Nachhaltige Hygienekonzepte zur Reduktion von Keimübertragungswegen

Eine Einführung in das Thema Antimikrobielle Oberflächen

Inhalt

Executive Summary **4**

Infektionen und Hygienemaßnahmen **6**

Infektionskrankheiten 7

Hygienemaßnahmen 9

Infektionswege verstehen 10

Keimübertragung via Oberflächen 11

Antimikrobielle Oberflächen – Eine ergänzende Hygienemaßnahme **13**

Antimikrobielle Oberflächen mit Silber 15

Antimikrobielle Wirkmechanismen 16

Wirksamkeit: Nachweis und Dauer 17

Sicherheit 20

Produktbeispiel: Nanosilberhaltige Sol-Gel-Oberflächen 21

Produktbeispiel: Silber in textiler Form 22

Antimikrobielle Oberflächen in der Praxis **23**

Im Krankenhaus und in der Pflege 23

Silber in Textilien und Masken 24

Silber zur Wasserkonservierung 25

Hygienische Sicherheit für Gäste in Hotels 26

Beseitigung von Schwachstellen an Desinfektionsmittelspendern 26

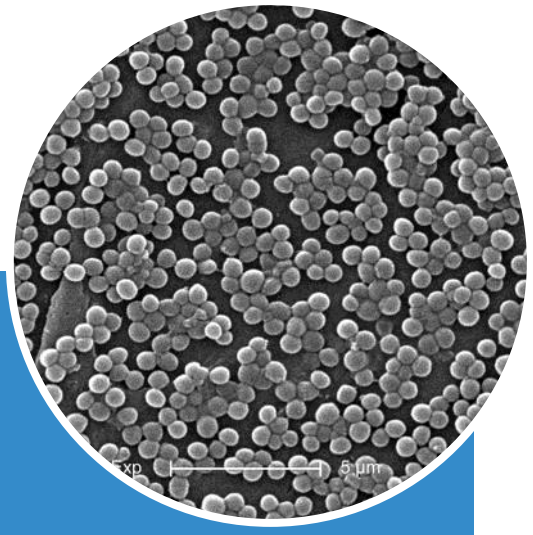
Schließanlagen für den Healthcare-Bereich 26

Luftbehandlung 26

Zusammenfassung und Fazit **28**

Weiterführende Informationen **29**

Kontakt **29**



Infektions-krankheiten

zählen weltweit zu den führenden Todesursachen.

15 Millionen Menschen

sterben jährlich an den direkten Folgen von Infektionskrankheiten.

Ursächlich sind Keime, welche über verschiedene Wege übertragen werden können:

Bakterien
(Lungenentzündung, Tuberkulose ...),
Viren
(COVID-19, AIDS ...)
Pilze
(Candida auris ...).

The challenge of emerging and re-emerging infectious diseases. Nature 2004; 430:242–249.

Executive Summary

Die Geschichte der Menschheit wird begleitet durch infektiöse Krankheiten und Pandemien, welche die moderne Gesellschaft beständig vor gesundheitliche, soziale und auch wirtschaftliche Herausforderungen stellen. Nicht erst seit Corona / CoViD-19 ist der Schutz vor entsprechenden Gefahren daher ein zentrales Thema im Kampf gegen die Welt der Keime.

Bereits in der Antike wurden Maßnahmen zur Bekämpfung von Infektionskrankheiten angewendet und seitdem stetig weiterentwickelt und optimiert. Ob Silbermünzen im Trinkwasser oder Kupferleitungen für Wasserrohre: einstige – meist abergläubisch anmaßende – Strategien erscheinen mittels moderner Erkenntnisse in neuem Licht und bieten neue innovative Wege zur Bekämpfung von Infektionen. Möglich wird dies auch durch ein besseres Verständnis zu den Übertragungs-wegen von Infektions-keimen.

Wurden Krankheiten in der Vergangenheit noch als göttliche Bestrafung gesehen, ist heute hinlänglich bekannt, dass diese auf die Übertragung und Infektion durch Bakterien, Viren oder Pilze zurückzuführen sind. Derartige Keime umgeben uns allgegenwärtig und treten sowohl in der Natur als auch der menschengemachten Umwelt auf und können direkt von Mensch zu Mensch oder indirekt über die Hände bzw. über Gegenstände übertragen werden. Das Verstehen und Unterbrechen solcher Infektionsketten ist ein vorrangiges Ziel der Infektionsforschung.

Das moderne Verständnis von Erregern sowie den Prinzipien Infektion und Übertragung führte u.a. zur gezielten Entwicklung neuer Wirkstoffe (z.B. Polio-Impfstoff) sowie zur Optimierung bestehender Hygienemaßnahmen. Dadurch konnten erste Krankheiten bereits erfolgreich ausgerottet werden (Pocken).

Trotz dieser Fortschritte häufen sich jedoch das Auftreten von Pandemien sowie die Entdeckung neuer oder bis dato unbekannter Keime. Zurückzuführen ist dies auf verschiedene Faktoren, wie einerseits die hohe Evolutionsstärke von Viren, Bakterien und Pilzen aber auch die zunehmende Modernisierung der Gesellschaft (stärkere weltweite Vernetzung, demographischer Wandel, Massentierhaltung, usw. …).

Zunehmend steht das moderne Gesundheitswesen vor größeren Herausforderungen und bisher effektive Medikamente wie manche Antibiotika, Virostatika und Antimykotika verlieren aufgrund vermehrt auftretender Resistenzen nach und nach ihre Wirksamkeit. Gleichzeitig liefern mangelnde Forschungsaktivitäten im Bereich Medikamenten- und Antibiotikaforschung kaum neue wirksame Alternativen.

Angesichts dieser steigenden Zahl an nur schwer oder gar nicht behandelbaren Infektionen und einem zunehmenden Mangel an wirksamen Arzneimitteln, ist die Weiterentwicklung zusätzlicher präventiver Hygienekonzepte von entscheidender Bedeutung.

Deren erfolgreiche Umsetzung wird sich u.a. daran bemessen, dass sich die verschiedenen Maßnahmen und ihre individuellen Beiträge sinnvoll ergänzen, um Keimübertragungswege effizient zu reduzieren bzw. zu unterbinden und das soziale und wirtschaftliche Leben dabei möglichst gering einzuschränken.

In der Praxis entsteht hier jedoch häufig ein Konflikt, bspw. in der regelmäßigen und konsequenten Durchführung von Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen. Obgleich effizient zum Zeitpunkt der Durchführung, bieten diese Maßnahmen aber keinen anhaltenden Effekt und müssen stetig wiederholt werden. Hier können passive Hygieneelement wie antimikrobielle Oberflächen nachhaltig unterstützen und zu einem besseren Schutz vor Infektionskrankheiten beitragen.

Dieses White Paper ist eine Einführung in das Thema Antimikrobielle Oberflächen und beantwortet allgemeine und spezielle Fragen von der Idee über die Entwicklung bis hin zur Wirksamkeitsprüfung und der Umsetzung in konkreten Anwendungen.

Für 2019 registrierte die WHO

32 Antibiotika

in der klinischen Entwicklung, die sich mit der WHO-Liste der vorrangigen Krankheitserreger befassen.

Davon wurden lediglich

6 als innovativ

eingestuft.

Eine stärker vernetze Welt bzw. Wirtschaft führt zu einer schnelleren Verbreitung von Infektionskrankheiten.

Es ist Zeit, dieses Netzwerk zu nutzen, um gemeinsame Lösungen für globale Herausforderungen zu finden!

Infektionen und Hygienemaßnahmen

Das menschliche Immunsystem befindet sich im steten Kampf mit verschiedensten Keimen (Bakterien, Pilzen und Viren). Während viele ungefährlich oder sogar nützlich für den gesunden menschlichen Körper sind (apathogen und fakultativ pathogen), stellen andere, sog. pathogene Keime, eine Gefahr dar.

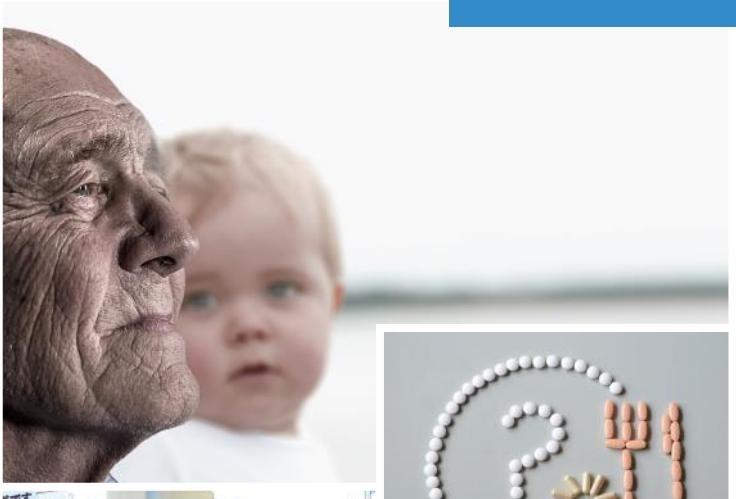
Wie hoch diese Gefahr ist, und ob auch apathogene und fakultativ pathogene Keime eine Gefahr darstellen, hängt u.a. vom Zustand des jeweiligen Immunsystems ab.

Generell gilt: je schlechter der Zustand des Immunsystems, desto riskanter sind auch sonst eher ungefährliche Keime.

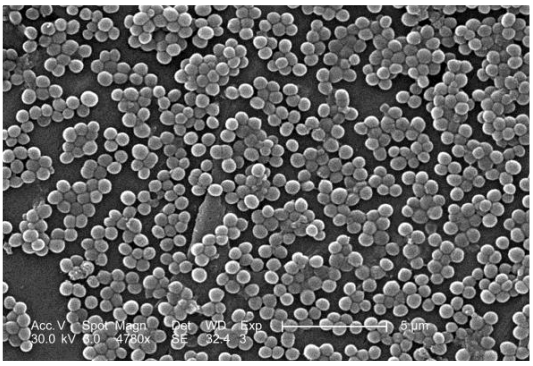
Um die Übertragung von Keimen zu vermeiden bzw. das Risiko einer potenziellen Infektion zu reduzieren, haben Hygienemaßnahmen einen festen Platz in der modernen Gesellschaft und sind in vielen Bereichen des privaten und öffentlichen Lebens auf die unterschiedlichsten Anforderungen und Situationen angepasst.

Im Speziellen gilt dies für medizinische Einrichtungen, wo besonders viele Menschen mit geschwächtem Immunsystem einer potenziellen Gefahr ausgesetzt sind. Aber auch in der Altenpflege, der Lebensmittelbranche, in öffentlichen Einrichtungen, Verkehrsmitteln oder Sportstätten gelten entsprechende Hygienevorgaben.

Ursachen für steigende Infektionszahlen…



- Schlechte sozioökonomische sowie hygienische Bedingungen
- Unzureichende medizinische Versorgung
- Evolutionsstärke der Keime
- Nachlassende Wirksamkeit von Medikamenten
- Übermäßiger Einsatz von Antibiotika in der Humanmedizin und der Tiermast
- global steigende Lebenserwartung und demographischer Wandel
- durch den Klimawandel begünstigte Übertragung via lebende Organismen
- Eine stärker vernetze Welt bzw. Wirtschaft führt zu einer schnelleren Verbreitung von Infektionen



Infektionskrankheiten

Obwohl Hygienemaßnahmen stetig weiterentwickelt werden und das Bewusstsein über gute Hygienepraxis allgemein präsenter wird, sind weltweit steigende Infektionszahlen zu beobachten (u.a. für multiresistente Keime). Zusätzlich führt die hohe Entwicklungsfähigkeit von Viren, Bakterien und Pilzen zu jährlich neu entdeckten Krankheitserregern.

Dass gezielte Maßnahmen wirken, zeigt der Rückgang der Todeszahlen bei Infektionskrankheiten, für die eine Impfung verfügbar ist. So sind erste Erreger bereits vollständig eradiziert (Pocken) während für andere (bspw. Polio bzw. Kinderlähmung) bereits erhebliche Fortschritte gemacht wurden.

Aber: Eine Impf-Option besteht nur für wenige Infektionskrankheiten, so dass zusätzlicher Schutz nötig ist.

Jährlich sterben ca. **700.000 Menschen** im Zusammenhang mit Antibiotikaresistenzen.

Prognosen zufolge soll die Zahl bis 2050 auf **zehn Millionen Todesfälle** ansteigen.

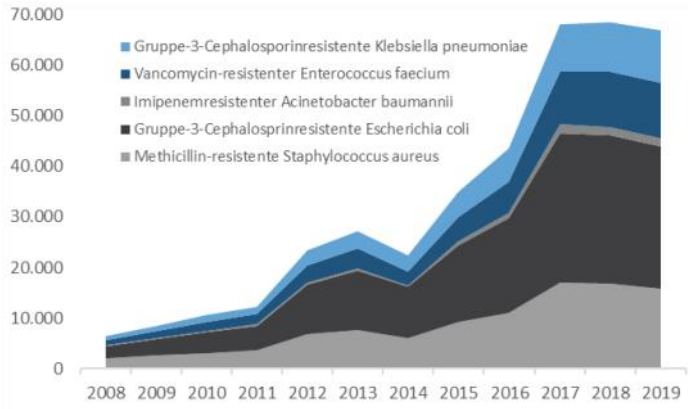
Multiresistente gramnegative Stäbchen-bakterien (MRGN) zeigen Resistenzen gegen die Antibiotika, die als primäre bakterizide Therapeutika bei schweren Infektionen eingesetzt werden

3MRGN bzw. 4MRGN bezeichnet Stäbchen, die gegen 3 bzw. 4 der vier Antibiotikagruppen resistent sind:

- Acylureidopenicilline
- Cephalosporine
- Carbapeneme
- Fluorchinolone

Multiresistenten Erreger (MRE)

Seit den 70/80er Jahren treten in Krankenhäusern vermehrt Infektionen mit multiresistenten Erreger auf. Dazu zählen neben Methicillin-resistentem Staphylococcus aureus (MRSA) auch Vancomycin-resistente Erreger sowie Multiresistente gramnegative Stäbchen-bakterien. Weltweit wird die Zahl der Todesfälle durch MRE bis 2050 auf zehn Millionen pro Jahr prognostiziert.



Die Zahl der nachgewiesenen Infektionen auf Intensivstationen in Deutschland steigt stark an. (Quelle: Robert Koch-Institut: ARS, https://ars.rki.de, Datenstand: 3. Mai 2021)

Wirtschaftliche Folgen bei einer Infektion mit MRE:

- 3-mal so hohe Verweilzeit im Krankenhaus
- durchschnittliche Mehrkosten: **17.517,41 €**

Quellen:

- *H. Oberdörfer et al. (2014). Mehrkosten bei der Versorgung von Patienten mit multiresistenten Erregern – Eine Analyse aus Sicht einer gesetzlichen Krankenversicherung. Das Gesundheitswesen, **77**(11), 854. doi:10.1055/s-0034-1387709*
- *https://de.statista.com/infografik/16910/weltweite-sterbefaelle-durch-ausgewaehlte-infektionskrankheiten/*
- www.who.int/news/item/29-04-2019-new-report-calls-for-urgent-action-to-avert-antimicrobial-resistance-crisis

Nosokomiale Infektionen

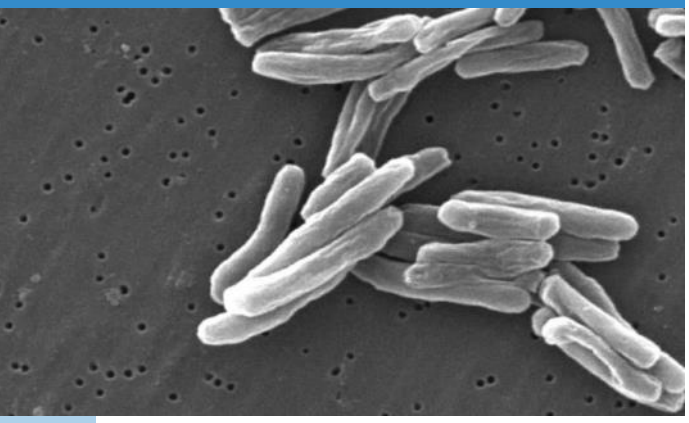
Infektionen, die in kausalem Zusammenhang mit einem Krankenhausaufenthalt stehen werden als noskomiale Infektionen bezeichnet.

Etwas weiter gefasst berücksichtigen Health-care associated infections auch sonstige Gesundheitseinrichtungen (Pflegeeinrichtungen, Rehabilitationszentren, Ambulatorien, Praxen).

Hochrechnungen zufolge liegt die Zahl **nosokomialer Infektionen** in Deutschland bei etwa 400.000-600.000 pro Jahr.

Davon etwa **10.000-20.000 Todesfälle.**

Etwa eine **halbe Millionen Menschen** stecken sich weltweit jedes Jahr mit **multiresistenter Tuberkulose** an.



Tuberkulose

Im Jahr 1993 von der World Health Organization (WHO) als globaler Notfall eingestuft, stellt Tuberkulose mit weltweit jährlich etwa 10 Millionen Neuinfektionen und 1,4 Millionen Todesfällen eine enorme Herausforderung dar (WHO Global tuberculosis report 2019).

Häufigster Übertragungsweg ist das Einatmen infektiöser Tröpfchen, aber auch Schmierinfektionen tragen zu einer Verbreitung der verantwortlichen Mykobakterien bei.

Mit der 2014 verabschiedeten „End TB Strategy" wird das Ziel verfolgt, die globale TB-Epidemie bis 2035 zu beenden. Entsprechende Daten für 2018 zeigen jedoch, dass die gesetzten Meilensteine bei weitem nicht erreicht werden. Der Anteil der Tuberkulose-Fälle mit Behandlungserfolg nach 12 Monaten ist mit 67,6% erheblich unter den geplanten 85 %.

Legionellen

Die im Wasser lebende **Legionellen** finden im Temperaturbereich von 20-55 °C ideale Wachstumsbedingungen und werden erst oberhalb von 60 °C effektiv abgetötet. Während das Trinken von Legionellenhaltigem Wasser meist keine Gesundheitsgefahr darstellt, kann das Einatmen als Bioaerosol (z. B. in Duschen oder Klimaanlagen) eine lebensgefährliche Infektion zur Folge haben.

Eine Studie aus den Jahren 2005 bis 2010 zeigte, dass jedes zweite Krankenhaus in Berlin von Legionellen betroffen war und das deutsche Kompetenznetzwerk für ambulant erworbene Pneumonien (CAPNETZ) schätzt die jährliche Zahl der Legionärskrankheit in Deutschland auf etwa 15.000 bis 30.000 Fälle. 2018 wurden die höchsten, jemals beobachteten Fälle in der EU gemeldet. Wie auch in den vorangegangenen Jahren wurden dabei keine großen Ausbrüche beobachtet.

Legionellen wurden erstmals 1976 in den USA beschrieben.

15.000-30.000 Fälle
jährlich sind Schätzungen zu Folge auf die, im Wasser lebende Bakterien zurückzuführen.

Quellen:

- www.rki.de/DE/Content/Service/Presse/Pressemitteilungen/2019/14_2019.html
- https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/tuberculosis
- https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/259636/TBstrat-eng.pdf
- https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/AER_for_2018_tuberculosis.pdf
- https://www.dvgw.de/themen/wasser/wasserqualitaet/trinkwasserhygiene
- https://www.tagesspiegel.de/berlin/hygiene-im-krankenhaus-legionellen-breiten-sich-in-kliniken-aus/3966494.html
- https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/AER_for_2018_Legionnaires.pdf

Hygienemaßnahmen

Um die Verbreitung von Infektionskrankheiten gezielt zu unterbinden, umfasst ein effektives Hygienekonzept verschiede Maßnahmen, die situationsbezogen und abhängig von der Keimbelastung angewendet werden.

Neben den allgemein gängigen Hygienemaßnahmen, wie bspw. Hände waschen, tragen insbesondere die gesetzlich vorgeschriebenen Hygieneauflagen dazu bei Infektionskrankheiten zu vermindern (bspw. in medizinischen Einrichtungen und Großküchen).

Auch im **Trinkwassermanagement** gelten besondere Auflagen zur Minimierung von Keimbelastungen, z.B. in Großanlagen zur Trinkwasser -erwärmung (z.B. in Wohngebäuden, Hotels, Krankenhäusern) und in in zentralen Wasserspeichern.

Mit Blick auf die Risikogruppen in medizinischen Einrichtungen und in Pflegeheimen empfiehlt das RKI daher u.a. **technische Präventionsmaßnahmen**, welche die Vermehrung von Legionellen vor Ort begrenzen.

Im optimalen Fall unterstützen bzw. ergänzen sich Hygienemaßnahmen gegenseitig, bspw. in Form technischer Ausführungen wie Desinfektions- und Reinigungsmittel in Kombination mit antimikrobiellen Oberflächen.

Allgemein:
- Hände waschen
- Hust- und Nieshygiene

Akut:
- Desinfektion
- Reinigung

Situativ:
- Barriere Maßnahmen
- Luftreinigung/ -austausch

Dauerhaft:
- Antimikrobielle Oberflächen
- Impfen

Quellen:

- Bilder: https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=841034 / https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mycobacterium_tuberculosis_8438_lores.jpg
- https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/L/Legionellose/OEGD/Primaerpraevention_Legionellosen.html

Infektionswege verstehen

Je nach Erreger sowie dessen Stabilität und Persistenz in der Umwelt ergeben sich unterschiedliche **Infektionswege** (d.h. die Art und Weise wie sich Erreger verbreiten und auf welchem Weg sie in den Körper gelangen müssen). Dabei erfolgt die Übertragung von Keime entweder

- **direkt** (bspw. über Tröpfcheninfektionen oder durch Haut-Kontakt) oder
- **indirekt** (bspw. durch Türgriffe oder Nahrungsmittel).

Ob eine Keimübertragung letztlich zu einer Infektion führt, hängt aber auch von der **Infektionsdosis** ab (d.h. der Anzahl an infektiösen Erregern, bspw. auf einer Oberfläche).

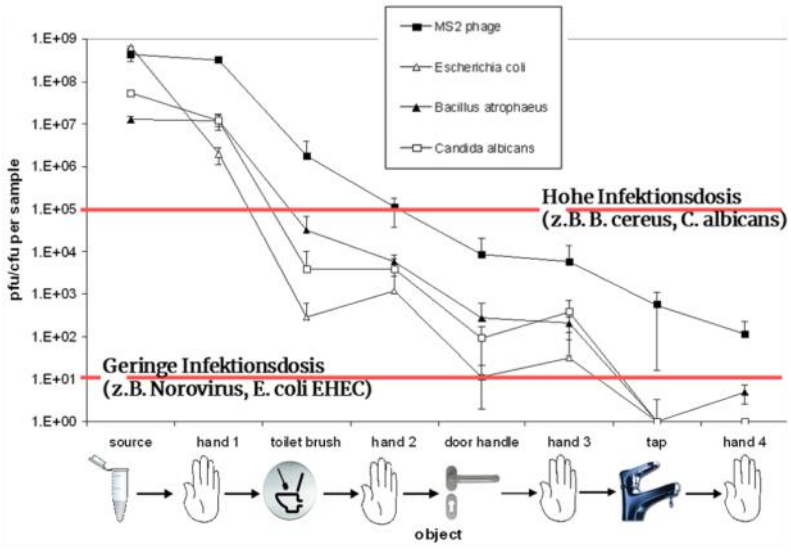
ca. 20% der nosokomialen Infektionen sind exogener Natur und werden u.a. via Oberflächen übertragen.

Typische Keimübertragungswege:

- Tröpfcheninfektion
- Schmierinfektion
- Blut und Körperflüssigkeiten
- Insekten und Parasiten
- Oberflächen

In den USA wurde die **Keimbelastung** auf verschiedenen Oberflächen während der ersten Monate eines neugebauten Krankenhauses untersucht: Bereits nach wenigen Tagen nahm die Diversität der mikrobiellen Zusammensetzung auf häufig berührten Oberflächen signifikant zu. Die Hand wurde dabei als wichtiger Vektor für das Raummikrobiom identifiziert.

! **Um Infektionen zu vermeiden und Hygienemaßnahmen effektiv zu gestalten, ist ein Verständnis zu den verschiedenen Infektionswegen essenziell.**



Mit sog. Übertragungsmodellen (z.B. künstlicher Haut und Stempelsysteme) können Infektions-wegen qualitativ und quantitativ verfolgt werden. Dies simuliert den Keim-transfer von Oberflächen mit häufigem Kontakt zu Händen (Tür-, Haltegriffe, Bedienelemente o.ä.).

Die Untersuchungen können Aufschluss geben, inwieweit Produkte bei Übertragungs-wegen relevant sind und welche Leistung antimikrobielle Produkte in der Durchbre-chung der Infektionskette bieten können.

Ebenfalls ist es möglich zu zeigen, wie sich das Risiko einer Infektion in Abhängigkeit der Infektionsdosis durch die Übertragungs-schritte verändert.

! **Erkenntnis:** Die Keimbelastung auf kontaminierten Oberflächen bleibt auch nach mehreren Übertragungsschritten potenziell infektiös, so dass Erreger auch über weite Strecken verteilt werden können und so auch unmittelbar zu Infektionen führen.

Quellen:

- S. Lax, B. Stephens, J. A. Gilbert *et al.* (2017) Bacterial colonization and succession in a newly opened hospital. *Science Translational Medicine* **9**, 391. Online: https://dx.doi.org/10.1126%2Fscitranslmed.aah6500
- Gerhardts, A. and D. Höfer (2018) A New Approach for a Practical Assessment of Antimicrobial Surfaces Based on a Stamp Assay to Quantify Transfer Routes of Pathogens. *Tenside Surfactants Detergents* **55**, 404.
- Gerhardts *et al.* (2012) A model of the transmission of microorganisms in a public setting and its correlation to pathogen infection risks. **112**: 614. Online: https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2012.05234.x

Keimübertragung via Oberflächen

Allgemein anerkannten Hygienekonzepte berücksichtigen bereits heute die Keimübertragung via Oberflächen (bspw. Türgriffe oder Handläufe). In vielen Fällen sind sogar gesetzlich verordnete Desinfektions- und Reinigungsmaßnahmen vorgeschrieben.

Werden diese ordnungsgemäß durchgeführt, können die meisten Keime unmittelbar eliminiert und entfernt werden.

Aber: Der Schutz besteht nur unmittelbar zum Zeitpunkt der Maßnahme und nicht zwischen den Reinigungs- und Desinfektionsintervallen.

Problem:

Werden Oberflächen häufig berührt, so können diese jederzeit erneut kontaminiert und infektiös werden.

Ebenfalls kritisch: Keimübertragungen über Oberflächen sind nur bedingt nachverfolgbar und daher ein schwer kalkulierbarer Faktor. Um Infektionsketten effektiv zu unterbinden, müssen Oberflächen daher stärker berücksichtigt und ergänzende Maßnahmen in Betracht gezogen werden.

ÖPNV

Carsharing

Supermarkt

Flughäfen

Griffe

Geld

Ob eine Oberfläche infektiös ist, hängt von verschiedenen Parametern ab:

- Art und Konzentration der Kontamination
- Zeit seit der letzten Reinigung
- Beschaffenheit des Materials (Metall, Kunststoff, porös, saugfähig, feucht)
- Temperatur
- Luftfeuchtigkeit
- …

Weitere Informationen:

- *www.virologyj.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12985-020-01418-7#Sec7*
- *www.aem.asm.org/content/76/9/2712*

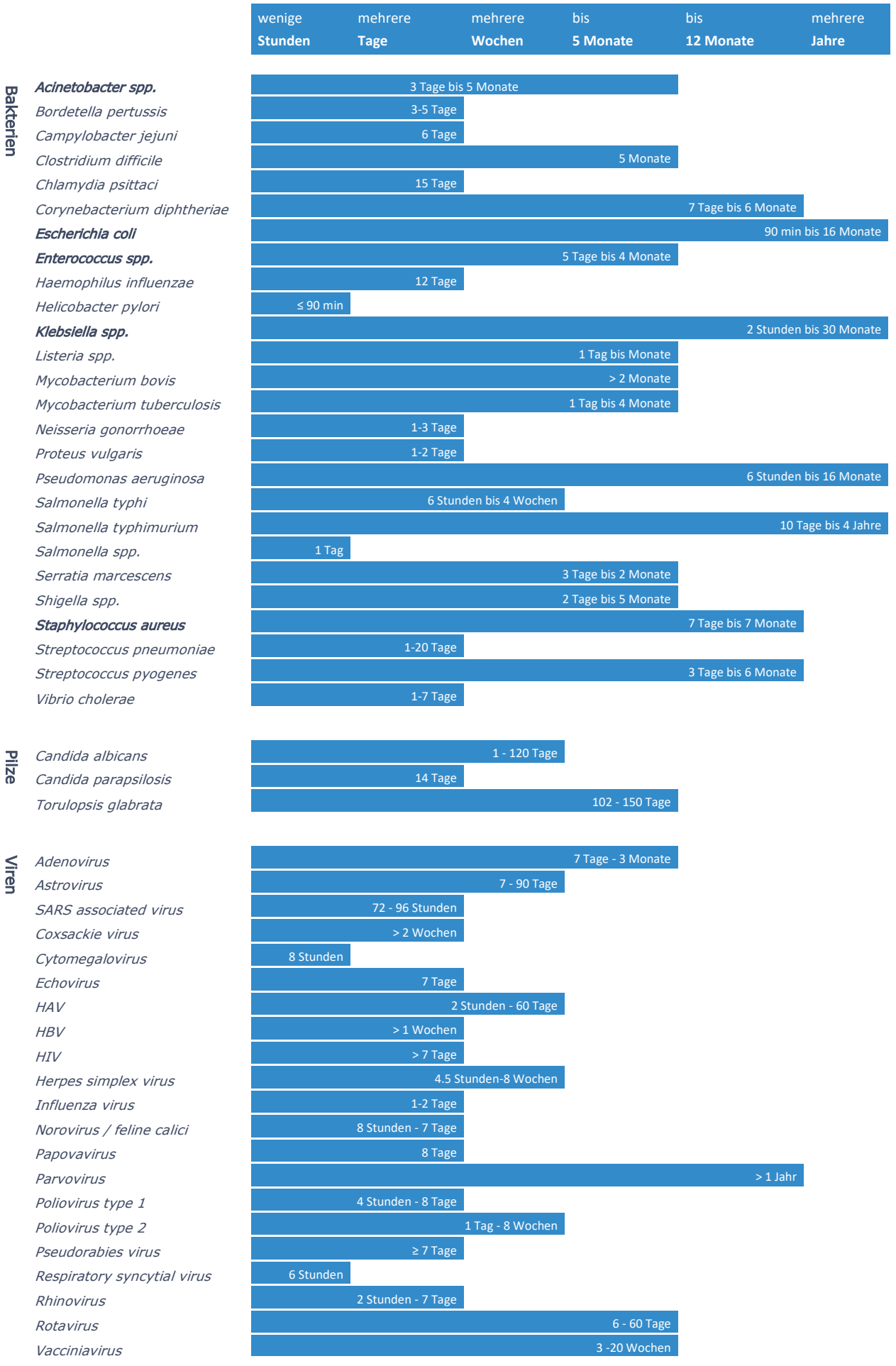
Ausblick: Corona-Viren auf Oberflächen

Auch Viren können bis zu mehrere Wochen auf unbelebten Oberflächen infektiös bleiben. Anders als bislang angenommen, gilt dies auch für das menschliche Coronavirus. Eine Studie zeigte, dass SARS-CoV-2 bei 20 °C auch nach 28 Tagen auf Oberflächen wie Glas, Edelstahl und Papier nachweisbar war

Quellen:

- https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.01.022
- https://doi.org/10.1186/s1298 5-020-01418 -7
- https://virologyj.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12985-020-01418-7

Persistenz von Keimen auf Oberflächen



Antimikrobielle Oberflächen

Was ist Nanotechnologie?

Nanotechnologie ist Grundlage vieler moderner Anwendungen wie Computer, Laser, Medizintechnik. Als Querschnittstechnologie wird sie in den unterschiedlichsten Industrien angewandt.

Auch die meisten antimikrobiellen Oberflächen nutzen das Funktionsprinzip der Nanotechnologie, ohne dabei Nanomaterial zu sein.

Eine ergänzende Hygienemaßnahme

Ist eine Oberfläche kontaminiert oder infektiös, so kann eine ordnungsgemäß durchgeführte Desinfektion und Reinigung die meisten Keime eliminieren bzw. entfernen. Wird die Oberfläche jedoch nach der Reinigung/ Desinfektion erneut kontaminiert, so kann diese bis zum nächsten Intervall infektiös bleiben.

Wenn auch effizient, so besteht keine Schutzwirkung zwischen den einzelnen Intervallen der Reinigung/ Desinfektion. Ein noch größeres Risiko besteht, wenn der Desinfektions- und Reinigungsprozess nicht ordnungsgemäß bzw. unvollständig durchgeführt wird.

Zeitraumbezogene Hygienemaßnahme (z.B. antimikrobielle Oberflächen) werden zukünftig noch relevanter werden. !

Was sind Antimikrobielle Oberflächen?

Der Begriff antimikrobielle Oberflächen beschreibt Materialien und Substanzen, welche das Wachstum und die Vermehrung von Mikroorganismen verhindern oder begrenzen. Klassifiziert werden diese nach dem zugrundeliegende Wirkmechanismus (aktiv oder passiv). Häufig kommt dabei das Prinzip der Nanotechnologie zum Einsatz: „Je kleiner die Partikel, desto größer die spezifische Oberfläche und desto weniger Material wird benötigt."

Dadurch sind bereits geringe Mengen des entsprechenden Materials ausreichend, um einen wirksamen antimikrobiellen Effekt zu erzielen. Oft wird die Umsetzung als Anwendungen so auch erst ökonomisch möglich.

Im Vergleich zu herkömmlichen und teils stark giftigen Bioziden haben antimikrobielle Oberflächen kaum Neben-wirkungen, so dass diese auch die Belastung für Mensch und Umwelt verringern. Fest in das Produkt oder die Beschichtung eingearbeitet bzw. fixiert, sind Nanomaterialien und Nanostrukturen sicher für Mensch und Umwelt.

Kann man sich das Reinigen von antimikrobiellen Oberflächen sparen? ?

Nein. Standard-Reinigungszyklen müssen auch weiterhin eingehalten werden. Dies gilt nicht nur für (nano)Silberhaltige Oberflächen, sondern generell für antimikrobielle Beschichtungen.

Antimikrobielle Oberflächen wirken zeitraumbezogen und verbessern die Hygiene auf längere Frist. D.h. sie verbessern die hygienische Situation zwischen den Reinigungsintervallen und verhindern die Vermehrung von Keimen im entsprechenden Zeitraum. Die abgetöteten Keime müssen auch weiterhin durch die standardmäßige Reinigung entfernt werden.

Wie wirken antimikrobielle Oberflächen?

Das Funktionsprinzip antimikrobieller Oberflächen kann auf aktiven (Wirkstoff freisetzend oder kontakt-aktiv) und / oder passiven Wirkmechanismen (hydrophob, Nanostrukturierung) basieren.

Je nach Anwendungsfall und Keimbelastung haben die unterschiedlichen Mechanismen und Materialien spezifische Vor- und Nachteile.

	Silber (nano)	Kupfer (nano)	Titandioxid (nano)	Graphen/ oxid	Hydrophob	Standardbiozide
Beschreibung	*Gelöste Ionen stören den Stoffwechsel von Keimen und töten diese ab*	*Gelöste Ionen stören den Stoffwechsel von Keimen und töten diese ab*	*Aktivierung durch UV-A Strahlung und Bildung radikalischer Sauerstoff-spezies*	*Scharfe Kanten stören die Zellmembran, sowie Induktion von oxidativem Stress*	*Hydrophobe Oberflächen sollen das Anhaften von Keimen auf Oberflächen verhindern*	*Die antimikrobielle Wirkung ist auf eine „Vergiftung" der Keime zurückzuführen*
Wirksamkeit	*Hoch*	*Hoch*	*Mittel*	*Noch unbekannt*	*Mittel*	*Sehr hoch*
Preis	*Mittel*	*Mittel*	*Günstig*	*Mittel*	*Günstig*	*Günstig*
Stabilität	*Stabil und inert*	*Anfällig für Oxidation*	*beschleunigtes Altern von Kunststoffen*	*Noch unbekannt*	*Empfindlich gegenüber mechanischer Belastung*	*Gering*
Flexibilität	*Wirkt aktiv*	*Wirkt aktiv*	*Benötigt UV-Licht*	*Noch unbekannt*	*Wirkt passiv*	*Wirkt akut*
Zulassung	*Verkehrsfähig und zugelassen*	*Nicht als Biozid verkehrsfähig*	*Verkehrsfähig*	*Nicht als Biozid verkehrsfähig*	*Abhängig von der Materialzusammensetzung*	*Verkehrsfähig*
Human-Toxizität	*Keine bekannt*	*Keine bekannt*	*aktuell Prüfung auf Karzinogenität*	*Keine bekannt*	*Keine bekannt*	*Hoch toxisch*
Abgabe von Nanopartikeln?	*Nein*	*Nein*	*Nein*	*Nein*	*Nein*	*Nein*
Nachhaltigkeit der Wirkung	*Hohe Lebensdauer, wenn fest gebunden*	*Mittel, da Aktivitätsverlust durch Oxidation*	*Hoch, wenn fest gebunden*	*Noch unbekannt*	*Mittel, da Verlust durch mechanische Belastung*	*Gering, da zeitlich begrenzt*
Anwendungs-beispiele	*Türgriffe, Implantate, Displays, Tasten*	*Türgriffe, Hand-lauf (bspw. USA)*	*(Glas-)Fassaden, -Dächer, PVC-Rohre*	*Noch unbekannt*	*Lacke*	*Desinfektionsmittel, Reinigungsmittel*
Verfügbarkeit / „Readiness Level"	*Breite Anwendungen verfügbar; seit über 100 Jahren im Einsatz*	*Einige Anwendungen im Einsatz.*	*Breite Anwendung in Dispersions- bzw. Wandfarben*	*Aktuell noch im Entwicklungsstadium*	*Aktuell noch im Entwicklungsstadium*	*z.B. Triclosan, Benzalkoniumchlorid, Isothiazolinon, Chlorhexidin*

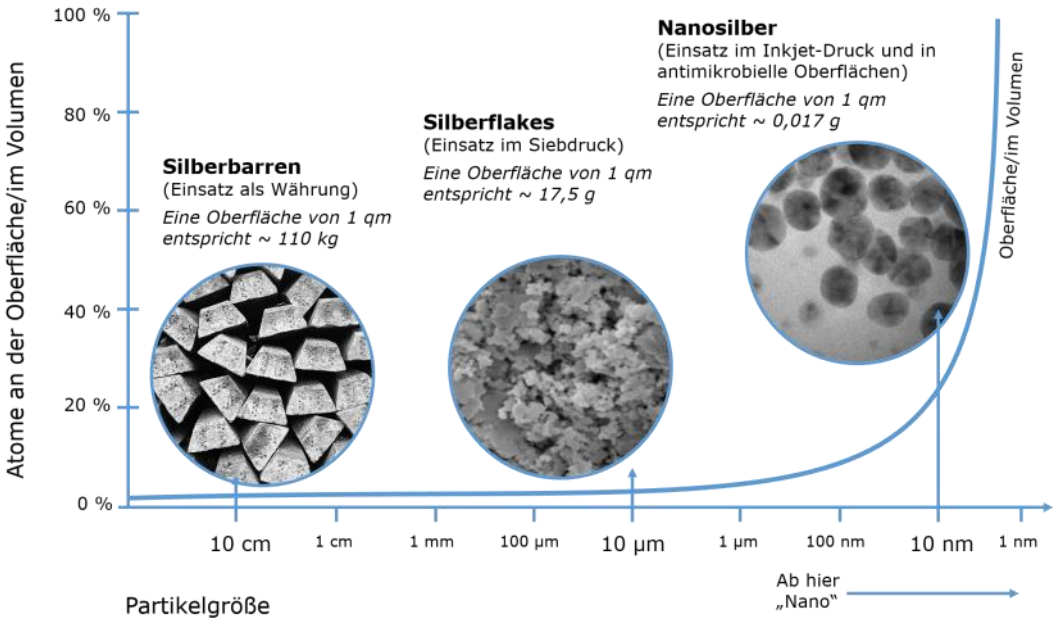
Antimikrobielle Oberflächen mit Silber

Nebenbei

Die alten Römer lagerten Silbermünzen im Wasser um das Wasser "rein" zu halten und besser, zum Beispiel auf Reisen, lagern zu können.

Bereits in der Antike wurde die antimikrobielle Wirkung von Silber und auch Nanosilber erkannt und genutzt. Erstmals wissenschaftlich untersucht wurde Nanosilber (auch kolloidales Silber genannt) jedoch erst 1889. Seitdem wird (nano)Silber gezielt in verschiedenen Anwendungen und Produkten eingesetzt.

Wie bei Kupfer ist der primäre Wirkmechanismus von Silber auf die ionische bzw. die gelöste Form von Silber (Ag+) zurückzuführen. Die entsprechenden Ionen werden in berechenbaren Mengen aus der Metall-Oberfläche gelöst und greifen bspw. in den Stoffwechsel von Bakterien ein und töten diese gezielt ab. Im Vergleich zu herkömmlichen und teils stark giftigen Bioziden haben antimikrobielle Oberflächen kaum Nebenwirkungen, so dass diese auch die Belastung für Mensch und Umwelt verringern. Fest in das Produkt oder die Beschichtung eingearbeitet bzw. fixiert, sind Nanomaterialien und Nanostrukturen sicher für Mensch und Umwelt.



Wichtig

Alle Silberhaltigen Oberflächen setzen Silberionen frei. Dies gilt auch für sog. Makro oder Mikrosilber!

Lediglich die Anzahl der freigesetzten Silberionen bzw. die antimikrobielle Wirksamkeit ist direkt abhängig von der spezifischen Oberfläche.

Je kleiner die Partikel:

- desto höher die spezifische Oberfläche bzw. das „Oberfläche-zu-Volumen"-Verhältnis
- desto weniger Silbermaterial wird bei vergleichbarer Wirksamkeit benötigt

Ein Vergleich:

Ein 5 kg schwerer Silberbarren hat etwa die gleiche Oberfläche wie 1 mg Silber-Nanopartikel mit Kantenlänge von 10 nm: ca. 5,97 dm²

Nano:

Bei Partikelgrößen kleiner als 100 nm werden Partikel als Nanopartikel bezeichnet.

U.a. in Elektronikanwendungen, der Energiespeicherung und Umwandlung, als Schmuck und Währung oder in der Sensorik erfährt (nano)Silber vielseitige Anwendungsmöglichkeiten.

Wo wird (nano)Silber sonst eingesetzt? ?

Quellen:

- G. Broughton, *et al.* (2006) A brief history of wound care. *Plast. Reconstr. Surg.* **117**, 6-11.
- J.W. Alexander, *et al.* (2009) History of the medical use of silver. *Surg. Infect.* **10**, 289-292.
- M.C. Lea, *et al.* (1889) Allotropic forms of silver, *American Journal of Science, Series 3 Vol. 37*, 476-491.

Antimikrobielle Oberflächen mit Silber

Die primäre Wirkung von fest gebundenem nano(Silber) beruht auf der Freisetzung von gelösten Silberionen. Deren Konzentration kann u.a. durch die Größe der gebundenen Partikel bzw. deren spezifische Oberfläche gesteuert werden.

Sowohl Silberionen als auch die zugängliche (nano)Silber-Oberfläche wirken antimikrobiell und interagieren u.a. mit Proteinen an der Oberfläche von Viren, Bakterien und Pilzen (z.B. Glykoproteinen bei Viren). Dabei werden insbesondere Schwefel-Schwefel-Brücken gestört, so dass die Protein-Struktur der Keime gestört und letztlich deren Zersetzung induziert wird.

Auch eine reine Silberbeschichtung ist antimikrobiell wirksam. Jedoch wird bei Schichtdicken größer 100 nm nicht mehr von Nanosilber gesprochen.

Silber

Element-Symbol:	Ag
Schmelzpunkt:	961,8 °C
Dichte:	10,49 g/cm³
Siedepunkt:	2.162 °C
Natürliches Vorkommen im Erdreich:	0.1 mg / kg
Tägliche Aufnahme mit der Nahrung:	0.1 mg
Anwendungen:	Währung, Elektronik, Schmuck, Energiespeicherung und Umwandlung, …

! Wichtig

Sichere (nano)Silber-Produkte zeichnen sich dadurch aus, dass die (nano)Silberpartikel fest in oder auf der jeweiligen Beschichtung gebunden bleiben und die gelöste Wirkstoffmenge auf den Anwendungsfall abgestimmt ist.

Erst bei Kontakt mit Feuchtigkeit (bspw. durch Biofilme, Wasser oder Luftfeuchtigkeit ab 20 %) werden Silberionen freigesetzt und interagieren nach dem obigen Prinzip mit den Keimen bzw. töten diese effektiv ab.

? *Wie unterscheiden sich Silber-Beschichtungen?*

Anwendungsbezogen werden unterschiedliche Anforderungen an Beschichtungen und deren Wirkprinzip gestellt. Faktoren, welche die Wahl der Beschichtung beeinflussen, sind bspw.

- die benötigte Wirkstoffmenge,
- Wirkreichweite,
- Wirkdauer und die
- Freisetzungsrate.

Andererseits bedingt auch das **Substrat** die mögliche Verarbeitung einer Beschichtung. Eine sichere Verarbeitung erfolgt bspw. in Sol-Gel Schichten oder durch direkte Verarbeitung in Textilgarnen.

Regulatorisch: Bei Partikeln kleiner 100 nm muss das Produkt den Zusatz „(nano)" in der Produktbeschreibung enthalten.

Nebenbei:

Die häufigste Herstellungsmethode von Nanosilber ist die **chemische Reduktion von Silbersalzen.**

Weitere Verfahren:

- Funkenentladung
- elektrochemische Reduktion
- Bestrahlung
- kryochemische Synthese

? *Wodurch unterscheidet sich (nano)Silber von herkömmlichen Bioziden?*

Die **Reduktion der gesundheitlichen Belastung** für Mensch und Umwelt sind Gründe weshalb Silberbeschichtungen häufig zur Substitution giftiger Biozide verwendet werden.

Wirksamkeit: Nachweis und Dauer

Nicht jede antimikrobielle Oberfläche ist gleich effektiv bzw. wirksam. Zur Bestimmung der antimikrobiellen Wirksamkeit gibt es daher eine Vielzahl an Tests, die unterschiedliche Anforderungen berücksichtigen.

Aber: Die existierenden normativen Tests sind häufig praxisfern und weisen diverse Defizite auf. Die Entwicklung neuer, praxisrelevanter Testverfahren ist daher entscheidend, um verschiedene Oberflächen vergleichen zu können.

Aktuelle Defizite & mögliche Lösungen

Einerseits werden organische Verschmutzungen nicht berücksichtigt während andererseits teils unrealistische Prüfbedingungen als Standard festgelegt werden. Häufig führt dies zu überzogenen Erwartung an die Performance in der Praxis. Der Trend geht daher verstärkt zu praxisnahen Modifikationen oder Prüfmodellen (z.B. Keimübertragungsmodelle), Simulation von anwendungsnahen Kontaminationen mit geeigneten Testkeimen, (z.B. Surrogat Viren) oder Feldstudien zur Überprüfung der Wirksamkeit in der Praxis.

⇩

Die Wirksamkeit antimikrobieller Oberflächen sollte mit mindestens 5 % Nährstoffgehalt im Inokulum geprüft werden, um organische Belastungen in der Praxis widerzuspiegeln.

⇩

Prüfungen sollten kurze Einwirkzeiten (1-2 Std) untersuchen, da diese eine höhere Praxisrelevanz haben. So erfolgt die Verschleppung von Keimen über Oberflächen in der Praxis eher kurzfristig.

Nicht jedes Produkt, das Silber, Kupfer oder Titandioxid enthält ist antimikrobiell wirksam.

Wichtig !

Die kontrollierte Verarbeitung der entsprechenden Partikel bspw. in Kunststoffen ist entscheidend, um u.a. die Verteilung im Material als auch die Zugänglichkeit zum Wirkstoff zu gewährleisten. Wirkung und Sicherheit müssen daher stets produktspezifisch und am besten anhand von Bemusterungen nachgewiesen werden. Dies kann über verschiedene Tests erfolgen (Siehe Tabelle folgende Seite).

Wie lange sind antimikrobielle Oberflächen wirksam? ?

Die Wirkdauer ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Beruht die antimikrobielle Wirkung auf der Freisetzung eines Wirkstoffs, so verliert die Beschichtung mit der Zeit ihren antimikrobiellen Schutz. Oberflächen wie die Sol-Gel basierte Beschichtung SANPURE, zeigen in Versuchen und Hochrechnungen eine Wirkdauer von mehr als 20 Jahre.

Antimikrobielle Oberflächen, die keinen Wirkstoff freisetzen bleiben theoretisch dauerhaft antimikrobiell geschützt. Jedoch können Verschmutzungen den antimikrobiellen Schutz behindern.

Wie kann man feststellen, dass der antimikrobielle Schutz noch gewährleistet ist? ?

Antimikrobielle Beschichtungen auf Basis von Nanosilber ändern i.d.R. nicht die optischen Eigenschaften eines Produkts und sind daher meist nicht sichtbar. Der Wirkstoff kann jedoch mit Fluoreszenzpartikeln/-farbstoffen markiert werden und indirekt mittels UV-Licht sichtbar gemacht werden.

Standard-Tests zur Überprüfung der antimikrobiellen Wirksamkeit

		Beschreibung	Besondere Stärken	Besondere Schwächen
Bakterien	**ISO 22196** (JIS Z 2801)	Messung von antibakterieller Aktivität auf Kunststoff- und anderen porenfreien Oberflächen	• Quantitative Aussage	• hydrophobe Proben eingeschränkt • geringere Empfindlichkeit • Nährstoffgehalt im Inokulum zu gering
	ASTM E 2149	Determining the Antimicrobial Activity of Antimicrobial Agents Under Dynamic Contact Conditions	• hydrophobe Proben möglich • Freie Geometrie der Probekörper	• Mangelnde Vergleichbarkeit • Keine Nullprobe • eingeschränktes Wirkspektrum (nur 1 Testkeim)
	ASTM E 2180	Determining the activity of incorporated antimicrobial agents in polymeric or hydrophobic materials.	• hydrophobe Proben möglich • kleine Probenkörper	• geringe Empfindlichkeit • Mangelnde Vergleichbarkeit
	ASTM E 3160	Standard Test Method for Quantitative Evaluation of the Antibacterial Properties of Porous Antibacterial Treated Articles	• quantitativ	• eingeschränktes Wirkspektrum (nur 1 Testkeim) • Nährstoffgehalt im Inokulum zu gering
	DIN EN ISO 11930	Bewertung des antimikrobiellen Schutzes eines kosmetischen Produktes		
	DIN EN ISO 20645	Textile Flächengebilde - Prüfung der antibakteriellen Wirkung	• einfach und günstig	• nur qualitativ • Wirkstoff muss diffundieren
	DIN EN ISO 20743	Bestimmung der antibakteriellen Wirksamkeit von textilen Produkten	• quantitativ • Bewertungsskala • hydrophobe Proben möglich	• Keine Aktivierung von TiO2, da Inkubation im Brutschrank
	AATCC 100	Test Method for Antibacterial Finishes on Textile Materials	• quantitativ	• Wirksamkeitsangabe in % wodurch häufig falsche Erwartungen geweckt werden
	DIN EN ISO 16187	Schuhe und Schuhbestandteile - Prüfverfahren zur Bestimmung der antibakteriellen Wirkung		
	ISO 27447	Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) — Test method for antibacterial activity of semiconducting photocatalytic materials	• Nachweis photokatalytischer Effekte	• UV-Licht wirkt per se keimreduzierend aufwendige Prüfapparatur

		Beschreibung	Besondere Stärken	Besondere Schwächen
Pilze	DIN EN ISO 14119	Prüfung von Textilien - Bestimmung der Einwirkung mikroskopischer Pilze (Mikrofungi)	• Bewertungsskala	• nur semiquantitativ
	DIN EN ISO 846	Kunststoffe - Bestimmung der Einwirkung von Mikroorganismen auf Kunststoffe	• direkte oder indirekte Einwirkung messbar Nährstoff-quelle, Produktschädigung)	• keine quantitative Keimanalyse • Norm-Entwurf wurde zurückgezogen
	DIN EN ISO 20150	Schuhe und Schuhbestandteile - Quantitatives Challenge-test-verfahren zur Bestimmung der antimykotischen Wirksamkeit		
Viren	ISO 18184	Bestimmung der antiviralen Aktivität von Textilerzeugnissen		• aufwendig, teuer und langwierig
	ISO 21702	Messung der antiviralen Aktivität an Kunststoffen und anderen nicht-porösen Oberflächen		• aufwendig, teuer und langwierig
	ISO 18061	Bestimmung der antiviralen Aktivität von halbleitenden photo-katalytischen Werkstoffen - Verwendung von Bakteriophagen Q-Beta		

Tests zur Bestimmung der antimikrobiellen Wirksamkeit berücksichtigen u.a.

- unterschiedliche Wirkmechanismen
- konkrete Anwendungsfelder
- Eigenschaften des Substrats
- Verschiedene Erreger

Sicherheit

Die Anwendung von Nanotechnologien bzw. der Einsatz von Nanomaterialien steht seit Jahrzehnten im Fokus kritischer Beobachtungen und ist Gegenstand vieler Toxizitäts-Studien.

Bekannt ist: Nanomaterialien unterscheiden sich stark in ihren biologischen Auswirkungen auf den Menschen sowie auf verschiedene Ökosysteme. Das Verhalten und auch das potenzielle Risiko von Nanomaterialien wird entscheidend durch die Faktoren Größe, Form, chemische Zusammensetzung sowie Oberflächeneigenschaften und -reaktivitäten beeinflusst.

Prinzipiell gilt aber:

! *„Fest in einem Material gebundene Nanoteilchen gelten eher als sicher"*

- Stiftung Warentest

Aussagen zur Toxizität müssen stets genau betrachtet werden!

Eine kritische Betrachtung von Toxizitäts-Studien zeigt, dass häufig unrealistisch hohe Konzentrationen oder praxisferne Bedingungen untersucht werden.

Auch, wenn Nanomaterialien bereits seit Jahrhunderten eingesetzt werden, und bislang keine intrinsische gesundheitliche Gefahr auf den Menschen bekannt ist, bleibt die Sicherheitsforschung essentieller Bestandteil bei der Entwicklung nano-basierter Produkte.

Dieser Aspekt spiegelt sich auch in der komplexen Marktzulassung wieder. Umfangreiche Tests und Auflagen, sollen bspw. ein unsachgemäßes Inverkehrbringen verhindern.

? *Können Silberpartikel aus der Schicht herausgelöst werden?*

Die Fixierung der (nano)Silberpartikel ist ein entscheidender Faktor für die Sicherheit eines Produkts. Abhängig von der Produktformulierung werden dazu unterschiedliche Wechselwirkungsmechanismen genutzt, um die (nano)Silberpartikel bspw. durch entsprechende Binder oder Dipol-Wechselwirkungen fest zu verankern.

Die Sol-Gel basierte Beschichtung SANPURE, zeigt z.B. auch bei mechanischem Abrieb keine Freisetzung von Nanopartikeln.

? *Besteht eine Gefahr für die Zellen der Haut bei Berührung einer beschichteten Oberfläche?*

Nein, davon ist nicht auszugehen.

(nano)Silber wirkt primär gegen Einzelzellen (Bakterien, Zellkulturen), nicht aber gegen mehrzellige Organismen oder Zellen im Zellverbund (z.B. Haut), da diese deutlich robuster sind. Unter anderem wird Silber auch in Wundverbänden für Brandwunden eingesetzt. Hier ist ebenfalls keine Zellschädigung der Haut beobachtet.

Eine wissenschaftliche Studie mit insgesamt 60 Probanden, die über einen Zeitraum von sechs Wochen antimikrobiell ausgerüstete T-Shirts trugen, ergab:

„antimikrobielle Wirkstoffe (zeigen) keine nachteiligen Auswirkungen auf das ökologische Gleichgewicht der gesunden menschlichen Hautmikroflora".

Quellen:

- nanoinitiative-bayern.de/nanosilber/kooperationsprojekte/abschaetzung-der-umweltgefaehrdung-durch-silbernanomaterialien-umsicht
- B. Schäfer *et al.* (2012) State of the art in human risk assessment of silver compounds in consumer products: a conference report on silver and nanosilver held at the BfR in 2012. *Arch Toxicol* **87**, 2249–2262. (open Access)
- K. Schwirn, D. Völker (2016) Nanomaterialien in der Umwelt – Aktueller Stand der Wissenschaft und Regulierungen zur Chemikaliensicherheit - Empfehlungen des Umweltbundesamtes. (pdf)
- https://www.test.de/Nanoteilchen-Das-sollten-Sie-wissen-4445980-0/
- D. Hoefer, T. R. Hammer (2011) Antimicrobial Active Clothes Display No Adverse Effects on the Ecological Balance of the Healthy Human Skin Microflora. *International Scholarly Research Notices*. https://doi.org/10.5402/2011/369603.

SANPURE®

- Temperaturbelastung bis 200 °C
- Schichtdicken: 150 nm - 2.5 µm
- Biokompatibilität: DIN EN ISO 10993-5
- Abriebbeständig: in Anlehnung an DIN EN 60068-2-70
- Kratzfest: DIN EN ISO 1518; ISO 15184
- Haftfest: DIN EN ISO 2409

Einsatzbereiche:

- Automobil (z.B. Interieur, Schaltknauf, Displays)
- Beschläge und Griffe (z.B. Türgriffe, PIN-Schlösser)
- Einzelhandel (z.B. Einkaufswagengriffe)
- Luftfahrt (z.B. Oberflächen Toilettenkabine, Armlehne, Griffe von Gepäckwagen)
- Sanitär (z.B. WC-Drücker, Spendergriffe)
- ÖPNV (z.B. Haltestangen, Knöpfe)
- Elektronik (z.B. Displays, Tastenfelder)
- Möbelindustrie (z.B. Tischplatten, Auflagen)

Produktbeispiel:
Nanosilberhaltige Sol-Gel-Oberflächen

SANPURE® ist eine antimikrobielle Beschichtung auf Basis von Silber Nanopartikeln mit dem Wirkstoff agpure®-Nanosilber (verkehrsfähig nach EU-Biozid-Verordnung, BPR, EU 528/2012; BAUA Reg.-Nr.: N-79342; CAS-Nr. 7440-22-4).

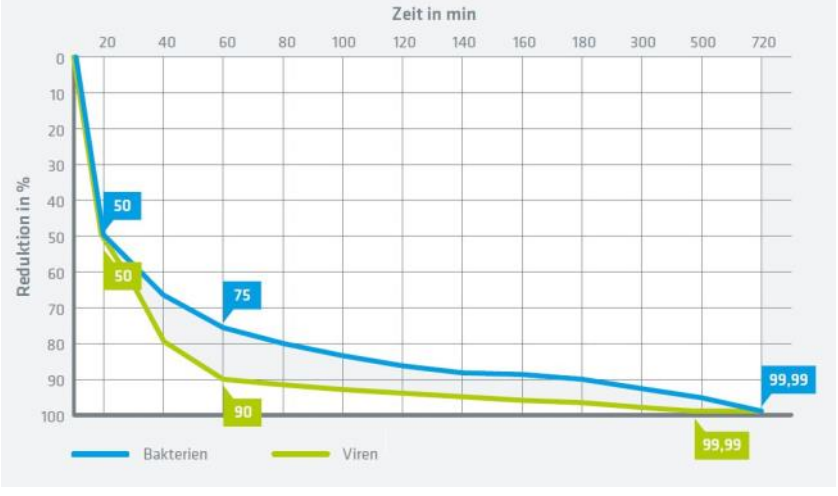
Dabei werden speziell die Vorteile der flexiblen Verarbeitung in Form von Sol-Gelen genutzt. Diese kann zu jeder Zeit und auch auf geometrisch komplexe Formkörper aufgetragen werden. Zusätzlich erlaubt die dünne Schicht dekorative und weitere funktionelle Gestaltungsmöglichkeiten.

Das eingesetzte Nanosilber wird nach medizinischen Qualitätsstandards (DIN EN ISO 13485) hergestellt und ist gleichzeitig Referenzmaterial der OECD.

- Optik und Haptik des beschichteten Substrates bleiben auch nach der Beschichtung erhalten.
- chemisch beständig gegen herkömmliche Reiniger und Desinfektionsmaßnahmen
- transparent oder farbig, auf Wunsch auch mit Präsenznachweis mittels Fluoreszenzpartikeln
- mechanisch flexibel
- im Umgang mit Lebensmitteln getestet (Test TÜV Rheinland: Beschichtete Edelstahlplatte entspricht Anforderungen §31 LFGB)

Antivirale und antibakterielle Wirksamkeit:

Die SANPURE Beschichtung wurde in einem praxisnahen viruziden Carriertest in Anlehnung an die RKI-Richtlinie (1995) sowie die ISO 21702:2019 gegenüber dem Bovinen Coronavirus BoCV; Stamm: S379 Riems getestet. Festgestellt wurde eine Virusreduktion von > 90 % nach einer Stunde (lg 1,35) bzw. > 99,99 % nach 8 Stunden (lg 4,5). Die antibakterielle Wirksamkeit wurde nach ISO 22196 / JIS Z 2801:2010 bestätigt.



Die SANPURE Beschichtung reduziert kontinuierlich die Keimlast auf Oberflächen innerhalb weniger Stunden.

Produktbeispiel:
Silber in textiler Form

Silvertex® ist ein antimikrobielles 3D Gewirk, in dem versilberte Polyamid Garne eingearbeitet sind. Dabei wird die Verarbeitung von Silber als offenmaschiges Textil genutzt, um die antimikrobielle Oberfläche zusätzlich zu vergrößern.

Durch die angepasste Geometrie ergibt sich pro Quadratmeter textiler Fläche eine verfügbare Silberoberfläche von 24 m². Die stark vergrößerte Silberoberfläche ermöglicht so auch den Schutz große Wasserspeicher und Wassermengen vor mikrobieller Kontamination (bis zu 500 m³).

Über die eingesetzte Menge versilberter Garne kann die definierte Silberionenfreisetzung kunden- und anwendungsspezifisch gesteuert werden.

Dadurch ergibt sich eine breite Palette an Einsatzmöglichkeiten: von der Behandlung des Wassers in kleinen Trinkwasserbehältern (Kanistern) bis hin zu großen Kühl- und Prozesswasserspeichern in der Industrie.

Aufgrund der flexiblen Verarbeitungsmöglichkeiten der Textilien, werden diese auch für weitere Anwendungen eingesetzt, z.B. Luftbehandlungsgeräte, wie Luftbefeuchter oder –Wäscher oder auch im privaten Bereich bspw. im Caravaning.

Silvertex®

- Temperaturbelastung bis 60 °C
- 1 m² Textil = 24 m² Silber
- Einsatzbereich bis 500 m³
- Schichtdicken: 500-800 nm
- Biokompatibilität des Silbergarns zertifiziert: DIN EN ISO 10993-5

silvertex®

Einsatzbereiche:

- Luftbehandlungsgeräte und -Anlagen
- Industriekühlung: Kühltürme, Klimasysteme, IT- und Serversysteme
- Brauchwasserdeponierung, Osmose Anlagen-Tanks
- Kühlschmierstoffe
- Extruder, Granulator, Löschwasser, Notduschen
- Mobile Trinkwasserdepots stationär und mobil (Caravan, Boote, Trinkwasserspeicher)
- Reinhaltung von Warm- und Kaltwasser-Trinkwasser-Systemen (Ausland)
- Katastrophenschutz

Wo werden antimikrobielle Oberflächen eingesetzt?

Antimikrobielle Oberflächen in der Praxis

Mit (nano)Silber lassen sich Oberflächen aus Kunststoff, Metall oder Glas antimikrobiell beschichten.

Sinnvoll ist eine solche Lösung überall dort, wo eine erhöhte Keimbelastung vorliegt und wo viele verschiedene Menschen mit einer Oberfläche in Berührung kommen. Dort minimiert die Beschichtung die Kontamination mit gefährlichen Erregern entscheidend und stellt somit einen langfristigen und permanenten Schutz dar.

Im Krankenhaus und in der Pflege

Das Europäische Zentrum für die Prävention und die Kontrolle von Krankheiten hat ermittelt, dass in Europa jährlich über 4 Mio. Patienten an „Gesundheitseinrichtungen-assoziierten Infektionen" erkranken.

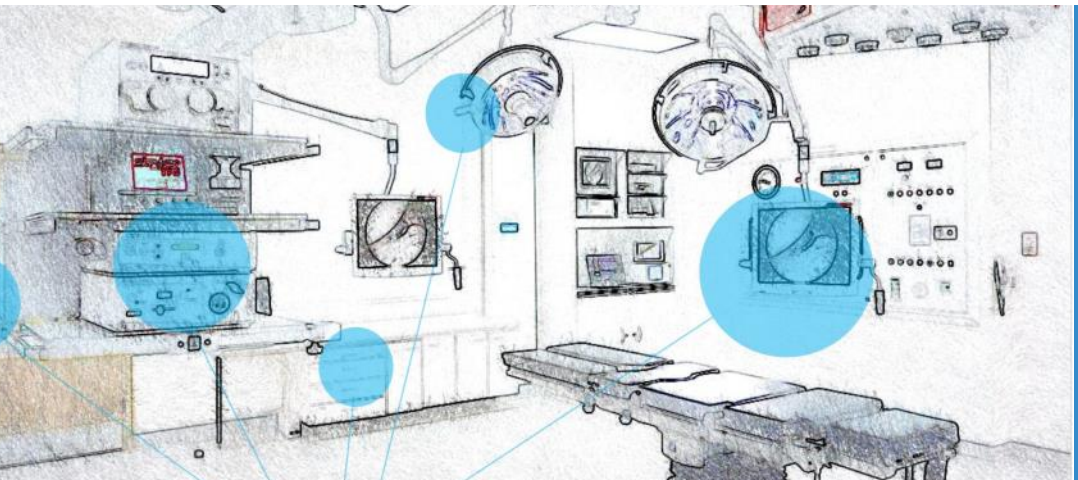
Dies ist nicht nur aus gesundheitlichen Gründen kritisch. Entsprechende Infektionen verlängern den Krankenhausaufenthalt, erfordern mehr Behandlungsaufwand und sind entsprechend mit deutlichen Mehrkosten verbunden. Akuter Handlungsbedarf besteht aber vor Allem in Hinblick auf aktuelle Studien, nach denen alleine in Deutschland ca. 10.000 bis 30.000 Toten auf nosokomiale Infektionen zurückzuführen sind.

Fallstudie

Regensburg: In einer wissenschaftlichen Studie der Universitätsklinik Regensburg wurden unter Leitung eines Hygienikers unterschiedliche Oberflächen in verschiedenen Notaufnahme-räume mit einer Nanosilber-haltigen Beschichtung ausgestattet und über einen Zeitraum von 9 Monaten auf mikrobielle Belastung untersucht, darunter Touchscreens, Griffe, Tastaturen und Schalter.

Die im Vorfeld durchgeführten Wirksamkeitstests unter Laborbedingungen ergaben bei kontrollierter Kontamination (DIN ISO 22196) mit verschiedenen (multiresistenten) Keimen hohe Reduktionsraten von mehr als 3 Log-Stufen, bzw. einer Abtötung von über 99,9% der untersuchten Pathogene. Im Praxistest wurden über einen Zeitraum von einem Jahr regelmäßige Abklatschtests im laufenden Betrieb der Notaufnahme durchgeführt und mit einem identisch beschichteten Raum ohne antimikrobielle Additive verglichen. Die Doppelblindstudie über einen Zeitraum von 90 Tagen ergab:

- Keimwidrige Oberflächen zeigen eine deutliche Verbesserung der Hygiene im klinischen Umfeld.
- Insgesamt wurde eine geringere Keimbelastung festgestellt.
- Die Belastung mit hohen Keimdichten wurde deutlich reduziert.



In Deutschland sind jährlich ca. **10.000 bis 30.000 Tote** auf nosokomiale Infektionen zurückzuführen.

Silber in Textilien und Masken

Der Einsatz von (nano)Silber in Textilien bietet vielseitige Anwendungsmöglichkeiten, von der antimikrobiellen Ausrüstung bis hin zu komplexen IOT-Anwendungen. Die technische Umsetzung erfolgt auf verschiedene Arten und ist abhängig von der jeweiligen Anwendung.

Antimikrobielles (nano)Silber wird aus verschiedenen Gründen in Textilien eingearbeitet:

- Sporttextilien zur Geruchskontrolle
- Technische Textilien (z.B. Filter) zur Vermeidung von Foulingprozessen
- Textilien im Gesundheitswesen oder in Lebensmittel-verarbeitenden Betrieben (z.B. Kittel, Wischtücher) zur Reduzierung der Keimübertragung

Die Verarbeitung hat einen erheblichen Einfluss darauf, wie stark die (nano)Silber-partikel gebunden werden. Zu den gängigsten Verarbeitungsverfahren zählen dabei die Beschichtung sowie die direkte Integration in die Spinnmasse bei Synthesefasern.

! Wichtig

Um größtmögliche Sicherheit zu gewährleisten, muss (nano)Silber direkt in das Textilgarn eingebracht werden. Dadurch wird eine längere Lebensdauer auch bei häufiger Wäsche gewährleistet.

? *Ist der Einsatz von Nanosilber in Masken genehmigt und sinnvoll?*

Im Zuge der Corona-Krise werden im Handel und im Internet vermehrt Masken mit Nano-Silber angeboten. Hier muss beachtetet werden, dass über die Wirksamkeit von (nano)Silber gegenüber Viren bisher nur wenig bekannt ist. Erste Studien zeigen einen moderaten inaktivierenden Effekt, der jedoch auch von der Art der Nanopartikel und deren Applikation abhängt. Für SARS-CoV-2 wurde kürzlich eine erste Studie veröffentlicht, in der ein inaktivierender Effekt von einer Silber-Nanocluster-Lösung, die auf eine Atemschutzmaske aufgebracht worden war, beschrieben wird.

Bei Masken ist die Unterscheidung zwischen der Filterleistung (Barrierefunktion) und einer antimikrobiellen /antiviralen Wirksamkeit (Abtötung/Inaktivierung von Keimen) zu beachten. Masken sollen primär eine Filter-wirkung aufweisen, um zu vermeiden, dass keimhaltige Aerosole beim Ein- und/ oder Ausatmen durch die Maske dringen.

Bei antimikrobiell ausgerüsteten Materialien werden Keime abgetötet oder inaktiviert, wenn sie eine ausreichend lange Zeit (Inkubationsdauer) auf dem Material verweilen. Dies nützt auf Masken i.d.R. nur etwas, wenn die Keime durch die Filterfunktion auch ausreichend lange vom Material zurückgehalten werden. Während bei medizinischen Gesichtsmasken/ OP-Masken und FFP-Masken die Filterleistung Bestandteil der Zulassung ist, gelten bei Community-Masken keine gesetzlichen Vorgaben für Funktions-parameter. Neu entwickelte Leitfäden (z.B. CWA 17553, AFNOR SPEC S76-001) berücksichtigen zwar entsprechende Prüfstandards und Bewertungskriterien, sind aber auch weiterhin nicht verpflichtend.

Die französische Agentur für Ernährung, Umwelt und Arbeitsschutz (ANSES) bewertet textile Gesichtsmasken, die mit Silberverbindungen behandelt wurden, bei korrekter Anwendung als sicher und stellt dazu fest, dass sie nicht bewertet hat, wie wirksam behandelte Gesichtsmasken sind.

Generell sollten solche und andere textilen Produkte stets vor dem ersten Tragen gewaschen werden.

Quellen:

- C. Balagna, S. Perero, E. Percivalle, E. Nepita, M. Ferraris. (2020) Virucidal effect against coronavirus SARS-CoV-2 of a silver nanoclus-

Silber zur Wasserkonservierung

Auch in Trinkwasser-Installationen können Mikroorganismen zu ernsthaften Probleme führen, dazu zählen insbesondere E. coli/Coliforme, Legionellen, Pilze und Pseudomonas aeruginosa. Diese Mikroorganismen treten u.a. in Kühltürmen, Warm- und Kaltwassersystemen, Klimaanlagen, Spa-Anlagen, Springbrunnen, Luft-Befeuchtern, Duschen, Vernebelungsgeräten, Zierbrunnen und Wasserspielen, zahnmedizinischen Geräten und thermostatischen Mischventile auf.

Während im Ausland zahlreiche Projekte im öffentlichen Bereich (z.B: Trinkwasseraufbereitung in Krankenhäusern) zu finden sind, ist die Verwendung von Silber In Deutschland derzeit nur im privaten Bereich erlaubt bzw. als Pilotprojekt unter Aufsicht eines Gesundheitsamtes.

Nebenbei:

Die WHO schreibt eine maximale Aufnahme-menge an Silber von 0,1mg/l vor.

Lösliche Silber-verbindungen werden bereits vielseitig eingesetzt:

- äußerlich anzuwendende Antiseptika (15-50 µg/Liter)
- Bakteriostatika (bis 100 µg/Liter)
- Desinfektionsmittel (>150 µg/Liter)

Weitere Informationen:

https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/silver.pdf

Anwendungsbeispiel **Trinkwasser**

Erba, Region Como, Italien: Das örtliche Trinkwasserversorgungsnetz der Gemeinde Erba wird aus alpinen Quellen gespeist, welches in einem hochgelegenen Zwischenreservoir (700 m³) gespeichert wird.

Die mikrobielle Beschaffenheit des Rohwassers (E. coli, Coliforme, Enterococcen, Clostridien usw.) erfordert zwingend eine durch die zuständige Behörde überwachte Desinfektion. Herkömmlich wird hierfür Chlordioxid als Desinfiziens eingesetzt. Mit der Installation von 25 m² Silvertex®-Material konnte die Chlor-dioxid-Dosierung eingestellt werden (Silber-Gehalt: < 10 µg/L).

Seit November 2010 wurden bei wartungsfreiem Betrieb insgesamt ca. 20.000 m³ Trinkwasser mit behördlich kontrollierter mikrobieller Qualität bereitgestellt (<1 KBE/100 ml).

Quellen:

- https://www.dvgw.de/themen/wasser/wasserqualitaet/trinkwasserhygiene

Weitere Anwendungen

Beseitigung von Schwachstellen an Desinfektionsmittelspendern

Für die Firma TEMCA, die unter anderem ein breites Sortiment im Bereich der Waschraumhygiene anbietet, wurde eine Beschichtung für den Desinfektionsmittelspender entwickelt.

Durch die Beschichtung ist auch der Spenderhebel hygienisch geschützt – eine Schwachstelle, die bei vielen Desinfektionsmittelspendern nicht bedacht wird.

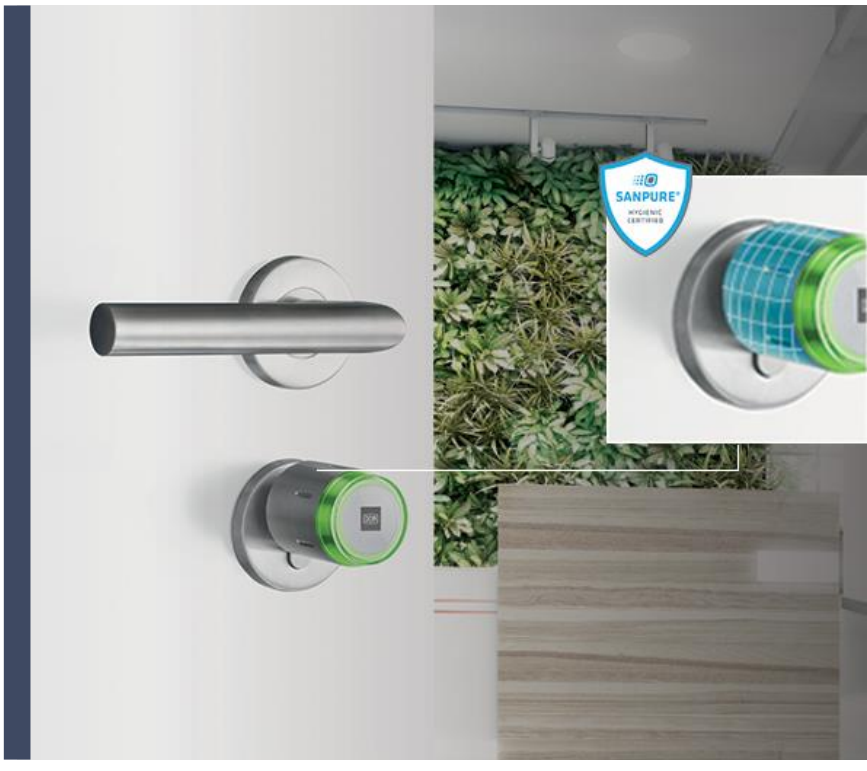
Mithilfe von fluoreszierenden Pigmenten kann die Oberflächen-beschichtung zudem unter speziellem Licht sichtbar gemacht und so ganz einfach nachgewiesen werden.

Schließanlagen für den Healthcare-Bereich

Um das neue Bewusstsein der Menschen für Hygiene zu unterstützen und zu vereinfachen, hat DOM Security antimikrobielle Oberflächen für digitale Beschläge, digitale Zylinder und Panikstangen entwickelt.

Die Nanosilberbeschichtung wird auf den Metallelementen der Türgriffe der Guard Familie, den Metallknäufen des digitalen Schließzylinders Pro, sowie auf den Grifffflächen der Panikstangen verwendet. 2021 soll die antibakterielle Variante auf das digitale Möbelschloss LoQ erweitert werden.

Da Schlösser und Griffe durch viele verschiedene Menschen in kurzer Zeit genutzt werden, besteht ein erhöhtes Risiko der Keimübertragung. Die antimikrobielle Beschichtung bietet so einen zusätzlichen Schutz.



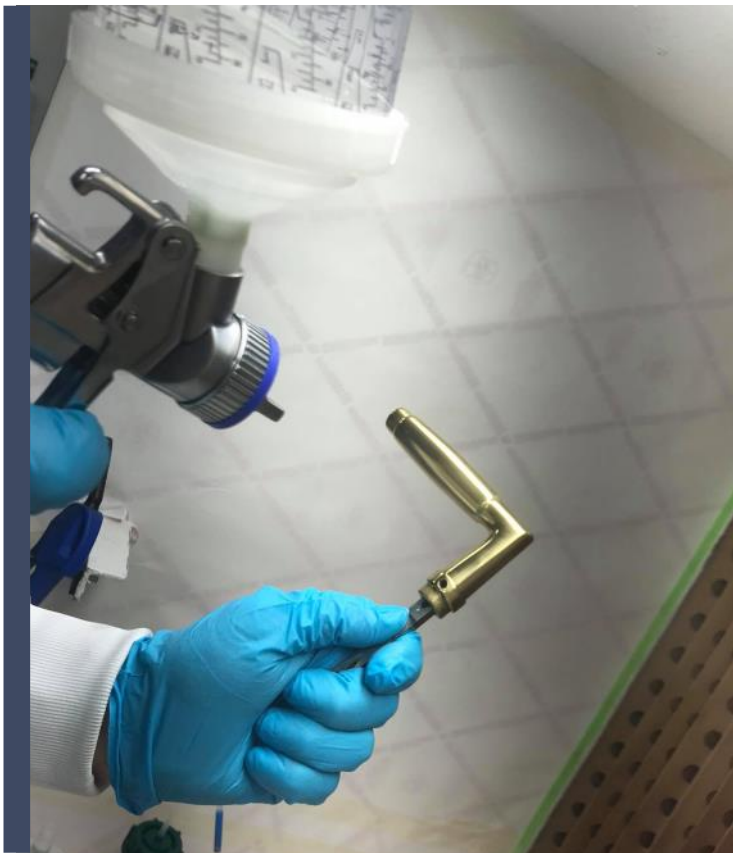
Weitere Anwendungen

Hygienische Sicherheit für Gäste in Hotels

Bereits während des ersten Corona-Lockdowns nutzten die Hotels „Schieferhof" und „Residenz" im Thüringer Wald die Zeit der Schließung, um ihre Türgriffe antimikrobiell beschichten zu lassen.

Die Maßnahme dient als schlagkräftiges Argument im Hygienekonzept und trägt der Tatsache Rechnung, dass Hygiene durch die Corona-Pandemie ein Verkaufsargument von enormer Wichtigkeit geworden ist.

Gerade im Eingangsbereich und in der Gastronomie, wo viele Menschen in kurzer Zeit mit den Türklinken in Berührung kommen, wirkt SANPURE® der Infektionsgefahr wirksam entgegen.



Luftbehandlung

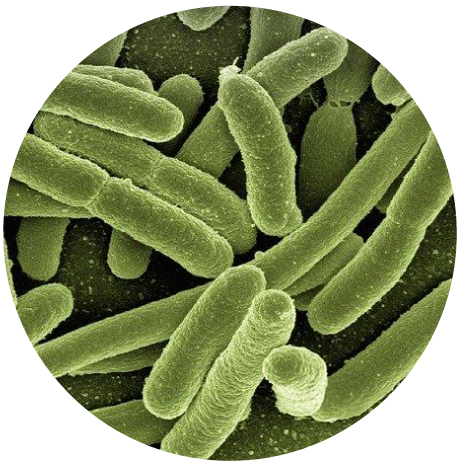
Sowohl im privaten als auch im industriellen Bereich werden Geräte zur Luftaufbereitung genutzt, um ein angenehmes und sauberes Raumklima zu schaffen, die Staubentwicklung zu reduzieren oder um bestimmte Stoffe aus der Luft herauswaschen/filtern.

Unter bestimmten Voraussetzungen (u.a. mangelhafte Reinigung und Instandsetzung der Anlagen sowie nicht ausreichende Wasserbehandlung oder Wasseraustausch) können solche Installationen jedoch Keime anreichern und diese an die Umgebung abgeben. Lebensgefährlich ist dies insbesondere für Asthmatiker*innen oder Allergiker*innen.

Durch den Einsatz von Silvertex® kann die Keimbelastung in Nassabscheidern in der Industrie oder Luftbehandlungsgeräten wie Luftwäschern, Luftbefeuchtern und Diffusoren deutlich reduziert werden.

Zusammenfassung und Fazit

Heute



Die weltweit steigende Zahl an Infektionskrankheiten und potenziellen Übertragungswegen stellt eine zunehmende Gefahr für die moderne Gesellschaft dar.

Zukunft

Zielorientierte Hygienemaßnahmen nehmen bereits heute eine wichtige Rolle ein und werden in Zukunft noch mehr an Bedeutung gewinnen.

Insbesondere Oberflächen und zeitraumbezogene Hygiene-maßnahmen rücken dabei zunehmend in den Fokus.

Problem

Durch ordnungsgemäß durchgeführte Hygienemaßnahmen, wie Desinfektion und Reinigung, können Erreger schnell abgetötet und entfernt werden.

Allerdings besteht der Schutz nur unmittelbar während der Anwendung und nicht zwischen den Intervallen.

Lösung

Antimikrobielle Oberflächen (insbesondere (nano) Silberhaltige Beschichtungen) stellen eine effektive, sichere, kostengünstige und nachhaltige Lösung dar, um Infektions-übertragungen auch zwischen den Hygieneintervallen zu unterbinden.

Bereits heute werde antimikrobielle Oberflächen erfolgreich eingesetzt und tragen in unterschiedlichen Bereichen zum Schutz vor gefährlichen Keimen bei.

Wichtig:

Herkömmliche Hygienestrategien (v.a. Reinigung und Desinfektion) werden dabei nicht ersetzt, sondern vielmehr werden diese sinnvoll ergänzt bzw. erweitert.

Weiterführende Informationen

- www.nanosilber.info
- www.nanoinitiative-bayern.de
- VDI-Statusreport Keimreduzierung im klinischen Umfeld durch Nanotechnologie
- SANPURE: https://sanpure.de/
- GBneuhaus GmbH: https://gbneuhaus.de/de/
- Silvertex: https://silvertex-aqua.de/de/startseite/
- RAS AG: https://ras-ag.com/
- Hohenstein: https://www.hohenstein.de/de/
- Fraunhofer ICT: https://www.ict.fraunhofer.de/

Mitwirkende

Entwickelt und verfasst wurde dieses White Paper von einem interdisziplinären Team aus Biolog*innen, Virolog*innen, Chemiker*innen und Betriebswirt*innen aus der Industrie und der angewandten Forschung.

Persönlich an der Erstellung des White Papers waren beteiligt:

- Andreas Bott
- Sven Böhmer
- Dr. Anja Gerhardts
- Jonas Greiner
- Dr. Justus Hermannsdörfer
- Anna Kowalski
- Michael Petry
- Helmut Schmid
- Gregor Schneider

Netzwerk NanoSilber

Im Netzwerk NanoSilber arbeiten Experten an gemeinsamen Lösungen und Produkten, die dem Menschen einen zusätzlichen Nutzen bieten und gleichzeitig eine hohe Produktsicherheit und Umweltverträglichkeit gewährleisten.

Dabei steht die unvoreingenommene Untersuchung zu Chancen und Risiken der Nanotechnologie über den gesamten Produktlebenszyklus im Fokus.

Kontakt

Dr. Justus Hermannsdörfer
Justus.hermannsdoerfer@nanoinitiative-bayern.de
0049 931 31 89377

Bildnachweis

Alle verwendeten Logos und Markenzeichen sind Eigentum ihrer eingetragenen Besitzer. Sonstige Bilder dieses White Papers sind lizenzfrei von Pixabay oder Wikipedia.

Dieses Exemplar wurde Ihnen
übergeben von:

Cluster
Nanotechnologie

Ihr Ansprechpartner:

Dr. Justus Hermannsdörfer
Project Manager

Mail: justus.hermannsdoerfer@
nanoinitiative-bayern.de

Telefon: 0049 931 31 89377

www.nanoinitiative-bayern.de