

## **Sensorinformationen als Basis neuer Geschäftsmodelle**

**Adrian Helfenstein**

**Departement für Informatik, ETH Zürich**

**adrianh@student.ethz.ch**

### **Zusammenfassung**

Mobile Sensorinformationen, die zum Beispiel mit RFID (Radio Frequency Identification), GPS (Global Positioning System), Mikrofonen, Temperatur- oder Beschleunigungssensoren gewonnen werden, spielen heutzutage in vielen Anwendungsbereichen eine wichtige Rolle. Die Einsatzbereiche sind über verschiedene Branchen weitgefächert. Zu den wichtigsten zählen: Luftfahrt, Sicherheitstechnik, Energie- und Landwirtschaft, Medizin, Umwelt, Sport und Freizeit. Da bei der individuellen Verkehrskostenberechnung und der Lieferkette Entwicklungen auf dem Markt und in der aktuellen Forschung zu beobachten sind, werden in der vorliegenden Arbeit Beispiele aus diesen Bereichen betrachtet. Dabei wird gezeigt, wie Sensorinformationen genutzt und in konkrete Geschäftsmodelle umgesetzt werden können. Weiter wird festgehalten, dass neben der technischen Realisierbarkeit, Wirtschaftlichkeit und gesellschaftlicher Akzeptanz, in einigen Anwendungen der Datenschutz und die Informationssicherheit wichtige Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung sind.



# 1 Einführung

Anhand zwei konkreter Anwendungsbereiche, dem der individuellen Verkehrskostenberechnung und dem der Lieferkette, wird aufgezeigt, wie Sensorinformationen als Basis neuer Geschäftsmodelle genutzt werden können. Funktioniert die Umsetzung dieses Geschäftsmodells? Hat es sich auf dem Markt durchgesetzt? Ist es noch vor seiner Zeit? Dies sind Fragen, welche anhand dem Stand der Technik auf dem Markt, der aktuellen Forschung und gesellschaftspolitischen Argumenten diskutiert werden.

Im ersten Teil der Arbeit widmen wir uns der individuellen Verkehrskostenberechnung. Dabei werden sensorbasierte Lösungen zum Berechnen von Fahrzeugversicherungsprämien, welche den tatsächlichen Fahrumständen entsprechen, sowie für das Road Pricing vorgestellt. Um das Management von verderblichen Waren und die Visualisierung der Lieferkette geht es im zweiten Teil.

## 2 Individuelle Berechnung der Verkehrskosten

### 2.1 Individuelle Prämien für Fahrzeugversicherungen

#### *Hintergrund*

Die Risiken einer Fahrzeugversicherung werden heutzutage grösstenteils anhand eines Kriterienkatalogs berechnet. Automarke, Hubraum, Alter, Fahrerfahrung des häufigsten Lenkers und Zusatzausstattung eines Fahrzeuges sind nur einige der Kriterien, anhand deren ein zu versicherndes Fahrzeug einer Risikokategorie zugeteilt wird. Diesbezügliche Angaben müssen durch den Versicherungsnehmer bei Vertragsabschluss gemacht werden. Gemäss [5] ist dies in mehrerer Hinsicht nicht optimal. Zum Einen wird der individuellen Fahrweise nur dadurch Rechnung getragen, dass der Fahrer zuerst, meist über mehrere Jahre hinweg, ein unfallfreies Fahrverhalten nachweisen muss, bis er von einer individuellen Risikobeurteilung profitieren kann. Zum Anderen werden gemäss [11] bei dieser Art der Risikoberechnung die tatsächlichen Fahrumstände, wie z.B. Fahrstil, tatsächlich gefahrene Kilometer, Strassenkategorie, Tageszeit, Witterung, etc., nicht berücksichtigt. Diese tatsächlichen Fahrumstände verursachen eine Querfinanzierung von tiefen zu hohen Risiken, was in der Versicherungswelt mit dem Fachbegriff Adverse-Selection bezeichnet wird. Da sich für einen Versicherungsnehmer der Verlust nach Abschluss einer Versicherung im Schadensfall verkleinert, werden versicherte Objekte oft mit weniger Sorgfalt behandelt. Dies wird Moral-Hazard genannt. In [5] und [6] werden diese beiden Umstände durch eine Informationsasymmetrie begründet. Dieser Begriff wird in [2] gebildet und bezeichnet den Zustand, bei welchem eine Partei wesentlich mehr Informationen über den Vertragsgegenstand besitzt als die andere Partei. Im Kontext einer Fahrzeugversicherung bedeutet dies, dass dem Versicherer wesentliche Informationen, namentlich die oben erwähnten Fahrumstände, zur Berechnung des zu versichernden Risikos fehlen. Dies hat, wie in [5] ausgeführt, zur Folge, dass Kunden mit geringem Risikoverhalten nicht belohnt werden können, sondern ein durchschnittliches Risiko für eine grössere Kundenmenge berechnet werden muss. Dies ist unfair für die risikobewussten Fahrer und fördert nicht eine risikobewusste Fahrweise.

Eine Lösung für das Problem der Informationsasymmetrie ist, für jede Fahrt das Risiko aufgrund der tatsächlichen Fahrumstände zu berechnen. Dies wird durch Sensorinformationen ermöglicht. Im Folgenden betrachten wir diese Art der individuellen Prämienberechnung anhand der Entwicklungen und der Marktsituation auf diesem Gebiet.

*Vom Autograph [14] über TripSense [10] zu MyRate [12]*

Autograph war ein Pilotprojekt von Progressive, einer US-amerikanischen Versichererin. Dieses wurde in Texas, in den Jahren von 1998 bis 2000, durchgeführt. Bei der Prämienberechnung wurden die tatsächlich gefahrene Distanz, die Tageszeit und die geografische Position berücksichtigt. Die Daten wurden, durch ein vom Versicherer eingebautes GPS, alle 6 Minuten erhoben und einmal im Monat vom Versicherer über abgerufen [7].

*Wie ist nun dieses System einzustufen?*

Gemäss Progressive resultierten nicht nur tiefere Prämien, bis zu 25% Einsparung für ihre Kunden im Pilotprojekt, sondern es konnte auch eine nicht quantifizierte Reduktion der gefahrenen Kilometer beobachtet werden. Deshalb wurde dieses Projekt am 27. Juli 2000 in ein Projekt der US-amerikanischen Umweltschutzbehörde aufgenommen. Ziel war es, den genauen Umweltschutzeinfluss dieses Versicherungsprodukts zu quantifizieren [15]. Die Studie sollte in den Jahren 2001 bis 2003 laufen. In der Projektübereinkunft [15] verpflichtete sich Progressive, anonymisierte und aggregierte Daten über gefahrene Kilometer und die Zeit zu der ihre Kunden fahren, der EPA (Environmental Protection Agency) und dem DOT (Department of Transportation) bekannt zu geben. Gemäss [15] hatte Progressive bis im Jahre 2000 wichtige Schritte für die Einführung des Systems in den Staaten Ohio, Illinois und Kalifornien unternommen. Der Ausbau sei teilweise von den gesetzlichen Bestimmungen in den Staaten abhängig. Schon damals scheint also eine Strategie der Marktausweitung vorhanden gewesen zu sein. Obwohl der Test aus der Sicht von Progressive erfolgreich verlief, beendete diese 2001 den Test in Folge hoher Kosten und den Logistikansprüchen, welche die Systeminstallation erforderten [9]. Aus diesen Gegebenheiten kann zwar auf eine technische Realisierbarkeit, nicht aber auf eine Durchsetzung dieses Geschäftsmodells auf dem Markt geschlossen werden.

Autograph wurde dann via TripSense (2004) [10] zum heutigen MyRate [12] weiterentwickelt. Das MyRate-Gerät sammelt nur Daten bezüglich wann, wie viel und wie gefahren wird, nicht aber GPS-Daten. Dieses Gerät kann von jedermann am Diagnoseport des Fahrzeuges, dessen Vorhandensein - Fahrzeuge mit Jahrgang 1996 und jünger - vorausgesetzt werden muss, angeschlossen werden. Die Daten werden über WLAN zum PC und von dort per Internet zu Progressive transferiert. Die Auswirkungen der Fahrweise auf die Prämie können über eine Webschnittstelle überwacht werden. Dies erlaubt es dem Fahrer seine Fahrweise anzupassen.

MyRate ist heute in 9 Staaten verfügbar. Verbunden mit dem Branchengewicht des Anbieters (ca. 5 Mio. Autoversicherungen) bedeutet dies eine gute Voraussetzung, dass sich MyRate auf dem Markt etablieren wird. Die Probleme, welche 2001 die Einstellung von Autograph begründeten, scheinen gelöst zu sein.

*Aviva Autograph [3]*

Der Autograph von Aviva Canada ist das aktuelle Produkt einer, mit 2.2 Mio. versicherten Autos, marktführenden Fahrzeugversichererin in Kanada. Der Aviva Autograph ist nicht mit dem Pilotprojekt Autograph von Progressive zu verwechseln. Bis zum Herunterladen (über USB) auf den PC werden gefahrene Distanz, Geschwindigkeit und Tageszeit in einer Blackbox gespeichert. Diese kann in Sekundenschnelle am Diagnoseport des Autos (Jahrgang jünger als 1996) angeschlossen werden. Dem Kunden werden bis zu 25% Einsparungen versprochen. Zudem steht ihm eine Auswertungsplattform zur Analyse seines Fahrverhaltens zur Verfügung. Der Kunde kann entscheiden, ob und wann er die Daten zur Versicherung sendet. Will er dies nicht tun, soll dies für ihn keine negativen Konsequenzen haben. Dieses Versprechen ist allerdings zu hinterfragen. Hochrisiko-Fahrer würden wohl kaum ihre Daten übermitteln. Da sich dann die Kosten nicht auf die Hochrisiko-Fahrer abwälzen lassen würden, wäre die Folge, dass die Prämien der Tiefrisiko-Fahrer

nicht stark gesenkt werden könnten.

Die folgenden Bilder illustrieren die Benutzerfreundlichkeit des 3-Schritt Verfahrens: Installation der Blackbox (Abbildung 1), das Herunterladen der Daten auf den PC und das Hochladen zur Versicherung (Abbildung 2):

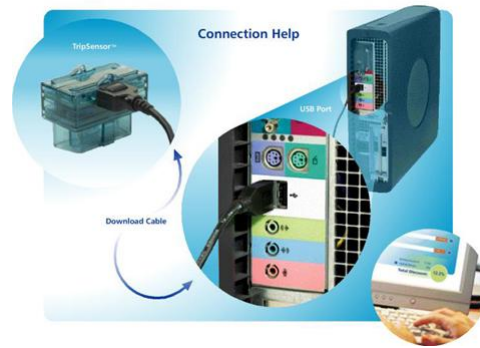


Abbildung 1: Installation des Aviva Autograph [4]      Abbildung 2: Verbindung des Aviva Autograph [4]

*Wieso aber hat sich die individuelle Prämienberechnung noch nicht global durchgesetzt?*

Ein technisches Argument hierfür bietet der Datenschutz. In den Märkten in denen der Datenschutz weitestgehend der Selbstregulation überlassen wird, wie in den USA, scheinen diesbezügliche Bedenken weniger marktentscheidend zu sein. Auch sei dies gemäss [5] bei einem Produkt eines UK-Versicherers weniger ein Problem, da deren Blackbox nur die totale Fahrzeit übermittelt. Auch Progressive betont auf seiner Website, dass keine GPS-Daten gesammelt werden. Dies geschieht auf Kosten wichtiger Parameter wie: Pro Strassentyp gefahrene Zeit und dem Verhältnis der gefahrenen zur erlaubten Geschwindigkeit.

*Smart Tachograph [5]*

Der Smart Tachograph ist eine generische Plattform, welche es verschiedenen Bilanzierungsstellen, z.B. Versicherungen, Steuerbehörden, Verkehrspolizei, etc. erlaubt, die Sensorinformationen zu evaluieren. Technisch bedeutet dies das Herunterladen einer Java-Klasse für jede Bilanzierungsstelle. Der Smart Tachograph kann Informationen von einer GPS-Einheit, von Beschleunigungs-, Geschwindigkeits-, Temperatur- und Lichtsensoren verarbeiten. Dem Datenschutz wird dadurch Rechnung getragen, indem nicht die Sensorwerte, sondern eine aggregierte Versicherungsprämie übertragen wird. Ein solches System hat zusätzliche Sicherheitsanforderungen zu erfüllen. Es soll keiner der beteiligten Parteien möglich sein, das System zu betrügen. Gemäss [6] soll ein Versicherungskunde überzeugt werden, dass der heruntergeladene Code, welcher die Prämie berechnet, dem unterzeichneten Vertrag entspricht. Auf der anderen Seite soll es nicht möglich sein der Versicherung eine falsche Prämie zu übermitteln. Es werden Massnahmen gegen das Verändern von heruntergeladenem Code, gegen Angriffe wie Man-in-the-Middle und Replay, ebenso wie gegen das Manipulieren von Sensoren, vorgeschlagen. Lösungen, welche es dem Kunden erlauben die berechnete Prämie zu verifizieren, werden auch vorgestellt.

*Einschätzung*

Dieses Geschäftsmodell scheint sich, nachdem die Wirtschaftlichkeit verbessert und Probleme der Logistik und Benutzerfreundlichkeit gelöst wurden, auf dem amerikanischen Markt durchzusetzen. Die Aspekte des Datenschutzes wurden bei diesen Produkten eher umgangen als gelöst. So werden zum Beispiel wich-

tige Sensordaten wie GPS-Daten nicht betrachtet und die Bekanntgabe von Personendaten als Preis für Prämienreduktionen (bis zu 25%) gesehen. Wie sich diese Einsparungen errechnen lassen, müsste genauer betrachtet werden. Erst dann wird deren Bedeutung klar und kann zu einer diesbezüglichen Aussage herangezogen werden. Durch die Verwendung eines Systems zur individuellen Verkehrskostenberechnung stellen sich wichtige Probleme des Datenschutzes und der Informationssicherheit. Diese werden mit dem Smart Tachograph gelöst. Auf Märkten in denen der Datenschutz gesetzlich reguliert und die Gesellschaft ein grösseres Bewusstsein in diesen Belangen hat, ist die Lösung dieser Probleme essentiell. Dadurch muss auch nicht auf wichtige Sensorinformationen, wie zum Beispiel auf GPS-Daten, verzichtet werden.

## **2.2 Road Pricing**

### *Hintergrund*

Beim Road Pricing geht es darum den Verkehrsfluss auf bestimmten Strassen, eventuell zu bestimmten Zeiten oder unter bestimmten Bedingungen, zum Beispiel Stau oder hohe Ozonwerte, zu steuern. Das Road Pricing erlaubt auch eine Kostenabrechnung nach dem Verursacherprinzip und nicht über eine pauschale Verkehrssteuer.

Der Smart Tachograph bietet eine Möglichkeit, solche Lenkungsgebühren nicht pauschal über eine Steuer, sondern über eine Gebühr, die einer tatsächlichen Strassenbenützung entspricht, zu erheben.

### *Einschätzung*

In [13] werden zahlreiche Road Pricing Systeme, von Manuellen bis zu Sensorbasierten in Europa, USA und Singapur vorgestellt. Deutschland nimmt mit der LKW-Strassenbenützungsg Gebühr, basierend auf GPS-Technologie, eine Vorreiterrolle in Europa ein. Dieses System wird auf Autobahnen angewendet. Wie sich dieses Produkt auf dem Markt durchsetzen wird, bleibt abzuwarten. Insbesondere müssen noch Probleme der Geländebeschattung gelöst werden. Dieses System hat aber den Vorteil, zum Beispiel gegenüber der in Singapur verwendeten Technologie, das weniger fixe Infrastruktur vorhanden sein muss. Seit 1998 werden in Singapur die Gebühren für das Befahren des Schnellstrassensystems und des Geschäftsviertels voll-elektronisch erhoben. Das System besteht aus einem aktiven RFID-Transponder, einer wiederaufladbaren Geldautomatenkarte, Lesepforten bei der Einfahrt in die gebührenpflichtigen Zonen und einer Datenverarbeitungszentrale. Beim Durchfahren einer Gebührenstelle wird ein vordefinierter Betrag abgebucht. Dieses System hatte eine Verbesserung der Luftqualität und einen Verkehrsrückgang um 15% zur Folge. Der Verkehr fliesst heute "ungehindert" mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 60 km/h. Beim Road Pricing sind gemäss [13] auch rechtliche Aspekte von zentraler Bedeutung. So ist zum Beispiel in der Schweiz die Einführung von Road Pricing, nach Artikel 83 Absatz 3 der Bundesverfassung, grundsätzlich nicht zulässig. Somit wäre in der Schweiz ein politischer Wille für eine Verfassungsänderung notwendig. Dieser politische Wille musste, und muss noch immer, auch in anderen Ländern gebildet werden.

## **3 Lieferkette**

Im ersten Teil dieses Anwendungsbereichs betrachten wir eine Simulationsstudie, welche den Nutzen von Sensorinformationen im Umfeld von verderblicher Ware aufzeigt. Darin wird nicht nur eine Profiterhöhung errechnet, sondern auch, dass die Menge der verdorbenen Güter beim Einzelhändler und in der ganzen Lieferkette massiv verkleinert werden kann [1].

Im zweiten Teil geht es darum, wie mit RFID-Technologie der Waren- und Güterfluss in der Lieferkette überwacht wird. Dabei werden grosse Mengen an Daten gesammelt. Wie diese Daten effizient ausgewertet und für den Menschen verständlich visualisiert werden können, ist ein weiteres Beispiel für ein Geschäftsmodell im Bereich der Lieferkette. Solche Technologien ermöglichen es dem Menschen Optimierungen, Lieferverspätungen und Diebstähle im Güterfluss einfach zu erfassen. Diese sind demzufolge von strategischer Bedeutung.



Abbildung 3: Einfaches Modell einer Lieferkette

### 3.1 Sensorinformationen für das Management von verderblichen Waren [1]

#### *Hintergrund*

Bei der Simulation wird davon ausgegangen, dass die verderbliche Ware mit einer Qualität  $M$  den Hersteller verlässt und zum Verteiler transportiert wird. Dabei wird vorausgesetzt, dass die Ware veränderlichen Umweltbedingungen ausgesetzt wird und dass daraus eine Qualitätseinbusse resultiert. Da nicht alle Waren in gleichem Ausmass von den veränderlichen Umweltbedingungen betroffen sind, kann die Verteilung der Qualität stark variieren. Beim Verteiler wird die Ware von den Angestellten gemäss der vom Einzelhändler verwendeten Auslagestrategie vorsortiert. Fällt die Qualität einer Ware unter den CAQ (Minimum-Customer-accepted-Quality-Level), gilt sie als abgelaufen und wird aussortiert. Dieses Aussortieren findet beim Verteiler, wie auch beim Einzelhändler zu Beginn jedes Simulationstages statt.

Wie wird nun die Profiterhöhung und Reduktion der verdorbenen Güter berechnet? Es werden zwei verschiedene Experimente durchgeführt und miteinander verglichen. Beim Ersten, dem 'klassischen Ansatz', werden keine Temperaturinformationen gesammelt und die Entscheidungen werden anhand visuell wahrnehmbarer Kriterien getroffen. Beim Zweiten, dem 'sensorbasierten Ansatz', werden Temperatursensoren an den Transportbehältern angebracht und die Temperatur aufgezeichnet. Dies erlaubt es, über die visuell wahrnehmbaren Eigenschaften hinaus, Entscheidungen über die effektive Qualität zu treffen. Über diese effektive Qualität kann entschieden werden, ob eine Ware bereits beim Verteiler unter den CAQ-Level fällt. Weiter, ob die Qualität beim Verteiler schon tief genug ist, dass wenn diese beim Einzelhändler ankommt unter CAQ fällt. Sollte dies der Fall sein, wird die Ware schon beim Verteiler aussortiert. Die Kaufentscheidungen werden aufgrund des folgenden Qualitätsverlust-Modells getroffen:

Zur Zeit  $t = 0$  hat das Produkt die höchste Qualität, also  $M$ . Für  $t \in [0, A]$  gilt, dass sich die Qualität nicht wahrnehmbar verschlechtert. Fällt die Qualität bei  $A + \epsilon$  unter die Schwelle der maximal wahrnehmbaren Qualität, werden Veränderungen in einem oder mehreren Qualitätsmerkmalen wahrgenommen. Für  $t \in [A + \epsilon, B]$  verschlechtert sich die Produktequalität weiter, bis diese schliesslich bei  $B$  die minimale vom Kunden akzeptierte Qualität erreicht. Für  $t > B$  wird das Produkt nicht mehr gekauft und als wertloser Abfall betrachtet. Das grösste Optimierungspotential liegt im für den Kunden nicht wahrnehmbaren Bereich. Dies ist der Fall für  $t \in [0, A]$  und kann mit sensorbasierten Informationen ausgeschöpft werden. Abbildung 4 stellt dieses Modell dar:

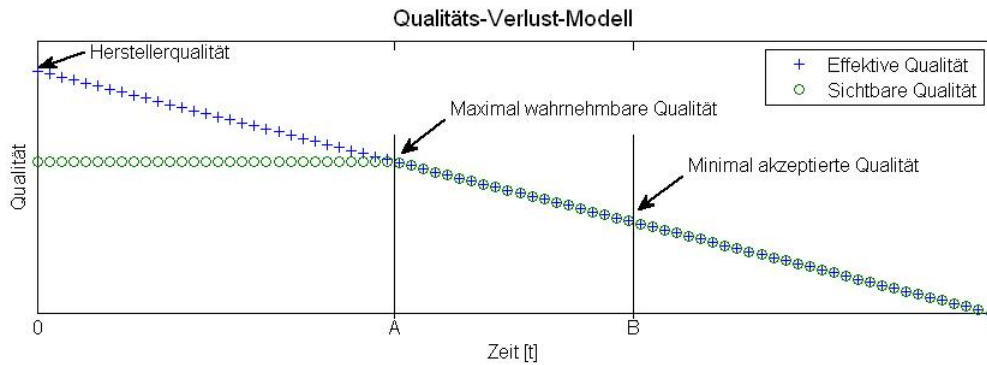


Abbildung 4: Differenz zwischen der effektiven und der visuell wahrnehmbaren Qualität [1]

Im Folgenden wird an einem konkreten Beispiel gezeigt, wie dieses Qualitätsverlust-Modell für eine Auslagerstrategie genutzt werden kann.

Der Wert der maximal wahrnehmbaren Qualität eines Produktes sei 3. Eine Sortierung, bezogen auf die visuell wahrnehmbare Qualität nach dem HQFO-Prinzip (Highest-Quality-First-Out-Prinzip) könnte wie folgt aussehen:



Abbildung 5: HQFO-Anordnung im visuell wahrnehmbaren Bereich

Dabei entsprechen die Farben der visuell wahrnehmbaren und die Zahlen der effektiven Qualität. Unter Verwendung von Sensorinformation kann jenseits der maximal wahrnehmbaren Qualität, also im grünen Bereich, ein auf die effektive Qualität bezogenes Sortierprinzip angewendet werden (hier LQFO (Lowest-Quality-First-Out)):



Abbildung 6: HQFO im visuell wahrnehmbaren und LQFO im visuell nicht wahrnehmbaren Bereich

Dadurch werden dem Kunden die Produkte mit der im visuell wahrnehmbaren Bereich tiefsten Qualität zuerst angeboten. Dies hat zur Folge das weniger Waren verderben.

*Was und wie wurde simuliert?*

Man betrachtete verderbliche Lebensmittel, wie z.B. Erdbeeren oder Kopfsalate, mit einer Herstellerqualität  $M$  von 8 Punkten und einer täglichen Nachfrage von sechs Handelseinheiten zu einem Verkaufspreis  $C_p$



von USD 24 pro Einheit. Jede Handelseinheit besteht aus 12 Verkaufseinheiten zu einem Preis von USD 2. Der Anschaffungspreis  $C_w$  ist USD 12 pro Handelseinheit. Dies entspricht einer Gewinnspanne von 50%. Die Fixkosten für den Nachschub  $C_k$  betragen \$12 pro Bestellung. Die pro Transport benötigte Zeit beträgt einen Tag. Die Lagerkosten  $C_h$  beim Einzelhändler betragen \$1 pro Handelseinheit und Tag. Vom Verladen beim Hersteller bis zum Abladen beim Verteiler ist die Ware Temperaturunterschieden ausgesetzt. Es wird angenommen, dass die effektive Qualität zufällig, nach einer Exponentialfunktion mit Erwartungswert 0.75 Tage, sinkt.

Seien:

$V^S$  := Anzahl der verkauften Handelseinheiten,

$V^H$  := Anzahl der gelagerten Handelseinheiten,

$V^R$  := Anzahl der Lagerauffüllungen,

$V^{IW}$  := Anzahl Handelseinheiten die im Laden verdorbenen sind,

$V^{DW}$  := Anzahl Handelseinheiten die beim Verteiler verdorben sind und

$$V^W = V^{IW} + V^{DW} \quad (1)$$

der totale Ausschuss. So gilt:

$$Profit = (C_p - C_w)V^S - C_hV^H - C_wV^W - C_kV^R. \quad (2)$$

Die Simulation wurde auf einem Cluster 100 fach, jeweils mit einer Simulationszeit von 500 Tagen, repliziert. In jeder Simulation wurde der 'klassische Ansatz' mit dem 'sensorbasierten Ansatz', jeweils unter Annahme von LQFO und HQFO, verglichen. Die Nachfüllstrategie wurde in Bezug auf den Profit optimiert.

#### *Einige Resultate (auszugsweise)*

Unter der Annahme einer LQFO-Strategie wurden Verbesserungen des 'sensorbasierten Ansatzes' gegenüber dem 'klassischen Ansatz' errechnet: Für den Ausschuss im Verkaufslokal -66.93%, für den totalen Ausschuss -34.31% und für den Profit +1.7%. Unter der Annahme einer HQFO-Strategie wurden Verbesserungen des 'sensorbasierten Ansatzes' gegenüber dem 'klassischen Ansatz' errechnet: Für den Ausschuss im Verkaufslokal -28.04%, für den totalen Ausschuss -22.00% und für den Profit +6.81%.

#### *Einschätzung*

Temperatursensoren mit Logging-Fähigkeiten sind in der Form von halbaktiven RFID-Tags verfügbar. Diese sind robust und die Energieversorgung ist ohne Interaktion für 3 bis 6 Jahre sichergestellt. Die Autoren von [1] rechnen, für Kosten die ca. dem Doppelten der Sensorkosten entsprechen, mit einem Return-of-Investment in drei Jahren. Die Infrastruktur zum Auslesen der Daten ist in diesem Anwendungsbereich heute schon weitverbreitet. Wie die Sensordaten und die entsprechenden physischen Objekte beim Verteiler effektiv gruppiert, sortiert und verwaltet werden können, sind weitere Herausforderungen. Dazu braucht es zum Teil dem Anwendungsgebiet entsprechende spezifische Lösungen. Resultiert daraus eine Änderung im Arbeitsablauf? Hat dies einen erhöhten Aufwand zur Folge? Solche Fragen können die Kostenberechnung beeinflussen und müssen geklärt werden. Die Umsetzung dieses Geschäftsmodells ist also technisch machbar. Der Aufwand für die Sensortechnologie scheint vom Kostenstandpunkt her vertretbar zu sein. Dieses Geschäftsmodell ist Gegenstand der aktuellen Forschung. Wie es sich auf dem Markt behaupten wird, wird die Zukunft zeigen.

### 3.2 Visualisierung der Lieferkette

Wie im vorhergehenden Abschnitt schon angeführt, ist es mit den Sensoren und der zum Auslesen benötigten Infrastruktur nicht getan. Meist braucht es zusätzlich eine Technologie die hilft, die durch die Sensoren gewonnen, grossen Datenvolumen zu analysieren und visualisieren. Diese erlaubt es dem Menschen, die Daten zu interpretieren und darauf aufbauend Entscheidungen zu fällen. Für den Anwendungsbereich der Lieferkette wird in [8] der Supply Chain Visualizer vorgestellt. Dieser erhöht die Sichtbarkeit der Lieferkette durch eine regelbasierte Analyse von RFID-Daten. Dadurch werden Lieferverzögerungen, Diebstähle und Ineffizienzen visuell wahrnehmbar und damit für den Menschen fassbar. Um das Konzept des Supply Chain Visualizers vorzustellen, betrachten wir zuerst die Lieferkette nochmals etwas genauer:

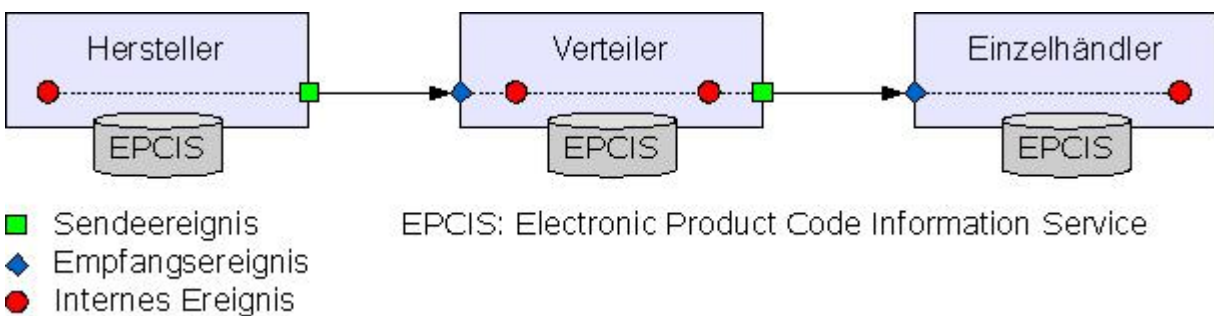


Abbildung 7: Ereignisrepräsentation einer Lieferkette [8]

Mit Sende-, Empfangs- und internen Ereignissen wird eine Lieferkette dynamisch modelliert. Die Daten welche diesen Ereignissen entsprechen, werden automatisch mit RFID-Technologie gewonnen. Der Datentyp ist in der Spezifikation EPCIS 1.0.1 spezifiziert, und beinhaltet im Wesentlichen: Ereigniszeit, Liste mit den elektronischen Produktcodes, Beziehung zum Lebenszyklus der Produkte in der Liste (hinzugefügt, beobachtet, gelöscht), Geschäftsschritt (Sendeereignis, Empfangsereignis, internes Ereignis) und globale Position.

Nachdem die Daten von Hersteller, Verteiler und Einzelhändler eingesammelt wurden, werden in einem ersten Schritt die in der Liste gruppierten Ereignisse in Einzelereignisse zerlegt. Dann wird für jedes Objekt der Fluss durch eine chronologisch geordnete, verlinkte Liste repräsentiert. Schliesslich wird für jedes Paar, bestehend aus Vorgänger- und Nachfolgeereignis, die Zeitdifferenz, Distanz und Geschwindigkeit berechnet.

Der Kern der Anwendung ist die Analysemaschine, welche für jedes Paar, bestehend aus Vorgänger- und Nachfolgeereignis, die aktivierten Konsistenzregeln überprüft:

- Geschwindigkeit ( $V_{min}, V_{max}$ )
- Verweilzeit ( $t_{max}$ )
- Lebenszyklus:  
Prüft, ob keine Ereignisse vor 'hinzugefügt' und keine Ereignisse nach 'gelöscht' auftreten.
- Paarweise Entsprechung der Sende- und Empfangsereignisse:  
Für jedes Empfangsereignis  $e_{i+1}$  muss ein entsprechendes Sendeereignis  $e_i$  als direkter Vorgänger

vorhanden sein.

- **Transitionswahrscheinlichkeiten:**

Die Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen zwei Orten werden in einer Trainingsphase durch das Festlegen einer Anzahl von Trainingsereignissen berechnet. Die in der Analysephase berechneten Übergangswahrscheinlichkeiten werden dann mit den Werten aus der Trainingsphase verglichen.

Die GUI (Graphical-User-Interface) bietet eine kartenbasierte Visualisierung des Produktflusses und zeigt Verletzungen der Konsistenzregeln an. Detailansichten werden durch Zoom- und Mouseover-Funktionalitäten ermöglicht. Die Daten können nach Hersteller und Produktkategorie gefiltert werden.

#### *Einschätzung*

Den Konzeptbeweis für den Supply Chain Visualizer liefert einerseits ein Prototyp, andererseits die dazugehörige begründende Arbeit [8]. Die Anwendung wurde bisher mit praxisrelevanten Daten erfolgreich getestet. Die Umsetzung in einem Geschäftsmodell ist demzufolge erfolgsversprechend. Zur Marktfähigkeit werden noch Erweiterungen nötig sein. Zum Beispiel sollten die Konsistenzregeln für Temperatur- und Feuchtigkeitssensordaten, aber auch die Parameter für  $V_{min}$ ,  $V_{max}$  für verschiedene Transporte und  $t_{min}$  für verschiedene Orte, definiert werden können. In der Arbeit werden die Vorteile des Einsatzes des Supply Chain Visualizers bezogen auf Lieferverspätungen, Ineffizienzen, Diebstahl und Inventur klar aufgezeigt. Für eine Kosten-Nutzen-Analyse müssen diese allerdings noch genauer quantifiziert werden. Fällt diese Beurteilung positiv zugunsten des Nutzenaspektes aus, erhöht sich dadurch die Wahrscheinlichkeit, dass sich der Supply Chain Visualizer als ökonomisches Instrument von strategischer Bedeutung auf dem Markt durchsetzen wird.

## **4 Schlussfolgerungen**

Anhand der Entwicklung im Bereich der individuellen Prämienberechnung für Fahrzeugversicherungen auf dem US- und Nordamerikanischen Markt sieht man, wie die Faktoren Kosten, Logistik und Benutzerfreundlichkeit eine entscheidende Rolle bei der erfolgreichen Umsetzung dieses Geschäftsmodells waren. Aufgabenstellungen im Bereich Datenschutz und Informationssicherheit wurden dort in den vorgestellten Produkten nicht gelöst, sondern auf Kosten wichtiger Sensorinformationen wie etwa GPS-Daten umgangen. Mit dem erfolgreich getesteten Prototyp Smart Tachograph [5, 6] werden die Herausforderungen in diesem Bereich gelöst. Auf Märkten mit höherem Privatsphärenbewusstsein, beziehungsweise in denen der Datenschutz gesetzlich reguliert ist, ist die Lösung diesbezüglicher Anforderungen eine wichtige Erfolgsvoraussetzung. Der Smart Tachograph würde ein sensorbasiertes Road Pricing ermöglichen. Eine Umsetzung auf dem Markt scheint aber noch vor ihrer Zeit zu sein. Dies ist vorwiegend durch gesellschaftliche und politische Argumente begründet.

Im Bereich der Lieferkette haben wir gesehen, wie Sensorinformationen den Profit und die ökonomische und ökologische Effizienz steigern. Dies wird durch neuartige Arbeitsinstrumente, wie dem Supply Chain Visualizer, ermöglicht. Dieser erlaubt, unter Einbezug des Faktors Mensch, die Aufbereitung der durch die Sensoren anfallenden grossen Datenmengen für Entscheidungsprozesse. Ein gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis für Sensorinformationen ist, wie wir am Beispiel für das Management von verderblichen Waren gesehen haben, eine wichtige Voraussetzung für ein erfolgreiches Geschäftsmodell.

## Literatur

- [1] A. Ilic, T. Staake und E. Fleisch. The Value of Sensor Information for the Management of Perishable Goods - A Simulation Study. Arbeitspapier, 2008. [Stand: 04.06.2009].
- [2] G. Akerlhof. The Market for Lemons: Qualitative Uncertainty and the Market Mechanism. *The Quarterly Journal of Economics*, 84(3):488–500, 1970.
- [3] Aviva Canada. Autograph. [https://www.avivacanada.com/autograph/product.php?content=AUTOGRAPH\\_CONSUMER](https://www.avivacanada.com/autograph/product.php?content=AUTOGRAPH_CONSUMER). [Stand: 16.02.2009].
- [4] Aviva Canada. Autograph technology. [https://www.avivacanada.com/autograph/product.php?content=AUTOGRAPH\\_CONSUMER\\_TECHNOLOGY&language=ENGLISH](https://www.avivacanada.com/autograph/product.php?content=AUTOGRAPH_CONSUMER_TECHNOLOGY&language=ENGLISH). [Stand: 16.02.2009].
- [5] V. Coroama. The Smart Tachograph - Individual Accounting of Traffic Costs and its Implications. In *Proceedings of Pervasive 2006*, pages 135–152, Dublin, Ireland, may 2006.
- [6] V. Coroama and M. Langheinrich. Personalized vehicle insurance rates - a case for client-side personalization in ubiquitous computing. In *Workshop on Privacy-Enhanced Personalization at CHI 2006*, Montréal, Canada, apr 2006.
- [7] E-Business Strategies. Progressive (2003). [http://www.ebstrategy.com/downloads/case\\_studies/Progressive.pdf](http://www.ebstrategy.com/downloads/case_studies/Progressive.pdf). [Stand: 16.02.2009].
- [8] A. Ilic, T. Andersen, and F. Michahelles. Increasing supply-chain visibility with rule-based rfid data analysis. *IEEE Internet Computing*, 13(1):31–38, 2009.
- [9] Newsroom Progressive. Trip sense. <http://newsroom.progressive.com/2007/January/Tripsense-michore.aspx>. [Stand: 16.02.2009].
- [10] Norwich Union. Tripsense. <http://www.norwichunion.com/payasyoudrive/>. [Stand: 16.02.2009].
- [11] M. Oberholzer. *Strategische Implikationen des Ubiquitous Computing für das Nichtleben-Geschäft im Privatkundensegment der Assekuranz*. PhD thesis, Universität Basel, Schweiz, 2003.
- [12] Progressive. Myrate. <http://www.progressive.com/MyRate/myrate-default.aspx>. [Stand: 16.02.2009].
- [13] U. Balmer, A. Lanz und A. Bachman. Einführung eines Road Pricing - Bericht des Bundesrates zur möglichen Einführung eines Road Pricing in der Schweiz. Technical report, Bundesamt für Raumentwicklung, Schweiz, 2007.
- [14] U.S. Environmental Protection Agency. Project XL: Progressive. <http://www.epa.gov/projectxl/progressive/index.html>. [Stand: 16.02.2009].
- [15] U.S. Environmental Protection Agency. Project XL: Progressive (Project Agreement). <http://www.epa.gov/projectxl/progressive/fpa3draft.pdf>. [Stand: 16.02.2009].