RFL
Rundschau für Fleischhygiene und Lebensmittelüberwachung
11
November 2024
76. Jahrgang

- Aspekte des Milzbrandes
- Sensor für Frische
- Transport tierischer Nebenprodukte
- Desinfektion natürlich vegan
- Mykotoxine in Mohn?
- LM-Kontakt-materialien in der LM-Produktion
- *Yersinia entero-colitica* in Salaten
- Die Milchkammer
- Gänsebraten zu Sankt Martin
- Muluchiya & Panhas

Foto: Tim Stahl/pixabay.com

Desinfektion natürlich vegan

Nachhaltige Hygienetechnologien zur erhöhten Lebensmittelsicherheit – Neue Hygienetechnologie aus Pflanzensubstanzen mit Breitbandwirkung

Ralf Ohlmann

>>> Die Aufgabenstellungen einer sicheren, wie einfach umzusetzenden Produkthygiene werden in der Fleischwarenverarbeitung, aber auch in allen anderen Bereichen der Lebensmittelherstellung immer wichtiger. Regulatorische Einschränkungen zu chemischen Desinfektionsmitteln, aber auch die eng gefassten Meldepflichten bei positiven Betriebskontrollen mit pathogenen Keimen, führen zu steigenden Herausforderungen in der Fleischwarenherstellung. Weiter sind der zunehmende Fachkräftemangel, wie auch die mögliche Optimierung/Automatisierung von Desinfektionsvorgängen zu berücksichtigen.

EU-Forschungsprojekt: Neue „Desinfektionsmittel aus Pflanzenabfällen" zur erhöhten hygienischen Lebensmittelsicherheit

Mit dem Ziel der Nachhaltigkeit und einem hohen Automatisierungsgrad in der hygienischen Produktabsicherung, wurde 2020 im Auftrag und durch Förderung der Europäischen Union mit EFRE-Mitteln ein Forschungsprojekt zur Entwicklung nachhaltiger Hygienetechnologien durch das Just in Air® Luft- & Hygienefachinstitut mit der Constructor University zu Bremen durchgeführt.

Das internationale Hygiene-Forschungsprojekt der Bremer Wissenschaftler (Abb. 1) wurde als einziges Projekt aus Deutschland auch auf der UN Weltklimakonferenz 2023 in Dubai im Bereich PROTOTYPES FOR HUMANITY vorgestellt.

Nachhaltige Hygienetechnologien zur natürlichen Desinfektion

Eine nachhaltige Hygienetechnologie basiert auf sich natürlich bildenden Inhaltsstoffen (z.B. organische Säuren, bioaktive Systemfraktionen), welche auch in vielen Lebensmitteln vorkommen.

Diese liegen in Form z.B. der Milchsäure auch im postmortalen Zustand beim Fleisch durch den Abbau des Muskelgewebes vor.

Somit sind die Inhaltsstoffe bei nachhaltigen Hygienetechnologien überwiegend naturidentisch und aus nachwachsenden Rohstoffen zu gewinnen.

Natürliche Substanzen sind in der angewandten Hygiene wesentlich effektiver und weisen weniger Schadschöpfung auf als umweltschädliche chemische Desinfektionsstoffe, da diese sich über viele Millionen Jahre bis zur Perfektion in den Pflanzen entwickeln konnten.

Pflanzenabfälle als natürliche Rohstofflieferanten

Grundlage der nachhaltigen Hygienetechnologie ist die Verwendung/Verwertung von Abfallprodukten aus der Früchte- & Gemüseverarbeitung, womit eine zusätzliche Wertschöpfung aus nachwachsenden Rohstoffen erzielt wird.

Rohstoffe als natürliche Ressourcen sind z.B. Kaffeeabfälle, die in den Ursprungsländern pro Jahr mit über 40.000 t anfallen.

Aber auch Hopfenmaische, oder anfallendes Brüdenkondensat ist als Abfallprodukt beim Bierbrauen in großen Mengen verfügbar (Abb. 2).

Durch die erweiterte Nutzung der bestehenden globalen Ressourcen zur natürlichen Desinfektionsmittelgewinnung, wird die vorliegende Wertschöpfungskette der Kulturpflanzen, die zur Ernährung angebaut und verarbeitet werden, ökonomisch, wie ökologisch erweitert.

Eine Vielzahl von Pflanzen stellen Stoffe mit antibakterieller, fungizider oder antiviraler Wirkung her, die zum Schutz der Pflanze vor Keimen dient.

Dabei hat die Pflanze, je nachdem wo sie wächst und welchen Mikroorganismen sie standhalten muss, spezielle Abwehrsubstanzen gegen Schadmikroorganismen entwickelt.

Somit finden wir in unterschiedlichen Pflanzen diverse bioaktive Substanzen gegen Keime, wie Bakterien, Schimmel, Hefen, aber auch Viren.

Substanzen, die für diese Wirkung in den Pflanzen verantwortlich sind, sind überwiegend die Chlorogensäuren (Abb. 3) (Vorkommen z.B. in Kaffee), die statistisch auch in einer Menge von etwa 1 g pro Tag von einem erwachsenen Durchschnittsdeutschen aufgenommen werden.

Besonders die Substanzklasse der Polyphenole besitzt ein erhebliches antimikrobielles Potenzial.

Abb. 1: Forscherteam: Ralf Ohlmann, Matthias Ullrich und Doktorant James Ziehma (von links). Fotos/Grafiken: Verfasser

Abb. 2: Ausgangspflanzen als Extraktionsgrundlage für die nachhaltige Hygienetechnologie.

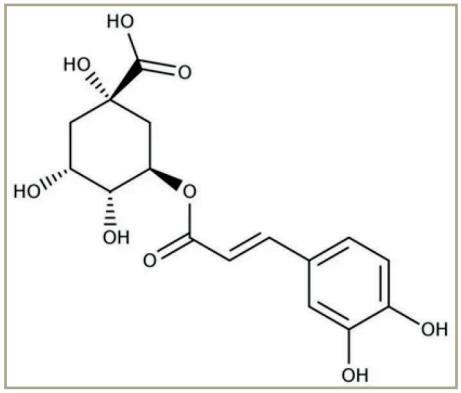

Abb. 3: Chemische Formel der Chlorogensäure.

Als Beispiel der messbaren Bioaktivität sind die Sequenzen der Glykolsäure in Abbildung 4 chromatografisch dargestellt.

Nach Festlegung der optimalen Einsatzpflanzenextrakte und der physikalischen Aufarbeitung zur Wasserlöslichkeit (die meisten Pflanzenextrakte sind hydrophob), werden die konzentrierten Extrakte in Wasser als Trägerstoff eingemischt, damit eine Anwendung auch gesteuert automatisiert (z.B. über eine Kaltvernebelung) durchgeführt werden kann.

Dazu werden die in den Pflanzen systemisch eingebetteten bioaktiven Phytoextrakte über ein standardisiertes Extraktionsverfahren isoliert und danach, mittels eines speziellen Solubilisationsverfahren, wasserlöslich aufbereitet.

Dieser der Natur entsprechende, langwierige Prozess, wurde im Labor ohne eine bioaktive Reduktion zeitlich beschleunigt und erfolgreich stabilisiert.

Hierzu kamen bewährte Verfahren, wie neu entwickelte als Stufenabfolge zum Einsatz, wie im Projektschema (Abb. 5) dargestellt.

Das erfolgreiche Aufarbeitungsverfahren der Pflanzeninhaltsstoffe aus dem Labor, wurde anschließend über ein entsprechendes *scale up* in den Industriemaßstab überführt, um auch eine marktangepasste Menge der nachhaltigen Hygienetechnologie wirtschaftlich erzeugen zu können.

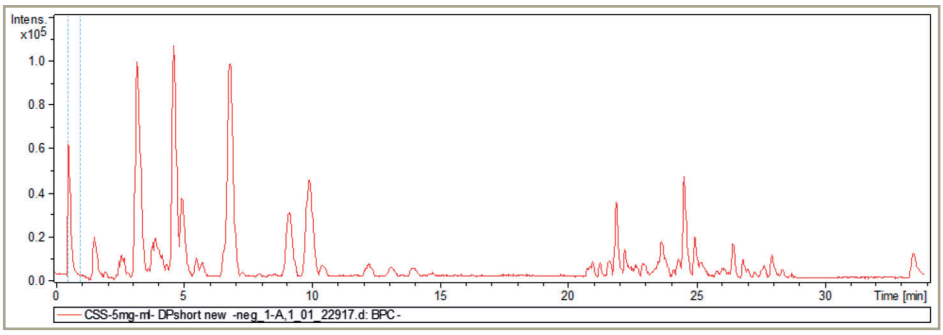

Abb. 4: Chromatographenauszug (MicroTOF) der Glykolsäure aus Zielpflanzenextrakten.

Wirksamkeit von nachhaltigen Hygienetechnologien als abgestimmtes Systemgemisch in der Lebensmittelhygiene

Aufgrund der inhaltlichen Zusammensetzung und der physikalisch unterstützten Wirkweise der nachhaltigen Hygienetechnologie, werden Mikroorganismen (Bakterien, Hefen, Schimmel), wie auch spezielle Viren, sicher eliminiert und eine mögliche Resistenzbildung ausgeschlossen.

Die hygienische Effektivität der abgestimmten Wirkstoffmischung wurde im quantitativen Suspensionsversuch in Anlehnung an DIN/EN 13823 mit Belastung (0,05 % Hefeextrakt), sowie im quantitativen Suspensionstest (Bakterien, Hefen und Schimmel) in Anlehnung an die Methoden zur VAH-Zertifizierung chemischer Desinfektionsverfahren (Standardmethode 9) mit 11 lebensmittelrelevanten Keimspezies durchgeführt.

- *Staphylococcus aureus* ATCC 6538
- *Enterococcus hirae* ATCC 10541
- *Cronobacter sakazakii* ATCC 29544
- *Salmonella Enterica* subsp. *Enterica* ATCC 14028
- *Bacillus subtilis* DSM 4181
- *Listeria monocytogenes* ATCC 6538
- *Candida albicans* ATCC 10231
- *Aspergillus brasiliensis* ATCC 16404
- *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 15442
- *Escherichia coli* K12 NCTC 10538
- *Legionella pneumophila* ATCC 33152

Dabei konnte eine komplette Keimeliminierung (logarithmische Reduktion („Zehnerpotenzen“) in der Größenordnung von mind. 5) nach kurzer Zeit bei 11 getesteten Stämmen der Spezies Bakterien, Schimmel und Hefen nachgewiesen werden.

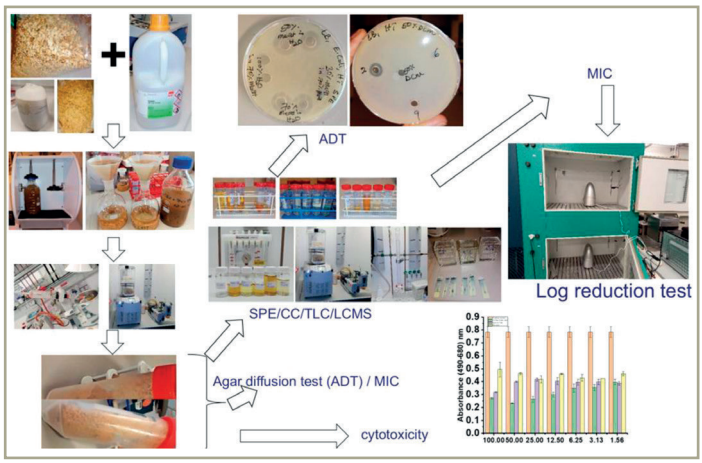

Abb. 5: Schema Ablaufprozess der Rohstoffaufbereitung bis zur fertigen nachhaltigen Hygienetechnologie.

Umsetzung in die tägliche Praxis der Lebensmittelhygiene

Die nachhaltige Hygienetechnologie wurde vom Umsetzungspartner STADLER Luftklima aus Salgen als Biozid unter der Produktbezeichnung ***ES-safe*** Mitte 2024 mit der Registriernummer N-114216 zugelassen.

Aufgrund der natürlichen Inhaltsstoffe wurde das nachhaltige Hygieneverfahren ***ES-safe*** auch in der ökologischen Betriebsmittelliste FiBl aufgenommen.

Vorteile beim Einsatz der nachhaltigen Hygienetechnologie sind die einfache, wie deklarationsfreie Anwendung, komplette Erreichbarkeit aller Oberflächen und der Raumluft durch Vernebelung, Möglichkeit der Automatisierung und Integration in das bestehende Luftmanagement, die humantoxikologische Unbedenklichkeit und die gute Materialverträglichkeit (geringe Korrosionseigenschaft), wie eine Umweltneutralität, womit eine ökologische Alternative zu umweltbelastenden chemischen Desinfektionsmitteln und aufwendigen Desinfektionsverfahren (Einschäumen und Abspülen) vorliegt.

Da nachhaltige Hygienetechnologien als fertige Gebrauchsmischungen vorliegen, sind auch Unfälle im Umgang, wie auch mögliche Anwendungsfehler ausgeschlossen, was die hygienische Prozessumfeld- und Lebensmittelhygiene deutlich sicherer macht.

Neben den zuvor aufgeführten Einsatzparametern, sind besonders die zeitlichen Aufwendungen (z.B. Desinfektionsdauer), wie auch die während der Desinfektionsanwendungen mit chemischen Desinfektionsmitteln erzeugten Feuchtelasten ein wichtiges Kriterium.

Eine länger anhaltende hohe Luftfeuchte (über 85 % rel. Luftfeuchte) wie bei der klassischen Einschäum-/Abspüldesinfektion, ist die Grundlage von unerwünschter Kondensatbildung an Gebäudeteilen, was auch zu einer erhöhten Aktivität der Mikrobiologie (z.B. Listerien), wie zu Bauschäden führen kann.

Die Durchführung der Hygienisierung mit der nachhaltigen Hygienetechnologie, kann dabei als einfache Vernebelanwendung über eine Zweistoffdüsentechnik (Abb. 6+8) in zwei Schritten einzeln, oder zusammenhängend erfolgen.

1) Stoßentkeimung: Anwendung als Ersatz der klassischen Einschäum-/ Nachspüldesinfektion mit chemischen Desinfektionsmitteln und, oder als zusätzliche Gesamtraumdesinfektion am Wochenende.

Wirkstoffeinsatz ca. 20 ml/m³ umbauter Raum

2) Unterhaltshygienisierung: Gezielte Anwendung zur kontinuierlichen Hygiene-

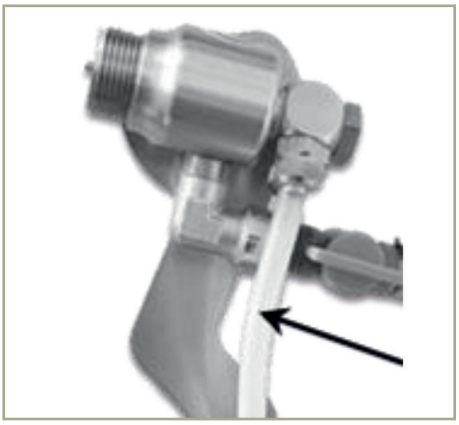

Abb. 6: **Technischer Aufbau einer Zweistoffdüse zur Vernebelung der nachhaltigen Hygienetechnologie.**

absicherung auch während der Produktionszeit.

Wirkstoffeinsatz ca. 0,2 ml/m³/h auf die Zu- oder Raumluft

Integration in die Prozessabläufe der Betriebsdesinfektion

In verschiedenen Bereichen der Fleischwarenverarbeitung wurden Vergleichsteste zwischen der klassischen Hygieneanwendung mit Desinfektionschemie (Einschäumen & Abspülen) **A** und der Vernebelung der nachhaltigen Hygienetechnologie ***ES-safe*** über mobile Verneblereinheiten **B** als Stoßentkeimung durchgeführt.

B Stoßentkeimung in der Zerlegung Raum I

Es erfolgte eine Aufstellung von insgesamt 5 mobilen Zweistoffdüsen-Verneblereinheiten im Testraum Zerlegung Raum I.

Der Raum und die Einbauten waren grob vorgereinigt, jedoch nicht desinfiziert.

Abb. 7: **Positionen und Ausrichtung der mobilen Vernebler bei der Stoßentkeimung im Raum Zerlegung I.**

Abb. 8: **Mobile Zweistoffdüsen – Verneblereinheiten im Raum Zerlegung I.**

Parameter Stoßentkeimung Zerlegung Raum I	
Raumgröße:	ca. 780 m³
Einsatzmenge ES-safe:	15,6 Liter
Anzahl Verneblereinheiten:	5
Vernebelungsdauer:	25 Minuten
Sedimentationszeit:	30 Minuten
Desinfektionszeit:	55 Minuten

Der Testraum Zerlegung I (Abb. 7) war schon nach 55 Min. Desinfektionszeit wieder einsatzbereit.

Durch die feine und gleichmäßige Ausbringung der nachhaltigen Hygienetechnologie über eine Feinvernebelung (Abb. 9), erfolgte schon nach kurzer Zeit eine komplette Erreichung der Raumluft, wie sämtlicher Oberflächen im Raum.

Methoden und Ergebnisse der Oberflächen- und Luftkeimmessungen

In allen Räumen wurden Oberflächenkeimmessungen in Form von Abklatschproben auf den produktberührenden Oberflächen, sowie der Einbauten-Peripherie (Kabelkanal, Bodenablauf), als auch Luftkeimmessungen vor und nach dem Einsatz mit der nachhaltigen Hygienetechnologie genommen (s. Tab. 1+2).

Ein Abspülen der nachhaltigen Hygienetechnologie nach der Desinfektionsanwendung ist nicht notwendig.

Ein zusätzlicher Feuchteeintrag, der bei einem standardmäßigen Desinfektionsvorgang (Einschäumen und Abspülen) entsteht, wird dadurch vermieden.

Dieser positive Effekt zeigt sich besonders in gekühlten Verarbeitungsbereichen, da über die geringere Wasseraufnahmefähigkeit der kühlen Luft und der erhöhten Kondensatneigung der Oberflächen, die Feuchtigkeit nicht ausreichend (schnell) aus dem Raum abführen lässt.

Da bei Anwendung der nachhaltigen Hygienetechnologie nach der Desinfektionsanwendung nicht mit sauberem Trinkwasser nachgespült werden muss, wird Wasser eingespart und auch das Abwasser wird nicht mit chemischen Desinfektionsmittelfrachten belastet.

Vergleich der Luftfeuchteverläufe

Bei der standardmäßigen Desinfektion als chemisches Einschäum- und Nachspülverfahren ist ein deutlicher Anstieg der Luftfeuchte über den Grenzwert (maximale Raumluftfeuchte) vorliegend und die Luftfeuchte bleibt über einen langen Zeitraum oberhalb des Grenzwertes bestehen, was auch zu Kondensatbildung führt.

Luftfeuchteverlauf bei klassischer Einschäum-/Abspüldesinfektion (Abb. 10)

- rel. Luftfeuchte bei bis zu 100 % über mehrere Stunden
- starker Temperaturanstieg

Abb. 9: **Nebelentwicklung und Sättigung bei der Stoßentkeimung im Raum Zerlegung I.**

▼ Tab. 1: **Luftkeimwerte.**

Luftkeimmessungen

Messung	Messpunkt	Gesamtkeimzahl Vor Behandlung [KbE/ m³ Luft]	Gesamtkeimzahl Nach Behandlung [KbE/ m³ Luft] [	Hefen und Schimmel Vor Behandlung [KbE/ m³ Luft]	Hefen und Schimmel Nach Behandlung [KbE/ m³ Luft]
1	Zerlegung Raum I vorne	75	**0**	60	**0**
2	Zerlegung Raum I mittig	85	**0**	45	**0**
3	Zerlegung Raum I hinten	90	**0**	50	**0**
4	Zerlegung Raum I zwischen Zerlegeband 2 & 3	80	**0**	60	**0**
5	Zerlegung Raum I an der Bandschneieanlage	105	**0**	90	**5**

▶ Tab. 2: **Oberflächenkeimwerte.**

Oberflächenkeimmessungen

Messung	Messpunkt	Gesamtkeimzahl Vor Behandlung [KbE/25cm²]	Gesamtkeimzahl Nach Behandlung [KbE/25cm²]	Hefen und Schimmel Vor Behandlung [KbE/25cm²]	Hefen und Schimmel Nach Behandlung [KbE/25cm²]
1	Zerlegung Raum I – Band 3	97	**0**	39	**0**
2	Zerlegung Raum I – Band 2	115	**0**	40	**2**
3	Zerlegung Raum I – Zwischenband	120	**0**	53	**0**
4	Zerlegung Raum I – Band 1 Mitte	105	**0**	45	**1**
5	Zerlegung Raum I – Band 2 Mitte	113	**0**	50	**0**
6	Zerlegung Raum I – ***Bodenablauf***	226	**15**	183	**20**
7	Zerlegung Raum I – ***Kabelkanal***	144	**22**	126	**18**

Der Feuchteeintrag während des Desinfektionsvorgangs bei der Vernebelung der nachhaltigen Hygienetechnologie ist deutlich geringer und senkt sich gleich nach der Vernebelung noch weiter auf den Normalwert ab.

Luftfeuchteverlauf bei der Vernebelung der nachhaltigen Hygienetechnologie (Abb. 11)
- rel. Luftfeuchte bis max. 85 %
- direkter Abfall der Luftfeuchte nach Stoßentkeimung
- kein Temperaturanstieg

Unterhaltshygienisierung im Kistenlagerraum Rein

Im Kistenlagerraum Rein nach der Kistenwäsche, wurde eine dauerhafte Unterhaltshygienisierung über die Lüftungsanlage mit der nachhaltigen Hygienetechnologie (Abb. 12) während der Produktion durchgeführt, um die Raumluft und damit die Kisten kontinuierlich hygienisch abzusichern.

Die Hygienemessungen im Kistenlager Rein (Abb. 13) zeigten, dass die Keimbelastungen in der Raumluft und auf, sowie in den gestapelten Kisten dauerhaft deutlich unter den vorgegebenen Grenzwerten blieben. Auch die Einbauten (Kabelbahn, Ladestation, etc.) hatten durch die Raumluftbeaufschlagung einen konstant guten Hygienestatus.

Methoden der Untersuchung im Praxistest

Oberflächenkeimmessungen über Abklatschtests
- Gesamtkeimzahlen
- Hefen und Schimmel

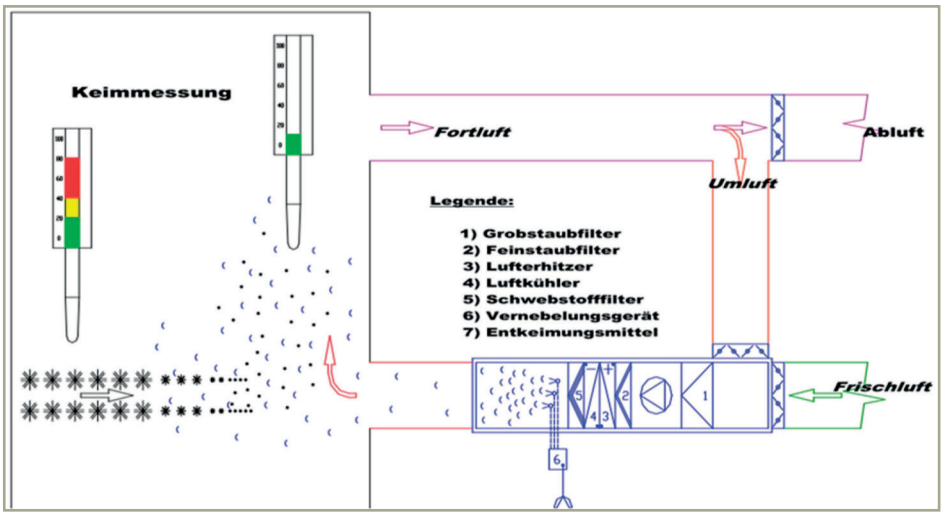

Abb. 12: **Konzeptskizze zur technischen Integration der nachhaltigen Hygienetechnologie in die Lüftungsanlage.**

Koloniebildende Einheiten (KBE) pro fünfundzwanzig Quadratzentimeter (25 cm²) Luft.

Luftkeimmessungen über Luftkeimsammler MERCK MAS – 100® ECO

Sammelvolumen 200 Liter
- Gesamtkeimzahlen
- Hefen und Schimmel

Koloniebildende Einheiten (KBE) pro Kubikmeter (m³) Luft.

Luftfeuchte- und Temperaturverlauf über Datenlogger (Fa. Dostmann)

Relative Luftfeuchte in Prozent (%)

Temperatur in Grad Celsius (°C)

Literatur beim Verfasser. ■

Ralf Ohlmann
Just in Air® Luft- & Hygienefachinstitut
Parkallee 41–45, 28209 Bremen
ro@justinair.de

Abb. 13: **Luftkeimmessungen im Kistenlager Rein.**

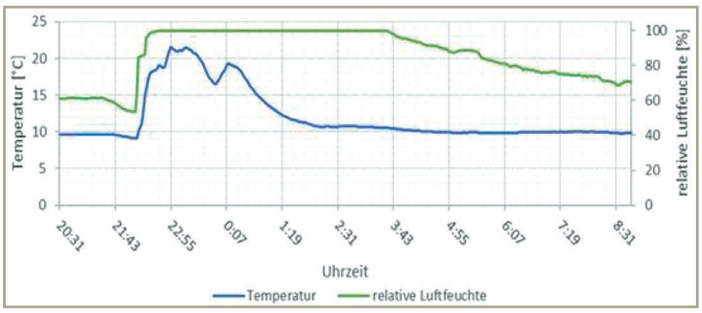

Abb. 10: **Luftfeuchteverlauf bei der klassischen Einschäum-/ Abspüldesinfektion.**

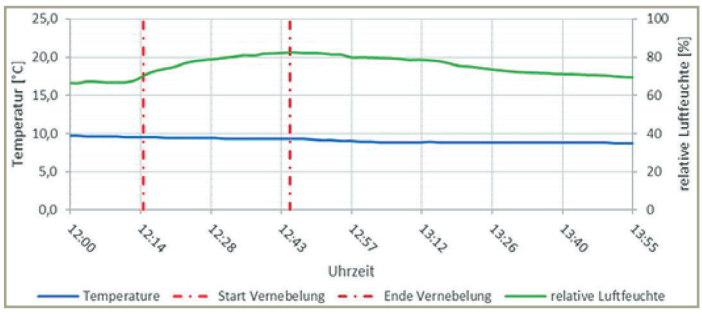

Abb. 11: **Luftfeuchteverlauf bei Vernebelung der nachhaltigen Hygienetechnologie.**