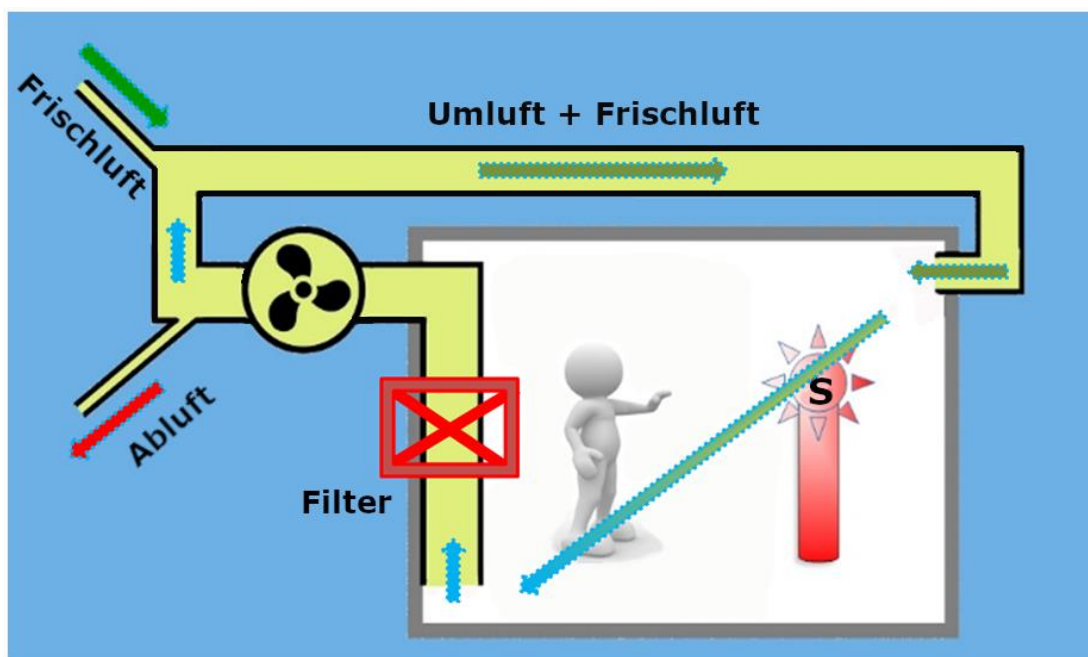


Schutz vor COVID-19 und anderen Mikroorganismen

System zur kontinuierlichen Luftreinigung in den Arbeitsräumen

Wie andere Viren und Bakterien wird auch das SARS-CoV-2 – das im Zusammenhang mit der aktuellen Epidemie als COVID-19 bekannt ist – hauptsächlich über die Luft von Mensch zu Mensch übertragen. Eine ansteckende Person stösst beim Atmen, Sprechen, Singen, Niesen und Husten wässrige Aerosole aus. Diese winzigen Tröpfchen tragen krankheitserregende Viren. Wenn eine andere, gesunde Person diese Aerosole in einer gewissen Menge einatmet, kann sich ihr Organismus nicht mehr gegen die Erreger wehren und erkrankt.

Um die Übertragungskette zu unterbrechen, muss also verhindert werden, dass die gesunde Person eine kritische Menge des Erregers einatmet. Das hier vorgestellte Schutzkonzept betrifft die Arbeitsräumlichkeiten. Dabei geht es darum, die Aerosole rasch in Richtung Boden zu befördern und sie dann mit einem elektrostatischen Filter abzufangen. Ein solcher Filter kann sehr kleine Tröpfchen und Partikel zurückhalten und lebende Mikroorganismen unschädlich machen. Die so gereinigte Luft kann wieder zurückgeführt werden.



Das nachfolgend vorgestellte mechanisch gesteuerte Lüftungskonzept wurde entwickelt, um die Ausbreitung des SARS-CoV-2-Virus an den Arbeitsräumen der Mikrotechnik zu verhindern. Dabei handelt es sich um eine dauerhafte und hochwirksame technische Massnahme, die auf dem «STOP»-Schutzprinzip basiert. Dieses System ist nicht nur mit Blick auf die COVID-19-Pandemie wirksam, sondern kann bei ordnungsgemässer Bedienung und Wartung auch ein breites Spektrum von anderen Mikroorganismen neutralisieren und Aerosole und Stäube aus unterschiedlichen Quellen bis zu einer Grösse von 10 nm herausfiltern. Die Installation einer Belüftungsanlage mit Elektrofilter ist somit eine nachhaltige Investition.

Mechanisches Raumlüftungssystem

Wenn Schadstoffe in der Luft vorhanden sind, muss mindestens durch Öffnen der Fenster gelüftet werden, aber meist reicht diese Massnahme nicht aus. Deshalb sollte eine mechanische Belüftung installiert werden, wobei die folgenden Grundsätze gelten:

1. Schadstoffe an der Quelle absaugen (Staub, Nebel, Aerosole, Gase usw.). Handelt es sich bei der Quelle aber um einen Menschen, ist dieser Grundsatz nur schwer umsetzbar. Als Alternative können pathogene Sekrete aus den Atemwegen (Sputum) zum Teil durch eine Gesichtsmaske zurückgehalten werden. Allerdings sollte diese Massnahme nur in Ausnahmefällen zur Anwendung kommen: Primär gilt, dass ansteckende Personen den Arbeitsplatz so schnell wie möglich verlassen müssen.
2. Die gesamte Raumlufte so häufig umwälzen, dass die Schadstoffkonzentration die pathogene Schwelle (MAK/BAT, Viruslast) nicht erreicht: 3- bis 5-faches Raumvolumen pro Stunde.
3. Im Raum einen Luftstrom von oben nach unten erzeugen, möglichst diagonal, damit der Atembereich jeder Person sauber bleibt. Dies unterstützt die vollständige Erneuerung der gesamten Raumlufte und eine kontinuierliche Dekontamination.

Wenn die Abluft- und Zuluftöffnungen zu nahe beieinander liegen, kann ein «Kurzschluss» entstehen. Luftvolumen, die weiter davon entfernt sind, werden in diesem Fall nur noch in einer geringeren Masse durchmischt. Thermodynamisch betrachtet können sich sogar eigenständige Vertikalströme bilden, die nicht umgewälzt werden.

4. Einen Teil der Raumlufte mit Frischluft austauschen, um den lebensnotwendigen Sauerstoffgehalt zu gewährleisten (mindestens 36 m³/Stunde/Person). Menschen – und allenfalls auch Prozesse – erzeugen auf natürliche Weise Kohlendioxid (CO₂), wodurch der Sauerstoffgehalt der Luft (normalerweise O₂ ≈ 21%) kontinuierlich verringert wird.
5. Die umgewälzte Raumlufte reinigen (Filtern, ansonsten vollständiger Austausch der Raumlufte).
6. An den Arbeitsplätzen darauf achten, dass die Strömungsgeschwindigkeit maximal 0,2 m/s beträgt (sonst wird der Luftstrom als Zugluft empfunden).

Das mechanische Belüftungssystem muss all diese Grundsätze berücksichtigen.

Die Öffnung für die Zuluft sollte sich an oder in der Nähe der Decke befinden, jene für die Abluft in Bodennähe (10–20 cm). In grossen Räumen können eine oder mehrere Öffnungen in der Mitte der Decke angebracht werden. In diesem Fall muss die Abluft im unteren Bereich von zwei sich gegenüberliegenden Wänden abgesaugt werden. Bei einer horizontalen oder schräg nach oben gerichteten Belüftung kann der Atembereich von gesunden Personen kontaminiert werden, womit das Risiko einer viralen Ansteckung steigt.

Um während der Heizperiode Heizenergie zu sparen, kann ein Plattenwärmetauscher in das Frischluft-zufuhrsystem integriert werden (siehe SIA 382/1).

Zudem kann die einströmende Luft z. B. durch einen Warm-/Kaltwassertauscher klimatisiert werden, um in den Räumlichkeiten eine angenehme Arbeitstemperatur zu bewahren.

Filterung der Abluft

Wenn die Raumlufte Schadstoffe enthält, muss sie gefiltert werden, unabhängig davon, ob sie nach aussen abgeleitet oder teilweise zurückgeführt wird. Es ist allerdings zulässig, nach aussen abgeleitete Luft nicht zu filtern, sofern sie keine chemischen Schadstoffe, Staub oder Mikroorganismen enthält, die durch die Tätigkeit im Raum erzeugt worden sind.

Normalerweise sind in einer Lüftungsanlage ein oder mehrere mechanische Filter installiert. Sollen Nanopartikel wie beispielsweise Viren zurückgehalten werden, kommen sogenannte HEPA-Filter (*High Efficiency Particle Air*) zum Einsatz. Diese können leicht verstopfen, benötigen leistungsstarke Ventilatoren und müssen sorgfältig

gewartet werden. Zudem kann es sein, dass Mikroorganismen nicht vollständig zerstört werden und sich sogar vermehren. Deshalb werden solche Filter oft durch eine Aktivkohleschicht oder einen UV-C-Strahler ergänzt.

Für den Umgang mit COVID-19 wird ein elektrostatischer Luftfilter empfohlen. Kürzlich wurden in einem Universitätslabor in der Schweiz Tests durchgeführt, die die Wirksamkeit solcher Elektrofilter bestätigen, die bei Werkzeugmaschinen seit längerem zum Einsatz kommen.

Bei einem Elektrofilter wird der verunreinigte Luftstrom zunächst durch ein mit Hochspannung geladenes Feld geleitet. Dabei werden die festen und flüssigen Teilchen elektrisch geladen (ionisiert). Im nächsten Schritt werden sie, unabhängig von ihrer Grösse (ab 10 nm), an polarisierten Elektroden abgeschieden.

Bei lebenden Organismen, wie etwa Viren, hat die Erfahrung zudem gezeigt, dass sie durch starke elektrostatische Felder unschädlich gemacht werden.

Ein Elektrofilter hat konstruktionsbedingt einen sehr geringen Strömungswiderstand. Dadurch wird die für mechanische Filter typische Verstopfung vermieden. Der Filter kann leicht in ein bestehendes Lüftungssystem eingefügt werden, ohne die Antriebsart zu verändern, und die Wartung ist einfach (Waschen der Platten).

Ein Elektrofilter erzeugt durch Ionisierung von Sauerstoff Ozon (O₃). Dieses Gas wirkt antiseptisch und hilft daher ebenfalls mit, virale Partikel zu deaktivieren. Ozon ist instabil und zerfällt rasch, wenn es mit Feuchtigkeit oder Gegenständen in Berührung kommt. In hohen Konzentrationen in der Atemluft kann es allerdings Reizungen der menschlichen und tierischen Schleimhäute verursachen. Diese Wirkung wurde aber in Werkstätten, in denen mit solchen Filtern ausgestattete Maschinen betrieben werden, nicht nachgewiesen. Im Zweifelsfall können Messungen durchgeführt werden. Der MAK-Wert für Ozon beträgt 0,1 ppm bzw. 0,2 mg/m³ (8-Stunden-Mittelwert pro Tag für 40-Stunden-Woche).

Vergleich zwischen verschiedenen Filtern

System	Elektrofilter (getestetes Modell: Elbaron RON 60 STR, 453 m ³ /h)	Hygienemaske EN 14683, Typ IIR	Atemschutzmaske EN 149, Typ FFP2	HEPA-Filter (max.)
<i>Partikel: gefilterte Grössen</i>	250 bis 650 nm*	650 bis 7000 nm	600 nm und grösser	300 nm und grösser
<i>Filtrierenden Zone</i>	96%	98%	94%	99,9%
<i>Getestete Partikel</i>	Speichelähnliche Aerosole	Bakterien [BFE]	Aerosole	Aerosole
<i>Wirksamkeit insgesamt (im Betrieb)</i>	Vollfilterung des Luftvolumens, 3-mal pro Stunde (Leckage = 0%).	Geschätzte Filterung von Schadstoffen aus der Luft: 60% (Leckage = 40%).	Geschätzte Filte- rung von Schad- stoffen aus der Luft: mind. 92% (Leckage = 8%).	Vollfilterung des Luftvolumens, 3-mal pro Stunde (Leckage = 0%).
<i>Verwendung</i>	Installation in Lüftungssystem	PSA	PSA	Installation in Lüftungssystem
<i>Strömungs- widerstand</i>	Gering	Mittel	Mittel	Hoch
<i>Unterhalt</i>	Platten 1- bis 4-mal monatlich waschen	Nach 4 Std ersetzen	Nach 8 Std ersetzen	1 bis 4-mal monatlich ersetzen

* Kann gemäss Herstellerangaben alle Partikel > 10 nm zurückhalten; getestet für Partikel zwischen 250 und 650 nm.

System mit Elektrofilter: Planung, Dimensionierung und Nutzungseinschränkung

Die Grösse des Filters je nach Luftvolumenstrom und Raumvolumen ist vom Lieferanten des Systems unter Berücksichtigung der oben beschriebenen Parameter zu bestimmen.

Der Planer der Lüftungsanlage muss die oben beschriebenen Eigenschaften berücksichtigen.

Elektrofilter sind nicht geeignet für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen oder in Räumen, in denen mit einer gefährlichen Konzentration von brennbaren Aerosolen gerechnet werden muss (z. B. Reinigungsarbeiten mit organischen Lösungsmitteln wie Alkohol oder Aceton in offenen Behältern, ATEX-Zonen); einen ATEX-zugelassenen HEPA-Filter installieren.

Bei gefährlichen Gasen, die leichter als Luft sind, muss ein Sensor an der Decke angebracht werden, der sicherstellt, dass bei einer Überschreitung des Soll-Wertes automatisch ein Abluftventil in dieser Höhe geöffnet wird.

Vorsichtsmassnahmen bei der Installation: Auf Lärm achten

Die elektrostatische Filterzelle ist fast geräuschlos, aber der Ventilator und der Luftstrom in den Rohrleitungen erzeugen Geräusche. Je nach Tätigkeit im Raum kann dieses Geräusch störend sein. Um den Geräuschpegel zu reduzieren, kann der Ventilator in einem anderen Raum (Abstellraum, Dachboden, Flur usw.), an der Fassade oder auf dem Dach montiert werden (Achtung: Belästigung der Nachbarschaft vermeiden). Das Lärm erzeugende Element und/oder die Rohrleitungen können auch mit einem schalldämmenden Material isoliert werden (Vorsicht bei aktiven Bestandteilen, die sich gefährlich erwärmen können). Die Hersteller machen oft Angaben zum Geräuschpegel, der in einem Abstand von 1 Meter unter Laborbedingungen gemessen wird. Der Geräuschpegel am Arbeitsplatz wird mit einem Schallpegelmessgerät gemessen. Dieser Pegel muss unter den folgenden L_{eq} -Werten liegen (Gesamtwerte, alle Geräusche zusammen):

- Bürotätigkeit, Besprechungsraum, Vortragsraum, Computerraum, Ruheraum: 35 bis 40 dB(A).
- Labor, Kontrolle, intellektuelle Tätigkeiten, die eine hohe Konzentration erfordern: 45 bis 50 dB(A).
- Werkstattbüro, Pausenräume, Kantine: 55 bis 60 dB(A).
- Fertigungs- und handwerkliche Tätigkeiten: 75 bis 85 dB(A). Oberhalb dieses Pegels muss ein Gehörschutz getragen werden.

Weitere technische Überlegungen

Betriebszeiten. Um gegen Mikroorganismen wirksam zu sein, muss die mechanische Lüftungsanlage ständig laufen, wenn sich mehrere Personen im Raum aufhalten. Bei Vorhandensein anderer Schadstoffe oder zur Regulierung der Raumtemperatur kann eine Verlängerung der Betriebszeiten notwendig sein. Es ist auch möglich, einen punktuellen Betrieb im «Sturm»-Modus für den Fall von signifikanten, anormalen und gefährlichen Emissionen von Gas, Aerosolen oder Staub vorzusehen.

Es ist nicht notwendig, die Luft auszutauschen, wenn sich niemand im Raum aufhält, ausser bei möglichen gefährlichen Emissionen oder Dämpfen (Verminderung der Explosions- oder Vergiftungsgefahr).

Keine mechanische Belüftung. Wenn der benutzte Arbeitsraum über keine Lüftungsanlage verfügt, ist bei Anwesenheit von Personen ein regelmässiges Öffnen der Fenster einzuplanen, mindestens einmal 5 Minuten pro Stunde. Es ist besser und effizienter, alle Fenster für ein paar Minuten weit zu öffnen, als einige wenige Fenster ständig gekippt zu lassen. So kann die potenzielle Viruslast begrenzt und die Sauerstoffversorgung sichergestellt werden.

Freistehende Luftreinigungssäulen. Diese beweglichen Säulen bringen keine Frischluftzufuhr. Die Erneuerung der Luft muss durch regelmässiges Öffnen der Fenster oder durch eine entsprechende mechanische Lüftungsanlage sichergestellt werden. Ausserdem sind diese Säulen nicht für die Reinigung von Gasen, Aerosolen und Stäuben bestimmt, die im Rahmen der Tätigkeiten generiert werden, ausser wenn vom Hersteller schriftlich etwas anderes angegeben wird.

Die verbrauchte Luft muss in Bodennähe abgesaugt und nach der Reinigung mindestens 1,70 Meter über dem Boden wieder eingeleitet werden. Zudem darf sich niemand im Luftstrom zwischen einer potenziell ansteckenden Person und dem Gerät aufhalten.

Wenn im Raum ein ständiges Kommen und Gehen herrscht, entstehen unabhängig vom Gerät zufällige Luftströme.

Wartung. Unabhängig von der Art der mechanischen Belüftung und des Filters muss die Wartung unter Berücksichtigung der Anweisungen des Herstellers geplant werden. Bei Geräten, die nicht mit aseptischen Systemen ausgestattet sind, muss die mit der Wartung betreute Person durch eine geeignete PSA geschützt sein (Overall, FFP2-Maske, Handschuhe, Schutzbrille).

Checkliste

		Ja	Nein
1	Befindet sich die Öffnung für die Zuluft im oberen Bereich des Raumes oder an der Decke?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Befindet sich die Öffnung für die Abluft am Boden des Raumes (10 bis 20 cm über dem Fussboden)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Wird der Luftstrom diagonal durch den Raum geführt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Ist das Lüftungssystem mit einem Elektrofilter ausgestattet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Ist der Raum frei von explosionsgefährdeten Bereichen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Öffnet sich bei Vorhandensein eines gefährlichen leichten Gases ein Abluftventil in der Nähe der Decke?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Wird das Luftvolumen des Raumes zwischen 3- und 5-mal pro Stunde erneuert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Ist eine Mindestfrischluftzufuhr von 36 m ³ / h / Person gewährleistet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Entspricht der maximale Geräuschpegel der Tätigkeit, die im Raum ausgeübt wird?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Werden freigesetzte chemische Stoffe oder Stäube an der Quelle abgesaugt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Ist die Strömungsgeschwindigkeit am Arbeitsplatz auf 0,2 m / s begrenzt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Sind die verschiedenen Parameter der Anlage vor Ort überprüft worden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	Ist die Wartung der Lüftungsanlage geplant?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	Sind die Betriebszeiten der Anlage festgelegt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>