

Für Mensch & Umwelt

Umwelt 
Bundesamt

Fortbildung für den Öffentlichen Gesundheitsdienst 2021

Corona-Viren in Innenräumen – Minimierung des Infektionsrisikos durch Lüftung

Wolfram Birmili, Fachgebiet II 1.3 „Innenraumhygiene“
Umweltbundesamt (UBA), Corrensplatz 1, 14195 Berlin
Email: wolfram.birmili@uba.de

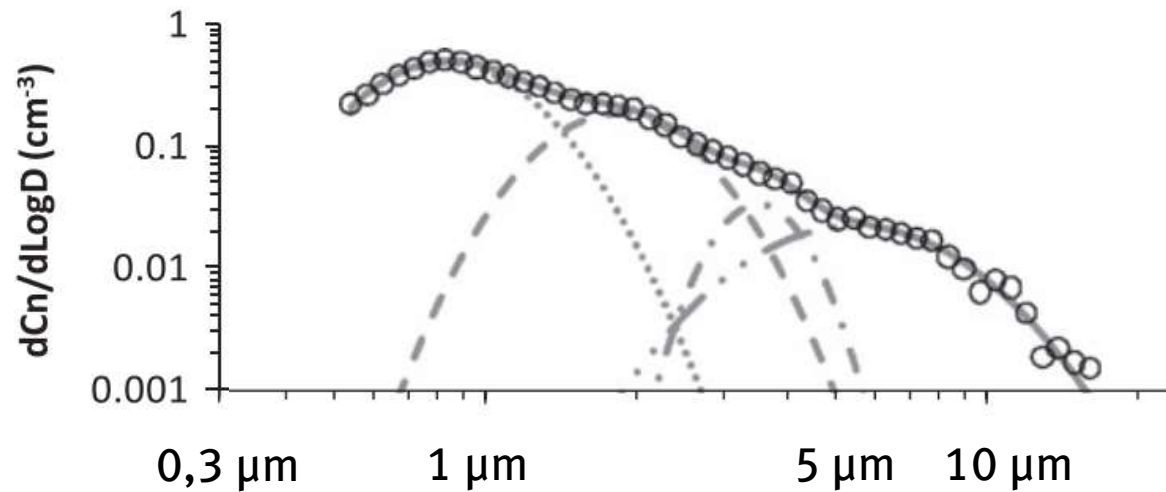
Mit Beiträgen von:

Heinz-Jörn Moriske, Wolfgang Straff, Dietrich Plaß, Hans-Christoph-Selinka, Anja Daniels
Umweltbundesamt (UBA), Abteilung II 1 „Umwelthygiene“

**„Der Hauptübertragungsweg für SARS-CoV-2 in der
Allgemeinbevölkerung ist
die respiratorische Aufnahme virushaltiger Partikel,
die beim Atmen, Husten, Sprechen, Singen
und Niesen entstehen.“**

RKI, Epidemiologischer Steckbrief zu SARS-CoV-2 und COVID-19, 18.3.2021

Infektiöse Aerosole



Morawska et al.: (2009). Size distribution and sites of origin of droplets expelled from the human respiratory tract during expiratory activities. *Journal of Aerosol Science*, 40(3), 256-269.

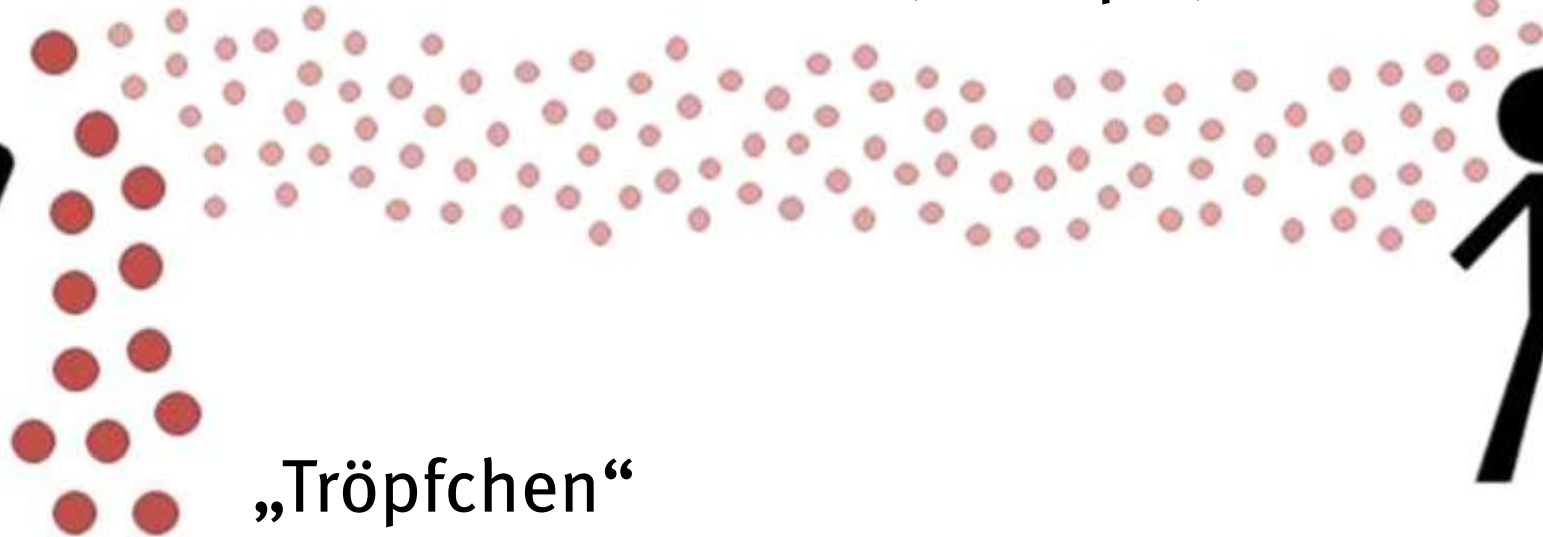
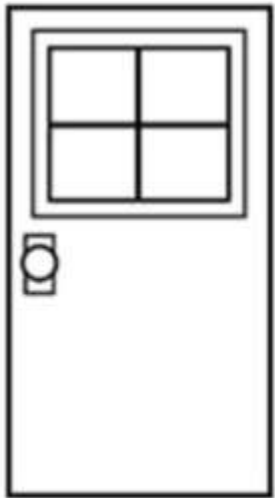
<https://www1.wdr.de/nachrichten/themen/coronavirus/corona-aerosole-innenraum-risiko-vergleich-100.html>

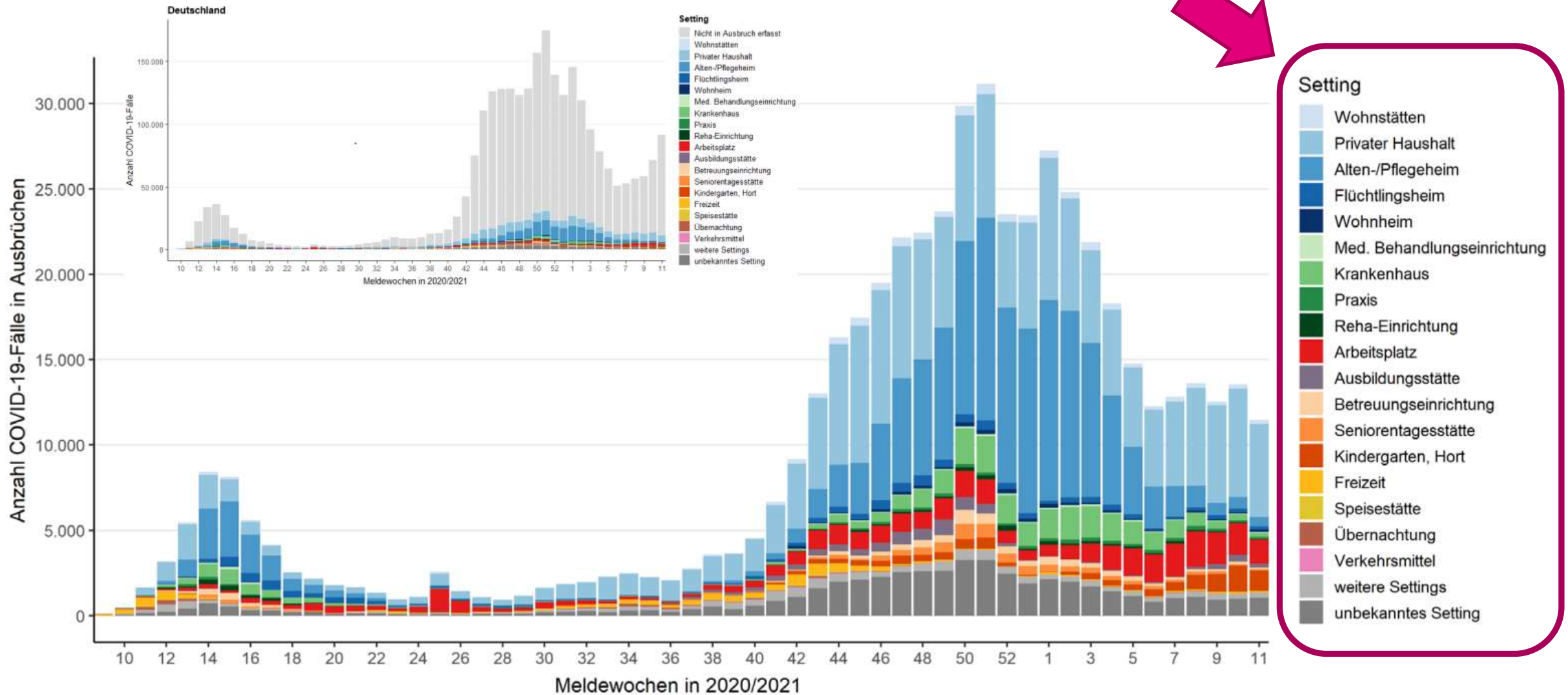
*Direkte
Infektion*

*Indirekte
Infektion*

„Aerosolpartikel“
($\approx < 5 \mu\text{m}$)

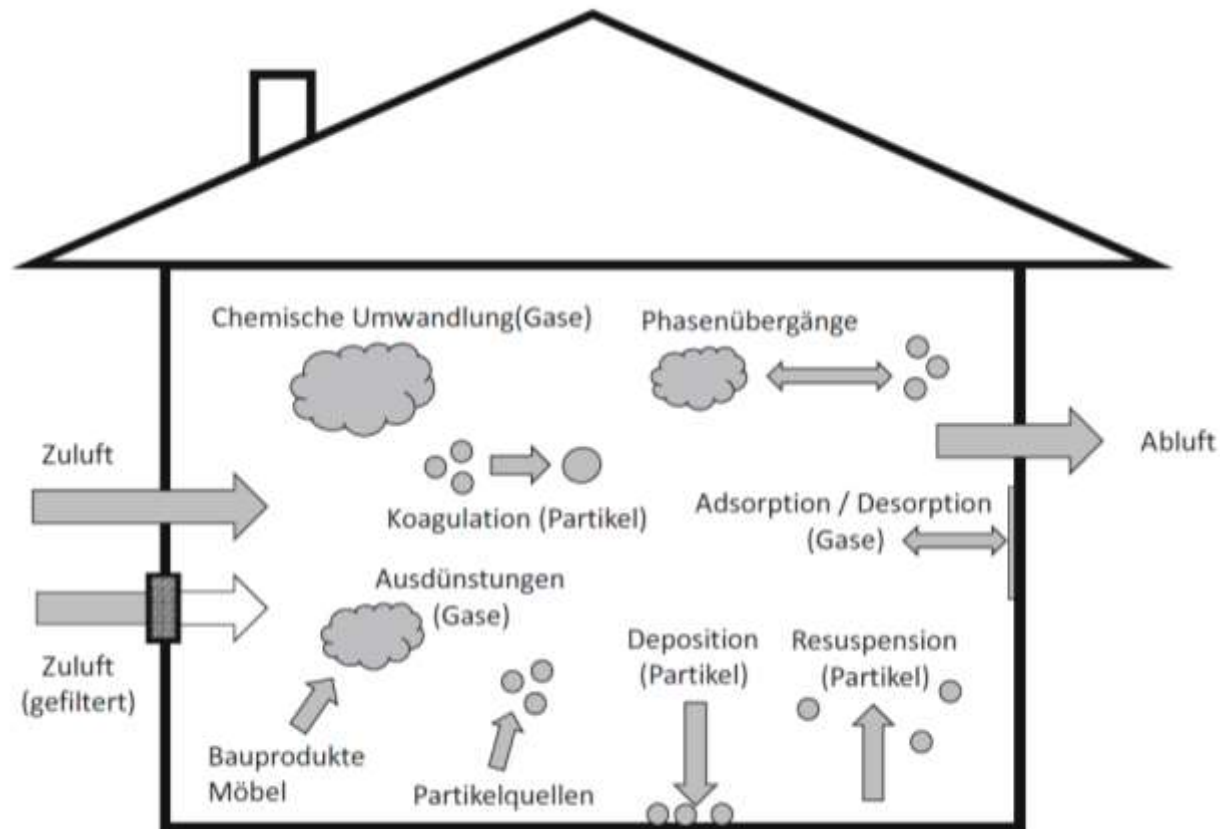
„Tröpfchen“
($\approx > 5 \mu\text{m}$)





RKI-Lagebericht (23.03.2021): Darstellung der gemeldeten COVID-19 Fälle nach Infektionsumfeld (Setting) und Meldewoche, die vom jeweiligen Gesundheitsamt einem Ausbruch zugeordnet wurden. Hellgrau zusätzlich die Fälle, die nicht einem Ausbruch zugeordnet wurden.

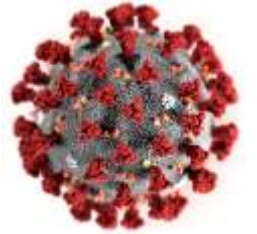
Innenräume



Quelle: Birmili W., Hurraß J., Straff W. (2020)
https://doi.org/10.1007/978-3-662-55793-8_39-1

Quelle: Hermann Rietschel Institut | TU Berlin

Unbekannte Parameter



- Lebensfähigkeit von SARS-CoV-2 bei gegebenen Raumlufbedingungen
- Notwendige Menge aufgenommener Viren, um eine Person zu infizieren
- Wer ist infiziert und wer nicht?
- Anzahl und Größe der emittierten Aerosolpartikel
- Anzahl der enthaltenen Viren
- Luftwechsel in einem bestimmten Raum
- Ausbreitung der Aerosolpartikel in einem konkreten Raum



Bild: Umweltbundesamt

Minimierung von Infektionen über den Aerosolübertragungsweg

Organisatorische Maßnahmen

Virtuelle Veranstaltungen
Geringere Zahl an Teilnehmenden

Veranstaltungen im Freien

Abstand

(wirksam gegen direkte Infektionen)

Schutzwände („Spuckschutz“)

Mund-Nasen-Bedeckungen (Masken)

Lüftung

Luftreinigung

Lüftung

Raumluftechnische Anlagen (RLT)

zentral

dezentral



Fensterlüftung (in Nicht-Pandemie-Zeiten in vielen Situationen ausreichend)

Bild: Umweltbundesamt

Raumlufttechnische Anlagen (RLT)

In Pandemiezeiten:

- Luftwechsel erhöhen
- Betriebszeiten verlängern
- Umluftsysteme: Außenluftanteil erhöhen
- Luftreinigung



Faustregel: 30 m³ Frischluftzufuhr pro Stunde und Person
Klassenraumvolumen 200 m³ und 30 Schüler*innen:
Luftwechselrate = 4,5/h

Fensterlüftung (freie Lüftung)

- Grundsätzlich wirksam
- Große Fensterflächen
- Effektiv bei kühlen Außentemperaturen

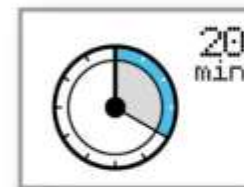
Querlüftung › Stoßlüftung ››
Kipplüftung

Unterstützung durch Ventilatoren
möglich

3 x Stoßlüftung pro Stunde

Richtig lüften im Schulalltag

So geht es schnell und effizient!



Stoßlüften: Während des Unterrichts alle 20 Minuten mit weit geöffneten Fenstern lüften.



Wie lange wird gelüftet?
Im Winter drei bis fünf Minuten, im Sommer zehn bis zwanzig Minuten.

Kohlendioxid (CO₂) – ein Indikator

Leitwert: **1000 ppm**

UBA (2008); ArbStättV ASR A3.6



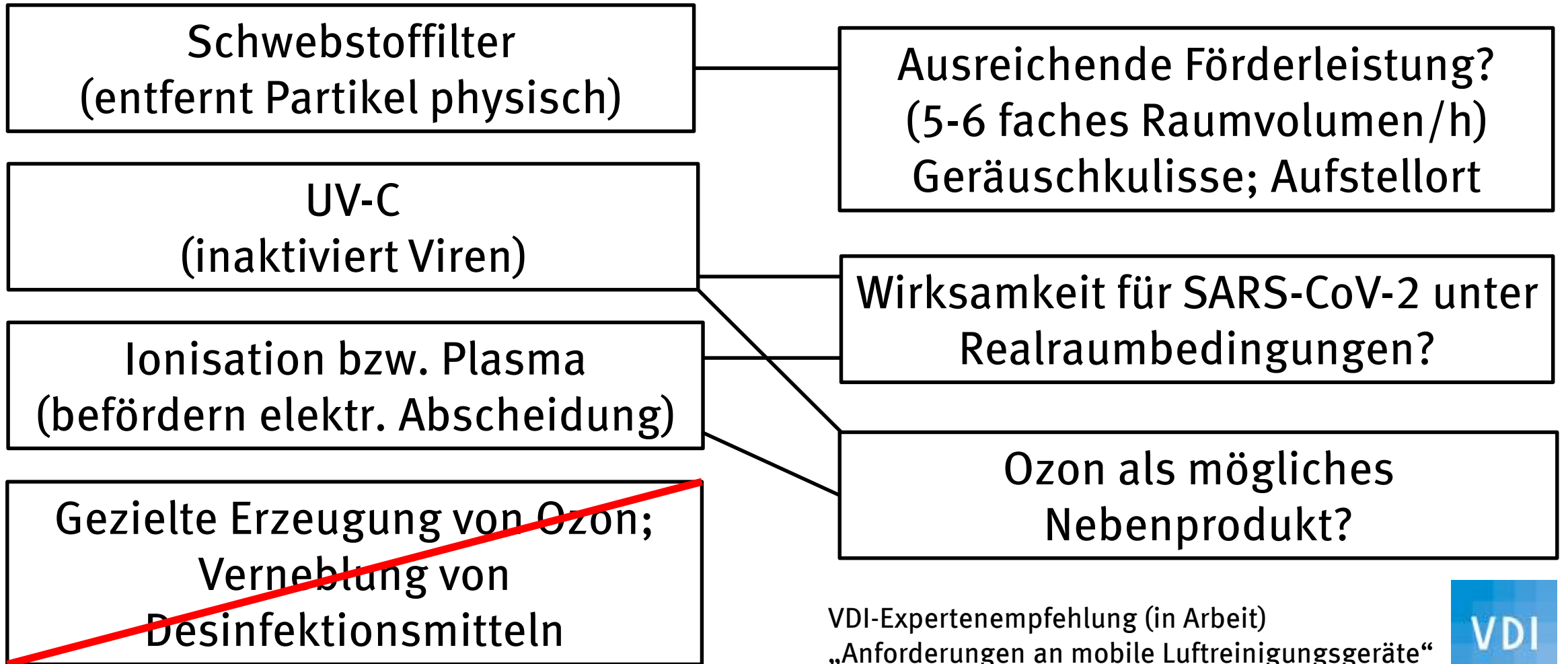
Indikator für Anteil der
verbrauchten Luft im Raum

Erlaubt Takten von
Lüftungsintervallen

Ermöglicht Vergleich
zwischen Räumen

Kein direkter Indikator für
Viruskonzentration

Mobile Luftreiniger



VDI-Expertenempfehlung (in Arbeit)
„Anforderungen an mobile Luftreinigungsgeräte“



Beispiele für Reinigungseffekte

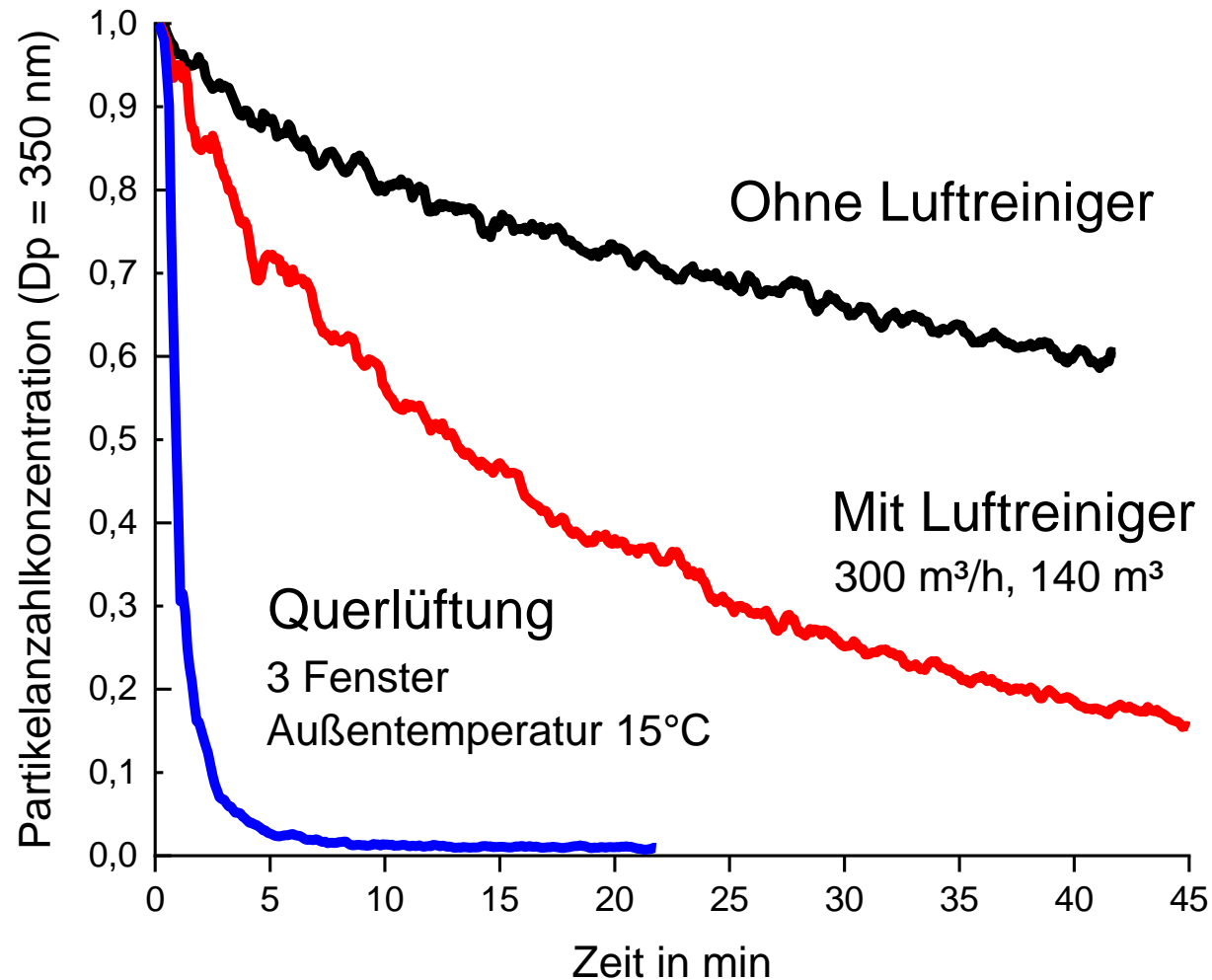


Bild: Umweltbundesamt

Mathematische Modelle zur Simulation aerosolgebundener Infektionen in Innenräumen

<https://cires.colorado.edu/news/covid-19-airborne-transmission-tool-available>

<https://www.cunybpl.org/resources/airborne-infection-risk-calculator/>

<https://www.mpic.de/4747361/risk-calculator>

<https://aerosol.ds.mpg.de/de/>

<https://scoeh.ch/de/tools/>

<https://www.magentacloud.de/share/e7esxr9ywc>

<http://risico.eonerc.rwth-aachen.de/>

<https://www.corona-rechner.at/>

<https://hri-pira.github.io/>





Vergleichsraum A

Raumvolumen: m³ (Referenz: 200m³)

Aufenthaltsdauer: h (Referenz: 1 h)

Luftwechsel: 1/h (Referenz: 4,375 1/h)

Luftvolumenstrom: m³/h

Anzahl an Personen: (Referenz: 25)

Aktivitätslevel: (Referenz: Sitzen)

Gruppe 1

Personen: (Referenz: 1)

Partikelkonzentration Atemluft: (Referenz: Sprechen)

Gruppe 2

Personen: (Referenz: 24)

Partikelkonzentration Atemluft: (Referenz: Atmen)

Filtrationseffizienz Maske: (Referenz: 0)

Luftreiner Frischluftvolumenstrom: m³/h (Referenz: 0 m³/h)

Instationäre Berechnung

Vergleichsraum B

Raumvolumen: m³ (Referenz: 200m³)

Aufenthaltsdauer: h (Referenz: 1 h)

Luftwechsel: (Referenz: 4,375 1/h)

Luftvolumenstrom: m³/h

Anzahl an Personen: (Referenz: 25)

Aktivitätslevel: (Referenz: Sitzen)

Gruppe 1

Personen: (Referenz: 1)

Partikelkonzentration Atemluft: (Referenz: Sprechen)

Gruppe 2

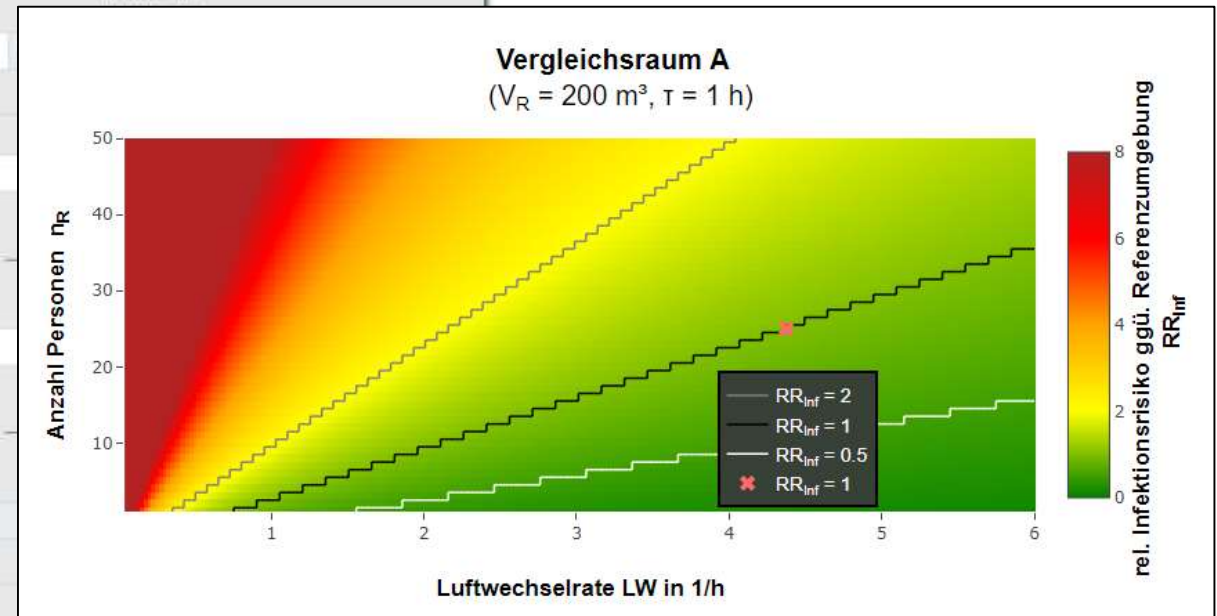
Personen: (Referenz: 24)

Partikelkonzentration Atemluft: (Referenz: Atmen)

Filtrationseffizienz Maske: (Referenz: 0)

Luftreiner Frischluftvolumenstrom: m³/h (Referenz: 0 m³/h)

Instationäre Berechnung

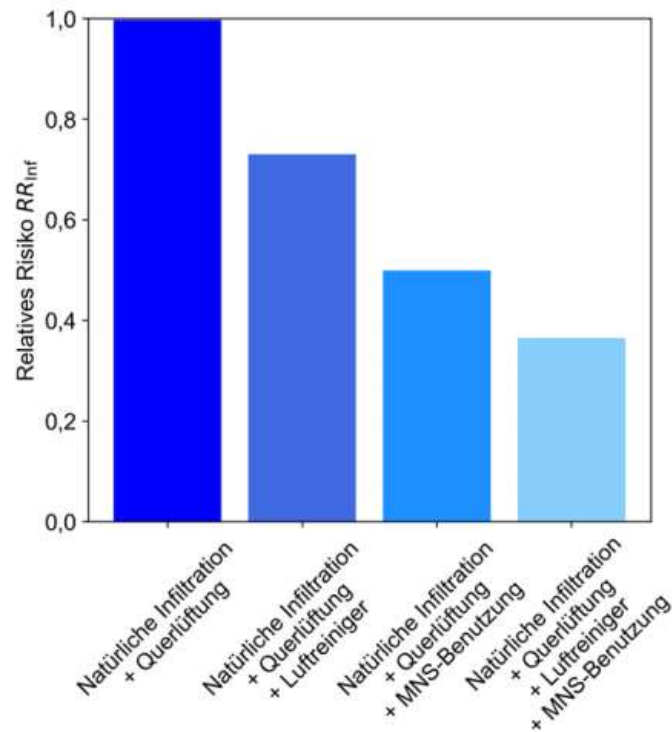


Beispielergebnisse für verschiedene Szenarien

Relatives Infektionsrisiko
(im Vergleich zu Referenzszenario)

Absolutes Infektionsrisiko
(umgesetzt als R-Wert pro Szenario)

Schule



RWTH Aachen, Müller et al. (2020) Empfehlungen zum erforderlichen Luftwechsel... <http://publications.rwth-aachen.de/record/804543/files/804543.pdf>
https://www.deutschlandfunk.de/coronavirus-wie-ist-das-ansteckungsrisiko-in-verschiedenen.2897.de.html?dram:article_id=492620

Innenraum-Modellrechnungen

- Hilfestellung beim Vergleich von Infektionswahrscheinlichkeiten durch Aerosole in verschiedenen Situationen
- Das **absolute Infektionsrisiko** mit SARS-CoV-2 hängt im Einzelfall immer von Unwägbarkeiten ab, die sich mit den existierenden Modellen nicht auflösen lassen!
- Modellergebnisse können
 - die Größenordnung des absoluten Infektionsrisikos einordnen
 - Aspekte zur Risikoabwägung beitragen
 - helfen, Prioritäten bei der Nutzung von Räumlichkeiten festzulegen
- Modellergebnisse keine alleinige Begründung für den „sicheren“ Aufenthalt in Räumen
- Für die Dauer der COVID-19-Pandemie sollten Zusammenkünfte von Menschen in Innenräumen weiterhin auf Notwendigkeit geprüft werden.

Priorisierung von Lüftung und Luftreinigung

- 1. Raumluftechnische Anlagen (RLT)**
Außenluftanteil erhöhen; Betriebszeiten verlängern
- 2. Wirksame Fensterlüftung**
Lüftungskonzept (z.B. Stoßlüften alle 20 min)
- 3. Außenluftzufuhr und –verbreitung erhöhen (Ventilatoren)**
- 4. Luftreinigung**

Partikel
~~Kohlendioxid~~
~~Luftfeuchte~~



Kognitive Leistungsfähigkeit
Schimmelbildung



Innenraumluft 2030? Nachhaltig!



In jedem Klassenraum:
Zentrale bzw. dezentrale
raumlufttechnische (RLT-)
Anlagen mit
Wärmerückgewinnung

„Komfortlüftung“



<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/anforderungen-an-lueftungskonzeptionen-in-gebaeuden>

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/anforderungen-lueftungskonzeptionen-wohngebaeude>

Bilder: Umweltbundesamt