

Von Rohdaten zu entscheidungsrelevanten Informationen – Datenaufbereitung und –auswertung in RFID-gestützten Supply Chains

Adam Melski, Matthias Schumann

Institut für Wirtschaftsinformatik
Professur für Anwendungssysteme und E-Business
Georg-August-Universität Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 5
37073 Göttingen
amelski@uni-goettingen.de
mschumal@uni-goettingen.de

Abstract: Unternehmensübergreifende RFID-Systeme liefern feingranulare Daten über physische Prozesse in der Wertschöpfungskette. Diese Daten müssen in geeigneter Weise aufbereitet und ausgewertet werden, um für das Supply Chain Management (SCM) optimalen Nutzen stiften zu können. Im vorliegenden Beitrag werden Möglichkeiten der Verwertung von RFID-Daten in SC-Prozessen untersucht. Hierzu werden zunächst die Auswirkungen des RFID-Einsatzes auf das Informationsmanagement im SCM dargestellt. Es folgen die Beschreibung grundlegender Datenaufbereitungsschritte und Systematisierung der RFID-Daten. Anschließend wird analysiert, wie diese Daten aggregiert, verdichtet und mit Geschäftsdaten angereichert werden müssen, um das Management bei typischen Fragestellungen des SCM zu unterstützen.

1 Einleitung

Inbesondere aufgrund der fortschreitenden Standardisierung sowie fallenden Kosten werden RFID-Systeme zunehmend in unternehmensübergreifenden Prozessen und teilweise bereits in globalen Wertschöpfungsnetzwerken [Sp06] eingesetzt. Zu den in der Literatur angeführten Vorteilen des Einsatzes von RFID in SC zählt dabei die erhöhte Datenverfügbarkeit für alle Akteure [Di06]. Obschon im SCM zeitnahe Informationen über Bestände, Produktions- und Transportkapazitäten sowie die (End-)Kundennachfrage gebraucht werden, führen diese Daten alleine jedoch nicht zu einer verbesserten Entscheidungsfindung. Um diese zu gewährleisten, müssen die großen Datenbestände aggregiert, verdichtet und mit Geschäftsdaten angereichert werden. Das Ziel des vorliegenden Beitrags ist es, die SCM-spezifischen Datenaufbereitungsschritte darzustellen und darauf aufbauend Möglichkeiten der Verwertung von RFID-Daten in ausgewählten Anwendungsszenarien zu untersuchen.

Im Folgenden werden in Kapitel 2 zunächst die Auswirkungen des Einsatzes von RFID auf das SCM beleuchtet. Kapitel 3 widmet sich der Datenaufbereitung in RFID-Systemen. Es werden hierbei Besonderheiten von RFID-Daten sowie Phasen und Konzepte der Datenaufbereitung dargestellt. Anschließend wird in Kapitel 4 auf die Verwertung der vorgefilterten und aufbereiteten Daten eingegangen. Hierzu werden beispielhafte Fragestellungen analysiert. Der Beitrag schließt mit einer Zusammenfassung in Kapitel 5.

2 RFID im Supply Chain Management

Die Auswirkungen des IT-Einsatzes können allgemein in drei Gruppen unterteilt werden: Automatisierungs-, Transformations- und Informationseffekte [MKG04]. Für den Einsatz von RFID in Supply Chains ergeben sich daraus folgende Implikationen:

Durch *Automatisierungseffekte* wird die Prozesseffizienz erhöht, indem wiederkehrende Funktionsabläufe vom Menschen auf Automaten übertragen werden. Hierbei erhöht die RFID-Technologie den Automatisierungsgrad traditioneller Auto-ID-Systeme. Im Vergleich zu Barcode-Systeme bietet RFID den Vorteil, dass mehrere Objekte ohne Sichtkontakt simultan (Pulkerfassung) und vollautomatisch (kein manuelles Scannen notwendig) erfasst werden können. Zudem sind Transponder im Gegensatz zu Barcodes widerstandsfähiger gegen widrige Bedingungen. Im SCM kommen Automatisierungseffekte vor allem bei der Erfassung im Wareneingang und -ausgang, bei der Ein- und Auslagerung sowie bei Inventurvorgängen zum tragen [MM05]. Beim Handelskonzern Metro wurde durch den Einsatz von RFID bspw. die Abwicklung von Paletten im Wareneingang durchschnittlich von 90 auf 70 Sekunden verringert [Wo07].

Transformationseffekte führen zur Neugestaltung von Prozessen. Auf der RFID-Technologie beruhende Prozessinnovationen sind vor allem durch die Speicherung produktbezogener Daten auf dem Transponder möglich. Anhand der Produkthistorie lassen sich z. B. Serviceleistungen, wie etwa die Abwicklung von Garantiefällen, oder der Wert der Produkte genauer bestimmen [SF05]. Zusätzlich zu der reinen Datenspeicherung können mit Mikroprozessoren ausgestattete Transponder eigene Berechnungen durchführen und bspw. autonome Transportnetze auf Basis einer Multiagenten-basierten Steuerung ermöglichen [Tr07]. Werden Transponder ferner mit einem Sensor ausgestattet, können sie Veränderungen in ihrer Umwelt wahrnehmen und eventuell Korrekturmaßnahmen einleiten.

Im Zuge der *Informationseffekte* wird eine effizientere Informationsverarbeitung und -versorgung in der SC gewährleistet. Ziele sind dabei [SKS03]:

- Gewährleistung der Informationsverfügbarkeit und –visibilität: RFID erhöht die Visibilität der SC-Prozesse durch eine detailliertere Abbildung des Materialflusses in Informationssystemen. Im Vergleich zu Barcode-Systemen steigt die Reichhaltigkeit (Identifikation einzelner Instanzen) und örtliche Granularität (Identifikation an mehreren Punkten) der Daten an [FCD05].

- Einrichtung eines zentralen Datenzugriffs: Die mittels RFID erfassten Daten können entweder über Informationsnetzwerke (bspw. das EPCglobal-Netzwerk [TM06]) oder Informations-Intermediäre [Ry07] den SC-Akteuren bereitgestellt werden. Die Daten können zusätzlich auch objektbegleitend zur Verfügung gestellt werden [DMS07, MTS07].
- Sicherstellung der Entscheidungsfindung auf der Grundlage vollständiger SC-Informationen: Die von den Akteuren einer Wertschöpfungskette häufig isoliert vorgenommene Bedarfsplanung erzeugt den Bullwhip-Effekt [LPW97, Ke04]. Dieser äußert sich in immer größeren Schwankungen der Bestellmenge, je weiter ein Unternehmen in der Wertschöpfungskette vom Endkunden entfernt ist. Der Effekt tritt vor allem aufgrund fehlender bzw. verzögerter Informationen auf. Eine auf RFID-Daten basierte integrierte Planung kann zur verbesserten Entscheidungsfindung unter Berücksichtigung aller Problemvariablen beitragen.
- Gewährleistung einer unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit der SC-Akteure: RFID-Systeme spielen eine bedeutende Rolle als interorganisatorische Systeme [YJ05]. Durch die Vermeidung von Medienbrüchen an den zwischenbetrieblichen Schnittstellen führen sie zu einem effizienten Datenaustausch.

Die Informationseffekte zusammenfassend wird durch den Einsatz von RFID-Systemen das Management von Wertschöpfungsketten agiler, da den SC-Partnern genauere und vor allem echtzeitnahe Informationen zur Verfügung stehen. Im Folgenden wird dargestellt, welche Datenaufbereitungsschritte notwendig sind, um diese Informationen aus den erfassten RFID-Daten zu generieren.

3 Datenaufbereitung in RFID-Systemen

3.1 Besonderheiten von RFID-Daten

Daten im RFID-Umfeld teilen sich grundsätzlich in dynamische Identifikationsdaten (von Lesegeräten erfasste Dreiertupel: Transponder-ID, Lesegeräte-ID und Zeitstempel) und statische Attributsdaten (beschreiben Eigenschaften des Objekts) auf [Ha03]. Die Identifikationsdaten können dabei durch folgende Merkmale charakterisiert und zu „herkömmlichen“ Daten, die mittels traditionellen Auto-ID-Verfahren erfasst werden, abgegrenzt werden:

- *Temporärer Charakter der Daten:* Die Zeitkomponente spielt eine wichtige Rolle in der Auswertung von RFID-Daten. Der Abstand zwischen zwei Ereignissen bzw. die Intervall-Länge eines Ereignisses ist hierbei bedeutend für die Generierung von komplexen Ereignissen [Wa06]. Ein Beispiel hierfür ist die Zuordnung von einzelnen Produkten zu einem Transportbehälter: Das Zeitintervall zwischen der Produkt-Identifikation und der Behälter-Identifikation ist entscheidend, um eine Zuordnung vornehmen zu können.

- *Rohrer Charakter der Daten:* Bei den erfassten RFID-Daten handelt es sich um Rohdaten, die aufgrund der physikalischen Eigenschaften von RF-Technologien Duplikate und Leseanomalien beinhalten [Ri05].
- *Kontinuierlicher Datenfluss:* RFID-Daten zeichnen sich dadurch aus, dass sie kontinuierlich anfallen. Hier liegt der entscheidende Unterschied darin, dass herkömmliche Daten – etwa einer Barcode-Lesung – bei Bedarf anfallen (synchron), während RFID-Daten fortwährend gelesen werden (asynchron) [Sa04]. Dies impliziert, dass das angeschlossene System keine Kontrolle über die Reihenfolge der einzelnen Datenelemente hat. Zudem ist das Datenvolumen variabel und im Vorhinein nicht bekannt [Ba02].
- *Erhöhte Datengranularität:* Da die Datenerfassung mittels RFID keine manuellen Tätigkeiten erfordert, sinken die Kosten für den Erfassungsvorgang. Durch diesen Umstand kommt es bei RFID-gestützten Prozessen zu einem Anstieg der Erfassungsvorgänge und -punkte. Die erhöhte Anzahl an Datenerfassungspunkten führt zur erhöhten örtlichen Granularität. Dies erlaubt bspw. genauere – wenn auch für umfassende Lokalisierungszwecke immer noch grobe – Aussagen darüber, wo sich ein Objekt gegenwärtig in der SC befindet. Anhand der folgenden Abbildung werden in Anlehnung an [FCD05] die wesentlichen Dimensionen der Datengranularität systematisiert.

Dimension	Ausprägungen		
Örtliche Granularität	Bei Prozessbeginn und Ende	Bei jedem Ortswechsel	Bei jeder Bewegung
Ladungsträger	Palette	Box	Artikel
Objektdeckung	ausgewählte Objekte		alle Objekte
Datenreichhaltigkeit	ID	zusätzliche objektbezogene Daten	Objektzustand und Umfeld

Abbildung 1: Dimensionen der Datengranularität

- *Großes Datenvolumen:* Die Erhöhung von Datenerfassungspunkten und -vorgängen sowie die Speicherung zusätzlicher Daten am Transponder führt zur Steigung der Datenvolumina in RFID-Systemen. Bspw. werden in der praktischen Anwendung von RFID in dem Bereich der Lokalisierung von Produktionslosen in einer Halbleiterfertigung täglich drei Milliarden Transponderlesungen verarbeitet [TG06].

3.2 Phasen der Datenaufbereitung

Aufgrund der genannten Besonderheiten ist zunächst eine erhöhte *Datenfilterung* in RFID-Systemen notwendig [Zh06]. Dabei werden negative Falschlesungen (Nichterfassung eines Transponders), positive Falschlesungen (unerwartete Lesung bzw. „Störgeräusch“) und Duplikate gefiltert [BWP06]. In der Praxis werden hierzu mehrere Lesevorgänge an einem Objekt durchgeführt, wobei nur Lesungen mit einer signifikanten Wiederholungsrate in einem bestimmten Leseintervall berücksichtigt werden [JGF06]. Die vorgefilterten Daten werden grundsätzlich erst dann an die Middleware weitergeleitet, wenn sich der Zustand des Objektes ändert. Dies wird durch Ereignisse (Events) ausgelöst [KM07, Wa06]. Eine wichtige Rolle spielen hierbei Status- (bspw. von „in Herstellung“ zu „eingelagert“) und Geschäftslokationübergänge (bspw. von „Produktion“ in „Produktionslager“), die einen wesentlichen Beitrag zur Prozesssicherheit beitragen [Bo07].

Daten zu logistischen Bewegungen werden in der Regel auf einem bestimmten Abstraktionsniveau betrachtet und daher häufig gruppiert [Je05]. Daher schließt sich der Filterung die Phase der *Aggregation* an. Bei der zeitlichen Aggregation werden – bei einer minimalen Granularität von z. B. einer Stunde – alle Objektbewegungen innerhalb der gleichen Stunde zu einer einzigen Bewegung zusammengefasst. Bei der räumlichen Aggregation kommt es zur Gruppierung von mehreren physischen Lesepunkten zu einer logischen Geschäftslokation (z. B. „Lager“). Schließlich können Bewegungspfade zusammengefasst und somit auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen präsentiert werden [GHL06]. Bspw. ist der Vorlieferant weniger an den Objektbewegungen innerhalb einer Einzelhandels-Filiale interessiert und verlangt daher nach einer abstrakten Sicht dieser Bewegungspfade.

In der dritten Phase kommt es zur *Datenauswertung* mittels vordefinierter Regeln und Data Mining. Bevor im folgenden Kapitel analysiert wird, wie aus den gefilterten und aggregierten Daten entscheidungsrelevante Informationen für das SCM generiert werden können, fasst Tabelle 1 die beschriebenen Aufbereitungsschritte zusammen.

	Vorfilterung	Aggregation	Auswertung
Ziel	Reduzierung der Datenmenge und Beseitigung von Leseanomalien	Geschäftsprozess-spezifische Auswahl und Zusammenfassung der Daten	Generierung entscheidungsrelevanter Informationen
Daten	Rohdaten aus der Datenerfassung	Vorgefilterte und bereinigte RFID-Daten	Aggregierte RFID-Daten und zusätzliche Kontextdaten
Ort der Datenaufbereitung	Lesegerät	Middleware	Anwendungssystem
Methoden	Filtermethoden	Aggregationsmethoden	Vordefinierte Regeln, Data Mining

Tabelle 1: Phasen der Datenaufbereitung in RFID-Systemen

4 Auswertung von RFID-basierten Informationen im Supply Chain Management

4.1 Systematisierung von RFID-unterstützten Prozessen

Informationssysteme des SCM lassen sich grundsätzlich in *transaktionale/operative* und *analytische/strategische* Systeme unterteilen [Sh01]. Während die ersteren zur Erfassung, Verarbeitung und Weiterleitung der Daten benutzt werden (bspw. ERP-Systeme), werden die letzteren zur Formulierung und Analyse von SC-Modellen eingesetzt. Die analytischen Systeme beziehen dabei ihre Daten aus den transaktionalen Systemen. Beide Systemgruppen liefern den Entscheidern wertvolle Informationen: Sowohl das Wissen darüber, was in der Vergangenheit passiert ist (analytische IT) als auch darüber, was gerade passiert (transaktionale IT) kann zur Steuerung und Optimierung von SC-Prozessen eingesetzt werden. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick zu den jeweiligen Prozessen, die insbesondere durch den Einsatz von RFID unterstützt werden können (in Anlehnung an [Sc06, Sh01]).

Transaktionale/Operative IT	Analytische/Strategische IT
Bestandsmanagement	Analyse der Materialflüsse
Regalmanagement	Qualitätssicherung
Warenein- und ausgang	Lieferantenbeurteilung
Diebstahlsicherung	
Monitoring	
Rückverfolgbarkeit	

Tabelle 2: Prozesse der transaktionalen und analytischen IT

Nachfolgend werden Möglichkeiten der Generierung von entscheidungsrelevanten Informationen zur Steuerung und Optimierung in diesen Bereichen analysiert. Da bei der Beantwortung der exemplarischen Fragestellungen die grundlegende Funktionsweise im Vordergrund steht, werden zur Verdeutlichung Algorithmen im Pseudocode angegeben.

4.2 Operative Anwendungsszenarien

Die hier beschriebenen Anwendungsszenarien geben in der Regel ein Abbild der Realität zu einem definierten Zeitpunkt wider. Abbildung 2 stellt beispielhafte Fragestellungen an einer idealtypischen SC dar, auf die im Folgenden näher eingegangen wird.

Bestandsmanagement. Auf Basis der RFID-Informationen können Lagerbestände automatisch aktualisiert und kontrolliert werden. Eine Besonderheit des Bestandsmanagements im Vergleich zu anderen Anwendungsszenarien bildet die Tatsache, dass in der Regel Daten auf Objektklassenebene ausreichend sind. Die eindeutige ID ist für die Ermittlung der Quantität nicht notwendig. Neben der Objektklasse ist die gegenwärtige Geschäftslokation, in der sich das Objekt befindet, von Relevanz. Aktuelle Informationen über Bestände in der SC erleichtern die Erstellung von Bedarfsprognosen und tragen damit zur Reduktion des Bullwhip-Effektes bei.

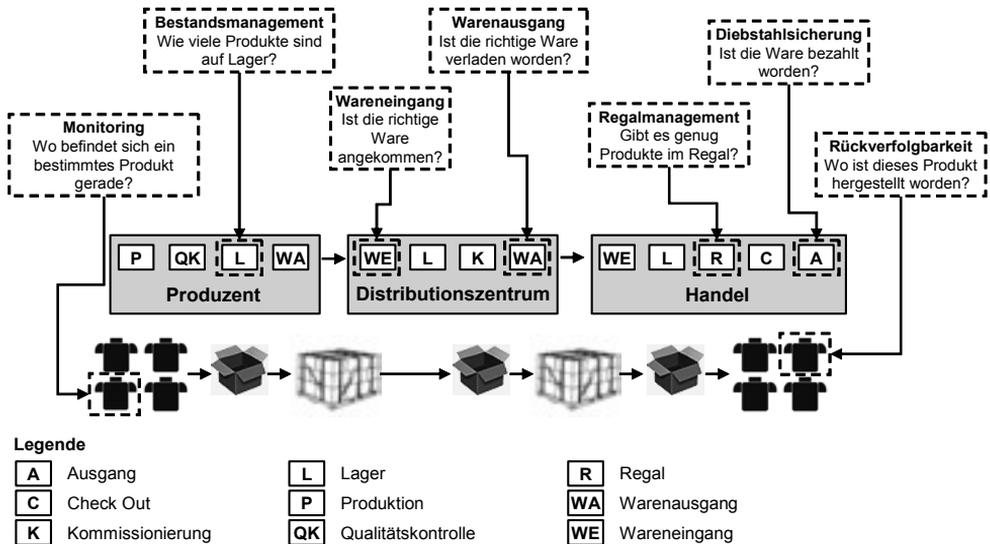


Abbildung 2: Mögliche Fragestellungen in operativen Anwendungsszenarien

Frage: Wie viele Produkte der Produktklasse PK1 befinden sich im Produktionslager H1_L des Herstellers H1?

```

SET object_count = 0
FOR all objects
  IF object.class = 'PK1' AND object.location = "H1_L" THEN
    INCREMENT object_count
  ENDFOR
RETURN object_count

```

Regalmanagement. Mit Lesegeräten bestückte Regale (Smart Shelves) ermöglichen das Monitoring des Regalinhalts [SW07]. Damit kann einerseits Out-of-Stock-Situationen vorgebeugt und andererseits die Suche nach einem bestimmten Produkt erleichtert werden. Für die Realisierung der Suche sind neben der Objektklasse und Geschäftslokation spezifische Attributdaten notwendig.

Frage: Gibt es noch einen Pullover in der Farbe schwarz und der Größe XL im Regal H1_R des Einzelhändlers H1?

```

FOR all objects
  IF object.class = 'Pullover' AND object.location = 'H1_R'
  AND object.color = 'schwarz' AND object.size = 'XL' THEN
    RETURN true
  ENDFOR

```

Warenein- und -ausgang. Durch die Installation von Lesegeräten an Laderampen bzw. in LKWs kann eine automatische Kontrolle der Verladung erfolgen. Im Mittelpunkt steht hier die Frage, ob die richtige Ware verladen wird. Zu den benötigten Kontextdaten zählen dabei Auftrags- und Transportdaten. Im Wareneingang wird bspw. die Lieferung mittels RFID erfasst und mit dem Lieferavis abgeglichen. Bei Diskrepanzen kann eine automatische Benachrichtigung erfolgen. Fehlerquoten können in einem nächsten Schritt zur Lieferantenbeurteilung herangezogen werden (siehe Kap. 4.3).

Frage: Stimmt die Lieferung LIEF mit den Daten des Lieferavis AVIS überein?

```

SET i = 0; j = 0
FOR i = 1 TO END
  FOR j = 1 TO END
    IF lief[i].id = avis[j].id THEN match[i] = true
  ENDFOR
  IF match[i] = false THEN send alert
ENDFOR

```

Diebstahlsicherung. Lesegeräte an Ausgängen (allen voran in der Einzelhandelsfiliale) können zur Diebstahlsicherung verwendet werden. Hierzu können Regeln definiert werden, die auf der Reihenfolge der zu bearbeitenden Schritte beruhen. Im folgenden Beispiel wird ein Alarm ausgelöst, wenn ein Objekt mit der gegenwärtigen Geschäftslokation „Regal“ (H1_R) am Ausgang (H1_A) gelesen wird, obwohl keine Lesung am Check-Out (H1_C) stattgefunden hat.

Frage: Ist das Produkt am Check-Out H1_C des Einzelhändlers H1 bezahlt worden?

```

FOR all objects at the exit gate reader
  IF object.location = 'H1_C' THEN
    UPDATE object.location = 'H1_A'
  ELSE IF object.location = 'H1_R' THEN send alert
ENDFOR

```

Monitoring. Basierend auf RFID-Daten ist es möglich, den Aufenthaltsort von Objekten innerhalb der Supply Chain zu bestimmen. Bspw. werden frühzeitige Informationen über das verzögerte Eintreffen eines Transports aufgrund der sinkenden zeitlichen Puffer sowie der wachsenden Integration zwischen den SC-Akteuren immer wichtiger. Hierzu kann es hilfreich sein logistische Objekte innerhalb der SC zu lokalisieren, um zu bestimmen, in welcher Stufe der SC sich diese gegenwärtig befinden. Für die Implementierung des Monitorings ist die Objekt-ID und Geschäftslokation notwendig.

Frage: Wo befindet sich das Produkt mit der ID 123 gerade und wie lange ist die Aufenthaltsdauer an diesem Ort?

```

SET t = current time; object.id = 123
duration = t - TIME_IN(object.id, object.location)
RETURN object.location; duration

```

Rückverfolgbarkeit. Auf Basis der eindeutigen Identifikation und Verknüpfung mit Bewegungspfaden kann für jedes Objekt die Produkthistorie aufgerufen werden. Somit können Rückrufaktionen effizienter abgewickelt werden [WD04]. Für die RFID-Lesungen wird dabei eine Datenbank mit den kompletten Bewegungspfaden benötigt (im Beispiel PATHDATA).

Frage: Welchen Bewegungspfad hat das Produkt mit der ID 123 durch die Supply Chain genommen?

```

FOR all objects from PATHDATA
  IF object.id = 123 THEN
    RETURN object.location
ENDFOR

```

4.3 Analytische Anwendungsszenarien

Bei den im Folgenden beschriebenen Prozessen handelt es sich um die Analyse über einen bestimmten Zeitraum hinweg. Hierbei sind insbesondere Bewegungspfade sowie Informationen zu der Dauer bestimmter Aktivitäten (z. B. Verweildauer in einer Geschäftslokation, Transportdauer) von besonderer Wichtigkeit. Um die grundsätzlichen Möglichkeiten der Verwertung von RFID-basierten Informationen in diesem Bereich zu erläutern, werden nachfolgend analog zum vorigen Abschnitt ausgewählte analytische Fragestellungen aufgegriffen (vgl. Abbildung 3).

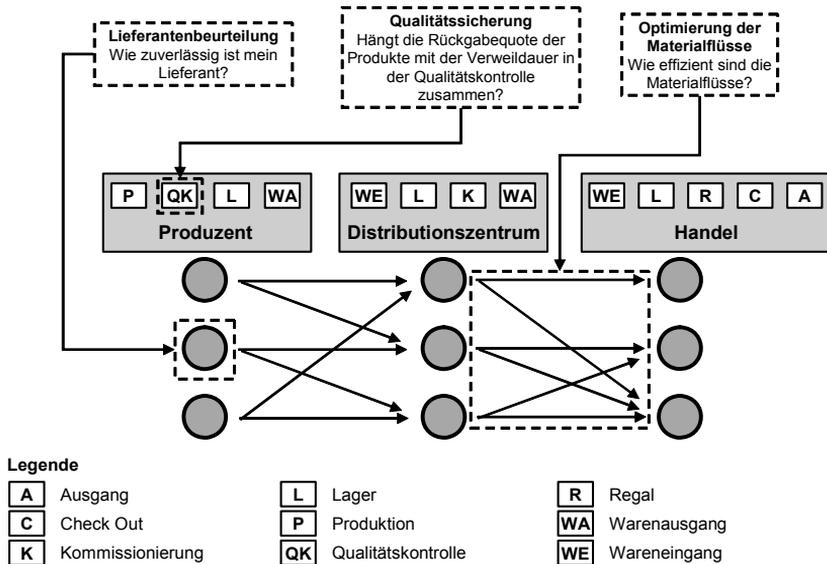


Abbildung 3: Mögliche Fragestellungen in analytischen Anwendungsszenarien

Analyse der Materialflüsse. RFID-Systeme generieren vollständige Bewegungspfade der logistischen Objekte. Diese können nach bestimmten Mustern ausgewertet werden und die Analyse-Ergebnisse können in einer Optimierung der Materialflüsse münden [GHL06]. Bspw. ist es auf Basis der RFID-Daten möglich, Wahrscheinlichkeiten zu berechnen, mit denen bestimmte Bewegungspfade entlang der SC bestritten werden. Diese können mit den Verweildauern in den jeweiligen SC-Stufen verknüpft werden. Die auf diese Weise generierten Kennzahlen ermöglichen die Optimierung von Transportwegen und Lagerhaltungs-Modellen.

Frage: Wie ist die Wahrscheinlichkeit dafür, dass die gelieferten Produkte direkt vom Wareneingang in das Regal H1_R und nicht in das Zwischenlager H1_L des Einzelhändlers H1 eingelagert werden, wenn der Transport vom Distributionszentrum D1 länger als 24 Stunden gedauert hat?

```

SET i = 0; regal = 0; lager = 0
FOR all objects which travelled from 'D1' to 'H1'
  INCREMENT i
  duration = TIME_OUT(object.id, 'D1_WA') - TIME_IN(object.id, 'H1_WE')
  IF duration > 24 hours THEN
    IF PATH_CHECK(object.id, 'H1_WE', 'H1_R') = true THEN
      INCREMENT regal;
    ELSE IF PATH_CHECK(object.id, 'H1_WE', 'H1_L') = true THEN
      INCREMENT lager;
  ENDFOR
probability_regal = regal / i
probability_lager = lager / i
RETURN probability_regal; probability_lager

```

Qualitätssicherung. Die Auswertung der RFID-Daten kann dazu beitragen, die Produktqualität zu erhalten bzw. zu erhöhen. Insbesondere Schwankungen in der Zeitdauer von Lieferungen und abweichende Materialflüsse können Aufschlüsse über eventuelle Ursachen für Qualitätsprobleme geben [GHL06]. Im folgenden Beispiel werden Lesungen aus der Retouren-Zone (Produktstatus „retourniert“) mit RFID-Daten der Qualitätskontrolle (P_QK) verglichen. Bei einer Abweichung, die die definierte Toleranzschwelle überschreitet, wird eine Benachrichtigung gesendet.

Frage: Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Rückgabequote von Produkten und der Zeitdauer, die diese Produkte in der Qualitätskontrolle H_QK des Herstellers verbringen?

```

SET tolerance = 15%; i = 0; j = 0
FOR all objects
  INCREMENT i
  duration = TIME_OUT(object.id, 'P_QK') - TIME_IN(object.id, 'H_QK')
  sum[all] = sum[all] + duration
  IF object.status = "retourniert" THEN
    sum[returned] = sum[returned] + duration
  INCREMENT j
ENDFOR
average[all] = sum[all] / i
average[returned] = sum[returned] / j
IF DEVIATION(average[all], average[returned]) > tolerance THEN send alert

```

Lieferantenbeurteilung. RFID-Informationen können zur Generierung alternativer Beurteilungskriterien herangezogen werden. Vorteilhaft sind dabei vor allem die exakten Daten über Bewegungen der Produkte einzelner Lieferanten. Es kann bspw. festgestellt werden, wie sich die „Netto-Lieferzeit“ darstellt, indem RFID-Lesungen am Wareneingang des Lieferanten (P1_WA) mit den Lesevorgängen am Wareneingang des Händlers (H_WE) verknüpft werden.

Frage: Wie schnell bewegen sich Produkte des Lieferanten P1 durch die SC im Vergleich zu allen Produkten?

```
SET tolerance = 15%; i = 0; j = 0
FOR all objects
  INCREMENT i
  flow_time = TIME_OUT(object.id, 'P1_WA') - TIME_IN(object.id, 'H_WE')
  sum[all] = sum[all] + flow_time
  IF object.manufacturer = 'P1' THEN
    INCREMENT j
    sum[P1] = sum[P1] + flow_time
  ENDFOR
average[all] = sum[all] / i
average[P1] = sum[P1] / j
IF DEVIATION(average[all], average[P1]) > tolerance THEN send alert
```

4.4 Schlussfolgerungen

Die Analyse der Verwertung von RFID-basierten Informationen führt zu folgenden Erkenntnissen:

- Um die dargestellten Auswertungsmöglichkeiten nutzen zu können, müssen zur Generierung der notwendigen Informationen spezifische RFID- (z. B. Objekt-ID, Produktstatus) und Kontextdaten (z. B. Geschäftslokation, Auftragsdaten) erfasst und aufbereitet werden. Tabelle 3 fasst diesbezüglich die analysierten Datenbedarfe für die dargestellten Anwendungsszenarien der operativen und analytischen IT zusammen.
- Da die analytischen Systeme ihre Daten vorwiegend aus den transaktionalen Systemen beziehen, bauen die diskutierten strategischen Auswertungsmöglichkeiten auf den operativen Auswertungsergebnissen auf. Um bspw. Aussagen über die Effizienz der Materialflüsse machen zu können, müssen zunächst operative Auswertungen der RFID-Daten an den Warenein- und -ausgängen vorgenommen werden.
- Zudem kann festgestellt werden, dass die operativen Auswertungsmöglichkeiten ein höheres Automatisierungspotenzial als die analytischen Auswertungen aufweisen. Ein Beispiel hierfür bildet die Analyse der Lieferung im Wareneingang: Werden beim Abgleich mit dem Lieferavis Diskrepanzen festgestellt, kann eine automatische Übermittlung der Fehlerinformationen an den Lieferanten angestoßen werden.

- Für die SC-Akteure ergeben sich durch die auf Basis der erfassten RFID-Daten generierten Informationen unterschiedliche Nutzenpotenziale. So kann bspw. der Händler durch das RFID-gestützte Regalmanagement (Smart Shelves) die Nachbevorratung effizient gestalten und Out-of-Stock Situationen vorbeugen, was zu höheren Umsätzen und einer erhöhten Kundenzufriedenheit führt. Der Hersteller profitiert davon, dass der Konsument wegen der Out-of-Stock Situation die Marke nicht substituiert bzw. das Produkt nicht mehr nachfragt. Der Endkunde genießt einen verbesserten Service in Form einer erhöhten Produktverfügbarkeit und einer vereinfachten Suche nach Produkten.

	Anwendungsszenarien	Benötigte Daten	Verwertungsmöglichkeiten
Transaktionale IT	Bestandsmanagement	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Objektklasse ▪ Geschäftslokation 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anzeige von aktuellen Beständen ▪ Implementierung von automatisierten Bestellregeln
	Regalmanagement	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Objektklasse ▪ Geschäftslokation ▪ Spezifische Attributsdaten 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Automatische Benachrichtigung bei Out-of-Stock Situationen ▪ Suche nach bestimmten Produkten
	Warenein- und ausgang	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Objekt-ID ▪ Auftragsdaten ▪ Transportdaten 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Automatische Benachrichtigung bei fehlerhafter Lieferung (WE) ▪ Automatische Benachrichtigung bei falscher Verladung (WA)
	Diebstahlsicherung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Objekt-ID ▪ Geschäftslokation 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Automatische Benachrichtigung beim potenziellen Diebstahl
	Monitoring	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Objekt-ID ▪ Geschäftslokation 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (Grobe) Lokalisierung von logistischen Objekten
	Rückverfolgbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Objekt-ID ▪ Bewegungspfad 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Auflistung durchgewandelter SC-Knoten (für Endkonsumenten zusätzlicher Service in Form von Infos zur Herkunft von Produkten)
Analytische IT	Analyse der Materialflüsse	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Objekt-ID ▪ Produktstatus ▪ Transportdauer ▪ Verweildauer ▪ Bewegungspfad 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Generierung neuer Kennzahlen für die Beurteilung der Effizienz der Materialflüsse ▪ Ermittlung von Wahrscheinlichkeiten für Bewegungspfade ▪ Identifikation von Ausnahmen (bspw. seltene Bewegungspfade)
	Qualitätssicherung		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identifikation von Ursachen für Qualitätsmängel anhand Unregelmäßigkeiten der Materialflüsse
	Lieferantenbeurteilung		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Generierung alternativer Beurteilungskriterien

Tabelle 3: Datenbedarfe und Verwertungsmöglichkeiten

5 Zusammenfassung

In dem vorliegenden Beitrag wurde die Aufbereitung und Auswertung von RFID-Daten im SCM untersucht. Es konnte anhand ausgewählter Anwendungsszenarien gezeigt werden, wie die mittels RFID generierten Daten sowohl in transaktionalen als auch in analytischen Systemen Verwendung finden können.

Für die Praxis stellen die Ergebnisse dieser Untersuchung einen Ansatz für die Beurteilung der Möglichkeiten und Grenzen der Verwertung von RFID-Informationen im SCM dar. Für die Forschung bieten sich mehrere Anknüpfungspunkte: Denkbar ist eine konkrete Implementierung der vorgestellten Funktionen mit anschließender Simulation anhand einer idealtypischen SC. Die Analyse des Automatisierungspotenzials auf Basis von RFID-gestützten Regeln bietet eine weitere Forschungsmöglichkeit. Schließlich sind Fragen der Visualisierung von RFID-Informationen (z. B. die Konzeption einer geeigneten grafischen Benutzerschnittstelle) zu nennen.

Literaturverzeichnis

- [Ba02] Babcock, B.; Babu, S.; Datar, M.; Motwani, R.; Widom, J.: Models and Issues in Data Stream Systems. In: Proceedings of 21st ACM Symposium on Principles of Database Systems (PODS), Madison, Wisconsin, 2002.
- [Bo07] Bonn, H.-P.: Integrierte RFID sorgt für mehr Qualität bei Life Sciences. In (Bullinger, H.-J.; ten Hompel, M., Hrsg.): Internet der Dinge, Springer-Verlag, Berlin [u.a.], 2007; S. 267-271.
- [BWP06] Bai, Y.; Wang, F.; Peiya, L.: Efficiently Filtering RFID Data Streams. In: On-line Proceeding of the First International VLDB Workshop on Clean Databases (CleanDB'06), Seoul, Korea, 2006.
- [CK05] Cheong, T.; Kim, Y.: RFID Data Management and RFID Information Value Chain Support with RFID Middleware Platform Implementation. In: Lecture Notes in Computer Science, 3760, 2005; S. 557-575.
- [Di06] Dittmann, L.: Der angemessene Grad an Visibilität in Logistik-Netzwerken, Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 2006.
- [DMS07] Diekmann, T.; Melski, A.; Schumann, M.: Data-on-Network vs. Data-on-Tag: Managing Data in Complex RFID Environments. In: On-line Proceedings of the 40th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'07), Big Island, Hawaii, USA, 2007.
- [FCD05] Fleisch, E.; Christ, O.; Dierkes, M.: Die betriebswirtschaftliche Vision des Internets der Dinge. In (Fleisch, E.; Mattern F., Hrsg.): Internet der Dinge, Springer-Verlag, Berlin [u.a.], 2005; S.
- [GHL06] Gonzales, H.; Han, J.; Xiaolei, L.: FlowCube: Constructing RFID FlowCubes for Multi-Dimensional Analysis of Commodity Flows. In: Proceedings of the VLDB, Seoul, Korea, 2006; S. 834-845.
- [Ha03] Harrison, M.: EPC Information Service – Data Model and Queries, 2003; <http://www.ifm.eng.cam.ac.uk/automation/publications/documents/CAM-AUTOID-WH025.pdf>
- [Je05] Jeffery, S. R.; Alonso, G.; Franklin, M. J.; Hong, W.; Widom, J.: A Pipelined Framework for Online Cleaning of Sensor Data Streams, Technical Report, University of California, Berkeley, 2005; <http://www.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2005/CSD-05-1413.pdf>
- [JGF06] Jeffery, S. R.; Garofalakis, M.; Franklin, M. J.: Adaptive Cleaning for RFID Data Streams. In: Proceedings of the VLDB, Seoul, Korea, 2006; S. 163-174.
- [Ke04] Keller, S.: Die Reduzierung des Bullwhip-Effektes. Eine quantitative Analyse aus betriebswirtschaftlicher Perspektive, Gabler DUV, Wiesbaden, 2004.

- [KM07] Kuhlmann, F.; Masuhr, D.: Prozesse in offenen Systemen gestalten. In (Bullinger, H.-J.; ten Hompel, M., Hrsg.): *Internet der Dinge*, Springer-Verlag, Berlin [u.a.], 2007; S. 257-265.
- [LPW97] Lee, H. L.; Padmanabhan, V.; Whang, S.: Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect. In: *Management Science*, 43 (3) 1997; S. 546-558.
- [MTS07] Melski, A.; Thoroe, L.; Schumann, M.: RFID Data Management in Supply Chains: Challenges, Approaches and Further Research Requirements. In: *Proceedings of the 1st International Workshop on RFID Technology (IWRT)*, Funchal, Madeira, Portugal, 2007; S. 61-74.
- [MKG04] Melville, N.; Kraemer, K.; Gurbaxani, V.: Information Technology and Organizational Performance: An Integrative Model of IT Business Value. In: *MIS Quarterly*, 28 (2) 2004; S. 283-322.
- [MM05] Michael, K.; McPathie, L.: The Pros and Cons of RFID in Supply Chain Management. In: *Proceedings of the International Conference on Mobile Business*, 2005; S. 623-629.
- [Ri05] Rizvi, S.; Jeffery, S. R.; Krishnamurthy, S.; Franklin, M. J.; Burkhart, N.; Edakkunni, A.; Liang, L.: Events on the Edge. In: *On-line Proceedings of the 10th International Conference on Extending Database Technology (EDBT)*, München, 2006.
- [Ry07] Rybak, C.: Log Agency SCM-Datenprozessplattform – RFID-Anwendungen als SaaS-Lösung. In (Bullinger, H.-J.; ten Hompel, M., Hrsg.): *Internet der Dinge*, Springer-Verlag, Berlin [u.a.], 2007; S. 295-304.
- [Sa04] Sarma, S.: Integrating RFID. In: *Queue*, 10, 2004; S. 50-57.
- [Sc06] Schmidt, D.: *RFID im Mobile Supply Chain Event Management*, Gabler Verlag, Wiesbaden 2006.
- [SF05] Strassner, M.; Fleisch, E.: Innovationspotenzial von RFID für das Supply-Chain Management. In: *Wirtschaftsinformatik*, 47 (1) 2005; S. 45-54.
- [Sh01] Shapiro, J. F.: *Modeling the Supply Chain*, Duxbury Press, Pacific-Grove, CA, 2001.
- [SKS03] Simchi-Levi, D.; Kaminsky, P.; Simchi-Levi, E.: *Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies*. McGraw-Hill, New York, 2003.
- [Sp06] Speer, J. K.: Making (13.56) Waves. In: *Apparel*, 2 (2006); S. 22-24.
- [SW07] Schürmann, A.; Wiechert, J. P.: Reduktion von Out-of-Stock Situationen im Einzelhandel durch die Neugestaltung der Filialprozesse, M-Lab Arbeitsbericht, 33, 2007.
- [TG06] Thiesse, F.; Gross, S.: Integration von RFID in die betriebliche IT-Landschaft. In: *Wirtschaftsinformatik*, 48 (3) 2006; S. 178-187.
- [TM06] Thiesse, F.; Michahelles, F.: An Overview of EPC Technology. In: *Sensor Review*, 26 (2), 2006; S. 101-105.
- [Tr07] Trautmann, A.: Multiagentensysteme im Internet der Dinge. In (Bullinger, H.-J.; ten Hompel, M., Hrsg.): *Internet der Dinge*, Springer-Verlag, Berlin [u.a.], 2007; S. 281-294.
- [Wa06] Wang, F.; Liu, S.; Liu, P.; Bai, Y.: Bridging Physical and Virtual Worlds: Complex Event Processing for RFID Data Streams. In: *On-line Proceedings of the 10th International Conference on Extending Database Technology (EDBT)*, München, 2006.
- [WD04] Wilding, R.; Delgado, T.: RFID Demystified: Supply-Chain Applications. In: *Logistics & Transport Focus*, 6 (4) 2004; S. 42-48.
- [Wo07] Wolfram, G.: RFID – Schlüsseltechnologie für die Zukunft des Handels. In (Bullinger, H.-J.; ten Hompel, M., Hrsg.): *Internet der Dinge*, Springer-Verlag, Berlin [u.a.], 2007; S. 305-313.
- [YJ05] Yang, G.; Jarvenpaa, S. L.: Trust and Radio Frequency Identification (RFID) Adoption within an Alliance. In: *On-line Proceedings of the 38th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'05)*, Big Island, Hawaii, USA, 2005.
- [Zh06] Zhang, X.; Hu, T.; Janz, B. D.; Gillenson, M. L.: Radio Frequency Identification: The Initiator of a Domino Effect. In: *Proceedings of the 2006 Southern Association for Information Systems Conference (SAIS)*, Jacksonville, Florida, 2006; S. 191-196.