

RFID, das kontaktlose Informationssystem

1. Im Überblick

RFID (Radio Frequency Identification) ist eine drahtlose Kommunikationstechnologie, mit der ruhende oder bewegte Objekte mittels magnetischer oder elektromagnetischer Felder kontaktlos identifiziert werden können.

Die Einsatzbereiche erstrecken sich von Artikelsicherungs- und Erfassungssystemen über kontaktlose Chipkarten bis hin zur Personen- und Tier-Identifikation.

RFID-Systemen bestehen grundsätzlich aus folgenden Elementen:

- einem Transponder (auch als Tag = Etikett) bezeichnet, der Objekte mittels in ihm gespeicherter Daten eindeutig kennzeichnet,
- einem Lesegerät (oft auch als Reader bezeichnet), das die im Transponder gespeicherten Daten auszulesen vermag und
- einem Rechnersystem, das die vom Lesegerät kommenden Daten entschlüsselt und auswertet.

Transponder enthalten in der Regel eine Antenne und einen Mikrochip. Die Energieversorgung erfolgt entweder auf passivem Wege, indem der Transponder seine benötigte Energie aus dem Feld des Lesegerätes bezieht, oder auf aktive Weise über eine integrierte Batterie.

Lesegeräte bestehen aus einer Hochfrequenzeinheit (Sender und Empfänger), einem Koppellement (Antenne) zum Transponder und einer Schnittstelle zum Auswertesystem.

Gerät ein Transponder in die Nähe eines Lesegerätes, wird er von dessen Feld aktiviert. Anschließend verändert er das Feld des Lesegerätes entsprechend den zu übertragenden Daten. Das Lesegerät registriert diese Feldveränderungen und wertet sie aus.

Die von den meisten RFID-Eirichtungen genutzten Sendefrequenzen liegen in den lizenzfreien ISM-Bändern (ISM = Industrial-Scientific-Medical). Typisch für RFID sind folgende Bereiche:

- Niederfrequenz: 100 – 135 kHz
- Hochfrequenz: 6,78 MHz , 13,56 MHz, 27,125 MHz
- Ultrahochfrequenz (UHF): 433,92 MHz, 868 MHz (Europa), 915 MHz (USA)
- Mikrowelle: 2,45 GHz, künftig auch 5,8 GHz

Die erlaubten magnetischen Feldstärken der Lesegeräte liegen in 10 Meter Abstand bei 66 dB μ A/m (135 kHz) bzw. 60 dB μ A/m (13,56 MHz). Im UHF-Bereich (868 MHz) ist eine maximale Sendeleistung von 2 W ERP (Effective Radiated Power) zulässig, im Mikrowellenbereich (2,45 GHz) von 4 W ERP (in geschlossenen Räumen).

Die Reichweite von RFID-Systemen erstreckt sich von wenigen Millimetern (Niederfrequenz-Bereich, passive Transponder) bis hin zu über 10 m (Mikrowellenbereich, aktive Transponder).

2. Weitergehende Informationen zu RFID

2.1 Technik

Vom Prinzip her bestehen RFID-Systeme stets aus folgenden drei Hauptkomponenten:

- einem Transponder, häufig auch als Tag (Etikett) bezeichnet, der an dem zu kennzeichnen dem Objekt angebracht ist,
- dem Lesegerät, auch als Reader bezeichnet, nebst Kopplereinheit (Spule oder Antenne) zum Auslesen der im Transponder verfügbaren Daten sowie
- dem Rechner (z. B. PC) zum Auswerten der vom Transponder übermittelten Informationen.

Gelangt ein Transponder in den Erfassungsbereich eines Lesegerätes, sendet er ein eigenes Signal aus, welches vom Lesegerät identifiziert und in entsprechende Aktionen umgesetzt wird. Die ausgesendeten Signale können reine Anwesenheitsmeldungen sein (z. B. bei Diebstahlsicherungen) oder auch komplexere Inhalte (z. B. bei RFID-Maut-Erfassungssystemen) haben.

Aus funktechnischer Sicht lässt sich die Kommunikation einer RFID-Anlage wie folgt beschreiben:

Das Lesegerät generiert ein magnetisches oder elektromagnetisches Feld, welches von dem Koppellement des Transponders (Antenne oder Spule) empfangen wird. Dieses Feld induziert dort einen Induktionsstrom und aktiviert den Transponder. Im aktiven Zustand empfängt der Transponder Befehle, die das Lesegerät seinem Funkfeld aufmoduliert, und sendet daraufhin die geforderten Daten. Dabei erzeugt der Transponder kein eigenes Feld, sondern er verändert lediglich das Feld des Lesegerätes im Rhythmus der zu übertragenden Informationen.

Zur Kommunikation zwischen Lesegerät und Transponder kommen üblicherweise zwei Verfahren zum Einsatz: die induktive Kopplung und das aus der Radartechnik bekannte Back-Scatter-Verfahren.

Die induktive Kopplung findet bei den im Niederfrequenz- und Hochfrequenz-Bereich (100 kHz bis 27,125 MHz) arbeitenden RFID-Systemen Anwendung. Dabei befindet sich der Transponder im Nahfeld der Antenne eines Lesegerätes (d. h. der Abstand zwischen Sender und Empfänger ist klein gegenüber der Wellenlänge des elektromagnetischen Feldes) und entzieht seinem Wechselfeld Energie. Durch das Ein- und Ausschalten eines an der Antenne liegenden Lastwiderstandes im Rhythmus der zu übertragenden Daten erzeugt der Transponder eine

Spannungsänderung an der Antenne des Lesegerätes, welches dann von der Auswerteeinheit detektiert werden kann.

Bei dem im Mikrowellenbereich (868 MHz, 2,45 GHz) verwendetem Backscatter-Verfahren befindet sich der Transponder im Fernfeld des Lesegerätes, d. h. die Entfernung beträgt mehrere Wellenlängen der Betriebsfrequenz. Dabei verwenden Lesegerät und Transponder jeweils in Resonanz befindliche Dipolantennen. Im Transponder liegt ein Lastwiderstand parallel zu seiner Dipolantenne, der im Takt des zu übertragenden Datenstromes ein- und ausgeschaltet wird. Diese Signal wird dann an das Lesegerät zurückgestrahlt (Backscatter = Rückstreuung) und dort der Auswerteeinheit zugeführt.

Zur Stromversorgung der elektronischen Schaltungen und zur Übertragung der Daten zum Lesegerät benötigen die RFID-Transponder elektrische Energie. Bei der Energieversorgung lassen sich drei Varianten unterscheiden:

- Passive Transponder nutzen ausschließlich die Energie des vom Lesegerät erzeugten magnetischen oder elektromagnetischen Feldes. Im Vergleich zu aktiven Transpondern ermöglichen sie nur eine geringere Reichweite.
- Semi-aktive Transponder verfügen über eine interne Stützbatterie, die der Stromversorgung des Mikrochips dient. Zum Senden der gespeicherten Daten nutzen sie jedoch die Energie des vom Lesegerät generierten Feldes.
- Aktive RFID-Transponder werden im Fernfeld eines Lesegerätes betrieben. Sie haben eine interne Batterie, die den Mikrochip und den Datensender mit Energie versorgt. Die Transponder befinden sich im Ruhezustand, sofern sie kein Aktivierungssignal eines Lesegerätes empfangen.

Bei der Datenübertragung zwischen Transponder und Lesegerät kommen zwei unterschiedliche Methoden der Energieversorgung zum Einsatz: das Duplex-Verfahren und das sequentielle Verfahren. Beim Duplex-Verfahren erfolgt die Energieübertragung bei Kommunikation in Richtung zum Transponder und in Richtung zum Lesegerät kontinuierlich und unabhängig von der Datenübertragung. Bei sequentiellen Systemen hingegen wird der Transponder nur dann mit Energie versorgt, wenn die Datenübertragung in Richtung zum Lesegerät pausiert.

Die meisten von den RFID-Einrichtungen genutzten Sendefrequenzen liegen in den lizenz-freien ISM-Bändern (ISM = Industrial-Scientific-Medical), die für industrielle, wissenschaft-liche und medizinische Anwendungen zur Verfügung stehen. Typische Arbeitsfrequenzen befinden sich in folgenden Bereichen:

- Niederfrequenz: 100 – 135 kHz
- Hochfrequenz: 6,78 MHz , 13,56 MHz, 27,125 MHz
- Ultrahochfrequenz (UHF): 433,92 MHz, 868 MHz (Europa), 915 MHz (USA)
- Mikrowelle: 2,45 GHz, künftig auch 5,8 GHz

Bei RFID-Systemen für 100 kHz bis 27,125 MHz erfolgt die Energieübertragung ähnlich einem Transformator durch ein Magnetfeld mittels induktiver Kopplung. Dabei erzeugt die Spule des Lesegerätes ein magnetisches Wechselfeld, welches eine Wechselfeldspannung in der Spule des Transponders generiert. Diese Spannung wird im

Transponder gleichgerichtet und dient bei passiven Ausführungen der Energieversorgung des Mikrochips. Der Transponder verfügt üblicherweise über einen Schwingkreis, dessen Frequenz mit der Sendefrequenz des Lesegerätes übereinstimmt. Dadurch wird die induzierte Spannung im Vergleich zu Frequenzen außerhalb des Resonanzbandes erheblich verstärkt und somit die Leserreichweite erhöht.

Die Datenübertragung vom Transponder zum Lesegerät erfolgt mittels Lastmodulation. Dabei wird ein Lastwiderstand im Takt der Daten ein- und ausgeschaltet, womit sich die Gegeninduktivität des Transponders ändert. Diese Änderungen werden vom Lesegerät in Form kleiner Spannungsschwankungen wahrgenommen, detektiert, dekodiert und weiterverarbeitet.

Daneben gibt es nach dem Frequenzteiler-Verfahren arbeitende RFID-Systeme. Hierbei teilt der Transponder-Mikrochip die Schwingkreisfrequenz durch den Faktor 2 und sendet sie im Rhythmus der zu übertragenden Daten zum Lesegerät zurück. Z. B. beträgt bei der häufig verwendeten Arbeitsfrequenz 128 kHz die Transponder-Antwortfrequenz 64 kHz.

Typische Reichweiten von Niederfrequenz- und Hochfrequenz-RFID-Lesern liegen zwischen wenigen Millimetern und etwa einem Meter.

Bei den RFID-Systemen mit Sendefrequenzen im UHF- und Mikrowellen-Bereich geschieht die Energieübertragung wie bei den klassischen Funksystemen mittels elektromagnetischer Kopplung. Die Antenne des Lesegerätes erzeugt hier eine elektromagnetische Welle, die sich im Raum ausbreitet und in der Antenne des Transponders eine Wechselspannung generiert.

Die Datenübertragung erfolgt vom Transponder zum Lesegerät, ähnlich den Niederfrequenz- und Hochfrequenz-Systemen, mittels einer Lastmodulation, indem ein parallel zur Antenne liegender Lastwiderstand ein- und ausgeschaltet wird. Dadurch ändern sich die Eigenschaften der vom Transponder reflektierten Welle im Rhythmus der zu übertragenden Daten (Backscatter-Verfahren), was vom Lesegerät detektiert und ausgewertet werden kann.

Andere Transponder-Ausführungen basieren auf dem Prinzip der Frequenzvervielfachung. Dabei erzeugen die Nichtlinearitäten einer Kapazitätsdiode aus der Grundwelle eines Mikrowellen-Lesegerätesignals eine Oberwelle, also z. B. aus einer Eingangsfrequenz von 2,45 GHz eine Ausgangsfrequenz von 4,90 GHz, die vom dem auf diese Frequenz abgestimmten Lesegerät detektiert wird.

Die erlaubten Sendeleistungen ermöglichen bei UHF- und Mikrowellen-RFID-Systemen Reichweiten von bis zu 7 Metern für passive Transponder, von bis zu 15 Metern für semi-aktive Transponder sowie von bis zu etwa 100 Metern für aktive Transponder.

In nachfolgender Tabelle werden die wichtigsten Parameter der in den unterschiedlichen Frequenzbereichen arbeitenden RFID-Techniken gegenübergestellt.

Tabelle 1: Frequenzbereiche von RFID und ihre Parameter

RFID-Typ	Niederfrequenz	Hochfrequenz	Ultra-Hochfrequenz (UHF)	Mikrowelle
Arbeitsfrequenzbereiche	100 – 135 kHz	6,78 MHz 13,56 MHz 27,125 MHz	433,92 MHz 865 MHz (EU) 915 MHz (USA)	2,45 GHz, 5,8 GHz (in Vorbereitung)
Typische Leserreichweiten	einige mm bis 1 m	bis 3 m	bis 9 m	> 10 m
Art der Kopplung von Leser und Transponder	induktiv	induktiv	elektromagnetisch	elektromagnetisch
Zulässige magnetische Feldstärken	$\leq 66 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ in 10 m Abstand	$\leq 42 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ in 10 m Abstand (6,75 MHz) $\leq 60 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ in 10 m Abstand (13,56 MHz)		
Zulässige Sendeleistungen			$\leq 2 \text{ W ERP}$ (865 MHz)	$\leq 4 \text{ W EIRP}$ (geschlossene Räume) $\leq 500 \text{ mW EIRP}$ (nicht geschlossene Räume)
Lesegeschwindigkeit	langsam	langsam bis mittel	schnell	sehr schnell
Anwendungsbeispiele	Tier-Identifizierung	Zugangskontrollen	Lager, Logistik	Fahrzeug-Identifikation

Im Gegensatz zu z. B. den Zugangskontrollen, bei denen sich stets nur ein Transponder im Auswertebereich eines Lesegerätes befindet, gibt es zahlreiche RFID-Anwendungen, bei denen eine größere Anzahl von Transpondern gleichzeitig zu identifizieren ist. Als Beispiel seien hier die auf einer Palette befindlichen mit RFID-Etiketten gekennzeichneten und zu erfassenden Waren im Wareneingang eines Handelsunternehmens genannt.

Damit mehrere Transponder gleichzeitig auf das Übertragungsmedium zugreifen können, wird in der RFID-Technologie häufig das TDMA-Verfahren (Time Division Multiple Access) verwendet, bei dem die Daten der verschiedenen Transponder in bestimmten Zeitschlitzten eines Sendekanals übertragen werden. Hierbei wird die gesamte im Übertragungskanal verfügbare Übertragungskapazität nacheinander auf die einzelnen Transponder aufgeteilt. Seltener kommt das FDMA-Verfahren

(Frequency Division Multiple Access) zum Einsatz. Hier verwenden nutzen Transponder je eine Trägerfrequenz zur Datenübertragung. Der UHF-Bereich bei 865 MHz ist hierzu in 40 je 200-kHz breite Kanäle unterteilt.

Bei Mikrowellen-RFID-Systemen im 2,45-GHz-Bereich, welche außerhalb von Gebäuden arbeiten, wird ähnlich der WLAN-Technologie (Wireless Area Network) das Frequenzspreizverfahren FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) eingesetzt, bei dem der genutzte Frequenzbereich sprunghaft in dem 83,5-MHz breiten Band gewechselt wird.

Je nach Komplexität erfolgt die Datenübertragung mittels einfacher oder Fehlererkennender Kodierungs-, Verschlüsselungs- und Antikollisionsverfahren. Antikollisionsverfahren erlauben die korrekte und gleichzeitige Erfassung einer größeren Anzahl von sich simultan im Erfassungsbereich befindlichen Transpondern. Dabei gibt es zur Vermeidung von Kollisionen deterministische und probabilistische Verfahren. Bei den deterministischen Verfahren sucht das Lesegerät alle im Auswertebereich befindlichen Transponder anhand der eindeutigen Seriennummer ab. Bei den probabilistischen Verfahren antwortet der Transponder zu einem zufällig gewählten Zeitpunkt unter Anwendung geeigneter Antwortzeit-Algorithmen.

3. Themenbezogene Links

ERC Recommendation 70-03: Relating The Use Of Short Range Devices (SRD):
<http://www.eroocdb.dk/Docs/doc98/official/pdf/REC7003E.PDF>

ETSI-Spezifikationen EN 300 220, EN 330 440:
<http://pda.etsi.org/pda/queryform.asp>

International Organization for Standardization (ISO):
http://www.iso.org/iso/iso_catalogue.htm