uns „Energie“ liefern und keinesfalls krank ma-

Bild 1

Aufenthaltsdauer von Menschen in Innenräumen und aufgenommene Mengen

Ampel-Signale durch „Marker“ nach VDI 6022

Beispiel 1: Dip-Slids als Ampel-Signal Gesamtkeimzahlbestimmung für Befeuchterwasser



bei > 1.000 KBE/ml

dann: Kulturtest durch Speziallabor z.B. nach Legionellen



Beispiel 2: Abklatschproben als Ampel-Signal



in Ordnung

grenzwertig; Ursache beseitigen, weiter beobachten

unzureichend; sofort Ursache beseitigen, bei Fortbestand Spezialisten einschalten

< 25 KBE/25cm² 25 bis 100 KBE/25cm² > 100 KBE/25cm²

chen. Damit wir nicht durch den Verzehr von Lebensmitteln erkranken, dürfen diese keine „krank machende Inhaltsstoffe“ haben und alle Gegenstände, die mit dem Lebensmittel in Berührung kommen, müssen „hygienisch sauber“ sein. Das alles muss auch für das Lebensmittel Luft gelten!

Qualität der Atemluft und Aufenthaltsdauer

Zur Qualität der Außenluft gehört neben den meist nur betrachteten Werten wie Sauerstoffgehalt, Temperatur und Luftfeuchte u. a. auch die Luftreinheit hinsichtlich chemischen und biologischen Verunreinigungen, wie auch Stäuben. Die Qualität der Umgebungsluft im Freien (in der Architektur als Außenraum bezeichnet) wird durch Umweltsetze in gewissen Grenzen geregelt und ist trotz allem territorial und zeitlich unterschiedlich und nicht immer gesund. Für Aufenthaltsräume, in denen mit toxischen oder biologischen Arbeitsstoffen umgegangen wird sind auch Richt- und Grenzwerte formuliert. Aber für alle anderen Innenräume (Wohnräume, Büroräume, Hotelzimmer, Versammlungsräume usw.) gab es für

Deutschland keine rechtsverbindlichen Regelungen für eine erforderliche oder empfohlene Innenraumluftqualität. Dies gilt leider trotz der Tatsache, dass der Innenraum den Aufenthaltsraum des Menschen bildet, indem er sich rund 85 % des Tages aufhält. Unumstritten ist aus Sicht der Hygiene/Medizin, dass bei vergleichbaren Tätigkeiten die Innenraumluftqualität um so besser sein soll, je länger man sich in Räumen mit dieser Luftqualität aufhält. Bild 1 gibt einen Überblick über Aufenthaltsdauer und jeweiligen Verbrauch.

Sauberkeit der Lüftungsanlage

Nach der Kritik von Kröling Mitte der 80-iger Jahre wurde beim VDI-TGA eine VDI 6022 [5] erarbeitet, die die notwendigen Festlegungen für die Lüftungsanlage bzw. Lüftungsgeräte formuliert und die entsprechenden Personen zu Schulungen auf dem Gebiet der Hygiene veranlasst.

Ein besonderes Problem war u. a. die Befeuchtung von Luft. Hier sei nur an die Legionärskrankheit erinnert. Richt-/Grenzwerte für die Legionellenkonzentration im Trinkwasser waren bekannt. Deren Bestimmung und Bewertung im

Bild 2

Beispiele zur Gesamt-KBE-Ermittlung für die Sauberkeit einer Lüftungsanlage nach [5]

Befeuchterwasser kann nur von Speziallabors durchgeführt werden und erfordert bis zu 10 Tagen Zeit. Schnellere und vom Techniker zu praktizierende Messtechniken wurden gesucht. Die von der Berufsgenossenschaft Druck und Papier erprobte Bestimmung der Gesamtzahl Keimbildender Einheiten (KBE) war eine solche. Sie erlaubte einen Marker, im Sinne einer „Ampel“ in kurzer Zeit zu setzen. Der Techniker bekommt durch eigene Messungen früher Signale, ob Gefahr besteht (siehe Bild 2). Wenn die „Ampel“ auf „rot“ steht kann nur ein Speziallabor Sicherheit bringen, was dann in Anspruch zu nehmen ist. Analoges gilt für so genannte Abklatschproben. Weitere Einzelheiten können als bekannt vorausgesetzt oder in [4] und [5] nachgelesen werden.

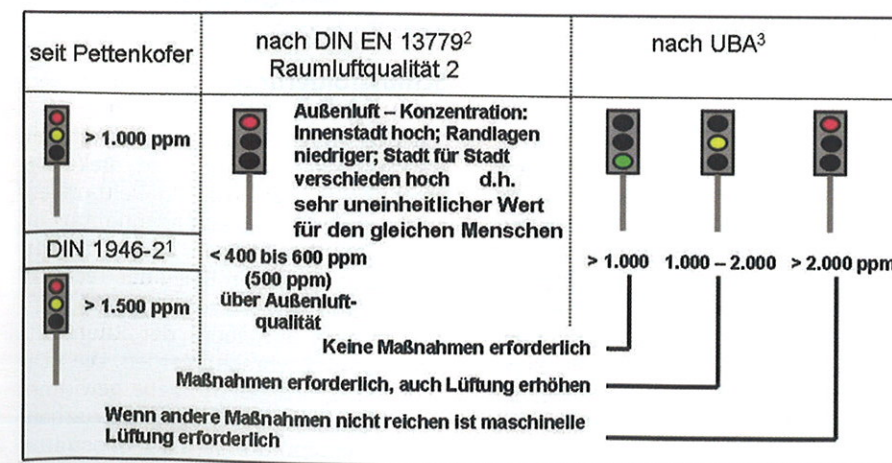
Kohlendioxidkonzentration als „Marker“ für die Innenraumluft-Qualität

Ein Richtwert für den „wenig belasteten“ Innenraum ist uns seit Pettenkofer mit 1000 ppm bekannt. Die CO₂-Konzentration galt seitdem in Nichtraucher-räumen als ein wichtiger, vielleicht sogar als der wichtigste Qualitätsmaßstab. Die DIN 1946-2 brachte eine Erweiterung auf 1500 ppm.

Diese für alle Personen und an jedem Ort in Deutschland gültigen Werte wurde durch eine in 2007 neu veröffentlichte DIN EN 13779 [6] leider durch örtlich verschiedene zulässige Werte ersetzt. Es kann nicht nachvollzogen werden, dass die gesundheitlich zuträglichkeit Konzentration eines Stoffes von der vorhandenen Außenluftkonzentration abhängig sein soll (siehe Bild 3). So kann nur begrüßt werden, dass im Juni 2008 von der nationalen Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte des Umweltbundesamtes und der Landesgesundheitsbehörden zur CO₂-Diskussion eine Klarstellung erarbeitet und veröffentlicht [7] wurde. Mit diesen Werten wird das „Ampel“-Zeichenverfahren fortgeführt. So können lt. Bild 3 CO₂-Konzentrationen im Innenraum kleiner 1000 ppm mit „Grün“, Konzentrationswerte zwischen 1000 und 2000 ppm mit „Gelb“ und Werte größer 2000 ppm mit „Rot“ markiert

Bild 3

Kohlendioxid als wichtiger Referenzwert/Marker für die Innenraumluft-Qualität



1 gültig bis Mai 2005 2 gültig ab Mai 2005 3 veröffentlicht Juni 2008

Konzentration flüchtiger organischer Verbindungen – ein weiterer wichtiger Marker für die Innenraum-Luftqualität¹

An Stelle einzelner Konzentrationen wie Toluol wird als Referenzwert/Marker TVOC empfohlen:

TVOC in mg/m ³	Hygienische Bewertung	Empfehlungen
 < 0,3	unbedenklich	keine Richtwertüberschreitungen?; keine weiteren Maßnahmen erforderlich
 > 0,3-1	noch unbedenklich, soweit ...	keine Richtwertüberschreitungen?; ausreichend lüften; Raumbegehung zur Ursachenermittlung; Putz- und Reinigungsmittel?; Nachmessung unter Nutzungsbedingungen
 1 - 3	auffällig	Nachmessung umgehend erforderlich; Einzelstoffe oder Stoffgruppen toxikologisch bewerten; Ursache suchen und beheben; Lüftung verbessern ...; ist nach 12 Monaten < 1 mg/m ³ nicht erreicht → Sanierungsmaßnahmen
 3 - 10	bedenklich	Nachmessung umgehend erforderlich; Einzelstoffe oder Stoffgruppen toxikologisch bewerten; Ursache suchen und beheben; Lüftung verbessern ...; Raumnutzung nur zeitweise (Gesundheitsamt) tolerabel
 > 10	inakzeptabel	Nachmessung innerhalb eines Monats erforderlich; Einzelstoffe oder Stoffgruppen toxikologisch bewerten; Ursache suchen und beheben; Lüftung verbessern ...; Raumnutzung nur bis 25 mg/m ³ max. stundenweise pro Tag

¹ Handreichung der Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden (Juni 2007)

werden. Bei „Gelb“ muss die CO₂-Konzentration weiter kritisch beobachtet werden. Bei größeren Überschreitungen bis maximal 2 000 ppm muss intensiv geprüft werden, wie die Konzentration gesenkt werden kann. Entsprechende Maßnahmen sind einzuleiten. Rot bedeutet Stopp, es kann so nicht weiter geduldet werden. Wenn durch andere Maßnahmen keine ausreichende Reduzierung auf unter 1 000 ppm erreicht werden konnte, muss maschinell belüftet werden. Diese Empfehlungen gelten insbesondere auch für Wohnungen.

Summe flüchtiger organischer Verbindungen als weiteren Marker

Verstärkt treten in der Raumluft heutiger Gebäude flüchtige organisch-chemische Verbindungen, kurz VOC (Volatile Organic Compounds) genannt, auf, die nicht unwesentlich gesundheitlich schädlich sein können. Beispiele sind heutzutage aliphatische Kohlenwasserstoffe oder Glykolether, aber auch alte Bekannte wie Styrol oder Naphthalin. Diese einzeln zu finden und zu bewer-

ten, setzt umfangreiche Kenntnisse und Erfahrungen sowie aufwendige und deswegen kostspielige Messtechniken voraus. Diese Aufgabe kann nur von Speziallaboren übernommen werden, die an regelmäßigen Ringversuchen teilnehmen. Aber mit der Tabelle in Bild 4 wird über die Messung des Summenparameters TVOC ein etwas einfacherer Referenzwert/Marker für die Innenraumluftqualität eingeführt, der es erlaubt kostengünstiger mehr Sicherheit zu bekommen, ob mehr unternommen werden muss oder noch (?) nicht.

Bild 4

TVOC-Wert als Richtwert/Marker für die Innenraumluft-Qualität

Weitere Marker für die Innenraumluftqualität

Gerüche und dabei insbesondere die Zugabe von Geruchsstoffen in Lüftungsanlagen können häufig bei einem bestimmten Personenkreis zu heftigen allergischen Reaktionen führen. Deshalb kann dieser Technik aus Hygienegründen nicht zugestimmt werden. Die Untersuchungen dazu sind jedoch sehr schwierig und konkrete Ergebnisse über [8] hinaus werden leider sicher noch warten lassen.

Radon ist sicher in bestimmten Regionen von Deutschland ein besonders zu beachtender Stoff, da es für den Menschen eindeutig krebserzeugend ist und das wichtigste Umweltkanzerogen ist. Durch Auswertung entsprechender Literatur kann vermutet werden, dass die „Ampelwerte“ im Bereich zwischen 100 und 1 000 Bq/m³ liegen könnten. Genaueres muss derzeit noch abgewartet werden.

Schlussfolgerung

Durch Übernahme von bestätigten Forschungsergebnissen und Bekanntmachungen z.B. des Umweltbundesamtes zur Innenraumluftqualität in VDI-Richtlinien können diese zur „allgemein anerkannten Regel der Technik“ werden und den Nutzern, Planern, Herstellern und Betreibern der Raumlufttechnik nahe gebracht werden. Die VDI-TGA hat sich dieser Aufgabe gewidmet und hilft mit ihrer Richtlinienarbeit, dass die Innenraumluft als Lebensmittel anerkannt und akzeptiert wird.

Feinstaub als weiterer Marker für den Innenraum

Feinstaub in Form von PM₁₀ (Staub mit Partikelgrößen < 10 µm) ist zumindest seit Einführung eines entsprechenden Grenzwertes der WHO für die Außenluft bekannt und wurde umfangreich diskutiert. Feinstaub muss nicht, aber kann, gesundheitsschädlich sein. Es kommt insbesondere auf seine und die an ihm haftenden Bestandteile an. Wir Techniker wissen inzwischen auch, dass Staub der Partikelgröße PM_{2,5} (< 2,5 µm) besonders zu beachten ist, da er bis in die kleinen Lungenbläschen eindringen und von dort nicht mehr abgehustet werden kann. Da eine ausreichende Korrelation im Innenraum zwischen PM₁₀ und dem CO₂-Gehalt bestehen dürfte, scheint es nicht angemessen, zumindest nicht vordringlich, zusätzlich PM₁₀ zu messen. Darüber wird derzeit von zuständigen Stellen intensiv diskutiert. Darüber hinaus wird über den Stellenwert einer PM_{2,5}-Messung in Innenräumen nachgedacht. Es muss im Innenraum beachtet werden, dass die Feinstaubkonzentration zeitlich sehr von der Aktivität der Raumnutzer abhängt und PM_{2,5} vor allem ein Marker für Verbrennungsvorgänge im Innenraum (z. B. Zigarettenrauch) ist.

Literatur

- [1] Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch: LFGB -Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch. Fassung vom 26. April 2006, (BGBl. I Nr. 20 vom 27.4.2006 S. 945), Gl.-Nr.: 2125-44.
- [2] Verordnung über die Kennzeichnung von Lebensmitteln – LMKV (Lebensmittel-Kennzeichnungsverordnung), vom 15. Dezember 1999, zuletzt geändert am 09.10.2006 durch Bundesgesetzblatt Jahrgang 2006 Teil I Nr. 47, S.2260, Art. 3 vom 20.10.2006.
- [3] Lebensmittelhygieneverordnung – LMHV, vom 5. August 1997 (BGBl. I S. 2008), zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 21. Mai 2001 (BGBl. I S. 959).
- [4] Keune u. a.: Innenraumluftqualität und Hygiene-Anforderungen an die Raumlufttechnik; Kommentar zur VDI 6022, VDI 6032 u. a.; Beuth-Verlag 2008.
- [5] VDI 6022 Blatt 1 und Blatt 2: Hygiene-Anforderungen an Raumlufttechnische Anlagen und Geräte, April 2006 bzw. Juli 2007. Beuth Verlag.
- [6] DIN EN 13779: Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen an Lüftungs- und Klimaanlage und Raumkühlsysteme, aktuelle Version vom September 2007.
- [7] Ad-hoc-Arbeitsgruppe IRK / AOLG: Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft. Juni 2008. Bundesgesundheitsblatt, in Vorbereitung.
- [8] Duftstoffe: Wenn Angenehmes zur Last werden kann; Hintergrundpapier des UBA vom April 2006.
- [9] Ad-hoc-Arbeitsgruppe IRK / AOLG: Beurteilung von Innenraumluftkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten. Bundesgesundheitsblatt 50 (2007) 990-1005.