

Wenn der Container mitdenkt

Permanenter Umgebungs-Check durch Software-Agenten

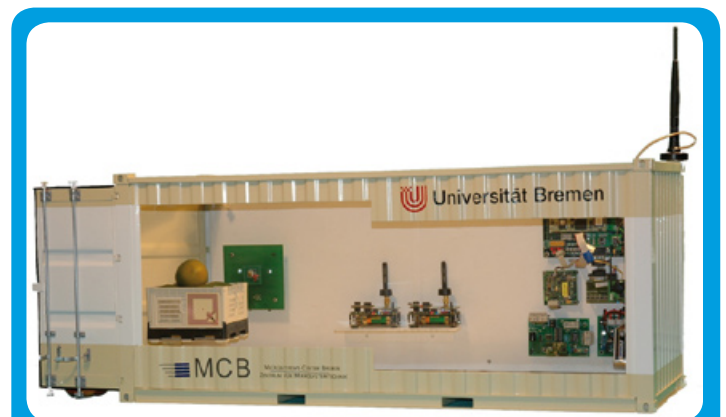
Von Reiner Jedermann und Walter Lang

Wenn jemand eine Reise tut, dann kann er was erzählen. Auch Waren kann auf ihrem Weg entlang der Supply Chain Unerwartetes zustoßen: Temperaturerhöhungen aufgrund von beschädigten Türdichtungen oder blockiertem Kühlluftstrom durch falsche Packung sowie Verkehrsstörungen können Qualität und pünktliche Lieferung gefährden. Durch die Verknüpfung von Sensortechnologie und RFID hat die Ware die Möglichkeit, sich bemerkbar zu machen. Individuell konfigurierbare Assistenten als „Reisebegleiter“ stellen beim Einladen sicher, dass alle notwendigen Sensoren zur Überwachung kritischer Umgebungsfaktoren vorhanden sind. Die Identifikationsnummer auf einem RFID-Chip ermöglicht den Abruf von Wareninformationen aus globalen Datenbanken. Stattet man die Transportmittel zudem mit GPS-Empfängern aus, lässt sich jederzeit der Standort der Ware bestimmen. Eine autonome Transportüberwachung und -planung bei geringen Kosten je Frachtstück lässt sich nach dem Prinzip des „Intelligenten Containers“ realisieren – am Modell und bald auch in der Wirklichkeit.

Die Möglichkeiten der RFID-Technologie sind mit der Angabe eines Warencodes und einer Seriennummer längst nicht erschöpft. Auf dem Tag selber lassen sich aufgrund der begrenzten Übertragungsbandbreiten zwar nur kleinere Datenpakete speichern, aber dennoch kann RFID vorteilhaft eingesetzt werden, um einen warenbegleitenden Informationsstrom zu lenken: ein entsprechendes System ermöglicht, dass die Ware alle für ihren Transport relevanten Informationen in einem elektronischen Frachtbrief mit sich führt. Über einen RFID-Reader erkennt der „Intelligente Container“, der an der Universität Bremen entwickelt wurde, den Zugang neuer Waren beim Beladen. Durch Auslesen eines Adressfeldes auf dem Tag weiß er, von welchem Transportmittel oder Lager die Ware übergeben wurde. Über ein mobiles Netz fordert er das Warendokument an. Da beim Beschreiben des Transponders während des Be- oder Entladens immer das Risiko eines Datenverlustes besteht, sollten nur Daten auf dem Tag gespeichert werden, die im System redundant vorhanden sind. Die Adresse des letzten Transportmittels kann alternativ beim Absender erfragt werden, wenn diese Information auf dem Tag nicht lesbar ist.

Funksensoren dokumentieren Veränderungen

Beim Transport von sensitiven oder verderblichen Waren ist es von hohem Interesse, nicht nur den Standort der Ware zu erfassen, sondern auch die Umweltbedingungen, denen sie ausgesetzt ist. Die Temperatur innerhalb des Containers kann um mehrere Grade variieren, insbesondere wenn die Türdichtungen beschädigt sind oder der Luftstrom des Kühlaggregates durch falsche Packung blockiert ist. Durch Einsatz von Funksensoren, die beliebig platziert werden können, lassen sich beispielsweise die Temperaturdifferenzen zwischen Kühlaggregat, Tür und Waren-Kerntemperatur bestimmen. Eine Übertragung sämtlicher Sensordaten an einen Überwachungsstand ist jedoch in der Praxis nicht gefordert. Vielmehr geht es dem Anwender darum, ein Maß für die Belastung der Ware durch fehlerhafte Transportbedingungen zu erhalten.



So sieht der Prototyp des „Intelligenten Containers“ aus: Auf der linken Seite befindet sich der RFID-Reader, in der Mitte zwei Sensorknoten. Ein scheckkartengroßes Prozessormodul an der rechten oberen Rückwand führt für jede Warenart einen Assistenten zur Überwachung des Transportes aus.



Vom MCB entwickelter Sensor-knoten zur drahtlosen Übertragung von Messwerten innerhalb des Containers. Derzeit stehen Module für Temperatur, Feuchtigkeit, Licht und Erschütterungen zur Verfügung.

Ein dynamisches Qualitätsmodell berücksichtigt den oft nichtlinearen Zusammenhang zwischen Höhe der Abweichung, Dauer der Störung und daraus resultierender Belastung. Durch lokale Vorverarbeitung im Transportmittel wird das Datenvolumen reduziert und die Kosten für mobile Kommunikation gesenkt. Das autonome System bietet außerdem den Vorteil, dass die vom Gesetzgeber geforderte lückenlose Überwachung von Lebensmitteltransporten auch während einer Störung der externen Kommunikation gewährleistet ist. Das hierzu eingesetzte Konzept des „Shelf Life“ oder des „Logistischen Zeitfensters“ ist seit den 30er Jahren bekannt. Es existieren zahlreiche Tabellen, die die maximale Transport- oder Lagerdauer in Abhängigkeit von der Temperatur angeben. Der eigentliche Entwicklungsaufwand liegt in der Umformulierung dieser Modelle für einen dynamischen Temperaturverlauf und der Erweiterung um andere Einflussfaktoren wie Luftfeuchtigkeit oder der atmosphärischen Zusammensetzung. Eine entsprechende Warendatenbank befindet sich noch im Aufbau.

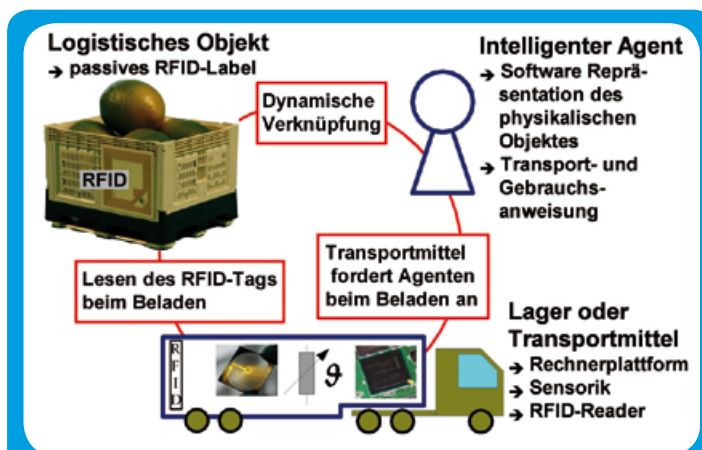
Intelligente Assistenten berücksichtigt Dynamik

Die Waren werden dabei durch einen individuell konfigurierbaren Assistenten begleitet. Der Assistent sorgt beim Einladen dafür, dass alle notwendigen Sensoren vorhanden sind, um kritische Parameter zu überwachen. Während des Transportes berechnet er, wie sich Abweichungen der Temperatur und anderer Umweltbedingungen auf die Warenqualität auswirken. Der Assistent weiß, wie auf Störungen zu reagieren ist: Wenn es abzusehen ist, dass die Warenqualität bis zum Erreichen des Zielortes unter einen Akzeptanzgrenzwert fällt, verständigt er die Routen- oder Lagerplanung. Die Erweiterung des Frachtbriefes um ein dynamisches Qualitätsmodell ist ein erstes Beispiel für einen intelligenten Assistenten oder Software-Agenten. Die Ware führt ein kleines, von ihrem Eigentümer definiertes Programm mit sich. Dieses Programm weiß, wie die Ware zu behandeln und zu überwachen ist. Es beobachtet die Umweltbedingungen und bewertet sie. Ein weiteres Programm wird aktiv, wenn sich eine Gefährdung für die Ware abzeichnet. Es sendet eine entsprechende Warnmeldung an die Transport- oder Lagerplanung und nimmt gegebenenfalls Änderungen vor. Zusätzlich schreibt es Informationen über die Zustandsänderung der Ware und dessen Zeitpunkt auf den RFID-Tag. Diese können vom Empfänger mithilfe eines Handlesegerätes abgefragt werden. Der Absender wird bei der Definition des sendungsspezifischen Assistenten von einer graphischen Oberfläche unterstützt. Dabei kann er auf vordefinierte Parameter und Funktionen für verschiedene Warenarten zurückgreifen.

Kontrollsystem im Modellmaßstab

Im Rahmen des Sonderforschungsbereiches SFB637, den die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) unterstützt, wurde dieses autonome Transportüberwachungssystem als wichtiges Element einer sich selbst steuernden Lieferkette aufgebaut. An einem Prototypen im Maßstab 1:8 wurden die Möglichkeiten der technischen Umsetzung untersucht. Dabei hat sich gezeigt, dass ein kostengünstiges XScale-Prozessormodul mit einer Taktrate von 400 MHz ausreichend ist, um die im Frachtbrief enthaltenen Assistenzprogramme auszuführen. Gegenüber einem Warenverfolgungssystem sind nur wenige zusätzliche Investitionen in die Infrastruktur notwendig. Da die Software in der plattformunabhängigen Sprache JAVA erstellt wurde, kann der Frachtassistent

gleichermaßen auf dem Prozessormodul als auch an PCs oder Servern ausgeführt werden. Am Demonstrator, der eine dynamische Routen- und Transportplanung einschließt, kann der Ablauf eines normalen oder gestörten Transportvorganges nachgestellt werden. Der Transportauftrag und der Frachtbrief werden mit Hilfe einer Bildschirmmaske generiert.



Der an einer Versandeinheit angebrachte RFID-Tag wird beim Beladen eines Transportmittels gelesen. Der Vorgang löst die Übertragung des elektronischen Frachtbriefes aus, der entlang der Transportkette quasi parallel zur Ware mitgeführt wird.

Von mehreren freien Fahrzeugen erhält eines den Zuschlag. Bei Verkehrsstörungen oder drohendem Qualitätsverlust wird geprüft, ob durch Änderungen der Transportplanung ein Schaden abgewendet werden kann. Die Versandeinheiten müssen dabei lediglich mit einem handelsüblichen RFID-Tag ausgestattet werden. Der „Intelligente Container“ zeigt, dass es durch Verknüpfung von RFID-Systemen mit Technologien aus den Bereichen der Sensornetze und Software-Agenten möglich ist, eine autonome Transportüberwachung und -Planung bei geringen Kosten je Frachtstück zu realisieren.



Dipl. Ing. Reiner Jedermann schreibt derzeit seine Promotion über den Einsatz von Software-Agenten auf embedded Systems zur autonomen Transportüberwachung. Innerhalb des Sonderforschungsbereiches „Selbststeuerung in der Logistik“ trägt er die Verantwortung für die Entwicklung des Überwachungssystems. rjedermann@imsas.uni-bremen.de



Prof. Dr. Walter Lang (Foto) leitet zusammen mit **Prof. Wolfgang Benecke** das IMSAS. Gleichzeitig ist er Sprecher des Microsystems Center Bremen (MCB). Über diesen Zusammenschluss verschiedener Institute der Elektrotechnik werden Forschungsdienstleistungen für die Industrie angeboten. wlang@imsas.uni-bremen.de