

Was bringen Raumlufreinigungs-systeme an Schulen? von Dr.-Ing. Sabine Nieland

Die Gesellschaft zur Förderung von Medizin-, Bio- und Umwelttechnologien (GMBU) e.V., Fachsektion Photonik und Sensorik in Jena, bietet als Experte messtechnische Dienstleistungen und Beratung zu Raumlufreinigungs-systemen an und beteiligt sich aktiv an der Weiterentwicklung derartiger Anlagen zur Eliminierung von Viren und Schadstoffen in der Luft.

Während der Corona-Pandemie ist das Thema "Übertragung von Viren durch Aerosole" immer stärker in den Fokus gerückt. Viren und Bakterien (wie aktuell das Corona-Virus) in der Raumluf sind oft Auslöser für Krankheiten. Besonders in Räumen, in denen sich viele Menschen länger aufhalten und treffen, ist die Raumluf voller Viren und Bakterien, die besonders für Menschen mit einem geschwächten Immunsystem gefährlich werden können. Dies ist zum Beispiel in Klassenräumen während der kalten Jahreszeiten der Fall. Zum Schutz vor der Übertragung von Viren durch Aerosole hilft ein steter Luftaustausch durch Lüften der Räume. Dabei sollte man darauf achten, dass dem Raum durch einen Luftzug auch ausreichend Frischluft zugeführt wird. Dies wird an kalten Tagen schwierig, wenn in einer 45 minütigen Unterrichtsstunde das Fenster 20 Minuten offen bleiben muss. Alternativ kann das Problem durch den Einsatz von raumluftechnischen Anlagen - also durch Luftreiniger mit einem geeigneten Filtersystem - gelöst werden.

Direkte und indirekte Ansteckung durch Aerosole als Träger der Viren

Mit der ausgeatmeten Luft verbreitet jeder Mensch eine Reihe von Gasen und auch Aerosolpartikel in seiner unmittelbaren Umgebung [3]. Als Aerosole werden Mischungen aus festen oder flüssigen Partikeln („Schwebeteilchen“) in einem Gas oder Gasgemisch (z. B. Luft) bezeichnet. Beim Sprechen, Rufen, Singen, insbesondere aber beim Husten, Niesen oder unter körperlicher Anstrengung werden vermehrt Partikel und damit Aerosole ausgeatmet.

Zwei Infektionswege werden dabei unterschieden. Bei der direkten werden Aerosole mit Krankheitserregern, die von einer infizierten Person ausgeatmet werden, über kurze Distanzen unter 1,5 m von Nichtinfizierten eingeatmet. Dies ist der Grund warum die sog. AHA-Regeln (Abstand halten, Hygiene und Maske im Alltag) eingeführt wurden. Bei der indirekten Übertragung wird die sich in einem Raum befindliche Virenlast durch einen oder mehrere Infizierte angereichert und kann sich im ganzen Raum verteilen, so dass sich auch Nichtinfizierte über größere Distanzen als 1,5 m anstecken können.

Aufgabe eines Raumlufreinigungs-systems

Da die indirekte Infektionswahrscheinlichkeit in einem Raum mit der Anzahl der infizierten Personen und der Aufenthaltsdauer zunimmt, müssen Maßnahmen ergriffen werden, um die Virenlast in der Raumluf zu begrenzen. Dies kann durch regelmäßiges Lüften geschehen oder durch den Einsatz von raumluftechnischen Anlagen (RTL-Anlagen). Der wesentliche Vorteil der RLT-Anlagen gegenüber der freien Lüftung besteht darin, dass sie kontinuierlich für eine angemessene Raumlufqualität sorgen und ein regelmäßiges manuelles Regulieren mittels Fenstern entfällt. Sie müssen aber regelmäßig gewartet und richtig betrieben werden. Oft werden sie aus energetischen Gründen nur mit geringer Frischluftzufuhr und einfachen Filtern betrieben.

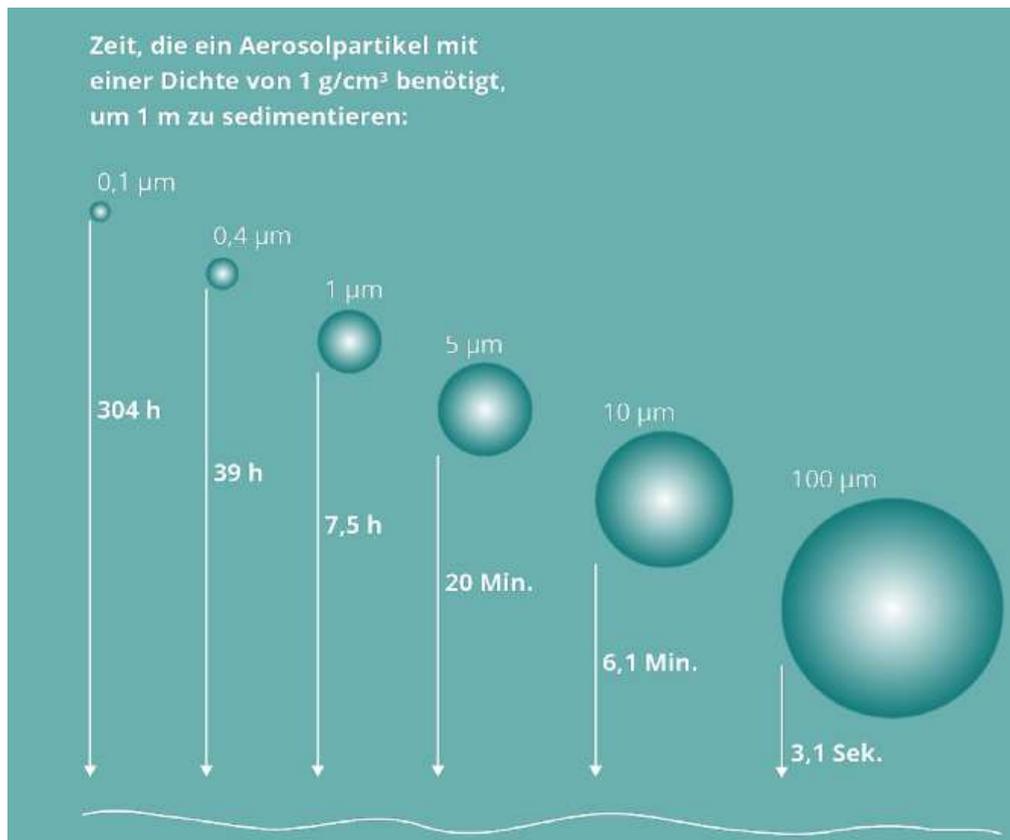


Bild 1: Vergleich verschiedener Aerosol-Partikel bezüglich ihrer Größe und der Zeit, sich um 1 m in Richtung Boden abzusetzen [Gaef]

Gängige Raumlufreinigungssysteme mit HEPA-Filter

Luftreiniger unterscheiden sich durch die Filtermedien und die jeweilige Technologie. Am weitesten verbreitet ist der HEPA-Filter. Die Bezeichnung HEPA steht für "High Efficiency Particulate Air Filter", was so viel bedeutet wie "Filter mit hoher Wirksamkeit gegen Teilchen". Das Aussehen des Filters ähnelt in etwa einem Papierfilter (vgl. Kaffeefilter), besteht aber aus einem äußerst engmaschigen Flächengewebe meist aus synthetischen Fasern und Zellulose (sog. Vliesstoffgemisch), das zur Vergrößerung der Filterfläche und Verringerung des Strömungswiderstandes zickzackförmig gefaltet ist. Zur Erhöhung der Stabilität wird das gefaltete Textil in einem Kunststoff- oder Metallrahmen verankert. Bei der Auswahl der Luftreiniger mit Filtern sind zwei Punkte besonders wichtig:

- Das Filtersystem muss dafür geeignet sein, auch kleinste Partikel wie Viren aus der Raumluf zu filtern.
- Die Raumgröße: Die Luft im Raum sollte mindestens fünfmal pro Stunde vollständig gefiltert werden. Je nach Luftvolumen muss die Filterleistung entsprechend hoch sein, um diese Filtermenge zu gewährleisten.

Gemäß der EN 1822-1:2009 sollte ein HEPA Filter der Klasse H13 99,95 % aller Partikel in der Größenordnung $0,1\text{-}0,3 \mu\text{m}$ filtern bzw. bei der H14-Klasse 99,995 % aller Partikel in der Größenordnung $0,1\text{-}0,3 \mu\text{m}$.



© JYPIX - stock.adobe.com

Bild 2: Geöffneter mobiler Raumlufilter mit Blick auf die sog. Filterkerze

Bei den sehr kleinen Viren (je nach Ausbildung des Spikeproteins $0,08-0,12 \mu\text{m}$) können HEPA-Filter nicht garantieren, alle Viren wirklich aus der Raumluft zu eliminieren, da ihre Filterporen zu groß sind. Dann müssten so genannte ULPA-Filter mit höherer Filterleistung eingesetzt werden, die feinporiger sind als HEPA-Filter und Viren tatsächlich auffangen können.

Für die Anwendung in Büros, Schulen, Kindergärten etc. ergibt sich das Problem, dass mit höherer Filterleistung auch eine massive Lärmentwicklung verbunden ist. Für den Einsatz in Schulen fordert der Freistaat Bayern eine maximale Geräuschkentwicklung bis 40 dB, in Baden-Württemberg sind es hingegen nur 35 dB.

Ein weiterer Nachteil von derartigen Filtersystemen ist der regelmäßige Filterwechsel. Dieser kostet Zeit und Geld und darf nur von eingewiesenen Personal mit entsprechender persönlicher Schutzkleidung ausgeführt werden. Problematisch ist nämlich die besonders hohe Keimlast der Filter sowie die Tatsache, dass diese ausgewechselten Filter als Sondermüll gelten.

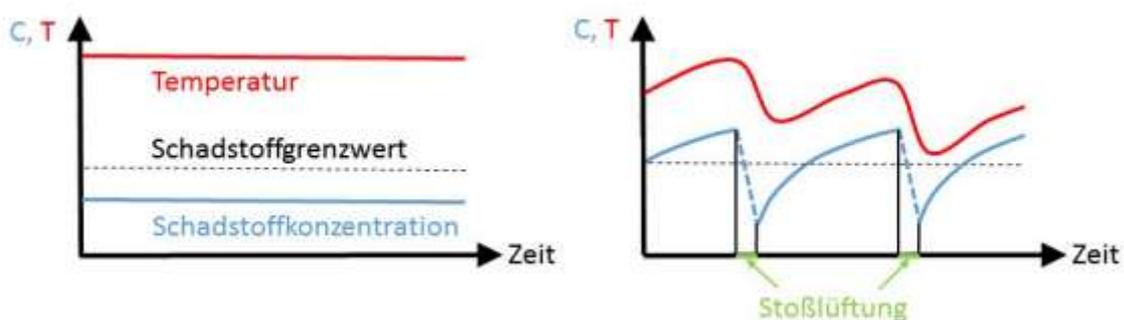


Bild 3: Vergleich der Verhältnisse von Schadstoffkonzentration, Schadstoffgrenze und Raumtemperatur über eine definierte Zeit für eine RLT Anlage (links) und zweimaliger Stoßlüftung (rechts) [UNIBW]

UVC-Luftentkeimung

Gerade dem Umstand geschuldet, dass die meisten HEPA-Filter der H-Kategorie Viren nicht oder nur unzureichend filtern, bieten einige Hersteller Kombinationsfilter aus Schwebstofffilterung und UVC-Inaktivierung von humanpathogen Keimen an.

Unangenehme Gerüche können damit nicht eliminiert werden und der Filterwechsel muss trotzdem stattfinden.

Als "Ultraviolettstrahlung", oder kurz UV-Strahlung, wird der Wellenlängenbereich im elektromagnetischen Spektrum bezeichnet, der sich unmittelbar an das kurzweilige Ende des sichtbaren Bereichs, das Violett, anschließt. Die International Commission d'Éclairage (ICE) definiert als UV den Wellenlängenbereich zwischen nm (Grenze zum sichtbaren Licht) und 100 nm (Beginn des Bereichs der Röntgenstrahlung).

UVC-Strahlung wird seit vielen Jahrzehnten erfolgreich zur Inaktivierung von Mikroorganismen genutzt. Insbesondere in der Trinkwasserdesinfektion wird die Bestrahlung mit UVC-Licht angewendet. Als physikalisches Verfahren, welches auf der Schädigung des Erbgutes der Mikroorganismen durch energiereiche Photonen basiert, sind Resistenzbildungen ausgeschlossen. Das Thymin in der DNA wird durch die Bestrahlung verwandelt, was die Zelle an ihrer weiteren Vermehrung hindert. Die für diesen Inaktivierungsmechanismus verantwortliche bzw. geeigneten Wellenlängen werden erstrecken sich vom tiefen UVC-Bereich ab ca. 220 nm bis in den UVB-Bereich. Das Maximum der Inaktivierungswirkung entspricht dem Maximum der UVC-Absorption in biologischem Gewebe und wird mit 265 nm angegeben.

Die Effektivität der Lichtbehandlung bzw. der Inaktivierung von Keimen über die UVC-Bestrahlung hängt maßgeblich von den Behandlungsbedingungen ab. Haupteinflussfaktoren sind:

- Art des Keimes/der Keime
- Wellenlänge (-n)
- Bestrahlungsstärke
- Zeit

Generell gilt, je größer der zu inaktivierende Keim ist, desto höher ist die benötigte Bestrahlungsstärke. Für die meisten Keime und Mikroorganismen gibt es für definierte Wellenlängen Angaben zur notwendigen Inaktivierungsdosis entsprechend den gewünschten Reduktionsgrößenordnungen, die im logarithmischen Maßstab angegeben wird ($\log 1 = 90\%$, $\log 2 = 99\%$, $\log 3 = 99,9\%$, $\log 4 = 99,99\%$...).

Die wellenlängenspezifische Inaktivierungsdosis setzt sich aus der Bestrahlungsstärke multipliziert mit der Bestrahlungszeit zusammen.

Das UVC-System für die Luftentkeimung funktioniert wie folgt: Ein spezieller Strömungskanal wird möglichst ohne zusätzlichen Druckverlust in die raumluftechnische Anlage integriert. In dem Strömungskanal befinden sich spezielle Hg-Niederdruckstrahler, welche die Luft während der Passage mit einer Wellenlänge von exakt 253,7 nm bestrahlen. Die genaue UVC-Dosis, die zur Inaktivierung der Mikroorganismen führt, ist dabei typenspezifisch verschieden. Die Dimensionierung der raumluftechnischen Anlage mit UVC-Quelle erfolgt über die Bestimmung der Verweilzeit der Luft (-menge) in der Anlage und der optischen Leistung der UVC-Quellen.

Messtechnische Bewertung von UVC-Anlagen

Die GMBU e.V., Fachsektion Photonik und Sensorik Jena, hat sich mit seinen Dienstleistungen auf die Bestimmung der Inaktivierungseffizienz von UVC-Anlagen (DIN-TS 67506 Entkeimung von Raumluf und UV-Strahlung - UV-C-

Sekundärluftgeräte), deren Sicherheitsbewertung bezüglich der photobiologischen Wirkung (austretendes UVC Licht ist schädlich für Haut und Augen) gemäß DIN 62471 und weiteren notwendigen Untersuchungen und Simulationen fokussiert und während der Corona-Pandemie dutzende von UVC-Anlagen untersucht und bewertet. Da es bisher noch keine verbindlichen Standards für die Bewertung derartiger UVC-Anlagen gab, arbeiten Mitarbeiter der GMBU e.V., Fachsektion Jena, in einem speziellen DIN-Arbeitskreis, der eine vorläufige Handlungsempfehlung dazu erarbeitet und kürzlich vorstellte (Ad-hoc Arbeitsgruppe des FNL7 "Entkeimung von Raumluft mit UV-Strahlung").

Aufgrund der breiten die RTL-Anlagen betreffenden Expertise bietet die GMBU auch eine herstellerunabhängige Beratung an.

Weiteres Modul zum Abbau von unangenehmen Gerüchen

Weder HEPA-Filter noch UVC-Anlagen können unangenehme Gerüche filtern. Einige hochwertige Filtersysteme haben einen zusätzlichen Aktivkohlefilter zur Eliminierung unangenehmer Gerüche wie Zigarettenrauch, Schweißgeruch, Formaldehyde, Dämpfen aus Teppichen und PVC-Belägen usw., diese Filter müssen jedoch auch regelmäßig gewechselt werden. Die GMBU forscht daher an einer neuen Generation Filtersysteme mit zusätzlicher photokatalytischer Wirkung und einer energieeffizienten UV-LED-Technik zum Ersatz umweltbedenklicher UV-Quellen wie Hg-Dampflampen.



Bild 4: RLT-UVC-Anlage von Purion aus Zella-Mehlis [PUR]



Bild 5: UV-LED einzeln (1 mm Kantenlänge) und viele zu einem 10 x 10 cm Strahler zusammengefasste LEDs mit Kühlung und Ansteuerung [Nie]

Referenzen

- [Gaef] [Positionspapier der Gesellschaft für Aerosolforschung zum Verständnis der Rolle von Aerosolpartikeln beim SARS-CoV-2 Infektionsgeschehen \(gaef.de\)](#)
- [UNIBW] raumluftreiniger.pdf (unibw.de)
- [UVC] UV-C-Lampen für zuhause: Helfen sie gegen das Coronavirus? | [Verbraucherzentrale Sachsen \(verbraucherzentrale-sachsen.de\)](#)
- [PUR] [Luft » PURION UV-Anlagen](#)
- [Nie] S. Nieland et al: „Demands on packaging for high performance UV LEDs“ International Conference on UV LED Technologies & Applications Conference (ICULTA-2018), Berlin, Deutschland, 22.-25.04.2018 (