

Innovative Betriebshygiene mit UVC

Temperaturoptimierten und splittergeschützten UVC-Systeme sichern eine keimarme Produktion von Convenience Food in Zeiten von HACCP, IFS

Für viele ist UVC-Entkeimung ein alter Hut. „Hatten wir schon zu meinen Lehrzeiten“ oder „wurde in der Grundvorlesung mal erwähnt“ sind Kommentare in diesem Zusammenhang. Positiv gesehen wird damit beschrieben, dass die UVC-Technik, wie auch die sterilAir AG als Hersteller, von einer über 70 jährigen Entwicklungsgeschichte profitieren kann. Aber antiquiert sind die heutigen Möglichkeiten, die diese Technik bietet, sicher nicht. Die Entwicklungen in der Lebensmitteltechnik sowie das veränderte Konsumverhalten führen zum Bedarf an verpackten, lange haltbaren Waren, die mit geschlossener Kühlkette in den Theken der Discountmärkte angeboten werden. Die High-tech Produktionsmittel brauchen zur Amortisation Betriebszeiten, die die klassische Reinigung auf ein Mindestmaß reduzieren. Die Zahl der Audits und anspruchsvollen Standards steigen dagegen an. Vor diesem Hintergrund gewinnt das Potential mit moderner UVC-Technik, während der laufenden Produktion Anlagen und Hilfsmittel ohne Einsatz von Chemie zu desinfizieren, eine neue Bedeutung. Den eindeutigen Vorteilen für die Betriebshygiene stehen Fragen nach Arbeitssicherheit, der rechtlichen Situation und Auslegungskriterien gegenüber, deren Klärung einer Voraussetzung für einen erfolgreichen Einsatz von UVC in Zeiten von Convenience Food, HACCP und IFS ist.

Ist es immer noch nötig im Rahmen eines Artikels zur UVC-Entkei-

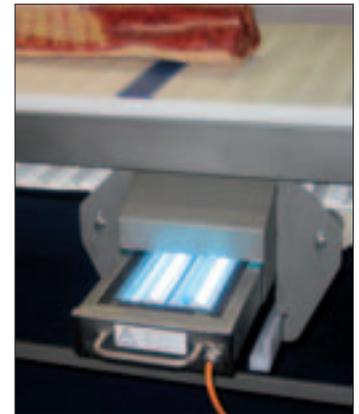


Abb. 1 (links): Moderne UVC-Komponenten passen sich der Anlagengeometrie an und sorgen, wie hier in einer Joghurtabfüllanlage oder wie der sterilAir T2002 unter einem Zerlegeband (Abb. 2 rechts), für konstante Hygiene.

mung eine Einleitung zur Technik voranzustellen? Die Erfahrungen in den Betrieben zeigen den Sinn der regelmäßigen Auffrischung zum Thema. Dass die UVC-Technik ihre erstaunliche Renaissance in den letzten Jahren erfahren hat, liegt auch daran, dass man anders mit der Technik umgeht. Der Ansatz, eine ursprünglich auf Raumtemperatur ausgelegte UVC-Röhre in den Kühlraum zu hängen und davon auszugehen, dass diese Maßnahme irgendwie hilfreich sei, gehört ebenso der Vergangenheit an, wie der Lampenvertreter, dessen Leistung nach Anzahl verkaufter Wandgeräte bemessen wird.

Heute sind es kundenbezogene Projekte, die den größten Teil des Marktes ausmachen. Durch die kompetente Kommunikation zwischen Lebensmittelproduzent, UVC-Anbieter und Aufsichtsbehörden entstehen interessante Projekte mit innovativen Speziallösungen. Je genauer die Stärken und Schwächen einer Technik kommuniziert werden, umso kreativer und effektiver ist dieser Prozess.

Und schon wieder Theorie!

Die ultraviolette (UV) Strahlung ist ein Teil des Spektrums der elektromagnetischen Wellen und wird weiter differenziert in UVA, UVB

und UVC. Die kurzwellige UVC-Strahlung ist mitnichten Teil des auf der Erde auftreffenden Sonnenspektrums, wie immer wieder unter dem Label „mit der Kraft des Sonnenlichts“ oder „natür-

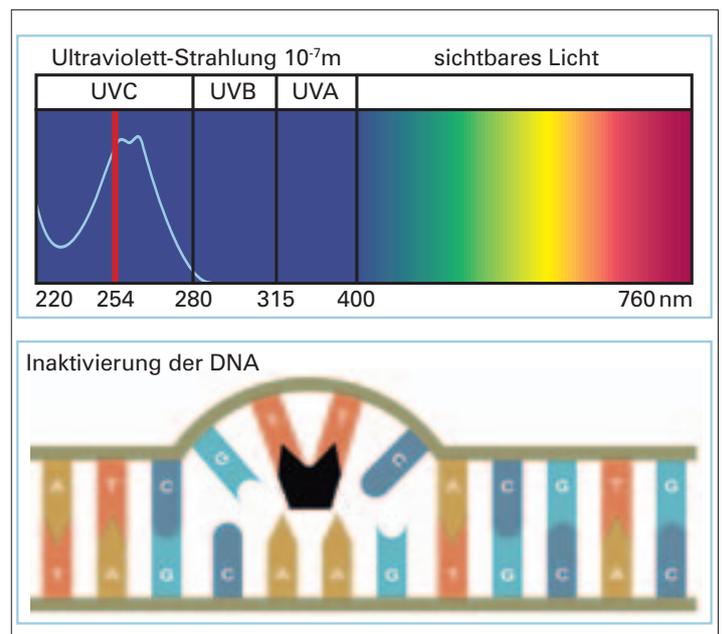


Abb. 3 (oben): sterilAir®-Röhren erzeugen kurzweiliges UVC_{254nm} exakt im empfindlichsten Bereich der DNA. (unten): UVC_{254nm} zerstört gezielt die DNA der Mikroorganismen.

lich Entkeimen“ vermittelt wird. Insbesondere die Entkeimungslinie der UVC-Röhren bei 254 nm hätte in der belebten Natur fatale Folgen. Denn die unmittelbare Einwirkung der UVC Strahlung auf Zellen führt zur photochemischen Inaktivierung der DNA (Erbsubstanz) exponierter Organismen und in der Folge zu ihrer Zerstörung. Wie in der Grafik dargestellt reagieren durch UVC_{254nm} zwei benachbarte Basenpaare der DNA und blockieren so die Funktion ablesender und duplizierender Enzyme. Je höher die Anzahl dieser Schäden pro DNA Strang, umso schwieriger ist es für den Organismus die Stellen zu reparieren. So sind für viele Organismen die Dosen bekannt, bei denen über 90% der Population absterben (Letaldosis 90%: LD₉₀).

■ Da es kein Leben ohne DNA (bzw. RNA) gibt, betrifft diese UVC-Wirkung alle Lebensformen und es kann auch nicht zu mutationsbedingten Resistenzen bei Mikroorganismen kommen. Allerdings gibt es sehr unterschiedliche Leistungen, die für die verschiedenen Organismen wirksam sind. Faktoren sind die Komplexität der Zellstruktur, die Anzahl der Membranen, die Art des Zellkerns und die Verpackung der DNA. Die DNA in Bakterien (Prokaryot) ohne Zellkern ist eher geknüllt und offen, während in eukaryotischen Organismen (Hefen, Pilze) die DNA als Chromosomen verpackt und von einem Zellkern ummantelt vorliegt (Abb. 4).

■ Die Inaktivierung von Mikroorganismen steht in direktem Zusammenhang mit den Faktoren Bestrahlungsintensität und Bestrahlungsdauer (Dosisprinzip), angegeben in Intensität x Zeit/Fläche ($\mu\text{W} \cdot \text{s}/\text{cm}^2$) bzw. Leistung/Fläche (z.B. J/m^2). Grundsätzlich weisen dabei einfach strukturierte Mikroorganismen (etwa Bakterien) eine höhere Empfindlichkeit auf, als größere und komplexe (z.B. Schimmel und Hefen), die intensiver bestrahlt werden müssen (länger oder intensiver). Überlebensstadien wie Sporen sind z.B. mit einer festen Zellwand so aus-

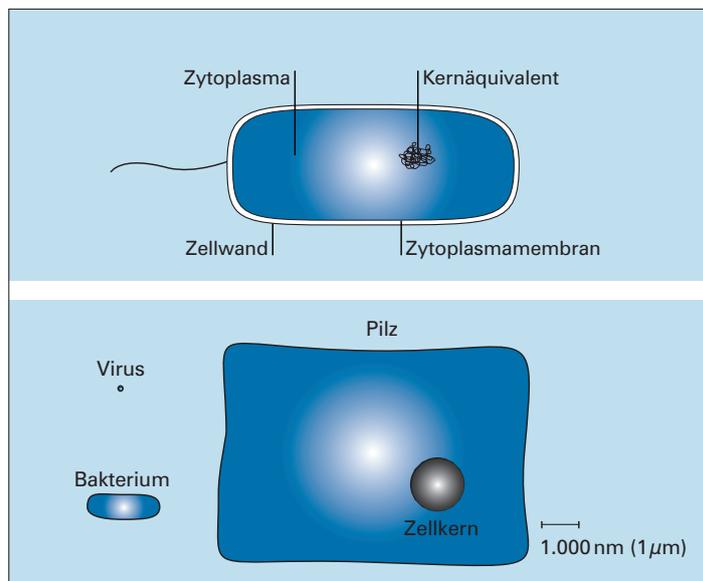


Abb. 4: Schematische Darstellung eines prokaryotischen Bakteriums und einer eukaryotischen Zelle mit Zellkern (Höhere Organismen wie Hefen, Pilze) mit Größenvergleich (Abb. unten).

gestattet, dass ein z. T. mehrjähriges Überleben unter extremen Bedingungen möglich ist. Dazu gehört auch ein wirksamer Licht/UV-Schutz durch Pigmente und eine feste Zellwand. Das heißt in der Praxis, solange die Spore verkapselt bleibt, braucht man sehr hohe UVC-Dosen, sobald sie aber auskeimt, sind die vegetativen Zellen des wachsenden Pilzes leichter abzutöten.

Quecksilberdampf als UVC-Quelle

■ In der UV-Desinfektion kommen heute fast überwiegend Niederdruck- oder Amalgamstrahler zum

Einsatz. Im Prinzip ähneln Sie gebräuchlichen Leuchtstofflampen. Also Röhren, deren teilevakuierter Reaktionsraum mit einem Edelgas bei einem niedrigen Innendruck von <1 mbar und mit ein paar Milligramm Quecksilber befüllt ist. Bei der Niederdruckröhre liegt das Quecksilber als Element vor, während in der deutlich heißer betriebenen Amalgamröhre ein Amalgamfleck im Glasrohr das nötige Quecksilber im Betrieb freisetzt.

■ An den jeweiligen Enden dieses Reaktionsraums befinden sich Elektroden meist in Form von Wendeln. Wird nun an diesen Elektroden eine hochfrequente Spannung

von mehreren hundert Volt angelegt, so entsteht ein Elektronenstrom zwischen den beiden Polen, der wiederum die Elektronen des Quecksilbers anregen kann. Fällt dieses Hüllelektron nach der Kollision wieder auf ein energetisch stabiles Energieniveau zurück, so gibt es die dabei freiwerdende Energie in Form von Strahlung ab. Bei der Quecksilberdampf Niederdruckentladung ist dies primär Strahlung im UV-Spektrum (185nm und 254nm).

Gefahr durch Ozonbildung?

■ In vielen Köpfen ist das Thema UVC auch immer mit der Bildung von Ozon verbunden. Das ist prinzipiell auch nicht falsch, da bei 185 nm aus dem Luftsauerstoff Ozon gebildet wird. Dagegen spaltet die Entkeimungslinie bei 254nm teilweise das entstehende Ozon und degeneriert die DNA. Eine ozonbildende Röhre, wie sie für die Geruchsbeeinträchtigung eingesetzt werden kann, besteht aus einem synthetischen Quarzglas, das die 185 nm Strahlung durchlässt (Abb. 5 rote und schwarze Linie), während in ozonfreien Röhren ein dotiertes, unterhalb von 220 nm dichtes Glas verwendet wird (grüne Linie). So kann durch die Wahl der Quarzglas Kolben die Ozonproduktion unterdrückt werden, wie es natürlich bei Entkeimungsröhren Pflicht ist, damit die Mitarbeiter nicht dem toxischen Ozon ausgesetzt sind.

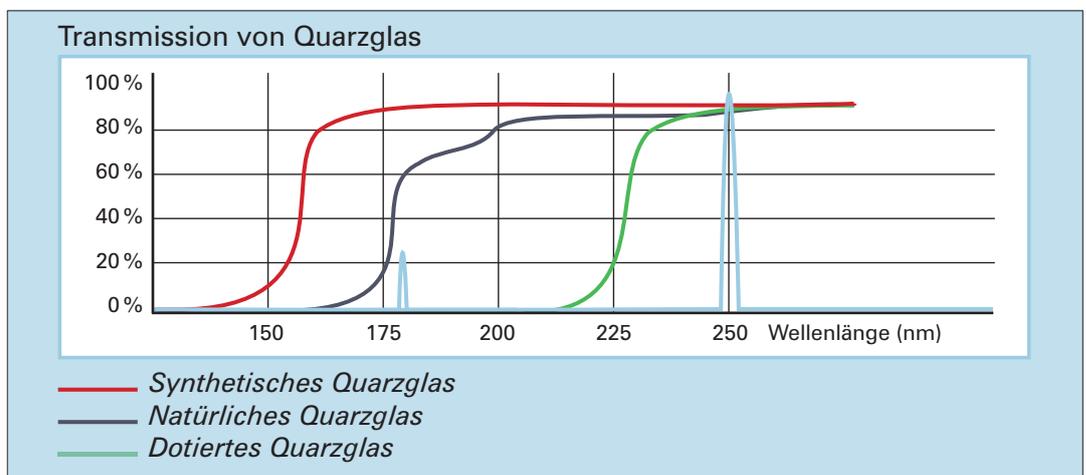


Abb. 5: Die Quarzhüllröhre entscheidet über den Röhrencharakter. Ozonbildende Röhren müssen bei 185nm UV-durchlässig sein. Ozonfreie Strahler werden durch Zusätze bei 185 nm abgeriegelt.

Optimierte UVC-Röhren für spezifische Anwendungen

■ Klassisch werden UV-Röhren für den Einsatz bei Normaltemperatur hergestellt. Das bedeutet, die Röhren finden ein optimales Betriebsumfeld bei rund 20°C Umgebungstemperatur ohne aktiven Luftzug.

■ Jede Änderung der äußeren Bedingungen führt bei Standardröhren zu einem Abfall der UVC-Leistung. Wird die Röhre zum Beispiel in einem Lampengehäuse zu stark erwärmt, steigt der Innendruck. Dagegen bricht der Innendruck bei einer starken Abkühlung im Luftstrom ein. Beide Einflüsse münden in einem Verlust des UVC-Ausstoßes.

■ Durch Einstellen des Fülldrucks, der Quecksilbermenge, der Verwendung optimierter Elektroden in Kombination mit spezialisierten elektronischen Vorschaltgeräten entstehen UVC-Systeme die für ver-

schiedene spezielle Einsatzgebiete optimiert sind.

■ Betrachtet man z. B. zwei spezifische Röhrentypen, die bei 15°C ohne Luftbewegung noch ca. 90 % Ihres maximalen UVC-Ausstoßes produzieren unter dem Einfluss eines zunehmenden Luftstroms (Abb. 6), so zeigen die Röhren ganz unterschiedliche Reaktionen. Die ummantelte sterilAir Thermoröhre Typ 2036-2K erreicht erst bei 15°C und 0,5 m/s eine optimale Betriebstemperatur und hält diesen Zustand bis über 1,5 m/s.

■ Die normale Niederdruckröhre bricht bei zunehmendem Luftstrom ein und erreicht schon bei ca. 1 m/s nur noch ein Minimum an UVC-Leistung. Ein Einsatz dieser Röhre im Luftstrom einer Kälteanlage wäre ineffektiv.

■ So ergibt sich für verschiedene Bedingungen eine angepasste Röh-

renkonstruktion. In der Abb. 7 sieht man drei Röhrentypen für drei Temperaturbereiche. Die Variationsmöglichkeiten bei der Herstellung liegen neben den erwähnten Röhrenparametern auch in einer zusätzlichen Ummantelung mit einem zweiten Quarzglasrohr zur Schaffung eines Mikroklimas. Die Wahl der Vorschalt elektronik variiert das Einsatzgebiet der Röhren zusätzlich, so dass optimierte Systeme für den Temperaturbereich zwischen -20 und +50°C ausgelegt werden können.

UVC-Einsatz in der Lebensmittelindustrie

■ Grundsätzlich kann UVC niemals die chemische Reinigung und Desinfektion in Lebensmittelbetrieben ersetzen. Dagegen ist der Einsatz wirksamer Reinigungs- und Desinfektionsmittel in Kombination mit Lebensmitteln während der Produktion aus Verbraucherschutzgründen kaum möglich. So ergibt sich zwi-

schen den täglichen Reinigungszyklen eine Lücke im Hygienestatus, der fatalerweise in die Produktionszeit fällt.

■ Im Laufe des Produktionstages verschlechtert sich die hygienische Situation und kann auch bis auf Vermeidungsstrategien z. B. in Bezug auf Personalhygiene kaum beeinflusst werden. Die UVC-Entkeimung darf dagegen rund um die Uhr eingesetzt werden und kann so für den Erhalt gleichbleibend hygienischer Zustände während der Produktion sorgen.

■ Die physikalischen Möglichkeiten zur Optimierung des UVC-Einsatzes bei niedrigen Temperaturen stellen mit der heutigen Technik, wie beschrieben, kein Problem mehr dar. Weitere Parameter, wie Dichtigkeit (IP68 oder IP69K) und Absicherung gegen Glasbruch können durch hochwertige Edelstahlverschraubungen und Einsatz von Splitterschutzfolien erreicht werden.

■ Besondere Beachtung bedürfen dagegen zwei spezielle Problematiken, die sich aus den Eigenschaften der UVC-Strahlung ergeben:

1. Die rechtliche Situation zum Thema Produktbestrahlung
2. Der Personenschutz

Direkte Behandlung von Lebensmitteln mit UVC

■ Neben der Behandlung von Luft und Oberflächen wird immer wieder die Möglichkeit einer direkten Entkeimung von Lebensmitteln mit UVC diskutiert. Dass dieses Verfahren den einfachsten Erfolg verspricht, liegt auf der Hand. Es folgen immer Berichte von Unternehmen, die dies angeblich sehr erfolgreich praktizieren. Geht man diesen Berichten nach, so sind selten Namen zu erfahren und meist verläuft sich die Spur im Ausland. In Deutschland werden die potentiellen Möglichkeiten durch die Lebensmittelbestrahlungsverordnung (LMBestr.V vom 14.12.2000) sehr eingeschränkt. In § 1 Abs. (4) findet sich schon die abschließende Auflistung der

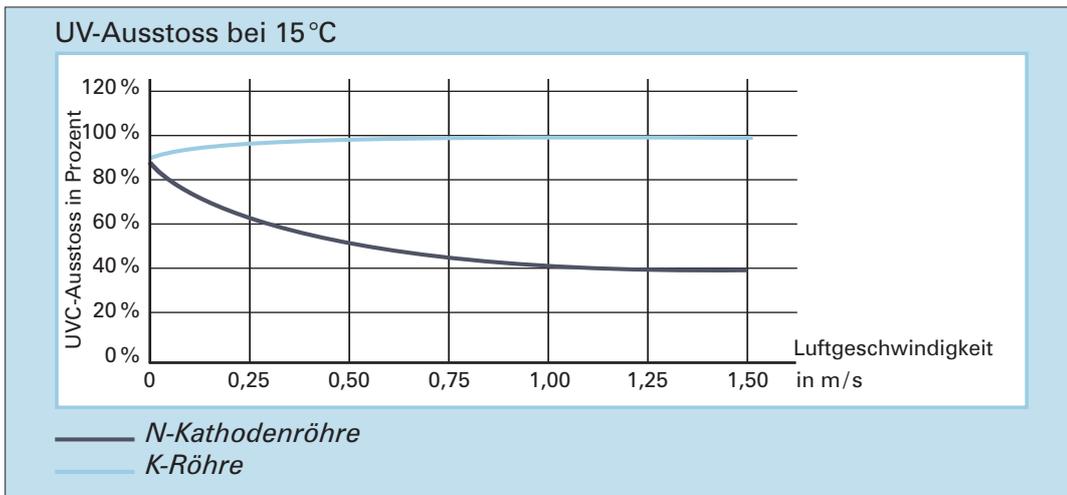


Abb.6: Leistungsverlust durch die Kühllast eines Luftstroms bei nicht optimierten UVC-Röhren.

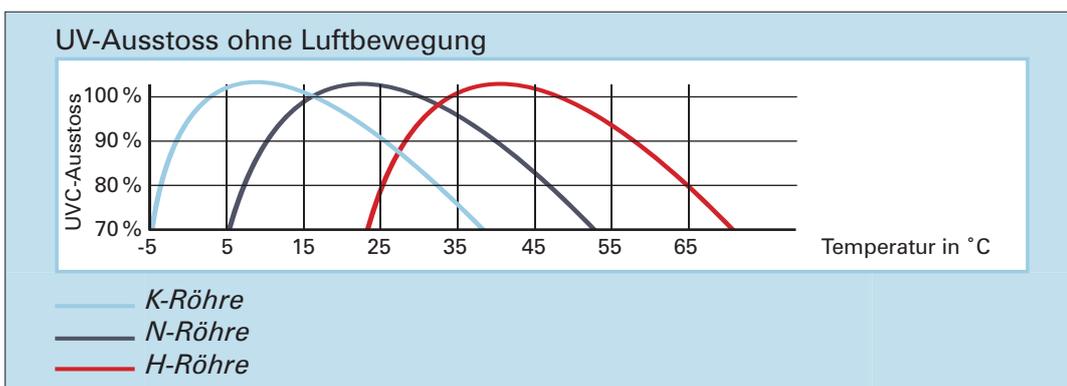


Abb. 7: Temperaturoptimum von drei Spezialröhren

Zulassungen. Hiernach ist die direkte Einwirkung mit ultravioletten Strahlen zugelassen zur Entkeimung von:

1. Trinkwasser
2. der Oberfläche von Obst- und Gemüseerzeugnissen
3. von Hartkäse bei der Lagerung

■ Wie diese Aufzählung entstanden ist und worauf diese Beschränkung der Zulassungen basiert, muss im historischen und wissenschaftlichen Kontext des Ursprungsjahres verstanden werden. Der ursprüngliche Text geht auf das Jahr 1959 zurück, wo die Herstellungsbedingungen und -notwendigkeiten sicher vollkommen andere waren als heute. Festgestellt werden kann nur, dass alle Lebensmittel wie Fleisch, Fisch oder Backwaren, die in der Auflistung fehlen, nicht direkt mit UVC behandelt werden dürfen.

■ So eindeutig sich die Situation bei der Behandlung von Trinkwasser oder von Hartkäse bei der Lagerung noch darstellt, so problematisch wird es dann allerdings beispielsweise bei der Frage, was denn unter „Oberflächen von Obst- und Gemüseerzeugnissen“ zu verstehen ist. Die Intention der Autoren lag 1959 in der Sicherung bereits praktizierter Einsätze, wie z.B. der Oberflächenentkeimung von Gelees und Konfitüren. Ist aber ein Apfel ein Obsterzeugnis oder erst ein Obstsalat und wie steht es mit dem Apfelsaft. Ist es egal, was beigemischt wird (Zucker, Gelatine) oder wird dadurch das Obsterzeugnis schon zum Lebensmittelprodukt? Antworten auf diese Fragen sind schwer zu erhalten und die Klärung wird zusätzlich erschwert durch die Zuständigkeit der einzelnen Bundesländer bei der Auslegung der Verordnung. Zur Klärung bleibt nur der Weg über die zuständigen Landesministerien, denn eine bundesweite Regelung gibt es nicht. So kann es also dazu kommen, dass ein Lebensmittelproduktionsbetrieb in NRW Kartoffelscheiben mit UVC entkeimen darf, während er in Niedersachsen auf diese Hygienemethode verzichten muss.

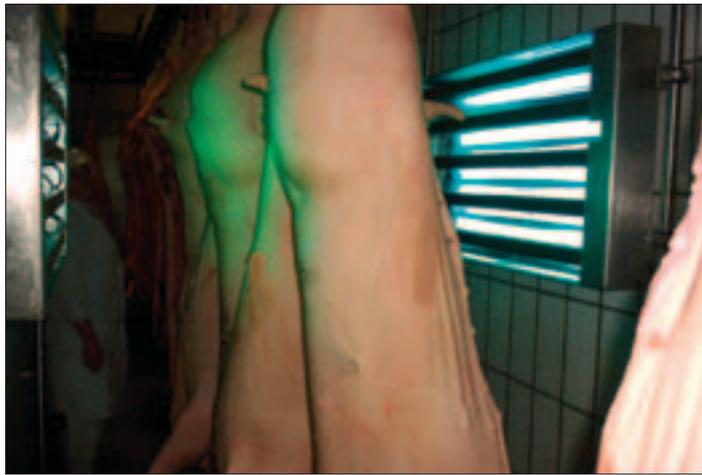


Abb. 8: Keimfreiheit im Wareneingang: Versuchsanlage zur Schweinehälftenentkeimung mit UVC-Strahlern

■ Die Lebensmittelbestrahlungsverordnung wirft aber nicht nur bei der Formulierung der Zulassungen Fragen auf. So ist in der Verordnung beispielsweise nur allgemein die Rede von ultravioletten Strahlen, die sich aber wiederum in UVA, UVB und UVC unterteilen lassen. Auch sollte man vermuten, dass im Sinne eines wirksamen Verbraucherschutzes eine Reglementierung nach UVC-Dosen sinnvoller wäre. Wie es bei der Behandlung von Trinkwasser gemäß DVGW eine Minimaldosis zur Absicherung einer zuverlässigen Entkeimung gibt (400 J/m²), wäre eine Untersuchung und Festlegung von eventuellen Maximaldosen bei anderen Nahrungsmitteln sicherlich sinnvoller, als ein pauschaler Ausschluss dieses auch hierfür nutzbaren Verfahrens. Wissenschaftliche Untersuchungen mit diversen Lebensmitteln zeigten das eindeutige Potential der rückstandsfreien Behandlungsmethode. Auch konnte durch die Bestrahlung von ausgesuchten Lebensmitteln nachgewiesen werden, dass bei den gewählten Beispielen negative Veränderungen auszuschließen sind.

Nachholbedarf in Europa

■ Wenn man als europäisch agierendes Unternehmen den Blick auf andere EU Mitgliedsstaaten oder auf die Regelungen der EU selbst richtet, findet man in einigen Ländern keinerlei Regelung in ande-

ren wiederum vielfältige Beschränkungen. Fest steht, dass sofern ein Land die Behandlung erlaubt, keine Einfuhrbeschränkungen in andere Länder bestehen. Auch ist eine Kennzeichnung nicht erforderlich. In den Niederlanden findet sich beispielsweise eine Beschränkung, die für Fleisch ausschließlich die Behandlung mit Trinkwasser zulässt. Auf europäischer Ebene wird das Thema UVC-Behandlung von Lebensmitteln nur in einer Verordnung (EU Nr. 854/2004) behandelt. Hier wird angewiesen, dass „unzulässiger Weise mit UV behandeltes Fleisch“ für genussuntauglich zu erklären ist. Die Definition der unzulässigen Weise obliegt wiederum der nationalen Entscheidung. Auch hier wird bei der Beschreibung der Strahlenquelle pauschalisiert, es fehlen Begründungen und vor allem die Dosis ist in keiner Form berücksichtigt.

■ Es bleibt festzustellen, dass dieses Verfahren gemäß durchgeführten Untersuchungen an diversen Lebensmitteln sehr erfolgversprechend erscheint und dass die gesetzlichen Beschränkungen auch jetzt schon eine Reihe von Lebensmitteln für diese Behandlung zulassen. Durch die unterschiedlichen Situationen in den einzelnen Ländern der EU ist langfristig sicherlich die Erarbeitung einer gemeinschaftlichen Regelung unausweichlich. Doch bis dahin bleibt eben oft nur die hygienische Verbesserung der Umgebung.

Arbeitsicherheit

■ Direkte Bestrahlung von Mensch und Lebensmitteln ist zu vermeiden, nicht nur um den gesetzlichen Bestimmungen zu genügen. Die Exposition mit UVC erzeugt beim Menschen zwei mögliche Schäden: Die Reizung bzw. Verbrennung der äußersten Hautschicht (UV-Erythem) und die Reizung bzw. Blendung der Hornhaut. Beide Reaktionen sind bei hoher Intensität schmerzhaft und treten zeitlich verzögert auf, sind aber reversibel. Die Verblendung der Augen kann dabei das Sehvermögen für 2-3 Tage einschränken (Schweißblende) und sollte auf jeden Fall unter ärztlicher Aufsicht behandelt werden. Weltweit gibt es verschiedene UVC-Dosen die als maximale Tagesdosis akzeptiert werden, die Berufsgenossenschaften lehnen sich im Augenblick an amerikanische Vorschriften an. Zur Ermittlung dieser Werte können Arbeitsplätze per UVC-Messgerät auf eine mögliche Belastung ausgemessen werden und über die Expositionszeit die tägliche Dosis ermittelt werden. Bei einem kompletten Arbeitstag werden von der BG 9 Stunden Exposition angesetzt.

■ Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass im Gegensatz zu UVA und UVB die UVC-Strahlung wegen der geringen Eindringtiefe in die Haut, von der Berufsgenossenschaft nicht als Hautkrebs auslösend bewertet wird.

■ Natürlich ist für moderne UVC-Anlagen, die in die Produktion eingebunden werden, der Personen-

schutz oberstes Konstruktionsgebot. Darüber hinaus sollten die Mitarbeiter über die Gefahren informiert werden.

Konzepte der zentralen Luftentkeimung

Die Verkeimung der Luft kann unterschiedliche Ursache haben. Die Frischluft als eine dieser Quellen sorgt für eine stetige Belastung der Produktion mit neuen Keimen. Das Risiko liegt hier in der Vielzahl unterschiedlicher Mikroorganismen, die sich je nach Produkt und Produktionsstätte etablieren können.

Auch die Verschleppung Luft getragener Keime innerhalb der Produktionsabschnitte führt immer wieder zu Querkontaminationen. Das Risiko durch diese Keime ist deutlich höher, als ein Eintrag von außen, da die Mikroorganismen auf die Produkte und Produktionsstätten hin selektiert sind. Der Verderb ist somit beschleunigt möglich. Innerhalb der Produktion erreichen die Luftkeimkonzentrationen oft Werte von 103 KBE/m³ und mehr. Generell kann hier eine Entkeimungskammer in der zentralen Umluftanlage Abhilfe schaffen. Gerade Klimazentralen bergen die Gefahr, dass Keime, die sich lokal etabliert haben, in der gesamten Betriebsstätte verteilt werden.

In den umschlossenen Bereichen von Luftführungssystemen lassen sich deutlich höhere Desinfektionsleistungen erzielen. Eine Keimreduktion um 90-99% (1-2 log-Einheiten), ist so zu bewerkstelligen. Das heißt, die Etablierung neuer Keime durch die Außenluft wird verhindert bzw. die Keimzahl in der Umluft klein gehalten. Die Module ES-2000 duo können dabei direkt bei Neubau eingepplant oder mit geringem Aufwand in bestehende System nachgerüstet werden.

In Ergänzung zu einem üblichen Filtersystem mit mindestens EU7, besser jedoch EU9 Filtern, erhält man mit der UVC-Entkeimung ei-

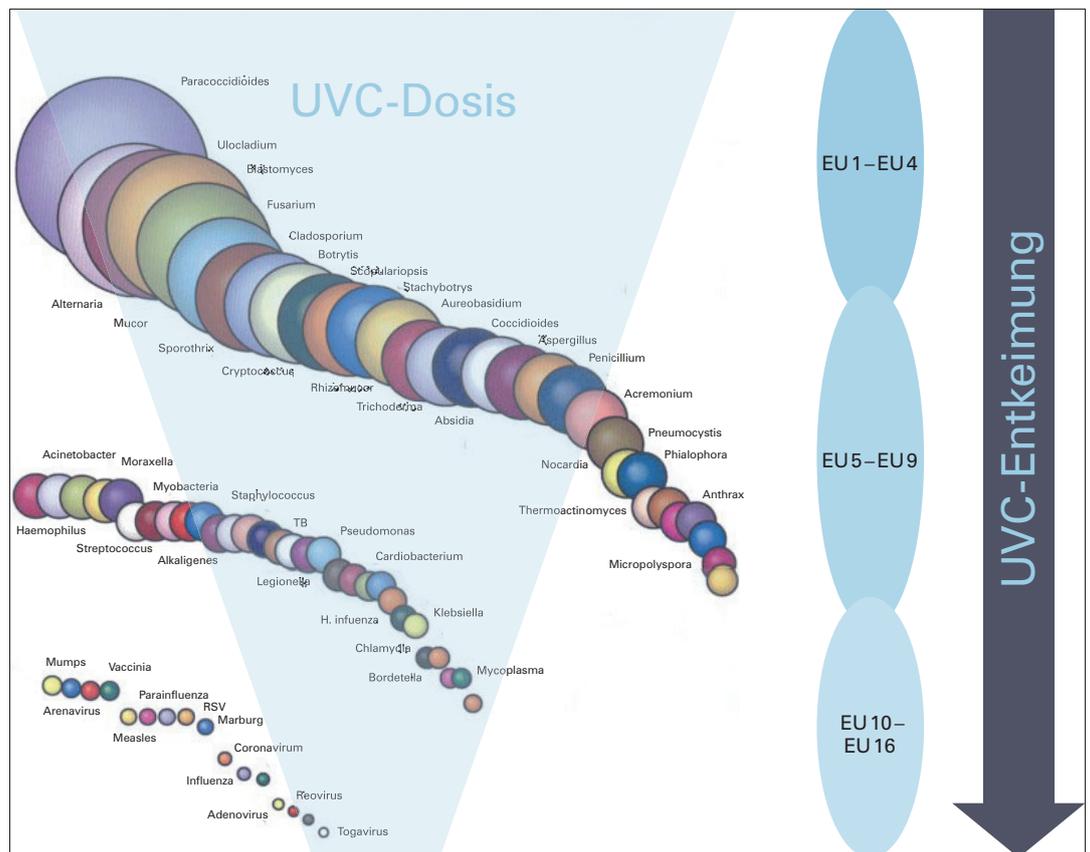


Abb. 9: Die benötigte UVC-Letaldosis für Mikroorganismen steigt mit der Größe und Komplexität der Zelle. Die eigentliche Effizienz ergibt sich durch die richtige Kombination von Filtern und UV-Technik.

nen wirksamen Schutz über das gesamte Keimspektrum. Die größeren Organismen mit höherer UVC-Letaldosis werden durch die Filter zurückgehalten. Viren, Bakterien und Hefen, die zu klein für die Filter sind, können dagegen sehr effektiv mit UVC zerstört werden.

Die Investitionsgröße, respektive die Zahl der zu verwendenden Strahlenquellen sind dabei jedoch maßgeblich abhängig von der gegebenen Luftgeschwindigkeit, der Temperatur und der Luftfeuchte. Obwohl bei heutigen Hochleistungsstrahlenquellen die Luftstromkühlung nur noch einen untergeordneten Stellenwert hat, sind aus ökonomischer Sicht Geschwindigkeiten von 1- 3m/s erstrebenswert.

Hier spielt die Positionierung der UVC-Röhren eine entscheidende Rolle. Es empfiehlt sich, die Röhren direkt in den Luftstrom der Klimakanäle zu bringen. Dort, wo die Strömungsgeschwindigkeit am höchsten ist, liegt somit auch das Leistungsmaximum der UV-Anlage.

Die Effizienz dieser Positionierung ermöglicht hohe Entkeimungsraten bei geringem Energieeintrag. Im Schnitt werden pro 500 m³/h nur 36 W UVC benötigt, dies bei einer Röhrenlebensdauer von 12.000 Betriebsstunden.

Mit einer speziellen Planungssoftware von sterilAir® werden die

Anlagen projektiert und die Entkeimungsraten für verschiedene Organismen simuliert (Abb. 10). Dadurch kann schon in der Planungsphase die optimale Konzeption der UVC-Anlage kundenspezifisch ermittelt werden. Durch modulare UVC-Strahler kann eine Projektierung sowohl für neue Konstruktionen als auch für Nachrüstungen erfolgen.

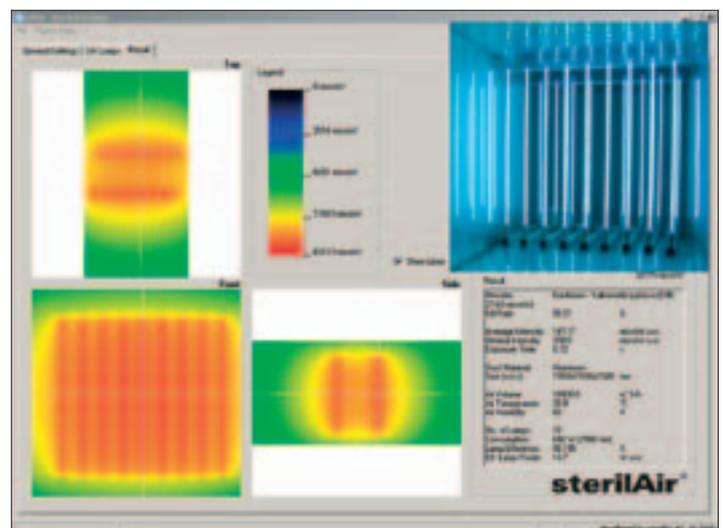


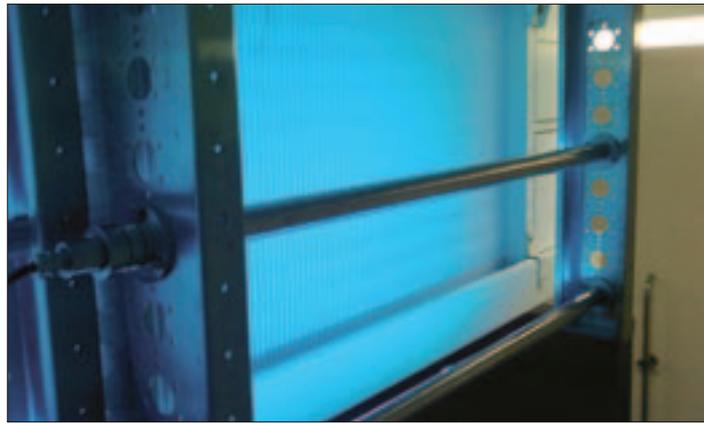
Abb. 10: Durch eine spezielle Software lässt sich die Auslegung der Entkeimungskammern planen und die Entkeimungsleistung simulieren.

Präventive Installationen: Der hygienische Luftkühler

■ Dezentrale Luftkühler sind in der Lebensmittelindustrie wichtigste Bestandteile zur Gewährleistung der Kühlketten im Bemühen um langsameren Verderb von Frischprodukten. Dabei bergen gerade diese Kühlaggregate oft unterschiedliche Gefahren für die Betriebshygiene. Mit großen Volumenströmen wird die Betriebsluft durch die Kühlrippen gesaugt. Beim Kühlvorgang bildet sich an den Kühllamellen Kondenswasser. Die stark benetzten Oberflächen werden mit einigen tausend Kubikmetern verkeimter Luft aus der Produktion angeblasen. Bakterien, Hefen und Schimmelsporen haften an den Oberflächen an und finden neben dem lebensnotwendigen Wasser auch organische Schwebstoffe wie z.B. angereicherte Produktreste. So bildet sich innerhalb weniger Tage eine stabile Keimflora, die sich auch bei den niedrigen Temperaturen gut vermehren kann. Insbesondere Schimmelpilze und Kälte liebende Organismen, wie z.B. Listerien finden eine optimale Lebensgrundlage. Bei verschiedenen Messungen in Kühlregistern konnten aus den Lamellen und Bodenwannen bis zu 30 verschiedenen Organismen isoliert werden. Durch den dichten Bewuchs entsteht nicht nur ein massives Keimproblem, sondern auch eine Reduktion der Kühllast durch Isolierung der Lamellen und Verringerung des Volumenstroms bei erhöhtem Luftwiderstand.

■ Die gesetzlichen Vorgaben sind entsprechend klar formuliert: Luftkühler müssen umfassend und wirtschaftlich gereinigt werden können. Das LMBG (*Lebensmittel- und Bedarfsgegenstandesgesetz*) fordert schon seit 1977, Luftkühler als definierte Bedarfsgegenstände einzustufen. Sie sind so zu betreiben, dass jegliche Gefahr einer Stoffübertragung beim Behandeln von Lebensmitteln ausgeschlossen wird.

Diesen Anforderungen tragen technische Regelwerke wie die VDI 6022, Teil 3 „Hygiene in raumlufttechnischen Anlagen - Produktionsstät-



Zwei Verfahren ein Ziel: Abb. 11 (links): Die Vorbaumodule vom Typ LKV werden vor den Ansaugbereich der Luftkühler montiert. Abb. 12 (rechts): Bei drückenden Luftkühlern erfolgt der Einbau mit EFD Systemen innerhalb des Luftkühlers.

ten“ Rechnung. In dieser Richtlinie sind Luftkühler als sogenannte Endgeräte definiert. Eine komplette periodische Reinigung im Abstand von sechs Monaten ist vorgeschrieben. Montageorte in 4-5 m Höhe und sensible Produktionsanlagen im Spritzwasserbereich erschweren aber die nötigen Reinigungen. Zwischen den Reinigungssterminen wird der Luftkühler zunehmend zur Quelle hygienischer Probleme im Betrieb. Im

Bemühen um eine effektive Kühlung sind die Anlagen darauf optimiert, eine möglichst große Wurfweite der gekühlten Luft zu erreichen. Dabei ist eine weite, tröpfchenweise Verteilung der Keime im Raum vorprogrammiert.

Oberflächenentkeimung in dezentralen Luftkühlern

■ Eine einfache, effektive und kostengünstige Möglichkeit die Hy-

giene in Luftkühlern zu optimieren, ist die Montage von sogenannten Begleitröhren vor den Registern. Diese Röhren haben keine Funktion im Bereich der Luftentkeimung, sondern dienen allein der Oberflächenbestrahlung der Kühllamellen. Eine Ablagerung und das Wachstum von Mikroorganismen werden stark reduziert und die Register bleiben zwischen den Wartungsintervallen hygienisch einwandfrei.

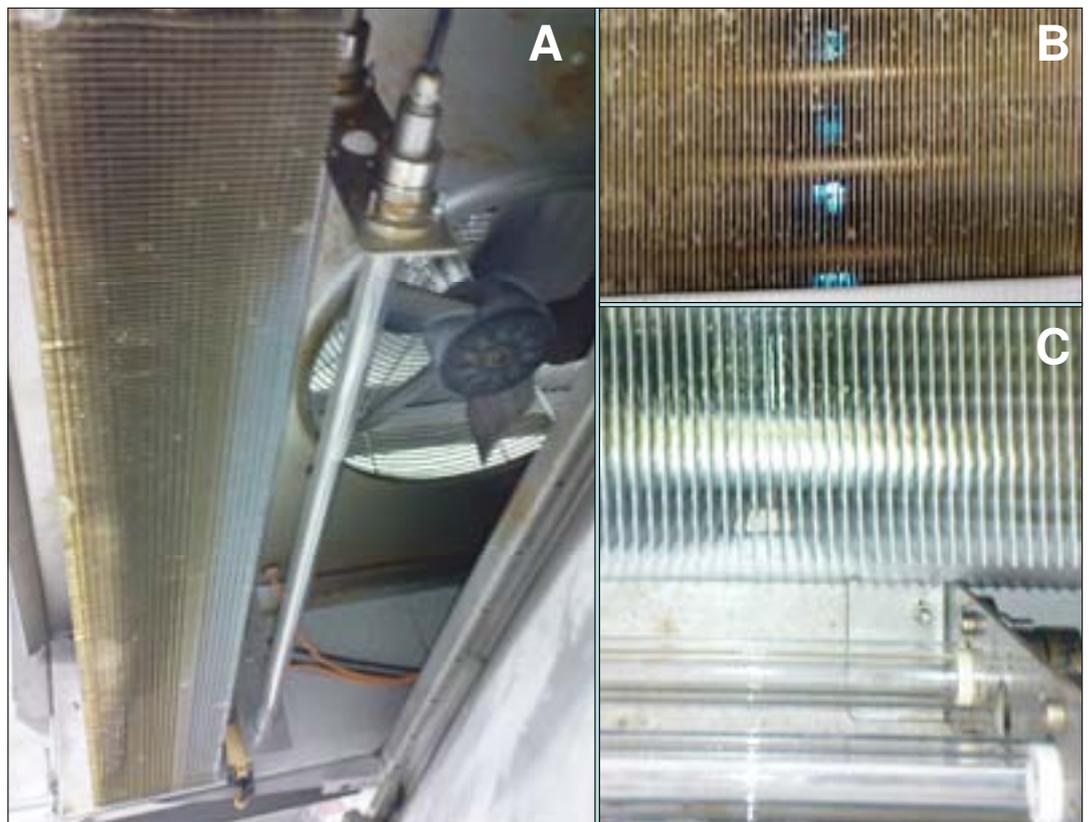


Abb. 13: Praxistest im Hygieneluftkühler.

Versuche zur Eindringtiefe in Lamellenpakete

■ Betrachtet man den Innenraum dezentraler Luftkühler, erkennt man sofort welche Risiken sich dort aufbauen. Die Kühllamellen sind meist komplett bedeckt mit einem Film von Mikroorganismen. Dabei hat selbst das gelegentliche Einfrieren der Lamellen in Kühlhäusern keinen großen Einfluss auf den Verkeimungsgrad.

■ Biofilme aus einer geschlossenen Bakterien- oder Pilzschicht halten das Kondenswasser und verringern den Querschnitt zwischen den Lamellen. Der typische 7 mm Lamellenabstand reduziert sich innerhalb von wenigen Wochen auf 2 bis 4 mm mit entsprechenden Verlusten an Kühllast und Risiken der Verkeimung der Betriebsluft. Das nicht mehr frei ablaufende Wasser kann in Form von verkeimten Tröpfchen in die Betriebsstätte getragen werden.

■ Selbst bei Installationen von UVC-Röhren in solchen nicht gereinigten Luftkühlern lässt sich der Erfolg klar protokollieren. Das Zurückdrängen der Kulturen auf den Oberflächen wird in der Abb. 13 dargestellt. Zunächst dringt nur ein leichter UVC-Schein durch das Lamellenpaket. (Abb. 13 B). Die messbare UVC-Intensität auf der Auslassseite liegt nur bei 1-5 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. Die typische Letaldosis für Hefen liegt dagegen bei 6.000 $\mu\text{W}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$. Diese Differenz erscheint zunächst sehr hoch, berechnet man aber die Leistung über die Zeit, wird deutlich, dass schon nach einer Stunde (3.600s) eine Dosis von 3.600-18.000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ auf die äußeren Zellen des Keimbelags einwirkt. Innerhalb weniger Tage (Beispiel Abb. 13 A: 7 Tage) sieht man deutlich, dass im direkten Einwirkungsbereich der UVC-Röhre die Lamellen vom Biofilm befreit sind. Die tiefer liegenden Schichten des Lamellenpakets brauchen deutlich mehr Zeit. Teilweise wird der Belag nicht abgebaut sondern nur die äußere Schicht abgetötet.

■ Um die Wirkung des UVC voll entfalten zu lassen, wird dringend empfohlen vor einer Installation

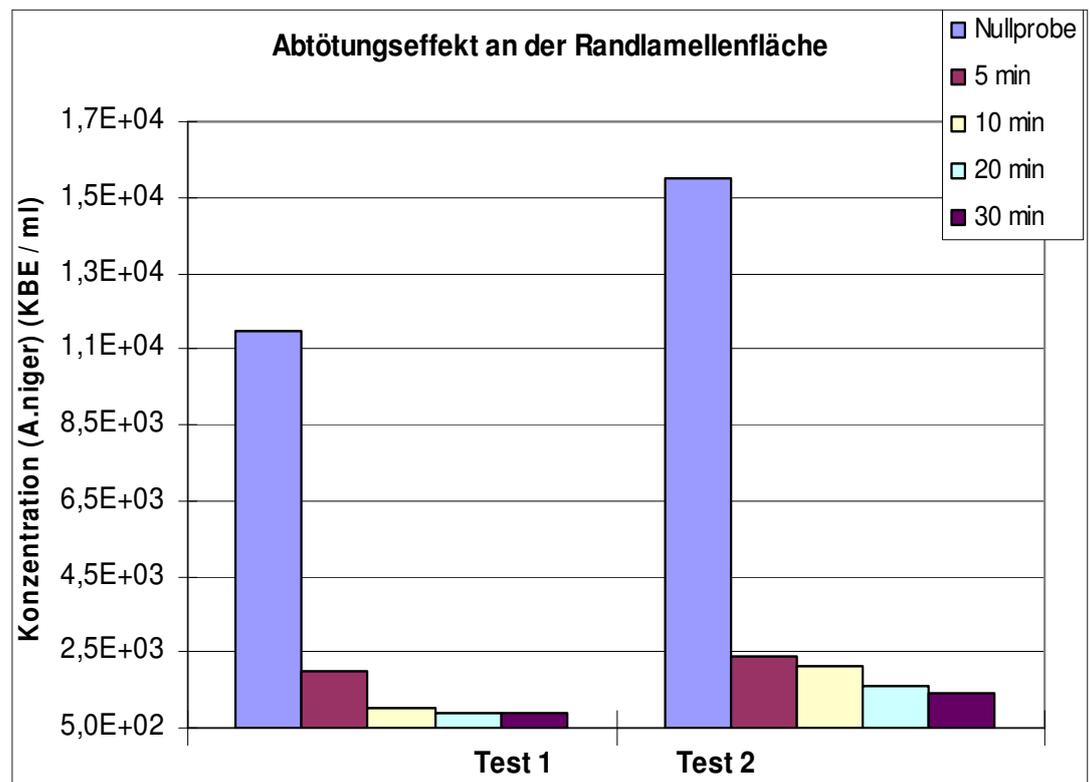


Abb. 14: *Aspergillus niger* Sporen im Randbereich des Lamellenpaketes sind schon nach 5 Minuten zu 90 % abgetötet.

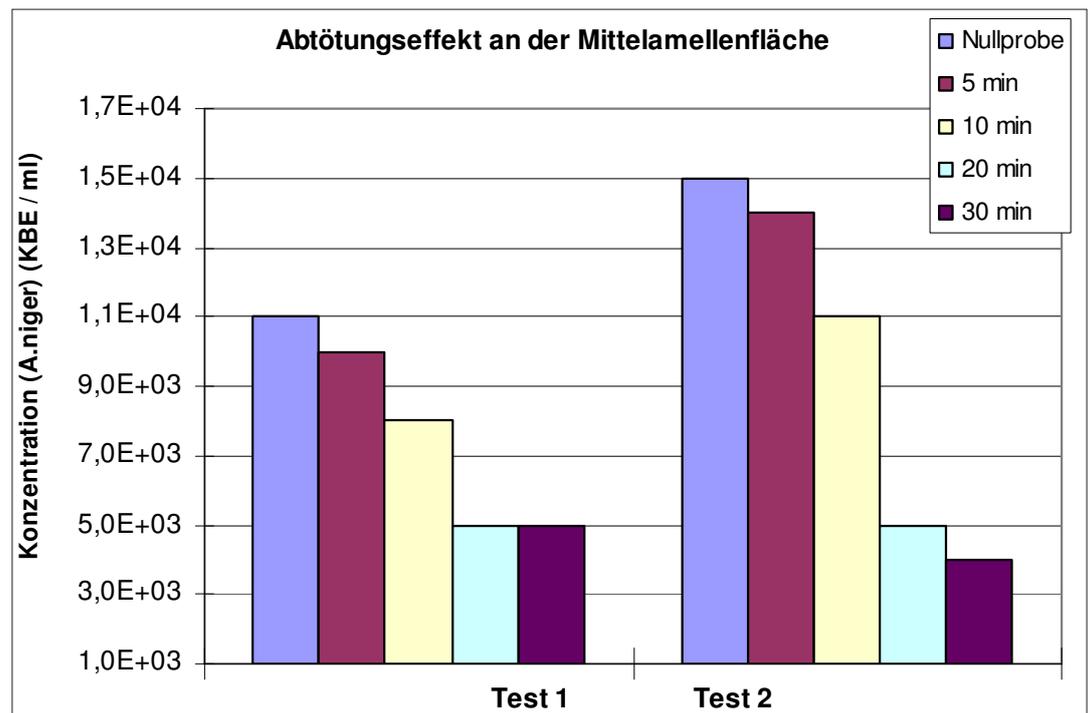


Abb. 15: *Aspergillus niger* Sporen im Inneren des Lamellenpaketes werden über die Dauer reduziert.

von Begleitröhren in oder an einen Luftkühler, die Biofilme auf den Lamellen durch eine chemische Reinigung zu entfernen.

■ So sollte jede Neuinstallation von UVC-Röhren mit einer Komplettreinigung der Kühlgeräte starten. Dieser hygienische Zustand wird dann

durch die Installation der Röhren erhalten. Die Entfernung der alten Ablagerungen erhöht die Eindringtiefe der UVC-Strahlung in das Lamellenpaket und verhindert dort die Neubildung eines Biofilms. Die Reflektion des nun blanken Aluminiums führt zu einer Ausleuchtung selbst verdeckter Bereiche und das

Kondenswasser kann frei abfließen (Abb. 13 C).

Laborversuche zur Reduktion von Sporen auf Lamellenpaketen

■ In einem Laborversuch wurden handelsübliche 200 mm breite La-

mellenpakete aus Luftkühlern zwei-seitig mit UVC bestrahlt nachdem sie mit *Bacillus subtilis* bzw. *Aspergillus niger* Sporen getaucht wurden. Um eine statistische Absicherung der Versuche zu erreichen, wurden jeweils 10 Tupferproben pro Messpunkt durchgeführt. Nach jeweils 0, 5, 10, 20 und 30 Minuten wurden an vorher markierten Stellen die Proben aufgenommen. Bei *Bacillus subtilis* geht man von einer mittleren LD90 Dosis von ca. 10.000 $\mu\text{W}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$ aus, während *Aspergillus niger* Sporen deutlich bei über 50.000 liegen können.

■ Betrachtet man den Entkeimungsverlauf auf den Randlamellen im Außenbereich der Luftkühler, erkennt man bei beiden Versuchorganismen eine sofortige Abnahme gegenüber der Kontrolle ohne UVC-Bestrahlung. Schon nach 5 Minuten waren nur noch vereinzelte *Bacillus subtilis* Sporen nachzuweisen und die *Aspergillus niger* Sporen wurden von ca. 1×10^4 KBE auf 10^3 KBE reduziert. Die eingestrahlte Intensität lag an diesen Stellen bei ca. 500 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. Dadurch ergibt sich eine Dosis in 5 Minuten von ca. 150.000 $\mu\text{W}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$, die sich in einer 90%igen Reduktion auswirkt.

■ Im weiteren Versuchsverlauf nimmt die Sporenzahl bis zur 30. Minute um weitere 90% auf 1×10^2 KBE weiter ab. Der nicht lineare Verlauf deutet auf die nicht homogene Oberfläche bzw. auf Beschattungsmöglichkeiten hin. Einzelne Sporen schaffen es, sich zumindest länger sporulierend zu halten.

■ Dieser Effekt im Randbereich zeigt sich natürlich verstärkt mitten im Lamellenpaket. Nach 5 Minuten erkennt man bei 100 mm Randabstand im Lamellenpaket eine erste Reduktion der *Aspergillus* Sporen. Dieser Effekt steigert sich bis zur 30. Minute, wo eine Reduktion von ca. 50-70 % erreicht wird. Innerhalb des Lamellenpaketes waren zwischen den 7 mm Lamellenabständen noch 20 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ messbar. Das heißt in 5 Minuten wurden 6.000 $\mu\text{W}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$ erreicht und in 30 Minuten ca. 36.000 $\mu\text{W}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$.



Abb. 16: Auf der Ansaugseite vor die Luftkühler montierte LKV-Module bestrahlen die Kühl lamellen und verhindern die Ablagerung und das Wachstum von Mikroorganismen.

■ Der Versuch zeigt deutlich, dass es zwar schwieriger ist innerhalb der Lamellenpakete die nötige Dosis für eine Abtötung der Sporen zu erreichen, aber man ist im richtigen Bereich, um bei einer Langzeitbestrahlung ein Auskeimen bzw. eine Vermehrung zu verhindern. Für die Praxis lassen sich zwei grundsätzliche Ergebnisse ableiten.

■ Selbst im Inneren von Lamellenpaketen lassen sich Sporen durch eine Bestrahlung über eine längere Zeitspanne effektiv bekämpfen. Dabei spielt hier die Zeit die entscheidende Rolle, da im Gegensatz zur Luftentkeimung die Verweildauer der Keime auf der präsentierten Oberfläche sehr groß ist. Für einen optimalen Einsatz von UVC-Röhren

in Luftkühlern sollten die Lamellenpakete auf jeden Fall vorher gereinigt werden, um die Eindringtiefe zu erhöhen.

■ Ein Luftentkeimungseffekt ist zusätzlich nur über die Summe der insgesamt im Raum installierten Röhren und die häufige Wiederkehrende Präsentation zu erreichen.

Von A-Z im grünen Bereich!

Allergen-Testsysteme für jeden etwas!

Neogen Allergen Enzymimmunoassays können Ihnen als bedeutender Bestandteil Ihrer Qualitätssicherung helfen, die richtige Produktkennzeichnung zu gewährleisten und Kreuzkontaminationen im Produktionsprozess sicher zu erkennen.

Einfach, schnell und akkurat. Alle Reagenzien für die Durchführung der Neogen Allergen Assays sind gebrauchsfertig im Testkit enthalten.

Selber prüfen!
Mandel • Ei • Gliadin • Haselnuss • Milch • Erdnuss • Sojamehl

Verotox® ALERT®

Cunningham Building • Auchincruive
Ayr KA6 5HW • Scotland UK
Tel: 0800 182-7721 • Fax: 0800 182-7337
Email: service@neogeneurope.com • Web: www.neogeneurope.com

Mit Sicherheit Vertrauen Schaffen

NEOGEN Europe Ltd

Für Bakterien ist ein Effekt im Bereich der Luftentkeimung solcher Installationen zu erwarten, dagegen scheint die Reduktion luftgetragener Sporen unwahrscheinlich. Hefen und Pilze werden dort bekämpft, wo sie sich vermehren und sollten schon alleine aus diesem Grund deutlich reduziert werden.

■ Generell gibt es zwei verschiedene Bauformen, die für diese Anwendungen in Frage kommen, sogenannte Luftkühlervorsätze (LKV-Module), die zwischen dem Kühlregister und der Wand montiert werden. Diese Strahler leuchten den gesamten Anströmungsbereich der Luftkühler an. Diese Montageform kann ohne größeren Aufwand jederzeit auch bei bestehenden Anlagen erfolgen.

■ Eine Alternative bieten die Einbaumodule für alle drückenden Luftkühler. Diese teflonummantelten Strahler werden direkt in die Luftkühler eingebaut und ermöglichen bei optimaler Hygiene eine verlustfreie Kühlung.

UV-Kammern im Ansaugbereich der Luftkühler

■ Eine Kombination zwischen Luftentkeimungskammer und Oberflächenhygiene kann an den dezentralen Luftkühlern durch Montage einer UVC-Kammer erreicht werden. Prinzipiell braucht man für eine effektive UVC-Luftentkeimung eine möglichst geringe Luftgeschwindigkeit, also eine lange Verweildauer der Keime im Bereich der maximalen UVC-Strahlung. Im Ansaugbereich ist die Anströmung der Register diffus und erfolgt über die komplette Registerbreite. Hier ist die Luft noch beruhigt und je nach Bautyp strömen 600-7000 m³/h pro Ventilator mit ca. 3 m/s an den UVC-Röhren vorbei. Die entkeimte Luft kondensiert auf den ebenfalls bestrahlten Kühlrippen und die sterilen Wassertropfen laufen ab. Der Ventilator befördert die so entkeimte und gekühlte Luft in den Raum. Mit einer solchen Installation können sowohl die Lufthygiene als auch die Gerätehygiene optimiert werden.



Abb. 17: Beidseitig ausblasender Hygieneluftkühler mit innen liegenden UVC-Modulen



Abb. 18: Eine optimale Anordnung und Auslegung am Einlassbereich eines Luftkühlers. Die Edelstahl UV-Kammer entkeimt die Produktionsluft und sorgt für hygienische Kühlrippen auf der Ansaugseite.

Die Edelstahl UVC-Kammer kann an Schienen montiert zur Reinigung problemlos beiseite geschoben werden. Edelstahlsichtschutzlamellen verhindern den direkten Blick auf die Röhren und sorgen

für eine homogene Anströmung der Entkeimungskammer. Um das Anströmverhalten und damit die Kühllast nicht zu gefährden, sollte der Luftkühler mit entsprechendem Wandabstand montiert werden.

sterilAir GmbH
Offermannsheider Str. 184
D-51515 Kürten
info@sterilAir.de
www.sterilAir.com