



Faktenblatt

31. August 2022

Richtig Lüften

Zusammenfassung

Die Vorteile einer guten Durchlüftung in Innenräumen sind gross: Sie ist Voraussetzung für eine gute Raumlufthqualität, für intellektuelle Leistungsfähigkeit, Gesundheit und Wohlbefinden. Auch kann das Ansteckungsrisiko mit dem Coronavirus und anderen Infektionserregern reduziert werden.

Doch der menschliche Geruchssinn ist als Lüftungshilfe ungenügend. Deshalb ist in Räumen, die über die Fenster gelüftet werden, richtiges Lüften entscheidend. Dazu gehört das Lüften nach einem fixen Zeitschema oder die Unterstützung durch geeignete und richtig platzierte CO₂-Messgeräte, um sich ans Lüften erinnern zu lassen. In beiden Fällen soll stets effizient, regelmässig und genügend lang gelüftet werden. Bei mechanisch gelüfteten Räumen sollte die Leistungsfähigkeit der Anlage überprüft und der Betrieb gemäss den Empfehlungen für einen besseren Infektionsschutz angepasst werden.



Raumlufthqualität und Lüftung

Durch den Atemprozess und über die Haut gibt der Mensch mehr als 3000 Substanzen an die Innenraumlufth ab, darunter auch Kohlendioxid (CO₂, in der ausgeatmeten Luft). Hinzu kommen Stoffe, die aus der Kleidung und von Körperpflegeprodukten stammen, sowie Partikel (v. a. Hautschuppen), Bakterien und Viren. Materialien und Einrichtungsgegenstände in einem Raum können ebenfalls geringe Mengen an Stoffen an die Luft abgeben.

Damit sie sich nicht im Raum ansammeln und sich die Raumlufthqualität mit der Zeit immer mehr verschlechtert, muss die belastete, «verbrauchte» Luft durch wiederholtes Lüften aus dem Raum abgeführt und durch eine entsprechende Menge frischer Aussenluft ersetzt werden.

Gebäudehüllen sind in der Regel dicht, so dass kaum mehr ein natürlicher Luftaustausch durch Undichtigkeiten stattfindet (natürliche Infiltration). Vor allem, wenn sich viele Personen in einem Raum aufhalten, der nur über die Fenster gelüftet werden kann, verschlechtert sich die Raumlufth bei geschlossenen Fenstern rasch und Viren und Bakterien können sich im Raum anreichern.

Lüftung und Gesundheit

Eine Reihe von wissenschaftlichen Studien hat die Zusammenhänge zwischen dem Grad der Durchlüftung von Innenräumen und Auswirkungen auf die Personen in diesen Räumen untersucht. Daraus zeigen sich folgende Erkenntnisse:

Je besser ein Raum durchlüftet ist,

- desto besser wird die Qualität der Raumlufth von Personen beurteilt, die in den Raum eintreten,
- desto seltener treten Klagen über unspezifische Gesundheitsbeschwerden wie Schleimhautreizungen, Kopfschmerzen und Müdigkeit auf,
- desto weniger ausgeprägt ist die Symptomatik bei Personen mit Atemwegserkrankungen wie Asthmatikern,
- desto besser ist die Produktivität an Arbeitsplätzen und die intellektuelle Leistungsfähigkeit in Schulen.

Eine gute Durchlüftung von Räumen kann auch das Ansteckungsrisiko mit Infektionskrankheiten vermindern, welche über die Luft übertragen werden. Schon vor der Covid-19-Pandemie zeigte eine Reihe von Studien¹ Zusammenhänge zwischen geringer Durchlüftung und einer erhöhten Übertragung von Infektionskrankheiten wie Masern, Windpocken, Tuberkulose, Influenza und SARS. Auch bei der aktuellen Covid-19-Pandemie besteht vor allem in dicht belegten und schlecht gelüfteten Räumen ein hohes Ansteckungsrisiko mit dem Coronavirus.

Am Arbeitsplatz gelten besondere Regeln, um im Rahmen des Gesundheitsschutzes eine ausreichende Belüftung sicherzustellen (siehe Kasten «Lüften am Arbeitsplatz»).

¹ Für eine Übersicht zur Thematik Lüftung und Infektionskrankheiten siehe z. B.: <https://iaqscience.lbl.gov/air-infections-control-strategies-building-ventilation>.

Lüftung und Covid-19

Das Coronavirus SARS-CoV-2 wird zum grössten Teil über die Luft übertragen, wobei eine genaue Quantifizierung nicht möglich ist. Es ist in respiratorischen Tröpfchen unterschiedlicher Grösse enthalten (physikalisch: Aerosole²), die von infizierten Personen bereits beim Atmen, und insbesondere beim Sprechen, Singen, Husten und Niesen an die Luft abgegeben werden. Während die grösseren Tröpfchen in kurzer Distanz (Nahbereich, ca. 1.5 m) rasch zu Boden sinken, können die sehr kleinen Tröpfchen – man spricht dann von Tröpfchenkernen oder Aerosolen – lange in der Raumluft schweben und sich in der Innenraumluft verteilen. Die Konzentration der Tröpfchen und Aerosole, und damit auch das Ansteckungsrisiko, ist im Nahbereich der infizierten Person weitaus am Grössten. Mit zunehmender Distanz fallen die Konzentrationen rasch ab und die verbleibenden Aerosole werden in der umgebenden Luft stark verdünnt. Entsprechend sinkt auch das Ansteckungsrisiko im Vergleich zum Nahbereich.

In einem schlecht gelüfteten Innenraum hingegen können sich infektiöse Aerosole in der Raumluft anreichern. Das kann vor allem bei längeren Aufenthaltszeiten dazu führen, dass sich mehrere Personen im Raum infizieren. Dieses Ansteckungsrisiko über weitere Distanzen in Innenräumen gilt es zu vermindern. Eine gute Durchlüftung sicherzustellen ist dabei die wichtigste Basismassnahme.

Diese stösst aber bei den immer stärker ansteckenden SARS-CoV-2 Virus-Varianten (z. B. Omikron BA.2 und BA.5) an praktische Grenzen. Problematisch sind insbesondere Situationen, in denen sich mehrere infizierte Personen in einem Raum aufhalten oder Tätigkeiten mit hohen Virusausscheidungen stattfinden können, wie häufiges und lautes Sprechen, Singen, Spielen von Blasinstrumenten oder hohe körperliche Aktivität (Fitness, Sport). Hier können die Virusbelastungen in der Raumluft so hoch werden, dass sie mit verstärktem Lüften nur schwierig in ausreichendem Masse reduziert werden können. In diesen Situationen kann es, abhängig von der lokalen epidemiologischen Situation, nötig werden, weitere Massnahmen zu ergreifen. Dazu zählen insbesondere das Tragen von Masken, eventuell auch der Einsatz von leistungsfähigen Raumluftreinigungsgeräten mit effizienten Filtern³ oder professionelle Einrichtungen/Geräte zur Entkeimung der Luft mittels UV-C Strahlung.

Nicht vergessen werden darf, dass Ansteckungen im engen Kontakt mit infizierten Personen (Gespräch etc.) durch raumluftechnische Massnahmen wie verstärktes Lüften und den Einsatz von Luftreinigungsgeräten nicht unterbunden werden können. Zur wirksamen Dämpfung von Infektionswellen in der Bevölkerung mit SARS-CoV-2 ist deshalb nur die Kombination von Massnahmen genügend wirksam. Daneben kommt auch dem Grad der Immunisierung der Bevölkerung eine entscheidende Rolle zu.

Richtig Lüften

Viele Gebäude in der Schweiz können nur über die Fenster gelüftet werden. Hier kann sich die Raumluftqualität rasch verschlechtern. Personen im Raum können eine kontinuierliche Verschlechterung aber nicht direkt wahrnehmen und spüren deshalb auch nicht, wann der Raum gelüftet werden sollte. Darüber hinaus ist es für sie auch schwierig wahrzunehmen, wie weit sich die Raumluftqualität nach dem Lüften verbessert hat bzw. ob die Zeit für einen vollständigen Austausch der Luft ausgereicht hat. Wenn beim Lüften kalte Aussenluft in den Raum strömt, ergibt sich rasch ein Gefühl der «Frische» und wegen des Temperaturabfalls auch das Bedürfnis, die Fenster rasch wieder zu schliessen. Deshalb ist

² Physikalisch spricht man von Aerosolen, wenn es sich um Mischungen fester oder flüssiger Partikel («Schwebeteilchen») in einem Gas oder Gasgemisch wie z. B. Luft handelt – Aerosole können zwischen einem Nanometer und mehreren Hundert Mikrometern gross sein. Im Zusammenhang mit Infektionserkrankungen wird die Bezeichnung «Aerosole» aber immer noch häufig in Abhängigkeit der Grösse verwendet (z. B. kleiner als 5 Mikrometer) und von «Tröpfchen» abgegrenzt, obwohl die Übergänge fließend sind.

³ Informationen und Empfehlungen dazu siehe https://www.bag.admin.ch/dam/bag/de/dokumente/mt/k-und-i/aktuelle-aus-brueche-pandemien/2019-nCoV/luftfiltergeraete_bekaempfung_coronavirus_20211026.pdf.download.pdf/Luftfilter-ger%C3%A4te%20zur%20Bek%C3%A4mpfung%20des%20neuen%20Coronavirus.pdf.

das Lüften 'nach Gefühl' in der Regel nicht ausreichend, und es empfiehlt sich stattdessen, nach einem Zeitschema (zum Beispiel in Schulen nach einem Lüftungsplan⁴ oder nach Faustregeln) zu lüften.

Als Alternative kann ein CO₂-Messgerät verwendet werden, welches das fehlende Sensorium der Raumnutzerinnen und Raumnutzer für die Raumluftqualität ersetzen und ihnen dabei helfen kann, den Bedarf für das Lüften rechtzeitig zu erkennen. Die Unterstützung durch ein CO₂-Messgerät ist insbesondere in Räumen sinnvoll, in denen sich mehrere oder wechselnde Personen aufhalten. In einem Raum mit gleichbleibender Belegung kann ein CO₂-Messgerät auch dazu verwendet werden, um eine für die Nutzung passende Lüftungsroutine während der Heizperiode zu etablieren.

In Räumen mit mechanischer Lüftung ist das regelmässige Lüften über die Fenster nach einem Zeitschema oder mit Unterstützung durch CO₂-Messgeräte nicht notwendig (vgl. Abschnitt «Mechanisch gelüftete Räume»).

Allgemeine Lüftungsregeln für Räume mit Fensterlüftung

- *Effizient Lüften:* Beim Lüften stets alle Fenster vollständig öffnen; wenn immer möglich Lüften mit Durchzug (gegenüberliegende Fenster öffnen / Schulzimmer: Sowohl Schulzimmertür, als auch die Fenster im Korridor offenhalten). Auf diese Weise wird die verbrauchte Luft rasch durch frische Aussenluft ausgetauscht und die Bauteile kühlen dabei nicht aus; der Energieverlust durch das Lüften wird minimiert.
- *Mit frischer Raumluft beginnen:* Vor der Nutzung am Morgen und nach dem Mittag den Raum vollständig durchlüften
- *Regelmässig lüften:* Für eine gute Raumluftqualität jede Stunde eine Lüftungspause machen; In Räumen, in denen sich mehrere Personen aufhalten, wenn möglich zweimal pro Stunde lüften.⁵ In Schulzimmern wird besonders viel Frischluft benötigt. Sie sollten möglichst alle 20 bis 25 Minuten gelüftet werden.
- *Genügend lange lüften:* Während der Heizperiode wird eine Lüftungsdauer von mindestens 5 Minuten empfohlen. An sehr kalten Tagen, bei Wind oder beim Querlüften kann die Dauer auf mindestens 3 Minuten reduziert werden. Für Schulzimmer wird zusätzlich empfohlen, die langen Pausen am Morgen und am Nachmittag für eine vollständige Durchlüftung zu nutzen.

Wohnungen mit Fensterlüftung

- Am Morgen, am Mittag und vor dem zu Bett gehen ganze Wohnung effizient mit Durchzug lüften
- Einzelne Räume, die lange und/oder durch mehrere Personen belegt sind (z. B. Homeoffice, Wohnzimmer) gemäss oben stehenden Empfehlungen effizient, regelmässig und genügend lange lüften
- Während der Nacht offene oder gekippte Schlafzimmerfenster führen zu grossen Energieverlusten und sind deshalb zu vermeiden. Abends vor dem Zubettgehen die ganze Wohnung durchlüften. Wird die Schlafzimmertür mindestens 10 cm weit offen gelassen, kann die Luftqualität im Schlafzimmer bis zum Morgen besser gehalten werden, weil man vom Reservoir der frischen Aussenluft in der ganzen Wohnung profitieren kann.
- Covid-19: Bei der Selbstisolation in einem Haushalt sollte die entsprechende Zimmertür stets geschlossen bleiben und der Raum regelmässig und kräftig gelüftet werden.

⁴ Als Hilfe zur Erstellung von Lüftungsplänen steht das einfache Tool www.simaria.ch zur Verfügung.

⁵ Lüftungsintervalle für verschiedene Nutzungen, Raumgrössen und Belegungen lassen sich z. B. mit dem Tool der Deutschen Bundesgenossenschaft für Nahrungsmittel und Gastgewerbe BGN berechnen, <https://www.bgn.de/lueftungsrechner>.

Fensterlüften mit Unterstützung eines CO₂-Messgeräts

- Allgemeine Lüftungsregeln beachten: stets *effizient lüften* und die Raumnutzung *mit frischer Raumluft beginnen*
- *Regelmässig lüften*: Idealerweise beim Überschreiten einer CO₂-Konzentration von 1'000 ppm lüften; spätestens bei 1'400 ppm. Zum besseren Schutz vor Ansteckungen mit dem Coronavirus sollte man sich insbesondere bei hoher Viruszirkulation in der Bevölkerung an einem Maximalwert von 1'000 ppm orientieren. Bei Geräten, die nur eine Farbanzeige ('Ampel') und keine Anzeige des CO₂-Werts haben: Überprüfen, bei welcher CO₂-Konzentration die Ampel auf 'gelb' oder 'rot' wechselt bzw. ein Alarm ertönt. Einstellung ggf. anpassen.
- *Genügend lange lüften*: Idealerweise lüften bis die CO₂-Konzentration auf unter 500 ppm gesunken ist. Bei Geräten ohne Anzeige des CO₂-Werts: empfohlene Lüftungsdauer einhalten (vgl. allgemeine Lüftungsregeln). Zu beachten ist: Wenn die Fenster geschlossen werden, sobald das Gerät 'grün' anzeigt, kann die CO₂-Konzentration je nach Einstellung des Farbwechsels erst auf beispielsweise unter 800 ppm gesunken sein. Sie kann dann bald wieder höhere Konzentrationen erreichen (Anzeige 'gelb', dann 'rot'), so dass in kurzer Zeit wieder gelüftet werden muss. Zur Abhilfe kann der untere Farbwechsel ('grün' – 'gelb') tiefer eingestellt werden. Weil die Anzeige dann die meiste Zeit auf 'gelb' stehen wird, sollten die Nutzer darüber informiert sein.

Lüften am Arbeitsplatz

Arbeitgebende sind verpflichtet, den Schutz der Gesundheit ihrer Mitarbeitenden am Arbeitsplatz sicherzustellen gemäss Artikel 6 Arbeitsgesetz (SR 822.11). Das SECO ist die Fachstelle des Bundes für den Arbeitnehmerschutz (Art.75 ArGV 1) und die kantonalen Arbeitsinspektorate sind für die Überwachung der Umsetzung des Arbeitsgesetzes in den Unternehmen zuständig. Das Lüften am Arbeitsplatz richtet sich nach vorhandenen gesetzlichen Grundlagen aus den [Wegleitungen zur Verordnung 3](#) des Arbeitsgesetzes, insbesondere im Art. 16 (Raumklima), Art. 17 (Lüftung) und Art. 18 (Luftverunreinigung).

In Arbeitsräumen mit ständigen Arbeitsplätzen muss eine natürliche oder mechanische Lüftung einen ausreichenden Luftaustausch gewährleisten. Zum Schutz der Mitarbeitenden vor Übertragung von luftgetragenen Krankheitserregern muss der Arbeitgeber Massnahmen treffen.

- In Arbeitsräumen mit natürlicher Lüftung ist der Luftaustausch durch regelmässiges manuelles Lüften zu gewährleisten, dies in Abhängigkeit des Raumvolumens, der Personenbelegung und der Aktivität. Die Effizienz der natürlichen Lüftung ist neben der offenbaren Fensterfläche abhängig vom Temperaturunterschied zwischen der Raum- und Aussentemperatur. Insofern muss das Verhalten den jahreszeitlichen Bedingungen angepasst werden (z. B. kurze, intensive Lüftungspausen im Winter und während der Übergangszeit mit Querlüften und Öffnen aller Fenster. Dauerlüften mit gekippten Fenstern soll aus energetischen Gründen nur im Sommer erfolgen). Ein CO₂-Messgerät ist hilfreich, um den Zeitpunkt des Lüftens festzulegen.
- Für Arbeitsräume mit mechanischer Lüftung gelten die Vorgaben der Normen SN EN 546382/1 «Lüftungs- und Klimaanlage - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen» und SN 520180 «Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden». Für die verschiedenen Nutzungsarten der Räume sind die Aussenluftstraten aus der Normenregel SNR 592024 zu konsultieren. Durch die Einhaltung dieser Regeln kann eine mittlere bis gute Luftqualität erzielt werden.

Die Informationen aus dem Merkblatt «[Schutz vor Übertragung von Krankheitserregern in der Luft](#)» richten sich an Fachpersonen, um Massnahmen am Arbeitsplatz fachgerecht auszuwählen und um das Übertragungsrisiko zu reduzieren.

Informationen zu CO₂-Messgeräten

CO₂ als Indikator für Raumluftqualität und Lüftung

Kohlendioxid (CO₂) ist ein natürlicher Bestandteil der Erdatmosphäre. Der Gehalt in der Aussenluft beträgt heute rund 0.04 Vol. % (400 ppm), wobei die Konzentration durch Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger stetig ansteigt. In einem nicht durch Personen belegten oder vollständig durchlüfteten Raum ist die CO₂-Konzentration etwa gleich hoch wie in der Aussenluft (400-500 ppm). In einem belegten Raum wird die Konzentration durch das Ausatmen von CO₂ aus dem Stoffwechsel der anwesenden Personen erhöht. Die Konzentration kann dann auf ein Mehrfaches des Aussenluftwertes ansteigen. CO₂ ist in der Innenraumluft stabil, und es kann nur durch Lüftung aus dem Raum entfernt werden. Die CO₂-Konzentration in einem belegten Raum ist deshalb nicht nur ein einfacher, grober Indikator für die durch Personen verursachte Raumluftbelastung bzw. die generelle Raumluftqualität, sondern auch ein Indikator für den Grad der Durchlüftung eines belegten Raumes.⁶

Bei Fensterlüftung kann die CO₂-Konzentration im Raum stark schwanken, mit tiefen Werten nach dem Lüften, die anschliessend bis zum nächsten Lüften kontinuierlich wieder ansteigen. Wie rasch und wie hoch die CO₂-Konzentration danach steigt, ist abhängig von der Belegung im Verhältnis zur Grösse des Raumes und der Zeit bis zur nächsten Lüftung. Wie rasch und tief er beim Lüften sinkt ist abhängig davon, wie vollständig und wie effizient der Luftaustausch ist (offene Fensterfläche, Durchzug, Temperaturunterschied innen-aussen, Lüftungsdauer). In dicht belegten Räumen, die nicht richtig gelüftet werden, kann die Konzentration weit über 2'000 ppm ansteigen. Werte über 2'000 ppm sind gemessen am Kriterium Raumluftqualität inakzeptabel.⁷

In Räumen mit mechanischer Lüftung hingegen bleibt die CO₂-Konzentration nach einem Anstieg zu Beginn der Raumnutzung über die Zeit hinweg mehr oder weniger ausgeglichen. Für mechanisch gelüftete Gebäude gilt die Norm SIA 382/1:2014 Lüftungs- und Klimaanlage – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen⁸. Sie definiert Raumluftklassen mit den dafür notwendigen Aussenluftvolumenströmen. Als Standard für CO₂-Konzentrationen in Aufenthaltsräumen sollte bei der bestimmungsgemässen Belegung ein Bereich von 1'000 bis 1'400 ppm eingehalten sein (Raumluftklasse RAL 3), bei erhöhten Anforderungen eine CO₂-Konzentration unter 1'000 ppm (Raumluftklasse RAL 2). Zielkriterium ist die empfundene Raumluftqualität (Belastungen durch den Stoffwechsel von Personen im Raum).

CO₂-Konzentration und Covid-19

Um das Risiko für Ansteckungen mit dem Coronavirus und anderen Infektionskrankheiten wie z. B. der Grippe über die Raumluft zu vermindern, sollten Räume möglichst gut durchlüftet sein. Belegte Räume sind gut durchlüftet, wenn die CO₂-Konzentrationen während der meisten Zeit unter 1'000 ppm liegen.

Zu beachten ist, dass die CO₂-Konzentration kein exakter Indikator für das Übertragungsrisiko in einem Innenraum ist. Jede Person atmet CO₂ aus, aber nicht jede Person gibt infektiöse Aerosole ab, und infizierte Personen verbreiten je nach Virusproduktion und -ausscheidung sehr unterschiedliche Mengen. Beim Grad der Ausscheidung spielen Aktivitäten wie zum Beispiel häufiges lautes Sprechen, Singen, hohe körperliche Anstrengung oder Husten und Niesen eine grosse Rolle. Zudem beeinflussen insbesondere die Abstände zwischen Personen das Infektionsrisiko stark. Es ist deshalb nicht möglich, einen Raum anhand der CO₂-Konzentration im Hinblick auf Ansteckungsrisiken als 'sicher' zu bewerten.

⁶ Im Prinzip gilt dieser Zusammenhang für die Differenz der CO₂-Konzentration im Raum zur CO₂-Aussenluftkonzentration und nur bei Abwesenheit von anderen CO₂-Quellen im Raum wie z. B. Gasherd oder andere bedeutende offene Verbrennungsprozesse. In der Praxis wird meist der Aussenluftwert (der sich in einem engeren Band um 400 ppm bewegt) hinzugerechnet und die Konzentration im Raum direkt als Indikator verwendet.

⁷ Dabei handelt es sich um eine generelle raumlufthygienische Bewertung in belegten Räumen, und nicht um einen toxikologischen Richt- oder Grenzwert. Die Norm SIA 180:2014 Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden bezeichnet generell einen Bereich von 1'000 bis 2'000 ppm CO₂, der nicht überschritten werden soll. Für mechanisch gelüftete Räume gilt die Lüftungsnorm SIA 382/1.

⁸ Für Wohngebäude gilt die Norm SIA 382/5:2021; mit gleichlautenden Anforderungen an die Raumluftqualität.

Zusätzliche Massnahmen zur Reduktion des Ansteckungsrisikos in Innenräumen wie das Tragen von Masken, der Einsatz von leistungsfähigen Raumlufthereinigungsgeräten mit effizienten Filtern oder professionelle Einrichtungen/Geräte zur Entkeimung der Luft mittels UV-C Strahlung haben keinen Einfluss auf die CO₂-Konzentration im Raum.

Auswahl von CO₂-Messgeräten

Geräte und Gerätetypen

Auf dem Markt sind verschiedene Messgeräte für CO₂ in der Innenraumlufte verfügbar. Die meisten haben eine Anzeige, die den CO₂-Messwert, die Raumlufte-Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit angibt. Ideal sind grosse übersichtliche Displays.

Manche Geräte verfügen zusätzlich über eine Farbanzeige in den Ampelfarben grün, gelb und rot, und/oder einen akustischen Alarm.⁹ Es gibt aber auch Geräte, welche nur eine Farbanzeige haben. Der Farbwechsel kann je nach Gerät unterschiedlich eingestellt sein (z. B. Wechsel von 'gelb' auf 'rot' bei 1'200, 1'400 oder 2'000 ppm; Wechsel von 'gelb' auf 'grün' bei 800 oder 1'000 ppm). Die Farbwechsel sollten manuell einstellbar sein. Falls ein akustischer Alarm vorhanden ist, sollte er ebenfalls verstellbar und ein-/ausschaltbar sein.

Die meisten CO₂-Messgeräte arbeiten mit einem Sensor vom Typ NDIR (nicht dispersive Infrarotabsorption). Diese Sensoren sind Stand der Technik, zuverlässig, messtechnisch stabil und langlebig (üblicherweise 10-15 Jahre oder mehr). Etwas zuverlässiger und genauer sind Sensoren, welche mit Doppelstrahl NDIR ausgestattet sind. Daneben gibt es photoakustische Sensoren (PAS) mit vergleichbarer Charakteristik, welche in erster Linie wesentlich kleiner und kompakter sind.¹⁰

Einige preiswerte Geräte arbeiten mit Sensoren, welche nicht direkt CO₂ messen, sondern insbesondere auch auf Alkohole und verschiedene andere flüchtige Stoffe ansprechen (Metalloxid-Halbleitersensoren). Diese können teilweise grosse Abweichungen zur tatsächlichen CO₂-Konzentration in der Raumlufte aufweisen und sind als eigentliche CO₂-Messgeräte weniger geeignet.¹¹

Messgenauigkeit

Die Hochschule Luzern Technik & Architektur HSLU hat verschiedene auf dem Schweizer Markt erhältlichen Geräte auf die Messgenauigkeit bei verschiedenen CO₂-Konzentrationen überprüft.¹² Während bei einer Mehrzahl die Messgenauigkeit gut war und Abweichungen zum Referenzgas innerhalb von 10 % lagen, wurden bei einzelnen Geräten grosse Abweichungen (bis zu 100 %) festgestellt. Die Autoren empfehlen, vor einer Anschaffung Produkttests zu konsultieren und vor einer Anschaffung grösserer Stückzahlen unabhängige Prüfberichte einzufordern.¹³

⁹ Farbanzeigen oder Warnsignale beziehen sich stets auf den vom Gerät ausgegebenen Messwert; dieser kann allenfalls von der tatsächlichen Konzentration abweichen (Messgenauigkeit).

¹⁰ Um eine maximale Genauigkeit zu erreichen, muss der Sensor die Temperatur und Feuchte berücksichtigen können.

¹¹ Solche Sensoren erfassen u. a. flüchtige Stoffe und Gerüche aus dem Stoffwechsel von Personen und geben somit auch eine summarische Grösse zur Raumluftequalität, z. B. bei hoher Personenbelegung an. Die Korrelation zur CO₂-Konzentration kann jedoch variieren und durch andere Emissionen im Raum, welche nicht von Personen stammen, gestört sein.

¹² Link zum Bericht z. Z. noch nicht verfügbar

¹³ Verschiedene Verbrauchermagazine wie zum Beispiel SRF Kassensturz oder in Deutschland die Stiftung Warentest haben solche Tests durchgeführt, vgl.

<https://www.srf.ch/news/panorama/gegen-corona-co2-messgeraete-im-test-wirksam-gegen-viren-und-dicke-luft>

<https://www.test.de/CO2-Messgeraete-und-CO2-Ampeln-im-Test-5709239-5709248/>

<https://www.rtl.de/vergleiche/heimwerken/co2-messgeraet-test/>

Kalibrierung

Wie viele elektronische Messgeräte weisen auch CO₂-Messwertgeber eine zeitliche Drift auf, d. h., der angezeigte Messwert weicht zunehmend von der tatsächlichen Konzentration ab.¹⁴ Somit müssen CO₂-Messgeräte regelmässig justiert werden (umgangssprachlich wird hier auch von «Kalibrierung» oder «Kalibration» gesprochen). Abhängig vom Modell erfolgt diese Justierung entweder automatisch über eine interne Elektronik (z. B. Doppelstrahl-Messprinzip), manuell durch Eingriff des Nutzers oder automatisch durch ein internes vordefiniertes Rechenverfahren (z. B. ABC-Logik). Die meisten CO₂-Messgeräte sind mit einer automatischen Justierung nach ABC-Logik ausgestattet.

Empfehlungen für einen korrekten Betrieb der CO₂-Messgeräte:

- Bei Geräten mit ABC-Logik sollte das Messgerät einmal in der Woche ausreichend Aussenluft ausgesetzt werden. Bestenfalls wird das Gerät eine Zeitlang nach draussen gebracht oder bei offenem Fenster auf die Fensterbank gestellt. Alternativ kann der Raum, in dem sich das Messgerät befindet, für mindestens 15 bis 20 Minuten bei offenem Fenster und ohne Anwesenheit von Personen gelüftet werden.
- Ist zusätzlich eine manuelle Justierung möglich, sollte diese vorzugsweise alle drei Monate gemäss den Herstellerangaben durchgeführt werden.

Eignung

CO₂-Messgeräte sind ein gutes Hilfsmittel zum Lüften von Räumen mit Fensterlüftung. Besonders sinnvoll ist ihr Einsatz in Räumen, in denen sich mehrere oder wechselnde Personen über längere Zeit aufhalten, wie z. B. Schulzimmer, Gemeinschaftsräume in Altersheimen, Sitzungszimmer, Büroräume, Pausenräume, Wartezimmer von Arztpraxen und Ämtern.

In Räumen mit grossem Raumvolumen oder in sehr schwach belegten Räumen ist die Verwendung von CO₂ als Indikator für die Durchlüftung weniger geeignet. Befinden sich weitere Quellen für CO₂ im Raum (Verbrennungsprozesse, offene Gasbrenner, Gaskochherd), werden diese Emissionen vom Messgerät ebenfalls erfasst.

In mechanisch belüfteten Räumen kann mit einem CO₂-Messgerät überprüft werden, ob die Lüftungsanlage bei normaler oder maximaler Belegung genügend leistet bzw. richtig eingestellt ist. Allenfalls sind Anpassungen im Betrieb nötig (vgl. Abschnitt «Mechanisch gelüftete Räume»).

Aufstellort

Die gemessene Luft sollte möglichst repräsentativ für die Luft im ganzen Raum sein. Idealerweise wird das Messgerät in der Mitte eines Raumes positioniert. Ist dies sich möglich empfiehlt es sich, das Gerät gut sichtbar auf einer Höhe von ca. 1,5 Metern und mindestens 50 cm von der nächsten Wand entfernt zu platzieren. Das Gerät sollte nicht direkt neben Türen, Fenster (Abstand zu Fenstern mind. 1 Meter), oder hinter Vorhängen und nicht im Atembereich von Personen (auf Schreibtischen) aufgestellt werden.

Grenzen der Fensterlüftung und Notwendigkeit eines Lüftungskonzepts

In Räumen, welche nur über die Fenster gelüftet werden, ist der Grad der Durchlüftung und damit die Raumluftqualität ausschliesslich vom Lüftungsverhalten der Nutzerinnen und Nutzer abhängig. Das stellt vor allem bei hoher Personenbelegung eine grosse Herausforderung dar, denn hier braucht es viel Frischluft und entsprechend häufiges Lüften. Sich die notwendigen Lüftungsgewohnheiten anzueignen ist nicht einfach. Ein bedeutendes Hindernis sind insbesondere Komfortprobleme an kalten Tagen durch kalte Zugluft und das kurzzeitige Absinken der Raumlufttemperatur. Ein weiteres Hindernis kann störender Lärm von aussen sein. Nicht zuletzt müssen auch Lüftungswärmeverluste in Kauf

¹⁴ Bei Messgeräten wird eine langsame Änderung der Ausgangsgrösse, die nicht mit einer Änderung der Eingangsgrösse zusammenhängt, als Drift bezeichnet.

genommen werden, wodurch ein Zielkonflikt zwischen bedarfsgerechtem Lüften und der Notwendigkeit des Energiesparens entsteht (siehe dazu Kasten «Energetische Aspekte des Lüftens von Räumen»). Es verwundert deshalb nicht, dass die Raumluftqualität in fenstergelüfteten Räumen häufig ungenügend ist. Besonders deutlich zeigt sich dies bei dicht belegten Räumen wie Schulzimmern¹⁵.

Die gesetzten Ziele für die Raumluftqualität können einen grossen Einfluss auf das Lüftungsverhalten haben, das zu ihrer Erreichung notwendig ist. Denn höhere Anforderungen an die Raumluftqualität erfordern einen überproportional höheren Luftaustausch, um diese zu erfüllen, und damit auch viel häufigeres Lüften: So erfordert die Einhaltung einer CO₂-Konzentration (bei leichter Tätigkeit) von 1'400 ppm $\pm$ 50 ppm eine Aussenluft rate von 19-21 m³ pro Person und Stunde, bei 1'000 ppm $\pm$ 50 ppm von 30-36 m³, bei 800 ppm $\pm$ 50 ppm gar von 44-57 m³. Längerfristig können hohe Anforderungen gerade bei dicht belegten Räumen wie Schulzimmern nicht alleine mit Fensterlüften erfüllt werden. Das Gebäude und die Gebäudetechnik müssen mithelfen: Es muss ein funktionierendes Lüftungskonzept geplant und umgesetzt werden, welches die Nutzer entlastet, oder ihnen die Lüftungsaufgabe ganz abnimmt. Die Lüftung muss kontrolliert erfolgen. In der Regel bedeutet dies, dass Systeme mit mechanischer Lüftung zum Einsatz kommen.¹⁶

Energetische Aspekte des Lüftens von Räumen

Der Gebäudepark verbraucht rund 45 % des Endenergiebedarfs der Schweiz und ist verantwortlich für rund einen Drittel der Treibhausgasemissionen. Der grösste Teil des Energieverbrauches entfällt auf die Beheizung. Zur notwendigen Senkung des Heizenergieverbrauches wird die Wärmedämmung der Gebäudehüllen stetig verbessert und fossile Heizsysteme durch erneuerbare ersetzt. Die relative Bedeutung der Lüftungswärmeverluste nimmt damit zu. Bei fossil beheizten Gebäuden (Stand 2022 sind dies noch immer rund 900'000 Gebäude) sind die damit verbundenen Treibhausgasemissionen erheblich. Um diese weiter zu senken müssen auch Lüftungswärmeverluste vermindert werden. Insbesondere in der Heizperiode ist zudem eine hohe Energieeffizienz aus Gründen der Versorgungssicherheit wesentlich.

Eine Wärmerückgewinnung aus der Abluft ist bei Lüftungsanlagen möglich, indem man die Energie aus der warmen Abluft direkt der Zuluft zuführt und diese damit auch vorwärmt. Der Wirkungsgrad beträgt üblicherweise über 80%. Damit reduziert sich der Heizwärmebedarf um über einen Drittel. Bei einer pandemiebedingten Erhöhung des Luftwechsels kann durch den Einsatz einer Wärmerückgewinnung der Heizwärmebedarf weiter reduziert werden.

Bei einer reinen Belüftung über Fenster besteht keine Möglichkeit einer Wärmerückgewinnung. Damit steigt der Heizwärmebedarf stark an, gerade auch bei erhöhtem Luftwechsel. Wichtig ist, dass die Fenster in der Heizperiode nicht permanent offen stehen (Kippfenster), sondern regelmässige, möglichst effiziente, Stosslüftungen stattfinden. Damit kann auch verhindert werden, dass Bauteile auskühlen, die mit zusätzlichem Energieaufwand wieder aufgewärmt werden müssen. Ein Verzicht auf den aus hygienischen und gesundheitlichen Gründen notwendigen Luftaustausch ist keine Option.

Oft sind Innenräume auf mehr als 23 °C beheizt. Mit einer Absenkung der Raumtemperatur um 1 °C lassen sich rund 6-10 % Heizenergie einsparen. Als Begleitmassnahme zum besseren Lüften der Innenräume wird deshalb empfohlen, die Raumtemperatur zu überprüfen und während der Heizperiode auf 20 bis max. 22 °C zu senken bzw. zu begrenzen. In öffentlichen Gebäuden, z. B. in Schulen, kann bei manuellen Thermostatventilen das sogenannte «Behördenmodell» eingesetzt werden. Bei einigen bestehenden Modellen können direkt Begrenzungsclips angebracht werden. Mit solchen Ventilen oder Clips kann der Einstellwert begrenzt werden.¹⁷

¹⁵ Das BAG hat deshalb 2019 die Informationskampagne «Frische Luft für wache Köpfe» gestartet, die über das Lüftungsproblem in Schulzimmern informiert und Empfehlungen sowohl für Schulen als auch für Bauherren abgibt, www.schulen-lueften.ch

¹⁶ Für die Lüftung von Schulen werden auf <https://www.schulen-lueften.ch/de/bauherren/praxisbeispiele> verschiedene konkrete Beispiele gezeigt.

¹⁷ EnergieSchweiz, Thermostatventile schützen und die Temperatur begrenzen, <https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/9980>

Mechanisch gelüftete Räume

Eine zunehmende Anzahl von Gebäuden und Räumen sind heute mit einer mechanischen Lüftung ausgestattet, so zum Beispiel alle als Minergie zertifizierten Wohn- und Zweckbauten, grössere Bürogebäude, Gastrobauwerke, Räume mit speziellen Nutzungen wie Fitnesscenter, Turnhallen, Einkaufszentren, Theater, Messehallen, Laborgebäude, aber auch einige neue oder sanierte Schulhäuser. Hier sorgen Lüftungsanlagen und -geräte dafür, dass die Räume stets genügend durchlüftet sind, ohne dass Raumnutzerinnen und Raumnutzer dazu die Fenster öffnen müssen. Die mechanische Lüftung ist dabei auf die Personenbelegung und die Art der Nutzung angepasst. In der Praxis führt dies dazu, dass die Raumluftqualität insbesondere in Räumen mit dichter Belegung deutlich besser ist als in ausschliesslich über die Fenster gelüfteten Räumen. Die Fenster können und dürfen auch in mechanisch belüfteten Gebäuden (auch bei Minergie) geöffnet werden. Dies bietet insbesondere auch Vorteile, wenn in Pandemiezeiten temporär ein erhöhter Luftwechsel sinnvoll ist.

Neben der nutzerunabhängigen Durchlüftung haben mechanisch gelüftete Gebäude oder Räume weitere Vorteile: Der Aussenlärm stört beim Lüften nicht. Durch Filtration der Aussenluft können Feinstaubpartikel und Pollenallergene zurückgehalten werden, wodurch die Qualität der einströmenden Luft deutlich besser ist als beim Fensterlüften. Von grosser Bedeutung ist die deutlich bessere Energieeffizienz: Durch eine Wärmerückgewinnung, welche die Wärme der Abluft auf die Zuluft überträgt, kann der Energieverlust beim Lüften drastisch reduziert werden. Dies wird bei hohen Luftwechseln, welche während einer Pandemie nötig sein können, umso wichtiger. Ein weiterer Vorteil der Wärmeübertragung ist, dass eine Vorwärmung/Vorkühlung der Zuluft den thermischen Komfort im Raum erhöht. Die Kantonalen Energievorschriften verlangen bei Lüftungstechnischen Anlagen eine Wärmerückgewinnung.¹⁸

Mechanische Lüftung und Covid-19

Weil mechanisch gelüftete Räume kontinuierlich gelüftet sind, haben sie als Schutz vor Ansteckungen mit luftübertragenen Infektionskrankheiten generell eine bessere Ausgangslage als rein fenstergelüftete Räume. Dies ist auch beim Coronavirus der Fall. Die Lüftungsanlagen selber stellen kein Infektionsrisiko dar und sollten auf keinen Fall ausgeschaltet werden. Es stellt sich aber die Frage, wie sie betrieben werden sollen, damit ein besserer Schutz vor Ansteckungen über weitere Distanzen in Innenräumen gewährleistet werden kann.

Professionelle Betreiber

Im Frühling 2020 veröffentlichte der Europäische Dachverband der Gebäudetechnik REHVA (Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations) einen ersten Leitfaden zum Umgang mit SARS-CoV-2. Dieser Leitfaden wurde kontinuierlich an den aktuellen Stand der Erkenntnisse aus Forschung und Praxis angepasst. Im Herbst 2021 hat der Schweizerische Verein von Gebäudetechnik-Ingenieuren (DIE PLANER, SWKI) eine offizielle deutsche Übersetzung des aktuellsten Leitfadens (Version 4.1.) erstellt und als Technischen Bericht TRSWKI VA104-01 publiziert: [https://www.rehva.eu/fileadmin/content/REHVA_COVID19 - Leitfaden V4.1.pdf](https://www.rehva.eu/fileadmin/content/REHVA_COVID19_-_Leitfaden_V4.1.pdf)

Das BAG empfiehlt allen Betreibern von Gebäuden mit Lüftungstechnischen Anlagen, die Performance ihrer Anlage zu überprüfen, sie gemäss den Empfehlungen des REHVA Leitfadens zu betreiben und entsprechende Anpassungen der Anlage vorzunehmen, soweit dies möglich ist.

Die wichtigsten Grundsätze beim Betrieb für einen verbesserten Schutz vor Übertragungen von SARS-CoV-2 über die Innenraumluft sind:

- Aussenluftvolumenströme maximieren
- Bedarfssteuerung der Aussenluftvolumenströme vorübergehend ausschalten oder die CO₂-Sollwerte auf 550 ppm reduzieren

¹⁸ Vgl. MuKE n 2014, Artikel 1.19

- Bei Lüftungs-/Klimageräten mit Umluft die Aussenluftzufuhr sicherstellen, wo möglich Umluftanteil zugunsten Aussenluftzufuhr reduzieren oder Umluftfunktion vorübergehend deaktivieren
- Belüftung mindestens 2 Stunden vor der Nutzungszeit des Gebäudes auf die Standardstufe schalten (Vorlauf) und erst 2 Stunden nach der Nutzungszeit auf eine niedrigere Stufe umschalten (Nachlauf). In gewerblichen Gebäuden genügt 1 Stunde vor und nach der Gebäudenutzungszeit, wenn das Gebäude in dieser Zeit mit einem 3-fachen Aussenluftwechsel belüftet worden ist.
- Nachts und an Wochenenden die Belüftung nicht ausschalten, sondern die Systeme auf einer niedrigen Stufe laufen lassen

Minergie-Wohnungen und andere mechanisch gelüftete Wohnungen (Komfortlüftung)

Der Verein Minergie hat seit Frühling 2020 Informationen und Empfehlungen zum Thema 'Coronavirus und Innenraumklima im Minergie-Haus' auf seiner Webseite aufgeschaltet, welche periodisch aktualisiert wurden. Das aktuellste Dokument findet sich hier: [211215 coronavirus und innenraumklima im minergie-haus de.pdf](https://www.minergie.ch/dokumente/211215_coronavirus_und_innenraumklima_im_minergie-haus_de.pdf)

Fensterlüften in mechanisch gelüfteten Gebäuden und Räumen

Mit zusätzlichem Lüften über die Fenster kann die Durchlüftung in mechanisch gelüfteten Räumen weiter erhöht werden. Dies wird, sofern möglich, während der Covid-19-Pandemie auch explizit empfohlen. Gerade wenn die Leistung der mechanischen Lüftung für die aktuelle Belegung und Nutzung knapp ist und nicht gesteigert werden kann, sollte der Raum zwischendurch mit einer effizienten Stosslüftung über die Fenster (möglichst mit Durchzug) vollständig durchgelüftet werden.