


## Fazit

FeWIS mit seinen verschiedenen Informationsangeboten dient dem Hauptziel, zuständigen Behörden und Einrichtungen rechtzeitig Kenntnis über gefährliche Wetterentwicklungen zu geben und damit Maßnahmen zur Gefahrenabwehr und zur Minimierung wirtschaftlicher Schäden optimal zu unterstützen. 

Anschrift der Verfasserin:

Gerlinde Angerhöfer

DWD, RZ Leipzig

Kärnerstraße 68, 04288 Leipzig

Tel.: 034297/989-101, E-Mail: Gerlinde.Angerhoefer@dwd.de

**Dipl.-Met. Gerlinde Angerhöfer**

Jahrgang 1950



1969 - 1974: Studium der Meteorologie an der Humboldt Universität Berlin

Seit 1974: Tätigkeit beim Wetterdienst

Seit 1995: Tätigkeit im Bereich Wettervorhersage, RZ Leipzig

Seit 1997: Leiterin Wissenschaftlicher Betriebsdienst

Seit 2010: Beauftragte Feuerwehren/Hilfsorganisationen

# Raum- & Materialdekontamination mit H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Dampf

Zum Umzug des Bundeswehrkrankenhauses Hamburg in das neue Bettenhaus

Dr. Bernhard Klein, Michael Mohr\*, Manuela Urbach, Günther Mügge  
(\*Schülke & Mayr GmbH)

**N**ach vierjähriger Bauzeit wurde im Juli 2013 das neue Bettenhaus am Bundeswehrkrankenhaus Hamburg fertig gestellt. Neben den bettenführenden Abteilungen verfügt das Krankenhaus u. a. über eine moderne Intensivstation mit angeschlossener Intermediate Care (IMC), eine Zentrale Notaufnahme und künftig einen Linksherzkathetermessplatz.

Bis zur Inbetriebnahme im Jahre 2013 stellten sich zahlreiche Herausforderungen, auch insbesondere für die Krankenhaushygiene. Denn, dass die Krankenhausumgebung eine potentielle Quelle für Infektionen darstellt, ist heute hinlänglich nachgewiesen. Zahlreiche wissenschaftliche Untersuchungen belegen, dass in deutschen Krankenhäusern im Durchschnitt vier bis fünf Prozent nosokomiale Infektionen (Quelle) - also durch Mikroorganismen hervorgerufene Infektionen, die im zeitlichen Zusammenhang mit einem Krankenhausaufenthalt stehen - pro 100 stationäre Aufnahmen auftreten können. Auch ist heute bekannt, dass viele der für nosokomiale Infektionen verantwortlichen Mikroorganismen lange Lebensdauern auf unbelebten Flächen aufweisen.

Ausgestattet mit diesem Hintergrundwissen, galt es daher, folgende hygienisch relevanten Fragen zu klären:

- Wie kann ein Eintrag der mikrobiologischen Belastung des Altbaus in den Neubau durch medizinisches Gerät und Umzugsinventar auf ein Minimum reduziert werden?
- Wie können die Behandlungsräume und Patientenzimmer der hygienisch sensiblen Bereiche inkl. der schon eingebauten Medizintechnik im Neubau lückenlos gereinigt und desinfiziert und somit die bekanntermaßen hohe Keimbelastung nach Baumaßnahmen entfernt werden?

Allein mit konventionellen Reinigungs- und Desinfektionsverfahren kann eine vollständige Dekontamination der Räume und des Materials zumeist nicht erzielt werden. Vor diesem Hintergrund erschien ein kombinierter Einsatz konventioneller und neuartiger Dekontaminationsmethoden sinnvoll. Eine Methode, die zur Desinfektion schwer erreichbarer Oberflächen bereits in anderen Bereichen (Pharmazie/Lebensmittelindustrie) eingesetzt wird, ist die Verdampfung von Wasserstoffperoxid (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Der Einsatz dieses Verfahrens im Rahmen eines Krankenhausumzugs ist bis zu die-

sem Zeitpunkt und in diesem Umfang noch nicht erfolgt. Angesichts dieser Herausforderung galt es zunächst, auf dem zivilen Markt einen Anbieter zu finden, der diese spezielle Dienstleistung bereitstellen konnte. Mit der Firma Schülke & Mayr GmbH aus Norderstedt, einem langjährigen Vertragspartner der Bundeswehr, wurde im Jahr 2012 ein Unternehmen gefunden, dessen Knowhow und Technik eine Desinfektion in diesem Umfang möglich gemacht hat.

Der Chefarzt des Bundeswehrkrankenhauses Hamburg förderte frühzeitig alle hygiene relevanten Maßnahmen in Vorbereitung des Bezuges des neuen Bettenhauses und gab den Startschuss für das Projekt „Hygieneschleuse“.

## Prinzip der HPV-Technologie

Die HPV-Technologie ist ein besonders effektives und umweltfreundliches Verfahren zur Desinfektion von Oberflächen in Räumen und von Geräten. HPV steht für Hydrogen Peroxide Vapour, d. h. Wasserstoffperoxiddampf wird auf die zu desinfizierenden Oberflächen gebracht und sorgt so für die hervorragende mikrobiologische Wirksamkeit. Benötigt wird dafür ein HPV-Generator und 30 %iges H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Dieses sollte hochrein sein, um Rückstände auf der Verdampfeinheit zu vermeiden.

Im HPV-Generator wird ein konstanter Volumenstrom von 30 %igem Wasserstoffperoxid auf die integrierte Verdampferplatte getropft. Bei Auftreffen des Tropfens auf die heiße Platte kommt es zu einer schlagartigen Verdampfung des kompletten Tropfens. Ein Luftstrom, der über die Verdampferplatte geführt wird, nimmt den Dampf auf und verteilt ihn mit Hilfe von Ventilationssystemen im zu desinfizierenden Raum. Die H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Konzentration in der Raumluft wird nun so lange erhöht, bis der Taupunkt erreicht ist und es zur Mikrokondensation auf allen Oberflächen kommt und sich ein geschlossener Oberflächenfilm gebildet hat, denn erst dann ist eine schnelle und umfangreiche Wirksamkeit möglich. Nach Abschluss des eigentlichen Desinfektionsprozesses wird das H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> katalytisch über einen Aktivkohlefilter in Wasser und Sauerstoff abgebaut. Der gesamte Prozess wird über eine entsprechende Steuerung unter permanenter Überwachung der Raumparameter, wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit und H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Konzentration gesteuert und überwacht.

Wasserstoffperoxid hat ein hohes Oxidationspotential und führt aufgrund der Bildung von freien Radikalen zu einer schnellen Wirksamkeit gegenüber den meisten Mikroorganismen. Der Angriff des H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> erfolgt auf unterschiedliche Weise, wie z. B. auf die Bakterienzelle, die Zellwand oder das Cytoplasma, sowie die DNA/RNA. In diversen Untersuchungen wurde eine umfangreiche Wirksamkeit gegen Bakterien, Pilze, Viren und Sporen nachgewiesen.

Die Bio-Dekontamination teilt sich in vier Phasen, die Konditionierung des Gerätes, die Begasung des Raumes, die Haltezeit und die Belüftung bzw. der katalytischer Abbau des H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (s. Abb. 1).

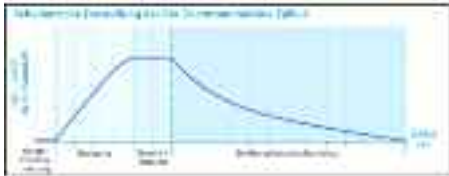


Abb. 1: Schematische Darstellung des Bio-Dekontaminationszyklus.

In der Konditionierungsphase fährt das System hoch. Die Umgebungsparameter, wie Raumtemperatur und relative Luftfeuchtigkeit, werden gemessen und der Verdampfer wird vorgeheizt. Für die nachfolgenden Phasen ist keinerlei Konditionierung der Raumluft erforderlich. Es müssen weder die Luftfeuchtigkeit noch die Temperatur zeitaufwändig eingestellt werden. Optimale Bedingungen für einen störungsfreien Prozess sind eine Raumluftfeuchtigkeit von 25 - 75 % und eine Raumtemperatur zwischen 15 °C und 35 °C.

In der folgenden Begasungsphase wird die 30 %ige H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Lösung mit konstanter Injektionsrate auf die Verdampferplatte getropft und dort schlagartig verdampft. Ein über den Verdampfer geführter Luftstrom nimmt das H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> auf und der nun warme H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Dampf wird in den Raum geblasen. Dort kühlt der Dampf auf Raumtemperatur ab. Durch interne Ventilatoren wird der Dampf im Raum gleichmäßig verteilt. Die Begasung erfolgt so lange, bis es zur Mikrokondensation auf allen Oberflächen gekommen ist. Es ist sicherzustellen, dass alle Oberflächen mit dem H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Dampf in Kontakt kommen.

Während der anschließenden Einwirkzeit entfaltet das H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> durch die gleichmäßige Mikrokondensation auf allen Oberflächen seine volle Wirksamkeit und führt zu einer 6 log Keimreduktion, selbst bei Sporen (*Geobacillus stearothermophilus*). Während der Einwirkzeit wird zur Aufrechterhaltung des Taupunktes auch weiter H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> verdampft, um das sich auf den Oberflächen gleichmäßig kondensierende H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> zu ersetzen und die Konzentration in der Luft konstant zu halten. Die Einwirkzeit beträgt 20 Minuten und ist so festgelegt, dass ein gewisses Sicherheitspolster enthalten ist.

Die abschließende aber auch längste Phase ist die Belüftungsphase. Hier wird der H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Dampf umweltfreundlich und rückstandsfrei über einen Aktivkohlefilter katalytisch in die Bestandteile Wasser und Sauerstoff zerlegt. Der H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Abbau erfolgt erst relativ schnell und dann immer langsamer. Dieses hängt damit zusammen, dass bei konstantem Luftstrom eine immer geringere Konzentration an H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> über den Katalysator geleitet wird. Weiter muss aber auch das H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> von den Flächen (Mikrokondensation) wieder in die Gasphase übertreten.

Um erfolgreich eine Desinfektion mit dem HPV-Verfahren durchführen zu können, müssen eine Reihe von Rahmenbedingungen eingehalten werden. Die Lüftung des zu begasenden Raumes muss abgeschaltet bzw. die Luften- und -auslässe abgedichtet werden. Die Türen sowie alle weiteren Öffnungen müssen dicht



Abb. 2: Bioindikatoren.

verschlossen bzw. abgeklebt werden. Es darf kein Luftaustausch nach außerhalb des Raumes erfolgen. Große Temperaturunterschiede der Oberflächen sind zu vermeiden, da es auf sehr kalten Oberflächen zu einer unerwünscht verstärkten Kondensation und auf warmen Oberflächen im Extremfall zu keiner Kondensation kommt. Saugfähige Materialien sind aus den Räumen zu entfernen, da diese größere Mengen H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> aufnehmen können und es dann zu einer längeren Ausgasungsphase kommt. Der HPV-Generator ist möglichst in der Raummitte aufzustellen, um eine gleichmäßige Dampfverteilung zu erreichen. Das Bedienpult wird über ein Flachbandkabel mit dem HPV-Generator verbunden und vor der Tür platziert. Einrichtungen und Geräte sind so einzubringen, dass alle Oberflächen gut vom H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Dampf erreicht werden können. Schranktüren und Schubladen sind zu öffnen.

Vor dem Start des Zyklus wird die Tür abgeklebt und es dürfen keine Personen in dem Raum verbleiben. Dann kann der vorprogrammierte Zyklus gestartet werden. Mit einem H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Handmessgerät kann während des Zyklus überprüft werden, ob es Undichtigkeiten gibt. Weiter wird mit dem Handmessgerät nach Beendigung des Zyklus geprüft, ob der Arbeitsplatzgrenzwert von 0,5 ppm für H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> unterschritten wird und der Raum nun wieder betreten werden kann.

Der Erfolg bzw. die Wirksamkeit eines Begasungszyklus kann relativ einfach mit entsprechenden Bioindikatoren nachgewiesen werden. Hierfür kommen Bioindikatoren mit *Geobacillus stearothermophilus* (6 log) zum Einsatz. Nach Abschluss der Begasungsmassnahme werden die Sporenplättchen in eine Casein/Soja Pepton Bouillon gegeben und für sieben Tage bei 60° C bebrütet. Eine Trübung der Bouillon zeigt Keimwachstum, bei einer klaren Lösung sind die Keime komplett abgetötet worden.

Da die endgültige Auswertung der Bioindikatoren sieben Tage dauert, kann mit Hilfe von Chemischen Indikatoren ein Vorabergebnis ermittelt werden. Spezielle Indikatoren ermöglichen eine Einschätzung der erreichten log-Reduktion unmittelbar nach Beendigung des Zyklus (s. Abb. 3).



Abb. 3: Chemische Indikatoren.

## Planungsphase

Der Kreis der Projektteilnehmer mit Personen aus den Bereichen Medizintechnik, Krankenhaushygiene, Infrastruktur und der Firma Schülke & Mayr GmbH traf sich zu ersten Planungsgesprächen. Der vom Projektteam erstellte Ablaufplan hatte die Vorgaben des Umzugsbefehls zu berücksichtigen. Es wurden 20 Funktions- und Patientenzimmer aus den hygienisch sensiblen Bereichen für die Raumdekontamination identifiziert (s. Tab. 1).

Tab. 1: Raumdekontamination.

| Raumdekontamination  |  |
|----------------------|--|
| Intensivstation      | 10 Patientenzimmer                                 |
| Intermediate Care    | 5 Patientenzimmer                                  |
| Zentrale Notaufnahme | 4 Schock- und Eingriffsräume<br>1 Isolationszimmer |

Tab. 2: Materialdekontamination.

| Materialdekontamination                         |                            |
|---|----------------------------|
| Betten & Matratzen                              | je 300 (150 vor dem Umzug) |
| Nachtschränke                                   | 300 (150 vor dem Umzug)    |
| Medizinisches & pflegerisches Gerät             | ca. 440                    |
| EDV-Material (Rechner, Monitor, Maus, Tastatur) | je 110                     |
| Sonstiges (z. B. Kühlschränke)                  | 20                         |

Die für die Materialdekontamination notwendigen Räumlichkeiten, zwei Schleusenzimmer im Neubau, wurden festgelegt und die Transportwege des Materials dementsprechend definiert. Mit Hilfe der am Umzug betroffenen Abteilungen wurden erste Kalkulationen hinsichtlich der Art und der Anzahl des zu schleusenden Materials aufgestellt (s. Tab. 2).

Das Material musste in einer vorher festgelegten, bedarfsorientierten Reihenfolge dekontaminiert werden, da direkt nach dem Umzug einer Abteilung die sofortige Arbeitsbereitschaft der selbigen in der neuen Infrastruktur gefordert war.

## Projektstart

Sechs Wochen vor dem festgelegten Umzugstermin wurde das Dekontaminationsgerät Bioquell Z-2 mit Zubehör und Verbrauchsmaterial angeliefert. Gemäß Vereinbarung erfolgte die Einweisung von acht Personen aus dem Projektteam in die Handhabung und Bedienung des Gerätes durch einen Techniker der Firma Schülke & Mayr GmbH. Ziel war es, eigene Mitarbeiter in die Handhabung der technischen Geräte einzuweisen. Anschließend erfolgte eine Detaileinweisung in die Raum- und Materialvorbereitung, damit diese die erforderlichen Dekontaminationen selbstständig durchführen konnten.

Somit wurde die erforderliche Flexibilität in der Durchführung der Prozesse erzielt und die Gesamtdauer des Projektes verkürzt. Durch die Anwesenheit eines Technikers der Firma Schülke & Mayr GmbH in der ersten Betriebswoche konnte gezielt und gesteuert der Dekontaminationsprozess durchgeführt werden. Für die Folgezeit war ein technischer sofort Vorort-Support zur Behebung möglicher Probleme und Fragestellungen sichergestellt.

## Projektdurchführung

Die Dekontamination der vorgesehenen Räume und der Gerätschaften in der Schleuse erfolgte über einen Zeitraum von insgesamt 13 Wochen. Da zum großen Teil mit eigenem Personal gearbeitet wurde, konnte die Dekontamination sehr flexibel den täglichen Umständen angepasst werden.

Begonnen wurde mit der Dekontamination der Räume, die dazu entsprechend vorbereitet werden mussten.

Die wichtigste Maßnahme war das Abdichten der Zu- und Abluft-einlässe. Dieses wurde zum Teil durch das Anbringen spezieller Dichtplatten oder durch gezieltes Abkleben erreicht.



Abb. 4: Schleuse 2.

Schranktüren und Schubladen wurden geöffnet und das vorhandene Inventar so platziert, so dass eine Dekontamination aller Oberflächen ermöglicht wurde. Anschließend wurden Bio- und Chemische Indikatoren an verschiedenen Stellen (möglichst schwer zu desinfizierende Positionen des Raumes und der Geräte) angebracht und der HPV-Generator entsprechend für jeden Raum programmiert.

Nach Abschluss aller vorbereitenden Maßnahmen wurden die Räume verschlossen und die Schilder angebracht, damit während der Begasungszyklen keiner diese Räume betreten konnte. Nach Beendigung eines Begasungszyklus wurde die H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Konzentration im Raum mit einem Handmessgerät überprüft und durfte erst wieder betreten werden, wenn die Konzentration unterhalb von 0,5 ppm H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Arbeitsplatzgrenzwert) lag. Anschließend wurden die Indikatoren entnommen. Die Chemischen Indikatoren konnten unmittelbar nach der Entnahme ausgelesen werden und zeigten bei allen Räumen eine erfolgreiche Dekontamination der Oberflächen an. Die endgültige Bewertung konnte allerdings erst nach Auswertung der Bioindikatoren im mikrobiologischen Labor der Firma Schülke & Mayr GmbH erfolgen. Das Ergebnis war in allen Fällen positiv, keiner der Bioindikatoren zeigte ein Wachstum. Somit sind alle 20 Raumdekontaminationen erfolgreich durchgeführt worden.

Ähnlich wie die Raumdekontamination wurde auch die Materialdekontamination in zwei verschiedenen Räumen (Schleusen) durchgeführt. Die Zu- und Ablufteinlässe wurden abgeklebt und der HPV-Generator wurde für die jeweilige Schleuse vorprogrammiert.

In der Schleuse 1 (ca. 42 m<sup>2</sup>) wurden hauptsächlich die Betten, Matratzen und Nachtschränke dekontaminiert. Die Matratzen wurden so platziert, dass alle Oberflächen von dem H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Dampf erreicht werden konnten und die Türen und Schubladen der Nachtschränke wurden geöffnet. Auch hier wurden bei jedem Zyklus Bioindikatoren und Chemische Indikatoren ausgelegt. Die Tür wurde vor dem Zyklusstart abgeklebt und ein Warnschild angebracht. Nach dem Ende des Zyklus wurde vor dem Wiederbetreten des Raumes der H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Gehalt in der Raumluft gemessen. Insgesamt wurden in dieser Schleuse 43 Begasungszyklen gefahren. Die unmittelbare Auswertung der Chemischen Indikatoren ergab ebenso wie die Auswertung der Bioindikatoren im mikrobiologischen Labor der Firma Schülke & Mayr GmbH in allen Fällen eine erfolgreiche Bio-Dekontamination.

Die Schleuse 2 (ca. 21 m<sup>2</sup>) wurde in erster Linie für die Materialdekontamination des medizinischen und pflegerischen Gerätes und des weiteren Materials eingesetzt. Um alle vorgesehenen Geräte zu dekontaminieren waren in dieser Schleuse 36 Begasungszyklen notwendig. Die Durchführung erfolgte analog zur Schleuse 1.

Auch hier ergab die Auswertung der Indikatoren in allen Fällen eine erfolgreiche Dekontamination (Abb. 4).


Neben der mikrobiologischen Wirksamkeit war auch die Frage der Materialverträglichkeit von großer Bedeutung. Aufgrund der bisherigen Erfahrungen mit der HPV-Technologie wurden keine Materialprobleme, auch nicht mit der zum Teil empfindlichen Elektronik, erwartet. Nach Abschluss aller Dekontaminationsdurchläufe konnte auch hier ein positives Ergebnis festgestellt werden. In keinem der bio-dekontaminierten Räume kam es zu Schäden, auch nicht an den aufbereiteten Gerätschaften. Selbst die beiden Schleusenräume (43 bzw. 36 Begasungszyklen) haben keinerlei Schaden genommen. Somit hat sich die außerordentlich gute Materialverträglichkeit der HPV-Technologie bestätigt.

## Fazit

Es hat sich gezeigt, dass das Verfahren sehr einfach anzuwenden und sehr flexibel zu handhaben ist. Die Bedienung der Geräte ist unkompliziert und schnell zu erlernen. Die Vorbereitung der Räume und die Aufstellung der Gerätschaften wird nach entsprechender Einweisung ohne Probleme schnell zur Routine. Für einen reibungslosen Ablauf ist die Mitarbeit aller Abteilungen des Hauses zwingend erforderlich und hat sich im Bundeswehrkrankenhaus besonders bewährt.

Durch die Verwendung von Bioindikatoren kann eine erfolgreiche Dekontamination aller Räume und Gerätschaften nachgewiesen werden und somit ein sehr niedriger Keimstatus im neuen Bettenhaus garantiert werden.

Positiv herauszustellen ist, dass nach der Dekontamination alle technischen Geräte funktionsfähig und einsatzbereit geblieben sind.

Für die Zukunft ist geplant, dieses Verfahren für sensible Bereiche (z. B. Intensivstation, Schockräume) im Bundeswehrkrankenhaus Hamburg einzuführen. In regelmäßigen Abständen und nach Entlassung von Patienten mit infektiösen Krankheiten soll das HPV-Verfahren zusätzlich zu der normalen Wischdesinfektion eingesetzt werden. 

Literatur bei den Verfassern.

Anschrift für die Verfasser:  
Oberarzt Dr. Bernhard Klein  
Bundeswehrkrankenhaus Hamburg  
Orthopädie und Unfallchirurgie  
Lesserstraße 180, 22049 Hamburg  
E-Mail: bernhard1klein@bundeswehr.org

### Oberarzt Dr. med. Bernhard Klein

geb. am 30. Mai 1958 in Saarbrücken



1977: Abitur in Bonn  
1978 - 1980: Wehrdienst als SaZ 2 im Mannschaftsdienstgrad als Fernmelder in Köln und Brunssum/NL  
1980 - 1986: Studium der Humanmedizin Universität Würzburg und Köln  
1986: Approbation  
1986 - 1989: Assistenzarzt Chirurgische Universitätsklinik Köln  
1989: Wiedereintritt in die Bundeswehr als Stabsarzt und chirurgischer Assistent am Bundeswehrkrankenhaus Hamburg

1993: Anerkennung als Facharzt für Chirurgie

2000: Anerkennung der Schwerpunktsbezeichnung Unfallchirurgie

2006: Anerkennung als Facharzt für Orthopädie und Unfallchirurgie

2006: Ernennung zum leitenden Arzt Abteilung Orthopädie und Unfallchirurgie am Bundeswehrkrankenhaus Hamburg

# schülke



**Reiner Dampf! Reine Hygiene!**  
Bio-Dekontamination von Räumen und Inventar durch Hydrogen Peroxide Vapour (HPV) Technologie.  
Desinfektionsmittel vorsichtig verwenden. Vor Gebrauch stets Etikett und Produktinformationen lesen.

Rufen Sie uns an und erfahren Sie mehr, oder fordern Sie sich unsere Informationsbroschüre ab!