



Raumlüftung

Infektionsrisiko durch erhöhten Luftwechsel reduzieren

In dem Beitrag führt der Fred Weigl, Leiter der GIH-Arbeitsgruppe Nichtwohngebäude/KMU, praktische Überlegungen zur Lüftung von Unterrichtsräumen in Pandemiezeiten aus und zeigt wie, wie weit und mit welchem Aufwand das Infektionsrisiko in Unterrichtsräumen mit aktuell verfügbarer Technik reduziert werden kann.

Beim Neubau oder der Sanierung von Schulräumen rät das Umweltbundesamt zum Einbau von Lüftungsanlagen, um eine gute Raumluftqualität zu erzielen. Im Bild das dezentrale Lüftungsgerät VRL-C D/G von Stiebel Eltron.

Foto: Stiebel Eltron

AUSSENLUFTVOLUMENSTRÖME UND INNENRAUMLUFTQUALITÄT NACH DIN EN 13779			
Kategorie	Beschreibung	Erhöhung der CO ₂ -Konzentration gegenüber der Außenluft [ppm]	Außenluftvolumenstrom [m ³ /h pro Person]
IDA 1	Hohe Raumluftqualität	≤ 400	> 54
IDA 2	Mittlere Raumluftqualität	> 400–600	> 36–54
IDA 3	Mäßige Raumluftqualität	> 600–1000	> 22–36
IDA 4	Niedrige Raumluftqualität	> 1000	< 22

ALTERSABHÄNGIGE BESTIMMUNG DER AUSSENLUFTVOLUMENSTRÖME		
Alter des Kindes	Außenluftvolumenstrom bei Zielwert 1.200 ppm CO ₂ [m ³ /h pro Person]	Außenluftvolumenstrom bei Zielwert 1.000 ppm CO ₂ [m ³ /h pro Person]
0-6 Jahre	19	25
6-10 Jahre	19	25
10-14 Jahre	23	30
14-19 Jahre	24	33
Über 19 Jahre	25	34
Lehrkraft	28	37

Abb. 1: Taschenbuch für HEIZUNG + KLIMATECHNIK, GI-Sonderbeilage SCHULEN von Dipl.-Ing. Claus Händel, Auszug aus dem Hauptkapitel „3. LÜFTUNGS- UND KLIMATECHNIK, 3.6 Ausführung der Lüftung in verschiedenen Gebäude- und Raumarten“

Erste Überlegungen zu dem Thema hat der Autor bereits im vergangenen September auf dem GIH-Kongress in Berlin vorgestellt. Damals war das Thema Lüftung in der öffentlichen Wahrnehmung noch nicht so präsent wie heute. Dennoch sind die Ansätze im Hinblick auf bisher diskutierte und getroffenen Maßnahmen aktuell.

Was Raumluftqualität ausmacht

Die Raumluftqualität in unseren Schulen wird in Fachkreisen seit vielen Jahren thematisiert und kritisiert. Insbesondere im Hinblick auf die CO₂-Konzentration. Hohe CO₂-Konzentrationen können unmittelbar zu Müdigkeit, Konzentrationsschwäche und anderen Befindlichkeitsstörungen führen. Dazu werden vom Ausschuss für Innenraumrichtwerte des UBA Konzentrationen bis zu 1.000 ppm als unbedenklich eingestuft. Werte zwischen 1.000 und 2.000 ppm sind demnach als hygienisch auffällig, Werte über 2.000 ppm als inakzeptabel zu bewerten. Der Grenzwert von 1.000 ppm, den Max von Pettenkofer bereits Mitte des 19. Jahrhunderts festgelegt hat, ist bis heute eine wichtige Richtgröße. In der europäischen Norm EN 13779 werden Werte bis 1.400 ppm noch als mäßige, Werte darüber als niedrige Raumluftqualität betrachtet. Darüber hinaus ist die CO₂-Konzentration ein wichtiger und leicht messbarer Indikator für die allgemeine Raumluftqualität, also auch für die Belastung durch Schadstoffe und Krankheitserreger. Bis in die erste Hälfte des 20. Jahrhunderts wurden Schulen als öffentliche Gebäude oft mit einem hohen repräsentativen Anspruch errichtet, mit hohen (Klassen-)räumen und großen Fenstern.

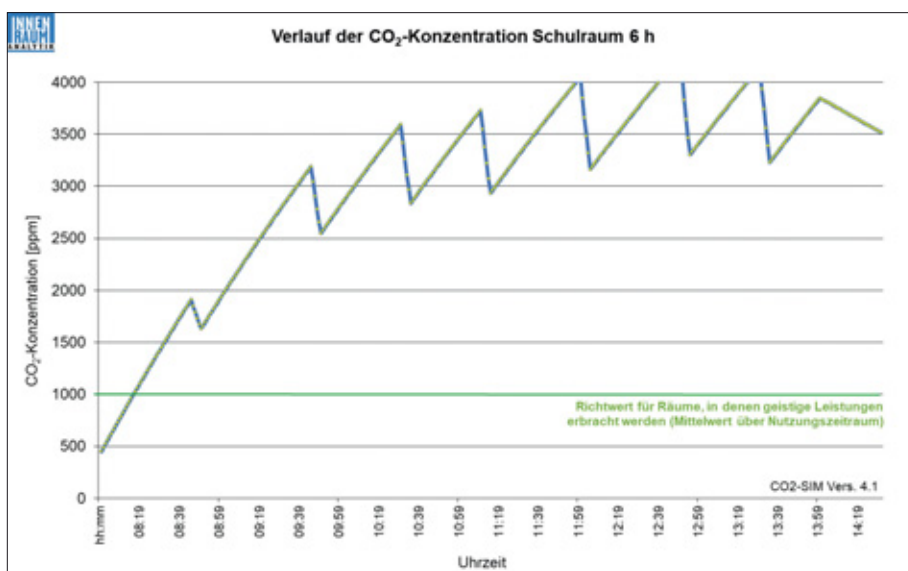


Abb. 2: Simulation 25 Schüler (15 Jahre) 1 Lehrkraft, 5 Minuten Fensterlüftung alle 45 Minuten

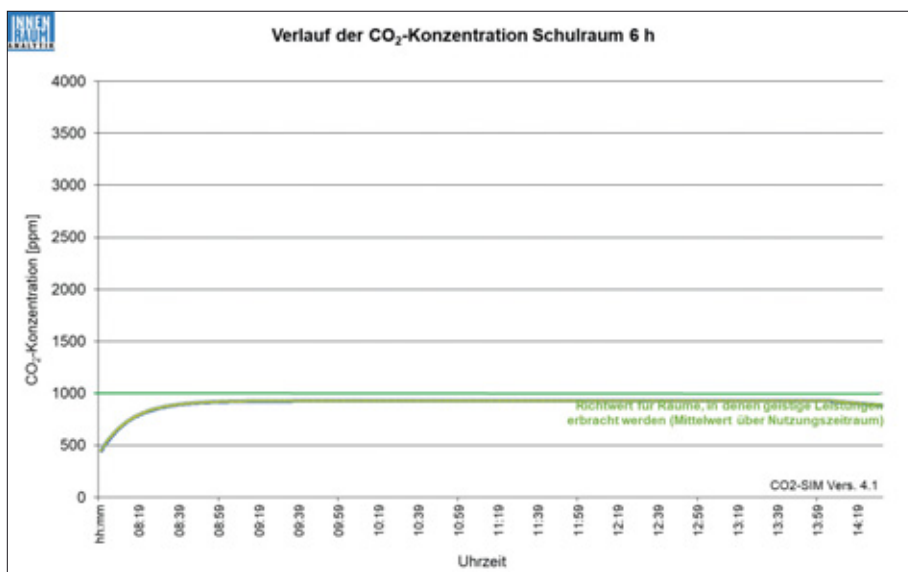


Abb. 3: Simulation 25 Schüler (15 Jahre) 1 Lehrkraft, Luftwechselrate 4 entspricht 37 m³/h je Person.

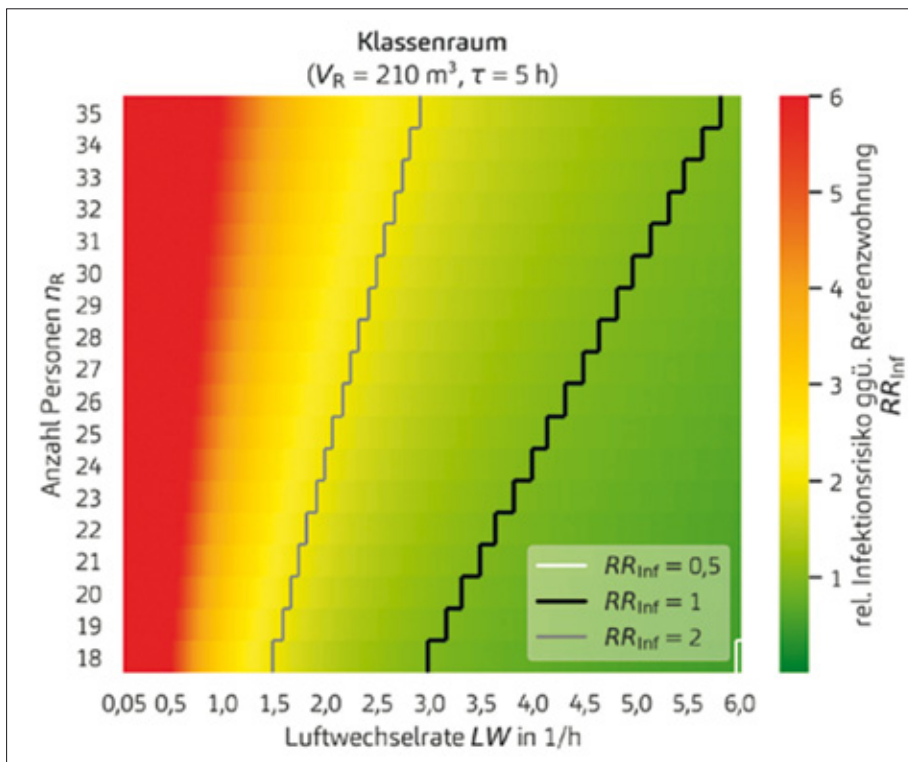


Abb. 4: Erhöhung des Infektionsrisikos gegenüber einer Referenzwohnung (Lockdown-Szenario). Quelle: D. Müller, K. Rewitz, D. Derwein, T. M. Burgholz, Vereinfachte Abschätzung des Infektionsrisikos durch aerosolgebundene Viren in belüfteten Räumen, White Paper, RWTH-EBC 2020-003, Aachen, 2020, DOI: 10.18154/RWTH-2020-08332.

Zudem war durch eine raumweise Temperierung mit Kaminöfen ein hoher Luftwechsel gegeben. Moderne Schulen dagegen haben zweckmäßig niedrigere Räume und kleine Fenster. Wo Lüftungsanlagen vorhanden sind, werden diese zur Energieeinsparung oft mit hohem Umluftanteil betrieben.

Um die Luftqualität in Unterrichtsräumen zu verbessern, ist ein hoher Austausch zwischen Raum- und Außenluft geboten. Dieser kann nur bedingt durch Fensterlüftung erfolgen.

Berechnungen/Grafiken für Abb. 1 und Abb. 2 wurden mit dem „Simulationsprogramm zur Berechnung der CO₂-Konzentration in Innenräumen Version 4.1“ (Herausgeber: IBO Innenraumanalytik OG) erstellt für einen Raum mit 80 m² Grundfläche und 3,0 m Höhe.

Wie Abb. 2 zeigt, kann die Schadstoffkonzentration allein mit Fensterlüftung nicht hinreichend begrenzt werden. Die Fenster können auch in kürzeren Abständen geöffnet werden. Dann folgt jedoch eine Auskühlung der Räume, welche die meisten Heizungssysteme in

bestehenden Schulen nicht zeitnah ausgleichen können. Zudem kann damit die CO₂-Konzentration selbst bei 20-Minuten-Intervallen nicht auf einem akzeptablen Niveau gehalten werden.

Abb. 3 zeigt die Wirkung einer mechanischen Lüftungsanlage, die einen kontinuierlichen vierfachen Luftwechsel ermöglicht. Im gewählten Beispiel wäre das ein Volumenstrom von 960 m³/h. Diese Leistung kann durch marktübliche Geräte zur dezentralen Lüftung erreicht werden. Mit zusätzlicher moderater Fensterlüftung kann der Volumenstrom reduziert werden, zudem sind viele Klassenräume kleiner.

Nach aktuellen Erkenntnissen wird die Infektionsgefahr bei vierfachem Luftwechsel deutlich reduziert, wie Abb. 4 zeigt.

Im Schuljahr 2018/19 gab es, nach Angaben des statistischen Bundesamtes, in Deutschland 8,33 Mio. Schüler an 32.577 allgemeinbildenden Schulen. Bei 25 Schülern je Klasse sind das 333.000 Klassenräume. Davon sind bisher nur wenige mit Lüftungsanlagen ausgestattet.

Ein Rechenbeispiel zur Heizenergieeinsparung

Für die nachfolgenden Betrachtungen werden folgende Parameter zugrunde gelegt: Standardklassenraum 62,5 m² Grundfläche, 3,20 m Raumhöhe, ca. 200 m³ Raumvolumen, 25 Schüler x 25 m³/h (625 m³/h gesamt), Anlage mit dreifachem Luftwechsel (600 m³/h), zusätzlich manuell geregelte Fensteröffnung, bedarfsweise Fenster gekippt (Luftwechsel < 1,5/h) und Stoßlüftung (Luftwechsel > 4,0/h), womit insgesamt ein Luftwechsel von mehr als 4/h erreicht werden soll. Beispielhafte Berechnung der Einsparung Heizenergie durch Wärmerückgewinnung gegenüber Fensterlüftung bei 4,5-fachem Luftwechsel (900 m³/h) pro Unterrichtseinheit, ca. 1.500 Unterrichtseinheiten je Heizperiode und 15 K Temperaturunterschied:

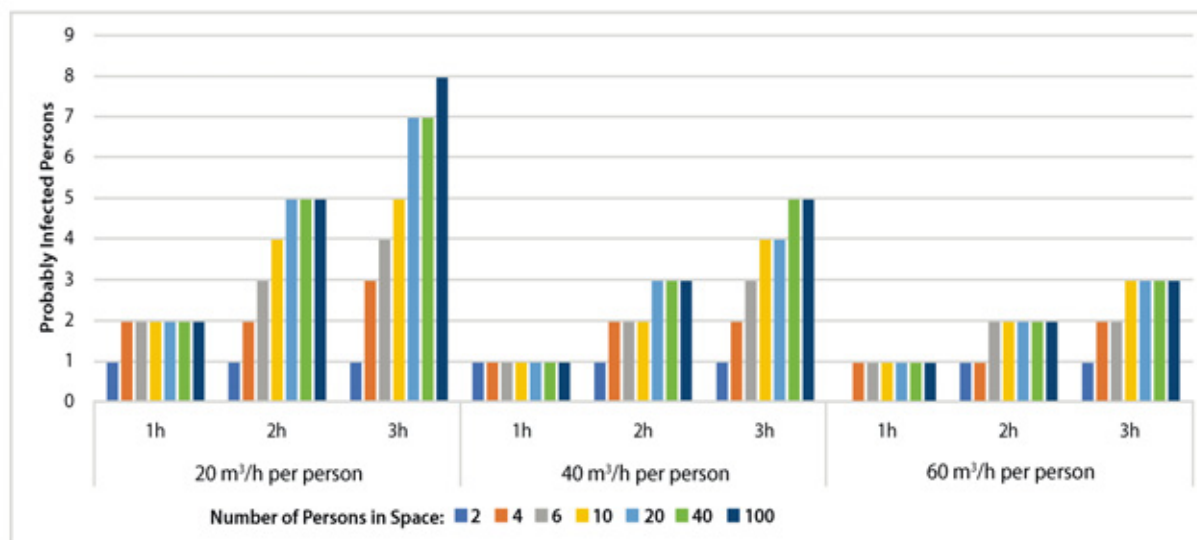
$1.500 \text{ h} \times 15 \text{ K} \times 0,3375 / 1.000 \times 900 \text{ m}^3 \times 0,88 = 6.000 \text{ kWh/a}$, abzüglich Ventilatorstrom $1.500 \times 0,2 = 300 \text{ kWh}$ (elektrisch) für Ventilatoren

Daraus ergibt sich eine Heizkostensparnis von 500 €/a (bei durchschnittlich 10 ct/kWh Nutz- u. Hilfsenergie) sowie einer Vermeidung von 1,6 t CO₂/Klassenraum und Jahr. In 333.000 Klassenräumen werden so 532.000 t CO₂ pro Jahr vermieden, was einer Fahrleistung von fast 4 Mio. km für einen Kleinwagen mit einem Verbrauch von 6,0 l/100 km entspricht.

Für den nachträglichen Einbau eines dezentralen Lüftungsgerätes müssen derzeit inklusive Nebenkosten ca. 10.000 € veranschlagt werden (Mittelwerte, Regionalfaktor 1,0). Durch Standardisierung können demgegenüber 20 % eingespart werden. Daraus ergibt sich folgende Rechnung:

Anschaffungskosten: 8.000 € zzgl. jährliche Kosten Wartung + Strom: 200 €/a

Infektionsrisiko COVID-19 in Abhängigkeit von der Expositionsdauer (1 COVID-19-Infizierter im Raum) - ohne Maske -



Kriegel et al. 2020

Abb. 5: Prof. Dr. med. Petra Gastmeier, Charité. Der Arbeitsplatz als Hotspot Übertragungswege in Gebäuden, Hallen und auf Freiflächen, Mitschnitt Vortrag BAU 2021

Einsparung aus Wärmerückgewinnung:
500 €/a

Kosten in 10 Jahren statisch: $8.000,00 + 10 \times (-500 + 200) = 5.000,00 \text{ €}$

Für einen Luftreiniger ergibt sich zum Vergleich folgende Rechnung:

Anschaffungskosten: 3.500 € zzgl. jährliche Kosten für Wartung + Strom: 800 €/a
Kosten in 10 Jahren statisch: $3.500,00 + 10 \times 800 = 13.500,00 \text{ €}$

Wenn alle Klassenräume mit dezentralen Lüftungsgeräten ausgestattet werden, ergeben sich Investitionskosten von 2,66 Mrd. €, zzgl. Planung und Projektierung insgesamt ca. 3,0 Mrd. €. Dem steht eine Einsparung von ca. 1,0 Mrd. € innerhalb der ersten 10 Jahre gegenüber.

Wie kann sich die bessere Raumlüftung finanzieren?

Aktuell werden Einzelmaßnahmen zu 20 % durch KfW oder BAfA gefördert, was etwa 600 Mio. € entspräche, vorbehaltlich der Verfügbarkeit von Fördermitteln. In den einzelnen Bundesländern werden derzeit periodisch zweistellige Millionenbeträge für die Nachrüstung bestehender Anlagen oder Luftreinigungsgeräte investiert.

Diese Mittel können stattdessen gebündelt und für dezentrale Geräte verwendet werden. So können weitere 600 Mio. € von den Ländern übernommen werden. Die Energieeinsparung von 1,0 Mrd. € für die ersten zehn Jahre kann vorfinanziert werden über den Kapitalmarkt mit Null- oder Negativzinsen und/oder Privatdarlehen von Eltern und Förderern. Die fehlenden 800 Mio. € können durch den Bund im Rahmen der Coronaprogramme zur Verfügung gestellt werden.

Fazit

Wie Abb. 5 zeigt, kann das Infektionsrisiko durch einen erhöhten Luftwechsel deutlich reduziert, aber nicht ausgeschlossen werden. Die Pandemie stellt uns alle vor große Herausforderungen. Die Hauptlast liegt dabei sicher bei den einschlägigen medizinischen Fachrichtungen. Eine einfache Lösung gibt es nicht. Auch wir Energieberater sind aufgerufen mit unserer Expertise so gut wie möglich zur Lösung der anstehenden Probleme beizutragen. Vielleicht können diese Ausführungen einen kleinen Beitrag dazu leisten, dass Präsenzunterricht sicherer wird und zukünftig weniger Schulschließungen erforderlich

werden. Für Produktion und Montage der Geräte ist ein längerer Zeitraum erforderlich. Mögliche Kapazitäten können im Dialog mit Herstellern und Handwerksverbänden ermittelt werden.

Fred Weigl

Autor



Fred Weigl ist Beratender Ingenieur für Energieeffizienz, Bauphysik, Tragwerksplanung und baulichen Brandschutz in München. Er leitet den Arbeitskreis KMU und Nichtwohngebäude im GIH Bundesverband.