

Proaktive Bekämpfung von Superbakterien: Innovation und Zusammenarbeit bei der Biodekontamination mit verdampftem Wasserstoffperoxid

Nach Schätzungen eines unabhängigen Berichts vom Jahr 2014, der vom Vereinigten Königreich in Auftrag gegeben wurde, könnten arzneimittelresistente Infektionen bis 2050 zu 10 Millionen Todesfällen führen und über 100 Billionen USD kosten. (Siehe: „[Antimicrobial Resistance: Tackling a Crisis for the Health and Wealth of Nations](#)“) Arzneimittelresistente Infektionen oder sogenannte Superbakterien umfassen Methicillin-resistenten Staphylococcus aureus (MRSA), Vancomycin-resistenten Enterokokkus (VRE), Clostridium-difficile (C. difficile), Candida auris und andere resistente Organismen. Als Antwort auf dieses aufkommende Problem wurde vom Generalsekretär der Vereinten Nationen 2016 die Interagency Coordination Group (IACG) zur Antibiotikaresistenz ins Leben gerufen. Die IACG erstellte ihren Bericht im April 2019 für die Vereinten Nationen unter dem Titel „[No time to Wait: Securing the future from Drug-resistant Infections](#)“.

Innovation und Zusammenarbeit

Der Bericht enthält fünf Empfehlungen zur Bekämpfung der Bedrohung durch Antibiotikaresistenzen (AMR), darunter: „Innovationen für eine sichere Zukunft“ und „Zusammenarbeit für effektivere Maßnahmen“. In Finnland finden Zusammenarbeit und Innovation zur Bekämpfung arzneimittelresistenter Krankheitserreger zwischen dem VTT Technical Research Centre of Finland Ltd, Cleamix, Hersteller tragbarer Wasserstoffperoxid-Dampferzeuger, und Vaisala Oyj, Hersteller industrieller Messsysteme und -sensoren, statt.

Diese besondere Geschichte der Innovation beginnt damit, dass die finnische Luftwaffe nach einem Weg suchte, biologische Toxine und als Waffe benutzte Mikroorganismen zu zerstören. Das US-Militär hatte bereits viel Vorarbeit geleistet und das Ergebnis war, dass verdampftes Wasserstoffperoxid als Biodekontaminationsmittel wirksam sein kann.

Das Problem aber war, dass die meisten im Handel erhältlichen

H₂O₂-Dampferzeuger zu groß waren, um vor Ort eingesetzt zu werden. Das finnische Militär wandte sich daher an die wissenschaftliche Gemeinschaft, um einen Dampferzeuger zu finden, der tragbar, kostengünstig und in der Lage ist, ausreichend Wasserstoffperoxid zu erzeugen.

Der finnische Gerätehersteller Cleamix wurde gegründet, um das Problem anzugehen. Es wurde ein leichter Dampferzeuger entwickelt, der ausreichende Dampfmen gen mit den erforderlichen Wasserstoffperoxidkonzentrationen erzeugen kann. Um jedoch sicherzustellen, dass der Dampf Mikroorganismen wirksam zerstört, musste Cleamix sein Gerät so konzipieren, dass die richtige Konzentration an H₂O₂-Dampf über einen bestimmten Zeitraum angegeben wird. Dies erforderte einen Sensor, der sowohl die Konzentration von Wasserstoffperoxid dampf als auch andere kritische Prozessparameter messen konnte, einschließlich der Temperatur und eines Feuchtwerts, der aus der Kombination von Wasser und Wasserstoffperoxid dampf abgeleitet wird: relative Sättigung (%rS).



„Unabhängig davon, ob Sie ein Cockpit, einen Krankenwagen, einen Isolator oder einen Operationssaal dekontaminieren (wirklich jeden Bereich, der kontaminiert werden kann) –, Sie benötigen In-Line-Sensoren, die nicht nur Werte für den H₂O₂-Dampf, sondern auch für die relative Sättigung liefern, denn so erfahren Sie, wann bei der aktuellen Temperatur Kondensation auftritt. Die relative Sättigung gibt den Feuchtwert an, der sich aus der Kombination von Wasser und Wasserstoffperoxid dampf ergibt.“

Panu Wilska
Cleamix

Privates Unternehmen, das für öffentliche Interessen einsteht

Panu Wilska kam 2016 mit mehr als 25 Jahren internationaler Erfahrung in den Bereichen Kernphysik und Management von High-Tech-Start-ups zu Cleamix. Er hat dem Unternehmen bisher als Berater, Vorstandsmitglied und Vorstandsvorsitzender gedient und ist jetzt CEO.

Cleamix erfuhr, dass Vaisala einen Sensor für verdampftes Wasserstoffperoxid entwickelte und dass der Sensor mehrere Werte bereitstellen würde – ppm H_2O_2 und Temperatur, vor allem aber einen Wert für den Sättigungspunkt. Obwohl es technisch möglich ist, Werte für jeden Parameter zu berechnen – Temperatur, relative Feuchte und ppm H_2O_2 –, benötigen Sie dennoch für jeden Parameter einen Sensor.

Neue Technologien kombiniert

Vaisala entwickelte die PEROXCAP™-Technologie und Cleamix war eines der Unternehmen, das die ersten Sonden der Serie getestet hat (HPP270). Die Sonden können mit Dampferzeugern verwendet werden, um die Bedingungen unter Dekontamination zu messen. Die Sonden können auch integriert werden, um den Dampfausstoß gemäß den Prozessanforderungen zu kontrollieren. Die Sonden der Vaisala HPP-Serie ermöglichen eine Prozesssteuerung in Echtzeit. Wenn der Cleamix-Dampferzeuger den Ausstoß an sich ändernde Umgebungsbedingungen während eines Prozesses anpassen muss, ist dies automatisch mithilfe der Sonden Daten möglich.

Cleamix arbeitete auch mit dem Militär an nachfolgenden Tests zusammen. In einem militärischen Forschungszentrum wurden Tests mit verdampftem Wasserstoffperoxid als Biozid in verlassenen Militärgebäuden durchgeführt, um die erforderlichen Konzentrationen an verdampftem Wasserstoffperoxid zu ermitteln.

Cleamix entwickelte zunächst zwei Modelle tragbarer Dampferzeuger. Das größere Modell wiegt nur 9,5 kg und kann Flächen ab zehn Kubikmetern dekontaminieren.



Für große Flächen können mehrere Dampferzeuger vernetzt werden, typischerweise mit einem Verdampfer pro 100 Kubikmeter. Das kleinere Modell wiegt 6 kg und eignet sich ideal für Flächen von 1 bis 20 Kubikmetern, einschließlich Schränke und Gehäuse, Laborschränke und Verkehrsmittel wie Krankenwagen und Flugzeuge.

Unabhängige Tests mit den Cleamix-Geräten haben gezeigt, dass das Dampfwirkungsgradverhältnis (die Menge an wässrigem Wasserstoffperoxid, die verdampft) zwischen 80 und 90 % liegt.

Effiziente, effektive Biodekontamination

Der Cleamix-Dampferzeuger verbraucht etwa einen Liter flüssiges H_2O_2 für fünfeinhalb Stunden Dauerbetrieb mit voller Leistung. Mit einer Kombination aus Phasenwechselverfahren, beschleunigter Verdampfung unter und über Atmosphärendruck und validierter Wirksamkeit durch Dritte hat das Unternehmen bereits 26 Patente für seine einzigartige Technologie angemeldet.

Weitere Innovationen folgten. Zusammen mit ihrer Mobilität können die Cleamix-Dampferzeuger eine Kombination aus Flüssigkeiten verdampfen. Typische Anwendungen erfordern eine 50 % wässrige H_2O_2 -Lösung. Bei Zugabe einer kleinen Menge Ammoniak kann der Dampf jedoch andere Krankheits-erreger, einschließlich als Waffe benutztes Nervengas, zerstören. Die H_2O_2 -Dampferzeuger von Cleamix wurden unabhängig voneinander von zwei verschiedenen Militärorganisationen getestet und es wurde festgestellt, dass die Geräte erfolgreich alle Nervenkampfstoffe, einschließlich VX und Sarin, neutralisieren.

In diesem Jahr wurden die Cleamix-Geräte in Labors getestet, in denen eine gefährliche neue Superbakterie, *Candida auris* (*C. auris*), untersucht wird.

Dieser schnell neu auftretende Pilzerreger wurde erstmals 2009 in Japan entdeckt und kann aufgrund seiner Resistenz gegen alle drei Klassen von Antimykotika lebensbedrohliche Infektionen verursachen. Tests von Cleamix ergaben, dass Essigsäure die Dekontamination beschleunigt, *C. auris* jedoch auch allein mit hochkonzentriertem verdampftem Wasserstoffperoxid zerstört werden kann.

Neue Bedrohung trifft auf modernste Lösung

Im April 2019 veröffentlichte die New York Times einen Artikel über *C. auris* mit dem Titel „[A Mysterious Infection. Spanning the Globe in a Climate of Secrecy](#)“. In dem Artikel wird über die jüngsten Ausbrüche in Krankenhäusern und medizinischen Einrichtungen in Spanien, im Vereinigten Königreich und in mehreren Bundesstaaten in den USA berichtet. Die Centers for Disease Control and Prevention haben *C. auris* in ihre Liste akuter Bedrohungen aufgenommen. Weltweit sind Ausbrüche von *C. auris* in Indien, Pakistan und Südafrika aufgetreten. Sowohl die Public Health Agency of Canada (PHAC) als auch das South African Centre for Opportunistic, Tropical and Hospital Infections (COTHI) haben vorläufige Empfehlungen zum Umgang mit *C. auris* veröffentlicht, in denen die Verwendung von Wasserstoffperoxid-dampf nach Möglichkeit mit anderen Dekontaminationsmitteln und -verfahren vorgeschlagen wird. (Siehe: [„Candida Auris: Disinfectants and Implications for Infection Control“](#))

„C. auris ist sehr resistent gegen viele Biozide, einschließlich verdampftes H₂O₂, kann jedoch durch H₂O₂-Dampf, der mit anderen Wirkstoffen gemischt ist, effektiv zerstört werden. Die andere verwendete Flüssigkeit muss säurehaltiger sein, wie Peressigsäure oder Essigsäure. Wir sind an weiteren Tests mit verschiedenen Labors beteiligt.“

„Aus diesem Grund war es wichtig, dass das Verdampfungsverfahren von Cleamix-Geräten die Kombination von Flüssigkeiten ermöglichte.“

„Die Biodekontamination mit verdampftem Wasserstoffperoxid kann proaktiv und nicht reaktiv eingesetzt werden. Diese Krankheitserreger sind schwer abzutöten und noch schwerer zu heilen, wenn eine Person infiziert ist. Häufige Biodekontaminationen können Ausbrüche stoppen, aber die Geräte müssen tragbar, hocheffizient und erschwinglich sein.“

Panu Wilska
Cleamix

Die Entstehung eines Parameters

Zu dem Zeitpunkt, als Cleamix die Zusammenarbeit mit Vaisala begann, hatten sie bereits andere Wasserstoffperoxidsensoren getestet, benötigten jedoch einen Sensor, der stabil, genau, einfach zu integrieren und in der Lage war, Messungen für alle erforderlichen Parameter bereitzustellen. „Wir brauchten ein Gerät, das einen Wert für die relative Sättigung des Gemisches aus Wasserdampf und H₂O₂-Dampf liefern kann, da unsere ursprünglichen Tests ein ‚trockenes Verfahren‘ der Biodekontamination nutzten, bei der sichtbare Kondensation vermieden wurde“, erklärt Panu Wilska.

Die Ingenieur*innen von Vaisala haben einen Sensor entwickelt, mit dem die wichtigsten Parameter während der Biodekontamination gemessen und gesteuert werden können: ppm H₂O₂, Feuchte und Temperatur. Daraus ergab sich ein neuer Parameter: relative Sättigung. Dieser Parameter hilft Benutzenden sicherzustellen, dass ein Prozess entweder Kondensation vermeidet (Dampfdekontamination nach Trockenverfahren) oder Kondensation einschließt (Nassprozess).

Ausgestattet mit der neuen Vaisala PEROXCAP®-Technologie in den

Sonden der Serie HPP270 stellen Cleamix-Geräte bekannte H₂O₂-Konzentrationswerte bereit.

Die wichtigsten Prozessparameter bei der Biodekontamination sind die Konzentration von H₂O₂ ppm, die Temperatur, die relative Feuchte und die Einwirkungsdauer.

In der pharmazeutischen Forschung, Entwicklung und Produktion ist die Biodekontamination zwischen Chargen oder Prozessen für die Produktqualität von entscheidender Bedeutung. In vielen Fällen werden dieselben Wasserstoffperoxid-Sensormessgeräte für verschiedene Produkte und Verfahren eingesetzt.

Die Vaisala-Sonden der HPP270-Serie bieten wiederholbare Messungen, die sich ideal für mehrere Prozesse eignen, und lassen sich vor Ort einfach kalibrieren. Andere biowissenschaftlichen Anwendungen, die von der Biodekontamination mit Wasserstoffperoxiddampf profitieren, umfassen die Verarbeitung von pharmazeutischen Wirkstoffen, Apotheken zur Herstellung von Arzneimitteln und Vertriebszentren.

Heute sind Cleamix-Geräte als eigenständige Dampferzeuger oder als vernetzte Module für größere Flächen und Lüftungssysteme erhältlich. Zu den Kund*innen des Unternehmens zählen Biodekontaminationsdienstleister, Krankenhäuser, Militär- und Verteidigungsorganisationen, Landwirtschafts- und Tierlabors sowie Pharmahersteller.

Erfahren Sie mehr über Cleamix-Dampferzeuger unter [cleamix.com](https://www.cleamix.com).

Erfahren Sie mehr über die Vaisala-Lösungen für verdampftes Wasserstoffperoxid unter www.vaisala.com/de/measurement/vaporized-hydrogen-peroxide-measurements.



VAISALA

Kontaktieren Sie uns unter
www.vaisala.com/contactus



Scannen Sie den Code, um weitere Informationen zu erhalten.

Ref. B211874DE-A ©Vaisala 2020

Das vorliegende Material ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte hierfür liegen bei Vaisala und ihren jeweiligen Partnern. Alle Rechte vorbehalten. Alle Logos und/oder Produktnamen sind Markenzeichen von Vaisala oder ihrer jeweiligen Partner. Die Reproduktion, Übertragung, Weitergabe oder Speicherung von Informationen aus dieser Broschüre in jeglicher Form ist ohne schriftliche Zustimmung von Vaisala nicht gestattet. Alle Spezifikationen, einschließlich der technischen Daten, können ohne vorherige Ankündigung geändert werden.

www.vaisala.com