

## Radio Frequency Identification (RFID)

- ermöglicht automatische Identifikation (Funkerkennung) und Lokalisation von Objekten.
- Ein RFID-System umfasst
  - Transponder (auch RFID-Etikett, -Chip, -Tag, oder Smart Label genannt).  
besteht aus:
    - Mikrochip
      - analoger Schaltkreis zum Empfangen und Senden (Transponder)
      - digitalen Schaltkreis
        - bei komplexeren Modellen: Von-Neumann-Architektur
      - permanenten Speicher
        - mehrfach beschreibbaren Speicher möglich
    - Antenne
    - Träger oder Gehäuse
    - Energiequelle (bei aktiven Transpondern)
  - Lesegeräte / Reader
  - Integration mit Servern, Diensten und sonstigen Systemen
- Transponder an oder in Objekten speichern Daten
- Daten können berührungslos und ohne Sichtkontakt gelesen werden
- Entfernung zum Auslesen abhängig von
  - Ausführung (passiv/aktiv)
  - Frequenzband
  - Sendeleistung
  - Umwelteinflüssen
- Datenübertragung mittels elektromagnetischer Wellen
  - niedrigen Frequenzen >> induktiv über Nahfeld
  - höheren Frequenzen >> elektromagnetisches Fernfeld
- Entwicklungsgeschichte
  - ersten RFID-Anwendungen Ende des Zweiten Weltkrieges eingesetzt
    - Sekundärradar zur Freund-Feind-Erkennung
    - In Flugzeugen und Panzern waren Transponder und Leseeinheiten angebracht
    - Bis heute werden Nachfolgesysteme in den Armeen eingesetzt
  - "Siemens Car Identification" (SICARID) Ende der 1960er
    - Identifizierung von Eisenbahnwagen und Autoteile in der Lackiererei
  - ersten kommerziellen Vorläufer der RFID-Technik in den 1970ern

- elektronische Warensicherungssysteme (EAS)
  - 1 Bit Speicherkapazität
  - Durch Markierung (vorhanden/fehlt) sollte Diebstahl reduziert werden
- 1980ern
  - Landwirtschaft, z.B. Tierkennzeichnung
  - Straßenverkehr für Mautsysteme in USA und Norwegen
- 1990ern
  - verbreitet für Mautsysteme, Zutrittskontrollen, bargeldloses Zahlen, Skipässe, Tankkarten, elektronischen Wegfahrsperrern etc.
- 1999 – 2003
  - Entwicklung eines globalen Standards zur Warenidentifikation  
>> Electronic Product Code (EPC)  
durch das Auto-ID Centers am MIT
- Technik
  - Kennzahlen
    - Funkfrequenz, Übertragungsrate, Lebensdauer, Kosten pro Einheit, Speicherplatz, Lesereichweite und Funktionsumfang.
  - Funktionsweise der RFID-Kommunikation
    - Reader erzeugt ein elektromagnetisches (U)HF-Feld
    - In der Antennenspule entsteht in die Nähe des elektromagnetischen Feldes ein Induktionsstrom
    - Induktionsstrom aktiviert den Mikrochip im RFID-Tag
      - passiver Tag: induzierter Strom lädt Kondensator auf
        - sorgt für dauerhafte Stromversorgung des Chips
      - aktiver Tags: Batterie deckt Energiebedarf
    - RFID-Chip mit aktiviertem Mikrochip empfangsbereit für Befehle vom Lesegerät
      - Tag moduliert Antwort in das vom Reader ausgesendete Feld
        - senden der TAG-SNr. oder andere vom Reader abgefragte Daten
        - Tag sendet selbst kein Feld aus, sondern verändert nur das elektromagnetische Feld des Readers durch sog. Lastmodulation, indem er die Energie des Feldes „verbraucht“, was wiederum der Reader detektiert
        - Ein 13,56 MHz Tag kann nur im elektromagnetischen Nahfeld gelesen werden, welches eine Reichweite der halben Wellenlänge hat, bei 13,56 MHz maximal 11,1 Meter
      - Backscattering: Im UHF Bereich bei 865 – 920 MHz reflektiert die Transponderantenne das elektromagnetische Feld oder absorbiert dieses, sodass das Verhältnis der Reflektionsänderung vom Reader wahrgenommen werden kann

- hohe Leistung würde des Readers sämtliche Antworten des Tag überstrahlen und damit unlesbar machen.
  - Daher antwortet der UHF Tag nicht in der Frequenz der Continuous Wave, sondern in einem Seitenband
  - Tag moduliert ein Antwortsignal mit einer Frequenz von 200 kHz und erzeugt damit Seitenbänder, die 200 kHz oberhalb und unterhalb der Continuous Wave liegen
- Einfluss des umgebenden Materials
  - Wasser absorbiert Strahlung stark
  - Metall reflektiert Strahlung stark
  - Tag auf diesen Materialien daher kaum lesbar
- Energieversorgung
  - muss durchgehend gedeckt werden
  - handelsüblicher UHF Tag nach EPC 1.19 Standard benötigt ca 0,35 mA
  - Reader muss dauerhaftes Feld erzeugen >> im UHF Bereich „Continuous Wave“ genannt
  - Feldstärke nimmt quadratisch mit der Entfernung ab
    - diese Entfernung in beide Richtungen - vom Reader zum Tag und zurück
    - Continuous Wave muss leistungsstark sein
    - Üblicherweise zwischen 0,5 und 2 Watt EIRP
- Kryptographiemodule oder externe Sensoren wie z.B. GPS können integriert werden
- Probleme
  - Vielzahl unterschiedlicher Geräten oftmals inkompatibel
  - Regional verschiedene Frequenzen und bevorzugten Standards
  - Produkte mit "hoher" Dichte
    - Lösung in der Logistik  
Flap- oder Flag-Tags, welche im rechten Winkel vom Produkt abstehen und so einen großen Abstand zum Produkt haben
- Baugröße & Bauformen
  - Maßgeblich für die Baugröße sind die Antenne und das Gehäuse
  - Die Form und Größe der Antenne ist abhängig von der Frequenz bzw. Wellenlänge.
  - Klassifizierung
    - unterschiedlichen Bauformen
      - LF 125kHz passive RFID-Chips
        - Zutrittskontrolle und Zeiterfassung
      - 13,56 Mhz Mifare (Infineon) bzw. I-Code Technologie(Philips)
        - E-PURSE (elektronische Geldbörse und Ticketing)

- Studentenausweis
      - Wegfahrsperr
      - Ohrmarken für Tiere
    - Integration in Nägel oder PU Disk TAGs
      - Palettenidentifikation
    - in Chipcoins
      - Abrechnungssysteme z. B. in öffentlichen Bädern
  - Größen
    - Größe von Büchern besitzen (z. B. in der Containerlogistik)
    - kleine RFID-Transponder herzustellen, die sich in Geldscheinen oder Papier einsetzen lassen
  - Schutzklassen
- passive Transponder
    - reduziert Kosten und Gewicht
    - Continuous Wave muss aufgrund der geringen Kapazität des Kondensators durchgehend vom Lesegerät gesendet werden
    - verringerte Reichweite
    - Anwendung
      - Produktauthentifizierung bzw. -auszeichnung
      - Zahlungssysteme
      - Dokumentenverfolgung
  - aktive Transponder
    - eigener Energieversorgung
      - Normalerweise befinden sie sich im Ruhezustand bzw. senden keine Informationen aus, um die Lebensdauer der Energiequelle zu erhöhen
      - spezielles Aktivierungssignal aktiviert den Sender
      - Die Energie der Batterie kann nicht für das Erzeugen des modulierten Rücksignals genutzt werden, dennoch erreicht man eine höhere Reichweite als beim Backscatteringverfahren aufgrund des geringeren Energieverbrauches an Feldenergie
    - höhere Reichweite (bis etwa 100 Meter), größeren Funktionsumfang
    - höhere Kosten pro Einheit
    - Einsatz
      - wo die zu identifizierenden oder zu verfolgenden Objekte eine lange Lebensdauer haben, z. B. bei wieder verwendbaren Behältern in der Containerlogistik oder Mauterfassung.