

Automatisches Monitoring der Warenqualität von Lebensmitteln bei logistischen Vorgängen unter Einbeziehung der aktuellen Produktqualität in warentvorausseilende Informationsströme

R. Jedermann, R. Aldag, W. Lang IMSAS, Universität Bremen, Institut für Mikrosensoren,
Aktuatoren und Systeme

Inhalt

1. Motivation

2. Elemente der einer intelligenten Transportmittel-Überwachung

3. Parameter des Qualitätsvelaufs

4. Selbstkonfiguration des Überwachungssystems

5. Technische Umsetzung

6. Literatur

Zusammenfassung

Es wird ein Überwachungssystem vorgestellt, das Einflussfaktoren auf die Warenqualität bei Lebensmitteltransporten erfasst. Anders als bei Datenloggern zur Rückverfolgung werden Qualitätsinformationen in warentvorausseilende Informationsströme integriert. Aktuelle Belastungen und Änderungen eines Qualitätsindex der Ware werden anhand sensorischer Informationen bewertet. Der Wareneigentümer kann der Ware spezielle Überwachungsanweisungen zuordnen und Reaktionen auf mögliche Gefährdung festlegen. Durch Bereitstellung eines Sensorsystems wird je Warenstück lediglich ein Standard Identifikations-Tag benötigt. Ein entsprechender Bordrechner wurde als Prototyp aufgebaut und die Funktionsweise des Konzeptes demonstriert.

Summary

In this paper we present our quality monitoring system for transports of foodstuffs. The System goes far beyond data logger solutions for traceability. The freight owner and receiver are informed about influence factors for the product quality before arrival of the consignment. An intelligent sensor system evaluates current stress on the good and the resulting changes of a quality index. The owner can assign special supervision instructions and reactions schemes for cases of endangerment to the good. Since the means of transport provides the sensor system, only a standard identification tag is needed per freight item. Our prototype for the supervision system that will be embedded into the means of transport demonstrates the feasibility of our concept.

1. Motivation

Informationen über den Fortschritt von Reife-
prozessen werden zu einem immer wichtigeren
Element in der logistischen Kette beim Transport
von Lebensmitteln. Die EU-Verordnungen zur
Rückverfolgbarkeit von Lebensmitteln schließt bei
genauerem Lesen eine ständige Überwachung der
Warenqualität mit ein.

Der Aufwand, der vom Spediteur betrieben wer-
den muss, um die EU-Anforderungen zur Qualitäts-

überwachung zu erfüllen, zahlt sich für ihn aber
erst aus, wenn die Informationen zur Warenqualität
in Echtzeit in das Warenfluss-Controlling ein-
gehen können. Durch die Einbeziehung der
aktuellen Qualität der Ware in vorausseilende
Informationsströme kann der Empfänger seine
Kapazitäten genauer planen und frühzeitig rea-
gieren, wenn sich eine Ansammlung von Waren
mit kritischem Haltbarkeitsdatum abzeichnet.
Herkömmliche Datenaufzeichnungsge-räte und -
logger, die erst am Ende des Transportes ausge-
lesen werden, können dies nicht leisten.

2. Elemente einer intelligenten Transportmittel-Überwachung

Seit 2004 arbeiten 40 Wissenschaftler der Universität Bremen an einem neuen Sonderforschungsbereich zur Selbststeuerung logistischer Prozesse [SFB04]. Neben anderen Gruppen zur Routenoptimierung und theoretischen Arbeiten zur Selbststeuerung entwickelt unser Institut ein autonomes System zur sensorischen Überwachung von Transportmitteln.

Kern des Systems ist ein Bordrechner, der als embedded System in das Transportmittel integriert wird. Er bietet eine Plattform für verschiedene Technologien, durch deren Kombination ein permanenter Zugriff auf Daten zur Warenqualität ermöglicht wird.

In diesem Artikel stellen wir das grundlegende Konzept vor und gehen insbesondere auf die Verarbeitung der Daten zur Warenbelastung ein.

2.1 Erweiterte Sensorik

Derzeitige Überwachungseinrichtungen beschränken sich oft nur auf Messung der Temperatur. Die Geschwindigkeit von Reife- und Verderbprozessen ist aber von weiteren Umgebungsparametern wie Feuchtigkeit und der atmosphärischen Zusammensetzung abhängig. Ein grundlegendes Modell wurde von Pastors vorgestellt [Pas04]. Für Fruchttransporte ist insbesondere die Messung der Ethylenkonzentration von besonderer Bedeutung. Im Rahmen des CLEAN-AIR Projektes [Stür05] wurde ein miniaturisierter Gas-Chromatograph zum Nachweis geringster Mengen von flüchtigen organischen Gasen entwickelt. Die Systemkomponenten werden derzeit auf die chemisch-physikalischen Eigenschaften von Ethylen angepasst. Dies ermöglicht die Kosten für hochauflösende Ethylenmessungen soweit zu reduzieren, dass ein fester Einbau in Transportmitteln wirtschaftlich sinnvoll ist [Jed05b].

2.2 Verknüpfung von kostengünstigen RFID Label und spezifischen Sensoren

Barcode-Etiketten zur Produktverfolgung werden derzeit zunehmend durch RFID¹-Label ersetzt. Diese bestehen aus einem Chip, der durch das elektromagnetische Feld eines Lesegerätes versorgt wird. RFIDs haben u.a. den Vorteil einer höheren Auslesegeschwindigkeit und der Möglichkeit auch veränderliche Daten zu speichern.

Es gibt erste Ansätze Etiketten zur Warenidentifikation mit einfacher Sensorik auszustatten, wie beispielsweise Time-Temperatur-Integratoren. Von der Firma KSW wurde ein Datenlogger mit RFID-

Schnittstelle entwickelt. Sie können als zusätzliche Informationsquelle und Referenz bei Verdacht auf Manipulation dienen. Diese Systeme haben aber den prinzipiellen Nachteil, dass sie keine Daten für eine Fernüberwachung bereitstellen können. Um einen permanenten Zugriff zu ermöglichen, müssen die Sensoren über eine aktive Funkkommunikation ansprechbar sein. Passive RFIDs haben in einem bepackten Transportmittel nur sehr begrenzte Reichweiten.

Aus wirtschaftlichen Gründen wird es nicht möglich sein, einzelne Versandteinheiten, so genannte Collie, mit sämtlichen benötigten Sensoren auszustatten. In unserem System ist je Collie nur ein kostengünstiger RFID-Tag notwendig, um das vom Bordrechner verwaltete Sensornetz zu konfigurieren.

2.3 Fernüberwachung und warenvorausende Informationsströme

Das System ist nicht auf eine Fernüberwachung beschränkt; es versendet auch aktiv Nachrichten. Neben fixen Informationen wie Menge und Chargennummer erhält der Abnehmer vor dem Eintreffen der Ware bereits Informationen über einen möglichen Qualitätsverlust, um seine Kapazitätsplanung entsprechend auszurichten.

2.4 Autonomie des Transportmittels

Unter Autonomie verstehen wir zunächst, dass das Transportmittel sich auch ohne menschliches Zutun an verschiedene Güter anpasst. Auch bei abgerissener Funkverbindung verrichtet es seinen Dienst. Eine manuelle Auswertung der Daten ist wegen ihrer großen Menge nicht möglich, das System leitet daher nicht Sensorwerte weiter, sondern führt bereits eine Beurteilung des Einflusses auf die Warenqualität durch.

Mit zunehmendem Grad der Autonomie wird das System in Zusammenarbeit mit der Transportplanung selbstständig Entscheidungen treffen wie bei Warengefährdungen vorzugehen ist und Vorschläge erstellen wie ein eventueller Schaden minimiert werden kann.

3. Parameter des Qualitätsverlaufs

3.1 Verderb-Kurve und logistisches Fenster

Um mögliche Transportrisiken zu erkennen, muss das System laufend Informationen über den Warezzustand ermitteln. Neben der aktuellen Qualität sind insbesondere eine Vorhersage des Warezzustandes zum geplanten Entladezeitpunkt und eine Abschätzung der Zeitspanne, die maximal noch für den Transport zur Verfügung steht, von Bedeutung.

Agrarprodukte stellen dabei eine besondere Herausforderung für die Sensorik und für die Modellierung dar. Biochemische Prozesse sind mit der Ernte nicht abgeschlossen. Ein Teil des Reifungsvorganges findet erst während des Transportes statt. An der Universität Wageningen in den Niederlanden finden derzeit zahlreiche Untersuchungen hierzu statt [Tijds04].

Als Index zur Beurteilung der Warenqualität wurde von van Kooten [Koot05] der Vergleich verschiedener Farbanteile durch eine RGB-Kamera vorge-

schlagen. Der dabei erhaltene Wert deckt sich gut mit der Einschätzung durch den Endverbraucher. Eine messtechnische Erfassung des Farbindexes ist jedoch nur vor dem Verpacken der Ware möglich. Während des Transportes können nur Qualitätsänderungen aufgrund der gemessenen Umwelteinflüsse vorhergesagt werden. Der zeitliche Verlauf dieses Qualitätsindex zeigt ausgehend vom Erntezustand zunächst einen geringen Abfall, dann einen deutlichen Verlust je Zeiteinheit, bis er sich schließlich auf einen niedrigen Wert einpegelt. Der in **Abb.1** dargestellte ty-

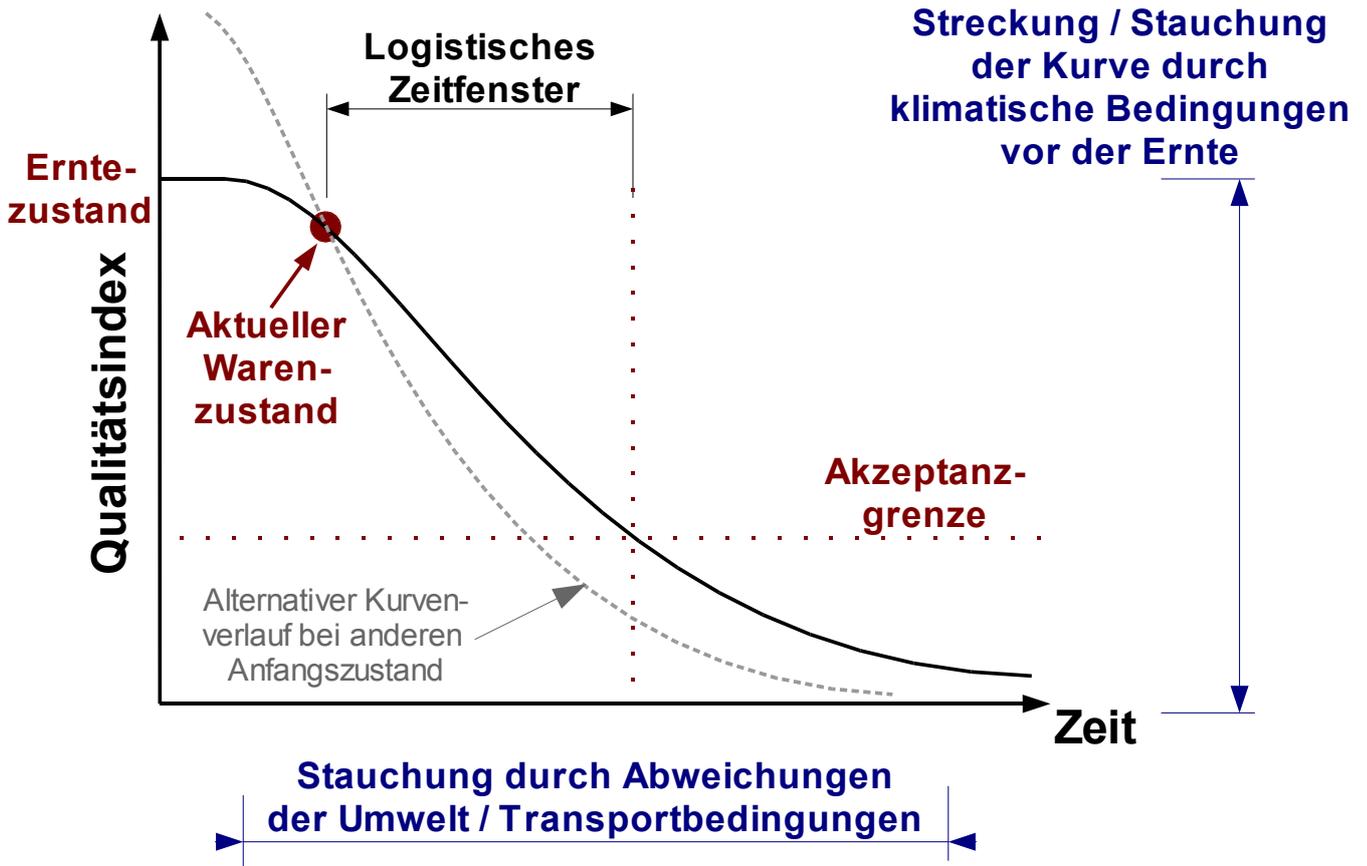


Abb.1: Prinzipieller Verlauf des Qualitätsindex

pische Kurvenverlauf ist eine Eigenschaft des spezifischen Produktes². Durch klimatische Einflüsse während der Wachstumsphase verändert sich der als Erntezustand bezeichnete Qualitätsindex zum Erntezeitpunkt. Im Modell kann dies durch eine Stauchung bzw. Streckung der vertikalen Achse abgebildet werden.

Das logistische Zeitfenster ist die Zeitspanne innerhalb der der Transportvorgang abgeschlossen sein muss, damit der Qualitätsindex die Akzeptanzgrenze des Warenempfängers nicht unterschreitet [Past04]. Der Qualitätsverlust wird durch Abweichungen von den optimalen Transportbedingungen wie Temperatur und Feuchtigkeit beschleunigt. Dies kann durch eine Stauchung der horizontalen Achse graphisch veranschaulicht werden. Durch Einsatz von kontrol-

lierten Atmosphären ist auch eine Streckung der Zeitachse möglich.

3.2 Zustandsgrößen eines warenbegleitenden Modells

Eine durchgehende Überwachung muss auch bei einem Wechsel des Transportmittels gewährleistet sein. Das Qualitätsmodell wird beim Umladen an das nächste Fahrzeug übergeben. Neben der mathematischen Beschreibung des warenspezifischen Verlaufes muss der aktuelle Zustand übergeben werden. Es ist daher zu fragen, welche Zustandsgrößen und Parameter das System benötigt, um aus den gemessenen Umwelteinflüssen und aus dem sortentypischen Verlauf Vorhersagen des Qualitätsindex zu berechnen. Der aktuelle Qualitätsindex (roter Punkt im

Diagramm) ist alleine nicht ausreichend, da mehrere Kurven mit unterschiedlichen Erntezuständen durch einen Punkt verlaufen können (graue Kurve). Zusätzlich wird der Erntezustand bzw. der vertikale Streckungsfaktor der Kurve benötigt [Koot05]. Der Reifungs- oder Verderbevorgang wird durch Temperatur, Feuchtigkeit und insbesondere durch die Konzentration des gasförmigen Hormons Ethylen beschleunigt. Als benutzerdefinierter Parameter muss zusätzlich noch der Akzeptanzgrenzwert angegeben werden. Wenn für genauere Modelle die Kinetik unterschiedlicher Enzyme berücksichtigt werden soll, muss eine entsprechende Anzahl von weiteren Zustandsgrößen hinzugefügt werden.

4 Selbstkonfiguration des Überwachungssystems

4.1 Messen und Bewerten

Das Überwachungssystem des Transportmittels passt sich an die individuellen Eigenschaften der geladenen Waren an. Die für diese Selbstkonfiguration benötigten Informationen lassen sich in drei Blöcken ordnen.

Die **Messanforderung** legt fest, welche Größen in welcher Genauigkeit und mit welcher Häufigkeit gemessen werden. Dabei ist ein Kompromiss zu finden bezüglich der zeitlichen Auflösung, da häufige Messungen die Batterien der drahtlosen Sensoren zu sehr belasten. Die Messanforderung wird durch eine Parametertabelle dargestellt. In der Nähe kritischer Werte wird die Messhäufigkeit erhöht.

Jeder Warentyp erfordert eine eigene spezifische **Bewertungsfunktion**, die festlegt, wie die Reife und Verderbedynamik anhand sensorischer Werte zu beurteilen ist. Die Bewertungsfunktion ermittelt den aktuellen Qualitätsindex und die Beschleunigung des Alterungsprozesses durch Abweichung der Umweltbedingungen. Diese beiden Werte werden mit eingestellten Warnschwellen verglichen. Die Darstellung erfolgt entweder durch mathematische Funktionen oder durch Näherungskurven. Im dritten Informationsblock legt der Wareneigentümer fest, welche Reaktionen bei Störungen erfolgen sollen. Diese können von einer Nachricht an eine festgelegte Adresse bis hin zur Änderung der Transportroute reichen. Die Reaktionsschemata werden in einen **Planungsagenten** zusammengefasst. Der Planungsagent entscheidet ebenfalls, welche Informationen vorab an den Warenempfänger versandt werden.

4.2 Transport der Informationen

Ein vollständig selbststeuerndes System würde alle benötigten Informationen durch Anfragen an Datenbanken und Wissensbasen in einem globalen Netzwerk ermitteln. Zur praktischen Anwendung in der Lebensmittellogistik ist es jedoch einfacher, wenn vom Hersteller den Waren eine Transportoder Überwachungsanweisung fest zugeordnet wird.

4.3 RFIDs als Informationsträger

Im Idealfall werden alle Informationen durch einen RFID-Chip mit hoher Speicherkapazität zusammen mit der Ware transportiert. Während der Beladung werden die Daten in den Bordrechner übertragen und Änderungen beim Entladen zurückgeschrieben. Beim Aufbau unseres Demonstrationssystems hat sich die technische Umsetzung jedoch als sehr schwierig herausgestellt. Für den derzeit gebräuchlichen Hochfrequenz-Standard³ sind nur Tags mit einer maximalen Größe von einem kByte verfügbar. Durch das Protokoll ist die Übertragungsrate auf ca. ein kBit je Sekunde beschränkt [Fin02 und Jed05a]⁴. Insbesondere der Schreibvorgang ist kritisch. Wenn die Ware beim Ausladen zu schnell am Lesegerät vorbeigeführt wird, können wichtige Daten verloren gehen. Ultrahochfrequenztags bieten eine bessere Performance, jedoch keine grundsätzliche Lösung dieses Sicherheitsproblems.

Die wesentlichen Teile der Überwachungsanweisung sollten daher als produktbegleitender Informationsstrom über ein breitbandiges Netz mit hoher Übertragungssicherheit weitergeleitet werden. Hierzu stehen Mobilfunk, Satellitenkommunikation und, wie in unserem Demonstrator, ein WLAN-Netz des Umschlagplatzes zur Verfügung.

Auf dem RFID-Tag werden neben der festen Identifikationsnummer nur Informationen zur Warenart gespeichert. Damit der Empfänger unabhängig von einem globalen Netz die Warenqualität beurteilen kann, werden zusätzlich noch der Qualitätsindex und ein komprimiertes Sensorprotokoll abgelegt. Letzteres ist im einfachsten Falle eine Liste mit Zeitpunkten der Überschreitungen von Grenzwerten.

4.4 Einsatz von dynamischem Code

Die Übertragung und Verarbeitung der Messanforderung als Parametertabelle ist unkritisch. Für die Bewertungsfunktion und den Planungsagenten muss jedoch eine Form gefunden werden, die einerseits zur drahtlosen Übertragung aber insbesondere auch zur Verarbeitung auf Systemen mit eingeschränkter Rechenleistung geeignet ist.

Software-Applets werden im Internet bereits millionenfach eingesetzt. Sie werden von einem Server auf einen lokalen Rechner übertragen und dort als Hilfsprogramm ausgeführt, beispielsweise um ein Formular zu öffnen. Durch ihr plattformunabhängiges Format bietet die Sprache JAVA ideale Voraussetzungen hierzu.

4.5 Softwareagenten

Mobile Softwareagenten sind eine Weiterentwicklung des Konzeptes des dynamischen Codes. Sie sind kleine Programme, die ihre Umgebung beobachten und autonom Entscheidungen treffen. Der Anwender kann Agenten aussenden, um auf einem entfernten Rechner oder embedded System Sensoren abzufragen und Überwachungsaufgaben wahrzunehmen. Durch JADE (Java AgentDEvelopment Framework) [Jade] steht eine Plattform zur Verfügung, die durch graphische Oberflächen und transparente Kommunikationsmechanismen eine komfortable Anwendung dieser Softwaretechnologie ermöglicht. Mit einfachen Befehlen kann ein Agent Nachrichten an einen anderen versenden, egal ob sich dieser auf demselben Rechner oder einem entfernten System mit anderer Architektur und Systemleistung befindet. Die Agenten lassen sich remote starten und steuern, sie können sich sogar selbst im Netzwerk verschicken.

Die Kommunikationsmechanismen von JADE können die gesamte Lieferkette für Lebensmittel abdecken. Dabei werden leistungsfähige PCs oder Server mit den mobilen Einheiten der Transportmittel verknüpft.

Ein Frachtagent begleitet die Ware auf ihrem Weg. Er wird parallel zum physikalischen Objekt durch

das Informationsnetzwerk transportiert. Diese Migration wird in unserem Beispiel durch einen RFID-Reader veranlasst. Sobald die Ware in ein anderes Transportmittel verladen wird, wird über einen „Gelbe-Seiten-Service“ erfragt wo sich der zugehörige Agent derzeit befindet und ein „move“-Befehl versandt.

Durch einige Anpassungen und Verzicht auf lokale graphische Ausgaben ist es uns gelungen wesentliche Funktionen von JADE⁵ auf unser Bordrechner-System zu portieren.

5 Technische Umsetzung

5.1 Komponenten

Die Komponenten eines derartigen Systems zur Warenüberwachung sind im **Abb. 2** dargestellt. Ein an der Tür des Transportmittels oder der Laderampe angebrachter RFID-Reader erfasst die Identifikationsnummer und die Warenart. Anhand der eindeutigen Identifikationsnummer wird der entsprechende Bewertungsagent angefordert, konfiguriert und auf der Agentenplattform gestartet. Die benötigten Zustandsgrößen werden gemeinsam mit dem Bewertungsagenten übertragen. Der Bewertungsagent überwacht durch Zugriff auf ein Sensorsystem den Qualitätszustand der Ware. Wenn eine Gefährdung festgestellt wird, sendet er eine Nachricht an den zugehörigen Planungsagenten. Dieser kann sich ebenfalls im Transportmittel aber auch auf einem zentralen Rechner der Transportplanung befinden. Im letzteren Fall erfolgt die Kommunikation über ein externes drahtloses Netz, beispielsweise WLAN. Der Planungsagent veranlasst notwendige Reaktionen um einen möglichen Schaden abzuwenden.

Transportgüter
Erkennung beim
Be- und Entladen

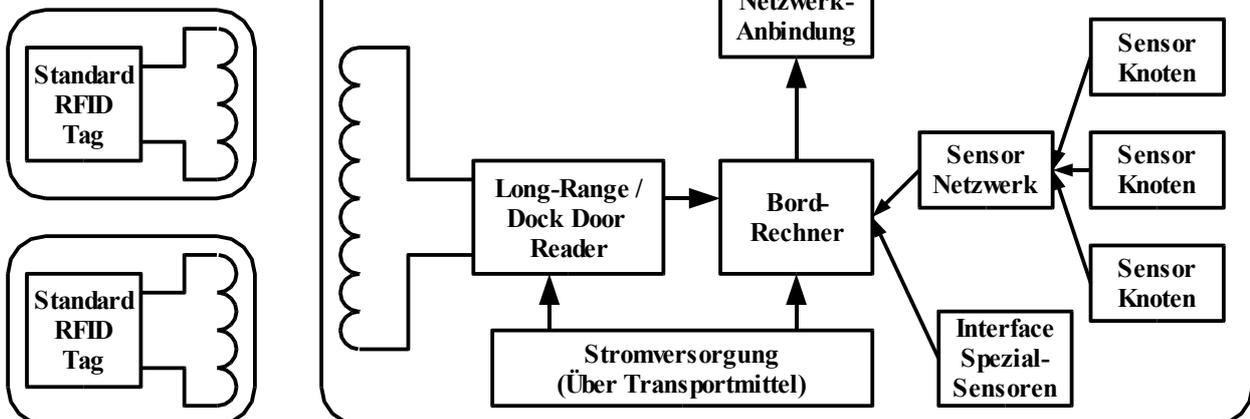


Abb. 2: System zur Qualitätsüberwachung

5.2 Aufbau eines Demonstrators

Die Funktionsfähigkeit eines solchen Systems konnte an einem ersten Prototypen demonstriert werden. Als Bordrechner wurde ein INTEL StrongARM Prozessor mit einer Taktfrequenz von 200 MHz gewählt, der inklusive 32 Mbyte Speicher etwa die Größe einer Scheckkarte hat. Es stehen derzeit zwei Softwarevarianten zur Verfügung. Die erste konfiguriert eine Überwachung von Temperatur

und Feuchtigkeit anhand von auf RFID-Tags gespeicherten Daten. Beim Entladen wird eine eventuelle Zustandsänderung der Ware auf den Tag zurück übertragen. Über einen Webbrowser ist der Qualitätszustand aller geladenen Waren abrufbar [Abb. 3]. Anstelle der Berechnung des Qualitätsindex werden hier jedoch zunächst nur kritische und absolute Grenzwerte überwacht. Es konnte gezeigt werden, dass sich auf unse-

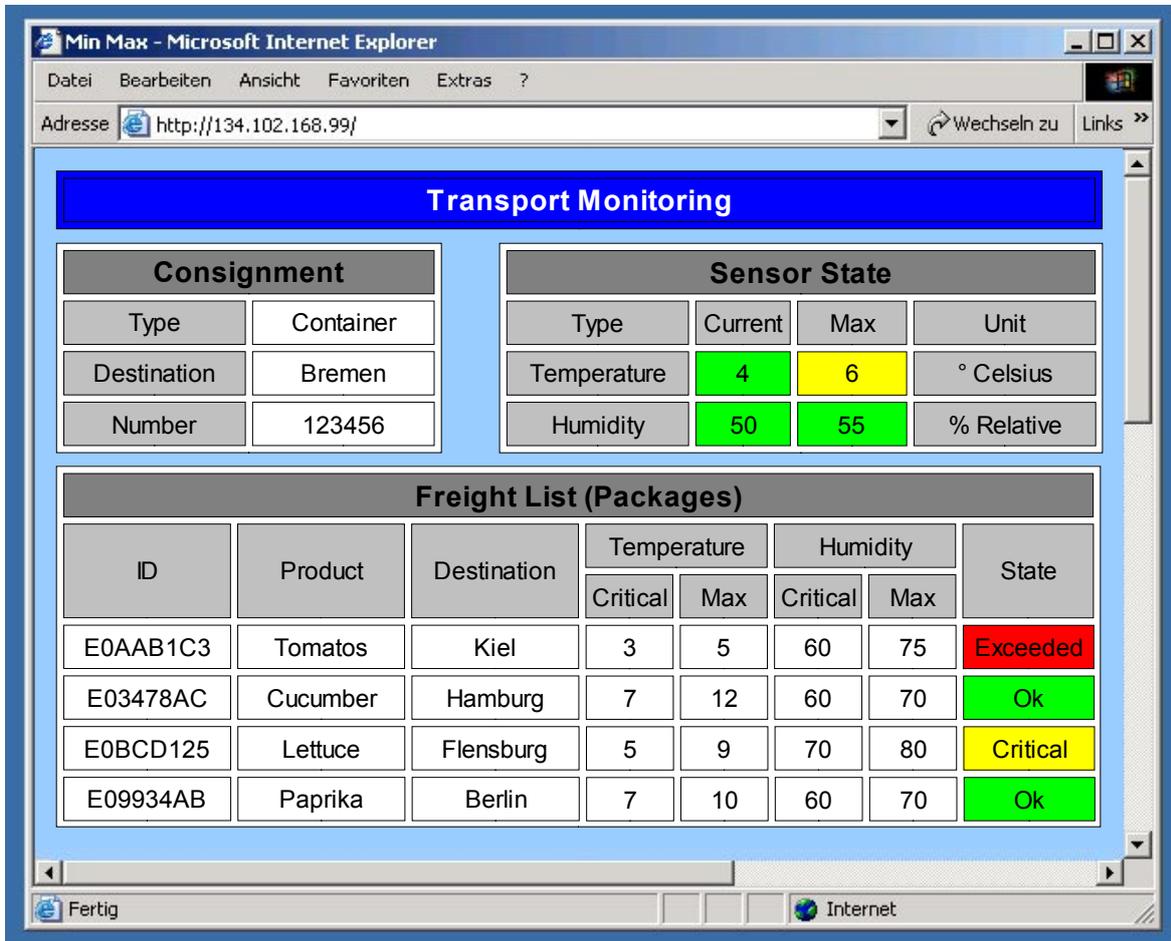


Abb. 3: Weboberfläche zum Warenzustand

rem Zielrechner eine Java-Plattform mit ausreichender Rechenkapazität realisieren lässt. Die Software wurde komplett in Java erstellt. Die zweite Variante demonstriert die autonome Überwachung mittels Softwareagenten. Ein Planungsagent ist jedoch noch nicht realisiert. Meldungen bei Warengefährdungen werden stattdessen über eine graphische Schnittstelle an den Benutzer ausgegeben. Beim Verladen des Transportgutes wird der Bewertungsagent auf das Transportmittel übertragen. Als Bewertungsagent wurden zunächst nur einfache Temperature-Time-Integration Modelle realisiert. Sobald genauere warenspezifische Modelle vorliegen, werden diese in das System integriert. Um einen wartungsfreien Betrieb der Sensorknoten über Monate hinweg zu ermöglichen, werden derzeit Bausteine für einen neuen energieoptimierten drahtlosen Kommunikationsstandard erprobt.

6 Literatur

- [Bob06] Bobelyn, E.; Hertog, M.; Nicolai, B.: Applicability of an enzymatic Time Temperature Integrator as a quality indicator for mushrooms in the distribution chain. Submitted to Postharvest Biology and Technology.
- [Bell03] F. Bellifemine, F.; Caire, G.; Poggi, A.; Rimassa G.: Jade – a white paper. In: TILAB „EXP in search of innovation“, Vol. 3, September 2003, Italy
- [Fin02] Klaus Finkenzeller: RFID Handbook, Hanser 2002
- [Frei04] Freitag, M.; Herzog, O.; Scholz-Reiter, B.: Selbststeuerung logistischer Prozesse – Ein Paradigmenwechsel und seine Grenzen. In: Industrie Management, 20(2004)1, GITO, Berlin, 2004, S. 23-27.
- [Jed06a] Jedermann, R. and Lang, W.: Mobile Java Code for Embedded Transport Monitoring Systems. In: Grote, C. and Ester, R. (eds.): Proceedings of the Embedded World Conference 2006, February 14-16, Nuremberg, Germany. Vol 2., pp. 771-777. Franzis Verlag, Poing.
- [Jed06b] Jedermann, R.; Behrens, C.; Westphal, D.; Lang, W.: Applying autonomous sensor systems in logistics; Combining Sensor Networks, RFIDs and Software Agents. In: Sensors and Actuators A (Physical). (In press)
- [Jed06c] Jedermann, R.; Schouten, R.; Sklorz, A.; Lang, W. and van Kooten, O.: Linking keeping quality models and sensor systems to an autonomous transport supervision system. In: Kreyenschmidt, J. & Petersen, B. (edt.) Cold Chain-Management, Proceedings of the 2nd international Workshop Cold Chain Management 8-9 May 2006, University Bonn, 2006. www.iaph.uni-bonn.de/Coldchain
- [Jed06d] Jedermann, R.; Gehrke, J.D.; Lorenz, M.; Herzog, O. und Lang, W.: Realisierung lokaler Selbststeuerung in Echtzeit: Der Übergang zum intelligenten Container. 3. Wissenschaftssymposium Logistik, Bundesvereinigung Logistik, Dortmund, 30.-31 May 2006; In Hans-Christian Pfohl and Thomas Wimmer (eds.), Wissenschaft und Praxis im Dialog. Steuerung von Logistiksystemen - auf dem Weg zur Selbststeuerung, Wirtschaft & Logistik, pp. 145-166, Hamburg, BVL, Deutscher Verkehrs-Verlag, May 2006.
- [Koot05] Prof. Dr. Olaf van Kooten, Horticultural Production Chains Group, University, Wageningen, Netherlands: „Quality changes in food logistics - Ripening modelling and affection to supply chain management“, Vortrag im Rahmen des Sonderforschungsberichtes am 25.11.05 in Bremen
- [Pas04] P.M. Pastors, Institut für Frische- und Lebensmittel-Logistik, FriLLog, Duisburg:
- Allgemein gültige Prinzipien des Qualitätsverlust- bzw. Verderb-Verhaltens von Frische-Produkten und (leicht-) verderblichen Lebensmitteln und die Konsequenzen für das ‚logistische Fenster‘ ZGFLL 1/2006, Seite 1-14, Duisburg
- [Sie02] Siebert, F.: Hard Realtime Garbage Collection, aicas GmbH, Karlsruhe 2002
- [Stür05] J. Stürmann, W. Benecke, S. Zampolli, I. Elmi, G.C. Cardinali and W. Lang, A Micromachined Gas Chromatographic Column to Optimize the Gas Selectivity for a Resisitive Thin Film Gas Sensor, Proceedings Transducers XIII , Seoul, Korea, June 6-9, 2005
- [Tijs96] Tijskens, L. M. M and Polderdijk, J. J.: A generic model for keeping quality of vegetable produce during storage and distribution. In: [Tijs04], pp. 171-185.
- [Tijs04] L.M.M. Tijskens (2004) Discovering the Future: Modelling Quality Matters. Thesis Wageningen University (promotor Olaf van Kooten) ISBN: 90-8504-017-5
- [Tijs05] Tijskens, L.M.M. ; Heuvelink, E. ; Schouten, R.E. ; Lana, M.M. ; Kooten, O.v.: Quality Kinetics and Modelling - The Biological Shift Factor: Biological Age as a Tool for Modelling in Pre- and Postharvest Horticulture. In: Acta horticulturae, (2005), 687, pp. 39-46.
- 1 Radio Frequency Identification
 - 2 Aus Gründen der Übersicht ist eine Erhöhung des Qualitätsindex durch gewollte Nachreifung im Diagramm nicht dargestellt. Das Modell berechnet hieraus den aktuellen Qualitätsindex und das verbleibende logistische Zeitfenster. Wird eine längerfristige Abweichung von den vorgegebenen Umweltparametern festgestellt, wird eine zusätzliche Warnung ausgegeben.
 - 3 ISO 15693 bei 13,56 MHz
 - 4 Der theoretische Wert beim Schreiben des Tags im longdistance- mode beträgt 1,65 kBit / sec. Durch Steuer- und Prüfbytes ist die Nutzrate jedoch geringer. Bewertungsfunktionen und Reaktionsschemata lassen sich gut in der Form von dynamischem Java- Code programmieren. Durch Verwendung einer neu entwickelte Laufzeitumgebung [Sie02] konnten die Nachteile umgangen werden, die bisher den Einsatz von JAVA auf eingebetteten Systemen verhindert haben.
 - 5 Es wird die J2SE-LEAP-Version verwendet, die speziell auf mobile Geräte zugeschnitten ist

Kontakt

Dipl. Ing. Reiner Jedermann
 Universität Bremen, FB1, IMSAS
 Otto-Hahn-Allee, Gebäude NW1, Raum Ost-2130
 D-28359 Bremen, GERMANY
 rjedermann@imsas.uni-bremen.de
 Tel 0421/218-4908, Fax 0421/218-4774
 Weiter Informationen zum Sonderforschungsbericht 637 findet sich unter
<http://www.sfb637.uni-bremen.de/>