

Lufthygiene in Schulen*

Sowohl Untersuchungsergebnisse aus verschiedenen Bundesländern als auch Meldungen von den kommunalen Gesundheitsbehörden weisen aktuell auf ernsthafte lufthygienische Defizite in Schulen hin.

Beispielsweise ergaben sich – bezogen auf das Kohlendioxid als den klassischen Leitparameter für die Luftqualität in Kindergemeinschaftseinrichtungen – in mehreren deutschen und internationalen Studien der letzten Dekade deutlich erhöhte Raumluftkonzentrationen. In etlichen Schulräumen waren im Winter die Kohlendioxidkonzentrationen während des Unterrichts bis zu 90 Prozent nicht mehr als hygienekonform einzuschätzen. Punktuell traten zusätzliche Probleme zutage, wie unter anderem erhöhte Feinstaubbelastungen, Schimmelpilzprobleme sowie auch beträchtliche Anreicherungen mit flüchtigen organischen Verbindungen (FOV).

Die derzeitige Renaissance lufthygienischer Probleme in Schulen und anderen Gemeinschaftseinrichtungen und die aktuell geführte Diskussion um deren Ursachen gibt insofern zu denken, als die hygienewissenschaftlichen Zusammenhänge lange bekannt sind. Die Wurzeln der wissenschaftlichen Aufarbeitung und Begründung einer anforderungsgerechten Lüftung in Schulen und anderen Gemeinschaftseinrichtungen reichen bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts. Bereits der Hygieniker Max von Pettenkofer (1818 bis 1901) machte systematische Beobachtungen, dass gemeinschaftlich

genutzte Räume (darunter Schulräume, Versammlungsräume, Hörsäle, Gruppenräume oder ähnliches) anfällig für Anreicherungen von Atemgasen und für weitere personen-gebundene Ausdünstungen sind, die Unbehaglichkeiten, Kopfschmerzen, Konzentrationsstörungen, Leistungsdefizite und den Geruch von „verbrauchter Luft“ erzeugen können. Er etablierte die Kohlendioxidkonzentration der Raumluft als objektiv zugänglichen (weil damals schon messbaren) Leitparameter für die Überwachung der Luftqualität in Gruppen- oder Gemeinschaftsräumen. Pettenkofer empfahl Lüftungsmaßnahmen ab CO_2 -Gehalten von 0,1 Vol % (1000 ppm) in der genutzten Raumluft (wissenschaftlich etabliert als sogenannte „Pettenkofer-Zahl“), weil ansonsten Einbußen des Wohlbefindens und in der Leistungsfähigkeit drohten.

Die Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes hat im Jahr 2008 die Gültigkeit der genannten pettenkoferschen CO_2 -Zielkonzentration von 1000 ppm aufgrund neuerer umweltmedizinischer Studien wiederholt bestätigt. Das Expertengremium hat empfohlen, diesen Wert als Leitwert oder Zielwert zu handhaben und durch anforderungsgerechte Lüftungsmaßnahmen dafür Sorge zu tragen, dass diese CO_2 -Zielkonzentration möglichst nicht überschritten wird. Die praktische Umsetzung dieser Empfehlung stellt allerdings unter den Gegebenheiten des modernen Schulalltags eine Herausforderung dar. Sie bedeutet, dass beispielsweise in Klassenzimmern mit einem verfügbaren (Standard-)Raumvolu-



© LUA Sachsen

men von 6 m^3 pro Schüler hohe Luftwechselzahlen realisiert werden müssen.

Beispielsweise würde daraus für ein Klassenzimmer mit Standardgröße und Standardbelegung konkret die Forderung nach einem 5-fachen Luftwechsel pro Stunde resultieren (entsprechend einer Luftwechselzahl von 5 pro h), wenn lufthygienisch optimale Außenluftvolumenströme von 30 m^3 je Schüler und Stunde gewährleistet werden sollen. Eine solche Lüftung, die dem Anspruch auf kontinuierlich behagliche, gesundheitszuträgliche und leistungsfördernde Raumluftbedingungen in Schulen gerecht wird, lässt sich ohne spezielle Lüftungstechnische Unterstützung in der Praxis nur mit einem hohen Maß an Lüftungsdisziplin umsetzen.

Im Rahmen von Hygienekontrollen durch den Öffentlichen Gesundheitsdienst sowie in den oben erwähnten Studien wurde und wird allerdings vielfach eine den hohen Anforderungen entgegenstehende nachlassende Lüftungsdisziplin und -sensibilität

festgestellt. Immer weniger wird heute offenbar noch ein bewusst organisiertes Lüftungsregime, wie zum Beispiel die früher übliche, regelmäßige Pausenlüftung oder die Lüftung zwischen den Doppelstunden angetroffen.

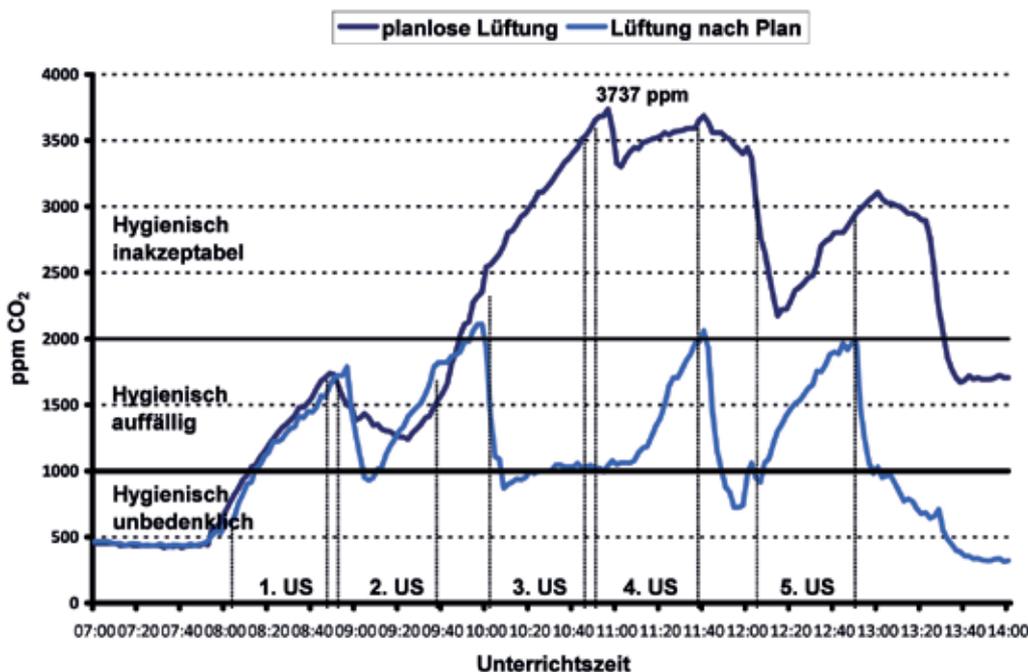
Entsprechende Befragungen zum Lüftungsverhalten im Rahmen einer 2006 in Bremen durchgeführten Erhebung ergaben, dass 85 Prozent des verantwortlichen Schulpersonals lediglich nach gefühltem Bedarf (das heißt nicht nach Plan) lüfteten. Nur 4,8 bzw. 7,4 Prozent der Lehrkräfte gaben an, die als effektiv geltenden Lüftungsformen wie die Querlüftung oder die Stoßlüftung durchzuführen. Demgemäß entsprachen die Raumluftverhältnisse in sämtlichen Untersuchungen jeweils dort am wenigsten den Anforderungen, wo es kein festgelegtes, an die Raumgegebenheiten oder auf den Bedarf abgestimmtes Lüftungsregime gab, wo allenfalls planlos und ohne bestimmte Vorgaben gelüftet wurde. Bei einer rein gefühlsmäßigen Lüftung wird offenbar sowohl während des Unterrichts (insbesondere in den Doppelstunden) als auch in den Pausen deutlich zu wenig gelüftet. Zudem wird die Effizienz des eigenen Lüftungsverhaltens oft überschätzt.

Die folgende Abbildung zeigt beispielhaft einen typischen CO₂-Konzentrationsverlauf in einem Klassenzimmer mit und ohne adäquate Lüftung.

Die „unangeleitete, planlose“ Lüftung findet ihre Entsprechung in häufigeren, länger andauernden und höheren Überschreitungen von hygienischen Anforderungen an die Raumluftqualität. Genaue Zahlen, wie häufig diese Form der Lüftung in der Praxis anzutreffen ist, liegen nicht vor, die oben genannten Erhebungen können nur als Stichprobe angesehen werden. Es scheint sich aber nach den bislang vorliegenden Daten und Erfahrungen um eine durchaus gängige – wenn nicht die häufigste – Praxis zu handeln. Die Ursachen für die zunehmend zu beobachtenden Defizite in einem solch wichtigen Bereich wie der Innenraumluft von Schulen, wo sich empfindlichste Nutzergruppen oft viele Stunden täglich aufhalten und wo den Kindern entsprechend dem gesetzlichen Bildungs- und Erziehungsauftrag stets ein hohes Maß an Lern- und Konzentrationsleistungen abverlangt wird, sind vielfältig. Sie sind aber nicht unvermeidbar und ganz und gar nicht als zwangsläufige Gegebenheiten des modernen Schulalltags zu akzeptieren.

Beispielsweise wird ein Teil der Versäumnisse mit Sicherheitsaspekten (Angst vor Unfällen) oder mit maroder Bausubstanz (kaputte, nicht zu öffnende Fenster) begründet. Auch ungünstige Standortbedingungen können mit den Lüftungserfordernissen kollidieren, wenn beispielsweise die Fenster wegen zu hoher Lärmbelastungen (unter anderem Verkehrslärm bei straßennaher Lage) geschlossen bleiben müssen und keine Lüftungsanlage vorhanden ist. Zu den weiteren, die Lüftungsbilanz verschlechternden Bedingungen des modernen Schulalltags, zählt auch der Wegfall der selbsttätigen Grundlüftung via Fensterfugen und Undichtigkeiten in der Bauhülle in energetisch sanierten oder neuerrichteten Schulbauten. Zwar erfüllen moderne energieeffiziente Baukonstruktionen die bauordnungsrechtlich und energiepolitisch vorgeschriebenen Anforderungen an den Wärmeschutz und vermindern durch ihre hohe Luftdichtheit entsprechend unerwünschte Energieverluste. Gleichzeitig behindern sie aber die gerade in Schulräumen so dringend benötigte Abfuhr von kontinuierlich in erheblichen Mengen anfallenden Stofflasten (vor allem abgeatmetes Kohlendioxid, aber auch Geruchsstoffe), sofern die fehlende Grundlüftung nicht durch rein bewusstes forciertes Lüften wieder kompensiert wird. Mit dieser Entwicklung in Richtung immer luftdichterer Baukonstruktionen werden sich zukünftig womöglich die lufthygienischen Probleme in den Schulen noch verschärfen, wenn die vorgeschriebenen Energie- bzw. Wärmeschutzmaßnahmen einseitig realisiert – und nicht mit einem entsprechend angepassten Lüftungsregime oder mit Hilfe von technischen, den Luftwechsel unterstützenden Maßnahmen abgestimmt oder ausgeglichen werden.

Einen maßgeblichen Einfluss auf die Luftqualität in Schulräumen hat darüber hinaus die Schülerzahl, weil sich der Bedarf des zuzuführenden Außenluftvolumens pro zusätzlicher Schüler um mindestens 25 m³ pro Stunde erhöht (Forderung nach DIN EN 15251). Dabei spielt nicht nur das



Quelle: LUA Sachsen

„Eine Energiedeklaration ist ohne eine Deklaration zum Innenraumklima sinnlos. Es besteht also die Notwendigkeit, Kriterien für das Innenraumklima festzulegen, die bei Auslegung und bei Energieberechnungen sowie bei Leistungsfähigkeit und Betrieb anzuwenden sind.“

Zitat aus DIN EN 15251 (2007 – 08): Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik

ausgeatmete Kohlendioxid eine Rolle, sondern es erhöhen sich auch die anderweitigen personenbezogenen Stoffeinträge (zum Beispiel durch den Gebrauch von Schreib- bzw. Büromaterialien, Kosmetika usw.), die in der Summe beträchtlich sein können.

In Sachsen ist als Klassenobergrenze eine Zahl von maximal 28 Schülern in allen Schularten verbindlich festgeschrieben (SächsSchulG v. 16.07.2004).

Den Verantwortungsträgern für die Schulplanung und -leitung muss aber bewusst sein, dass enorme Anforderungen an die Lüftung resultieren, wenn allenfalls die räumlichen Mindestanforderungen erfüllt werden und andererseits die entsprechenden Schülerzahlen voll ausgeschöpft werden. Wenn irgend möglich, sollte daher eine Ausschöpfung der entsprechenden Limits vermieden werden. Ferner sollte der gegenwärtig vielenorts zu beobachtenden Tendenz von zunehmenden Klassenstärken durch eine vorausschauende schul- und haushaltspolitische Planung möglichst entgegengewirkt werden.

Die unten stehende Tabelle fasst die Ursachen für die Lüftungsprobleme in Schulen nochmals zusammen.

Die kontinuierliche Versorgung der Unterrichtsräume mit Frischluft ist unter anderem auch deshalb so bedeutsam, weil sie nach allen vorliegenden Kenntnissen und Studienergebnissen als eine unerlässliche Voraussetzung für die Ausschöpfung der schulischen Leistungspotenziale anzusehen ist.

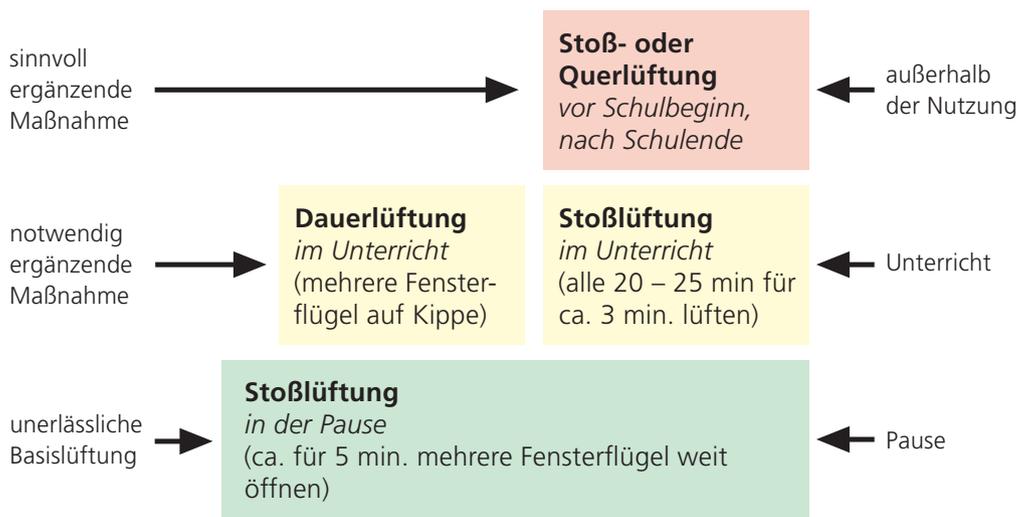
Verschiedene Untersuchungen haben ergeben, dass beispielsweise eine Optimierung der Frischluftzufuhr in klimatisierten Räumen zu einer Verbesserung der geistigen Leistungsfähigkeit (zum Beispiel zu besseren Rechenleistungen) führte und umgekehrt (Verschlechterung von Hirnrindenprozessen bei Absenkung der Luftwechselraten, bereits zitiert in „Hygienische Grundlagen der Klimagegestaltung in Wohn- und Gesellschaftsbauten“, Berlin 1983). Auch neuere Studien bestätigen, dass es zu signifikanten Leistungseinbußen und diversen Befindlichkeitsstörungen kommen kann, wenn die Frischluftvolumenströme nicht den lufthygienischen Anforderungen entsprechen (zum Beispiel Wargotzki et al. 2000). Die adversen Effekte waren bereits bei suboptimalen Raumluftbedingungen (ab 1000 ppm CO₂, teils darunter) zu beobachten. Anhand der vorliegenden Datenlage

muss man zu dem Fazit kommen, dass Nachlässigkeiten in der Lüftung eindeutig zu Lasten der Aufmerksamkeit, der Konzentration sowie der kognitiven Leistungsfähigkeit gehen und entsprechend positive Effekte (in Studien anhand verschiedener physiologischer Parameter, Leistungstests sowie anhand von Wirkungen auf die Disziplin, Schüler-Lehrer-Kommunikation) überprüft an optimale Raumluftbedingungen geknüpft sind, wie die Einhaltung der genannten CO₂-Konzentration von 1000 ppm.

Derzeit sind nach Einschätzung des Öffentlichen Gesundheitsdienstes noch erhebliche Anstrengungen erforderlich, um optimale lufthygienische Verhältnisse in Klassenzimmern zu erreichen, die den Schülern und Lehrern ein Höchstmaß an physischen und psychischen Wohlbefinden sowie die volle Ausschöpfung ihrer Leistungs- und Lernfähigkeit ermöglichen. Die Gesundheitsämter wirken den vorhandenen Defiziten unter anderem dadurch entgegen, dass sie mit Beharrlichkeit gegenüber den Verantwortungsträgern und Schulpersonal immer wieder die Bedeutung der Lüftung in einem der für Kinder wichtigsten Aufenthalts- und Lebensbereiche nahelegen. Eine ganz maßgebliche Verbesserung der Situation in Schulen wäre allein dadurch zu erreichen, wenn flächendeckend an allen Schulen wieder ein straff organisiertes Lüftungsregime etabliert werden würde (wie dies nach den Erfahrungen vorwendezeitlicher Schulabgänger schon einmal der Fall war).

Direkt auf die Lüftung Einfluss nehmende Faktoren:	Indirekt, die Lüftungsbilanz verschlechternde Faktoren:
- nachlassende Lüftungsdisziplin bzw. -sensibilität	- zunehmende Klassenstärken
- Bau- und Sanierungstätigkeiten erfolgen prioritär nach energiepolitischen Anforderungen (energiesparende Bauweisen, immer energieeffizientere und damit luftdichtere Baukonstruktionen)	- Ausschöpfung bzw. Unterschreitung der Mindestraumproportionen
- Überbetonung von Sicherheitsaspekten (fixierte Fensterflügel)	- zunehmende Etablierung von Doppelstunden als sog. „Blockunterricht“
- marode Bausubstanz, nicht zu öffnende Fenster	- höhere Stoffeinträge durch Körperpflegemittel, Schreibutensilien, Unterrichtsmaterialien, Elektronik
- ungünstige Standortbedingungen (z. B. erhöhte Lärmbelastungen in Straßennähe)	- zunehmende Ausdünnung der Reinigungsintervalle, nachlassende Professionalität und dadurch verstärkte Anreicherungen

Grundregeln für die Lüftung von Klassenräumen



Insbesondere muss den Nutzern und Verantwortlichen bewusst sein, dass sie ihr Lüftungsverhalten den Gegebenheiten des modernen Schulalltags anpassen und entsprechende Aktivitäten forcieren müssen, und nicht umgekehrt, wie dies leider oft der Fall ist.

Die Fensterlüftung wird schließlich nur dann funktionieren, wenn konkrete Verantwortlichkeiten zum Öffnen und Schließen der Fenster oder Türen festgelegt werden. Es empfiehlt sich, hierfür einen Lüftungsdienst einzurichten und ein anforderungsgerechtes Lüftungsmanagement entsprechend den jahreszeitlich variablen Gegebenheiten zu organisieren.

Grundsätzlich ist eine aktive Lüftung maschinell (Raumlufttechnik) oder manuell möglich. In Sachsen wird aber auf absehbarer Zeit die Lüftung von Unterrichtsräumen über die Fenster die dominante Lüftungsart bleiben.

Gegenüber den technischen Lüftungsvarianten bietet die Regulation des Luftaustausches per Hand über die Fenster Vor- und Nachteile. Sie gilt einerseits als hinreichend erprobte, gut überschaubare und kostengünstige Lüftungsart. Andererseits ist sie bestimmten Schwankungen (unter anderem bedingt durch meteorologische Variablen wie Winddruck und thermischer Auftrieb) unterworfen, sie kann unter Umständen die Nutzung stören (zum Beispiel beim Durchzug) und erfordert in jedem Falle eine hohe Lüftungsdisziplin. Es hat sich aber gezeigt, dass für den üblichen Schulalltag bestimmte Grundregeln ausreichen, um akzeptable Luftverhältnisse herbeizuführen, sofern diese Lüftungsregeln konsequent befolgt werden.

Um das Bewusstsein für die Thematik in den Schulen zu schärfen, gibt es wiederum eine Vielzahl von Möglichkeiten (zum Beispiel Falbblätter oder Infoblätter mit Lüftungsregeln,

sogenannte „Lüftungsampel“ als Indikator für den Lüftungsbedarf, Messaktionen der CO₂-Konzentration der Raumluft mit direkt anzeigenden handbetrieblaren Messgeräten und vieles anderes mehr), die seitens des Öffentlichen Gesundheitsdienstes in den Schulen vor Ort genutzt werden.

Gegenwärtig kommen an verschiedenen Schulen Sachsens unter Federführung einzelner Gesundheitsämter verstärkt sogenannte „Lüftungsampeln“ zum Einsatz, um zu erproben, ob diese Ampeln sich bei der Lüftung von Klassenräumen als hilfreich und praktikabel erweisen. Eine Lüftungsampel ist ein einfach handhabbares Gerät, das mit einer Anzeige ausgestattet ist, die darüber informiert, wann einem Raum frische Luft zugeführt werden soll. Die Anzeige der Ampel richtet sich jeweils nach der vom Gerät aktuell gemessenen Kohlendioxidkonzentration in der Raumluft. Sie verfügt über eine Optimalanzeige (grün) sowie über zwei Dringlichkeitsstufen (gelb, rot) als optisches Warnsystem für entsprechende Lüftungserfordernisse.

Der bisherige Einsatz der Lüftungsampel verlief durchaus vielversprechend und wurde ausnahmslos als nützlich für die Unterstützung des Lüftungsmanagements eingeschätzt. Falls die Beurteilung der Schulen über den Nutzen der Lüftungsampel weiterhin so positiv ausfällt, sollte darüber entschieden werden, inwiefern nicht auf einer breiteren Basis zukünftig auch andere Schulen von derartigen Instrumenten zur Optimierung der lufthygienischen Situation profitieren können.

Das Sächsische Staatsministerium für Soziales und Verbraucherschutz sowie das Sächsische Kultusministerium sind über die gegenwärtig laufenden Aktivitäten informiert.

Grün:	Optimale Raumluftverhältnisse (vom Umweltbundesamt empfohlene Zielkonzentrationen für CO₂ < 1000 ppm sind eingehalten)
Gelb:	länger anhaltende Gelbphasen sollten laut Empfehlungen vom Umweltbundesamt vermieden werden, eine Lüftung ist anzuraten (entspricht Kohlendioxidkonzentrationen von > 1000 – 2000 ppm)
Rot:	hier sollte lt. Empfehlung vom Umweltbundesamt unbedingt und unverzüglich gelüftet werden (Kohlendioxidkonzentrationen deutlich erhöht, > 2000 ppm)

Literatur beim Verfasser

Dr. med. Mario Hopf, Dr. med. Katrin Flohrs
Landesuntersuchungsanstalt für das
Gesundheits- und Veterinärwesen Sachsen

* Der Vortrag wurde auf dem 27. Dresdner
Kolloquium „Umwelt und Gesundheit“
am 27. 10. 2012 gehalten