



Tröpfchen, Tröpfchenkerne und Aerosole

Während der Covid-19-Pandemie wurde immer wieder über die Frage diskutiert, ob das SARS-CoV-2-Virus primär über Tröpfchen übertragen wird oder auch in erheblichem Umfang über Aerosole.

Diese Diskussion ist grundsätzlich gut 100 Jahre alt und eine eher theoretische, da in den allermeisten Fällen wahrscheinlich beide – wenn auch in unterschiedlichem Umfang je nach Krankheit – beteiligt sind.

Tröpfchen entstehen überwiegend beim Husten und Niesen und sind relativ groß, so dass sie schnell zu Boden sinken und nicht mehr eingeatmet werden können. Aerosole dagegen sind relativ klein und können durch die Wind- und Luftbewegungen über Stunden bis Tage in der Luft und damit auch auf Atemhöhe gehalten werden.

Tröpfchen können logischerweise mehr Bakterien und Viren enthalten als Aerosole, so dass eine Tröpfcheninfektion, einfach gesagt, schneller bzw. eher eintreten kann. Andererseits ist eine Tröpfcheninfektion nur möglich bei relativer Nähe zur Indexperson, insbesondere bei geringem Abstand und längerer Zeitdauer. Wenn Tröpfcheninfektionen dominierend bei einer Krankheit sind, dann spricht dies auch eher dafür, dass eine große Menge Bakterien oder Viren für eine Infektion erforderlich ist.

Anschaulich ist folgende Berechnung über die in Partikeln entsprechender Größe transportierte Flüssigkeitsmenge:

Partikelgröße	0,3 μm	0,5 μm	1,0 μm	5,0 μm	10 μm
Volumen	0,014 μ^3	0,065 μ^3	0.52 μ^3	65,5 μ^3	523,6 μ^3

Dabei zeigt sich, wieviel mehr Inhalt in großen Partikeln enthalten ist. Daher ist eine Tröpfcheninfektion viel effektiver, um die notwendige Dosis zu übertragen.

Schon 1946 wurde publiziert, dass Tröpfchen zwischen 1 und 2.000 μm groß sind, die allermeisten aber zwischen 4 und 8 μm . Die Größen sind in etwa gleich beim Niesen, Husten und Sprechen. Tröpfchen größer als 8 μm verschwinden demnach innerhalb von 20 Minuten aus der Luft, größer als 4 μm innerhalb von 90 Minuten. Kleinere, die oft keine Bakterien enthalten, können bis 30 Stunden in der Luft bleiben (Duguid 1946). Der Ausstoß von Bakterien-haltigen Partikeln verhält sich bei Niesen : Husten : Reden wie 400 : 7 : 1 (Duguid 1946, Ransjö 1986, McCluskey 1996).

Ende der 1950er Jahre brachte der Anderson-Sammler Vorteile, als nunmehr Partikel bestimmter Größen korrekt gezählt werden konnten (Belkin 1997). Bis dahin hatte man Probanden Farbstoff in den Mund gegeben und z. B. husten lassen. Die Partikelgrößen wurden dann z. B. auf Glasplatten gemessen, auf denen die Tröpfchen aufgefangen wurden.

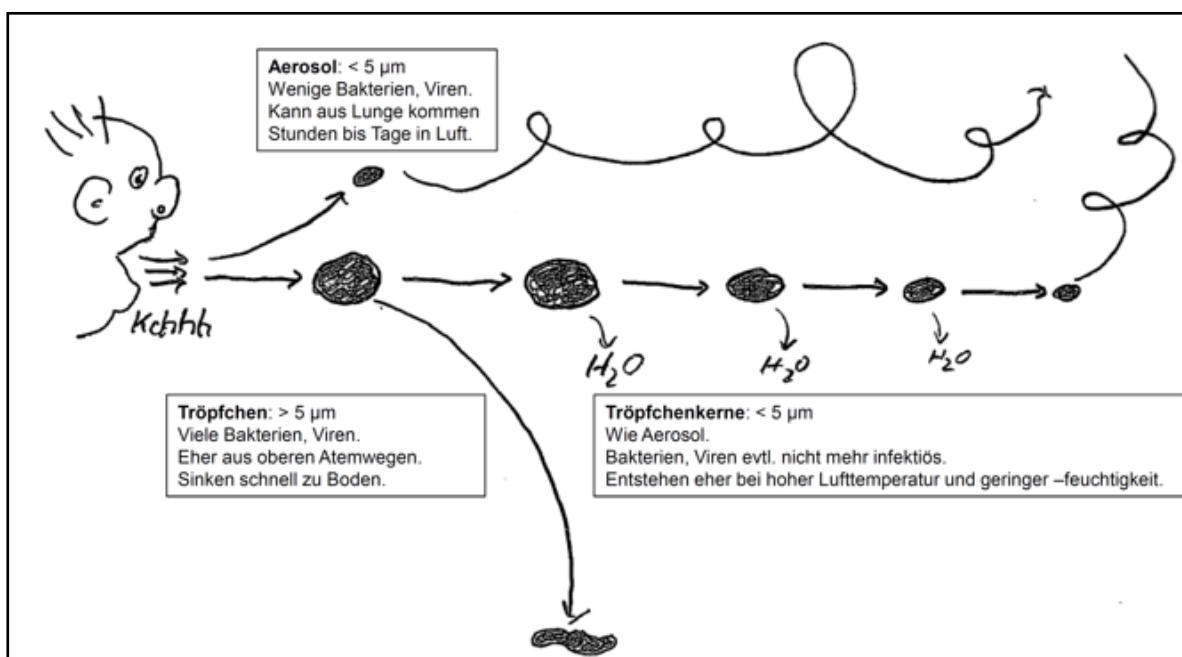


Neuere Studien zeigen, dass beim Singen und Husten ungefähr gleich viele Tröpfchen ausgestoßen werden, nämlich 6 Mal mehr als beim normalen Sprechen; die Ausscheidung der Tröpfchen nimmt zu mit der Lautstärke des Sprechens (Asadi et al. 2019); dies ist praktisch identisch mit den o. g. älteren Studien. Beim Sprechen wiederum werden mehr und größere Aerosole/Tröpfchen abgegeben als beim Atmen (Asadi et al. 2020). Darüber hinaus gibt es aber auch individuelle Unterschiede, wie „feucht“ die Aussprache bei einzelnen Personen ist.

Derzeit wird der Unterschied zwischen Tröpfchen und Aerosolen bei etwa 5 μm Durchmesser festgemacht – über 5 μm spricht man meistens von Tröpfchen. Dabei geht man davon aus, dass Aerosole bis in die Alveolen der Lunge vordringen und umgekehrt auch aus diesen - mitsamt eventueller Erreger - abgehustet werden können (Schulze-Röbbecke et al. 2020, Leung et al 2020, Bourouiba 2020, Tellier et al 2019).

Allerdings können sich Tröpfchen in Aerosole umwandeln: Wenn Tröpfchen durch die Luft fliegen, verlieren sie Wasser und werden dadurch kleiner, zu sogenannten Tröpfchenkernen, die die Größe von Aerosolen haben können. Dabei nehmen beispielsweise Tröpfchen von 12-21 μm auf Größen von 4 μm ab (Stadnytsky et al. 2020).

Bei diesen Austrocknungsvorgängen können die in den Tröpfchen enthaltenen Bakterien und Viren allerdings beschädigt oder abgetötet werden, so dass der Übergang in Tröpfchenkerne nicht unbedingt eine weitere Infektiosität bedeuten muss. Wenn die Tröpfchenkerne auf Aerosolgröße abgenommen haben, verhalten sie sich in der Luft wie Aerosole.





Trotz 100 Jahren Forschung und Diskussion sind selbst die Begrifflichkeiten nicht völlig klar: Einige verstehen unter Aerosolen eine Ansammlung von Tröpfchen/Partikeln in der Luft (Schulze-Röbbecke et al. 2020, Wikipedia), andere die einzelnen Tröpfchen/Partikel (Leung et al. 2020, Bourouiba 2020).

Gleiches gilt für die Einstufung, welche Krankheiten eher durch Tröpfchen oder eher durch Aerosole übertragen werden. Masern und Windpocken beispielsweise werden – je nach Autor – bei beiden genannt, Scharlach, Tuberkulose und Grippe eher bei Tröpfchen-Infektionen.

Über den „sicheren“ Abstand bei Tröpfchen-Infektionen ist ebenfalls nichts Sicheres bekannt: Für SARS-CoV-2 wird - im Jahr 2020 während der Covid-19-Pandemie - ein Abstandhalten von 1 Meter beispielsweise vorgegeben in Frankreich, Singapur und Italien, von 1,5 Meter in Deutschland und Australien, von 2 Meter in USA, UK, Kanada, Spanien und Neuseeland. China und die WHO nennen auch 1 Meter (Bourouiba 2020, EMG-SAGE 2020).

Pauschal kann man sagen, dass eine höhere Temperatur (z. B. Sommer) die Umwandlung von Tröpfchen in Tröpfchenkerne begünstigt ebenso wie eine niedrige Luftfeuchtigkeit (z.B. Winter). Für Covid-19 scheinen mehr Fälle bei höherer Luftfeuchtigkeit aufzutreten (Baker et al. 2020); dies könnte damit zusammenhängen, dass dann größere Tröpfchen eher Bestand haben und damit eingeatmet werden können. Für das Grippevirus gilt, dass es lange infektiös bleibt bei niedriger Luftfeuchtigkeit (Winter!), dagegen bei rel. Luftfeuchtigkeit über 40 % schnell inaktiviert wird (Noti et al 2013).

15.07.2020 Prof. W. Popp

Literatur:

- Asadi, S. et al: Aerosol emission and superemission during human speech increase with voice loudness. Nature Scientific Reports 2019
- Baker, R.E. et al: Susceptible supply limits the role of climate in the Covid-19 pandemic. 2020
- Belkin, N.L.: The evolution of the surgical mask: Filtering efficiency versus effectiveness. Infect Control Hosp Epidemiol 1997, 18, 49-57
- Bourouiba, L: Turbulent gas clouds and respiratory pathogen emissions potential implications for reducing transmission of Covid-19. JAMA 2020, 323, 1837-1838
- Duguid, J.P.: The size and the duration of air-carriage of respiratory droplets and droplet-nuclei. J Hyg (London) 1946, 44, 471-479
- EMG-SAGE 4th June 2020. Transmission of SARS-CoV-2 and mitigating measures
- Leung, N.H.L. et al: Respiratory virus shedding in exhaled breath and efficacy of face masks. Nature Medicine 2020



McCluskey, F.: Does wearing a face mask reduce bacterial wound infection? A literature review. *Br J theatre Nursing* 1996, 6, 18-29

Noti, J.D. et al: High humidity leads to loss of infectious influenza virus from simulated coughs. *PLOS ONE* 2013, 8, e57485

Ransjö, U.: Masks: a ward investigation and review of the literature. *J Hosp Infect* 1986, 7, 289-294

Schulze-Röbbecke, R. et al: Welche Schutzmaske schützt vor COVID-19? Was ist evidenzbasiert? *Krankenhaushygiene up2date* 2020, 15, 123-131

Stadnytsky, V. et al: The airborne lifetime of small speech droplets and their potential importance in SARS-CoV-2 transmission. *PNAS* 2020, 117, 11875-11877

Tellier, R. et al: Recognition of aerosol transmission of infectious agents: a commentary. *BMC Infect Dis* 2019, 19, 101