

LUFTREINIGUNG

PRÜFUNG UND AUSWAHL VON LUFTREINIGERN FÜR BÜRO- UND BESPRECHUNGSRÄUME

6. Januar 2021

S. Pemberger / M. Kuhn / J. Obergföll

Der Beitrag beschreibt umfangreiche Messungen des Steinbeis-Transferzentrums an fünf Sekundärluftreinigungsgeräten mit Hochleistungsfiltern und UV-C-Entkeimungsfunktion. Diese sollen in nicht mechanisch be- und entlüfteten Büro- und Besprechungsräumen für eine erhebliche Verringerung von möglicherweise dort in der Raumluft vorhandenen Viren (Covid) und

Bakterien eingesetzt werden. Im Mittelpunkt der Untersuchungen standen die Aspekte Luftvolumenströme (Raumluftwechsel), Lüftungseffizienz, Konzentrationsverringern, elektrische Leistungsaufnahme und die Geräuschentwicklung beim Gerätebetrieb.

Hintergrund und Aufgabenstellung

Für geschlossene Räume, in denen sich mehrere Personen aufhalten, ist ein geeignetes Lüftungskonzept im Hinblick auf die Corona-Pandemie eine wirksame Maßnahme zur Reduzierung der Aerosolkonzentration und damit des Infektionsrisikos. Dafür eignen sich grundsätzlich auch Luftreiniger, die im Sekundärluftprinzip arbeiten und durch spezielle Technologien Aerosole und darin enthaltene Viren aus der Luft abscheiden.

Das Unternehmen F. Hoffmann-La Roche AG plante die Anschaffung solcher Luftreinigungsgeräte für Büro- und Besprechungsräume, die keine maschinelle Lüftung haben. In einer Voruntersuchung sollte ein geeignetes Gerät ausgewählt werden. Die Auswahl erfolgte durch die Fa. La Roche anhand verschiedener Kriterien. Ein Bestandteil zur Beurteilung der Geräte sollte eine messtechnische Vergleichsprüfung sein. Hierbei wurden folgende Parameter analysiert:

- Luftvolumenstrom (Raumluftwechsel)
- Schalldruckpegel (Geräuschentwicklung)
- Elektrische Wirkleistungsaufnahme

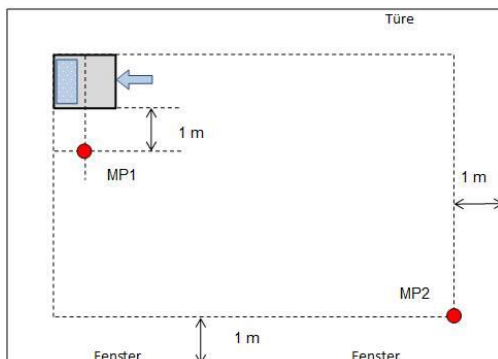
- Luftausbreitung (Visualisierung der Strömung)
- Erholzeit (Aerosol- und Partikelanreicherung).

Mit der Erholzeitmessung soll die Wirksamkeit der Aerosolabscheidung und der Aerosolanreicherung im gesamten Raum geprüft werden.

Durchführung der Messungen

Für eine herstellerunabhängige Bewertung der Geräte wurde das Steinbeis-Transferzentrum STZ EURO, Offenbach, unter Leitung von Dipl.-Ing. (FH) Michael Kuhn beauftragt, die messtechnischen Analysen durchzuführen.

Die Messungen wurden in einem Referenzraum (Besprechungsraum) durchgeführt.



MP = Messpunkte in 1,2 m Höhe mittig vom Gerät: Messpunkte für Schall und Partikelanreicherung.
 Zudem wird die Ausströmung am Luftauslass visualisiert und geprüft, ob ein Kurzschluss vorhanden ist.
 Das Schallmikrofon ist horizontal auf den Flächenschwerpunkt der Geräteaufsicht gerichtet.
 Die Partikelmesssonden sind senkrecht nach oben gerichtet.



Abbildung 1: Referenzraum mit Angabe der Messstellen. Die Grundfläche beträgt 34 m^2 , das Raumvolumen 86 m^3

Die fünf untersuchten Luftreiniger wurden nacheinander im Raum positioniert und gemessen. Vier Geräte B bis E verfügen über Schwebstofffilter, das Gerät A über hochwertige Feinstaubfilter (zweistufig). Nur beim Gerät B ist ein Prüfprotokoll für den Schwebstofffilter vorhanden, der diesen als H13-Filter nach EN 1822-4 /1/ ausweist. In den Geräten A, B und D sind ergänzende UV-C-Leuchten integriert. Die Funktion der UV-Entkeimung wurde nicht getestet. Bei der Messung der elektrischen Wirkleistungsaufnahme waren die UV-C-Leuchten eingeschaltet. Alle nachfolgend beschriebenen Messergebnisse sind anonymisiert dem Prüfbericht /2/ von STZ EURO entnommen.

Volumenstrommessungen

Die Messungen der Volumenströme erfolgten jeweils an der Ansaugöffnung des Geräts mit einer Volumenstrommesshaube. Bei Geräten mit ungeeigneten Ansaugöffnungen wurde der Prüfling in eine luftdichte Einhausung integriert, um eine geeignete Luftansaugfläche zu erhalten. Die Volumenstrommessungen erfolgten erstens bei maximaler Drehzahlstufe und zweitens bei einer Drehzahlstufe, die, bezogen auf das Raumvolumen des Referenzraums (86 m³), mindestens dem 6-fachen Luftwechsel bzw. rund 516 m³/h entspricht. Die wichtigsten Ergebnisse dieser Messungen gehen aus Tabelle 1 und Abbildung 3 hervor. Nur das Gerät E erreichte den vom Hersteller im Datenblatt angegebenen Volumenstrom. Die größten Abweichungen hatten das Gerät B mit -60 % und das Gerät D mit -40 %. Beide Geräte

waren dadurch nicht leistungsfähig genug für den gewünschten 6-fachen Luftwechsel.

Schalldruckpegelmessung

Die Messung des Schalldruckpegels erfolgte an zwei Messpunkten im Raum, jeweils in 1,2 Meter Höhe (Abbildung 1). Der A-bewertete Schalldruckpegel wurde erneut bei maximaler Drehzahlstufe und bei der Drehzahlstufe, die mindestens dem 6-fachen Luftwechsel entspricht, erfasst. Zuvor erfolgte eine Messung des Ruheschalldruckpegels mit ausgeschaltetem Gerät, um eine Beeinflussung durch Fremdgeräusche auszuschließen. Die wichtigsten Ergebnisse stehen in Tabelle 1 und in Abbildung 3. Das Gerät C war im Test das leiseste Gerät und erzielte im schallharten Referenzraum einen Schalldruckpegel von nur 42 dB(A) bei einem 7,3-fachen Luftwechsel. Für die Geräte B und D wurden bei höchster Lüfterstufe und den dabei erreichten Luftwechseln von lediglich $5,5 \text{ h}^{-1}$ (Gerät B) und $3,3 \text{ h}^{-1}$ (Gerät D) Schalldruckpegel von über 60 dB(A) gemessen.

Elektrische Wirkleistungsaufnahme

Die Messung der elektrischen Wirkleistungsaufnahme erfolgte bei jeder Drehzahlstufe. Die wichtigsten Ergebnisse stehen in Tabelle 1 und in Abbildung 3. Die Geräte mit UV-C-Leuchten hatten die größte Wirkleistungsaufnahme (bis maximal 296 W), das Gerät C (ohne UV-C) lediglich 44 W. Bei keinem Gerät wurden die Herstellerangaben überschritten.

Luftausbreitung (Visualisierung der Strömung)



Abbildung 2: Strömungsvisualisierung zur Darstellung der Luftausbreitung und zur Prüfung, ob visuell ein Kurzschluss erkennbar ist. Luft wird bei diesem Gerät unten angesaugt und oben ausgeblasen.

Durch die Aufgabe von Prüfnebel am Luftauslass der Geräte wurde visualisiert und per Videokamera aufgezeichnet, wie sich die Zuluft im Raum ausbreitet (Abbildung 2). Dabei wurde auch visuell geprüft, ob Zuluft auf direktem Weg, also ohne ausreichende Durchmischung, mit der Raumluft von der Absaugöffnung erfasst wird (Kurzschluss). Bei zwei Geräten (B und E) konnte ein geringer Kurzschluss festgestellt werden. Bei diesen beiden Geräten war auch der Quotient aus gemessenem Luftwechsel zur Abklingrate (aus der Erholzeitmessung ermittelt) zwischen 1,2 und 1,25. Wenn

kein Kurzschluss vorhanden ist und die Filter in der Lage sind, die Partikel vollständig abzuscheiden, liegt dieser Wert bei 1,0. Bei der Visualisierung wurde auch Prüfnebel an der Ansaugöffnung aufgegeben. Bei den Geräten D und E ist dabei auch Nebel in der Zuluft sichtbar gewesen, was auf eine unvollständige Abscheidung oder ein undichtes Filtermedium hindeutet. Anstelle dieser visuellen Prüfung wäre für künftige Tests eine Prüfung des Abscheideverhaltens mittels Partikelmessung in der Zuluft (Reinluft) und der Raumluft zu empfehlen.

Erholzeit (Aerosol- und Partikelanreicherung)

Bei der Erholzeitmessung wurden gemäß ISO 14644-3 /3/ DEHS-Aerosole mit Hilfe eines Aerosolgenerators erzeugt und diese gleichmäßig im Raum verteilt. Nach dem Abkleben der Tür zum Flur (kein Luftaustausch mit der Umgebung) wurde der Luftreiniger eingeschaltet und die Partikelmessung gestartet. Die beiden Partikelzähler zeichneten jeweils die Partikelkonzentration $\geq 0,3 \mu\text{m}$ und $\geq 0,5 \mu\text{m}$ über eine Stunde an den Messpunkten MP1 und MP2 auf (Abbildung 1). Danach erfolgten anhand des zeitlichen Verlaufs der Konzentrationsabnahme die Auswertungen. Es wurden aus dem Kurvenverlauf die Erholzeit, die Abklingrate, die Halbwertszeit und die mittlere Verweilzeit abgeleitet. Die Erholzeit ist die Zeitdauer, die der Raum mit eingeschaltetem Luftreiniger benötigt, um die Konzentration um den Faktor 100 abzubauen. Bei der Halbwertszeit wird ein Konzentrationsabbau um den Faktor 2

betrachtet /4/. Vor dem Beginn der Erholzeitmessung bzw. vor Aerosolaufgabe wurde das sogenannte Grundrauschen gemessen, um sicherzustellen, dass der Raum ausreichend freigespült wurde. Die wichtigsten Ergebnisse zeigen die Tabelle 1 und die Abbildung 3. Die in Abbildung 3 dargestellten Konzentrationsverläufe sind sehr stark abhängig vom Luftwechsel. Eine weitere Einflussgröße ist der Kurzschluss, aber deutlich weniger als der Luftwechsel. Die Unterschiede bei der Filterqualität der geprüften Geräte spielten dabei eine unwesentliche Rolle.

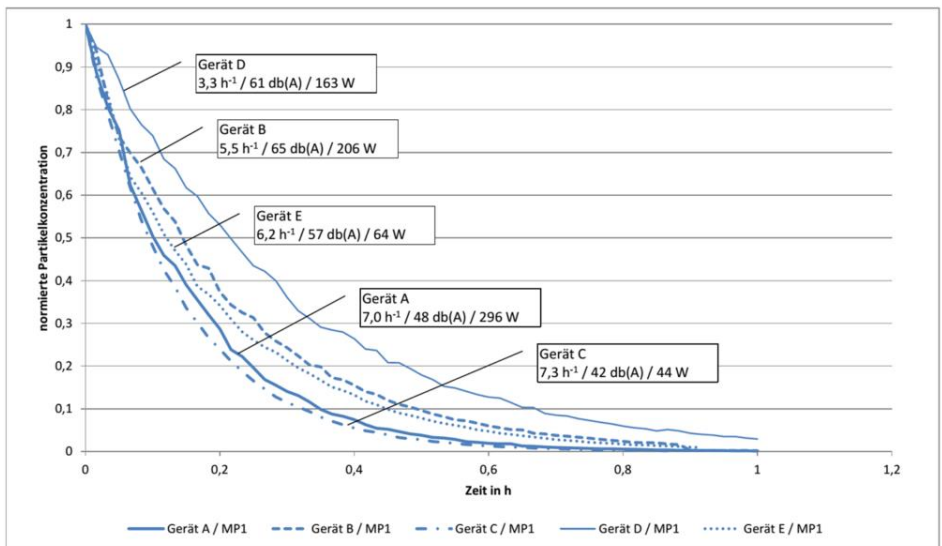


Abbildung 3: Verlauf der Partikelkonzentration ($\geq 0,5 \mu m$) bei der Erholzeitmessung. Zudem sind für die Geräte die Messwerte für Luftwechsel, Schalldruckpegel und elektrische Wirkleistungsaufnahme angegeben

Tabelle 1: Zusammenstellung der Messergebnisse (Extremwerte)

Vergleichskriterien (Extremwerte)	Wert	Einheit	Gerät	Bemerkung
Gerät mit größtem Volumenstrom	1180 13,8	m^3/h h^{-1}	C	bei max. Stufe
Gerät mit kleinstem Volumenstrom	280 3,3	m^3/h h^{-1}	D	bei max. Stufe
Geräte, die mindestens einen 6-fachen Luftwechsel erreichen	-	-	A, C u. E	-
Gerät mit größtem Schalldruckpegel bei mindestens 6-fachem Luftwechsel	57	db (A)	E	bei 530 m^3/h
Gerät mit kleinstem Schalldruckpegel bei mindestens 6-fachem Luftwechsel	42	db (A)	C	bei 625 m^3/h
Gerät mit größter el. Wirkleistungsaufnahme bei mindestens 6-fachem Luftwechsel	296	W	A	bei 600 m^3/h
Gerät mit kleinster el. Wirkleistungsaufnahme bei mindestens 6-fachem Luftwechsel	44	W	C	bei 625 m^3/h
Gerät mit größter spezifischer el. Wirkleistungsaufnahme bei mindestens 6-fachem Luftwechsel	0,49	$\text{W}/(\text{m}^3/\text{h})$	A	bei 600 m^3/h
Gerät mit kleinster spezifischer el. Wirkleistungsaufnahme bei mindestens 6-fachem Luftwechsel	0,07	$\text{W}/(\text{m}^3/\text{h})$	C	bei 625 m^3/h
Gerät mit kürzester gemessener Erholzeit / Abreicherung um Faktor 100 bei mind. 6-fachem Luftwechsel oder max. Drehzahlstufe	39	min	C	bei 625 m^3/h und Stufe 2
Gerät mit längster gemessener Erholzeit / Abreicherung um Faktor 100 bei mind. 6-fachem Luftwechsel oder max. Drehzahlstufe	84	min	D	bei 280 m^3/h und Stufe 4
Gerät mit kürzester auf 6-fachen Luftwechsel korrigierter Erholzeit	46	min	D	bei 6 h^{-1}
Gerät mit längster auf 6-fachen Luftwechsel korrigierter Erholzeit	57	min	B u. E	bei 6 h^{-1}

Tabelle 1: Zusammenstellung der Messergebnisse (Extremwerte)

Zusammenfassung und Fazit

Zur Auswahl von Luftreinigern sind viele Kriterien zu berücksichtigen und zu vergleichen. Die nach Auffassung der Autoren absolut wichtigsten technischen Gesichtspunkte für eine Entscheidung sind folgende:

- Ausreichend großer Luftvolumenstrom (muss den technischen Angaben entsprechen).
- Schall (darf nicht zu laut sein, d.h. Schalldruckpegel in einem schallharten Raum in 1 Meter Entfernung < 50 dB(A) beim erforderlichen Luftvolumenstrom).
- Zugfreiheit (Zuluft darf nicht direkt in den Aufenthaltsbereich geblasen werden, sondern soll zuerst gegen eine Decke oder Wand prallen).
- Geeignete Filter (HEPA-Filter H13 mit Vorfilter ePM1 $\geq 50\%$ oder zwei Feinstaubfilter ePM1 $\geq 50\%$ und ePM1 $\geq 70\%$).

Mit vier von fünf geprüften Geräten konnte eine signifikante Aerosol-/Partikelanreicherung im Raum erreicht werden. Die Halbierung der Konzentration erfolgte innerhalb von 6 bis 9 Minuten, eine Reduzierung um den Faktor 100 in 39 bis 62 Minuten. Diese Geräte sind für Räume ohne maschinelle Lüftung eine sinnvolle Verbesserung, sofern die AHA-Regeln befolgt werden.

Ein Gerät wich im Hinblick auf die Luftleistung sehr stark vom gewünschten 6-fachen Luftwechsel ab, wodurch sich eine Halbwertszeit von 13 Minuten ergab. Auch daran erkennt man den großen Einfluss des Luftwechsels auf die Ergebnisse.

Falls die Kriterien Schall und Zugfreiheit bei der Auswahl eines Geräts nicht ausreichend berücksichtigt werden, ist davon auszugehen, dass dieser Luftreiniger keine Akzeptanz findet und AUS bleibt. Dann sind alle anderen Kriterien hinfällig und der Kauf des Luftreinigers war eine Fehlinvestition. Eine ausreichende Außenluftzufuhr, am besten auf Basis einer CO₂-

Konzentrationsmessung unter Berücksichtigung der ASR-Richtlinie A3.6 /5/, ist auch beim Betrieb von Luftreinigern zwingend erforderlich.

Literatur

/1/ DIN EN 1822-4, Schwebstofffilter (EPA, HEPA und ULPA) – Teil 4: Leckprüfung des Filterelementes (Scan-Verfahren), Januar 2011.

/2/ Johannes Obergföll, Michael Kuhn, STZ EURO, Projekt 1540/201-1, Bericht zur messtechnischen Vergleichsprüfung von Luftreinigern in einem Referenzraum am Standort Basel, 30.10.2020.

/3/ DIN EN ISO 14644, Reinräume und zugehörige Reinraumbereiche, Teil 3: Prüfverfahren, August 2020.

/4/ Christian J. Kähler, Thomas Fuchs, Rainer Hain, Universität der Bundeswehr München, Institut für Strömungsmechanik und Aerodynamik. Bericht „Können mobile Raumluftreiniger eine indirekte SARS-CoV-2 Infektionsgefahr durch Aerosole wirksam reduzieren?“, 05.08.2020. (Download von <https://www.unibw.de/lrt7/raumluftreiniger>).

/5/ Ausschuss für Arbeitsstätten. Technische Regeln für Arbeitsstätten – ASR 3.6 „Lüftung“, Januar 2012. (www.baua.de)

Die Autoren

Dipl.-Ing. (FH) S. Pemberger, HLKK-Engineering, F. Hoffmann-La Roche AG, Basel

Dipl.-Ing. (FH) M. Kuhn, Geschäftsleitung STZ EURO, Offenburg

J. Obergföll, B. Eng., Experte für Qualifizierungsmessungen, STZ
EURO, Offenburg