Rainer Orbach, Dr. Michael Calenberg, sterilAir GmbH

UVC-Tunnel ersetzt Peressigsäurebäder im Wareneingang

Die Firma ENT- Edelstahl- und Nahrungsmitteltechnik GmbH aus Bremen und die Firma sterilAir GmbH haben mit einem gemeinsamen Konzept das Thema UVC-Entkeimungstunnel perfektioniert. Ziel der Kooperation ist es, die Symbiose einer langjährigen Erfahrung im Edelstahlbau von Förder- und Transporttechnik mit einer über siebzigjährigen Kompetenz in Sachen UVC-Entkeimung zu erreichen. Durch eine umfangreiche physikalische und biologische Validierung wurde die Leistungsfähigkeit dieser Anlage bewertet.

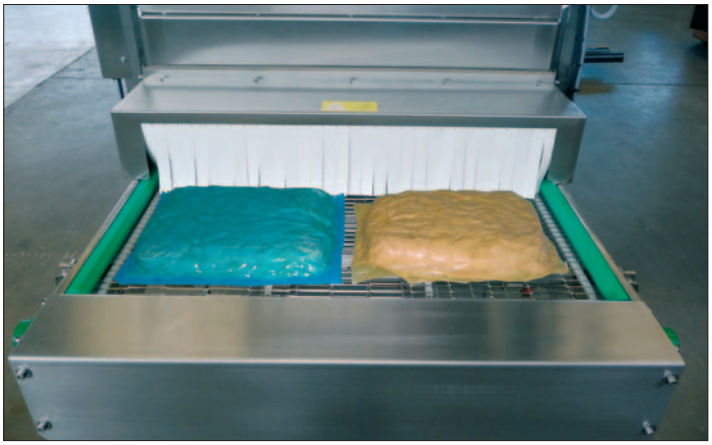

Abb. 1: Vorgekochte Kartoffelscheiben, steril eingeschweißt am Eingang des UVC-Entkeimungstunnels. Nach 20 s Durchlauf können die Beutel keimfrei entnommen werden. Ein zweireihiger Kunststoffvorhang schützt das Bedienpersonal vor den UVC-Strahlen.

Abb. 2: Gesamtansicht des UVC-Tunnels. Bei geöffneter Haube können alle Bereiche der ca. 4 m langen Anlage problemlos gereinigt werden. Der Einsatz von Tauchstrahlertechnik ermöglicht bei Bedarf auch eine Nassreinigung.

Bei dem aktuellen Projekt ging es um die äußerliche Entkeimung von Verpackungsbeuteln vorgekochter und geschnittener Kartoffeln. Die meisten Salat- und Convenience-Produzenten verwenden als Vorprodukt sterile, ungekühlte haltbare, geschälte Kartoffeln.

Die 5 kg Beutel werden mit vorgekochten Kartoffeln gefüllt und abschließend einem Sterilisationsverfahren unterworfen. Der Inhalt ist somit keimfrei und bleibt es auch bis zu dem Augenblick der Öffnung. Die Weiterverarbeitung bei den großen Kartoffelsalatherstellern geschieht im Akkord durch manuelles Aufschneiden mit dem Messer, oberhalb von Edelstahltransportbehältern.

Hier beginnt das Problem der Neuverkeimung des Vorproduktes. Die Risiken liegen beim Personal, den Messern, der Raumluft und vor Allem bei der Außenseite der Verpackung. Die Kartoffelscheiben werden in einer Flüssigkeit gelagert, damit sie nicht verkleben. Diese Flüssigkeit läuft beim Aufschneiden über die Außenseite der Folie und nimmt die dort anhaftenden Keime mit in den Sammelbehälter.

Das Spektrum der dort detektierbaren Mikroorganismen ist breit gefächert und hängt von den Faktoren Lagerung und Transport ab. Zu den Keimen gehören vor allem Keime aus der Gruppe der aeroben Sporenbildner, der coliformen Keime, der Pseudomonaden, der Lactobacillen, Hefen und Schimmelpilze. Besonders kritisch ist die Situation, wenn beim Autoklavieren einzelne Verpackungen platzen und die intakten Beutel von außen mit einer Stärkeschicht überzogen werden. In der Lagerungszeit können sich so Mikroorganismen an das Substrat anlagern, vermehren und an die Kartoffelstärke adaptieren.

Beim Aufschneiden der Säcke gelangen somit bereits vorselektierte Mikroorganismen sozusagen als Inokulum (Animpfkultur) in die eigentlich bis dahin sterilen Kartoffelscheiben. In diesem Fall wird die vom Hersteller der zugelieferten Ware garantierte Haltbarkeit ohne Kühlung für das Produkt zu einem zusätzlichen Problem, da der Transport und die Lagerung nicht der späteren Problematik angepasst sind.

Viele Betriebe kennen diese Gefährdung und verwenden im Wareneingang Sprüh- und Tauchverfahren mit Peressigsäure, um die Säcke vor dem Öffnen zu entkeimen. Die Arbeitsbedingungen in der Essigatmosphäre und die Kosten für die Chemikalien führen inklusive der Belastung der Abwasseranlage zu vielfältigen Problemen. Allein die Kosten für die Peressigsäure summieren sich jährlich auf hohe fünfstellige Beträge.

Der UVC-Tunnel bietet eine Alternative zu dem beschriebenen chemischen Verfahren, ist deutlich kostengünstiger und ermöglicht wesentlich bessere Arbeitsbedingungen. Da die Entkeimung mit kurzwelliger Ultravioletter Strahlung (UVC) rückstandsfrei arbeitet, entfällt auch die Säurebelastung für die Abwasseranlage.

Bei UVC-Entkeimung verwendet man die sogenannte 254nm Linie von Niederdruckröhren, die auf die DNA zerstörend wirkt und damit alle Mikroorganismen abtöten kann. Das Grundprinzip der

Abb. 3: Details bei angehobener Strahlerhaube. Das grobmaschige Gliederband ermöglicht einen Transport der Beutel mit optimaler Ausleuchtung. Die Übergabe der Beutel durch die Zweiteilung der Transporteinheit vermeidet Beschattungsstellen. Seitliche Strahler sorgen für eine homogene Ausleuchtung, auch der Beutelkanten.

Abb. 4: Die unteren Strahler können durch ein Schubsystem seitlich herausgezogen werden. Die einfache Reinigung und Wartung sind Voraussetzung für eine gleichbleibende Entkeimungsleistung. Induktionschalter sorgen für die Betriebssicherheit.

UVC-Entkeimung ist, eine möglichst intensive und gleichmäßige Dosierung auf der gesamten Verpackungsoberfläche zu erreichen. Die Wirkung von UVC ist Dosis abhängig, das heißt eine länger andauernde schwache Dosis (z. B. 20 s x 6 mW/cm² = 120 mJ/cm² (1 W x s = 1 J)) hat die gleiche Wirkung wie eine kurze aber starke Dosis (2s x 60 mW/cm² = 120 mJ/cm²). Anhand von Literaturwerten und Messungen können für die verschiedenen Mikroorganismen die Abtötungswerte (Letaldosen (LD)) bestimmt werden.

So lassen sich E. coli mit ca. 2.000 - 2.500 µJ/cm² um 90% reduzieren (LD90). Bei Hefen liegt die LD90 im Schnitt bei 6.000 µJ/cm² und bei Pilzsporen je nach Art bei 30.000 - >100.000 µJ/cm².

Bei der Aufgabenstellung einer so heterogenen Oberfläche wie einem Kartoffelbeutel empfiehlt sich eher eine längere gleichmäßige, homogene Bestrahlung, als ein kurzer intensiver Einsatz von UVC. Dadurch kann erreicht werden, dass praktisch alle Bereiche der Oberfläche genügend Leistung erhalten.

Im Schnitt wirkt in dem vorliegenden Tunnel eine Minimalintensität von ca. 6 mW/cm² (Maximum 10 mW/cm²) und die kalkulierte Verweildauer liegt bei 20 s pro Durchgang. Die Beutel erfahren also eine Mindestdosis von 120 mJ/cm² und maximal ca. 200 mJ/cm². Diese Dosis reicht aus, um bakterielle Keime und Hefen um mehr als 5 Log-Stufen und Pilzsporen ein bis zwei Log-Stufen also zwischen 90-99% zu reduzieren.

Damit die UVC-Leistung möglichst ohne Beschattung auf die Verpackung strahlen kann, ist der Einsatz eines optisch durchlässigen großmaschigen Gliederbandes zu empfehlen. Im der vorliegenden Anlage wurde zusätzlich zu dem offenen Gliederband noch der Bestrahlungsbereich in zwei Förderstrecken mit einer Übergabe aufgeteilt.

Dabei liegen die Säcke bis zur Tunnelmitte auf der ersten Förderstrecke auf und werden dann auf eine zweite übergeben, so dass es keinen komplett beschatteten Bereich gibt. Je Förderstrecke kommen 6 Röhren von oben, 5 Röhren von unten und je eine Röhre von beiden Seiten zum Einsatz. Im Übergabebereich sorgen zwei zusätzliche UVC-Röhren für eine optimale Ausleuchtung der dort unbedeckten Oberflächen. Die 12 oberen Röhren wurden in einer gemeinsamen Haube montiert, die zu Reinigungszwecken um 1000 mm angehoben werden kann. Der gleiche Hebemechanismus erlaubt eine Anpassung des Tunnels an höhere Produkte um maximal 160 mm, die Arbeitshöhe ist also variabel einstellbar. Die 4 seitlichen Strahler wurden in Extragehäusen mit Reflektor montiert. Die Bestrahlung von unten erfolgt mit je 5 Strahlern aus zwei Schubeinheiten, die zu Reinigungszwecken seitlich aus dem Gerät gezogen werden können. Alle Strahler sind mit Hochleistungsreflektoren hinterlegt, die die UV-Ausbeute auf den Beuteln verdoppeln.

Gerade auf die Reinigungsmöglichkeiten wurde bei der Konstruktion der Anlage besonders geachtet. Die gesamte UVC-Haube kann mit allen Bauteilen angehoben werden. Zur Reinigung wird die Haube um 1000 mm nach oben gefahren und erlaubt den vollen Zugang zu allen Bauteilen. Induktionsschalter überwachen dabei die Baugruppen, um eine maximale Betriebssicherheit für die Mitarbeiter zu gewährleisten. Nach der maximalen Bestrahlungserhöhung um 160 mm schaltet die UVC-Anlage automatisch ab. Das gleiche gilt bei einer Störmeldung von Seiten der Fördereinrichtung und beim Herausziehen der beiden Schubeinheiten. So wird, neben dem Einsatz von doppelten Beschattungsvorhängen am Tunnel Ein- und Ausgang, gewährleistet, dass keine UVC-Strahlung nach außen gelangt.

Die gesamte UVC-Anlage ist mit IP68 Verschraubungen versehen, alle Röhren sind mit doppeltem Quarzrohr wie Tauchstrahler ausgestattet und mit Teflonsplitterschutz ummantelt. Die elektronischen Vorschaltgeräte der UVC-Einheiten sind komplett in Edelstahlrohren vergossen. Insgesamt wurden in der Anlage 28 UVC-Einheiten mit einer elektrischen Stromaufnahme von ca. 1 KW verbaut. Da die UVC-Ausbeute der hoch effizienten UVC-Strahler ca. 30 % der elektrischen Leistung ausmachen, kann mit einer UVC-Leistung von über 330 W gerechnet werden. Durch den Einsatz von Niederdruckröhren wird das behandelte Beutelmaterial trotzdem kaum erwärmt. Die Oberflächentemperatur der Röhren beträgt ca. 45 °C und ist dadurch bei einer Verweildauer von 20 s im Tunnel unkritisch.

Die Steuerung der Fördereinheit beinhaltet eine Überwachung aller Strahler auf Bustechnik. Alle Motoren, wie der Antrieb der beiden Fördereinheiten, sind per Frequenzumrichter regelbar. So kann eine Bestrahlungsdauer zwischen 6 und 25 s stufenlos eingestellt werden. Die Aufgabe der Kartoffelsäcke auf die 1 m breite Förderstrecke

erfolgt manuell mit je zwei Beuteln (400 mm breit, 400 mm lang, 60 mm hoch) nebeneinander. Auf der Rückseite kann die Entnahme manuell erfolgen oder an eine automatische Stapeleinheit gekoppelt werden. Auf der Anlage werden zeitgleich 5 Beutel pro Spur entkeimt, also können pro ca. 60 s 15 Beutel durch den Tunnel geführt werden entsprechend ca. 900 Beutel mit je 5 kg Kartoffelscheiben pro Stunde (4,5 t).

Wichtig für die Produktion und die Lebensmittelsicherheit ist die Unversehrtheit der Folie. Auch hier wurden umfangreiche Tests durchgeführt. Der Kunststoff der Folie reagiert erst bei einer über 100fachen Dosis mit einer leichten Verfärbung. Die Transmission der Folien schwankt je nach Lieferant zwischen 20% (1 Probe) und >0,01% (4 Proben). Das heißt, auf die Kartoffelscheiben kommt bei vier beprobten Beuteltypen praktisch keine UVC-Strahlung bis zum Produkt und bei einem Hersteller ca. 20%. Bei vier Beuteln handelt es sich also um eine reine Verpackungsmittelentkeimung, während der 5. Beuteltyp wegen der Lebensmittelbestrahlung eine genauere Betrachtung der rechtlichen Situation voraussetzt.

Rechtliche Grundlage

In Deutschland ist die Bestrahlung von Lebensmitteln durch die Lebensmittel-Bestrahlungs-Verordnung (LMBestr.V vom 14.12.2000) geregelt. Auch wenn UV nicht mit einer Gamma- bzw. Röntgenstrahlung gleichzusetzen ist, wurde es in der Fassung aus den 50er Jahren eingeschlossen. In § 1 Abs. (4) wird beschieden, in welchen Fällen eine Bestrahlung mit UV zugelassen ist.

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.

Der ursprüngliche Text geht auf das Jahr 1959 zurück, wo die Herstellungsbedingungen, die Notwendigkeiten einer Entkeimung und die wissenschaftlichen Kenntnisse über Wirkungen und Schäden nicht mit dem heutigen Wissen vergleichbar waren. In Deutschland gilt seitdem, dass alle Lebensmittel, die in der Auflistung fehlen (wie z.B. Fleisch, Fisch oder Gebäck) nicht direkt mit UVC behandelt werden dürfen.

Die EU hat bisher nur das Thema Fleisch deutlicher von der UV-Bestrahlung ausgenommen. In der EU-Verordnung Nr. 854/2004 ist geregelt, dass „Fleisch, das in unzulässiger Weise mit UV behandelt wurde"… für genussuntauglich erklärt werden muss. Was aber unzulässig bzw. zulässig ist, regeln wiederum die Landesgesetze, so dass etwas, was in Deutschland verboten ist, in anderen EU-Ländern eingesetzt werden darf und die Produkte auch ohne Kennzeichnung nach Deutschland verkauft werden dürfen. In den Niederlanden findet sich beispielsweise zu Obst- und Gemüse keinerlei Beschränkung, wohingegen Fleisch nur mit reinem Trinkwasser abgespült werden darf.

Abb. 5: Eindeutige rechtliche Grenzen für die UVC-Entkeimung gibt es bei Fleischwaren. Die Entkeimung der Oberfläche von Wurst vor der Verarbeitung ist nur bei UVC undurchlässiger Pelle vor dem Pellen zugelassen.

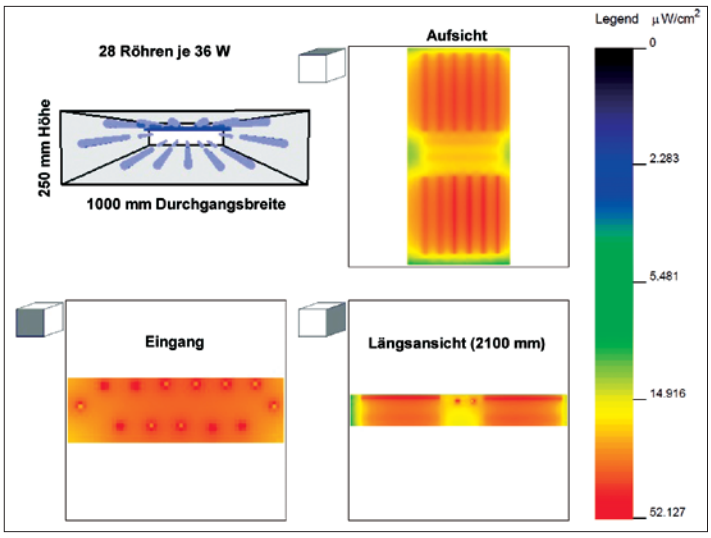

Abb. 6: Simulation der Bestrahlungssituation im UVC-Tunnel. Je zwei UVC-Abschnitte mit 13 Röhren bilden die Hauptkammern des Tunnels; im Mittel werden über 16.000 µW/cm2 erreicht.

So eindeutig wie sich die Situation bei der Behandlung von Trinkwasser oder von Hartkäse bei der Lagerung darstellt, so problematisch wird es dann allerdings beispielsweise bei der Frage, was denn unter „Oberflächen von Obst- und Gemüseerzeugnissen" zu verstehen ist. Die Klärung dieser Fragen wird zusätzlich erschwert durch die Verteilung der Zuständigkeit bei der Auslegung der Verordnung auf die einzelnen Bundesländer. Sofern man also versuchen sollte, Bewilligung zu erreichen, bleibt nur der Weg über die zuständigen Landesministerien.

Für Nordrhein Westfalen wurde dieser Weg beschritten. Das Ministerium hat hierzu erst einmal eine Begriffsklärung vorgenommen und ist zu dem Ergebnis gekommen, dass es sich um ein Erzeugnis im Sinne des Gesetzes handelt, wenn das Produkt die Verarbeitung der Ausgangsware erkennen lässt. Desweiteren wird bescheinigt, dass Obst- und Gemüse, das einer Verarbeitung (z.B. Portionieren) unterzogen wurde unter die Zulassungen des Gesetzes fallen. Unbehandelte Produkte aber eben nicht. Bei geschnittenen und gekochten Kartoffeln ist also die Zulassung des Verfahrens per Gesetz gegeben. Auch das Zerschneiden von Obst und Gemüse als Stufe der Verarbeitung reicht zur Legitimierung des Verfahrens demnach aus.

Wissenschaftliche Untersuchungen mit diversen Lebensmitteln zeigten das eindeutige Potential der rückstandsfreien UVC-Behandlungsmethode. Vor allem ist das Verfahren besonders erfolgreich vor einer weiteren Behandlung wie dem Zerschneiden, denn hiermit kann die Verteilung von Mikroorganismen auf die frischen Schnittstellen vermieden werden. Auch konnte durch die Bestrahlung von ausgesuchten Lebensmitteln nachgewiesen werden, dass bei den gewählten Beispielen negative Veränderungen gleich welcher Art auszuschließen sind.

Grundsätzlich werden bei dem hier beschriebenen Verfahren nur Verpackungen behandelt, so dass die Lebensmittelbestrahlungsverordnung nicht greift. Es ist jedoch so, dass die Verpackungen nicht in gleicher Form eine UVC-Strahlung abriegeln. In diesen Fällen muss entschieden werden, ob die Konformität mit dem Gesetz möglicher-

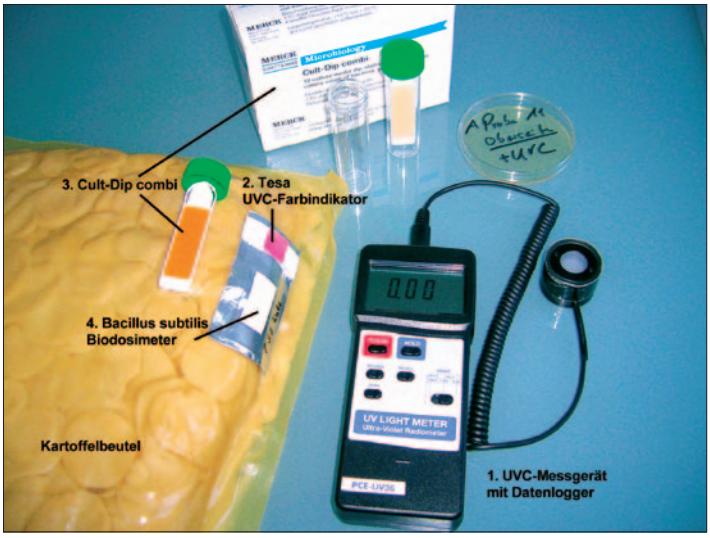

Abb. 7: Die Validierung des Tunnels erfolgte durch eine Charakterisierung mit einem UVC-Datenlogger, UVC-Farbindikatoren der Firma Tesa, Abklatschproben mit Cult-Dips sowie Biodosimetern mit Bacillus subtilis Sporen.

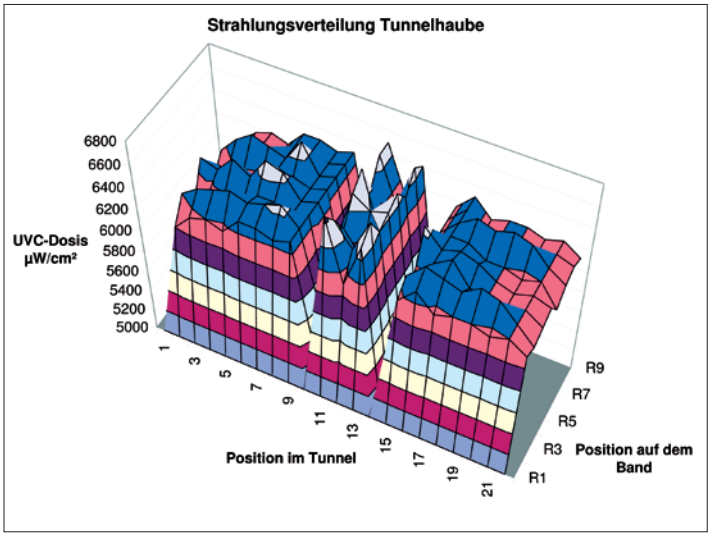

Abb. 8: Die Strahlungsverteilung auf der Oberseite der Beutel. An der Übergabestelle sind die beiden Querröhren gut als Peak zu erkennen. Die durchschnittliche UVC-Dosis im Tunnel liegt bei ca. 6500 µW/cm2

weise trotzdem gegeben ist oder ob ein anderer Folientyp verwendet werden kann.

Simulation und Kalkulation

Die Validierung des Tunnels erfolgte mit vier verschiedenen Methoden, um ein umfassendes Bild von den Möglichkeiten und Grenzen der UVC-Entkeimung aufzuzeigen. Bei der Planung des Tunnels wurde die UVGI Software der sterilAir AG eingesetzt. Diese ursprünglich für die Kalkulation und Simulation von UVC in Luftkanälen entwickelte Software ermöglicht eine exakte Positionierung von UVC-Röhren in einem frei wählbaren Raum. Durch die Faktoren Temperatur, Luftfeuchte und vor allen Dingen durch die Kalkulation der 1. und 2. Reflexion wird eine optimierte Auslegung berechnet und kann auf ihre Wirksamkeit für verschiedene Mikroorganismen rechnerisch überprüft werden.

Vier Methoden – ein Resultat

Die Überprüfung am realisierten Tunnel erfolgte durch vier Methoden:

- Physikalische Messung der Strahlungsverteilung
- Kontrolle der verschiedenen Beutelseiten durch Farbindikatoren
- Untersuchung von verschiedenen Beuteln im Abklatschtest
- Einsatz von Biodosimetern mit Bacillus subtilis Sporen an den Beuteln

Die eingesetzten Instrumente bzw. Versuchsmaterialien sind in der Abb. 7 dargestellt. Zunächst wurde die rein physikalische Strahlungsverteilung im Tunnel gemessen und ausgewertet. Dabei war entscheidend, wie gleichmäßig die gewünschte Dosis auf die Oberfläche der Folie auftrifft und wo Maxima und Minima entstehen und ob es eventuelle in der Planung nicht berücksichtigte Beschattungen bzw. Unregelmäßigkeiten gibt. Zu diesem Zweck wurde ein UVC-Messgerät auf der Fördereinheit montiert, das alle 100 mm einen Datenwert auf der Wegstrecke durch den Tunnel aufzeichnete (21 Messpunkte). Diese Werte wurden in einem Abstand von 100 mm auf der Anlagenbreite (8 Messreihen) wiederholt. Die Datenaufnahme erfolgte für die Beutelober- und für die Unterseite. Die Auswertung ergab eine Matrix, deren Grafik für die Oberseite in Abb. 8 dargestellt ist. Durch diese Methode wurden die theoretischen Berechnungen verifiziert.

Die durchschnittliche Bestrahlungsstärke lag bei diesen Messungen bei ca. 6500 µW/cm² und konnte in Kombination mit der Verweildauer von 20 s pro Durchgang auf 130.000 µJ/cm bestimmt werden. Im optimalsten Fall erfährt die Oberseite sogar eine Dosis über 170.000 µJ/cm². Die Werte entsprechen den theoretisch kalkulierten Vorgaben.

Die zweite ebenfalls rein physikalische Überprüfung erfolgte über einen Farbindikator, den UV-Strips von Tesa. Zu dieser Methode gehören Klebestreifen, die mit einem Farbindikator versehen sind. Unter der Einwirkung von UVC färbt sich der UV-Strip Dosis-abhängig bis in ein kräftiges Pink. Diese eigentlich für die Überprüfung von UV-Härtungen von Farben entwickelten Teststreifen, können bei hohen UVC-Dosen auch bei UVC-Entkeimung als Indikatoren dienen. Die Farbänderungen sind oberhalb von 10.000 µJ/cm² linear und auch additiv bei mehrmaligem Einwirken einer geringeren Dosis. Der für UVC maximal detektierbare Wert im linearen Verlauf liegt bei ca. 250 mJ/cm². Die verfärbten Strips können entweder in einem transportablen Messgerät der Firma Tesa oder in einem handelsüblichen Spektralphotometer ausgewertet werden. Über eine Kalibrierkurve ergibt sich aus dem Absorbtionswert des Photometers die entsprechende UVC-Dosis.

Je 2 Strips wurden auf verschiedenen 5 kg und 6 kg Beuteln unterschiedlicher Hersteller an den vier seitlichen Kanten und auf der Ober- und Unterfläche eingesetzt. Die Beutel wurden auf drei verschiedenen Positionen auf das Förderband aufgelegt und in 20 s durch den UVC-Tunnel befördert. Auf den Oberseiten wurden Werte um 170 mJ/cm² ermittelt, während die Werte auf der Unterseite zwischen 140 m/cm² und 160 J/cm² lagen. Die seitlichen Proben resultierten etwas niedriger im Bereich zwischen 120 und 140 mJ/cm². Dabei konnte kein Unterschied zwischen den Positionen auf dem Band, als vielmehr ein Unterschied zwischen den Neigungen der Klebestellen ermittelt werden. Je senkrechter die seitliche Beutelkante zur Förderfläche lag, umso geringer war die einwirkende UVC-Dosis. Trotzdem lagen alle Werte deutlich innerhalb der Toleranz. Somit scheinen auch die Tesa Farbindikatoren für eine Überprüfung der UVC-Anlage geeignet.

Biologische Tests

Durch die Abklatschproben konnte an den Beuteln selber die Wirkung der UVC-Entkeimung überprüft werden. In Verwendung kamen einmal Merck Cult-Dip combi mit TTC-Agar für die Gesamtkeimzahl und Kartoffel-Glucose-Agar für die Hefe/Schimmel Bewertung (orange). Nachteil dieser natürlichen Beprobung ist immer die

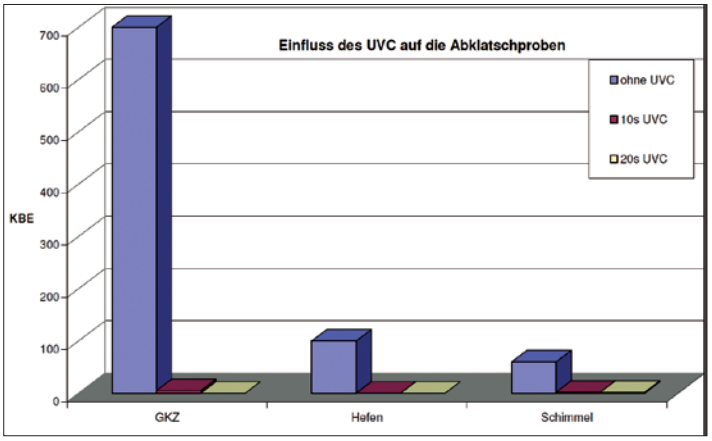

Abb. 9: Abklatschproben mit den Merck Cult-Dip combi. Von vormals 700 KBE bei der GKZ und 60 Schimmel bzw. 100 Hefen wurden nach 20 s UVC-Behandlung keine GKZ und keine Hefen und nur 2 Schimmelsporen detektiert.

sehr unterschiedliche Eingangskeimzahl sowie die heterogene Verteilung der KBE auf der Folie. Im vorliegenden Fall waren bei 20 Proben vor UVC-Entkeimung durchschnittlich 35 KBE für die Gesamtkeimzahl und 3 Schimmel und 5 Hefe Populationen zu detektieren.

Bei einer Tunneldurchlaufzeit von 10 s, also der doppelten Betriebsgeschwindigkeit und somit der halben Dosis (ca. 65.000 µJ/cm²), waren bei der GKZ auf 3 Proben noch 1 KBE und bei 1 Probe (Beutelseite rechts) 2 KBE zu ermitteln und zwar bei den an der Beutelseite genommenen Abklatschproben. Von den ursprünglich 60 Schimmelsporen sind 2 noch ausgekeimt dagegen keine Hefe. Das Ergebnis bestätigt die Auslegung des Tunnels, da bereits bei der halben Tunnelleistung von ursprünglich 700 bakteriellen Keimen nur noch 5 KBE ausgekeimt sind (99% Reduktion). Nach Durchlauf in der vorgesehenen Betriebsgeschwindigkeit mit der empfohlenen Dosis wurden bei 20 Proben noch 2 Schimmel detektiert. Dagegen waren keine Hefen und keine Bakterien mehr messbar.

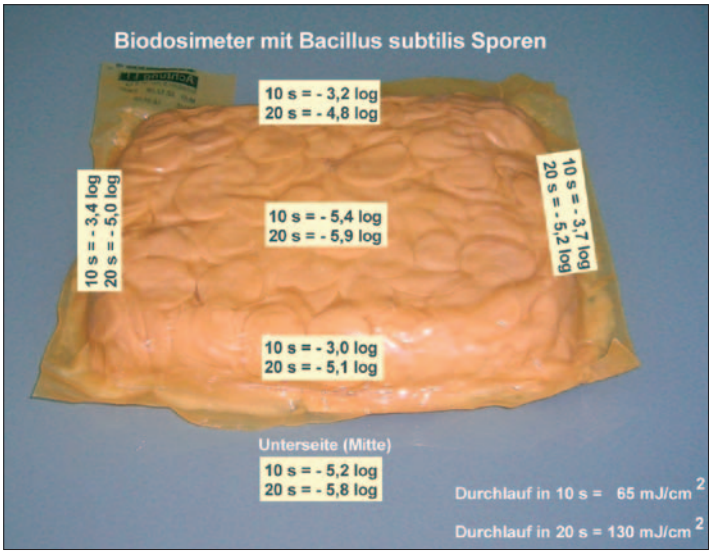

Abb. 10: Mittels Biodosimeter wurden die schlecht zugänglichen Bereiche der Kartoffelbeutel überprüft. Bei 10s Verweildauer werden noch nicht alle Randbereiche optimal entkeimt. Bei 20s Durchlaufzeit zeigen alle Messpunkte maximale Reduktion der Bacillus subtilis Sporen um ca. – 5 log-Stufen

Die Untersuchungen der UVC-Wirksamkeit mit Biodosimetern wurden durch das Labor Ecoscope von PD Dr. I. Maier in Amtzell durchgeführt. Durch den Einsatz von Biodosimetern sollte abschließend eine quantitative Bewertung der Keimreduktion erfolgen. Die eingesetzten UVC-Biodosimeter bestehen aus einer mit Bacillus subtilis-Sporen getränkten Trägerfolie (ca. 107 Sporen/cm2), die in eine Aluminiumträgertasche eingeschweißt ist. Ein UVC-durchlässiges Folienfenster in der Trägertasche gibt die Hälfte der Beprobungsfolie für UVC-Strahlung frei. Die Kontrollfläche bleibt verdeckt. Bei Einwirkung von UVC-Strahlung werden auf der Messfläche Sporen abgetötet, während die Kontrollfläche unbestrahlt bleibt. Die Probenträger können auf beliebige Oberflächen aufgeklebt und dann der UVC-Strahlung exponiert werden.

Bei der Auswertung im Labor von Ecoscope in Amtzell wurden beide inkubierten Flächen getrennt und die Anzahl lebensfähiger Sporen in einer Nährflüssigkeit bestimmt. Durch den direkten Vergleich der Kontrolle und der bestrahlten Probe können sowohl Unterschiede in der Dotierung der Proben als auch eventuelle Schädigungen durch Temperatur bzw. Alterung z.B. beim Versand berücksichtigt werden. Die Probenträger sind selbstklebend und können auf die verschiedenen Beutelseiten aufgeklebt werden. Bei diesem Versuch wurde sowohl die halbe Leistung und die volle Betriebsleistung beprobt. Dabei wurde auf jede Längsseite des Beutels auf die Ober- bzw. Unterfläche je ein Biodosimeter aufgeklebt.

Bei halber Dosis ergab sich auf den Oberflächen der Beutel jeweils eine Reduktion von über 5 Zehnerpotenzen, während die Seiten im Schnitt zwischen -3,0 und -3,7 log lagen. Diese Reduktion der Sporenzahl um über 99,9% konnte bei Einsatz der Biodosimeter unter Betriebsbedingungen von 20s bis auf eine Reduktion zwischen -5 und -6 log Stufen erhöht werden. Die Auflösung der Biodosimeter liegt genau in diesem Bereich, so dass man von einer maximalen Reduktion ausgehen kann. In Literaturwerten wird die LD90 Dosis für Bacillus subtilis mit zwischen 7.000 und 13.000 µW/cm² angegeben. Diese Dosis entspricht dem LD90 Wert der meisten Hefen und dem 2-4 fachen pathogener Bakterien. Eine Reduktion von über 5 log-Stufen reduziert das Verkeimungsrisiko durch an dem Beutel anhängenden Keimen auf ein Minimum.

Durch die einfache Handhabung der selbstklebenden Biodosimeter kann auch in den folgenden Betriebsjahren, neben der rein physikalischen Überprüfung der Röhrenleistung mit UVC-Messgeräten, eine biologische Kontrolle der Entkeimungsleistung erfolgen. In der Kombination mit den Tesa UVC-Strips können Kunden vor Ort eine regelmäßige Validierung des Anlagenzustandes vornehmen.

Die Planung und Konstruktion zukünftiger Entkeimungsanlagen kann durch die Firma ENT GmbH jederzeit an die speziellen Bedürfnisse angepasst werden. Die Kalkulation der UVC-Leistung erfolgt durch die sterilAir GmbH nach Aufnahme der Bedingungen und Entkeimungswünsche. Ein Tunnel in der hier vorgestellten Form liegt je nach Ausstattung in der Größenordnung zwischen 35.000 und 45.000 € (inklusive Hubvorrichtung der Haube). Die Folgekosten beschränken sich auf den Röhrentausch nach 12.000 Betriebstunden, also alle 2,5 - 3 Jahre. Für die beschriebene Anlage beträgt der Preis für einen Röhrensatz ca. 6.500 €. Je nach Reinigungszyklus und -mittel müssen die Aluminiumreflektoren für ca. 500 € jährlich gewechselt werden. Bei größeren Salatherstellern ist die Einsparung an Zeit und Verbrauchsmitteln, wie der beschriebenen Peressigsäure, dagegen immens. Die Amortisationszeit eines UVC-Tunnels liegt in solchen Fällen bei unter 2 Jahren und die Verbesserung der Arbeitsbedingungen stellt sich sofort ein.

sterilAir GmbH
Offermannsheider Str. 184
51515 Kürten