

Seminar "Smart Environments" SS2004

# RFID Anwendungen und Auto-ID Center Initiative

Juni 2004

Roland Schuler  
rschuler@student.ethz.ch

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Motivation</b>	<b>1</b>
<b>2 Anwendungen</b>	<b>1</b>
2.1 Smart Shelf . . . . .	2
2.2 Vertriebszentrum . . . . .	3
<b>3 Auto-ID Center und EPCglobal</b>	<b>4</b>
<b>4 EPC-Netzwerk</b>	<b>4</b>
4.1 Electronic Product Code (EPC) . . . . .	5
4.1.1 EPC Standard Version 1.0 . . . . .	5
4.1.2 EPC Standard Version 1.1 . . . . .	6
4.2 Physical Mark-Up Language (PML) . . . . .	7
4.3 RFID Transponder . . . . .	8
4.4 RFID-Reader . . . . .	9
4.5 Savant . . . . .	10
4.6 Object Naming Service (ONS) . . . . .	10
4.7 PML-Server . . . . .	10
<b>5 Fazit</b>	<b>11</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>11</b>

## Abbildungsverzeichnis

1 EPC-Netzwerk . . . . .	5
2 Electronic Product Code Version 1.0: EPC-96 Type 1 . . . . .	6
3 Electronic Product Code Version 1.1: Standard EPC Data Tag . . . . .	7
4 PML Beispiel aus [FAS01] . . . . .	8

## Tabellenverzeichnis

1 Exemplarische Auflistung einiger Anwendungen und Anwendungsbereiche, in denen die RFID-Technik eingesetzt werden kann. . . . .	2
--	---

# 1 Motivation

Die RFID-Technik <sup>1</sup>, der nächste logische Schritt nach dem Barcode <sup>2</sup>, hat das Potential, in verschiedensten Anwendungsbereichen revolutionäre Fortschritte zu erzielen. Viele technische Hürden sind dank der Forschung in Bereichen der Funktechnologie, der Miniaturisierung und der Entwicklung neuer Materialien bewältigt. Auch die Kosten für die Herstellung der benötigten Mikrochips verringern sich laufend und hängen stark von der produzierten Menge ab.

Mit Kampagnen gegen den Einsatz von RFID-Etiketten in Konsumgütern zeigen die Verbraucher- und Datenschutzorganisationen <sup>3</sup> akute Probleme in Bereichen der Privatsphäre und Informationssicherheit auf. Die öffentliche Diskussion ist rege im Gange und die ersten Gesetzesentwürfe [Bow01] für einen verbraucherfreundlichen Umgang sind bereits lanciert worden.

In der vorliegenden Arbeit werden einige Beispielszenarien zur RFID-Technik angeschaut und die Standards des Auto-ID Centers detailliert beschrieben und kritisch hinterfragt.

# 2 Anwendungen

Die Anwendungsmöglichkeiten sind sehr vielseitig und reichen von einfachen Ticketing-Services über Security bis zu Supply Chain Management. In Tabelle1 sind exemplarisch einige Anwendungen und Anwendungsbereiche dargestellt.

---

<sup>1</sup> Die RFID (Radio Frequency Identification) ermöglicht eine kontaktlose Datenübertragung zwischen dem RFID-Lesegerät (vgl. Abschnitt 4.4 Seite 9) und dem RFID-Tag (vgl. Abschnitt 4.3 Seite 8), auch RFID-Transponder genannt.

<sup>2</sup> Der Barcode [UnK01] ist ein maschinenlesbarer Code, welcher aus verschieden breiten schwarzen und weissen Strichen (Lücken) besteht. Der Barcode wird optisch mit einem Barcodelesegerät abgetastet. Man unterscheidet zwischen einzeiligen (eindimensionalen) und mehrzeiligen (zweidimensionalen) Barcodes.

<sup>3</sup> Ein populärer Vertreter der Datenschutzorganisation ist Caspian (Consumers Against Supermarket Privacy Invasion and Numbering), der sich besonders durch den Boykott von mit RFID-Etiketten ausgestatteten Gillett-Rasierklingen bekannt gemacht hat. [Cas01]

Ticketing	Sicherheit	Nachverfolgung / Inventur
Maut-Gebühren Pay on Scan Pay per Use Sport Events	EAS <sup>a</sup> Echtheitszertifikate Zugangskontrolle	Animal Tracking Ausleihsysteme CRM <sup>b</sup> Systeme Fluggepäck Kapazitätsplanung Lagerverwaltung Logistik Packetdienst Produktkennzeichnung Prozesssteuerung Prozessüberwachung Recycling Rückrufe Supply Chain Management

Tabelle 1: Exemplarische Auflistung einiger Anwendungen und Anwendungsbereiche, in denen die RFID-Technik eingesetzt werden kann.

<sup>a</sup>Electronic Article Surveillance (EAS)

<sup>b</sup>Customer Relationship Management (CRM)

## 2.1 Smart Shelf

Barcodes sind aus dem Retailmarkt kaum mehr wegzudenken. Seit über 30 Jahren werden sie zur automatischen Identifikation von Warengruppen verwendet.

Das prototypisch entwickelte Smart Shelf verwaltet automatisiert verschiedene mit RFID-Etiketten versehene Produkte. Es ist "Smart" insofern, als dass es um die Anzahl und Position der Produkte weiss. Erst mit Hilfe der per Funk gesammelten Daten ist es möglich, die Regale konstant zu überprüfen: Entnahme und Position der Produkte werden mit dem Warenbewirtschaftungssystem synchronisiert, welches z.B. den niedrigen Füllstand oder die falsch platzierte Ware detektiert und eine entsprechende Aktion ausführt. Denkbare Aktionen beinhalten z.B. das Auffüllen der Regale mit Lagerbeständen, ein Auslösen einer neuen Bestellung beim Zulieferer oder das Senden einer Mitteilung an einen Angestellten, der sich um die falsch platzierten Produkte kümmert.

Neben der Optimierung des Bestellmanagements und der Vermeidung von Ausverkaufssituationen können die Daten aber auch zur Diebstahlsvorhersage [Eng01] benutzt werden. Es gibt verschiedenste Varianten von Diebstahlsvorhersagen. Eine Variante stellt z.B. die Auswertung der Entnahmestatistik dar: Entnimmt der Kunde ein Vielfa-

ches eines Produkts, von dem normalerweise bloss eines aufs Mal gekauft wird, kann davon ausgegangen werden, dass es sich um einen Diebstahl handelt. Je nach Art des Gutes und Schwere des Deliktes können verschiedene präventive Massnahmen ergriffen werden, z.B. die Übermittlung eines Fotos der betreffenden Person zur Kasse oder aber auch die Alarmierung des Sicherheitsdienstes.

Dieses Vorgehen wirft viele Fragen betreffend Datenschutz und Privatsphäre auf. Die RFID-Technik war Auslöser einer erneuten Datenschutzdiskussion. Diese ist aber nicht alleine dieser neuen Technik zuzuschreiben, da die gleichen Szenarien mit erhöhtem Aufwand auch konventionell mit mechanischen Installationen durchgeführt werden können.<sup>4</sup>

## 2.2 Vertriebszentrum

In der Distribution von Gütern wurde bis anhin der Barcode verwendet. Der Barcode unterstützt die Erfassung, beziehungsweise die Identifikation der Güter. Die grössten Defizite der Barcodetechnik sind die Sichtverbindung zur Etikette und die Erkennung des Codes auch bei verschmutzten Etiketten.

RFID-Etiketten entziehen sich dieser Problematik, denn man braucht keine Sichtverbindung und die Etiketten sind auch resistent gegen Verschmutzung. Die Güter müssen also nicht ausgepackt oder in die richtige Lage gedreht werden. Folgende Vorteile ergeben sich durch den Einsatz der RFID-Technik [KTG01]:

- Lagerein und -ausgänge können automatisch erfasst und im Lagerbewirtschaftungssystem verbucht werden. Ein manuelles Verifizieren der Bestellungen ist nicht mehr nötig.
- Das Finden und Zählen der Ware am Lager (Inventur) wird vereinfacht.
- Der Lagerbestand kann durch erhöhte Transparenz in der Lieferkette deutlich verringert werden.

RFID-Etiketten können auf verschiedenen Ebenen der Verpackungshierarchie angewandt werden: auf Palett-, Kisten- oder Produktebene. Dies ermöglicht eine schrittweise Migration der Barcode- zur RFID-Technik. Heute wird aufgrund der hohen Tag-Kosten hauptsächlich

---

<sup>4</sup> Weiterführende Informationen zu dieser Problematik und zur Privatsphäre können unter [Met01, Met02, Kri01] entnommen werden.

auf Palettebene und z.T. Kistenebene etikettiert. Mit den angestrebten Kosten von 5¢ pro Tag [Sar01] ist innerhalb der nächsten fünf bis zehn Jahren ein globales Szenario mit RFID-Etiketten auf Produktebene denkbar.

### 3 Auto-ID Center und EPCglobal

Das Massachusetts Institute of Technology (MIT) gründete 1999 das Auto-ID Center, welches die Aufgabe hatte, die Vision der "Internet der Dinge" zu erforschen und zu realisieren. Kernkomponente war die Entwicklung akzeptierter globaler Standards, die es ermöglichen, dieses länderumfassende Netzwerk der Dinge zu betreiben.

Der wirtschaftliche Nutzen eines solchen Netzwerkes steigt mit der Anzahl der Nutzer und so wurden erstmals die Enduser wie Walmart, Gillette oder Coca-Cola, wie auch die Technologieanbieter, z.B. Philips, Sonymatic und IBM, in die Entwicklung der Standards miteinbezogen. Das Center hatte die Unterstützung von über 100 global agierenden Organisationen und Unternehmen. Erst durch diese Symbiose von Wirtschaft und Universität scheint es möglich, die Standards auch umzusetzen.

Das Auto-ID Center beendete planmässig Ende Oktober 2003 ihre Arbeit. Alle Entwicklungen und Forschungsarbeiten wurden daraufhin EPCglobal - einem Joint-Venture zwischen EAN International und dem Uniform Code Council (UCC) - übergeben, die es sich zum Ziel gesetzt hat, die Vision zu kommerzialisieren.

### 4 EPC-Netzwerk

Das Auto-ID Center beschreibt mit dem EPC-Netzwerk eine patentfreie <sup>5</sup> Infrastruktur, die nicht nur einzelne Teile spezifiziert, sondern als Ganzes funktionieren soll. Dies steht im Gegensatz zu einer Vielzahl von Standards, welche nur einzelne Bereiche abdecken, so z.B. der ISO-18000 Standard, der nur die Luftschnittstelle abdeckt oder die GTIN (Global Trade Item Number) Familie, die sich bloss mit den Nummerierungsschematas beschäftigt.

Das EPC-Netzwerk (siehe [Abbildung 1](#)) besteht aus fünf Komponen-

---

<sup>5</sup>Die 1973 patentierten RFID-Etiketten des Erfinders Charles Walton [Tak01] bilden eine Komponente des EPC-Netzwerks. Das Patent verfiel jedoch im Jahre 1989.

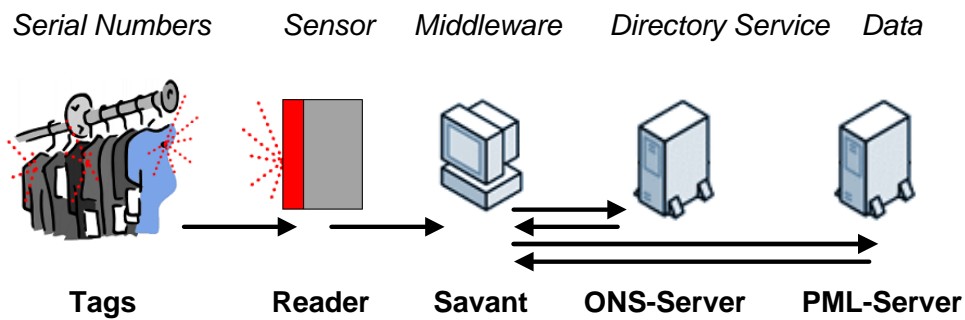


Abbildung 1: EPC-Netzwerk

ten, nämlich einem Tag, der eine eindeutige Ziffernfolge speichert, den Lesegeräten, der Middleware (Savant), dem Verzeichnisdienst (ONS-Server) und Datenspeicher (PML-Server).

## 4.1 Electronic Product Code (EPC)

Das Herzstück des gesamten EPC-Netzwerks bildet der Elektronische Product Code (EPC) [Bro02]. Diese eindeutige Ziffernfolge wird auf den RFID-Tags gespeichert. Damit wird jeder RFID-Tag eindeutig identifizierbar und kann mittels dem Verzeichnisdienst (**ONS**) anderen Informationen, wie z.B. dem Herstellungsdatum, oder mit dem momentanen Ort verknüpft werden.

Der EPC kann universell eingesetzt werden und ist nicht auf ein bestimmtes Speichermedium (Papier, Transponder, etc.) angewiesen. Aus diesem Grund wurden Prüfziffern oder grafische Repräsentationen wie Barcodes von der Spezifikation ausgeklammert.

Es wurde auch darauf Wert gelegt, dass das Schema möglichst frei von Meta-Daten ist, im extremen Fall also eine fortlaufende Nummer. Die Suche in einem grossen Adressraum oder auch die Vergabe solcher unstrukturierten Nummern stellt jedoch ein sehr grosses Problem dar. Kompromisse führte das Auto-ID Center mit der Partitionierung des EPC ein, der den Header, den Hersteller, die Objektklasse und die Seriennummer klar trennt.

### 4.1.1 EPC Standard Version 1.0

Die EPC 1.0 [BC01] teilt sich in vier Partitionen auf: Header, EPC-Manager, Object Class und Serial Number. Betrachten wir den EPC-96 (siehe **Abbildung 2**): Der 8 Bit grosse Header dient der Erweiterbarkeit

des Nummerierungsschemas. Mit ihm wählt man z.B. die Länge des Codes oder die Aufteilung der Partition aus. Danach folgt die 28 Bit lange Herstellerkennung (EPC-Manager), welche über 268 Millionen verschiedene Hersteller erlaubt. Im Gegensatz zu den heute üblichen Barcodes, z.B. dem Universal Product Code (UPC) [Jmo01], der bloss 100'000 Hersteller identifizieren kann, stellt diese Entwicklung eine enorme Vervielfachung dar. Die Object Class (Produktfamilie) bietet dem Hersteller die Möglichkeit, etwa 16 Millionen verschiedene Produkte zu benennen, welche dann mit einer 36 Bit grossen Seriennummer ergänzt werden.

Preis- und Länderkennzeichnungen, wie sie bei der GTIN-Familie vorkommen, wurden beim EPC 1.0 weggelassen. Verschiedene Grössen wurden standardisiert: Es existieren 64 Bit, 96 Bit und 256 Bit grosse Codes.

Durch die geringe Länge des 64-Bitigen EPC soll Speicherplatz auf den Tags gespart werden, um deren Herstellungskosten zu senken. Für den EPC-256 sieht man heute und auch in naher Zukunft keinen dringenden Bedarf, da der EPC-96 schon einen enormen Adressraum besitzt. Die drei Versionen: EPC-64, EPC-96 und EPC-256 sind untereinander kompatibel und somit kann die Migration auf eine höhere Stufe auch ohne Hardwareaustausch realisiert werden.

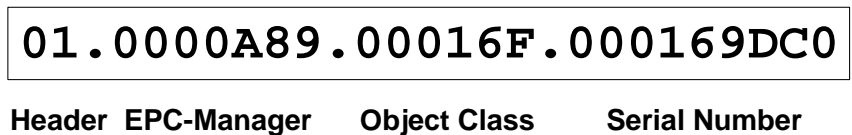


Abbildung 2: Electronic Product Code Version 1.0: EPC-96 Type 1

#### 4.1.2 EPC Standard Version 1.1

Im Gegensatz zum EPC Standard 1.0 erweitert die Version 1.1 [Epc01] den Standard hauptsächlich um die Integration der GTIN Nummerierungsfamilie, die vor allem von den Endusern gefordert wurde. Die unterschiedlichen Nummerierungsschemata, wie der Universal Product Code (UPC) oder der Serial Shipping Container Code (SSCC),



wurden eins zu eins übernommen und mit einer Seriennummer versehen. Über den EPC Header wird das jeweilige Nummerierungsschemata selektiert. Zusätzlich wurde ein 8 Bit grosser optionaler Filter eingefügt. Er wird benutzt, um anzugeben, ob sich der EPC auf ein Palette, eine Kiste oder ein einzelnes Produkt bezieht.



Abbildung 3: Electronic Product Code Version 1.1: Standard EPC Data Tag

## 4.2 Physical Mark-Up Language (PML)

Die Physical Mark-Up Language (PML) dient als universeller Standard zur Beschreibung identifizierter Objekte und deren Prozesse [Bro01]. Im Gegensatz zu anderen Standards, wie z.B. UN / EDI-FACT (Electronic Data Interchange For Administration, Commerce and Transport) oder ebXML (Electronic Business XML), sollte die PML möglichst simpel und erweiterbar sein und vor allem eine breite Anwendungspalette unterstützen.

Das Design eines Standards, welches sowohl anwendungsunabhängig ist, als auch eine breite Anwendung in verschiedenen Anwendungsgebieten mit spezifischen Anforderungen findet, scheint unvereinbar.

Das Auto-ID Center unterteilt somit den auf XML (Extensible Markup Language) beruhenden Standard in zwei Bereiche: einen Kern (PML-Core) [FAS01] und dessen Erweiterungen (PML-Extensions). Es handelt sich dabei im Wesentlichen um ein XML-Schema zur Beschreibung der physischen Objekte. Im PML-Core wird der Schwerpunkt auf die Festlegung von Grössen gelegt: Ortsinformationen, Datum, Zeit, Masseinheiten und deren Präzision werden definiert und bei mehreren möglichen Repräsentationen (z.B. Temperatur in Celsius oder Kelvin) wird eine davon ausgewählt. Damit erreicht man eine Basis, auf der die anwendungsspezifischen Schematas definiert werden können.

Kritisch anzumerken wäre der erhöhte Ressourcenbedarf durch parsen der XML Daten oder die ineffiziente Codierung binärer Daten in

XML [BBG01].

```
<pmlcore: Sensor>
  <pmluid:ID>urn:epc:1:4.16.36</pmluid:ID>
  <pmlcore:Observation>
    <pmlcore:DateTime>2002-11-06T13:04:34-06:00</pmlcore:DateTime>
    <pmlcore:Tag>
      <pmluid:ID>urn:epc:1:2.24.400</pmluid:ID>
    </pmlcore:Tag>
    <pmlcore:Tag>
      <pmluid:ID>urn:epc:1:2.24.401</pmluid:ID>
    </pmlcore:Tag>
  </pmlcore:Observation>
</pmlcore:Sensor>
```

Abbildung 4: PML Beispiel aus [FAS01]

### 4.3 RFID Transponder

Der RFID Transponder <sup>6</sup> besteht vereinfacht gesagt aus einem Mikrochip mit Antenne. Man unterscheidet aktive und passive Transponder. Im Gegensatz zu den aktiven Transpondern, die eine autarke Spannungsversorgung (Batterie) benötigen, beziehen die passiven Transponder ihre Energie aus den empfangenen Funkwellen. Gelesen werden die auf den Transpondern gespeicherten Informationen über elektromagnetische Wellen - bei niedrigen Frequenzen geschieht dies induktiv (Nahfeld), bei höheren Frequenzen über Funk (Fernfeld). Passive Transponder können kompakter und preiswerter hergestellt werden und besitzen im Gegensatz zu den aktiven Transpondern eine praktisch unbegrenzte Lebensdauer. Um die Kosten weiter zu senken, wird auf den Transponder nur der EPC gespeichert. Man ist dabei jedoch noch weit von der Vision eines 5¢ Tag entfernt.

Aufgrund der unterschiedlichen physikalischen Frequenzeigenschaften gibt es nicht nur eine standardisierte Übertragungsfrequenz. Je nach Art des mit RFID-Transpondern bezeichneten Gutes und der erwünschten Übertragungsdistanz eignet sich ein anderes Frequenzband. Grundsätzlich eignet sich für Metalle eher der Hochfrequenzbereich (UHF - Ultra High Frequency), bei hohen Flüssigkeitskonzentrationen hingegen werden eher niederfrequente Transponder verwendet.

---

<sup>6</sup> Das Kunstwort Transponder ist zusammengesetzt aus den Begriffen Transmitter und Responder.

Das Auto-ID Center veröffentlichte eine Reihe von Spezifikationen für verschiedene Tag-Arten.

- UHF Class 0 [Aut01]
- UHF Class 1 [Aut02]
- UHF Class 1 Generation 2 [Jou01]
- HF Class 1 [Aut03]

Die Protokolle unterscheiden sich unter anderem in den benutzten Frequenzen und den Zugriffsverfahren (z.B. ALOHA-Protokol, Baumtraversierung). Class 1 Transponder können einmalig an Ort und Stelle beschrieben werden; sie besitzen somit die Eigenschaft eines WORM<sup>7</sup>-Mediums. Class 0 Transponder werden während des Produktionsprozesses mit dem EPC beschrieben und können nachträglich nicht mehr geändert werden. Die auf das vierte Quartal geplante Spezifikation UHF Class 1 Generation 2 soll die Spezifikation für Class 0 und Class 1 ersetzen und vermehrt auch auf die länderspezifischen Besonderheiten eingehen. So sind zurzeit z.B. die ISM<sup>8</sup>-Frequenzbänder zwischen der USA und Europa nicht identisch, was zusätzliche Komplikationen schafft.

#### 4.4 RFID-Reader

Die Lesegeräte kommunizieren mit den RFID-Tags und leiten die Daten in digitaler Form zum Middlewaresystem. Dabei soll nach der Vision des Auto-ID Centers sowohl das HF- als auch das UHF-Frequenzband unterstützt werden. Lesegeräte und Kommunikationsprotokolle [Aut04] sind standardisiert worden. Dies ermöglicht es den Anwendern, Geräte von verschiedenen Herstellern einzusetzen, ohne die Protokolle bzw. Datenformate anpassen zu müssen.

Die Lesedistanz ist unter anderem abhängig von der verwendeten Frequenz und der erlaubten Sendeleistung, welche von den Regulierungsbehörden der einzelnen Länder separat definiert werden.

---

<sup>7</sup>Write Once Read Many

<sup>8</sup>Industrial Science Medical

## 4.5 Savant

Der Savant ist die eigentliche Middleware im EPC-Netzwerk [CTA01]. Sie kommuniziert einerseits mit der Applikation, z.B. einer Warenbewirtschaftung, und andererseits mit den Lesegeräten. Dabei sind spezielle Funktionen, wie eine intelligente Filterung der Daten oder eine Hierarchiebildung verschiedener Savants, angedacht worden. Es existiert eine Referenzimplementation mit rudimentären Funktionen, die Auskunft über angeschlossene Geräte oder installierte Module gibt.

Softwarelieferanten wie SAP oder SUN [Sun01] haben den Savant erweitert und in ihre eigenen Businesslösungen integriert. Dies ist somit eine der kostspieligsten Komponenten des EPC-Netzwerks. Aufgrund der Marktposition ist es denkbar, dass sich Lösungen basierend auf SAP durchsetzen.

## 4.6 Object Naming Service (ONS)

Der Object Name Service (ONS) ist ein Dienst, der das Auffinden von Produktinformationen anhand eines EPC ermöglicht. Dieser Directory- oder Namingservice benötigt als Eingabeparameter den EPC und liefert ein oder mehrere URLs von den PML-Servern zurück. So wird mit der erhaltenen URL auf die Produktinformation zugegriffen. Der von der Firma Verisign betreute ONS benutzt das DNS-System des Internets, um seine Dienste bereitzustellen.

Durch die zusätzliche Schichtenbildung ergeben sich für das ONS-System dieselben Problematiken wie für das DNS-System. Softwarefehler, Konfigurationsfehler oder Denial-of-Service-Attacken würden auch das ONS ausser Betrieb setzen. Die Folgen wären von immensem Ausmass, wenn man nur einmal bedenkt, dass alle Supermärkte lahmgelegt würden, wenn der (automatische) Checkout an der Kasse oder der Bestellvorgang beim Lieferanten nicht mehr funktionierte.

Um Erfahrungen zu sammeln und Performanzprobleme zu vermeiden, unterstützt die jetzige Spezifikation nur die Abfrage der EPC ohne Seriennummern.

## 4.7 PML-Server

Der PML-Server [Aut05] fungiert als Speicher für die PML-Daten. Jeder Hersteller führt einen PML-Server und speichert lokal die Informationen über die Produktinstanz ab. Dabei ist die XML nicht als Spei-

cherart (z.B. in XML-Datenbanken) sondern als Datenformat für den Austausch zwischen Systemen gedacht. Bestehende Systeme können daher leicht um eine weitere Schnittstelle zur Datenbank erweitert werden.

Da jeder Hersteller seinen eigenen PML-Server betreibt, müssen bei Bedarf Informationen bei mehreren PML-Servern abgefragt werden. Dieses Problem, bedingt durch Kompromisse bei der Skalierung, Verfügbarkeits-, Sicherheits- und Datenschutzaspekten des Systems, erschwert es, komplexe Anfragen an das System zu stellen.

## 5 Fazit

In der RFID-Technik steckt ein enormes wirtschaftliches Potential. Besonders gute Chancen auf Erfolg sieht man im Gebiet des Supply Chain Management. Doch zahlreiche wichtige technische wie auch soziale Probleme sind noch nicht gelöst.

Durch viele Medienberichte sind die Verbraucher auf die Datenschutzproblematik sensibilisiert worden und man ist sich einig, dass die Gewährleistung der Verbraucherrechte und ein verantwortlicher Umgang mit den Daten unumgänglich ist. Das Szenario des gläsernen Verbrauchers ist unbedingt abzuwenden.

Ein Internet der Dinge scheint nur schon vom Standpunkt des Recyclings der Milliarden von Tags Utopie zu sein. Zudem erschweren regulatorische Probleme und nicht zuletzt die Kosten eine ubiquitäre Anwendung.

## Literatur

[Aut01] Auto-ID Center (2003)

*Draft protocol specification for a 900 MHz Class 0 Radio Frequency Identification Tag*

[www.epcglobalinc.org/standards\\_technology/Secure/v1.0/UHF-class0.pdf](http://www.epcglobalinc.org/standards_technology/Secure/v1.0/UHF-class0.pdf)

[Aut02] Auto-ID Center (2002)

*Technical Report: 860MHz - 930MHz Class I Radio Frequency Identification Tag Radio Frequency & Logical Communication Interface Specification Candidate Recommendation, Version 1.0.1*

[www.epcglobalinc.org/standards\\_technology/Secure/v1.0/UHF-class1.pdf](http://www.epcglobalinc.org/standards_technology/Secure/v1.0/UHF-class1.pdf)

- [Aut03] Auto-ID Center (2003)  
*Technical Report: 13.56 MHz ISM Band Class 1 Radio Frequency Identification Tag Interface Specification: Recommended Standards, Version 1.0.0*  
<http://archive.epcglobalinc.org/publishedresearch/mit-autoid-tr011.pdf>
- [Aut04] Auto-ID Center (2003)  
*Auto-ID Reader Protocol 1.0*  
[http://www.epcglobalinc.org/standards\\_technology/Secure/v1.0/WD-reader-protocol-200309051.doc](http://www.epcglobalinc.org/standards_technology/Secure/v1.0/WD-reader-protocol-200309051.doc)
- [Aut05] Auto-ID Center (2003)  
*White Paper: PML Server Developments*  
[http://www.ifm.eng.cam.ac.uk/automation/publications/w\\_papers/cam-autoid-wh015.pdf](http://www.ifm.eng.cam.ac.uk/automation/publications/w_papers/cam-autoid-wh015.pdf)
- [Aut06] Auto-ID Center (2002)  
*DAS NEUE NETZWERK, Identifizieren Sie jedes Objekt - automatisch und überall*  
[http://archive.epcglobalinc.org/new\\_media/brochures/GERMAN\\_AUTO\\_ID\\_CENTER.pdf](http://archive.epcglobalinc.org/new_media/brochures/GERMAN_AUTO_ID_CENTER.pdf)
- [BBG01] Bosworth Adam, Box Don, Gudgin Martin, Nottingham Mark, Orchard David, Schlimmer Jeffrey (2003)  
*XML, SOAP and Binary Data*  
<http://www.xml.com/pub/a/2003/02/26/binaryxml.html>
- [BC01] Brock David L., Cummins Chris (2003)  
*EPC™ Tag Data Specification 1.0*  
[http://www.epcglobalinc.org/standards\\_technology/Secure/v1.0/EPC%20Tag%20Data%20Specification%201.0%20Rev%201.11.doc](http://www.epcglobalinc.org/standards_technology/Secure/v1.0/EPC%20Tag%20Data%20Specification%201.0%20Rev%201.11.doc)
- [Bow01] Introduced by Senator Bowen  
*Kalifornischer Gesetzesentwurf zum Schutz der Verbraucher vor RFID im Einzelhandel*  
[http://www.leginfo.ca.gov/pub/bill/sen/sb\\_1801-1850/sb\\_1834\\_bill\\_20040220\\_introduced.pdf](http://www.leginfo.ca.gov/pub/bill/sen/sb_1801-1850/sb_1834_bill_20040220_introduced.pdf)

- [Bro01] Brock, David L. (2001)  
*The Physical Markup Language*  
<http://archive.epcglobalinc.org/publishedresearch/MIT-AUTOID-WH-003.pdf>
- [Bro02] Brock, David L. (2001)  
*The Electronic Product Code (EPC)*  
<http://archive.epcglobalinc.org/publishedresearch/MIT-AUTOID-WH-002.pdf>
- [Cas01] Albrecht Katherine (2002)  
*RFID: Tracking everything, everywhere*  
[http://www.spsychips.com/rfid\\_overview.html](http://www.spsychips.com/rfid_overview.html)
- [CTA01] Clark Sean, Traub Ken, Anarkat Dipan, Osinski Ted (2003)  
*Auto-ID Savant Specification 1.0*  
[http://www.epcglobalinc.org/standards\\_technology/Secure/v1.0/WD-savant-1.0-20030911.doc](http://www.epcglobalinc.org/standards_technology/Secure/v1.0/WD-savant-1.0-20030911.doc)
- [Eng01] Dr. Daniel W. Engels, Auto-ID Center  
*The Next Information Revolution: The Networked Physical World*, p. 14  
[http://cryptome.org/rfid/fmi\\_2002.pdf](http://cryptome.org/rfid/fmi_2002.pdf)
- [Epc01] EPCglobal (2004)  
*EPC™ Tag Data Standards Version 1.1 Rev. 1.24*  
[http://www.epcglobalinc.com/standards\\_technology/EPCTagDataSpecification11rev124.pdf](http://www.epcglobalinc.com/standards_technology/EPCTagDataSpecification11rev124.pdf)
- [FAS01] Flörkemeier Christian, Anarkat Dipan, Osinski Ted, Harrison Mark (2003)  
*PML Core Specification 1.0*  
[http://www.epcglobalinc.org/standards\\_technology/Secure/v1.0/PML.Core.Specification\\_v1.0.pdf](http://www.epcglobalinc.org/standards_technology/Secure/v1.0/PML.Core.Specification_v1.0.pdf)
- [Jmo01] jmo systems (2003)  
*Barcode Information Kit: Barcode Basics: GTIN and RSS*  
<http://www.jmosystems.com/docs/barcode%20basics.pdf>
- [Jou01] RFID Journal (2003)  
*Class 1, G2, EPC Tags Ready by Q4*

<http://www.rfidjournal.com/article/articleview/714/1/1/>

[KTG01] Keith Alexander, Tig Gilliam, Kathryn Gramling, Mike Kindy, Dhaval Moogimane, Mike Schultz, Maurice Woods  
*IBM BUSINESS CONSULTING SERVICES: Focus on the SupplyChain: Applying Auto-ID within the Distribution Center*  
<http://archive.epcglobalinc.org/publishedresearch/IBM-AUTOID-BC-002.pdf>

[Kri01] Kirsch Andreas (2003)  
*Ubiquitous Computing und Privatsphäre*  
<http://mforvm.ec3.at/Documents/DAs/Krisch.pdf>

[Mea01] Mealling Michael (2003)  
*Auto-ID Object Name Service (ONS) 1.0*  
[http://www.epcglobalinc.org/standards\\_technology/Secure/v1.0/WD-ons-1.0-20030930.pdf](http://www.epcglobalinc.org/standards_technology/Secure/v1.0/WD-ons-1.0-20030930.pdf)

[Met01] Metro Group AG (2003)  
*EPC RFID-based Inventory Management Solution Delivers Faster, Better Goods Logistics*  
<http://www.intel.com/business/bss/solutions/blueprints/pdf/30034101.pdf>

[Met02] Metro Group AG - Future Store Initiative  
<http://www.future-store.org>

[UnK01] Universität Karlsruhe (TH), Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme, Forschungsbereich Fördertechnik  
*Optische Identifikation in Produktion und Logistik*  
[http://www-ifl.mach.uni-karlsruhe.de/lehre/praktika/web\\_downloads/Skript-PTLI-V5-de.pdf](http://www-ifl.mach.uni-karlsruhe.de/lehre/praktika/web_downloads/Skript-PTLI-V5-de.pdf)

[Sar01] Sarma Sanjay, Auto-ID Center (2001)  
*WHITE PAPER - Towards the 5¢ Tag*  
<http://archive.epcglobalinc.org/publishedresearch/MIT-AUTOID-WH-006.pdf>

[Sun01] Sun Microsystems (2004) *The Sun EPC Network Architecture* [http://wws.sun.com/software/solutions/rfid/EPCNetArch\\_wp021304a.pdf](http://wws.sun.com/software/solutions/rfid/EPCNetArch_wp021304a.pdf)

[Tak01] Dean Takahashi, Mercury News  
*The father of RFID: WALTON'S WORK PAVED WAY FOR UBIQUITOUS TRACKING CHIPS*



<http://www.siliconvalley.com/mld/siliconvalley/8861856.htm>