

Bundesgesundheitsbl 2022 · 65:1074–1115
<https://doi.org/10.1007/s00103-022-03576-1>
 © Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil
 von Springer Nature 2022



Bekanntmachung des Robert Koch-Instituts

Anforderungen an die Hygiene bei der Reinigung und Desinfektion von Flächen

Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) beim Robert Koch-Institut

Zusatzmaterial online

Zusätzliche Informationen sind in der Online-Version dieses Artikels (<https://doi.org/10.1007/s00103-022-03576-1>) enthalten. Informativer Anhang zur Empfehlung „Anforderungen an die Hygiene bei der Reinigung und Desinfektion von Flächen“ der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) beim Robert Koch-Institut.

Kategorien in der Richtlinie für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention

Die im nachfolgenden Dokument gegebenen Empfehlungen basieren auf den aktuellen Kategorien der Richtlinie für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention aus dem Jahr 2010 [1]. Diese werden in **Tab. 1** aufgeführt.

1 Einleitung

Im vorliegenden Dokument wird die Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) zu Anforderungen an die Hygiene bei der Reinigung und Desinfektion von Flächen aus dem Jahr 2004 aktualisiert und erweitert. Um den Umfang des Literaturverzeichnisses zu begren-

Grundsätzlich sind in diesem Dokument bei allen Berufs- bzw. Gruppenbezeichnungen immer alle Geschlechter gemeint.

zen, wurden mit wenigen Ausnahmen nur Quellen aufgenommen, die nach der KRINKO-Empfehlung von 2004 erschienen bzw. nicht in der zuvor genannten KRINKO-Empfehlung berücksichtigt worden sind. Wenn sich Aussagen auf Quellen in der Empfehlung aus dem Jahr 2004 beziehen, wird auf diese KRINKO-Empfehlung als Quelle verwiesen. Um der Komplexität der Thematik gerecht zu werden, werden im Vergleich zur Empfehlung aus dem Jahr 2004 einige Begriffe neu eingeführt (siehe Abschnitt 3.1) bzw. wird stärker als zuvor zwischen Flächenreinigung, desinfizierender Flächenreinigung und Flächendesinfektion differenziert. Zugleich wurde die Evidenzlage überprüft und zum Teil neu bewertet.

Im Vergleich zum Menschen (Patient, Mitarbeiter, Besucher) als Infektionsquelle und Überträger sowie zu ungenügend aufbereiteten Medizinprodukten (MP) als

Kontaminationsquelle ist die Bedeutung von mikrobiellen Kontaminationen bzw. Kolonisationen (Biofilme) unbelebter Flächen in Innenräumen als Quelle nosokomialer Infektionen (NI) wissenschaftlich weniger umfangreich untersucht; im Einzelfall lässt sich der Zusammenhang häufig nicht nachweisen. Das erklärt die unterschiedliche Bewertung des Stellenwerts der desinfizierenden Flächenreinigung bzw. Flächendesinfektion als Maßnahme der Basishygiene. Inzwischen hat ein Paradigmenwechsel jetzt auch in den anglo-amerikanischen Ländern [2] aufgrund der zunehmenden Aufklärung epidemiologischer Zusammenhänge zwischen dem Vorkommen von Krankheitserregern in der Umgebung des Patienten, der Tenazität und Übertragbarkeit der Erreger auf Patienten sowie der Wirksamkeit der desinfizierenden Flächenreinigung im Rahmen des Ausbruchsmangements und

Tab. 1 Kategorien in der Richtlinie für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (2010)

Kategorie IA	Diese Empfehlung basiert auf gut konzipierten systematischen Reviews oder einzelnen hochwertigen randomisierten kontrollierten Studien.
Kategorie IB	Diese Empfehlung basiert auf klinischen oder hochwertigen epidemiologischen Studien <i>und</i> strengen, plausiblen und nachvollziehbaren theoretischen Ableitungen.
Kategorie II	Diese Empfehlung basiert auf hinweisenden Studien/Untersuchungen <i>und</i> strengen, plausiblen und nachvollziehbaren theoretischen Ableitungen.
Kategorie III	Maßnahmen, über deren Wirksamkeit nur unzureichende oder widersprüchliche Hinweise vorliegen, deshalb ist eine Empfehlung nicht möglich.
Kategorie IV	Anforderungen, Maßnahmen und Verfahrensweisen, die durch allgemein geltende Rechtsvorschriften zu beachten sind.

Inhaltsverzeichnis

Kategorien in der Richtlinie für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention

- 1 Einleitung
 - 1.1 Zielsetzung
 - 1.2 Geltungsbereich
 - 1.3 Bezug zu anderen KRINKO-Empfehlungen, zum Medizinprodukterecht, zum Biozidprodukterecht und zur Listung von Desinfektionsmitteln
 - 2 Risikobewertung von Flächen und Präventionspotential der Flächenreinigung, desinfizierenden Flächenreinigung und Flächendesinfektion
 - 2.1 Risikounterscheidung von patientennahen und patientenfernen Flächen
 - 2.2 Vorkommen und Persistenz nosokomialer Erreger in der Patientenumgebung und Verminderung der Erregerlast durch Desinfektionsmaßnahmen
 - 2.3 Infektionsepidemiologische Untersuchungen
 - 2.4 Schlussfolgerungen
 - 3 Flächenreinigung, desinfizierende Flächenreinigung und Flächendesinfektion
 - 3.1 Definitionen
 - 3.2 Wirksamkeit von Flächenreinigung und desinfizierender Flächenreinigung
 - 4 Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen in unterschiedlichen Risikobereichen
 - 4.1 Zuordnung von Räumen zu Risikobereichen
 - 4.2 Hinweise zu Risiken bei der Anwendung von Flächendesinfektionsmitteln
 - 5 Anforderungen an Flächenreinigungs- und -desinfektionsverfahren und Auswahlkriterien
 - 5.1 Wirksamkeit und Wirkspektrum
 - 5.2 Einwirkzeit
 - 5.3 Verhinderung der Erregerverbreitung
 - 5.4 Vermeidung von Selektion und Resistenzentwicklung
 - 5.5 Risiken für Mensch und Umwelt
 - 5.6 Entsorgung
 - 5.7 Personalschutz
 - 5.8 Brandschutz
 - 5.9 Schlussfolgerungen
 - 6 Verfahren zur Flächenreinigung, desinfizierenden Flächenreinigung und Flächendesinfektion
 - 6.1 Verfahren unter Anwendung chemischer Desinfektionsmittel
 - 6.2 Berührungslose apparative Verfahren
 - 6.3 Probiotische Reinigungsverfahren**
 - 7 Bauliche Anforderungen und apparative Voraussetzungen
 - 7.1 Räume und Ausstattung
 - 7.2 Anforderungen an Flächen in medizinischen Einrichtungen in Bezug auf Reinigung und Desinfektion
 - 7.3 Apparative Voraussetzungen
 - 7.4 Materialverträglichkeit gegenüber Reinigungs- und Desinfektionsverfahren
 - 7.5 Antiadhäsive und antimikrobiell wirksame Oberflächen
 - 8 Qualitätssicherung
 - 8.1 Anforderungen an das Personal, personelle und materielle Ressourcen
 - 8.2 Hygieneplan
 - 8.3 Durchführung des Monitorings
 - 9 Empfehlungen
- Abkürzungen
Literatur

der Schlussdesinfektion stattgefunden. Es besteht international Einigkeit über die Notwendigkeit der indikationsgerechten desinfizierenden Flächenreinigung [3–8]. Das findet auch darin seinen Ausdruck, dass sowohl in Reviews als auch in Richtlinien zur Prävention der Übertragung von z. B. *Clostridioides (C.) difficile*, Methicillin-resistenten *Staphylococcus (S.) aureus*-Stämmen (MRSA) und Noroviren die kontrolliert durchgeführte desinfizierende Flächenreinigung als Bestandteil der Präventionsstrategie empfohlen wird

[2, 9–20], was noch ausgeprägter in Ausbruchssituationen zutrifft [21, 22] (siehe auch Abschnitt 2.3).

1.1 Zielsetzung

Durch die desinfizierende Flächenreinigung bzw. Flächendesinfektion sollen als Maßnahme der Basishygiene zur Prävention von NI Flächen als Reservoir für Krankheitserreger ausgeschaltet und die Weiterverbreitung von Krankheitserregern während der Pflege und Behand-

lung von Patienten über kontaminierte Oberflächen eingeschränkt bzw. verhindert werden [11, 23–32]. Mit der desinfizierenden Flächenreinigung können zugleich Verunreinigungen (z. B. Blut, Sekrete, Exkrete) entfernt werden [33]; damit wird zusätzlich ein Beitrag zur optischen Sauberkeit geleistet. Sofern Flächen in Ausbruchsgeschehen involviert sind, ist die gezielte Flächendesinfektion, häufig als Bestandteil eines Maßnahmenbündels (Bündelstrategie), essenziell für die rasche Beendigung des Ausbruchs. Bei aseptischen Tätigkeiten wird durch die Flächendesinfektion das erforderliche erregerarme Umfeld gewährleistet [34]. Die desinfizierende Flächenreinigung bzw. Flächendesinfektion tragen auch zum Gesundheitsschutz der Mitarbeiter bei, insbesondere im Fall der gezielten Flächendesinfektion nach potenzieller Kontamination mit auch für immunkompetente Mitarbeiter infektionsrelevanten Krankheitserregern.

Krankheitserreger können von kontaminierten Flächen auf folgenden Wegen weiterverbreitet werden (siehe auch **Abb. 1**):

- über die Hände (über Haut oder Handschuhe) des Personals, anderer Patienten und Dritter (z. B. Besucher) direkt zum Patienten bei Nichteinhaltung der Händehygiene [35],
- ausgehend von kontaminierten Flächen auf weitere Flächen und von dort Weiterverbreitung über die Hand [36],
- durch Kontakt des Patienten mit der kontaminierten Fläche (Hände, barfuß beim Verlassen des Betts, Hautkontakt z. B. bei Diagnostik),
- über sekundär kontaminierte MP und andere Materialien, z. B. nach Zwischenablage auf einer kontaminierten Fläche,
- erregerabhängig auch aerogen durch Aufwirbelung von Staub und Verschmutzungen von kontaminierten Flächen mit nachfolgender Sedimentation auf weitere Flächen.

Wenn auch bei der exogenen Übertragung von NI, deren Anteil in Europa 5–20% ausmacht [37], die Hand im Vordergrund steht, kann auch die Fläche eine relevante Kontaminationsquelle sein [38, 39]. Inso-

es sich um Arbeitsräume, darf die Tätigkeit bereits aufgenommen werden, wenn der AGW von 0,5 ppm unterschritten wurde. Das ist zuverlässig nur durch begleitende Messtechnik zu gewährleisten, da die Lüftungsdauer bis zum Zerfall von H_2O_2 von der Raumsituation abhängig ist. Eine automatische Freigabe des Raumes durch das Gerät ist nötig, um die Sicherheit von Patienten und Personal zu gewährleisten. Sollte es während des Desinfektionsprozesses zu Komplikationen (z. B. bei Nichtabschaltung der RLTA) kommen, muss der Prozess automatisch durch das H_2O_2 -Desinfektionsgerät abgebrochen und das Bedienpersonal benachrichtigt werden. Weiterhin sind bei Verfahren mit einer Verneblungslösung mit Gehalt > 8–35 % H_2O_2 zusätzliche Anforderungen aufgrund des Gefahrenpotentials zu beachten [271].

- Zur Gewährleistung des Schutzes der Mitarbeiter und Patienten ist auf die Abtrennung des Raums, in dem das H_2O_2 vernebelt wird, von der Umgebung zu achten. Dabei sind alle offenen Verbindungen zu anderen Bereichen abzukleben, z. B. Türspalte, Ventilationsschächte, Heizungsrohre und Steckdosen. Die Eignung des dafür benötigten Materials sollte vom Hersteller nachgewiesen sein.
- Zum Nachweis des erfolgreichen Verlaufs des Desinfektionsprozesses sollte ein Abschlussbericht mit Daten über den Raum, die verbrauchte Menge an H_2O_2 und die Freimessung des Raums vom Gerät erstellt werden.
- Um eine sichere Desinfektion zu gewährleisten, sollte ein System zur jährlichen Kalibrierung und Qualitätssicherung der Verneblungseinheit zur Verfügung stehen. Zusätzlich sollte vom Hersteller die Einweisung bei der Einführung des Gerätes erfolgen.
- Von Bedeutung ist ebenfalls, dass Materialschäden möglich sind, und für MP, die im Raum verbleiben, gibt es in der Regel keine Herstellerfreigabe für dieses Desinfektionsverfahren. Somit obliegt es dem Betreiber der MP, die Funktionsfähigkeit zur Erfüllung der Zweckbestimmung und die Anwendungssicherheit des abweichend

von den Herstellerangaben aufbereiteten Medizinproduktes vollumfänglich zu gewährleisten.

Aufgrund der hohen Giftigkeit von Ozon, der Genotoxizität und des Verdachts der Karzinogenität [161] hat die Anwendung von Ozon in Gesundheitseinrichtungen keine Bedeutung zur Flächendesinfektion erlangt. Aktuelle weitergehende Evaluationen von Ozon für die Anwendung zur Desinfektion innerhalb des Gesundheitswesens bleiben abzuwarten [272–279].

Die Arbeitsgruppe „Chemische Risiken“ der Sektion Gesundheitswesen der IVSS hat unter Mitwirkung der Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege die Gefährdungen und Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit Desinfektionsmitteln im Gesundheitswesen analysiert. 2014 hat sie in ihrem Factsheet 8 darauf hingewiesen, dass Begasungsverfahren ein hohes Gefährdungspotenzial für die Akteure und die Umgebung besitzen und daher hohe Anforderungen an die Kompetenz der durchführenden Personen und an den Ablauf der einzelnen Schritte der Raumdesinfektion, d. h. die Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung, bestehen [184, 185].

6.2.2 Physikalische Verfahren

Dampf: Eine ressourcenintensive und zugleich unzuverlässige Methode ist die Anwendung von Dampf (z. B. Dampfreiniger) zur Reduktion der Erregerbelastung. Dabei sind folgende Probleme bisher ungelöst: fehlende Validierung der Wirksamkeit und Reinigungswirkung sowie Risiko der Erregerverschleppung. Unter speziellen Bedingungen war eine Reduktion der Erregerbelastung mit Dampf auf Oberflächen erreichbar [280], ohne dabei zu reinigen. Mit einem transportablen System wurden Coliforme nur um $< 1 \log_{10}$ reduziert [281]. Dagegen erwies sich in einer Anwendungsstudie auf einer ITS die Dampfdesinfektion gegenüber einem zweistufigen Verfahren mit Reinigung und anschließender Anwendung von 1000 bzw. 5000 ppm Hypochlorit gegen MRSA, VRE, Carbapenem resistente *P. aeruginosa* und multiresistente *A. baumannii* als gleichwertig [282].

UV- und HINS-Strahlung: UV- und high-intensity narrow-spectrum (HINS)-Strahlung (405 Nanometer (nm) HINS-Strahlung) kann je nach Strahlendosis bakterizid, sporizid und viruzid wirksam sein [283–285]. Aufgrund möglicher Schattenbildung werden Erreger auf stark strukturierten Oberflächen (z. B. Poren, Vertiefungen, Kavernen, Innenlumina) und Flächen mit flachem Strahlungswinkel nicht sicher abgetötet. Damit beschränkt sich die Anwendung von UV- und HINS-Strahlung im Wesentlichen auf glatte Oberflächen. Die Geräte müssen entsprechend der Herstellerangaben bedient und gewartet werden (insbesondere muss die Brenndauer wegen möglicher Energieverluste eingehalten werden). In jedem Fall ist der Schutz der Anwender hinsichtlich Strahlenexposition und möglicher Belastung mit Ozon zu gewährleisten. Außerdem ist die Materialverträglichkeit gegenüber dem Verfahren zu bewerten.

Die antimikrobielle Bestrahlung von Oberflächen durch UV- bzw. HINS-Strahlung durch mobile Bestrahlungsgereäte (Roboter) wird in den letzten Jahren zunehmend im Rahmen der Schlussdesinfektion nach Belegung mit Patienten mit *C. difficile* oder MRE eingesetzt [256, 286–297]. Die Mehrheit der Studien weist auf die Wirksamkeit der Verfahren zur Verhütung von nosokomialen Infektionen durch *C. difficile* und MRE hin. Eine abschließende Einschätzung der Wirksamkeit dieser Technologie zur Prävention von definierten nosokomialen Infektionen ist gegenwärtig noch nicht möglich [15, 295], da die Studien keine Aussagen über die Über- oder Unterlegenheit der bisher praktizierten Wischdesinfektion zulassen.

6.3 Probiotische Reinigungsverfahren

In Studien zum Mikrobiom konnte gezeigt werden, dass eine verminderte Diversität von Mikroorganismen zu einem erhöhten Infektionsrisiko führen kann. Deshalb wurde die Hypothese aufgestellt, dass nicht nur die Anwesenheit pathogener Erreger, sondern auch die Abwesenheit einer diversen Zusammensetzung

von nicht pathogenen Umgebungsbakterien in der Krankenhausumwelt eine Rolle bei der Entstehung von NI spielen kann [298–300]. Darauf aufbauend wurden Untersuchungen zum Einfluss probiotischer Mikroorganismen auf das Krankenhausmikrobiom und dessen Auswirkung auf NI untersucht.

In probiotischen Reinigungsmitteln kommen unterschiedliche Bakterienspezies zum Einsatz (z. B. *Bacillus* spp., *Lactobacillus* spp., *Streptococcus* spp.). Durch Kolonisation mit probiotischen Bakterien kann die Vermehrung von Krankheitserregern verhindert werden, indem die Probiotika den Wettbewerb um Nährstoffe und Raum verschärfen und Sekundärmetaboliten absondern, die einen Überlebensvorteil verschaffen [301]. Gemäß dem Prinzip der kompetitiven Exklusion, auch bekannt als Gause's Prinzip, Gause's Gesetz, Gause's Hypothese, Volterra–Gause Prinzip, Grinnell's Axiom, Volterra–Lotka Gesetz [302], können in einem homogenen Lebensraum um dieselbe begrenzende Ressource konkurrierende Arten nicht koexistieren. Werden durch Desinfektion Mikroorganismen von einer Oberfläche entfernt, wird die Diversität gestört, so dass ein Krankheitserreger aufgrund der geringeren Konkurrenz gedeihen und den Raum besiedeln kann [303].

Experimentell konnte gezeigt werden, dass durch probiotische Reinigungsverfahren die Oberflächenbelastung mit Pathogenen im Vergleich zu konventioneller Wischdesinfektion um bis zu 90 % mehr reduziert wurde [304, 305], ohne dass es zur Selektion von MRE kam [306, 307]. In einer multizentrischen Studie wurde durch das probiotische Verfahren im Vergleich zur chemischen Desinfektion die kumulative Inzidenz für NI von 4,8 auf 2,3 % ($p < 0,0001$) reduziert. Darüber hinaus verringerten sich die antimikrobiellen Resistenzgene um bis zu 99 % und der mit dem Auftreten von NI assoziierte Verbrauch von Antibiotika zeigte einen Rückgang um 60,3 % mit einem Rückgang der damit verbundenen Kosten um 75,4 % [306, 308]. Allerdings stellt das Vorher-Nachher-Design ein mögliches Bias dar. Das Ergebnis wurde in einer nachfolgenden Studie nahezu identisch bestätigt mit Herabsetzung der kumulativen Inzidenz für NI von 4,6 auf 2,6 %, für schwere NI

von 1,57 auf 1 % und Rückgang von MRE von 1,13 auf 0,53 % [309]. Auch beim Vergleich der Reinigung mit Seife, Desinfektion und probiotischem Verfahren wurde durch Seife und probiotischem Erreger im Gegensatz zur Desinfektion das Oberflächenmikrobiom mit Verdrängung von *Escherichia (E.) coli* und *S. aureus* stabilisiert [310]. Bisher gibt es keinen Anhalt, dass durch die probiotischen Bakterien Patienten gefährdet werden [311]. Da sich Viren nicht außerhalb der Wirtszelle vermehren können, ist nicht davon auszugehen, dass sie bei der Kontamination von Oberflächen mit probiotischen Bakterien durch das Mikrobiom verdrängt werden. Bei Indikation zur Virusdesinfektion ist demzufolge die chemische Desinfektion unverzichtbar. Insgesamt ist der Einsatz von Probiotika auf Flächen in medizinischen Einrichtungen ein interessanter Ansatz, weil anstelle nosokomialer Pathogene probiotische Bakterien ein langfristig stabiles Mikrobiom bilden [312, 313], während der Erfolg der Desinfektion nur kurzzeitig anhält [314], wirkstoffabhängig eine Resistenzentwicklung mit Kreuzresistenz gegen Antibiotika sowie eine Gefährdung von Mensch und Umwelt möglich ist. Voraussetzung für eine sichere Anwendung ist die Gewährleistung der mikrobiologischen Produktqualität, weil Fremdkontaminationen nachgewiesen wurden [315]. Die Effektivität probiotischer Reinigungsverfahren muss allerdings noch gründlicher untersucht werden, ehe allgemeine Empfehlungen für ihren Einsatz im Krankenhaus abgeleitet werden können [316].

7 Bauliche Anforderungen und apparative Voraussetzungen

7.1 Räume und Ausstattung

Um eine gleichbleibend hohe Qualität der Flächendesinfektion und desinfizierenden Flächenreinigung zu gewährleisten, sind entsprechende Räumlichkeiten vorzuhalten. Die im Folgenden getroffenen Feststellungen beziehen sich auf ein stationäres Setting und sind im ambulanten Bereich risiko- und einrichtungsbezogen zu berücksichtigen. Zur Lagerung, z. B. der Hilfsmittel und Reinigungswagen, müssen Räume vorhanden sein (sog. Putzmittelräume). Wenn Putzmittelräu-

me fensterlos sind, muss die Abluft abgeführt werden.

Je nach Gebäudekonfiguration können Räume zentral oder dezentral angeordnet werden. Bei zentraler Anordnung ist sicherzustellen, dass das Personal auch außerhalb der Hauptbetriebszeiten auf Hilfsmittel zur Desinfektion zurückgreifen kann. Alternativ können beispielsweise mit Desinfektionslösung getränkte gebrauchsfertige Einweg-Wischtextilien vorgehalten werden. Zur weiteren Orientierung hinsichtlich der zentralen Anforderungen an die Räumlichkeiten, z. B. Stromanschlüsse, Abläufe, Umkleidemöglichkeiten, kann die DIN 13063 [148] zugrunde gelegt werden.

Zum Auf- und Abrüsten der Reinigungswagen sollte ein ausreichend großer Raum zur Gewährleistung der Trennung in unreinen/reinen Bereich mit Be- und Entlüftung zentral oder dezentral zur Verfügung stehen.

Zur Aufbereitung gebrauchter Hilfsmittel müssen ausreichend groß bemessene, belüftbare Räume mit apparativer Ausstattung zur Aufbereitung einschließlich separater Trocknungsmöglichkeit (falls das nicht schon im Aufbereitungsprozess erfolgt) vorhanden sein. Der Aufbereitungsprozess muss so organisiert werden, dass unreine und reine Bereiche voneinander getrennt sind, z. B. optimal mittels Durchlademaschinen. Die aufbereiteten Hilfsmittel sind geschützt vor Kontamination (Trennung unreiner/reiner Bereich) aufzubewahren. In einer Analyse in 44 Plankrankenhäusern war die Trennung in 42 % nicht gewährleistet. Minderbelüftung wurde in 12 % konstatiert [317].

7.2 Anforderungen an Flächen in medizinischen Einrichtungen in Bezug auf Reinigung und Desinfektion

Bereits in der Planungsphase sind Funktionalität, Sicherheit und Hygiene in gleichem Maß zu berücksichtigen, d. h. die Durchführung von Reinigung und Desinfektion soll effizient und anwenderfreundlich möglich sein. Auf schlecht zugängliche Nischen soll baulich verzichtet werden.

Fußböden und weitere hygienisch relevante Oberflächen sollen leicht zu reinigi-

- tamination of hospital surfaces in an occupied inpatient room with a continuous 405 nm light source. *J Hosp Infect* 98(1):67–73
295. Health Quality Ontario (2018) Portable Ultraviolet Light Surface-Disinfecting Devices for Prevention of Hospital-Acquired Infections: A Health Technology Assessment. *Ont Health Technol Assess Ser* 18(1):1–73
296. Boyce JM, Havill NL, Moore BA (2011) Terminal decontamination of patient rooms using an automated mobile UV light unit. *Infect Control Hosp Epidemiol* 32(8):737–742
297. Weber DJ, Kanamori H, Rutala WA (2016) 'No touch' technologies for environmental decontamination: focus on ultraviolet devices and hydrogen peroxide systems. *Curr Opin Infect Dis* 29(4):424–431
298. Arnold C (2014) Rethinking sterile: the hospital microbiome. *Environ Health Perspect* 122(7):A182–A187
299. Christoff AP, Sereia AF, Hernandez C, de Oliveira LF (2019) Uncovering the hidden microbiota in hospital and built environments: New approaches and solutions. *Exp Biol Med* (Maywood) 244(6):534–542
300. Slevogt H (2022) Das Krankenhausmikrobiom. In: Kramer A, Assadian O, Exner M, Hübner NO, Scheithauer S, Simon A (Hrsg) *Krankenhaus- und Praxishygiene. Hygienemanagement und Infektionsprävention in medizinischen und sozialen Einrichtungen*, 4. Aufl. Urban & Fischer (Elsevier), München, S 8–10
301. Abt MC, Pamer EG (2014) Commensal bacteria mediated defenses against pathogens. *Curr Opin Immunol* 29:16–22
302. Gause GF (2019) *The Struggle for Existence: A Classic of Mathematical Biology and Ecology*. Dover Publications Inc, New York
303. Hibbing ME, Fuqua C, Parsek MR, Peterson SB (2010) Bacterial competition: surviving and thriving in the microbial jungle. *Nat Rev Microbiol* 8(1):15–25
304. La Fauci V, Costa G, Anastasi F, Facciola A, Go C, Squeri R (2015) An innovative approach to hospital sanitization using probiotics: in vitro and field trials. *J Microb Biochem Technol* 7:3
305. Vandini A, Temmerman R, Frabetti A et al (2014) Hard surface biocontrol in hospitals using microbial-based cleaning products. *Plos One* 9(9):e108598
306. Caselli E, Arnoldo L, Rognoni C et al (2019) Impact of a probiotic-based hospital sanitation on antimicrobial resistance and HAL-associated antimicrobial consumption and costs: a multicenter study. *Infect Drug Resist* 12:501–510
307. Caselli E, D'Accolti M, Vandini A et al (2016) Impact of a Probiotic-Based Cleaning Intervention on the Microbiota Ecosystem of the Hospital Surfaces: Focus on the Resistome Remodulation. *PLoS ONE* 11(2):e148857
308. Caselli E, Brusafiero S, Coccagna M et al (2018) Reducing healthcare-associated infections incidence by a probiotic-based sanitation system: A multicentre, prospective, intervention study. *PLoS ONE* 13(7):e199616
309. Tarricone R, Rognoni C, Arnoldo L, Mazzacane S, Caselli E (2020) A Probiotic-Based Sanitation System for the Reduction of Healthcare Associated Infections and Antimicrobial Resistances: A Budget Impact Analysis. *Pathogens* 9(6):502
310. Stone W, Tolmay J, Tucker K, Wolfardt GM (2020) Disinfectant, Soap or Probiotic Cleaning? Surface Microbiome Diversity and Biofilm Competitive Exclusion. *Microorganisms* 8(11):1726
311. Caselli E, Antonioli P, Mazzacane S (2016) Safety of probiotics used for hospital environmental sanitation. *J Hosp Infect* 94(2):193–194
312. D'Accolti M, Soffritti I, Bini F, Mazziga E, Mazzacane S, Caselli E (2022) Pathogen Control in the Built Environment: A Probiotic-Based System as a Remedy for the Spread of Antibiotic Resistance. *Microorganisms* 10(2). <https://doi.org/10.3390/microorganisms10020225>
313. Klässert TE, Zubiria-Barrera C, Neubert R et al (2022) Comparative analysis of surface sanitization protocols on the bacterial community structures in the hospital environment. *Clin Microbiol Infect.* <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2022.02.032>
314. D'Accolti M, Soffritti I, Mazzacane S, Caselli E (2019) Fighting AMR in the Healthcare Environment: Microbiome-Based Sanitation Approaches and Monitoring Tools. *Int J Mol Sci* 20(7). <https://doi.org/10.3390/ijms20071535>
315. Boursillon DKJ, Eggers M, Eilts B (2020) Reiniger mit Zusatz von Mikroorganismen (MARP). *Hyg Med* 45(7/8):98–101
316. Moghaddam Arjmand M (2019) The Potential Effectiveness of Probiotic-Based Sanitation Procedures in Nosocomial Infection Control: A Review Article. *Avicenna J Environ Health Eng* 6(2):119–123
317. Warburg D, Gleich S (2020) Hausinterne Aufbereitung von Reinigungstextilien – Kritische Betrachtung im Rahmen eines Schwerpunktprojektes zum Thema Reinigung in Münchner Kliniken. *Hyg Med* 45(9):D107–117
318. DIN EN 1672-2:2021-05 Nahrungsmittelmaschinen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Teil 2: Anforderungen an Hygiene und Reinigbarkeit; Deutsche Fassung EN 1672-2:2020. Beuth, Berlin
319. Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Robert Koch-Institut (RKI), Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) (2004) Anforderungen an Gestaltung, Eigenschaften und Betrieb von dezentralen Desinfektionsmittel-Dosiergeräten. *Bundesgesundheitsbl* 47(1):67–72
320. Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) (1995) Anforderungen der Hygiene an die Wäsche aus Einrichtungen des Gesundheitsdienstes, die Wäscherei und den Waschvorgang und Bedingungen für die Vergabe von Wäsche an gewerbliche Wäschereien. *Bundesgesundheitsbl* 38(7):280–283
321. Vossebein L (2022) Aufbereitung von Krankenhauswäsche. In: Kramer A, Assadian O, Exner M, Huebner NO, Simon A, Scheithauer S (Hrsg) *Krankenhaus- und Praxishygiene. Hygienemanagement und Infektionsprävention in medizinischen und sozialen Einrichtungen*, 4. Aufl. Urban & Fischer (Elsevier), München, S 516–519
322. Gütegemeinschaft Sachgemäße Wäschepflege e. V. (2018) *Qualifizierung und Beurteilung von desinfizierenden Waschverfahren zum Erwerb und der Erlaubnis zur Führung der Gütezeichen für sachgemäße Wäschepflege (RAL-GZ, Leitfaden)*. Hohenstein Laboratories GmbH & Co. KG, Bönnigheim
323. DIN EN 14065:2016-08 Textilien – In Wäschereien aufbereitete Textilien – Kontrollsystem Biokontamination; Deutsche Fassung EN 14065:2016. Beuth, Berlin
324. Kramer A, Jäkel C, Zacharowski K, Kramer S, Heidecke CD (2018) Steigende Anforderungen bei der Auswahl von Krankenhausprodukten und deren Einsatz unter hygienischen Gesichtspunkten. Qualität, Patientensicherheit und Wirtschaftlichkeit. In: Schmid R, Schmidt A (Hrsg) *Modernes Beschaffungsmanagement im Gesundheitswesen*. medhochzwei, Heidelberg, S 117–133
325. Medizinprodukte-Betreiberverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. August 2002 (BGBl. I S. 3396), die zuletzt durch Artikel 7 der Verordnung vom 21. April 2021 (BGBl. I S. 833) geändert worden ist.
326. Buhl S, Käs S, Brückner R, Bulitta C (2018) Untersuchung der Wirksamkeit antimikrobieller Oberflächen in der Infektionsprävention. *Hyg Med* 43(10):D83–D92
327. ISO 22196:2011-08 Messung von antibakterieller Aktivität auf Kunststoff- und anderen porenfreien Oberflächen. Beuth, Berlin
328. Elguindi J, Moffitt S, Hasman H, Andrade C, Raghavan S, Rensing C (2011) Metallic copper corrosion rates, moisture content, and growth medium influence survival of copper ion-resistant bacteria. *Appl Microbiol Biotechnol* 89(6):1963–1970
329. Daeschlein G, Assadian O, Arnold A, Haase H, Kramer A, Junger M (2010) Bacterial burden of worn therapeutic silver textiles for neurodermitis patients and evaluation of efficacy of washing. *Skin Pharmacol Physiol* 23(2):86–90
330. Bäumler W, Eckl D, Holzmann T, Schneider-Brachert W (2022) Antimicrobial coatings for environmental surfaces in hospitals: a potential new pillar for prevention strategies in hygiene. *Crit Rev Microbiol* 48(5):531–564
331. Muller MP, MacDougall C, Lim M (2016) Antimicrobial surfaces to prevent healthcare-associated infections: a systematic review. *J Hosp Infect* 92(1):7–13
332. Chyderiotis S, Legeay C, Verjat-Trannoy D, Le Gallou F, Astagneau P, Lepelletier D (2018) New insights on antimicrobial efficacy of copper surfaces in the healthcare environment: a systematic review. *Clin Microbiol Infect* 24(11):1130–1138
333. Albarqouni L, Bymbasuren O, Clark J, Scott AM, Looke D, Gasziou P (2020) Does copper treatment of commonly touched surfaces reduce healthcare-acquired infections? A systematic review and meta-analysis. *J Hosp Infect* 106(4):765–773
334. Dance DAB, Pearson AD, Seal DV, Lowes JA (1987) A hospital outbreak caused by a chlorhexidine and antibiotic-resistant *Proteus mirabilis*. *J Hosp Infect* 10(1):10–16
335. Braoudaki M, Hilton AC (2004) Low level of cross-resistance between triclosan and antibiotics in *Escherichia coli* K-12 and *E. coli* O55 compared to *E. coli* O157. *FEMS Microbiol Lett* 235(2):305–309
336. Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR) (2009) Assessment of the Antibiotic Resistance Effects of Biocides. http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihr/docs/scenihr_0_021.pdf. Zugriffen: 7. Juli 2022
337. Abuzaid A, Hamouda A, Amyes SGB (2012) *Klebsiella pneumoniae* susceptibility to biocides and its association with cepA, qac Delta E and qacE efflux pump genes and antibiotic resistance. *J Hosp Infect* 81(2):87–91
338. Wand ME, Bock LJ, Bonney LC, Sutton JM (2017) Mechanisms of Increased Resistance to Chlorhexidine and Cross-Resistance to Colistin following Exposure of *Klebsiella pneumoniae* Clinical