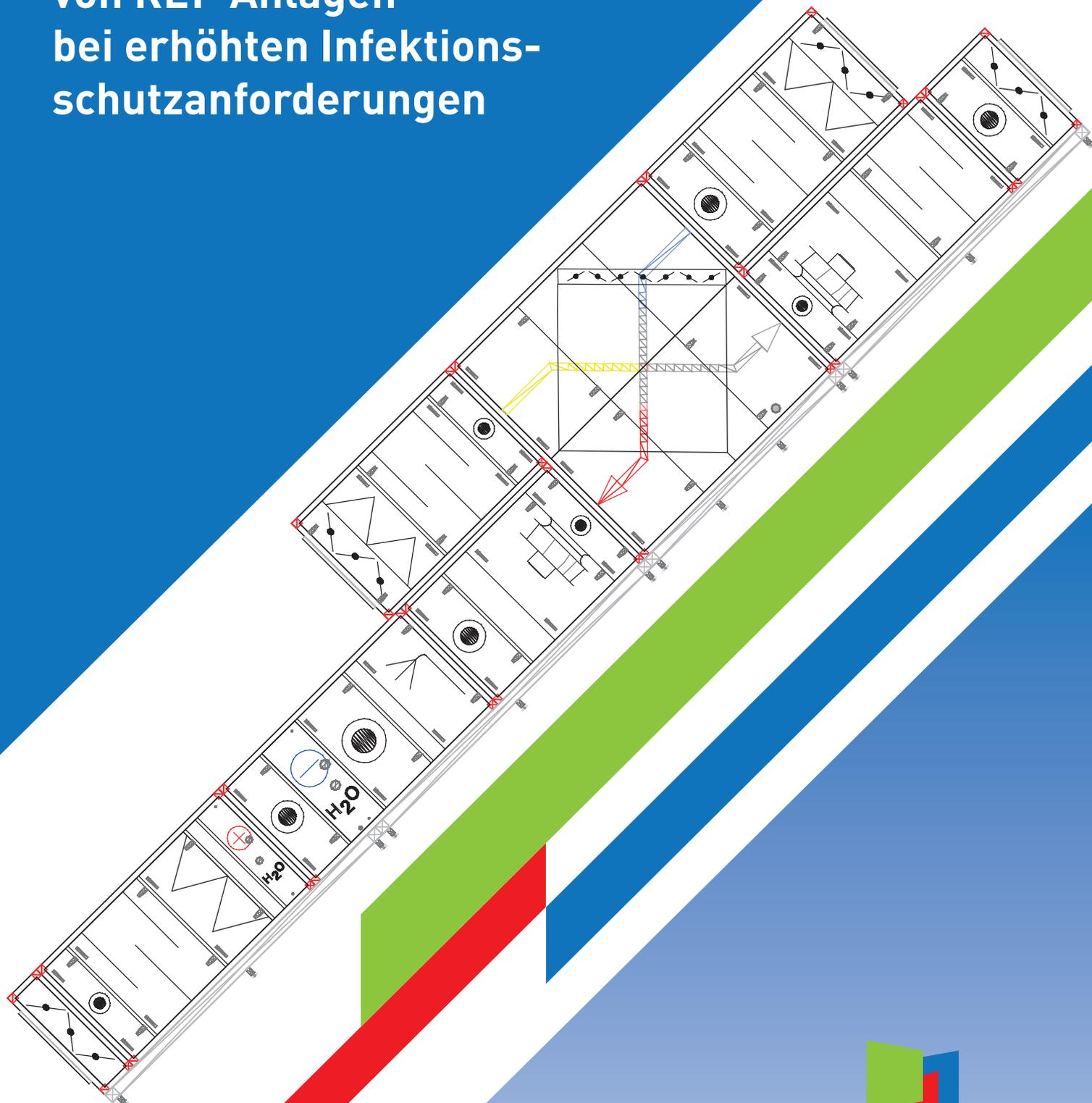


BTGA-Praxisleitfaden

Planung und Betrieb
von RLT-Anlagen
bei erhöhten Infektions-
schutzanforderungen



BTGA

Bundesindustrieverband
Technische Gebäudeausrüstung e.V.

Herausgeber:



Hinter Hoben 149
53129 Bonn
Tel. 0228 94917-0
Fax 0228 94917-17
info@btga.de

© BTGA - Bundesindustrieverband Technische Gebäudeausrüstung e. V., Bonn, 1. Auflage, Januar 2021

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieses Dokumentes ist unter Wahrung des Urheberrechts zulässig.

Bildquelle Titelseite: LTZ GmbH, Berlin

BTGA-Praxisleitfaden

**Planung und Betrieb von RLT-Anlagen
bei erhöhten Infektionsschutzanforderungen**

Autoren:

Thorsten Dittrich

Trox GmbH

Dipl.-Ing. Christian Fraedrich

ENGIE Deutschland GmbH

Dipl.-Ing. (FH) Sven Höfler

ST Gebäudetechnik GmbH

Dipl.-Ing. Manfred Kölbl

Calvias GmbH

Dipl.-Ing. (FH) Patric Opitz

LTZ - Zentrum für Luft- und Trinkwasserhygiene GmbH

Dipl.-Ing. (FH) Clemens Schickel

BTGA e. V.

Dipl.-Ing. (FH) Karl-Walter Schuster

kwschuster management + consulting GmbH

Wissenschaftliche Begleitung:

Prof. Dr. Martin Kriegel

HRI, TU Berlin

Inhalt

Veranlassung und Vorwort	7
1. Begriffe	9
2. Betriebsarten	9
2.1. Freie Lüftung	9
2.2. Mechanische Lüftung	10
2.3. Außenluft	10
2.4. Sekundärluft	10
2.5. Umluft	10
3. Strömungsformen	11
3.1. Raumströmung allgemein	11
3.2. Mischlüftung	11
3.3. Quellsüftung	11
3.4. Schlussfolgerung	11
4. Raumluftparameter	12
4.1. Raumluftqualität	12
4.2. Raumluftfeuchte	12
4.3. Außenluftmengen	12
5. Prinzipieller Aufbau Raumlufttechnischer Anlagen	13
6. Raumlufttechnische Komponenten	15
6.1. Die Wärmerückgewinnung	15
6.1.1. Kreislaufverbund-System	16

6.1.2. Plattenwärmeübertrager, Kreuzstromübertrager, Glattrohrübertrager	16
6.1.3. Wärmerohr	16
6.1.4. Rotationswärmeübertrager	16
6.1.5. Wechselspeicher/Umschaltregenerator	16
6.2. UV-C-Behandlungseinheit	17
6.3. Filter	17
6.4. Befeuchter	17
6.5. Luftleitungsnetz/Dichtheit	18
6.6. Sekundärluftanlagen	18
7. Handlungsempfehlungen	18
7.1. Anlagenbezogene Empfehlungen	19
7.2. Raumbezogene Empfehlungen	19
7.3. Entscheidungsmatrix	20
8. Warten und Betreiben	21
8.1. Allgemeine Empfehlungen und Handlungsoptionen für Inspektion und Wartung	21
8.2. Persönliche Schutzausrüstung (z. B. bei Filterwartung)	21
8.3. Umgang mit gebrauchten, entnommenen Lüftungsfiltren	21
8.4. Erhöhung der Wartungsintensität	21
8.5. Erweiterte Anlageninspektion	21
9. Quellen	21
10. Schrifttum	22
Anhang 1	24

Veranlassung und Vorwort

Die SARS-CoV-2-Pandemie hält seit dem Frühjahr 2020 die Welt fest in ihrem Griff. Nach einer kurzen Entspannung im Sommer musste mit Beginn der absinkenden Temperaturen festgestellt werden, dass trotz umfassender Maßnahmen („AHA“, Corona-Warn-App, ausgeweitete Tests, Monitoring etc.) in Deutschland eine nachhaltige Eindämmung des Infektionsgeschehens nicht gelungen ist.

Die Analyse einzelner Infektionsereignisse und die wissenschaftliche Erkenntnis, dass die Übertragung des Virus auch über Aerosolpartikel erfolgen kann, lenkten in den letzten Monaten die öffentliche Aufmerksamkeit auf die Raumlüftung allgemein und auf die Lüftungstechnik im Besonderen. Deutlich wird dies unter anderem durch die zwischenzeitlich etablierte, erweiterte Grundregel für den Infektionsschutz „AHA+A+L“.

Selten gab es in so kurzer Zeit so viele Stellungnahmen und wissenschaftliche Abhandlungen zu einem Thema, wie sie für das Thema „SARS-CoV-2“ derzeit entstehen und veröffentlicht werden. Es kristallisiert sich immer deutlicher heraus, dass der Luftaustausch und die Lüftung von Innenräumen entscheidenden Einfluss auf die Ausbreitung von Viren hat – und damit auf das Infektionsrisiko.

Auch die Politik hat das Thema „Lüftung und Lüftungstechnik“ aufgenommen, immer mehr Handlungsanweisungen, aber auch Förderprogramme beinhalten entsprechende Maßnahmen. Für die gesamte Gebäudetechnik-Branche birgt diese Entwicklung Chancen, bedeutet aber auch eine große Verantwortung.

Es ist sicher, dass die aktuellen Erkenntnisse, die mit den Untersuchungen zur Pandemie gewonnen werden, die Ausgestaltung der Lüftungstechnik in der Zukunft verändern werden. Es geht dabei nicht nur um SARS-CoV-2, sondern um die Lüftungstechnik der Zukunft.

Diese muss neben dem Infektionsschutz auch Indoor-Environment-Quality und Energieeffizienz gleichberechtigt und optimal berücksichtigen. Dies gilt für Neuanlagen, aber auch für den Gebäudebestand, der oft zu wenig Beachtung findet. Viele Gebäude und Räume, bei denen aus hygienischer und energetischer Sicht in Neubauten heute eine mechanische Lüftung Pflicht wäre, werden im Gebäudebestand überhaupt nicht oder nur geringfügig belüftet. Viele Bestands-Lüftungsanlagen nutzen Umluft.

Infektionsgefahr

Wie groß die Gefahr einer Infektion mit COVID-19 tatsächlich ist, zeigen die weltweit massiv angestiegenen Infektionszahlen. Zur Eindämmung dieser Gefahr sind genaue Erkenntnisse über die Übertragungswege des Virus erforderlich, aber auch über die Möglichkeiten, diese zu unterbinden oder zumindest zu reduzieren. Zusätzlich zu einem direkten körperlichen Kontakt können Viren nach derzeitigem Kenntnisstand durch Kontaktflächen, über Tröpfchen und über Aerosolpartikel übertragen werden.

Das Risiko der Kontakt- und der Tröpfcheninfektion kann durch regelmäßige Desinfektion bzw. durch das Tragen einer Mund-Nasen-Bedeckung deutlich reduziert werden.

Bei der Reduzierung des Risikos einer Infektion durch aerosolgebundene Übertragung bietet die richtig angewendete Lüftungstechnik eine wichtige Unterstützung.

Wie kann das Risiko der aerosolgetragenen Viren reduziert werden?

Sobald sich zwei oder mehr Personen in einem Raum aufhalten und eine infiziert ist, kann eine Übertragung nicht ausgeschlossen werden. Das absolute Risiko ist niemals gleich null. Mit der Frage, wie groß das Risiko ist, beschäftigen sich verschiedene wissenschaftliche Studien. Gemeinsamer Ansatz ist, dass mit zuneh-

mender Anzahl von Viren in der Luft das Infektionsrisiko steigt. Im Umkehrschluss kann das Risiko durch die Reduktion von Viren gesenkt werden. Der Schlüssel dazu ist ausreichendes Lüften („+L“). Die personenbezogenen und medizinischen Faktoren müssen dabei unberücksichtigt bleiben. Der Fokus der Lufttechnik liegt auf den technisch beeinflussbaren Faktoren.

Nach heutigem Stand der Erkenntnis ist die einzige Möglichkeit, das Risiko der Aerosolübertragung zu reduzieren, die Virenkonzentration im Verhältnis zum Raumvolumen und zur darin anwesenden Personenzahl zu reduzieren – also Verdünnung. Dabei wird virenbelastete Luft gegen virenfreie Luft ausgetauscht beziehungsweise Viren inaktiviert oder abgeschieden.

Grundsätzlich stehen dazu die folgenden Möglichkeiten zur Verfügung:

- Austausch der Raumluft durch Zufuhr von Außenluft
- Luftreinigung durch geeignete Filter
- Vireninaktivierung durch UV-C-Bestrahlung

Nachstehend wird darauf eingegangen, inwieweit sich die verschiedenen Maßnahmen im jeweiligen Anwendungsfall und unter den herrschenden Randbedingungen als Lösung anbieten. Diese Empfehlungen ersetzen aber nicht eine normgerechte Planung und – soweit notwendig – Genehmigungsverfahren für Anlagenneu- und -umbauten. Sie gehen weiterhin von einer fachgerechten, den Anforderungen der Arbeitsstättenrichtlinie entsprechenden Lüftung der Arbeitsstätten aus. Der Fall einer nicht normgerechten Be- und Entlüftungsanlage wird nicht betrachtet.

Bedeutung von Inspektion und Wartung

Es wird an dieser Stelle ausdrücklich darauf hingewiesen, dass – unabhängig von allen anlagentechnischen Maßnahmen – das korrekte Betreiben sowie die regelmäßige Inspektion und Wartung der Raumlufttechnischen Anlagen von herausragender Bedeutung sind.

Unter den Bedingungen einer Pandemie bedarf es dabei häufig weitergehender Aktivitäten, die nicht in den standardmäßigen Wartungsverträgen eingeschlossen sind. Im Kapitel „Warten und Betreiben“ am Ende des Leitfadens sind beispielhaft einige dieser Aktivitäten aufgelistet.

1. Begriffe

AHA+A+L	A bstand halten - H ygienemaße beachten – A temmaske tragen + A pp + regelmäßiges L üften
Außenluft	Unbehandelte Luft, die von außen in die Anlage oder in eine Öffnung einströmt (EN 16798-3)
COVID-19	Benennung der durch den Erreger SARS-CoV-2 hervorgerufenen Krankheit
Inspektion	alle Aktivitäten, die dazu beitragen, den aktuellen Zustand eines Instandhaltungsobjektes zu erfassen und zu beurteilen (DIN 31051)
Instandsetzung	alle Aktivitäten an einem fehlerhaften Objekt zur Wiederherstellung des definierten Soll-Zustandes (DIN 31051)
Leckluft	unbeabsichtigter Luftstrom durch undichte Stellen der Anlage (EN 16798-3)
SARS-CoV-2	Benennung des Virus
Sekundärluft	Luftstrom, der einem Raum entnommen und nach Behandlung demselben Raum wieder zugeführt wird (EN 16798-3)
UV-C	Ultraviolettstrahlung im Wellenlängenbereich von 100 bis 280 Nanometer
Umluft	Abluft, die der Luftbehandlungsanlage wieder zugeführt wird und als Zuluft wiederverwertet wird (EN 16798-3)
Verbesserung	alle Aktivitäten zur Steigerung der Zuverlässigkeit und der Schwachstellenbeseitigung, ohne das Objekt in seiner ursprünglichen Funktion zu ändern (DIN 31051)
Wartung	alle Maßnahmen zur Verzögerung des Abbaus des vorhandenen Abnutzungsvorrats zur Erhaltung des Instandhaltungsobjektes (DIN 31051)

2. Betriebsarten

2.1. Freie Lüftung

Bei Räumen, die nicht mit einer mechanisch betriebenen Raumluftheizungsanlage ausgestattet sind, kann die Lüftung in der Regel nur über die Fenster erfolgen.

Der Luftaustausch wird dabei von den folgenden Faktoren beeinflusst:

- Raum- und Außentemperatur
- (Wind-)Druckverhältnisse
- Geometrie der Räume
- Größe der Öffnungsfläche
- Anordnung von Fenstern und Türen
- Dauer der Fenster-/Türöffnung

Aufgrund der vielfältigen Wechselwirkungen zwischen diesen Faktoren kann ein Luftaustausch durch Fensterlüftung nicht definiert erfolgen, auch wenn diese automatisiert geöffnet werden können. Eine Freie Lüftung als einzige Möglichkeit zum Luftaustausch kann nicht empfohlen werden. Es können damit weder definierte Konditionen erreicht noch hohe Energieverluste verhindert werden. Falls im Bestand ausschließlich Fensterlüftung vorhanden ist, muss durch das Öffnen der Fenster zu Lüftungszwecken in der kalten Jahreszeit mit erheblichen Komfort-Einbußen und Energieverlusten gerechnet werden.

2.2. Mechanische Lüftung

Ein geregelter Luftaustausch kann nur mittels mechanischer Belüftung erzeugt werden, also mit definierten Zuluftmengen. Insbesondere bei einer verhältnismäßig hohen Raumbelastung und längerer Aufenthaltsdauer ist dies zur Absenkung des Infektionsrisikos durch aerosolgebundene Übertragung von Viren zwingend erforderlich (siehe HRI, RWTH).

2.3. Außenluft

Bei mechanischen Lüftungsanlagen wird die Außenluft entsprechend der lokalen Anforderungen über Filter gereinigt und ggf. thermodynamisch aufbereitet. Bezüglich des Infektionsrisikos gilt Außenluft als faktisch virenfrei.

Eine Verbesserung der Raumluftqualität, insbesondere die Reduktion der CO₂-Konzentration, die als Maß für die Luftqualität herangezogen wird, kann ausschließlich über eine ausreichende Frischluft-(Außenluft)-Rate sichergestellt werden.

2.4. Sekundärluft

Sekundärluft, also Abluft, die dem gleichen Raum entnommen, behandelt und wieder zugeführt wird, erhöht die Konzentration von Schadstoffen oder Viren nicht, kann jedoch eine Verteilung der Schadstoffe und Viren im Raum begünstigen. Bei entsprechender Luftmenge und Filterung kann andererseits durch einen Verdünnungseffekt die Konzentration der Schadstoffe oder Viren je m³ Raumluft reduziert werden.

Allerdings erfolgt durch Sekundärluft keine Reduzierung der CO₂-Konzentration, dies ist nur durch die Zuführung von Außenluft möglich.

2.5. Umluft

Durch die Nutzung von Umluft, also Abluft aus mehr als nur einem Raum, die der Außenluft beigemischt und als Teil der Zuluft wieder den Räumen zugeführt wird, können Schadstoffe und Viren aus einem Raum auf unterschiedliche Räume verteilt werden. Die Konzentration kann zwar entsprechend des Mischungsverhältnisses oder durch adäquate Filterung reduziert werden, ein Infektionsrisiko kann jedoch nicht ausgeschlossen werden. In erster Priorität muss, wenn irgend möglich, ein Betrieb mit 100 % Außenluft empfohlen werden.

Wenn aus technologischen Gründen Umluft erforderlich ist, muss auf eine adäquate Luftbehandlung geachtet werden (ausreichende Filterung/UV-C-Bestrahlung). Zudem sollte, wann immer es die klimatischen Bedingungen erlauben, der Umluftanteil reduziert oder besser vollständig abgeschaltet werden.

3. Strömungsformen

3.1. Raumströmung allgemein

Neben anderen physikalischen Faktoren ist die Luftführung im Raum ein entscheidender Faktor für die Lüftungseffektivität. Abhängig von den technischen Randbedingungen und räumlichen Möglichkeiten ergeben sich Vorteile für die verschiedenen Arten der Luftführung in Bezug auf den Infektionsschutz.

3.2. Mischlüftung

Bei der Mischlüftung wird die Zuluft mit hohem Impuls in den Raum eingebracht. Durch die Induktion erfolgt eine nahezu ideale Durchmischung mit der Raumluft, was zu einer Verdünnung der Schadstoffkonzentration und einer gleichmäßigen Verteilung von Temperatur und Schadstoffen im Raum führt. Damit ist auch das Infektionsrisiko an jeder Stelle des Raumes nahezu gleich. Bei der Mischlüftung ist die Raumströmung unabhängig von Temperatur und Raumgeometrie und kann auch bei isothermen Temperaturverhältnissen und geringeren Deckenhöhen genutzt werden, solange die Luftmenge gemäß Nennlast gefördert wird. Im Teillastzustand kann eine effektive Durchströmung des Raumes nicht gewährleistet werden. In Pandemiezeiten sollte immer mit dem maximal möglichen Volumenstrom gefahren werden, der zu noch vertretbarem Einfluss auf Behaglichkeit und Akustik führt.

3.3. Quelläuftung

Bei der Quelläuftung wird die Zuluft mit Untertemperatur im unteren Bereich des Raumes eingebracht. Dort wird der thermische Auftrieb, beispielsweise von Personen, genutzt, um diese mit Frischluft vom Boden aus zu versorgen. Die Schadstoffkonzentration nimmt dabei von unten nach oben zu. Auch Aerosolpartikel werden durch den Auftrieb zur Decke verschoben und dort abgesaugt. Somit ist die Lüftungseffektivität im Aufenthaltsbereich bei einer Quelläuftung am größten und damit in Bezug auf das Infektionsrisiko am effektivsten. Allerdings benötigt die Quelläuftung zur vollen Funktion eine Zulufttemperatur unterhalb der Raumtemperatur und eine ausreichende Deckenhöhe, sonst kann es partiell zu höheren Schadstoffkonzentrationen kommen als bei der Mischlüftung. Die Quelläuftung ist im Vergleich zur Mischlüftung unempfindlich für Teillastzustände. In Pandemiezeiten sollte sie immer mit dem maximal möglichen Volumenstrom gefahren werden, der zu noch vertretbarem Einfluss auf Behaglichkeit und Akustik führt.

3.4. Schlussfolgerung

Beide oben genannten Luftführungsarten reduzieren bei korrektem Betrieb die Virenlast und mindern dadurch das Infektionsrisiko.

Die Quelläuftführung kann die Virenlast im Aufenthaltsbereich gegenüber Mischlüftung reduzieren, hat aber Einsatzgrenzen in Bezug auf Zulufttemperatur und Zuluftgeschwindigkeit.

Bei der Mischlüftung ist bei einer dem Raum angepassten Anordnung der Zuluftauslässe die Reduzierung der Viren- und Schadstoffkonzentration im gesamten Raum nahezu einheitlich. Sie ist unkritisch bei höheren Zulufttemperaturen und niedrigeren Raumhöhen, solange sie mit Nennvolumenstrom betrieben wird.

Grundsätzlich gilt, dass ein höherer Zuluftvolumenstrom in beiden Fällen die Aufenthaltsdauer der Luft im Raum reduziert und damit das Infektionsrisiko vermindert. Die Komfortbedingungen müssen aber berücksichtigt werden.

4. Raumluftparameter

4.1. Raumlufqualität

Zur Beurteilung der Qualität der Raumluf wird heute die CO₂-Messung genutzt, da CO₂ als Indikatorgas für die Qualität der Luft eines durch Menschen genutzten Raumes eingeführt ist. Beim Atmen wird von Personen permanent CO₂ und eine gewisse Menge an Aerosolpartikeln abgegeben. Folglich lassen sich anhand von CO₂-Messungen Rückschlüsse auf die sich proportional entwickelnde Aerosolkonzentration ziehen.

Eine CO₂-Konzentration bis zu 1000 ppm gilt als noch akzeptabel, in der Zeit der Pandemie sollte dieser Wert, wenn möglich, unterschritten werden. Aktuelle Empfehlungen lauten nun auf eine maximale Konzentration von 750 bis 800 ppm als oberen Grenzwert für gesundheitlich zuträgliche Atemluft [REHVA, RKI]. Die Messung dient nur als Indikator für die Luftqualität und keinesfalls als Messgröße für das Infektionsrisiko.

4.2. Raumlufffeuchte

Der Mensch verfügt nicht über ein Sinnesorgan, mit dem er die Luftfeuchte unabhängig von anderen Klimaparametern wahrnehmen kann. Mit trockener Luft werden dennoch diverse Auswirkungen in Verbindung gebracht, wie z. B. Auswirkungen auf die Augen, die Haut und auf die Schleimhäute.

Für die Übertragung von Grippeviren und anderen respiratorischen Viren ist aus Untersuchungen bekannt, dass bei niedriger Luftfeuchte durch die Austrocknung der Schleimhäute des Menschen im Nasen- und Rachenbereich das Eindringen von Bakterien und Viren begünstigt wird.

Bezüglich der Aktivität und der Infektiosität der SARS-Cov-2-Viren gibt es Erkenntnisse, dass erst bei relativer Luftfeuchte von über 80 % und Temperaturen von mehr als 30 °C die Aktivität von SARS-CoV-2 abnimmt. Die derzeitige Studienlage lässt eine genaue Quantifizierung dieses Effektes nicht zu. Vor diesem Hintergrund wird empfohlen, die Raumlufffeuchte auf Werte zwischen 40 und 60 % einzustellen [1, 2, 3, 4].

4.3. Außenluftmengen

Ein kontrollierter, regelmäßiger Luftaustausch trägt wesentlich zu einer Minderung des Infektionsrisikos in Räumen bei. Unter Bedingungen einer Pandemie sind die normativ vorgegebenen Außenluftvolumenströme pro Person unter Umständen nicht ausreichend.

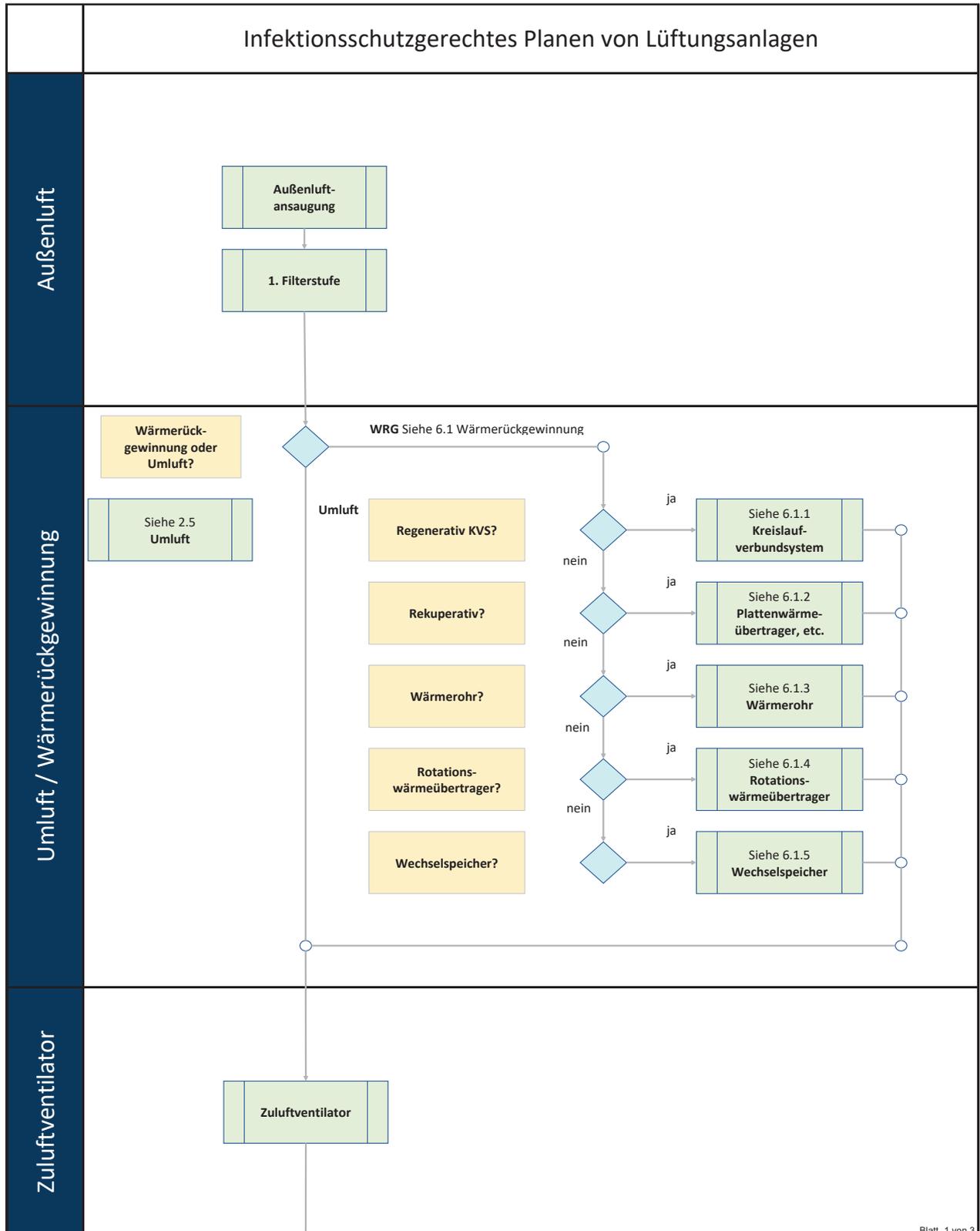
Für die nachhaltige Verbesserung der Aerosolkonzentration sind CO₂-Werte von 800 ppm nicht zu überschreiten. Hierzu sind Luftvolumenströme nach DIN EN 16798-1 gem. Kategorie 1 anzustreben inkl. Berücksichtigung der schadstoffbezogenen Volumenströme.

Bei einer Erhöhung des Volumenstromes ist zu berücksichtigen, dass ein erhöhter Energiebedarf für die Förderung des Volumenstromes, aber auch für thermodynamische Behandlungsstufen erforderlich ist. Um die Behaglichkeitsparameter im Raum einhalten zu können, erfordert dies Anpassungen bei den Komponenten und der Medienbereitstellung.

5. Prinzipieller Aufbau Raumlufotechnischer Anlagen

Mit dem folgenden Flowchart können sowohl neue als auch bestehende Raumlufotechnische Anlagen auf Aspekte der infektionsschutzgerechten Ausstattung mit Funktionen und Komponenten geprüft werden. Für Neuanlagen können diese direkten Eingang in die Anlagenplanung finden. Bei bestehenden Anlagen können die Hinweise zu deren Ertüchtigung für die Nutzung im Pandemiefall dienen.

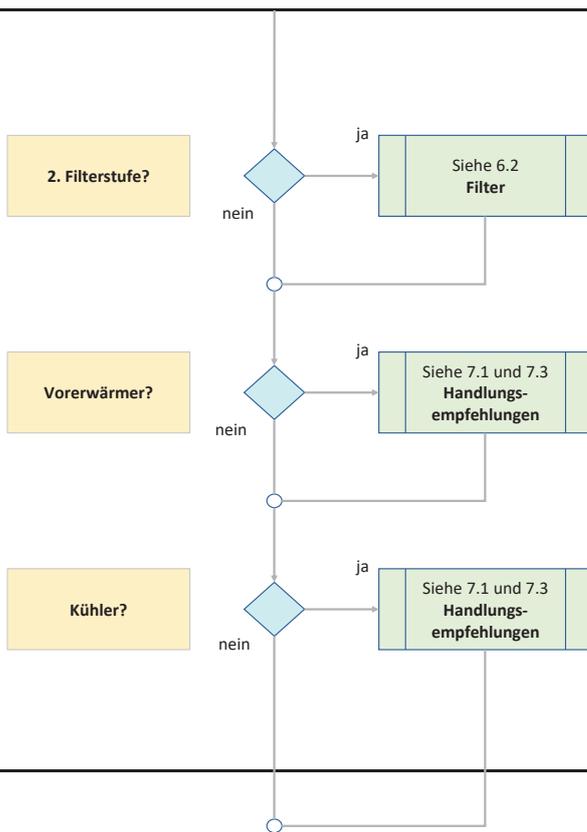
Bild 1: Infektionsschutzgerechtes Planen von Lüftungsanlagen



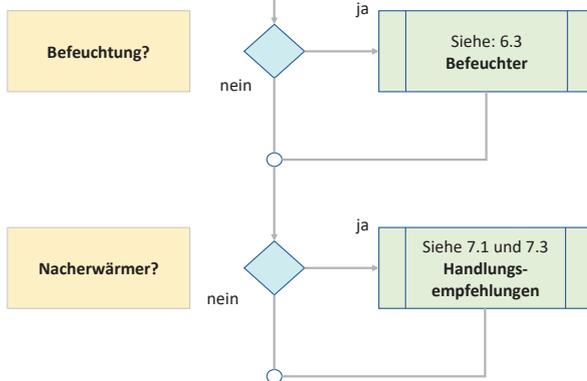
Infektionsschutzgerechtes Planen von Lüftungsanlagen

Blatt 2 von 3

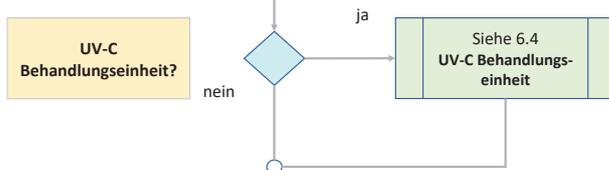
2. Filterstufe - Kühler



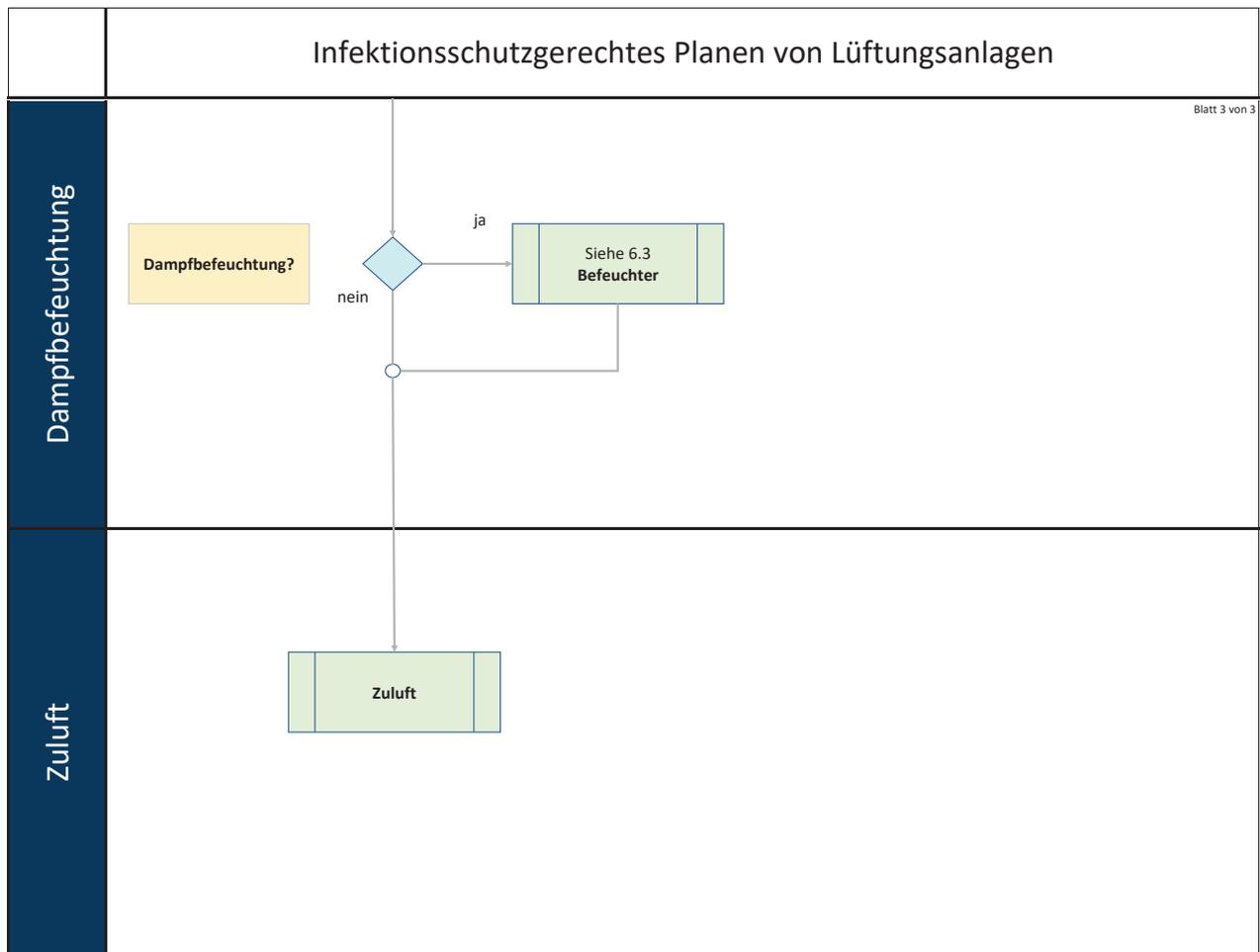
Befeuchtung - Nacherwärmer



UV-C Behandlungseinheit



Blatt 2 von 3



6. Raumluftechnische Komponenten

Anlagen der Lüftungs- und Klimatechnik fördern und behandeln (konditionieren) Luft. Die Aufgabe besteht dabei in der Aufrechterhaltung eines bestimmten Raumklimas bzw. der erforderlichen Raumlufqualität.

Zu Erfüllung dieser Aufgaben bestehen Lüftungs- und Klimaanlage aus verschiedenen Komponenten, die die Luft fördern, reinigen und thermisch konditionieren. Nachfolgend werden Hinweise und Handlungsempfehlungen für die Komponenten gegeben, die eines besonderen Augenmerks hinsichtlich des Infektionsschutzes bedürfen.

Lüftungssysteme mit ihren Komponenten haben konstruktionsbedingt Leckagen, die grundsätzlich für den Betrieb von Anlagen keine Beeinträchtigung darstellen. Eine Verschleppung von Abluft in die Zuluft ist nur dann möglich, wenn die vorhandenen Druckdifferenzen auf der Zuluftseite und der Abluftseite dies erlauben.

6.1. Die Wärmerückgewinnung

Maßnahmen in RLT-Anlagen, die die Wiederverwendung der thermischen Energie der Fortluft nutzen, werden als Wärmerückgewinnung (WRG) bezeichnet. Umluft, die der Außenluft zur Einsparung von Energie beigemischt wird, wird nicht als WRG bezeichnet.

Bei der Wärmerückgewinnung wird unterschieden zwischen rekuperativen und regenerativen Verfahren. Zu den rekuperativen Systemen zählen der Platten-, Kreuzstrom- und Glattohrwärmeübertrager, hier im Weiteren nur

als Plattenwärmeübertrager bezeichnet. Rotationswärmeübertrager (mit oder ohne Enthalpieübertragung), Wechselspeicher/Umschaltregenerator, KV-System und Wärmerohr zählen zu den regenerativen Systemen.

6.1.1. Kreislaufverbund-System

Bei einem Kreislaufverbund-System wird die thermische Energie der Abluft genutzt, indem Wärmeübertrager im Zu- und Abluftstrom eingebaut werden. Diese werden dann mittels Rohrleitungen verbunden. Ein Wärmeträger (Flüssigkeit) transportiert dann die Wärmeenergie von dem Abluftwärmeübertrager zum Zuluftwärmeübertrager. Da so die Luftströme zu 100 % getrennt sind, ist eine Verschleppung von keim-, bakterien- und virenbeladenen Aerosolpartikeln ausgeschlossen.

Bei Einsatz eines Kreislaufverbund-Systems kann eine Kontamination der Zuluft durch keimbeladene Aerosolpartikel aus der Abluft sicher ausgeschlossen werden.

6.1.2. Plattenwärmeübertrager, Kreuzstromübertrager, Glatrohrübertrager

Bei Plattenwärmeübertragern besteht die Möglichkeit der Übertragung von keim-, bakterien- und virenbeladenen Aerosolpartikeln. Diese kann durch sehr gute Abdichtungen, durch die korrekte Druckdifferenz zwischen Zu- und Abluftseite, somit durch geeignete Anordnung der Zu- und Abluftventilatoren ausgeschlossen werden. Andernfalls ist eine nachgeschaltete Filterstufe erforderlich.

Besonderes Augenmerk benötigen sogenannte Enthalpie-Wärmerückgewinner, da es bei diesen Komponenten bauartbedingt zu Leckagen kommen kann [5].

6.1.3. Wärmerohr

Das Funktionsprinzip erfordert eine räumliche Zusammenführung von Außen- und Fortluft. Das System besteht aus einzelnen Rohren, die nicht miteinander verbunden sind. Die einzelnen Rohre sind verschlossen und erlauben keinen Kontakt zwischen den Luftvolumenströmen. Das Wärmerohr befindet sich je zur Hälfte im Außen- bzw. Fortluftstrom. Bei einer unversehrten Abdichtung ist die Verschleppung von Aerosolpartikeln ausgeschlossen.

6.1.4. Rotationswärmeübertrager

Rotationswärmeübertrager sind Systeme mit rotierenden Speichermassen. Dabei können die Speichermassen aus sorptionsfähigem (Feuchterückgewinnung) oder nicht sorptionsfähigem Material bestehen. Durch die Bauart bedingt kommt es durch Mitrotation und Leckagen zur Verschleppung von Aerosolpartikeln. Entscheidend für deren Umfang ist die Ausführung der Spülzone und das Druckgefälle der Luftströme. Je nach Konstruktion und Wartungsqualität können die Leckagen erheblich sein [5]. Bei optimaler Anordnung der Zu- und Abluftventilatoren ist die Leckage deutlich geringer. Bei Anlagen, die durch eine ungünstige Anordnung der Ventilatoren ein erhöhtes Leckagerisiko aufweisen, ist eine nachgeschaltete Behandlung der Zuluft erforderlich.

Bei Rotationswärmeübertragern mit Feuchterückgewinnung kommt es zu einer zusätzlichen Stoffübertragung. Bisher gibt es keinen Beleg, dass die Feuchterückgewinnung von Rotoren auch vermehrt Viren überträgt. Die Nachrüstung einer nachgeschalteten Behandlung der Zuluft als Vorsorgemaßnahme ist zu empfehlen.

6.1.5. Wechselspeicher/Umschaltregenerator

Bei Wechselspeichern, auch Umschaltgeneratoren genannt, werden zwei getrennt angeordnete feststehende Speichermassen abwechselnd mit kalter und warmer Luft beaufschlagt. Dies wird durch Umschaltklappen und Ventilatoransteuerung erreicht. Die hier verursachten Leckluftraten hängen von der Wartungsqualität, den

Schaltzyklen, der Druckdifferenz und der Klappenkonstruktion ab. Hinzu kommt, dass beim Umschalten der Klappen Luft direkt von einem zum anderen Strom übertragen wird.

Beim Einsatz von Wechselspeichern ist gegenüber anderen Systemen immer mit einer größeren Verschleppung von Aerosolpartikeln zu rechnen. Hier muss zuluftseitig mit geeigneten Filterstufen und/oder UV-C-Behandlungseinheiten gearbeitet werden.

6.2. UV-C-Behandlungseinheit

Zur Entkeimung der Zuluft mittels UV-C-Strahlung in RLT-Geräten können zwei Strategien genannt werden. Diese sind der Einbau einer UV-C-Behandlungseinheit zur

1. Entkeimung der Umluft,
2. Entkeimung der gesamten Zuluft.

Die gewählte Strategie ist abhängig von der möglichen Einbausituation der UV-C-Behandlungseinheit in die entsprechende Anlage zu wählen. Zu beachten ist, dass eine Ozonbildung durch die verwendeten UV-C-Lampen sicher ausgeschlossen sein muss. Zusätzlich muss ein Austreten der Strahlung aus der Bestrahlungskammer während des Betriebes der UV-C-Lampen sicher verhindert werden.

Die Anlagen sind mit einer ausreichenden Strahlungsstärke zu planen und zu betreiben, um ein vollständiges Deaktivieren der Keime zu erreichen und Resistenzbildung von nicht inaktivierten Keimen zu verhindern.

Der sichere Betrieb der Lampen erfordert eine vorgeschaltete Filterung, um Ablagerungen auf den Röhren zu verhindern. Die dadurch entstehende Verschattung könnte dazu führen, dass die übertragene UV-C-Dosis gemindert wird und nicht ausreicht, um die Viren zu inaktivieren.

Für Viren und Bakterien ist nachgewiesen, dass die Bestrahlung mit UV-C-Licht wirksam ist. Die zur Inaktivierung von SARS-CoV-2-Viren erforderliche Bestrahlungsdosis und -dauer sind bisher nicht abschließend wissenschaftlich untersucht [6].

6.3. Filter

Raumlufttechnische Anlagen sind gemäß den normativen Vorgaben grundsätzlich mit Filtern ausgestattet. Bei Anlagen mit reinem Außenluftbetrieb sind diese Filter auch im Pandemiefall ausreichend. Raumlufttechnische Anlagen, bei denen es konstruktiv bedingt zum Überströmen (Verschleppen) von Abluft zur Zuluft kommen kann, sowie bei Anlagen mit nicht zu vermeidendem Umluftanteil, sollte die Zuluft mit einer Filterstufe mindestens ePM1 90 % oder besser ausgerüstet sein. Andernfalls ist eine Nachrüstung erforderlich. Diese Filterstufe muss sich strömungstechnisch hinter der letzten Eintragungsstelle befinden.

Zu beachten ist der Druckverlust, der durch die zusätzliche oder geänderte Filterstufe entsteht.

Da Viren respektive virushaltige Aerosolpartikel in Filtern zwar abgeschieden werden, Viren jedoch aufgrund eines eigenen fehlenden Stoffwechsels zwingend einen Wirtsorganismus zur Vermehrung benötigen, lässt der Einsatz biofunktional-beschichteter Filter keine Vorteile hinsichtlich des vorbeugenden Infektionsschutzes erkennen.

6.4. Befeuchter

Befeuchter haben die Aufgabe, die Luftfeuchte im Zuluftstrom zu erhöhen. Dies erfolgt entweder durch Verdunstungsbefeuchter oder durch Dampfbefeuchter. Bei der Auswahl des Befeuchtungsverfahrens sind die hygieni-

schen Anforderungen, die Energiebedarfe sowie der Platzbedarf hinsichtlich der Befeuchtungsstrecken als auch die Wartungskosten zu beachten.

Unter dem Aspekt pandemischer Bedingungen stellt kein Befeuchtungssystem ein erhöhtes Risiko für potenziell virushaltige Aerosolpartikel dar. Aufgrund eines fehlenden eigenen Stoffwechsels benötigen Viren zwingend einen Wirtsorganismus zur Vermehrung. Dieser ist weder im Zuspisewasser noch im Befeuchterwasser vorhanden.

6.5. Luftleitungsnetz/Dichtheit

Da nach der Luftaufbereitung (und damit der Filterung) im Zentralgerät im nachgeschalteten Zuluftluftleitungsnetz ein Überdruck herrscht, ist nicht davon auszugehen, dass bei Undichtigkeiten im Luftleitungssystem Verunreinigungen bzw. Viren eingetragen werden können. Trotzdem sei darauf hingewiesen, dass Lecklufttraten die für die Räume vorgesehenen Volumenströme reduzieren und damit der in Zeiten einer Pandemie zu erhöhenden Außenluftmenge im Raum entgegenwirken. Daher sowie aus energetischen Gründen ist besonderes Augenmerk auf eine dichte Ausführung der Luftleitungsnetze zu legen.

6.6. Sekundärluftanlagen

Sekundärluftgeräte (Ventilator-konvektoren, Induktionsgeräte, Split-Geräte) entnehmen dem Raum einen Luftstrom und führen diesen demselben Raum wieder zu. Dabei wird der Luftstrom gefiltert und kann verschiedene thermodynamische Aufbereitungsstufen durchlaufen. Da bei diesen Geräten Filter mit geringem Abscheidegrad eingesetzt werden, kann eine Abscheidung von Keimen nicht erreicht werden. Diese Geräte wirken nur auf den jeweiligen Einzelraum, eine Übertragung von Aerosolpartikeln auf andere Räume kann ausgeschlossen werden.

Eine spezielle Art der Sekundärluftgeräte sind „Raumluftreiniger“, sie rücken seit dem Ausbruch der Pandemie verstärkt ins Interesse der Öffentlichkeit. Diese Geräte haben in der Regel keine thermodynamischen Behandlungsstufen, sondern bestehen aus einer Ventilatoreinheit, mehreren Filterstufen und/oder einer UV-C-Behandlungseinheit sowie einem Ansaug- und Ausblasgitter. Einige diese Geräte sind mit Aktivkohlefiltern ausgestattet, um unangenehme Gerüche zu neutralisieren.

Durch den Einsatz von Raumluftreinigern werden in der erfassten Raumluft entsprechend den eingesetzten Filterqualitäten befindliche Feinstaubpartikel und Aerosolpartikel abgeschieden. Durch eine zusätzliche UV-C-Behandlungseinheit können Keime inaktiviert werden. Die Konzentration von in der Raumluft befindlichen Partikeln und Keimen kann damit reduziert werden. Inwieweit mit diesen Geräten das Risiko einer Infektion gesenkt werden kann, ist für SARS-CoV-2-Viren bisher nicht endgültig nachgewiesen.

Eine Senkung des CO₂-Gehalts kann durch Raumluftreiniger nicht erreicht werden, hierfür muss zusätzlich Außenluft dem Raum zugeführt werden.

Die Planung und der Einsatz dieser Geräte muss an die jeweilige Raum- und Nutzungssituation angepasst werden. Hierbei sind Raumströmung, Luftwechsel und Schallemissionen zu beachten.

7. Handlungsempfehlungen

Der Fokus ist bei den folgenden Handlungsanweisungen auf Praktikabilität und Umsetzbarkeit gelegt. Inwieweit diese in einem konkreten Anwendungsfall möglich und zweckerfüllend sind, hängt von physikalischen, räumlichen und nutzungsbedingten Gegebenheiten ab und bedarf einer sorgfältigen Prüfung.

Dies gilt vor allem auch für eine Menge von Vorschlägen, die in Presse und Rundfunk sowie in den sozialen Medien Verbreitung gefunden haben und weiterhin finden. Von Raumluftreinigern ohne adäquate Filterung mit ungeeigneter Ausblashöhe oder zu hohem Schalldruckpegel ist genauso abzuraten wie von einfachen Abluft-Lösungen, die mit einer unkontrollierten Nachströmung weder aus hygienischer noch aus energetischer Sicht zufrieden stellen können. [7]

Unter den zuvor angeführten Einschränkungen können die folgenden Maßnahmen empfohlen werden.

7.1. Anlagenbezogene Empfehlungen

Auslegung der Außenluftmenge auf 50 m³/(h*P)

Es gibt von verschiedenen Stellen Berechnungsmodelle für ein in Corona-Zeiten ausreichendes Außenluftvolumen [8, 9]. Ein Volumenstrom pro Person von mindestens 50 m³/h entspricht der für Pandemiezeiten empfohlenen Innenraum-Klimaqualität IEQ Kategorie 1 nach DIN EN 16798-1.

Bei einer Erhöhung der Außenluftmenge sind neben dem zusätzlichen Druckverlust auch weitere Aspekte wie Leistungsgrenzen der Wärmeübertrager oder die vermehrte Geräuschentwicklung durch höhere Strömungsgeschwindigkeiten zu beachten. Die Komponenten der tatsächlich installierten bzw. geplanten Anlage müssen bezüglich dieser Aspekte genauer untersucht werden.

Hybride Lösungen/geeignete Umluftfilter/Luftreiniger

Als hybride Lösungen werden bezeichnet: mechanische Lüftung in Verbindung mit Fensterlüftung oder Sekundärluftfilter in Verbindung mit Fensterlüftung. Die CO₂-Konzentration sollte gemessen und bei einer Überschreitung von 800 – 1.000 ppm zusätzlich die Fenster geöffnet werden.

Bei Einsatz von Sekundärluftfiltern sind Geräte mit ausreichendem Volumenstrom, geeignetem Filter und einem der Nutzung entsprechendem niedrigen Schallleistungspegel zu wählen.

Betriebszeiten der Anlagen ausdehnen

Es ist in jedem Fall sinnvoll, die Ein- bzw. Abschaltzeiten der Anlagen auszudehnen.

Eine sorgfältige Durchspülung der Räume ist sichergestellt, wenn die Anlagen mindestens eine Stunde vor Nutzung ein- und frühestens zwei Stunden danach abgeschaltet werden.

7.2. Raumbezogene Empfehlungen

Reduzierung der Raumbellegung

In den Fällen, in denen eine Erhöhung des Außenluftvolumens nicht möglich ist, kann die Belegung des Raumes soweit reduziert werden, dass 50 m³/h pro Person erreicht werden.

Reduzierung der Aufenthaltszeit

Da die Infektionsgefahr mit der Aufenthaltsdauer steigt, kann in Einzelfällen auch eine Verkürzung der Aufenthaltszeit im Raum sinnvoll sein. Diese kann anhand des Berechnungsmodells des HRI ermittelt werden [10].

7.3. Entscheidungsmatrix

Tabelle 1: Entscheidungsmatrix

		JA	NEIN
A	Erhöhung der Außenluftmenge		
A.1	Lassen Luftleitungsnetz und Einbaukomponenten eine Erhöhung der Luftmenge zu?	A.2	E.1; F.2 bis F.5
A.2	Besitzt die Ventilator-Motorkombination die notwendige Leistungsreserve?	A.3	E.2; F.2 bis F.5
A.3	Erlaubt die vorhandene Dimensionierung der thermodynamischen Komponenten eine Erhöhung der Luftmenge?	A.4	E.1; F.2 bis F.5
A.4	Können die Behaglichkeitsanforderungen im Aufenthaltsbereich weiter eingehalten werden?	E.0	F.1
B	Anlage mit Umluft		
B.1	Ist Umluftanteil vorhanden?	B.2	E.0
B.2	Kann der Umluftanteil zu 100 % abgeschaltet werden?	E.0	E.3
B.3	Besitzt die Ventilator-Motorkombination die notwendige Leistungsreserve?	E.0	E.2; F.2 bis F.5
C	Anlage mit WRG		
C.1	Ist die WRG ein KVS-System?	E.0	C.2
C.2	Ist die WRG ein Platten-/Kreuzstromwärmeübertrager?	C.3	C.6
C.3	Ist die korrekte Druckdifferenz ZUL/ABL gegeben? Anordnung der Ventilatoren beachten, siehe Anhang 1.	C.4	E.3; E.4
C.4	Ist die Abdichtung in Ordnung?	E.0	C.5
C.5	Kann die Abdichtung instandgesetzt werden?	E.0	E.3; E.4
C.6	Ist die WRG ein Wärmerohr?	C.7	C.9
C.7	Ist die Abdichtung in Ordnung?	E.0	C.8
C.8	Kann die Abdichtung instandgesetzt werden?	E.0	E.3; E.4
D	Sekundärluftgeräte		
D.1	Befindet sich das Sekundärluftgerät im Raum mit mehreren Arbeitsplätzen?	F.2 bis F.5	E.0
E	Maßnahmen an der Anlage		
E.0	Keine weiteren Maßnahmen		
E.1	Austausch der jeweiligen Anlagenkomponenten		
E.2	Austausch der Ventilator-Motorkombination		
E.3	Nach-/Aufrüstung einer nachgeschalteten Filterstufe min. ePM 1 90 % (besser HEPA)		
E.4	Nachrüsten einer UV-C-Entkeimung		
F	Weitere Maßnahmen		
F.1	Akzeptanz von Raumluftzuständen außerhalb der Behaglichkeitsgrenzen		
F.2	Reduzierung der Raumbelastung		
F.3	Reduzierung der Aufenthaltszeit im Raum		
F.4	Einsatz von Raumluftreinigern		
F.5	Zusätzliche Fensterlüftung, bevorzugt unterstützt durch CO ₂ -Überwachung		

8. Warten und Betreiben

8.1. Allgemeine Empfehlungen und Handlungsoptionen für Inspektion und Wartung

Unter den Bedingungen einer Pandemie sind auch bei Inspektion und Wartung besondere Maßnahmen erforderlich. Diese sind nachstehend aufgelistet. Hintergrund der Maßnahmen ist der Schutz des Servicepersonals selbst, aber auch die Verhinderung der Übertragung von ggf. kontaminiertem Material zwischen verschiedenen Einsatzorten. Es handelt sich im Regelfall, d. h. bei allen gängigen Vertragsvarianten, um besondere, zusätzlich zu vereinbarenden und zu vergütenden Leistungen.

8.2. Persönliche Schutzausrüstung (z. B. bei Filterwartung)

- Arbeiten an Luftfiltern nur mit geeigneter persönlicher Schutzausrüstung (PSA) durchführen (Atemschutzmaske min. FFP2, Schutzbrille, Einwegschutzanzug, Einwegschutzhandschuhe)
- nach Benutzung getragene PSA entsorgen

8.3. Umgang mit gebrauchten, entnommenen Lüftungsfiltren

- Filter ausbauen und in Müllsäcke packen (Müllsäcke mit Klebeband verschließen)
- gebrauchte Filter nicht offen im Fahrzeug transportieren
- Staubsauger reinigen, Filterbeutel tauschen (Düse/Saugpinsel ggf. mit handelsüblichem Flächendesinfektionsmittel desinfizieren)

8.4. Erhöhung der Wartungsintensität

- Verkürzung der Wartungsintervalle für Lüftungsanlagen
- Durchführen/Vorziehen der hygienischen Inspektion [11]

8.5. Erweiterte Anlageninspektion

Die erweiterte Anlageninspektion dient, im Hinblick auf den Infektionsschutz, der Feststellung von Möglichkeiten zur Verbesserung der Anlagen.

Diese umfasst:

- die Erstellung von Änderungsvorschlägen zum Aufwandaufbau, zur Betriebsweise und zur Leistungseinstellung (Vorlaufzeiten, Dauerbetrieb, Leistungserhöhung etc.) unter Zuhilfenahme des Betriebsbuches und der Bestandsunterlagen
- die Überprüfung der Gebäude-/Raumnutzung bezüglich der Personenbelegung
- Vorschläge zur Nutzungsänderung oder Belegungsbegrenzung

9. Quellen

- [1] Studie mSystems-2019 Novel Coronavirus (COVID-19) Pandemic: Built Environment Considerations to Reduce Transmission
- [2] Studie Indoor Environment and Viral Infections – Mayo clinic
- [3] DGUV-Empfehlung 14.09.2020: „SARS-CoV-2: Empfehlungen zum Lüftungsverhalten an Innenraumarbeitsplätzen“

- [4] UBA – IRK-Stellungnahme 12.08.2020 „Das Risiko einer Übertragung von SARS-CoV-2 in Innenräumen lässt sich durch geeignete Lüftungsmaßnahmen reduzieren“
- [5] VDI 3803 Blatt 5 2013-04 – Raumluftechnik, Geräteanforderungen – Wärmerückgewinnungssysteme (VDI-Lüftungsregeln)
- [6] Susceptibility of SARS-CoV-2 to UV irradiation – American Journal of Infection Control August 2020
- [7] Kritische Auseinandersetzung mit dem Konzept einer günstigen „Abluftanlage für Klassenräume“ des Max-Planck-Instituts für Chemie (MPI)
- [8] FGK Status-Report 52: „Anforderungen an Lüftung und Luftreinigung zur Reduktion des Infektionsrisikos über den Luftweg“
- [9] REHVA 17.11.2020: „REHVA COVID-19 guidance document, November 17, 2020“ www.rehva.eu
- [10] Rechentool HRI <https://hri-pira.github.io>
- [11] VDI 6022 Blatt 1 2018-01 – Raumluftechnik, Raumlufqualität – Hygieneanforderungen an Raumluftechnische Anlagen und Geräte

10. Schrifttum

Stefan Voß, Annina Gritzki, Kersten Bux, baua September 2020 – Infektionsschutzgerechtes Lüften – Hinweise und Maßnahmen in Zeiten der SARS-CoV-2-Epidemie

Dipl.-Ing. Anne Hartmann, TU Berlin, Hermann-Rietschel-Institut Juli 2020 – Untersuchungsbericht Kinosäle Alhambra Berlin-Wedding

Gerrid Brockmann und Martin Kriegel, TU Berlin, Hermann-Rietschel-Institut, Juli 2020 – AIRBORNE INFECTION PREVENTION: A COMPARISON OF MIXING VENTILATION AND DISPLACEMENT VENTILATION IN A MEETING ROOM

Dr. Walter Hugentobler, Fachartikel cci 10/2020-September 2020 – Covid-19: Maßnahmen im Gebäudebestand

FGK e. V. Fachartikel TGA-Fachplaner 31.07.2020 – Coronavirus: Mit CO₂-Wert in der Schule richtig lüften

DGUV 02.11.2020 – FBHM-114 – Möglichkeiten zur Bewertung der Lüftung anhand der CO₂-Konzentration

DGUV 27.10.2020 – Mobile Raumlufreiniger zum Schutz vor SARS-CoV-2

DGUV 14.09.2020 – FBWW-502 – SARS-CoV-2: Empfehlungen zum Lüftungsverhalten an Innenraumarbeitsplätzen

Dipl.-Ing. (FH) Thomas Richter, Hoval Enventus – Leckagekennzahlen nach VDI 3803 Blatt 5

FGK e. V. November 2019 – Flyer „Lüftung für Bildungsstätten – Gute Luft für besseres Lernen“

Prof. Dr.-Ing. Christoph Kaup, HOCHSCHULE TRIER 18.11.2020 – Gutachterliche Stellungnahme zur Richtlinie für die Bundesförderung Corona-gerechte Um- und Aufrüstung von raumluftechnischen Anlagen in öffentlichen Gebäuden und Versammlungsstätten

Anne Hartmann, Martin Kriegel, TU Berlin, Hermann-Rietschel-Institut 23.07.2020 – Parameterstudie zur Risikobewertung in Innenräumen durch virenbeladene Aerosolpartikel

Dipl.-Phys. Thomas Wollstein, Fachartikel HLH 07-08/2020 – Empfehlung des VDI – „Klimaanlagen“ – Virenschleudern oder Mittel zur Infektionsprophylaxe?

Uwe Manzke, Fachbeitrag HLH 07-08/2020 – Forscherteam untersucht Auswirkungen auf die Raumluft: COVID-19: Eine neue Dimension luftgetragener Bedrohungen?

Anne Hartmann, Martin Kriegel, TU Berlin, Hermann-Rietschel-Institut, 4.11.2020 – Beispielhafte Risikobewertung für verschiedene Alltagssituationen

Anne Hartmann, Martin Kriegel, TU Berlin, Hermann-Rietschel-Institut, 18.08.2020 – Risikobewertung von vi-
renbeladenen Aerosolpartikel anhand der CO₂-Konzentration

Prof. Dr.-Ing. Martin Kriegel, TU Berlin, Hermann-Rietschel-Institut, 26.10.2020 – Version 2, – Anzahl der mit SARS-CoV-2 beladenen Partikel in der Raumluft und deren eingeatmete Menge, sowie die Bewertung des Infektionsrisikos, sich darüber mit Covid-19 anzustecken

Dr. med. Walter Hugentobler, KAUT THE AIR COMPANY – Coronavirus: Präventive Luftbefeuchtung kann die Verbreitung reduzieren

Umweltbundesamt 12.08.2020 – Stellungnahme der Kommission Innenraumlufthygiene am Umweltbundesamt – Das Risiko einer Übertragung von SARS-CoV-2 in Innenräumen lässt sich durch geeignete Lüftungsmaßnahmen reduzieren

Christoph Kaup, howatherm, HLH Sonderdruck 10-11-12/2020 – Teil 1 – Luftdesinfektion in RLT-Anlagen mit einer Kombination aus UV-C-Strahlung und mechanischer Luftfilterung

Prof. Dr.-Ing. Christoph Kaup, Prof. Dr.-Ing. Martin Kriegel, Prof. Dr.-Ing. Dirk Müller, Prof. Dr.-Ing. Ulrich Pfeifferberger, 26.11.2020 – Kurzfassung des Max-Planck-Instituts für Chemie (MPI) –Kritische Auseinandersetzung mit dem Konzept einer günstigen „Abluftanlage für Klassenräume“

Leslie Dietz, Patrick F. Horve, David A. Coil, Mark Fretz, Jonathan A. Eisen, Kevin Van Den Wymelenberga mSystems – April 2020 – 2019 Novel Coronavirus (COVID-19) Pandemic: Built Environment Considerations to Reduce Transmission

Nicholas Clements, PhD; Matthew J. Binnicker, PhD; and Véronique L. Roger, MD, MPH, Mayo clinic, August 2020 – Indoor Environment and Viral Infections

REHVA COVID-19 guidance document, November 17, 2020 – How to operate HVAC and other building service systems to prevent the spread of the coronavirus (SARS-CoV-2) disease (COVID-19) in workplaces

Leitfaden REHVA COVID-19, 3. August 2020 – Wie man HVAC- und andere Gebäude-techniksysteme betreibt, um die Ausbreitung des Coronavirus (SARS-CoV-2) (COVID-19) an Arbeitsplätzen zu verhindern

Christiane Silke Heilingloh PhD, Ulrich Wilhelm Aufderhorst, Leonie Schipper BSc, Ulf Dittmer PhD, Oliver Witzke MD, Dongliang Yang, Xin Zheng, Kathrin Sutter, Mirko Trilling PhD, Mira Alt MSc, Eike Steinmann, Adalbert Krawczyk PhD, American Journal of Infection Control, August 2020 – Susceptibility of SARS-CoV-2 to UV irradiation

VDMA 29.04.2020 – Raumluftechnische Anlagen in Zeiten von COVID-19 – Grundlagen zum Betrieb und zur Nutzung

VDMA Dezember 2020 – Raumluftechnische Anlagen in Zeiten von COVID-19
Grundlagen zum Betrieb und zur Nutzung

Anhang 1

Interne Leckage bei Rotationswärmeübertragern

Bildquelle: Eurovent-Empfehlung 6/15

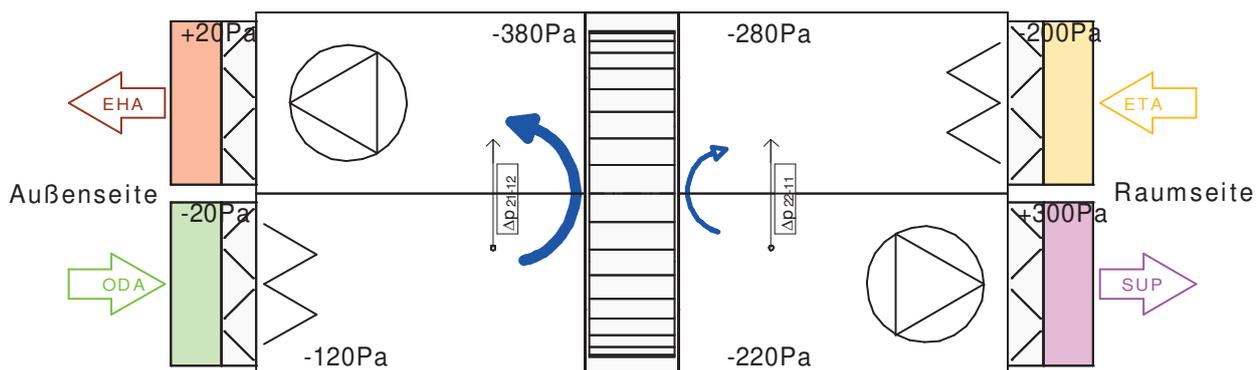


Bild 1: übliche und unkritische Anordnung der Ventilatoren, geringe Undichtigkeit in Abluftrichtung

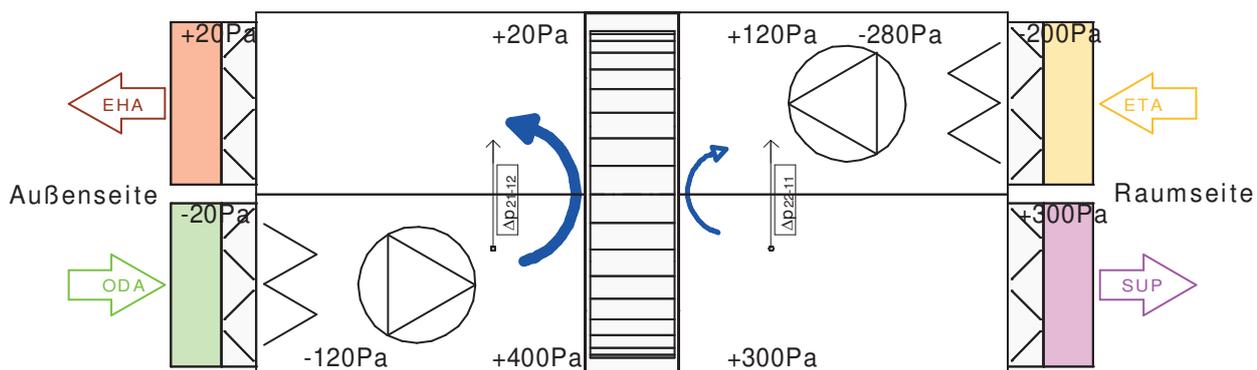


Bild 2: unkritische Anordnung der Ventilatoren, mittlere Undichtigkeit in Abluftrichtung

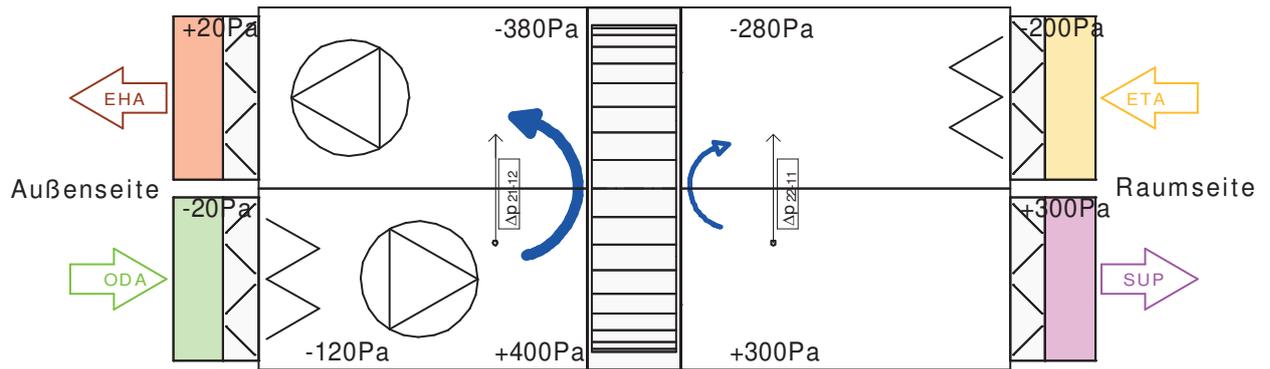


Bild 3: unkritische Anordnung der Ventilatoren, hohe Undichtigkeit in Abluftrichtung

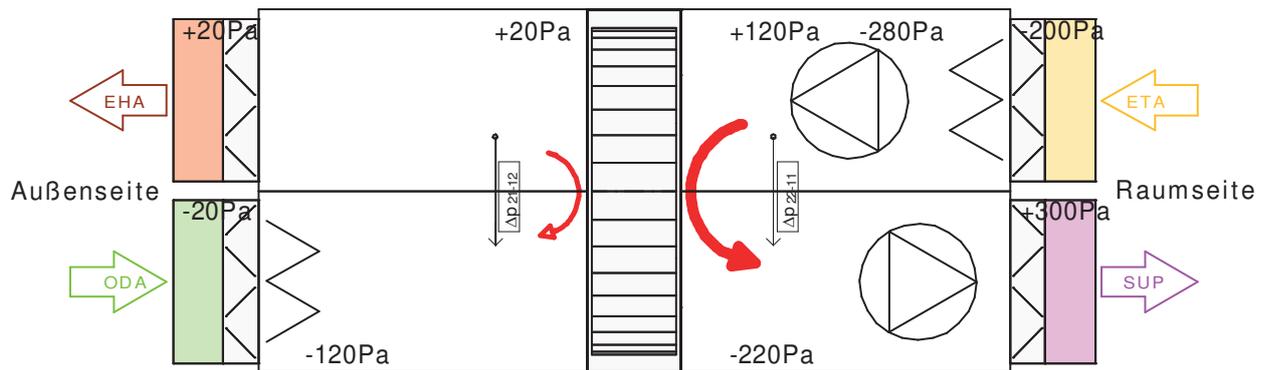


Bild 4: möglicherweise kritische Anordnung der Ventilatoren, Undichtigkeit in Zuluftrichtung

**BTGA - Bundesindustrieverband
Technische Gebäudeausrüstung e.V.**

Hinter Hoben 149
53129 Bonn
Tel. 0228 94917-0 · Fax -17
info@btga.de
www.btga.de



BTGA

Bundesindustrieverband
Technische Gebäudeausrüstung e.V.