

Was leisten dezentrale Raumluf-Filteranlagen wirklich?

Seit Anfang 2020 machen uns Viren zu schaffen, welche zu schweren Atemwegserkrankungen führen. Schon bald danach begannen Hersteller von Lüftungsanlagen dezentral aufzustellende Geräte zu fertigen, welche mit entsprechenden Filtern einen großen Teil der Viren beseitigen sollen. Im Spätsommer und Herbst desselben Jahres erschienen zwei wissenschaftliche Untersuchungen, welche von Herstellern beauftragt waren, um die gute Wirksamkeit zu belegen. Prof. Kähler vom Institut für Strömungsmechanik und Aerodynamik der Universität der Bundeswehr in Neubiberg veröffentlichte im August¹ (Auftraggeber TROTEC) und Prof. Dittler vom Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik am Karlsruher Institut für Technologie im Oktober 2020² (Auftraggeber MANN+HUMMEL). Leider sind die Untersuchungen zum Teil unter Vernachlässigung der erforderlichen Nähe zur praktischen Anwendung durchgeführt worden und teilweise sind Untersuchungsergebnisse nicht vollständig dargestellt. Das schränkt die Glaubwürdigkeit deutlich ein.

Untersuchungen an der UNI-BW

Die von TROTEC am Institut für Strömungsmechanik und Aerodynamik der Universität der Bundeswehr in Neubiberg beauftragten Untersuchungen zur Wirksamkeit der Umluft-Filterung erfolgten an einer Raumluf-Filteranlage TAC V+ in einem quadratischen Raum, der bei 9 m Kantenlänge mit 81 m² eine etwas größere Grundfläche als ein üblicher Klassenraum hat (65 bis 70 m²). Bei nur 2,5 m Höhe (üblich ca. 3 m) liegt aber etwa das entsprechende Volumen von 200 m³ vor. Dem UNI-BW-Bericht ist die folgende Abbildung entnommen.



Abbildung 12: Optisch verzerrte Panoramaaufnahme des Versuchsraumes mit den Komponenten für die Konzentrationsmessungen

¹ Christian J. Kähler, Thomas Fuchs, Rainer Hain: [Können mobile Raumlufreiner eine indirekte SARS-CoV-2 Infektionsgefahr durch Aerosole wirksam reduzieren?](#)

² M.Sc. Julia Szabadi, Dr.-Ing. Jörg Meyer & Prof. Dr.-Ing. Achim Dittler: [Untersuchung der Minderung der Partikelkonzentration in geschlossenen Innenräumen durch einen hoch wirksamen Innenraumfilter](#)

Der Raum war (mit Ausnahme der Messgeräte) völlig leer. Während der Messungen war die Beleuchtung ausgeschaltet (siehe dortige Abbildung 3) und der Raum unbesetzt, so dass keine internen Wärmequellen vorlagen. Auch war keine Tageslichteinstrahlung als externe Wärmequelle vorhanden. In realen Klassenräumen wirken aber Tische, Stühle und Kinder als Streukörper und letztere auch als Wärmequellen. Demnach war diese Untersuchung keine „Prüfung im Labor unter realraumähnlichen Bedingungen“, wie in VDI-EE 4300-14³ gefordert. Diese VDI-Experten-Empfehlung wurde allerdings erst mehr als ein Jahr später, im September 2021, veröffentlicht. Das war möglicherweise eine Reaktion auf die praxisfernen Untersuchungen.

In dem Bericht wird ausgesagt, dass für eine sachgerechte Virenreduktion eine sechsfache Luftumwälzung je Stunde, also ein Luftvolumenstrom von 1200 m³/h, notwendig sei. Das ist die dreifache Menge dessen, was man bei konventionellen zentralen Lüftungsanlagen mit Frischluft-Fortluft-Betrieb für die Kohlendioxid(CO₂)-Abfuhr benötigt. Die Raumluft-Filteranlagen beseitigen aber weder CO₂ noch Wasserdampf, lüften muss man also zusätzlich.

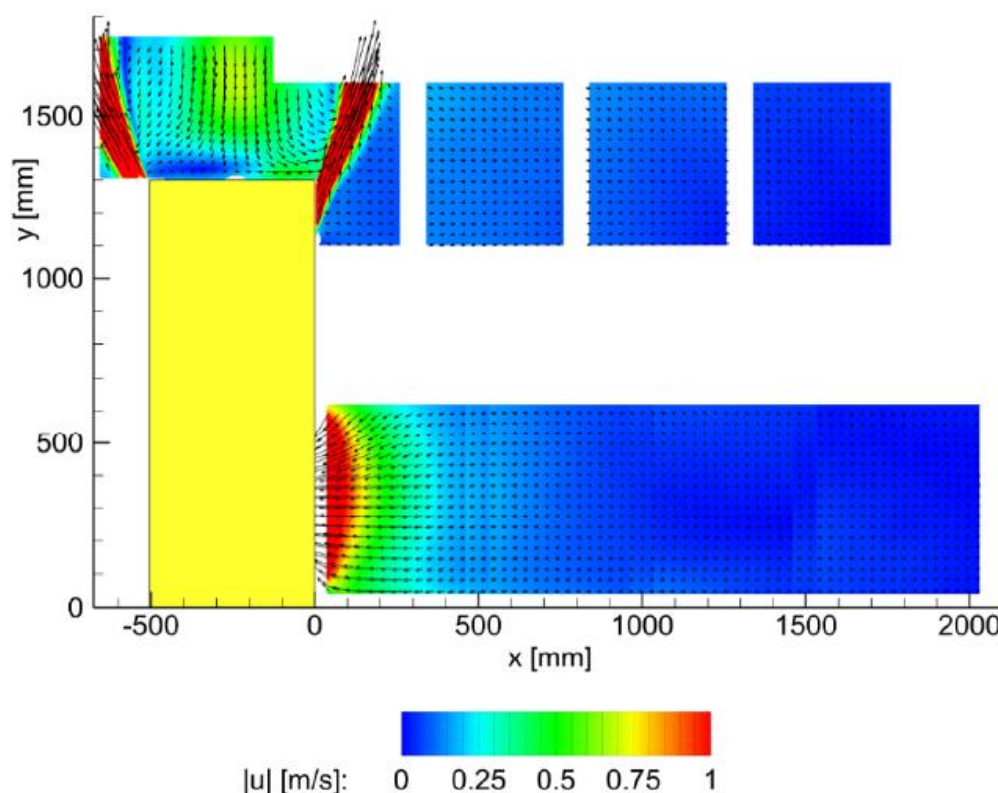


Abbildung 6: Mittleres Strömungsfeld gemessen bei 1000 m³/h.

Die Abbildung 6 des Berichtes stellt die Luftströmungen bis 2 m Raumtiefe (von insgesamt mehr als 8 m) und bis 1,5 m Höhe (von 2,5 m) dar. In Übereinstimmung mit

³ VDI-EE 4300-14:2021-09 Messen von Innenraumluftverunreinigungen - Anforderungen an mobile Luftreiniger zur Reduktion der aerosolgebundenen Übertragung von Infektionskrankheiten

eigenen Beobachtungen sind in den hier dargestellten Abständen keine Strömungen mehr vorhanden, sondern nur noch turbulente Bewegungen, wie die folgende Abbildung 7 des Berichtes zeigt.

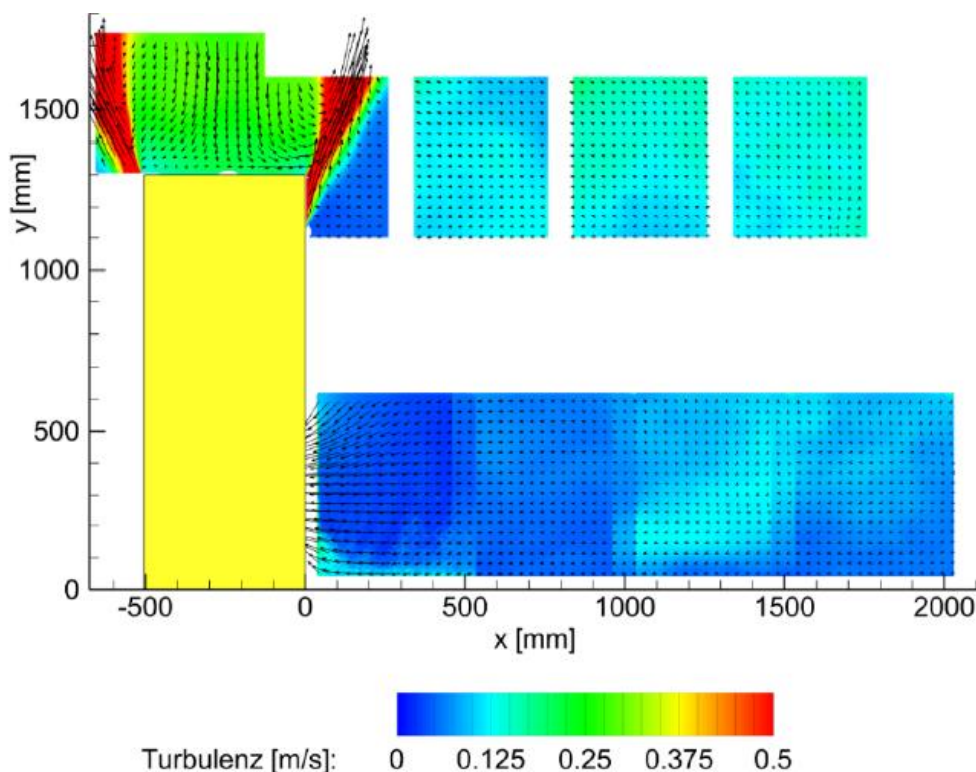
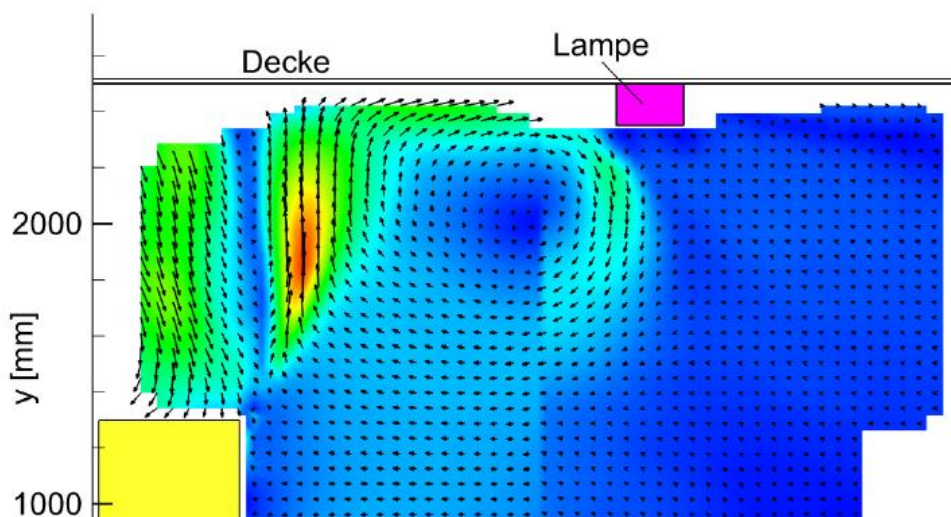


Abbildung 7: Turbulente Strömungsbewegung zeitlich gemittelt bei $1000 \text{ m}^3/\text{h}$.

Wie bereits erwähnt, fanden diese Untersuchungen im leeren Raum ohne Streukörper und thermische Quellen statt. Die Übertragung dieser Ergebnisse auf „realraum-ähnliche Bedingungen“ ist schwer abschätzbar. Die Auswirkung eines im Versuchsraum vorhandenen Lampenbandes ist in der dortigen Abbildung 10 dokumentiert. Dort ist – anders als vorher – die tatsächliche Raumhöhe bis 2,5 m dargestellt.



Die nach unten ablenkende Wirkung der Lampe ist gut zu erkennen. Bei eigenen Beobachtungen in Klassenräumen reichten bereits von den Kindern unter der Decke aufgehängte Lampions aus, um eine entsprechende Wirkung zu erzeugen. Hinter den Streukörpern kommt die Strömung praktisch zum Erliegen. Über der Gerätevorderkante gibt es eine „tote Zone“ und direkt über dem Gerät strömt ein großer Teil der Luft bereits wieder zurück (erkennbar an den Vektor-Pfeilen).

Bei dem hier verwendeten Luftvolumenstrom von 1000 m³/h erzeugt das Gerät einen Schallleistungspegel von $L_W = 53$ dB(A) und damit an den nächstbenachbarten Schüler-Plätzen Schalldruckpegel um $L_p = 45$ dB(A). Das ist für einen sachgerechten Unterricht um 10 dB zu laut. In der kleinen Stufe von 600 m³/h verringert sich zwar der Schallleistungspegel um etwa 8 dB, sodass das Gerät nur noch um 2 dB zu laut ist. In realen Klassenräumen war bei derart niedrigen Volumenströmen selbst in nur 1 m Abstand keine nennenswerte Luftbewegung mehr zu beobachten. Ein Hinweis auf die Geräuschabstrahlung fehlt in der Veröffentlichung.

Untersuchungen am KIT

Von dem Hersteller MANN+HUMMEL wurde am Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik, eine ähnliche Untersuchung an dem Gerät OurAir TK 850 beauftragt. Anders als bei der UNI-BW fanden diese Untersuchungen (auch) in einem realen Klassenraum statt, in einem Fall sogar unter Anwesenheit von 15 Personen. Der Versuchsablauf ist in der Tabelle 6 beschrieben:

Tabelle 6: Übersicht - Versuchsablauf

1. Messung	OurAir TK 850 an	2. Messung	OurAir TK 850 an	3. Messung	OurAir TK 850 an
Lüften (15 min)	nein	Lüften (15 min)	nein	Lüften (15 min)	nein
Aerosolerzeugung (20 min)	nein	Aerosolerzeugung (20 min)	nein	Aerosolerzeugung (20 min)	nein
Abklingen	nein	Filtern US HEPA (425 m ³ /h)	ja	Filtern US HEPA (850 m ³ /h)	ja

Hier erfolgten also Messungen ohne Betrieb der Raumluft-Filteranlage (1) sowie in den beiden Betriebsstufen 425 m³/h (2) und 850 m³/h (3). Was dagegen fehlt, ist ein „Null-Versuch“, bei dem gemäß den Empfehlungen von 2008 über richtiges Lüften in Klassenräumen^{4 5} für eine „Lüftungspause“ von wenigen Minuten die Fenster geöffnet wurden. Ist diese Kalibrierung des Messverfahrens entfallen? Oder durfte nur

⁴ G. Tiesler, H.-G. Schönwälder, F. Stöver: Gesundheitsfördernde Einflüsse auf das Leistungsvermögen im schulischen Unterricht, Institut für interdisziplinäre Schulforschung (ISF) der Universität Bremen https://www.isf-bremen.de/app/download/15595860025/Wb_30.pdf?t=1493828565

⁵ https://www.landkreis-pfaffenhofen.de/media/9581/frische_luft_fuer_frisches_denken.pdf

nicht darüber berichtet werden? Hier hätte es sich sogar angeboten, den Unterschied zwischen „Kipp-Lüftung“ und „Stoß-Lüftung“ herauszuarbeiten. Schade, dass diese Chance vertan wurde.

Für die Abklingrate ist es gleichgültig, von welchem Startwert man ausgeht. Um vom Grundrauschen der Messapparatur frei zu sein, wird man einen hohen Startwert wählen, deutlich höher als beim natürlichen Atmen. Im Labor hat man die beiden Phasen nacheinander gemessen, also zunächst für eine Weile das Aerosol erzeugt und erst anschließend das Abklingen verfolgt. Im praktischen Unterricht gibt es aber keine zwei Phasen, in denen einerseits die Kinder atmen dürfen und nicht gefiltert wird und sie dann andererseits das Atmen einstellen müssen, während die Filteranlage läuft. Entsprechend hätte man die Aerosolerzeugung während des Filterns weiterlaufenlassen müssen.

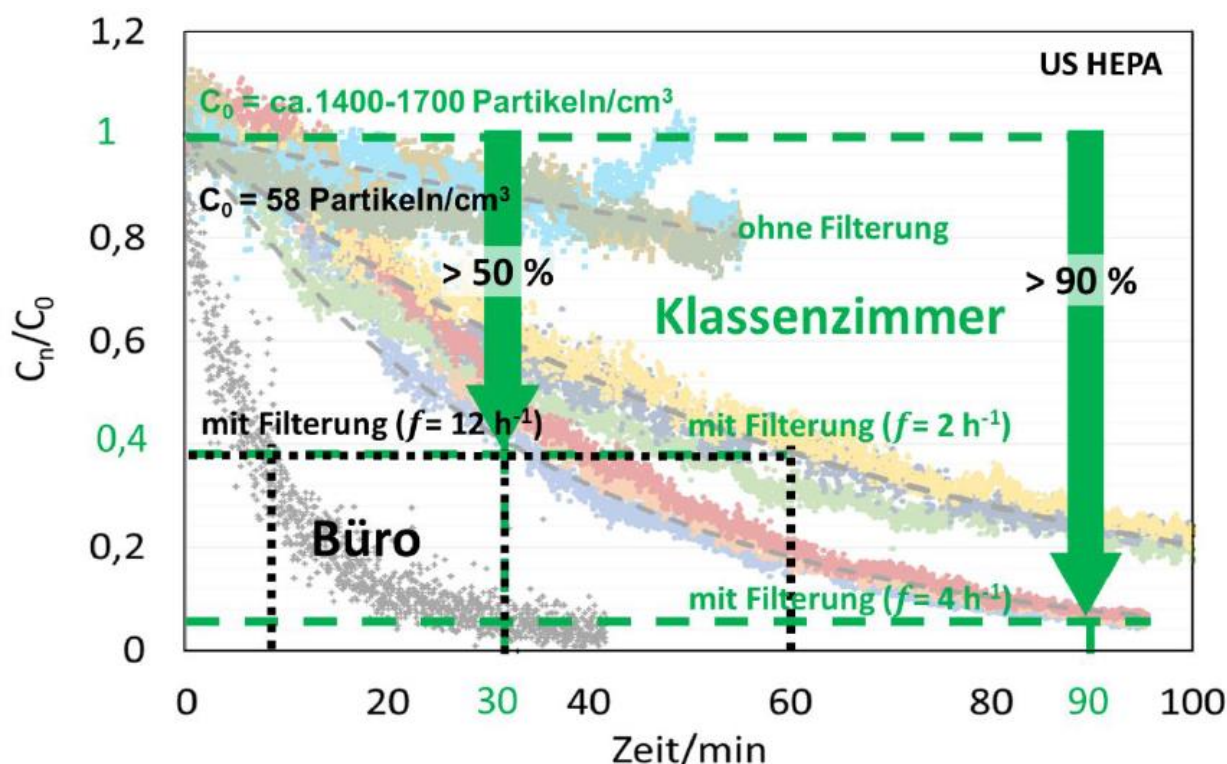


Abbildung 5: Abklingkurven im Klassenzimmer und Büro bei verschiedenen Lüfterleistungen - US HEPA

Die Abbildung 5 des Berichtes zeigt die relative Aerosol-Abnahme nach Beendigung von deren Erzeugung. Nach 90 Minuten (entsprechend einer Schul-Doppelstunde) ist bei (hier nur) vierfacher Luftumwälzung je Stunde die Konzentration um 90 % auf 1/10 abgesunken. Hier wäre wieder ein Vergleich mit dem oben erwähnten „Null-Versuch“ (geöffnete Fenster) ganz besonders interessant. – Ein Schelm, der Böses dabei denkt!

VDI-EE 4300 fordert übrigens: *Die Geräte sollten, unabhängig von der eingesetzten Technologie, beim bestimmungsgemäßen Gebrauch die Konzentration der Viren in der Luft der Aufenthaltszone um 90 % (eine Logarithmus-Stufe) innerhalb einer halben Stunde reduzieren.* 90 Minuten sind dagegen die dreifache Zeit! Und die Angaben der Filter-Hersteller, mehr als 99,9 % der Viren würden beseitigt, bezieht sich nur auf die Viren, welche die Raumluft-Filteranlage durchströmen, nicht auf die Viren in dem gesamten Raumluft-Volumen.

Die Untersuchungen der zeitlichen Entwicklung der Partikelanzahl-Konzentration in einem Klassenzimmer mit 15 Personen bei Schulbetrieb liefen nach demselben Schema ab wie ohne Personen:

Tabelle 9: Versuchsablauf

1. Messung	Our Air TK 850 an	2.Messung	Our Air TK 850 an
Lüften (15 min)	nein	Lüften (15 min)	nein
Aerosolerzeugung durch Personen (45 min)	nein	Aerosolerzeugung durch Personen (45 min)	ja
Abklingen	nein	Filtern HEPA H14 (850 m ³ /h)	ja

Auch hier fehlt wieder der entsprechende „Null-Versuch“ mit Fenster-Lüftung. Die folgende Grafik ist missverständlich, denn nach der obigen Tabelle 9 wurde die

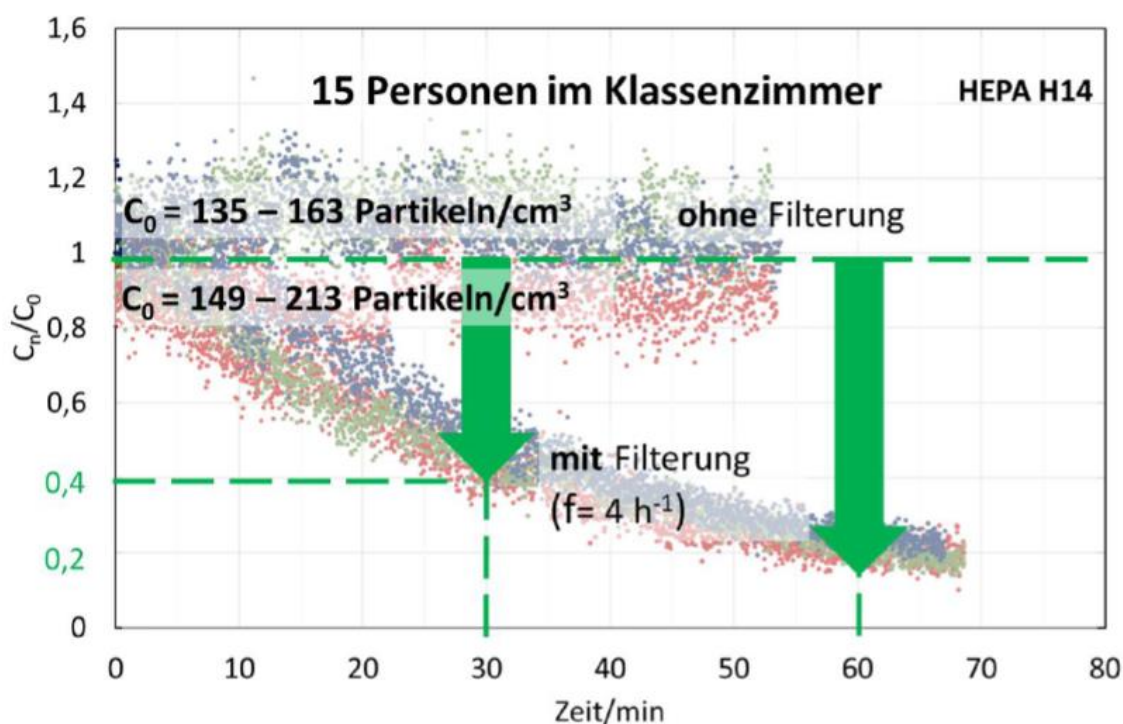


Abbildung 10: Partikelanzahlkonzentration mit und ohne Filterung der Raumluft im Schulbetrieb

Raumluft-Filteranlage erst nach 45 Minuten eingeschaltet (und somit wohl ohne weitere Aerosol-Produktion durch Personen im Raum). Die Grafik suggeriert aber, dass bei Anwesenheit der Personen gefiltert wurde. Woher stammt dann – nach dem vorangegangenen Lüften – die hohe Konzentration am Beginn? Und wie stellt sich im Laufe einer Unterrichtsstunde die Aerosol-Belastung ein, wenn im gelüfteten Klassenraum begonnen wird?

Bei der Untersuchung der CO₂ – Konzentration vs. Partikelanzahlkonzentration soll bei Anwesenheit von 15 Personen in einem Klassenzimmer gemessen worden sein. Das teurere CO₂-Messgerät (gelbe Punkte) erfasste alle 60 s einen Wert und das preiswertere Gerät (braune Punkte) alle 5 min. Letzteres hat aufgrund der seltenen Probennahme eine deutliche Hysterese gegenüber dem ersteren. Bei plötzlichen Veränderungen steigen die Werte langsamer an (gut zu sehen bei 0 min.) und fallen langsamer ab (beim Lüften ab 55 min.).

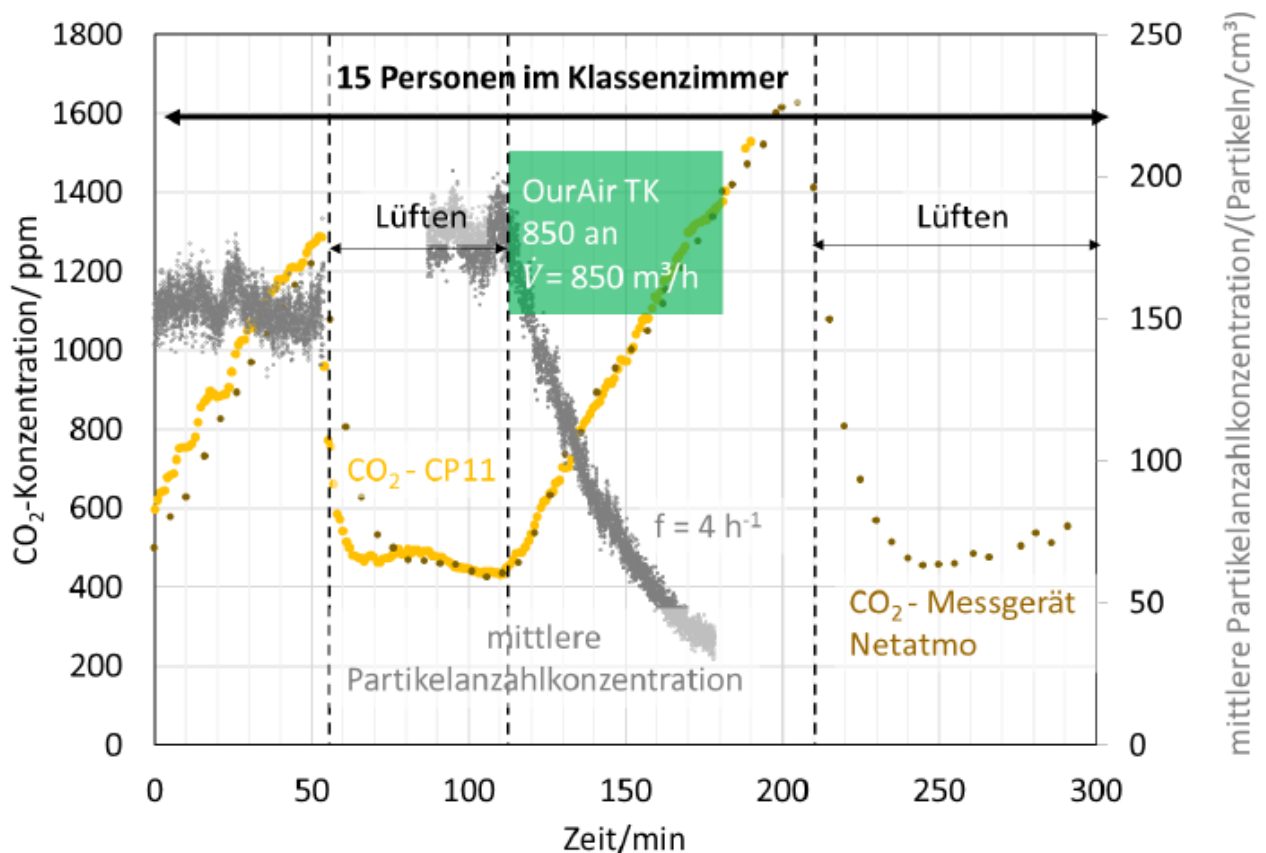


Abbildung 11: Vergleich der CO₂-Konzentration Netatmo vs. CP11

Diese Grafik gibt Anlass zu zahlreichen weiteren Fragen:

- Warum fehlt ab 55 min. die Darstellung der Aerosol-Konzentration? Fiel sie zu schnell ab, als dass sie dargestellt werden durfte?
- Warum gibt es mitten in der ersten Lüftungsphase einen (plötzlichen) Anstieg von 150 Part./cm³ auf 180 Part./cm³?
- Wurde bereits nach einer kurzen Lüftungspause wieder mit einer erneuten Aerosol-Produktion begonnen? Dann wäre die Darstellung der Lüftungszeit falsch.
- Warum bleibt dann aber die CO₂-Konzentration auf dem niedrigen Niveau um 500 ppm?
- Waren in der Zeit die 15 Personen nicht im Klassenzimmer (z. B. wegen Fach- oder Sportunterricht)?
- Zwischen 110 min. und 210 min. steigt die CO₂-Konzentration von etwa 450 ppm linear auf 1650 ppm. In der anschließenden Lüftungsphase versagt das schnellere Messgerät oder wurde ausgeblendet. Man kann also nicht erkennen, dass die CO₂-Konzentration (als Synonym für den Aerosol-Gehalt) schneller wieder abnimmt als bei der Luft-Filterung.
- Eine echte Parallel-Darstellung für CO₂- und Aerosol-Konzentration gibt diese Abbildung – im Gegensatz zur Aufgabenstellung – nicht her.

In diesem Sinne ist auch die Zusammenfassung des Berichtes fragwürdig. Der Eindruck dängt sich auf, als sei hier den Vorgaben des Auftraggebers gefolgt worden:

... dass durch einen qualitativ hochwertigen Luftreiniger (ausgestattet mit einem hoch wirksamen Filtermedium) die Aerosolkonzentration im Innenraum schnell deutlich abgesenkt und auf einem konstant niedrigen Niveau gehalten werden kann. Das verwundert nicht, wenn während des Filter-Betriebes die Aerosol-Produktion abgeschaltet wird.

Durch eine lokale Punktquelle im Raum konnte gezeigt werden, dass die Raumluft bzw. das Aerosol durch den Lüfter homogen im Raum umgewälzt und gleichmäßig an allen Messpositionen gemindert werden kann.

Die Verteilung des Aerosols haben zwei im Klassenraum aufgestellte Ventilatoren bewirkt. Nirgends im Bericht wird festgestellt, dass diese während des Filterns ausgeschaltet waren.

Die Partikelanzahl sank durch das Filtern auf ein niedrigeres Niveau als es durch Lüften erreicht wurde.

Das ist in dem Bericht nirgends belegt. Die Abbildung 11 ist – wie oben beschrieben – dafür zu lückenhaft und unglaubwürdig.

Eine Korrelation zwischen Partikelanzahlkonzentration und CO₂-Konzentration konnte im Rahmen dieser Untersuchungen nicht festgestellt werden.

Das stimmt, denn die Abbildung 11 ist – wie oben beschrieben – dafür zu lückenhaft.

Auch dieser Bericht enthält keinerlei Hinweise auf die Geräuschabstrahlung während des Filter-Betriebes. Die Untersuchungen im Klassenraum mit 15 Personen scheinen nicht während des Unterrichtes ausgeführt worden zu sein. Sonst hätte es sicher „mit 15 Schülern“ geheißen. Nach den (dürftigen) Hersteller-Daten zur Geräuschemission ist das Gerät (wie die aller anderen Hersteller auch) in der hier verwendeten Betriebsstufe von 850 m³/h für einen sachgerechten Unterricht zu laut.

Automatik-Betrieb

Fast alle Hersteller haben in ihre Geräte auch eine „Automatik-Stufe“ integriert. Keiner Bedienungsanleitung der bisher akustisch untersuchten Geräte war aber ein Hinweis darauf zu entnehmen, mit welcher Regelgröße diese Automatik gesteuert wird.

- Die (eigentlich interessante) Virenkonzentration lässt sich nicht direkt erfassen.
- Die CO₂- und die Wasserdampf-Konzentration werden durch die Filterung nicht beeinflusst. Würde man diese als Regelgröße verwenden, dann müsste die Filteranlage den Betrieb erhöhen, wenn nicht gelüftet wird, weil dann CO₂- und Wasserdampf-Gehalt kontinuierlich ansteigen. Andererseits müsste sie den Betrieb verringern, sobald gelüftet wird. Aufmerksame Beobachter könnten damit sofort feststellen, dass die Filteranlagen bei sachgerechter Raumlüftung völlig überflüssig sind.
- Auch die Raum-Temperatur kann man nicht als Regelgröße verwenden, denn sie wird nicht nur durch die Anzahl der im Raum anwesenden Personen beeinflusst, sondern auch durch die Heizung und Wärmeeinstrahlung durch die Fenster.

Hier drängt sich der Verdacht auf, dass die Automatik-Stellung der Geräte eine verkappte niedrige Betriebsstufe darstellt. Die Nutzer sollen sich in Sicherheit wiegen, alles sei „in Ordnung“ und bei dieser niedrigen Stufe nicht in die Gelegenheit kommen, die bei einem sachgerechten Betrieb zu lauten Geräusche zu beanstanden.

Zum Abschluss noch ein Auszug aus VDI-EE 4300-14:

Generell nimmt bei allen Gerätetechniken neben den geräte- und technologiespezifischen Aspekten auch die Frage der sachgerechten Aufstellung der mobilen Geräte vor Ort einen breiten Raum ein. Nur bei sachgerechter Aufstellung ist nämlich in den meisten Fällen überhaupt eine verlässliche Virenreduktion in der Praxis auch erreichbar.

Damit ist es natürlich völlig kontra-produktiv, wenn die Geräte-Hersteller die leichte Verfahrbarkeit ihrer Produkte loben.

Zusammenfassung

Die beiden hier betrachteten Berichte haben ihren Zweck erfüllt, denn sie haben GEW, Politiker und Geldgeber veranlasst, solche Raumluft-Filteranlagen zu kaufen und in Schulklassen aufzustellen. Im wissenschaftlichen Sinne sind die beiden Untersuchungen aber wertlos, denn sie lassen mehr Fragen offen, als sie beantworten.

Zeugen bei Gericht müssen unter Eid nicht nur die Wahrheit sagen, sondern auch die ganze Wahrheit und nichts als die Wahrheit. In diesen Berichten fehlen aber Teile der ganzen Wahrheit.

Falls Sie bis jetzt der Meinung waren, dezentrale Raumluft-Filteranlagen seien alternativlos, dann haben Sie noch immer nicht verstanden, warum das UBA bereits seit langem regelmäßiges Lüften fordert, jetzt aber (widerwillig und nur ganz verhalten) hinzugefügt hat, dass die Filteranlagen hilfreich sein KÖNNEN. Siehe hierzu auch die obigen Fußnoten [4] und [5].