

# Hygiene und Medizintechnik – Analyse des Potenzials der Infektionsprävention durch technische Maßnahmen

Dr. rer. nat. Sebastian Buhl  
Nicole Eschenbecher  
Kristin Albrecht  
Simon Woppert, B. Eng.  
Sabine Hentschel, B. Eng.  
Benjamin Rußwurm, B. Eng.  
Prof. Dr. med. Clemens Bulitta

## Zusammenfassung

Durch den starken Anstieg multiresistenter Keime in Kliniken weltweit gewinnt die Infektionsprävention immer mehr an Bedeutung. Aktuellen Untersuchungen der European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases (ECMID) zufolge sind in Europa jährlich rund 1,8 Millionen Fälle an nosokomialen Infektionen, davon in etwa 180.000 Fälle mit Todesfolge, zu verzeichnen.

Um potenzielle Infektionsrisiken für den Patienten zu verringern, sind auch technische Lösungen und Verbesserungen für die zahlreichen eingesetzten Medizinprodukte und Technologien erforderlich. Dies ist zunehmend ein Thema für Hersteller und Behörden und es gibt bereits erste Ansätze. So wird versucht durch Lüftungssysteme die Keimbelastung am Patienten während eines operativen Eingriffs so gering wie möglich zu halten. Zudem kommen in den Kliniken immer mehr speziell entwickelte medizintechnische Produkte zum Einsatz, welche entweder eine verbesserte Reinigbarkeit aufweisen oder antimikrobiell beschichtet sind. Weiterentwicklungen der Aufbereitungsprozesse, insbesondere für nicht steril oder keimarm zur Anwendung kommende Medizinprodukte mit Fokus auf Reinigung und Desinfektion, sind ein weiterer wichtiger Teil möglicher Präventionsmaßnahmen. Hier ist z. B. die relativ junge Technologie der Raumdekontamination mit Wasserstoffperoxid zu nennen.

Die oben genannten Ansätze und Technologien besitzen ein großes Potenzial zur Vermeidung nosokomialer Infektionen. Eine erste Aussage über die Qualität dieser hygienischen Verbesserungen kann durch mikrobiologische Standardmethoden getroffen werden. Mittels Luftkeimmessungen und Wirksamkeitsstudien lässt sich auf diese Weise der Nutzen für den Patienten und das klinische Personal einschätzen und es können Optimierungsmöglichkeiten erarbeitet werden. Dies ist ein zentraler Arbeitsgegenstand der Arbeitsgruppe Hygiene und Medizintechnik an der OTH Amberg-Weiden.

## Abstract

By the strong increase of multi-resistant germs in medical centers the infection prevention becomes more and more important worldwide. Latest investigations of the European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases (ECMID) revealed about 1.8 million cases of nosocomial infections in Europe with approximately 180,000 cases of death yearly.

To reduce potential infection risks for the patient also technical solutions and improvements are necessary for the numerous medical-technical products and technologies that are used. This is an increasing topic for manufacturers and the government and there are already first attempts. Thus, it is tried to reduce the germ load nearby the patient during the surgical intervention by air ventilation systems. Besides more and more especially developed medical-technical products are used in the medical centers which either show an improved cleanability or have an antimicrobial coating. Advancements in the preparation of notably non-sterile and low-germ used medical-technical products with focus on cleaning and disinfection are another important part of possible prevention measures. Here is to mention for example the relatively young technology of room-decontamination with hydrogen peroxide.

The above-mentioned approaches and technologies have big potential for the avoidance of nosocomial infections. A first statement about the quality of these hygienic improvements can be made by microbiological standard methods. By air sampling measurements and effectiveness studies the use for the patient and the clinical staff can be estimated in this manner and optimization possibilities can be compiled. This is a major subject of the workgroup hygiene and medical technology at Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden.

## Einleitung

Die Gefahren nosokomialer Infektionen haben große Bedeutung bezüglich des postoperativen Genesungsverlaufs und der Krankenhaushygiene im Allgemeinen. Veröffentlichungen des Robert-Koch-Instituts (RKI) zufolge erkrankten in Deutschland im Jahr 2008 ca. 225.000 Patienten an postoperativen Wundinfektionen.<sup>[1]</sup> Hierbei spielen die sogenannten Multiresistenten Erreger (MRE) eine immer größere Rolle, da eine Infektion mit diesen Erregern immer auch zu einer eingeschränkten Therapiemöglichkeit für den Patienten führt. Das Robert-Koch-Institut (RKI) stellt daher in seinem Bericht über das 3. Treffen des MRE-Netzwerks 2011 auch fest, dass eine fachgerechte Infektprävention für den Patienten dringend erforderlich ist.<sup>[2]</sup>

Mögliche Ansätze zur Prävention nosokomialer Infektionen lassen sich in drei Bereiche unterteilen. Der erste Bereich umfasst die Aufbereitung und Entkeimung der Raumluft mittels Raumlufttechnischer Anlagen (RLT). Grundsätzlich ist es z. B. wichtig, dass Partikel oder Erreger nicht von außen in den OP-Saal gelangen, damit eine mögliche Kontamination mit Keimen für den Patienten, das OP-Personal oder das medizinische Inventar ausgeschlossen werden kann. Eine Rolle spielt hierbei auch das optimale Design der medizintechnischen Geräte im Operationssaal (z. B. OP-Lampen), da diese mit den Lüftungssystemen interferieren können. Der Raum muss als ein Gesamtsystem betrachtet werden.

Ein zweiter Weg der Infektprävention liegt in der Herstellung von hygienisch optimal „konstruierten“ oder sogar von „per se“ antimikrobiellen medizintechnischen Produkten. Im ersten Fall wurden die Anforderungen der Reinigung und Desinfektion, also der Aufbereitung, bestmöglich berücksichtigt. Im zweiten Fall erfolgt die Ausstattung von Materialien mit antimikrobiell wirksamen Substanzen. Die antimikrobiell aktiven Oberflächen wurden in den letzten Jahren weiterentwickelt und basieren nicht mehr nur auf den klassischen Silberbeschichtungen, sondern basieren mit den sauren (AmiSTec-Technologie) oder fotokatalytischen Oberflächen auf neuen Technologien. Das Risiko einer Übertragung von Erregern vom medizintechnischen Gerät auf den Patienten bzw. mit dem Personal als Transportmedium kann so minimiert werden. Da außerdem die Verwendung innovativer Technologien und somit die Nutzung von Touchscreens und Smartphones im klinischen Umfeld weiter zunimmt, stellt die Übertragung dieser antimikrobiellen Technologien, z. B. auf Schutzfolien für solche Geräte, einen zusätzlichen Sicherheitszugewinn dar.

Eine weitere Möglichkeit für den Schutz des Patienten vor einer Krankenhausinfektion sind Konzepte der verbesserten Reinigung und Dekontamination. In erster Linie betrifft dies, wie oben bereits kurz angesprochen, Designentscheidungen bei der Entwicklung medizintechnischer

Produkte. Hierbei sollten im Rahmen einer systematischen „Hygiene-Risikoanalyse“ Problemstellen identifiziert und vermieden werden (unebene Oberflächen, Rollen, Spalten etc.).<sup>[3]</sup> Eine weitere relativ junge Technologie in diesem Zusammenhang sind Geräte zur kompletten Raumdekontamination. Bei diesen Systemen wird z. B. eine niedrigprozentige Wasserstoffperoxid-Lösung in einen zu dekontaminierenden Raum eingebracht und dadurch die mikrobiologischen Verunreinigungen großflächig reduziert. Da die Geräte für die Raumdekontamination mobil einsetzbar sind, ist diese Technik flexibel in unterschiedlichen Räumen (Patientenzimmer, OP-Räume, Intensivstationen) nutzbar.

Die oben genannten Ansätze bieten ein großes Potenzial zur Verminderung des Risikos einer nosokomialen Infektion für den Patienten. Mittels mikrobiologischen Standardmethoden kann die Wirkung dieser Techniken evaluiert und deren Nutzen für den Patienten beurteilt werden. Dies ist aktuell Gegenstand verschiedener Forschungsprojekte.

## Mikrobiologisches Monitoring in einem OP mit temperaturkontrolliertem directionalem Airflow

Speziell bei Operationen mit großen Wundflächen oder Implantationen von „Fremdkörpern“, beispielsweise beim Gelenkersatz (Hüfte, Knie), Implantationen von Osteosynthesematerial oder Herzklappen und Gefäßendoprothesen, besteht ein erhöhtes Risiko einer nosokomialen Infektion, im Sinne einer Wundinfektion. Daher verfügt der Standard-OP in Deutschland (gemäß Raumklasse I nach DIN 1946 Teil 4) typischerweise über eine Raumlufttechnische Anlage (RLT-Anlage), welche die einströmende Um- und Frischluft vorreinigt, temperiert und im Regelfall befeuchtet. Danach wird sie über einen Schwebstoff-Filter der Filterklasse H 13 zurück in den OP geführt. Es ist zu beachten, dass die Stabilität dieser Luftverdrängung im Operationsbereich durch die zunehmende Verwendung verschiedenster medizintechnischer Geräte gestört wird. Daher sollte bei der Entwicklung solcher Produkte und bei der technischen Planung solcher Räume auch dieser Aspekt mit beachtet werden.<sup>[4]</sup>

Im Forschungs-OP an der OTH Amberg-Weiden basiert die RLT-Anlage auf dem temperaturkontrollierten System Opron der Firma Avidicare AB aus Schweden. Die Effektivität dieses Systems wurde bereits im Vorfeld von uns durch CFD-Simulationen (Computational Fluid Dynamics) überprüft (siehe Abb. 1).

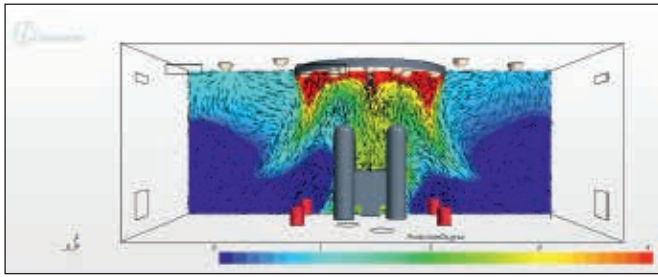


Abbildung 1: Schutzgradbestimmung im Forschungs-OP der OTH

Das Potenzial der Keimreduktion durch das Lüftungssystem wurde durch Luftkeimmessungen nach dem schwedischen Versuchsstandard (SIS-TS 39:2012) überprüft. Es wurde eine aktive Luftkeimsammlung mit einem Schlitzsammler (Klotz FH6) als Messmethode verwendet, wobei eine normierte Luftmenge von 1 m<sup>3</sup> bei einer Durchsatzgeschwindigkeit von 100 ml/min gemessen wurde. Für den Versuch wurden insgesamt sechs Messungen an drei unterschiedlichen Stellen im OP-Saal durchgeführt. Vor den Versuchen erfolgt eine Festlegung und Kennzeichnung der Messpunkte. Sowohl die Messpunkte der Luftkeimsammlung als auch die Anzahl und Aktivität der Personen während der Messungen sind von der SIS-TS 39:2012 vorgegeben, um eine möglichst wirklichkeitsnahe OP-Simulation darzustellen (siehe Abb. 2). Zur Auswertung und Beurteilung der luftgetragenen Mikroorganismen wurde eine Keimauszählung durchgeführt und die koloniebildenden Einheiten (Colony Forming Units) pro Kubikmeter Raumluft bestimmt (CFU/m<sup>3</sup>).

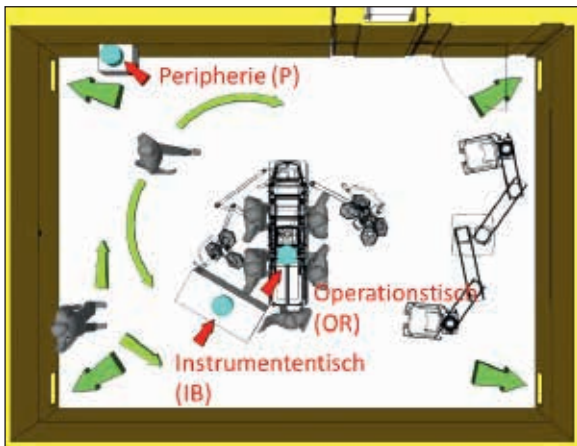


Abbildung 2: Messpunkte der Luftkeimmessungen (rote Pfeile) und Personenaktivität

Die Auswertung der Ergebnisse ergab eine sehr geringe Kontamination des OP-Saals während der Versuchsdurchführung. Auf dem Operationstisch konnte während der gesamten Versuchsdauer kein Keim nachgewiesen werden. Auch auf dem Instrumententisch lag die durchschnittliche Gesamtkeimzahl unter 1 CFU/m<sup>3</sup> und selbst in der Peripherie des Operationssaals wurde mit einem durchschnittlichen Wert von 3,7 CFU/m<sup>3</sup> eine sehr geringe Keimbelastung festgestellt. Zusammenfassend lag die

Keimzahl im gesamten Operationssaal während der Messung bei 1,3 CFU/m<sup>3</sup> (siehe Tabelle 1). Der geforderte Grenzwert für infektionsgefährdete Eingriffe liegt bei kleiner als 10 CFU/m<sup>3</sup>.

Tabelle 1: Ergebnisse der Luftkeimmessung

Nr.	Measuring point	CFU/plate	CFU/m <sup>3</sup>	Observations
Ref-	Not exposed	0		Reference plate negative after cultivation, OK
Ref+		2		Positive reference plate only displaying 2 cfu, OK
OP1	OR table	0	<1	
OP2	OR table	0	<1	
OP3	OR table	0	<1	Door opens
OP4	OR table	0	<1	Door opens x3
OP5	OR table	0	<1	Door opens
OP6	OR table	0	<1	
	<b>Mean value</b>	<b>0</b>	<b>&lt;1</b>	
IB1	Instrument table	1	1	
IB2	Instrument table	0	<1	
IB3	Instrument table	0	<1	Door opens
IB4	Instrument table	0	<1	Door opens x3
IB5	Instrument table	0	<1	Door opens
IB6	Instrument table	0	<1	
	<b>Mean value</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	
P1	Periphery	6	6	Location deliberately chosen close to one air exhaust
P2	Periphery	2	5	
P3	Periphery	5	5	Door opens
P4	Periphery	5	5	Door opens x3
P5	Periphery	4	4	Door opens
P6	Periphery	0	<1	
	<b>Mean value</b>	<b>3,7</b>	<b>3,7</b>	
	<b>Mean value in the whole OR</b>	<b>1,3</b>	<b>1,3</b>	

### Wasserstoffperoxid-Vernebelung zur Raumdekontamination

Das Risiko für Patienten, sich eine nosokomiale Infektionen zuzuziehen, ist vor allem im Operationssaal und auf der Intensivstation besonders hoch. Geschwächte Patienten und kritische Situationen bilden ein ideales

Umfeld für multiresistente Keime. Gerade in diesem hochsensiblen Bereich stellt Hygiene eine anspruchsvolle Aufgabe dar. Für keimarm und steril zur Anwendung kommende Medizinprodukte sind Reinigung und Desinfektion bzw. Sterilisation umfänglich geregelt (z. B. DIN 17644<sup>[5]</sup>). Für nicht steril zur Anwendung kommende Produkte fehlt diese strikte Regelung. Professionelle Lösungen, Überwachungen und wichtige Dokumentationen sind gefragt, wenn es darum geht, die Erwartungen an die Hygiene in einem Krankenhaus umzusetzen. Mit den Standardverfahren zur Reinigung und Desinfektion sensibler Bereiche werden viele Flächen nicht optimal erreicht (siehe Abb. 3). Zudem zeigen Studien des Bode-Science-Center dass herkömmliche Desinfektionstücher mit einem hohen Alkoholgehalt zum Beispiel für empfindliche Kunststoffe nicht geeignet sind und zu Spannungsrissbildungen führen können.<sup>[6]</sup>



Abbildung 3: Schwachpunkte einer manuellen Reinigung<sup>[7]</sup>

Als ergänzendes Verfahren ist seit einiger Zeit die Vernebelung von  $H_2O_2$  mit speziellen Systemen verfügbar. Die Systeme, die mit dem Verfahren der Wasserstoffperoxid-Vernebelung arbeiten, beruhen auf einem ähnlichen Prinzip. Je nach Hersteller unterscheiden diese sich lediglich durch die Konzentration des eingesetzten Mittels und der benötigten Einwirkzeit. Die dekontaminierenden Eigenschaften des Verfahrens wurden an der Hochschule mit einem Gerät der Firma Diop überprüft. Das DioProtection System (Diosol Generator) ist zusammen mit dem Desinfektionsmittel Diosol ein Kaltvernebelungsverfahren mit Wasserstoffperoxid und Silberionen. Das Gerät erzeugt ein schwebefähiges Aerosol, das im Raum verteilt wird. Nach einer Einwirkzeit von 90 Minuten kann der Raum wieder betreten werden.

Zur Analyse der Wirksamkeit des Systems wurden in einem Labor der Hochschule mikrobiologische Abstriche und Abklatschproben abgenommen und Luftkeimmessungen durchgeführt. Dies erfolgte an vergleichbaren Stellen sowohl vor als auch nach der Dekontamination. Der Diosol Generator wurde für den Versuch in der Ecke des Raums aufgebaut und die Luftkeime mittig im Raum gemessen (siehe Abb. 4).

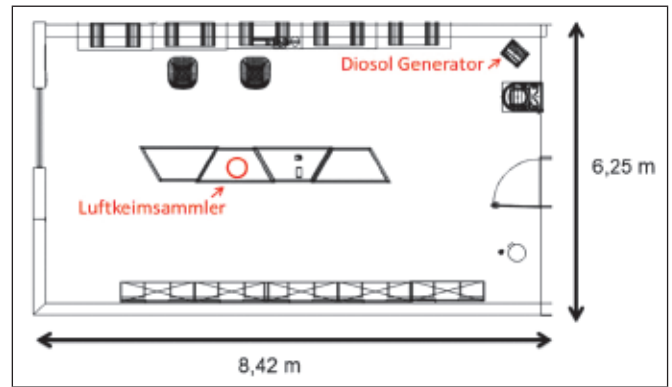


Abbildung 4: Schematischer Versuchsaufbau

Die Auswertung der Ergebnisse zeigte einen Effekt des Verfahrens bezüglich der Keimreduktion in der Raumluft. Bei der Luftkeimmessung konnte eine Reduktion der koloniebildenden Einheiten von ca. 74 % von 172 CFU auf 45 CFU festgestellt werden (siehe Abb. 5).

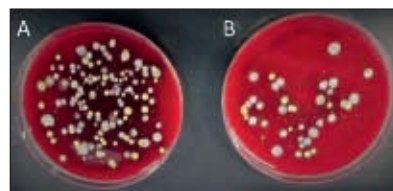


Abbildung 5: Kontrollplatten der Luftkeimmessung vor (A) und nach (B) der Dekontamination

Auch auf den getesteten Oberflächen konnte zumindest teilweise die Effektivität des Systems nachgewiesen werden. Während bei der getesteten Tastatur und am Gerät selbst eine starke Reduktion der Keimlast nachgewiesen wurde, konnte dies bei den Beprobungen in einem geschlossenen Schrank nicht gezeigt werden. Entgegen der Herstellerangaben liegt dies möglicherweise an der schlechten Zugänglichkeit des Aerosols in geschlossene Objekte. Bei bereits anfänglich niedrigen Keimzahlen kommt es zudem aufgrund der unterschiedlichen Messstellen zu teils höheren Werten nach der Dekontamination als vorher. Dies könnte als natürliche Schwankung gesehen werden (siehe Abb. 6).

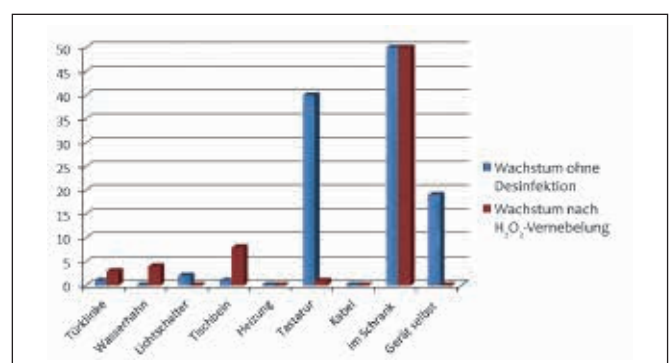


Abbildung 6: Keimzahlen (CFU) getesteter Oberflächen vor und nach Dekontamination



## Analyse der Wirksamkeit und Haltbarkeit antimikrobieller Oberflächen

Die bakterielle und virale Verunreinigung von Oberflächen unterschiedlichster Art spielt bei der Ausbreitung von Infektionen eine zentrale Rolle. In diesem Zusammenhang bergen insbesondere Kabel, Bedienelemente und Tastaturen von medizintechnischen Systemen sowie Krankenhausmöbel im Allgemeinen ein potenzielles Hygierisiko.

Vor diesem Hintergrund bietet der Einsatz von antimikrobiellen Oberflächen ein neuartiges Konzept, um für den Patienten ein möglichst keimfreies Umfeld zu schaffen. Amerikanische Studien konnten bereits 2013 einen positiven Effekt von Kupferoberflächen auf Infektionsraten in Intensivstationen zeigen.<sup>[8]</sup>

Im Rahmen unserer Versuchsreihen wurden die antimikrobielle Aktivität sowie die Effizienz der antimikrobiellen AMiSTec-Technologie mittels bakterieller Wirksamkeits- und Vergleichsstudien untersucht. Dieser basiert auf einer Verschiebung des pH-Wertes auf ca. 4,5 und führt somit zu einer resistenzunabhängigen protolytischen Eradikation der Mikroorganismen.<sup>[9]</sup> Um die Haltbarkeit des Beschichtungssystems zu bestimmen, wurden die Testmuster zudem einer Dauerbelastung unterzogen, welche einer Abnutzung der Oberfläche während der durchschnittlichen Lebenserwartung eines möglichen Endproduktes (in etwa 10 Jahre) entspricht. Hierfür wurden die Testmuster mit einer 0,5 % Incidin-Lösung wiederholt manuell wischdesinfiziert. Dies wurde bis zu einer Gesamtzahl von 10.000 Wischzyklen wiederholt.

Die Analyse der antimikrobiellen Aktivität erfolgte in Anlehnung an die JIS Z 2801, die gängige Norm für solche Prüfungen. Hierbei werden Testmuster mit einer bestimmten Konzentration an Bakterien kontaminiert und nach 24 Stunden die verbliebenen Keime auf der Oberfläche (CFU) bestimmt. Durch den Vergleich mit einer antimikrobiell unwirksamen Oberfläche lässt sich somit die Effektivität berechnen (siehe Abb. 7).

Die antimikrobielle Wirksamkeit wird berechnet nach der Formel: <b>Wirksamkeit = [log(A/B)]</b>	
A = Mittelwert der KBE/ml der Platte <u>ohne</u> antimikrobielle Beschichtung	
B = Mittelwert der KBE/ml der Platte <u>mit</u> antimikrobieller Beschichtung	
antibakterielle Aktivität	Keimreduktion (log KBE)
keine	< 0,5
leicht	≥ 0,5 bis 1
signifikant	≥ 1 bis < 3
stark	≥ 3

Abbildung 7: Berechnungsgrundlage zur Bewertung der antimikrobiellen Aktivität

Die Auswertung der Versuche ergab eine starke Aktivität der antimikrobiellen AMiSTec-Oberflächen mit einem Wirksamkeitsfaktor von 3,97. Vergleichsstudien mit einer klassischen silberbeschichteten Oberfläche zeigten, dass diese bei einem Wert von 2,14 eine deutlich schlechtere Wirksamkeit aufweist (siehe Abb. 8).

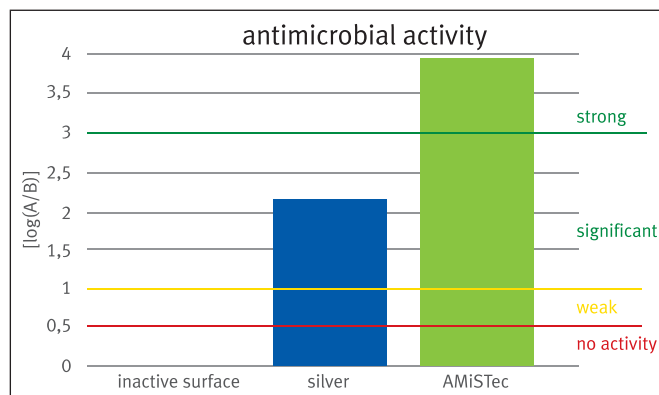


Abbildung 8: antimikrobielle Wirksamkeit der AMiSTec-Oberfläche im Vergleich zu einer Silberbeschichtung

Bei der Vergleichsmessung einer unbehandelten antimikrobiellen AMiSTec-Oberfläche mit dem wischdesinfizierten Testmuster zeigte sich keine Beeinträchtigung der Wirksamkeit. Selbst nach 10.000 Zyklen der manuellen Wischdesinfektion lag der Wert der Wirksamkeit bei 3,34 und damit bei exakt dem Wert, welcher bei diesem Versuchsdurchgang mit der unbehandelten AMiSTec-Probe erreicht wurde (siehe Abb. 9).

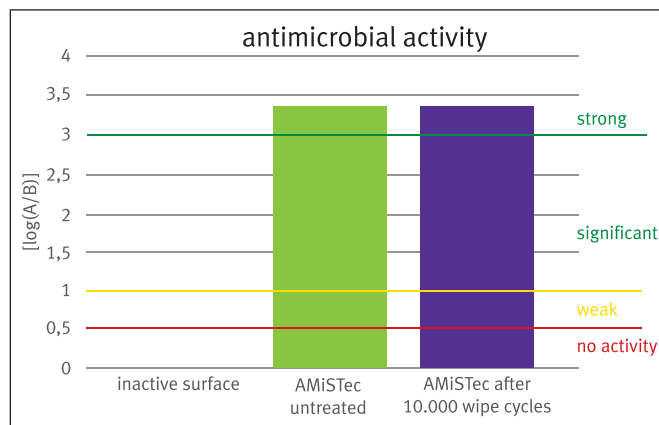


Abbildung 9: Vergleich der antimikrobiellen Wirksamkeit der AMiSTec-Oberfläche vor und nach Dauerbelastung

Analog zu den oben genannten Untersuchungen wurde außerdem die Wirksamkeit von antibakteriellen Schutzfolien für Smartphones und Touchscreens überprüft. Da diese Geräte immer mehr Verwendung im Klinikalltag finden, wäre dies eine gute Schutzmaßnahme zur Vermeidung von möglichen Schmierinfektionen. Hilfreich wäre dies auch zum Schutz von Displays und Monitoren vor Kontamination. Zwei Schutzfolien wurden hierfür wischdesinfiziert und in sterile Petrischalen eingeklebt.

Anschließend erfolgte die Testung nach Vorgabe der JIS Z 2801 (siehe Abb. 10).

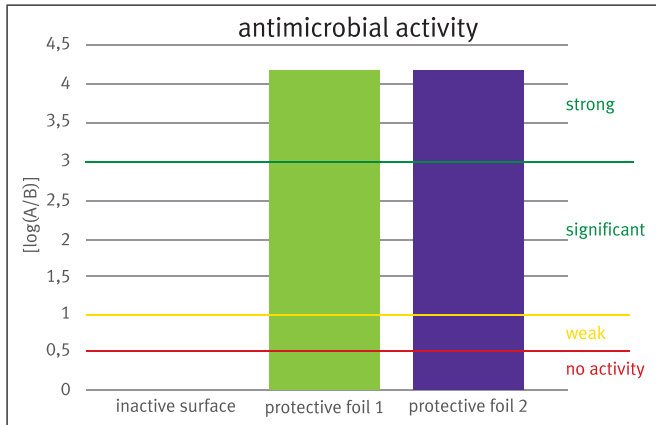


Abbildung 10: Antimikrobielle Wirksamkeit der getesteten Schutzfolien

Auch bei diesen Tests konnte die antimikrobielle Wirksamkeit festgestellt werden. Beide getesteten Varianten der Displayschutzfolien zeigten mit einem Wert der Wirksamkeit von 4,2 einen starken Effekt.

## Fazit

Unsere Untersuchungen zeigen ein großes Potenzial verschiedener Technologien und technischer Konzepte im Hinblick auf die Prävention nosokomialer Infektionen. Durch die Keimreduktion auf Oberflächen, in Klinikräumen sowie der Raumluft im Operationsaal verringert sich die Gefahr für den Patienten, mit potenziell pathogenen Erregern in Kontakt zu kommen. Aufgrund der Komplexität des Themenfelds sind jedoch weitere Untersuchungen notwendig, um den tatsächlichen Einfluss der Methoden im klinischen Umfeld zu untersuchen und diese nicht nur unter Laborbedingungen zu evaluieren. Messungen zur Keimreduktion in einer patientennahen Umgebung sowie an medizintechnischen Produkten sind daher als nächste logische Schritte geplant.

---

## Literaturverzeichnis

- [1] Epidemiologisches Bulletin Nr. 36; 13.09.2010
- [2] Bundesgesundheitsblatt 2012
- [3] Bulitta et. al., mt-medizintechnik 03/15; S. 92 – 95
- [4] <http://www.admeco.ch/Htdocs/Files/v/8151.pdf/ADMECOAREAENDE1.pdf>
- [5] DIN 17664:2004, Sterilisation von Medizinprodukten
- [6] <http://www.bode-science-center.de/science/studien/article/studie-ist-eine-schnelldesinfektion-von-mobilenelektronischen-geraeten-ohne-schaeden-moeglich.html>
- [7] [http://www.deconidi.ie/html/conf/wfhss-conference-2012/lectures/wfhss\\_conf20121121\\_lecture\\_sp\\_s701\\_en.pdf](http://www.deconidi.ie/html/conf/wfhss-conference-2012/lectures/wfhss_conf20121121_lecture_sp_s701_en.pdf)
- [8] Salgado et al., Infect Control Hosp Epidemiol 2013; 34(5):000-000
- [9] <http://www.amistec.at/technologie.htm>

## Kontakt:



**Dr. rer. nat. Sebastian Buhl**

Ostbayerische Technische  
Hochschule (OTH) Amberg-Weiden  
Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen  
Hetzenrichter Weg 15  
92637 Weiden

se.buhl@oth-aw.de



**Nicole Eschenbecher**

Ostbayerische Technische  
Hochschule (OTH) Amberg-Weiden  
Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen  
Hetzenrichter Weg 15  
92637 Weiden



**Kristin Albrecht**

Ostbayerische Technische  
Hochschule (OTH) Amberg-Weiden  
Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen  
Hetzenrichter Weg 15  
92637 Weiden



**Simon Woppert, B. Eng.**

Ostbayerische Technische  
Hochschule (OTH) Amberg-Weiden  
Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen  
Hetzenrichter Weg 15  
92637 Weiden



**Sabine Hentschel, B. Eng.**

Ostbayerische Technische  
Hochschule (OTH) Amberg-Weiden  
Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen  
Hetzenrichter Weg 15  
92637 Weiden



**Benjamin Rußwurm, B. Eng.**

Ostbayerische Technische  
Hochschule (OTH) Amberg-Weiden  
Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen  
Hetzenrichter Weg 15  
92637 Weiden



**Prof. Dr. med. Clemens Bulitta**

Ostbayerische Technische  
Hochschule (OTH) Amberg-Weiden  
Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen  
Studiengangsleiter und Studienfachberater  
im Studiengang Medizintechnik  
Hetzenrichter Weg 15  
92637 Weiden

c.bulitta@oth-aw.de