

Ist die Desinfektion öffentlicher Flächen zur Prävention von SARS-CoV-2 – infektionen sinnvoll?

Is Disinfection of Public Surfaces useful for the Prevention of SARS-CoV-2 Infections?

Autoren

Günter Kampf¹, Lutz Jatzwauk²

Institute

- 1 Institut für Hygiene und Umweltmedizin, Universitätsmedizin Greifswald, Greifswald, Deutschland
- 2 Krankenhaushygiene, Universitätsklinikum Carl Gustav Carus, Dresden, Deutschland

Schlüsselwörter

SARS-CoV-2, Flächendesinfektion, Öffentliche Flächen

Keywords

SARS-CoV-2, surface disinfection, public surfaces

online publiziert 4.2.2021

Bibliografie

Gesundheitswesen 2021; 83: 180–185

DOI 10.1055/a-1335-4549

ISSN 0941-3790

© 2021. Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14,
70469 Stuttgart, Germany

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Günter Kampf
Institut für Hygiene und Umweltmedizin
Universitätsmedizin Greifswald
Ferdinand-Sauerbruch-Straße
17475 Greifswald
Deutschland
guenter.kampf@uni-greifswald.de

ZUSAMMENFASSUNG

Maßnahmen zur Eingrenzung von SARS-CoV-2 beinhalten häufig die regelmäßige Desinfektion öffentlicher Flächen. In dieser systematischen Übersichtsarbeit wird dargelegt, wie häufig sich SARS-CoV-2 im Umfeld bestätigter Fälle auf Flächen nachweisen lässt. In 26 Studien zeigt sich, dass die RNA von SARS-CoV-2 zu 0 bis 100% auf Flächen im Patientenumfeld gefunden werden kann. Die 7 Studien mit mindestens 100 Proben zeigen mehrheitlich Nachweisraten zwischen 1,4 und 19%. Aus 2 wei-

teren Studien geht hervor, dass der Nachweis von infektiösem SARS-CoV-2 bislang von keiner Fläche gelungen ist. Vergleichbare Erkenntnisse finden sich für Flächen im Umfeld bestätigter SARS- bzw. Influenzapatienten. Eine Kontamination öffentlicher Flächen mit infektiösem SARS-CoV-2 ist durch die wenigen Virenausscheider im öffentlichen Raum, die meist kurze Kontaktzeit dieser Personen zur Fläche und die fehlende Symptomatik asymptomatischer Fälle noch weitaus unwahrscheinlicher. Außerdem wird durch das Berühren von Flächen nur ein Teil der Viruslast auf die Hände übertragen. Ein reinigendes Wischverfahren kann die Zahl infektiöser Viren bereits um ca. $2 \log_{10}$ -Stufen reduzieren. Deshalb sollten Flächen im öffentlichen Raum grundsätzlich gereinigt werden, da durch die breite Anwendung biozider Wirkstoffe zur Flächendesinfektion der mikrobielle Selektionsdruck ohne zu erwartenden Gesundheitsnutzen weiter ansteigt.

ABSTRACT

Measures to control SARS-CoV-2 often include the regular disinfection of public surfaces. The frequency of SARS-CoV-2 detection on surfaces in the surrounding of confirmed cases was evaluated in this systematic review. Overall, 26 studies showed 0 and 100% rates of contamination with SARS-CoV-2 RNA on surfaces in the surrounding of patients. Seven studies with at least 100 samples mostly showed detection rates between 1.4 and 19%. Two other studies did not detect infectious SARS-CoV-2 on any surface. Similar results were obtained from surfaces in the surrounding of confirmed SARS- and influenza-patients. A contamination of public surfaces with infectious virus is considerably less likely because there are much less potential viral spreaders around a surface, the contact time between a person and the surface is much shorter, and the asymptomatic carriers typically have no symptoms. In addition, a hand contact with a contaminated surface transfers only a small part of the viral load. A simple cleaning reduces the number of infectious viruses already by $2 \log_{10}$ -steps. That is why public surfaces should in general be cleaned because the wide use of biocidal agents for surface disinfection further increases the microbial selection pressure without an expectable health benefit.

Einleitung

Flächen werden als mögliche Infektionsquelle für SARS-CoV-2 angesehen. Es ist davon auszugehen, dass Flächen von infizierten Personen durch sedimentierende Tröpfchen (Sprechen, Husten oder Niesen) sowie durch die Handkontakte kontaminiert werden können und in der Folge das Virus durch Handkontakte mit der kontaminierten Fläche und einem späteren Hand-Gesicht-Kontakt auf Dritte übertragen werden kann. In Laborstudien mit einer hohen Viruslast wurde nachgewiesen, dass die Zahl infektiöser Coronaviren im Lauf der Zeit zwar kontinuierlich sinkt [1], aber auf unbelebten Flächen bei Raumtemperatur bis zu 9 Tage infektiös bleibt [2]. SARS-CoV-2 ist auf Edelstahl und Plastik nach 7 Tagen nicht mehr nachweisbar, auf Glas nach 4 Tagen und auf Holz nach einem Tag. Völlig unbeachtet bleibt dabei, dass im Gegensatz zu Laborexperimenten in der Praxis die Viren aus den Atemwegen infizierter Personen kommen und dabei zwangsläufig in Speichel oder Sputum suspendiert sind. In diesem Umfeld ist mit Antikörpern, Leukozyten, Peroxidasen sowie Bakterien und Hefepilzen zu rechnen, die wahrscheinlich dazu führen, dass Viren im Sputum weitaus kürzer auf unbelebten Flächen infektiös bleiben (eher Stunden als Tage) [3]. Die regelmäßige Flächendesinfektion ist trotzdem Bestandteil vieler Hygiene-Konzepte zur Eingrenzung von SARS-CoV-2. Zahlreiche Flächen des öffentlichen Raums mit häufigen Handkontakten werden wischdesinfiziert, in einigen Ländern ganze Straßenzüge durch Verspritzen von Desinfektionsmitteln benetzt.

In der Phänomenta in Flensburg, einer Ausstellung zum Anfasen und Begreifen im naturwissenschaftlich-technischen Erfahrungsfeld, werden auf Basis des neuen „Hygienekonzepts“ alle 2 Stunden sämtliche Exponate und Handläufe im Wischverfahren desinfiziert [4]. In Restaurants sollen Salzstreuer nach jedem Gast desinfiziert werden [5]. Der Bedarf an Flächendesinfektionsmitteln für den öffentlichen Raum ist derart stark angestiegen, dass Gesundheitseinrichtungen inzwischen erhebliche Schwierigkeiten haben, mit den üblicherweise verwendeten Flächendesinfektionsmitteln beliefert zu werden. Wahrscheinlich fühlt sich der Bürger im öffentlichen Raum gegenwärtig sicherer, wenn er von einer Desinfektion der Kontaktflächen ausgehen kann. Dieser psychologische Aspekt ist nicht von der Hand zu weisen, darf aber kein Argument für die wissenschaftliche Betrachtung der Wirksamkeit der Maßnahme zur Prävention der COVID-19-Infektion sein.

In dieser Übersichtsarbeit wird beschrieben, wie häufig SARS-CoV-2 auf unbelebten Flächen bereits nachgewiesen wurde und in der Folge bewertet, wie sinnvoll die breite und häufige Anwendung von Flächendesinfektionsmitteln im öffentlichen Raum zur Eingrenzung von SARS-CoV-2 ist.

Methode

Am 10. Juli 2020 wurde ein Literaturrecherche auf MedLine durchgeführt. Die folgenden Suchbegriffe wurden verwendet, jeweils in Kombination mit „SARS-CoV-2“ und „surface“: „house“ (2 Treffer), „flat“ (1 Treffer), „shop“ (keine Treffer), „bus“ (keine Treffer), „train“ (29 Treffer), „domestic“ (1 Treffer), „home“ (7 Treffer) und „contamination“ (70 Treffer). Alle Veröffentlichungen mit Originaldaten wurden ausgewertet, wenn Ergebnisse zum Nachweis von SARS-CoV-2 auf unbelebten Flächen zu finden waren, sei es mit PCR Verfahren (RNA Nachweis) oder mit Zellkulturverfahren (Nachweis in-

fektiöser Viren). Darüber hinaus wurden Studien zur Ausbreitung von SARS-CoV-2 ausgewertet, wenn die Flächendesinfektion ein Bestandteil der Maßnahmen zur Eingrenzung war.

Ergebnisse

Virale RNA im Umfeld von COVID-19 Patienten

Der Nachweis einer Kontamination mit SARS-CoV-2 erfolgt üblicherweise mit der PCR Methode, mit der die RNA des Virus nachgewiesen werden kann. Tatsächlich lässt sich die RNA des Virus auf Flächen im unmittelbaren Umfeld von COVID-19-Patienten vor einer Desinfektion finden [6], die Nachweisrate liegt je nach Studie zwischen 0 und 100 % (► **Tab. 1**). In der Mehrzahl der Studien mit einer großen Stichprobe (≥ 100 Proben) wurde maximal in jeder 5. Probe die RNA von SARS-CoV-2 entdeckt. Wenn die RNA entdeckt wurde, fanden sich zwischen 2,0 und 5,2 virale Kopien pro ml [7–9]. Insgesamt wurde eine positive Korrelation zwischen der Anzahl viraler Kopien aus Patientenmaterial und der Rate positiver Flächenproben beschrieben [8].

Nach einer Desinfektion im Wischverfahren ist die RNA von SARS-CoV-2 nur noch sehr selten auf unbelebten Flächen nachweisbar [22, 25, 29, 32]. Möglicherweise wurde dieser Effekt allein durch das Wischen erzielt.

Nachweis von infektiösem SARS-CoV-2 und anderen Atemwegsviren

In 2 Studien wurde in Ergänzung zum RNA-Nachweis geprüft, ob sich infektiöses SARS-CoV-2 auf unbelebten Flächen finden lässt. Infektiöses Virus war in keiner Probe zu finden (► **Tab. 2**). Das gleiche Bild zeigt sich im Umfeld bestätigter SARS-Patienten, MERS-Patienten bzw. Patienten mit einer Influenza-Infektion. Virale RNA lässt sich auf 5,6 bis 27,7 % der Flächen nachweisen, infektiöses Virus fand sich jedoch nur vereinzelt (► **Tab. 2**). Das ist auch nicht verwunderlich, denn das Virus wird bei Raumtemperatur schnell inaktiviert [33].

Diskussion

Die RNA von SARS-CoV-2 konnte auf Flächen im Umfeld von COVID-19 Patienten nachgewiesen werden. Studien mit hohen Probenzahlen deuten darauf hin, dass die RNA jedoch insgesamt eher selten gefunden wird. Infektiöses SARS-CoV-2 wurde bislang nie auf Flächen im unmittelbaren Patientenumfeld nachgewiesen, obwohl die Patienten sich permanent im Umfeld dieser Flächen aufhalten und somit dauerhaft als Virusquelle in Betracht kommen.

Flächen des öffentlichen Raums können im Grunde nur von asymptomatischen bzw. präsymptomatischen Virusträgern kontaminiert werden [38]. Ihr Anteil an der Bevölkerung ist jedoch, je nach epidemischer Situation, vergleichsweise gering. Für Hamburg mit seinen 1,8 Millionen Einwohnern wurden am 6. Mai 2020 insgesamt 20 neue Fälle gemeldet [39]. Wenn man davon ausgeht, dass Fälle im Durchschnitt bereits 2 Tage vor der Diagnose infektiös sind [40], kommen am 6. Mai 2020 bereits die Personen hinzu, die erst am 7. und 8. Mai 2020 als Fall identifiziert werden. Somit wären am 6. Mai 2020 etwa 60 Personen asymptomatisch infiziert und potenziell im öffentlichen Raum unterwegs gewesen. Das ent-

► **Tab. 1** Nachweis­häufigkeit der SARS-CoV-2 RNA auf unbelebten Flächen im Krankenhauszimmern von COVID-19 Patienten vor einer Desinfektion, geordnet nach der Größe der Stichprobe.

Umfeld (Land)	Untersuchte Flächen (n)	Häufigkeit des RNA-Nachweises	Quelle
Krankenhaus der Maximalversorgung mit COVID-19 Patienten (China)	Verschiedene Flächen auf unterschiedlichen Stationen (626)	13,6%	[10]
COVID-19 Station (Singapur)	Verschiedene Flächen mit häufigem Händekontakt im Patientenzimmer und Toilettenbereich (445)	2,2%	[11]
COVID-19 Isolierzimmer (Hong Kong)	Flächen im Patientenzimmer (377)	5%	[8]
COVID-19 Krankenhaus (China)	Verschiedene Flächen mit häufigem Händekontakt (200)	19%	[12]
Intensivstationen eines COVID-19 Krankenhauses (China)	Verschiedene Flächen (160)	0%	[13]
Stationen mit COVID-19 Fällen (Taiwan)	Verschiedene Flächen (144)	1,4%*	[14]
COVID-19 Isolierstation (China)	Verschiedene Flächen (144)	1,4%	[13]
COVID-19 Fälle in häuslicher Quarantäne (Deutschland)	Flächen in 21 Haushalten (119)	3,4%	[15]
COVID-19 Isolierstation (China)	Verschiedene Flächen im Zimmer und dem Toilettenbereich (112)**	39,3%	[16]
Pflegeheim mit COVID-19 Ausbruch (Kanada)	Verschiedene Flächen (89)	6,7%	[17]
COVID-19 Isolierstation (China)	Flächen im Patientenzimmer (84)	7,1%	[18]
Intensivstation und Isolierstation mit COVID-19 Patienten (Südkorea)	Verschiedene Flächen im Patientenzimmer, Vorraum, Korridor und der Pflegestation (57)***	17,5%	[19]
Intensivstation mit COVID-19 Patienten (China)	Computermaus (8)	75%	[7]
	Flur (10)	70%	
	Luftauslassfilter (12)	67%	
	Mülleimer (5)	60%	
	Handlauf Bett (14)	43%	
Allgemeine Station mit COVID-19 Fällen (China)	Handlauf Bett (10)	20%	[7]
	Türknauf (12)	8%	
	Flur (12)	8%	
	Luftauslass (12)	0%	
COVID-19 Station (Italien)	Verschiedene Flächen (37)	24,3%	[20]
COVID-19 Isolierstation (China)	Verschiedene Flächen (36)	0%	[21]
SARS-CoV-2 Behandlungszentrum (Singapur)	Flächen in Patientenzimmern (28)	61%	[22]
COVID-19 Isolierzimmer (Irland)	Verschiedene Flächen (26)	42,3%	[23]
Krankenhäuser mit COVID-19 Fällen (Italien)	Verschiedene Flächen (26)	7,7%	[24]
COVID-19 Isolierzimmer (China)	Verschiedene Flächen (23)	47,8%	[25]
Zentrales Quarantäne-Hotel (China)	Verschiedene Flächen im Zimmer der Isolierten (22)	36,4%	[26]
Labor Klinische Mikrobiologie (Frankreich)	Verschiedene Flächen (22)	18,2%	[27]
Vierbettzimmer für asymptomatische Fälle (Südkorea)	Verschiedene Flächen im Patientenzimmer, Vorraum, Korridor und der Pflegestation (22)	13,6%	[19]
COVID-19 Station (Italien)	Verschiedene Flächen mit hohem Kontaminationsrisiko (16)	0%	[28]
COVID-19 Isolierzimmer (Hong Kong)	Verschiedene Flächen (13)	7,7%	[9]
Rehabilitationszentrum mit COVID-19 Patienten (Südkorea)	Verschiedene Flächen mit häufigem Händekontakt (12)	16,7%****	[29]
Häusliches Umfeld eines asymptomatischen SARS-CoV-2 Trägers mit persistierend hohem Virustiter (Südkorea)	Flächen im Haushalt (12)	0%	[30]
COVID-19 Isolierzimmer (Singapur)	Bettwäsche, Bettgestell, Tisch (1 m vom Bett entfernt)	100%	[31]

* Nachweis nur am Beatmungsschlauch vor dem Filter; ** mindestens 4 h nach der ersten täglichen Desinfektion mit Chlorlösung (0,2%); *** 1–72 h nach der letzten Desinfektion; **** positive Proben nur von Türgriffen.

► **Tab. 2** Nachweisraten infektiöser Viren bzw. ihrer RNA auf Flächen im Umfeld von Personen mit Virusinfektionen der Atemwege.

Patientenumfeld (Land)	Untersuchte Flächen (n)	Nachweisrate		Quelle
		RNA	Infektiöses Virus	
COVID-19 Fälle in häuslicher Quarantäne (Deutschland)	Flächen in 21 Haushalten (119)	3,4%	0%	[15]
Krankenhäuser mit COVID-19 Fällen (Italien)	Verschiedene Flächen (26)	7,7%	0%	[24]
SARS-Krankenhaus (Kanada)	Verschiedene Flächen in unterschiedlichen Bereichen des Krankenhauses (85)	5,6%	0%	[34]
SARS-Krankenhaus (Thailand) und SARS-Station (Taiwan)	Verschiedene Flächen (94)	27,7%	0%	[35]
MERS-Isolierstation (Südkorea)	Verschiedene Flächen (148)	20,3%	4,1%	[36]
90 Haushalte mit bestätigten H1N1 Influenzavirus Infektionen bei Kindern (Thailand)	Flächen mit häufigem Händekontakt (6 pro Haushalt)	17,8% *	0%	[37]
* pro Haushalt				

spricht rechnerisch etwa 0,003 % der Einwohner Hamburgs [38]. Am 10. Juli 2020 war es lediglich 1 neuer Fall mit SARS-CoV-2 RNA Nachweis [41], was rechnerisch etwa 0,00015 % der Bevölkerung entspricht.

Da diese Personen keine Symptome einer Atemwegsinfektion aufweisen, werden sie in der Regel weder husten noch niesen. Dadurch ist die Wahrscheinlichkeit hoher Partikelzahlemissionen geringer als bei hustenden COVID-19 Patienten. Beim Niesen wird mit etwa 40 000 die höchste Partikelzahl ausgeschieden [42], die Reichweite für kleine Tröpfchen beträgt bis zu 8 m, die Reichweite für große Tröpfchen bis zu 2 m [43]. Beim Husten werden etwa 710 Partikel ausgestoßen [42], ihre Reichweite kann mehr als 2 m sein [44]. Beim Sprechen von 100 Worten verlassen etwa 36 Partikel die Mundhöhle, ihre Reichweite ist unbekannt [42]. COVID-19 Patienten husteten während des Ausatmens durchschnittlich 17 mal pro 30 min [45]. Hier hätte man also mit ca. 24 140 Partikeln pro Stunde zu rechnen, die bei permanenter Exposition auf die Flächen sedimentieren und anschließend als RNA oder infektiöses Virus nachweisbar sein können.

Die Exposition öffentlicher Flächen gegenüber potenziellen Virausscheidern ist im Vergleich zu stationären COVID-19 Patienten vergleichsweise kurz (meist weniger als 1 Stunde). Deshalb ist eine Kontamination dieser Flächen im Vergleich zum Krankenhaus weniger wahrscheinlich.

Durch die Berührung kontaminierter Flächen wird nur ein Teil der Viruslast auf die Hände aufgebracht, wie man von anderen Atemwegviren weiß. Bringt man das Rhinovirus auf einen Edelstahlträger aus und berührt anschließend 5 Sekunden lang die kontaminierte Fläche, dann sind 0,7 % der Viren auf den Händen nachweisbar [46]. Beim Parainfluenzavirus ist die Rate mit 1,5 % etwas höher [46]. Vom Influenza-A-Virus hingegen finden sich nach 3 Sekunden Berühren von Edelstahl 7,9 % der Viren auf den Fingerkuppen wieder, von Papier ließen sich nur 0,25 % der Viren später auf den Händen nachweisen [47]. Wie viele Viren von den Händen auf die Schleimhäute bei einer Berührung abgegeben werden, ist nicht untersucht. Von Edelstahlflächen jedoch weiß man, dass von den Händen, die mit Rhinoviren kontaminiert wurden, lediglich 0,9 % auf der Fläche zu finden sind, wenn diese 5 Sekunden berührt wird [46]. Von den Händen aus geht vermutlich also ein weiterer Teil beim Berühren mit den Schleimhäuten oder der Haut verloren.

Je nach Formulierung können Flächendesinfektionsmittel die Haut irritieren, Allergien auslösen oder zu Toleranzen und Resistenzen bei Bakterien führen [48]. Die routinemäßige Flächendesinfektion im Haushalt kann die Gesundheit von Kleinkindern beeinträchtigen. Im Jahr 2018 wurden 3296 Kinder aus 3 kanadischen Städten seit der Schwangerschaft ihrer Mütter begleitet. Die Bakterien, die sie zuhause über den Mund aufnahmen, beeinflussten die Zusammensetzung ihrer Darmflora. Die Forscher konnten zeigen, dass sich die Darmflora der Säuglinge in Haushalten mit routinemäßigem Einsatz von Desinfektionsmitteln in den ersten 3 Lebensmonaten signifikant veränderte. Wenn die Mütter sehr häufig Desinfektionsmittel eingesetzt hatten, stieg der Anteil der Lachnospiraceae in den Stuhlproben signifikant an. Gleichzeitig sank der Anteil der Gattung *Haemophilus*. Ein erhöhter Anteil von Lachnospiraceae weist nach Ansicht vieler Forscher auf eine Störung der Darmflora hin. Eine Ausbreitung von Lachnospiraceae wurde in anderen Studien mit einer Anfälligkeit gegenüber Ekzemen und einem Typ-1-Diabetes in Verbindung gebracht. Die Verwendung von Reinigungsmitteln hatte dagegen keine Auswirkungen auf die Darmflora. Eine weitere Folge der routinemäßigen Anwendung von Desinfektionsmitteln im Haushalt war ein signifikant erhöhtes Körpergewicht der Säuglinge [49].

In einer weiteren Studie wurde nachgewiesen, dass auf Flächen, die regelmäßig desinfiziert werden, die Vielfalt des Mikrobioms signifikant niedriger ist und gleichzeitig die Vielfalt an Resistenzgenen signifikant zunimmt [50]. Das ist ein alarmierendes Ergebnis, denn die Multiresistenz bei Bakterien nimmt bereits durch die teils unnötige Antibiotikagabe bei Patienten und der Tierzucht immer weiter zu. Benzalkoniumchlorid kann bei zahlreichen Bakterienarten zur Resistenzentwicklung gegenüber Wirkstoffen in Desinfektionsmitteln, aber auch Antibiotika führen [51]. Bei *E. coli* wurden neue Resistenzen gegenüber Antibiotika wie Amoxicillin oder Trimethoprim beschrieben, wenn die Bakterienzellen gegenüber niedrigen Konzentrationen von Benzalkoniumchlorid exponiert wurden [52]. Diese Resistenzen sind bei zahlreichen Spezies stabil, sodass sie sich nicht mehr zurückbilden, wenn der Selektionsdruck durch das Desinfektionsmittel nachlässt. *E. coli* kann bis zu 100-fach unempfindlicher gegenüber Benzalkoniumchlorid werden, sodass selbst die routinemäßig verwendeten Konzentrationen bestimmter Flächendesinfektionsmittel auf dieser Wirkstoffbasis nicht mehr bakterizid wirksam sind [52].

Durch das Wischen im Sinne einer Reinigung wird die Virenlast ausgewählter behüllter Viren von kontaminierten Flächen bereits nach 5 s um 2,5 (Ebolavirus) bzw. 1,9 \log_{10} -Stufen (Vesicular Stomatitis Virus) reduziert [53]. Daher sollte dieses Verfahren in kürzeren Frequenzen an Stelle einer Flächendesinfektion bevorzugt eingesetzt werden, wenn eine Kontamination von Flächen des öffentlichen Raums mit SARS-CoV-2 als möglich erachtet wird.

FAZIT FÜR DIE PRAXIS

Infektiöses SARS-CoV-2 wurde bislang nie auf Flächen im unmittelbaren Umfeld asymptomatischer COVID-19 Fälle nachgewiesen. Eine Übertragung der Viren von Flächen auf die Schleimhäute findet nur in geringem Maße statt. Reinigungsverfahren reduzieren die Kontamination durch Viren um über 2 \log -Stufen. Als Konsequenz dieser Tatsache ist das Risiko einer Übertragung von infektiösem SARS-CoV-2 von öffentlichen Flächen insgesamt minimal. Der breite Einsatz von bestimmten Flächendesinfektionsmitteln kann mit Gesundheitsschäden am Menschen und Resistenzentwicklung gegen Biozide und Antibiotika verbunden sein. Daher sollten in öffentlichen Bereichen außerhalb von Gesundheitseinrichtungen und v. a. im Haushalt grundsätzlich Reinigungsverfahren an Stelle von Flächendesinfektionsverfahren eingesetzt werden.

Interessenkonflikt

Günter Kampf hat Honorare von Dr. Schumacher GmbH für Fachvorträge und Beratung erhalten. Lutz Jatzwauk erklärt, keine Interessenkonflikte zu haben.

Literatur

- [1] van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH et al. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. *N Engl J Med* 2020; 382: 1564–1567. doi:10.1056/NEJMc2004973
- [2] Kampf G, Todt D, Pfaender S et al. Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and its inactivation with biocidal agents. *J Hosp Infect* 2020; 104: 246–251
- [3] Eccles R. Respiratory mucus and persistence of virus on surfaces. *J Hosp Infect* 2020; 105: 350. doi:10.1016/j.jhin.2020.03.026
- [4] Anonym. Flensburger Phänomenta öffnet wieder (6. Juni 2020). Im Internet: https://www.ndr.de/fernsehen/sendungen/schleswig-holstein_magazin/Flensburger-Phaenomenta-oeffnet-wieder,shmag73276.html
- [5] DEHOGA. Wiedereintritt unter den Bedingungen der Corona-Krise. Gastronomie (8. Mai 2020). Im Internet: <https://www.dehoga-mv.de/aktuelles/coronavirus/oeffnung-des-gastronomie-ab-09-05-2020.html> Stand: 14. Mai 2020
- [6] Chia PY, Coleman KK, Tan YK et al. Detection of air and surface contamination by SARS-CoV-2 in hospital rooms of infected patients. *Nature Communications* 2020; 11: 2800. doi:10.1038/s41467-020-16670-2
- [7] Guo ZD, Wang ZY, Zhang SF et al. Aerosol and Surface Distribution of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 in Hospital Wards, Wuhan, China, 2020. *Emerg Infect Dis* 2020; 26: 1583–1591. doi:10.3201/eid2607.200885
- [8] Cheng VC, Wong SC, Chan VW et al. Air and environmental sampling for SARS-CoV-2 around hospitalized patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Infect Control Hosp Epidemiol* 2020; 41: 1258–1265. doi:10.1017/ice.2020.282
- [9] Cheng VCC, Wong SC, Chen JHK et al. Escalating infection control response to the rapidly evolving epidemiology of the coronavirus disease 2019 (COVID-19) due to SARS-CoV-2 in Hong Kong. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2020; 41: 493–498. doi:10.1017/ice.2020.58
- [10] Ye G, Lin H, Chen S et al. Environmental contamination of SARS-CoV-2 in healthcare premises. *J Infect* 2020; 81: e1–e5. doi:10.1016/j.jinf.2020.04.034
- [11] Liang En Ian W, Sim XYJ, Conceicao EP et al. Containing COVID-19 outside the isolation ward: the impact of an infection control bundle on environmental contamination and transmission in a cohorted general ward. *Am J Infect Control* 2020; 48: 1056–1061. doi:10.1016/j.ajic.2020.06.188
- [12] Wu S, Wang Y, Jin X et al. Environmental contamination by SARS-CoV-2 in a designated hospital for coronavirus disease 2019. *Am J Infect Control* 2020; 48: 910–914. doi:10.1016/j.ajic.2020.05.003
- [13] Lei H, Ye F, Liu X et al. SARS-CoV-2 environmental contamination associated with persistently infected COVID-19 patients. *Influenza and other Respiratory Viruses* 2020; 14: 688–699. doi:10.1111/irv.12783
- [14] Su WL, Hung PP, Lin CP et al. Masks and closed-loop ventilators prevent environmental contamination by COVID-19 patients in negative-pressure environments. *Journal of Microbiology, Immunology, and Infection* 2020; 26: 1583–1591. doi:10.1016/j.jmii.2020.05.002
- [15] Döhla M, Wilbring G, Schulte B et al. SARS-CoV-2 in environmental samples of quarantined households. *medRxiv* 2020; doi:10.1101/2020.05.28.20114041
- [16] Wei L, Lin J, Duan X et al. Asymptomatic COVID-19 Patients Can Contaminate Their Surroundings: an Environment Sampling Study. *mSphere* 2020; 5: e00442–20. doi:10.1128/mSphere.00442-20
- [17] Nelson A, Kassimatis J, Estoque J et al. Environmental Detection of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) from Medical Equipment in Long-Term Care Facilities undergoing COVID-19 Outbreaks. *Am J Infect Control* 2021; 49: 265–268. doi:10.1016/j.ajic.2020.07.001
- [18] Wang H, Mo P, Li G et al. Environmental virus surveillance in the isolation ward of COVID-19: *J Hosp Infect* 2020; 105: 373–374. doi:10.1016/j.jhin.2020.04.020
- [19] Ryu BH, Cho Y, Cho OH et al. Environmental contamination of SARS-CoV-2 during the COVID-19 outbreak in South Korea. *Am J Infect Control* 2020; 48: 875–879. doi:10.1016/j.ajic.2020.05.027
- [20] Razzini K, Castrica M, Menchetti L et al. SARS-CoV-2 RNA detection in the air and on surfaces in the COVID-19 ward of a hospital in Milan, Italy. *The Science of the Total Environment* 2020; 742: 140540. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.140540
- [21] Wang J, Feng H, Zhang S et al. SARS-CoV-2 RNA detection of hospital isolation wards hygiene monitoring during the Coronavirus Disease 2019 outbreak in a Chinese hospital. *Int J Infect Dis* 2020; 94: 103–106. doi:10.1016/j.ijid.2020.04.024
- [22] Ong SWX, Tan YK, Chia PY et al. Air, Surface Environmental, and Personal Protective Equipment Contamination by Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) From a Symptomatic Patient. *JAMA* 2020; 323: 1610–1612. doi:10.1001/jama.2020.3227

- [23] Jerry J, O'Regan E, O'Sullivan L et al. Do established infection prevention and control measures prevent spread of SARS-CoV-2 to the hospital environment beyond the patient room? *J Hosp Infect* 2020; 105: 589–592. doi:10.1016/j.jhin.2020.06.026.
- [24] Colaneri M, Seminari E, Novati S et al. Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 RNA contamination of inanimate surfaces and virus viability in a health care emergency unit. *Clin Microbiol Infect* 2020; 26: e1091–e1094.e1095. doi:10.1016/j.cmi.2020.05.009
- [25] Hu X, Xing Y, Ni W et al. Environmental contamination by SARS-CoV-2 of an imported case during incubation period. *Sci Total Environ* 2020; 742: 140620. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.140620
- [26] Jiang FC, Jiang XL, Wang ZG et al. Detection of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 RNA on Surfaces in Quarantine Rooms. *Emerg Infect Dis* 2020; 26: 2162–2164. doi:10.3201/eid2609.201435
- [27] Bloise I, Gómez-Arroyo B, García-Rodríguez J. Detection of SARS-CoV-2 on high-touch surfaces in a clinical microbiology laboratory. *J Hosp Infect* 2020; 105: 784–786. doi:10.1016/j.jhin.2020.05.017
- [28] Colaneri M, Seminari E, Piralla A et al. Lack of SARS-CoV-2 RNA environmental contamination in a tertiary referral hospital for infectious diseases in Northern Italy. *J Hosp Infect* 2020; 105: 474–476. doi:10.1016/j.jhin.2020.03.018
- [29] Lee SE, Lee DY, Lee WG et al. Detection of Novel Coronavirus on the Surface of Environmental Materials Contaminated by COVID-19 Patients in the Republic of Korea. *Osong Public Health and Research Perspectives* 2020; 11: 128–132. doi:10.24171/j.phrp.2020.11.3.03
- [30] Shin KS, Park HS, Lee J et al. Environmental Surface Testing for Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) during Prolonged Isolation of an Asymptomatic Carrier. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2020; 41: 1328–1330. doi:10.1017/ice.2020.300
- [31] Yung CF, Kam KQ, Wong MSY et al. Environment and Personal Protective Equipment Tests for SARS-CoV-2 in the Isolation Room of an Infant With Infection. *Ann Intern Med* 2020; 173: 240–242. doi:10.7326/m20-0942
- [32] Hirotsu Y, Maejima M, Nakajima M et al. Environmental cleaning is effective for the eradication of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) in contaminated hospital rooms: A patient from the Diamond Princess cruise ship. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2020; 41: 1105–1106. doi:10.1017/ice.2020.144
- [33] Kratzel A, Steiner S, Todt D et al. Temperature-dependent surface stability of SARS-CoV-2. *The Journal of Infection* 2020; 81: 452–482. doi:10.1016/j.jinf.2020.05.074.
- [34] Booth TF, Kournikakis B, Bastien N et al. Detection of airborne severe acute respiratory syndrome (SARS) coronavirus and environmental contamination in SARS outbreak units *J Infect Dis* 2005; 191: 1472–1477. doi:10.1086/429634
- [35] Dowell SF, Simmerman JM, Erdman DD et al. Severe acute respiratory syndrome coronavirus on hospital surfaces. *Clin Infect Dis* 2004; 39: 652–657. doi:10.1086/422652
- [36] Bin SY, Heo JY, Song MS et al. Environmental Contamination and Viral Shedding in MERS Patients During MERS-CoV Outbreak in South Korea. *Clin Infect Dis* 2016; 62: 755–760. doi:10.1093/cid/civ1020
- [37] Simmerman JM, Suntarattiwong P, Levy J et al. Influenza virus contamination of common household surfaces during the 2009 influenza A (H1N1) pandemic in Bangkok, Thailand: implications for contact transmission. *Clin Infect Dis* 2010; 51: 1053–1061. doi:10.1086/656581
- [38] Kampf G. Risiken und Übertragungswahrscheinlichkeiten. In: Kampf G, Hrsg. *Nutzen und Risiken von Corona-Maßnahmen – Erkenntnisse aus der Wissenschaft*. Norderstedt: BoD. 2020: 102–111
- [39] Robert Koch-Institut. Täglicher Lagebericht des RKI zur Coronavirus-Krankheit-2019 (COVID-19). 06.05.2020 – AKTUALISierter STAND FÜR DEUTSCHLAND. Im Internet: https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Situationsberichte/2020-05-06-de.pdf?__blob=publicationFile Stand: 22. September 2020
- [40] He X, Lau EHY, Wu P et al. Temporal dynamics in viral shedding and transmissibility of COVID-19. *Nature Medicine* 2020; 26: 672–675. doi:10.1038/s41591-020-0869-5
- [41] Robert Koch-Institut. Täglicher Lagebericht des RKI zur Coronavirus-Krankheit-2019 (COVID-19). 10.07.2020 – AKTUALISierter STAND FÜR DEUTSCHLAND. Im Internet: https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Situationsberichte/2020-07-10-de.pdf?__blob=publicationFile Stand: 22. September 2020
- [42] Fernstrom A, Goldblatt M. Aerobiology and its role in the transmission of infectious diseases. *Journal of Pathogens* 2013; 2013: 493960 doi:10.1155/2013/493960
- [43] Bourouiba L. Turbulent Gas Clouds and Respiratory Pathogen Emissions: Potential Implications for Reducing Transmission of COVID-19. *JAMA* 2020; 323: 1837–1838. doi:10.1001/jama.2020.4756
- [44] Zhang H, Li D, Xie L et al. Documentary Research of Human Respiratory Droplet Characteristics. *Procedia Engineering* 2015; 121: 1365–1374. doi:10.1016/j.proeng.2015.09.023
- [45] Leung NHL, Chu DKW, Shiu EYC et al. Respiratory virus shedding in exhaled breath and efficacy of face masks. *Nature Medicine* 2020; 26: 676–680. doi:10.1038/s41591-020-0843-2
- [46] Ansari SA, Springthorpe VS, Sattar SA et al. Potential role of hands in the spread of respiratory viral infections: studies with human parainfluenza virus 3 and rhinovirus 14. *J Clin Microbiol* 1991; 29: 2115–2119
- [47] Bean B, Moore BM, Sterner B et al. Survival of influenza viruses on environmental surfaces. *J Infect Dis* 1982; 146: 47–51
- [48] KRINKO am Robert Koch Institut. Anforderungen an die Hygiene bei der Reinigung und Desinfektion von Flächen. *Bundesgesundheitsblatt* 2004; 47: 51–61
- [49] Tun MH, Tun HM, Mahoney JJ et al. Postnatal exposure to household disinfectants, infant gut microbiota and subsequent risk of overweight in children. *Can Med Assoc J* 2018; 190: E1097–e1107. doi:10.1503/cmaj.170809
- [50] Mahnert A, Moissl-Eichinger C, Zojer M et al. Man-made microbial resistances in built environments. *Nature Communications* 2019; 10: 968. doi:10.1038/s41467-019-08864-0
- [51] Kampf G. Adaptive microbial response to low level benzalkonium chloride exposure. *J Hosp Infect* 2018; 100: e1–e22. doi:10.1016/j.jhin.2018.05.019
- [52] Braoudaki M, Hilton AC. Adaptive resistance to biocides in *Salmonella enterica* and *Escherichia coli* O157 and cross-resistance to antimicrobial agents. *J Clin Microbiol* 2004; 42: 73–78
- [53] Cutts TA, Robertson C, Theriault SS et al. Assessing the Contributions of Inactivation, Removal, and Transfer of Ebola Virus and Vesicular Stomatitis Virus by Disinfectant Pre-soaked Wipes. *Frontiers in Public Health* 2020; 8: 183. doi:10.3389/fpubh.2020.00183