

12.4 Spezifische Informationen zu einzelnen Stoffen und Stoffgruppen

U. Bagschik, Düsseldorf

J. Fauss, Mannheim

H. Fröhlich, Mannheim

H. Kleine, Sankt Augustin

H.-D. Neumann, Düsseldorf

K. Pohl, Mainz

I. Thullner, Frankfurt am Main

T. von der Heyden, Sankt Augustin

N. von Hahn, Sankt Augustin

12.4.1 Kohlendioxid

In Innenräumen stellt der Mensch durch seine Atmung in der Regel die Hauptemissionsquelle für Kohlendioxid (CO_2) dar. Selbst unter ungünstigen Bedingungen wie z. B. bei geringer Luftwechselrate werden dadurch jedoch keine toxisch relevanten CO_2 -Konzentrationen erreicht. Da die Emission von Geruchsstoffen in der Regel proportional zur CO_2 -Abgabe des Menschen ist, bildet die CO_2 -Konzentration einen brauchbaren Indikator für die Raumluftqualität, soweit nicht weitere CO_2 -Emissionsquellen oder andere Geruchsquellen vorhanden sind. Gleichzeitig ist sie auch ein Maß für die Effektivität der Raumlüftung.

Neben den in Abschnitt 12.2.2 beschriebenen Messungen mit Prüfröhrchen oder direkt anzeigenden Messgeräten kann die CO_2 -Konzentration in Innenräumen auch aus der CO_2 -Abgabe des Menschen in Abhängigkeit von der Anzahl anwesender Personen, ihren Tätigkeiten und dem Luftwechsel (Lüftungseffektivität) berechnet werden [1]. Bei leichten Tätigkeiten beträgt die CO_2 -Abgabe des Menschen ungefähr 20 000 ml/h. Mit diesem Wert kann man die maximal sich

einstellende CO_2 -Konzentration nach Gl. (1) (siehe gegenüberliegende Seite) berechnen.

Beträgt z. B. das Raumvolumen eines von zwei Personen genutzten Büros 100 m^3 und wird für dieses Büro eine natürliche Luftwechselrate λ von $0,5 \text{ h}^{-1}$ angenommen, dann beträgt die erreichbare CO_2 -Konzentration – unter Berücksichtigung einer mittleren Außenluftkonzentration an CO_2 von 400 ml/m^3 [2] – maximal 1200 ml/m^3 (siehe Gleichung 2 auf der gegenüberliegenden Seite).

Als Beurteilungsmaßstab gilt allgemein, dass eine Konzentration von

$0,1 \text{ Volumen-\% CO}_2$
(1000 ppm bzw. 1800 mg/m^3)

(*Pettenkoferzahl*, siehe z. B. [3; 4]) nicht überschritten werden sollte. Im Jahr 2008 hat die Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte aus Interventionsstudien folgende gesundheitlich-hygienisch begründeten Leitwerte für die Momentankonzentration von CO_2 abgeleitet, die inzwischen auch in die ASR A3.6 eingeflossen sind [2]:

12 Chemische Einwirkungen

- Kohlendioxidkonzentration unter 1000 ppm = hygienisch unbedenklich
- Kohlendioxidkonzentration zwischen 1000 und 2000 ppm = hygienisch auffällig
- Kohlendioxidkonzentration über 2000 ppm = hygienisch inakzeptabel

Demnach soll bei Überschreitung der Momentankonzentration von 1000 ppm Kohlendioxid gelüftet werden. Bei Überschreitung eines Wertes von 2000 ppm muss gelüftet werden. Reichen die Lüftungsmaßnahmen (ggf. Einführung eines Lüftungsplans) nicht aus, um den Leitwert von 2000 ppm zu unterschreiten, so sind weitergehende organisatorische, lüftungstechnische oder bauliche Maßnahmen erforder-

lich. Hierzu zählen z. B. die Verringerung der Personenzahl im Raum oder der Einbau einer technisch geregelten Lüftung.

Kohlendioxidbelastung in Klassenräumen

Auch in Klassenräumen ist CO₂ in der Regel die bedeutendste Luftverunreinigung. Dies bestätigt eine Studie der Unfallkasse Nordrhein-Westfalen mit Messungen in 111 Schulen und 379 Klassenräumen [5]. So nimmt in Gegenwart von Schülern die CO₂-Konzentration in einem Klassenraum während einer Schulstunde, in der nicht gelüftet wird, deutlich zu (Abbildung 28). Die Stoßlüftung in der Pause kann zwar die CO₂-Konzentration kurzzeitig unter den Leitwert von 1000 ppm absenken, aber schon nach wenigen Minuten mit geschlossenen Fenstern wird dieser Wert wieder überschritten.

$$x_{\text{CO}_2} = \frac{n \cdot m_{\text{CO}_2}}{\lambda \cdot V_R} + x_{\text{CO}_2, \text{außen}} = \frac{n \cdot 20\,000 \frac{\text{ml}}{\text{h}}}{\lambda \cdot V_R} + x_{\text{CO}_2, \text{außen}} \quad (1)$$

mit

x_{CO_2} : CO₂-Konzentration in ml/m³

m_{CO_2} : CO₂-Emissionsrate pro Person in ml/h

λ : Luftwechselrate in h⁻¹

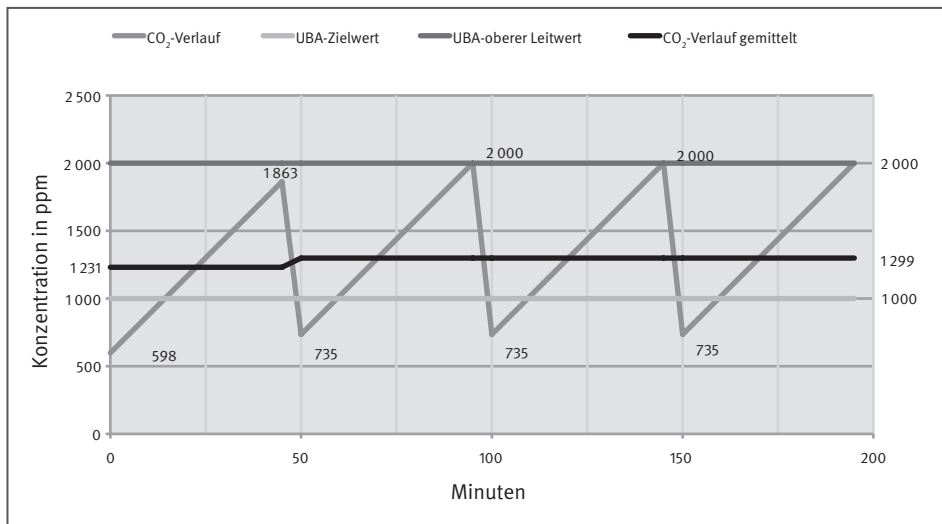
V_R : Raumvolumen in m³

$x_{\text{CO}_2, \text{außen}}$: CO₂-Außenluftkonzentration in ml/m³

n : Anzahl der Personen im Raum

$$x_{\text{CO}_2} = \frac{2 \cdot 20\,000 \frac{\text{ml}}{\text{h}}}{0,5 \text{ h}^{-1} \cdot 100 \text{ m}^3} + x_{\text{CO}_2, \text{außen}} = 800 \frac{\text{ml}}{\text{m}^3} + 400 \frac{\text{ml}}{\text{m}^3} = 1\,200 \frac{\text{ml}}{\text{m}^3} \quad (2)$$

Abbildung 28:
Verlauf der mittleren CO₂-Belastung in Klassenräumen mit Stoßlüftung nach jeder Schulstunde



Erst durch ein weiteres Stoßlüften zur Hälfte der Unterrichtsstunde oder durch ständiges Lüften mit gekippten Fenstern während der Unterrichtsstunde kann der Leitwert dauerhaft eingehalten werden. Dabei ist für die Kipp Lüftung nicht unbedingt eine große Fensterfläche erforderlich. Im Winterhalbjahr reicht zum Erhalt einer hygienisch unbedenklichen Luftqualität im Mittel eine freie Fensteröffnung von ca. 1 m². Im Sommerhalbjahr sorgt eine mittlere Fensteröffnung von 1,8 m² dafür, dass die CO₂-Konzentration im Unterricht nur geringfügig ansteigt.

Auch durch mechanische Lüftungen, sei es in Form einer zentralen Lüftungs- oder Klimaanlage im Gebäude oder in Form einer raumbezogenen Lösung, lassen sich Konzentrationen von 1000 ppm CO₂ dauerhaft einstellen.

12.4.2 Ozon

Für die Belastung von Innenräumen mit Ozon ist der Eintrag aus der Außenluft über die Lüftung (z. B. geöffnete Fenster) entscheidend. Die Bildung von Ozon durch den Betrieb von Laserdruckern und -kopierern stellt heute kein Problem mehr dar (siehe Abschnitt 7.2.3).

Ozon wird in der Außenluft durch Sonneneinstrahlung und fotochemische Smogreaktionen gebildet. Über die Lüftung, insbesondere über geöffnete Fenster und Türen, kann es aus der Außenluft in Innenräume gelangen. In technischen Lüftungsanlagen dagegen wird Ozon bereits auf dem Weg zum Arbeitsbereich im Filter und in den Rohrleitungen teilweise wieder abgebaut. In Innenräumen zerfällt Ozon mit einer Halbwertszeit von ungefähr 30 Minuten