

# Einsatz von RFID und Telematik in der Instandhaltung von Schüttgutanlagen

## Gestaltung effektiver und effizienter Instandhaltungsprozesse

*Dr.-Ing. Klaus Richter; Dipl.-Ing. Cathrin Plate*

*Dipl.-Inf. André Hanisch, Dipl.-Inf. Bernd Gebert*

*Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und –automatisierung, Magdeburg*



[www.iff.fraunhofer.de](http://www.iff.fraunhofer.de)

**RFID und Telematik ermöglichen das Monitoring und die Steuerung logistischer Prozesse der Instandhaltung in einer neuen Qualität. Gerade für Schüttgutanlagen mit einer rauen Umgebung, hohem Verschleiß durch den Kontakt mit abrasiven Materialien und einer z.T. großflächigen und weiträumigen Anlagenstruktur bieten diese Technologien Potentiale zur Erhöhung der Produktivität und Qualität von Instandhaltungsprozessen. Der Tagungsbeitrag stellt hierfür Grundlagen, Anwendungsszenarien sowie prototypische Umsetzungen vor.**

## 1 Instandhaltung von komplexen technischen Anlagen

Die zunehmende Komplexität technischer Anlagen und die Anforderungen an einen sicheren und wirtschaftlichen Anlagenbetrieb führen zu einem steigenden Informationsbedarf in der Instandhaltung. Für die Gestaltung effektiver und effizienter Instandhaltungsprozesse ist es erforderlich, dass gesicherte und aktuelle Informationen über Konfiguration, Zustandsveränderungen, die Instandhaltungsmaßnahmen der Vergangenheit und notwendige Dokumente direkt vor Ort an den Instandhaltungsobjekten zeitnah gespeichert und abgerufen werden können. Hinzu kommen allgemeine Anforderungen an internationale Warenströme, die von der Produktidentität über Fragen zur Rückverfolgbarkeit, Verpackungsminimierung und Produktverantwortung bis hin zu Sicherheitsfragen reichen. Für unterschiedliche Nutzergruppen würde somit der Zugang zu Stamm- und Bewegungsdaten im Instandhaltungsprozess ermöglicht werden, ohne dass dazu der Zugriff auf ein zentrales Anlageninformationssystem zwingend erforderlich ist. Die technischen Voraussetzungen für eine dezentrale Datenspeicherung sind durch die rasante Entwicklung und Verbreitung von RFID-Technologien gegeben. Die örtlichen Bedingungen in einer Schüttgutförderanlage stellen jedoch gleichzeitig auch hohe Anforderungen an die Belastbarkeit des RFID-Transponders bzw. die Funktionssicherheit der RF-Technologie insgesamt zur Übertragung der Information an den Empfänger.

## 2 RFID-Systeme

Grundsätzlich besteht die Aufgabe eines Identifikationssystems darin, Informationen zu Objekten (Güter, Personen, Maschinen, Fahrzeuge etc.) direkt am Objekt bereit zu stellen. RFID (Radio Frequency Identification)-Systeme sind eine Weiterentwicklung statischer Identifikationstechniken hin zur dynamischen Datenverwaltung. RFID-Systeme minimieren Kommunikationsbrüche zu den IT-Systemen und kommen zum Einsatz, wenn eine automatische Kennzeichnung, Erkennung, Registrierung oder Überwachung von Objekten in tief gegliederten oder mehrstufigen Produktions- oder Logistikprozessen notwendig wird oder Daten auf dem Objekt geändert oder fortgeschrieben werden sollen.

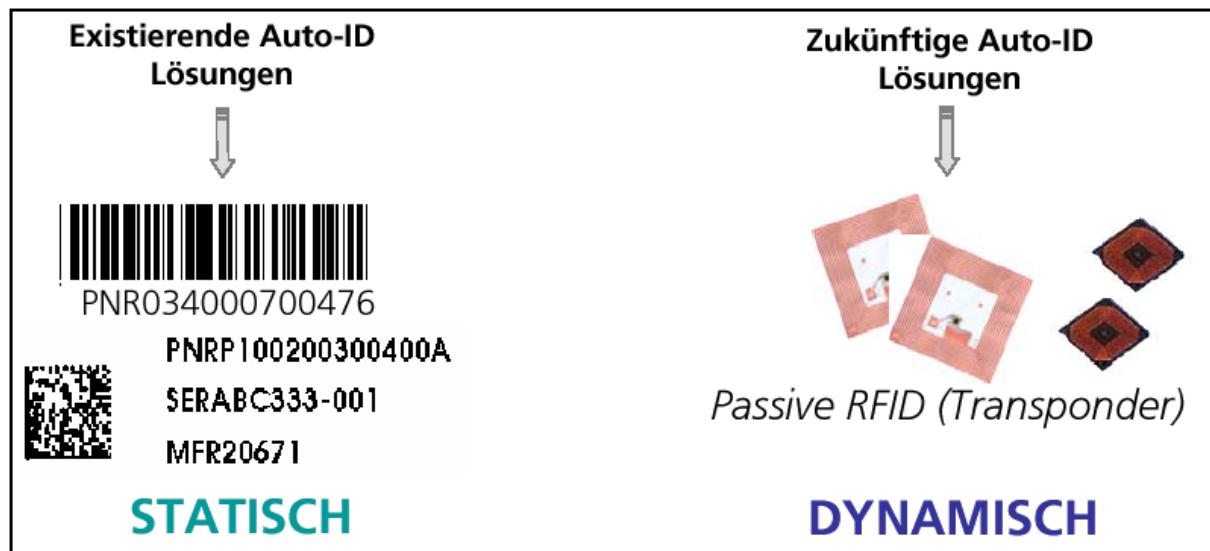


Bild 1: Barcode versus RFID

Ein passives System besteht aus einem RF-Reader mit integrierter Antenne und dem RFID-Transponder. Der Transponder hat einen Chip, der mit einer Antenne verbunden ist. Der Chip bekommt seine Betriebsenergie durch das RF-Feld, das durch den Reader ausgestrahlt wird. Die Ausstrahlungseigenschaften der Transponderantenne sind entscheidend für das System-Design. Die Ausstrahlungseigenschaften verändern sich in den unterschiedlichen Anwendungen, da der Transponder typischerweise in ein Objekt integriert ist und dadurch sehr breit in den dielektrischen Eigenschaften schwanken kann. Auch können in der Nähe befindliche Objekte und Materialien den Transponder in den Strahlungseigenschaften auf Grund der reflektierenden oder absorbierenden Eigenschaften dieser Materialien verändern.

RFID-Systeme haben in den letzten Jahren eine rasante Entwicklung und Produktdiversifikation erfahren. Transponder werden genutzt z. B.

- als elektronisches Typenschild für Komponenten des Antriebsstrangs,
- als Smart Label zur Case- und Item-Identifizierung in der Supply Chain,
- als Zertifikat für den Status von Lastaufnahmemitteln,
- zum Nachweis über die Herkunft des Abfallgutes in Bigbags,
- zur Drehzahlbestimmung und Schlupfüberwachung in Maschinen,
- als semiaktive Transponder bei hohen Geschwindigkeiten zur Identifizierung von Eisenbahnwagen.

Aus technischer Sicht sind folgende Kriterien zu beachten:

Art der Energieversorgung: Aktive Transponder haben eine eigene Energiequelle, während passive Transponder vom Lesegerät mit Energie versorgt werden.

Speichertechnologie: Es werden Read-Only und Read-Write-Systeme unterschieden.

Frequenzbereich: In Europa werden im Wesentlichen die Frequenzbereiche unterhalb 135 kHz sowie die Frequenzen 13,56 MHz und 868 MHz genutzt. Die Frequenzen 2,45 GHz und 5,8 GHz sind z. Zt. für passive Systeme in der Erprobung.

Reichweite für den Datenaustausch: Wenige Millimeter bis zu mehreren Metern (Close-Coupling, Remote-Coupling, Long-Range).

Transponder-Art: Glas-Injektat, Papieretikett (Label), Scheckkarte, scheibenförmiger Chip (Tag).

Weitere Tag-Eigenschaften: Speicherkapazität, Hitzebeständigkeit, Integration von Sensorik, Abschirmung.

Verschiedenste technische und umgebungsabhängige Aspekte beeinflussen das Leistungsvermögen von RFID-Tags in praktischen Anwendungen. Um das Verhalten der RFID-Tags im Arbeitsprozess abschätzen zu können, ist es notwendig, Tag-Eigenschaften und die spezifischen Einsatzanforderungen exakt zu bestimmen:

Tag-Richtwirkung: Das Tag-Design (Antenne) beeinflusst die Richtwirkung des Tags. Es werden grundsätzlich zwei Typen unterschieden:

- "Normaler" Dipol mit einer geringen Abstrahlung in eine Richtung (Z-Achse).
- Antennendesign mit Abstrahlung in jede Richtung.

Tag-Bandbreite: Asien, Europa und Amerika arbeiten mit unterschiedlichen zugelassenen Frequenzen zwischen 865 und 960 MHz. Die Bandbreite eines Tags entscheidet, in welcher Region ein Tag einsetzbar ist.

Tag-Empfindlichkeit: Die Fähigkeit eines Tags, Energie aufnehmen zu können, ist bestimmend für die Einsatzfähigkeit in absorbierenden Umgebungen. Ein Tag, der wenig Energie benötigt, um einsatzbereit zu sein, zeigt ein besseres Einsatzverhalten. Lese-Reichweiten werden unterschieden zwischen ETSI (867 MHz, 2 W EIRP), FCC (915 MHz, 4 W EIRP) und JRL (953 MHz, 4 W EIRP).

Material-Empfindlichkeit: Die Tag-Antenne reagiert mit benachbarten Materialien. Ergebnis ist in der Regel eine Frequenzverschiebung (Antennen-Verstimmung). Haupteinflussfaktor der Verstimmung ist die Dielektrische Konstante ( $k$ ) des Objektmaterials sowie seine Stärke.

Metall-Empfindlichkeit: Die unmittelbare Nachbarschaft zu Metallen beeinflusst die Tag-Leistungsfähigkeit negativ. Die Stärke des Einflusses hängt von der Entfernung zwischen Tag und Metalloberfläche ab. Die Tag-Leistung wird hier in der Regel durch ein den Metalleinfluss reduzierendes Material („Spacer“) zwischen Tag und Objektfläche verbessert.

Ortsempfindlichkeit: Die Tag-Leistungsfähigkeit wird weiterhin von der Geometrie des Objektes beeinflusst. Bestimmende Faktoren sind hier die Anbringung des Tags auf runden (z.B. Stangenmaterial, Rohre) oder unregelmäßig geformten Objektflächen bzw. in deren Umgebung.

Abstrahlungscharakteristik: Die Abstrahlungscharakteristik wird durch das Material und die Oberflächengestalt des Objektes beeinflusst.

### 3 Anwendungsszenarien für RFID und Telematik in der Instandhaltung von Schüttgutanlagen

Im Lebenszyklus von Schüttgutanlagen sind die Prozesse der Fertigung, des Transports und der Lagerung, der Errichtung, der Montage und Inbetriebnahme, des Betriebes und der Instandhaltung oder der Modernisierung Anwendungsgebiete, die sowohl aus logistischer als auch aus instandhaltungstechnischer Sicht ein hohes Potential zur Produktivitätsverbesserung durch den Einsatz von RFID und Telematik bieten.

Aufgrund der Betriebsbedingungen (z.B. Verschmutzung, Staub, extremes Klima, abrasives Material, Metallumgebung), denen Schüttgutanlagen ausgesetzt sein können, sowie der logistischen Bedingungen (z.B. hoher Anteil an Fremdlieferanten, internationale Transportketten, Baustellencharakter von Instandhaltungsmaßnahmen) ergeben sich unterschiedlichste Anforderungen an die Gestaltung des technischen Konzepts für den Transpondereinsatz (vgl. **Bild 2**).

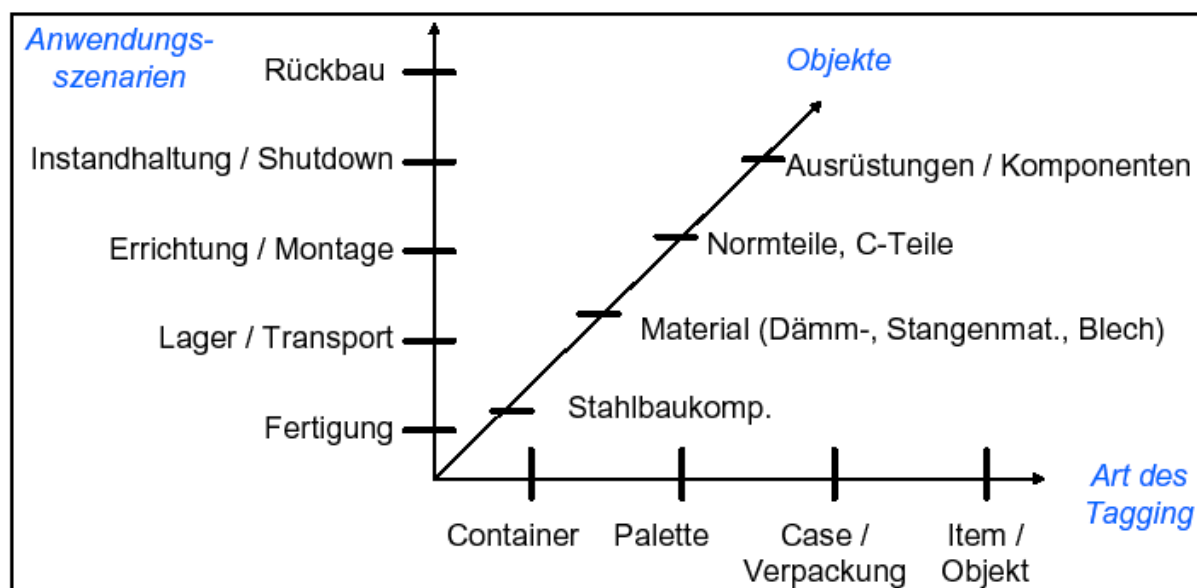


Bild 2: Grundlage möglicher RFID-Szenarien im Anlagenbau

Im Folgenden werden einige Einsatzszenarien vorgestellt.

#### 3.1 Elektronisches Typenschild für Ausrüstungen und Komponenten

Ein digitales Typenschild für Ausrüstungen enthält im einfachsten Fall die Typenschildangaben wie Hersteller, Seriennummer, Leistungsparameter, Herstellungsdatum usw. Die RFID-Technologie ermöglicht hier die Speicherung zusätzlicher Daten wie Art und Datum durchgeführter Wartungen und Inspektionen, Werkstatthistorie, Arbeitsschutzanweisungen oder Prüf- und Kalibrierparameter. Die Speicherung und Modifikation solcher Daten direkt am Objekt vereinfacht Instandhaltungs- und Betriebsprozesse, weil Informationen nicht mehr aufwändig gesucht werden müssen. Zudem lässt sich der Lebenslauf eines Objektes dadurch unternehmensübergreifend besser verfolgen, als es mit heutigen Mitteln möglich ist. Die Informationen können parallel in einem zentralen Anlageninformations- oder Instandhaltungssystem gehalten werden. Aus Sicht von Ausrüstungsherstellern [1] erfolgt der RFID-Einsatz zum einen betriebsintern (Verbesserung der Fertigungssteuerung), zum anderen be-

triebsextern (Wartungshistorie, Service-Hotline, kundenspezifische Angaben, Typenschildangaben usw.). Die Kosten für den Einsatz von RFID im Rahmen der genannten Doppelstrategie sind im Vergleich mit anderen Einsatzszenarien moderat.

### 3.2 Gesicherte Warenübergänge

Bei der Errichtung, der Modernisierung oder dem Shutdown von Anlagen sind Lieferungen von Materialien und Ausrüstungen in großen Umfang zu handhaben. Der Gesicherte Warenübergang zwischen Lieferant und Kunde oder Lieferant, Transporteur(en) und Kunde wird in internationalen Logistikketten immer wichtiger. Die RFID-Technologie bietet auch hier enorme Einsatzpotenziale:

„Elektronische Versandkisten“ (IFF-Smart-Box): Es handelt sich hierbei um wieder verwendbare Behälter, die RFID-Antennenstrukturen in den Seitenwänden und eine autarke Stromversorgung besitzen. Mit RFID-Labeln ausgestattete Objekte werden automatisch beim Hineingeben bzw. beim Herausnehmen identifiziert und der Behälterinhalt im Sinne einer permanenten Inventur erfasst. Der Zugriff auf das Behältnis kann über ein elektronisches Schloss mit Kartenleser kontrolliert werden. Die Position des Behälters sowie alle Zugriffsoperationen werden über ein GSM-Modul an die Zentrale gesendet. Einsatzfelder ergeben sich hier für Lieferungen hochwertiger Güter und Ausrüstungen, den Einsatz als Ersatzteillieferkisten oder zur Verwaltung von Werkzeugen.

#### Die RFID Smart Box

##### Elektronisches Schloss

nur mit Sicherungskarte oder per Funk zu öffnen

##### Überwacher Sicherungsdraht

löst bei Beschädigung der Außenhaut sofort Alarm aus

##### Berührungsloser Kartenleser

Zugriffssteuerung und zur Registrierung des Gefahrenübergangs mit optischem oder akustischem Signal

##### Integrierter RFID-Reader

meldet laufend Inventurdifferenzen

##### GSM/GPS Fernüberwachungsmodul

meldet laufend sämtliche Daten der Tresor-Palette an die Leitstelle (Position der Tresor-Palette, Paletteninhalt, Zustand des Tresor-Schlusses)

##### Display

Anzeige und Eingabe von benutzerspezifischen Informationen

##### Stromversorgung

Anschluss an 10-36 Volt oder 220 Volt, integrierter Notstromakku



© Fraunhofer IFF

Bild 3: IFF-Smart-Box

„Elektronische Lieferscheine“: Lieferscheine und Packlisten werden vom Lieferanten beim Zusammenstellen der Sendung elektronisch erzeugt und digital an den Kunden übergeben. Die zu versendenden Objekte wurden vorher mit RFID-Etiketten ausgestattet. Der als elektronischer Lieferschein fungierende „Mastertransponder“ ist im normalen Lieferschein integriert, kann aber auch am Transportbehältnis oder am Masterteil angebracht werden. Die Wirtschaftlichkeit dieser RFID-Anwendungen kann durch die Reduzierung von Objekt-/Materialverlusten oder die transparente Dokumentation des Eigentumübergangs nachgewiesen werden.

### 3.3 Ortung von Objekten

Aktive RF-Systeme können neben Identifikationsaufgaben eine bidirektionale Kommunikation zwischen einem mobilen Objekt (Person, Material, Fahrzeug, Werkzeug, RFID-Reader usw.) und einer Leitstelle zu Ortungsaufgaben nutzen. Unterschieden wird zwischen Systemen zur Nahbereichsortung (WLAN, RFID), terrestrischen Systemen (Loran-C) und Geräten für die Satellitennavigation, die in der Genauigkeit zwischen einigen cm (Blinkrate 1/1000 sec. - RFID) und mehreren m (Blinkrate 15 min. – Loran-C) liegen.

Das sich im Aufbau befindliche europäische Satelliten-Navigationssystem Galileo wird präziser als das derzeitige GPS-System sein und neben der Möglichkeit der Zeit-, Ort- und Frequenzbestimmung zusätzliche Dienste ermöglichen:

- Kostenlose Positions-, Geschwindigkeits- und Zeitangaben für den Konsumermarkt auf einer höheren Präzisionsebene, - garantierte Mehrwertdienste für kommerzielle Anwendungen und Diensteanbieter,
- garantierte Dienste für sicherheitskritische Anwendungen (Gefahrguttransport), - Nichtöffentliche Dienste für behördliche Dienste und Anwendungen der öffentlichen Sicherheit,
- Search and Rescue Service für den digitalen Notruf (SAR).

Mit Hilfe der Ortung kann die Position von Objekten auf Anforderung (z.B. bei Materialsuche auf einer Baustelle) oder zyklisch (z.B. zur Diebstahlüberwachung, zum Tracing von Objekten über mehreren Lagerflächen bis zum Einbauort, Zugangsüberwachung von Personen) ermittelt werden. Der Einsatz der Ortungssysteme hilft, unproduktive Arbeitszeiteile (z.B. Suchen und Identifizieren von Objekten in großflächigen Arealen) zu reduzieren. Weiterhin können auf Basis der aktuellen Ortungsdaten Location Based Services (internetgestützte Dienstleistungen) zum Einsatz kommen, wenn z.B. in Abhängigkeit vom konkreten Standort innerhalb einer Anlage Dokumente (z.B. zugehörige Anlagenschemata, Arbeitsaufträge) auf ein mobiles Gerät übertragen werden. Die dreidimensionale Ortung ist ebenfalls Voraussetzung für eine gesicherte Montage.

### 3.4 Gesicherte Montage

Neben den Problemen der Materialidentifikation und –suche bestehen häufig auch Mängel bei der Bestimmung von Einbauort und –lage eines zu verbauenden Objektes. Auch hier kann durch die Kennzeichnung mit Transpondern die aktuelle Lage/Position von Anschlagereinrichtungen oder Aussparungen für Verbindungsmittel ermittelt und mit einem Soll-Modell der Bezugspunkte verglichen werden. Der Vergleich von Ist- und Soll-Lage ist dann die Basis für eine rechnerunterstützte Simulation eines Transport- und Montagevorganges, um die geforderte Einbaulage zu erreichen. Hierfür können auch VR-Modelle zum Einsatz kommen. Mit Hilfe von Teleskopreadern kann dann die Position des Objektes innerhalb der gesamten Konstruktion überprüft werden. Das **Bild 4** verdeutlicht das Prinzip [2].

Die Wirtschaftlichkeit lässt sich hier an der Vermeidung von falschen Positionszuordnungen in der Anlagenstruktur, der Reduzierung von Einbau- und Montagefehlern und dem Nachweis der qualitätsgerechten Montage messen.

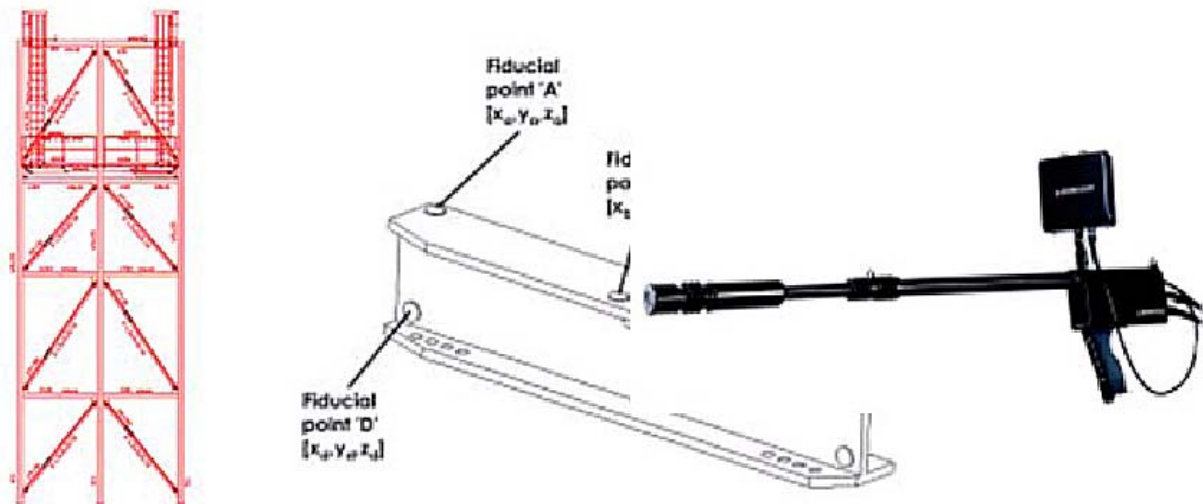


Bild 4: Prinzip der Bestimmung von Einbauort und -lage mittels Identifikationstechnik (in Anlehnung an [2])

Neben den beschriebenen Einsatzgebieten bestehen weitere Anwendungsfelder im RFID-basierten Management von Instandhaltungswerkzeugen oder im Einsatz RFID-gestützter telemetrischer Werkzeuge für die Unterstützung von Inbetriebnahme- und Anlaufvorgängen.

#### 4 Standardisierung und Differenzierung

Die RFID-Technologie befindet sich an der Schwelle zum Eintritt in einen Massenmarkt. Verschiedene Branchen wie der Handel und die Paketdienstleister unternehmen große Anstrengungen, eine stabile, standardisierte Umgebung für die Einführung dieser Technologie in der gesamten Wertschöpfungskette zu schaffen. Dazu bilden die Nutzer strategische Partnerschaften, um eine enge Bindung zwischen den Entwicklern und Anwendern der Hard- und Software zu schaffen. Beiden Branchen gemeinsam sind Bemühungen, sowohl RFID-basierte Anwendungen als auch Technologien und Produkte zu standardisieren, um Unternehmen den Einstieg in die neue Technik zu erleichtern und die Vorteile klar zu kommunizieren.

Die derzeitigen Aktivitäten in den genannten Bereichen werden sich auch auf andere Branchen auswirken. Die Weiternutzung bereits vom Lieferanten installierter Tags (vgl. z.B. mit [1]) für weitere Prozesse (z.B. Lagermanagement, Montage, Instandhaltung, Shutdown) bringt auch in der Branche des Anlagenbaus Wettbewerbsvorteile. Experten aus Deutschland ermittelten den Anteil der produktiven Arbeitszeit auf Hochbaustellen bei 30-50% [3]. Ähnliche Aussagen gibt es hierzu aus den USA [4]. Nach Befragungen des Fraunhofer IFF beziffern Anlagenbauexperten die Materialverluste auf Anlagenbaustellen bei ca. 5% des Investitionsvolumens [5]. In Studien in den USA [6] wurde dagegen in der Bauindustrie in Pilottests nachgewiesen, dass durch den Einsatz von RFID 25% der Arbeitsstunden für die Anlieferungskontrolle und die Dateneingabe in ein Materialverfolgungssystem eingespart werden konnten.

In die Standardisierungsbemühungen greift auch das Ziel der Interessengemeinschaft Licon ([www.licon-logistics.com](http://www.licon-logistics.com)) mit der Etablierung von branchenbezogenen Richtlinien für die *Gesicherte Warenkette*. Zu den wesentlichen Aufgaben der LICON-Gruppe gehört die Beschreibung der Anforderungen an RF-gestützte Logistikprozesse, die diese erfüllen müssen, um nach dem LICON-Schema

zertifiziert zu werden. Aus den Anforderungen heraus werden Prüfpläne entwickelt, mit denen der zu zertifizierende Prozess auf seine Übereinstimmung mit den LICON-Anforderungen hin überprüft wird.

Die Technologietreiber RFID und Telematik generieren neue Möglichkeiten für eine Logistik-Plattform baustellenorientierter Produkte [7], Softwaretools und Services im Bereich Anlagenbau - Schüttgutanlagen. RFID- und Telematik-Funktionalitäten werden neben der Automatisierung der Identifikation und des Bestandsmanagements verstärkt die kontinuierliche Lage- und Zustandsbestimmung von Komponenten verbessern. Hier bedarf es der Weiterentwicklung von Transpondern in Metallumgebungen, der Kopplung von Transpondern mit Sensorik, der Entwicklung von Universal-Readern sowie der Anpassung von Ortungssystemen, die für den rauen Baustelleneinsatz aus Kosten- und Handhabungssicht geeignet sind [8]. Präzise Ortungsinformationen bilden mit den geometrierelevanten Informationen des Tags die Grundlage für PDA-gerechte VR-Szenarien, die die Optimierung von Einbauprozessen unterstützen. Diese Technologien münden in Smart Supply-Komponenten für die gesicherte Warenkette (RF-Tresor, RF-Palette, RF-Handschuh u.a.) als technische Infrastruktur und zertifizierbaren Smart Supply Referenzprozessen für den Anlagenbau. Dazu sind auch die RFID-Best Cases (Metro, SAP, Airbus) aufwärtskompatibel in das Konzept zu integrieren. Spätestens mit der Einführung der RFID-Produktlösungen von Microsoft Ende 2005 werden auch standardisierte Softwaretechnologien für den Massenmarkt zur Verfügung stehen.

## Quellen

Der vorliegende Beitrag wurde auf der 10. Fachtagung Schüttgutfördertechnik 2005 in Magdeburg gehalten.

[1]

Müller, Wolfgang: Anwendung der RFID-Technologie im Elektromaschinenbau, 14. Goslarer Instandhaltungstage, Gesellschaft für Instandhaltung e.V., 07. und 08. Juni 2005, Goslar

[2]

Furliani, Karen M. et. al.: Architecture for discrete construction component tracking, National Institute of Standards and Technology, USA, 2000

[3]

Schmidt, Norbert: Wettbewerbsfaktor Baulogistik. Neue Wertschöpfungspotenziale in der Baustellenversorgung. Hamburg: Deutscher Verkehrs-Verlag, 2003

[4]

Perdomo-Rivera, Jose Luis: A Framework for a Decision Support Model for Supply Chain Management in the Construction Industry – Blacksburg, Virginia, 2004

[5]

Fraunhofer IFF: Befragung von Generalunternehmern und Anlagenbaulieferanten zur Problemlage auf Anlagenbaustellen, Interne Projektunterlage im Projekt „Analyse und Konzeption webbasierter Services zur Unterstützung von Shutdown-Prozessen“, 2003-2005, gefördert vom Land Sachsen-Anhalt

[6]

Breakthrough Strategy Committee: Breakthrough Process and Charter, BTSC Document 2003-02, 2003

[7]

Plate, Cathrin, Roeben, Helmut; Richter, Klaus: Einsatz von RFID-Systemen im Shutdown-Management komplexer Anlagen, Tagung informatik 2005, Gesellschaft für Informatik e.V., 19. bis 22. September 2005, Universität Bonn

[8]

Schenk, Michael; Richter, Klaus: Logistik intelligent steuern, in: IFFOCUS 1/2005, S. 12-16

## **Autoren**

Dr.-Ing. Klaus Richter  
Dipl.-Ing. Cathrin Plate  
Dipl.-Inf. André Hanisch  
Dipl.-Inf. Bernd Gerbert

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und –automatisierung IFF

Sandtorstr. 2  
39106 Magdeburg

Tel.: +49 (0) 391 / 4090-0  
Fax: +49 (0) 391 / 4090-596

e-mail: [klaus.richter@iff.fraunhofer.de](mailto:klaus.richter@iff.fraunhofer.de)  
Internet: [www.iff.fraunhofer.de](http://www.iff.fraunhofer.de)