

Einsatz der RFID-Technologie im Gartenbau

1 Einführung

Das Kürzel RFID steht für Radio Frequency Identification, eine Technik, die eine automatische und berührungslose Identifikation von Objekten erlaubt. Die Basis dafür bilden die so genannten RFID-Tags, das heißt Funketiketten mit einem kleinen Chip, dessen Speicher eine Kennung enthält, die durch Verwendung des Electronic Product Codes (EPC) weltweit eindeutig ist. Damit ist jedes RFID-etikettierte Objekt mittels eines RFID-Lesegerätes sicher und unverwechselbar zu identifizieren.

Diese Technologie wurde zwar schon in den 1970er Jahren in der Landwirtschaft – beispielsweise zur Tieridentifikation bei der Kraftfutterzuteilung in der Rindermast – und später zur Zugangskontrolle in Skigebieten oder in Bibliotheken eingesetzt, aber erst jetzt führen die stetig fallenden Produktionskosten und die Einführung von weltweit akzeptierten Standards der Produktcodierung zum breiten Einsatz im Handel.

Es ist absehbar, dass die RFID-Tags aufgrund ihrer zahlreichen Vorteile den Barcode zur Produktauszeichnung ablösen werden. Diese Technik wird die Wertschöpfungsketten revolutionieren, denn sie ermöglicht eine bisher nie gekannte Transparenz innerhalb der Lieferketten und birgt ein erhebliches Rationalisierungspotenzial für den gesamten Handel. Speziell in der Lebensmittelbranche ist die Forderung nach Rückverfolgbarkeit der Produkte ein ganz zentrales Anliegen geworden, per RFID wird diese Zielvorgabe umzusetzen sein. Der Gartenbau ist an dieser Stelle mit den Sparten Gemüse und Obst besonders betroffen, allerdings ist die Realisierung von Rückverfolgbarkeit im Sinne der Qualitätssicherung auch bei Nicht-Lebensmitteln ein wichtiges Ziel. Zudem sollen noch einige gartenbauspezifische Anwendungen beschrieben werden.

Tab. 1: Unterscheidungsmerkmale von RFID-Tags

Kriterium	Werte	Hinweise zur Verwendung
Stromversorgung	aktiv (eigene Stromversorgung) passiv (Energie vom Lesegerät)	Einsatz passiver Tags überwiegt: Anteil über 70 % ¹⁾
Frequenzbereiche	100 – 135 kHz Niederfrequenz LF 13,56 MHz Hochfrequenz HF 868 MHz ²⁾ Ultrahochfrequenz UHF 2,45 GHz Mikrowelle MW	Einsatzhäufigkeiten: 4 % LF, 57 % HF, 26 % UHF und 13 % MW ¹⁾
Reichweite	wenige cm bis mehrere m (passive) bis zu 100 m (aktive Tags)	Auswahl je nach Anforderung des Einsatzgebietes
Speicher-Kapazität	von 64 Bit bis zu 32 KB (passive Tags) bzw. mehrere MB (aktive Tags)	bei 64 Bit wird nur die Identifikations-Nr., sonst können weitere Daten gespeichert werden
Schreiben möglich	nein (nur Lese-Version, read only) ja (Schreib-Lese-Version, read/write)	read only: kostengünstige Variante für die Produktauszeichnung
Preis	von 5 Cent bis 10 Euro (derzeit) minimal 1 Cent (Zukunfts-Ziel)	Auswahl je nach Einsatzgebiet

¹⁾ Quelle: Ergebnisse einer RFID-Marktstudie (TEN HOMPEL und LANGE 2004 sowie [6])

²⁾ 868 MHz gilt in Europa, aber 915 MHz in USA und 950-956 MHz in Japan (FLEISCH u. MATTERN 2005)

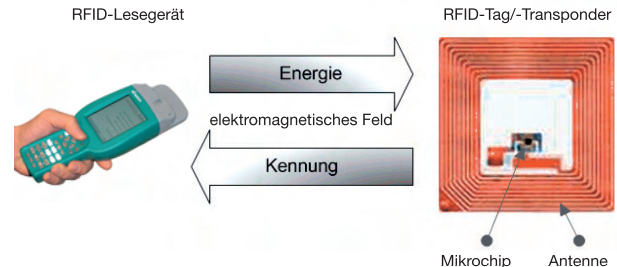


Abb. 1: Aufbau eines passiven RFID-Tags und Aktivierung durch ein Lesegerät
Quelle: [23]

2 Grundlagen

Ein RFID-System besteht aus zwei Komponenten: dem RFID-Tag – auch Transponder, Smart-Label oder schlicht Funketikett genannt – und einem Schreib-/Lesegerät. Der Begriff Transponder setzt sich aus den Worten Transmitter und Responder zusammen und beschreibt damit gut seine Funktion; trotzdem wird im Folgenden häufig auch der kürzere Begriff Tag verwendet.

Grundsätzlich gibt es zwei Varianten von Tags: aktive – das heißt solche mit eigener Stromversorgung – und passive, deren Versorgung mit der zum Senden notwendigen Energie vom Lesegerät kommt. Die mit Abstand meistverwendeten Tags sind aber die batterielosen passiven Tags, die nur aus einem winzigen Mikrochip mit Datenspeicher, einer Antenne zum Senden der Daten und einem Trägerobjekt (z. B. Papierlabel) bestehen. Bei spezifischen Anforderungen, wie beispielsweise Hitze-/Kälte- oder Säure-Resistenz, wird eine Ummantelung aus Glas, Epoxy, PVC oder Keramik notwendig.

Wie in Abb. 1 dargestellt sendet ein RFID-Lesegerät elektromagnetische Wellen aus, die von allen Tags in der Reichweite empfangen und zu ihrer Aktivierung verwendet werden. Derart aktivierte Tags senden dann ihre eindeutige Kennung sowie eventuell weitere Inhalte ihres Datenspeichers zum Lesegerät zurück.

Außer der schon beschriebenen unterschiedlichen Stromversorgung gibt es eine Reihe weiterer Merkmale, in denen sich RFID-Tags unterscheiden. Diese Kriterien sind in Tab. 1 übersichtlich zusammengestellt und werden im Anschluss erläutert.

Wie in Tab. 1 angegeben hängt die Wahl des Transpondertyps ausschließlich von seinem Einsatzbereich ab. So eignen sich beispielsweise zur Produktauszeichnung passive Tags des mittleren Frequenzbereichs mit nur 64 Bit als Read-Only-Version, denn diese Tags können in großen

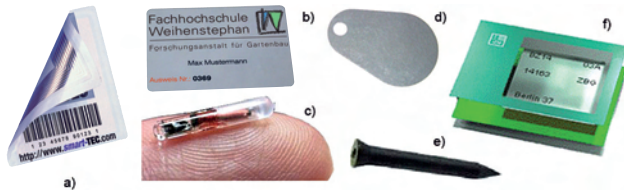


Abb. 2: Bauformen von RFID-Tags

a) Klebeetikett, b) Karten-, c) Glas-, d) Anhänger-, e) Nagel- und f) DRFID-Transponder

Quellen: [14], [15], [16], [18] und [19]

Stückzahlen mit einer vorgegebenen eindeutigen Kennung gefertigt werden und sind dann entsprechend kostengünstig.

Die aktiven Transponder mit eigener Stromversorgung erzielen eine erheblich höhere Reichweite und werden deshalb beispielsweise bei Wegfahrsperren von Pkw's, der Mauterfassung und in der Großcontainerlogistik eingesetzt. Im Vergleich zu den passiven Tags sind sie größer, haben mehr Speicher, allerdings auch eine geringere Lebensdauer und einen wesentlich höheren Preis. Solche aktiven Tags befinden sich normalerweise im Ruhezustand und aktivieren ihren Sender bei Empfang eines speziellen Signals.

Bauformen von Tags

Es gibt zahlreiche unterschiedliche Bauformen von Tags. Die in Abb. 2 gezeigten Beispiele werden in der Reihenfolge von links nach rechts erläutert. Zunächst ist ein kombiniertes Klebeetikett zur Produktauszeichnung im Handel zu sehen; es ist auf der Vorderseite zusätzlich mit einem Barcode bedruckt und kann damit sowohl mit einem RFID-Lesegerät als auch mit einem Barcodeleser bearbeitet werden – für die Zeit der Umstellung von Barcode- zu RFID-Systemen eine sehr brauchbare Lösung. Die Verpackung eines Tags in ein winziges Glasröhrchen (Reiskorn-Größe) bietet sich an, wenn ein Implantat bzw. Injektat in einen lebenden Organismus gesetzt werden soll. Dies wird nicht nur zur Tieridentifikation oder zur Kennzeichnung eines Baumstammes, sondern in USA sogar zur Überwachung von Alzheimer-Patienten in Altersheimen eingesetzt. Die Karten- oder auch die Anhänger-Form eines RFID-Tags wird üblicherweise für Zugangskontrollsysteme (Mitarbeiterausweis, Skipass, etc.) verwendet. Der RFID-Nagel der Schweizer Firma Sokymat wurde für die Forstwirtschaft konzipiert, ist aber sicherlich auch im Baumschulbereich einsetzbar. Das letzte Bild zeigt einen so genannten DRFID-Transponder (Display+RFID) – eine interessante Neuentwicklung, bei welcher der Speicherinhalt des Chips auf einer Anzeige für den Menschen lesbar gemacht wird. Diese Anzeige funktioniert nach dem Prinzip der „elektronischen Tinte“, auch als E-Papier bezeichnet. Solches E-Papier besteht aus elektrisch leitendem Kunststoff und enthält winzige Kügelchen mit Farbpigmenten, die auf elektrische Spannung reagieren, womit weiße und schwarze Punkte erzeugt werden. E-Papier ist gegenüber herkömmlichen Bildschirmen kontrastreicher, in beliebiger Größe und günstiger herstellbar sowie von jedem Blickwinkel aus gut lesbar. Außerdem ist der Stromverbrauch sehr gering, da nur beim Ändern des Inhaltes Strom fließen muss. Diese Kombination der beiden Technologien RFID und E-Papier birgt ein großes Potenzial, wenn man daran denkt, dass damit leicht und schnell änderbare Preisschilder an Supermarkt-Regalen, Fahrkarten mit Anzeige des Restguthabens, etc. zu realisieren sind. Diese Schilder dürften auch im Gartencenter für die flexible, schnell änderbare Preis-Auszeichnung von Tischen mit Pflanzen gut geeignet sein.

Eine weitere, für den Gartenbau wichtige Bauform ist der Etikettensensor – ein aktiver Transponder mit integriertem Temperatursensor, der zur Überwachung und Rückverfolgung der Bedingungen bei Transport und Lagerung von temperaturempfindlichen Agrarprodukten (Obst, Gemüse, Jungpflanzen, Schnittblumen, etc.) eingesetzt werden kann. Der Etikettensensor



Abb. 3: Beispiele von RFID-Schreib-/Lesegeräten:

a) mobiler Handreader, b) Lesegerät zur Zeiterfassung, c) Reader am Handrücken, d) stationäres Lesegerät, e) Reader am Gabelstapler

Quellen: Metro AG 2007, [14] bis [17] und [22]

TempSens® der Firma KSW Microtec Dresden sieht aus wie eine Kreditkarte und arbeitet nach Angabe von GEYER et al. (2006) mit 13,56 MHz, kann für einen Messbereich von -20°C bis $+50^{\circ}\text{C}$ bei einer Genauigkeit von $\pm 1\text{ K}$ bis zu 700 Temperatur-Zeit-Datensätze abspeichern, wobei die Messintervalle zwischen 5 s und 12 h einstellbar sind, und hat eine Batterielebensdauer von ca. 4 bis 6 Monaten. Der neu entwickelte Etikettensensor VarioSens® bietet außer einer Temperatur- auch schon die Feuchte-Messung mit an (siehe dazu [11]). Es ist zu erwarten, dass nach diesem Prinzip des Verbindens von RFID- und Sensor-Technik weitere Spezialtransponder entwickelt werden. Nachdem vor kurzem ein RFID-Chip mit Glukosesensor, der Diabetiker-Patienten unter die Haut implantiert werden kann und dann ein schmerzfreies Auslesen der Blutzuckerwerte ermöglicht, ist der Schritt zu vergleichbaren Sensoren zur Messung von Phytohormonen in Pflanzen zumindest vorstellbar.

RFID-Schreib-/Lesegeräte

Die Bauweise von Lesegeräten variiert je nach Einsatzbereich eines RFID-Systems sehr stark (siehe Abb. 3). Das Spektrum reicht vom kompakten, mobilen Handreader bis hin zu stationären Lesetoren für die Lagerverwaltung oder ein Mauterfassungssystem. Besonders leistungsfähige Geräte beherrschen auch die Pulklesung, das heißt, sie sind in der Lage, viele Tags gleichzeitig zu erfassen. Für Anwendungen, bei denen das Bedienpersonal möglichst beide Hände zum Arbeiten frei haben sollte, ist das Lesegerät mit Befestigung am Handrücken eine interessante Lösung. Auch die Montage eines solchen RFID-Lesegerätes direkt am Gabelstapler kann eine effektive Möglichkeit sein, dem Staplerfahrer über einen Monitor in seiner Fahrerkabine eine schnelle Kontrolle über die Inhalte seiner geladenen Palette zu verschaffen. Zu beachten ist, dass nicht jedes Lesegerät auch zum Beschreiben von Tags geeignet ist.

Zur Herstellung so genannter Smart Labels, die Text und herkömmlichen Barcode mit einem eingebetteten RFID-Chip kombinieren, werden inzwischen auch spezielle RFID-Drucker angeboten (siehe Abb. 4). Ein solcher Drucker kann parallel über den integrierten RFID-Writer den Produktcode und weitere Informationen in den Speicher eines Labels übertragen als auch konventionell dessen Beschriftung mit Barcode und lesbarem Text vornehmen. Diese Smart Labels werden heute schon beispielsweise zur Kennzeichnung des Gepäcks an Flughäfen verwendet.

3 Einsatz der RFID-Technik im Handel

Die Abb. 5 zeigt alle Partner, die an der Lieferkette (Supply Chain) eines Produktes vom Erzeuger zum Verbraucher beteiligt sind. Die Forderung nach Qualitätssicherung und Überwachung der Produktsicherheit erfordert schon immer entsprechende Maßnahmen und Kontrollen entlang dieser Kette; neu dagegen ist das Verlangen des Verbrauchers, die totale Transparenz bezüglich Herkunft, Produktionsart, Transportbedingung eines Produktes herzustellen. Zur Realisierung dieser Rückverfolgbarkeit kann die RFID-Technik den entscheidenden Beitrag liefern, weil sie einen Weg eröffnet, jeden Teilschritt einer Lieferkette zu dokumentieren.

Eine unverzichtbare Basis dieses Lieferketten-Managements ist die Standardisierung der Produktcodierung. Schon im Jahr 2003 wurde die Organisation EPCglobal Inc. als gemeinsames Tochterunternehmen von „EAN International“ und „Uniform Code Council“ (UCC), die in Europa bzw. USA für die Barcode-Standardisie-



Abb. 4: RFID-Drucker zur Herstellung von Smart Labels
Quelle: [20]

rung zuständig sind, gegründet. Ziel bei dieser Gründung von EPCglobal war die Schaffung eines weltweit gültigen Standards zur branchenunabhängigen Nutzung der RFID-Technologie.

Der daraufhin entwickelte EPC (Electronic Product Code) ist somit der Schlüssel für eine weltweit einheitliche und eindeutige Identifikation einzelner Objekte wie Paletten, Kartons, Packstücke bis hin zu einzelnen Produkten. Dieser Code mit 96 Bits erlaubt die Kennzeichnung von bis zu 10^{18} (Trillion) Einzel-Produkten eines Unternehmens; theoretisch wäre damit eine Codierung aller Gegenstände auf der Welt machbar.

Wie die Tab. 2 zeigt werden mit dem EPC – ähnlich wie beim Barcode auch – zunächst das jeweilige Unternehmen sowie der Artikeltyp als SKU (z. B. Poinsettie im 11-Topf) gespeichert. Zusätzlich wird aber im letzten Teil des EPC noch eine Seriennummer, die jeden Einzelartikel eindeutig kennzeichnet, mit abgespeichert. Damit kann in Verbindung mit den Aufzeichnungen zur laufenden Produktion eine artikelgenaue Rückverfolgung möglich gemacht werden (z. B. Poinsettie am 15. Januar 2005 als Nr. 35 getopft).

Ein Produkt-Barcode kann ohne Probleme in einen äquivalenten EPC umgewandelt werden, d. h. der EPC kann ein existierendes Nummerierungsschema, das sich im Handel bewährt hat, quasi als Teil-Format übernehmen. In Tab. 3 werden die Vor- und Nachteile der beiden Produktkennzeichnungstechniken Barcode und RFID gegenübergestellt.

Für viele Warenhäuser wird der Diebstahlschutz ein starkes Argument zur Einführung dieser Technik sein, denn ein RFID-etikettierter Artikel wird beim Kassieren auch dann erfasst, wenn er vom Kunden in die Jackentasche statt den Einkaufswagen gesteckt wird.

Einbindung in die Unternehmens-IT

Voraussetzung für eine transparente Rückverfolgbarkeit ist allerdings, dass zu jedem Einzelartikel alle bezüglich Produktion, Ver-

Tab. 2: Aufbau des elektronischen Produktcodes EPC

Header (8-bit)	EPC-Manager (28-bit)	Objekt-Klasse (24-bit)	Seriennummer (36-bit)
gibt Auskunft über die Version des EPC	Codierung des Unternehmens, das für die folgenden Blöcke verantwortlich ist	kennzeichnet die Art des Produkts (sog. SKU = Stock Keeping Unit)	identifiziert jedes einzelne Produkt innerhalb einer Objekt-Klasse
z. B.: 01	0000A89	00016F	000169DC0

Tab. 3: Vergleich Barcode mit RFID

Eigenschaft	Barcode	RFID
Zugriffsart	sequenziell nur Lesen	parallel auch Schreiben
Geschwindigkeit	niedrig	hoch
Sicherheit	niedrig (z. B. Verschmutzungsanfälligkeit)	hoch (Warenrückverfolgbarkeit, Diebstahlschutz, u. a.)
Kosten (in Cent/Stück)	gering (ca. 0,7 ct)	derzeit hoch: > 5 ct Prognose: 1 ct

arbeitung oder Transport wichtigen Ereignisse zunächst in einer Datenbank des Unternehmens, beispielsweise im vorhandenen Warenwirtschaftssystem, abgelegt werden. Die Software, welche die Lesegeräte mit dem bestehenden IT-System verbindet, wird auch als Middleware bezeichnet. Um den Zugriff auf diese Daten von außen über einen Internet-basierten Weg zu ermöglichen, wurde das EPCglobal-Netzwerk konzipiert, wobei teils auch vom „Internet der Dinge“ gesprochen wird, weil dabei die Grundprinzipien des konventionellen Internets übertragen wurden. Genauso wie im WWW vom Browser eine gesuchte Webseite über den zentralen DNS (Domain Name Service) eindeutig und schnell gefunden werden kann, sollen im EPCglobal-Netz die Informationen zu einem bestimmten Artikel über das zentrale Verzeichnis ONS (Object Name Service), welches die Speicherorte der gesuchten Information kennt, gefunden werden. Zur Realisierung dieses Informationsnetzwerkes muss noch ein komplexes System von Softwarekomponenten, Schnittstellendefinitionen, Sicherheitskonzepten und anderen Standards für die teilnehmenden Firmen aufgebaut werden (siehe Genauerer dazu bei CLASEN 2006 und FLEISCH und MATTERN 2005). Solche umfassenden Lösungen werden auch als Warehouse-Management-Systeme bezeichnet.

Die Auszeichnung aller Waren mit RFID- statt Barcode-Etiketten scheitert derzeit noch am Preis, hat aber ein enormes Einsparpotenzial; dieses reicht vom schnelleren Kassiervorgang über den Diebstahlschutz bis hin zum Einsatz intelligenter Regale, die automatisch fehlende Waren rechtzeitig nachbestellen und dem Kunden bei einer Produkt-Entnahme entsprechende Produktinformationen anzeigen. Der derzeit hohe Transponderpreis könnte durch das Konzept des Chip-Sharings aufgefangen werden: alle Beteiligten einer Wertschöpfungskette nutzen die Transponder gemeinsam und teilen sich die Kosten. Die Metro-Gruppe testet Einsatz und Akzeptanz dieser Technik seit längerer Zeit in einem Supermarkt der Zukunft (siehe [10]). Zu erwarten ist, dass in Zukunft RFID-Handys zur elektronischen Geldbörse werden, d. h. ein Bezahlvorgang läuft zwischen diesem Handy und einem RFID-Lesegerät an der Kasse automatisch ab und ist so einfach wie der Gang durch ein Drehkreuz am Skilift.

In der Praxis setzt sich aber schon heute die Kennzeichnung von Transportverpackungen aller Art (Paletten, CC-Container und andere Mehrwegverpackungen) immer stärker durch. Während einige große Handelsgruppen (Metro, WalMart, Tesco, etc.) dies bereits zur schnellen Wareneingangserfassung eingeführt haben, wird im grünen Sektor noch um einen gemeinsamen Standard ge-

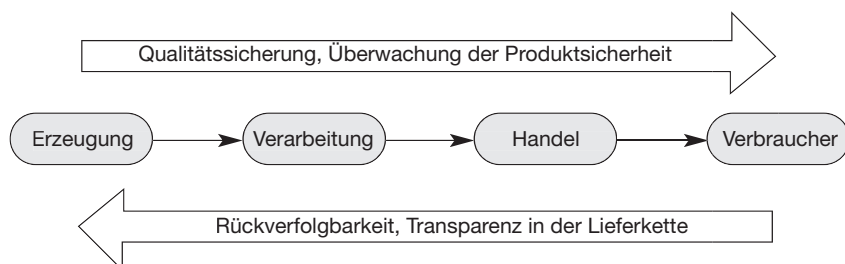


Abb. 5: Lieferketten-Management im Handel

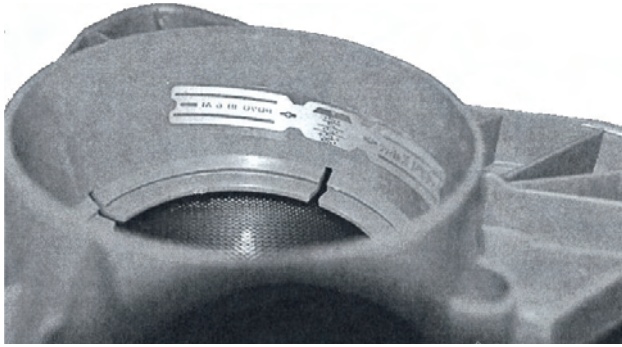


Abb. 6: RFID-basiertes Trägersystem für Töpfe Quelle:[12]

rungen; aber immerhin haben sich die Hauptakteure der Blumenindustrie (Landgard, Vermarkter aus NL und DK, Container-Zentrale Odense, u. a.) zu einer Projektgruppe zur Einführung dieser Technik zusammengeschlossen. Als Ziel wurde die Effizienzsteigerung durch Vermeidung manueller Buchungen und damit verbunden eine höhere Erfassungssicherheit definiert. Nach Erprobung der technischen Ausstattung und Optimierung der logistischen Prozesse soll die RFID-Kennzeichnung der Ladungsträger noch in 2007 eingeführt werden.

Wenn dann noch die oben beschriebenen Etikettensensoren, die zu einstellbaren Zeitpunkten die Umgebungstemperatur aufzeichnen, eingesetzt werden, kann die thermische Belastung der geernteten Produkte kontinuierlich überwacht, d. h. Qualitätssicherung von Obst und Gemüse auf höchstem Niveau realisiert werden (siehe LINKE und GEYER 2005).

4 Weitere mögliche RFID-Einsatzbereiche im Gartenbau

Auch wenn die meisten erfolgversprechenden RFID-Projekte im Handel anzusiedeln sind, existieren noch viele weitere Anwendungsfelder dieser Technik. Einige wenige betreffen auch den Gartenbau und sollen kurz beschrieben werden:

• Pflanzen-Kennzeichnung in der Produktion:

Ein niederländischer Zierpflanzenbetrieb hat bereits das in Abb. 6 dargestellte Trägersystem für Töpfe eingeführt, mit dem einerseits eine Aufstellung von Töpfen in definierter Abstandsstruktur erreicht und andererseits auf Grund der Wiederverwendbarkeit eine kostengünstige RFID-Etikettierung möglich wird. Jede Pflanze ist damit über den gesamten Produktionsablauf (Töpfen über Rücken bis zum Verkauf) eindeutig identifizierbar. Die Rückverfolgung einzelner Pflanzen ist bei Bedarf möglich, vorausgesetzt, es werden entsprechende Aufzeichnungen über den Produktionsablauf gespeichert. Falls für bestimmte Tätigkeiten Roboter mit integriertem RFID-Leser eingesetzt werden, ist die Pflanzenauswahl mit diesem System einfach möglich. Wird mit einem solchen System das Wachstum der einzelnen Pflanzen kontinuierlich verfolgt, sind Schwachstellen innerhalb der Produktion schnell lokalisierbar und damit ein echtes Monitoring der Produktion zu realisieren.

Natürlich ist ebenso möglich, statt den einzelnen Pflanzen ganze Trays, Kisten oder CC-Container zu etikettieren, um beispielsweise bei der Kommissionierung durch die automatisierte Auswahl von Pflanzen Rationalisierungsvorteile zu gewinnen.

• Überwachung der Nacherntekette bei Obst und Gemüse:

Über die schon in Kap. 2 beschriebenen Etikettensensoren können nicht nur die thermische Belastung von empfindlichen Produkten, sondern auch weitere Informationen – wie beispielsweise Zeitpunkte und Art von Transporten oder Behandlungen – erfasst und bei Bedarf ausgewertet werden, wie die Abb. 7 zeigt.

Solche Verfahren werden die Realisierung von Qualitätssicherung auf hohem Niveau und die Umsetzung von Forderungen des bereits geltenden EU-Lebensmittelhygienepakets ermöglichen.

• Grabsteinüberwachung/Friedhofs-Management

Falls auf einem Friedhof jeder Grabstein RFID-etikettiert wird, kann das Pflegepersonal mit einem PDA, RFID-Lesegerät und entsprechender Software quasi „im Vorbeigehen“ alle relevanten Daten über ein Grab erfahren, eine Zustandsbeschreibung erfassen und notwendige Pflegearbeiten abrufen (siehe [13]).

• Arbeitszeiterfassung in der Produktion

Immer wenn ein Mitarbeiter eine neue Tätigkeit beginnt oder beendet, soll er sich mit seinem Ausweis-Transponder an einem der vorhandenen RFID-Lesegeräte identifizieren und somit seine Arbeitszeit protokollieren. Die RFID-Technik eignet sich damit bestens zur kulturspezifischen Erfassung von Arbeitszeiten und ermöglicht damit eine realistische Kulturkalkulation (OHMAYER 2006 und WULFERS 2006).

• Kennzeichnung von Bäumen

Eine Baumschule bei Darmstadt hat schon vor ein paar Jahren ihren Ulmen, die nach ihren Angaben garantiert gegen die Ulmenkrankheit resistent sein sollten, winzige Glas-Transponder implantiert, um so unberechtigte Garantieleistungen sicher vermeiden zu können (siehe Abbildung 2c); diese Transponder wurden in definierter Höhe in den Stamm geschossen, die kleine Wunde mit Harz verschlossen. Die Stadt Mannheim hat ihre Straßenbäume auf diese Weise mit Transpondern gekennzeichnet, kann damit elegant vor Ort baumpflegerische Maßnahmen festlegen und hat alle Daten immer leicht abrufbar. Inzwischen bietet sich dazu der Einsatz von RFID-Nägeln (siehe Abbildung 2e) an [18].

• Ticketing bei Gartenschauen

Nach den positiven Erfahrungen bei der Fußball-WM in Deutschland ist die Umstellung der Zugangskontrolle bei anstehenden Gartenschauen auf RFID-Eintrittskarten vermutlich nur eine Frage der Zeit.

5 Probleme und Gefahren des RFID-Einsatzes

Es gibt zahlreiche Randbedingungen, die bei der Auswahl der einzusetzenden RFID-Technik zu berücksichtigen sind und deren Optimierung teils schwierig machen:

• **Übertragungsraten:** Bei Pulklesung vieler Tags ist eine schnelle Datenübertragung wichtig, um die einzelnen Tags elektronisch voneinander trennen zu können. Da Daten bei höheren Frequenzen schneller übertragen werden können, scheiden für die Produktkennzeichnung im Handel LF-Tags aus. Die vom Handel geforderte Erkennungsrate von über 99 % kann bei Pulkerfassung derzeit noch kaum erreicht werden.

• **Reflexionen/Interferenzen:** Durch die Überlagerung von gesendeten mit reflektierten elektromagnetischen Wellen kommt

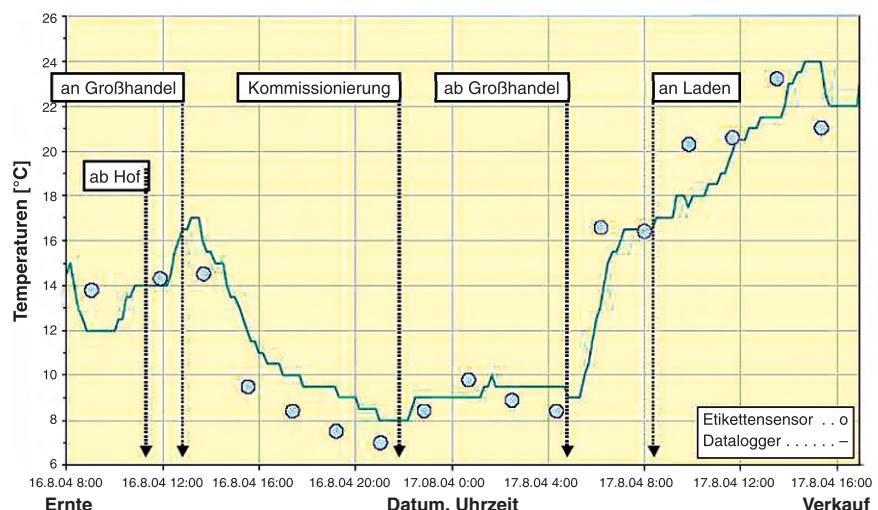


Abb. 7: Thermische Belastung von Kopfsalat in Folie

Quelle: Versuchsserie von GEYER et al. 2006

es zu Interferenzen, d.h. zu Feldverstärkungen oder auch Auslöschungen – ein Effekt, der sich bei höheren Frequenzen stärker bemerkbar macht, was wiederum in vielen Anwendungen gegen den Einsatz von UHF-Tags spricht.

- **Metallflächen:** Beim Auftreffen von elektromagnetischen Wellen auf Metall- oder anderen elektrisch leitenden Flächen entstehen Energieverluste durch Wirbelströme, und zwar umso mehr, je höher die Frequenz ist. Aus diesem Grund werden in der Umgebung vieler Metallflächen bevorzugt LF-Systeme eingesetzt. Die derzeit üblichen Einkaufswagen in Supermärkten müssen, da sie Faradaysche Käfige darstellen, bei Einführung der berührungslosen Warenerfassung durch neue Modelle ersetzt werden.
- **Wasser:** Da wasserhaltige Produkte von niedrigen Frequenzen besser durchdrungen werden und bei hohen Frequenzen Absorptionen zu berücksichtigen sind, sollten zur Auszeichnung von gärtnerischen Produkten die UHF-Frequenzen gemieden werden.
- Bei Einsatz von **mehreren Lesegeräten** sind sorgfältige Trennungen der Arbeitskanäle oder geeignete Abschirmungsmaßnahmen vorzusehen.

Wie bei fast jedem Informatikthema spielt auch hier die Gewährleistung von Sicherheit bei den enormen Datenströmen eine gewichtige Rolle. Die Gefahren reichen von einer Infektion mit speziellen RFID-Viren (vergleichbar mit den bekannten Computerviren), womit in Laborversuchen an der Universität von Amsterdam schon experimentiert wurde, bis hin zu unerlaubter Modifikation von Daten oder Vortäuschen einer falschen Identität (RFID-Phishing). Entsprechende Abwehrkonzepte müssen rechtzeitig entwickelt werden.

Da RFID zunehmend auch in der Öffentlichkeit kontrovers diskutiert wird, sind einige wenige gesellschaftspolitische Anmerkungen zu den Gefahren des RFID-Einsatzes in diesem Beitrag angebracht. So sehr Techniker und auch Betriebswirtschaftler von dieser Technik mit ihren Einsatzmöglichkeiten fasziniert sind, so besorgt sind die Datenschützer. Die Bedenken richten sich dabei vor allem gegen die Praxis, Produktinformationen mit personenbezogenen Daten zu vernetzen – was über RFID-Einsatz natürlich noch viel leichter zu realisieren sein wird als bisher (BERTHOLD et al. 2005). Als höchst bedenklich sind beispielsweise eine mit RFID mögliche Kompletterfassung des Konsumverhaltens oder die Erstellung von Bewegungs- und Verhaltensprofilen einzustufen. Der „gläserne Mensch“ – von George Orwell als grauenhafte Zukunftsvision beschrieben – könnte mit RFID Realität werden.

Unterstützenswert sind daher die Forderungen der GI (Gesellschaft für Informatik) an die Politik, zu folgenden Punkten entsprechende gesetzliche Bestimmungen zu erlassen:

- die Erkennbarkeit der Transponder-Verwendung ist sicherzustellen,
- ein Anspruch auf Entfernung/Deaktivierung von Transpondern muss bestehen,
- ein Auskunftsrecht über die Art der Datenerfassung ist zu schaffen.

Es ist zu hoffen, dass die Politik baldmöglichst Regulierungen schafft, die einerseits den Datenschutz wahren und andererseits das kommerzielle Potenzial dieser Technologie nicht unnötig behindert.

6 Ausblick

Durch Einsatz der so genannten Polymer-Elektronik, die eine Produktion von RFID-Etiketten in einer Art Siebdruck-Verfahren ermöglichen soll, wird ein starker Preisverfall und in dessen Folge der komplette Barcode-Ersatz auch bei Billigprodukten erwartet. Denn es können mit dieser Technik – wie Abb. 8 zeigt – in einem Arbeitsgang viele identische Schaltungen hergestellt werden.

Da sich die Herstellung solcher polymeren Elektronikschaltungen über Druckverfahren aber noch im Forschungs- und Entwicklungsstadium befindet, dürfte die Prognose zum zukünftigen RFID-Einsatz in Abb. 9 realistisch sein.



Abb. 8: Herstellung von polymeren Elektronikschaltungen über Druckverfahren Foto: PolyIC GmbH & Co. KG [21]

Es ist absehbar, dass es in vielerlei Hinsicht zu einer Verschmelzung verschiedener Techniken kommen wird. Beispielsweise wird die Integration von RFID in bestehenden GPS-Systemen neue Möglichkeiten der Transportwegeüberwachung eröffnen. Oder die Ausstattung des Handys mit einem RFID-Reader und Internetzugang wird dem Kunden die Möglichkeit verschaffen, sich über die Produktherkunft, den Produktionsstandard (z. B. Bio), eventuelle Warnhinweise (Allergene, gentechnisch veränderte Inhaltsstoffe, etc.) während des Einkaufs genauestens zu informieren. Außerdem wird ein solches RFID-fähiges Handy zur elektronischen Geldbörse.

Visionäre reden davon, dass in naher Zukunft die RFID-etikettierten Transport-Container ähnlich wie die Datenpakete im Internet selbstständig ihren Weg in der Lieferkette finden, und bezeichnen diese Selbststeuerung der Warenströme als „Internet der Dinge“. Die Idee dabei ist, eine Fracht per RFID mit dem Wissen über ihr Ziel auszustatten. Das Prinzip des Transportes ist nun gleich wie beim Internet der Daten: Frachtpakete suchen sich genauso wie die Datenpakete, die von E-Mails und Webanfragen gebildet werden, selbstständig ihren Weg, indem sie sich von einem Knotenpunkt zum nächsten hangeln und teils den kürzesten oder einfach den gerade freien Weg nehmen.

Quellen

- BERTHOLD, O.; GÜNTHER, O.; SPIEKERMANN, S. (2005): RFID: Verbraucherängste und Verbraucherschutz. *Wirtschaftsinformatik* 47, Nr. 6, S. 422 – 430
- BEPLATE-HAARSTRICH, L.; VON HÖRSTEN, D.; LÜCKE, W. (2006): Rückverfolgung pflanzlicher Produkte – Nutzung von Radio Frequency Identification. *Landtechnik*, 61, Nr. 2, S. 80 – 81
- CLASEN, M. (2006): Das EPCglobal-Netzwerk – Ein Werkzeug zur Rückverfolgung in Echtzeit. *Online-Zeitschrift eZAI (elektronische Zeitschrift für Agrarinformatik)*. 1/2006, S. 3 – 15
- FINKENZELLER, K. (2002): RFID-Handbuch – Grundlagen und praktische Anwendungen induktiver Funkanlagen, Transponder und kontaktloser Chipkarten. 4. Aufl., Carl Hanser Verlag, München
- FLEISCH, E.; MATTERN, F. (Hrsg.) (2005): *Das Internet der Dinge – Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis: Visionen, Tech-*

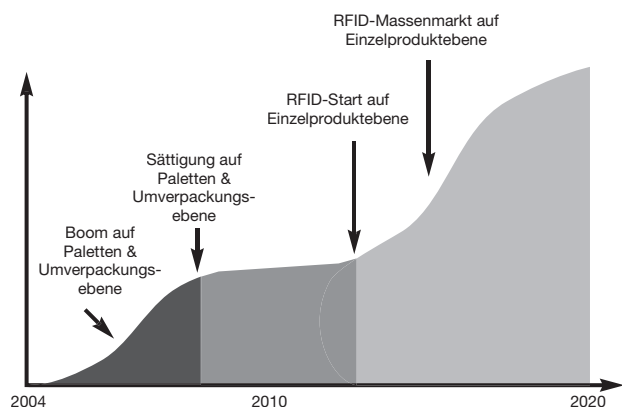


Abb. 9: Prognose des zukünftigen RFID-Einsatzes

Quelle: IDC, Computer Zeitung 03-04/2005

nologien, Anwendungen, Handlungsanleitungen. Springer Verlag, Berlin

GAMPL, B.; MÜLLER, R.A.E. (2004): RFID – Technologie der Zukunft? Referate der 25. GIL-Jahrestagung, S. 33 – 36

GEYER, M.; SCHLÜTER, O.; LINKE, M. (2006): RFID-Sensoren für den Einsatz im Produktionsgartenbau. Vortrag auf der KTBL-Arbeitstagung Technik im Gartenbau, 18. bis 21. September 2006, Neustadt/W.

LINKE, M.; SCHLÜTER, O.; GEYER, M. (2004): Aktive Transponder-technik in der Nacherntekette von Obst und Gemüse. Landtechnik 59, Nr. 6, S. 330 – 331

LINKE, M.; GEYER, M. (2005): Erste aktive Etikettensensoren. Gemüse 41, Nr. 6, S. 23 – 24

MILLER, F. (2004): RFID – bald funkt es überall. Fraunhofer-Magazin, Heft 4, S. 8 – 13

OHMAYER, G. (2005): Supermarkt der Zukunft: RFID löst Barcode bald ab. TASPO 139, Nr. 4, S. 8

OHMAYER, G. (2006): RFID – schon bald Einsatz im grünen Einzelhandel? Taspo 140, Nr. 45, S. 11

TEN HOMPEL, M.; LANGE, V. (Hrsg.) (2004): RFID-Logistiktrends für Industrie und Handel. Verlag Praxiswissen, Dortmund

WULFERS, K. (2006): Einführung einer berührungslosen Zeiterfassung im Betrieb G. Schulz Gartenbau KG (Papenburg). Vortrag auf den 41. Grünberger Gemüsebautage, 27.11.06, Grünberg

Internet-Links (Stand Juli 2007)

- [1] <http://www.rfid-handbook.de>
(RFID-Handbuch)
- [2] <http://www.rfidabc.de>
(Das ABC zur RFID-Technologie)
- [3] <http://www.info-rfid.de>
(Informationsforum mit vielen Anwendungsbeispielen)
- [4] <http://de.wikipedia.org/wiki/RFID>
(Lexikon-Wissen zu RFID)
- [5] <http://www.iml.fraunhofer.de/2105>
(umfangreiches Informationsangebot der Fraunhofer-Gesellschaft zur RFID-Technik und zu Anwendungen)
- [6] <http://www.iml.fraunhofer.de/1720>
(Marktstudie „Logistiktrends für Industrie und Handel“)
- [7] <http://www.epcglobalinc.org>
(Homepage von EPCglobal)
- [8] <http://www.gs1-germany.de>
(Deutscher Vertreter von EPCglobal)
- [9] <http://www.kompetenzzentrum-autoid.de>
(AIM: Datenbank zu Herstellern von RFID-Produkten)
- [10] <http://www.future-store.org>
(Metro-Projekt Supermarkt der Zukunft)

- [11] <http://www.variosens.com>
(Informationen zum Etikettensensor VarioSens®)
- [12] <http://www.ditech-rfid.com/case-studies.html>
(RFID-basiertes Trägersystem für Töpfe)
- [13] http://www.friedhofverwaltung.eu/frieda_feld.php
RFID-basierte Friedhofsverwaltung)
- [14] <http://www.tricon-rfid.com>
(Anbieter von RFID-Technologie)
- [15] <http://www.smart-tec.com>
(Anbieter von RFID-Technologie)
- [16] <http://www.gis-net.de>
(Anbieter von RFID-Technologie)
- [17] <http://www.intermec.ch>
(RFID-Technik, u. a. Leser am Gabelstapler)
- [18] <http://sokymat.aaitg.com>
(Anbieter von Transpondern in Nagel-Form)
- [19] <http://asec.upb.de/index.php?id=14>
(Anbieter des DRFID-Transponders)
- [20] <http://www.printrionix.com/>
(Anbieter von RFID-Drucker)
- [21] <http://www.polyic.de/de/technologie.php>
(Anbieter von Polymerelektronik)
- [22] <http://www.pcs.de>
(Anbieter von Zeiterfassungssystemen)
- [23] <http://www.nordicid.de>
(Anbieter von RFID-Technologie)

Glossar

Chip-Sharings: alle Beteiligten einer Wertschöpfungskette nutzen die Transponder gemeinsam und teilen sich die Kosten.

EPC: Electronic Product Code, standardisierter Code zur weltweit eindeutigen Kennzeichnung von Waren; international wird der EPC von der Organisation EPCglobal Inc. – mit Vertretung in Deutschland durch GS1-Germany – verwaltet.

Etikettensensor: Kombination eines aktiven Transponders mit einem Temperatur-, eventuell auch einem Feuchte-Fühler zur Überwachung der Bedingungen bei Transport/Lagerung von empfindlichen Gartenbauprodukten.

GI: die Gesellschaft für Informatik e. V. ist die größte deutsche Informatik-Gesellschaft und fördert die Informatik in Forschung, Lehre und Anwendung in der gesamten Vielfalt.

GIL: die Gesellschaft für Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft e.V., verfolgt als assoziiertes Mitglied der GI dieselben Ziele, allerdings beschränkt auf die angegebenen „grünen“ Fachgebiete.

Internet der Dinge: elektronische Vernetzung beliebiger Gegenstände (Waren, Pflanzen, Transport-Container, Maschinen etc.) mit dem Ziel, deren selbständigen Informationsaustausch zur Organisation von Produktionsabläufen oder Transportvorgängen zu realisieren.

Middleware: Software, die als „Zwischenanwendung“ fungiert und die Kommunikation zwischen verschiedenen Komponenten eines komplexen IT-Netzwerkes übernimmt, speziell hier zwischen den RFID-Einheiten und dem bestehenden IT-System des Unternehmens.

RFID: Radio Frequency IDentification, d. h. berührungslose Identifizierung von etikettierten Gegenständen oder Pflanzen über Radiowellen.

Transponder/Tag/Smart-Label: übliche Bezeichnungen für die unterschiedlichen Bauformen eines RFID-Funketiketts, das aus einem Chip mit Datenspeicher und einer Antenne (passive Version) bzw. zusätzlich noch einer Stromversorgung (aktive Version) besteht.