

Vom Hygienerisiko zum Entkeimungsgerät

Dezentrale Luftkühler können durch angekoppelte UV-Kammern vor Verkeimung geschützt werden und aktiv die Raumluft in Lebensmittelbetrieben desinfizieren

Infektionen durch die Luft und Kontakt mit Oberflächen sind die häufigsten Ursachen für den Befall von Lebensmitteln mit Mikroorganismen. Die berührungslose Entkeimung von Oberflächen, Bändern und der Luft während der laufenden Produktion, ohne Einsatz von Chemie, sind die Stärken der UVC-Technik. Insbesondere die aus hygienischer Sicht problematischen Luftkühler lassen sich bei richtiger Auslegung sehr effektiv mit UVC entkeimen.

Die Lebensmittelproduktion befindet sich in einem stetigen Wandel von Handwerksbetrieben als regionale Versorger mit Frischwaren hin zu Industriebetrieben mit internationaler Warendistribution. Die für den Transport und den Handel in Discountern benötigten Zeitspannen werden immer größer, die gesetzlich erlaubten Maßnahmen der Hygiene dagegen immer weiter eingeschränkt. Hinzu kommt, dass die Produkte vorkonfektioniert werden, d.h. die Wurst kommt nicht mehr komplett und damit haltbar zum Endverbraucher, wo sie kurz vor

dem Verzehr vom Metzger oder privat geschnitten und direkt konsumiert wird.

Der Marktanteil so genannter *Convenience*-Produkte wächst immens. Mit dem Ziel die Zubereitung der Gerichte zu verkürzen werden Käse und Wurst geschnitten, Fisch filetiert, Soßen angerührt, Aufbackbrötchen vorgebacken und frische Salate tafelfertig vorbereitet. Neu sind dabei die Frische der Zutaten und das Risiko des Vorkochens, Anbackens und Anrührens. Typische Beispiele für dieses als *Chilled Food* bezeichnete Segment sind Pasta-Gerichte, Milchprodukte und Obstsalate. Der Verderb der Produkte wird durch die Lagerung bei Kühlschranktemperatur (ca. +6 °C) und Vakuumverpackung (meist unter Schutzgas eingeschweißt) verlangsamt.

In der industriellen Fertigung spielt die Personalhygiene und die Reinigung in den Produktionspausen eine große Rolle. Allerdings arbeiten viele industrielle Anlagen aus Amortisationsgründen inzwischen mindestens zweischichtig, in den

nur sehr kurzen Unterbrechungen ist meist keine hinreichende Reinigung möglich, wodurch sich über den Produktionsverlauf zwangsläufig eine graduelle Verschlechterung der Hygiene und demzufolge auch der Produktqualität ergibt. Moderne UVC-Konzepte können einen wichtigen und kostengünstigen Beitrag leisten, ein gutes Hygieneniveau auch bei laufender Produktion zu sichern.

Was ist UVC?

Die ultraviolette (UV) Strahlung ist ein Teil des Spektrums der elektromagnetischen Wellen (Abb.1). Die unmittelbare Einwirkung der UVC Strahlung, insbesondere bei 254 nm, führt zur photochemischen Inaktivierung der DNA exponierter Organismen und in der Folge zu ihrer Zerstörung (Abb.2). Da es kein Leben ohne DNA gibt, kann es zu keinen mutationsbedingten Resistenzen bei Mikroorganismen kommen. Die Wirksamkeit von UVC

bei der Inaktivierung von Mikroorganismen steht in direktem Zusammenhang mit den Faktoren Bestrahlungsintensität und Bestrahlungsdauer (Dosisprinzip), angegeben in $\mu W*s/cm^2$ (Abb. 3)

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 stärker). Der Einsatz von ultravioletter Strahlung ermöglicht es, Oberflächen und die Luft in den Produktionsbetrieben bei laufender Produktion zu entkeimen. Generell kann in jedem Produktionsstadium eine gezielte Optimierung mit UVC-Anlagen erfolgen.

Frische bedeutet Risiko

Alle Untersuchungen in Bezug auf die Haltbarkeit von Frischprodukten zeigen einen deutlichen und

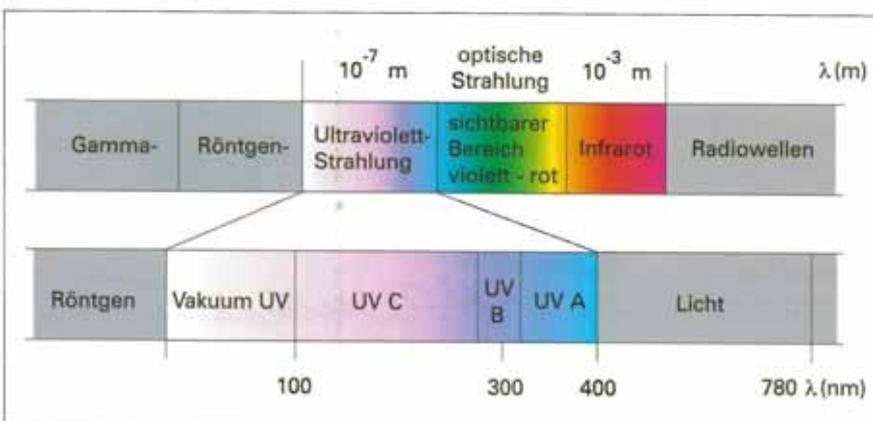


Abb. 1: Wellenlängenspektrum

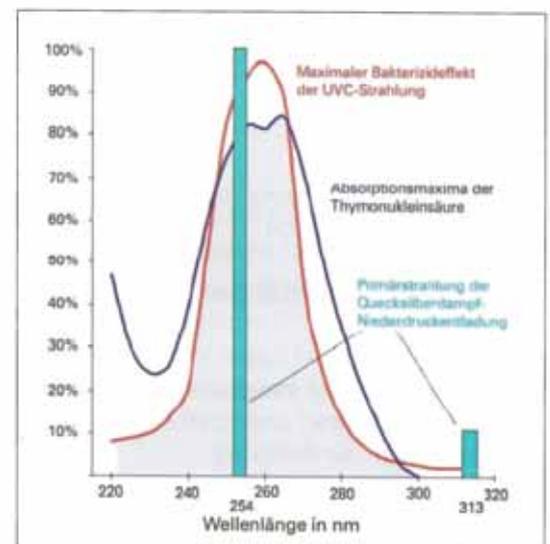
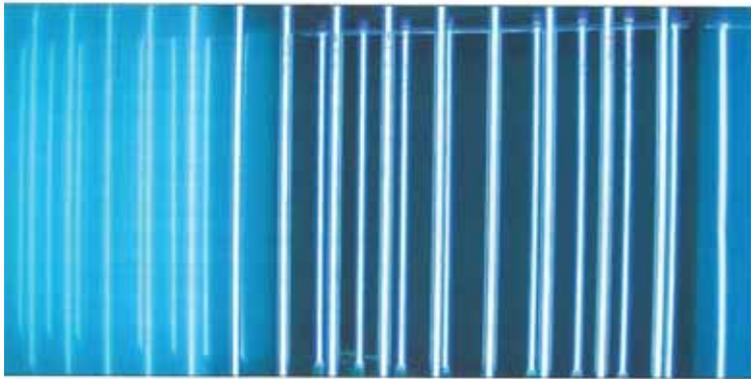


Abb. 2: Wellenlängenabhängigkeit des bakteriziden Effekts



einfachen Zusammenhang zur Anfangsverkeimung auf. Je geringer die Eingangskonzentration an Keimen, umso länger die Haltbarkeit. Durch die Wahl der Lagertemperatur kann die Zeitachse des Verderbs verschoben werden, der Verlauf ist aber unaufhaltsam. Eine komplette Kühlkette vom Produzenten bis zum Verbraucher kann nur lindern, aber niemals eine Verbesserung oder den Stillstand der Verkeimung bewirken.

Die Ursachen für den Keimeintrag sind weit gefächert und durch die Stichworte Produktoberfläche, Mensch, Anlagen, Gebäude, Raum- und Außenluft umschrieben. Die Gewichtung der einzelnen Risiken ist schwierig und von Betrieb zu Betrieb und Produkt zu Produkt unterschiedlich. Deshalb lohnt sich für eine Einschätzung immer eine ganzheitliche Betrachtung der örtlichen Gegebenheiten. Informationen bekommt man vor allem durch die Lokalisierung besonders hoher GKZ (Gesamtkeimzahlen) im Betrieb (Oberflächen, Luft) und durch eine Betrachtung der Organismen, die die Probleme verursachen. Die Zusammensetzung der Keimpopulation weist in vielen Fällen auf die Ursache oder die Lokalisation hin. Zum Beispiel reichern sich Listerien wegen ihrer guten Kälteresistenz gerne im Bereich von Schockfroster an.

Oberflächenentkeimung

Das typische Beispiel für den Eintrag von Mikroorganismen mit dem Rohprodukt ist die Fleischzerlegung. In der Fleischindustrie werden die Tierkörper in der Grobzerlegung auf so genannten Zerlege-

bändern aufgeteilt. Dabei verteilen die durch die Schlachtung verunreinigten Außenflächen hohe Keimzahlen auf den Bändern, auf denen die frisch angeschnittenen Fleischstücke weitertransportiert werden. Eine UVC-Bandentkeimung reduziert die Keimzahl bei jedem Umlauf auf dem Zerlegeband um 1-2 Zehnerpotenzen, d.h. bis zu 99% aller Keime werden, bevor sie frisches Fleisch kontaminieren, sicher entfernt.

Inzwischen ist der Bandentkeimer in der Praxis ein unverzichtbarer Bestandteil der Prozesshygiene in der industriellen Zerlegung. Die Funktionseinheit besteht aus dem Hochleistungs-doppelstrahler, einer Unterbaukonsole mit Sicherheitsabschaltung sowie der Überwachungseinheit (Abb. 4A). Die Geräte entsprechen IFS und HACCP Standards und werden mit Splitterschutz ausgeliefert. Bei einer Investitionssumme von unter 3000 Euro pro Band kann diese Quelle der Verkeimung unkompliziert unterdrückt werden.

Konzepte der zentralen Luftentkeimung

Die Verkeimung durch die Luft kann unterschiedliche Quellen haben. Die Frischluft 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. Alle Risiken einer Verkeimung durch die Frischluft kann man durch eine konditionierte und filtrierte Zuluftanlage einschränken. Die UVC-Entkeimung von Zu- und Umluftanlagen gehört

in jede moderne Klimatisierung in der Lebensmittelindustrie.

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.

Allerdings benötigt man in gekühlten Anlagen wegen der hohen Kühllast auf den UV-Niederdruckröhren spezielle Thermoröhren. Der Gasdruck handelsüblicher Röhren wird durch die hohe Kühllast stark erniedrigt und die Röhren laufen im suboptimalen Bereich. Bei erhöhtem Stromverbrauch sinkt der UVC-Ausstoß auf ein Drittel der Nominalleis-

ERFORDERLICHE ENERGIEN ZUR 90% INAKTIVIERUNG EINIGER MIKROORGANISMEN	
	$\mu\text{W} \cdot \text{Sek} / \text{cm}^2$
SCHIMMELSPOREN	
Penicillium roqueforti	13.000
Penicillium expansum	13.000
Penicillium digitatum	44.000
Aspergillus glaucus	44.000
Aspergillus flavus	60.000
Aspergillus niger	132.000
Rhizopus nigricans	111.000
Mucor racemosus A	17.000
Mucor racemosus B	17.000
Oospora lactis	5.000
HEFEN	
Saccharomyces ellipsoideus	6.000
Saccharomyces spores	8.000
Saccharomyces cerevisiae	6.000
Bierhefe	3.300
Bäckereihefe	3.900
Hefe, normal	6.000
BAKTERIEN	
Streptococcus lactis	6.100
Strep. hemolyticus (Alpha Typ)	2.200
Staphylococcus aureus	4.900
Staphylococcus albus	3.300
Micrococcus sphaeroides	10.000
Sarcina lutea	19.800
Pseudomonas fluorescens	3.500
Escherichia coli	3.000
Proteus vulgaris	2.700
Serratia marcescens	2.500
Bezzillus subtilis	6.000
Bezzillus subtilis Sporen	12.000
Spirillum rubrum	6.000
PROTOZOEN	
Paramecium	100.000
NEMATODEN EIER	
	40.000
ALGEN	
	600.000
VIREN	
Bakteriophage (E. Coli)	3.000
Tabacco mosaic	240.000
Grippe	3.400

Abb. 3: UVC-Letaldosis (LD90) einiger Mikroorganismen

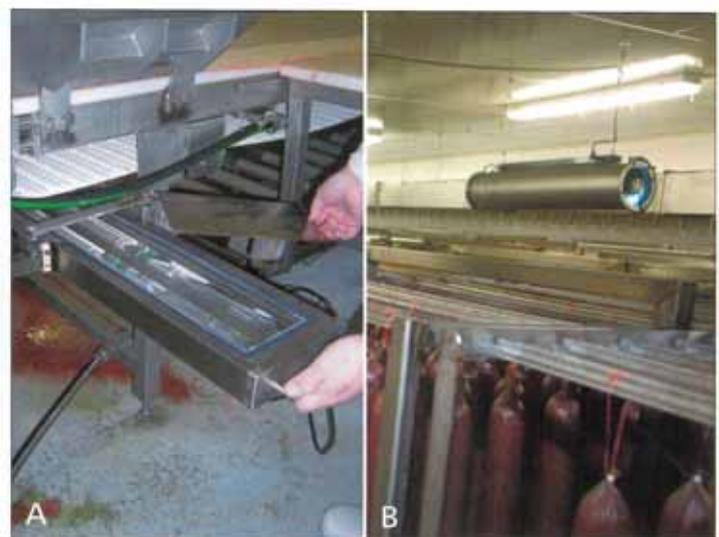
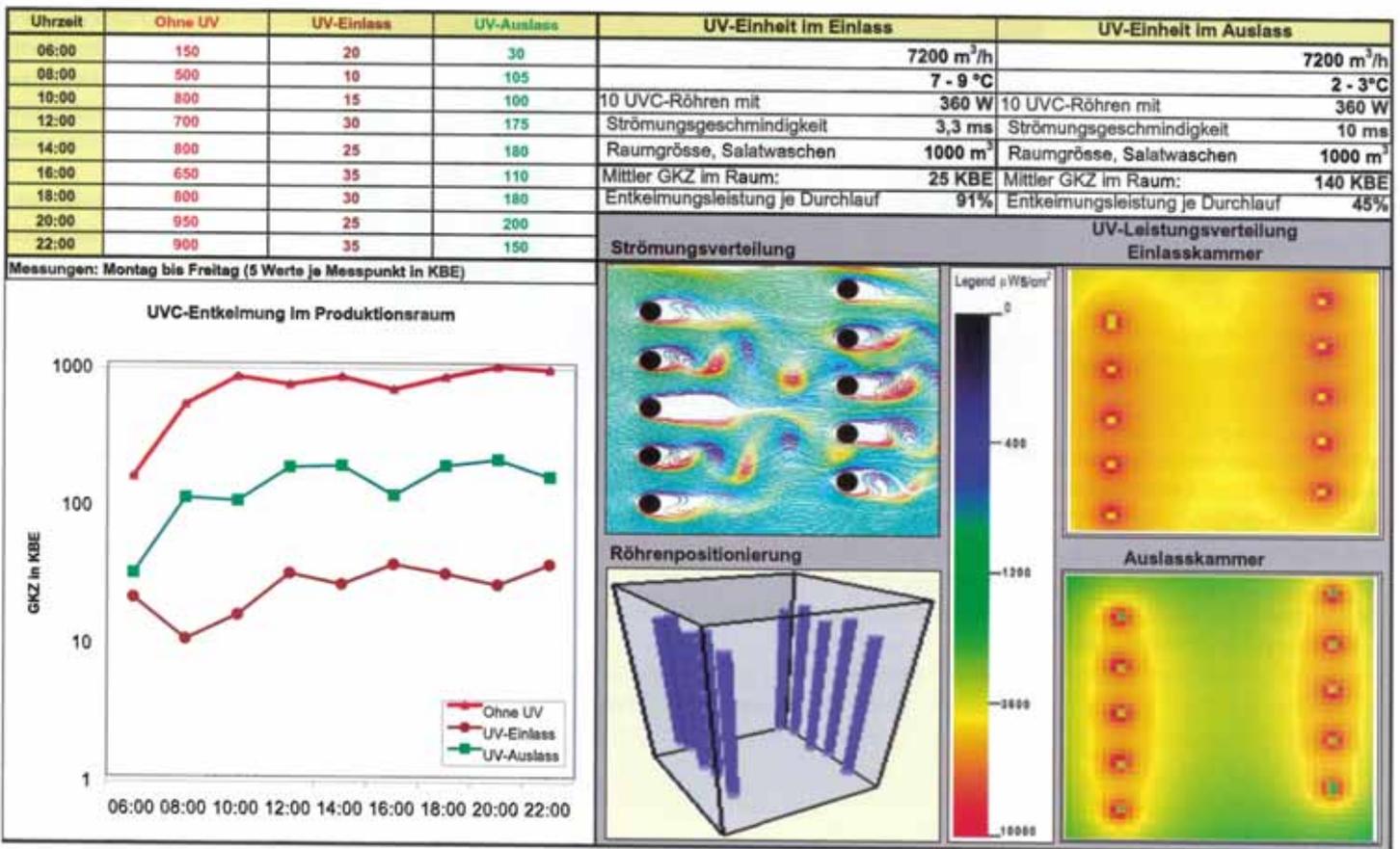


Abb. 4: A. Bandentkeimung an einem Zerlegeband, die Montage des T2002 erfolgt an der Bandunterseite. B. Dezentrale Luftentkeimung in einem Reiferaum



Zwischen den Reinigungsterminen 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. Durch UVC-Anlagen kann die Situation deutlich verbessert werden. Dabei ist es aber die fachgerechte Montage und Auslegung entscheidend. Prinzipiell gibt es drei verschiedene Montageformen für UVC-Anlagen in Luftkühlern.

1. UV-Kammern im Ansaugbereich der Luftkühler

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 die typischen 600-7000 m³/h pro Ventilator strömen

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.

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

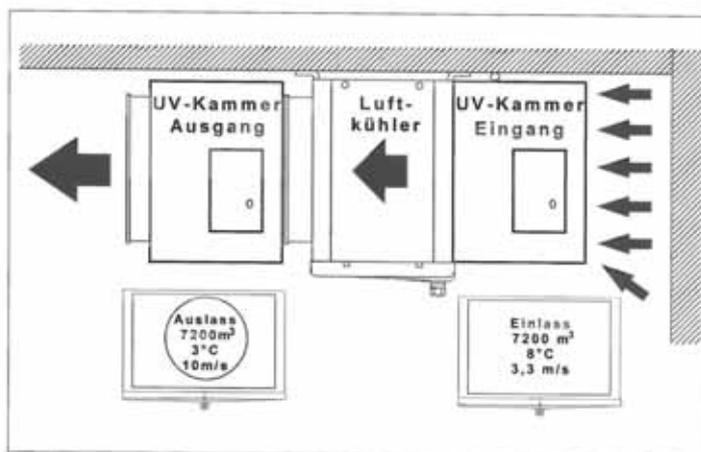


Abb.7: Die Positionierung der UV-Kammer am Luftkühler ist entscheidend für die Wirksamkeit der Luftentkeimung und die Hygiene. Im Luftkühlereingang wird wärmere Luft mit geringerer Geschwindigkeit gleichmäßig angesaugt. Auf der Auslassseite sorgen hohe Luftgeschwindigkeiten und niedrigere Temperaturen für eine ineffiziente Nutzung der UV-Kammer.

der Luftkühler mit entsprechendem Wandabstand montiert werden.

2. UV-Kammern im Ausgang der Luftkühler

Bei der Anordnung der Kammer im Ausblasbereich hinter dem Ventilator ergeben sich mehrere gravierende Nachteile. Einmal ist dort der Querschnitt der Austrittsöffnung sehr gering, das heißt, bei gleichem Volumen (7000 m³/h) ergibt sich eine sehr hohe Strömungsgeschwindigkeit (10 m/s) und damit eine sehr schlechte Entkeimungsrate. Zudem treten die Keime meist in Tröpfchenform oder verklumpt aus den Kühlrippen aus und sind so gegen UVC-Strahlung geschützt. Hinter dem Register ist auch keine Bestrahlung des Kondensbereiches der Kühlrippen möglich, wodurch diese nach wie vor stark verkeimen.

Im Endeffekt schaffen es solche Konzepte nicht, die Keimentwicklung im Register zu verhindern und sind wegen der hohen Strömungsgeschwindigkeit nicht in der Lage, diese Keimflora am Austritt zu ver-

hindern. Als fatal stellten sich im Test Anlagen mit wandständigen Röhren dar. Hier wird die höchste UV-Leistung in einem Bereich erzeugt, der strömungstechnisch nicht relevant ist.

3. Hygienische Register durch Begleitröhren

■ Eine einfache, effektive und kostengünstige Möglichkeit die Hygiene in Luftkühlern zu optimieren, ist die Montage von so genannten Begleitröhren vor die Register. Diese Röhren haben keine Funktion im Bereich der Luftentkeimung, sondern dienen alleine der Oberflächenbestrahlung der Kühlrippen. Eine Ablagerung und ein Wachstum von Mikroorganismen wird so stark unterdrückt und die Register bleiben zwischen den Wartungsintervallen hygienisch. Generell gibt es



Abb. 8: Durch Oberflächenbestrahlung im Ansaugbereich von Luftkühlern bleiben die Kühlrippen frei von mikrobiellen Ablagerungen. Einer Verschlechterung der Luftkühlerhygiene zwischen den gesetzlich vorgeschriebenen Reinigungszyklen wird vorgebeugt.

zwei verschiedene Bauformen, die für diese Anwendungen in Frage kommen, so genannte gerichtete

Wandstrahler, die gegenüber dem Kühlregister an 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 neuen teflumummantelten Edelstahlstabstrahler von *sterilAir®*. Diese teflumummantelten Strahler werden direkt in oder an die Luftkühler angeflanscht und ermöglichen bei optimaler Hygiene eine verlustfreie Kühlung. Als ergänzendes luftentkeimendes Modul können Umluftgeräte vom Typ UVR unabhängig von dem Luftkühler für eine optimale Raumhygiene sorgen.

sterilAir GmbH
Oeldorf 19
51515 Kürten
info@sterilAir.de
www.sterilAir.de