

## Lüftung in Schulen und Kindergärten Luftqualität und Energieeffizienz vereinbaren



# Schulen und Klassenräume:

## unterschiedliche Nutzungen und Belegungen

Schulen und Klassenräume zeichnen sich durch unterschiedliche und veränderliche Belegungen aus, die ein am Bedarf angepasstes Lüftungskonzept benötigen.



Schulen und Kindertagesstätten beinhalten unterschiedliche Raumarten mit verschiedenen Funktionen (Klassenraum, Büro, Küche, Toiletten, usw.), die durch Schüler oder Erwachsene genutzt werden.

Durch die unterschiedliche Belegung und Nutzung dieser Räume ergeben sich Schadstoffeinträge ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , ...) die durch ein effizientes Lüftungssystem entfernt werden müssen. Nur somit wird ein bestimmter Hygiene- und Gesundheitsstandard für die Benutzer erhalten.

Klassenräume können mit bis zu 25 ... 30 Schülern und einem Lehrer belegt sein. Dazu kommt, dass eine Unterrichtseinheit

durchgängig 45 bzw. 90 Min. beträgt. Dies stellt eine große Herausforderung an das Lüftungssystem.

Dieser Raum soll:

- eine gute Luftqualität anbieten: dies ist für die Konzentration und die Gesundheit wichtig
- ruhig sein (aus akustischer Sicht).
- gut temperiert sein (keine unnötigen Energieverluste).

Der Klassenraum ist in der Regel durch seine hohe Belegungsdichte gekennzeichnet.

Neben diesem Raum befinden sich in einer Schule auch andere Raumtypen, die die Bedürfnisse der Schüler decken sollen: die Bibliothek mit stark schwankenden Benutzungszeiten; evtl. ein Krankenzimmer, was eher selten belegt ist und Toiletten mit einer Benutzungszeit zu wenigen Stoßzeiten.

Der Verwaltungsteil dieser Gebäude ist gewöhnlich durch Büros (Belegung über den ganzen Tag verteilt), Archiv (selten belegt), und Lehrerzimmern (variable Belegung) gekennzeichnet. Die Aktivität dieser Räume ist typisch für den Nichtwohnbau.

Die Belegung und Benutzung einer Schule oder einer Kindertagesstätte erfordert unabdingbar ein intelligentes und effizientes Lüftungskonzept.

Eine bedarfsgeführte Lüftung ist hier eine hervorragende Lösung.



# Schadstoffe und Indikatoren der Luftqualität

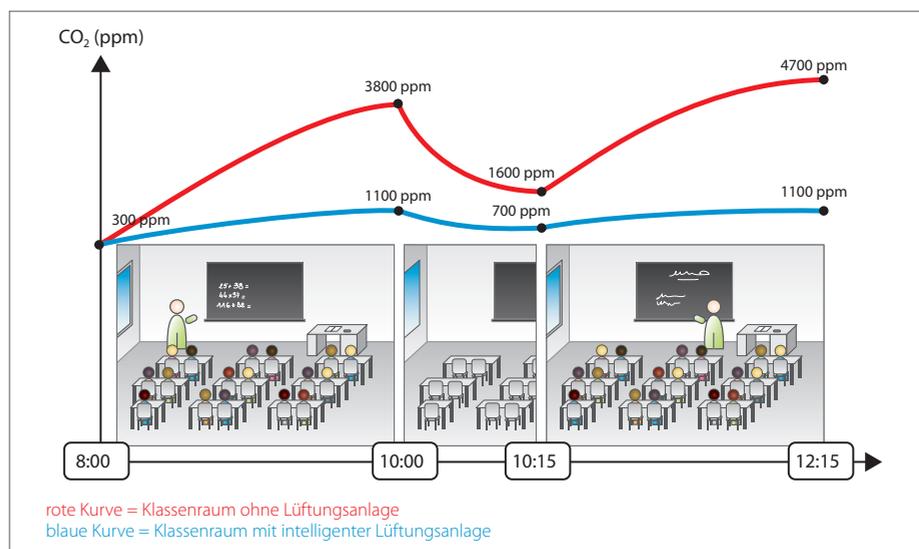
## Lüftung und CO<sub>2</sub>-Konzentration

Die CO<sub>2</sub>-Konzentration der Innenluft in einem Klassenraum ist allgemein als guter Indikator für die Innenraumluftverschmutzung anerkannt. Ein nicht zu überschreitender Grenzwert von 1500 ppm CO<sub>2</sub> wird allgemein für die Auslegung zu Grunde gelegt<sup>1</sup>, kurzzeitige Überschreitungen bis ca. 2000 ppm können noch als vertretbar angesehen werden.

Ohne effiziente Lüftungsanlage kann die CO<sub>2</sub>-Konzentration durchaus extrem hohe Werte erreichen. In Schulen ohne ventilatorgestützte Lüftung wurden in Studien Werte von 7000 ppm nach 3 Stunden Unterricht gemessen.

Studien beweisen auch, dass hohe CO<sub>2</sub>-Konzentrationswerte (5000, 10000 ppm,...) Kopfschmerzen, Übelkeit und Brechreiz als Folge haben können. Diese sind für die Gesundheit und die Leistungsfähigkeit von Schülern und Lehrern nicht zu unterschätzen. Die Belegungsdichte in Gegenseit zu Wohnungen mit ca. 20 ... 30 m<sup>2</sup>/Person liegt hier bei nur 2 ... 3 m<sup>2</sup>/Person!

Änderung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in Abhängigkeit der Belegungszeiten eines Klassenraumes. Vergleich mit und ohne Lüftungssystem (Beispiel beruht auf Messungen in Situation).



Auf dem Diagramm oben ist zu sehen, wie in einem Raum ohne Lüftungssystem die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Luft stark schwankt und welche hohen Werte gegen Ende eines Unterrichts erreicht werden können. Zu beachten ist hier, dass eine Fensterlüftung

(gekippte Fenster, Stoßlüftung alle 15 Minuten) diese Werte kaum senken lässt. Mit einem effizienten Lüftungssystem wird die CO<sub>2</sub>-Konzentration in einem durchaus akzeptablen Rahmen gehalten.

1. Die CO<sub>2</sub>-Konzentration im Außenbereich kann je nach Lage variieren.

## Lüftung und Feuchtigkeit



In einem Klassenraum, in dem 20 bis 30 Schüler gleichzeitig sitzen, wird etwa 1 kg Wasser in Form von Wasserdampf freigesetzt (abhängig der Jahreszeit). Eine relative Luftfeuchtigkeit zwischen 35% und 65% ist, aus bauphysikalischer und hygienischer Sicht, sinnvoll. Unter 30% ist die Luft zu trocken; über 70% ist die Luft zu feucht.

Unter dieser Annahme sind Lüftungsanlagen, wie Aereco sie auch hier anbietet, durchaus effizient um die relative Luftfeuchtigkeit in einem gesunden Rahmen zu halten.

## Gerüche und VOC

Andere Verschmutzungen, mehr oder weniger schädlich, können auch in hoher Konzentration auftreten, wenn das Lüftungssystem nicht angepasst ist. Gerüche können schnell zu einer unerträglichen Last werden und die Konzentration der Schüler stark beeinflussen. VOC, ausgestoßen durch Materialien und Farben, usw. sind ein nicht zu unterschätzendes Risiko für die Gesundheit der Kinder und des Personals.



# Kriterien und Anforderungen

## für eine effiziente Lüftung von Schulen und Kitas



Die Hauptkriterien, die bei dem Lüftungskonzept einer Schule und einer Kita berücksichtigt werden müssen, sind mit den Bedürfnissen der Benutzer (Lebensqualität und Hygiene), mit komfortablen Rahmenbedingungen (Luftfeuchtigkeit, Akustik) und mit wirtschaftlichen Aspekten (Investitions- und Betriebskosten) verbunden.

### Hygienischer Komfort

Eine Fensterlüftung ermöglicht keine befriedigende Lüftung der Räume: hier ist eine Beherrschung des Luftaustauschs in Abhängigkeit des tatsächlichen Bedarfs nicht möglich.

Es wird allgemein angenommen, dass pro Person ein Außenluftvolumenstrom von 15 bis 20 m<sup>3</sup>/h angesetzt wird. Das ergibt einen Gesamtvolumenstrom von 275 bis 550 m<sup>3</sup>/h bei 25 Schülern pro Klassenraum.

Durch den Einsatz einer bedarfsgeführten Lüftung im Schulbereich können jedoch die o.g. Luftmengen permanent am jeweiligen Bedarf erhöht oder gesenkt werden.

### Hygrothermischer Komfort

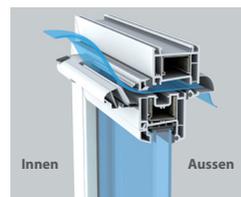
Kriterien wie Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und Geschwindigkeit der hereinströmenden Luft beeinflussen den Komfort im Raum.

#### Temperatur und Luftgeschwindigkeit

Die Frischluftzufuhr kann im Klassenraum durch die hohen erforderlichen Luftmengen und die niedrigen Außentemperaturen im Winter problematisch sein. Dazu kommt der Faktor der Geschwindigkeit der hereinströmenden Luft, was besonders im Fensterbereich zu einer unbehaglichen Situation führen kann, wenn Geschwindigkeit der Luft zu hoch und

Temperatur der Luft zu niedrig sind.

Im Winter, wenn die Frischluftzufuhr im Klassenraum über Außenluftdurchlässe (ALD) am Fenster erfolgt, soll sich deren Volumen progressiv ändern und nicht direkt auf die Schüler ausgerichtet sein. Zuluftelemente mit einer an der Decke orientierten Einströmung (siehe Abbildung), optimieren eine progressive



Erwärmung und verbessern den thermischen Komfort. Somit wird ein negativer Einfluss auf die Behaglichkeit im Raum weitgehend vermieden (siehe auch Untersuchung des Fraunhofer IBP zur Behaglichkeit der Aereco-Lüftung - IBP-Bericht RKB 12-2007).

#### Feuchtigkeit

In flüssiger Form oder als Dampf ist die Feuchtigkeit eine Ursache für Probleme in Bauten.

Geringe relative Feuchten ca. <30% können einen direkten oder indirekten Effekt auf die Gesundheit der Benutzer haben.

Eine relative Luftfeuchtigkeit zwischen 40% und 60% ist für das Atmungssystem sinnvoll; eine dauerhaft zu hohe oder zu niedrige Luftfeuchtigkeit ist aber sowohl für die Benutzer wie auch für die Bausubstanz schädlich.

### Akustischer Komfort

Die Akustik in Schulgebäuden, vor allem die der Klassenräume, ist ein wichtiges Thema bei der Konzeption des Gebäudes und dessen Innenausstattung. Dies betrifft die Isolierung im Allgemeinen (zwischen den Räumen und der Außenwelt) und die akustische Qualität der Räume (Materialauswahl zur Schalldämmung, Schallpegel). Ein Lüftungssystem kann aber die Qualität der Schalldämmung eines Raumes beeinflussen, da es durch die Luftbewegung Schall erzeugen oder übertragen kann.

Die Komponenten der Aereco Lüftung sorgen für eine hervorragende Schalldämmung der Zuluftelemente gegenüber dem Außenlärm (Normschallpegeldifferenz  $D_{n,e,w}(C)$  bis zu 52 dB) sowie für einen niedrigen Schallpegel der Abluftelemente ( $L_w$  bei max. Luftmenge von 33 dB(A)).

# Die Balance zwischen Luftqualität und Energieeffizienz erreichen

Auch wenn eine der Hauptfunktionen des Lüftungssystems in der Sicherstellung der Luftqualität und Behaglichkeit besteht, spielt jedoch der Energiebedarf des Gebäudes eine wichtige Rolle.



Es ist schon längst untersucht worden, dass eine Fensterlüftung keinesfalls eine gute Luftqualität gewährleisten kann. Deren Einfluss auf Wärmeverluste ist aber nicht vermeidbar: vor allem im Winter oder in der Zwischensaisonzeit wird über diese Lüftungsart kalte Luft zugeführt: die Innenraumluft muss dann wieder erwärmt werden.

Eine konstante Lüftungsanlage verbessert diesen Zustand, indem die schlechte Luft schneller ausgetauscht wird. Jedoch bietet eine Konstantregelung der Luftmengen keine passende Antwort zu den Problemen der inneren Lasten bei unterschiedlicher

Aktivität oder Belegung; unnötige Energie wird verschwendet, wenn zum Beispiel ein Klassenraum kaum oder nicht belegt ist. Hier hilft auch eine Zeitschaltuhr wenig: bei ausfallendem Unterricht, Pause, usw. wird das nicht berücksichtigt.

Das Energieeinsparpotenzial ist hier beträchtlich: es benötigt nur eine intelligente Lüftungsanlage, die bei diesen Situationen den Luftaustausch automatisch regelt.

Auch bei dem Antrieb der Lüftungsanlage besteht ein hohes Energieeinsparpotenzial: durch die Regelung der Abluftmengen am Bedarf kann die durchschnittliche Luftwechselrate in

einem beachtlichen Maß reduziert werden. Somit kann die Leistungsaufnahme eines Aereco EC-Ventilators, kombiniert mit einer Konstantdruckregelung auf einem niedrigen Niveau gehalten werden.

Durch die Anpassung der ausgetauschten Luftmengen an die Bedürfnisse (Führungsgrößen: CO<sub>2</sub>, Feuchtigkeit, Präsenz) der Schüler und Lehrer senkt eine Aereco Lüftungsanlage den Energieverbrauch (Lüftungswärmeverluste und Leistung der Ventilatoren) und optimiert die Raumluftqualität der unterschiedlichen Räume.



# Aereco : effiziente Lösungen

angepasst an die Gegebenheiten von Schulen und Kitas



Unterschiedliche Lösungen für die Auslegung der Lüftungsanlage können in Frage kommen: Lüftungsanlage mit Feuchteregelung bzw. mit CO<sub>2</sub>-Regelung - Lüftungsanlage zusätzlich mit einer Nachtauskühlung ausgestattet - Abluftwärmenutzung (Rückführung in die Heizungsanlage je nach Anlagenkonstellation). Vorab ist zu definieren, welche Anforderungen (Luftqualität, Behaglichkeit, Investitionskosten, Betriebskosten, ...) an das System gestellt werden.

## Variante Basis

Über ALD strömt die frische Luft in die Klassenräume. Diese werden zum Beispiel am Fenster angebracht oder befinden sich in der Wand. Sie sorgen für eine optimierte Frischluftzufuhr in Abhängigkeit der Inneraum-Luftfeuchtigkeit.

Gleichzeitig wird in diesen Räumen sowie in den Toiletten die verbrauchte Luft über Abluftelemente abgesaugt. Hier ist auch die relative Luftfeuchtigkeit (RF) die richtige Führungsgröße für die jeweilige Menge.

Ein zentral platzierter Ventilator (3) sorgt dafür, dass die Luft über die ALD angesaugt wird und weiter in die richtige Richtung strömt. Hierdurch findet eine kontrollierte und bedarfsgeführte Lüftung der gesamten Schule statt. Der Ventilator kann je nach Gegebenheiten raumweise oder zentral angeordnet sein.

## Variante Standard

Zusätzlich zu den in Variante Basis beschriebenen Elementen werden hier ein CO<sub>2</sub>-Regler und ein Nachtauskühlgerät abluftseitig vorgesehen.

Der CO<sub>2</sub>-Regler CO<sub>2</sub>-T ermöglicht eine Anpassung der Luftmengen an die jeweilige CO<sub>2</sub>-Konzentration der Luft im Raum. Über einen 2-stufigen Schwellwertschalter wird, wenn die voreingestellten CO<sub>2</sub>-Soll-Werte (1000 und 1500 ppm) überschritten werden, ein Impuls an die Abluftelemente zur Intensivlüftung gegeben. Nach Unterschreitung dieser auch einstellbaren Soll-Werte stellt sich die Intensivlüftungsfunktion wieder zurück.

Die zweite Schaltstufe kann in Bezug auf die Behaglichkeit bei tiefen Außentemperaturen blockiert werden um sehr trockene Luft zu vermeiden und Diskomforterscheinungen besonders im Bereich der Fensterreihe vorzubeugen.

Das Nachtauskühlgerät NAK dient zur passiven Nachtauskühlung in Verbindung mit der bedarfsgeführten Abluftanlage. Dies ermöglicht während der warmen Jahreszeit eine temperaturgeführte Aktivierung der Intensivlüftung der Abluftelementen durch einen Temperaturvergleich  $T_{\text{Außen}} < T_{\text{Innen}}$  (frei einstellbar).

## Variante Plus

Zusätzlich zu der Variante Standard wird eine Wärmerückgewinnung durch die Abluftwärmenutzung vorgesehen. Dazu ist vor dem Abluftventilator zusätzlich ein Wärmeübertrager installiert, der für die Rückführung der Energie aus der Abluft in den Heizkreis sorgt. Diese Energie kann je nach Anlagenkonstellation direkt in den Wärmequellenkreis einer Wärmepumpe oder durch eine eigenständige Wärmepumpe in die Heizungsanlage eingebracht werden.

# Anwendungsbeispiele

## Variante Basis

Komponenten	Raumtyp	Klassenzimmer	Bibliothek	Lehrerzimmer	Krankenzimmer	Toiletten	Büros	Spitzboden / Dach
feuchtegeführtes Zuluftelement Bsp.: ZFHNV 30		+++	+++	++	+	-	+++	+++
feuchtegeführtes Abluftelement Bsp.: AH 67		+++	++	+++	+	++	++	-
feuchtegeführtes Abluftelement mit Bewegungsmelder Bsp.: AHSON 67		+++	+++	+++	+	+++	++	-
Abluftelement mit Bewegungsmelder ABI 100 12V		+++	+++	+++	+++	+++	+++	-
EC-Ventilator Bsp.: VES 250		+++	-	-	-	+++	+++	+++

## Variante Standard (in Kombination mit Elementen Variante Basis)

Komponenten	Raumtyp	Klassenzimmer	Bibliothek	Lehrerzimmer	Krankenzimmer	Toiletten	Büros	Spitzboden / Dach
CO <sub>2</sub> -Regler CO <sub>2</sub> -T		+++	++	++	-	-	+++	-
Nachtauskühlgerät NAK		+++	+++	+++	+++	+++	+++	-

## Variante Plus (in Kombination mit Elementen Variante Basis und/oder Standard)

Komponenten	Raumtyp	Klassenzimmer	Bibliothek	Lehrerzimmer	Krankenzimmer	Toiletten	Büros	Spitzboden / Dach
Dachlüftungszentrale Bsp.: DLZ 15 WRG-EC		-	-	-	-	-	-	+++



ZFHNV 30 - Zuluftelement für Fenstereinbau



AHSON 67 - feuchtegeführtes Abluftelement mit Präsenzerfassung



VES 250 - EC-Ventilator

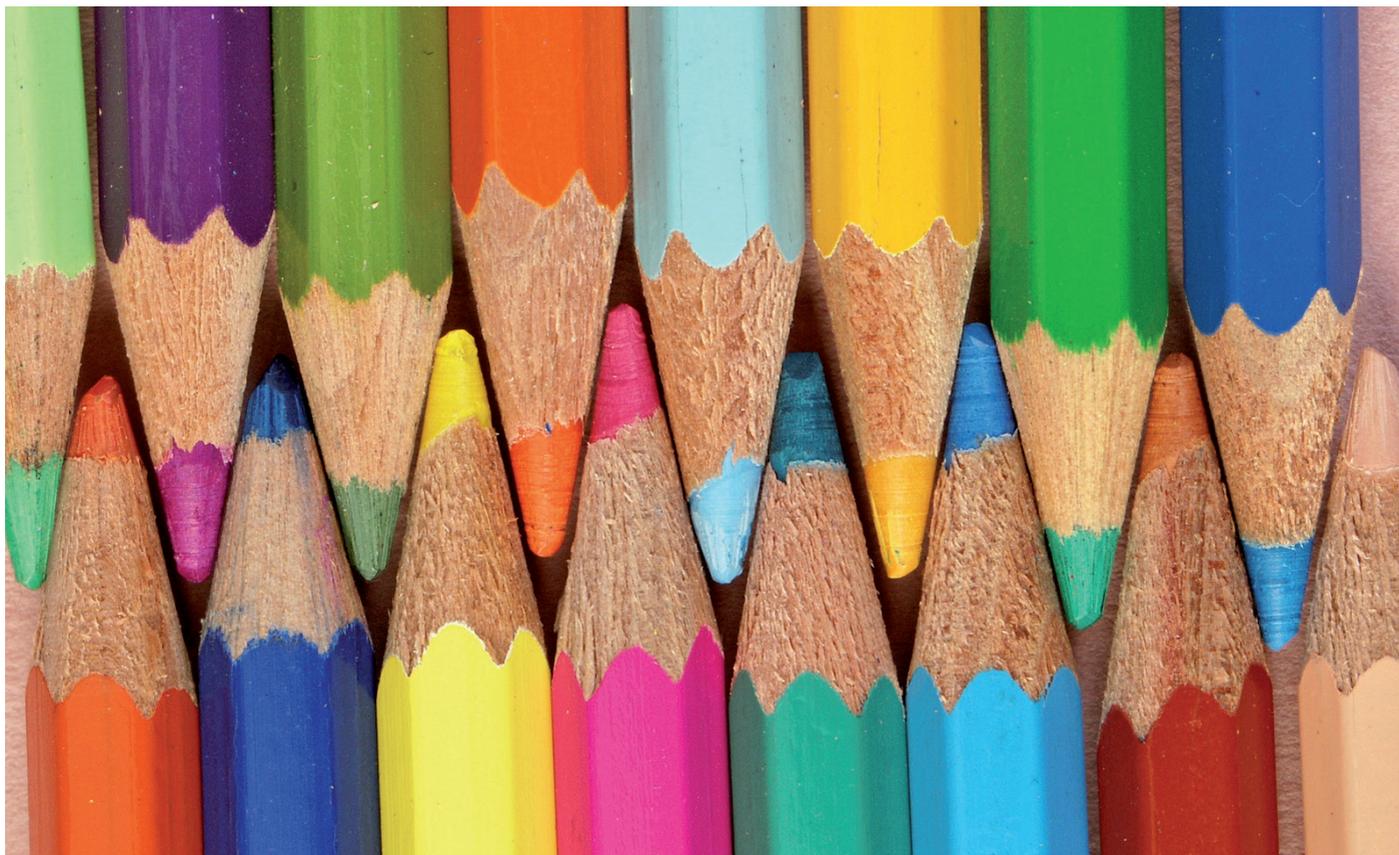


NAK - Nachtauskühlgerät



CO<sub>2</sub>-T - CO<sub>2</sub>-Regler

Die Tabellen Variante Basis, Standard und Plus stellen keinen Anspruch auf Vollständigkeit und auch keine Materialliste dar. Es ist vor Ort zu klären, welche zusätzlichen Elementen benötigt werden (Telefonieschalldämpfer, Dachhaube, usw.) Hinweis: unter der Webseite [www.aereco.de](http://www.aereco.de) finden Sie mehrere Musterplanungen für Schulen.



Aereco GmbH  
Rudolf-Diesel-Str. 2a  
D - 65719 Hofheim-Wallau  
Tel.: +49 (0)6122/ 7042 84 - Fax: +49 (0) 6122/ 7042 89  
[www.aereco.de](http://www.aereco.de)