

Luftqualität im Klassenraum - "verbrauchte Luft"

[Luftqualität im Klassenraum - "schlechte Luft" während des Unterrichts](http://luftqualitaet-schule.blogspot.de/)

<http://luftqualitaet-schule.blogspot.de/>

„Verbrauchte Luft“ während des Unterrichts

- Unzureichende Luftqualität in Klassenräumen

Es gibt viele Einflussfaktoren während einer Unterrichtsstunde, die das Lernen unserer Kinder positiv, aber auch negativ beeinflussen können. Beispielsweise wurde in den vergangenen Monaten die Beleuchtung im Klassenraum als ein möglicher Ansatzpunkt diskutiert, um optimale Rahmenbedingungen für die Schüler zu schaffen. Eine Literaturrecherche zu diesem Themenkomplex ergab, dass die Helligkeit (Beleuchtungsstärke) im Klassenraum einen weitaus wichtigeren Einfluss auf die Konzentrationsfähigkeit und die Lernbereitschaft hat als die Art der Beleuchtung (konventionelle Beleuchtung oder Vollspektrumlicht).

Bei der Frage, welche weiteren Faktoren sich negativ auf die Aufmerksamkeit und die Lernfähigkeit der Schüler auswirken, kommt der Innenraumluft-Qualität ein besonders hoher Stellenwert zu. Nach Durchsicht der entsprechenden Fachliteratur wurde deutlich, dass die Luftqualität während des Unterrichts in den Klassen einen noch bedeutsameren Einfluss ausübt als die bisher diskutierten Einflussgrößen. Dies entspricht im Wesentlichen auch der subjektiven Wahrnehmung von Schülern und Lehrern, die häufig den Extremzustand „verbrauchte Luft“ am Ende einer Stunde beklagen. Es ist nicht überraschend, dass die Konzentrationsfähigkeit bereits deutlich vor der subjektiven Wahrnehmung von „schlechter Luft“ beeinträchtigt ist.

Beitrag zum Thema Luftqualität in Innenräumen aus der Zeitung DIE ZEIT Stimmt's? Mief macht müde

Stimmt es, dass »verbrauchte Luft« in einem stickigen Raum einen niedrigeren Sauerstoffgehalt hat als frische?

Man kennt das: Viele Menschen sitzen zusammen in einem Raum, und nach einer Stunde setzt das Gähnen ein. »Lasst doch mal Sauerstoff rein!«, ruft dann jemand, und die Fenster werden aufgerissen.

Aber es ist nicht der mangelnde Sauerstoff, der uns müde macht und auch nicht die eventuell übel riechenden Ausdünstungen der Mitmenschen. »Verbrauchte Luft« zeichnet sich vor allem durch einen höheren Anteil an Kohlendioxid aus, und das macht uns schon in sehr kleinen Mengen müde. Wenn wir atmen, dann reichern wir die Luft mit CO₂ an: In der normalen Raumluft sind etwa 21 Prozent Sauerstoff und nur 0,03 Prozent CO₂. Unser Atem dagegen enthält nur noch 14 Prozent Sauerstoff, aber 5,6 Prozent Kohlendioxid – dessen Menge hat sich also mehr als ver Hundertfacht. Und schon ab 2,5 Prozent CO₂ gilt Luft als toxisch.

Ich habe einmal eine Rechnung aufgestellt, was passiert, wenn zehn Menschen sich in einem 60-Kubikmeter-Raum befinden, der luftdicht abgeschlossen ist. In der Modellrechnung atmet jeder Mensch pro Minute acht Liter Luft ein und wieder aus, jeder also pro Stunde etwa einen halben Kubikmeter. Auf die gesamte

BC

Blue Climate AG

Sauerstoffmenge hat das recht wenig Einfluss – nach einer Stunde ist der O₂-Anteil in der Luft von 21 auf 20,3 Prozent gesunken. Aber der Kohlendioxidgehalt hat sich mehr als verzehnfacht: von 0,03 Prozent auf 0,5 Prozent. Da stirbt zwar noch niemand, aber es schlägt eindeutig aufs Wohlbefinden.

CO₂-Konzentration als Maß für die Raumluftqualität

Um die Innenraumluft-Qualität zu bewerten, hat sich die Bestimmung der CO₂-Konzentration bewährt. Die normale CO₂-Konzentration in der Außenluft liegt bei 360 ppm (parts per million) in Reinluftgebieten und etwa 500 ppm in städtischen Gebieten. Der vielen Studien zugrunde liegende Grenzwert von 1000 ppm ist die sogenannte "Pettenkoffer Zahl". Dieser Wert wird von vielen Experten weiterhin als wichtige Zielgröße für eine noch ausreichende Raumluftqualität angesehen (3, 5). Der ebenfalls häufig zitierte Wert von 1500 ppm (Lufthygienewert, DIN 1946-2) ist nicht gleichzusetzen mit Problemfreiheit in Bezug auf die Innenraumluftqualität. Bei 1500 ppm CO₂ geben ca. 35% der Raumnutzer Unzufriedenheit mit der Raumluftqualität an (1). Aus diesem Grund sind CO₂-Konzentrationen von <>Wie verändert sich die Raumluftqualität im Verlaufe des Unterrichts?

In Klassen ohne Ventilation und bei geschlossenen Fenstern steigt der CO₂-Gehalt in der Rauluft im Verlaufe einer Schulstunde um durchschnittlich 1500 ppm an (1). Je nach Ausgangswert, d.h. je nach Lüftungsaktivität in der vorausgehenden Pause, und in Abhängigkeit von der Zahl der Schüler, lagen die Werte am Ende der Stunde zwischen 1900 und 3300 ppm (5 Schulen unterschiedlicher Bauart)(2). Ein mehrstündiger Unterricht bei geschlossenen Fenstern führt bei den üblichen Raumbellegungszahlen im Verlaufe des Vormittags zu CO₂-Werten von ca. 5000 ppm (5). Bereits nach einer Doppelstunde wurden trotz zeitweilig offenstehender Tür Werte von 1980 ppm erreicht (5). Zwei Untersuchungen aus den USA bestätigen diese Zahlen: In 9 Schulen, aus denen es zuvor keine Klagen über schlechte Luftqualität gab, lagen die CO₂-Konzentrationen zwischen 400 und 5000 ppm, wobei der Leitwert von 1000 ppm in 74% aller untersuchten Räume überschritten wurde (3). In der zweiten Studie aus Michigan lagen die Werte zwischen 2700 und 3300 ppm (4). Die CO₂-Konzentrationen, die in den Schulen dokumentiert wurden, stellen mit großer Wahrscheinlichkeit kein akutes gesundheitliches Risiko dar. Sie sind allerdings ein wichtiger Indikator für die Luftqualität und weisen darauf hin, dass der Luftaustausch in der überwiegenden Zahl der Klassen absolut unzureichend ist. Bedingt durch den mangelnden Luftaustausch kommt es neben dem CO₂ zu einem Temperaturanstieg, einer Zunahme von Luftfeuchtigkeit und Ausdünstungen von Bekleidung, Einrichtungsgegenständen und Baumaterialien. Untersuchungen in niedersächsischen Schulen bestätigen diese Zahlen auch für Deutschland und dokumentieren, dass im Tagesverlauf (9 - 15 Uhr) aufgrund unzureichender Lüftungsaktivitäten in den Pausen und Freistunden die CO₂-Konzentration stetig zunimmt und sich ab 14 Uhr bei bedenklich hohen Werten von etwa 5000 ppm stabilisiert(1).

Das diese Zahlen als repräsentativ für die Situation an vielen Schulen gelten können, machen die sehr übereinstimmenden Rahmenbedingungen in der Studie mit den realen Bedingungen in vielen Schulen deutlich. Untersucht wurden Klassenräume der 5. Klassen mit einer durchschnittlichen Belegung von 27 Schülern und einer vergleichbaren Pausenlänge:

An 7 niedersächsischen Schulen wurde an 58 Tagen die CO₂-Konzentration der Raumluft bestimmt (1). Im Sommer lagen 32% der Messungen über dem Lufthygienewert von 1500 ppm (DIN 1946-2), im Winter lagen hingegen 89% der Messungen oberhalb des Grenzwertes. Das folgende Zitat aus der Veröffentlichung dieser Studie charakterisiert sehr zutreffend die Situation in vielen Klassenräumen: "...die Messungen erfolgten bei kühler Außenwitterung in einer 5. Klasse, die von 9:50 -15:45 Uhr Unterricht hatte. Die CO₂-Werte lagen bei Unterrichtsbeginn bei ca. 800 ppm. Vor Ablauf der ersten Unterrichtsstunde ist bereits der DIN-Wert von 1500 ppm überschritten. Lüftungsaktivitäten in den Pausen sind kaum wahrnehmbar..."

Zielkonflikte entstehen besonders, wenn die Energieeinsparung in der Heizperiode in den Vordergrund rückt. Auch unter Berücksichtigung des Klimaschutzes kann das Ziel nicht Lüftungsvermeidung lauten, sondern Ziel sollte eine bedarfsgerechte Lüftung sein. Wobei eine unzureichende Lüftung durch den Anstieg der Luftfeuchtigkeit die Schimmelpilzbildung begünstigt.

Unter welchen Bedingungen kommt es besonders häufig zur Situation „unzureichender Luftqualität“?

Lüftungsdefizite entstehen demnach vor allem in der kühleren Jahreszeit. Bei niedrigeren Außentemperaturen liegen die Innenraum-CO₂-Werte in der Regel höher, bedingt durch die weiter reduzierten Lüftungsaktivitäten. Ergänzend sei erwähnt, dass eine unzureichende Luftqualität nicht etwa nur an einzelnen Tagen im Winter auftritt, wenn bei extremen Minusgraden, die Fenster so gut wie nicht geöffnet werden, sondern, das zeigt wiederum die Untersuchung aus Niedersachsen, an 87% der Unterrichtstage eine unbefriedigende Luftqualität vorlag (1). Zu berücksichtigen ist auch, dass die maximalen CO₂-Werte in Abhängigkeit vom Alter der Schüler zunehmen, d.h. die Situation in den älteren Jahrgangsstufen kann als noch schlechter angenommen werden (1).

Welche Art der Lüftung ist notwendig, um die Luftqualität in Unterrichtsräumen im Bereich akzeptabler Werte zu halten?

Es ist ein Trugschluss zu glauben, dass z.B. 2-3 Fenster auf "Kippstellung" während einer kurzen Pause ausreichen, um die Luftqualität in einem akzeptablen Bereich zu halten (7). Allerdings sind diese minimalen Lüftungsaktivitäten immer noch besser als die zu oft zu beobachtende Situation, dass überhaupt keine Fenster geöffnet werden.

Die häufig praktizierte Spaltlüftung (Fenster in Kippstellung) führt gerade bei großen Räumen dazu, dass nicht alle Teile des Raumes gleichmäßig mit Frischluft versorgt werden. Der Luftaustausch bei dieser Art der Lüftung ist zudem gering (0,8 -4/h). Deutlich wirksamer ist hingegen die Querlüftung (40 /h); 0,5 /h bedeutet, dass die Hälfte der Raumluft pro Stunde ausgetauscht wird, 4 /h bedeutet, dass innerhalb einer Stunde die Luft 4 Mal komplett ausgetauscht wird.

Unzureichende Lüftungsaktivitäten, z.B. durch nur einzelne auf Kippstellung geöffnete Fenster in den Pausen, führen dazu, dass in weiteren Verlauf des Schultages regelhaft CO₂-Konzentrationen erreicht werden, die leistungsbeeinträchtigend sind (1, 5). Da diese Veränderungen in der Regel am späten Vormittag mit weiteren Störfaktoren zusammentreffen (Nachlassen der Konzentrationsfähigkeit aufgrund von allgemeiner Müdigkeit oder unzureichender

BC

Blue Climate AG

Nahrungszufuhr) ist eine deutlich abnehmende Lernbereitschaft der Schüler gegen Mittag nicht unerwartet.

In den vergangenen Wochen wurden die Lüftungsaktivitäten in einer 6. Klasse an einem Gymnasium stichprobenartig dokumentiert. Es zeigten sich dabei sehr gegensätzliche Ergebnisse: Bei ca. 40% der beobachteten Stunden waren zu keinem Zeitpunkt die Fenster geöffnet. Eine befriedigende Lüftungsaktivität mit geöffneten Fenstern während und nach der Stunde konnte in weiteren 40% der Unterrichtsstunden dokumentiert werden. In den verbleibenden 20% wurde zumindest am Ende des Unterrichts gelüftet. Beim Betreten eines Fachraumes waren die Fenster nach der Pause sehr häufig geschlossen. Um ein regelmäßiges Lüften, vor allem in den großen Pausen, sicherzustellen, wäre die Benennung eines Lüftungsdienstes sicherlich sinnvoll (13).

Die Folgen „schlechter Luft“

Neben einer verminderten Konzentrationsfähigkeit und einer verstärkten Müdigkeit kann eine schlechte Luftqualität weitere negative Folgen haben. Aus epidemiologischen Untersuchungen liegen erste Hinweise vor, dass hohe Innenraum-CO₂-Konzentrationen mit höheren Fehlzeiten der Schüler assoziiert sind. Innenraum-CO₂-Werte am Ende der Stunde von im Mittel 1300 - 1400 ppm führen zu einem Anstieg der Fehlzeiten um 10 - 20% (12). Eine aktuelle Untersuchung (11) liefert Hinweise, wie sehr die schulische Leistung der Kinder durch eine unzureichende Luftqualität beeinträchtigt wird. Beispielsweise wurde ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Luftqualität und dem Ergebnis eines Mathetests beschrieben. Je geringer die Ventilation, d.h. der Luftaustausch in den Klassen, desto schlechter schnitten die Schüler im Mathetest ab.

Wie viel Frischluftzufuhr ist notwendig, um optimale Lernbedingungen zu schaffen?

Das eine höhere Luftaustauschrate die Leistungsfähigkeit positiv beeinflusst, konnte in verschiedenen Untersuchungen bestätigt werden (8, 9). Eine aktuelle Studie kommt zu dem Schluss, dass der größte Leistungszuwachs erzielt wird, wenn die Ventilationsrate mindestens 15 Liter pro Sekunde pro Person beträgt (9). Einige Autoren empfehlen für eine optimale Leistungsfähigkeit Ventilationsraten von 20 - 25 L pro Person/Sek (10). Die als Minimum anzusehende Frischluftzufuhr pro Schülern sollte 7 Liter/Sek. betragen (2) Demnach sollte in einem Klassenraum (Raumvolumen 180 m³, 25 Schüler) auch bei kühler Witterung die Luftaustauschrate keinesfalls 6,5/Std. unterschreiten, d.h. innerhalb von knapp 10 Minuten. muss die gesamte Raumluft einmal ausgetauscht worden sein. Wenn die Fenster auf Kippstellung stehen lassen sich maximal Luftaustauschraten von 5/Std. (Mittelwert: 0.8 - 4/Std.) realisieren. Mit halb geöffneten Fenstern lassen sich Austauschraten von 10/Std. erzielen. Diese Zahlen machen deutlich, dass unter dem Blickwinkel einer ausreichenden Luftqualität die Fenster auch während des Unterrichts auf Kippstellung stehen müssten. Sofern die Fenster aufgrund sehr niedriger Außentemperaturen oder deutlich wahrnehmbarer Lärmbelastung während der Schulstunden geschlossen bleiben, ist auch während der kurzen Pausen eine Querlüftung (Austauschrate bis 40/Std.) notwendig (7). Als Konsequenz aus diesen Erkenntnissen wurden die Schulklassen in den meisten skandinavischen Ländern durchgängig mit Lüftungsanlagen ausgestattet.

Fazit

Wenn es uns um das Wohlbefinden der Kinder und um optimale Lernbedingungen geht, dann wäre die Verbesserung der Luftqualität durch regelmäßiges Lüften eine wirksame und zugleich kostengünstige Maßnahme im Vergleich zur Installation einer Vollspektrum-Beleuchtung. Die Luftqualität in vielen Klassenräumen, z.B. am Ohmoor-Gymnasium in Niendorf, ist aufgrund einer stichprobenartigen Befragung zu den Lüftungsaktivitäten und aufgrund der vergleichbaren Rahmenbedingungen wie an den untersuchten Schulen in Niedersachsen mit großer Wahrscheinlichkeit als unzureichend anzusehen. Bisherige Untersuchungen geben klare Hinweise, dass sich diese unbefriedigende Luftqualität negativ auf das Leistungsvermögen und das Wohlbefinden der Schüler (und Lehrer) auswirken könnte. Um die für eine ausreichende Luftqualität notwendigen Luftaustauschraten zu erreichen, ist die Benennung eines „Lüftungsdienstes“ sinnvoll, der darauf achtet, dass sowohl in den kleinen als auch in den großen Pausen kurzzeitig durch Querlüftung für eine ausreichende Frischluftzufuhr gesorgt wird.

Literatur

1. Grams, H. et al. Aufatmen in Schulen. Gesundheitswesen 2003; 64: 447-456
2. Kuiv, TA. Indoor climate and ventilation in Tallin school buildings. Proc. Estonian Acad. Sci. Eng., 2007; 13:17-25
3. Daisey, JM. et al. Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools. Indoor Air, 2003; 13: 53-64
4. Godwin, C., Battermann S. Indoor air quality in Michigan schools. Indoor Air, 2006; 16: 459-473
5. Heudorf, U. Bringt die Passivhausschule die Lösung der raumhygienischen Probleme in Schulen? Gesundheitswesen, 2007; 69: 408-414
6. Kimmel, R. et al. Mangelhafte Lüftung als Auslöser von Befindlichkeitsstörungen in einer Grundschule. Gesundheitswesen, 2000; 62: 660-664
7. Merkblatt des Niedersächsischen Landesgesundheitsamtes: Lüftungsempfehlung für Arbeitsräume (Büro- und Unterrichtsräume). <http://www.nlga.niedersachsen.de/> (2. Aufl. September 2007)
8. Wakefield J. Environmental Health Perspectives, 2002; 110, (6): A298-305
9. Seppänen O. et al. Ventilation and performance in office work. Indoor Air, 2006; 16 (1): 28-36
10. Wargocki P., et al. Ventilation and health in non-industrial indoor environments (EUROVEN). Indoor Air, 2002; 12 (2): 113-128
11. Shaughnessy RJ. et al. A preliminary study on the association between ventilation rates in classrooms and student performance. Indoor Air, 2006; 16 (6): 465-468
12. Shendell DG. et al. Associations between classroom CO2 concentrations and student attendance in Washington and Idaho. Indoor Air, 2004; 14 (5): 333-341

BC

Blue Climate AG

13. Information des Niedersächsischen Landesgesundheitsamtes. Luftqualität und Raumklima in Unterrichtsräumen.

www.nlga.niedersachsen.de/Schwerpunktthemen/Lufthygiene

Dr. med. Detlef Nachtigall