

Raumluftqualität in Schulgebäuden: die Kohlendioxid/CO₂-Konzentration als Indikatorgröße

Die in den letzten Jahren durchgeführten energetischen Sanierungen im Gebäudebestand der Stadt Nürnberg wurden mit umfangreichen Untersuchungsprogrammen begleitet. Diese erbrachten sowohl detaillierte Informationen zum Emissionsverhalten von Bau- und Ausstattungsmaterialien, als auch einen Einblick in den Verlauf der Kohlendioxid-Konzentrationen in Schulräumen bei unterschiedlichen Lüftungstechniken.

Nach Abschluss der energetischen Sanierungen an Gebäuden der Stadt Nürnberg wurden und werden Messungen zur Überprüfung der Raumluftqualität durchgeführt. In der Regel wurden dazu zwei Räume ausgewählt und die Proben unter Standardbedingungen genommen.

Dabei zeigte sich, dass in den mit einer dichten Gebäudehülle (durch Innen- oder Fassadendämmung) ausgestatteten Gebäuden der Belüftung der Räume ein besonderes Augenmerk zu schenken ist. Als Indikatorgröße zur Beschreibung der Situation eignet sich die Kohlendioxid/CO₂-Konzentration. Bei unzureichendem Luftwechsel in den Klassenräumen reichert sich dieses aus der menschlichen Atmung stammende Produkt in der Innenraumluft an.

Kohlendioxid

Es ist bereits seit dem 19. Jahrhundert bekannt, dass in dicht belegten Räumen die Kohlendioxid-Konzentration bis zu Werten von 1 % ansteigen kann, wenn nicht für ausreichende Lüftung gesorgt wird. Aus den damaligen Erkenntnissen hat von Pettenkofer den Wert von 0,1 % CO₂ (entsprechend 1000 ppm) als Zielgröße für gute Raumluftqualität definiert. Da mit der Belegungsdichte eines Raumes das Risiko erhöhter CO₂-Konzentrationen steigt, wurden Schulen und Klassenzimmer Gegenstand von genaueren Untersuchungen. So hat schon Ende der 1970er Jahre – weit vor Beginn einer zielgerichteten energetischen Sanierung öffentlicher Gebäude – die Stadt Dortmund Klassenzimmer durch den TÜV auf die Konzentration an Kohlendioxid untersuchen lassen und bereits nach 5 bis 15 min Werte ober-

halb von 1000 ppm festgestellt, die im Verlauf einer Schulstunde regelmäßig bis in eine Größenordnung von 3000 bis 4000 ppm ansteigen.

Mit dem Einbau neuer und dichter Fenster ab den 1990er Jahren hat sich dieses Problem tendenziell verschärft. Mit Vorgaben für das Lüftungsverhalten in Schulräumen ist dem begegnet worden. Regelmäßiges und sachgerechtes Lüften wurde zur Pflicht. Zwingende gesetzliche Vorgaben sind allerdings zu den Innenraumbedingungen nicht erlassen worden.

Kohlendioxid wird durch die Nutzer selber mit der Ausatemluft in den Innenraum eingebracht, dadurch kann innerhalb von 45 Minuten der Kohlendioxidgehalt in der Raumluft eines Klassenzimmers bei normaler Belegung von 0,04 auf ca. 0,15 % und deutlich darüber hinaus ansteigen. Mit Einbau dichter Fenster und anderen Maßnahmen zur energetischen Sanierung, die zu einer Abdichtung der Gebäude führen, steigt das Risiko, dass sich hohe CO₂-Konzentrationen aufbauen. Die Erfahrung zeigt, dass vor der energetischen Sanierung von Gebäuden in Räumen ohne Lüftungsanlage die Kohlendioxidkonzentration trotz geschlossener Fenster über Nacht noch auf den Außenluftwert (0,04 %) abgesunken ist. Hingegen wird dieser Wert in gedämmten Gebäuden erst nach mehr als 48 Stunden nach Unterrichtsende erreicht, also beispielsweise übers Wochenende.

In Nürnberg wurden kürzlich in drei energetisch sanierten Objekten raumlufttechnische Anlagen (RLT-Anlagen) eingebaut, um die gebräuchlichen Richtwerte einzuhalten. So gilt nach DIN EN 13779 für

Räume mit RLT-Anlage ein Kohlendioxidrichtwert von 0,15% (entsprechend 1500 ppm). Nach DIN EN 15251:2007 ist in Räumen ohne RLT bei Kohlendioxidkonzentrationen von weniger als 0,08 % die Raumluftqualität als hoch, zwischen 0,08 und 0,10 % als mittel, zwischen 0,10 und 0,14 % als mäßig und bei über 0,14 % als niedrig zu bewerten.

In den folgenden drei Objekten wurden in einzelnen Klassenzimmern raumlufttechnische Anlagen eingebaut, mit unterschiedlichen Ergebnissen:

1. Volksschule Fischbacher Hauptstraße: Nur in einem Teilbereich zentrale Be- und Entlüftungsanlage für 6 Klassenräume; Zuluft über Deckenauslass (Textilschlauch) Abluft über Lüftungsschlitze in Tür und an Tafel. Kohlendioxidrichtwert von 0,15 % wird eingehalten

2. Volksschule Hermann-Kolb-Straße 53: Dezentrale Lüftungsgeräte (Fassadenlüfter); Zu- und Abluft im hinteren Teil des Klassenzimmers. Die Vorgabe der DIN EN 13779 (mit RLT) mit einem Kohlendioxidrichtwert von 0,15 % wird überwiegend eingehalten, kurzzeitige Spitzen über 0,15 % treten auf.

3. Gymnasium Weddigenstraße 21: Be- und Entlüftungsanlage für 2 Klassenräume. Die Vorgabe der DIN EN 13779 (mit RLT) mit einem Kohlendioxidrichtwert von 0,15 % wird zeitweilig überschritten.

Aus diesen Ergebnissen ist – wie auch aus anderen Städten bekannt, z. B. aus systematischen Untersuchungen in Frankfurt, – der Schluss zu ziehen, dass zusätzlich zur mechanischen Lüftung auch die Möglichkeit, über die Fenster zu lüften, genutzt werden muss.

Weitere Schadstoffuntersuchungen in renovierten Schulgebäuden

Die verbesserte Abdichtung von Schulgebäuden kann in Einzelfällen auch zur Anreicherung von anderen flüchtigen Verbindungen in der Raumluft führen. Das sei an Hand von zwei Beispielen erläutert:

1. Formaldehyd

Obwohl in vielen Produkten mittlerweile ersetzt, ist Formaldehyd weiter präsent. Es kann noch in den verbliebenen Baustoffen bzw. Ausstattungsmaterialien aus den 70er und 80er Jahren enthalten sein oder durch chemische Reaktionen aus neueren Ausstattungsmaterialien freigesetzt werden. Beispiele sind die furnierten Einbauschränke oder mit Formaldehydkleber ausgerüstete künstliche Mineralfaser im Zwischendeckenbereich.

Vom damaligen Bundesgesundheitsamt wurde 1977 für Formaldehyd ein Grenzwert von 120 µg/m³ festgelegt. Durch Beschluss des Nürnberger Stadtrates gilt für Schulen und Kindertagesstätten der Stadt ein Formaldehyd-Vorsorgewert von 100 µg/m³.

Dieser Wert wurde bei den bisherigen Untersuchungen in 4 Fällen erreicht bzw. deutlich überschritten:

Tabelle 1: Formaldehydkonzentrationen in µg/m³ in städtischen Einrichtungen

Volksschule Holsteiner Straße 21	130
Volksschule Moritzbergerstraße 21	160
Volksschule Wandererstraße 170	100
Zeltnerchloß Gleißhammerstraße 6	280

Es ist davon auszugehen, dass die Quellen der Formaldehydbelastung in den verbliebenen Baustoffen bzw. Ausstattungsmaterialien zu suchen sind, was inzwischen durch Kontrollmessungen bestätigt wurde. Die Lösung des Problems wird also in deren Entfernung bzw. Versiegelung liegen. In einem Fall scheinen bauliche Mängel, insbesondere die Durchfeuchtung des Mauerwerks Ursache des Problems zu sein.

2. 2-Chlorpropan

Bei der Aufbringung der Dämmung auf die Fassade wurden unter anderem Phenolharz-Dämmplatten, auch als „Resol“-Hartschaumplatten bekannt, verwendet. Diese Dämmplatten kamen vornehmlich im Bereich der Fenster- und Türleibungen zum Einsatz, wo eine geringere Plattenstärke notwendig ist. Das Phenolharz wird mit 2-Chlorpropan als Blasmittel aufgeschäumt. Beim Schneiden oder bei Beschädigung der Platten werden kurzfristig größere Mengen 2-Chlorpropan freigesetzt.

Für 2-Chlorpropan gibt es keinen Innenraumgrenzwert. Als Richtwert werden 200 µg /m³ vorgeschlagen.

Bisher wurde in 5 Objekten 2-Chlorpropan in der Innenraumluft nachgewiesen; in einem Fall Werte oberhalb des aktuell diskutierten Richtwertes:

Tabelle 2: 2-Chlorpropankonzentrationen in µg/m³ in städtischen Einrichtungen

Kindertagesstätte Am Sportplatz 8 - vor Sanierung - nach Sanierung	1.700 ca. 10
Volksschule Dunantstraße 10 Hauptgebäude Nebengebäude	30 < 1
Kindertagesstätte Dunantstraße 8	2
Volksschule Neptunweg	bis 24
Volksschule Schößleinsgasse 8	bis 57

Im Objekt Am Sportplatz wurden die Phenolharz-Dämmplatten im Innenbereich im Bodenaufbau verwendet, was nach den bisherigen Kenntnissen als Einzelfall zu

sehen ist. Diesem Extremfall stehen die 4 übrigen Objekte gegenüber, in denen das Material lediglich im Außenbereich an den Fenster- und Türleibungen eingesetzt wurde. In diesen Einrichtungen wird es nicht zu vergleichbaren Raumluftkonzentrationen wie in der Kindertagesstätte Am Sportplatz kommen.

Daten über 2-Chlorpropan in der Raumluft existieren praktisch nicht. Wie lange 2-Chlorpropan nach Anbringung der Platten an der Fassade oder nach dem Einbau im Innenbereich in der Raumluft nachweisbar bleibt, ist offenbar nicht eingehend untersucht worden. Es gibt aber in einzelnen Technischen Merkblättern den Hinweis, dass die Dämmplatten nicht in Innenbereich verwendet werden sollen. Bei der Produktbegutachtung durch ein Prüfinstitut war 2-Chlorpropan auch nach 28 Tagen im Prüfkammerversuch in den Luftproben nachweisbar. Bei einem vergleichbaren Fall wurden, beim Verbleib der Dämmplatten im Bodenuntergrund, über 3 Jahre hinweg Raumluftkonzentrationen zwischen 0,71 und 1,19 mg/m³ (1 mg = 1.000 µg) gemessen. Die Sanierung erfolgte durch Einbau einer Lüftung.

Literatur:

E. Rigos Untersuchung der CO₂-Konzentration in einem Klassenzimmer, Haustechnik – Bauphysik – Umwelttechnik, 101 (1980), 225 – 228.

Ad-hoc AG Innenraumrichtwerte der IRK-Kommission des Umweltbundesamtes Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft, Bundesgesundheitsbl. - Gesundheitsforsch. – Gesundheitsschutz 51 (2008), 1358 – 1369.

U. Heudorf, Umweltmed. Forsch. Praxis 12 (2007), 264

E. Roscher Vorschlag für vorläufige Luftrichtwerte für 2-Chlorpropan, unveröffentl. Manuskript, Bayer. Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, München 2012