



Innenräume und Luftqualität

## Viren und andere Pathogene mit intelligenter Gebäudetechnik im Keim ersticken.

Die Menschheit wurde über die Jahrhunderte immer wieder mit Pathogenen wie Viren oder krankmachenden Makroorganismen konfrontiert, die ein epidemisches oder gar pandemisches Ausmass annehmen können. Auch das Corona-Virus hat die Schweiz in den letzten zwei Jahren stark herausgefordert und aufgezeigt, dass die Gebäudetechnik bei der Eindämmung von Infektionswellen eine wichtige Rolle spielt. Es ist ein neues Bewusstsein für Raumluftqualität, Lufthygiene und die Bedeutung von Aerosolen entstanden. Dies beeinflusst auch unsere Gebäude, deren Technik und nicht zuletzt den Städtebau.

**Ging man anfangs von Schmier- und Tröpfcheninfektionen als hauptsächliche Übertragungswege des Corona-Virus aus, so rückten im weiteren Verlauf der Pandemie die Aerosole zunehmend in den Fokus. Die Intensität wie auch die Art und Weise der Belüftung eines Raumes haben merklich Einfluss auf die Ausbreitung der Aerosole. Die Lüftung ist dabei sowohl Teil des Problems als auch der Lösung.**

**Kurzfristig ist von Interesse, ob ein bestehendes Lüftungskonzept ausreichend ist, um das Ansteckungsrisiko tief zu halten. Langfristig stellt sich aber die Frage, ob und wo eine kontrollierte Raumbelüftung gefordert werden muss. Dabei ist dem Zielkonflikt zwischen Hygiene, Energiebedarf und Komfort Rechnung zu tragen.**

### Grundlagen

Zu Beginn der Pandemie im Jahr 2020 waren kaum verlässliche Grundlagen zu Übertragungsmechanismen und zum Ansteckungsrisiko in Innenräumen bekannt. Das änderte sich in kürzester Zeit. Sehr bald konnten das SECO (Staatssekretariat für Wirtschaft) und die REHVA (Föderation der europäischen Heizungs-, Lüftungs- und Klimaverbände) erste konkrete Empfehlungen aussprechen.

Mit zunehmendem Fokus auf die Aerosole wurden weitere Erkenntnisse zu Wirkungsweise, Schlüsselfaktoren und Berechnung des Infektionsrisikos veröffentlicht. Dabei wurde die ganze Kette von der Quelle (infektiöse Person) über die Luft bis hin zum\* zur Empfänger\*in berücksichtigt. Weitere Einflussfaktoren waren Schutzmassnahmen wie das Maskentragen und Abstandhalten, aber auch die Konstitution des Menschen und der Zustand seines Immunsystems.

### Überprüfungen und Massnahmen

Kurzfristig ist oft die Frage zu beantworten, inwiefern ein bestehendes Lüftungskonzept das Infektionsrisiko minimieren kann. Ein wichtiger Einflussfaktor ist die Zuluftmenge, weitere Faktoren können das Lüftungsprinzip wie etwa Quell- oder Mischlüftung, oder im Raum vorherrschende Luftströmungen sein, beeinflusst durch beispielsweise kalte Oberflächen an Fenstern oder warme Oberflächen an Radiatoren oder an Menschen.

Der Schadstoffübertragungsgrad kann mit Tracergas-Messungen ermittelt werden, indem eine bestimmte Menge an Spurengas im Raum emittiert und die Konzentration an wichtigen Stellen, etwa auf Atmungshöhe der sich im Raum befindlichen Menschen, gemessen wird. Das Verhalten von Spurengasen und Aerosolen ist aufgrund der unterschiedlichen Masse zwar nicht identisch, dennoch liefern die Messungen verlässliche Werte über die Konzentration und das entsprechende Infektionsrisiko.

Eine weitere Möglichkeit zur Sichtbarmachung der Aerosolausbreitung sind Rauchversuche. Mittels optischer Messung und Sichtprüfung lässt sich feststellen, wo im Raum eine hohe Luftbewegung herrscht und wo sich Zonen mit geringer oder fehlender Durchströmung befinden. So lassen sich mehr und weniger kritische Zonen hinsichtlich des Infektionsrisikos identifizieren. Die Hochschule Luzern (HSLU) hat, beruhend auf Aerosoluntersuchungen, zusammen mit Partnerinstitutionen ein Prüf- und

Bewertungsverfahren entwickelt, mit welchem in einem Raum das Infektionsrisiko entsprechend einem gewählten Nutzungsszenario beurteilt werden kann. Wichtig für die Messung sind realitätsnahe Wärme- und Kühllasten, um realistische Betriebs-situationen zu simulieren.

Manchmal reicht eine intensive Fensterlüftung aus, um das Risiko einer Infektion zu minimieren. Dabei ist es aber wichtig, die erzielte Luftqualität zu überprüfen, z. B. mit geeigneten CO<sub>2</sub>-Messgeräten. Bei Anwesenheit von Personen ist der CO<sub>2</sub>-Wert ein guter Indikator für den Luftaustausch. Es handelt sich dabei aber keineswegs um eine Virenlast-Messung.

Eine attraktive Lösung bieten mobile Luftreiniger, wobei es auch hier viele Ausführungen mit sehr unterschiedlicher Qualität auf dem Markt gibt. Gute Geräte sind kompakt, schnell installiert und hochwirksam. Allerdings benötigen sie viel Energie, sind wartungsintensiv (Filterwechsel) und aufgrund der Lärmemissionen nicht für alle Anwendungen geeignet.

Bei Lüftungsanlagen zeigt sich, dass vor allem in grossen Räumen Mischlüftungen gegenüber Quelllüftungen im Nachteil sind. Die Virenlast wird durch die Vermischung zwar reduziert, aber gleichzeitig werden Viren im ganzen Raum verteilt. Optimal wäre hier eine «Personalized Ventilation», bei der jeder einzelne Sitzplatz im Büro, Restaurant, Kino etc. eine separate Zu- und Abluft aufweist.



**Bild 1: Untersuchung der Wirkung eines Luftreinigungsgerätes in einem Schulzimmer mittels Aerosolvisualisierung, Einsatz von «Dummies» (Heizylinder) zur Wärmelastsimulation (Quelle: Hochschule Luzern)**

## Zielkonflikte und Herausforderungen

Mit Fokus auf Energieeffizienz wurden die Luftmengen und Betriebszeiten bei Lüftungsanlagen in den letzten Jahren zunehmend limitiert bzw. reduziert. Um das Infektionsrisiko zu verringern, sind aber höhere Luftmengen und längere Betriebszeiten von Vorteil. Es kommt also zum Zielkonflikt zwischen Energie, Komfort, Kosten und Hygiene.

Heute werden für die Auslegung von raumlufttechnischen Anlagen personenbezogene Luftvolumenströme von 25 bis 36 m<sup>3</sup>/h vorgegeben. In Pandemiezeiten werden sogar 50 m<sup>3</sup>/h oder mehr gefordert. Der Energiebedarf für die Luftbehandlung würde sich um ein Vielfaches erhöhen, vorausgesetzt die Anlage ist überhaupt in der Lage, einen solchen Luftvolumenstrom zu fördern. Während eine Erhöhung der Luftmenge ohne bauliche Massnahmen oft nicht möglich ist, sind Anpassungen bei den Betriebszeiten jederzeit realisierbar. Aus hygienischer Sicht ist es empfehlenswert, mit der Lüftung der Räume rund eine Stunde vor Nutzung zu beginnen und sie noch bis eine Stunde nach Nutzungsende laufen zu lassen. Falls die Luftmengen erhöht werden, müssen die Auswirkungen auf den Komfort (Zugluft), die Raumakustik, die Luftfeuchtigkeit, die Raumtemperaturen sowie den Heiz- und Kühlenergiebedarf im Auge behalten werden. Aufgrund der vielfältigen Abhängigkeiten sind eine umsichtige Planung und Umsetzung essenziell.

## Wo stehen wir?

In Zusammenhang mit der Lüftung und der Übertragung von Pathogenen sind noch einige Themen zu klären:

- Eignung zonenbezogener Lüftungskonzepte mit Luftüberströmung von einer Zone in die andere
- Umgang mit der Filter-Nachrüstung bei Raumklimageräten
- Lüftungs- und Raumreinigungskonzepte zur wirksamen Reduktion der aerogenen Übertragung von Krankheiten in Innenräumen
- Messmethoden zur Beurteilung der Luftqualität hinsichtlich der Luftpathogene in Innenräumen
- Faktoren, welche das Infektionsrisiko in Innenräumen beeinflussen und deren Zusammenhang mit korrelierenden Messgrössen wie CO<sub>2</sub>-Gehalt, Luftfeuchtigkeit etc.
- Reduktion unterschiedlicher Pathogene (behüllte/unbehüllte Viren, Sporen, Exosome, Bakterien) durch verschiedene Lüftungskonzepte

## Und wie geht es weiter?

Der latenten Gefahr einer über die Luft übertragbaren Krankheit mit möglichem pandemischem Ausmass (Vogelgrippe, Schweinegrippe, Covid-19) wurde in den letzten Jahrzehnten wenig Rechnung getragen. Da wir immer wieder mit derartigen Bedrohungen rechnen müssen, sind Gebäude und Gebäudetechnik zukünftig besser auf solche Situationen vorzubereiten – und dies nicht nur im Bereich der Lüftung, sondern auch im Bereich der Trinkwasserversorgung (z.B. Legionellen, Cholera).

Dabei ist zu unterscheiden zwischen betrieblichen Anpassungen, die im Bedarfsfall kurzfristig umgesetzt werden können und baulichen Massnahmen, die frühzeitig in die Planung einflie-

sen müssen. Eine Verbesserung der Raumluftqualität hat ihren Nutzen zudem nicht nur in Pandemiezeiten, sondern wirkt sich grundsätzlich positiv auf das Wohlbefinden und die Gesundheit der Menschen aus. In diesem Zusammenhang ist zu erwarten, dass Normen und Gesetze mittelfristig angepasst werden, um Gebäude «pandemieresistenter» werden zu lassen. So könnten zukünftig beispielsweise durch eine selektive Schliessung von Gebäuden oder Gebäudeabschnitten weitergehende Massnahmen wie Lockdowns vermieden werden.

Die Frage nach dem zukünftigen Umgang mit Pandemien hat nicht nur Auswirkungen auf die Gebäudetechnik, sondern auch generell auf Immobilien und sogar den Städtebau. Die Forderung nach verdichtetem Lebensraum muss subtil angegangen werden. Diese Fragestellung hat das Kompetenzzentrum Typologie & Planung in Architektur (CCTP) der HSLU in einer Studie näher untersucht. Folgendes hat sich gezeigt:

## Herausforderungen in der Architektur

Die Pandemie hat ausserdem die Grenzen gängiger Wohnungskonzepte aufgezeigt. Betroffen sind v. a. Wohnungsgrundrisse, bei denen aufgrund ihrer räumlichen Anordnung und begrenzten Fläche keine Möglichkeit besteht, eine Raumzone für das Home-schooling oder Homeoffice zu aktivieren. Daher erfordern suffiziente Grundrisse klug eingeteilte und wohlproportionierte Räume, zusätzlich flexibel und gemeinschaftlich nutzbare Räumlichkeiten – sei es in einem Haus oder innerhalb einer Siedlung.

## Auswirkungen auf die Stadtentwicklung

Gerade in verdichteten Wohnsituationen sind ausreichende Platzverhältnisse zwischen den Gebäuden von essenzieller Bedeutung. Sorgfältig gestaltete Flächen und Grünzonen schaffen Raum für Kommunikation und Begegnung, fördern nachbarschaftliches und soziales Miteinander und sorgen für ein gutes Klima im Quartier. Das Zusammenspiel aus Verdichtung und grosszügigen Grünzonen wird das Stadtbild der Zukunft prägen. Es braucht eine Vorstellung davon, zu welcher Form von Zusammenleben welche Dichte beitragen soll.



Bild 2: Aerosoluntersuchung in einem Veranstaltungsraum zur Bestimmung der Lüftungseffektivität gegenüber virenhaltigen Schwebeteilchen an verschiedenen Orten im Saal (Quelle: Hochschule Luzern)

## Referenzen

Planung von

- Räumen mit hohen Anforderungen an die Luftqualität wie z. B. Spitäler, Reinräume und Labore
  - Kantonsspital St. Gallen
  - Kantonsspital Baden
  - ETH BSS Biozentrum
- Veranstaltungsräumen bzw. Räumen mit hohen Personenbelegungen wie z. B.
  - The Circle Convention Center at Zurich Airport
  - Ballsaal Kameha Grand Zurich
  - FIFA World Football Museum Zurich

## Unsere Kompetenzen

- Formulierung von Lüftungskonzepten
- Gebäudetechnikkonzepte
- Planungsleistungen Gebäudetechnik (HLKSE/GA)
- Bauherrenberatung Technik
- Technische Gebäudeanalyse
- Erneuerungsstrategien
- Simulationen
- Messungen (Luftqualität, Volumenströme)
- Tracergas-Untersuchungen (in Zusammenarbeit mit der Hochschule Luzern)
- Betriebsoptimierung
- Energiecontrolling
- Energieberatung
- Zertifizierungen

## Ihr Ansprechpartner



### Stefan Walser

Dipl. HLK-Ing. FH, MAS BA

Bereichsleiter HLKS-Engineering

[stefan.walser@amstein-walthert.ch](mailto:stefan.walser@amstein-walthert.ch)

Dieses zB ist in Zusammenarbeit mit dem Institut für Gebäudetechnik und Energie der Hochschule Luzern entstanden. [www.hslu.ch/ige](http://www.hslu.ch/ige)