

1. Fachgespräch „Innenraum und Gesundheit“

Raumluftqualität in österreichischen Schulen

DI Peter Tappler, DI Felix Twardik, DI Bernhard Damberger
Österreichisches Institut für Baubiologie und –ökologie

1. Einleitung

Die Raumluftqualität in Schulen rückt immer mehr in den Mittelpunkt des öffentlichen Interesses.

Zu den Hauptverursachern von Raumluftbelastungen in Schulgebäuden zählen Emissionen aus Baumaterialien, Einrichtungs- bzw. Ausstattungsgegenständen und aus Reinigungs- und Pflegemitteln. Nicht zu unterschätzen sind auch die von anwesenden Personen freigesetzten Stoffwechselprodukte (Kohlendioxid, Wasserdampf und Körpergerüche – sogenannte Bioeffluents). Auch Ausgasen von Verbindungen aus Materialien beim Werkunterricht, Freisetzen von Gasen und Dämpfen beim Chemieunterricht und von Kochdünsten aus Lehrküchen sind möglich. Durch bauliche Mängel können Feuchtigkeitsschäden entstehen, die ebenso wie unhygienische Zustände vor allem in Sanitärbereichen, unzureichende Reinigungsmaßnahmen etc., zu mikrobiellen Raumluftbelastungen führen können.

Die Palette der tatsächlich oder möglicherweise auftretenden Stoffe ist mannigfaltig. Zu den Verbindungen, die die Diskussion um gesundheitliche Beeinträchtigungen auch in Schulgebäuden in den letzten Jahren bestimmten und in Einzelfällen zu umfangreichen Sanierungsanstrengungen führten, zählen Formaldehyd, Radon, Asbest, polychlorierte Biphenyle (PCB) und Pentachlorphenol (PCP). In einzelnen Fällen wird von Eltern und Lehrern eine überdurchschnittliche Häufung von Krebserkrankungen mit Schadstoffemissionen aus Baumaterialien, Möbeln und Inventar in Schulen in Zusammenhang gebracht.

Als Ursachen angegebenen Symptome und Beschwerden werden mangelhafte raumklimatische Bedingungen, wie z. B. Pavillonbauten ohne ausreichenden Sonnenschutz bzw. unzureichende Wärmedämmung, Schadstoffemissionen aus Bauprodukten oder Möbel sowie kurz zuvor abgeschlossene Renovierungs- bzw. Modernisierungsmaßnahmen genannt. In einzelnen Fällen bewirkten Maßnahmen, die die Beseitigung eines Schadstoffes zum Ziel hatten, neue Schadstoffemissionen und in Folge neue Beschwerden. Über die möglichen gesundheitlichen Auswirkungen wurden über Jahre hinweg leidenschaftliche Debatten geführt. Nicht immer ist es dabei zu rational nachvollziehbaren Bewertungen und Maßnahmen gekommen (nach UBA 2000).

2. Die spezielle Situation „Schulklasse“

Folgende schulspezifische Faktoren bewirken, dass zum Teil unzureichende raumlufthygienische Verhältnisse vorliegen können:

- Hohe Personendichte
- Dichte Fenster und Türen mit geringem Eintritt von Außenluft
- Lüftungsmöglichkeit nur in den Pausen, hier aus Sicherheitsgründen oft vollständiges Öffnen der Fenster nicht möglich
- Unkenntnis effektiver Lüftungsmöglichkeiten

- Verwendung von gesundheitlich bedenklichen Materialien der Innenausstattung in der Vergangenheit
- Renovierungsarbeiten bei laufendem Schulbetrieb

3. Pilotstudie in ausgewählten oberösterreichischen Schulen

Ziel einer im Jahre 2001 durchgeführten Pilotstudie war es, einen Überblick über die Konzentration an bestimmten akut wirkenden Schadstoffen sowie über die Belüftungssituation in österreichischen Schulen zu gewinnen (Brandl et al. 2001). Im speziellen sollten die Konzentrationen an Formaldehyd und flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) sowie an Kohlendioxid (CO₂) untersucht werden. Die Schulauswahlkriterien waren: Beschränkung auf einen politischen Bezirk, 4 Volksschulen, 4 Hauptschulen, 2 AHS, 3 Neubauten, 3 Altbauten, 4 Altbauten nach Sanierung, je 1 stark und 1 schwach belegter Klassenraum. Die CO₂-Konzentration wurde in den Klassenräumen während mehrerer Unterrichtseinheiten kontinuierlich aufgezeichnet. Die Art und Häufigkeit der Lüftung wurde nicht vorgegeben, es wurde den Lehrern mitgeteilt, dass die Lüftung der üblichen Situation entsprechen sollte.

Die Bewertung der Messwerte in Hinblick auf bestehende toxikologisch begründete Grenz- oder Richtwerte sollte zeigen, ob im Bereich Schulen Handlungsbedarf in Hinblick auf einer Verbesserung der Belüftungssituation bzw. Senkung allfälliger Schadstoffkonzentrationen besteht.

Für CO₂ lag der Median der Durchschnittskonzentrationen des Beurteilungszeitraumes (Unterrichtsbeginn bis Unterrichtsende) bei 1370 ppm, der Median der Maximalwerte bei 2090 ppm. Die absolute Maximalkonzentration an CO₂ lag in einem Klassenraum nach etwa 100 Minuten geschlossenen Fenstern bei einer Belegung von 22 bis 23 Schülern bei 6680 ppm.

Da Handlungsbedarf bestand, wurden Möglichkeiten aufgezeigt, die Situation zu verbessern und es wurde angeregt, weitere Studien durchzuführen.

4. Die oberösterreichische Schulstudie

4.1. Allgemeines und Vorgangsweise

Im Juni 2003 wurde eine breit angelegte Studie zur Schadstoffsituation in oberösterreichischen Schulen und Kinderbetreuungseinrichtungen beendet (Amt der OÖ. Landesregierung 2003). Von den 926 Pflicht- und Berufsschulen sowie landwirtschaftlichen Fachschulen in Oberösterreich beteiligten sich 803 durch die Rücksendung des Fragebogens am Projekt. Für die weitere Auswertung wurden 793 Schulen herangezogen.

Nach Erfassung sämtlicher Erhebungsergebnissen in der Datenbank und deren Sichtung, Verknüpfung und Bewertung wurden an Schulen, bei denen die Daten Verdachtsmomente auf erhöhte Belastungsfaktoren ergaben, Erhebungen vor Ort (Schimmelbefall) und messtechnische Bestimmungen (Radonkonzentration, Gebäudedichtheit, Innenraumluftschadstoffe, Akustik) durchgeführt.

Ein Schwerpunkt der Messungen lag auf dem radioaktiven Edelgas Radon. In zahlreichen Schulen wurden weiters klassische Luftschadstoffe wie flüchtige organische Verbindungen (VOC), Formaldehyd, PCP, Schimmel und PCB untersucht. Das Messprogramm umfasste darüber hinaus auch noch die Erfassung der akustischen Situation und der Dichtigkeit der Gebäude.

Der Kohlenstoffdioxid-Situation in Unterrichtsräumen wurde im Rahmen dieses Projekts besondere Beachtung geschenkt. Wie internationale Studien belegen, mindern erhöhte CO₂-Konzentrationen in Innenräumen die Konzentrationsfähigkeit

und die Leistungsfähigkeit. Es wurden in zwei ausgewählten Schulen detaillierte Messungen von Kohlendioxid und des Luftwechsels unter verschiedensten Randbedingungen durchgeführt.

Auf Basis der Untersuchungen in diesem Projekt wurde ein Modell entwickelt, dass die Planung einer CO₂-optimierten Nutzung von Unterrichtsräumen bei vorgegebenen Rahmenbedingungen (Raumgröße, Schüleranzahl, etc.) ermöglicht. Es wurde in der Folge ein Rechenblatt (Microsoft® Excel-Datei) als Grundlage für Lüftungsanweisungen in bestehenden Schulen bzw. für die Planung von zukünftigen Schulräumen entwickelt (Amt der OÖ. Landesregierung 2005).

4.2. Ergebnisse

Die Verknüpfung, Zusammenschau und Bewertung der so erhobenen Daten ergaben, dass in 5 % bis 10 % der teilnehmenden Schulen gesundheitliche Risiken hinsichtlich einem oder mehreren der Faktoren Schimmelbefall, chemische Innenraumschadstoffe und Radon bestanden.

Auf Basis sämtlicher Erhebungen mittels Fragebogen, Messtechnik und fachkundiger Ortsaugenscheinnahme wurden Maßnahmen zur Behebung offensichtlich gewordener Mängel empfohlen. Darüber hinaus wurden aus den Erfahrungen der Studien Empfehlungen für Vorsorgemaßnahmen bei zukünftigen Schul-Neubauten zur Sicherung der Innenraumluftqualität, Akustik und bauphysikalischen Qualität gegeben.

5. Die Lüftungsampel

Unter der fachlichen Begleitung des Österreichischen Institutes für Baubiologie und -ökologie wurde von der Fa. BICO ein neuartiges Anzeigegerät für die Notwendigkeit des Lüftens – die Lüftungsampel – entwickelt (Lüftungsampel 2005). Die Idee für das vor allem in Schulen und Büros eingesetzte Gerät entstand auf Grund der in der Oberösterreichischen Schulstudie angetroffenen Situation.



Die Lüftungsampel hat eine gut sichtbare Anzeige der aktuellen Konzentration an CO₂ in ppm (parts per million) als Zahlenwert und informiert zusätzlich über Signallämpchen selbsterklärend über die Notwendigkeit des Lüftens, ähnlich einer Verkehrsampel. Grünes Licht bedeutet "Gute Luft", Gelb zeigt an, dass eine verstärkte Lüftung wünschenswert wäre und rotes Licht signalisiert die sofortige Notwendigkeit einer verstärkten

Frischluftzufuhr (z.B. Fenster öffnen).

Als Fühler wird ein hochwertiger wartungsarmer Infrarot-Gassensor eingesetzt, der spezifisch auf CO₂ und damit auf die Verschlechterung der Raumluft durch Menschen reagiert. Die CO₂-Messwerte können über einen längeren Zeitraum gespeichert und einfach ausgelesen werden.

6. Leitfaden des deutschen Umweltbundesamtes für Schulen

Vom deutschen Umweltbundesamt/ Berlin wurde eine Broschüre veröffentlicht, die sich mit der Innenraumluft in Schulgebäuden auseinandersetzt, Empfehlungen ausspricht und Vorgangsweisen festlegt (UBA 2000). Dieser „Leitfaden für die Innenraumluftthygiene in Schulgebäuden“ wurde von der Innenraumluftthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes erarbeitet.

Im Allgemeinen Teil werden die Ziele des Leitfadens und die Zielgruppen angesprochen. Es wird eine Übersicht über den Schulbestand sowie über die hauptsächlichsten Luftbelastungs- und Sanierungsprobleme gegeben, und es erfolgt eine Abgrenzung gegenüber Randbereichen, die nicht weiter angesprochen werden sollen. Zuletzt werden einzelne Begriffe erläutert und Hinweise auf weiterführende Literatur zum Thema „Innenraumlufthygiene“ gegeben.

7. Österreichische Richtwerte für CO₂ als Lüftungsparameter

In einer vom Umweltministerium und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften Anfang Jänner 2006 herausgegebenen Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft (BMLFUW 2006) werden Innenräume nach der CO₂-Konzentration, angelehnt an die ÖNORM EN 13779 (2005), in unterschiedliche Güteklassen eingeteilt. Weiters wurden Richtwerte für CO₂ als Lüftungsparameter festgelegt. Aufgrund der Tatsache, dass keine definierten Grenzen für das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit beeinträchtigende Konzentrationen vorliegen, sondern steigende Konzentrationen ab etwa 700 ppm zu einer kontinuierlichen Verschlechterungen der Raumluftqualität führen, werden Obergrenzen für die maximale CO₂-Konzentration festgelegt, deren Werte je nach Art der Lüftung bzw. je nach Betrachtungszeitraum unterschiedlich angesetzt sind.

Tabelle 1: Klassifizierung der Raumluftqualität in Anlehnung an ÖNORM EN 13779 nach BMLFUW (2006)

Beschreibung der Raumluftqualität	Beurteilungswert als CO ₂ -Konzentration über der Außenluft (dCO ₂)	Entspricht Klassifizierung nach ÖNORM EN 13779
Spezielle Raumluftqualität	≤ 400 ppm	RAL 1
Hohe Raumluftqualität	401 - 600 ppm	RAL 2
Mittlere Raumluftqualität	601 - 1 000 ppm	RAL 3
Niedrige Raumluftqualität	1 001 - 1 500 ppm	RAL 4
Sehr niedrige Raumluftqualität	> 1 500 ppm	

dCO₂ = Differenz Innenraumluftkonzentration minus Außenluftkonzentration

Tabelle 2: Zielvorgaben und Mindestanforderungen an dauernd benutzte Innenräume in Hinblick auf CO₂ (BMLFUW 2006)

Raumluftqualität	dCO ₂	Natürlich belüftete Innenräume	Mechanisch belüftete Innenräume
Speziell	≤ 400 ppm	Zielbereich: Beurteilungswerte < 600 ppm	Zielbereich: Beurteilungswerte < 400 ppm
Hoch	401 - 600 ppm		Mindestvorgabe: 1-MWg < 600 ppm
Mittel	601 - 1 000 ppm	Mindestvorgabe: 1-MWg < 1 000 ppm	Mindestvorgabe: Alle Beurteilungswerte < 1 000 ppm
Niedrig	1 001 - 1 500 ppm	Mindestvorgabe: Alle Beurteilungswerte < 1 500 ppm	
Sehr niedrig	> 1 500 ppm		

Konzentrationsangaben als Beurteilungswerte (dCO₂)

1-MWg: maximaler gleitender Stundenmittelwert

8. Schlussfolgerungen

Unter Berücksichtigung der bisher erhobenen Tatsachen ist die Luftqualität in österreichischen Schulräumen vielfach als unzureichend einzuschätzen. Diese Einschätzung wird auch von internationalen Studien unterstützt.

Als Konsequenz der österreichischen Richtwerte für CO₂ als Lüftungsparameter ist zu erwarten, dass der Belüftung von Zonen geringen Luftwechsels wie Schulklassen größerer Wert beigemessen wird. Mit Fensterlüftung allein können in diesen Bereichen die Vorgaben der Richtlinie nicht erfüllt werden.

Im Schulneubau und bei Sanierung von bestehenden Objekten muss erhöhtes Augenmerk auf die Einhaltung hygienischer Mindestvorgaben gelegt werden. Diese können in der Regel nur mit raumlufttechnischen Anlagen sichergestellt werden, wobei die korrekte Planung, Wartung und Hygienekontrolle immer wieder einen (jedoch behebbaren) Schwachpunkt darstellt.

Die Ursachen der gesundheitlichen Risiken sind zum Teil bekannt, es sollte jedoch durch weitere umfangreichere Untersuchungen, in denen auch das Spektrum der untersuchten Noxen erweitert wird, eine tiefer gehende Beurteilung der Situation erfolgen.

9. Literatur

Amt der OÖ. Landesregierung (2003): Innenraumsituation in Oberösterreichischen Pflichtschulen, Berufsschulen und Landwirtschaftlichen Fachschulen, Erhebungs- und Messprogramm: Kohlenstoffdioxid und Raumklima. Eigenverlag (die Langfassungen der Forschungsberichte können unter [u- ut.post@ooe.gv.at](mailto:u-ut.post@ooe.gv.at) oder telefonisch 0732/7720-14543 angefordert werden).

Amt der OÖ. Landesregierung (2005): Rechenblatt zur Berechnung der CO₂-Konzentrationen in Schulräumen – aktualisierte Fassung. Eigenverlag

BMLFUW (2006): Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft – Richtlinienenteil „CO₂ als Lüftungsparameter“, erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Blau-Weiße Reihe (Loseblattsammlung), erhältlich ab April 2006

Brandl A, Tappler P, Twrdik F, Damberger B (2001): Untersuchungen raumlufthygienischer Parameter in oberösterreichischen Schulen. In: AGÖF Tagungsband des 6. Fachkongresses 2001 – Umwelt, Gebäude und Gesundheit, Nürnberg: 355-366

Lüftungsampel (2005): Vorstellung der Lüftungsampel, Internet vom 02.03.2006: <http://www.lueftungsampel.at>

ÖNORM EN 13779 (2005): Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen an Lüftungs- und Klimaanlage

UBA (2003): Leitfaden für die Innenraumlufthygiene in Schulgebäuden. Erarbeitet von der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes, Berlin. Internet vom 03.05.2004: <http://www.umweltbundesamt.org/fpdf-l/1824.pdf>

DI. Peter Tappler

Allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger

Arbeitskreis Innenraumluft am BMLFUW

INNENRAUM Mess- & Beratungsservice/ Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie

Stutterheimstraße 16-18/2

A-1150 Wien

Tel: +43-(0)1-9838080, +43-(0)664-3008093

Fax: +43-(0)1-9838080-15

Email: p.tappler@innenraumanalytik.at

www.innenraumanalytik.at