

# Nichtpharmazeutische Interventionen (NPI)

Die folgende Literatursammlung ist privat entstanden, das heißt, ich habe nicht jede Studie auf Plausibilität geprüft. Entsprechende Schlussfolgerungen sind daher mit einem grain of salt zu betrachten.

## Schutzmasken

### Improve Your Mask

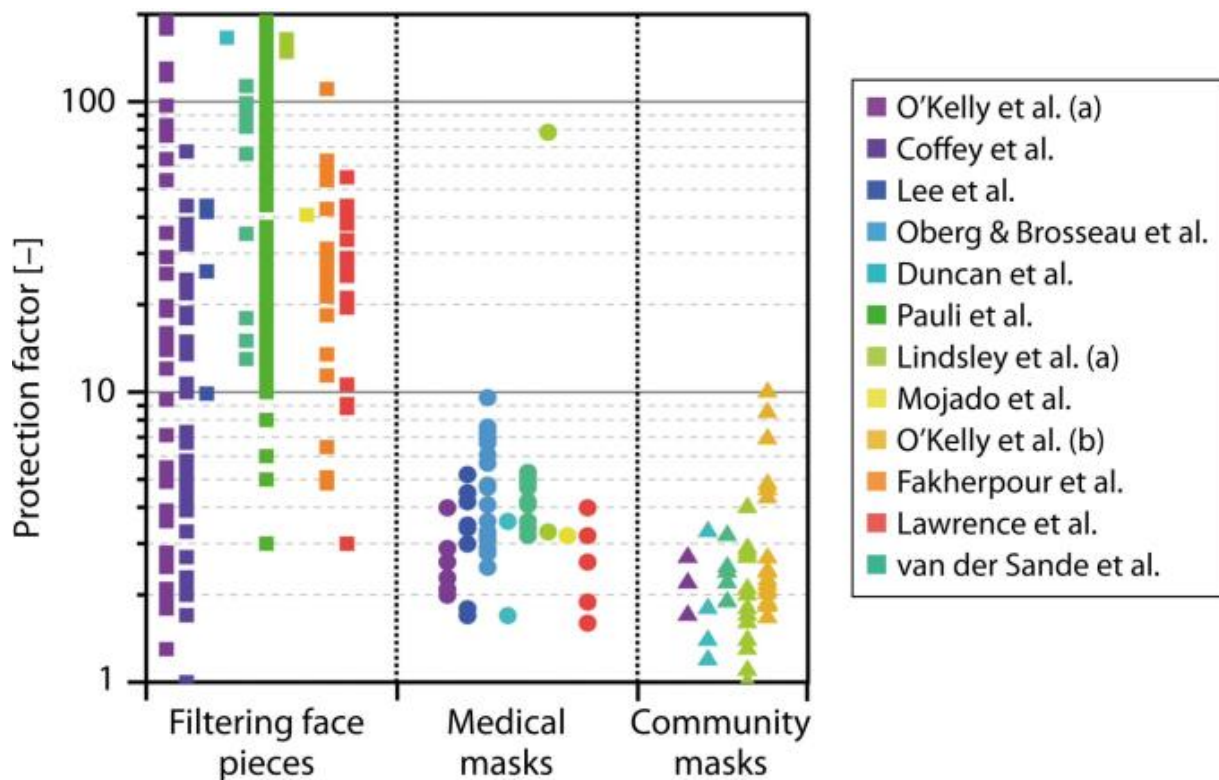


Get a good mask that fits your face and that you will wear. KN95 and N95 can be reused. Assign different mask per day of week. Good until dirty or elastic issues. Avoid handling front of mask after wearing.

Credits: @AuDHDeep1

In einer Studie wurde der Einfluss von FFP2-Ventil-, medizinischen und Stoffmasken auf körperliche/sportliche Aktivität untersucht. Keine der Masken führte zu Abweichungen innerhalb der Normbereiche bei der Verwendung von Fahrradergometern. Lediglich die wahrgenommene Anstrengung beim Atmen war etwas erhöht bei medizinischen Masken.

„The results of the present study provide reason to believe that wearing face masks for infection prevention during the COVID-19 pandemic does not pose **relevant additional physical demands on the user although some more respiratory effort is required.**“ ([Steinhilber et al. 2022](#))



Umfassender Review von [Greenhalgh and et al. \(2024\)](#)

Eine umfassende Übersicht demonstriert die Überlegenheit der FFP2/FFP3 (N95/N99)-Masken eindrucksvoll. Ihr Schutzfaktor liegt deutlich über jenen der medizinischen und Stoffmasken. Bei letzteren beiden zeigte eine experimentelle (freiwillige) Studie, dass gut sitzende Stoffmasken sogar OP-Masken schlagen können ([Lai et al. 2024](#)).

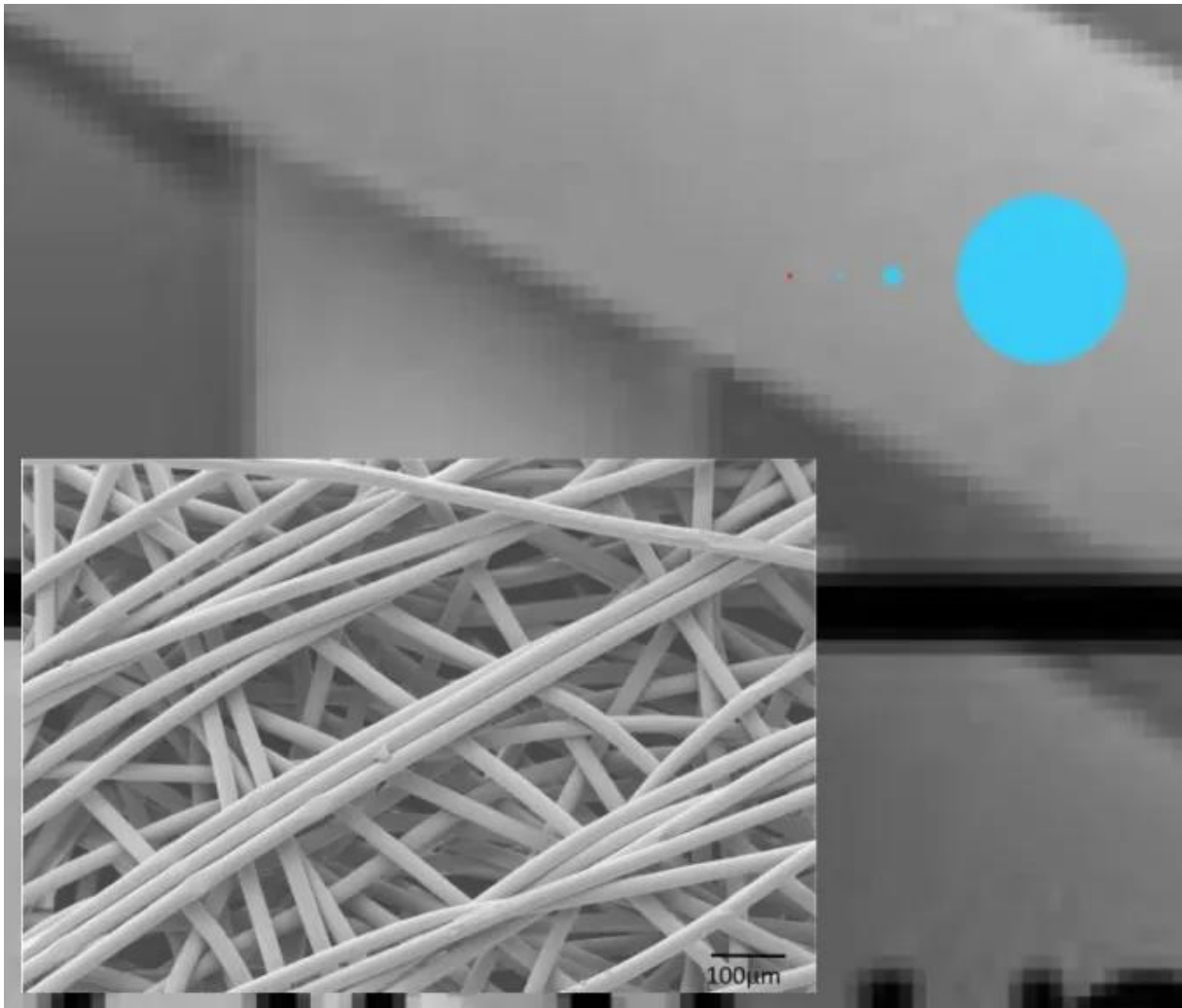
Den Grund dafür sieht man an dieser Abbildung:



Weshalb OP-Masken eine schlechte Schutzmaßnahme sind: Es gibt große Lücken im Nasen-, Wangen- und Kinnbereich. Luft, die ein- und ausgeatmet wird, strömt ungefiltert durch die Lücken, Foto von einer Werbung für „Respirator“ (N95/FFP2) Masken von Koken.

Sie liegen einfach nicht überall eng genug an, sodass Aerosole seitlich ausgeblasen werden können. Das mag in einer Situation ausreichen, wo sich Aerosole nicht akkumulieren können, z.B. draußen oder bei guter Belüftung, sonst aber reicht der Schutz vor Ansteckung nicht aus.

## Funktionsweise der FFP2-Masken



**FFP2-Maske (grau), SARS-2 Viren (rot) und Aerosole (blau):** Die Dicke der Maske ist etwa die Breite des ersten Bildes (1-2mm). *Nackter* Virus sind das eine rote Pixel neben den drei blauen, diese sind kleinste und größte Wasser-Aerosolpartikel, größere wären Tröpfchen.

„Nackte Viruspartikel kommen in freier Wildbahn entweder nicht vor, weil sie immer eine Wasserhülle haben oder sind dann sehr empfindlich und instabil. Aerosolpartikel, vor allem solche mit Viren sind entweder elektrostatisch geladen, oder stark polarisierbar, d.h. wann immer sie sich einer stark elektrostatisch geladenen Oberfläche, wie einer trockenen FFP2-Maske, annähern, werden die davon angezogen. Einmal auf der Faser haften sie dann durch hydrophile, elektrostatische oder van-der-Waals Wechselwirkungen. Kleine Aerosolpartikel können daher nicht ungehindert durch eine trockene FFP2 Maske “durchfliegen”. Ist die Oberfläche einmal **kontaminiert/verschmutzt**, wird die elektrostatische Aufladung immer schwächer, auch wenn die Oberfläche trocken ist. Daher: Maske öfters wechseln!” (Erklärung von Raphael Berger, Chemiker Uni Salzburg)

### 4 Filtermechanismen:

- **Inertial impaction:** Partikel mit zu viel Trägheit aufgrund ihrer Größe oder Masse können dem Luftstrom nicht folgen, wenn er um eine Filterfaser abgelenkt wird. Dadurch werden größere Partikel gesammelt.

- **Interception:** Wenn Partikel nahe der Filterfaser vorbeiströmen, können sie von der Faser aufgefangen werden. Das sammelt ebenfalls größere Partikel.
- **Diffusion:** Kleine Partikel werden ständig von Luftmolekülen bombardiert, die sie vom Luftstrom abweichen lassen und dann mit der Filterfaser kollidieren. Damit werden kleinere Partikel gesammelt.
- **Elektrostatische Anziehung:** Entgegengesetzt geladene Partikel werden von der geladenen Faser angezogen. Das gilt unabhängig von der Partikelgröße

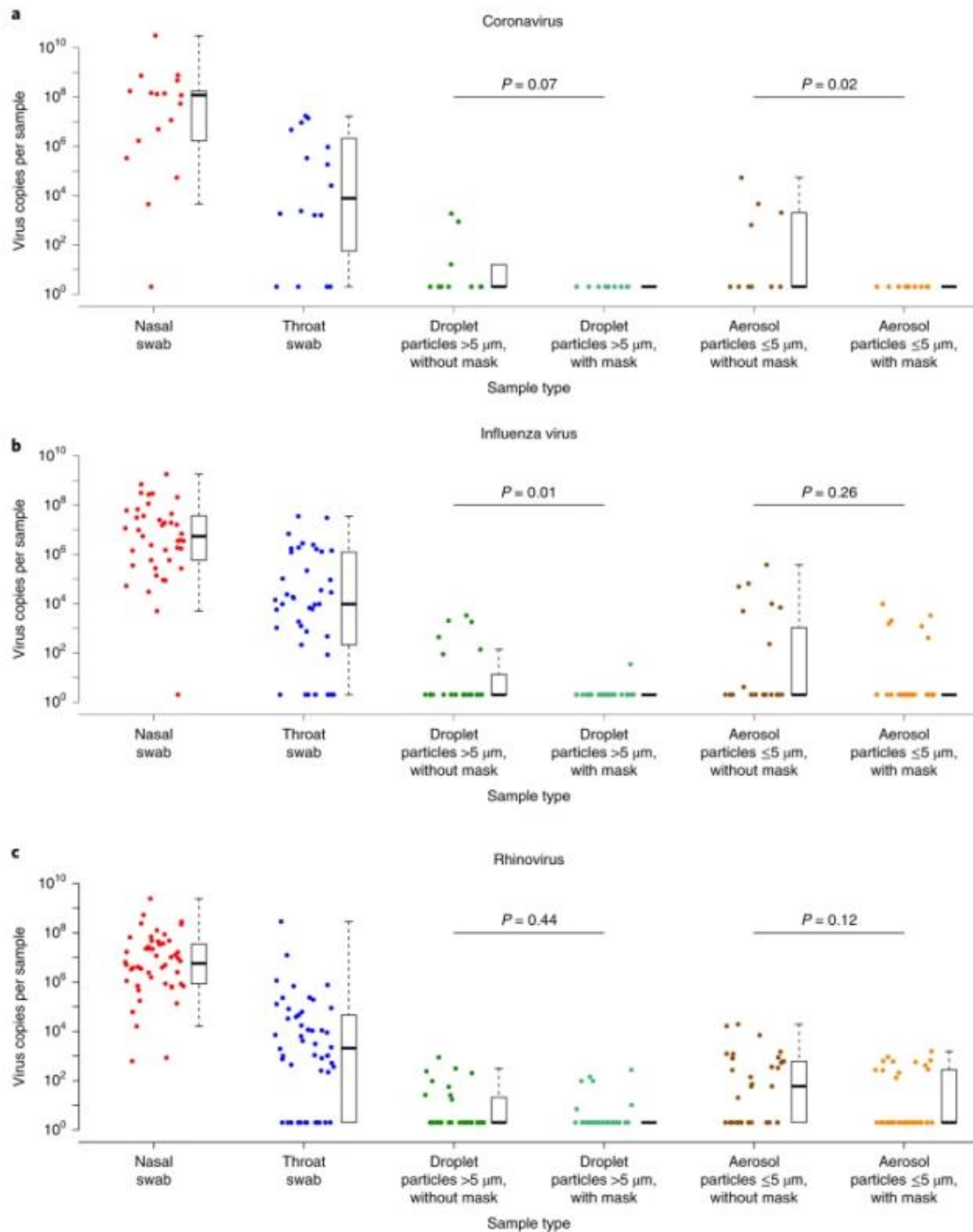
Zur Überlegenheit der FFP2/FFP3-Masken gegenüber OP- oder Stoffmasken sind weitere Studien erschienen, die ich der Vollständigkeit halber anführe ([Duncan et al. 2021](#), [Andrejko et al. 2022](#), [Dörr et al. 2022](#), [Dörr et al. 2024](#)).

Für den Dichtsitz ist wichtig, dass die Haut rasiert ist – schon 1cm Bart reduziert die Schutzwirkung von FFP2-Masken auf 60%, bei medizinischen Masken und Stoffmasken ist sie selbst bei glatt rasierter Haut nur noch bei 10-30% ([Prince et al. 2022](#)).

Entgegen vieler Aussagen zu Pandemiebeginn kann man sich durch unsachgemäße Handhabung an FFP2/OP-Masken nicht anstecken, weil kaum oder kein infektiöses Virus auf diesen Masken vorhanden ist. Bei Stoffmasken ist das anders, wahrscheinlich aufgrund der höheren Feuchtigkeit, aber selbst da ist die Schmierinfektion zu hinterfragen ([Pan et al. 2023](#)).

## Wirksamkeit von OP-Masken gegen gewöhnliche Coronaviren, Influenza und Rhinoviren:

**Fig. 1: Efficacy of surgical face masks in reducing respiratory virus shedding in respiratory droplets and aerosols of symptomatic individuals with coronavirus, influenza virus or rhinovirus infection.**



Wirksamkeit von OP-Masken zur Verhinderung von saisonalen Coronaviren, Influenzaviren und Rhinoviren ([Leung et al. 2020](#))



Das Paper wurde noch vor der Pandemie geschrieben und bezieht sich auf saisonale Coronaviren (NL63, OC43, etc.). Zudem wurde hier der veraltete Schwellenwert von 5µm zur Unterscheidung von Tröpfchen und Aerosolen verwendet. Korrekt sind 100µm. Auffallend ist dennoch, dass Corona- und Influenzaviren von OP-Masken recht effektiv blockiert werden, nicht jedoch Rhinoviren. OP-Masken verringern Atemwegseffekte ([Solberg et al. 2024](#)).

## Die Wirksamkeit vom Masken tragen ist mehrfach bewiesen worden

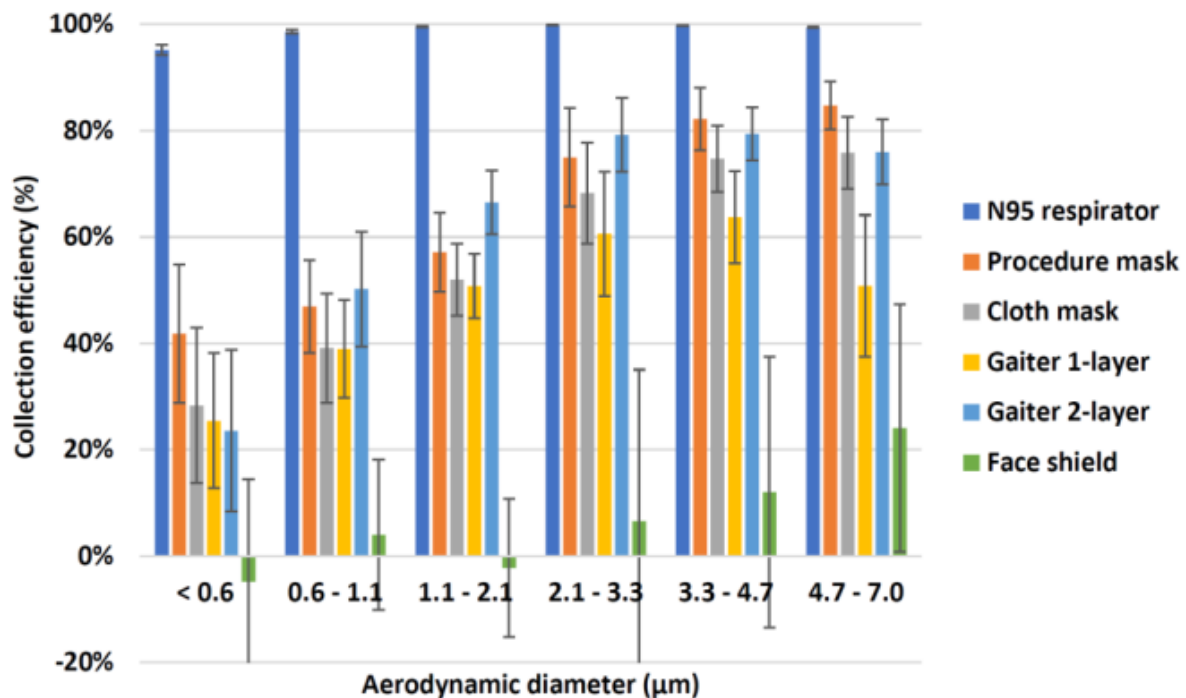
- als Community Effect ([Mitze et al. 2020](#), [Alihsan et al. 2022](#), [preprint](#), [Cheng et al. 2021](#), [Leech et al. 2022](#), [Cash-Goldwasser et al. 2023](#), [Peng et al. 2024](#))
- [in China auch gegen verschiedene Varianten](#) (Ge et al. 2023)
- in Schulen ([Chernozhukov et al. 2021](#))
- im individuellen Fall wie etwa im eigenen Haushalt ([Sun et al. 2023](#))
- Masken machen die Nutzung des öffentlichen Verkehrs um 93% sicherer ([Ku et al. 2021](#), [Bridget and Kuehn 2022](#))
- Masken halten außerdem die Nase warm, was in der kalten Jahreszeit die Immunabwehr unterstützt ([Huang et al. 2022](#))
- Der Cochrane-Review, der Zweifel zur Wirksamkeit von Masken verbreitet hat, enthielt quantitative Fehler ([Bar-Yam et al. 2023 preprint](#))
- Der Effekt von Masken, die Community-weit getragen werden, ist allerdings erst mit Verzögerung von ein paar Wochen messbar ([Huang et al. 2022](#))

## Chronologie zu Masken

Zu Beginn der Pandemie gab es durch die mangelnde Vorbereitung des Westens auf künftige Pandemien einen akuten Mangel an Schutzmasken. Aufgrunddessen hat die WHO einen **verhängnisvollen Fehler** begangen und Masken für die Allgemeinbevölkerung als nicht notwendig kommuniziert. Im Einklang mit nationalen Gesundheitsbehörden wurde zudem behauptet, Aerosole entstünden nur bei aerosolgenerierenden Prozeduren im Spital (z.B. Intubieren) und am effektivsten sei das Händewaschen gegen Krankheitsübertragung. Die Tröpfcheninfektion ist vielfach bis heute noch der „aktuelle“, aber leider veraltete Kenntnisstand, da Aerosole der dominante Übertragungsweg sind.

In der Anfangszeit haben wir vielfach **Stoffmasken** getragen, deren Filtereigenschaft leider nicht ausreicht, um die winzigen Aerosole mit hoher Effektivität abzublocken ([Drewnick et al. 2020](#), [Lindsley et al. 2020](#), [Clapp et al. 2021](#)). Damals gingen die Gesundheitsbehörden allerdings noch von Tröpfchenübertragung aus.

Face Shields hatten nie nennenswerte Schutzwirkung ([Lindsley et al. 2014](#), [Verma et al. 2020](#)). Während das Schweizer Gesundheitsamt [schon im Juli 2020](#) vor Gesichtsvisieren warnte, dämmerte es dem damaligen österreichischen Gesundheitsminister Anschöber [erst im Herbst 2020](#) und sie wurden ab November mit quälend langer Übergangszeit verboten.



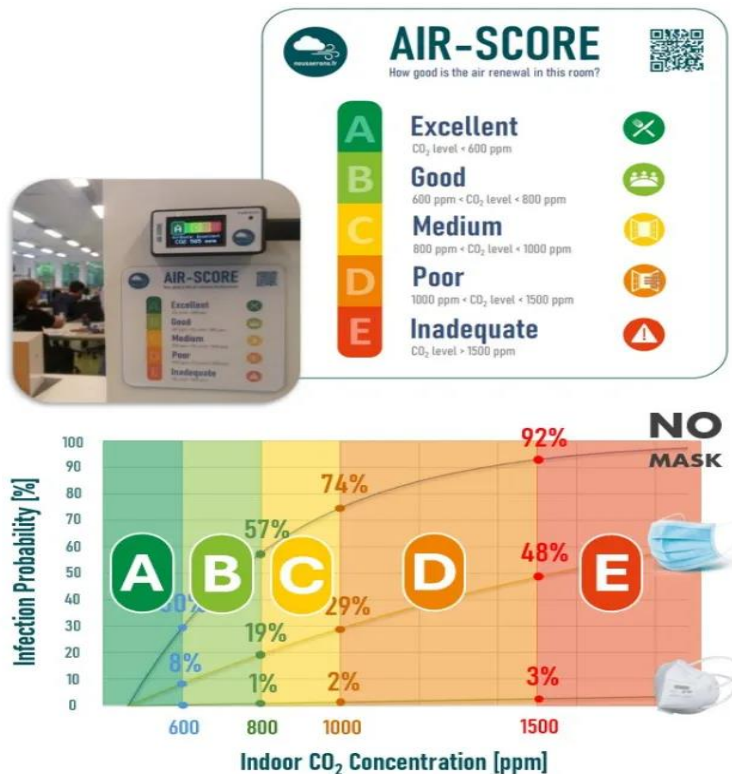
Filter-Effizienz bei verschiedenen Aerosol-Größen von FFP2-Masken (N95), einfachen OP-Masken (Prodecure mask), Stoffmasken, Halstuch 1- und 2-lagig (gaiter), Gesichtsvision (Face Shield), Quelle: [Lindsley et al. 2020](https://doi.org/10.1016/j.jlme.2020.100000)

Eine der ersten Studien, die die Filtereffizienz verschiedener Stoffe gegen verschiedene Aerosol-Durchmesser untersuchte, zeigte die hohe Wirksamkeit von FFP2-Masken, besonders sichtbar bei den kleinsten Aerosolen. Stoffmasken standen nur wenig hinter den OP-Masken zurück.

Im Jänner 2021 wurde dann mit Begründung der „ansteckenderen Britischen Variante“ die FFP2-Maskenpflicht eingeführt. Die Infektiösität änderte jedoch nichts an der Physik der Aerosole. Sie waren gleich groß wie vorher. Die österreichische Regierung wollte damit ihre Inkompetenz verbergen, dass man schon im Vorjahr auf FFP2-Masken hätte setzen sollen. Es gab jedoch nie eine Aufklärungskampagne der Gesundheitsbehörden dazu, wie man die Masken korrekt trägt und regelmäßig wechseln sollte. Die AGES verwies überhaupt gleich auf die Seite des deutschen Robert-Koch-Instituts (RKI) bzw. zur Europäischen Seuchenbehörde ECDC. Als die Infektionszahlen im Sommer 2021 wieder unten waren, wurde die Maskenpflicht gelockert, als ob die Aerosole plötzlich verschwunden sind. Ich erinnere mich daran, wie Umweltmediziner Hutter vorschlag, wieder auf Stoffmasken umzusteigen, aber was war physikalisch im Sommer in geschlossenen Räumen anders als im Winter? Die FFP2-Maske schützte immer gleich gut. Das Virus war im Sommer nicht weniger ansteckend, es gab nur einfach insgesamt weniger Virus. Und es hätte noch weniger gegeben, wenn man die Grundmaßnahmen einfach beibehalten hätte.

## Ventilation (Frischluftzufuhr)

„Bad air (...) promotes the spread of contagious disease, and not infrequently makes closing as a prevention necessary. Schools which have suffered such almost yearly loss of weeks have, after the introduction of good ventilation, been for years free from such interruption.“ [S.H. Woodbridge, Heating and Ventilation, Technology Quarterly](#) (1888 – inklusive CO<sub>2</sub>-Messungen)

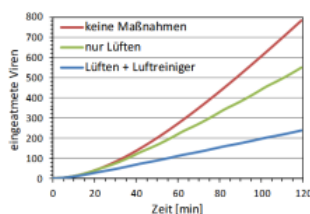
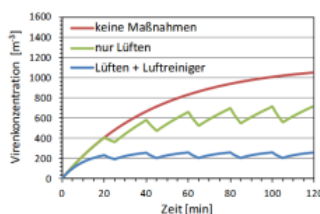


Infektionswahrscheinlichkeit bei bestimmten CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in geschlossenen Räumen (OHNE zusätzliche Luftreiniger), abhängig von Maske tragen, n = 4 Personen, davon eine infiziert, [Iwamura and Tsutsumi \(2023\)](#)

### Einfluss von Luftreinigern auf das Infektionsrisiko

- typischer 40 m<sup>3</sup> Wohnraum mit einer infektiösen Person
- alle 20 min Öffnen der Fenster für jeweils 5 min
- Annahme: vier Luftwechsel pro Stunde (ACH)
- optional zusätzlicher Luftreiniger mit gleicher Luftwechselrate

**Süddeutsche Zeitung**  
Umweltbundesamt: Lüften statt  
Luftfilter in Schulen



- zusätzlicher Luftreiniger reduziert die Zahl inhalierter Viren um mehr als Faktor 2  
→ Luftreiniger als hilfreiche Zusatzmaßnahme, aber nicht als Ersatz fürs Lüften

[Schuhmacher et al., Untersuchungen an Luftreinigern in verschiedenen Räumlichkeiten, 30.05.23](#)

[Morawska et al., Lessons from the COVID-19 pandemic for ventilation and indoor air quality \(25.07.24\)](#)



„Ein wichtiges Ergebnis der Studie ist auch, dass eine ineffiziente Lüftung durch Fenster, Türen oder Abluftanlagen stets durch **mobile Raumlufthereiniger** verbessert werden kann. Leistungsfähige Raumlufthereiniger sind aber auch ohne Fensterlüftung in der Lage, die Virenlast in einem Raum auf einen niedrigen Niveau zu halten, oder eine hohe Virenlast schnell zu reduzieren, da sie im Gegensatz zur Stoßlüftung **kontinuierlich für eine Reduktion der Virenlast** sorgen und weil die Filterleistung völlig unabhängig davon ist, ob es ausreichend Fenster in den Räumen gibt, die Menschen bereit sind zu Lüften oder die Temperatur- und Windbedingungen einen Luftaustausch überhaupt physikalisch ermöglichen können.“

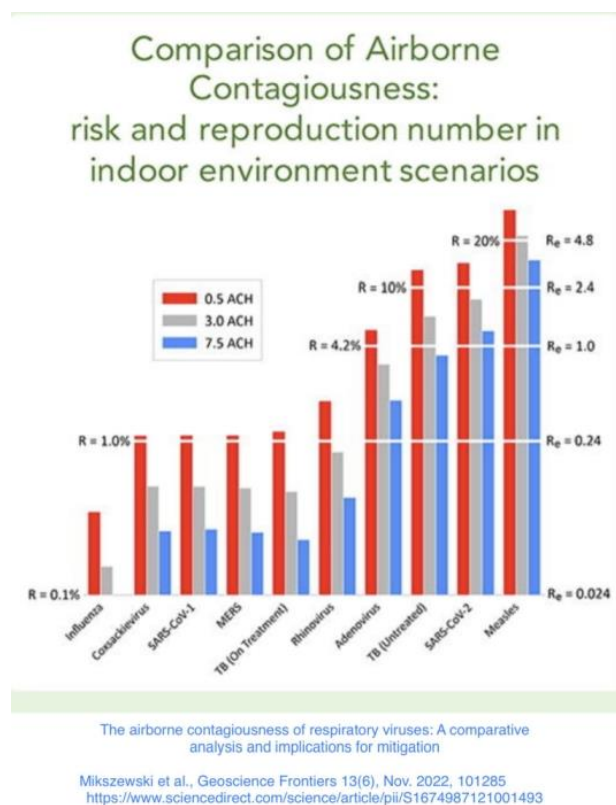
([Kähler et al. 02/2021](#))

Die Zufuhr sauberer Frischluft ist der zentrale Faktor in der dauerhaften Verringerung von Infektionsrisiken, aber auch von Luftschadstoffen allgemein wie Allergenen oder Feinstaub – so führt die **chronische Exposition gegenüber Feinstaub zu erhöhtem Risiko für Herz-Kreislauf-erkrankungen** ([Wei et al. 2024](#)).

Erhöhte Kohlendioxid-Werte beeinträchtigen kognitive Fähigkeiten ([Young et al. 2024](#), [Dedesko et al. 2025](#)).

An oberster Stelle sollte die Frischluftzufuhr über Lüftungsanlagen und Lüften stehen. Wenn diese aus welchen Gründen auch immer nicht möglich ist, empfiehlt sich der kombinierte Einsatz mit mobilen Luftreinigern mit HEPA13-Filtern.

Ausführliche und fachkundige Infos hierzu gibt es bei der [Initiative Gesundes Österreich \(IGÖ\)](#) sowie in dieser [internationalen Übersicht](#).



$R_e$  bei verschiedenen Luftwechselraten und Erkrankungen, die über die Luft übertragen werden. Achtung: Die Y-Achse ist logarithmisch! Aus [Mikszewski et al. 2022](#)

# Covid19-Übertragungsrisiko über die Luft abschätzen durch CO2-Messung

- kleine Aerosole
- große Aerosole
- Tröpfchen > 100µm

CO2 in der Atmosphäre  
ausgeatmetes CO2

| CO2-Messung in ppm (parts per million) | % Anteil Ausatemluft an Gesamtluft | Risikostufe  | WHO-Limit für CO2 (unter normalen Umständen ohne Pandemie) |
|--|------------------------------------|--------------|--|
| 420                                    | 0%                                 | Normal       |  |
| 600                                    | 0.5%                               | Risikant     |  |
| 700                                    | 0.71%                              | Riskanter    |  |
| 800                                    | 1%                                 | Sehr riskant |  |
| 1000                                   | 1.5%                               |              | WHO-Limit für CO2 (unter normalen Umständen ohne Pandemie) |
| 2400                                   | 5%                                 |              |  |

Bestehendes CO2 in der Atmosphäre

Bestehendes CO2 und ausgeatmete Luft

Bestehendes CO2 und ausgeatmete Luft bei Menschenansammlungen

CO2 in der Atmosphäre  
ausgeatmetes CO2

kleine Aerosole  
große Aerosole  
Tröpfchen > 100µm

0%  
Normal

0.5%  
Risikant

0.71%  
Riskanter

1%  
Sehr riskant

1.5%  
WHO-Limit für CO2 (unter normalen Umständen ohne Pandemie)

5%  
😞

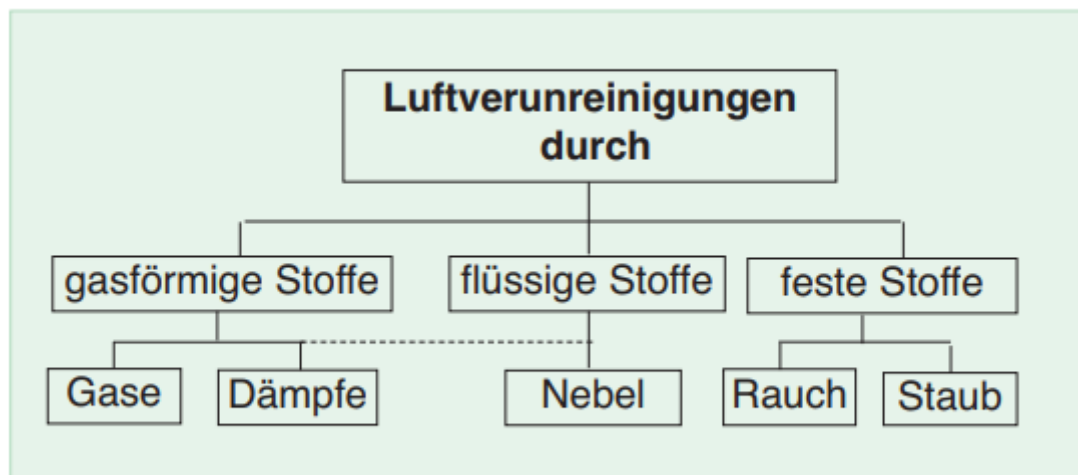
References: <https://www.noaa.com/deep/articles/PM25/660962>  
<https://pubs.aop.org/doi/10.1021/acs.est.1c00788>  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7775173/>  
<https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2020.03.10.338100>

Compiled by ZCT

ZERO COVID THAILAND

### Wichtige Größen:

- **CADR:** Clean Air Delivery Rate – wie viel saubere Luft kommt aus dem Luftreiniger (Einheit cubic feet per minute, CFM, oder cubic meters per hour (m³/h), Herstellerangaben beachten
- **ACH:** Air Change per Hour (Luftwechselrate) – Angabe in Zahlen, z.B. 4 heißt, dass das gesamte Raumluftvolumen 4x pro Stunde mit Frischluft ersetzt wird, bei Luftreinigern wird die Luft nicht ausgetauscht, sondern gefiltert, Berechnung:  $ACH = CADR / \text{Raumvolumen}$
- **Rechtliche Grundlagen für Innenraumluft am Arbeitsplatz:** § 22 Absatz 3 Arbeitsschutzgesetz (ASchG) und Raumklima § 28 AStV



### Luftverunreinigungen

Es gibt drei Arten von Luftverunreinigungen – für CO<sub>2</sub>-Messungen relevant sind Gase, die durch Luftreiniger nicht entfernt werden können, zu den flüssigen Stoffen würden hier auch virusbeladene Aerosole (winzige Tröpfchen) zählen, die sowohl Lüften als auch Luftreiniger entfernen können.

- Lufttemperatur: **19-25°C im Büro**, maximal 0,10 m/s Luftgeschwindigkeit (3min-Mittelwert, stabile Strömungsverhältnisse erforderlich),
- Relative Luftfeuchte: **40-70% bei Klimaanlage**
- „Laut § 27 AStV sind Arbeitsräume daher **mechanisch** zu be- und entlüften, wenn die **natürliche Lüftung nicht ausreicht**, insbesondere wenn die erforderlichen Lüftungsquerschnitte nicht erreicht werden oder trotz Einhaltung der erforderlichen Lüftungsquerschnitte eine ausreichend gute Luftqualität nicht gewährleistet werden kann.“ (S.13, [Lüftung am Arbeitsplatz, AUVA](#))
- Ein Problem hierbei ist insbesondere die Entstehung von Zugluft (>> 0,10 m/s), die durch Stoßlüften entsteht. Lärmbelastung durch Lüftung ist ebenso oft ein Thema, vor allem innerstädtisch, etwa in Therapie- und Beratungsräumen. Weiters können auch durch das Lüften Schadstoffe in den Raum gelangen, z.B. Pollen, Gülle/Kerosingeruch, Rauchentwicklung). Wenn keine mechanische Abluftanlage vorhanden ist, bleiben nur Luftreiniger, um zumindest Schadstoffe aus der Luft zu entfernen.
- „Laut der Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft des BMK ist in Räumen, in denen geistige Tätigkeiten verrichtet werden oder die zur Regeneration dienen, ein mittlerer CO<sub>2</sub>-Wert von 1000 ppm einzuhalten. Lüftungskonzepte und -techniken sowie ggf. der Einsatz von Luftreinigern ersetzen nicht die allgemein bekannten Schutzmaßnahmen gegen Infektionen. Sie bieten zudem keinen wirksamen Schutz gegenüber einer Exposition durch direkten Kontakt bzw. Tröpfcheninfektion auf kurzer Distanz.“

Betrieb von Luftreinigern eine ausreichende hygienische Lüftung nicht ersetzen kann. Es sind folgende Prioritäten zu setzen:

- Intensiveres Lüften über Fenster oder durch Einsatz von zentral oder etagenweise eingebauten raumluftechnischen Anlagen.
- Durch eine Verbesserung der Außenluft- bzw. Frischluftzufuhr über Fensterlüftung und bedarfsgeregelte Lüftungsanlagen mit Wärme- und ggf. Feuchterückgewinnung ist eine energiesparende, langfristige Prävention in Bezug auf Erkrankungen durch virenbeladene Aerosole möglich.
- Wenn der Einbau von raumluftechnischen Anlagen nicht realisierbar ist, sollte durch Verringerung der Anzahl der Nutzer des Raumes die Risikosituation verbessert werden.
- Nur wenn die vorher genannten Punkte nicht realisierbar sind, können Luftreiniger eingesetzt werden, die das eingeschränkte Lüften in Bezug auf eine Risikominimierung in Pandemiezeiten ergänzen, jedoch keinesfalls ersetzen.

[schreibt das Arbeitsinspektorat](#) (Text etwas älter, da noch von Maßnahmen einhalten geschrieben wird)

## CO<sub>2</sub>-Messgeräte als Zeiger für Luftqualität in Innenräumen

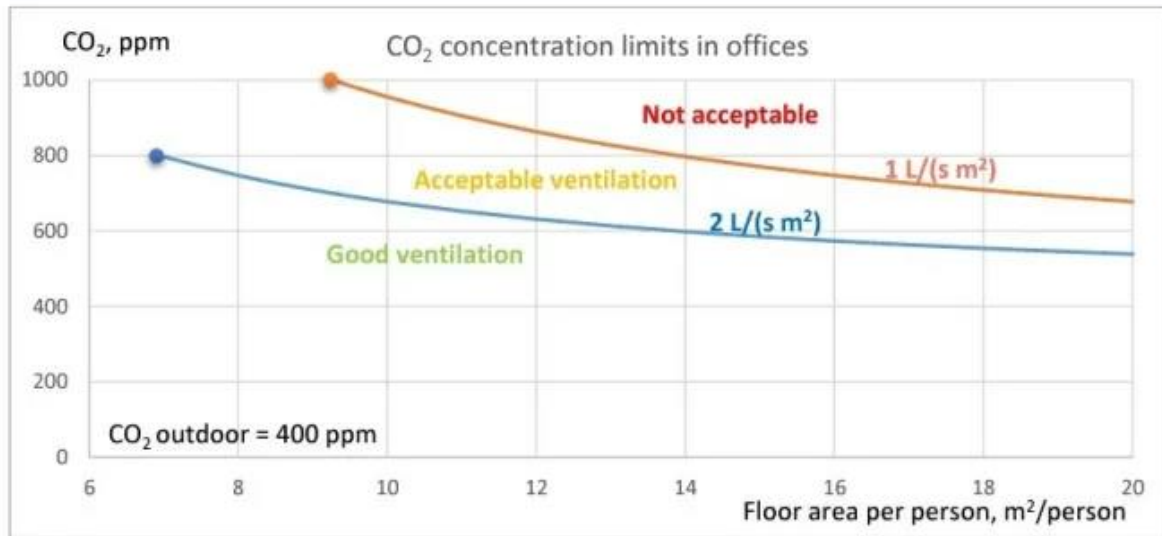


Figure 8. CO<sub>2</sub> concentration (absolute values that include outdoor concentration) dependency on ventilation rate and occupancy in offices.

[REHVA Covid19 Guidance](#) (2021) für Innenräume, Beispiel: Bei 5 Personen in einem 65qm großen Büro hat man eine Fläche von 13qm pro Person und ab 800ppm ist die CO<sub>2</sub>-Konzentration inakzeptabel.

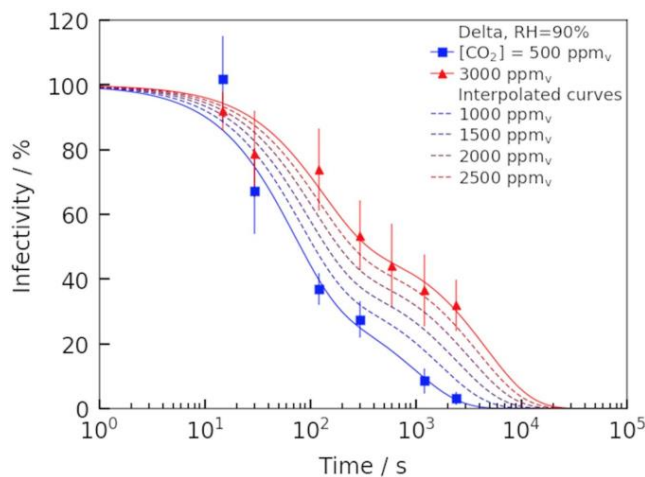
Je mehr ausgeatmet wird, desto mehr Kohlendioxid befindet sich in der Luft. Damit kann CO<sub>2</sub> gemessen als indirekter Indikator für potentiell infektiöse Aerosole fungieren. Vorsicht: Hoher CO<sub>2</sub>-Wert kann keine Ansteckungsgefahr bedeuten, wenn kein Infizierter im Raum ist, umgekehrt, wenn eine positive Person aus dem Bus ausgestiegen ist, und die CO<sub>2</sub>-Werte niedrig sind, kann die Ansteckungsgefahr trotzdem hoch sein.

CO<sub>2</sub>-Werte sind kein guter Indikator für das Infektionsrisiko, wenn es eine HEPA-Filteranlage oder mobile Luftreiniger im Raum gibt, aber CO<sub>2</sub>-Konzentration senken ist unabhängig davon notwendig, um kognitive Fähigkeiten aufrechtzuerhalten.

Übertragung auf **kurze Distanz** ist bei niedrigen CO<sub>2</sub>-Werten NICHT ausgeschlossen – das verhindert nur eine gut sitzende FFP2-Maske. Die Übertragung auf große Distanz ist aber entsprechend geringer. Der CO<sub>2</sub>-Wert sagt einem, ob das relative Risiko geringer ist, sich anzustecken, sodass man die Maske abnehmen kann, um etwas zu essen oder zu trinken.



## CO<sub>2</sub> ist nicht nur Proxy für die Luftqualität, sondern beeinflusst direkt die Aerosol-Übertragung



Zerfallsraten infektiöser Viruspartikel bei verschiedenen CO<sub>2</sub>-Werten, aus Haddrell et al. 2024

Untersuchungen haben ergeben, dass 90% der anfänglichen Viruslast in der Luft nach 20 Minuten inaktiviert wird ([Oswin et al. 2022](#)). Für die Stabilität der Aerosole spielt der Säuregehalt eine wichtige Rolle ([Haddrell et al. 2023](#)). Beim Ausatmen steigt der pH-Wert des Aerosols innerhalb weniger Sekunden stark an (> 10), da sich das CO<sub>2</sub> (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) auflöst, welches das Tröpfchen verlässt. Das Gleichgewicht verschiebt sich und die Säure im Tröpfchen verringert sich, wodurch der pH-Wert ansteigt. **Erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der Atmosphäre begrenzen das Ausmaß der Gleichgewichtsverschiebung**, das heißt, beeinflussen den maximalen pH-Wert des Aerosols. **Das Virus ist in dieser Region sehr empfindlich auf den pH-Wert (>10), jede kleinste Änderung hat einen großen Effekt auf die Stabilität des Aerosols.**

Was bedeutet das? Wenn der hohe pH-Wert des Atemwegströpfchens den Verlust der viralen Infektiosität antreibt, bedeutet **jede Zunahme der CO<sub>2</sub>-Konzentration eine Beeinflussung der Virusstabilität**. Wenn die CO<sub>2</sub>-Konzentrationen längere Zeit hochbleiben, nimmt die Zerfallsrate des Virus langsamer ab, nach 40 Minuten ist also die mehr als zehnfache Menge des Virus immer noch infektiös in der Luft. CO<sub>2</sub>-Werte spielen dabei wahrscheinlich eine größere Rolle als die relative Luftfeuchte. ([Haddrell et al. 2024](#))

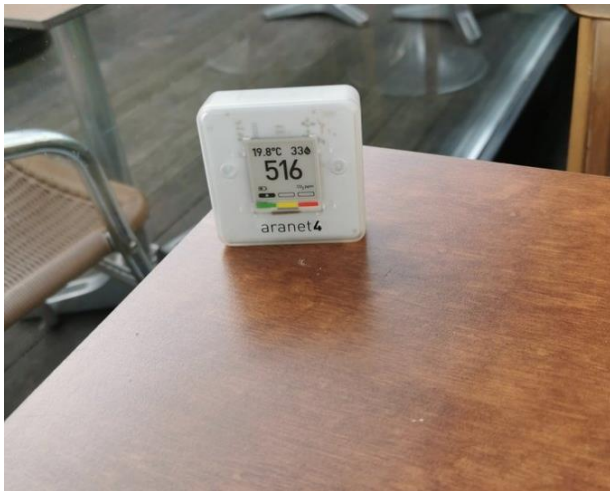
Die inhalierte Virusmenge lässt sich leicht verringern: Abstand, FFP2-Maske und Lüften/Luftreiniger.

**Beachte: Luftreiniger entfernen keine Gase aus der Luft. CO<sub>2</sub>-Werte werden in einem Raum mit Personen steigen, obwohl der Luftreiniger auf Hochtouren läuft.**

CO2-Messgeräte:

[Al Haddrell: Dynamics between CO2 and airborne transmission](#) (Youtube, 7.11.24, 12min 27)

[Joey Fox: COVID Is Airborne.CO2 Sensor Can Help Stop It](#) (30.06.22)



*Rechts: Das Aranet4 im Frühstückslokal „An-Do“ am Yppenplatz, erster Tisch gleich neben dem Eingang, links: Aufzeichnungen während dem Aufenthalt im Lokal. Die gelben Zacken zu Beginn und am Ende stammen von der Fahrt mit der Linie 44 (Straßenbahn). Die CO2-Werte lagen durchwegs unter 600ppm und damit sehr niedrig – mit genügend Abstand zu anderen Gästen war ein halbwegs sicherer Aufenthalt gewährleistet.*

Für Messungen kann ich das Aranet4, das Brennenstuhl C2ML4050 und das HAMA empfehlen, je nach Preisklasse mit steuerbarer App und Akku/USB. Manche gibt es im [praktischen Schlüsselanhänger-Format](#) oder [noch kleiner in Signalfarben](#). Wichtig ist vor allem ein verbauter NDIR-Sensor.

**Ich kann nur dazu ermutigen, immer ein CO2-Messgerät einzupacken, weil man damit das Interesse wecken kann. So kann man auch Fachkräfte überzeugen, regelmäßiger zu lüften oder sich einen Luftreiniger anzuschaffen, um die Luftqualität dauerhaft hoch zu halten.**

## Arbeitsplatz

Der Arbeitgeber hat nach § 4 ASchG die Pflicht zur Evaluierung der konkreten Gefahrenquellen am Arbeitsplatz und Festlegung von Vorkehrungen nach dem **TOP-Prinzip** (technisch – organisatorisch – persönlich).

- **Technische Maßnahmen** sind etwa – und das kommt oftmals zu kurz – richtig eingestellte UND nach den Normen und Herstellervorgaben gewartete Raumlüftungen oder räumliche Abtrennungen (Trennwände, Diskretions- und Abstandsbereiche, Raumteiler).
- **Organisatorische Schutzmaßnahmen** betreffen vor allem die Minimierung der anwesenden Personen (vermehrtes Homeoffice, Staffelung des Arbeitsbeginns, Bildung fixer Teams), Zutrittskonzepte für betriebsfremde Personen, aber auch stark personenbezogene Nutzung von Werkzeugen & Arbeitsmitteln
- **Persönliche Maßnahmen** folgen dort, wo Technik und Organisation allein nicht ausreichen, um die konkreten Gefahr im Betrieb einzudämmen (Stichwort: Anwesenheit von Risikopersonen). Dazu gehören insbesondere Schutzmasken (MNS, dann FFP2) bzw. Handschuhe (v.a. im Gesundheitsbereich).

*„Eine ausreichende Frischluftzufuhr ist auf jeden Fall die beste Lösung für Arbeitsräume, da Viren und veratmete Luft regelmäßig durch Frischluft ersetzt wird. Die Reinigung der Luft durch Filter kann in bestimmten Fällen als ergänzende Zusatzmaßnahme sinnvoll sein, jedoch ersetzt es nicht die Frischluftzufuhr. Damit diese Entscheidung für die jeweilige Raumsituation fachlich fundiert getroffen werden kann, braucht es vorab Messungen/Beurteilung der Luftqualität und eine fachkompetente Bewertung, welche Leistung zusätzliche Anlagen überhaupt erbringen können. Wichtigste Ansprechpartner sind hier die Sicherheitsfachkräfte und Arbeitsmediziner:innen die jeder Betrieb zur Umsetzung des Arbeitnehmer:innenschutzgesetzes benötigt.*

*Für grundsätzliche Fragen stehen auch die Expert:innen der AK unter der Hotline Sicherheit, Gesundheit und Arbeit unter der Nummer 01 50165-1208 zur Verfügung.“*

„Ein wichtiges Ergebnis der Studie ist auch, dass eine ineffiziente Lüftung durch Fenster, Türen oder Abluftanlagen stets durch mobile Raumluftreiniger verbessert werden kann. Leistungsfähige Raumluftreiniger sind aber auch ohne Fensterlüftung in der Lage, die Virenlast in einem Raum auf einen niedrigen Niveau zu halten, oder eine hohe Virenlast schnell zu reduzieren, da sie im Gegensatz zur Stoßlüftung kontinuierlich für eine Reduktion der Virenlast sorgen und weil die Filterleistung völlig unabhängig davon ist, ob es ausreichend Fenster in den Räumen gibt, die Menschen bereit sind zu Lüften oder die Temperatur- und Windbedingungen einen Luftaustausch überhaupt physikalisch ermöglichen können.“ ([Kähler et al. 02/2021](#))

Die beste Büro-Lüftungsart ist die Quell-Lüftung ([siehe Vortrag von Prof Dr. Martin Kriegel, 2021](#)).



Quell-Lüftung in einem Großraumbüro, 12 Stunden-Schichtbetrieb, konstant niedrige CO2-Werte

## Auto

### Coronavirus-Ansammlung in Autos

Wenn man in einem Auto für 72 Minuten gemeinsam mit einem infizierten Fahrgast unterwegs ist, dann baut sich SARS-CoV2 in Form von feinen Aerosolpartikeln auf, wenn die Fenster geschlossen sind. Mit nur 7-8cm offenen Fensterspalt auf einer Seite hält man die Ansammlung im Zaum. Die gezackte Natur jeder Kurve entspricht einem Huster alle drei Minuten. Werte sind relativ zu den höchsten Virusmengen zu sehen, wenn Fenster geschlossen sind.

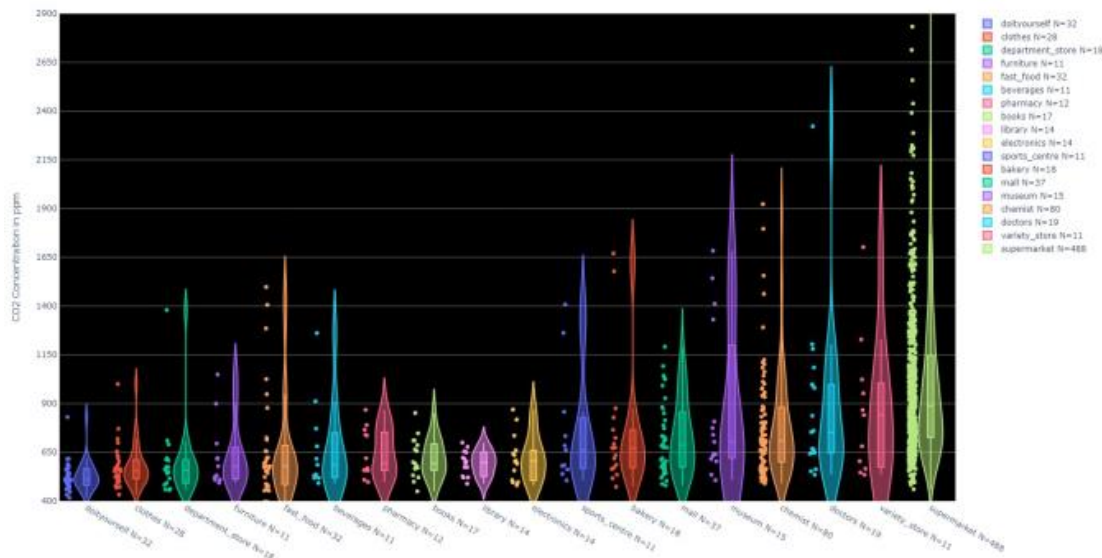


SOURCE Joseph Allen, assistant professor and director of the Healthy Buildings program at the Harvard T.H. Chan School of Public Health, and co-author of "Healthy Buildings: How Indoor Spaces Drive Performance and Productivity;" Jack Spengler, professor at Harvard T.H. Chan School of Public Health and director of the JPB Environmental Health Fellows Program; Richard Corsi, dean of Portland State University's Maseeh College of Engineering and Computer Science

Fenster einen Spalt offen lassen verringert durch Unterdruckerzeugung die kontinuierliche Ansammlung infektiöser Aerosole bei längeren Autofahrten

## Übersicht über die Luftqualität im öffentlichen Raum

Die schlechteste Luftqualität herrscht in Supermärkten, im Gesundheitswesen, in Museen (wer erinnert sich nicht daran, immer so furchtbar müde zu sein beim Durchgehen?), in Apotheken....



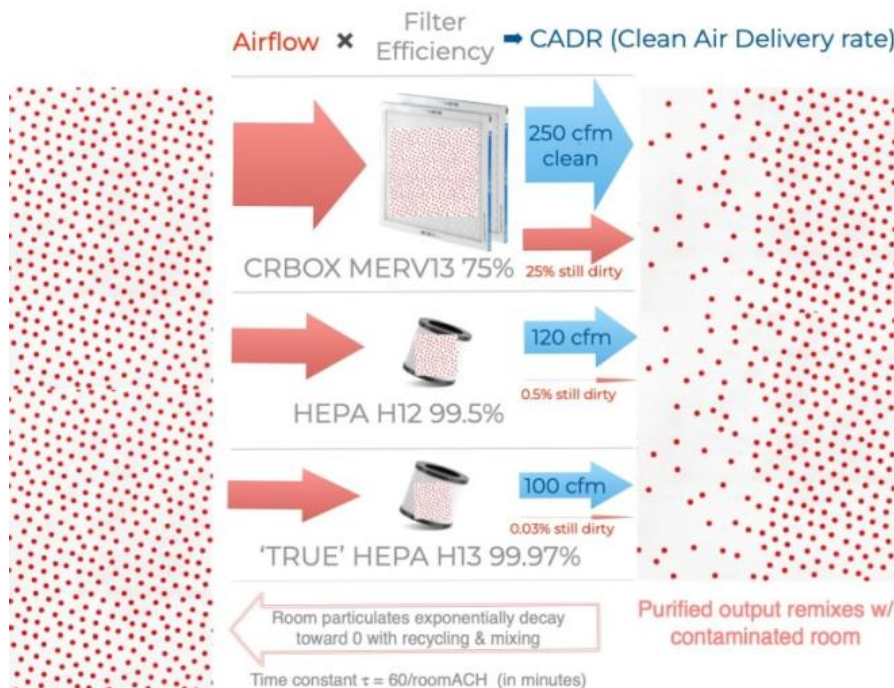
[n = 1500 Messungen für Indoor CO2 map.com](#) (August 2024)

## Berichte und Studien zu Lüften (Frischluftzufuhr)

- [De-Ville et al., Improving hospitality venue ventilation via behavioural change as a response to the COVID-19 pandemic](#) (06/2025)
- [Islam et al., Effects of recirculation and air change per hour on COVID-19 transmission in indoor settings: A CFD study with varying HVAC parameters](#) (26.08.24 – **Our study demonstrates that raising the Air Change per Hour (ACH) from 2 to 8 reduces the risk of particle inhalation by nearly 70 %**)
- [Haddrell et al, Ambient carbon dioxide concentration correlates with SARS-CoV-2 aerostability and infection risk](#) (25.04.24)
- [Zand et al., Ventilation during COVID-19 in a school for students with intellectual and developmental disabilities \(IDD\)](#) – (03.04.24 – direkte Korrelation zwischen CO2-Werten und Ansteckungen, ACH in dieser Studie unzureichend und keine Korrelation feststellbar)
- [Empfehlungen zum Lüften vom Center of Disease Control, USA](#) (22.03.24)
- [Faktenblatt. Richtig lüften vom Bundesamt für Gesundheit BAG Schweiz](#) (31.08.22)
- [Frank et al., Vergleich verschiedener Lüftungsmethoden gegen die Aerosolübertragung von COVID-19 und für erhöhte Luftqualität in Klassenräumen: Fensterlüften, Abluftventilatoren, Raumluftechnik und Luftreiniger](#) (11.02.22, preprint)
- [Aerosolforscher: “Lüften ist in Corona-Zeiten die präventivste Maßnahme überhaupt”](#) (21.09.20)
- [How to use ventilation and air filtration to prevent the spread of coronavirus indoors](#) (10.08.20)
- [Richtiges Lüften mit Ventilatoren](#) (Video, 31.07.20)



# Luftreiniger und Luftfilter



Entscheidend ist das Produkt aus Luftstrom und Filtereffizienz. Eine geringere Filtereffizienz als HEPA-13 kann durch einen stärkeren Luftstrom ausgeglichen werden. Damit können auch mit 75% Filter bessere CADR-Werte als mit HEPA13-Filtern erreicht werden, Credits: [@cleanairkits](#)

Luftreinigung als effektiver Schutz gegen Infektionen sind mehrfach bewiesen worden (z.B. [Conway-Morris et al. 2021](#), [Frank et al. 2023](#)) und können etwa in Alten- und Pflegeheimen eingesetzt werden ([Urrutia et al. 2023](#)), auch „Do-it-yourself“-Luftfilter reduzieren Aerosole effektiv ([Derk et al. 2023](#)). HEPA-Filter funktionieren besser als natürliche Frischluftzufuhr ([Raymenants et al. 2023](#)). Far-UVC (222nm) ist in der Lage, Luft-Pathogene in Innenräumen innerhalb von Minuten um 98% zu reduzieren ([Eadie et al. 2022](#)).

## [FAQ zu HEPA-Filtern](#)

### Luftanlagen mit HEPA-Filtersystem:

Viele Gebäude haben ein Heiz-, Belüftungs- und Klimaanlage (HVAC), auch **mechanische Belüftung** genannt. Diese haben auch einen Filter eingebaut, sodass die zugeführte Frischluft schadstoffarm ist. Eine andere Möglichkeit ist ein **HEPA-Filtergerät**, das entweder fix an der Wand/Decke oder als tragbare Einheit auf den Boden gestellt werden kann.

Ein Filter besitzt zwei wichtige Eigenschaften: **Effizienz** (- wie gut kann er Partikel aus der Luft filtern) und **Druckabfall** (wie der Filter den Luftstrom beschränkt. Hoher Druckabfall bedeutet starke Beschränkung des Luftstroms, sodass man stärkere Ventilatoren benötigt). HEPA steht für High Efficiency Particulate Air Filter – H13-Filter entfernen 99,95% der Partikel.

## Mobile Luftreiniger mit HEPA-Filter:

Ein tragbarer HEPA-Filter ist eine Box mit einem Filter und einem Ventilator darin – dieser zieht Luft durch den Filter und zurück in den Raum. Der Filter entfernt Partikel wie Staub, Allergene, Rauch, Pilze, Bakterien oder infektiöse Atemwegspartikel aus der Luft. Er entfernt **keine** Gase wie Kohlendioxid! Das heißt auch, dass in einem Raum mit H13-Filter hohe CO<sub>2</sub>-Werte nicht gleichzusetzen sind mit hoher Ansteckungsgefahr!

Empfohlen werden **Luftfilter**, die den **CO<sub>2</sub>-Gehalt unter 800ppm halten** und die **6fache Filterung des Raumluftvolumens pro Stunde** mit mindestens **HEPA 13** und das bei **maximal 30 dbA**, je leiser, desto besser ([Beispiele](#)).

HEPA-Filter sind gegen Übertragung auf kurzer Entfernung (short-range transmission) nicht nutzlos. Diese passiert, wenn man die konzentrierte Aerosolwolke vor einer ausatmenden Person einatmet. HEPA-Filter verringern die Viruskonzentration im ganzen Raum und aufgrund des Ventilators wird auch der Luftstrom im Raum verbessert. Je nach Raum- und Filtergröße kann dieser Effekt geringer sein, aber nicht Null.

Solange die mobilen Luftfilter nicht unmittelbar neben der Wand aufgestellt werden, spielt es für die Filtereffizienz in Wohnräumen keine Rolle, wo im Raum sie aufgestellt werden. Für größere Räume wie Büros sollten **Luftfilter durchgehend laufen** und auch nicht abgeschaltet werden, während man Frischluft hereinlässt (weil damit auch Feinstaub in den Raum eindringt), [mehr Infos hier](#).

## Verhinderung von Folgeansteckungen im Haushalt:

- viel lüften, Feuchtigkeit zwischen 40 und 60% halten, zu feuchte Luft fördert Schimmelbildung, zu trockene Luft reizt die Schleimhäute, wenn es draußen kalt ist, sollte man Befeuchter laufen lassen, vor allem im Schlafzimmer (alternativ: Wäsche aufhängen)
- Isolationsraum einrichten, Luftreiniger laufen lassen, negativen Druck im Raum erzeugen: Ventilator im benachbarten Badezimmer oder in Richtung offenes Fenster aufstellen, dadurch gelangt Luft vom Gang in den Raum und nicht umgekehrt.
- Lüftungsschächte abkleben (Hotelzimmer!)
- Bei geteiltem Badezimmer: WC-Deckel schließen vor dem Spülen, Ventilator und Fenster auf, Luftreiniger an
- Maske tragen
- Luftreiniger bei infizierten Person platzieren, dann kann sich keine Viruskonzentration aufbauen

Quelle und Original: [Filterexperte Joey Fox, Toronto, Kanada](#)

## Grenzen von kleinen, tragbaren Luftreinigern

Kleine tragbare HEPA-Filter (z.B. ToGo-Filter) arbeiten kaum effizient, sie müssten sich **innerhalb 40cm vom Gesicht befinden**, was über längere Zeit kaum aufrechterhalten werden kann. Wer also einen ToGo-Filter nutzt, sollte ihn bestenfalls um den Hals hängen oder unterhalb vom Kopf halten, da die gefilterte Luft senkrecht aus dem Gerät aufsteigt. Sonst vermischt sich die gefilterte Luft rasch mit der Umgebungsluft größerer Räume.

Am effektivsten sind sie (leider) dort, wo die infizierte Person ist (die müsste das Gerät verwenden, nicht die Person, die sich schützen will). Man kann die Effektivität steigern, indem man Trennwände aufbaut (z.B. Plexiglas) und sich seine persönliche "Blase" mit sauberer Luft schafft. Effizient sind sie nur dann, wenn sie groß genug sind, dich anzublasen.

Der ToGo-Filter hat laut Hersteller einen TVOC-Sensor verbaut, der bereits bei feinsten Gasen anspringt. Sollte sich die Luftqualität verschlechtern, während das Gerät filtert, springt er automatisch in die starke Stufe. Grund für diese Einstellung ist, dass er in geselliger Runde früher anspringen soll. In der starken Stufe, die man manuell einstellen kann, wird die Hürde schneller überschritten aufgrund eines größeren Luftdurchsatzes (20m<sup>3</sup>/h), deswegen wechselt die LED hier schneller auf rot bei Bedarf als im sanften Modus.

## Literatur

- [Romanello et al., The 2024 report of the \*Lancet\* Countdown on health and climate change: facing record-breaking threats from delayed action](#) (10/2024 – u.a. erhöhte Anfälligkeit gegenüber Infektionen und Pandemien, erhöhte PM<sub>2.5</sub>-Werte indoor)
- [Wolkoff et al., Health, work performance, and risk of infection in office-like environments: The role of indoor temperature, air humidity, and ventilation](#) (02/2021 – „Poor ventilation in crowded confined indoor spaces is associated with increased risk of transmission of [respiratory infections](#) but increase of ventilation and recirculation of air without efficient particle filtration and air [disinfection](#) may facilitate the spread of virus droplets.“)

## Studien zur Effektivität von (mobilen) Luftreinigern bei SARS-CoV2:

- [Frydas et al., "SARS-CoV-2 airborne detection within different departments of a COVID-19 hospital building and evaluation of air cleaners in air viral load reduction"](#) (09.04.25)
- [Li et al., Science tells us that portable air filters reduce infections. It's time for public health authorities to make this clear](#) (08.01.25)
- [Brock et al., Efficacy of air cleaning units for preventing SARS-CoV-2 and other hospital-acquired infections on medicine for older people wards: a quasi-experimental controlled before-and-after study](#) (05.10.24)
- [Urrutia et al., The Effects of an Advanced Air Purification Technology on Environmental and Clinical Outcomes in a Long-Term Care Facility](#) (03.05.23 – **fast 99% Reduktion von luftübertragenen Pathogenen durch Luftfilter**)
- [Raymenants et al., Indoor air surveillance and factors associated with respiratory pathogen detection in community settings in Belgium](#) (11.03.23 – HEPA-Filter funktionieren besser als natürliche Frischluftzufuhr, Erreger wie das humane Bocavirus wurden in der Luft gefunden, von denen man dachte, er würde über Tröpfchen verbreitet, )

- [Derk et al., Efficacy of Do-It-Yourself air filtration units in reducing exposure to simulated respiratory aerosols](#) (01.02.23 – **73% Reduktion von Aerosolen** )
- [Granzin et al., Long-term filter efficiency of mobile air purifiers in schools](#) (12/2022)
- [Ueki et al., Effectiveness of HEPA Filters at Removing Infectious SARS-CoV-2 from the Air](#) (10/2022)
- [Conway-Morris et al., The removal of airborne SARS-CoV-2 and other microbial bioaerosols by air filtration on COVID-19 surge units](#) (10/2021)
- [Curtius et al., Testing mobile air purifiers in a school classroom: Reducing the airborne transmission risk for SARS-CoV-2](#) (03/2021)

## Studien zu Ultravioletten Strahlung als Luftreinigung

- [Buonanno et al., 222 nm far-UVC light markedly reduces the level of infectious airborne virus in an occupied room](#) (20.03.24 – 99% der Mikroben inaktiviert, im Gegensatz zu Ozon-Luftreinigern auch bei Raumbelugung unbedenklich anwendbar)
- [Truong et al., Filter-Free, Harmless, and Single-Wavelength Far UV-C Germicidal Light for Reducing Airborne Pathogenic Viral Infection](#) (06/2023)
- [Eadie et al., Far-UVC \(222 nm\) efficiently inactivates an airborne pathogen in a room-sized chamber](#) (03/2022 – reduziert Pathogen innerhalb Minuten um 98%, umgerechnet 184x Luftaustausch pro Stundem besser als HEPA-Luftfilter)

## weitere Medienberichte und White Papers

- [Laurent Bächler: Reducing Indoor Infections: The Economic Potential](#) (Wer in die Luft in seinem Restaurant mit Far-UV Licht desinfiziert, spart pro investiertem Schweizer Franken bis zu 290 CHF ein, weil Mitarbeitende seltener krank werden, im Wartezimmer wären es 100 CHF, im Büro 30 CHF – in normalen Wintern ohne Covid-Wellen, Far-UV in Kombination mit Ventilation ist unbedenklich)
- [Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Lufthygiene e.V.](#): ARIA-Tool der WHO und des CERN, mit dem man Infektionsrisiken in verschiedenen Settings errechnen kann (28.07.24)
- Morawska et al., Mandating indoor air quality for public buildings (28.03.24, Paywall)
- [Clearing the Air – Long COVID sufferers advocate for a healthier world](#) (25.03.24)
- [Dr. Bronwyn King: Normalising clean indoor air](#) (Podcast Australien, 15.03.24)
- [Franca Parianen: Zeit für eine Luftveränderung: Schlechte Raumluft lässt Menschen öfter krank werden und unkonzentrierter arbeiten. Hat die Coronapandemie geholfen, das Problem endlich anzugehen?](#) (05.02.24)
- [Mathias Ziegler: Saubere Luft als Wirtschaftsmotor](#) (21.01.24)
- [Julia Doubleday: „Learning to live with COVID“ means upgrading air quality, now](#) (14.01.24)
- [Britta Domke: Was Unternehmen gegen Long Covid tun können](#) (13.12.23, [in English](#) without Paywall)
- [Zeynep Tufekci: We need to talk about ventilation](#) (30.07.20)