

## Gute Luft für besseres Lernklima

Stellungnahme und Empfehlung  
zur Luftqualität in Schulen und vergleichbaren Gebäuden

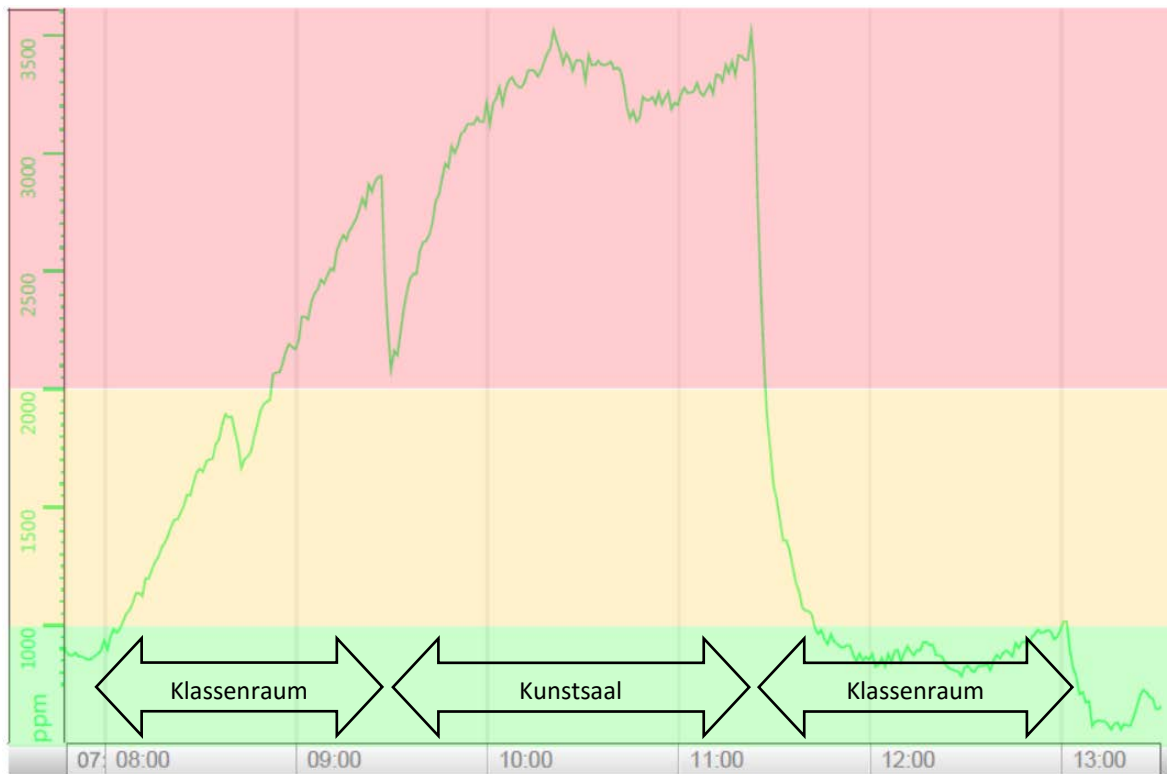
### 1. Zusammenfassung

Versammlungsräume werden in Deutschland seit Jahrzehnten im Sinne einer auskömmlichen Luftqualität mit mechanischen Lüftungsanlagen ausgestattet. Bei Schulgebäuden setzt man trotz hoher Belegungsdichten in vielen Fällen auf Fensterlüftung, obwohl diese in der Praxis de facto kaum die Anforderungen an ausreichende Luftqualität sicherstellen kann. Der Einsatz mechanischer Lüftungsanlagen sorgt dagegen nicht nur durch gute Luftqualität für bessere Lernbedingungen, sondern bringt weitere Vorteile, darunter Schutz vor Außenlärm, Reduzierung von Außenluftschadstoffen und Pollen in der Raumluft. Zusätzlich leisten effiziente Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung einen wichtigen Beitrag zur Heizenergieeinsparung und zum Klimaschutz.

### 2. Bedeutung guter Luftqualität im Klassenzimmer

Dr. Max von Pettenkofer, ein bayerischer Arzt und Chemiker des 19. Jahrhunderts, definierte 1857 einen Grenzwert für den hygienisch unbedenklichen CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft: 1.000 ppm. Dieser Grenzwert wird als „*Pettenkofer-Wert*“ bezeichnet und ist heute wie damals Maßstab für eine gute Luftqualität.

Unbelastete Außenluft weist einen CO<sub>2</sub>-Gehalt von rund 400 ppm auf. Die ausgeatmete Luft von Schülern und Lehrern hat einen CO<sub>2</sub>-Gehalt von rund 4.000 ppm und lässt den CO<sub>2</sub>-Gehalt schnell ansteigen: Bei üblichen Belegungsdichten wird der *Pettenkofer-Wert* ohne Frischluftzufuhr in einem Klassenzimmer mit zunächst unbelasteter Frischluft 10 bis 15 Minuten nach Beginn des Unterrichts überschritten. Es spielt dabei praktisch keine Rolle, ob die Fenster des Klassenraums dicht (neue Fenster) oder eher undicht (alte Fenster) sind – die Fugenlüftung ist, anders als bei Wohngebäuden mit vergleichsweise geringer Belegungsdichte, bei Klassenräumen mit üblicher Belegungsdichte in jedem Falle unbedeutend.



**Abbildung 1:** © Maßsong

Messung der CO<sub>2</sub>-Konzentration im Schultag einer Klasse 5A  
(Unterrichtsräume ohne Lüftungsanlage mit ca. 30 Schülern):

8:00 Uhr: Unterrichtsbeginn bei ca. 900 ppm  
 8:05 Uhr: Überschreiten von 1.000 ppm  
 8:45 Uhr: Lüften bringt geringfügige Reduzierung  
 8:50 Uhr: Überschreiten von 2.000 ppm  
 9:30 Uhr: Raumwechsel in Kunstsaal, dort rasches Ansteigen und Stagnation bei > 3.000 ppm  
 11:25 Uhr: Raumwechsel in Klassenraum, dort bis Schulschluss dauerhaft weit geöffnete Fenster, permanent < 1.000 ppm

Grenzen gemäß UBA wie Tabelle 1:

< 1.000 ppm:	unbedenklich
1.000 – 2.000 ppm:	auffällig
> 2.000 ppm:	inakzeptabel

CO<sub>2</sub> an sich stellt nicht das einzige (und möglicherweise nicht das vordringliche) Problem dar: Mit steigender CO<sub>2</sub>-Konzentration steigt der Gehalt an anderen, personen- und ausrüstungsbedingten Luftschad- und Geruchsstoffen – mit ebenfalls unerwünschten Folgen. Auch Radon kann als Luftschadstoff ein Problem darstellen – abhängig von den baulichen Gegebenheiten und dem regionalen Vorkommen.

Eine geringe Raumluftqualität ist kein bloßer Schönheitsfehler, sondern hat konkrete unerwünschte Folgen, u.a.:

- Verringerung der Konzentration und der mentalen Leistungsfähigkeit
- Kopfschmerzen
- gesteigerte Infektanfälligkeit

In vielen Ländern wurden Studien durchgeführt, welche die negativen Folgen schlechter Luftqualität in Schulen belegen. Siehe hierzu [2].

Die Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Innenraumlufthygienekommission und der Obersten Landesgesundheitsbehörden (Ad-hoc AG IRK/AOLG) hat vor diesem Hintergrund bereits im Jahr 2008 Leitwerte für CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der Raumluft vorgelegt:

**Tabelle 2. Leitwerte für die Kohlendioxid-Konzentrationen in der Innenraumluft (Ad-hoc-AG 2008)**

CO <sub>2</sub> -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

Diese Leitwerte für den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Raumluft finden sich u.a. im „Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden“ des Umweltbundesamtes [1].

Arbeitsrechtlich steht nicht den Schülern, aber den Lehrern eine zuträgliche Raumluftqualität zu: Hier gelten ebenfalls die in Tabelle 1 genannten Grenzwerte (Arbeitsstättenverordnung i.V.m. „Technische Regeln für Arbeitsstätten“ ASR A3.6, [3] und [4]).

**Kurz gefasst: Schüler und Lehrer benötigen eine gute Raumluftqualität – zur Gewährleistung von Wohlbefinden, Gesundheit und Leistungsfähigkeit.**

### 3. Strategien im Sinne guter Luftqualität

Um dauerhaft eine gute Luftqualität im Klassenzimmer sicherzustellen, benötigt jede Person rund 500 Liter Frischluft pro Minute (zur Einhaltung einer max. CO<sub>2</sub>-Konzentration von 1000 ppm). Dies lässt sich grundsätzlich auf drei Arten bewerkstelligen:

- Fensterlüftung
- Mechanische Lüftung (Lüftungsanlage)
- Hybridlüftung aus mechanischer Grundlüftung mit Fensterlüftung (idealerweise mit automatischen Fensteröffnern)

#### 3.1 Fensterlüftung

Bei üblichen Belegungsdichten kann der *Pettenkofer-Wert* nur eingehalten werden, wenn (nach erfolgtem intensivem Lüften in der Pause) während der Schulstunde (45 Minuten) 1 bis 3 mal intensiv gelüftet wird. Selbst bei Anerkennung einer Toleranzgrenze von 1400 ppm (s. Tab. 2: IDA 3 = mäßige Raumluftqualität) reicht das Lüften in den Pausen nicht aus.

Dies führt in der Praxis zu zahlreichen Fragestellungen bzw. Problemen:

- Zeitpunkt und Dauer des Lüftens
- Unruhe im Klassenzimmer
- Kaltlufteintrag/Energieverluste (Winter); Warmlufteintrag (Sommer)
- Schalleintrag
- Schadstoffeintrag (Allergene)

Das erstgenannte Problem, nämlich das des richtigen Zeitpunkts zum Lüften, lässt sich durch den Einsatz sog. Lüftungsampeln lösen. Diese melden optisch bzw. akustisch den

Lüftungsbedarf. Umfangreiche Feldversuche zeigen jedoch, dass nur sehr wenige Schulen dauerhaft in der Lage sind, mit Fensterlüftung bei entsprechend striktem Lüftungsregime die Anforderungen einigermaßen einzuhalten. Die Akzeptanz bei Schülern und Lehrern ist überdies insbesondere an kalten und sehr warmen Tagen praktisch nicht gegeben – damit wird der positive Effekt der Frischluft mitunter vollständig zunichte gemacht.

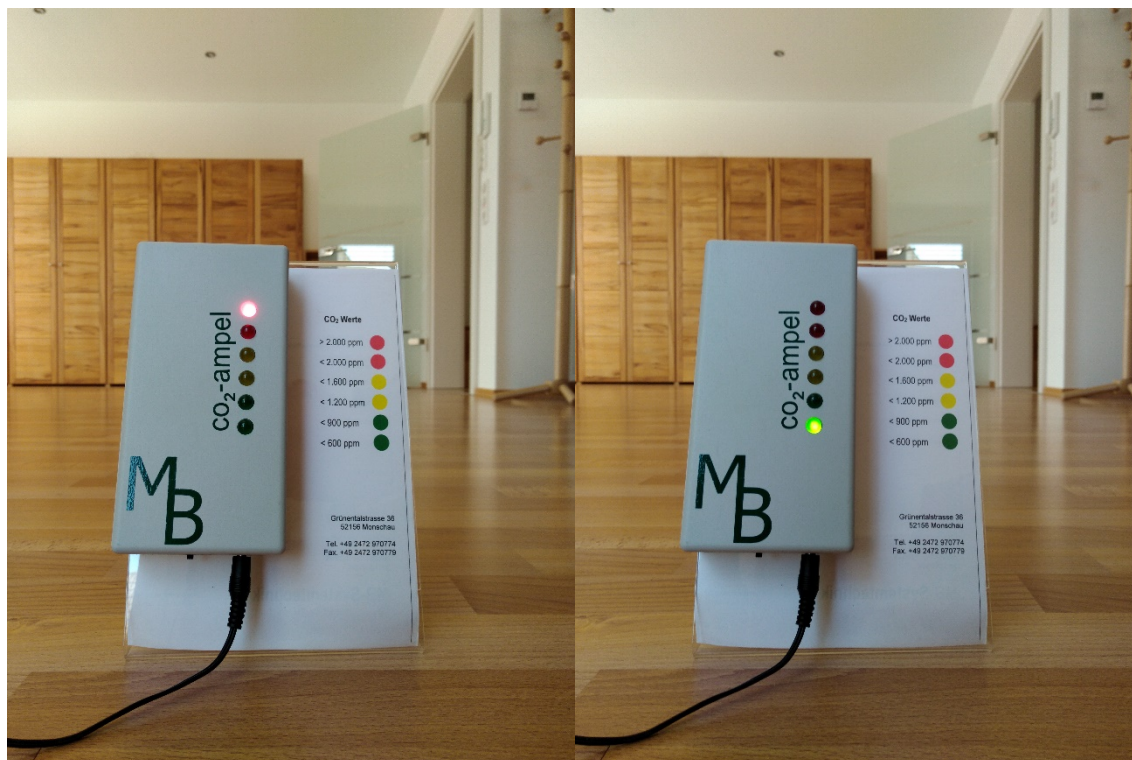


Foto: © Maßong

Lüftungsampel für den Einsatz in Schulen. Die LED zeigt den CO<sub>2</sub>-Gehalt an und fordert ggf. auch akustisch zum Lüften auf. *Links*: Optischer Alarm – rote LED fordert zum Lüften auf. *Rechts*: Grüne LED zeigt an, dass die Luftqualität gut ist.

Eine im Vergleich zu Lüftungsampeln etwas zuverlässigere Wirkung haben CO<sub>2</sub>-gesteuerte automatische Fensteröffner. Sie bringen gleichwohl hinsichtlich ungewünschter Immissionen keinen Vorteil gegenüber der manuellen Fensterlüftung.

### 3.2 Mechanische Lüftung

Die mechanische Lüftung mit Lüftungsanlagen löst die mit der Fensterlüftung verbundenen Probleme uneingeschränkt. Dies erfordert – wie bei allen technischen Anlagen - fachgerechte Planung und Instandhaltung.

Neben der Gewähr guter Raumluftqualität bietet mechanische Lüftung bei Bedarf weitgehenden Schutz vor unerwünschten Immissionen (Außenlärm, Allergene/Pollen) und Energieverlusten. Insbesondere der letztgenannte Aspekt gewinnt angesichts zunehmender energetischer Anforderungen an Bedeutung.

Moderne Lüftungsanlagen (Zu- und Abluftanlagen) mit guter Wärmerückgewinnung übertragen einen großen Anteil der Wärme der verbrauchten Luft auf die Frischluft. Dies reduziert den Heizenergiebedarf und die Energiekosten merklich – und dient dem Klimaschutz. Die Frischluft ist im Winter vorgewärmt, der bei Fensterlüftung unvermeidbare Kaltluftetrug an den Fenstern unterbleibt. Im Sommer können Lüftungsanlagen die Überhitzung der Klassenräume erheblich reduzieren.

Untersuchungen an Schulen mit mechanischer Lüftung (u.a. Passivhaus-Schulen) bestätigen, dass diese Form der Lüftung das beste Ergebnis bei höchster Akzeptanz bringt.

### 3.3 Hybridlüftung

Mechanische Lüftung und Fensterlüftung lassen sich kombinieren, was in der Praxis einen wesentlichen Vorteil hat: Die mechanische Lüftung, welche für eine Grundlüftung zuständig ist, kann erheblich kleiner (und damit preiswerter und platzsparender) ausgelegt werden. Fensterlüftung kommt bei Bedarf hinzu – idealerweise automatisiert eingeleitet durch CO<sub>2</sub>-gesteuerte Fensteröffner.

Die Immissionsproblematik der Fensterlüftung bleibt im Wesentlichen erhalten. Dessen ungeachtet ist die Luftqualität in der Praxis in der Regel deutlich besser als in den Schulen, in denen man Fensterlüftung praktiziert.

Die Hybridlüftung kann eine Option sein, wenn aus technischen Gründen eine vollständige mechanische Lüftung nicht realisiert werden kann.

## 4. Empfehlung

***Ingenieure erkennen das unbedingte Erfordernis guter Luftqualität für das Wohlbefinden der Schüler und Lehrer an und empfehlen deshalb den Einsatz mechanischer Lüftungen in Schulen.***

Ingenieure halten dies für den zielführenden Ansatz – sowohl im Sinne der Raumluftqualität als auch der Energieeffizienz (Wärmerückgewinnung). Anders können zudem die arbeitschutzrechtlichen Anforderungen an die Raumluftqualität nicht zuverlässig erfüllt werden.

Die Realisierung mechanischer Lüftungen empfiehlt sich nicht nur bei Neubauten, sondern in gleicher Weise auch bei der Modernisierung bestehender Schulen – beispielsweise im Zusammenhang mit dem Einbau neuer Fenster. Nachrüstungen per se in Bestandsschulen ohne Ohnehin-Modernisierung sind wünschenswert. Die mechanische Lüftung sollte den gesamten Lüftungsbedarf abdecken.

In Einzelfällen kommt eine Hybridlüftung als Lösung in Betracht.

Fensterlüftung stellt dagegen in der Regel keine dauerhafte und zuverlässige Lösung des aktuellen Problems nicht ausreichender Luftqualität an Schulen dar.

Fensterlüftung muss, wenn sie die einzige Option darstellt, mit großer Disziplin geplant, durchgeführt und kontrolliert werden („Lüftungsregime“).

Diese Empfehlung bezieht sich nicht nur auf Schulen, sondern gleichermaßen auf Kindergärten, Kitas und alle anderen Einrichtungen, in denen größere Gruppen von Menschen sich längere Zeit (mehrere Stunden) in geschlossenen Räumen aufhalten. Was in Versammlungsstätten im Sinne auskömmlicher Luftqualität gängige Praxis ist, sollten wir insbesondere Kindern nicht vorenthalten.

Stand: 13.06.2019

Quellen:

- [1]: Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes: Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden; Umweltbundesamt 2008
- [2]: Bekanntmachung des Umweltbundesamtes: Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft Mitteilungen der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden; Springer Medizin Verlag 2008
- [3]: Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung - ArbStättV); Stand 2017
- [4]: Technische Regeln für Arbeitsstätten: Lüftung; ASR A3.6; Stand 2018