

## Senkung des COVID-Risikos durch intelligente Belüftung



variieren von größeren Atemwegströpfchen bis zu kleineren Aerosolen mit einem Durchmesser von weniger als 5µm.

Die Weltgesundheitsorganisation<sup>3</sup> (WHO): *gibt Folgendes an: Die Aerosolübertragung kann in bestimmten Umgebungen erfolgen, insbesondere in Innenräumen, überfüllten und unzureichend belüfteten Räumen, in denen die infizierten Personen längere Zeit mit anderen Personen verbringen, wie Restaurants, Fitnesskursen, Nachtclubs, Büros und/oder Andachtsstätten.*

Eine kürzlich erschienene Veröffentlichung im Lancet, die die Hypothese, dass SARS-CoV-2 hauptsächlich durch die Luft übertragen wird, unterstützt, lieferte: *Zehn wissenschaftliche Gründe für die aerogene Übertragung von SARS-CoV-2.*<sup>4</sup>

Durch Erkenntnisse über die Übertragungswege konnten Regierungen geeignete Strategien zur Bekämpfung der Virusübertragung mit Maßnahmen wie Gesichtsmasken, Abstandsregeln, Händewaschen und Oberflächendesinfektion definieren. Wichtig ist, dass Regierungen auch die zunehmende Bedrohung durch Räume mit Empfehlungen für Aktivitäten im Freien und eine verbesserte Belüftung erkannt haben.

Im November 2020 veröffentlichte die britische Regierung ein Video<sup>5</sup>, in dem die Bedeutung der Belüftung zur Verringerung der Ausbreitung von COVID-19 hervorgehoben wird. In ihrem Bericht heißt es:

Wenn wir aus der Pandemie herauskommen, wird es interessant sein zu sehen, wie die „neue Normalität“ aussieht. Werden Arbeitnehmer\*innen ganztägig in ihre Büros zurückkehren? Oder wird es eine neue Präferenz für flexiblere Arbeitszeiten und für hybrides Arbeiten (Home-Office und Büro) geben? In jedem Fall wird es eine neue erhöhte Verantwortung geben, mikrobiologische Gefahren wie COVID-19 bei der Bereitstellung sicherer Innenräume zu berücksichtigen.

In dem folgenden Artikel untersucht Anu Kätkä, eine Expertin für Raumklima von Vaisala (Finnland), die Rolle, die Lüftungssysteme beim Schutz von Personen in Büros und anderen Arbeitsbereichen vor zukünftigen mikrobiologischen Bedrohungen spielen. Sie erklärt auch, warum die zuverlässige Messung von Kohlendioxid

von entscheidender Bedeutung ist, da dies das beste Maß für eine effektive Belüftung darstellt.

### Erkenntnisse aus COVID-19

COVID-19 wird durch das SARS-CoV-2-Virus verursacht, das von infizierten Personen auf zwei Arten übertragen wird. Erstens können Viren auf Oberflächen bis zu mehreren Wochen überleben<sup>1</sup>, insbesondere bei kühleren Raumtemperaturen<sup>2</sup>. Folglich ist eine Übertragung von Krankheitsüberträgern möglich, wenn Menschen infizierte Oberflächen berühren und das Virus auf Mund, Nase oder Augen übertragen. Zweitens kann sich das Virus in kleinen flüssigen Partikeln aus dem Mund oder der Nase infizierter Personen ausbreiten, wenn diese husten, niesen, sprechen oder atmen. Diese flüssigen Partikel

*„Untersuchungen zeigen, dass in einem Raum mit Frischluft das Infektionsrisiko durch Partikel um über 70 % gesenkt werden kann.“*

Im Januar 2021 haben Hunderte kanadischer Expert\*innen (Ärzt\*innen, Wissenschaftler\*innen, Arbeitsschutzfachleute, Ingenieur\*innen und Pflegefachkräfte) einen offenen Brief<sup>6</sup> an ihren Premierminister verfasst, der ihn auffordert, „die COVID-19-Richtlinien der Provinz, die Arbeitsplatzbestimmungen und die öffentliche Kommunikation zu aktualisieren, um die Wissenschaft widerzuspiegeln – COVID-19 verbreitet sich durch inhalierte Aerosole.“ Eine der wichtigsten Empfehlungen in dem Schreiben lautet: „Empfehlung und Einsatz von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)-Monitoren als Ersatzmaßnahme bei unzureichender Belüftung, um das Übertragungsrisiko über große Entfernungen in der Raumluft zu verringern. Während eines Tuberkulose-Ausbruchs wurde das Risiko einer Infektion mit Tuberkulose durch CO<sub>2</sub>-Konzentrationen von über 1 000 ppm signifikant erhöht. Durch die Verbesserung der Gebäudelüftung auf eine CO<sub>2</sub>-Konzentration von 600 ppm wurde der Ausbruch gestoppt.“

## Bedeutung der Partikelgröße

Die WHO sagt, dass infizierte Menschen am ansteckendsten zu sein scheinen, kurz bevor sie Symptome entwickeln. Darüber hinaus sind einige infizierte Personen asymptomatisch. Daher ist es logisch anzunehmen, dass beispielsweise in einer Büroumgebung die Hauptbedrohung NICHT von Personen mit schweren Symptomen wie Husten und Niesen ausgeht, sondern von Personen, die es nicht bemerken, dass sie erkrankt sind. Diese Menschen atmen mit größerer Wahrscheinlichkeit virale Aerosole mit einem Durchmesser von weniger als 5 µm aus – Partikel, die Abstandsregeln nicht einhalten. Diese feinen Aerosole entsprechen in etwa der Größe der Partikel im Zigarettenrauch, die sich bekanntlich

nicht leicht festsetzen und sich in schlecht belüfteten Räumen weit ausbreiten können.

In einem kürzlich im Lancet<sup>7</sup> veröffentlichten Artikel werden Studien zu Hustenaerosolen und ausgeatmetem Atem von Patient\*innen mit verschiedenen Atemwegsinfektionen beschrieben, die auffallende Ähnlichkeiten bei der Aerosolgrößenverteilung zeigen, wobei Krankheitserreger in kleinen Partikeln (<5 µm) vorherrschten. Diese Partikel sind sofort einatembar und können unter den meisten Bedingungen in Räumen unbegrenzt in der Luft bleiben – es sei denn, sie werden durch Luftströmungen oder Verdünnungsbelüftung entfernt.

Feuchte wirkt sich ebenso auf die Ausbreitung von Aerosolen aus, da bei einem geringen Feuchtegehalt die Aerosole leichter werden und daher besser in der Luft bleiben können. Außerdem wurde gezeigt, dass Feuchte die Anfälligkeit für Virusinfektionen beeinflusst, da das Ausgesetztsein von trockener Luft die Wirtsabwehr gegen Influenza-Infektionen verschlechtert, die Gewebereparatur verringert und Zellabbau verursacht.<sup>8</sup>

## Maßnahmen zur Risikominderung

Herkömmliche Gesundheits- und Sicherheitsrisikobewertungen befassen sich mit Gefahren wie Ausrutschen und Stolpern, schweren Gegenständen, sich wiederholenden Verletzungen, Stürzen, Belastung, Stromschlag, Feuer und Alleinarbeit. Um jedoch COVID-sichere Umgebungen zu schaffen, müssen Unternehmen auch eine Bewertung von mikrobiologischem Risiko einbeziehen. Es wird daher notwendig sein, potenzielle Quellen pathogener Mikroorganismen sowie deren Übertragungswege zu identifizieren.

Händedesinfektionsmittel können zur Verfügung gestellt und Oberflächen regelmäßig desinfiziert werden. Es können Verfahren festgelegt werden, um die Wahrscheinlichkeit

einer Krankheitsübertragung zu verringern, beispielsweise durch Displays, Abstandsregeln und sogar die Vernebelung von Desinfektionsmitteln. Trotz all dieser Maßnahmen kann eine infizierte Person große Bereiche schnell kontaminieren. Eine effektive Belüftung ist daher unerlässlich, und das Steuerungssystem muss genaue und zeitnahe Messungen in jedem Raum durchführen, damit es schnell reagieren kann. Einige Systeme überwachen möglicherweise lediglich CO<sub>2</sub> im Abgas. Dies bietet aber nicht die Möglichkeit, Probleme mit schlechter Belüftung in bestimmten Räumen zu erkennen.

## Auswahl des optimalen Messparameters

Eine der Hauptfunktionen einer Gebäudeautomation bzw. eines Gebäudemanagementsystems (GMS) ist die Steuerung des thermischen Komforts und die Optimierung des Energieverbrauchs. Die Temperatur ist demnach zweifellos der wichtigste Steuerparameter in ausgelasteten Räumen. Einige Systeme messen und steuern auch die Feuchte, um eine relative Feuchte zwischen 40 und 60 % aufrechtzuerhalten. Dies dient zur Gesundheit und zum Wohlbefinden von Menschen sowie zum Schutz von Computersystemen und zur Vermeidung von strukturellen oder schimmelbedingten Problemen im Gebäude.

Bei Temperaturmessungen treten im Allgemeinen keine Abweichungen auf – anders jedoch bei herkömmlichen Feuchtesensoren. Deshalb werden Vaisala HUMICAP<sup>®</sup> Sensoren wegen ihrer Langzeitstabilität und Unempfindlichkeit gegenüber Störungen wie Staub und Kondensation bevorzugt. Diese kapazitiven Dünnschicht-Feuchtesensoren haben sich zum Industriestandard in einer Vielzahl von Anwendungen entwickelt, in denen langfristig genaue, zuverlässige und wartungsfreie Feuchtemessungen erforderlich sind.

Ein erhöhter Feuchtegehalt kann ein Hinweis auf menschliche Aktivität

und schlechte Belüftung sein. Feuchte variiert jedoch erheblich aufgrund äußerer Faktoren (z. B. Bedingungen wie Gefrier Trocknung oder regnerische Feuchte) anstatt menschlicher Ausatmung.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Überwachung von Temperatur und Feuchte eine wichtige Rolle bei der Optimierung eines GMS spielt. Aber wo Facility Manager\*innen die Raumauslastung durch Personen berücksichtigen und die vom Menschen verursachte Schadstoffbelastung der Raumluft reduzieren müssen, ist CO<sub>2</sub> der ideale zusätzliche Parameter für die automatische Lüftungssteuerung.

## Nutzung der Kohlendioxidmessung als Indikator für effektive Belüftung

Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) wird von Menschen beim Atmen ausgeatmet. Eine Ansammlung von CO<sub>2</sub> zeigt an, dass sich (a) Personen im Raum befinden und (b) die Belüftung unzureichend ist. Ein gutes Lüftungssystem sollte dies also erfassen und automatisch die richtige Belüftung anwenden können. Das System muss automatisch funktionieren und in der Lage sein, einzelne Räume zu belüften, damit jeder Raum optimal belüftet wird – und keine Energie verschwendet wird, was im Falle einer zu starken oder nicht notwendigen Belüftung der Räume passieren kann.

## Nicht-COVID Vorteile der CO<sub>2</sub>- und Feuchteüberwachung

Der ASHRAE Green Standard 189.1 (USA) und die Europäische Norm EN 16798-3 empfehlen den Einsatz bedarfsgeregelter Lüftungsanlagen, um den Energieverbrauch zu senken und dabei gleichzeitig für saubere Raumluft zu sorgen.

Aus Sicht der HLK-Entwicklung ist CO<sub>2</sub> ein idealer Indikator für die

Raumluftqualität, wo das Gebäude überwiegend von Menschen genutzt wird. Feuchte wäre entweder ein besserer oder zumindest ein nützlicher zusätzlicher Parameter, insbesondere in Gebäuden, in denen Kunstwerke, Bücher, Wein, historische Artefakte usw. aufbewahrt werden, oder in Gebäuden, die selbst restauriert werden müssen.

In der Regel enthält Außenluft 250 bis 400 ppm CO<sub>2</sub>. Im Gegensatz dazu enthält der ausgeatmete Atem etwa 50 000 ppm CO<sub>2</sub>, was einem 100-fachen Anstieg gegenüber eingeatmetem Gas entspricht. Ohne ausreichende Belüftung steigt der CO<sub>2</sub>-Gehalt in Räumen, in denen sich Personen aufhalten, allmählich an.

Sowohl das Wohlbefinden als auch die Leistung von Personen in Gebäuden können durch den CO<sub>2</sub>-Gehalt beeinflusst werden. Ausgelastete Räume mit gutem Luftaustausch enthalten etwa 350 bis 1 000 ppm, aber alles darüber kann Trägheit hervorrufen, wobei Werte über 2 000 ppm Kopfschmerzen, Schläfrigkeit, Konzentrationsschwäche, Aufmerksamkeitsverlust, erhöhte Herzfrequenz und leichte Übelkeit verursachen. Das Ausgesetztsein gegenüber sehr hohen Konzentrationen (durch Öl-/Gasbrenner oder Gaslecks) kann sogar zum Erstickungstod führen.

Die empfohlenen Mindestlüftungsraten sind für eine Vielzahl von Räumen im „ANSI/ASHRAE-Standard 62.1-2019 Lüftung für eine akzeptable Raumluftqualität“ angegeben.

In mehreren Studien wurden die Auswirkungen der CO<sub>2</sub>-Konzentration auf die kognitive Funktion untersucht. Beispielsweise wurde in Allen et al., (2016)<sup>9</sup> festgestellt, dass die kognitiven Funktionswerte am moderaten CO<sub>2</sub>-Tag (~ 945 ppm) um 15 % und an einem Tag mit CO<sub>2</sub>-Konzentrationen von ~ 1 400 ppm um 50 % niedriger waren als an zwei „Green+“-Tagen (~ 540 ppm). Im Durchschnitt war ein Anstieg des CO<sub>2</sub> um 400 ppm mit einem Rückgang

der kognitiven Werte eines typischen Teilnehmenden um 21 % verbunden. Auf CO<sub>2</sub>-Messungen basierende bedarfsgeregelte Lüftungsanlagen können daher zu Verbesserungen des Wohlbefindens und der Produktivität führen, die die Kosten des bedarfsgeregelten Lüftungssystems selbst bei weitem überwiegen.

## Auswahl des richtigen CO<sub>2</sub>-Messwertgebers

Es ist wichtig, der Versuchung zu widerstehen, die günstigsten Sensoren zu kaufen, die die erforderlichen Spezifikationen erfüllen. Dies liegt daran, dass Genauigkeit und Reichweite zwar wichtig sind, die kontinuierliche Leistung des GMS jedoch von der Stabilität der Sensoren abhängt.

Lieferant\*innen von HLK-Systemen bevorzugen natürlich Sensoren, die Sie „anpassen und vergessen“ können. Folglich müssen Sensoren ausgewählt werden, die keine häufige Neukalibrierung erfordern, um Abweichungen zu verhindern. Der Auswahlprozess wird aber durch Sensoren weiter verkompliziert, die angeben, Abweichungen durch die Implementierung einer Softwarelösung zu kompensieren, die davon ausgeht, dass die niedrigsten gemessenen Werte der durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Konzentration im Freien entsprechen. Die Gefahr bei dieser Art von Algorithmus besteht darin, dass kleine Fehler im Laufe der Zeit verschärft werden. Dies führt langfristig zu äußerst signifikanten Fehlern. Als Versuch, echte Kalibrierung zu vermeiden, sind diese Softwarealgorithmussensoren nicht in Räumen anwendbar, die ständig ausgelastet sind, und können auch durch Gebäudeautomationssysteme getäuscht werden, die den Frischlufteinlass außerhalb der Spitzenzeiten stark verringern. In einigen Fällen kann sogar der Beton in den Wänden CO<sub>2</sub> absorbieren und dadurch den Algorithmus „austricksen“ und weitere Ungenauigkeiten verursachen.

Es besteht die Möglichkeit eines leichten Interessenkonflikts zwischen GMS-Lieferant\*innen/-Montagetechniker\*innen und Gebäudeeigentümer\*innen/Facility Manager\*innen. Bei Ersteren muss das System sofort und zumindest für die Dauer der Garantie einwandfrei funktionieren, bei Letzteren ist die Anforderung jedoch längerfristig.

Die Kosten eines guten Sensors verlieren im Vergleich zu den damit verbundenen Vorteilen an Bedeutung. Energieeinsparungen durch genaue bedarfsgerechte Regelungen können beträchtlich sein. Noch wichtiger ist es jedoch, dass die Gesundheit und das Wohlbefinden der Personen im Gebäude geschützt werden und die

Raumbedingungen die Leistung am Arbeitsplatz verbessern.

Die perfekte Lösung ist daher, sich für Vaisala CARBOCAP® CO<sub>2</sub>-Sensoren zu entscheiden. Denn hier kommt eine Bifrequenz-NDIR-Technologie zum Einsatz, die in einer Vielzahl von Umgebungen erfolgreich funktioniert und eine echte Selbstkalibrierung mit einer internen Referenz durchführen kann. Die Kosten dieser Technologie sind im Vergleich zu den Energiekosten eines GMS, das nicht effizient ist, oder zu den Wartungskosten, wenn kostengünstige Sensoren abweichen oder ausfallen, unbedeutend.

Es ist nicht ungewöhnlich, dass Sensoren von Vaisala bis zu 15 Jahre

lang störungsfrei betrieben werden können. Diese Stabilität und Zuverlässigkeit sind auf der ganzen Welt und darüber hinaus anerkannt. Vaisala Sensoren sind weiterhin auf dem 2011 gestarteten Curiosity Rover und an Bord des Perseverance Rovers, der im Februar 2021 auf dem Mars gelandet ist, der NASA im Einsatz.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass hier auf der Erde Maßnahmen zur Krankheitsprävention durch intelligente Belüftung mit zuverlässigen CO<sub>2</sub>-Messungen verstärkt werden können. Darüber hinaus kann eine gute Raumluftqualität deutlich positive Auswirkungen auf die Gesundheit und das Wohlbefinden von Menschen in Gebäuden haben.

## Quellenverzeichnis:

1. Kampf, G. et al. (2020) **Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents**. Journal of Hospital Infection.
2. Ratnesar-Shumate S, et al. (2020). **Simulated sunlight rapidly inactivates SARS-CoV-2 on surfaces**. The Journal of Infectious Diseases.
3. World Health Organization: <https://www.who.int/news-room/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19-how-is-it-transmitted>
4. Greenhalgh, T. et al (2021). **Ten scientific reasons in support of airborne transmission of SARS-CoV-2**. THE LANCET. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)00869-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00869-2)
5. [www.gov.uk/government/news/new-film-shows-importance-of-ventilation-to-reduce-spread-of-covid-19#:~:text=Coronavirus%20is%20spread%20through%20the,virus%20transmissions%20happen%20indoors](http://www.gov.uk/government/news/new-film-shows-importance-of-ventilation-to-reduce-spread-of-covid-19#:~:text=Coronavirus%20is%20spread%20through%20the,virus%20transmissions%20happen%20indoors).
6. <https://ricochet.media/en/3423/there-is-still-time-to-address-aerosol-transmission-of-covid-19>
7. Fennelly, K.P., (2020). **Particle sizes of infectious aerosols: implications for infection control**. THE LANCET, Respiratory Medicine, VOLUME 8, ISSUE 9, P914-924.
8. Kudo.E. et al (2019) **Low ambient humidity impairs barrier function and innate resistance against influenza infection**. Proceedings of the National Academy of Sciences, 116 (22).
9. Allen J.G. et al. (2016) **Associations of Cognitive Function Scores with Carbon Dioxide, Ventilation, and Volatile Organic Compound Exposures in Office Workers: A Controlled Exposure Study of Green and Conventional Office Environments**. Environmental Health Perspectives 124:6 CID: <https://doi.org/10.1289/ehp.1510037>

**VAISALA**

Kontaktieren Sie uns unter  
[www.vaisala.com/contactus](http://www.vaisala.com/contactus)

[www.vaisala.com](http://www.vaisala.com)



Scannen Sie den Code, um weitere Informationen zu erhalten.

Ref. B212334DE-A ©Vaisala 2021

Das vorliegende Material ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte hierfür liegen bei Vaisala und ihren jeweiligen Partnern. Alle Rechte vorbehalten. Alle Logos und/oder Produktnamen sind Markenzeichen von Vaisala oder ihrer jeweiligen Partner. Die Reproduktion, Übertragung, Weitergabe oder Speicherung von Informationen aus dieser Broschüre in jeglicher Form ist ohne schriftliche Zustimmung von Vaisala nicht gestattet. Alle Spezifikationen, einschließlich der technischen Daten, können ohne vorherige Ankündigung geändert werden.