

LEITFADEN FÜR DIE INNENRAUMHYGIENE IN SCHULGEBÄUDEN

Luftverunreinigungen in Innenräumen von Schulen stellen ein hygienisches Problem dar. Die in Schulgebäuden beobachteten Innenraumbelastungen können auf verschiedene Ursachen zurückzuführen sein, wie beispielsweise bauliche Mängel, Fehler in der Lüftungstechnik, unsachgemäßes Lüftungsverhalten oder die Verwendung bestimmter Bauprodukte, Einrichtungsgegenstände oder Reinigungsprodukte, die chemische Stoffe in die Raumluft abgeben. Auch mikrobielle Probleme (Schimmelbefall) spielen in Schulgebäuden eine wichtige Rolle (Seite 7).

Mit Einführung der Energieeinsparverordnung im Jahr 2002 (novelliert 2007) kommen neue Herausforderungen auf alle Beteiligten bei der Sanierung von Schulgebäuden zu. Die Gebäudehülle und die Fenster werden bewusst luftdicht gemacht, um die energetischen Vorgaben zu erfüllen. Die Kehrseite kann bei unzureichender Lüftung eine Anreicherung von chemischen und biologischen Stoffen in der Raumluft sein. Ist eine Sanierung von Schulgebäuden aus energetischen oder anderweitigen Gründen erforderlich, müssen daher bestimmte Vorgaben beachtet werden, damit es später nicht zu raumlufthygienischen Problemen kommt (Seite 7).

Der Leitfaden bezieht sich primär auf Unterrichts- und Aufenthaltsräume in allgemein- und berufsbildenden Schulen, in denen Schüler regelmäßig unterrichtet werden. Er soll in Analogie auf andere Schularten und Betreuungseinrichtungen, wie z. B. Kindertagesstätten, übertragen werden. Viele Empfehlungen besitzen Gültigkeit auch für Innenräume in öffentlichen Gebäuden außerhalb von Schulen (Seite 8).

Zu den Haupt(luft)verunreinigungen in Schulen zählen:

- Kohlendioxidanreicherungen durch unzureichendes Lüften
- Zu hohe Feuchtigkeit in der Gebäudestruktur oder in der Raumluft mit der Folge mikrobiellen Befalls
- Emissionen aus Bauprodukten, Einrichtungs- bzw. Ausstattungsgegenständen
- Diverse Gerüche bei unzureichendem Lüften etc.
- Emissionen aus Reinigungs- und Pflegemitteln
- Mögliche Freisetzung von Staub und Rauchgasen im Werkunterricht und naturwissenschaftlichen Unterricht
- Feinstäube von Außen- und Innenraumquellen (Seite 10)

Die Notwendigkeit, Vorkehrungen gegen die Aufheizung der Räume im Sommer zu treffen, wird im Zuge der Klimaveränderungen in Zukunft noch zunehmen (Seite 12).

Fenster oder andere Lüftungsmöglichkeiten sollten es gestatten, durch natürliche Lüftung die Konzentration von Luftverunreinigungen, die aus dem Raum stammen, zu verringern. Alle Fenster sollen leicht zu öffnen sein. Regelungen in einzelnen Bundesländern, nach denen aus sicherheitstechnischen Gründen die Fenster konstruktiv oder manuell so verändert wurden, dass sie nicht zu öffnen sind – etwa um Unfälle durch Herabstürzen aus dem Fenster zu vermeiden – sind nach Auffassung der Innenraumlufthygiene-Kommission hygienisch nicht akzeptabel. Hier muss durch andere Maßnahmen (u.a. alle Schüler verlassen während der

Pausen den Unterrichtsraum, die Klassenzimmer werden während der Pausen verschlossen) gewährleistet werden, dass es nicht zu Unfällen kommt (Seite 18).

Die Möblierung und Ausstattung der Räume soll möglichst frei von gesundheitsbedenklichen Emissionen sein. Bei der Anschaffung neuer Möbel ist auf Umweltgütezeichen (vgl. Abschnitt A-5) zu achten (Seite 18).

Vordringliche Aufgabe der Lüftung ist die Erneuerung der Raumluft durch Abführung gas- und staubförmiger Verunreinigungen sowie der durch den Menschen produzierten Stoffwechselprodukte (Gerüche, Kohlendioxid, Wasserdampf) und die Zufuhr von Frischluft von außen. Hinzu kommen physiologische Anforderungen: Erzielung möglichst behaglicher Raumlufttemperatur und Luftfeuchtigkeit sowie Ausgleich von Wärmelasten. Wegen des in Deutschland herrschenden Klimas wurden bisher Schulgebäude in der Regel so geplant und gebaut, dass für Klassenräume eine natürliche bzw. „freie“ Lüftung über Fenster ausreichen sollte. Bei ungünstiger Lage (z. B. erhebliche Lärmbelastigung aus der Umgebung oder hohe Luftverschmutzung) kann jedoch der Einsatz von Lüftungsanlagen erforderlich werden. Spezielle Abluftanlagen sind zudem für Laboratorien, bei denen Experimente mit starker Rauchentwicklung durchgeführt werden, erforderlich (Seite 24).

Reicht eine manuelle Fensterlüftung nicht aus, um eine hygienisch einwandfreie Luftqualität auch während des Unterrichts zu schaffen bzw. aufrechtzuerhalten, sind mechanische Belüftungsmöglichkeiten einzubauen, die einen ausreichenden Luftaustausch auch bei geschlossenen Fenstern sicher stellen. Auch hohe Lärm- und sonstige Immissionen im Außenbereich können mechanische Lüftungssysteme erforderlich machen. Falls diese installiert sind, muss aus hygienischer Sicht unbedingt eine regelmäßige Wartung solcher Anlagen gewährleistet sein (Seite 26).

Nach kleinen Baumaßnahmen, Instandhaltungen und Renovierungen kommt es immer wieder zu Klagen von Lehrern, Schülern und Eltern über eine unzureichende Innenraumluftqualität. Bei sachgerechter Durchführung dieser Maßnahmen lassen sich Raumluftprobleme weitgehend vermeiden. Vier Gesichtspunkte sind im Vorfeld von Bau- und Renovierungsmaßnahmen unter lufthygienischen Gesichtspunkten zu beachten, um spätere Emissionen möglichst gering zu halten:

- Materialauswahl
- Materialmenge
- Kontrolle der Ausführung/Verarbeitung
- Koordinierung und Kontrolle des zeitlichen Ablaufs.

Aus Bauprodukten und weiteren Materialien gelangen flüchtige organische Verbindungen „VOC“ (vgl. Abschnitt B-2) in die Raumluft. Daraus können negative Wirkungen für die Raumnutzer entstehen (Seite 29).

Das Ausmaß dieser nachteiligen Wirkungen hängt von der Art und Intensität, sowie dem zeitlichen Verlauf der VOC-Emissionen, ab. Besonders solche Materialien, die großflächig in den Räumen eingesetzt werden, wie Oberflächenbeschichtungen, Verklebungen, Bodenbeläge, sind so auszuwählen, dass möglichst wenige Emissionen nach dem Einbau und bei der späteren Nutzung entstehen. Im Rahmen dieses Leitfadens kann keine Auflistung von hygienisch empfehlenswerten Bauprodukten und Raumausstattungsmaterialien gegeben werden, da der Markt eine unüberschaubare Anzahl von Produkten bereithält und regionale Unterschiede sowie zeitliche Änderungen aufweist. In den Sicherheitsdatenblättern der Produkte müssen Hersteller und Vertreiber u. a. kennzeichnungspflichtige Stoffe nennen. Verarbeitungshinweise und weitere Produktinformationen befinden sich in den Technischen Merkblättern. **Zum Emissionsverhalten sind in diesen Datenblättern meist keine ausreichenden Informationen zu finden.** Die Innenraumlufthygiene-

Kommission empfiehlt, Hersteller und Vertreiber von Bauprodukten und sonstigen Materialien, die dem Kundenwunsch nach weitergehenden Informationen entgegenkommen, zu bevorzugen (Seite 30).

Produkte, die mit dem Umweltzeichen Blauer Engel „weil emissionsarm“ oder „weil schadstoffarm“ ausgezeichnet sind, weisen geringe Emissionen auf und sollten bevorzugt verwendet werden. Hilfestellung bei der Produktauswahl gibt die Broschüre „Umweltzeichen für Bauprodukte. Bauprodukte gezielt auswählen“, abrufbar unter

www.apug.nrw.de/pdf/Bauprodukte.pdf.

Leider gibt es Produkte mit dem Blauen Engel und anderen Gütezeichen noch nicht für alle Anwendungsgebiete (Seite 30).

Der Einsatz und die Auswahl emissionsarmer Bauprodukte ist das eine, die Kontrolle vor Ort, ob diese Produkte auch tatsächlich und sachgerecht in das Schulgebäude eingebaut werden, das andere Kriterium, um Schadstoffeinträge zu vermeiden. Eine sachgerechte Überwachung der Verarbeitung durch einen mit den Anforderungen der Innenraumhygiene vertrauten Bauleiter oder eine vergleichbare Fachkraft ist deshalb dringend anzuraten (Seite 31).

Beim schichtförmigen Aufbau von Fussböden und anderen großen Oberflächen ist darauf zu achten, dass die einzelnen Arbeitsgänge so ausgeführt werden, dass die eingesetzten Lösemittel und andere flüchtige Hilfsstoffe möglichst vollständig abdunsten, bevor die nachfolgende Schicht aufgebracht wird (siehe Herstellerangaben). Besonders bei saugfähigen und großflächigen Produkten oder entsprechendem Untergrund muss dafür gesorgt werden (z. B. durch Aufbringen einer geeigneten Sperrschicht), dass keine oder nur geringe Mengen flüchtiger organischer Verbindungen – aus nachfolgenden Arbeitsschritten und bei späteren Reinigungsmaßnahmen – aufgenommen werden (Seite 31).

Eine Depotbildung der Stoffe in Zwischenschichten soll möglichst vermieden werden. Aus dem gleichen Grund ist auch darauf zu achten, dass Produkte mit flüchtigen Inhaltsstoffen nicht in größeren Mengen in Fugen, Risse und Hohlräume gelangen. Auch ist darauf zu achten, dass bei Renovierungen der vorhandene Untergrund und die auf ihm haftenden Altmaterialien mit den neuen Produkten keine Unverträglichkeiten zeigen, die beispielsweise zu Geruchsbelästigungen führen können. Das Aufbringen einer geeigneten Sperrschicht kann Unverträglichkeiten verhindern. Die Emission von VOC und SVOC (schwerflüchtige organische Verbindungen) aus Bauprodukten und Ausstattungsmaterialien kann zwar deutlich eingeschränkt, jedoch nicht vollständig vermieden werden. Die Innenraumluft ist unmittelbar nach Bau- und Renovierungsmaßnahmen fast immer zusätzlich mit VOC (weniger mit SVOC, diese gasen langsamer aus) belastet. Daher ist vor erneuter Raumnutzung eine gewisse Zeit (je nach Umfang und Art der Renovierungsarbeiten kann dies eine bis mehrere Wochen betragen) zur Ausgasung von VOC einzuplanen. Bei Schulen empfiehlt es sich, kleinere Baumaßnahmen und Renovierungen an den Beginn der Schulferien zu legen, damit vor der erneuten Nutzung bereits ein Großteil der Komponenten aus den Materialien freigesetzt wurde (Seite 32).

Was kann und sollte ein Bauleiter vor Ort aus hygienischer Sicht bei Renovierungsarbeiten beachten?

Prüfen, ob bei den Arbeiten tatsächlich die ausgewählten Produkte eingesetzt werden. Gegebenenfalls überprüfen, ob die angelieferten Materialien allen Qualitätsanforderungen (inkl. Emissionsverhalten) genügen.

- Prüfen, ob die ausgewählten Materialien, falls bei der Materialauswahl so festgelegt, sachgerecht und zeitlich ausreichend abgelagert worden sind.
- Prüfen, ob die vom Produkthersteller gegebenen Arbeitsanweisungen und Ratschläge beachtet werden.
- Prüfen, ob beim Verlegen und Verkleben von Materialien auf ausreichende Lüftung und Abdunstungszeit geachtet wird.

Kohlendioxid (CO₂)

entsteht beim Verbrennen organischen Materials und wird beim Atmen freigesetzt. In Schulräumen ist die Verbindung von besonderer Bedeutung, da hier – ähnlich wie in anderen Räumen mit hoher Belegungsdichte – sehr viele Personen auf begrenztem Raum zusammenkommen. Der Hygieniker Max von Pettenkofer hat bereits vor 150 Jahren auf den Tatbestand der „schlechten“ Luft beim längeren Aufenthalt in Wohnräumen und Lehranstalten hingewiesen und Kohlendioxid als wichtige Leitkomponente für die Beurteilung der Raumluftqualität identifiziert. Lange Zeit galt die sogenannte Pettenkoferzahl von 0,1 Volumenprozent (= 1000 Parts per Million (ppm); 1 ppm = 1 Teil auf 1 Million Teile) in Innenräumen als Bewertungsmaßstab. Der CO₂-Gehalt der Außenluft beträgt demgegenüber ca. 350 ppm (in Städten an manchen Stellen auch bis ca. 500 ppm) (Seite 37).

CO ₂ -Konzentration [ppm]	Hygienische Bewertung	Empfehlung
< 1000	Hygienisch unbedenklich	Keine weiteren Maßnahmen
1000–2000	Hygienisch auffällig	Lüftungsmaßnahmen intensivieren (Außenluftvolumenstrom bzw. Luftwechsel erhöhen) Lüftungsverhalten überprüfen und verbessern
> 2000	Hygienisch inakzeptabel	Belüftbarkeit des Raumes prüfen ggf. weitgehende Maßnahmen prüfen

(Seite 38)

Konzentration von Kohlendioxid in der Raumluft hängt von der Zahl, Aufenthaltsdauer und Aktivität der anwesenden Personen sowie von den baulichen Gegebenheiten (Raumvolumen, Luftwechselzahl etc.) ab. Obwohl das Kohlendioxidproblem in Räumen mit hoher Personenzahl seit langem bekannt ist, sind bis heute im Schulbereich keine überzeugenden Lösungen gefunden worden. Gleichzeitig gibt es besonders im Winterhalbjahr keine klaren Zuständigkeitsregelungen, wie, wann und von wem die Fenster der Klassenräume zu öffnen sind. Die Folge sind erwartungsgemäß hohe bis sehr hohe CO₂-Werte (3000 ppm und mehr), aber auch eine Anreicherung mit anderen Innenraumschadstoffen und mit Wasserdampf (Seite 38).

Freie Lüftung über Fenster oder Lüftungsanlagen in Schulen?

Wir stehen heute zweifelsohne vor einem Paradigmenwechsel im Denken und im Handeln. Die aktuelle Situation in vielen Schulen zeigt, dass allein mit Aufforderungen zum regelmäßigen und intensiven Lüften das CO₂-Problem mancherorts nicht mehr in den Griff zu bekommen ist. Lüftungstechnische Maßnahmen werden dann unerlässlich, um eine nutzerunabhängige und dauerhafte Luftgüte mit geringer CO₂-Konzentration zu erreichen. Eine regelmäßige Wartung und Kontrolle der Anlage ist erforderlich, damit diese nicht selbst zu hygienischen Problemen führt (Seite 39).

Die Ad-hoc-AG IRK/AOLG hat darüber hinaus für den Gesamtgehalt an flüchtigen organischen Verbindungen (englisch: Total Volatile Organic Compounds – TVOC) Empfehlungen zur Begrenzung der Raumluftkonzentrationen erarbeitet. Der TVOC-Wert ist aufgrund der unterschiedlichen Zusammensetzung des in der Innenraumluft auftretenden Substanzgemisches nicht toxikologisch begründet, sondern stellt eine hygienische Gesamtbeurteilung für VOC dar. Die TVOC-Beurteilung gliedert sich in 5 Stufen (siehe Tabelle 6); die in der vorhergehenden Stufe ausgesprochenen Empfehlungen gelten – soweit sinnvoll – auch in der nächst höheren Stufe. Voraussetzung für die Anwendung des TVOC-Konzeptes ist, dass toxikologisch begründete Richtwerte von Einzelstoffen dabei nicht überschritten werden. Eine gesonderte Bewertung ist grundsätzlich erforderlich, wenn Substanzen mit niedrigen Geruchswahnehmungsschwellen beteiligt sind, die auch in geringeren Konzentrationen aufgrund ihrer Geruchsaktivität belastigend wirken können oder wenn auffällig hohe Einzelstoffkonzentrationen auftreten.

Stufe 1:

TVOC-Werte unterhalb von 0,3 mg/m³ sind hygienisch unbedenklich, sofern keine Einzelstoffrichtwerte überschritten werden. Sie werden als „Zielwert“ (hygienischer Vorsorgebereich) bezeichnet und sind mit ausreichend zeitlichem Abstand nach Neubau oder Renovierungsmaßnahmen in Räumen anzustreben bzw. nach Möglichkeit zu unterschreiten (Seite 49/50).

Stufe 2:

TVOC-Werte zwischen > 0,3 und 1 mg/m³ können als hygienisch noch unbedenklich eingestuft werden, sofern keine Einzelstoffrichtwerte überschritten sind. Dieser Konzentrationsbereich weist z. B. auf noch nicht völlig ausgelüftete Lösemittelinträge hin und zeigt die Notwendigkeit verstärkten Lüftens an.

Stufe 3:

TVOC-Werte zwischen > 1 und 3 mg/m³ sind als hygienisch auffällig zu beurteilen und gelten befristet (< 12 Monate) als Obergrenze für Räume, die für einen längerfristigen Aufenthalt bestimmt sind. In normal genutzten Wohn-, Schul- oder Büroräumen ohne kürzlich erfolgte Renovierung oder Neumöblierung sollte eine TVOC-Konzentration unter Nutzungsbedingungen von 1 mg/m³ nicht dauerhaft überschritten werden. Dies wäre nämlich als Hinweis auf einen zusätzlichen und ggf. unerwünschten VOC-Eintrag zu werten. Die gesundheitliche Relevanz auffälliger Referenzwertüberschreitungen sollte geprüft werden. Eine toxikologische Einzelbewertung zumindest der Stoffe mit den höchsten Konzentrationen wird empfohlen. Die Nachmessung zur Überprüfung der Innenraumluftqualität erfolgt unter Nutzungsbedingungen.

Stufe 4:

Räume mit TVOC-Werten zwischen > 3 und 10 mg/m³ werden als hygienisch bedenklich beurteilt und sollten, sofern keine Alternativen zur Verfügung stehen, nur befristet (maximal 1 Monat) und bei Durchführung verstärkter regelmäßiger Lüftungsmaßnahmen genutzt werden. Es ist eine toxikologische Einzelstoff- bzw. Stoffgruppenbewertung vorzunehmen. Die Nachmessung zur Überprüfung der Innenraumluftqualität erfolgt unter Nutzungsbedingungen.

Stufe 5:

TVOC-Werte zwischen >10 und 25 mg/m^3 werden als hygienisch inakzeptabel eingestuft. Die Raumnutzung ist in der Regel zu vermeiden, ein Aufenthalt ist allenfalls vorübergehend (pro Tag weniger als 1 Stunde) und bei Durchführung verstärkter regelmäßiger Lüftungsmaßnahmen zumutbar. Bei Werten $> 25 \text{ mg/m}^3$ ist generell von einer Nutzung abzusehen. Die Nachmessung zur Überprüfung der Innenraumluftqualität erfolgt unter Nutzungsbedingungen.

Neben den Richtwerten und TVOC-Einstufungen können zu einer vorläufigen Bewertung von VOC-Konzentrationen auch Referenzwerte herangezogen werden, die aus der Untersuchung einer großen Zahl von Räumen ermittelt wurden. Aktuelle Referenzwerte sind einer Veröffentlichung des Umweltbundesamtes zu entnehmen (Bundesgesundheitsbl-Gesundheitsforsch- Gesundheitsschutz 50: 2007, S. 990–1005). Ein Messlabor sollte die Quelle der verwendeten Referenzwerte benennen und grundsätzlich keine gesundheitlichen Aussagen mit der Überschreitung eines Referenzwertes (oft auch Orientierungswert genannt) verbinden (Seite 49/50).

Siehe auch Tabelle 6 (Aufklapptafel) am Ende der Broschüre

Dürfen chemische Holzschutzmittel heute noch eingesetzt werden?

Eine Anwendung chemischer Holzschutzmittel mit bioziden Wirkstoffen ist in Innenräumen nicht notwendig. Bei einem Schädlingsbefall können gegebenenfalls alternative Behandlungsverfahren der Hölzer (z. B. thermische Konditionierung) zum Einsatz kommen. In sichtbaren und dem Raum zugänglichen Baukonstruktionsteilen sowie in Ausstattungsmaterialien sollen chemische Holzschutzmittel nicht eingesetzt werden (Seite 57).

Neben umfangreichen Hinweisen zu Fragen der Heizung, des Lüftungsverhaltens finden sich ab Seite 103 Empfehlungen für **Vorgehensweisen in Beschwerdefällen**.