



Schlussfolgerungen für den Tanz aus Untersuchungen über Aerosole und Tröpfchen durch Sprechen, Bühnensprechen, Singen und Opernsingen

Dr. Thomas Eiche, Arbeitshygieniker SGAH, Gempenstrasse 50, CH 4133 Pratteln

03.06.2020

1 INHALT

2	Situation	1
3	Für die Messung verwendete Messmethode und Messstrategie.....	2
4	Ergebnis der Aerosolkonzentrationen bei beiden Untersuchungen.....	3
5	Erkenntnisse aus den Messungen	4
6	BEURTEILUNG IM HINBLICK AUF TANZ UND BALLETT	4
7	Ueberlegungen die nicht aus den Aerosolmessungen begründet sind	5
8	Handlungsempfehlungen	5

2 SITUATION

Gibt es beim normalen und kräftigen Atmen, Singen, Sprechen, lautem Bühnensprechen bis Brüllen Ansteckungsrisiken durch Tröpfchen und Aerosole? Und wie ist es mit den Holz- und Blechblasinstrumenten im Orchester? Das war die Fragestellung meiner bisherigen Untersuchungen über den Ausstoss von Aerosolen und kleineren Tröpfchen. Im Folgenden werden Schlussfolgerungen herausfiltriert die auch für den Tanz gelten können und Handlungsempfehlungen für eventuell nötige Untersuchungen und für ein wirksames Schutzkonzept abgeleitet.

Zugrunde liegen Erkenntnisse aus anderen Untersuchungen die die folgenden Feststellungen über das Virus und die Auslösung der Covid-19 Erkrankung erlauben.

- Ansteckungsfähige Viren entstammen ursprünglich immer dem Atem-Mund-Nase Trakt von erkrankten Personen. Diese müssen dabei nicht zwingend Symptome haben
- Alle übrigen Ausscheidungen, auch aus der Haut von erkrankten Personen gelten als nicht ansteckend



- Auf Oberflächen oder in Tröpfchen oder Aerosolen befindliche Viren bleiben Stunden bis mehrere Tage ansteckungsfähig
- Eine Ansteckung erfolgt immer nur dann, wenn ansteckungsfähige Viren auf die Schleimhaut des Mund-Nase-Atemtraktes gelangen. Möglicherweise auch über die Augen die über Tränenflüssigkeit mit dem Atemtrakt verbunden sind.

Die Tröpfchen haben eine Grössenverteilung und können so je nach Partikelgrösse und Beschleunigung unterschiedliche Reichweiten erreichen. Eine deutliche Grenze bildet die Partikelgrösse um fünf Mikrometer. Grössere Partikel als 5 μm sinken zu Boden und können so Reichweiten bis maximal einen Meter erreichen, bei starkem Aushusten oder Niesen auch zwei Meter¹.

Partikel mit einem Durchmesser kleiner als 5 μm (Mikrometer) nennt man auch Aerosole. Diese sinken nicht durch die Schwerkraft zu Boden, sondern bleiben in der Luft schweben. Dort breiten sie sich mit der Luftbewegung und Diffusion in der Umgebung aus. Da es sich um Wasser Tröpfchen handelt, werden diese durch Verdampfung zunehmend kleiner bis nur noch nichtflüchtige Anteile wie Salze, Proteine, Wasser und auch Viren zurückbleiben.

Experimente mit virusbeladenen Aerosolen zeigen, dass diese auch nach drei Stunden noch fast vollständig lebensfähig waren. Der Speichel von Covid-19 erkrankten Personen enthält im Durchschnitt etwa acht Millionen Viren pro Milliliter. Die Konzentration kann aber auch um Dimensionen höher und tiefer liegen.

3 FÜR DIE MESSUNG VERWENDETE MESSMETHODE UND MESSSTRATEGIE

Die empfindlichste Methode um Aerosole und kleine Tröpfchen zu messen sind Aerosol-Photospektrometer. Diese messen allerdings auch jedes Staubpartikel mit und dienen vor allem zu Feinstaubmessung. Vermessen werden nur Tätigkeiten die keine anderen Partikel erzeugen. Ausserdem muss der Testraum sehr staubfrei sein und über eine kontrollierte Lüftung mit Filteranlagen verfügen. Bei der Interpretation muss auch berücksichtigt werden, dass die Wassertröpfchen rasch an Grösse verlieren, weil sie verdunsten.

Aus diesen Gründen ist das Messen beim Tanzen wegen der unvermeidbaren Störung durch Staubpartikel sehr schwierig bzw. nicht möglich.

Das Sars-Cov-2 Virus hat selbst eine Partikelgrösse von etwa 0.1 Mikrometer. Die kleinste vom Grimm Aerosolspektrometers erfasste Partikelgrösse ist mit 0.25 Mikrometer zweieinhalb Mal grösser. Das Virus alleine kann mit der Methode somit nicht gezählt werden. Um verlässlich die Atemluft zu erfassen wurden zudem CO₂ und Luftfeuchtigkeit laufend gemessen und die ganze Messung gefilmt.

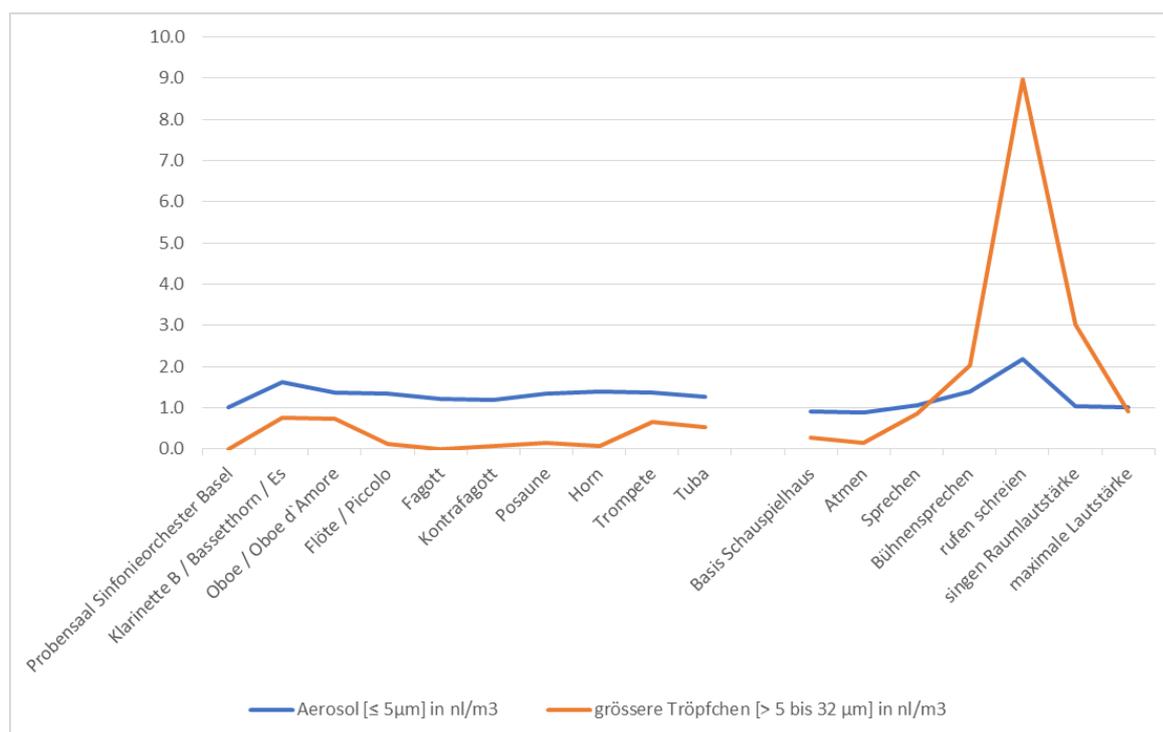
Die Aerosolentwicklung wurde mit einer unteren Messgrenze von ca. 0.5 Nanoliter / Kubikmeter (ein Milliardstel Liter) gemessen. Der Messwert wird als Konzentration pro Kubikmeter Luft angegeben. Die absolute Menge wird erreicht, wenn ein Kubikmeter Luft ausgeatmet wurde. Ein aktiver Musiker, eine Musikerin, Schauspieler, Schauspielerin, Sänger oder Sängerin atmet etwa 2.4 Kubikmeter, ein sitzender Zuschauer oder Zuschauerin etwa 1.25 Kubikmeter pro Stunde. Bei den Tänzern dürfte sich dieser Wert nochmals verdoppeln, also geschätzt bis zu fünf Kubikmeter Luft pro Stunde, die teilweise stossweise veratmet werden.

¹ Eigene Tests



4 ERGEBNIS DER AEROSOLKONZENTRATIONEN BEI BEIDEN UNTERSUCHUNGEN

Ausser „lautes Schreien“ und „wütend lautes sprechen“ liegen alle Messwerte im sehr tiefen Bereich von rund einem Nanoliter pro Kubikmeter. Die Hintergrundbelastung mit Feinstaub lag bei einem Nanoliter/Kubikmeter für Aerosol und Null Teilchen bei den grösseren Partikeln. Der Einfachheit halber wird der ganze Wert als Aerosol angesehen. Da ein Nanoliter ein millionstel Milliliter ist entspricht ein Messwert von einem Nanoliter acht Viren. Die Virenlast kann aber um Dimensionen höher oder tiefer sein. Ausserdem gibt es keine verlässlichen Zahlen wie viele Viren es für eine Ansteckung braucht.



Blech- und Holzblasinstrumente wurden ebenfalls untersucht und sind hier als Vergleich mit aufgeführt.

	Aerosol [$\leq 5\mu\text{m}$] in nl/m ³	grössere Tröpfchen [$> 5-32\mu\text{m}$] in nl/m ³
Basisbelastung mit Partikeln Proberaum	1.0	0.0
Klarinette B / Bassethorn / Es	1.6	0.8
Oboe / Oboe d'Amore	1.4	0.7
Flöte / Piccolo	1.4	0.1
Fagott	1.2	0.0
Kontrafagott	1.2	0.1
Posaune	1.3	0.2
Horn	1.4	0.1
Trompete	1.4	0.7
Tuba	1.3	0.5



Basis Schauspielhaus	0.9	0.3
Atmen	0.9	0.1
Sprechen	1.1	0.9
Bühnensprechen	1.4	2.0
rufen schreien	2.2	9.0
singen Raumlautstärke	1.0	3.0
maximale Lautstärke	1.0	0.9

Die Werte sind wie folgt zu lesen: „Basis“ ist jeweils die gefundene Hintergrundbelastung im Raum mit Staubpartikeln. Die eigentlichen Aerosole addieren sich, d.h. der Hintergrund wurde nicht abgezogen.

5 ERKENNTNISSE AUS DEN MESSUNGEN

- Atmen erzeugt innerhalb der Messgrenze keinerlei Aerosol und keine grösseren Tröpfchen.
- Lautes Sprechen führt zu etwas erhöhten Mengen an Aerosolen und insbesondere grösseren Tröpfchen.
- Schreien verursacht eine deutliche Zunahme bei den grossen Tröpfchen und eine leichte Zunahme bei den Aerosolen.
- Singen verursacht etwa gleich wenig Tröpfchen wie Blasinstrumente.
- Lautes Singen verursacht nicht mehr Tröpfchen als leises Singen.
- Husten, Niesen kann grosse Mengen an grossen Tröpfchen erzeugen. Die Menge an Aerosolen steigt ebenfalls deutlich an.
- Die Konzentration der Aerosole nimmt mit Abstand rasch ab. Es erfolgt eine Verteilung ähnlich, wenn auch um Dimensionen langsamer, wie sich Luftfeuchtigkeit und CO₂ Konzentration im Raum gleichmässig verteilen (keine stehenden Wolken). Grössere Tröpfchen nehmen gleichermassen ab, weil sie rasch zu Boden sinken.

6 BEURTEILUNG IM HINBLICK AUF TANZ UND BALLETT

- Tanzen kann in Training und Proben körperlich sehr intensiv sein.
Bei körperlich sehr intensiven und raumdynamischen Bewegungen muss, neben gut sichtbaren sehr grossen Tröpfchen mit kleinen Tröpfchen und Aerosolen gerechnet werden. Der Grund für diese Annahme ist, dass sehr grosse und sichtbare Tröpfchen effektiv beobachtet werden und die kleinen einschliesslich Aerosolen die unvermeidbaren Begleiter sind. Vernünftigerweise ist aber nicht anzunehmen, dass diese „lautes Schreien“ wesentlich überbieten. Eine Messung dürfte beim Tanzen wegen der unvermeidbaren Staubpartikel schwierig werden. Um trotzdem eine Grössenordnung des zu erwartenden Aufkommens an Aerosol und Tröpfchen abzuschätzen schlage deshalb eine Verzehnfachung des zu erwartenden Wertes vor. Diese Verzehnfachung begründet sich aus dem im Vergleich zum Musizieren und Schauspielen mindestens doppelten Atemvolumen und einem üblichen Sicherheitsabstand.
Die Aerosolkonzentration dürfte somit in der Grössenordnung von 20 nl / m³, die Konzentration an Tröpfchen bis 32 Mikrometer etwa 90 nl /m³ betragen. Die Konzentration der grossen, sichtbaren Tropfen lässt sich nicht abschätzen.
- Die beim sehr starken, stossweisen Atmen erzeugten noch grösseren und sichtbaren Tröpfchen enthalten im Fall einer an Covid-19 erkrankten Person wegen der grösseren



Massen auch die weit grössere Virenzahl. Diese fallen direkt zu Boden oder treffen andere Mittänzerinnen und –tänzer, wenn der Abstand nicht eingehalten wird. Hier muss man sich bewusst sein, dass solche Tropfen direkt eingeatmet werden müssten um eine Übertragung zu ermöglichen. Wahrscheinlicher ist, dass diese zunächst auf der Haut oder Gegenständen landen und später mit den Händen ins Gesicht gelangen.

Hiergegen sind alle Massnahmen wirksam die dies verhindern. Dazu gehören Körperhygiene, Zwischenreinigen von Gegenständen während längerer Proben oder Aufführungen, Mundschutz während der Proben um sich nicht ins Gesicht zu fassen, spezielle Trainings damit dies auch während Aufführungen (ohne Mundschutz) nicht passiert.

- Niesen und Husten erzeugen den grössten potentiellen Ausstoss an Viren. Hier hilft eine rigorose Husten- und Niesetikette zu trainieren. Tänzerinnen und Tänzer, die husten oder niesen müssen, sollen sich rasch von der Gruppe entfernen und nicht in die Hände niesen oder husten. Am besten ist dann, die Hände mit Seife zu waschen oder zu desinfizieren.

7 UEBERLEGUNGEN DIE NICHT AUS DEN AEROSOLMESSUNGEN BEGRÜNDET SIND

- Direkter Körperkontakt ist umso weniger ansteckungsgefährdend, je geringer die Wahrscheinlichkeit ist, dass durch Berühren mit den Händen oder direktem Kontakt auf der Haut abgeschiedene Speicheltröpfchen in Mund und Nase gelangen können. Direkter Kontakt sollte deswegen mit antrainierten Verhaltensweisen verknüpft werden, die solche Vorfälle verhindern oder weniger wahrscheinlich machen.

8 HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

- Proben und Aufführungen sollten in möglichst grossen und belüfteten Räumen durchgeführt werden. Mein Vorschlag ist wegen der grossen Atemvolumen bei körperlich sehr intensiven und raumdynamischen Choreografien mindestens 100 m³ Raumvolumen pro tanzende Person vorzusehen. Für alle übrigen Personen und Choreografien, die eher mit minimalistischen, weniger raumdynamischen und Alltagsbewegungen arbeiten, gelten wie üblich 10 m² Fläche stehend/gehend und 4 m² Fläche sitzend.
- Die Luftwechselrate sollte bei Einhaltung der Volumenregel mindestens eins pro Stunde sein. Zu kleine Räume könnten durch Erhöhung der Luftwechselrate kompensiert werden. Alternativ könnte auch eine CO₂ Messung die „Frische“ der Luft anzeigen. Ich schlage vor, dass die CO₂ Konzentration nicht über 800 ppm ansteigen soll.
- Tanz unter Einhaltung der Abstandsregeln von zwei Metern (in Deutschland gelten 1,5 Meter Distanz als sicher, die schweizerischen zwei Meter berücksichtigen, dass der Abstand üblicherweise lediglich geschätzt wird) kann meines Erachtens ohne weitere Schutzmassnahmen (als Lüften) erfolgen. Kurzzeitiges, auch häufiges Kreuzen verletzt diese Regeln nicht.
- Beim Unterschreiten der Abstandsregeln und direktem Körperkontakt sollten mindestens bei den Proben Hygiene Mundschutzmasken getragen werden. Diese filtert die grösseren Tröpfchen und verhindert, dass die Tänzerinnen und Tänzer sich ins Gesicht fassen.



- Bei körperlich sehr intensiven, mit Partnering und körperlicher Nähe arbeitenden Choreografien sollten Gruppen definiert werden die jeweils als „Coronagemeinschaft“ angesehen werden. Die Zusammensetzung der Gruppen sollte möglichst stabil sein.
- Generell und besonders beim vorherigen Punkt müssen dringend auch die deutschen gesetzlichen Regeln beachtet werden die möglicherweise andere Bestimmungen enthalten.
- Die Ableitung der Schutzmassnahmen beruht auf meiner Abschätzung die von einer Virenlast pro Milliliter Sputum im Bereich 8'000000 ausgeht, das ist in etwa die durchschnittlich gefundene Anzahl Viren bei an Covid-19 Erkrankten. Ausserdem wurde angenommen, dass es mindestens 500 Viren braucht um eine Ansteckung zu verursachen. Letzteres ist reine Spekulation und meint „relativ ansteckend, aber nicht hoch ansteckend“. Daten hierzu sind bisher meines Wissens nicht erhältlich. Es wird von Einzelfällen berichtet, bei denen Virenlasten von 10^9 bzw. Milliarden pro Milliliter gefunden wurden. Hier ist aber leider nicht bekannt ob solche Fälle auch symptomfrei möglich sind. Ein derartiger Fall würde auch bei Einhaltung der Schutzmassnahmen Ansteckungen verursachen.