

Hintergrundinformation zur Abschätzung der Wahrscheinlichkeit und Relevanz einer SARS CoV-2 Übertragung bei Kontakt zu CoViD-19 Infizierten

Verfasser: Dr. Andreas van Egmond-Fröhlich, pädiatrischer Pneumologe, Wien (27.03.2020)

Einführung

Ziel der Gesundheitspolitik ist es, die Nettofortpflanzungszahl von CoViD-19 möglichst ressourcenschonend zu reduzieren, um die Zahl der insgesamt Infizierten zu vermindern und eine Überwältigung der Kapazitäten im Gesundheitswesen zu verhindern, denn diese würden die Letalität bei CoViD-19 und anderen Erkrankungen erhöhen. Außerdem steigt so die Chance, dass eine Impfung und bessere Therapien vorliegen, bevor ein großer Teil der gefährdeten Population erkrankt ist.

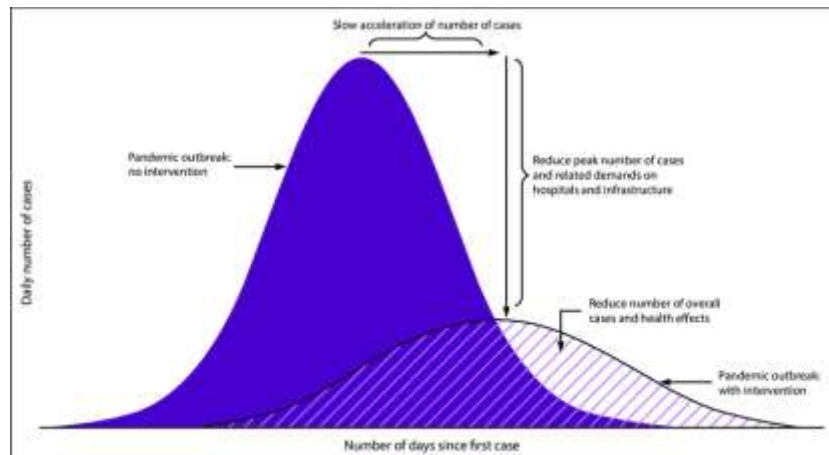


Abb.1: Ziele der Mitigation der CoViD-19 Pandemie (Qualls, Levitt et al. 2017)

Ärzte, insbesondere Mitarbeiter der Gesundheitsämter, müssen hierzu oft abschätzen, wie hoch die Wahrscheinlichkeit einer Transmission zwischen einer bekanntermaßen an CoViD-19 erkrankten Person (**C**) und einer Kontaktperson (**K**) ist

ECDC (ECDC 2020) unterscheidet in ihren Empfehlungen nach dem Grad der Exposition in Hochrisikoexposition durch engen Kontakt und niedrigem Risiko durch beiläufigen Kontakt.

Hochrisikoexposition (enger Kontakt):

- Kontakt im Haushalt
- Physischer Kontakt: Händeschütteln, Umarmen, Küssen
- Ungeschützter, direkter Kontakt mit Sekret von C (direkt angehustet werden, Berühren von durch C benutzten Taschentüchern mit der Hand)
- Kontakt von Angesicht zu Angesicht für >15 Minuten in einem Abstand <2 Meter
- Kontakt für >15 Minuten in einem Abstand <2 Meter in einem geschlossenen Raum (Klassenzimmer, Besprechungsraum, Warteraum)
- Pflege von C ohne geeignete Schutzausrüstung
- LaborantInnen, die Proben von C ohne geeignete Schutzausrüstung verarbeitet haben
- Zwei oder weniger Sitze entfernt von C in einem Flugzeug sitzen (bei starkem Husten/Niesen auch weiter entfernte)

Niedriges Risiko (Gelegenheitskontakt)

- Kontakt für <15 Minuten oder in einem Abstand >2 Meter in einem geschlossenen Raum
- Kontakt von Angesicht zu Angesicht für <15 Minuten oder in einem Abstand >2 Meter
- Gemeinsames Reisen

Die Kriterien (wie ein Abstand zum Infizierten unter 2 Meter, oder eine Dauer des Kontaktes von mindestens 15 Minuten) sind mit Grenzwerten verbunden, die wohlüberlegt sind und dennoch eine gewisse Beliebigkeit beinhalten. Da sich die reale Wahrscheinlichkeit einer Transmission mit solchen Dichotomien nur ungenau abbilden lässt, sollen die Mechanismen der Transmission im Folgenden beleuchtet werden. Dieses Wissen hilft uns auch, uns und andere besser vor einer Infektion zu schützen.

Wahrscheinlichkeit einer Transmission

Eine Übertragung von SARS CoV-2 erfolgt über

1. Tröpfcheninfektion (> 5 μm Durchmesser) steht im Vordergrund
2. Aerosol (< 5 μm), entweder primär so klein oder als Tröpfchenkerne nach Verdunstung der Flüssigkeit), spielt nach gegenwärtigem Stand eine nachrangige Rolle (außer bei Intubationen etc.).
3. Indirekt über Hände, und kontaminierte Oberflächen.

Die Wahrscheinlichkeit einer Infektion von K hängt ab von:

- Krankheitsstadium von C,
- etwaigem direktem Kontakt (Küssen, geteilte Ess- und Trinkutensilien, Umarmen, oder Händeschütteln mit anschließendem Kontakt der Hände mit den Schleimhäuten von Mund, Nase, oder Augen),
- minimalem Abstand (K zu C),
- der Aktivität von C (Husten, Niesen, Sprechen, schweres Atmen durch den Mund), einschließlich der Intensität, Dauer und Richtung dieser Aktivität von C,
- möglichen Barrieren gegen eine Übertragung (Husten oder Niesen in ein Tuch oder in den Ellbogen, Masken inklusive Typ bei C und/oder K, Glasscheiben), aber auch Handschuhe, anschließendem Händewaschen
- den Umweltbedingungen (innen/außen, Wind incl. Richtung).
- der Dauer des Kontaktes,
- der Suszeptibilität von K
- Auftreten von CoViD-19 Symptomen bei K in plausiblen Zeitabstand zum Kontakt mit C

Diese Elemente sollen nun im Einzelnen dargelegt werden:

Krankheitsstadium von C

Die Infektiosität von C sinkt ab 4 Tage nach Symptombeginn (Abb.2) (Woelfel, Corman et al. 2020).

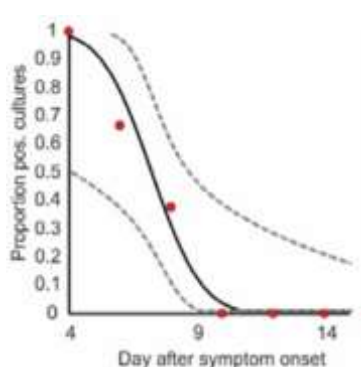
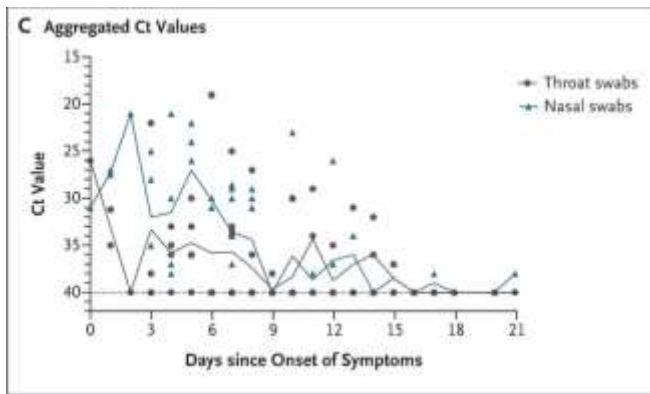


Abb.2: Anteil positiver SARS CoV-2 Nachweise bei leicht an CoViD-19 Erkrankten zwischen 4 und 14 Tagen nach Beschwerdebeginn (Woelfel, Corman et al. 2020).



Auch bei schwereren Verläufen ist sie 15 Tage nach Symptombeginn sehr gering (Abb. 3) (Zou, Ruan et al. 2020):

Abb.3: Verlauf der mittleren Viruslast (gemessen an der Cycle Time in der rRT PCR) in einer Gruppe von Patienten mit leichtem bis schwerem Verlauf (Zou, Ruan et al. 2020)

K ist definiert als eine Person, die mit C zwischen 24-48 Stunden (je nachdem, wo man nachliest) vor dessen Symptombeginn bis zu dessen Isolation Kontakt hatte (ECDC 2020).

Direkter Kontakt

Händeschütteln

Dies stellt ein hohes Risiko dar, wenn C Husten/Schnupfen hat, die Hände nicht kürzlich gewaschen hat und K vor einem eigenen Händewaschen mit den Händen die Schleimhäute (Mund, Nase, Augen) berührt. Das Tragen von Handschuhen kann schützen, wenn sie richtig genutzt und abgelegt werden.

Küsse auf den Mund, Teilen von Ess- und Trinkutensilien

Sehr hohes Risiko wegen der teils hohen Konzentration der Viren im Speichel.

Küsse auf die Wange sind ebenfalls riskant, wenn auch zu einem geringeren Grad.

Kontakt über Oberflächen

SARS-CoV-2 ist bis zu 72 Stunden, wenngleich in 1000-fach reduzierter Quantität, auf Stahl und Plastikoberflächen nachzuweisen (auf Kupfer und Karton kürzer) (van Doremalen, Bushmaker et al. 2020). Das eröffnet die Möglichkeit, dass Sekrettröpfchen nach Husten oder Niesen über die Hände bei K in die Schleimhäute von Mund, Nase und Augen gebracht werden, weil sie davor nicht gewaschen wurden.

Ein besonderes Risiko sich über Speichelreste anzustecken entsteht, wenn K nach C dasselbe Ess- und Trinkgeschirr benutzt.

Minimaler Abstand zwischen K und C

Tröpfchen können bei ungehemmtem kräftigem Husten weit geschleudert werden (Abb.4). (Zhu, Kato et al. 2006). Ein [Video](#) von der Tröpfchenwolke beim Husten ist verfügbar (Bourouiba 2020).



Abb. 4: Visualisierung des Luftflusses beim Husten (Zhu, Kato et al. 2006).

Größere Tröpfchen folgen einer ballistischen Bahn und fallen dann auf Oberflächen oder prallen auf eine nahe gegenüberstehende Person. Kleinere Tröpfchen <5-10µm neigen aufgrund der größeren Oberfläche im Verhältnis zur Masse abhängig von Temperatur und Luftfeuchtigkeit zur rascheren Verdunstung, was dann sogenannte Tröpfchenkerne entstehen lässt, die aufgrund des kleinen Durchmessers lange in der Schwebelast bleiben können. Die Verdunstung wird jedoch durch den, die Tröpfchenwolke umgebende,

ausgehustete warm-feuchte Atemluft verlangsamt. Die effektive Reichweite der infektiösen Tröpfchen bei ungehindertem, sehr kräftigem Husten oder Niesen kann bis zu 8 Meter betragen (Bourouiba 2020).

Die Aktivität von C inkl. Art, Intensität und Richtung

Husten

Die Ausrichtung des Gesichts von C relativ zur Position von K ist bedeutsam, da die Tröpfchenwolke beim Husten (Zhu and Kato 2006) gerichtet ist:

Beim Husten entsteht ein Tröpfchenstrom mit initial durchschnittlich 11,2 m/s und einem Volumen von 1,4 Liter (0,8-2,2 L). Die Gesamtmasse der Tröpfchen beträgt 6,7 mg (6 – 8 mg). Der Tröpfchenstrom ist initial nach unten gerichtet steigt aber im Verlauf durch die höhere Temperatur der Ausatemluft an. (Abb. 5)

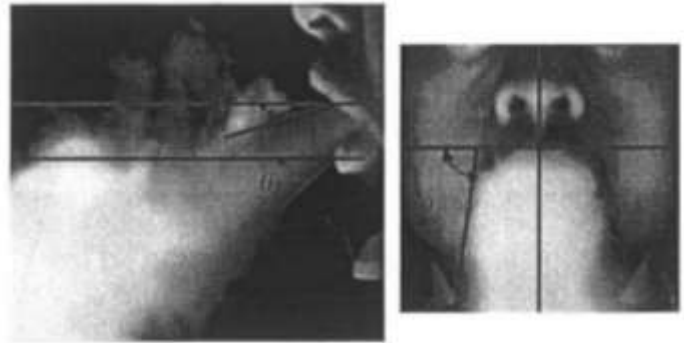


Abb. 5: Tröpfchenstrom beim Husten in Seiten- und Frontalansicht (Zhu, Kato et al. 2006)

Die Ausdehnung der Tröpfchenwolke steigt mit zunehmendem Abstand, während die Dichte sinkt. Richtung des Hustens von C sind also für die Tröpfchenkonzentration an den Atemwegen von K bestimmend. Die beim Husten entstehenden Tröpfchen sind eher groß. Die häufigste Größe (Modus) ist 8,2 μm (Abb. 6) (Yang, Lee et al. 2007).

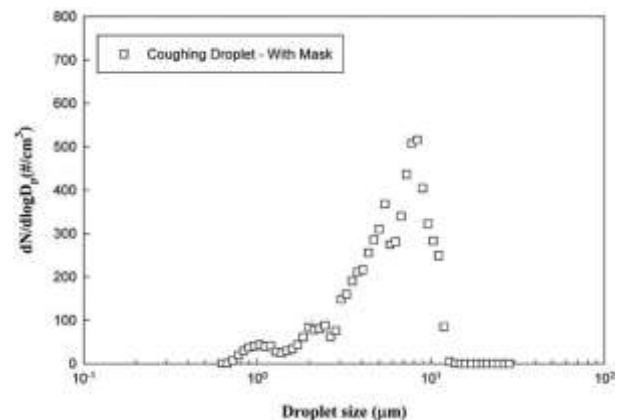


Abb. 6: Spektrum der Tröpfchengröße beim Husten (Yang, Lee et al. 2007)

Es gibt einen linearen Zusammenhang zwischen der Stärke eines Hustens (hier gemessen mit dem Hustenspitzenfluss) und der produzierten Tröpfchendichte bzw. Zahl (Abb.7) (Yang, Lee et al. 2007). Außerdem wird die höhere Geschwindigkeit des Luftstroms und der Tröpfchen bei kräftigem Husten die Tröpfchen weiter schleudern (im Extremfall über zwei Meter weit). Es ist also wichtig zu erfragen, wie oft und wie stark (=laut) gehustet wurde.

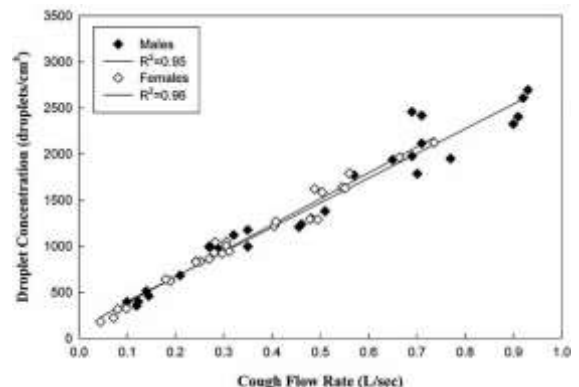


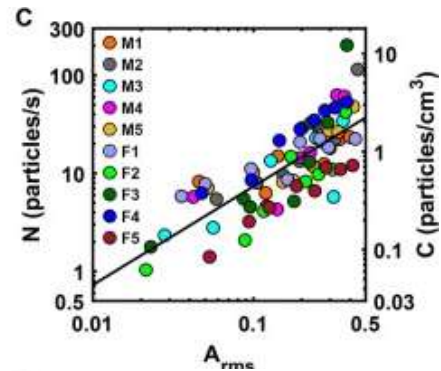
Abb. 7: Korrelation zwischen Tröpfchendichte und Hustenflussrate (Yang, Lee et al. 2007)

Man kann sogar husteln, ohne den Mund zu öffnen und damit faktisch ohne Tröpfchen zu produzieren. Im Abschnitt Barrieren wird darauf eingegangen, dass Husten in den Ellbogen die Tröpfchenzahl auf ein Fünftel und das Tragen einer Maske auf ca. ein Zehntel reduziert.

Sprechen

Beim Sprechen hängt die Tröpfchenproduktion etwa linear von der Lautstärke des Sprechens ab. Beim Flüstern werden praktisch keine Tröpfchen produziert (Asadi, Wexler et al. 2019).

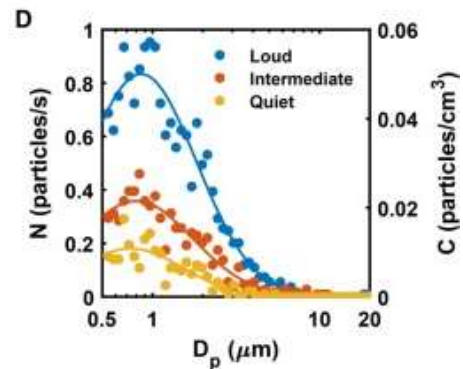
Abb.8: Korrelation zwischen der Tröpfchenzahl und der Sprachlautstärke (Amplitude) (Asadi, Wexler et al. 2019)



Das Tröpfchenspektrum (Verteilung der Durchmesser) ist nicht von der Lautstärke abhängig (Abb. 9). Es sind vor allem kleine, lungengängige Tröpfchen $< 5 \mu\text{m}$ im Sinne eines Aerosols, die von den Vibrationen der Stimmbänder produziert werden. (Asadi, Wexler et al. 2019).

Abb.9: Tröpfchenspektrum bei leisem, moderatem und lautem Sprechen (Asadi, Wexler et al. 2019).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

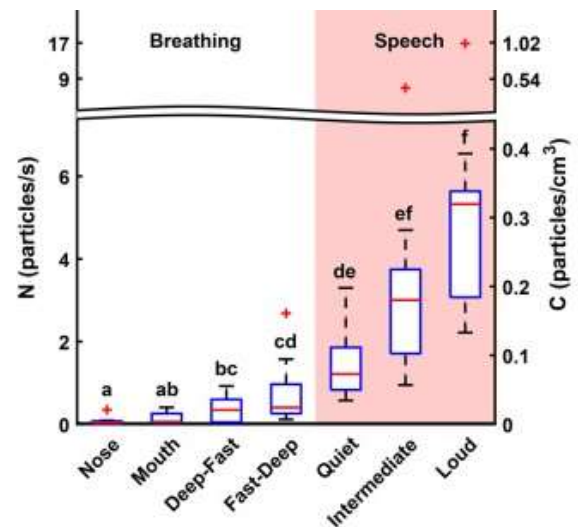


Als Aerosole bleiben diese Tröpfchen lange in der Luft in Schwebelage. SARS CoV-2 ist bei einer Halbwertszeit von 1,1 Stunden bis zu 3 Stunden in der Luft nachweisbar und in der Lage zu infizieren (van Doremalen, Bushmaker et al. 2020). Aerosole bewegen sich aber mit der Luft, sind also bei sehr guter Lüftung und insbesondere im Freien wenig relevant.

Atmen

Auch bei Mundatmung werden vor allem kleine Tröpfchen produziert. Allerdings in Ruhe nur minimal und auch bei vertiefter Atmung im Rahmen von körperlicher Aktivität weit geringer als beim Sprechen (Abb.10).

Abb.10: Tröpfchenzahl bei Nasenatmung, Mundatmung, vertiefter und beschleunigter Atmung, leisem, moderatem und lautem Sprechen (Asadi, Wexler et al. 2019). <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.



Mögliche Barrieren gegen eine Übertragung:

Händewaschen

Auf die Bedeutung des Händewaschens gegen eine Infektion nach Berührung eines Infizierten oder von kontaminierten Oberflächen wurde bereits oben hingewiesen.

Husten oder Niesen in ein Tuch oder in den Ellbogen

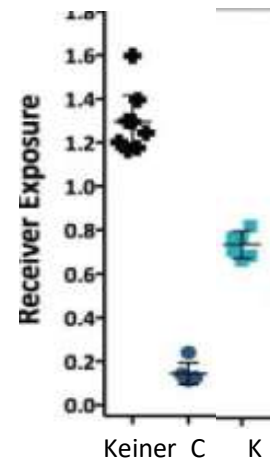
Husten in ein Tuch ist im besten Fall wie das Tragen einer chirurgischen Maske zu werten.

Die protektive Wirkung von Husten in den Ellbogen ist etwa halb so gut wie beim Tragen einer chirurgischen Maske durch C (Wood, Stockwell et al. 2018). Die Wirkung ist bei langärmeliger Kleidung besser. Sonst werden vor allem die großen Tröpfchen durch die Haut abgefangen.

Tragen von Masken

Trägt C eine chirurgische Maske, so wird die Tröpfchenmasse beim Husten von 6,7 auf 0,2 mg reduziert. Die Maske lässt nur kleine Tröpfchen durch (Zhu, Kato et al. 2006). Es wurde eine Reduktion der Tröpfchenzahl auf ein Zehntel gemessen (Yang, Lee et al. 2007) und auch das Infektionsrisiko durch Tröpfcheninfektion sinkt vermutlich auf ein Zehntel, wenn C eine chirurgische Maske trägt (Patel, Skaria et al. 2016) (Abb.11), während sie etwa auf die Hälfte sinkt, wenn K die Maske trägt.

Abb. 11: Vergleich der Tröpfchenzahl an den Atemwegen, wenn keiner, C, oder K eine chirurgische Maske trägt. (Patel, Skaria et al. 2016)



(Plexi-)Glasscheiben

Wie sie an der Kasse von Supermärkten, Schaltern der Patientenmeldung etc. installiert sein sollten.

Tragen von Handschuhen

Handschuhe helfen, wenn sie nicht vor dem Ablegen an die Schleimhäute gebracht werden und zudem so abgelegt werden, dass die Hände nicht kontaminiert werden. Sie sind für Pflegemaßnahmen essenziell.

Umweltbedingungen

Wie oben dargestellt, hilft gute Belüftung (häufiger Austausch der Luft) insbesondere gegen Infektion mit Aerosolen. Aus demselben Grund findet im Freien praktisch keine Infektion per Aerosol statt. Die Infektion per Aerosol ist bei SARS CoV-19 aber vermutlich nachrangig. Andererseits dürfte im Freien bei fehlendem körperlichem Kontakt, wenn C nicht hustet, nicht niest, nicht laut spricht oder singt, auch bei räumlicher Nähe (Parkbank) von längerer Dauer (15 Minuten) kaum eine Infektion passieren.

Dauer des Kontaktes

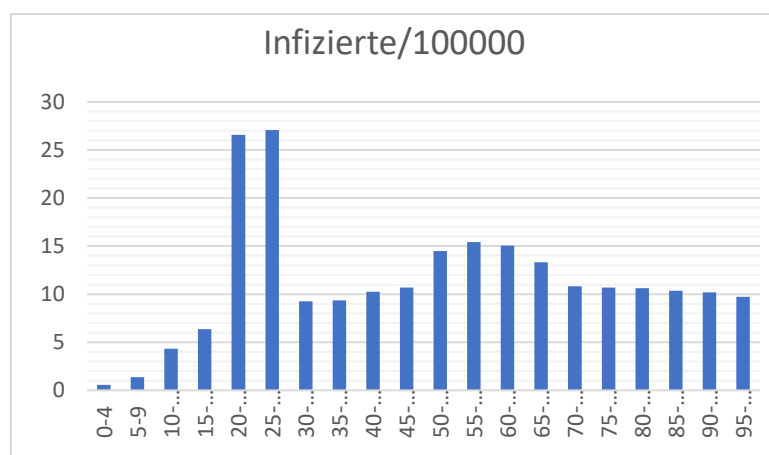
Da die 15-Minutengrenze arbiträr ist, können bei der individuellen Risikoeinschätzung auch Kontakte mit einer kürzeren Expositionsdauer als Hochrisikokontakte eingeordnet werden. (ECDC 2020).

Letztlich ergibt sich das Risiko bei Tröpfcheninfektion aus der Tröpfchendichte am Eingang der Atemwege multipliziert mit der Dauer. Eine Exposition von 2 Minuten Dauer durch eine K laut anschreiende Person C in 50 cm Abstand ist vermutlich riskanter als eine einstündige Exposition in einem Restaurant in 1,5 m Abstand, wobei C weder hustet, niest noch laut spricht.

Suszeptibilität

Wenn man die Zahl der Infizierten je Altersdekade zum Bevölkerungsanteil der Dekade aus südkoreanischen Daten in Relation setzt, so ist die Prävalenz von nachgewiesener Infektion im Kindesalter minimal (1/10), im Jugendalter halbiert (allerdings vermutlich auch weniger getestet), in der Altersgruppe der 20-29-Jährigen

Abb. 12: Altersspezifische Prävalenz von CoViD-19 in Südkorea aus eigener Analyse auf der Datenbasis Shim & Tariq (Shim, Tariq et al. 2020)



2,5-fach höher und bei 50-69-Jährigen 1,5-fach höher als bei der Referenzgruppe der 30-49-Jährigen und >70-Jährigen. Es wäre zu vermuten, dass die soziale Freizeitaktivität bei den jungen Erwachsenen und eine altersbedingt erhöhte Empfindlichkeit gepaart mit fortgesetzter sozialer Aktivität in Freizeit und Beruf bei den 50-69-Jährigen eine Rolle spielt. Für die alters- und komorbiditätsbedingt erhöhte Empfindlichkeit könnte die Expression von Angiotensin converting Enzyme auf den Typ 2 Pneumozyten verantwortlich sein.

CoViD-19 Symptome

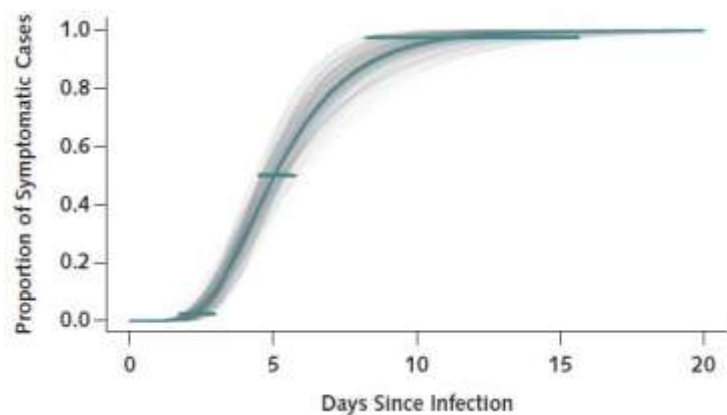
Symptome: (ECDC 2020)

- Fieber (88%),
- trockener Husten (68%),
- Abgeschlagenheit (38%),
- produktiver Husten (33%),
- Anosmie (30)
- Dyspnoe (19%),
- Muskel- oder Gelenkschmerzen (15%),
- Kopfschmerzen (14%),
- Halsschmerzen (14%),
- Selten Erbrechen (5%) und Diarrhoe (4%).

Inkubationszeit:

Die Inkubationszeit beträgt median 5,1 Tage. Innerhalb von 2,2 Tage nach Infektion zeigen nur 2,5% Beschwerden, 97% haben sie nach 11,5 Tagen und 99% nach 14 Tagen entwickelt (Lauer, Grantz et al. 2020).

Abb. 13: Kumulative Häufigkeit des Beschwerdebeginns nach Infektion (Lauer, Grantz et al. 2020)



Fehlen beim Kontakt CoViD-19 typische

Symptome (Husten, Fieber, Atemnot), so ist eine Testung nicht hilfreich, da ein negativer Befund eine Infektion nicht ausschließt. Um Testressourcen zu sparen ist bei asymptomatischen Kontaktperson nach Hochrisikoexposition eine häusliche Isolierung für 14 Tage ab Ende der Exposition durchgeführt. Durch wiederholte SMS-Kontakte mit dem Gesundheitsamt wird der Verlauf beobachtet und bei Auftreten von Symptomen die PCR-Testung nachgeholt.

Relevanz einer Transmission

Auch ist relevant, in wie weit die Kontaktperson selbst gefährdet ist und wie stark diese Person aufgrund von sozialen und beruflichen Kontakten im Infektionsfall andere Menschen gefährden würde. Eine falsch negative Kategorisierung als Verdachtsfall hätte damit ein unterschiedliches Gewicht. Umgekehrt ist eine falsch positive Kategorisierung als Verdachtsfall ebenfalls mit Kosten verbunden: Personalzeit und Kosten für das Gesundheitssystem, starke Einschränkungen für den Verdachtsfall und Belastung für sein soziales Umfeld und ggf. Ausfall in seiner gesellschaftlichen Funktion. Daraus folgt, dass der Schwellenwert für die Wahrscheinlichkeit, ab der eine Testung oder Isolation zu empfehlen ist, unterschiedlich zu wählen ist.

Individuelle Gefährdung für schwere Verläufe / Letalität

Ein hohes individuelles Risiko ist vor allem für die Disposition relevant.

Auch bei überlasteten Testkapazitäten sollte eine Kontaktperson mit hohem individuellem Risiko für einen schweren Verlauf getestet werden, während bei geringem Risiko eine gute häusliche Isolation ohne Testung eine Option wäre.

Individuelle Risikofaktoren für schwere und tödliche Verläufe:

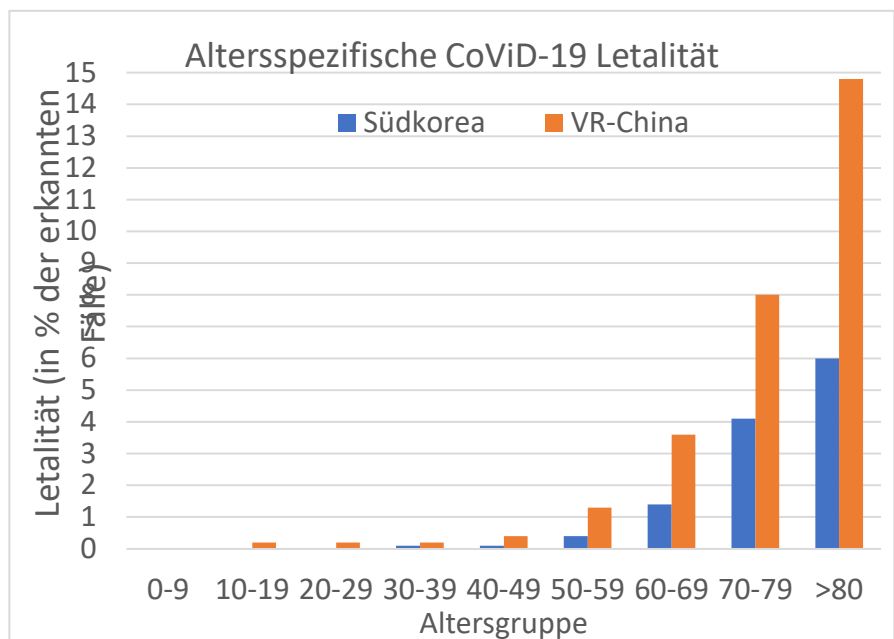
Risikofaktor Geschlecht

Bei Männern gegenüber Frauen hat CoViD-19 eine 1,4-1,5-fache Letalität (Shim, Tariq et al. 2020).

Risikofaktor Alter:

In Südkorea wurde bei umfassenderer Testung eine noch unterschätzte, niedrigere Letalität in allen Altersgruppen, aber eine ähnliche Altersverteilung der Letalität beobachtet (Shim, Tariq et al. 2020) wie in Wuhan (Abb.14).

Abb. 14: Altersspezifische Letalität in Wuhan, China (Wu and McGoogan 2020) und Südkorea (Shim, Tariq et al. 2020).



Trotz des generell milde

Krankheitsverlaufs bei Kindern und Jugendlichen, wurden vereinzelt auch schwere Erkrankungen berichtet (Cao, Chen et al. 2020).

Risikofaktor Vorerkrankung:

Basierend auf den Verläufen in Wuhan, China (Wu and McGoogan 2020), die wie gesagt die Letalität überschätzen, im Vergleich zur Letalität ohne Vorerkrankungen (1.4%):

- 10,5 % bei kardiovaskulärer Erkrankung
- 7,3 % bei Diabetes mellitus Typ 2
- 6,3 % bei chronischer respiratorischer Erkrankung
- 6,0 % bei art. Hypertonie
- 5,6 % bei Krebserkrankung

- Rauchen

Das Virus dockt an zellmembranständigem ACE (angiotensin converting enzyme II) in den Atemwegen (z.B. auf Typ 2 Pneumozyten) an. Eine höhere Expression erhöht deshalb vermutlich die Suszeptibilität und diese steigt mit dem Alter, bei Rauchern und bei Hypertonie.

Eine Schwangerschaft bedingt kein zusätzliches Risiko.

Eine beim Interview bestehende deutliche Atemnot bedeutet, dass eine schwere Erkrankung vorliegt und indiziert eine ärztliche Vorstellung per Infektionstransport in einer geeigneten Ambulanz (aktuell KFJ, KH Nord) mit Vorankündigung.

Risiko der Person für die Gemeinschaft falls infiziert

Hochrisikoberufe sind Arbeit in der Alten- und Pflegebetreuung, in Gesundheitsberufen und in sonstigen Dienstleistungen mit engem und vielfältigem Kontakt (Risiko Alter und Vorerkrankung).

Das berufliche Risiko ist niedriger bei nicht Arbeitenden, Arbeiten mit Home-office, flexiblen Arbeitsschichten, physischer Distanzierung am Arbeitsplatz, Verwendung von Telekonferenzen statt Arbeitstreffen, Barrieren zu Kunden, Nutzung von Individualverkehr (Fahrrad, Auto).

Im privaten Bereich sind Mitbewohner mit hohem Letalitätsrisiko (Alter, Vorerkrankung), insbesondere wenn diese pflegebedürftig sind oder die Wohnverhältnisse beengt sind, durch eine Kontaktperson gefährdet.

Diese Personen sind bevorzugt zu Testen und intensiver zu beraten.

Procedere für identifizierte Kontaktpersonen

Figure 1. Algorithm for the management of contacts of probable or confirmed COVID-19 cases

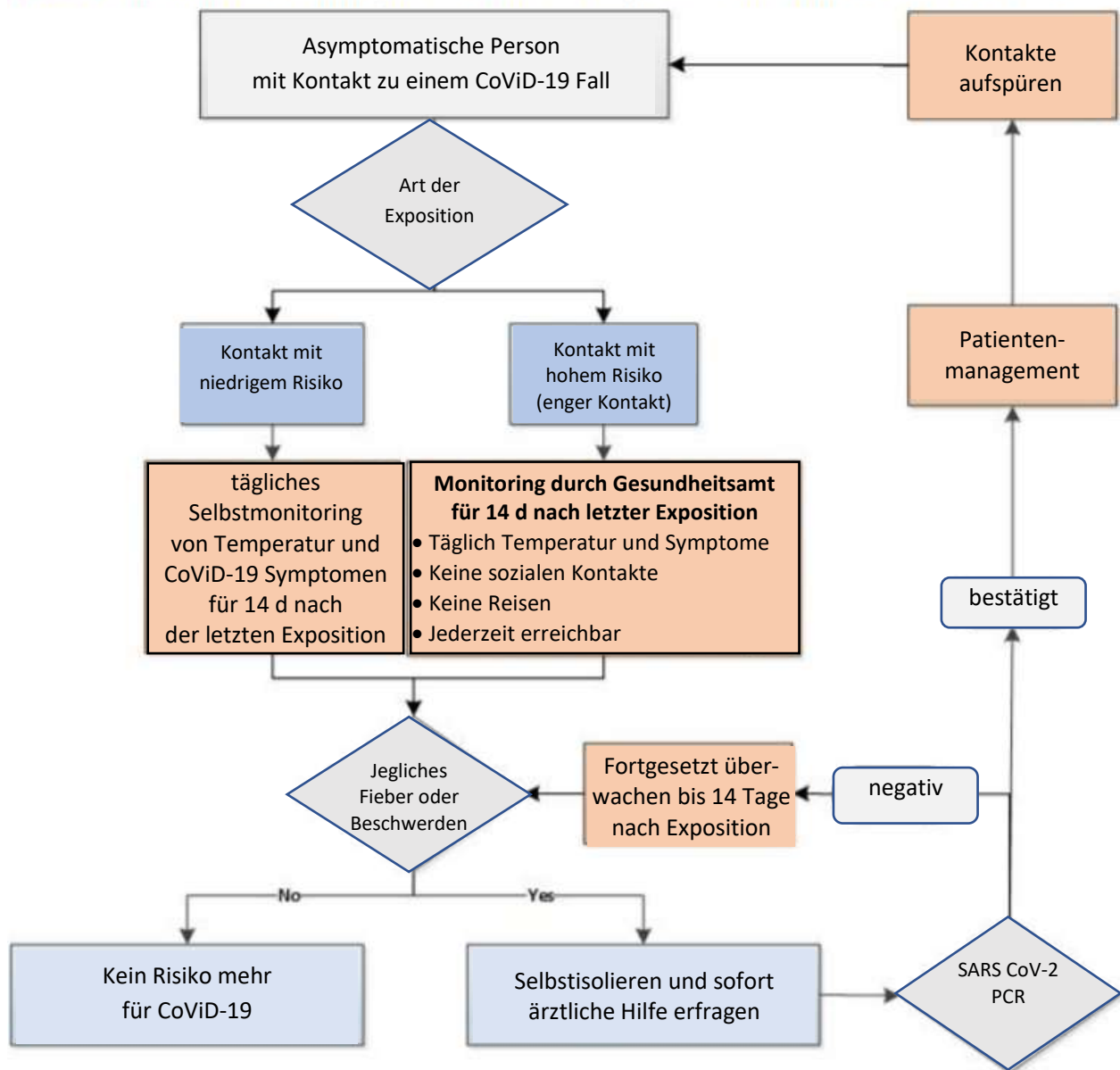


Abb. 15: Flussschema für das Management von Verdachtsfällen und bestätigten Fällen mit CoViD-19 ((ECDC 2020) eigene Übersetzung).

Literatur

- Asadi, S., A. S. Wexler, C. D. Cappa, S. Barreda, N. M. Bouvier and W. D. Ristenpart (2019). "Aerosol emission and superemission during human speech increase with voice loudness." *Sci Rep* **9**(1): 2348.
- Bourouiba, L. (2020). "Turbulent Gas Clouds and Respiratory Pathogen Emissions Potential Implications for Reducing Transmission of COVID-19." *JAMA*.
- Cao, Q., Y. C. Chen, C. L. Chen and C. H. Chiu (2020). "SARS-CoV-2 infection in children: Transmission dynamics and clinical characteristics." *J Formos Med Assoc* **119**(3): 670-673.
- ECDC (2020). Novel coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic: increased transmission in the EU/EEA and the UK – sixth update – 12 March 2020. Stockholm, European Centre for Disease Prevention and Control.
- ECDC (2020). Public health management of persons, including healthcare workers, having had contact with COVID-19 cases in the European Union. Stockholm, European Centre for Disease Prevention and Control.
- Lauer, S. A., K. H. Grantz, Q. Bi, F. K. Jones, Q. Zheng, H. R. Meredith, A. S. Azman, N. G. Reich and J. Lessler (2020). "The Incubation Period of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) From Publicly Reported Confirmed Cases: Estimation and Application." *Ann Intern Med*.
- Patel, R. B., S. D. Skaria, M. M. Mansour and G. C. Smaldone (2016). "Respiratory source control using a surgical mask: An in vitro study." *JOURNAL OF OCCUPATIONAL AND ENVIRONMENTAL HYGIENE* **13**(7): 569.
- Qualls, N., A. Levitt, N. Kanade, N. Wright-Jegede, S. Dopson, M. Biggerstaff, C. Reed, A. Uzicanin and C. D. C. C. M. G. W. Group (2017). "Community Mitigation Guidelines to Prevent Pandemic Influenza - United States, 2017." *MMWR Recomm Rep* **66**(1): 1-34.
- Shim, E., A. Tariq, W. Choi, Y. Lee and G. Chowell (2020). "Transmission potential and severity of COVID-19 in South Korea." *Int J Infect Dis*.
- van Doremalen, N., T. Bushmaker, D. H. Morris, M. G. Holbrook, A. Gamble, B. N. Williamson, A. Tamin, J. L. Harcourt, N. J. Thornburg, S. I. Gerber, J. O. Lloyd-Smith, E. de Wit and V. J. Munster (2020). "Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1." *N Engl J Med*.
- Woelfel, R., M. Corman, W. Guggemos, M. Seilmaier, S. Zange, M. A. Mueller, D. Niemeyer, P. Vollmar, C. Rothe, M. Hoelscher, T. Bleicker, S. Bruenink, J. Schneider, R. Ehmann, K. Zwirgmaier, C. Drosten and C. Wendtner (2020). "Clinical presentation and virological assessment of hospitalized cases of coronavirus disease 2019 in a travel-associated transmission cluster." *BMJ*.
- Wood, M. E., R. E. Stockwell, G. R. Johnson, K. A. Ramsay, L. J. Sherrard, N. Jabbour, E. Ballard, P. O'Rourke, T. J. Kidd, C. E. Wainwright, L. D. Knibbs, P. D. Sly, L. Morawska and S. C. Bell (2018). "Face Masks and Cough Etiquette Reduce the Cough Aerosol Concentration of Pseudomonas aeruginosa in People with Cystic Fibrosis." *Am J Respir Crit Care Med* **197**(3): 348-355.
- Wu, Z. and J. M. McGoogan (2020). "Characteristics of and Important Lessons From the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Outbreak in China: Summary of a Report of 72314 Cases From the Chinese Center for Disease Control and Prevention." *JAMA*.
- Yang, S., G. W. Lee, C. M. Chen, C. C. Wu and K. P. Yu (2007). "The size and concentration of droplets generated by coughing in human subjects." *J Aerosol Med* **20**(4): 484-494.
- Zhu, S. and S. Kato (2006). "Investigating How Viruses Are Transmitted by Coughing." *ASHRAE IAQ Applications* **7**(2): 3-5.
- Zhu, S. W., S. Kato and J. H. Yang (2006). "Study on transport characteristics of saliva droplets produced by coughing in a calm indoor environment." *Building and Environment* **41**(12): 1691-1702.
- Zou, L., F. Ruan, M. Huang, L. Liang, H. Huang, Z. Hong, J. Yu, M. Kang, Y. Song, J. Xia, Q. Guo, T. Song, J. He, H. L. Yen, M. Peiris and J. Wu (2020). "SARS-CoV-2 Viral Load in Upper Respiratory Specimens of Infected Patients." *N Engl J Med*.