

<http://www.tis-gdv.de/tis/tagungen/svt/svt10/jedermann/inhalt.htm>

Der "Intelligente Container" zur Reduktion von Schadensfällen

Vortrag von Herrn Dr.-Ing. Reiner Jedermann, Institut für Mikrosensoren, -aktoren und -systeme (IMSAS)

Inhaltsverzeichnis

▪ Einführung

- Komponenten des Intelligenten Containers
- Relevanz für die Versicherungsbranche
- Industriepartner der Innovationsallianz

▪ Technik und Feldtests

- Sensornetze
- Seetransport von Bananen
- Typische Temperaturabweichungen
- Technische Herausforderungen

▪ Haltbarkeitsmodell

- Grundlagen
- Anwendung im Produkt "Smart-Point"

▪ Neue Konzepte zur Lagerverwaltung (FEFO)

- Vorteile durch das First Expired First Out Prinzip

▪ Der Container als autonomes Sensorsystem

- Weitere Komponenten der Softwareplattform
- Räumliche Interpolation der Messwerte
- Dynamisches Messintervall
- Vorhersage des Temperaturverlaufs

▪ Gassensorik

- Ethylen als Indikator für den Reifungsprozess

▪ Zusammenfassung

Einführung

Komponenten des Intelligenten Containers

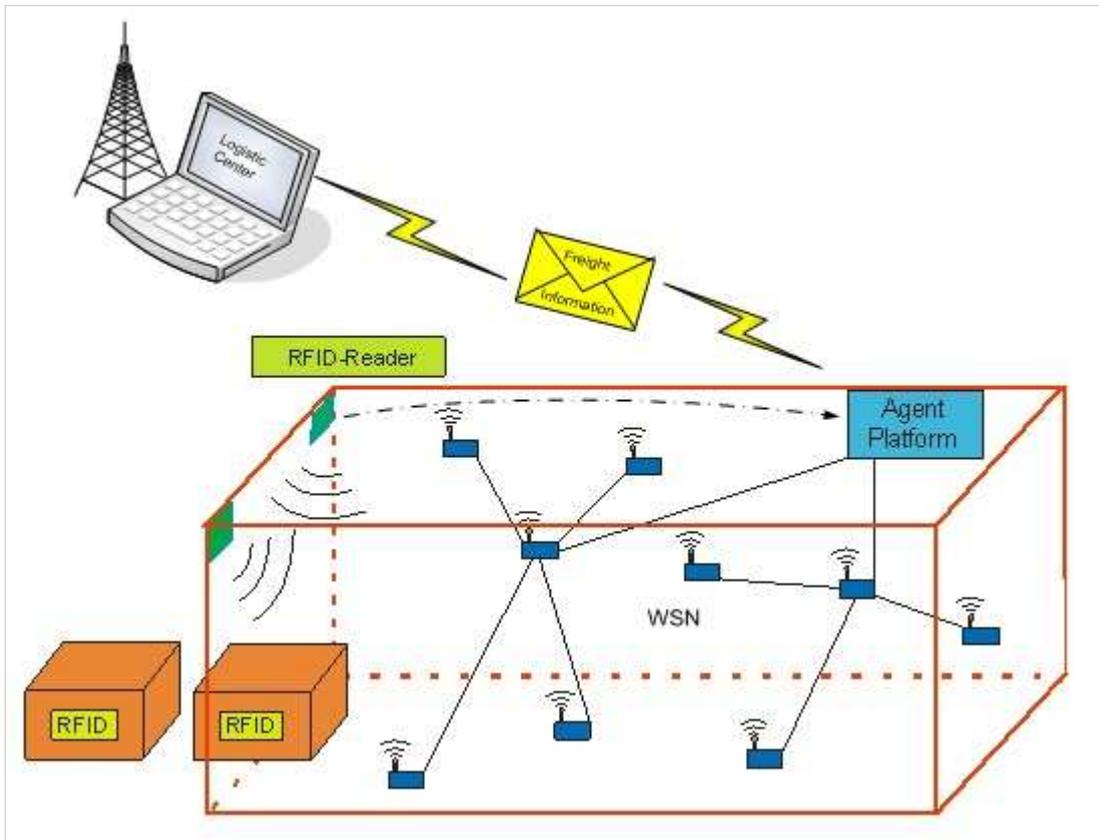
Durch den "intelligenten Container" ist es möglich, Waren auf dem gesamten Transportweg genauer zu überwachen. Dies geschieht durch eine Kombination von Sensorik und RFID-Technologie. Das Anwendungsfeld des intelligenten Containers liegt insbesondere in der Überwachung von verderblichen Waren, wie frischen Lebensmitteln oder pharmazeutischen Produkten.

Die RFID-Technologie dient der Erfassung der Ware beim Beladen des Containers oder Fahrzeuges. Das Überwachungssystem kann sich daraufhin selbständig konfigurieren.

Der Intelligente Container



The Intelligent Container



Bildquelle: Xinwei Wang, ITEM, Universität Bremen

Über ein drahtloses Sensornetz werden Temperaturabweichungen räumlich erfasst - nicht nur die Zu- und Rücklufttemperatur, sondern die Temperatur jeder einzelnen Palette bzw. an jedem Punkt

im Container. Die Funksensoren senden die Daten an einen zentralen Rechner im Container, an dem die Daten gesammelt und vorverarbeitet werden.

Die Datenverarbeitung geschieht durch sogenannte Softwareagenten. Dies sind kleine Programme, die je nach Bedarf in den Container hochgeladen werden können, um zum Beispiel ein Haltbarkeitsmodell zu berechnen. Der Container kann so an verschiedene Warenarten und Überwachungsaufgaben angepasst werden. Informationen zur Ware, wie zum Beispiel eine errechnete Änderung der Resthaltbarkeit, werden in Form eines "elektronischen Frachtbriefes" nach außen gesendet.

[Seitenanfang](#)

Relevanz für die Versicherungsbranche

Durch den intelligenten Container können deutliche Verbesserungen in Hinblick auf die Schadenserfassung und die Schadensvermeidung erzielt werden.

1. Schadenserfassung:

Die räumliche Überwachung erlaubt eine genauere Analyse von Schadensfällen

Durch die Überwachung können verschiedene Schadensszenarien erkannt und unterschieden werden:

- Defekt der Kühlung
- Ungleichmäßige Zirkulation / Kühlung durch falsche Packung
- Die Ware oder ein Teil der Ware wurde "warm" eingeladen (unzureichende Vorkühlung)
- Ein Teil der Ware beginnt im Container zu reifen wodurch sich Wärmenester bilden. Dieser Schadensfall kann bei klimakterischen Früchten wie Bananen auftreten.

Insbesondere können Teilschäden genauer und schneller erfasst werden.

- Wie viele Paletten sind betroffen?
- Wie viel % der Haltbarkeit ist verloren gegangen?



2. Schadensvermeidung:

Ein Echtzeit-Monitoring erlaubt es, Schäden frühzeitig abzuwenden

Durch das Echtzeit-Monitoring kann unmittelbar auf Schadensereignisse reagiert werden. Jedoch ist ein direkter Eingriff oft nicht möglich, zum Beispiel durch Austausch eines defekten Kühlaggregates. Die Schadensvermeidung zielt daher im Wesentlichen auf die Vermeidung oder Abmilderung von Folgeschäden:

- Wenn eine Lieferverpflichtung besteht, ist jede Stunde kostbar, die zusätzlich zur Verfügung steht, um für eine Ersatzlieferung zu sorgen.
- Es kann eine Wiederholung des Fehlers auf den folgenden Transporten vermieden werden.

Wenn eine genaue Qualitätsüberwachung je Palette zur Verfügung steht, ist es möglich, mit den Unterschieden in der Resthaltbarkeit zu arbeiten, um das Risiko für den Verderb zu minimieren:

- Unterschiede können durch eine geschickte Lagerplanung ausgeglichen werden (siehe Abschnitt FEFO).
- Waren mit ähnlicher Qualität können für die nachfolgenden Prozessschritte zusammengeführt werden. Die Reifung von Bananen in Europa benötigt grüne Ware mit möglichst gleichen Eigenschaften.



3. Datenverarbeitung:

Eine räumliche Überwachung ist nur mit einer intelligenten Datenverarbeitung im Container möglich

Der dritte Punkt betrifft zwar nicht speziell die Versicherungsbranche, ist aber ein besonderes Kennzeichen des intelligenten Containers.

Ohne eine lokale Datenverarbeitung ist es kaum möglich die Informationen einer räumlichen Temperaturüberwachung zu handhaben.

Für jeden Container einer Spedition müssten die Daten von jeweils ca. 20 Sensoren übertragen werden. Dies scheitert zum einen an den Kosten einer Mobil- oder Satelliten-Kommunikation. Zum anderen ist es auch kaum vorstellbar, diese Datenmenge von Hand auszuwerten.

Der intelligente Container sendet seine Daten daher nur bei besonderen Transportereignissen. Die Grafik zeigt einen Ausschnitt aus unserer Test- und Demonstrationssoftware:

- Das Einladen der Ware in den Container wird gemeldet
- Es erfolgt eine Bestätigung, wenn alle benötigten Sensoren zur Verfügung stehen
- Das Überschreiten einer Temperaturwarnschwelle wird gemeldet
- Eine weitere Warnmeldung erfolgt, wenn eine vorher eingestellte Schwelle für die Resthaltbarkeit unterschritten wird.

Monitoring						
Freight Messages		Error Messages	Freight List	Sensor Values	Oscilloscope	
Time	Location	Message	UID	Product	Priority	KO/Days
17:04:38		Low shelf life, contact transport manager!	e00401000749eeb9	Tomatoes.pink	red	0,96
17:03:13		Unexpected change in shelf life!	e00401000749eeb9	Tomatoes.pink	yellow	7,95
17:02:53		10 days shelf life left	e00401000749eeb9	Tomatoes.pink	normal	9,88
17:02:17		Recommended Temperature overstepped	e00401000749eeb9	Tomatoes.pink	yellow	12,95
17:01:44	Vehicle IP-57	OK - All Sensor available	e00401000749eeb9	Tomatoes.pink	normal	
17:01:20	Vehicle IP-57	Moved to new vehicle	e00401000749eeb9	Tomatoes.pink	normal	13,98

Bei Bedarf können jedoch die aktuellen Messwerte jederzeit abgefragt werden.

[Seitenanfang](#)

Industriepartner der Innovationsallianz: Der intelligente Container

Im Anschluss an ein Grundlagenprojekt wird die Forschung zum intelligenten Container seit September 2010 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unterstützt.

Das Projekt wird vom Institut für Mikrosensoren, -aktoren und -systeme (IMSAS, Prof. Walter Lang) an der Universität Bremen geleitet.



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Die Innovationsallianz besteht aus 14 Industriepartnern und 3 Forschungseinrichtungen aus den Bereichen "See-Transporte / Bananen", "Straßentransporte / Fleisch", "Software" sowie "Sensoren / RFID / Elektronik".

See-Transporte (Bananen)	„Straße“ / Fleischprodukte	Software	
		<th>Sensoren, RFID, Elektronik</th>	Sensoren, RFID, Elektronik

Weitere Informationen zum Projekt finden sich auf der Homepage www.intelligentcontainer.com.

[Seitenanfang](#)

Technik und Feldtests

Sensornetze

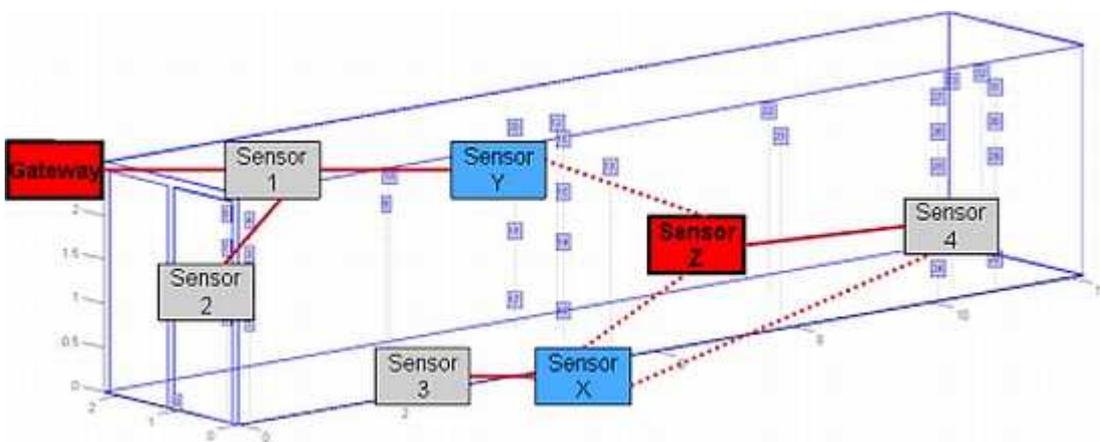
Zur räumlichen Überwachung der Temperatur und anderer Umweltgrößen werden sogenannte drahtlose Sensorknoten eingesetzt. Derzeit finden sich am Markt verschiedene Prototypen wie der TelosB und erste kommerzielle Produkte wie der Smart Point von Ambient Systems.

Die Kommunikation geschieht in der Regel im 2.4 GHz Band entsprechend des 802.15.4 oder des hierauf basierenden ZigBee Protokolls.

Das wesentliche Problem bei der Entwicklung von Sensorknoten ist der Energieverbrauch. Die Sensoren sollen über mehrere Monate oder sogar Jahre ohne Batteriewechsel betrieben werden können.



Ein weiteres Problem ist die automatische Vernetzung der Sensoren. Aufgrund der begrenzten Energie erzielen die Sensoren innerhalb von "feuchter" Ware nur eine Reichweite von wenigen Metern. Die meisten Sensoren können daher nicht direkt mit dem Gateway kommunizieren, welches die Verbindung nach außen darstellt. Die Nachrichten müssen daher über mehrere "Hops" weiter geleitet werden. Das Netzwerk muss hierfür durch ein geeignetes Protokoll konfiguriert werden. Der Sensor Z muss zum Beispiel erkennen, dass er Daten, die er vom Sensor X empfängt an Y weiterleitet, und nicht in die umgekehrte Richtung.



Seitenanfang

Seetransport von Bananen

Im September 2009 fand der erste Test des technischen Systems auf See statt. Hierzu wurde in Zusammenarbeit mit Dole Fresh Fruit in Costa Rica das System in zwei Containern installiert.

- Das etwa schuhkartongroße Gateway wurde in den leeren Container montiert. Zusätzlich wurden die Antennen für die Kommunikation nach innen und außen eingebaut.
- Während der Beladung wurden in jedem Container jeweils vier Paletten mit vier Sensoren bestückt. Vier weitere Sensoren wurden oben auf die Paletten gelegt. Letztere dienten dazu, Nachrichten an das Gateway weiterzuleiten.
- Anschließend gingen die Container zum Hafen und auf See.





Kommunikation

Das System arbeitet wie folgt: Die 16 bis 20 Sensoren im Container senden ihre Messwerte zunächst an das Gateway. Das Gateway generiert aus den Messwerten entsprechende Status- und Warnmeldungen. Diese werden per WLAN an die Brücke des Schiffes übermittelt. Anschließend wird die vorhandene Email-Anbindung genutzt, um die Daten über das Internet zu einem Server der Universität Bremen zu übertragen. Von dort haben die beteiligten Forschungsinstitute Zugriff auf die Daten.

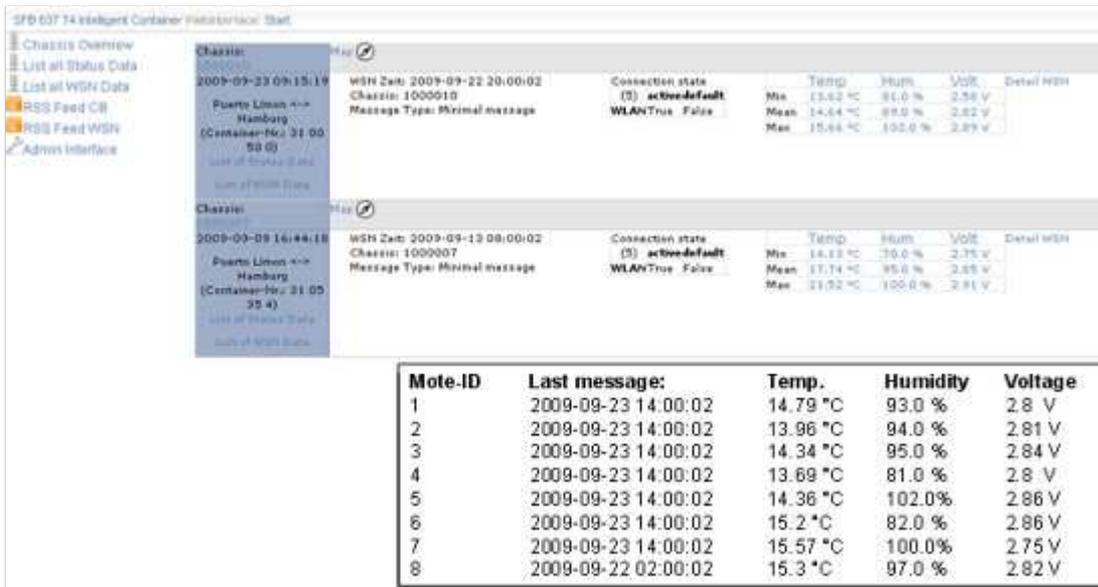
Das Prinzip verdeutlicht diese Abbildung:



Ein eigenes System zur Satellitenkommunikation direkt aus dem Container soll im Laufe des Projektes entwickelt werden.

Diese Grafik zeigt Teile des Webinterfaces. Man sieht eine Zusammenfassung der Daten für

verschiedene Container bzw. LKWs. Zunächst werden nur die Maximal- und Mittelwerte für Temperatur und Feuchtigkeit angezeigt. Bei Bedarf kann der aktuelle Zustand aller Sensoren abgefragt werden.

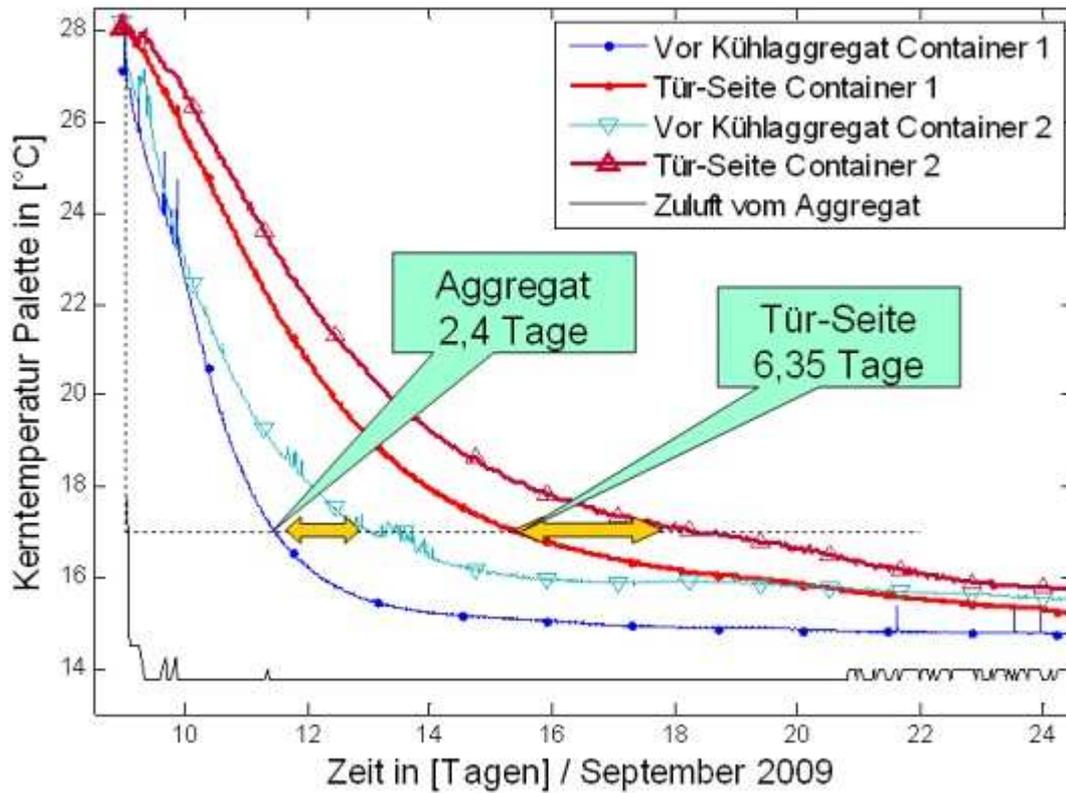


Bildquelle: Markus Becker, ComNets, Universität Bremen

[Seitenanfang](#)

Typische Temperaturabweichungen

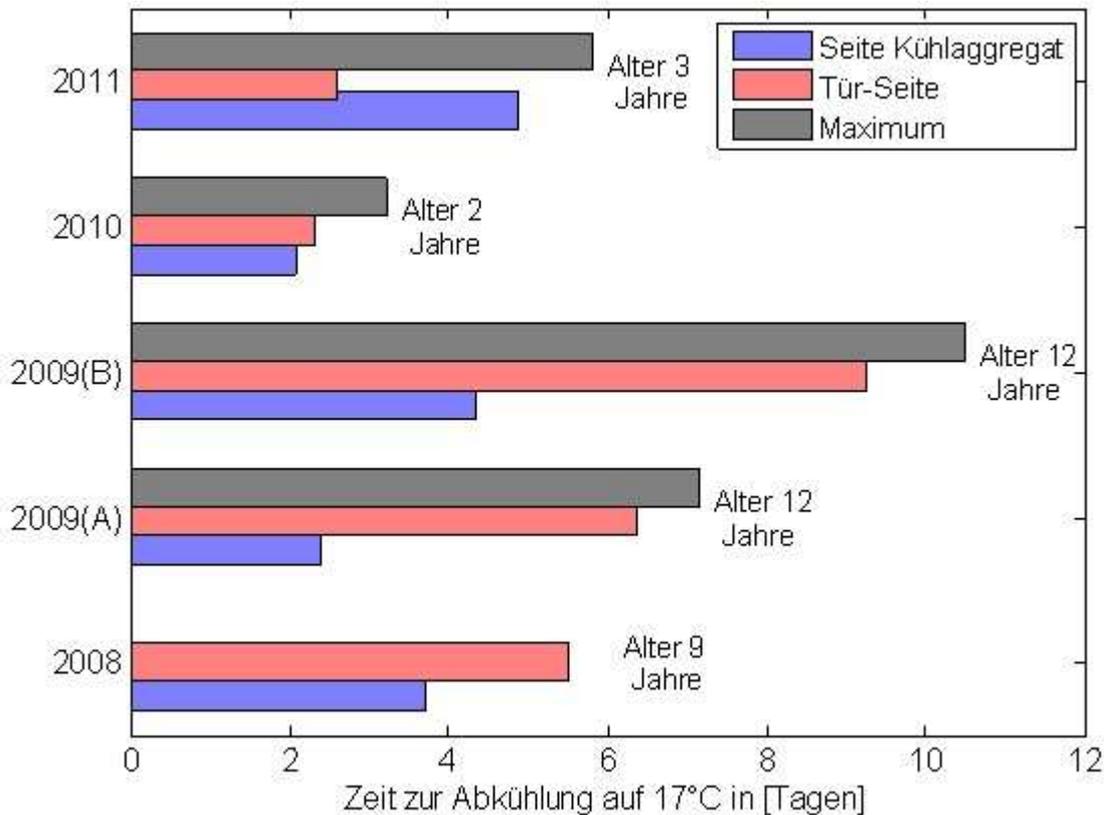
Ein Beispiel für die gemessenen Temperaturkurven ist in diesem Diagramm zu sehen:



Von zwei Containern werden hier die Daten der Sensoren an der Türseite (hellroter und dunkelroter Graph) im Vergleich zu den Daten der Sensoren am Aggregat dargestellt (blauer und grüner Graph). Die Abkühlgeschwindigkeit differiert beträchtlich - zwischen Tür- und Aggregatseite beträgt er 58 %.

Generell kühlt der Container an der Aggregatseite schneller ab als an der Türseite. Aber auch zwischen den Türseiten- bzw. Aggregatseiten der beiden baugleichen Container konnte Unterschiede von 39 % in der Abkühlzeit beobachtet werden. (s. gelbe Pfeile)

Gemessen wurden die Temperaturen im Kern der Paletten. Die Ergebnisse eines Vergleichs von fünf Versuchen sind in der nächsten Abbildung zusammengefasst:



Die Grafik gibt die Zeit in Tagen an, die benötigt wurde bis die Ware auf 17 °C abgekühlt war. Angegeben sind jeweils die Zeiten für Paletten vor der Tür (rot), am Kühlaggregat (blau) und der Maximalwert (grau).

- Es wurden große Unterschiede zwischen Containern verschiedenen Alters beobachtet.
- Aber auch in neueren Containern traten räumliche Abweichungen der Zeitkonstanten von mehr als 50% auf
- Das Temperaturmaximum kann sich sowohl an der Seite der Tür, der Seite des Aggregates als auch in der Mitte des Containers befinden.

Ein Zusammenhang zwischen Temperaturabweichungen und der Anzahl von Qualitätsdefekten ist (noch) nicht quantifizierbar. Grund hierfür ist, dass die Qualität von zahlreichen anderen Faktoren abhängt:

- Atmosphärische Zusammensetzung
- Konzentration des Gases Ethylen als Reaktionsprodukt und Auslöser von Reifungsvorgängen
- Mikrobiologische Vorbelastung
- Erntealter (Schnittgrad)
- Mechanische Beschädigungen während der Ernte und Verpackung

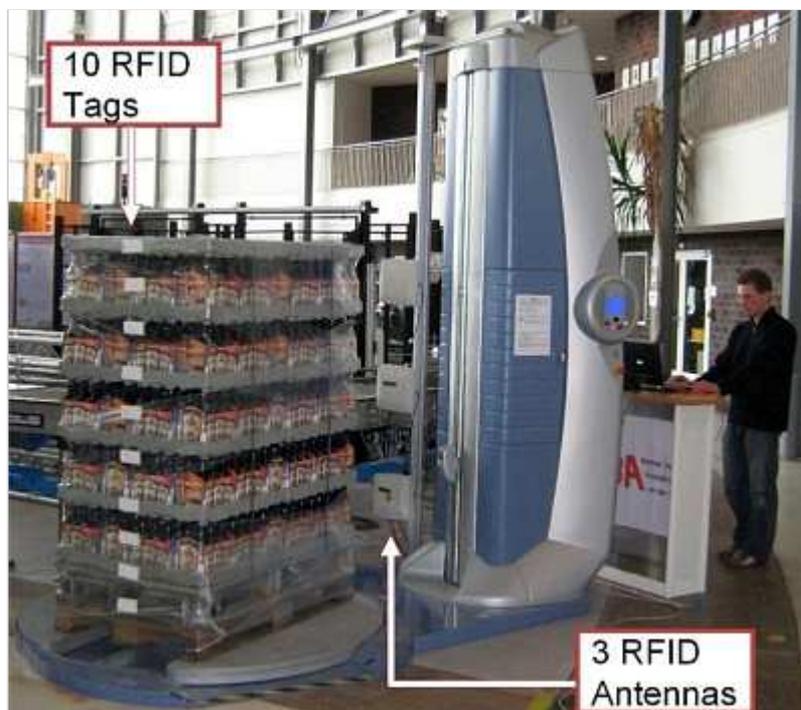
Weitere Tests wurden auf der Straße in Zusammenarbeit mit der Firma Rungis Express durchgeführt. Hier wurden Fahrzeuge mit drei getrennten Temperaturkammern eingesetzt. Es gab kaum Probleme mit der Signaldämpfung, wie es bei den Seecontainern der Fall war.

Technische Herausforderungen

Der intelligente Container wird derzeit noch als Prototyp erprobt. Im Folgenden werden die wichtigsten Punkte genannt, die zu technischen Problemen führen (können) und noch zu verbessern sind:

Neben der Batterielebensdauer der Sensorknoten und der Anpassung der Elektronik an die raue Umgebung (Mechanische Belastungen beim Verladen, sowie Kondensierende Luftfeuchte) ist insbesondere die Signaldämpfung durch die Ware kritisch.

- Wasserhaltige Waren behindern die Signalausbreitung
- Dies betrifft sowohl passive RFID-Tags (UHF, 866 MHz) als auch aktive Sensorknoten (2,4 GHz).



Bei einem Versuch an einer Getränkepalette ging die Leserate von UHF RFID Tags bereits hinter der ersten Flaschenreihe merklich zurück. Die Bewegung der Palette während des Beladens wurde durch eine Drehung auf einem Palettenwickler simuliert.

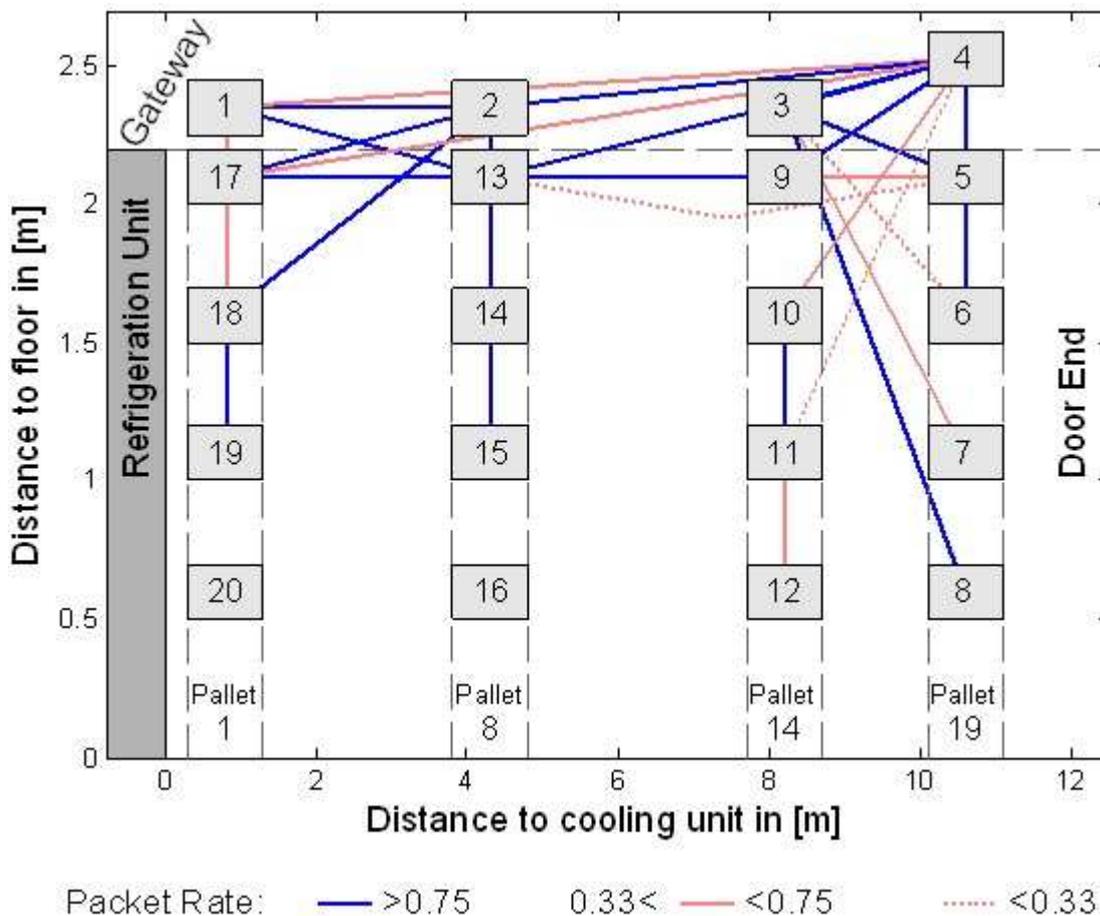
Das Zeitfenster zum Auslesen der Tags beträgt beim Beladen des Containers (während der Gabelstapler rein oder rausfährt) weniger als eine Sekunde! Daher kann auf den Tags keine komplette Temperaturkurve gespeichert werden, sondern nur eine Nummer und wenige Zusatzinformationen.

Signaldämpfung im Sensornetz

Für die aktiven Sensorknoten reduzierte sich die Signal-Reichweite auf nur etwa 0,5 Meter. Bei diesem Abstand wurde folgende Verfügbarkeit der Verbindungen gemessen:

- 1/3 der Verbindungen fehlten ganz,
- 1/3 der Verbindungen waren nur zeitweise verfügbar,
- 1/3 der Verbindungen waren überwiegend problemlos.

Die fehlenden Verbindungen werden zum Teil über das Netzwerk kompensiert. Zum Beispiel werden die Daten des Sensors Nr. 10 nicht direkt an Nr. 9 weitergeleitet, sondern das Netzwerk erkennt, dass ein Umweg über Sensor Nr. 4 notwendig ist:



Aufgrund der hohen Signaldämpfung ist eine Verbesserung der Hardware notwendig:

- Erhöhung der Sendeleistung (derzeit 1 mW), oder
- Wahl eines niedrigeren Frequenzbereiches, der weniger empfindlich gegenüber Wasser ist, z. B. 433 MHz oder 866 MHz.

[Seitenanfang](#)

Haltbarkeitsmodell

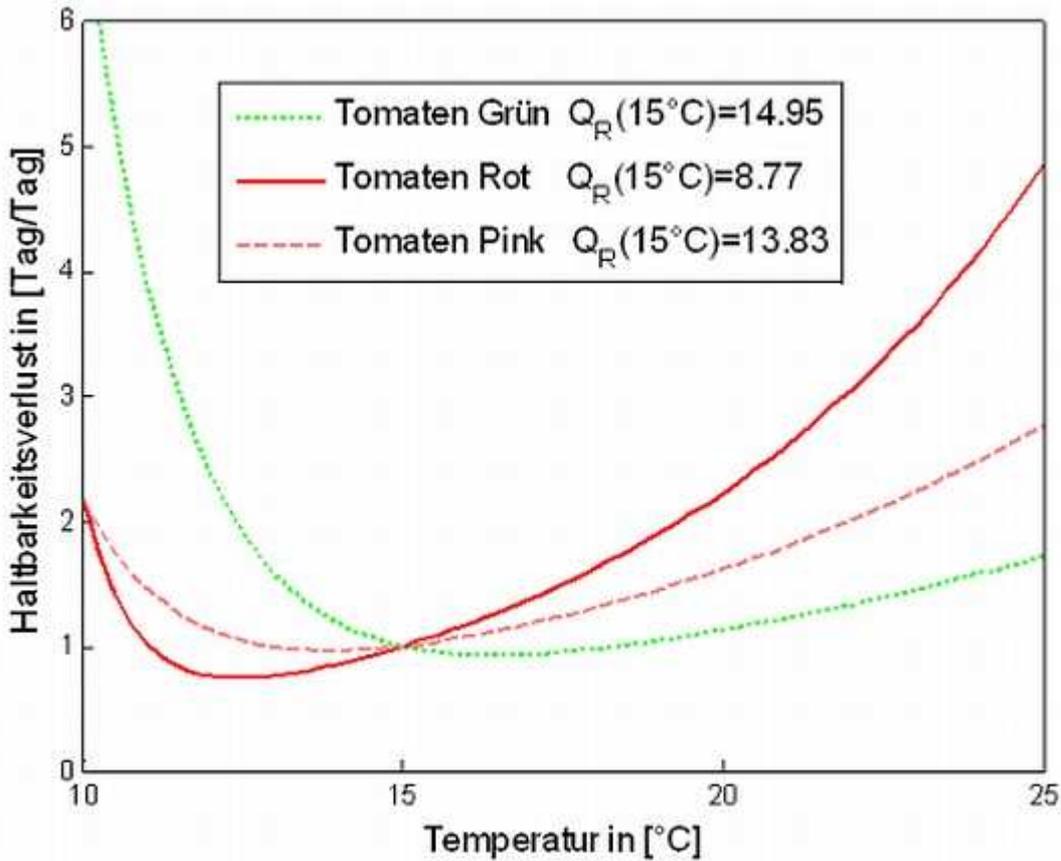
Grundlagen

Die Auswirkung von Temperaturabweichungen auf die Qualität oder Resthaltbarkeit der Ware lässt sich anhand so genannter Shelf-Life Modelle abschätzen. Diese basieren in der Regel auf dem Gesetz für die Reaktionskinetik nach Arrhenius:

$$k_N = k_{RN} \cdot e^{\frac{E_N}{R_{Gas}} \left(\frac{1}{T_R} - \frac{1}{T} \right)}$$

Die Formel beschreibt die quantitative Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeitskonstante k_N von der Temperatur.

Durch Kombination mehrerer Arrhenius-Terme lässt sich die Haltbarkeit bzw. Empfindlichkeit verschiedener Früchte annähern.



Das Diagramm zeigt die typischen Kurven für Tomaten in verschiedenen Erntezuständen. Bei 15 °C beträgt der relative Haltbarkeitsverlust 1; d. h., pro Tag Transport geht ein Tag Haltbarkeit verloren. Bei einer Temperatur von 20 °C gehen dagegen bei roten Tomaten zwei Tage Haltbarkeit je Tag Transport verloren.

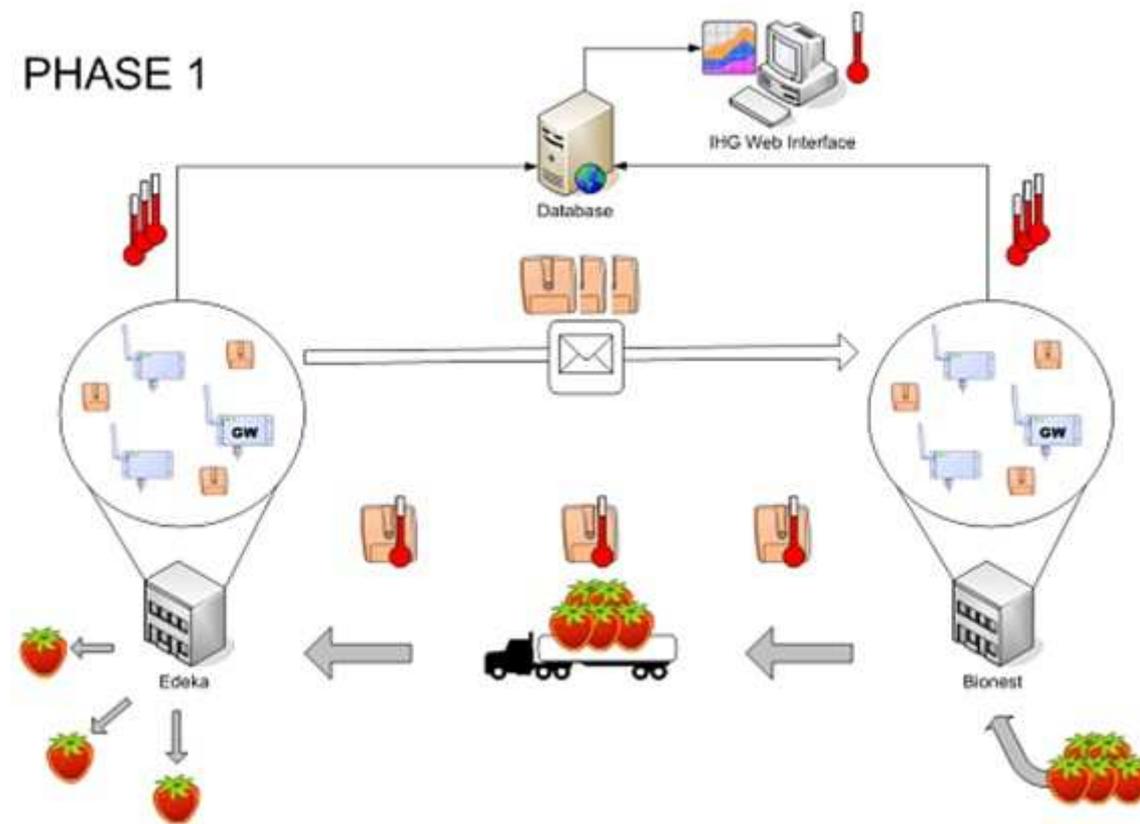
[Seitenanfang](#)

Anwendung im Produkt "Smart-Point"

Dieses Modell wurde im Sommer 2008 in den Sensor eines niederländischen Herstellers integriert, seit 2009 werden damit Erdbeer-Transporte aus Spanien überwacht.



Der gesamte Prozess ist in der nächsten Abbildung dargestellt. Die Erdbeeren werden bei der Firma Bionest in Spanien verladen, die entsprechenden Smart-Points werden in die Körbe gelegt. Über ein Netzwerk von Funkstationen (Gateways) werden die Sensoren gestartet.



Bildquelle: Ambient Systems, www.ambient-systems.net

Während der Fahrt ist bei diesem System noch keine Überwachung möglich, sondern es wird nur die Temperatur aufgezeichnet. Erst bei Entladung des LKW hat man wieder Zugriff auf diese Daten, die dann über ein entsprechendes Netzwerk abgefragt werden. Danach können sie über eine graphische Oberfläche dargestellt werden.

Die Datenlogger bzw. Sensoren sind wiederverwertbar und werden per Post zurück nach Spanien zu Bionest geschickt.

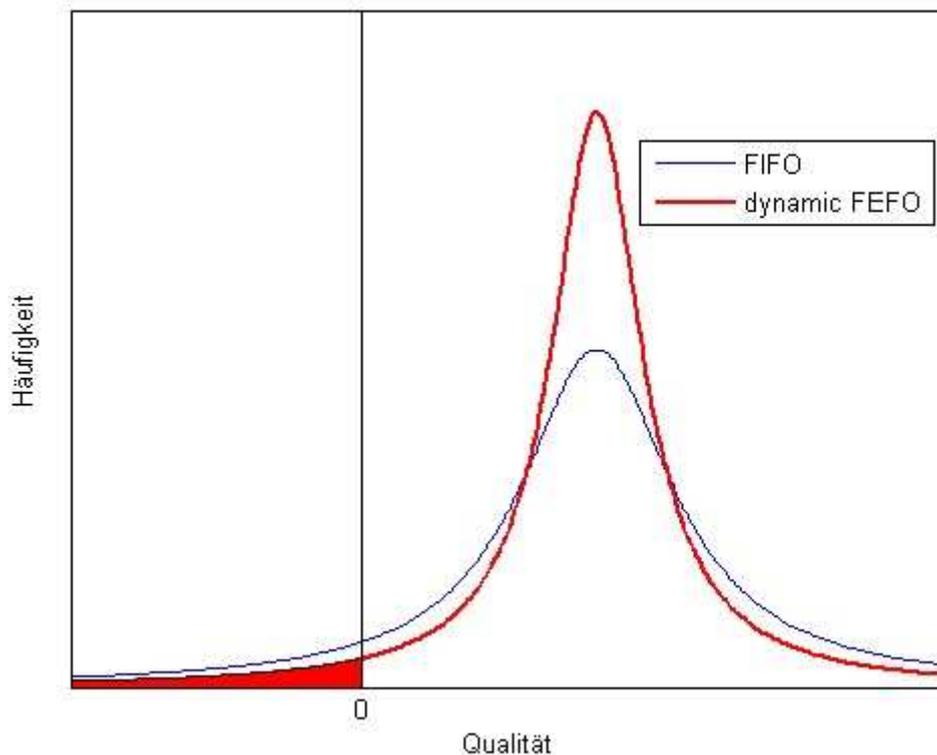
[Seitenanfang](#)

Neue Konzepte zur Lagerverwaltung (FEFO)

Vorteile durch das First Expired First Out Prinzip

Wenn die genaue Qualität bzw. Resthaltbarkeit jeder Palette bekannt ist, können diese Informationen genutzt werden, um die Ware im Lager entsprechend zu sortieren. Mit Hilfe des FEFO Prinzips (**F**irst **E**xpired / **F**irst **O**ut) ist es möglich, die Verluste durch einen vorzeitigen Verderb frischer Ware zu reduzieren:

- Es wird jeweils die Ware aus dem Lager entnommen, dessen Resthaltbarkeit zur verbleibenden Transportdauer passt.
- Im Gegensatz zum FIFO (First **I**N / First **O**ut) wird nicht ein aufgedrucktes festes Herstellungsdatum, sondern die tatsächliche Qualität als Entscheidungsgrundlage verwendet.
- Die mittlere Qualität lässt sich damit nicht erhöhen, aber die Streuung der Qualität verringern.



Wie die Grafik zeigt, ist der rot schraffierte Anteil der Ware mit einer nicht mehr akzeptablen Qualität bei Anwendung des FEFO Prinzips geringer. Verluste können dadurch verringert werden.

Verschiedene Studien belegen die möglichen Einsparungen durch FEFO. Dabei handelt es sich jedoch um eine nachträgliche Analyse am Ende eines Versuchs-Transportes. Eine Umsetzung des FEFO Prinzips für reguläre Transporte gibt es bisher noch nicht, ist aber Ziel unseres Projektes.

Im Folgenden wird eine Studie der Universität Florida von J. P. Edmond vorgestellt. Dabei wurden

Datenlogger in jede Palette eines LKWs mit Erdbeeren gelegt.

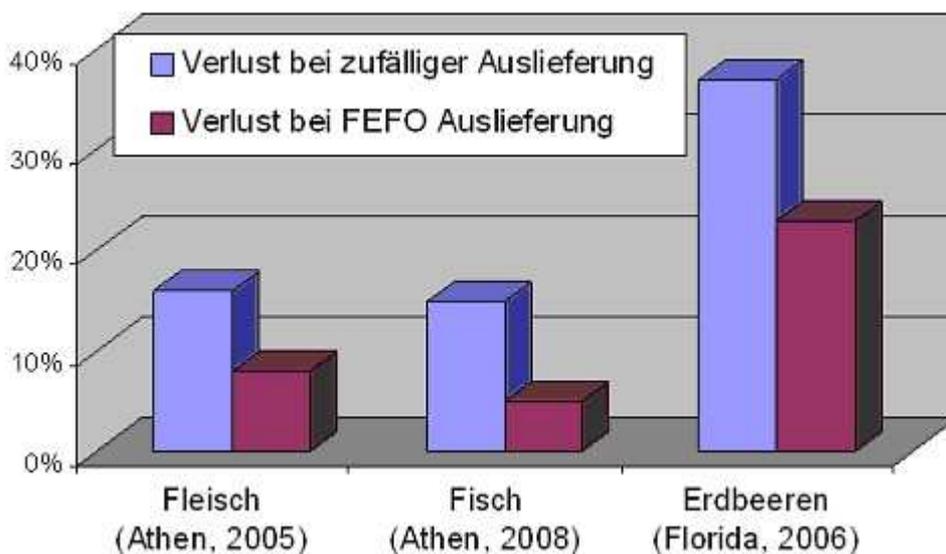
Bei Ankunft im Cross-Docking Lager wurden die Paletten je nach Haltbarkeit in drei Gruppen eingeteilt. Betrachtet wurden zunächst die Verluste bei zufälliger Auslieferung. Diese wurden mit den Verlusten bei einer Sortierung nach Resthaltbarkeit verglichen. Vor allem bei kurzen Resthaltbarkeiten können diese Verluste deutlich reduziert werden:

Resthaltbarkeit		Verluste bei zufälliger Auslieferung	
Schlecht (1 Tag)	53%	<div style="text-align: center; color: red; font-weight: bold; font-size: 2em;">FEFO</div>	<div style="text-align: center;">Empfehlung FEFO</div>
Mittel (2 Tage)	37%		
Gut (3 Tage)	10%		

Verluste bei Sortierung nach Resthaltbarkeit		Empfehlung FEFO	
25%	Direkt Verkauf		
13%	Retailer in der Umgebung		
10%	Entfernte Retailer		

Das Säulendiagramm zeigt die Verlust-Vergleiche von drei unterschiedlichen Studien:

- Je nach Warenart können sich Einsparungen zwischen 8% und 15% ergeben.
- Voraussetzung ist jedoch eine Temperatur- und Qualitätsüberwachung auf Palettenebene.



[Seitenanfang](#)

Der Container als autonomes Sensorsystem

Weitere Komponenten der Softwareplattform

Ziel unseres Projektes ist es, neben dem Haltbarkeitsmodell noch weitere autonome Entscheidungsprozesse in den Container zu integrieren. Dabei wird von der Temperatur ausgegangen, wo besonders kritische Bereiche analysiert werden. Zusätzlich sollen Messstörungen überwacht werden. Wird eine Messstörung festgestellt, schaltet das System den entsprechenden Sensor aus. Dessen Werte werden durch benachbarte Sensoren interpoliert.



Von Interesse ist der weitere Temperaturverlauf auf dem Transportweg. Dieser Temperaturverlauf soll in Zukunft vorhergesagt werden. Ggf. können die Messintervalle dann verlängert und dadurch Energie für die Sensoren gespart werden.

Die Softwareplattform des intelligenten Containers ist als "Baukastensystem" ausgelegt. Je nach Bedarf können zusätzliche Algorithmen installiert werden. Dazu wird OSGi als dynamische Softwareplattform verwendet.

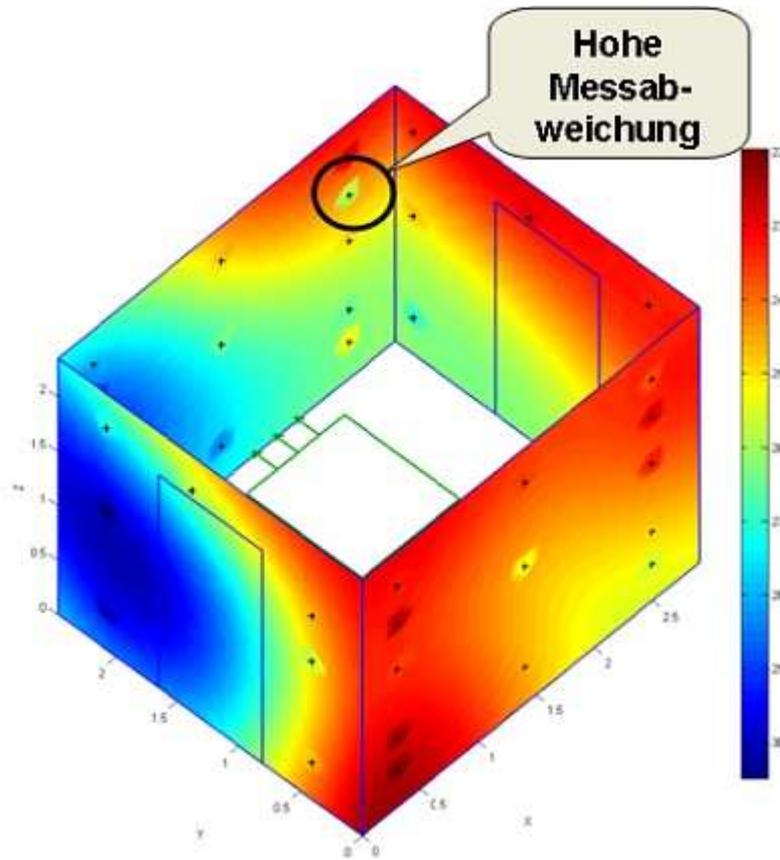
[Seitenanfang](#)

Räumliche Interpolation der Messwerte

Durch das so genannte Kriging-Verfahren können die Messwerte räumlich interpoliert werden. Damit können beispielsweise flächige Grafiken mit farbig dargestellter Temperaturverteilung erstellen werden. Messabweichungen werden durch farbige Flecken visualisiert, die dann untersucht werden können um Sensoren mit einer hohen Messtoleranz zu identifizieren.

Durch eine geeignete Interpolation ist es möglich die Anzahl der benötigten Sensoren zu reduzieren.

Zusätzlich bietet das Kriging Verfahren die Möglichkeit den Schätzfehler vorherzusagen. Damit können Punkte identifiziert werden, die einen zusätzlichen Sensor benötigen.

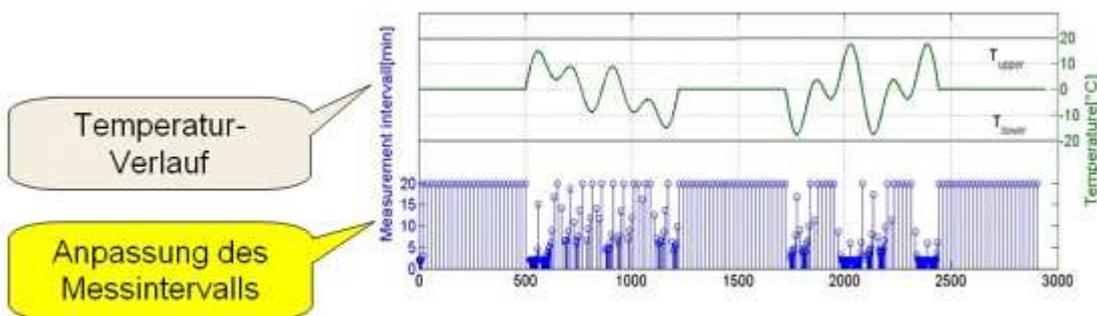


[Seitenanfang](#)

Dynamisches Messintervall

Bei einem Verfahren zur dynamischen Anpassung des Messintervalls wird der zu erwartende Temperaturanstieg mit Hilfe eines künstlichen neuronalen Netzes abgeschätzt. Dabei wird die obere und untere Grenze für tolerierte Temperaturabweichungen durch das Shelf-Life Modell bestimmt.

Bei konstantem Temperaturverlauf kann in größeren Intervallen gemessen werden, da keine Gefahr besteht, dass die Toleranzschwelle überschritten wird. Beginnt die Temperatur zu schwanken, muss in kürzeren Abständen gemessen werden. Durch die Reduktion der Anzahl der Messzyklen kann die vom Sensornetz benötigte Energie reduziert werden.



Bildquelle: Xinwei Wang, ITEM, Universität Bremen

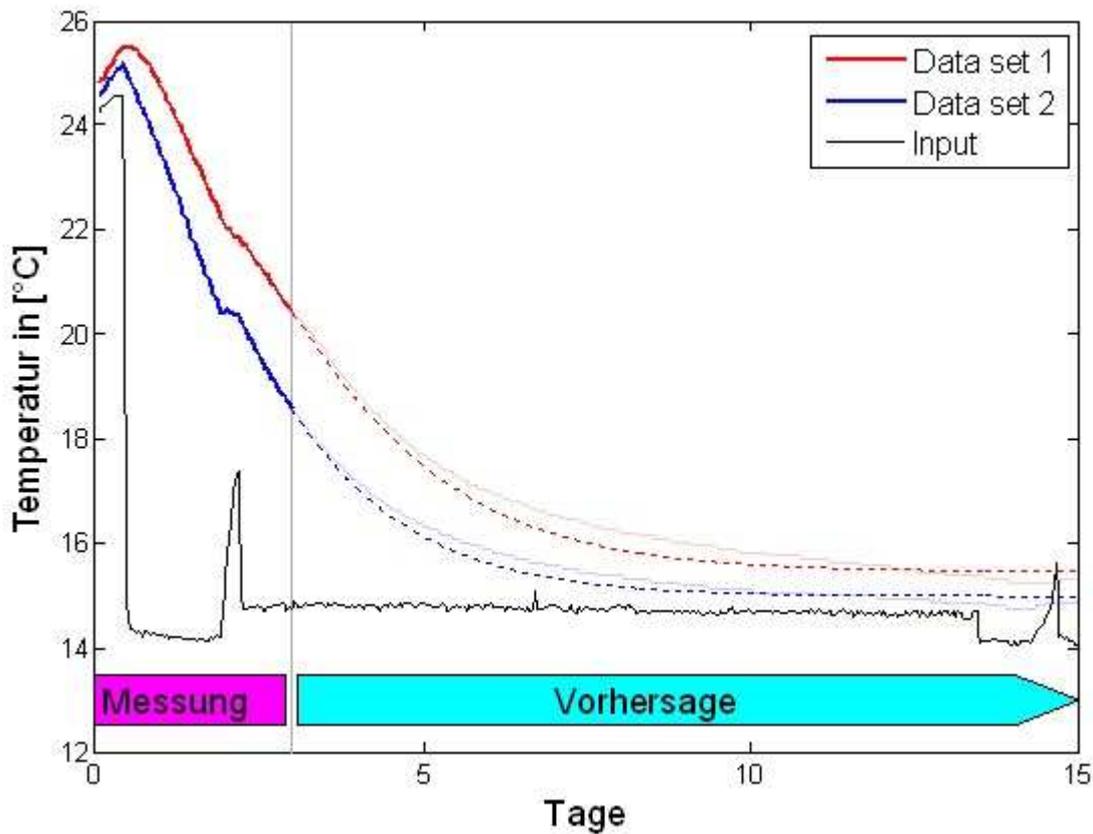
[Seitenanfang](#)

Vorhersage des Temperaturverlaufes

Bei einem gleichmäßigen Vorgang, wie zum Beispiel der Abkühlung von Bananen im Container ist es möglich den weiteren Temperaturverlauf durch ein dynamisches Systemmodell vorherzusagen.

Die Parameter des Modells werden dabei anhand der Messungen aus den ersten Tagen ermittelt. Die Modellparameter werden dabei laufend anhand neuer Messwerte aktualisiert.

Die Anwendung auf aufgezeichnete Temperaturverläufe hat gezeigt, dass es bereits anhand der Daten der ersten drei bis fünf Tage möglich ist, den Verlauf der folgenden Abkühlkurve vorherzusagen.



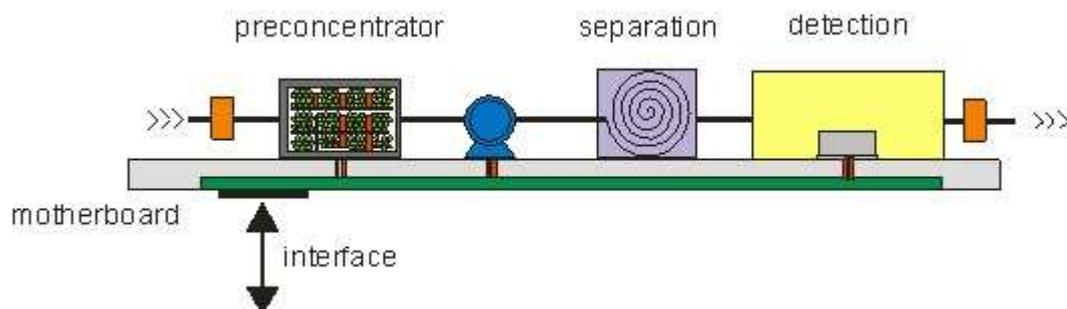
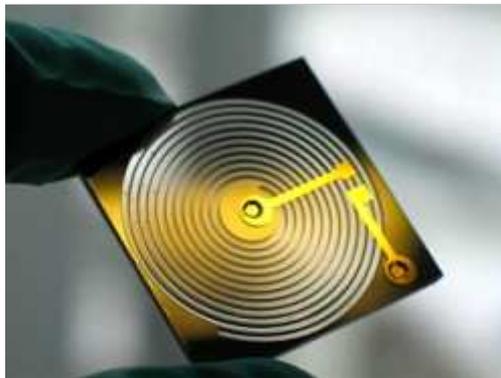
Bildquelle: Javier Palafox, IMSAS, Universität Bremen

[Seitenanfang](#)

Gassensorik

Ethylen als Indikator für den Reifungsprozess

Die Temperatur ist der wichtigste Faktor, der die Haltbarkeit beeinflusst. Eine andere Möglichkeit, um Abweichungen bei der Haltbarkeit zu messen, sind Gassensoren. Bei klimakterischen Früchten entsteht Ethylen. Derzeit wird an der Entwicklung eines speziellen miniaturisierten Sensors gearbeitet, der bereits Änderungen der Ethylenkonzentration im ppb-Bereich (Parts per Billion) messen kann, bevor ein Großteil der Bananen im Container in die Reifung übergegangen ist. Bisher ist dies nur mit großen und teuren Labor-Messgeräten möglich.



-  pump
-  particle filter
-  adsorbent
-  electronics
-  chromatography column
-  analysis chamber
-  sensor
-  direction of flow

Bildquelle: Adam Sklorz, IMSAS, Universität Bremen

[Seitenanfang](#)

Zusammenfassung

- Mit dem intelligenten Container können Schäden genauer erfasst werden.
- Durch online Zugriff auf den Zustand einzelner Paletten kann die Auswirkung von Störungen abgemildert werden.
- Eine "Paletten-genaue" Qualitätsüberwachung ist nur durch lokale Daten-Verarbeitung realisierbar.
- Die prinzipielle Machbarkeit konnte durch einen Pilottest belegt werden. Die weitere Umsetzung ist für die folgenden 3 Jahre geplant.

[Seitenanfang](#)

Literatur und Quellen

© der Bilder beim Autor, soweit nicht anders angegeben. Weitere Informationen zum Projekt finden sich auf der Homepage www.intelligentcontainer.com

Die folgende Literatur wird zur weiteren Lektüre empfohlen:

- Jedermann, R.: Autonome Sensorsysteme in der Transport- und Lebensmittellogistik, Dissertation Universität Bremen, [Verlag Dr. Hut](#), 2009.
- Jedermann, R.; Becker, M.; Görg, C.; Lang, W.: Testing network protocols and signal attenuation in packed food transports. In: International Journal of Sensor Networks (*IJSNet*), 9(2011)3/4, pp. 170-181
- Jedermann, R.; Palafox-Albarrán, J; Jabbari, A.; Lang, W.: Embedded intelligent objects in food logistics - Technical limits of local decision making. In: Hülsmann, M.; Scholz-Reiter, B.; Windt, K. (eds.): Autonomous Cooperation and Control in Logistics. Springer, Berlin, 2011 Digital Object Identifier: [10.1007/978-3-642-19469-6_16](https://doi.org/10.1007/978-3-642-19469-6_16)
- Palafox-Albarrán, J; Jedermann, R.; Lang, W.: Energy-efficient parameter adaptation and prediction algorithms for the estimation of temperature development inside a food container. In: Andrade Cetto, J.; Ferrier, J.-L.; Filipe, J. (eds.): Lecture Notes in Electrical Engineering - Informatics in Control, Automation and Robotics. Springer, Berlin, 2011, pp. 77-90 Digital Object Identifier: [10.1007/978-3-642-19539-6_5](https://doi.org/10.1007/978-3-642-19539-6_5)
- Sklorz, A., Lang, W.: Approaches to Increase the Sensitivity of Miniaturized Ethylene Concentration Measurement Systems in the Fresh Fruit Chain. In: Kreyenschmidt, J. (ed.): Coolchain-Management, 4th International Workshop. University Bonn, Bonn, 2010, pp. 181-190
- Wang, X.; Jabbari, A.; Laur, R.; Lang, W.: Dynamic Control of Data Measurement Intervals in a Networked Sensing System. In: International Conference on Networked Sensing Systems. 2010

Danksagungen

Dieses Forschungsprojekt ("Der Intelligente Container") wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01IA10001 und durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 637 "Selbststeuerung logistischer Prozesse" gefördert.

[Seitenanfang](#)