

Emissionsrate und Partikelgröße von Bioaerosolen beim Atmen, Sprechen und Husten

Autoren: A. Hartmann, J. Lange, H. Rotheudt, M. Kriegel

DOI: <http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-10332>

Einleitung:

Infektionserreger können über flüssige Partikel (z.B. Speicheltröpfchen) beim Atmen, Sprechen und Husten in die Raumluft gelangen und sich dort u.a. als Aerosol über weite Strecken ausbreiten. Die Quellstärke und Größenverteilung der Emission von diesen Bioaerosolen sind die Basis für das Ausbreitungsverhalten und damit eine wesentliche Größe zur Bestimmung des von Menschen ausgehenden Infektionsrisikos. Die vorliegende Studie liefert Werte für die Emissionsrate von Partikeln, die aus Mund oder Nase von Menschen unter verschiedenen Aktivitäten abgegeben werden: atmen, sprechen und husten.

Messmethode:

Die Messungen wurden in einem Reinraum mit einer vertikalen turbulenzarmen Verdrängungsströmung (TAV) durchgeführt (siehe Abbildung 1). Die Zuluft wird über die gesamte Deckenfläche von 4,8 x 4,8 m² über endständige ULPA-Filter (Ultra Low Penetrating Air Filter) eingebracht und ist somit partikelfrei. Die Zuluftgeschwindigkeit beträgt 0,3 m/s und verhindert vollständig den thermischen Auftrieb an den Probanden. Die Abluft wird über einen Doppelboden ebenfalls vollflächig aus dem Raum abgeführt. Damit werden die vom Menschen über die Haut und Kleidung abgegebenen Partikel (ca. 5.000 Partikel pro Sekunde bei ruhigem Sitzen) unmittelbar nach unten verdrängt und aus dem Raum abtransportiert. Die Probanden sind gekleidet in eine Kombination von spezieller, partikelarmer Reinraumbekleidung, bestehend aus Unterbekleidung, Kittel und Kopfhaube. Die Kopfhaube wird zusätzlich mit Klebeband an der Haut fixiert, so dass ausschließlich das Gesicht freibleibt. Die Störeinflüsse einer möglichen Hintergrundkonzentration von Partikeln und der Emission von Haut- und Kleidungspartikeln sind so nahezu vollständig eliminiert.

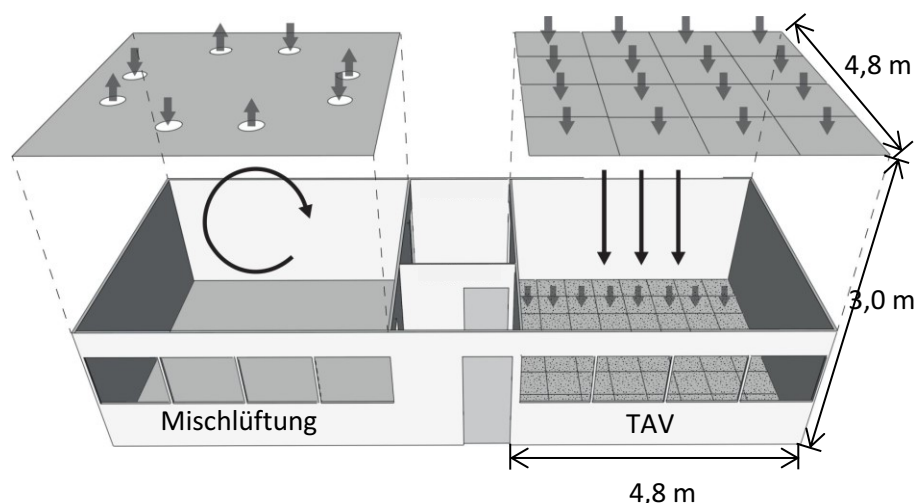


Abbildung 1: Forschungsreinraum mit turbulenzarmer Verdrängungsströmung (TAV)

In dieser partikelgeschützten Umgebung befindet sich der eigentliche Versuchstand bestehend aus einem durchströmten Messrohr aus Glas, darin mittig die Probenahmesonde des Laserpartikelzählers (LPC; Typ Solair 3100). Die Partikel werden in sechs Größenklassen von 0,3 µm bis > 10 µm detektiert.

Zur Ausbildung der Durchströmung des Messrohres wird die Luft am Ende des Rohrs angesaugt von einer FFU (Filter Fan Unit), die mit einem endständigen HEPA-Filter (High Efficient Particular Air Filter) ausgerüstet ist und mit einem Volumenstrom in Höhe von 400 m³/h betrieben wird. Zur Vergleichmäßigung der Partikelkonzentration über den Rohrquerschnitt wird eine Prallblende verwendet. Eine schematische Ansicht des Versuchsaufbaus zeigt Abbildung 2.

Nacheinander vollzieht jeweils ein Proband die Tätigkeit nach einem vorgegebenen Muster des entsprechenden Lastfalls und atmet, spricht oder hustet in das Messrohr hinein. Der Versuch wird mit jedem Probanden mindestens fünf Mal wiederholt.

Die Probanden sind nahezu hälftig weiblich und männlich. Es handelte sich um erwachsene Personen.

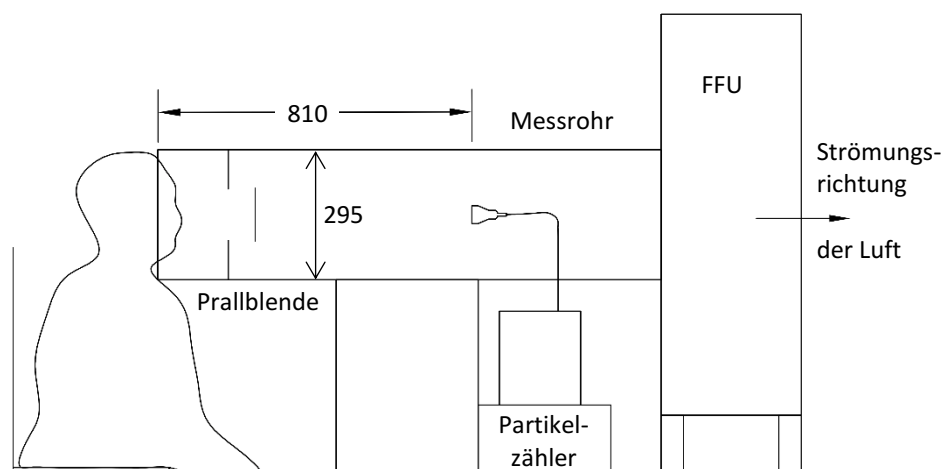


Abbildung 2: Schematische Ansicht des Versuchsaufbaus, Abmessungen in mm

Die Partikelkonzentration während der Aktivität wird über den angeschlossenen Partikelzähler (LPC) bestimmt und daraus die Emissionsrate bzw. Quellstärke berechnet:

$$P_M = C_M \cdot \dot{V}$$

Mit:

- P_M Quellstärke in Partikel/s
 C_M Partikelkonzentration in Partikel/m³
 \dot{V} Volumenstrom im Messrohr in m³/s

Die untersuchten Lastfälle sind:

1. ruhiges Atmen durch die Nase
2. ruhiges Atmen durch den Mund
3. vorlesen eines Textes in Vortragslautstärke und mittlerem Tempo (sprechen)
4. husten als Einzelereignis (einmal husten)

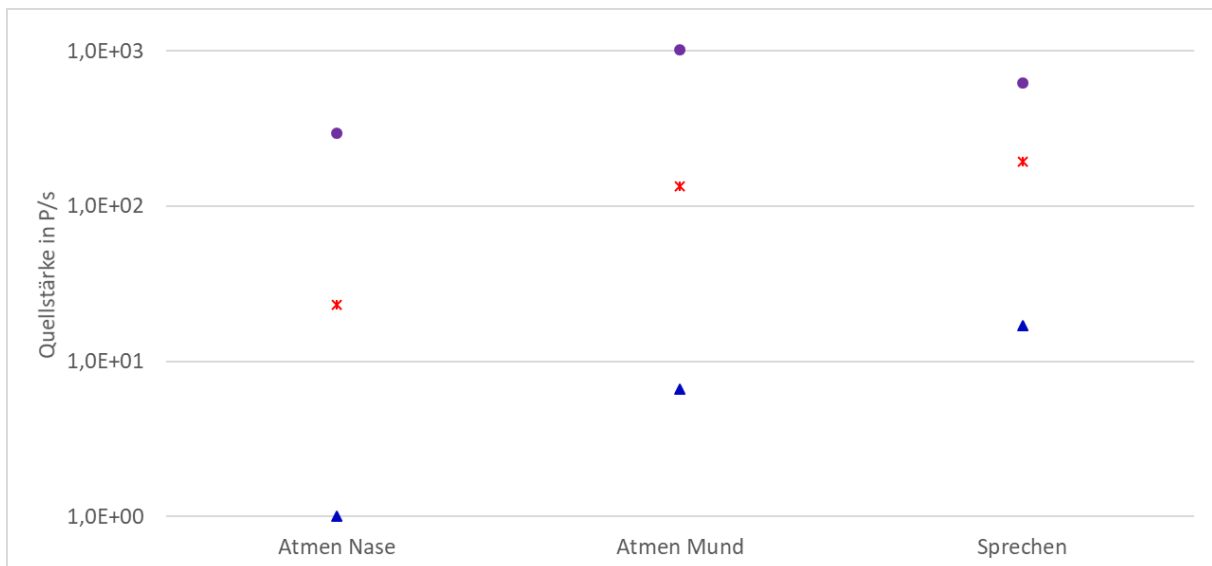


Abbildung 3: Emissionsraten der Testpersonen bei verschiedenen Aktivitäten.

Ergebnisse:

In Abbildung 3 ist der Mittelwert (rote Kreuze) sowie die zugehörigen Minimalwerte (blaue Dreiecke) und Maximalwerte (violette Kreise) für Atmen und Sprechen dargestellt. Einzelne Werte, die um mindestens 50 % oberhalb des gemessenen Wertes der übrigen Testpersonen lagen, werden bei der Mittelwertbildung vernachlässigt. Sie werden dennoch in Abbildung 3 als Maximalwerte dargestellt. Eine Übersicht der Quellstärken (Minimalwert, Mittelwert (ohne Extremwert) und Maximalwert) für das Sprechen und Atmen ist in Tabelle 1 enthalten. Dort sind auch die Werte für das Husten aufgeführt. Da es sich beim Husten um ein Einzelereignis handelt, wurde keine Quellstärke, sondern eine Partikelabgabe je Einzelereignis bestimmt. Es fällt auf, dass die Bandbreite beim Husten deutlich größer ist. Die physische Intensität des Hustens zwischen den einzelnen Testpersonen wies im Vergleich zu den anderen Aktivitäten größere auf. Des Weiteren ist in Tabelle 1 die Anzahl der Probanden eines Testfalls aufgeführt.

Die Standardabweichung bei den fünf Wiederholungsmessungen der einzelnen Probanden lag im Mittel bei etwa 5 % und maximal bei 10 % des Messwertes.

Tabelle 1: Gemessene Emissionsraten der Testpersonen bei verschiedenen Aktivitäten

	Atmen durch die Nase	Atmen durch den Mund	Sprechen	Husten
Mittelwert	23 P/s	134 P/s	195 P/s	13.709 P/Husten
Minimalwert	0 P/s	7 P/s	17 P/s	181 P/Husten
Maximalwert	296 P/s	1018 P/s	626 P/s	287.697 P/Husten
Probandenanzahl	10 (4 w/6 m)	18 (8 w/10 m)	17 (8 w/9 m)	8 (4 w/4 m)

Abbildung 4 zeigt die Größenverteilung der von den Probanden emittierten Partikel. Über 80 % der gefundenen Partikel sind kleiner als 1 µm und über 99,9 % sind kleiner als 5 µm und können daher als gut luftgetragen betrachtet werden. Partikel größer 10 µm sind praktisch bei keinem Ereignis vorhanden.

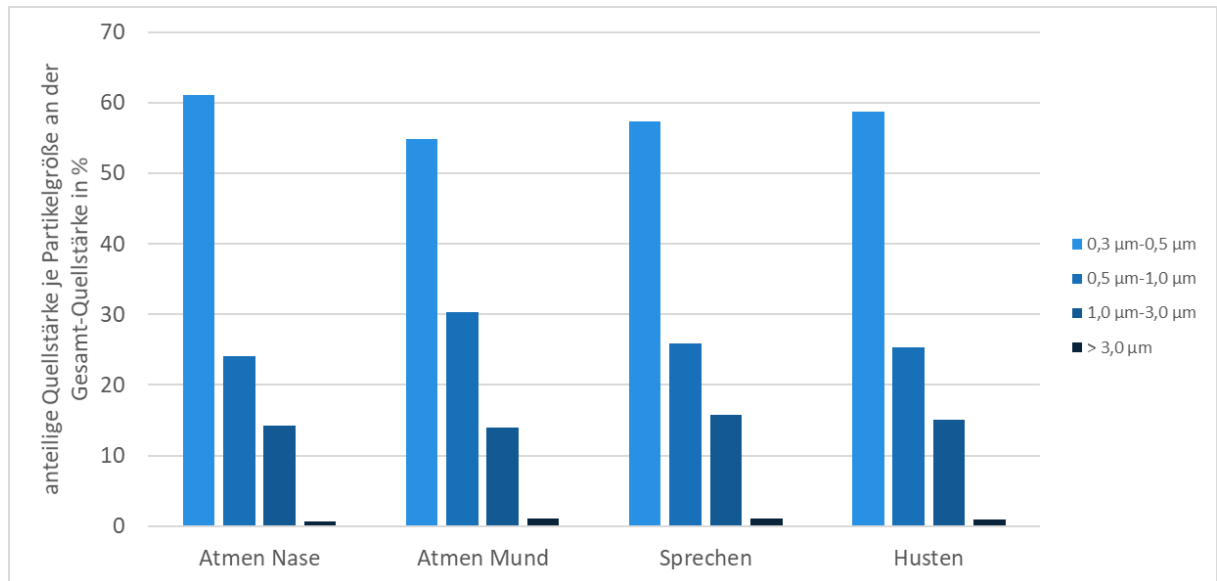


Abbildung 4: Größenverteilung der von den Testpersonen emittierten Aerosolpartikel.

Kurzdiskussion:

Die gemessene Größenverteilung ähnelt stark den Ergebnissen von Johnson und Morawska [1], die ebenfalls mit ihrem Messaufbau die Einflüsse der sonstigen Partikelemission des Menschen (Haut und Kleidung) eliminieren konnten. Andere Autoren kommen zu deutlich abweichenden Ergebnissen mit einer stark in den Bereich großer Partikel über 10 µm verschobenen Verteilung wie etwa Xie et al. [2] oder Chao et al. [3]. Hier lassen Messverfahren und Messaufbau es jedoch zu, dass Quereinflüsse von sonstigen Partikeln möglich sind.

Die gängige Meinung, dass beim Atmen, Sprechen und Husten viele große Tröpfchen (> 20 µm) emittiert werden, die aufgrund ihrer Schwerkraft schnell zu Boden sinken, konnte widerlegt werden. Partikel < 5 µm gelten als ideal luftgetragen. Selbst Partikel mit einer Größe von 10 µm haben lediglich eine Sinkgeschwindigkeit von etwa 3 mm/s und verweilen in der Regel sehr lange in der Raumluft und werden mit der Luftströmung nahezu überall im Raum verteilt.

Auffallend ist, dass einige Probanden deutlich mehr und einige Probanden deutlich weniger Bioaerosole über die Atemwege abgeben als andere. Der gebildete Mittelwert repräsentiert somit Probanden, die wenig und Probanden, die mehr emittieren. Es könnte von Low-Emittern und High-Emittern gesprochen werden. Darüber hinaus existieren auch Probanden, die überproportional viel emittieren. Diese könnten dann Super-Emitter genannt werden. Sie emittieren zwischen 10 bis 20 mal mehr Bioaerosole als der aus den Nicht-Super-Emittern berechnete Mittelwert.

Ausblick:

Die durchgeführte Untersuchung liefert eine anfängliche Einschätzung der Quellstärke von Bioaerosolen, die von Menschen emittiert werden. Für eine höhere statistische Sicherheit sind weitere Messungen unterschiedlicher Probanden und Aktivitäten notwendig. Darüber hinaus sollten auch Wiederholungsmessungen der Probanden an unterschiedlichen Tagen und in verschiedenen Reihenfolgen der Aktivitäten erfolgen. Eine intensive Zusammenarbeit mit Medizinern ist notwendig, um darauf aufbauend eine Korrelation zwischen der Bioaerosolkonzentration in der Raumluft und eines Infektionsrisikos zu erhalten. Dies würde es erlauben Maßnahmen des Infektionsschutzes vor luftgetragenen Erregern auf einer fundierten Grundlage bewerten zu können.

Literatur:

- 1 G. R. Johnson, L. Morawska: The Mechanism of Breath Aerosol Formation, Journal of Aerosol Medicine and Pulmonary Drug Delivery, Ausgabe 22, Nummer 3, Seiten 229-237Jahr 2009
- 2 X. Xie, Y. Li, H. Sun, L. Liu: Exhaled droplets due to talking and coughing, Journal of the Royal Society Interface, Volume 6, Seiten 703-714, Jahr 2009
- 3 C. Y. H. Chao et al: Characterization of expiration air jets and droplet size distributions immediately at the mouth opening, Journal of Aerosol Science, Ausgabe 40, Seiten 122-133, Jahr 2009