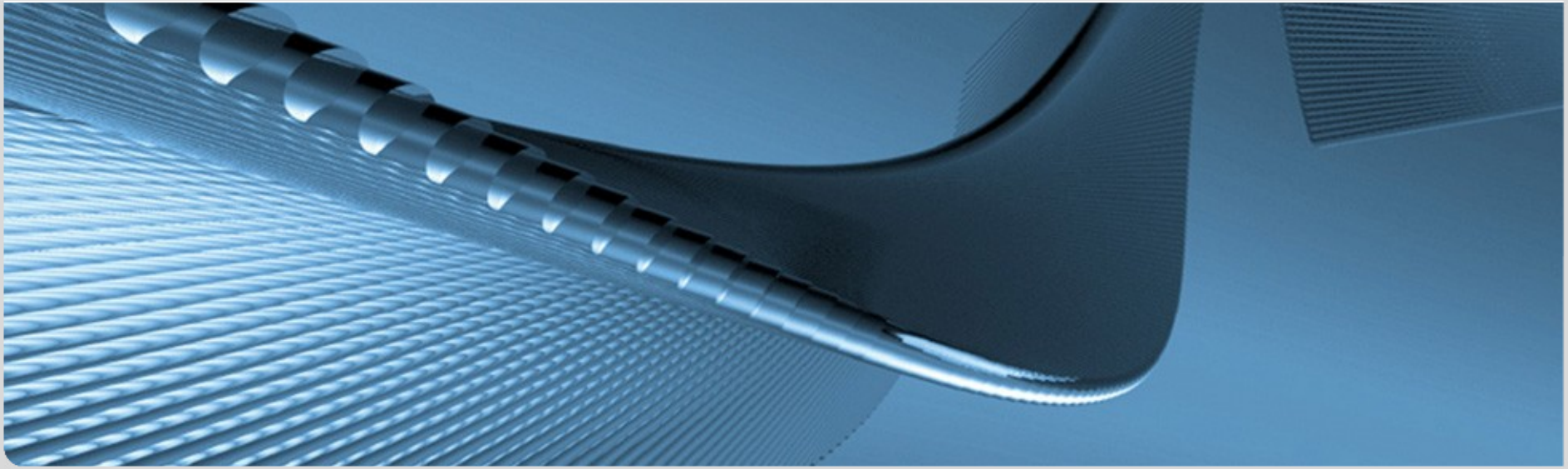
Karlsruher Institut für Technologie

Datenschutz und Privatheit in vernetzten Informationssystemen

Kapitel 7: Ubiquitous Computing - RFID

Erik Buchmann (buchmann@kit.edu)

IPD, Systeme der Informationsverwaltung, Nachwuchsgruppe „Privacy Awareness in Information Systems“



Inhalte und Lernziele dieses Kapitels

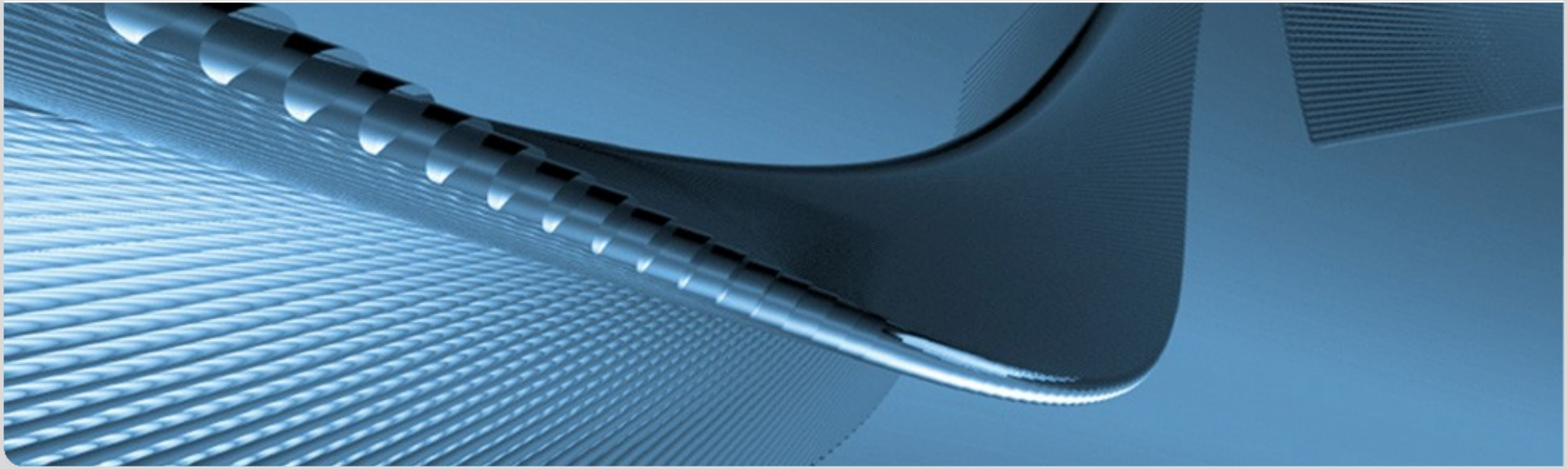
- Einführung: Ubiquitous Computing
  - Allgemeine Datenschutzprobleme in Ubicomp-Szenarien
- RFID als wichtige aktuelle Ubicomp-Technik
  - Datenschutzprobleme in RFID-Szenarien
  - Lösungsmöglichkeiten
- Abschluss

- Lernziele
  - Sie können die fundamentalen Gegensätze zwischen den Prinzipien des Ubiquitous Computing und der Datenschutzgesetzgebung erläutern.
  - Ihnen ist die Funktionsweise von RFID-Technologien vertraut, und sie können verschiedene Datenschutztechnologien dazu in Bezug setzen und bewerten.

Karlsruher Institut für Technologie

Ubiquitous Computing

IPD, Systeme der Informationsverwaltung, Nachwuchsgruppe „Privacy Awareness in Information Systems“



Ursprünge des Ubiquitous Computing

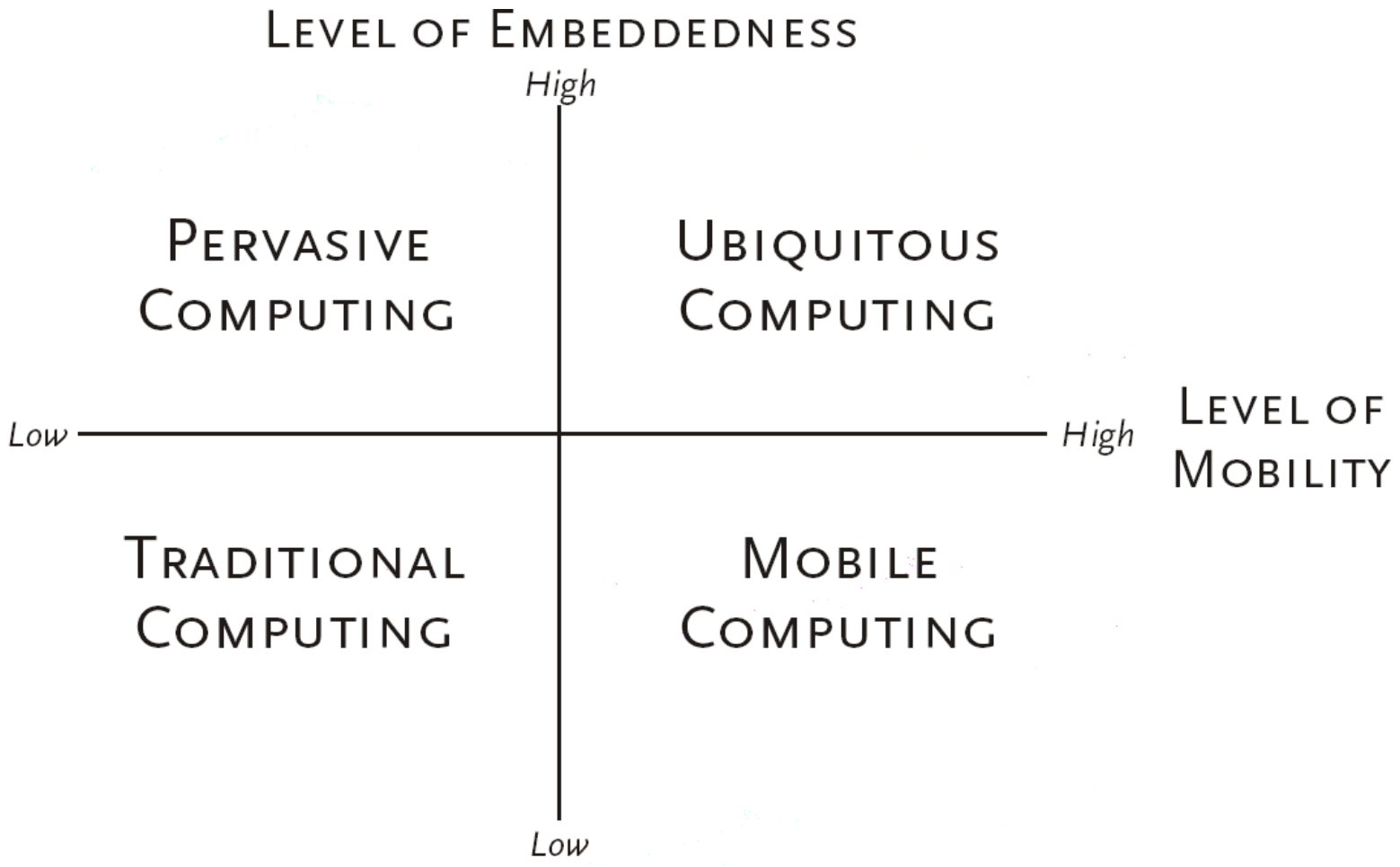
- Marc Weiser, *The Computer for the 21st Century*, 1991
  - Zentrale Idee: Computer sollten nicht mehr die Aufmerksamkeit des Nutzers einfordern, sondern ihn selbständig und unmerklich im Alltag unterstützen
  - PC als Gegenstand der Aufmerksamkeit sollte verschwinden → Intelligente Alltagsgegenstände

- Ubicomp ist die 3. Welle der Computerisierung
  - 1. Mainframes
  - 2. PCs
  - 3. Ubicomp

Ubiquitous Computing

- Im wesentlichen ein Interaktionsmodell
  - Alltag durchdrungen von intelligenten Gegenständen
    - Gegenstände passen sich *Nutzer* und *Kontext* an
  - intelligente Dienste im Hintergrund
    - Minimum an expliziter Nutzerinteraktion
    - Dienste versuchen, Nutzerpräferenzen automatisch zu ermitteln und sinnvoll darauf zu reagieren

Abgrenzung zu verwandten Techniken



Quelle: Lyytinen, Yoo: Issues and Challenges in Ubicomp., CACM 2002

Eine typische Ubicomp-Anwendung

- Automatischer Visitenkartenaustausch bei Handschlag

Datenübertragung per Körperkontakt

Nächste News

14:46 - 8. October 2002 von Stephan Lex Empfehlen | Drucken | Kommentar | Bookmark

Das japanische Unternehmen NTT DoCoMo hat ein Verfahren entwickelt, welches den Datenaustausch zwischen PDAs oder ähnlichem per Handschlag ermöglicht. Dabei wird die Leitfähigkeit der menschlichen Haut zur Übertragung schwacher elektrischer Signale genutzt. Nach Angaben von NTT DoCoMo erreicht man bisher eine Übertragungsrate von 10 MBit. Das Gerät wird über einen speziellen Sensor mit dem Träger verbunden und kann daher zum Datenaustausch in der Tasche bleiben, während beim Händeschütteln elektronische Visitenkarten getauscht werden. Das Verfahren könnte auch bei Personen- oder Ticketkontrollen genutzt werden.

Quelle: Tom's Hardware

Ubicomp-Techniken

- WLAN, Ad-Hoc Netze, Body Area Networks
- Mobiltelefone, XDAs, Wearables
- Embedded Systems, Intelligente Fahrzeuge
- Sensornetze, Mautbrücken
- Smart Homes, Smart Office
- GPS-Ortung, Lokationsbasierte Dienste
- RFID, Near Field Communication
  - *diese Vorlesung*

Eigenschaften von Ubicomp

- Stetige, überall verfügbare Computerunterstützung
  - Integration in den Alltag
- Stark vereinfachte Mensch-Maschine-Schnittstellen, die mit minimaler Nutzerinteraktion auskommen
  - “intelligente” Unterstützung im Hintergrund
- Automatische Steuerung; Anpassung an Nutzerpräferenzen und Kontext
- Automatische Ausführung von wiederkehrenden, standardisierten Abläufen ohne Nutzerinteraktion

Datenschutz und Ubiquitous Computing

- Ubicomp: KEINE ständige Kommunikation mit dem Benutzer
  - Anwendungen arbeiten im Hintergrund und “erraten” Nutzerwünsche
- Datenschutzrecht:
  - Zielt auf Nutzerinteraktion und -Beteiligung ab
  - Transparenz, Verbot mit Erlaubnisvorbehalt, Auskunftsansprüche

  → *Privacy Policies, Einverständniserklärungen stehen in fundamentalem Konflikt mit Ubicomp!*

Aus einem Vortrag von Marc Langenheinrich

Approaches to Ubicomp Privacy

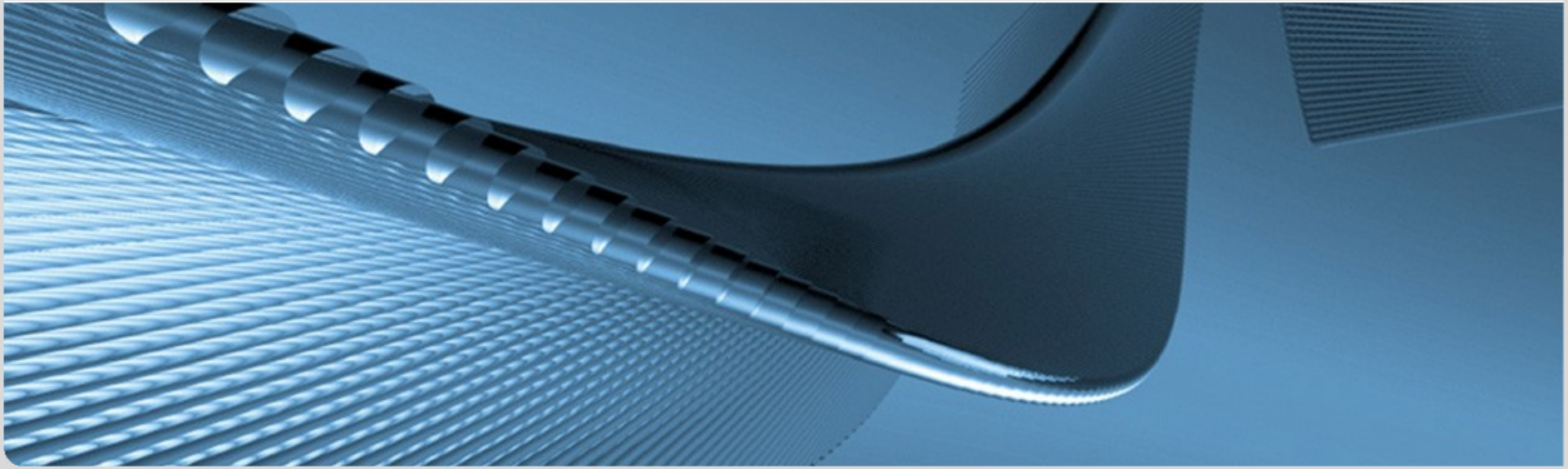
Disappearing Computer Troubadour Project (10/2002 - 05/2003)

- Promote Absence of Protection as **User Empowerment**
  - "It's maybe about letting them find their own ways of cheating"
- Make it **Someone Else's Problem**
  - "For [my colleague] it is more appropriate to think about [security and privacy] issues. It's not really the case in my case"
- Insist that "**Good Security**" will Fix It
  - "All you need is really good firewalls"
- Conclude it is **Incompatible** with Ubiquitous Computing
  - "I think you can't think of privacy... it's impossible, because if I do it, I have troubles with finding [a] Ubicomp future"

Karlsruher Institut für Technologie

Radio Frequency Identification

IPD, Systeme der Informationsverwaltung, Nachwuchsgruppe „Privacy Awareness in Information Systems“

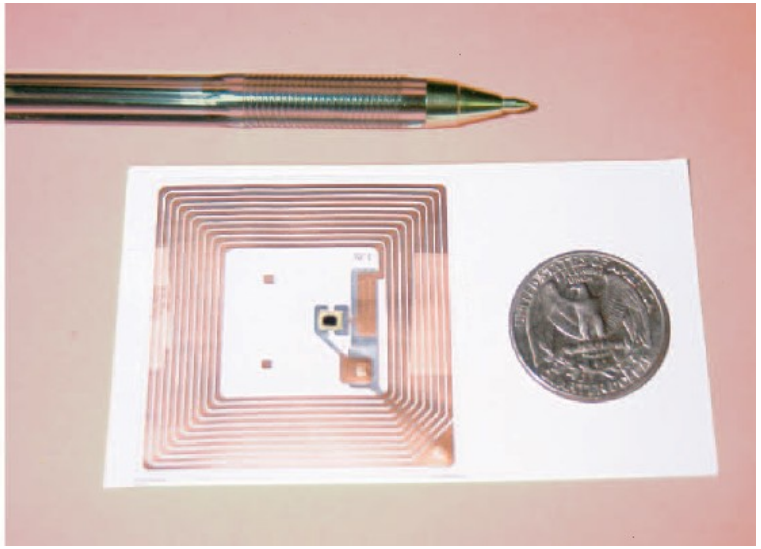


RFID

- Radio Frequency Identification
  - eine der heute weitverbreitetsten Ubicomp-Anwendungen
- Billige Funketiketten
  - global eindeutige ID
  - zum Teil wiederbeschreibbarer Speicher
  - zum Teil mit zusätzlichen Umweltsensoren
  - zum Teil mit Kryptografiefunktionen, Authentifizierung

RFID-Tags

- Eingeschmolzen in einen Glaskörper
  - robust, sogar in Lebewesen implantierbar
- Eingebettet in einen Aufkleber
  - Markierung von Paletten, Produkten etc.



Quelle: [2]

Passive und Aktive RFID Tags

- Passiv:
  - geringe Reichweite
  - preiswerte Herstellung, klein
  - praktisch unbegrenzte Lebensdauer

- Aktiv:
  - hohe Reichweite
  - aufwändige Herstellung
  - benötigen Energiequelle,
    z.B. Batterie oder Fahrzeug-Bordnetz

Anwendung: Tieridentifikation

Foto: Zoological Society of London

Anwendung: Reisepass (ePass)

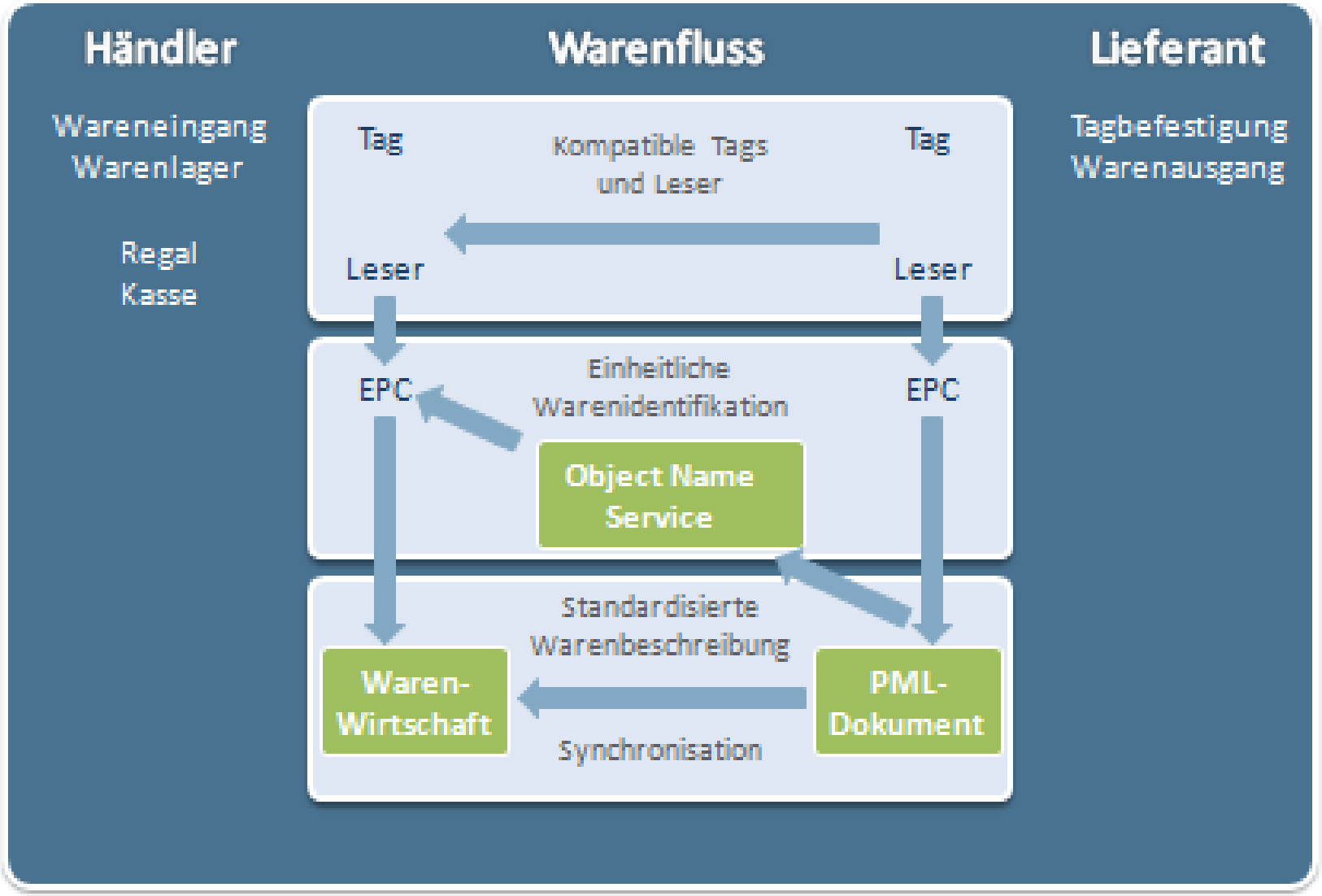
- Biometrische Daten wie Passbild, Fingerabdruck elektronisch gespeichert
- Erweiterungen für Kryptografie und Authentifizierung

Anwendung: im Supermarkt

- jedes Produkt trägt einen eigenen RFID-Tag
- *“Smart Shelf”*
  - Regal mit RFID-Lese-geräten (unter den Regalböden)
- Anwendungen:
  - Planogramm Compliance
  - Inventur
  - vereinfachtes kassieren

Bild: SAP Research, Karlsruhe

Anwendung: Supply Chain Management



Quelle: http://www.rfid-basis.de

Anwendung: Ablösung von Barcodes

Karlsruher Institut für Technologie

Barcode

- Strichcode nach EAN-13: 12 Ziffern + 1 Prüfziffer
- speichert Produktgruppe
- auslesen erfordert direkte Sichtlinie
- muss sichtbar angebracht werden
- nicht beschreibbar
- müssen einzeln gelesen werden
- kosten praktisch nichts

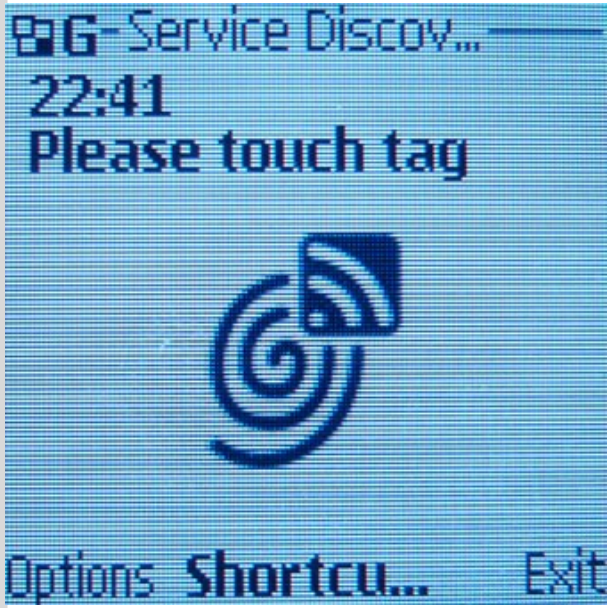
RFID

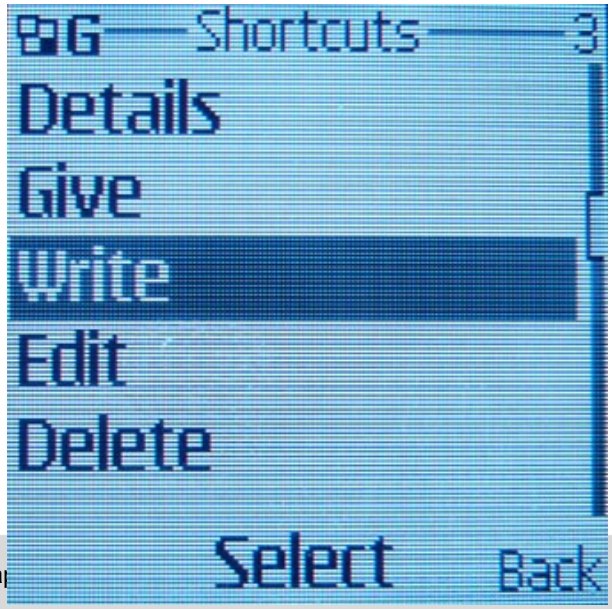
- Smart Labels speichern aktuell 96kByte
- speichert eindeutige ID
- unbemerktes Auslesen aus Entfernung möglich
- Tags können sogar in die Haut implantiert werden
- wiederbeschreibbar
- mehrere Tags auf einmal lesbar
- ca. 30ct/Stück (http://www.rfid-basis.de)

RFID-Leser: Nokia 3220 with NFC

- RFID als Träger von Texten, Telefonnummern, URLs

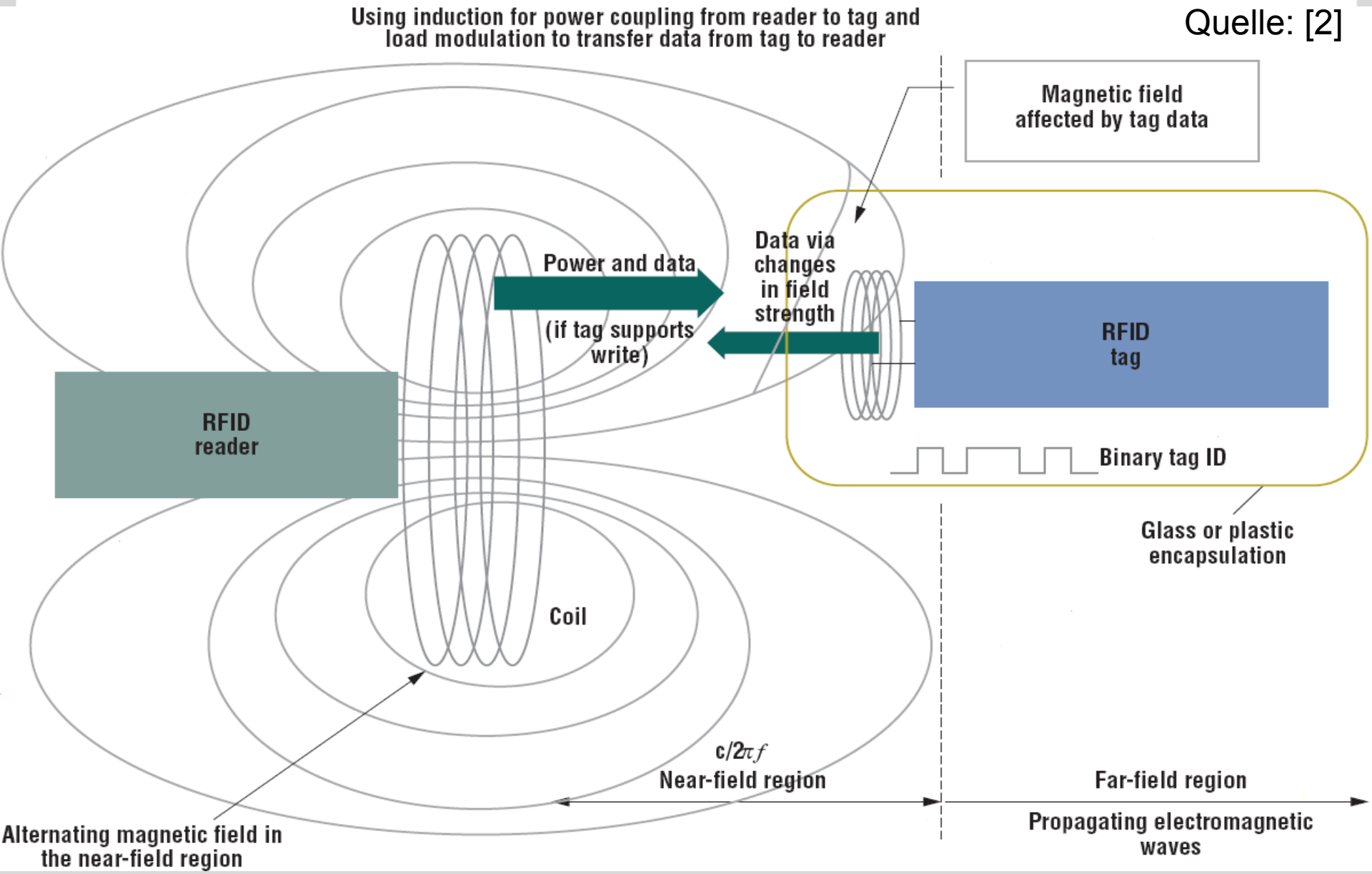
•Prototyp für ein Mobiltelefon
•mit Near Field Communication
•kann RFID lesen und schreiben





Funktionsweise passiver Tags

Quelle: [2]

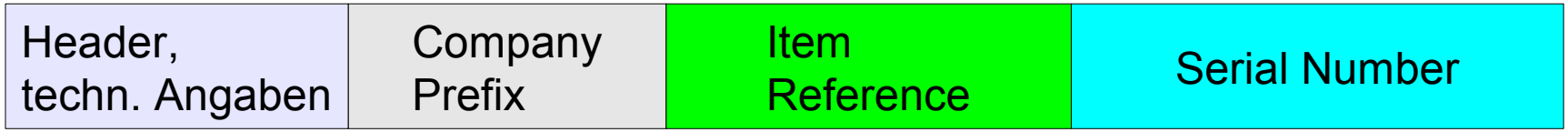


Typische Reichweiten

- Close Coupling
  - Passive Tags, Reichweite 0-1cm, Transponder müssen in Lesegerät eingesteckt werden
  - Sicherheitskritische Anwendungen, z.B. FriCard
- Remote Coupling
  - Passive Tags, Reichweiten bis zu 1m
  - Einsatz z.B. im Supermarkt oder für Zutrittskontrolle
- Long Range
  - Reichweiten bis zu 10m
  - Aktive Tags, Energiequelle am Transponder nötig
  - Einsatz z.B. im Flottenmanagement

Die EPC-ID

- “Electronic Product Code”; Standardisierung der Daten im RFID-Tag
  - Interoperabilität zwischen Tags versch. Hersteller
- Für 96-Bit-Tags:



14 Bit, Länge, Typ, Struktur, Version, Generation des EPC	20-40 Bit, Verweis auf Herausgeber der Tags	24-4 Bit, Produktkategorie	38 Bit, global eindeutige Produktnummer

- EPCglobal führt zentrale Datenbank mit Company-Prefixen und Produktkategorien
  - ONS: Object Naming Service, äquivalent zu DNS

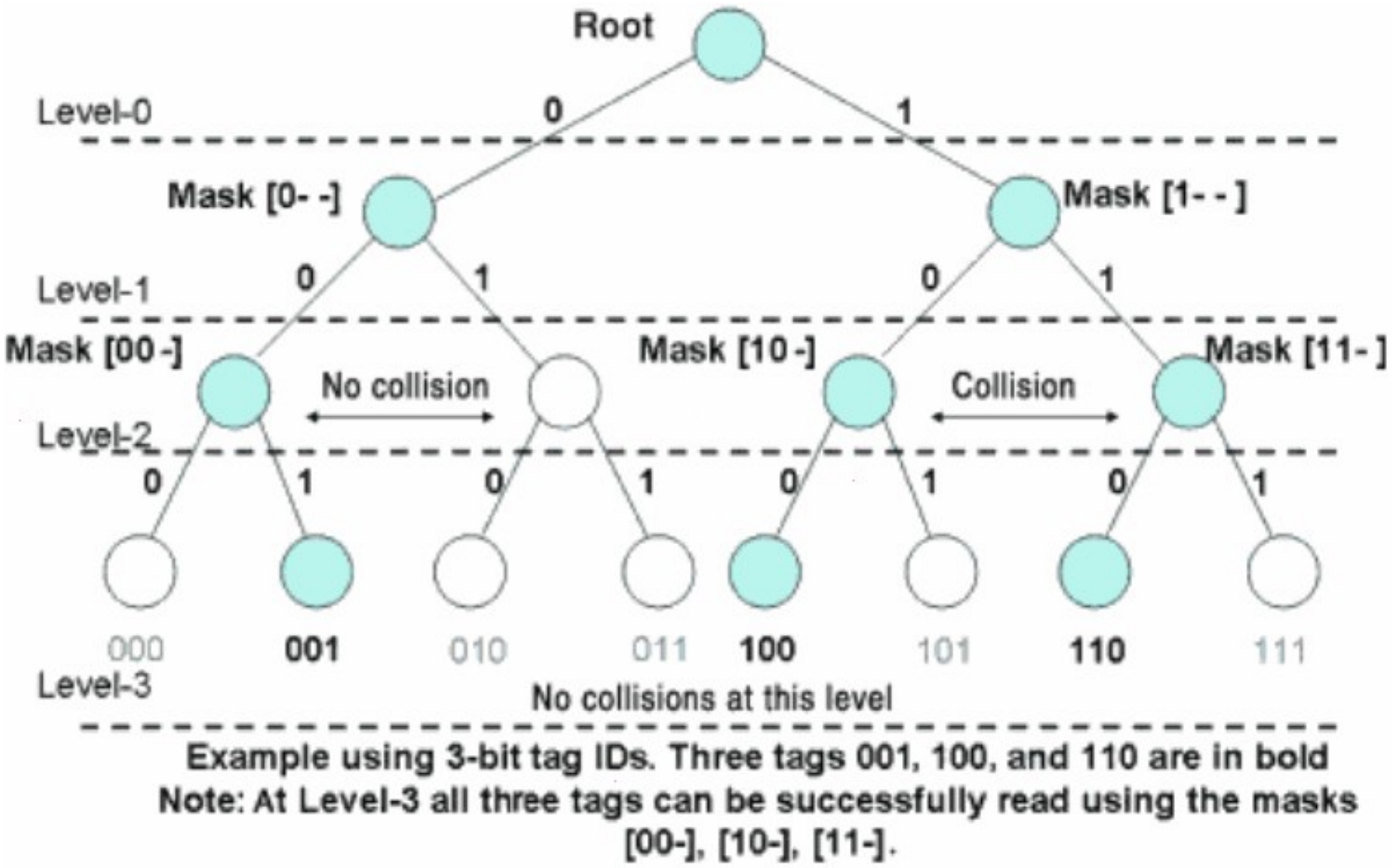
Query Tree Protocol (1/3)

- *effiziente* Identifikation aller Tags in Reichweite des Lesegerätes
- EPCglobal generation-1 class-0 Tags
- Voraussetzungen:
  - jedes Tag hat eine global eindeutige ID
  - Lesegerät erkennt Kollisionen
    - mehrere Tags senden gleichzeitig

Query Tree Protocol (2/3)

- Leser sendet Bitmasken {0..., 1..., 00..., 01..., 10... etc.}
  - entspricht traversieren eines Baumes in Level-Order
- Jeder Tag, dessen ID-Prefix mit der Bitmaske übereinstimmt, antwortet
  - keine Antwort: Leser verfolgt diesen Zweig im Baum nicht weiter
  - genau eine Antwort: Tag sendet nächstes Bit seiner ID gleich mit
    - Leser fragt dann gezielt dieses Tag ab
  - Kollision (mehrere Antworten): Leser macht mit Level-Order Abfrage dieses Zweigs im Baum weiter

Query Tree Protocol (3/3)



Example using 3-bit tag IDs. Three tags 001, 100, and 110 are in bold
Note: At Level-3 all three tags can be successfully read using the masks [00-], [10-], [11-].

Quelle: RFID explained, Roy Want, 2006

Effizienz des Query Tree Protocols

- es werden nur die Teile des ID-Raumes abgesucht, in denen Tags vorhanden sind
- Kostenabhängig von der Zahl der Kollisionen
  - Worst Case: viele Tags mit langem identischem Präfix in jeweils unterschiedlichen Zweigen des Baumes
- Erkennungsraten
  - bis zu 500 RFID-Tags pro Sekunde

Datenschutzbedenken beim Q.T.-Protokoll

- Lesegerät testet den gesamten Schlüsselraum, nicht nur die Tags, die beispielsweise im Laden verkauft werden
  - Ermittlung von allen Tags, die eine Person bei sich trägt
- Lesegerät sendet Tag-IDs mit voller Leistung
  - mit geeigneten Antennen über große Entfernungen (>50m) abhörbar

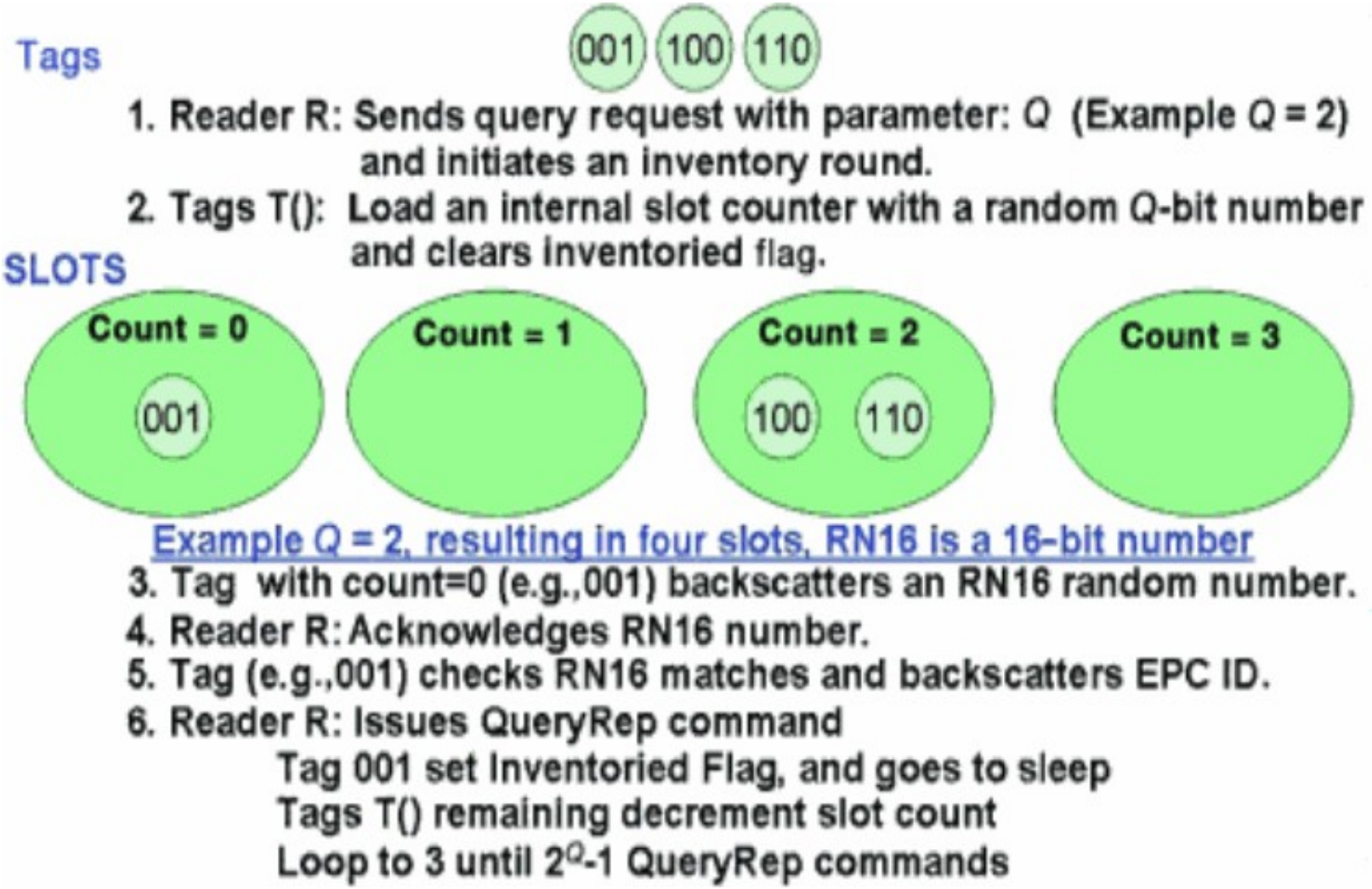
Query Slot Protocol (1/3)

- *effiziente* Identifikation aller Tags in Reichweite des Lesegerätes, *ohne* dass der Leser die Tag-ID mit voller Leistung senden muss
  - nur die Tags senden ihre ID, mit sehr viel geringerer Sendeleistung
- EPCglobal generation-2 Tags
- Voraussetzungen: jedes Tag besitzt
  - einen Zähler
  - ein Flag “Inventoried”
  - einen Zufallszahlengenerator

Query Slot Protocol (2/3)

- Leser sendet einen QueryRequest mit Parameter Q
  - Alle Tags setzen Inventoried-Flag auf 0,
  - laden Counter mit Wert aus Zufallszahlengenerator Wertebereich $[0, 2^Q-1]$.
- Wenn ein Tag Counter = 0 hat
  - Tag generiert Zufallszahl, sendet sie an Leser
  - Wenn keine Kollision antwortet Leser mit der gleichen Zufallszahl
    - Tag antwortet mit seiner ID
    - Tag setzt Inventoried-Flag auf 1
  - Kollision: Leser sendet QueryAdjust, alle Tags mit Inventoried=0 suchen neuen Zufallsslot in $[0, 2^Q-1]$
- Leser sendet QueryRep
  - Tags decrementieren Counter, Prozedur geht weiter

Query Slot Protocol (3/3)



Quelle: RFID explained, Roy Want, 2006

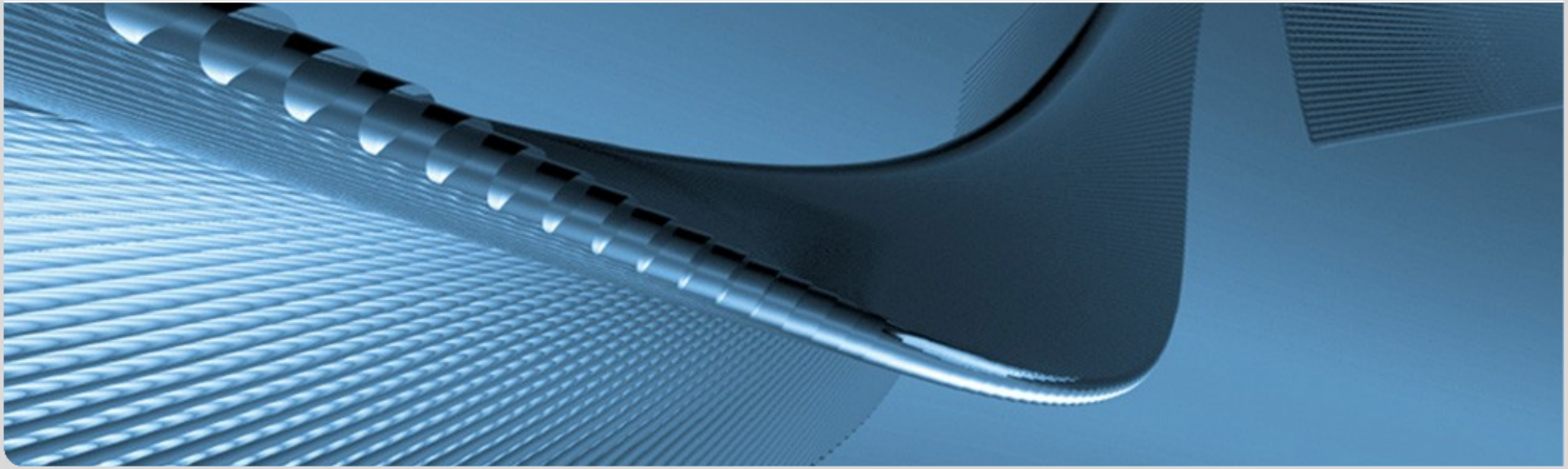
Effizienz des Query Slot Protocols

- Hängt von der Anzahl der Tags und Parameter Q ab
  - Optimal: jedes Tag hat eigenen Slot, aber wenig unbesetzte Slots
  - In der Praxis: Leser testet mehrere Q, bis akzeptabler Kompromiss gefunden
- Erkennungsraten
  - bis zu 2000 Tags/Sekunde
    (generation-2 Tags haben höhere Übertragungsgeschwindigkeit als generation-1)

Karlsruher Institut für Technologie

Datenschutz und -sicherheit von RFID-Installationen

IPD, Systeme der Informationsverwaltung, Nachwuchsgruppe „Privacy Awareness in Information Systems“



Was ist neu an RFID aus Datenschutzsicht?

- Auf den ersten Blick nicht viel
  - Bonuskarten an der Supermarktkasse erlauben vergleichbare Einblicke über das Kaufverhalten
- Aber:
  - Datenerfassung wird einfacher
    - nicht nur Erfassung an der Kasse,
      sondern unbemerkt an beliebiger Stelle
  - sehr feingranulare Daten
    - z.B. kann Smart Shelf registrieren, ob Produkt entfernt und zurückgelegt wird
  - elektronische Erfassung wird zum Standard und nicht zur Ausnahme
  - zahlreiche Sicherheitsbedenken (siehe Folgefolien)

Sicherheitsbedenken (1/2)

- Passive RFID-Tags sind nach Kostengesichtspunkten entworfen → keine/kaum Sicherheitsfeatures

- **Sniffing**
  - Kommunikation zwischen Tag und Leser abhören
- **Spoofing und Replay-Attacken**
  - laufende Kommunikation manipulieren oder später wieder einspielen
- **Man-in-the-Middle-Attacken**
  - Angreifer schaltet sich in die Kommunikation ein
- **Cloning, Emulation**
  - fremden Transponder nachbauen bzw. emulieren

Sicherheitsbedenken (2/2)

- **Denial of Service**
  - RFID-Chip beschädigen, Lesefeld stören (jamming)
- **Tracking**
  - Bewegungsprofile durch Zuordnung der eindeutigen RFID-ID und Zeitpunkt der Lesung
- **Relay-Angriffe**
  - durch spezielle Antennen/elektronische Verstärkung Lesereichweite erhöhen, z.B. Anwesenheit einer Schlüsselkarte aus der Entfernung vortäuschen
- **RFID-Malware**
  - vgl. *Ist Ihre Katze mit einem Computervirus infiziert?* Melanie R. Rieback, Bruno Crispo, A. Tanenbaum

- *Einziger Schutz bisher: beschränkte Reichweite*

Datenschutzbedenken (1/2)

- **Action Threat** (Handlung)
  - durch Überwachung einer Gruppe von Tags kann auf die Absichten des Nutzers geschlossen werden
  - Beispiel: das gemeinsame Verschwinden von Tags auf teuren Produkten aus einem Smart Shelf könnte auf Ladendiebstahl hindeuten
- **Association Threat** (Zuordnung)
  - bei Kauf von RFID-markierten Gegenständen kann die Identität des Käufers mit der EPC-ID der Tags assoziiert werden
- **Location Threat** (Ort)
  - strategische Platzierung von RFID-Lesern
  - speichern von Ort, Zeit von vorbeikommenden Tags

Quelle: [3]

Datenschutzbedenken (2/2)

- **Preference Threat** (Vorlieben)
  - EPC-ID: Hersteller, Produkttyp und eindeutige ID
  - Vorlieben und ungef. Wert der Produkte auslesbar
- **Constellation Threat** (Zusammenstellung)
  - Wiedererkennen von Individuen durch charakteristische Zusammenstellung von mitgeführten RFID-Tags (in Kleidung, Schuhen, Geräten, etc.)
- **Transaction Threat** (Vorgang)
  - Übergang von Tags von einer Person zur nächsten erlaubt Rückschlüsse auf die Interaktion
- **Breadcrumb Threat** (Spuren)
  - Falsche Spuren durch entwenden oder clonen von Tags, die anderen Personen zugeordnet sind

Quelle: [3]

Datenschutz-Ansätze für RFID

- auf der gesellschaftlichen Ebene
  - Regeln zum “fairen” Umgang mit RFID
- auf der Hardware-Ebene
  - Metallgehäuse, Abbrechantennen, etc.
- auf der Software-Ebene
  - Kill-Befehl, Tag-Pseudonyms etc.

- *Achtung, untersch. Anforderungen je nach Anwendung!*
  - soll das Tag unbeschädigt (Reisepass) bleiben?
  - soll das Tag auslesbar (Reklamation) bleiben?

RFID Bill of Rights

- S. Garfinkel, 2002, in Anlehnung an die OECD-Empfehlungen:
  - das Recht zu wissen, ob Produkte RFID-Tags enthalten
  - das Recht, RFID-Tags beim Einkauf entfernen oder deaktivieren zu lassen
  - das Recht, RFID-unterstützte Dienste auch ohne RFID zu nutzen
  - das Recht, auf die Daten im RFID-Tag zuzugreifen
  - das Recht zu wissen, wann, wo und warum Tags gelesen werden

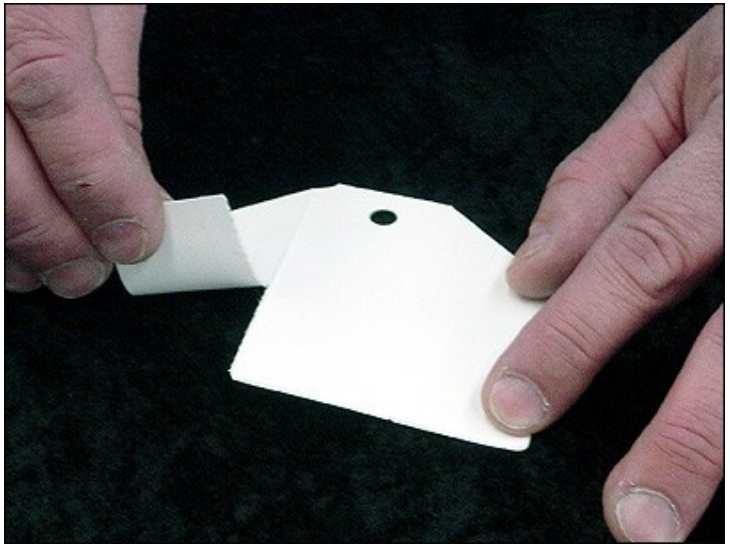
Metallhülle

- Metallhülle schirmt die Antenne der Tags ab
  - Störung der Energieversorgung und Kommunikation der Tags
  - z.B. kommerziell verfügbar für aktuelle Reisepässe
- Vorteile
  - einfache Kontrolle (Tag in Hülle oder nicht)
  - nach belieben aktivierbar/deaktivierbar
- Nachteile
  - nur für wenige Anwendungen geeignet,
    z.B. nicht für Tags, die in Kleidung eingewebt sind

PCB: Physically Changeable Bit

- Cliff C. Zou, *PCB: Physically Changeable Bit for Preserving Privacy in Low-End RFID Tags*, University of Central Florida, 2006
- Grundprinzip: ein einfacher Schalter
  - z.B. zwischen Antenne und RFID-Tag
  - auch mehrere Schalter möglich, um Ausleserechte detaillierter festzulegen
- Vorteile
  - reversibel
  - vergleichsweise leicht zu kontrollieren, kommt auf die Realisierung des Schalters an
- Nachteile
  - macht das Tag teuer

Clipped Tags



- Patent von IBM
- mechanische Beschädigung des Tags
  - z.B. realisiert als Antenne zum Abreißen

- Vorteile
  - leicht kontrollierbar
  - Chip und Daten selbst bleiben unbeschädigt, Auslesen aus wenigen Millimetern noch möglich
- Nachteile
  - permanent
  - unbemerktes Auslesen möglich, nur Hürde ist höher

Kill-Befehl

- Standardisiert in EPCglobal generation-2 Tags
  - jedes Tag enthält ein 32-Bit-Passwort
  - Leser kann nach Passwortauthentifizierung den Chip permanent deaktivieren
- Vorteile
  - keine Nutzerinteraktion erforderlich
  - mehrere Tags gleichzeitig deaktivieren
- Nachteile
  - permanent
  - schwer zu kontrollieren

RFID-Zapper

- 2006 auf dem 22. Chaos Communication Congress vorgestellt
- sendet einen starken elektromagnetischen Puls aus, der RFID-Chips auf kurze Entfernung zerstört

- Vorteile
  - nicht Hersteller /Distributor abhängig
- Nachteile
  - Erfolg nicht kontrollierbar
  - permanent

Bild: http://www.extremflug.de

Tag Pseudonyms

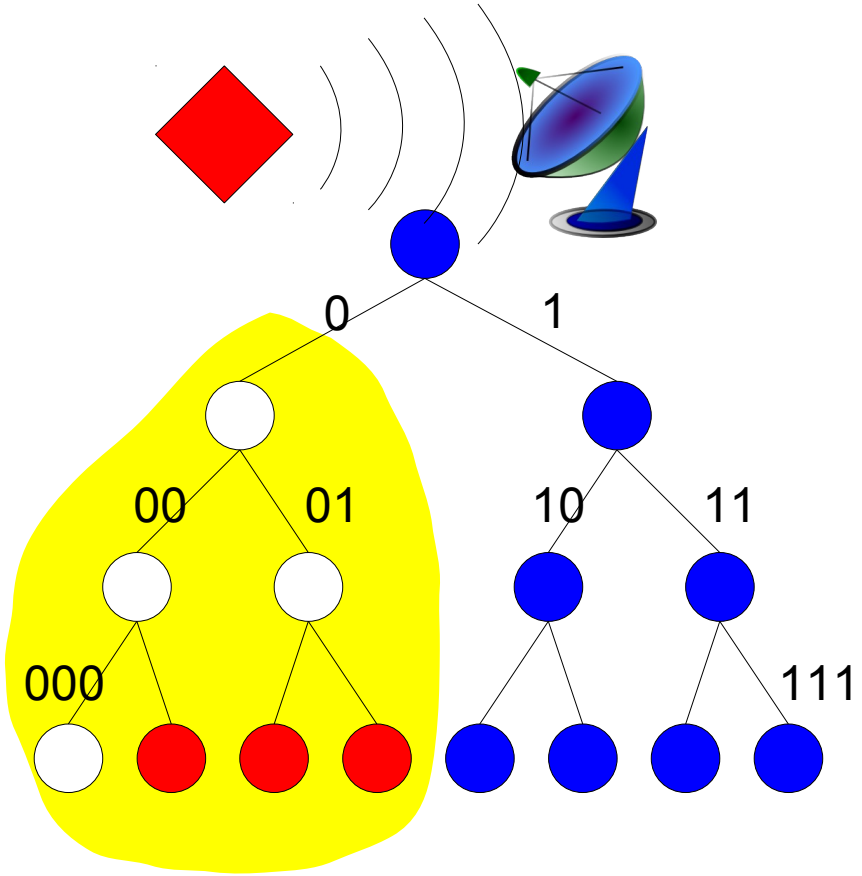
- Ziel: verhindern einer Zuordnung von Tags zu Personen durch Unberechtigte
- Idee: jedes Tag verfügt über zahlreiche verschiedene IDs, die zufällig benutzt werden
  - bei jedem Lesevorgang scheint sich ein anderes Tag zu melden
  - nur der Herausgeber der Tags hat alle Pseudonyme in seiner Datenbank und kann sie eindeutig zuordnen
- Vorteile
  - leicht implementierbar
- Nachteile
  - langes mithören → alle Pseudonyme erkennbar
  - hilft nur gegen unberechtigtes Abhören, nicht gegen Datensammlungen vom Tag-Herausgeber

Blocker Tags

- modifiziertes RFID-Tag
  - hält Funkstille bei autorisierten RFID-Lesern
  - blockiert unautorisierte RFID-Leser
    - meldet sich für jeden beliebigen Präfix
    - blockiert Identifikation, weil der Leser nun sämtliche theoretisch möglichen Adressen durchprobieren muss
      → 2^96 für class-1 tags, vgl. Query Tree Protocol
- Varianten neben dem vollständigen Blocken:
  - Privacy-Zonen
  - Polite Blocking
  - Soft Blocking

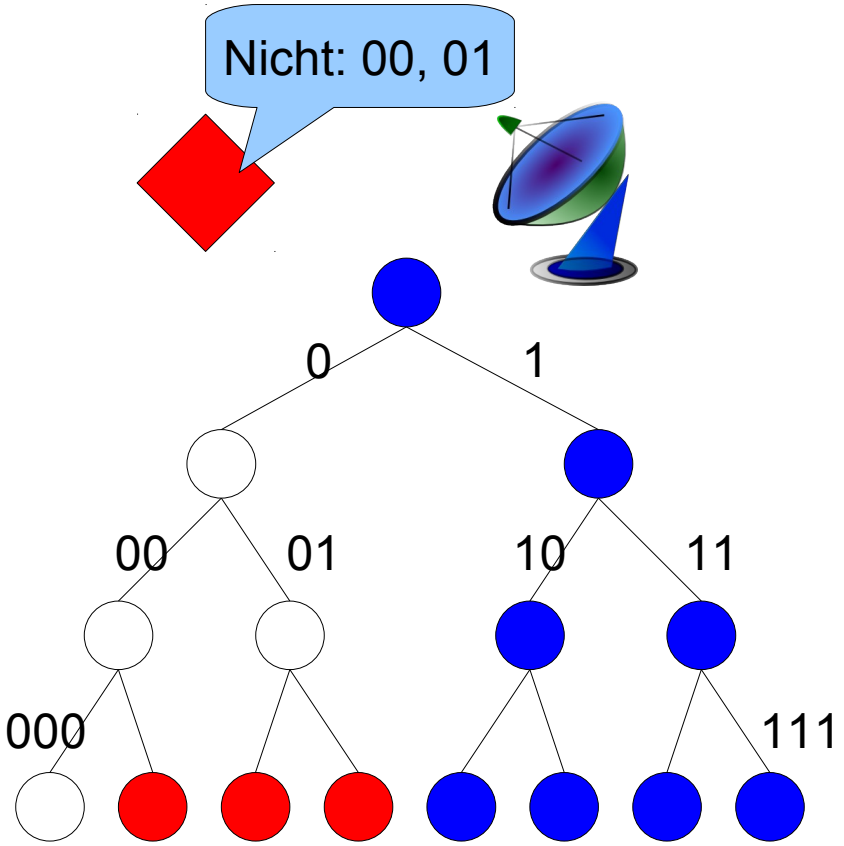
Privacy-Zonen

- nur bestimmte Teilbäume werden geblockt
  - Blocker-Tag sendet nur bei vorher ausgewählten Präfixen
- Vorteile
  - keine vollständige Blockade
- Nachteile
  - wenn große Teilbäume geblockt werden, dauert Identifikation der erlaubten Tags extrem lange
  - erlaubte Tags werden ggf. mit blockiert



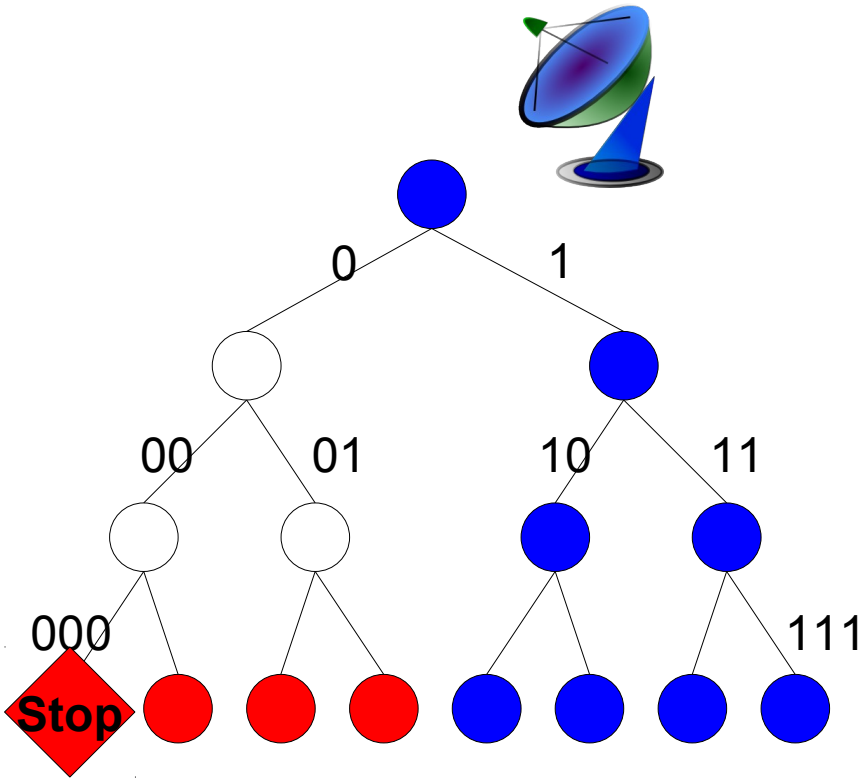
Polite Blocking

- Blockertag teilt Leser mit, welche Präfixe nicht abgesucht werden sollen
- Vorteile
  - keine vollständige Blockade
  - behindert nicht den Lesevorgang erlaubter Tags
- Nachteile
  - Implementierungs-aufwand beim Leser



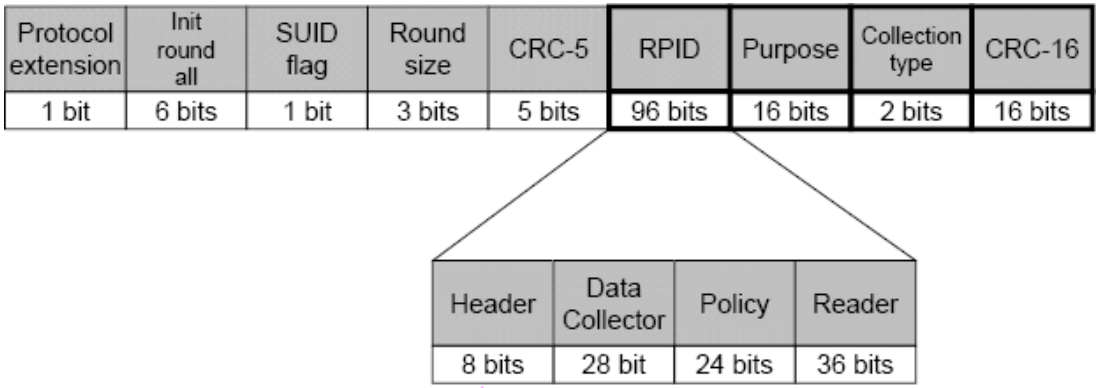
Soft Blocking

- Spezielle Tags mit Adressbereichen, die vor den privaten Tags kommen, teilen dem Leser mit, dass er nicht weiter scannen darf
- Vorteile
  - keine vollständige Blockade
  - leicht implementierbar
  - behindert nicht den Lesevorgang
  - billige Blocker Tags (markierte normale Tags)
- Nachteile
  - Einhaltung unkontrollierbar



Umsetzung von P3P auf RFID (1/2)

- Erweiterung des Inventory-Kommandos
  - Leser sendet Informationen zu Datensammler, eine Policy-ID, eine binär kodierte kompakte Policy und eine ID des Lesegeräts
- Watchdog-Tag
  - lädt die Policy anhand der ID übers Internet
  - vergleicht Nutzerpräferenzen mit Policy, blockiert ggf. Identifikationsvorgang



The modified inventory command, `Init_round_all`

C. Floerkemeier et al., *Scanning with a Purpose*, UCS'2004

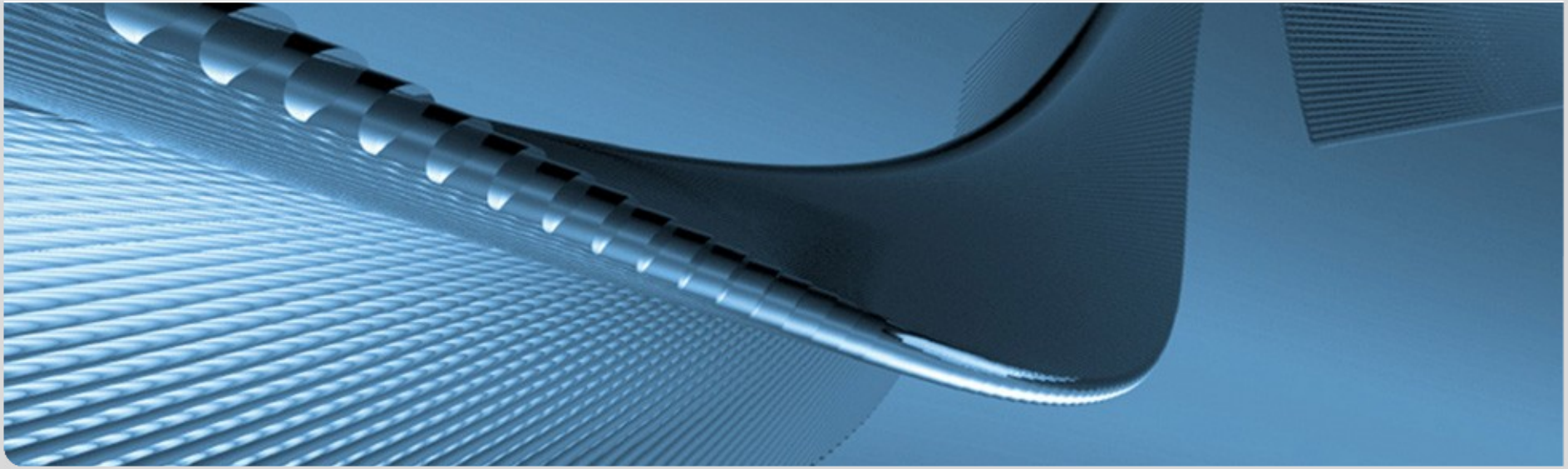
Umsetzung von P3P auf RFID (2/2)

- Vorteile
  - ausgefeilte Policy-Spezifikationen möglich
- Nachteile
  - wie P3P, also keine Mechanismen zur Durchsetzung, schwierige Bedienung, erfordert Expertenwissen beim Nutzer
  - komplizierte Realisierung
    - teure Infrastruktur aus Watchdogs, Policy-Servern und mobiler Internet-Anbindung
    - große Erweiterungen an Lesegeräten, Tags und Protokollen erforderlich

Karlsruher Institut für Technologie

Zusammenfassung

IPD, Systeme der Informationsverwaltung, Nachwuchsgruppe „Privacy Awareness in Information Systems“



Zusammenfassung

- RFID ist eine der derzeit populärsten Ubicomp-Techniken
- Funktionsweise von RFID
- Zahlreiche Datenschutz- und Sicherheitsbedenken
  - resultierend aus den technischen Fähigkeiten und der Forderung nach billigen Tags
- Weites Spektrum an Lösungsmöglichkeiten

Literatur

[1] *TAUCIS: Technikfolgen-Abschätzung Ubiquitäres Computing und Informationelle Selbstbestimmung,* Studie für das BMBF https://www.datenschutzzentrum.de/taucis/ita_taucis.pdf

[2] Roy Wart, *An Introduction to RFID Technology,* IEEE Pervasive Computing 2006

[3] Simson Garfinkel et al., *RFID Privacy: An Overview of Problems and Proposed Solutions,* IEEE Security and Privacy 2005