

Untersuchungsbericht Reisebusse Daimler EvoBus

Anne Hartmann und Martin Kriegel, Berlin

Der Beitrag basiert auf dem gleichnamigen Blog-Artikel von Dipl.-Ing. Anne Hartmann, veröffentlicht am 26. Oktober 2020 unter https://blogs.tu-berlin.de/hri_sars-cov-2/wp-content/uploads/sites/154/2020/10/20200923_Bericht_Konzentrationsverlauf_Busse.pdf

Einleitung

Basierend auf aktuellen Erkenntnissen gelten Aerosole als ein entscheidender Übertragungsweg von SARS-CoV-2-Viren [RKI2020]. Das Hermann-Rietschel-Institut (HRI) an der Technischen Universität Berlin beschäftigt sich seit einigen Jahren mit der luftgetragenen Ausbreitung von Partikeln und Aerosolen. Eine Bewertung des Nahbereichs unmittelbar vor der Person erfolgt nicht.

Der folgende Untersuchungsbericht zeigt die Ergebnisse einer an einem Bus des Typs Daimler EvoBus durchgeführten Studie zum Übertragungsrisiko in Reisebussen auf. Es werden verschiedene Lüftungsszenarien mit 30-80% Außenluftanteil hinsichtlich der sich einstellenden Konzentration an Aerosolpartikeln sowie CO₂ verglichen. Neben der Luftmenge werden auch die Fahrzeit, die Anzahl der Infizierten im Bus sowie die Aktivität variiert.

Randbedingungen und Methoden

In Kriegel [Kriegel2020] werden Methoden beschrieben, mit denen eine Berechnung der Aerosolkonzentration über der Zeit sowie der Menge der eingeatmeten Aerosole möglich ist. Nachfolgend werden die Ergebnisse der Berechnungen für einen Reisebus unter Anwendung verschiedener Szenarien präsentiert. Die Randbedingungen der untersuchten Szenarien sind in Tabelle 1 zu finden.

Tabelle 1: Randbedingungen der untersuchten Räume

	Raumvolumen in m ³	Luftwechsel in 1/h	Lüftungsprinzip	Lüftungseffektivität	Maximale Personenanzahl	Personenanzahl bei 70% Belegung bzw. unter Einhaltung der Abstände
80% Außenluft, 20% Umluft	50	37,5	Mischlüftung	1	55	39
30% Außenluft, 70% Umluft				1		
Referenz Büro	300	1,4	Mischlüftung	1	16	8

Für den Umluftanteil wird mit einer Filtereffizienz von 99%, analog einem HEPA-Filter, gerechnet.

Bei der Untersuchung des Reisebusses wurden drei verschiedene Parameter betrachtet:

- **Dauer der Fahrt:**
Transferfahrten 60 min, durchschnittliche Fahrt im Reiseverkehr 150 min, Fernbusfahrt 240 min
- **Anzahl der infizierten Personen im Raum:**
1 Person (basierend auf aktuellen Infektionszahlen in Deutschland)
10% der maximalen Personenanzahl, als kritischer Fall
- **Aktivität der Personen:**
Atmen 25 Partikel/s [Hartmann2020], Sprechen 300 Partikel/s [Hartmann2020]

Ergebnis und Diskussion

Der zu erwartende Verlauf der Aerosolkonzentration für die Szenarien im Bus sowie den maschinell belüfteten Büroraum ist in Abbildung 1 ersichtlich. Betrachtet werden dabei jeweils nur die Aerosole, die die infizierte(n) Person(en) abgibt/abgeben, da lediglich von diesen Aerosolen ein Infektionsrisiko ausgeht.

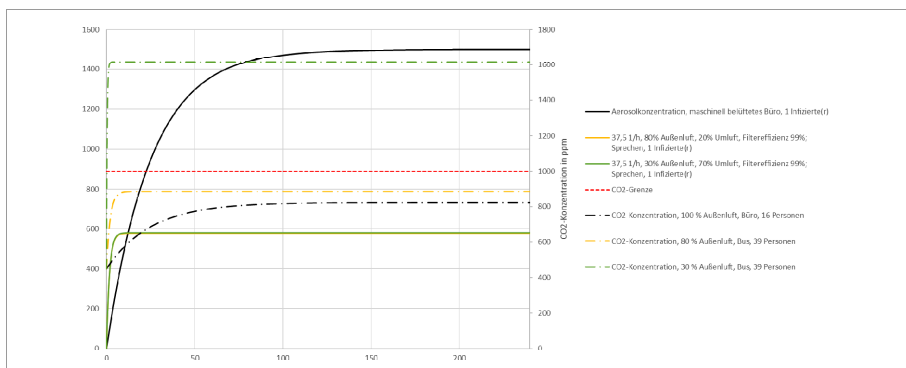


Abbildung 1: beispielhafter Verlauf der Aerosolkonzentration (linke Achse) und der CO₂-Konzentration (rechte Achse) während einer Busfahrt ohne Pause von bis zu 240 min bei einer infizierten, sprechenden Person

Für einen Luftwechsel von 37,5 1/h und einem Außenluftanteil von 80 % liegt lediglich im Fall von sechs infizierten, sprechenden Personen eine höhere Aerosolkonzentration als in einem maschinell belüfteten Büroraum vor. Diese Anzahl an infizierten Personen ist aufgrund der aktuellen Infektionslage in Deutschland eher nicht zu erwarten, weshalb bei diesem Luftwechsel die Situation nicht als besonders kritisch zu beurteilen ist. Bei einer Reduktion des Außenluftanteils auf 50 % ist die Situation hinsichtlich der Aerosole mit einem Filter, der eine Abscheideeffizienz von 99 % aufweist, nahezu unverändert gegenüber einem höheren Außenluftanteil. Des Weiteren ist in Abbildung 1 der Verlauf der CO₂-Konzentration abgebildet. Bei einem Frischluftanteil von 80 % wird die Grenze von 1000 ppm bei 39 Personen eingehalten. Eine Erhöhung der Personenanzahl sowie eine Reduzie-

rung der Frischluftmenge (Luftwechsel oder Außenluftanteil) führen zu einem deutlichen Anstieg der CO₂-Konzentration, deren Maximum im betrachteten Fall von 30% Frischluft etwas über der von Pettenkofer definierten Grenze von 1500 ppm, aber unterhalb der hygienisch bedenklichen Grenze von 2000 ppm liegt. In Tabelle 2 sowie Abbildung 2 sind zusätzlich die Mengen der zu verschiedenen Zeitpunkten aus der Raumluft eingeatmeten Aerosole aufgelistet. Aufgrund der aktuell noch fehlenden wissenschaftlich fundierten Ergebnisse hinsichtlich der Anzahl der zu erwartenden Viren je Aerosol sowie der kritischen Dosis an eingeatmeten Viren, bevor mit einer Infektion zu rechnen ist, ist eine Interpretation dieser Ergebnisse hinsichtlich des Infektionsgeschehens schwierig.

Tabelle 2: eingeatmete Aerosolmenge in den verschiedenen Szenarien

	Eingeatmete Aerosolmenge		
	nach 60min	nach 150min	nach 240min
37,5 1/h, 80% Außenluft, 20% Umluft, Atmen, 1 Infizierte(r)	18	45	72
37,5 1/h, 80% Außenluft, 20% Umluft, Atmen, 6 Infizierte	105	268	430
37,5 1/h, 80% Außenluft, 20% Umluft, Sprechen, 1 Infizierte(r)	211	536	860
37,5 1/h, 80% Außenluft, 20% Umluft, Sprechen, 6 Infizierte	1.265	3.213	5.161
37,5 1/h, 30% Außenluft, 70% Umluft, Atmen, 1 Infizierte(r)	18	45	72
37,5 1/h, 30% Außenluft, 70% Umluft, Atmen, 6 Infizierte	106	269	432
37,5 1/h, 30% Außenluft, 70% Umluft, Sprechen, 1 Infizierte(r))	212	538	864
37,5 1/h, 30% Außenluft, 70% Umluft, Sprechen, 6 Infizierte	1.271	3.229	5.187
Büro, Sprechen, 1 Infizierte(r)	350	1.173	2.016

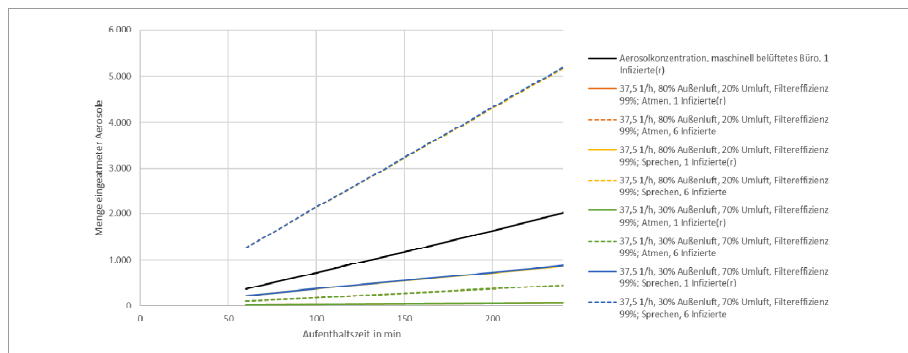


Abbildung 2: Menge der eingeatmeten Aerosole in Abhängigkeit von der Aufenthaltszeit für verschiedene Szenarien

Auch hier zeigt sich wieder, dass zwischen den betrachteten Fällen der Außenluftanteile nur geringe Unterschiede bestehen, wenn von einem sehr guten Abscheidegrad (99 %) von Aerosolen im Filter ausgegangen wird. Aufgrund des aktuellen Infektionsgeschehens ist mit höchstens einer infizierten Person zu rechnen. In Abbildung 3 ist eine entsprechend gekürzte Darstellung der eingeatmeten Virenmenge zu finden.

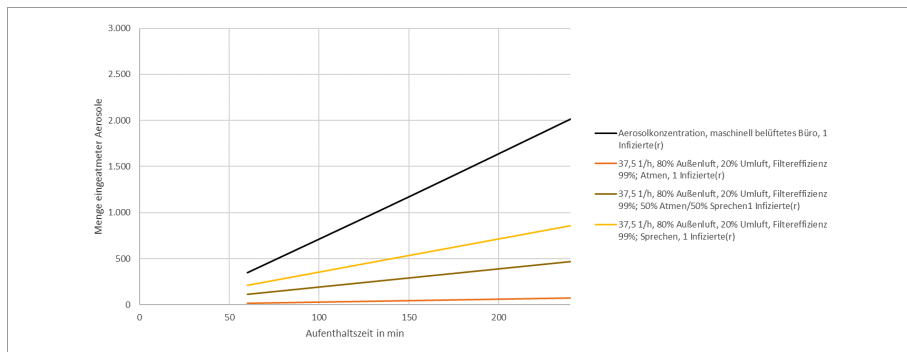


Abbildung 3: Menge der eingeatmeten Aerosole in Abhängigkeit von der Aufenthaltszeit für verschiedene Szenarien

Grenzen und Einschränkungen

Bei allen Betrachtungen muss beachtet werden, dass die Aerosolkonzentration im unmittelbaren Ausatemvolumenstrom der Person deutlich höher ist und die Betrachtungen für diesen Bereich nicht angewendet werden können. Auch lassen die Betrachtungen keine Aussage über die Überlebensfähigkeit der Viren in der Raumluft zu, die unter anderem von der Raumtemperatur und der Luftfeuchtigkeit abhängt.

Literatur

- [1] (Hartmann2020) Hartmann, A. , Lange, J. , Rotheudt, H. , Kriegel, M. (2020): Emissionsrate und Partikelgröße von Bioaerosolen beim Atmen, Sprechen und Husten, in: Preprint, <http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-10332>
- [2] (Kriegel2020) Kriegel, M., Hartmann, A. (2020): Risikobewertung von Innenräumen zu virenbeladenen Aerosolen, Preprint, <http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-10343.2>
- [3] (RKI2020) Robert-Koch-Institut (2020): SARS-CoV-2 Steckbrief zur Coronavirus-Krankheit-2019 (COVID-19), https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Steckbrief.html#doc13776792bodyText1, letzter Zugriff: 16.09.2020, 08:30Uhr

Autoren

Anne Hartmann und Martin Kriegel (GG),
Hermann-Rietschel-Institut, Energy, Comfort & Health in Buildings, www.hri.tu-berlin.de

Copyright © 2021

Gesundheitstechnische Gesellschaft e.V. (GG) – Technisch-wissenschaftliche Vereinigung