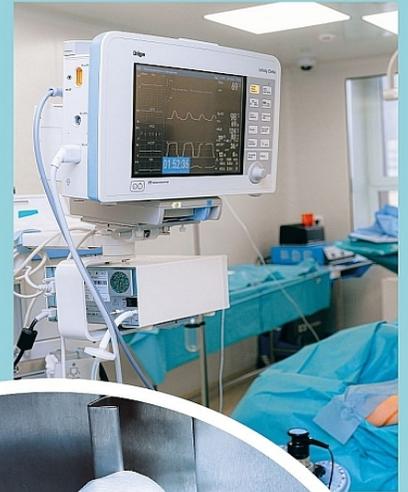


Günter Kampf (Hrsg.)



Kompendium **FLÄCHENHYGIENE**





Günter Kampf (Hrsg.)

Kompendium Flächenhygiene

78 Tabellen

16 Abbildungen



Herausgeber

Prof. Dr. Günter Kampf
Institut für Hygiene und Umweltmedizin
Universitätsmedizin Greifswald
Ferdinand-Sauerbruch-Straße
17475 Greifswald
Email: guenter.kampf@uni-greifswald.de
Homepage: www.guenter-kampf-hygiene.de

Publikationen: www.researchgate.net/profile/Guenter-Kampf

Prof. Dr. Günter Kampf ist selbstständiger Facharzt für Hygiene und Umweltmedizin in Hamburg und außerplanmäßiger Professor für Hygiene und Umweltmedizin an der Universität Greifswald. Er ist ein international bekannter Wissenschaftler für Flächen- und Händehygiene sowie für verschiedene Aspekte der Desinfektion einschließlich der Toleranz- sowie Resistenzentwicklung biozider Wirkstoffe.

© 2021 Günter Kampf

Umschlag: Wolfgang Strecker und Andreas Beling

Bildquellen (Umschlag): Vidal Balielo Jr. von Pexels, Anna Shvets von Pexels, Andreas Beling

Verlag & Druck: tredition GmbH, Halenreihe 40-44, 22359 Hamburg

ISBN

Paperback 978-3-347-28932-1

Hardcover 978-3-347-28933-8

e-Book 978-3-347-28934-5

Das Werk, einschließlich seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlages und des Autors unzulässig. Dies gilt insbesondere für die elektronische oder sonstige Vervielfältigung, Übersetzung, Verbreitung und öffentliche Zugänglichmachung.

Vorwort

Die Bedeutung der Flächenhygiene zur Prävention nosokomialer Infektionen wird seit Jahrzehnten in der Fachwelt kontrovers diskutiert und hat phasenweise zu einer Polarisierung der Standpunkte geführt. Einerseits ist der Stellenwert der Flächendesinfektion im Umfeld von Patienten mit einer besonders hohen Gefährdung für nosokomiale Infektionen weitestgehend anerkannt. Andererseits werden durch einige der Wirkstoffe Toleranzen ausgelöst, so dass in der Folge bei regelmäßiger Exposition bestimmter Spezies zunehmend häufig unempfindliche Isolate auftreten können. In seltenen Fällen können Wirkstoffe sogar zu neuen Antibiotikaresistenzen führen. Deshalb wird im ersten Teil des Buchs beschrieben, welche epidemiologische Bedeutung die verschiedenen Flächen als Quelle für eine Übertragung haben, welchen gesundheitlichen Nutzen die Flächenhygiene im Sinne einer Reduktion von Infektionen hat, welche Rolle dem Biofilm auf Flächen zukommt, was für einen sicheren Umgang mit Flächendesinfektionsmitteln zu beachten ist, wie die Qualitätssicherung erfolgen sollte und wie die Flächenreinigung und Flächendesinfektion praktisch durchgeführt werden sollten. Im zweiten Teil des Buchs werden zunächst verschiedene Prüfmethode zur Bestimmung der Wirksamkeit beschrieben. Anschließend werden typische Wirkstoffe charakterisiert und ihre Wirksamkeit, ihr Potenzial zur Toleranz- und Resistenzentwicklung sowie ihre Wirkung auf Biofilm betrachtet. Dazu zählen auch Kupfer sowie photodynamische Verfahren. Schließlich werden Vorschläge gemacht, wie dem zunehmenden Resistenzdruck bei der Flächendesinfektion begegnet werden kann.

Das Ziel des Buchs ist, alle vorhandenen und öffentlich zugänglichen wissenschaftlichen Daten systematisch zusammenzustellen und zu bewerten. Somit kann es Orientierung für die Entscheidungsfindung bei

konkreten Fragestellungen der Flächenhygiene bieten. Der ein oder andere Aspekt wird sicher zur Fachdiskussion führen und möglicherweise Ideengeber für neue Studien sein. Einige Erkenntnisse sind bewusst in Tabellenform dargestellt, um die Übersicht der jeweiligen Erkenntnisse zu erhalten.

Die Autoren hoffen, dass dieses Buch gern und oft genutzt wird, um praktische Fragen der Flächenhygiene zu klären. Wenn es dadurch einen Beitrag zur Verbesserung der Patientensicherheit leistet, wäre das Ziel des Buches auf jeden Fall erreicht.

Greifswald, Mai 2021

Günter Kampf

Herausgeber

Autorenverzeichnis

Dr. Florian H. H. Brill, Dr. Brill + Partner, Institut für Hygiene und Mikrobiologie, Stiegstück 34, 22339 Hamburg

Priv.-Doz. Dr. Fabian Cieplik, Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie, Universitätsklinikum Regensburg, Franz-Josef-Strauß-Allee 11, 93053 Regensburg

Priv.-Doz. Dr. Maren Eggers, Labor Enders, Prof. Dr. Med. Gisela Enders & Kollegen MVZ GbR, Rosenbergstr. 85, 70193 Stuttgart

Prof. Dr. Udo Eickmann, Abteilung Arbeitsmedizin, Gefahrstoffe und Gesundheitswissenschaften, Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege, Bonner Str. 337, 50968 Köln

Dr. Jürgen Gebel, Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit, Universitätsklinikum Bonn AöR, Venusberg Campus 1, Gebäude 63, 53127 Bonn

Prof. Dr. Günter Kampf, Institut für Hygiene und Umweltmedizin, Universitätsmedizin Greifswald, Ferdinand-Sauerbruch-Straße, 17475 Greifswald

Prof. Dr. Axel Kramer, Institut für Hygiene und Umweltmedizin, Universitätsmedizin Greifswald, Ferdinand-Sauerbruch-Straße, 17475 Greifswald

Prof. Dr. Tim Maisch, Klinik und Poliklinik für Dermatologie, Universitätsklinikum Regensburg, Franz-Josef-Strauß-Allee 11, 93053 Regensburg

Denise Mühler, Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie,
Universitätsklinikum Regensburg, Franz-Josef-Strauß-Allee 11, 93053
Regensburg

Priv.-Doz. Dr. Andreas Schwarzkopf, Institut Schwarzkopf GbR,
Mangelsfeld 16, 97708 Bad Bocklet

Claudia Schwarzkopf, Institut Schwarzkopf GbR, Mangelsfeld 16, 97708
Bad Bocklet

Inhaltsverzeichnis

1. ÜBERTRAGUNG VON KRANKHEITSERREGERN AUF FLÄCHEN

- 1.1. HÄNDE BZW. FINGERKUPPEN
- 1.2. ATEMWEGSEKRETE
- 1.3. ERBROCHENES
- 1.4. STUHL
- 1.5. BLUT
- 1.6. LEBENSMITTEL
- FAZIT FÜR DIE PRAXIS
- LITERATUR

2. ÜBERLEBEN VON KRANKHEITSERREGERN AUF FLÄCHEN

- 2.1. EDELSTAHL
 - 2.1.1. *Bakterien*
 - 2.1.2. *Hefepilze*
 - 2.1.3. *Viren*
 - 2.1.4. *Bakteriensporen*
- 2.2. ALUMINIUM
 - 2.2.1. *Bakterien*
 - 2.2.2. *Viren*
- 2.3. SONSTIGE METALLE
 - 2.3.1. *Bakterien*
 - 2.3.2. *Viren*
 - 2.3.3. *Bakteriensporen*
- 2.4. HOLZ
 - 2.4.1. *Bakterien*
 - 2.4.2. *Viren*
- 2.5. PAPIER
 - 2.5.1. *Bakterien*
 - 2.5.2. *Viren*
- 2.6. GLAS
 - 2.6.1. *Bakterien*
 - 2.6.2. *Mykobakterien*
 - 2.6.3. *Pilze*
 - 2.6.4. *Viren*
- 2.7. PVC UND VINYL
 - 2.7.1. *Bakterien*
 - 2.7.2. *Pilze*

- 2.7.3. *Mykobakterien*
 - 2.7.4. *Viren*
 - 2.8. LAMINAT
 - 2.8.1. *Bakterien*
 - 2.8.2. *Viren*
 - 2.9. KERAMIK, FLIESEN UND PORZELLAN
 - 2.9.1. *Bakterien*
 - 2.9.2. *Viren*
 - 2.10. KUNSTSTOFFE
 - 2.10.1. *Bakterien*
 - 2.10.2. *Mykobakterien*
 - 2.10.3. *Pilze*
 - 2.10.4. *Viren*
 - 2.11. GEGENSTÄNDE DES KLINISCHEN ALLTAGS
 - 2.11.1. *Bakterien*
 - 2.11.2. *Viren*
 - 2.12. WAS VERBESSERT DAS ÜBERLEBEN AUF FLÄCHEN?
- FAZIT FÜR DIE PRAXIS
- LITERATUR

3. ÜBERTRAGUNG VON KRANKHEITSERREGERN VON FLÄCHEN

- 3.1. INFEKTIOSE DOSIS
 - 3.2. ÜBERTRAGEN AUF DIE HÄNDE
 - 3.2.1. *Bakterien*
 - 3.2.2. *Viren*
- FAZIT FÜR DIE PRAXIS
- LITERATUR

4. BIOFILM AUF FLÄCHEN

- 4.1. TROCKENER BIOFILM
 - 4.2. MIKROBIELLE BESIEDLUNG
 - 4.3. ENTSTEHUNG VON BIOFILM
 - 4.4. FÖRDERUNG DER BIOFILMENTSTEHUNG
 - 4.4.1. *Biofilmbildende Isolate*
 - 4.4.2. *Kontaminierte Lösungen*
 - 4.4.3. *Einfluss der bioziden Wirkstoffe*
 - 4.4.4. *Periodischer Stress*
 - 4.5. WIRKSAMKEIT DER FLÄCHENDESINFEKTION GEGENÜBER BIOFILMBAKTERIEN
- FAZIT FÜR DIE PRAXIS
- LITERATUR

5. NOSOKOMIALE INFEKTIONEN DURCH KONTAMINIERTER FLÄCHEN

- 5.1. RISIKO: VORHERIGE ZIMMERBELEGUNG
- 5.2. VERMUTETE QUELLE FÜR AUSBRÜCHE
- 5.3. EFFEKT AUF NOSOKOMIALE INFEKTIONEN
 - 5.3.1. *Anwendung auf Fußböden*
 - 5.3.2. *Anwendung in Patientenzimmern*
 - 5.3.3. *Schlussdesinfektion*
 - 5.3.4. *Anwendung auf der gesamten Station*
 - 5.3.5. *Beschichtung mit Kupfer*
 - 5.3.6. *Flächenhygiene im Maßnahmenbündel*

FAZIT FÜR DIE PRAXIS

LITERATUR

6. OP-BEREICH

- 6.1. LAMPE UND TISCHE
- 6.2. ANÄSTHESIE-BEREICH
 - 6.2.1. *Häufigkeit der Kontamination*
 - 6.2.2. *Höhe der Kontamination*
 - 6.2.3. *Verschmutzungsgrad*
- 6.3. FLÄCHEN MIT HÄUFIGEM HÄNDEKONTAKT
 - 6.3.1. *Häufigkeit der Kontamination*
 - 6.3.2. *Höhe der Kontamination*
 - 6.3.3. *Verschmutzungsgrad*
- 6.4. GEGENSTÄNDE AM MITARBEITER
 - 6.4.1. *Häufigkeit der Kontamination*
 - 6.4.2. *Höhe der Kontamination*
 - 6.4.3. *Verschmutzungsgrad*
- 6.5. OP-TÜR
- 6.6. FUßBODEN UND WÄNDE
 - 6.6.1. *Häufigkeit der Kontamination*
 - 6.6.2. *Höhe der Kontamination*
 - 6.6.3. *Verschmutzungsgrad*
- 6.7. SONSTIGE FLÄCHEN
 - 6.7.1. *Häufigkeit der Kontamination*
 - 6.7.2. *Höhe der Kontamination*
 - 6.7.3. *Verschmutzungsgrad*
- 6.8. EINFLUSS AUF BAKTERIELLE FLÄCHENKONTAMINATION

FAZIT FÜR DIE PRAXIS

LITERATUR

7. DIE UNMITTELBARE PATIENTENUMGEBUNG

- 7.1. PATIENTENBETT
- 7.2. NACHTTISCH
- 7.3. MEDIZINISCHE GERÄTE

7.4. VERSCHIEDENE FLÄCHEN
7.5. BEDEUTUNG VON HÄUFIGEN HÄNDEKONTAKTEN
FAZIT FÜR DIE PRAXIS
LITERATUR

8. DIE ERWEITERTE PATIENTENUMGEBUNG

8.1. TÜRGRIFFE, TÜREN UND FENSTER
8.2. TISCHE, STÜHLE UND SCHRÄNKE
8.3. FUBBODEN
8.4. PC-TASTATUR
8.5. DESINFEKTIONSMITTELSPENDER
8.6. BLUTDRUCKMESSGERÄTE
8.7. PATIENTENAKTEN
8.8. WASSERHÄHNE
8.9. WASCHBECKEN
8.10. TOILETTEN
8.11. VERSCHIEDENE FLÄCHEN
FAZIT FÜR DIE PRAXIS
LITERATUR

9. STETHOSKOPE

9.1. BAKTERIELLE KONTAMINATION
 9.1.1. *Membran*
 9.1.2. *Trichter*
 9.1.3. *Ohrolive*
 9.1.4. *Schlauch*
 9.1.5. *Mehrere Stellen*
9.2. ÜBERTRAGUNGEN DURCH KONTAMINIERTER STETHOSKOPE
 9.2.1. *Infektionen*
 9.2.2. *Mikroorganismen*
9.3. AUFBEREITUNG IN DER PRAXIS
 9.3.1. *Häufigkeit*
 9.3.2. *Art der Aufbereitung*
 9.3.3. *Weitere antimikrobielle Verfahren*
 9.3.4. *Überzüge*
9.4. WAHRSCHEINLICHKEIT EINER INFREKTION DURCH KONTAMINIERTER STETHOSKOPE
9.5. PRAKTISCHE MÖGLICHKEITEN ZUR FLÄCHENHYGIENE
FAZIT FÜR DIE PRAXIS
LITERATUR

10. MOBILE ELEKTRONISCHE GERÄTE

10.1. MOBILE TELEFONE

10.2. PIEPER
10.3. PDA UND TABLETS
FAZIT FÜR DIE PRAXIS
LITERATUR

11. FLÄCHENREINIGUNG

11.1. LEISTUNG DER REINIGUNG
11.2. WANN REINIGEN – WANN DESINFIZIEREN?
11.3. WAS IST BEI DER REINIGUNG ZU BEACHTEN?
 11.3.1. *Ein-Eimer-Methode*
 11.3.2. *Zwei-Eimer-Methode*
11.4. BESONDERE REINIGUNGSVERFAHREN
 11.4.1. *Bodenreinigungsfahrzeuge*
 11.4.2. *Sprüh-Saugextraktion*
 11.4.3. *Typische Fehler*
FAZIT FÜR DIE PRAXIS
LITERATUR

12. FLÄCHENDESINFEKTION

12.1. WISCHVERFAHREN
12.2. SPRÜHVERFAHREN
12.3. VERNEBLUNG
12.4. WIEDERBENUTZUNG
12.5. STARKE PUNKTUELLE VERSCHMUTZUNG
12.6. AUSBRUCH
12.7. UVC-STRAHLUNG
FAZIT FÜR DIE PRAXIS
LITERATUR

13. WIEDERVERWENDBARE TUCHSPENDER

13.1. TUCHSPENDERSYSTEME
13.2. KONTAMINATION DER LÖSUNG
 13.2.1. *Häufigkeit*
 13.2.2. *Biofilm*
 13.2.3. *Adaption an Wirkstoffe*
13.3. INFEKTIONEN DURCH KONTAMINIERTER LÖSUNG
13.4. AUFBEREITUNG
13.5. SICHERER EINSATZ
 13.5.1. *Konstruktion*
 13.5.2. *Ansetzen der Gebrauchslösung*
 13.5.3. *Wirksamkeit über die Nutzungsdauer*
 13.5.4. *Vermeidung der Kontamination*

13.5.5. Sonderfall: Risikobereiche

13.5.6. Kontrolluntersuchungen

FAZIT FÜR DIE PRAXIS

LITERATUR

14. GEBRAUCHSFERTIGE DESINFEKTIONSTÜCHER

14.1. WIRKSTOFFBASIS

14.2. FLÜSSIGKEITSMENGE PRO TUCH

14.3. WIRKSAMKEIT

FAZIT FÜR DIE PRAXIS

LITERATUR

15. MITARBEITERSCHUTZ BEI DER FLÄCHENDESINFEKTION

15.1. GEFÄHRDUNGSBEURTEILUNG

15.2. TYPISCHE BIOZIDE WIRKSTOFFE IN FLÄCHENDESINFEKTIONSMITTELN

15.3. ARBEITSSCHUTZRELEVANTE PARAMETER

15.3.1. Alkohole

15.3.2. Quartäre Ammoniumverbindungen

15.3.3. Peroxide

15.3.4. Aldehyde

15.3.5. Natriumhypochlorit

15.4. BETRACHTUNG DER INHALATIVEN EXPOSITION

15.4.1. Flächendesinfektionsverfahren

15.4.2. Physikalische Eigenschaften der Inhaltsstoffe

15.4.3. Konzentration der Wirkstoffe

15.4.4. Flächengröße und Anwendungsvolumen

15.4.5. Raumgröße und Raumlüftung

15.4.6. Dauer und Art der Exposition

15.4.7. Bewertung der inhalativen Gefährdung

15.5. BETRACHTUNG DER DERMALEN EXPOSITION

15.5.1. Konzentration der Wirkstoffe

15.5.2. Benetzte Hautoberfläche

15.5.3. Kontaktzeit

15.5.4. Bewertung der dermalen Gefährdung

15.6. DIE WICHTIGSTEN MAßNAHMEN

15.6.1. Substitution

15.6.2. Technische Schutzmaßnahmen

15.6.3. Organisatorische Schutzmaßnahmen

15.6.4. Persönliche Schutzmaßnahmen

15.6.5. Arbeitsmedizinische Vorsorge

FAZIT FÜR DIE PRAXIS

LITERATUR

16. QUALITÄTSSICHERUNG IN DER FLÄCHENHYGIENE

16.1. EINLEITUNG

16.2. STRUKTURQUALITÄT

16.2.1. Personal

16.2.2. Bauliche Anforderungen

16.2.3. Desinfektions- und Reinigungsmittel

16.3. PROZESSQUALITÄT

16.3.1 Vorreinigung

16.3.2 Dosierung von Desinfektionsmitteln

16.3.3 Prozessüberprüfung durch Checklisten

16.4. ERGEBNISQUALITÄT

16.4.1 Sichtkontrolle und Begehungen

16.4.2 Mikrobiologische Untersuchungen der Umgebung

16.4.3 Verschmutzungskontrolle mittels ATP-Biolumineszenz-Untersuchungen

16.4.4 Kontrolle der Reinigung und Desinfektion durch Visualisierung

FAZIT FÜR DIE PRAXIS

LITERATUR

17. METHODEN ZUR BESTIMMUNG DER WIRKSAMKEIT

17.1. QUANTITATIVE SUSPENSIONSVERSUCHE

17.1.1. Wirksamkeit gegenüber Bakterien

17.1.2. Wirksamkeit gegenüber Pilzen

17.1.3. Wirksamkeit gegenüber Mykobakterien

17.1.4. Wirksamkeit gegenüber Viren

17.1.5. Wirksamkeit gegenüber Bakteriensporen

17.2. PRAXISNAHE VERSUCHE OHNE WISCHEN

17.2.1. Wirksamkeit gegenüber Bakterien und Pilze

17.2.2. Wirksamkeit gegenüber Mykobakterien

17.2.3. Wirksamkeit gegenüber Viren

17.3. PRAXISNAHE VERSUCHE MIT WISCHEN

17.3.1. EN 16615 (4-Felder-Test)

17.3.2. ASTM E 2967

17.3.3. ASTM E 2362

17.4. WIRKSAMKEIT GEGENÜBER MIKROORGANISMEN IM TROCKENEN BIOFILM

17.5. BIOFILMENTFERNUNG

17.6. PHASE 3 TESTS

FAZIT FÜR DIE PRAXIS

LITERATUR

18. REINIGER

18.1. KONVENTIONELLE REINIGER

18.2. MIKROBIELLE REINIGER

- 18.2.1. *Regulatorischer Status*
- 18.2.2. *Verwendete Mikroorganismen*
- 18.2.3. *Sicherheit der Mikroorganismen*
- 18.2.4. *Wirkung auf die Kontamination von Flächen*
- 18.2.5. *Wirksamkeit in Kliniken*

FAZIT FÜR DIE PRAXIS

LITERATUR

19. BENZALKONIUMCHLORID

19.1. BAKTERIZIDE WIRKUNG

- 19.1.1. *Suspensionsversuche*
- 19.1.2. *Bakterien im Biofilm*
- 19.1.3. *Keimträgerversuche*

19.2. FUNGIZIDE WIRKUNG

- 19.2.1. *Suspensionsversuche*
- 19.2.2. *Pilze im trockenen Biofilm*

19.3. MYKOBakterIZIDE WIRKUNG

- 19.3.1. *Suspensionsversuche*
- 19.3.2. *Keimträgerversuche*

19.4. VIRUZIDE WIRKUNG

- 19.4.1. *Suspensionsversuche*
- 19.4.2. *Keimträgerversuche*

19.5. SPORIZIDE WIRKUNG

19.6. HORIZONTALER GENTRANSFER (HGT)

19.7. TOLERANZEN UND RESISTENZEN

- 19.7.1. *Toleranz gegenüber BAC*
- 19.7.2. *Kreuztoleranz biozide Wirkstoffe*
- 19.7.3. *Kreuzresistenz Antibiotika*
- 19.7.4. *Antibiotika-Resistenz-Gene*

19.8. ADAPTION

19.9. WIRKUNG AUF BIOFILM

- 19.9.1. *Biofilmbildung*
- 19.9.2. *Biofilmentfernung*
- 19.9.3. *Biofilmfixierung*

FAZIT FÜR DIE PRAXIS

LITERATUR

20. DIDECYLDIMETHYLAMMONIUMCHLORID

20.1. BAKTERIZIDE WIRKUNG

- 20.1.1. *Suspensionsversuche*
- 20.1.2. *Bakterien im Biofilm*

20.2. FUNGIZIDE WIRKUNG

- 20.2.1. *Suspensionsversuche*

- 20.3. MYKOBAKTERIZIDE WIRKUNG
 - 20.3.1. *Suspensionsversuche*
- 20.4. VIRUZIDE WIRKUNG
 - 20.4.1. *Suspensionsversuche*
- 20.5. SPORIZIDE WIRKUNG
 - 20.5.1. *Suspensionsversuche*
 - 20.5.2. *Keimträgerversuche*
- 20.6. HORIZONTALER GENTRANSFER (HGT)
- 20.7. TOLERANZEN UND RESISTENZEN
 - 20.7.1. *Toleranz gegenüber DDAC*
 - 20.7.2. *Kreuztoleranz biozide Wirkstoffe*
 - 20.7.3. *Kreuzresistenz Antibiotika*
- 20.8. ADAPTION
- 20.9. WIRKUNG AUF BIOFILM
- FAZIT FÜR DIE PRAXIS
- LITERATUR

21. GLUTARALDEHYD

- 21.1. BAKTERIZIDE WIRKUNG
 - 21.1.1. *Suspensionsversuche*
 - 21.1.2. *Bakterien im Biofilm*
 - 21.1.3. *Keimträgerversuche*
- 21.2. FUNGIZIDE WIRKUNG
 - 21.2.1. *Suspensionsversuche*
 - 21.2.2. *Keimträgerversuche*
- 21.3. MYKOBAKTERIZIDE WIRKUNG
 - 21.3.1. *Suspensionsversuche*
 - 21.3.2. *Keimträgerversuche*
- 21.4. VIRUZIDE WIRKUNG
 - 21.4.1. *Suspensionsversuche*
 - 21.4.2. *Keimträgerversuche*
- 21.5. SPORIZIDE WIRKUNG
 - 21.5.1. *Suspensionsversuche*
 - 21.5.2. *Keimträgerversuche*
- 21.7. TOLERANZEN UND RESISTENZEN
 - 21.7.1. *Toleranz gegenüber Glutaraldehyd*
 - 21.7.2. *Kreuztoleranz biozide Wirkstoffe*
 - 21.7.3. *Kreuzresistenz Antibiotika*
 - 21.7.4. *Antibiotika-Resistenz-Gene*
- 21.8. ADAPTION
- 21.9. WIRKUNG AUF BIOFILM
 - 21.9.1. *Biofilmbildung*
 - 21.9.2. *Biofilmentfernung*
 - 21.9.3. *Biofilmfixierung*

FAZIT FÜR DIE PRAXIS
LITERATUR

22. NATRIUMHYPOCHLORIT

- 22.1. BAKTERIZIDE WIRKUNG
 - 22.1.1. *Suspensionsversuche*
 - 22.1.2. *Bakterien im Biofilm*
 - 22.1.3. *Keimträgerversuche*
- 22.2. FUNGIZIDE WIRKUNG
 - 22.2.1. *Suspensionsversuche*
 - 22.2.2. *Pilze im Biofilm*
 - 22.2.3. *Keimträgerversuche*
- 22.3. MYKOBAKTERIZIDE WIRKUNG
 - 22.3.1. *Suspensionsversuche*
 - 22.3.2. *Mykobakterien im Biofilm*
 - 22.3.3. *Keimträgerversuche*
- 22.4. VIRUZIDE WIRKUNG
 - 22.4.1. *Suspensionsversuche*
 - 22.4.2. *Keimträgerversuche*
- 22.5. SPORIZIDE WIRKUNG
 - 22.5.1. *Suspensionsversuche*
 - 22.5.2. *Keimträgerversuche*
- 22.6. HORIZONTALER GENTRANSFER (HGT)
- 22.7. TOLERANZEN UND RESISTENZEN
 - 22.7.1. *Toleranz gegenüber Natriumhypochlorit*
 - 22.7.2. *Kreuztoleranz biozide Wirkstoffe*
 - 22.7.3. *Kreuzresistenz Antibiotika*
 - 22.7.4. *Antibiotika-Resistenz-Gene*
- 22.8. ADAPTION
- 22.9. WIRKUNG AUF BIOFILM
 - 22.9.1. *Biofilmbildung*
 - 22.9.2. *Biofilmentfernung*
 - 22.9.3. *Biofilmfixierung*

FAZIT FÜR DIE PRAXIS
LITERATUR

23. WASSERSTOFFPEROXID

- 23.1. BAKTERIZIDE WIRKUNG
 - 23.1.1. *Suspensionsversuche*
 - 23.1.2. *Bakterien im Biofilm*
 - 23.1.3. *Keimträgerversuche*
 - 23.1.4. *Vernebeln*
- 23.2. FUNGIZIDE WIRKUNG

- 23.2.1. *Suspensionsversuche*
- 23.2.2. *Pilze im Biofilm*
- 23.2.3. *Keimträgerversuche*
- 23.3. MYKOBAKTERIZIDE WIRKUNG
 - 23.3.1. *Suspensionsversuche*
 - 23.3.2. *Keimträgerversuche*
- 23.4. VIRUZIDE WIRKUNG
 - 23.4.1. *Suspensionsversuche*
 - 23.4.2. *Keimträgerversuche*
 - 23.4.3. *Vernebeln*
- 23.5. SPORIZIDE WIRKUNG
 - 23.5.1. *Suspensionsversuche*
 - 23.5.2. *Keimträgerversuche*
 - 23.5.3. *Vernebeln*
- 23.6. HORIZONTALER GENTRANSFER (HGT)
- 23.7. TOLERANZEN UND RESISTENZEN
 - 23.7.1. *Toleranz gegenüber Wasserstoffperoxid*
 - 23.7.2. *Kreuztoleranz biozide Wirkstoffe*
 - 23.7.3. *Kreuzresistenz Antibiotika*
- 23.8. ADAPTION
- 23.9. WIRKUNG AUF BIOFILM
 - 23.9.1. *Biofilmbildung*
 - 23.9.2. *Biofilmentfernung*
 - 23.9.3. *Biofilmfixierung*
- FAZIT FÜR DIE PRAXIS
- LITERATUR

24. PERESSIGSÄURE

- 24.1. BAKTERIZIDE WIRKUNG
 - 24.1.1. *Suspensionsversuche*
 - 24.1.2. *Bakterien im Biofilm*
 - 24.1.3. *Keimträgerversuche*
 - 24.1.4. *4-Felder-Test*
- 24.2. FUNGIZIDE WIRKUNG
 - 24.2.1. *Suspensionsversuche*
 - 24.2.2. *Pilze im Biofilm*
 - 24.2.3. *Keimträgerversuche*
- 24.3. MYKOBAKTERIZIDE WIRKUNG
 - 24.3.1. *Suspensionsversuche*
 - 24.3.2. *Keimträgerversuche*
- 24.4. VIRUZIDE WIRKUNG
 - 24.4.1. *Suspensionsversuche*
 - 24.4.2. *Keimträgerversuche*
 - 24.4.3. *4-Felder-Test*

- 24.4.4. *Vernebeln*
- 24.5. SPORIZIDE WIRKUNG
 - 24.5.1. *Suspensionsversuche*
 - 24.5.2. *Keimträgerversuche*
 - 24.5.3. *Vernebeln*
- 24.6. HORIZONTALER GENTRANSFER (HGT)
- 24.7. TOLERANZEN UND RESISTENZEN
 - 24.7.1. *Toleranz gegenüber Peressigsäure*
 - 24.7.2. *Kreuztoleranz biozide Wirkstoffe*
 - 24.7.3. *Kreuzresistenz Antibiotika*
 - 24.7.4. *Antibiotika-Resistenz-Gene*
- 24.8. ADAPTION
- 24.9. WIRKUNG AUF BIOFILM
 - 24.9.1. *Biofilmbildung*
 - 24.9.2. *Biofilmentfernung*
 - 24.9.3. *Biofilmfixierung*
- FAZIT FÜR DIE PRAXIS
- LITERATUR

25. ALKOHOLE

- 25.1. BAKTERIZIDE WIRKUNG
 - 25.1.1. *Suspensionsversuche*
 - 25.1.2. *Bakterien im Biofilm*
 - 25.1.3. *Keimträgerversuche*
 - 25.1.4. *4-Felder-Test*
- 25.2. FUNGIZIDE WIRKUNG
 - 25.2.1. *Suspensionsversuche*
 - 25.2.2. *Pilze im Biofilm*
 - 25.2.3. *Keimträgerversuche*
- 25.3. MYKOBakterIZIDE WIRKUNG
 - 25.3.1. *Suspensionsversuche*
 - 25.3.2. *Mykobakterien im Biofilm*
 - 25.3.3. *Keimträgerversuche*
- 25.4. VIRUZIDE WIRKUNG
 - 25.4.1. *Suspensionsversuche*
 - 25.4.2. *Keimträgerversuche*
 - 25.4.3. *4-Felder-Test*
- 25.5. SPORIZIDE WIRKUNG
 - 25.5.1. *Suspensionsversuche*
 - 25.5.2. *Keimträgerversuche*
- 25.6. HORIZONTALER GENTRANSFER (HGT)
- 25.7. TOLERANZEN UND RESISTENZEN
 - 25.7.1. *Toleranz gegenüber Alkoholen*
 - 25.7.2. *Kreuztoleranz biozide Wirkstoffe*

25.7.3. *Kreuzresistenz Antibiotika*

25.8. ADAPTION

25.9. WIRKUNG AUF BIOFILM

25.9.1. *Biofilmbildung*

25.9.2. *Biofilmentfernung*

25.9.3. *Biofilmfixierung*

FAZIT FÜR DIE PRAXIS

LITERATUR

26. KUPFER

26.1. ÜBERLEBEN AUF KUPFEROBERFLÄCHEN

26.1.1. *Bakterien*

26.1.2. *Viren*

26.1.3. *Bakteriensporen*

26.2. ANTIMIKROBIELLE WIRKSAMKEIT

26.2.1. *Bakterizide Wirkung*

26.2.2. *Fungizide Wirkung*

26.2.3. *Mykobakterizide Wirkung*

26.2.4. *Viruzide Wirkung*

26.2.5. *Sporizide Wirkung*

26.3. KUPFERRESISTENZ

26.3.1. *Resistenzmechanismen*

26.3.2. *Resistenzgene*

26.4. ADAPTION

26.5. HORIZONTALER GENTRANSFER (HGT)

26.5.1. *Einfluss von Kupfer auf den HGT*

26.5.2. *HGT von Kupferresistenzgenen*

26.6. WIRKUNG AUF BIOFILM

26.6.1. *Biofilmbildung*

26.6.2. *Biofilmentfernung*

26.7. REINIGUNG VON KUPFERFLÄCHEN

26.8. DESINFEKTION VON KUPFERFLÄCHEN

FAZIT FÜR DIE PRAXIS

LITERATUR

27. ANTIMIKROBIELLE PHOTODYNAMISCHE VERFAHREN

27.1. DAS PHOTODYNAMISCHE PRINZIP

27.2. PHOTSENSIBILISATOREN

27.2.1. *Phenothiazine* .

27.2.2. *Porphyrine, Chlorine und Phthalocyanine*

27.2.3. *Phenalenone* .

27.2.4. *Fullerene*

27.3. WIRKSAMKEIT GEGENÜBER BAKTERIEN BZW. PILZEN IN BIOFILMEN

27.4. WIRKSAMKEIT GEGENÜBER VIREN

27.5. ANWENDUNG VON APDT IN DER FLÄCHENHYGIENE: PHOTODYNAMISCHE OBERFLÄCHEN

FAZIT FÜR DIE PRAXIS

LITERATUR

28. ANTIMICROBIAL STEWARDSHIP IN DER FLÄCHENDESINFEKTION

28.1. SELEKTIONSDRUCK DURCH WIRKSTOFFE

28.1.1. Anpassungsfähigkeit an Wirkstoffe

28.1.2. Kreuztoleranzen gegenüber anderen Wirkstoffen

28.1.3. Kreuzresistenzen gegenüber Antibiotika

28.2. BIOZIDE WIRKSTOFFE UND BIOFILM

28.3. MÖGLICHKEITEN ZUR REDUKTION DES SELEKTIONSDRUCKS

28.3.1. Wirkstoffauswahl

28.3.2. Optimale Anwendungskonzentration

FAZIT FÜR DIE PRAXIS

LITERATUR

DANKSAGUNG

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

1. Übertragung von Krankheitserregern auf Flächen

Günter Kampf

1.1. Hände bzw. Fingerkuppen

Mikroorganismen und Viren können durch einen kurzen Kontakt direkt von kontaminierten Händen oder Fingerkuppen auf unbelebte Flächen übertragen werden. Dabei wird meist nur zwischen 0 % und 24 % der Viren tatsächlich auf die Flächen gelangen. Wenn die Trocknungszeit der Kontamination auf den Fingerkuppen länger war, konnte nur weniger Virus auf die Fläche übertragen werden (1, 29). Lediglich mit dem Norovirus, gewonnen aus einer kontaminierten Stuhlprobe, waren Übertragungsraten von bis zu 100 % messbar. Sie nahm jedoch mit zunehmender Zahl an Flächenkontakten kontinuierlich ab (Tabelle 1.1). Wenn Mitarbeiter nach direktem Hände- oder Handschuhkontakt mit VRE-Patienten weitere Flächen berührten, konnte auf 10,6 % der 151 untersuchten und bis dahin nachweislich VRE-negativen Flächen eine Übertragung nachgewiesen werden, beispielsweise auf das Bettgestell, die Infusionspumpe, die Blutdruckmanschette oder den Nachttisch (18).

Spezies	Höhe der Kontamination*	Kontaktzeit	Übertragungsrate	Quelle
HAV	10 ⁴	10 s	1,6 % - 24 %**	(29)
Norovirus	Kontaminierte Stuhlprobe	10 s	100 % (1. bis 4. Kontakt) 75 % (5. und 6. Kontakt) 25 % (7. Kontakt) 0 % (8. Kontakt)	(5)
Norovirus	Kontaminierte Stuhlsuspension	2 s	0,1 % - 13 %**	(33)
Parainfluenzavirus	10 ⁵	5 s	0 %	(2)
Rhinovirus	10 ⁴ - 10 ⁵	5 s	0,9 %	(2)
Rotavirus	10 ³ - 10 ⁴	10 s	1,8 % - 16,1 %**	(1)

Tabelle 1.1: Übertragungsrate von Viren von künstlich kontaminierten Händen bzw. Fingerkuppen auf unbelebte Flächen; *, „plaque forming units“ (PFU; Höhe des Virustiters); **höhere Übertragungsrate bei kürzerer Trocknungszeit auf den Fingerkuppen.

1.2. Atemwegsekrete

Durch das Niesen können 40 000 Partikel ausgestoßen werden. Die meisten von ihnen trocknen sofort in kleine, potenziell infektiöse Tröpfchenkerne aus, von diesen sind 80 % kleiner als 100 µm (15). Kleine Tröpfchen haben eine Reichweite von etwa acht Metern, große Tröpfchen von ca. zwei Metern (3, 8, 9, 21, 34). Beim Niesen finden sich im Hinblick auf den Durchmesser der Tröpfchenpartikel Häufigkeitsgipfel bei ca. 100 µm und 500 µm (23). Beim Husten werden ca. 710 Partikel ausgestoßen, die mehr als zwei Meter weit fliegen können. Das allgemeine Husten ist im Vergleich zum Niesen eventuell ein wirksamerer Weg der Übertragung in der Luft, z. B. von Coxsackievirus A (16). Bei leichtem Wind können die Tröpfchen bis zu sechs Meter weit getragen werden, dabei sinken mit zunehmender Distanz sowohl ihre Anzahl als auch ihr Durchmesser (17). Durch das Sprechen von 100 Worten werden etwa 36 Partikel abgegeben (21). Die Übertragung über die Luft oder Tröpfchen hängt dabei auch von der Häufigkeit der auslösenden Aktivität ab.

1.3. Erbrochenes

Fallbeispiel

Im Januar 1999 waren mehr als 300 Menschen von einem Norovirus-Ausbruch mit Gastroenteritis betroffen, die über einen Zeitraum von fünf Tagen einen Konzertsaal besucht hatten. Der Indexfall war ein Konzertbesucher, der sich im Auditorium und in der angrenzenden Männertoilette erbrach. Erkrankungen des Magen-Darm-Trakts traten bei Besuchern von acht der 15 Schulgruppen auf, die am folgenden Tag anwesend waren. Kinder, die auf der gleichen Ebene des Auditoriums saßen wie der Indexfall, waren viel häufiger krank als Kinder, die anderswo saßen (relatives Risiko: 7,1; $p < 0,001$). Die Übertragung erfolgte höchstwahrscheinlich durch direkten Kontakt mit kontaminierten Flächen (19).

Das typische Beispiel für das Entstehen einer Kontamination unbelebter Flächen ist das Erbrechen bei einer Norovirus-Infektion (12, 13, 22, 28). Dabei können die Tröpfchen und Partikel eine Entfernung von mehr als drei Meter zurücklegen (26). Nach dem Antrocknen auf einer Fläche können Viruspartikel darüber hinaus durch Luftströmung weiter verteilt werden (30).

Mit einer Simulation des Erbrechens anhand einer technischen Vorrichtung („vomiting Larry“) wurde mit dem feline Calicivirus (FCV) untersucht, wie stark der Fußboden in der Umgebung nach einmaligem Erbrechen von einem Liter mit dem Virus kontaminiert ist. Dabei fand sich die höchste Virenzahl unmittelbar vor „vomiting Larry“, doch einzelne Tröpfchen wurden noch in drei Meter Entfernung beschrieben (27)

1.4. Stuhl

Infektiöse Gastroenteritis wird vorwiegend durch Noroviren und Rotaviren ausgelöst (4). Darüber hinaus ist Durchfall das Hauptsymptom der *C. difficile* Infektion (CDI), die inzwischen die vierthäufigste nosokomiale

Infektion in Deutschland darstellt (6). Im Umfeld von CDI Patienten findet sich häufig *C. difficile* auf Flächen (9,3 % - 32,8 %) (20, 24, 32). In Zimmern von Patienten, bei denen MRSA im Stuhl nachgewiesen und Durchfall beschrieben war, fand sich MRSA auf sogar auf 59 % der untersuchten Flächen (10).

1.5. Blut

Relevante Mengen potenzieller Pathogene sind durch Blut auf unbelebten Flächen nicht zu erwarten Das Ebolavirus kann jedoch bis zu zehn Tage in getrocknetem Blut auf unbelebten Flächen infektiös bleiben, die Nachweisdauer ist in Erbrochenem bzw. im Stuhl kürzer (31).

1.6. Lebensmittel

Eine weitere Quelle der Kontamination von Flächen kann im Küchenbereich die Zubereitung von Lebensmitteln sein. Insbesondere das Verarbeiten von Hähnchenfleisch hat wiederholt zur Kontamination von Flächen mit *Salmonella* spp., *Listeria* spp. bzw. *Campylobacter* spp. geführt (7, 11, 14, 25).

Fazit für die Praxis

1. Flächen können über die Hände, Atemwegsekrete, Stuhl, Erbrochenes oder Lebensmittel mit potenziell pathogenen Mikroorganismen kontaminiert werden.
2. Von primär kontaminierten Händen lassen sich bei einmaligem Kontakt meist zwischen 0 % und 24 % der Viren auf Flächen übertragen.
3. Lediglich mit dem Norovirus aus einer kontaminierten Stuhlprobe waren Übertragungsraten von bis zu 100 % messbar, die mit der zunehmenden Zahl an Flächenkontakten kontinuierlich abnahm.
4. Im Umfeld von CDI-Patienten mit Durchfall findet sich häufig *C. difficile* auf Flächen (9,3 % bis 32,8 %).

Literatur

1. Ansari SA et al. Rotavirus survival on human hands and transfer of infectious virus to inanimate and nonporous inanimate surfaces. *J Clin Microbiol* 1988; 26: 1513-8.
2. Ansari 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: 2115-9.
3. Asadi S et al. Aerosol emission and superemission during human speech increase with voice loudness. *Sci Rep* 2019; 9: 2348.
4. Bányai K et al. Viral gastroenteritis. *Lancet* 2018; 392: 175-86.
5. Barker J et al. Effects of cleaning and disinfection in reducing the spread of norovirus contamination via environmental surfaces. *J Hosp Infect* 2004; 58: 42-9.
6. Behnke M et al. Nosocomial infection and antibiotic use: a second national prevalence study in Germany. *Dtsch Arztebl Int* 2013; 110: 627-33.
7. Borrusso PA et al. Prevalence of Pathogens and Indicator Organisms in Home Kitchens and Correlation with Unsafe Food Handling Practices and Conditions. *J Food Prot* 2017; 80: 590-7.
8. Bourouiba L. Images in clinical medicine. A Sneeze. *N Engl J Med* 2016; 375: e15.
9. Bourouiba L. Turbulent Gas Clouds and Respiratory Pathogen Emissions: Potential Implications for Reducing Transmission of COVID-19. *JAMA* 2020; 323: 1837-8.
10. Boyce JM et al. Widespread environmental contamination associated with patients with diarrhea and methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* colonization of the gastrointestinal tract. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2007; 28: 1142-7.
11. Cardoso MJ et al. Cross-contamination events of *Campylobacter* spp. in domestic kitchens associated with consumer handling practices of raw poultry. *Int J Food Microbiol* 2021; 338: 108984.
12. Caul EO. Small round structured viruses: airborne transmission and hospital control. *Lancet* 1994; 343: 1240-2.
13. Chadwick PR et al. Management of hospital outbreaks of gastro-enteritis due to small roundstructured viruses. *J Hosp Infect* 2000; 45: 1-10.
14. Cliver DO. Cutting boards in *Salmonella* cross-contamination. *J AOAC Int* 2006; 89: 538-42.
15. Cole EC et al. Characterization of infectious aerosols in health care facilities: an aid to effective engineering controls and preventive strategies. *Am J Infect Control* 1998; 26: 453-64.
16. Couch RB et al. Effect of route of inoculation on experimental respiratory viral disease in volunteers and evidence for airborne transmission. *Bacteriol Rev* 1966; 30: 517-29.
17. Dbouk T et al. On coughing and airborne droplet transmission to humans. *Phys Fluids* 2020; 32: 053310.
18. Duckro AN et al. Transfer of vancomycin-resistant enterococci via health care worker hands. *Arch Intern Med* 2005; 165: 302-7.
19. Evans MR et al. An outbreak of viral gastroenteritis following environmental contamination at a concert hall. *Epidemiol Infect* 2002; 129: 355-60.
20. Fawley WN et al. Molecular epidemiology of endemic *Clostridium difficile* infection and the significance of subtypes of the United Kingdom epidemic strain (PCR ribotype 1). *J Clin Microbiol* 2005; 43: 2685-96.

21. Fernstrom A et al. Aerobiology and its role in the transmission of infectious diseases. *J Pathog* 2013; 2013: 493960.
22. Free RJ et al. Successive Norovirus Outbreaks at an Event Center - Nebraska, October-November, 2017. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2019; 68: 627-30.
23. Han ZY et al. Characterizations of particle size distribution of the droplets exhaled by sneeze. *J R Soc Interface* 2013; 10: 20130560.
24. Kim KH et al. Isolation of *Clostridium difficile* from the environment and contacts of patients with antibiotic-associated colitis. *J Infect Dis* 1981; 143: 42-50.
25. Kosa KM et al. Consumer-reported handling of raw poultry products at home: results from a national survey. *J Food Prot* 2015; 78: 180-6.
26. Makison Booth C. Vomiting Larry: a simulated vomiting system for assessing environmental contamination from projectile vomiting related to norovirus infection. *J Infect Prev* 2014; 15: 176-80.
27. Makison Booth C et al. Potential distribution of viable norovirus after simulated vomiting. *J Hosp Infect* 2019; 102: 304-10.
28. Mathijs E et al. A review of known and hypothetical transmission routes for noroviruses. *Food Environ Virol* 2012; 4: 131-52.
29. Mbithi JN et al. Survival of hepatitis A virus on human hands and its transfer on contact with animate and inanimate surfaces. *J Clin Microbiol* 1992; 30: 757-63.
30. Mori K et al. Feasibility of viral dust infection via air movement and dispersion of dried viral particles from the floor. *J Med Virol* 2017; 89: 931-5.
31. Schuit M et al. Differences in the Comparative Stability of Ebola Virus Makona-C05 and Yambuku-Mayinga in Blood. *PLoS One* 2016; 11: e0148476.
32. Sofjan AK et al. Molecular epidemiology of toxigenic *Clostridioides difficile* isolates from hospitalized patients and the hospital environment in Dhaka, Bangladesh. *Anaerobe* 2020; 61: 102081.
33. Tuladhar E et al. Transfer of noroviruses between fingers and fomites and food products. *Int J Food Microbiol* 2013; 167: 346-52.
34. Zhang H et al. Documentary Research of Human Respiratory Droplet Characteristics. *Procedia Eng* 2015; 121: 1365-74.