

Logistik

Intelligente Container für die ganze Kette

Produktqualität und Temperaturdaten in der Lieferkette für Fleisch überwachen

Eine stufenübergreifende und produktbegleitende Temperaturüberwachung von Fleisch und Fleischprodukten ist die Voraussetzung für die Bereitstellung frischer Lebensmittel optimaler Qualität und Haltbarkeit. Im Projekt „Der Intelligente Container“ wurden Logistiklösungen entwickelt, die eine ununterbrochene Überwachung der Kühlkette ermöglichen und die dabei gemessenen Temperaturdaten zur kontinuierlichen Evaluierung des Qualitätszustandes und der Resthaltbarkeit nutzen. Das Konzept ermöglicht eine qualitätsgesteuerte Distribution innerhalb der Kette.

Von Reiner Jedermann,
Miriam Mack und
Judith Kreyenschmidt

FrISCHE Lebensmittel werden oft über tausende von Kilometern transportiert, bis sie den Verbraucher erreichen. Aufgrund der oft verzweigten Lieferketten ist die Ware vielfältigen Einflüssen ausgesetzt. Insbesondere die Temperaturhistorie der Produkte in der gesamten Kette spielt eine wichtige Rolle, um die Qualität möglichst lange zu erhalten und Qualitätsverluste oder Risiken abzuschätzen. Ob gesetzlich vorgeschriebene Temperaturen eingehalten werden, hängt unter ande-

rem von der technischen Qualität und Leistungsfähigkeit verschiedener Kühleinrichtungen entlang der Kette, wie Lagerräumen, Containern und Lkw-Aufliegern, aber auch von der richtigen Handhabung, der Verpackung und Stauung ab.

Kein Datenaustausch über gesamte Kette

Grundsätzlich werden heute die Temperaturbedingungen von der Produktion bis zum Point of Sale durchgehend kontrolliert. Ein Austausch der Daten über die gesamte Kette findet in der Regel jedoch nicht statt. Die technischen Herausforderungen liegen dabei nicht nur in der Bereitstellung einer kettenübergreifenden Temperaturüberwachung, sondern insbesondere darin, Informationen über Gefahren und Beeinträchtigungen der Warenqualität so früh wie möglich zu bewerten und für die Trans-

portplanung bereitzustellen. Auch stichprobenhafte Messungen der Produkttemperatur bei Wareneingangskontrollen sind nicht dazu geeignet Rückschlüsse auf die Temperaturgeschichte der Produkte zu schließen. Das vom Hersteller angegebene Haltbarkeitsdatum ist an bestimmte Lagertemperaturen gebunden. Werden diese während des Transports nicht eingehalten, sagt das Haltbarkeitsdatum nichts über den aktuellen Frischestatus des Produktes aus. Hier können Haltbarkeitsmodelle genutzt werden, um verlässliche Aus-

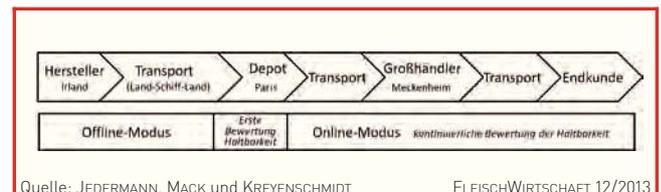
sagen auf jeder Stufe der Kette zu treffen.

Bei Waren ohne festes Haltbarkeitsdatum, wie Obst und Gemüse, können kleinere Qualitätsabweichungen weitgehend kompensiert werden, indem Waren mit geringer Resthaltbarkeit umgehend in den Verkauf gegeben werden, Waren mit hoher Resthaltbarkeit werden für spätere Bestellungen zurückgehalten oder in den Export mit längeren Transportwegen gegeben.

Aber auch dort, wo eine Anpassung der Resthaltbarkeit an die tatsächliche Warenqualität rechtlich



Abb. 1: Vakuumverpacktes Lammfleisch (Vergleich der Qualität von vakuumverpacktem Lammfleisch zu Beginn der Lagerung und bei sensorischem Verderb).



Quelle: JEDERMANN, MACK und KREYENSCHMIDT

FLEISCHWIRTSCHAFT 12/2013

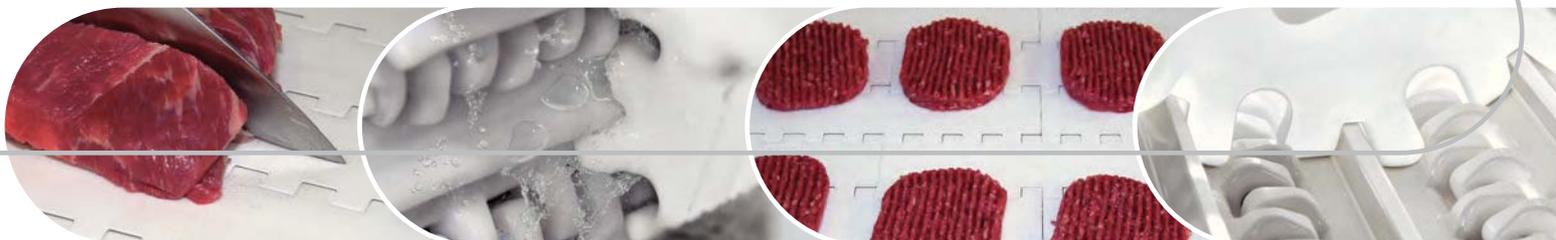
Abb. 2: Transportkette und Datenübertragung für irisches Lammfleisch.

Habasit GmbH, Eppertshausen | www.habasit.de
Tel.: +49 6071 969 0 | info.germany@habasit.com



Sauber auf den Punkt gebracht:
Hygiene-Lösungen von Habasit

Ausgereiftes Design und bewährte Qualität –
Prozess-Sicherheit bei allen Arbeitsschritten



Patentiertes Design und Bänder, die allen Hygieneanforderungen gerecht werden:

- lebensmittelzugelassene Materialien
- optimal zu reinigen
- extrem belastbar und langlebig

oder technisch nicht möglich ist, bietet eine derartige Überwachung deutliche Vorteile. Durch produktbegleitende automatisierte Kontrolle kann den Kunden eine durchgängige hohe Qualität garantiert werden. Manuelle Kontrollen können auf Waren mit einer problematischen Temperaturgeschichte beschränkt werden, und im schlimmsten Fall kann rechtzeitig für Ersatz gesorgt werden, um die oft engen Lieferverpflichtungen zu erfüllen.

Qualitätsveränderungen automatisch überwachen

Aus diesem Ansatz heraus ist die Idee eines „Intelligenten Containers“ zur automatischen Überwachung von Qualitätsänderungen während des Transportes entstanden und wird seit 2006 von der Universität Bremen verfolgt. Mit Hilfe eines seit 2010 bestehenden Konsortiums aus 22 Industrie- und Forschungspartnern (www.intelligentcontainer.com), konnte das System prototypisch in der Praxis umgesetzt werden. Für den Bereich „Fleisch“ stehen dabei insbesondere die Partner Universität Bonn (Institut für Tierwissenschaften), Rungis Express, Kühn Transporte und Carbull Telematics.

Mehr als nur Telematik

Das System des „Intelligenten Containers“ geht dabei weit über bestehende Telematiklösungen

hinaus. Ein Netzwerk aus Funkensensoren erlaubt es, die Temperatur direkt im Warenkern zu messen und räumliche Abweichungen innerhalb des Frachtraumes zu erfassen. Die oft beträchtlichen Abweichungen zwischen Aggregat- und Türseite können so bei der Qualitätsbewertung mit berücksichtigt werden, was mit einer einfachen Überwachung der Zu- und Rücklufttemperatur nicht möglich ist.

In den typischerweise verzweigten Lieferketten in der Fleischwirtschaft steht eine Telematikbindung oft nur auf Teilstrecken zur Verfügung. Die für das Projekt entwickelte Software erlaubt es, die Messwerte auf den Sensorknoten der Firma Virtenio zwischenspeichern; sobald die Sensoren in ein Fahrzeug oder Container mit entsprechender Infrastruktur verladen werden, übertragen sie ihre Daten per Funk. Im Fahrzeug sammelt eine so genannte „Freight Supervision Unit“ (FSU) die Daten der drahtlosen Sensoren.

Abweichungen führen zu Qualitätsverlust

Tab.: Temperaturabhängige Haltbarkeitsreduzierung bei unterschiedlichen Fleischprodukten

Temperatur	Haltbarkeit		
	Schweinefleisch* aerob gelagert	Geflügelfilet aerob gelagert	Kochschinken MA Verpackung
2°	7 Tage	5 Tage	25 Tage
4°C	5 Tage [-29%]	4 Tage [-20%]	
7°C	4 Tage [-43 %]	3 Tage [-40%]	13 Tage [-48%]
10°C	3 Tage [-57%]	2 Tage [-60%]	6 Tage [-76%]

**M. longissimus dorsi*

Quelle: BRUCKNER et al. 2012

FLEISCHWIRTSCHAFT 12/2013

Ein weiterer entscheidender Punkt ist die automatisierte Bewertung der Daten. Einem Lebensmittelgroßhändler fehlt schlichtweg die Zeit, um Temperaturkurven einzeln zu prüfen. Entscheidend dabei ist nicht nur die Frage, ob Grenzwerte überschritten wurden, sondern insbesondere die Dauer und die Höhe der Abweichung. Jede Warenart hat dabei eine individuelle Kennlinie, wie sich Temperaturabweichungen auf die Qualität auswirken. Diese Verderbskinetiken gilt es zunächst zu bestimmen, um Qualitätsvorhersagen auf Basis der Temperaturhistorie zu treffen.

Telematik verknüpfen mit Haltbarkeitsmodellen

Gerade bei leichtverderblichen Lebensmitteln wie Fleisch wirken sich Temperaturabweichungen unmittelbar auf den Qualitätsverlust aus (Tab.). Bereits eine Temperaturerhöhung von 2 °C auf 4 °C führt bei aerob gelagertem

Schweinefleisch zu einer Reduktion der Haltbarkeit von 30%. Bei Geflügelfleisch beträgt die Reduktion rund 20%. Auch kurzzeitige Erhöhungen wirken sich unmittelbar auf die Haltbarkeit aus. Beispielsweise reduziert eine zweimalige Temperaturerhöhung über jeweils sechs Stunden von 4 °C Solltemperatur auf 15 °C die Haltbarkeit von frischem Schweinefleisch um etwa 30% (2 Tage). Wie sich Temperaturabweichungen auf den Verderb auswirken hängt unter anderem von der Verpackungsart ab. Durch verschiedene Verpackungsarten und einer damit verbundenen Änderung der Gaszusammensetzung (Vakuum und Schutzgas) kann die Entwicklung der mikrobiologischen Flora, die für den Verderb verantwortlich ist, verzögert und deren Zusammensetzung beeinflusst werden. Somit sind für jedes Produkt sogenannte spezifische Verderbsorganismen für den Qualitätsverlust verantwortlich, die sich in Abhängigkeit der Umweltfaktoren gegen die anderen Mikroorganismen durchsetzen und die Verderbsflora dominieren. Auf Basis dieser „Hauptverderbniserreger“ sind in den letzten Jahren viele Modelle im Bereich der prädiktiven Mikrobiologie entwickelt worden.

Prädiktive Modelle erlauben es, das Verhalten von Verderbsorganismen oder pathogenen Keimen in Abhängigkeit von ausgewählten Produkt- und Umweltfaktoren vorherzusagen. Über die Höhe des Keimgehaltes zu bestimmten Zeitpunkten können Rückschlüsse auf den Frischezustand bzw. die Resthaltbarkeit an jedem Punkt der Kette getroffen werden. Eine Vielzahl der Modelle beruht darauf, die Haltbarkeit bzw. die Entwicklung des spezifischen Verderbniserregers in Ab-

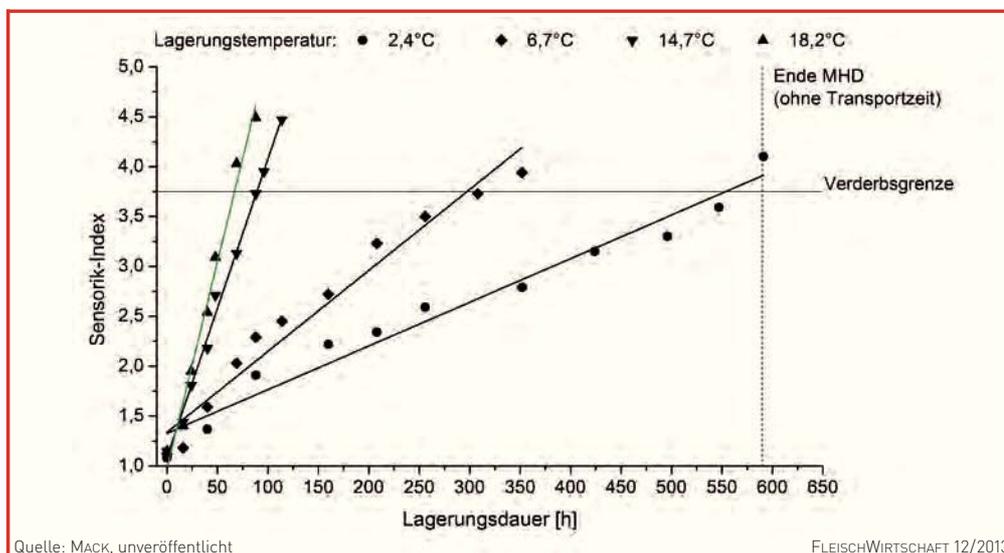


Abb. 3: Entwicklung des Sensorik-Index von vakuumverpacktem Lammfleisch bei unterschiedlicher Lagerungstemperatur.

hängigkeit von Temperatur und Zeit vorherzusagen. Allerdings stößt der Einsatz mikrobiologischer Haltbarkeitsmodelle an seine Grenzen, wenn der Verderb der Produkte nicht von einem Hauptverderbniserreger, sondern von einer gemischten Keimflora verursacht wird. In solchen Fällen kann ein Modell auf Basis sensorischer Parameter eine geeignete Alternative darstellen, um den Qualitätsverlust auf Basis der Temperaturhistorie vorherzusagen. Der sensorische Verderb kann durch Kriterien wie Fleisch- und Fettfarbe, Fleischsaftfarbe und -menge, Textur, Gasbildung und anhand olfaktorischer Abweichungen bestimmt werden (Abb. 1). Diese temperaturabhängigen Veränderungen sind auf das Wachstum von Mikroorganismen und deren Stoffwechsel als auch auf fleischeigenen enzymatischen Abbau zurückzuführen. Durch die Bildung eines sensorischen Index aus den unterschiedlichen Kriterien werden die Haupteinflussfaktoren gewichtet und als Eingangsgrößen für ein Modell berücksichtigt.

Im Rahmen des Projekts wurden für die Fleischprodukte vakuumverpacktes Lammfleisch und MA (modifizierte Atmosphäre)-verpacktes Minutensteak vom Schwein sensorische Haltbarkeitsmodelle erstellt. Die Produkte zeichnen sich durch unterschiedliche Verderbscharakteristik und somit unterschiedliche Haltbarkeitszeiten aus. Weiterhin unterscheiden sich die Lieferketten in der Länge der Transportstrecke und deren Komplexität voneinander. Das Lammfleischprodukt hat eine Haltbarkeit von 29 Tagen bei 2 °C nach Schlachtung und wird von Irland über Frankreich nach Deutschland transportiert (Abb. 2). Dabei erfolgt die Übergabe an mehrere Akteure, bis das Produkt den Endkunden erreicht. Das Schweinefleisch wird von einem an den Zerlegebetrieb angeschlossenen Transportunternehmen direkt in ein Depot transportiert und von dort zum Lebensmitteleinzelhandel transferiert. Die Haltbarkeit bei diesem Produkt beträgt acht Tage bei maximal 4 °C.

Für die Erstellung der Haltbarkeitsmodelle für beide Produkte erfolgten umfangreiche Lagerungstests bei unterschiedlichen Temperaturbedingungen, in denen das Verhalten der sensorischen Krite-

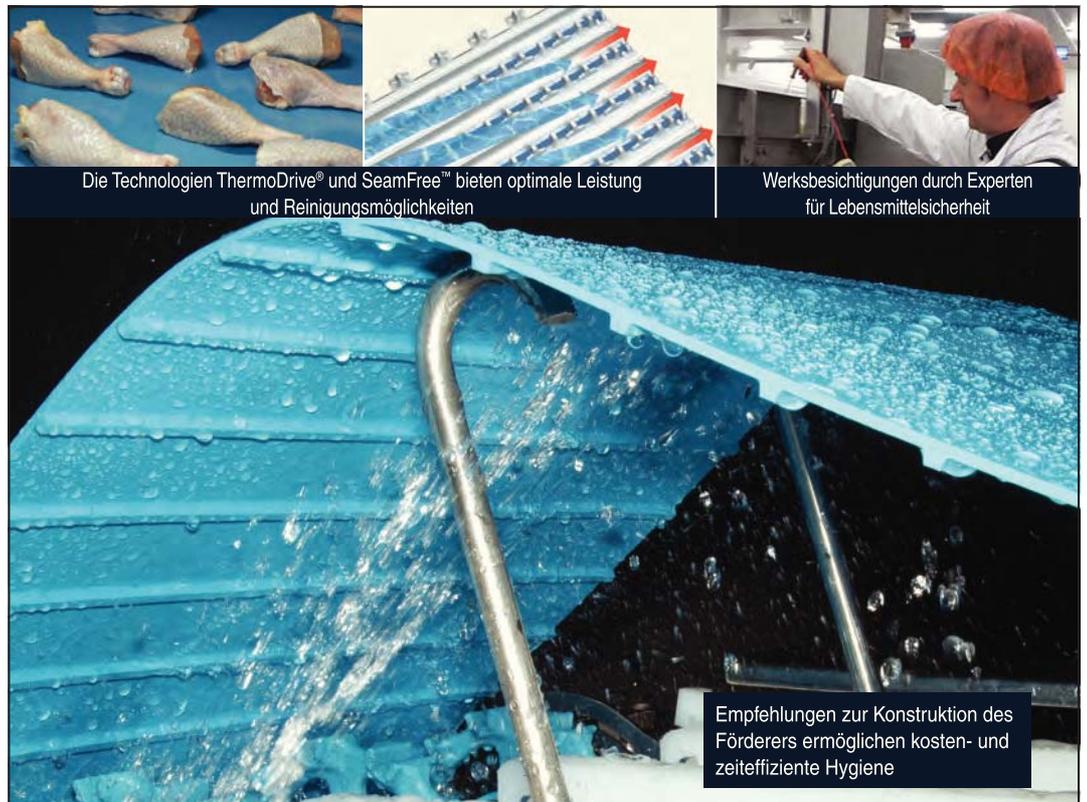
rien über die Zeit geprüft wurde. Die Entwicklung des sensorischen Index bei drei verschiedenen Lagerungstemperaturen ist in Abbildung 3 dargestellt. Die Abhängigkeit der Haltbarkeit von der Temperatur zeigt Abbildung 4. Auf Basis der ermittelten Daten wurde für jedes Produkt ein Modell entwickelt. Durch die Verknüpfung der Haltbarkeitsmodelle mit den Temperaturdaten ist die Einschätzung der aktuellen Haltbarkeit bzw. des Frischezustandes des Produktes zu jedem Zeitpunkt möglich. Wie eine Verknüpfung eines solchen Mo-

dells mit Temperaturdaten in der Praxis aussehen kann, ist im Folgenden an einem Beispiel des irischen Lammfleisches dargestellt.

Überwachung einer Lieferkette

Das Produkt wird nach der Zerlegung vakuumiert und in Kartons verpackt. In ausgewählten Kartons werden zusätzlich Sensoren direkt an der Ware positioniert und palettiert. Die Sensoren werden durch einen QR-Code den entsprechenden Paletten zugeordnet. Durch

das Scannen des Codes erfolgt die Konfiguration und Initiierung der Sensoren. Anschließend erfolgt der Transport der unterschiedlichen Paletten von Irland über Paris nach Deutschland. Auf dem Schiffs- und Landtransport von Irland nach Frankreich findet keine Umladung statt und die Temperaturmessung wird im Offline-Modus durchgeführt (Abb. 2). Bei Ankunft im Depot in Paris wird die Palette gescannt und die Temperaturdaten ausgelesen. Durch das hinterlegte Haltbarkeitsmodell wird die verbleibende Resthaltbarkeit auf Basis



Die Technologien ThermoDrive® und SeamFree™ bieten optimale Leistung und Reinigungsmöglichkeiten

Werksbesichtigungen durch Experten für Lebensmittelsicherheit

Empfehlungen zur Konstruktion des Förderers ermöglichen kosten- und zeiteffiziente Hygiene

Lösungen von **FoodSafe** Intralox

Mit dem umfassenden Ansatz für die sichere Beförderung von Lebensmitteln bietet Intralox die ideale sowie hygienische Band- und Komponentenauswahl, ein weltweites Team an Vollzeit-Beratern für Lebensmittelsicherheit, Konstruktionsrichtlinien für eine hygienische Beförderung sowie Unterstützung bei den Reinigungsprozessen. Dieses umfassende Programm hilft unseren Kunden dabei, die höchsten Ziele in Bezug auf Lebensmittelsicherheit und Hygiene zu erreichen.

Weitere Informationen finden Sie unter intralox.com.



Maßgeschneiderte Lösungen zur Optimierung von Reinigungsprozessen

intralox®

www.intralox.com

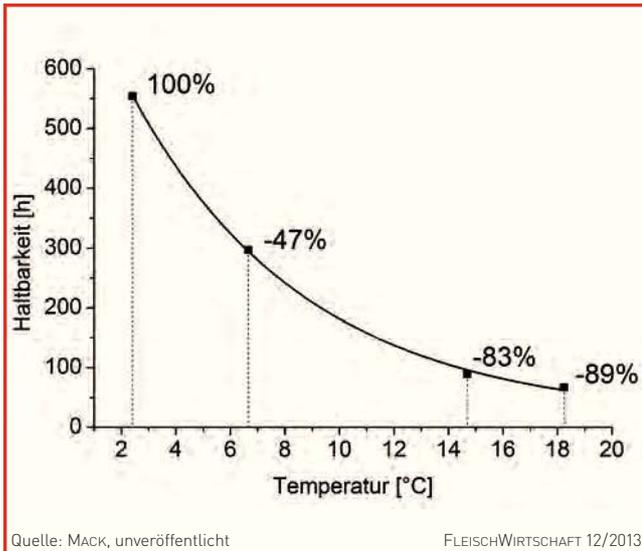


Abb. 4: Auswirkungen erhöhter Lagertemperatur auf die Haltbarkeit von vakuumverpacktem Lammrücken.

dieser Daten errechnet. Wenn ein Risiko detektiert wird, sendet die FSU eine entsprechende Warmmeldung per Mobilfunk an den Frachtführer. Auf Seetransporten wird das Iridium Satellitensystem genutzt. Da die vollständigen Temperaturkurven nur auf Anfrage oder im Schadensfall übertragen werden, können Kommunikationskosten reduziert werden. Daraufaufgehend wird die Ware kommissioniert

dieser intelligenten Containerlösung ist, dass den jeweiligen beteiligten Personen die Aussagen über den Produktzustand und der weiteren Handhabung der Ware auf eine einfache Art und Weise präsentiert werden. Durch Anpassung der Sensoren an unterschiedliche Parameter (z.B. Ethylen), kann das Konzept auf unterschiedliche Produktgruppen angepasst werden.

Anzeige

**Aktuelles
auf den Punkt
gebracht!**

**fleischwirtschaft
de Newsletter**

Jetzt kostenlos bestellen:
[www.fleischwirtschaft.de/
newsletter](http://www.fleischwirtschaft.de/newsletter)

und durch ein weiteres Logistikunternehmen im Mischtransport zum Großhändler nach Deutschland (Meckenheim) transportiert. Auf diesem Transportschritt werden die Temperaturdaten im Online-Modus übertragen und die Resthaltbarkeit in realer Zeit ermittelt, so dass der Großhändler vor Ankunft der Ware bereits reagieren kann. Fand während des Transports und der Lagerung in Paris keine Beeinträchtigung statt, wird die Ware in Deutschland erneut kommissioniert und gelangt über ein weiteres Depot zum Endkunden. Ein wichtiger Aspekt bei

Bedeutung für die Praxis

Um praxisnahe Aussagen über die Qualität bzw. Resthaltbarkeit treffen zu können, steht für die FSU eine einfache Softwarelösung bereit. Das Risiko für einen vorzeitigen Verderb wird in einem dreistufigen Indikator als Ampelsignal ausgegeben. „Grün“ steht dabei für Waren ohne Risiko, „gelb“ zeigt an, dass eine manuelle Überprüfung notwendig ist; „rot“ gekennzeichnete Waren sind für einen Weitertransport nicht geeignet. Die Aussagen beruhen auf dem im Rahmen des Projektes entwickelten Modells der Universität Bonn, das es erlaubt, auf Basis der gemessenen Temperaturkurve die aktuelle Resthaltbarkeit abzuschätzen. Diese zusätzlichen Informationen über die Produktqualität, -sicherheit und die Produkthistorie erlauben eine intelligente qualitätsorientierte Lagerhaltung und damit langfristig Ressourcen einzusparen und den Lebensmittelausschuss zu verringern.

Danksagung

Das Projekt „Der Intelligente Container – vernetzte intelligente Objekte in der Logistik“ wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unter dem Kennzeichen 01IA10001 gefördert.

Literatur

1. BORCH, E., M.-L. KANT-MUERMANS und Y. BLIXT (1996): Bacterial spoilage of meat and meat products, *International Journal of Food Microbiology* 33, 103–120.
2. BRUCKNER, S., A. ALBRECHT, B. PETERSEN und J. KREYENSCHMIDT (2012): Characterization and comparison of spoilage processes in fresh pork and poultry, *Journal of Food Quality*, DOI: 10.1111/j.1745-4557.2012.00456.x
3. BRUCKNER, S., A. ALBRECHT, B. PETERSEN und J. KREYENSCHMIDT (2012): Influence of cold chain interruptions on the shelf life of fresh pork and poultry, *International Journal of Food Science and Technology* 47(8), 1639–1646
4. GRAM, L., L. RAVN, M. RASCH, J.B. BRUHN, A.B. CHRISTENSEN und M. GIVSKOV (2002): Food spoilage – interactions between food spoilage bacteria, *International Journal of Food Microbiology* 78, 79–97.
5. JEDERMANN, R. (2006): Gefahren für die Ware erkennen. RFID-Etiketten steuern im 'intelligenten Container' die Temperaturüberwachung, *Fleischwirtschaft* 86 (11), Seite 70–71.
6. KLEER, J. und G. HILDEBRANDT (2002): Bedeutung der Predictive Microbiology zur Risikominimierung bei der Lebensmittelherstellung, *Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz* 4, 474–483. DOI 10.1007/s00103-002-0422-3
7. MACK, M., M. GARBADE, M. HEBEL und J. KREYENSCHMIDT (2013): Development of a decision support tool for different meat supply chains, 5th International Cold-Chain Management Workshop, June 11th 2013, Bonn, Germany
8. RAAB, V., B. PETERSEN und J. KREYENSCHMIDT (2011): Temperature monitoring in meat supply chains, *British Food Journal* 113(10), 1267–1289. DOI: 10.1108/00070701111177683



Dr.-Ing. Reiner Jedermann arbeitet seit 2004 am Institut für Mikrosensoren, -aktoren und

-systeme der Universität Bremen am Projekt 'Intelligenter Container'. Schwerpunkte seiner Arbeit sind die System- und Softwareentwicklung, sowie die Integration biologischer Modelle.



Dipl.oec.troph. Miriam Mack ist seit Juli 2010 wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Arbeitsgruppe Cold-Chain Management der Universität Bonn. Sie promoviert im Bereich Optimierung des Kühlkettenmanagements in nationalen und internationalen fleischerzeugenden Ketten.



PD Dr. Judith Kreyenschmidt leitet an der Universität Bonn die institutsübergreifende AG Cold-Chain Management. Zu den Forschungsgebieten zählen unter anderem die Erstellung von Simulationsmodellen zur Prognose der Lebensmittelqualität, die Entwicklung und Implementierung neuer Technologien in den Bereichen Temperaturüberwachung, Hygiene und Verpackung zur Verbesserung der Lebensmittelqualität, -sicherheit und zur Reduzierung von Food Waste.

Anschrift der Verfasser
Dr.-Ing. Reiner Jedermann, Universität Bremen, Institut für Mikrosensoren, -aktoren und -systeme (IMSAS), Otto Hahn-Allee, Gebäude NW 1, 28334 Bremen; Dipl. oec. troph. Miriam Mack und PD Dr. Judith Kreyenschmidt, Institut für Tierwissenschaften, Präventives Gesundheitsmanagement, Katzenburgweg 7, 53115 Bonn