Juli 2021

VFE
Zentrum für LUFT

Möglichkeiten und Potenzial der Schullüftung mit automatisierter Fensterlüftung

Fokussiert auf die Minimierung der Raumluftbelastung mit krankheitserregenden Viren wie SARS-CoV-2

LUFT

Hohe Effizienz der kontrollierten natürlichen Lüftung (KNL) auch bei Lüftung in Schulen

Die Stellungnahme des Instituts für Technische Gebäudeausrüstung Dresden (ITG) unterstreicht die Vorteile der KNL über automatisch gesteuerte Fenster auch beim Luftwechsel in Schulklassenräumen. Im Fokus der ITG-Untersuchung: die Minimierung der Belastung von Raumluft mit krankheitserregenden Viren wie z. B. SARS-CoV-2.

Stellungnahme ....

„Möglichkeiten und Potenzial der Schullüftung mit automatisierter und manueller Fensterlüftung mit dem Fokus auf die Minimierung der SARS-CoV-2-Belastung“

Datum:
17. Dezember 2020

Auftraggeber:
Verband Fensterautomation und Entrauchung e.V. (VFE), Walter-Kolb-Straße 1–7, 60594 Frankfurt am Main

Auftragnehmer/Projektleitung:
Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden
Forschung und Anwendung GmbH,

Tiergartenstraße 54, 01219 Dresden
Prof. Dr.-Ing. Thomas Hartmann, Dipl.-Ing. Christine Knaus

Hintergrund zur Beauftragung der Stellungnahme

Halten sich mehrere Personen über längere Zeit gemeinsam in schlecht oder gar nicht belüfteten Innenräumen auf, sinkt die gesundheitlich-hygienische Qualität der Raumluft. Ist eine der Personen Träger eines krankheitserregenden Virus, das sich in den Atemwegen befindet, steigt die Gefahr einer möglichen Infektion durch Übertragung per Aerosole. Das gilt beispielsweise für Grippeviren und auch für das hochinfektiöse SARS-CoV-2-Virus.

Aerosol ist ein Gemisch aus Luft und Teilchen, das in der Lunge gebildet wird und als kleinste Tröpfchen beim Ausatmen in die Luft abgegeben wird. Dieser durch zahlreiche Studien belegte Übertragungsweg per virushaltiger Aerosole wird seit April 2021 auch von der Weltgesundheitsorganisation WHO anerkannt, nachdem die Bedeutung der in der Atemluft schwebenden infektiösen Partikel lange unterschätzt wurde. Mittlerweile gilt „richtiges“ Raumlüften weltweit als eine Schlüsselmaßnahme, um die Coronavirus-Pandemie wirksam zu bekämpfen. Da sich auch immer mehr Kinder und Jugendliche mit dem Coronavirus anstecken, sind die Schulen in den Fokus der öffentlichen Diskussion gerückt. In Deutschland werden rund 11 Millionen Schüler:innen in Klassenräumen unterrichtet – in der Regel ohne ein Konzept zum nutzerunabhängigen Luftaustausch. Hier ist manuelles Stoßlüften vor, während und nach den Unterrichtsstunden gemäß der „Handreichung zum richtigen Lüften in Schulen“ des Umweltbundesamts (UBA) noch immer die prioritäre Maßnahme, um eine hohe Luftqualität zu gewährleisten.

Um die Entscheidungsträger und Planer bei der Auswahl und Umsetzung wissenschaftlich fundierter Lüftungskonzepte für Schulen zu unterstützen, hat der Verband Fensterautomation und Entrauchung e. V. (VFE) beim Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden (ITG) 2020 eine Stellungnahme in Auftrag gegeben, die auch den Luftaustausch durch kontrollierte natürliche Lüftung (KNL) über automatisierte Fenster zum Gegenstand hatte.

Untersuchungsdesign und Ergebnisse im Überblick

Unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. Thomas Hartmann und Dipl.-Ing. Christine Knaus untersuchten die Forscher:innen „Möglichkeiten und Potenzial der Schullüftung mit automatisierter und manueller Fensterlüftung mit dem Fokus auf die Minimierung der SARS-CoV-2-Belastung“. Die Abschätzungen dieser Potenziale wurden mit Hilfe von normativen Berechnungsansätzen ermittelt. Betrachtet wurde eine Referenzsituation in einem typischen Klassenraum mit einseitiger Fensterlüftung, der mit 30 Schüler:innen und einer Lehrkraft belegt ist und von 8.00 Uhr bis 16.15 Uhr genutzt wird.

In seiner Stellungnahme kommt das ITG zu dem Ergebnis, dass die KNL eine wesentliche Maßnahme zur wirksamen Eindämmung des Infektionsgeschehens bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung des Schulbetriebes darstellt. Zusätzlich trägt die KNL auch maßgeblich zur allgemeinen Verbesserung der Luftqualität in Klassenräumen bei, was sich positiv auf die Lernatmosphäre auswirkt.

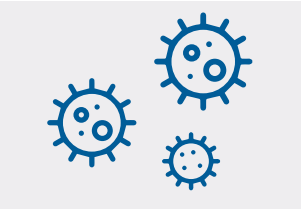
Die komplette Stellungnahme des IFT sowie weitere Informationen zum Thema KNL allgemein und in Zusammenhang mit SARS-CoV-2-kontaminierten Aerosolen in Innenräumen können unter folgendem Link kostenlos heruntergeladen werden: **zentrum-fuer-luft.de**

1. SARS-CoV-2-Virus: Übertragungswege, Zusammenhang mit Lüftung und Detektion

Grundsätzlich ist eine Übertragung von SARS-CoV-2-Viren bei Menschen auf drei Wegen möglich:

Kontaktinfektion:
direkter Kontakt, z. B. über Händeschütteln, und indirekter Kontakt, z. B. über kontaminierte Oberflächen

Tröpfcheninfektion:
größere Teilchen, die durch ihr Gewicht schnell zu Boden sinken, z. B. Speicheltropfen beim Husten oder Niesen



Aerosole (luftgetragene Tröpfcheninfektion):
Teilchen, die je nach Gewicht und Luftströmung bis zu einigen Stunden unsichtbar in der Luft schweben können

Vor allem im Bereich der Aerosolübertragung kann eine infizierte Person gleich mehrere Personen in einem Raum infizieren, auch wenn der Abstand der Personen zueinander deutlich mehr als einen Meter beträgt.

Die Möglichkeit einer Ansteckung durch Aerosole, die mit SARS-CoV-2 Viren kontaminiert sind, lässt sich durch Minimierung der Konzentration in der Raumluft verringern. Dafür kommen die Verdünnung durch Lüftung oder Filterung in Betracht.

Detektion von SARS-CoV-2 Viren in der Raumluft

Derzeit wird weltweit an Möglichkeiten geforscht, um SARS-CoV-2 Viren in der Raumluft zu detektieren. Da aktuell aber noch keine wirtschaftlich realisierbare Messmethode vorhanden ist, wird häufig Kohlendioxid (CO_2) als Ersatzindikator genutzt. CO_2 ist gut geeignet, um Rückschlüsse auf die Aerosol Konzentration zu ziehen

Ist ein CO_2-Wert von 0,1 % in der Raumluft erreicht, gilt sie als „verbraucht". Dieser Leitwert, bereits 1858 von Max von Pettenkofer festgelegt und seither als Pettenkofer-Wert bekannt, wird auch vom Umweltbundesamt bzw. in der Arbeitsstättenrichtlinie 3.6 aufgegriffen. Allerdings steigt mit der Anzahl der Personen die CO_2-Konzentration in der Raumluft und damit auch die potenzielle Belastung mit SARS-CoV-2-Viren, die gesunde Menschen einatmen könnten. CO_2-Sensoren wären deshalb geeignet, die Luftqualität in Innenräumen abzuschätzen und z. B. mittels einer sogenannten CO_2-Ampel notwendiges Lüften zu veranlassen, um so die Ansteckungsgefahr zu verringern.

2. Verfahren zur Virenreduzierung in der Raumluft: per Lüftung oder Filterung

Die Minimierung der SARS-CoV-2 Belastungen sowie anderer Viren in der Raumluft kann im Allgemeinen durch zwei Verfahren erreicht werden: Verdünnung durch Lüftung oder Filterung.

Bei der Verdünnung durch Lüftung wird die potenziell virenbelastete Luft durch frische Außenluft ausgetauscht. Das bietet mehrere Vorteile: Neben der Reduzierung der Viren wird auch die Gesamtluftqualität verbessert, da auch der Gehalt an CO_2 (Geruchsbelastung) und anderen Schadstoffe in der Raumluft gesenkt wird. Außerdem wird so eine gute Feuchteabfuhr im Sommer gewährleistet, was Feuchteschäden und Schimmelpilzbefall verhindert.

Bei der Verdünnung durch Filterung ist darauf zu achten, dass insbesondere bei zentralen Umluftanlagen geeignete Filter eingesetzt werden, um eine Kontamination unbelasteter Räume mit potenziell SARS-CoV-2-virenkontaminierter Abluft durch die Umwälzung zu verhindern. Die oben aufgeführten Vorteile der Frischluftzufuhr bieten konventionelle Filtersysteme in der Regel nicht.

3. Drei Arten von Lüftungssystemen

In der Raumlufttechnik werden prinzipiell drei Arten von Lüftungssystemen zum Belüften/Klimatisieren unterschieden – alle drei verdünnen die Raumluft durch Zufuhr von Außenluft:

Freie bzw. natürliche Lüftung

Im Bereich der freien Lüftung ist die Fensterlüftung die einfachste, bekannteste und am häufigsten verwendete Art. Sie basiert ausschließlich auf natürlichen Druckdifferenzen, die temperatur- und/oder windbedingt entstehen können. Die Fensterlüftung kann manuell durch den Nutzer oder automatisch bei Fenstern mit elektrischen Stellantrieben erfolgen. Letzteres bietet besondere Vorteile: Durch sensorgesteuerte Automation kann die Fensterlüftung auch nachträglich und mit geringen Investitionskosten zu wirksamen Systemen der kontrollierten natürlichen Lüftung (KNL) ausgebaut werden, die neben einem geringen Platzbedarf auch mit geringen Betriebskosten punkten. Solche sensorgesteuerten KNL-Systeme sind energetisch nachhaltig, nutzerunabhängig und ermöglichen eine zuverlässige Reduzierung der SARS-CoV-2 Viren in der Raumluft.

Mechanische Lüftung

Rein mechanische Systeme – raumlufttechnischen Anlagen (RLT-Anlagen) – basieren auf einer mit Ventilatoren erzeugten Druckdifferenz. Sie werden in Anlagen unterschieden, die Außenluft fördern (Anlagen mit Lüftungsfunktion) oder Umluft fördern (Anlagen ohne Lüftungsfunktion). Solche mechanischen Systeme erfordern meist hohe Investitions- und Betriebskosten und lassen sich insbesondere im Bestandsbau nur mit großem Aufwand nachrüsten.

Hybridlüftung

Eine Hybridlüftung, also die Kombination aus freier bzw. natürlicher Lüftung und mechanischem System, kann je nach Gebäude- und/oder Nutzeranforderung eine effiziente Lösung sein, z. B. bei Neubauten. Häufig trägt hier die mechanische Lüftung zu einer Grundlüftung bei und die freie Lüftung wird zusätzlich zur „Spitzen"-Lüftung genutzt. Beispielhaft können Klassenräume genannt werden, deren Grundlüftung mit einer mechanischen Lüftungsanlage mit 15 m³/h pro Person realisiert wird und die nach Bedarf zusätzlich noch durch ein KNL-System belüftet werden.

4. Untersuchungsgegenstand: Potenzial der natürlichen Fensterlüftung in Klassenräumen

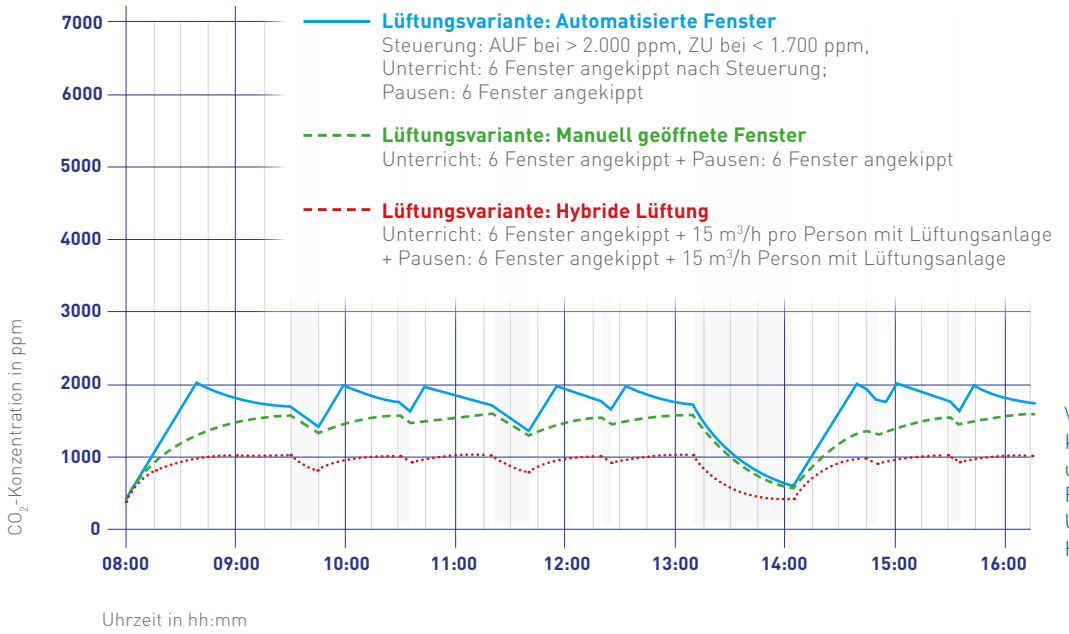
Um das Potenzial der natürlichen Fensterlüftung (automatisiert oder manuell) mit dem Fokus auf die Minimierung der SARS-CoV-2-Belastung in der Innenraumluft von Klassenräumen zu ermitteln, wurden Simulationen mit Hilfe von normativen Berechnungsansätzen erstellt. Alle Varianten wurden für einen typischen Klassenraum mit einseitiger Fensterlüftung, der von 30 Schüler:innen und einer Lehrkraft von 8.00 bis 16.15 genutzt wird, unter anderem mit folgenden Randbedingungen betrachtet: Neben der Variation der Klimaverhältnisse (Außen- und Raumklima) wurde auch die Fensterstellung (geschlossen, angekippt, geöffnet in Sicherheitsstellung zur Gewährleistung des Unfallschutzes, ganz geöffnet) sowie das Lüftungsszenario (ohne Lüftung, Lüftung in den Pausen und/oder Lüftung während des Unterrichts) variiert. Die Öffnungsflächen der Fenster für die Stoßlüftung und die Raumtiefe des betrachteten Klassenraums sind im Einklang mit ASR A.3.6 „Lüftung" gewählt worden.

Berechnungsgrundlage

Die Berechnung des Luftvolumenstroms erfolgte mit der KNL-Planungshilfe des VFE. Sie basiert auf dem Berechnungsalgorithmus des Entwurfs zur DIN/TS 4108-815, der sowohl den thermisch induzierten als auch den windinduzierten Luftaustausch berücksichtigt. Die Berechnung der CO_2-Konzentration erfolgt gemäß VDI 6040 Blatt 2, die Planern und Architekten hilft, die Raumluftqualität in Schulen durch konkrete Anforderungen und Ausführungshinweise zu verbessern.

5. Ergebnisse „Automatisierte Fenster"

Bei der in der Untersuchung betrachteten Automatisierung der Kippfenster liegt eine Steuerung zu Grunde, die beim Überschreiten einer CO_2-Konzentration von 2.000 ppm die Fenster automatisch ankippt und beim Unterschreiten einer CO_2-Konzentration von 1.700 ppm automatisch wieder schließt. In den Unterrichtspausen wird konsequent mit angekippten Fenstern gelüftet – unabhängig von dieser automatisierten Steuerung.
Das Ergebnis: Die automatisierte Fensterlüftung ist, ebenso wie die hybride Lüftung, in der Lage, den CO_2-Orientierungswert von 2.000 ppm in Klassenräumen problemlos einzuhalten.



Vergleichender CO_2-Konzentrationsverlauf unter den betrachteten Randbedingungen in der Übergangszeit (Frühling, Herbst)

6. Empfehlung und Erkenntnisse

Gerade in Zeiten der Covid-19-Pandemie steht die Frage der angemessenen Lüftung in Klassenräumen mehr denn je im Fokus der Öffentlichkeit. Die automatisierte Fensterlüftung mit KNL-Systemen stellt eine wesentliche Maßnahme zur wirksamen Eindämmung des Infektionsgeschehens bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung des Schulbetriebs mit Fokus auf Präsenzunterricht dar. Zusätzlich trägt die KNL maßgeblich zur allgemeinen Verbesserung der Luftqualität in Klassenräumen bei.

Das Potenzial der automatisierten Fensterlüftung mit KNL-Systemen hängt dabei von den örtlichen Gegebenheiten ab. Grundsätzlich lassen sich aber folgende Empfehlungen und Erkenntnisse für KNL-Systeme ableiten:

- **Eine automatisierte Fensterlüftung kann maßgeblich zur Minimierung der SARS-CoV-2 Belastungen in der Raumluft beitragen**
- **Die Wirksamkeit der Fensterlüftung ist bei klassischen Raumgeometrien von Klassenzimmern (11 x 7 x 3 m, Erdgeschoss, Fenster nur auf einer Fassadenseite) gegeben**
- **Unter winterlichen Verhältnissen kann eine vergleichbare Raumluftqualität wie in der Übergangszeit auch durch kürzere Lüftungsphasen erreicht werden**
- **Eine mögliche Abkühlung der Raumluft durch die Fensterlüftung unter winterlichen Bedingungen wird kurze Zeit nach dem Lüftungsvorgang wieder durch übliche Heizsysteme kompensiert**
- **KNL-Anlagen bieten Betreibern und Nutzern neben einer reinen Verbesserung der Luftqualität auch zusätzliche Vorteile wie z. B. die Umsetzung einer Nachtauskühlung oder Temperatur- und CO_2-geführte Lüftungsprogramme**
- **Durch eine Öffnungsbegrenzung lässt sich eine potenzielle Unfallgefahr problemlos vermeiden**
- **Die Umsetzung einer KNL-Anlage ist in der Regel kurzfristig und ohne aufwendige und kostenintensive Maßnahmen möglich**

7. Fazit und Ausblick

Lüftungskonzepte mit KNL-Anlagen sind verlässliche Lösungen für eine bedarfsgerechte, nutzerunabhängige Frischluftzufuhr, die das Infektionsrisiko durch mit krankheitserregenden Viren belastete Aerosole in Innenräumen senken können – und das nicht nur in Schulen. Generell sind überall dort, wo sich viele Menschen gemeinsam lange in Räumlichkeiten aufhalten, konsequente Maßnahmen der Lufthygiene nötig. So fördert ein gesundheitlich-hygienisch ausreichender Luftwechsel in bildungsnahen Einrichtungen zum Beispiel explizit die Konzentration und Lernfähigkeit. Die Forderung nach effizienten Lufthygienemaßnahmen ist nicht neu, aber im Kontext der Covid-19-Pandemie aktueller denn je. Renommierte Aerosolforscher und Ingenieure fordern heute weltweit von der Politik einen Paradigmenwechsel beim Thema Raumlüftung, um Covid-19 und andere über die Luft übertragene Krankheitserreger zu bekämpfen: Ab sofort sollen Planer, Architekten und Bauingenieure schon bei der Gebäudeplanung Pathogene und deren Verbreitung mit einbeziehen. Den dafür nötigen Belüftungskonzepten, die nutzerunabhängig bedarfsgesteuert und damit flexibel arbeiten, muss dabei künftig die gleiche Bedeutung zukommen wie die Energiebilanz eines Gebäudes. Das gilt insbesondere für Immobilien mit hohen Nutzer- oder Besucherfrequenzen: Das Spektrum reicht von Büro-, Industrie- und Verwaltungsgebäuden über Gastronomie, Hotels, Krankenhäuser und Pflegeeinrichtungen bis hin zu Bildungs-, Sport- und Freizeitstätten.

Effektive Lösungen für diese Anwendungsbereiche bietet eine KNL-Anlage, bei der elektromotorisch angetriebene Fenster in Abhängigkeit thermischer, lufthygienischer und energetischer Zielstellungen unabhängig von den Raumnutzern „intelligent“ geöffnet und geschlossen werden. Die KNL erfüllt dabei höchste Ansprüche an Raumluftqualität, Hygiene, Komfort, Behaglichkeit und Flexibilität kombiniert mit geringem Primärenergiebedarf sowie reduzierten Investitions- und Betriebskosten. Ihre Praxistauglichkeit wird unter anderem durch die KonLuft-Studie der Hochschule für Technik Stuttgart, die in Zusammenarbeit mit dem Projektpartner ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektroindustrie sowie dem Projektträger Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi) und Projektträger Jülich (PTL) erstellt wurde, belegt. Die wissenschaftlichen und praktischen Nachweise der Wirksamkeit einer KNL-Anlage haben mit dazu beigetragen, dass die Anforderungen an die „freie Lüftung“ in der aktuell gültigen DIN 1946-6 für Wohngebäude normativ berücksichtigt wurden. Eine wichtige Grundlage für Fachplaner, Architekten und Gebäudebetreiber, die Planungssicherheit für die normenkonforme Bemessung und Auslegung solcher Lüftungsanlagen gibt. Eine vom VFE entwickelte webbasierte KNL-Planungshilfe zur Luftwechselbestimmung für Wohn- und Nichtwohngebäude kann kostenlos auf der Website des Verbands genutzt werden kann.

Damit bieten KNL-Anlagen nicht nur in Corona-Zeiten das Potenzial, die Entstehung von lokalen Infektionsherden durch Ansteckung über infektiöse Aerosole in der Raumluft erfolgreich zu minimieren.

Über den VFE

Der Verband Fensterautomation und Entrauchung e. V. (VFE), mit Sitz in Frankfurt am Main, wurde 2016 gegründet. Er ist ein Zusammenschluss aus renommierten Fachunternehmen, die sich auf Fensterautomation und Entrauchung, insbesondere die kontrollierte natürliche Lüftung (KNL) und den natürlichen Rauchabzug (NRA) über elektromotorisch oder pneumatisch betätigte Fenster in der Fassade und in Dächern, spezialisiert haben.

Der VFE verfolgt das Ziel, die spezifischen Vorteile, Einsatzmöglichkeiten und Funktionsweise der kontrollierten natürlichen Lüftung und Entrauchung über Fenster zu vermitteln mit dem Ziel, die Luftqualität und den vorbeugenden Brandschutz in Gebäuden zu optimieren.

Aufgaben und Ziele des VFE

Kontrollierte natürliche Lüftungs- und Entrauchungssysteme versorgen Gebäude optimal mit Frischluft, sichern täglich Wohlbefinden und Gesundheit der Nutzer und schützen vor gefährlichen Auswirkungen des Rauches und der Rauchgase bei Bränden.

Über eine kontinuierliche Öffentlichkeitsarbeit soll der Wissensstand über die Vorteile der natürlichen Lüftungs- und Entrauchungsart gegenüber oder unterstützend zu ventilatorgestützten Systemen hervorgehoben werden. Die wissenschaftlichen Grundlagen und Daten dafür schafft der VFE durch enge Zusammenarbeit und gemeinsame Forschungsprojekte mit Hochschulen, Prüfinstituten und Normungsinstitutionen. Das macht den VFE zusammen mit der hohen Fachkompetenz und jahrelangen Branchenerfahrung seiner Verbandsmitglieder zu einem verlässlichen Ansprechpartner und Problemlöser für Planer, Architekten und Bauherren, wenn es um die Kernthemen kontrollierte natürliche Lüftung und Entrauchung über automatisierte Fenster in der Gebäudehülle geht. Auch die fachliche Unterstützung von berufsspezifischen Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen gehört zum Aufgabenspektrum des VFE.

VFE-Online-Plattform

Auf der Online-Plattform des VFE finden Planer, Architekten und Bauherren stets aktuelle Informationen rund um die Themen kontrollierte natürliche Lüftung und Entrauchung – auch als Broschüren und Whitepaper zum Download. Fakten und Hintergründe zu Techniken, Anwendungen und Services sowie von VFE-Mitgliedern und -Kooperationspartnern erfolgreich umgesetzte Projekte als „Best Practice"-Beispiele runden das Angebot ab **www.zentrum-fuer-luft.de**

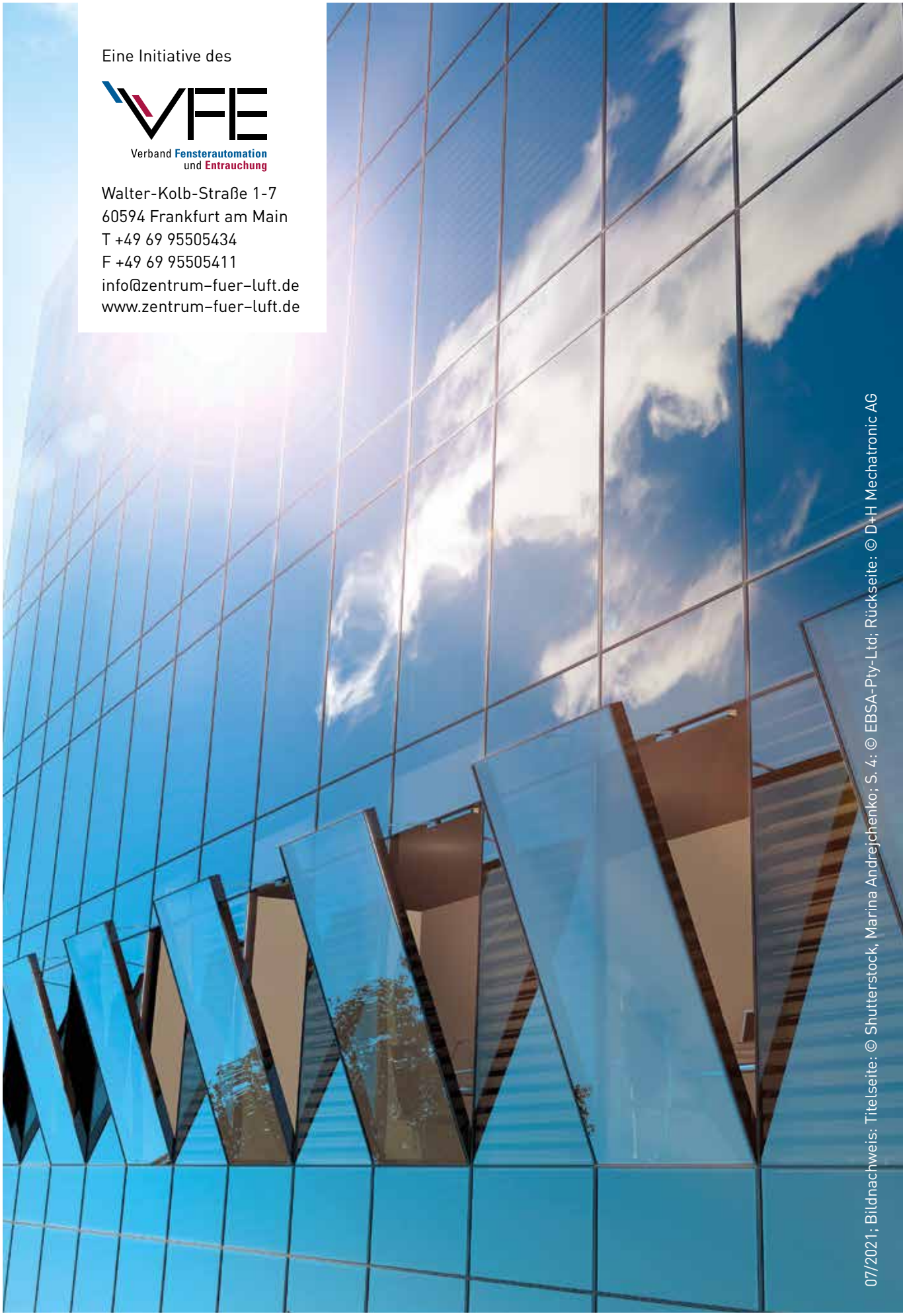
KNL-Planungshilfe

Mit unsere webbasierten Planungssoftware können Sie die notwendigen Luftwechsel zur natürlichen Lüftung von Wohn- und Nichtwohngebäuden über Fenster ganz einfach ermitteln. Jetzt kostenlos für den Zugang zur KNL-Planungshilfe registrieren: **www.zentrum-fuer-luft.de**

Eine Initiative des

Verband Fensterautomation und Entrauchung

Walter-Kolb-Straße 1-7
60594 Frankfurt am Main
T +49 69 95505434
F +49 69 95505411
info@zentrum-fuer-luft.de
www.zentrum-fuer-luft.de



07/2021; Bildnachweis: Titelseite: © Shutterstock, Marina Andreichenko; S. 4: © EBSA-Pty-Ltd; Rückseite: © D+H Mechatronic AG