

Lüftung unter Pandemiebedingungen

Stellungnahme vom Arbeitskreis Klimatechnik,
insbesondere zu Schulen und vergleichbaren Räumen

Einleitung

Im Arbeitskreis Klimatechnik haben sich die Professorinnen und Professoren führender Hochschulen organisiert, um sowohl die fachliche Qualität der akademischen Ausbildung wie auch die Übertragung neuester Erkenntnisse aus der Forschung in die Lehre zu gewährleisten. Die aktuelle Diskussion, speziell im Hinblick auf die Lüftung in Schulen, führt - aus unserer Sicht - in der Öffentlichkeit zu einer unübersichtlichen Situation, die es den Betroffenen und Entscheidungsträgern schwermacht, richtige Entscheidungen in Bezug auf erforderliche oder gewünschte Lüftungsmaßnahmen treffen zu können.

Dieser Orientierungsleitfaden soll helfen, eine Entscheidung unter Berücksichtigung der jeweiligen kurz-, mittel- und/oder langfristigen Möglichkeiten treffen zu können und auch vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeit entsprechender Maßnahmen beurteilen zu können.

Die Schullüftung ist schon seit vielen Jahren ein oft diskutiertes Thema. Effektives und erfolgreiches Lernen hängt nicht nur von der Reduktion krankmachender Aerosolpartikel der Raumluft, sondern insbesondere von der zur Verfügung gestellten gesundheitlich zuträglichen Außenluft und einer hinreichend niedrigen CO₂-Konzentration ab.

Die Luftqualität kann durch Verdünnung und Abfuhr entsprechender Schadstoffe mittels raumluftechnischer Maßnahmen sichergestellt werden. Dies gilt auch für SARS-CoV-2 Viren, die in Räumen hauptsächlich durch Aerosolpartikel übertragen werden. Zur Verdünnung und Abfuhr von schädlichen Aerosolpartikeln können prinzipiell vier verschiedene Systeme verwendet werden:

- **Luftreinigung**
- **Fensterlüftung**
- **Ventilator-unterstützte Fensterlüftung**
- **Zentrale oder dezentrale Raumluftechnische Anlagen mit Außenluft und Wärmerückgewinnung**

Dabei ist nach dem aktuellen Wissenstand¹ für alle genannten Lösungsansätze entweder ein gefilterter, virenfreier Umluftvolumenstrom oder ein Außenluftvolumenstrom von jeweils mindestens 800 m³/h pro erkrankter Person im Raum gefordert, um das Risiko einer Infektionsübertragung für eine gewisse Aufenthaltsdauer im Raum zu minimieren. Das Risiko einer Übertragung kann und soll durch weitere Maßnahmen wie das Tragen von Mund- und Nasenmasken oder die Reduktion der Personenanzahl im Raum vermindert werden.

Unabhängig von der Corona-Problematik empfehlen wir zur Sicherstellung einer guten Raumlufqualität eine Zufuhr an Außenluft von rund 30 m³/h pro Person. Damit wird insbesondere der CO₂-Anteil im Raum begrenzt. Eine CO₂-Konzentration bis zu 1.000 ppm wird als noch akzeptabel angesehen, dieser Wert ist in der Zeit der Epidemie möglichst zu unterschreiten².

¹ SARS-CoV-2 Aerosol Transmission Indoors: A Closer Look at Viral Load, Infectivity, the Effectiveness of Preventive Measures and a Simple Approach for Practical Recommendations <https://doi.org/10.3390/ijerph19010220>

² SARS-CoV-2 Arbeitsschutzregel 4.2.3 Abs. 3: https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/AR-CoV-2/pdf/AR-CoV-2.pdf?__blob=publicationFile&v=18

Bei der Einbringung der virenfreien Zuluft in einen Raum gibt es zwei prinzipielle Luftführungsarten.

Die Mischlüftung (Lüftung mittels impulsstarker Zuluftstrahlen, Vermischung von Zuluft und Raumlufte) hat sich unter Fachleuten als praktikable Lösung in Räumen mit hoher Personendichte durchgesetzt. Eine raumerfüllende Strömung garantiert eine homogene Verdünnung der Aerosolpartikel und deren Abfuhr durch Abluft.

Bei geringer Personenbelegung kann die Quelllüftung (Verdrängungslüftung, mit möglichst geringer Vermischung der Zuluft und der Raumlufte, mittels turbulenzarmer Zuführung von kühler Luft, mit einer Luftführung von unten nach oben, unterstützt durch Thermik) zusätzliche Vorteile bei der Aerosolpartikelabfuhr erbringen. Die durch konvektive Auftriebsströmungen bedingte Abfuhr der Aerosolpartikel kann im Deckenbereich effektiv abgesaugt werden. Unterstützende Hilfskonstruktionen zur Abluftabfuhr im Deckenbereich sind nicht erforderlich. Bei Quellluftströmung kann eine große Personenanzahl (z. B. bei Schulklassen) allerdings zu einem sehr großen Auftriebsvolumenstrom (ca. $72 \text{ m}^3/\text{h}$ und pro Person³) führen. Dann kann bei zu geringem Zuluftvolumenstrom (z. B. $800 \text{ m}^3/\text{h}$) die Verdrängungsströmungsform nicht aufrechterhalten werden. Dies führt zu einer höheren Mischung mit der Raumlufte, damit zu einer geringeren Lüftungseffektivität und mit ihr linear zu einem höheren benötigten Zuluftvolumenstrom, der zum Abtransport von Schadstoffen notwendig ist.

³ Pro Person 20 l/s bei einer Atemhöhe von 1,2 m über Fußboden (Sitzende Tätigkeit) aus: Informationsschriften, Band 6, Quelllüftung in nicht-gewerblichen Gebäuden, 1. Auflage, REHVA Guidebook Nr. 1, VDI-TGA, 2003

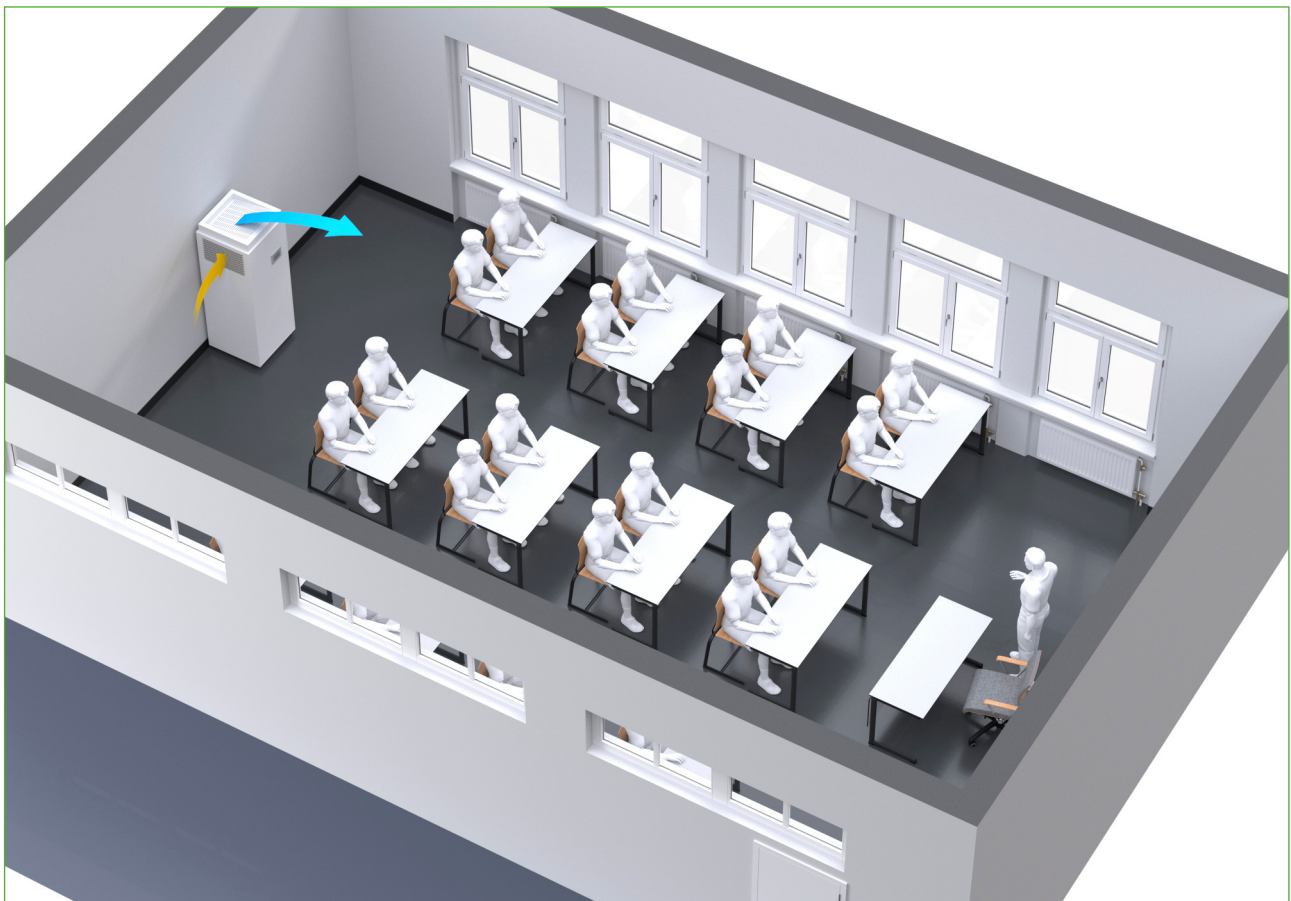
1. Luftreinigung

Luftreiniger arbeiten in der Regel nach dem Prinzip der Luftfilterung. Dabei werden im Umluftverfahren Aerosolpartikel mittels Luftfilter aus der Luft entfernt. Alternativ werden auch Luftreiniger angeboten, die durch Desinfektionsmaßnahmen (z. B. UVC-Strahler) Keime abtöten. Meist werden sog. HEPA-Filter (High efficiency particulate air filter) in den Geräten verwendet. Feinfilter sind ebenfalls geeignet, Abscheideraten von rund 90 % der Aerosolpartikeln zu erreichen. Die Raumluft wird angesaugt, gefiltert und dann dem Raum als virenfreie Luft wieder zugeführt (Umluft). Die Wirksamkeit der Raumluftreinigung hängt wesentlich vom Volumenstrom der Luftreiniger, ihrer Reinigungseffizienz und ihrem Aufstellungsort ab.



Vorteile sind:

- Luftreiniger sind sehr einfach zu installieren und zu betreiben, da sie mit Umluft arbeiten und daher keine Anschlüsse für Zu- und Abluft benötigen.
- Sie sind leicht einzustellen, dadurch ist die Nutzerakzeptanz hoch.
- Die Investitionskosten sind im Verhältnis niedrig.
- Sie entfernen nicht nur Aerosolpartikel, sondern auch Stäube und Pollen.



Luftreiniger arbeiten im Umluftverfahren. Dabei werden Aerosolpartikel und anhängende Keimen und Viren aus der Luft gefiltert oder Schadstoffe werden mittels Desinfektionsmaßnahmen wie z. B. UVC-Strahlern abgetötet.

Nachteile sind:

- Luftreiniger können nur Partikel aus der Raumluft entfernen. CO₂ und andere Gase können nicht entfernt werden und verbleiben im Raum. Daher ist eine zusätzliche Lüftung mit Außenluft weiterhin erforderlich.
- Gleichzeitig ist die Gefahr der Fehlbedienung hoch, da die Geräte leicht um- oder sogar ausgeschaltet werden können.
- Luftreiniger arbeiten nach dem Mischluftprinzip, wodurch der unterstützende Effekt einer thermischen Auftriebsströmung zur Schadstoffabfuhr (Quellluftprinzip) nicht genutzt werden kann.
- Luftreiniger werden oft ohne Schalldämpfer ausgestattet und sind dann oft zu laut. Dies führt häufig zum Betrieb mit einem zu niedrig eingestellten Volumenstrom.

Sicherer Betrieb:

- Ein oder mehrere Luftreinigungsgeräte mit einem Gesamtvolumenstrom von ca. 800 m³/h sind für ein Raumvolumen von max. 250 m³ geeignet. Werden diese Grenzen überschritten, müssen weitere Luftreiniger verwendet werden, oder weitere Lüftungsmaßnahmen (z. B. Fensterlüftung) sind zur Aerosolpartikelabfuhr unterstützend erforderlich.
- Zur CO₂-Reduktion muss ohnehin zusätzlich eine Lüftung mit Außenluft erfolgen.



2. Fensterlüftung

Fenster werden in fast allen Gebäuden verwendet und können zur Lüftung einfach genutzt werden, falls sie zu öffnen sind.



Vorteile sind:

- Fenster sind eine günstige Maßnahme zur Lüftung, da sie bereits eingebaut sind und ohne weitere Investitionen sofort genutzt werden können.
- Da die Außenluft oft kühler als die Raumluft ist, kann die thermische Auftriebsströmung im Raum meist zur Unterstützung der Lüftung genutzt werden (Quellluftprinzip).
- Sie sind leicht zu betätigen, dadurch ist die Nutzerakzeptanz hoch.



Bild: Kampmann GmbH & Co. KG

Bei geöffneten Fenstern haben die Temperaturdifferenz zwischen außen und innen, vorherrschende Windgeschwindigkeiten sowie die Windrichtung Einfluss auf den Lüftungseffekt. Auf eine steuerbare maschinelle Ventilation wird vollkommen verzichtet.

Nachteile sind:

- Die Fensterlüftung ist von der Temperaturdifferenz zwischen außen und innen sowie von Windgeschwindigkeit und Windrichtung abhängig. Je nach dem wird der Außenluftwechsel hoch oder niedrig ausfallen.
- Fensterlüftung arbeitet ohne Luftfilter. Dadurch kann sich im Verhältnis zum Einsatz einer RLT-Anlage mit Filter eine höhere Feinstaubbelastung im Raum/Gebäude ergeben.
- Eine gezielte Lufterwärmung/-kühlung kann mit der Fensterlüftung nicht realisiert werden. Die Temperierung der einströmenden Außenluft muss mit üblichen Heiz- oder Kühleinrichtungen im Raum erfolgen.
- Eine Wärmerückgewinnung ist mit Fensterlüftung nicht möglich. Ökologisch gesehen ist die Fensterlüftung negativ zu bewerten, da die Lüftungswärmeverluste hoch sind.
- Zu seltenes Öffnen von Fenstern führt zu schlechter Raumluftqualität. Zudem passt sich der Mensch schnell an eine schlechte Luftqualität an und bemerkt dann nicht mehr, dass gelüftet werden soll.
- Der Komfort im Raum kann deutlich negativ beeinflusst werden, da thermisch unbehagliche Zustände bei großen Temperaturunterschieden (im Sommer und Winter) auftreten können.
- Bei geöffnetem Fenster können Schallprobleme auftreten, da dann die Schalldämmung des Fensters aufgehoben ist.
- Regelmäßiges Öffnen und Schließen der Fenster sorgt für Unruhe im Raum (insbesondere in Klassenräumen).

Sicherer Betrieb:

- Manuelle Fensterlüftung erfolgt nur durch aktive Betätigung des Nutzers. Die erforderlichen Außenluftvolumenströme lassen sich nicht gezielt einstellen.
- CO₂-Sensoren („Ampeln“) können den Nutzer an das notwendige Lüften des Raumes erinnern. Mit den Sensoren können zwar virenhaltige Aerosolpartikel nicht direkt gemessen werden, aber mit CO₂ als Indikator für Personenanzahl, Aufenthaltsdauer und Lüftungsaktivität im Raum kann auf das mögliche Vorhandensein virenhaltiger Aerosolpartikel geschlossen werden.



3. Ventilator-unterstützte Fensterlüftung (Hybride Lüftung)

Die Fensterlüftung kann durch Abluftventilatoren unterstützt werden. Die Nachströmung der Außenluft erfolgt meist über geöffnete (gekippte) Fenster oder über sonstige Nachströmöffnungen.



Vorteile sind:

- Fenster sind eine günstige Maßnahme zur Lüftung, da sie bereits eingebaut sind.
- Abluftventilatoren sind kostengünstig zu installieren. Der Volumenstrom kann, unabhängig von der Temperaturdifferenz zwischen innen und außen sowie den Umgebungsbedingungen, gezielt auf die benötigten Volumenströme (ca. 800 m³/h) eingestellt werden.
- Da die Außenluft oft kühler als die Raumluft ist, kann die thermische Auftriebsströmung im Raum meist unterstützend zur Lüftung genutzt werden (Quellluftprinzip).
- Fenster und Ventilatoren sind leicht „einzustellen“, dadurch ist die Nutzerakzeptanz hoch.

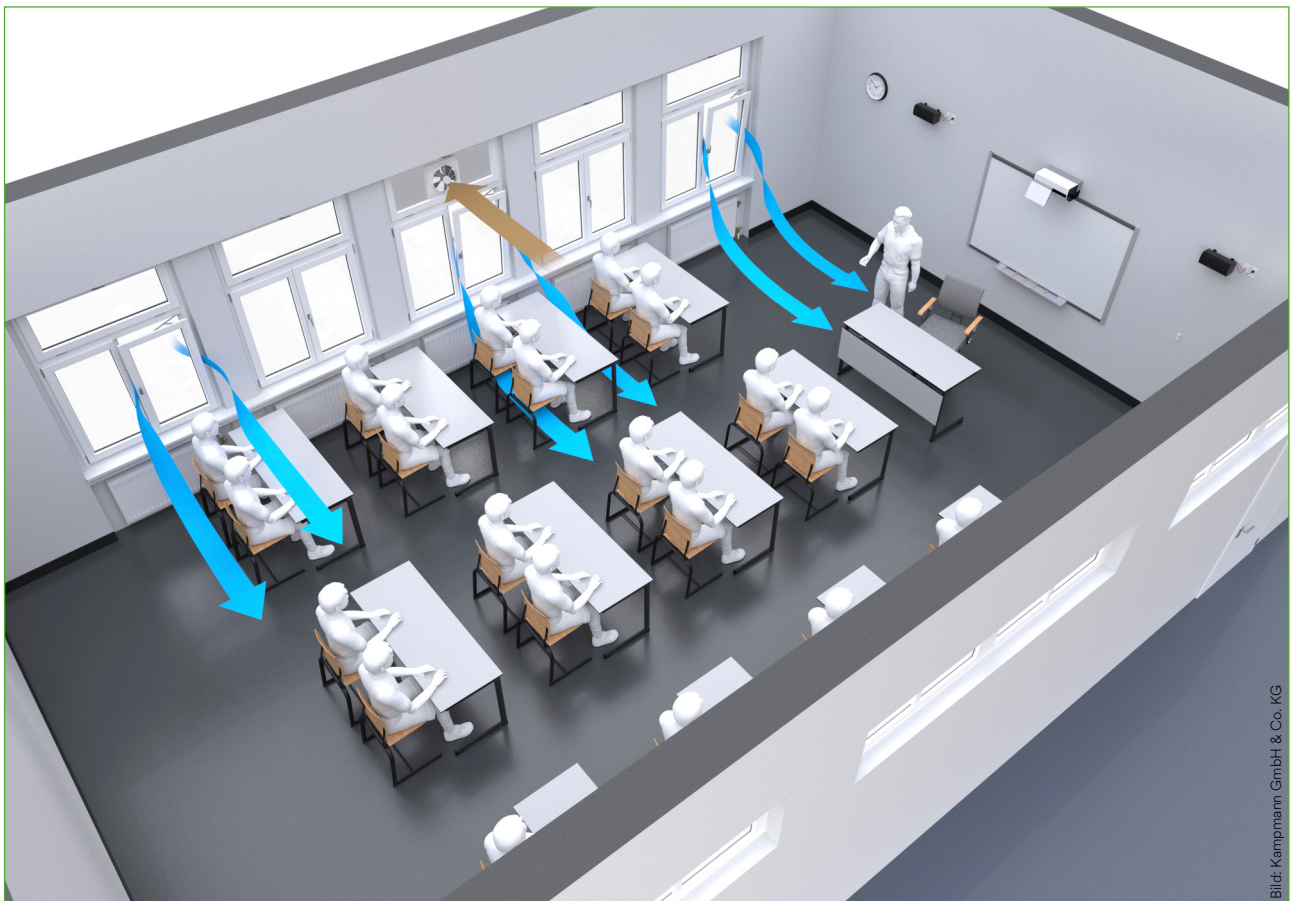


Bild: Kampmann GmbH & Co. KG

Ein Abluftventilator kann die Nachströmung der Außenluft durch gekippte Fenster unterstützen. Ist die eintretende Luft kühler als die Raumluft, entsteht eine aufsteigende Verdrängung der Raumluft, die der Ventilator im oberen Raumbereich absaugt.

Nachteile sind:

- Eine Quellluftströmung kann bei großer Personenanzahl (z. B. bei Schulklassen) zu sehr großen Auftriebsvolumenströmen führen. Die Verdrängungsströmungsform kann dann bei zu geringem Außenluftvolumenstrom nicht aufrechterhalten werden.
- Auch die Ventilator-unterstützte Fensterlüftung arbeitet meist ohne Luftfilter. Dadurch wird die Feinstaubbelastung im Raum durch Lüftung erhöht.
- Eine gezielte Luffterwärmung oder -kühlung kann mit der Fensterlüftung nicht realisiert werden. Die Temperierung der nachströmenden Außenluft muss mit üblichen Heiz- oder Kühleinrichtungen im Raum erfolgen.
- Eine Wärmerückgewinnung erfolgt nicht. Ökologisch ist auch diese Form der Fensterlüftung negativ zu bewerten, da die Lüftungswärmeverluste hoch sind und CO₂-Bilanz negativ ist⁴.
- Zu seltenes Öffnen von Fenstern führt zu schlechter Raumluftqualität. Zudem passt sich der Mensch schnell an eine schlechte Luftqualität an und bemerkt dann nicht mehr, dass gelüftet werden soll. Die Gefahr der Fehlbedienung ist hoch, da Fenster oft auch aus Komfortgründen geschlossen werden. In diesem Fall kann wegen fehlender Zuluft durch den Abluftventilator kein Volumenstrom mehr gefördert werden. Im ungünstigen Fall wird eine Querkontamination aus anderen Räumen z. B. durch offene Türen erzeugt.
- Der Komfort im Raum kann deutlich negativ beeinflusst werden, da thermisch unbehagliche Zustände bei großen Temperaturunterschieden (Sommer und Winter) auftreten können.
- Bei geöffnetem Fenster können Schallprobleme auftreten, da dann die Schalldämmung des Fensters aufgehoben ist. Durch die im Allgemeinen nicht schallgedämpften Ventilatoren können zusätzlich hohe Schallpegel verursacht werden.

Sicherer Betrieb:

- Ventilator-unterstützte Fensterlüftung soll nur von berechtigten Personen ein- oder ausschaltbar sein.
- Eine Ventilator-unterstützte Fensterlüftung soll über eine Volumenstrommessung verfügen, um den geforderten Außenluftvolumenstrom von ca. 800 m³/h gezielt einstellen zu können.
- Bei geschlossenen Fenstern ist die Nachströmung gestört. Nachströmöffnungen mit Filterung werden empfohlen.
- CO₂-Sensoren („Ampeln“) können den Nutzer an das notwendige Lüften des Raumes erinnern.

⁴ M. Kremer, K. Rewitz, D. Müller, Bewertung der Wärmerückgewinnung für die maschinelle Belüftung von Klassenräumen, White Paper RWTH-EBC 2021-005, Aachen, 2021, DOI: 10.18154/RWTH-2021-07252

4. Raumluftechnische Anlagen (RLT) mit Wärmerückgewinnung (WRG)

RLT- Anlagen versorgen Räume/Gebäude zentral oder dezentral über die Zuluft mit aufbereiteter (z. B. gefilterter, temperierter oder be- und/oder entfeuchteter) Außenluft. Gleichzeitig wird die Abluft aus Räumen/Gebäuden abgeführt. Über die Wärmerückgewinnung wird die Abwärme der Abluft zu etwa 70 bis 80 % auf die Außenluft übertragen.



Vorteile sind:

- Der Volumenstrom (ca. 800 m³/h) kann unabhängig von der Temperaturdifferenz zwischen innen und außen definiert eingestellt werden.
- Da die Außenluft oft kühler als die Raumluf ist, kann die thermische Auftriebsströmung im Raum unterstützend genutzt werden, wenn die Zuluft im Bodenbereich impulsarm eingebracht wird, zumal eine Kühlung der Zuluft möglich ist (kontrollierte Quellluft).
- Da sowohl Zu- als auch Abluft kontrolliert dem Raum zu- bzw. abgeführt wird, ist die Lüftungsfunktion nutzerunabhängig gewährleistet. Eine Fehlbedienung ist kaum möglich, da eine RLT-Anlage nicht durch den Nutzer eingestellt werden muss und so automatisch für die richtigen Raumlufparameter sorgt.
- Dezentrale Be- und Entlüftungsanlagen sind in den zu belüftenden Räumen leicht nachrüstbar. Die Geräte sind betriebsfertig und benötigen lediglich zwei Kernbohrungen oder einen Fenstertausch zur Integration der Zu- und Abluftführung.
- In zentralen RLT-Anlagen können bei Bedarf sämtliche Luftbehandlungsfunktionen sicher ermöglicht werden.
- Durch die Wärmerückgewinnung und eine Befeuchtung auf der Abluftseite kann eine indirekte adiabatische Kühlung bei zentralen RLT-Anlagen realisiert werden. Ohne Kältemaschine ist damit im Sommer eine ökologische Kühlung des Raumes durch Wasserverdunstung möglich.
- Durch die Nutzung von Wärme- und Feuchterückgewinnern kann die Raumlufteuchtigkeit im Winter angehoben werden.
- Der Außenluftvolumenstrom wird gefiltert. Hierdurch wird die Feinstaubbelastung im Raum/ Gebäude deutlich reduziert.
- Die Zuluft wird temperiert. Dadurch wird der thermische Komfort im Raum erhöht.
- Durch die Wärmerückgewinnung wird die Ökologie verbessert. Bei einer RLT-Anlage mit Wärmerückgewinnung (Volumenstrom 1.000 m³/h, z. B. für einen Klassenraum) werden pro Jahr mit Berücksichtigung der grauen Emissionen zur Herstellung der RLT-Anlage rund 1 Tonne CO₂-Emissionen vermieden⁵.
- RLT-Anlagen sind mit Schalldämpfern ausgestattet.

⁵ Kaup, C. Bewertung der Wärmerückgewinnung mit raumluftechnischen Geräten in Schulen und vergleichbaren Räumen versus Fensterlüftung, HLH BD. 73 (2022) Nr. 01-02



Bild: Kampmann GmbH & Co. KG

Dezentrale Lüftungsgeräte sind im Raum aufgestellt, versorgen den Raum mit Frischluft und führen die Abluft nach außen ab. Dezentrale Lüftungsgeräte sind mit einer Wärmerückgewinnung ausgestattet.



Bild: Kampmann GmbH & Co. KG

Ein zentrales Lüftungsgerät, in der Regel auf dem Gebäudedach oder im Untergeschoss, kann über ein Luftkanalnetz für den Luftaustausch (Zuluft und Abluft) mehrerer Räume sorgen. Aufgrund des höheren Installationsaufwandes kommt diese Art eher in Neubauten zum Einsatz.

Nachteile sind:

- RLT-Anlagen sind nicht direkt durch den Nutzer „einzustellen“, dadurch ist die Nutzerakzeptanz geringer.
- RLT-Anlagen kosten mehr als die zuvor genannten Verfahren.
- Zentrale RLT-Anlagen sind nur selten nachrüstbar. Sie werden deswegen vorzugsweise in neu zu errichtenden Gebäuden eingebaut.
- Dezentrale RLT-Anlagen benötigen entsprechende Nutzfläche im Raum.

Sicherer Betrieb:

- Regelungstechnisch muss gesichert sein, dass die RLT-Anlage bei einer Klassenraumnutzung automatisch eingeschaltet wird.
- Die RLT-Anlage sollte über eine Volumenstrommessung verfügen, um die geforderten Außenluftvolumenströme von ca. 800 m³/h gezielt einstellen zu können.

Zusammenfassung

Grundsätzlich sind alle vier Verfahren anwendbar, um die Aerosolbelastung im Raum zu reduzieren und einer Infektionsübertragung durch Aerosole entgegenzuwirken. Allerdings stößt die Fensterlüftung an ihre Grenzen, wenn die Räume sehr groß werden und aufgrund der Raumkubatur eine raumerfüllende Lüftung nicht mehr gewährleistet oder wegen entsprechender Anforderungen (nicht oder nur teilweise zu öffnende Fenster etc.) eine Lüftung nur mit RLT-Anlagen realisiert werden kann.

Die Autor:innen sehen dabei die Lüftung in allen Fällen nicht als Alternative zum Tragen von Masken, sondern additiv hierzu (AHA + L). Dabei kann die Lüftung einen wertvollen Beitrag leisten, der in einer etwa vergleichbaren Größenordnung zum Tragen von Masken bewertet wird, insbesondere, wenn die Lüftung nicht vom Nutzer beeinflusst werden kann. Denn Masken können abgesetzt und Fenster geschlossen werden, aber eine funktionierende maschinelle Lüftungsanlage wirkt automatisch.

Die sachkundige Anwendung von Luftreinigern als „schnelle“ Lösung im Bestand empfehlen die Autor:innen dieses Papiers nur in Kombination mit der Fensterlüftung und CO₂-Sensoren, um auch die CO₂-Belastung im Raum zu reduzieren. Bei der Kombination eines Luftreinigers und der Fensterlüftung muss darauf geachtet werden, dass die eingeströmte Außenluft nicht durch den Luftreiniger am Boden angesaugt wird, da dessen Wirkung dann eingeschränkt ist. Beim Einsatz von Luftreinigern in Kombination mit RLT-Anlagen ist darauf zu achten, dass sich die beiden Systeme nicht gegenseitig beeinflussen und somit in ihrer Wirkung abgeschwächt werden, weil beispielsweise die gereinigte Luft zu den Abluftöffnungen der RLT-Anlage geleitet wird. Kurzschlüsse sind generell zu vermeiden.

Als nachhaltige, relativ schnell zu realisierende und dauerhafte Lösung im Bestand, auch nach dieser Pandemie, empfehlen die Autor:innen insbesondere den Einsatz von dezentralen RLT-Anlagen mit Wärmerückgewinnung. Zentrale RLT-Anlagen mit Wärmerückgewinnung sollten künftig bei allen Neubauten oder bei Sanierungen eingeplant werden.

Inwieweit in Zukunft auch bei Schulen eine Kühlung notwendig wird, muss sich z. B. bei fortschreitender Digitalisierung und entsprechenden Wärmelasten zeigen. Eine ausschließliche Fensterlüftung ist unseres Erachtens zukünftig nicht mehr zielführend, da sie nicht in der Lage ist, eine gute Luftqualität dauerhaft und kontinuierlich sicherzustellen und außerdem keine Wärmerückgewinnung ermöglicht – eine Maßnahme, die einen sinnvollen Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele beitragen kann.

Abschließend appellieren wir an die Entscheidungsträger, Maßnahmen zur Lüftung kombiniert mit Wärmerückgewinnung konsequent zu fordern und zu fördern.

30. Januar 2022



Autoren:

Prof. Dr.-Ing. Karl-Josef Albers, Hochschule Esslingen

Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting, Fachhochschule Münster

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Busweiler, Technische Hochschule Mittelhessen

Prof. Dr.-Ing. Manfred Casties, Hochschule Coburg

Prof. Dr.-Ing. Arno Dentel, Technische Hochschule Nürnberg

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Eser, Hochschule Esslingen

Prof. Dr.-Ing. Christian Fieberg, Westfälische Hochschule Gelsenkirchen

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Finke, Berliner Hochschule für Technik

Prof. Dr.-Ing. Uwe Franzke, Institut für Luft- und Kältetechnik Dresden

Prof. Dr.-Ing. Klaus-Uwe Gollmer, Umwelt-Campus Birkenfeld, Hochschule Trier,

Prof. Dr.-Ing. Holger Hahn, Fachhochschule Erfurt

Prof. Dr.-Ing. Michael Haibel, Hochschule Biberach

Prof. Dr.-Ing. Thomas Hartmann, Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig

Prof. Dr.-Ing. Felix Hausmann, Technische Hochschule Köln

Prof. Dr.-Ing. Andreas Henne, Technische Hochschule Köln

Prof. Dr.-Ing. Christoph Kaup, Umwelt-Campus Birkenfeld, Hochschule Trier

Prof. Dr.-Ing. Jens Knissel, Universität Kassel

Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Külpmann, Hochschule Luzern

Prof. Dr.-Ing. Thomas Maurer, Technische Hochschule Mittelhessen

Prof. Dr.-Ing. Beate Massa, Hochschule Trier

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Pfeiffenberger, Technische Hochschule Mittelhessen

Prof. Dr.-Ing. Mario Reichel, Westsächsische Hochschule Zwickau

Prof. Dr.-Ing. Martin Renner, Hochschule München

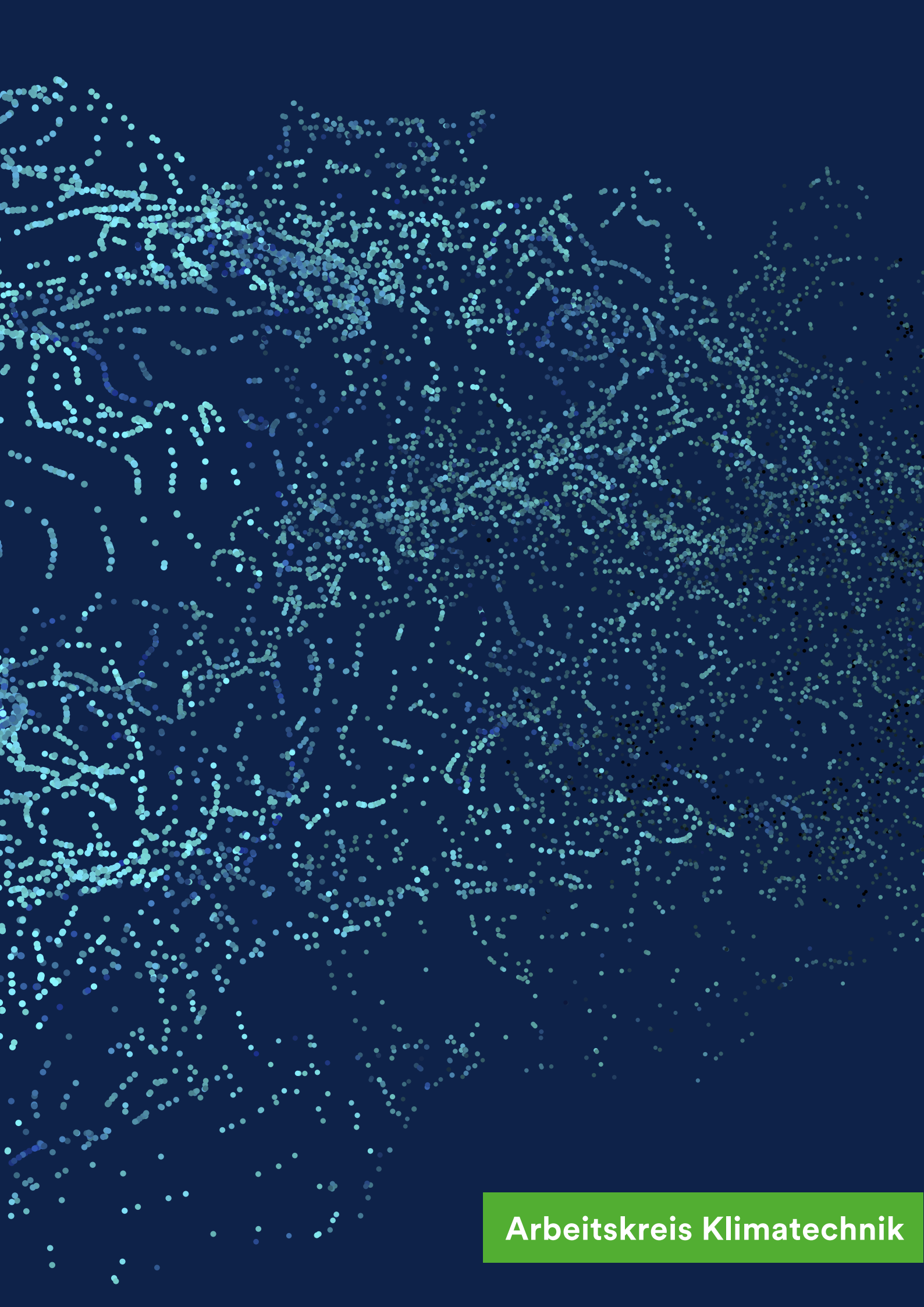
Prof. Dr.-Ing. Sylvia Schädlich, Hochschule Ruhr West

Prof. Dr.-Ing. Uwe Schnieder, Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften

Prof. Dr.-Ing. Volker Siegismund, DHBW Mosbach

Prof. Dr.-Ing. Achim Trogisch, Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden

Prof. Dr.-Ing. Thomas Winkler, Technische Hochschule Mittelhessen



Arbeitskreis Klimatechnik