

EPC-Technologie – vom Auto-ID Center zu EPCglobal

Christian Flörkemeier
Institut für Pervasive Computing, ETH Zürich

Kurzfassung. Seit seiner Gründung im Jahr 1999 hat das Auto-ID Center die Vision verfolgt, ein auf der RFID-Transpondertechnik basierendes „Internet der Dinge“ zu realisieren. Dabei wurde in enger Kooperation mit den Industriepartnern des Auto-ID Centers nicht nur das Potential der Transpondertechnik für betriebswirtschaftliche Prozesse erforscht, sondern auch an den entsprechenden Normen für Transponder, Lesegeräte und für die unterstützende Infrastruktur gearbeitet. Diese Aufgabe wird seit Ende 2003 von der Nachfolgeorganisation EPCglobal fortgeführt, die sich vor allem mit der Kommerzialisierung der EPC¹-Technologie beschäftigt. In diesem Beitrag wird ein Überblick über die Technologiestandards und deren Status gegeben, ferner werden die einzelnen Komponenten der Auto-ID Center-Infrastruktur vorgestellt. Anschließend werden die Vorschläge des Auto-ID Centers mit anderen existierenden Ansätzen verglichen.

1 Das Auto-ID Center und EPCglobal

Das Auto-ID Center wurde 1999 am Massachusetts Institute of Technology (MIT) mit der Absicht gegründet, die Vision des „Internets der Dinge“ weiterzuentwickeln und zu implementieren [Aut02a]. Dabei sollte die RFID-Technologie als Grundlage dienen, um Alltagsgegenstände eindeutig zu identifizieren und somit IT-Systeme in die Lage zu versetzen, ohne menschliches Zutun mit der realen Welt zu interagieren. Jeder produzierte Gegenstand sollte dabei mit einem preiswerten RFID-Transponder versehen sein, damit „sich sein Aufenthaltsort mithilfe einer globalen Infrastruktur über Unternehmens- und Ländergrenzen hinweg bestimmen lässt“ [Aut02a]. Durch ein derartiges globales „EPC Network“ zur automatischen Identifikation – benannt nach dem elektronischen Produktcode (EPC), der auf den Transpondern gespeichert ist – erhofft man sich insbesondere Verbesserungen der betrieblichen Prozesse in der Fertigung [CGS02], der Lieferkette [AGG02] und der Warenbewirtschaftung [CDG02].

In der Entwicklung der entsprechenden Standards für Transponder, Lesegeräte und für das zugehörige Informationssystem wurden die beteiligten Universitäten, u.a. das MIT, die Universität Cambridge und die Universität St. Gallen, von über 100 industriellen Partnern unterstützt. Die mehrheitlich aus dem Handel und der Konsumgüterindustrie stammenden „End-User-Sponsoren“, wie Coca-Cola, Gil-

¹ EPC ist ein geschütztes Markenzeichen von EPCglobal

lette, Procter&Gamble und Wal-Mart, legten dabei die Anforderungen an die Technologie fest, während die beteiligten Technologieunternehmen in Zusammenarbeit mit den Universitäten die verschiedenen Technologiekomponenten und Standards entwickelten und diese als Produkte realisierten.

Ende Oktober 2003 hat das Auto-ID Center seine Forschungsarbeit planungsgemäß beendet [CaB02]. Die Kommerzialisierung und weitere Entwicklung der Normen und Standards wird von einem Joint Venture des Uniform Code Council (UCC) und EAN International – zwei der ersten Sponsoren des Centers, die u.a. auch die internationalen Standards für Barcodes festlegen – weiterverfolgt. Diese Nachfolgeorganisation agiert unter dem Namen EPCglobal und hat Mitte 2003 seine Arbeit aufgenommen [EPC03a]. Die am Auto-ID Center beteiligten Universitäten setzen als Auto-ID-Labs ihre RFID-Forschungsaktivitäten weiter fort.

Im folgenden Kapitel wird zunächst ein Überblick über die verschiedenen Systemkomponenten, die im Rahmen des Auto-ID Centers entwickelt wurden bzw. zurzeit von EPCglobal entwickelt werden, gegeben. Daraufhin wird auf jede einzelne Systemkomponente des EPC Network im Detail eingegangen. Anschließend werden die Arbeiten des Auto-ID Centers mit existierenden und teilweise konkurrierenden Ansätzen verglichen. Am Ende liefert dieser Beitrag einen Ausblick auf die Herausforderungen, die für eine erfolgreiche Realisierung der Vision, mit der das Auto-ID Center 1999 gegründet wurde, noch gemeistert werden müssen.

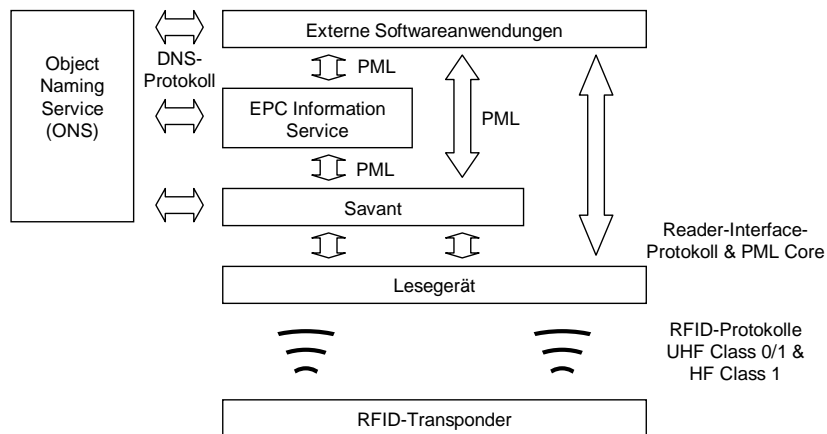


Abb. 1. Vom Auto-ID Center konzipiertes EPC Network mit den einzelnen Systemkomponenten

2 Übersicht über das „EPC Network“

Das Herzstück der Auto-ID Center-Technologie ist der Electronic Product Code (EPC). Im Unterschied zu den Ziffernfolgen auf Barcodes, die auf Verpackungen

im Einzelhandel zu finden sind, enthält der EPC neben einer Hersteller- und Produktnummer auch eine Seriennummer, mit der die Artikel einzeln und individuell nummeriert werden können. Dieser EPC wird auf den RFID-Transpondern gespeichert und erlaubt die eindeutige Identifikation einzelner Transponder und der damit assoziierten Gegenstände.

Das Ziel des Auto-ID Centers war es, nicht nur das Datenformat auf den Transpondern und die Kommunikation zwischen den Transpondern und Lesegeräten zu standardisieren, sondern auch den Transport der RFID-Daten zu den entsprechenden Applikationen und das Auffinden von Informationen zu den identifizierten Gegenständen zu standardisieren [SBA01] (siehe Abbildung 1). In einer Welt, in der jeder Artikel durch einen Transponder gekennzeichnet wäre, würden Lesegeräte große Datenmengen aufzeichnen. Um diese Daten zu bearbeiten und an die entsprechenden Anwendungen zu übermitteln, wurde eine Software namens *Savant* entwickelt. Diese RFID-Middleware sollte sowohl die Vielzahl unterschiedlicher Lesegeräte steuern, als auch Anwendungen, wie z.B. Warenwirtschaftssysteme, mit entsprechend aufbereiteten Daten versorgen. Da auf den Transpondern selbst keine über die Identifikationsnummer hinausgehenden Daten gespeichert werden, gibt es einen *Object Naming Service (ONS)*, der unter Angabe des EPC an die entsprechenden Datenquellen weiterleitet. Diese Datenquellen sollen dabei u.a. vom *EPC Information System (EPC IS)* angeboten werden. Damit die von Transpondern und Lesegeräten gesammelten Daten in einem einheitlichen Format externen Anwendungen und anderen Komponenten des EPC Networks zur Verfügung gestellt werden können, ist unter dem Begriff *Physical Mark-up Language (PML)* ein XML-basiertes Vokabular definiert worden.

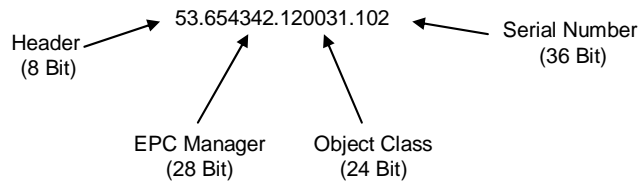
Das EPC Network umfasste ursprünglich Transponder, den Identifikationscode, der auf diesen gespeichert ist, Lesegeräte und Infrastrukturkomponenten, wie den Lookup-Service ONS, die RFID-Datenübermittlungssoftware Savant, das Datenarchiv EPC IS und die Auszeichnungssprache PML. In den folgenden Kapiteln werden diese einzeln erläutert. Mit dem Übergang zu EPCglobal hat sich die Architektur des EPC Network jedoch verändert, so dass nicht nur die ursprünglich vom Auto-ID Center konzipierten Technologien vorgestellt werden, sondern auch Veränderungen seit der Übergabe an EPCglobal.

3 Der Electronic Product Code (EPC)

Der Electronic Product Code (EPC) ist die Ziffernfolge, die in der Auto-ID-Infrastruktur, dem so genannten EPC Network, die Basis dafür liefert, dass die einzelnen Objekte eindeutig identifiziert werden können. Da die Transponder keinerlei Daten außer dem EPC tragen, fungiert der Code damit auch als Referenz auf weitere Datensätze, die auf anderen Speichermedien zur Verfügung stehen. Ursprünglich war der EPC als universeller Identifizierungscode konzipiert, der gleichermaßen für verschiedene Industriebranchen und Anwendungsgebiete gelten sollte [Bro01a]. Es sollte sowohl auf die Integration von Attributen des Gegens-

tandes, wie Gewicht oder Preis, als auch auf die direkte Anpassung an existierende Nummernformate, wie beispielsweise die EAN-Nummer, verzichtet werden.

EPC im General-Identifier-Format (GID) in der 96 Bit Version:



EPC im Serialized-General-Trade-Item-Number-Format (SGTIN) in der 96 Bit Version:

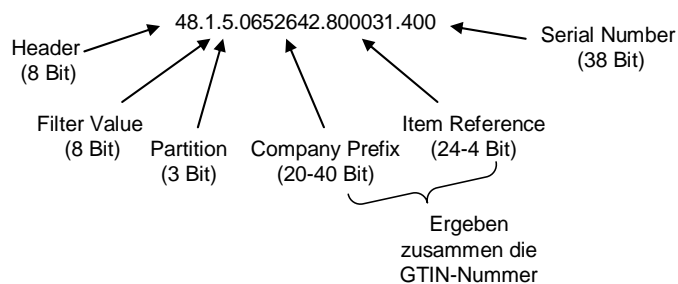


Abb. 2. Vergleich des universellen EPC-Formats (GID) mit dem EPC-Format für die General Trade Item Numbers (GTIN)

Da ein Nummernformat ohne jegliche Partitionierung bei dem großen Adressraum von mindestens 64 Bit allerdings zu Skalierungsproblemen führt, haben sich die Entwickler für eine Unterteilung in *Header*, *EPC Manager*, *Object Class* und *Serial Number* entschieden. Der *Header* definiert dabei das EPC-Format, während das *EPC Manager*-Feld dazu verwendet wird, das Unternehmen bzw. die Organisation zu identifizieren, die die Nummern der folgenden Felder verwaltet. Das *Object Class*-Feld enthält eine Nummer, die einen Typ von Objekten dieses EPC Managers eindeutig identifiziert, und die *Seriennummer* wird zur eindeutigen Identifikation eines einzelnen Objektes dieses Objekttyps benutzt. Während die ersten Transponder nur einen 64 Bit langen EPC unterstützten, sind heute 96 Bit standardmäßig vorgesehen. Der *Header* ist allerdings so konzipiert, dass der Adressraum zu einem späteren Zeitpunkt erweitert werden kann. Brock liefert in [Bro01a] eine gute Übersicht zu den weiteren Überlegungen, die zu diesem Format geführt haben.

Das Konzept eines universell einsetzbaren EPC wurde unter dem Druck der End-User-Sponsoren durch domänenspezifische EPC-Formate [EPC03b] ergänzt, da die beteiligten Unternehmen die Kompatibilität mit ihren existierenden Datenschemata gewährleistet sehen wollten. Die im Handel und der Konsumgüterindustrie weit verbreiteten Nummernformate des Uniform Code Council und der EAN International, d.h. der Universal Product Code (UPC), die European Article Number (EAN) [UCC03], der Serialized Shipping Container Code (SSCC) [UCC02a] und die Global Location Number (GLN) [UCC02b], sollten so weit möglich direkt im EPC Verwendung finden. Abbildung 2 zeigt das ursprüngliche EPC-Format (General Identifier GID-96) und das EPC-Format SGTIN-96, das speziell für die General Trade Item Number (GTIN) – den UPC-Code und die EAN-Nummer – entwickelt wurde. Da der UPC und die EAN-Nummer über keine Produktseriennummer verfügen, wurden die in diesen Codes typischen Felder für den Herstellercode und den Produkttyp in diesen EPC-Typ übernommen und durch eine Produktseriennummer ergänzt. Weiterhin kann man bereits durch ein Feld für den Objekttyp erkennen, ob es sich um eine Palette, eine Kiste oder einen Einzelartikel handelt. Dieser „Filter Value“ ermöglicht beispielsweise, dass Lesegeräte lediglich Paletten, aber keine Einzelartikel erfassen. Der EPC-Typ für die Nummern des EAN-UCC-Systems umfasst zusätzlich noch EPC-Formate für SSCC und GLN. In Zukunft sollen auch für andere Branchen, wie z.B. die Automobilindustrie und das Militär, domänenspezifische Typen des EPC folgen [EPC03b].

4 Transponder

Die Kosten eines RFID-Transponders ergeben sich nach Sarma aus den Herstellungskosten für den Mikrochip und die Antenne sowie den Kosten für die Platzierung des Mikrochips auf der Antenne [Sar01]. Um die Kosten des Mikrochips möglichst gering zu halten und somit den Einsatz von Transpondern zu fördern, propagiert das Auto-ID Center ein Transponderdesign, das lediglich Speicherplatz für eine 96 Bit lange Identifikationsnummer – den EPC – vorsieht und keinerlei weiteren Speicher enthält. Dies soll die Größe und dementsprechend die Kosten des Chips niedrig halten [Sar01]. Außerdem wird der Einsatz von neuen Fertigungsmethoden, wie Fluid Self Assembly [ATC99] und Vibratory Assembly, [Khs03] untersucht, um die Kosten des Zusammenfügens von Chip und Antenne zu reduzieren.

Am Auto-ID Center bzw. bei EPCglobal wird der Einsatz der Transponder-technologie in der Lieferkette als das Anwendungsgebiet mit dem größten Potential angesehen. Die dafür notwendigen Lesedistanzen von mehr als einem Meter lassen sich meist nur mit passiven RFID-Transpondern realisieren, die im UHF-Frequenzbereich operieren. In den USA erlauben die dortigen Grenzwerte der Sendeleistung im UHF-Bereich typischerweise eine Lesedistanz von bis zu 7 m. Da dieses Frequenzband allerdings bisher weltweit nicht für den RFID-Einsatz mit entsprechender Leistung und Bandbreite zugelassen ist [Fin02], wurde am Auto-

ID Center ein Kommunikationsprotokoll für den HF-Frequenzbereich entwickelt, das zwar weltweit eingesetzt werden kann, allerdings bei derzeitiger Technologie eine deutlich geringere Reichweite aufweist (typischerweise unter 1 m). Die bisher vom Auto-ID Center/EPCglobal veröffentlichten Normen zur Standardisierung der Kommunikation zwischen Transpondern und Lesegeräten sind in folgenden Spezifikationen definiert:

- UHF Class 0 [Aut03a]
- UHF Class 1 [Aut02b]
- UHF Class 1 Generation 2 [EPC04a]
- HF Class 1 [Aut03b]

Die UHF-Protokolle der Class 0 und Class 1 sind so genannte Reader-Talks-First-Protokolle, die im Fernfeld des Lesegerätes operieren und über Modulation des Rückstreuquerschnittes der Transponderantenne mit dem Lesegerät kommunizieren (zur Erklärung der technischen Begriffe sei der Leser auf den Beitrag von Lampe in diesem Buch verwiesen). Die Kommunikation zwischen Lesegerät und Transponder geschieht im Halbduplex-Modus. Als Vielfachzugriffsverfahren kommt bei beiden Protokollen eine Variante des Baumtraversierungsverfahrens [SLL00] zum Einsatz. Neben verschiedenen Signalkodierungen und Modulationsverfahren unterscheiden sich die beiden Protokolle vor allem dadurch, dass die Transponder der Class 1 vor Ort mit dem EPC einmalig beschrieben werden können, während Transponder der Class 0 schon beim Transponderhersteller mit dem entsprechenden EPC programmiert werden müssen. Beide Protokolle unterstützen keine Transponder mit Schreibfunktion, sondern lediglich das Auslesen des EPC.

Das Ende 2004 verabschiedete UHF-Protokoll Class 1 Generation 2 soll in Zukunft die beiden oben genannten UHF-Protokolle in einem gemeinsamen Protokoll vereinigen und insbesondere auf die Eigenheiten der europäischen und asiatischen Richtlinien eingehen.

Das HF Class 1 Protokoll [Aut03b] ist ebenfalls ein Reader-Talks-First-Protokoll, wobei hier die Transponder über induktive Kopplung mit Energie versorgt werden und über Lastmodulation mit dem Lesegerät kommunizieren. Anstelle des Baumtraversierungsverfahrens kommt hier eine Variante des ALOHA-Verfahrens [Fin02] zum Einsatz. Aufgrund des HF-Frequenzbandes sind die typischen Lesedistanzen allerdings deutlich geringer.

5 Lesegeräte

Das Auto-ID Center hat zusammen mit der Firma ThingMagic LLC ein Referenzdesign für ein Lesegerät entwickelt [RRP02]. Während viele der heute erhältlichen Lesegeräte nur für ein einzelnes Frequenzband ausgelegt sind, sollten die Auto-ID Center-Lesegeräte sowohl die Auto-ID Center-Protokolle im HF- als auch im UHF-Bereich unterstützen. Dabei wurde nicht nur auf Flexibilität bezüg-

lich der zu unterstützenden Frequenzbänder, sondern auch auf die Anpassungsfähigkeit an die Eigenheiten der verschiedenen Protokolle geachtet. Außerdem sollte eine TCP/IP- Schnittstelle für die Kommunikation zwischen Lesegerät und Host zu Verfügung stehen, so dass die bekannten Internetprotokolle für den Datenaustausch mit den Lesegeräten verwendet werden können. Dieser Ansatz eines frei verfügbaren Referenzdesigns mit HF- und UHF-Unterstützung wurde schlussendlich aber verworfen. Man konzentrierte sich stattdessen auf die Schnittstelle zwischen Lesegeräten und IT-Systemen. Um die Kommunikation zwischen Lesegerät und Host zu standardisieren, wurde daher an der Entwicklung eines Reader-Interface-Protokolls gearbeitet [EPC05]. Dieses Protokoll spezifiziert die Konfigurationsparameter des Lesegerätes und die Datenübermittlung von erkannten EPCs an den Host.

6 Object Naming Service

Um ein Adressschema, wie den EPC, sinnvoll zu nutzen, ist ein Lookup-Mechanismus notwendig, der es erlaubt, Datenquellen, die weitere Informationen zu dieser Identifikationsnummer speichern, aufzufinden. Im EPC Network wird diese Lookup-Funktion vom Object Naming Service (ONS) bereitgestellt [Mea03]. Unter Angabe eines EPC liefert der ONS eine einzelne bzw. mehrere Internetadressen (URLs) zurück. Diese Internetadressen können dabei auf einen EPC Information Service verweisen. Sie erlauben allerdings auch die Verknüpfung mit anderen Datenquellen, wie z.B. einfachen Web-Seiten im HTML-Format. Der ONS basiert dabei auf dem Domain Name Service (DNS), der bereits zu einer der Basistechnologien des Internets gehört. Daher müssen bei Anfragen an den ONS die EPCs auch erst in gültige Domännennamen umgewandelt werden, bevor sie als DNS-Anfragen weitergeleitet werden können. Die Antwort des DNS ist dann dementsprechend ein gültiger DNS Resource Record. Ein typischer Anfrageablauf könnte folgendermaßen aussehen [Mea03]:

1. Eine Bitfolge, die einen EPC beinhaltet, wird vom Transponder an das Lesegerät übertragen.
2. Das Lesegerät sendet diese Bitfolge an einen lokalen Server, der sie in das EPC URI-Format umwandelt und zum lokalen ONS Resolver schickt.
3. Der Resolver übersetzt die URI in einen DNS-Namen, schickt eine DNS-Anfrage ab und erhält einen DNS Resource Record als Antwort, in dem die zugehörigen Internetadressen enthalten sind.

Die Version 1.0 der ONS-Spezifikation [Mea03] erlaubt keine Anfragen für einzelne EPCs, sondern nur für um die Seriennummer verkürzte EPCs. Anfragen zu Informationen für einen einzelnen EPC sollen von den jeweiligen Applikationsservern aufgelöst werden, die nach Angabe des um die Seriennummer verkürzten EPC vom ONS-System aufgelistet werden. Eine Anfrage, die auch die Seriennummer beinhaltet, soll in zukünftigen Versionen der Spezifikation ermöglicht

werden, sobald die Architektur- und Skalierungsfragen, die sich aus der erheblichen Größe des Adressraumes ergeben, geklärt sind. Das ONS-System wird im Auftrag von EPCglobal zurzeit von der Firma Verisign betrieben [EPC04b].

Abschließend wäre noch zu betonen, dass es sich bei dem ONS-System um einen reinen Lookup-Service handelt, dessen Aufgabe darin besteht, die Internetadresse einer Datenquelle anzugeben. Die Funktion eines globalen Track&Trace-Systems beispielsweise, das die Positionsbestimmung über Länder- und Unternehmensgrenzen hinweg möglich machen würde, kann das ONS-System daher nicht selbst erfüllen.

7 Savant

Die Savant-Software war ursprünglich die eigentliche Middlewarekomponente des EPC Networks, deren Hauptaufgabe es sein sollte, die Datenströme von den Lesegeräten und möglichen weiteren Sensoren zu verarbeiten und an die entsprechenden Anwendungen weiterzuleiten [CTA03]. Dabei sollte die Software insbesondere die von den Lesegeräten generierten Datenmengen filtern und bündeln, damit die gefilterten Daten dann den entsprechenden Unternehmenssoftwaresystemen zur Verfügung gestellt werden können, ohne diese mit den großen Datenmengen zu überlasten.

Ursprünglich sollte die Savant-Software als Open-Source-Software zur Verfügung gestellt werden. Diese Pläne wurden jedoch nicht weiter verfolgt. Vielmehr hat man sich dazu entschlossen, keine Referenzimplementation oder Softwarespezifikation zu liefern, sondern lediglich die Schnittstelle zwischen RFID-Middleware und Anwendungssoftware zu normieren [TBO04]. Wie entsprechende RFID-Middleware die einzelnen Funktionen, wie z.B. das Filtern der EPC-Daten, implementiert, bleibt dadurch den jeweiligen Software-Anbietern überlassen. Diese Schnittstelle zwischen RFID-Middleware und Applikation wird von EPCglobal als Application-Level-Events-Spezifikation (ALE) bezeichnet [TBO04]. Diese enthält Funktionalität, die das einfache Filtern und Bündeln der aggregierten Daten unterstützt. So können beispielsweise Filter spezifiziert werden, die nur EPCs mit bestimmten Bitmustern weiterleiten. Außerdem sind Filter angedacht, die die mehrfache Erkennung eines Transponders in einem kurzen Zeitraum zu einem einzigen Eingangsereignis bündeln. Durch eine Verknüpfung solcher Filter sollten die Daten, die von den verschiedenen angeschlossenen Lesegeräten geliefert werden, aufbereitet und in die entsprechenden Ereignisse für die Anwendung umgewandelt werden. So könnte beispielsweise eine Vielzahl von Transpondererkenntnisse an einem Lesegerät in ein einziges Wareneingangsereignis für eine Lieferung zusammengefasst werden.

8 Physical Mark-up Language (PML)

Die Physical Mark-up Language (PML) wurde ursprünglich konzipiert, um physische Objekte, die mit EPC-Transpondern gekennzeichnet sind, zu beschreiben [Bro01b]. Ähnlich der HTML-Sprache des World Wide Webs, die das Layout von Web-Seiten standardisiert, sollte hier eine Beschreibungssprache entwickelt werden, die allgemein gültige Attribute von Objekten, Prozessen und Umgebungen beinhaltet, wie z.B. Informationen zum Besitzer oder Aufenthaltsort eines Objektes. Da sich die Entwicklung einer anwendungsunabhängigen Beschreibungssprache, die aber trotzdem den Anforderungen verschiedener Anwendungsgebiete gerecht wird, als schwierig herausstellte, wurde zunächst unter dem Namen PML Core ein Vokabular entwickelt, das den Austausch von Daten, die von den Lesegeräten und eventuell von anderen Sensoren im EPC Network geliefert werden, standardisiert [FAH03]. Durch PML Core soll ein standardisierter Datenaustausch zwischen den einzelnen Komponenten des EPC Networks gewährleistet sein, wobei der Fokus auf Sensordaten liegt, die unter anderem von RFID-Lesegeräten generiert werden. Diese XML-basierte Markup-Sprache ist dabei durch ein XML-Schema definiert [W3C01], so dass die syntaktische Korrektheit der übertragenen Daten automatisch mit den geeigneten XML-Tools überprüft werden kann. Das folgende Beispiel zeigt, wie die Tatsache, dass ein Lesegerät zwei RFID-Transponder erkannt hat, in PML Core repräsentiert wird:

```
<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>
```

Die Weiterentwicklung der PML wurde nach dem Übergang zu EPCglobal eingestellt, wobei die PML-Core-Konzepte zum Teil im Reader-Interface-Protokoll weiterverfolgt wurden.

9 EPC Information Service

Der EPC Information Service, der ursprünglich unter dem Namen PML Service entwickelt wurde, soll verschiedene Daten zu den einzelnen mit Transpondern gekennzeichneten Objekten liefern [HaM03]. Bei den zur Verfügung gestellten Daten wird insbesondere an die Historie von Transpondererkenntnissen gedacht, da

sie eine Objektrückverfolgung (Track&Trace) ermöglichen. Außerdem sollen instanzbezogene Daten von allgemeinem Interesse, wie z.B. Herstellungsdatum und Mindest-Haltbarkeit, verfügbar gemacht werden. Der EPC Information Service soll dabei nicht nur auf eigene Datenquellen zurückgreifen können, sondern auch Informationen aus anderen Datenquellen anbieten, die unternehmensweit zur Verfügung gestellt werden, wie z.B. Produktkataloge. Eine detaillierte Spezifikation des EPC Information Service liegt allerdings zurzeit noch nicht vor.

10 Diskussion

In diesem Kapitel werden die Technologiekonzepte des Auto-ID Centers diskutiert und mit ähnlichen Ansätzen verglichen. Dabei wird zwischen der Transpondertechnik und der diese unterstützende IT-Infrastruktur unterschieden.

10.1 Transpondertechnik

Im Umfeld der Transpondertechnik gibt es eine Vielzahl weiterer Standardisierungsbemühungen, die auf die Normung der Kommunikation zwischen Transponder und Lesegerät abzielen (siehe auch den Beitrag von Lampe in diesem Buch). Insbesondere die verschiedenen ISO-Protokolle sind hierbei von Bedeutung. Während die ISO-Standards im Bereich von 13,56 MHz (z.B. ISO 15 693) bereits heute verbreitet sind und durch entsprechende Produkte unterstützt werden, sind die Normen der ISO 18 000-Familie teilweise noch in der Entwicklung. Eine weitere Initiative, GTAG, die auch vom Uniform Code Council und EAN International unterstützt wurde, ist ebenfalls zum Teil in den ISO 18 000-Standard eingeflossen [Fin02].

Eines der Merkmale der EPC-Technologie ist der Verzicht auf jeglichen Datenspeicher außer der EPC-Identifikationsnummer auf den Transpondern, um damit die Transponderkosten zu reduzieren. Kritiker merken diesbezüglich an, dass die Kosten der Transponder vor allem durch das entsprechende Produktionsvolumen bestimmt werden. Der Verzicht auf größeren Speicher hat nachteilig zur Folge, dass eine Netzverbindung zu entsprechenden Datenquellen immer vor Ort beim Lesegerät vorhanden sein muss. Insbesondere im militärischen Bereich ist dies jedoch oft nicht der Fall.

Um auch solchen Anforderungen gerecht zu werden, hat sich das Auto-ID Center entschlossen, in Zukunft auch Transponder mit erweiterter Funktionalität zu unterstützen. Diese Entwicklung soll Transponder mit Speicher und Sicherheitsfunktionen (Class 2), semiaktive Transponder mit Batteriebetrieb (Class 3) und Transponder mit integrierten Sensoren (Class 4) umfassen.

Die Unterschiede der von verschiedener Seite vorgeschlagenen Protokolle liegen häufig im Detail und erfordern umfassende Tests für eine Evaluation, so dass eine genauere Analyse hier nicht möglich ist. Generell kann jedoch gesagt werden,

dass es folgende charakterisierende Eigenschaften und Hauptunterscheidungsmerkmale gibt:

- Lesedistanz
- Speicherorganisation auf den Transpondern
- Anzahl von Transpondern, die pro Zeiteinheit erkannt werden können
- Störanfälligkeit z.B. gegenüber hohem Rauschpegel oder Metall in der Umgebung
- Unterstützung spezifischer Kommandos, wie z.B. eines Kill-Kommandos, das einen Transponder unbrauchbar macht
- Erfüllung der Zulassungsvorschriften in den einzelnen Ländern

Die oben angesprochenen neuartigen Fertigungsmethoden befinden sich zurzeit noch in einem Entwicklungsstadium, so dass ihr Nutzen in der Praxis bisher noch nicht nachgewiesen worden ist. Die genannten Design- und Fertigungsansätze für die integrierten Schaltkreise werden allerdings nur dann zu den erhofften Kostenreduktionen führen, wenn die Chips in großen Mengen produziert werden können. Die Nachfrage der Endkunden wird daher ein wesentliches Element in der Hoffnung auf langfristig günstigere RFID-Chips bleiben.

Neben den verschiedenen Identifikationsnummerformaten, die außerhalb der Transpondertechnik verbreitet eingesetzt werden [Bro01a], gibt es auch im RFID-Umfeld einige Standards zu Identifizierungscodes. So spezifiziert z.B. der ISO-Standard 11 784 Identifizierungscodes für Tiere und ISO 15 963 definiert das Nummerformat für die ISO 18 000-Serie, die die Anforderungen der Waren- und Güterwirtschaft berücksichtigt.

Abschließend wäre zu den Transpondern und zugehörigen Protokollen zu bemerken, dass EPCglobal Unterstützung durch viele große Firmen aus der Konsumgüterbranche, wie z.B. Wal-Mart [RFI03], erfährt. Diese Tatsache stellt einen nicht zu vernachlässigenden Aspekt im Hinblick darauf dar, welche Protokolle und Codestrukturen sich langfristig in diesem Industriesegment durchsetzen werden.

10.2 IT-Infrastruktur

Die Vision einer „Networked Physical World“ und eines „Internets der Dinge“, wie sie das Auto-ID Center propagierte [SBA02], wird bereits seit Beginn der 1990er-Jahre auch in anderen Forschungsprojekten untersucht. Im Bereich des Ubiquitous Computing konzentriert man sich dabei allerdings nicht allein auf die RFID-Transpondertechnik, sondern beschäftigt sich auch mit alternativen Identifikations- und Positionierungstechnologien. Gemeinsam ist allerdings allen Ansätzen, dass sie versuchen, die physische, reale Welt mit der virtuellen Welt des Internets, der Datenbanken und der Web-Services zu verbinden und dafür die entsprechende Infrastruktur zu entwerfen. Im Cooltown-Projekt [KiB00], das von der Firma HP initiiert wurde, wurde beispielsweise eine Internet-basierte Infra-

struktur entwickelt, die Webressourcen mit physischen Objekten verbindet. Benutzer können dabei Internetadressen (URL) über Sensoren, wie Infrarotschnittstellen und Barcodes von Objekten, die entsprechend gekennzeichnet sind, abrufen und über das Internet die virtuellen Repräsentationen dieser Objekte in Form von Webseiten anfordern. Ähnlich wie beim Auto-ID Center-Ansatz wird dabei auf klassische Middleware, wie CORBA und Java RMI, verzichtet und es werden stattdessen Internettechnologien, wie HTTP, URLs, und DNS, eingesetzt. Bei Cooltown stehen allerdings eher die Mobilität des Benutzers und die Interaktion mit stationären Gegenständen im Vordergrund, und nicht so sehr die autonome Lokalisierung und Verfolgbarkeit von augmentierten Objekten.

Von den Technologien des Auto-ID Centers, die auf der klassischen Netzinfrastruktur aufbauen, wie die Physical Mark-up Language, die Savant-Software, das EPC IS und das ONS-System, wurden nur ein Teil nach der Übergabe an EPCglobal weitergeführt. Die Savant-Software wurde dabei durch die Application-Level-Events-Spezifikation und die Physical Mark-up Language zumindest teilweise durch das Reader-Interface-Protokoll ersetzt. Da diese Spezifikationen erst kürzlich veröffentlicht wurden, bleibt abzuwarten, ob diese Standardisierungsbemühungen, die lediglich die RFID-Transpondertechnik unterstützen, schlussendlich von Erfolg gekrönt sind.

Für die Vision einer globalen Infrastruktur, die es erlaubt, die mit Transpondern gekennzeichneten Objekte automatisch überall zu verfolgen ist, ist die Funktionalität des ONS-Systems zur Zeit nicht ausreichend. Während die heutige Version lediglich ein Auffinden eines Servers für weitere Produktinformationen vorsieht, wird ein globales Track&Trace nicht unterstützt. Hierzu müsste ähnlich der GSM-Infrastruktur Funktionalität so spezifiziert werden, dass der momentane Aufenthaltsort der identifizierten Objekte an ein System gemeldet wird.

11 Schlussfolgerung

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Standardisierungsbemühungen des Auto-ID Centers bzw. der Nachfolgeorganisation EPCglobal zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht abgeschlossen sind. Am weitesten fortgeschritten sind dabei die Protokolle, die die Kommunikation zwischen Lesegeräten und den Transpondern sicherstellen. Die erste Generation dieser Protokolle ist dabei in Form von Produkten bereits heute verfügbar. Für die zweite Generation wird zudem mit einer breiten Unterstützung durch die verschiedenen Chiphersteller gerechnet, da zumindest durch den geplanten Einsatz der Technologie im Einzelhandel die entsprechenden Umsätze zu erwarten sind. Weit fortgeschritten sind ebenfalls die Standardisierungsbemühungen bzgl. der EPC-Datenstruktur und des ONS-Systems.

Mit dem Übergang vom Auto-ID Center zu EPCglobal hat sich der Fokus von Forschung in Richtung Realisierung verschoben. Dabei ist es möglich, dass die ursprüngliche Vision eines Internets der Dinge, die sich bisher in der Entwicklung der Transpondertechnik, aber auch der entsprechenden Netzinfrastruktur geäußert

hat, zukünftig in den Hintergrund rückt. Die Standardisierungsbemühungen würden sich dann vor allem auf Transponder und Lesegeräte konzentrieren und es bliebe abzuwarten, ob sich diejenigen Entwicklungen, die nicht die Luftschnittstelle betreffen, in der ursprünglich vorgesehenen Weise durchsetzen werden.

Um die Vision zu realisieren, mit RFID-Transpondern gekennzeichnete Objekte überall automatisch verfolgen zu können, ist es noch ein weiter Weg. Das Auto-ID Center hat in den fünf Jahren erfolgreich diese Vision in den verschiedenen Industriebereichen bekannt gemacht und die Möglichkeiten der Transpondertechnik aufgezeigt. Die Hauptaufgabe der Nachfolgeorganisation EPCglobal und der beteiligten Unternehmen wird in nächster Zeit darin bestehen, die Standards zu vervollständigen, durch geeignete Produkte zu unterstützen und für die entsprechende Nachfrage bei Anwendern zu sorgen. Nicht zu unterschätzen ist dabei der Datenschutzaspekt, der sich durch eine Allgegenwärtigkeit der RFID-Transponder-technik ergeben dürfte – kritische Presseberichte und einige Ereignisse im Umfeld erster Anwendungen im Einzelhandel haben in letzter Zeit die Öffentlichkeit hinsichtlich des Problems des Privatsphärenschutzes sensibilisiert (siehe auch die Beiträge von Langheinrich und von Thiesse in diesem Buch).

Literatur

- [AGG02] Alexander K, Gilliam T, Gramling K, Kindy M, Moogimane D, Schultz M, Woods M (2002) Focus on the Supply Chain: Applying Auto-ID within the Distribution Center. Auto-ID Center, <http://archive.epcglobalinc.org/publishedresearch/IBM-AUTOID-BC-002.pdf>
- [ATC99] Alien Technology Corporation (1999) Fluidic Self Assembly. www.alientechnology.com/library/pdf/fsa_white_paper.pdf
- [Aut02a] Auto-ID Center (2002) Das neue Netzwerk. http://archive.epcglobalinc.org/new_media/brochures/GERMAN_AUTO_ID_CENTER.pdf
- [Aut02b] Auto-ID Center (2002) 860 MHz–960 MHz Class 1 Radio Frequency Identification Tag Radio Frequency & Logical Communication Interface Specification Recommended Standard, Version 1.0.0. www.epcglobalinc.org/standards_technology/Secure/v1.0/UHF-class1.pdf
- [Aut03a] Auto-ID Center (2003) 860 MHz–935 MHz Class 0 Radio Frequency Identification Tag Protocol Specification Candidate Recommendation, Version 1.0.0. www.epcglobalinc.org/standards_technology/Secure/v1.0/UHF-class0.pdf
- [Aut03b] Auto-ID Center (2003) 13.56 MHz ISM Band Class 1 Radio Frequency Identification Tag Interface Specification: Candidate Recommendation, Version 1.0.0. <http://archive.epcglobalinc.org/publishedresearch/mit-autoid-tr011.pdf>
- [Bro01a] Brock D (2001) The Electronic Product Code. MIT Auto-ID Center, <http://archive.epcglobalinc.org/publishedresearch/MIT-AUTOID-WH-002.pdf>
- [Bro01b] Brock D (2001) The Physical Mark-up Language. MIT Auto-ID Center, <http://archive.epcglobalinc.org/publishedresearch/MIT-AUTOID-WH-003.pdf>

- [CaB02] Carr CT, Brown S (2002) Auto-ID Center of 2003 - Steps Towards Delivering the Future. Auto-ID Center, <http://archive.epcglobalinc.org/publishedresearch/MIT-AUTOID-EB-005.pdf>
- [CDG02] Chappell G, Durdan D, Gilbert G, Ginsburg L, Smith J, Tobolski J (2002) Auto-ID on Delivery: The Value of Auto-ID Technology in the Retail Supply Chain. Auto-ID Center, <http://archive.epcglobalinc.org/publishedresearch/ACN-AUTOID-BC-004.pdf>
- [CGS02] Chappell G, Ginsburg L, Schmidt P, Smith J, Tobolski J (2002) Auto-ID on the Line: The Value of Auto-ID Technology in Manufacturing. Auto-ID Center, <http://archive.epcglobalinc.org/publishedresearch/ACN-AUTOID-BC-005.pdf>
- [CTA03] Clark S, Traub K, Anarkat D, Osinski T (2003) Auto-ID Savant Specification 1.0. Auto-ID Center, www.epcglobalinc.org/standards_technology/Secure/v1.0/WD-savant-1_0-20030911.doc
- [EPC03a] EPCglobal (2003) About EPCglobal. www.epcglobalinc.org/about/about.html
- [EPC03b] EPCglobal (2003) EPC Tag Data Standards Version 1.1 Rev.1.24. www.epcglobalinc.org/standards_technology/EPCTagDataSpecification11rev124.pdf
- [EPC04a] EPCglobal (2004) EPC™ Radio Frequency Identity Protocols Class-1 Generation-2 UHF RFID Protocol for Communications at 860 MHz – 960 MHz.
- [EPC04b] EPCglobal (2004) EPCglobal Selects VeriSign to Provide Root Directory for EPCglobal Network. www.epcglobalinc.org/news/pr_01132004.html
- [EPC05] EPCglobal (2005) Reader Protocol 1.0.
- [FAH03] Floerkemeier C, Anarkat D, Harrison M, Osinski T (2003) Physical Markup Language (PML) Core Specification. Auto-ID Center, www.epcglobalinc.org/standards_technology/Secure/v1.0/PML_Core_Specification_v1.0.pdf
- [Fin02] Finkenzeller K (2002) RFID-Handbuch. Hanser-Verlag
- [HaM03] Harrison M, McFarlane D (2003) Development of a Prototype PML Server for an Auto-ID Enabled Robotic Manufacturing Environment. <http://archive.epcglobalinc.org/publishedresearch/cam-autoid-wh010.pdf>
- [KhS03] Khan K, Sarma S (2003) Vibratory Assembly Update: Part Transportation Mechanics Analysis. Auto-ID Center, <http://archive.epcglobalinc.org/publishedresearch/mit-autoid-tr008.pdf>
- [KiB00] Kindberg T, Barton J (2000) A Web-Based Nomadic Computing System. HP Laboratories Palo Alto, Technical Report HPL-2000-110
- [Mea03] Mealling M (2003) Auto-ID Object Name Service (ONS) 1.0. www.epcglobalinc.org/standards_technology/Secure/v1.0/WD-ons-1.0-20030930.pdf
- [RFI03] RFID Journal (2003) Wal-Mart Draws Line in the Sand. www.rfidjournal.com/article/view/462/1/1/
- [RRP02] Reynolds M, Richards J, Pathare S, Maguire Y, Tsai H, Post R, Pappu R, Schoner B (2002) Multi-Band, Low-Cost EPC Tag Reader. Auto-ID Center, <http://archive.epcglobalinc.org/publishedresearch/MIT-AUTOID-WH-012.pdf>
- [Sar01] Sarma S (2001) Towards the 5¢ Tag. MIT Auto-ID Center, <http://archive.epcglobalinc.org/publishedresearch/MIT-AUTOID-WH-006.pdf>
- [SBA01] Sarma S, Brock D, Ashton K (2001) The Networked Physical World - Proposals for Engineering The Next Generation of Computing, Commerce & Automatic Identification. MIT Auto-ID Center, <http://archive.epcglobalinc.org/publishedresearch/MIT-AUTOID-WH-001.pdf>

- [SLL00] Siu KY, Law C, Lee K (2000) Efficient Memoryless Protocol for Tag Identification. MIT Auto-ID Center,
<http://archive.epcglobalinc.org/publishedresearch/MIT-AUTOID-TR-003.pdf>
- [TBO04] Traub K, Bent S, Osinski T, Peretz SN, Rehling S, Rosenthal S, Tracey B (2004) The Application Level Events (ALE) Specification, Version 1.0. EPCglobal
- [UCC02a] Uniform Code Council (2002) Serialized Shipping Container Codes Implementation Guide. www.uc-council.org/ean_ucc_system/pdf/SSCC.pdf
- [UCC02b] Uniform Code Council (2002) Global Location Number Implementation Guide. www.uc-council.org/ean_ucc_system/pdf/GLN.pdf
- [UCC03] Uniform Code Council (2003) Global Trade Item Numbers™ Implementation Guide. www.uc-council.org/ean_ucc_system/pdf/GTIN.pdf
- [W3C01] W3C (2001) XML Schema. www.w3.org/XML/Schema
[PML_Core_Specification_v1.0.pdf](http://www.w3.org/XML/Schema)