

Beitrag für das Jahrbuch der Logistik 2013

Autoren:

Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E.h. Dr. h.c. mult. Michael Schenk	Institutsleiter	Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und - automatisierung IFF, Sandtorstraße 22, 39106 Magdeburg
Olaf Poenicke	Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Materialflusstechnik und -systeme	
Prof. Dr.-Ing. Klaus Richter	Kompetenzfeldleiter Materialflusstechnik und -systeme	
Andreas Müller	Koordinator Galileo- Testfeld Sachsen-Anhalt	Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Logistik und Materialflusstechnik Galileo-Testfeld Sachsen-Anhalt

Intelligente Logistikräume für die sichere Warenkette

*Mit dem steigenden Aufkommen an Logistikprozessen aufgrund verteilter Produktionsstandorte und komplexerer Liefernetze entstehen stärkere Zwänge, logistische Objekte wie Güter, Container, Betriebsmittel oder Personen einwandfrei zu identifizieren, zu lokalisieren und zu steuern. Die sensortechnischen Ausstattungen von Produktions- und Transportketten skizzieren **Intelligente Logistikräume**. Die Definition dieser Intelligenten Logistikräume vereint dabei umfangreich diskutierte Konzepte wie Cloud Logistics, Smart Logistics oder auch das Internet der Dinge und erweitert diese um Aspekte der Safety und Security.*

1. Einleitung

Dem echtzeitnahen, automatisierten Monitoring der logistischen und verkehrlichen Abläufe mittels Telematiktechnologien zur Identitätsprüfung, Lokalisierung und Zustandserfassung wird in Produktions- und Logistikprozessen nicht nur im Rahmen eines operativen Effizienz- und Failuremanagements eine hohe Bedeutung beigemessen. Es ermöglicht insbesondere die Identifizierung von Stärken und Schwächen auf einer prozessualen und strukturellen Ebene und bildet somit die Grundlage für die Gestaltung und Implementierung übergreifender Produktions- und Logistikstrategien. Dieser ganzheitlich konzeptionelle Ansatz einer automatisierten Analyse und Bewertung von Prozessen eröffnet deutliche Potentiale der Effizienzsteigerung, die im Rahmen einer rein operativen Betrachtungsweise intransparent und in der Folge unberücksichtigt bleiben würden.

Durch die kombinierte Nutzung von funk- und bildbasierten Technologien zur Identifikation, Lokalisierung und Zustandsüberwachung zur automatisierten Bestimmung eines Prozessverhaltens oder eines Prozesszustandes über Bewegungs- und Zustandsanalysen können deutliche Synergieeffekte für Safety- und Security-Aufgaben in der Logistik erzielt werden. Unter der Zielstellung der **Sicheren Warenketten** lassen sich **Intelligente Standardisierte Logistikräume**

definieren. Die Definition Intelligenter Logistikräume wird in diesem Beitrag den bisher diskutierten Konzepten der Cloud Logistics, Smart Logistics sowie dem Internet der Dinge gegenübergestellt. Im Anschluss werden Ausprägungen auf Basis technologischer Lösungen des Fraunhofer IFF beschrieben.

2. Definition Intelligenter Logistikraum

Prozesse und Infrastrukturen der Produktions- und Transportlogistik in Wirtschaftsräumen müssen auf die Anforderungen der Gesellschaft reagieren. Der Begriff Sicherheit bündelt maßgebende Trends im Bereich der Logistik (vgl. [1]):

- Sicherheit wird einer der wichtigsten Kostentreiber in Logistik und Verkehr.
- Die Nutzung innovativer Technologien in standardisierten Umgebungen ist der beste Weg, Sicherheit zu garantieren.
- Die Mehrfachnutzung von Technologien für Arbeits-, Prozess- und zivile Sicherheit reduziert die Kosten in Verkehr und Logistik.
- Sicherheitsaudits sind Pflicht für Verkehrs- und Logistikknoten als auch für lange Prozessketten.

Zur Ortung, Identifikation und Zustandsüberwachung in Produktion und Logistik lassen sich dabei zwei grundlegende Herangehensweisen unterscheiden. Zum einen die Schaffung intelligenter Infrastrukturen durch lokale Ausstattung mit entsprechenden Technologien sowie alternativ die Schaffung mobiler intelligenter Objekte durch die Ausstattung von Waren und Betriebsmitteln mit Sensorik.

Die Sammlung von prozessrelevanten Informationen entlang der Produktions- und Transportketten folgt dem Anspruch der **Sicheren Warenkette**. Dieser fasst die Herangehensweisen zu Intelligenzen Logistikinfrastrukturen und zu intelligenten logistischen Objekten zusammen, über die vollkommene Transparenz logistischer Prozesse zu jedem Zeitpunkt die Werkzeuge für eine optimale Steuerung der Logistikprozesse zu besitzen.

Die sensortechnischen Ausstattungen von Produktions- und Transportketten skizzieren den **Intelligenten Logistikraum**, der in der jeweiligen Ausführung mit dem räumlichen Bezug zu Logistikknoten oder der Integration Intelligenter mobiler Logistikobjekte gleichermaßen auch Synonym für die Knoten und Kanten von Produktions- und Logistiknetzwerken ist. Er stellt somit den Zielraum dar, in dem in den jeweiligen Logistiksystemen und Prozessen Informationen gewonnen werden und verarbeitet werden müssen. Der Intelligente Logistikraum definiert damit die Schnittstelle zwischen den physischen Logistikprozessen und der Informationslogistik.

Aufgrund der Internationalität der Produktions- und Transportketten, der unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit und der Zunahme der verfügbaren Information durch den Einsatz moderner IuK-Technologien, ist es erforderlich, die Informationslogistik und insbesondere die Erfassungstechnologien übergreifend zu standardisieren. Daraus leitet sich der Bedarf an **Intelligenten Standardisierten Logistikräumen** ab.

Um auf diese Anforderungen zu reagieren, müssen entsprechende Entwicklungen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) in Logistikanwendungen vorangetrieben werden. Dafür werden Ansatzpunkte gesehen, die letztendlich das Ziel haben, die Intelligenz von

logistischen Infrastrukturen über die Integration komplexer Sensor- und IT-Systeme zu erhöhen (vgl. [2]):

- Verbesserung der Datengewinnung mit ihren technisch-organisatorischen Möglichkeiten,
- Sicherheit und rechtliche Verbindlichkeit der erfassten und ausgetauschten Daten,
- Standardisierung der Daten, die zwischen den Beteiligten in der Wertschöpfungskette ausgetauscht werden,
- Entwicklung erweiterter Analysen zur Wichtung und Weiterleitung von Ereignissen,
- Zertifizierung der IT-Prozesse.

Die Integration dieser Ansätze in die produktionstechnischen und logistischen Prozessumgebungen wird als Grundlage zur Schaffung Intelligenter Standardisierter Logistikräume gesehen. Zunächst sollen aber noch die einzelnen Begrifflichkeiten genauer beleuchtet werden.

2.1 Logistikraum

Unter einem Logistikraum wird der Wirkungsbereich von mobilen Objekten (Verkehrs-, Transport- und Umschlagmittel, Waren, Personen) in einer logistischen Infrastruktur verstanden. Der Logistikraum wird dabei durch die logistischen Prozesse in einem topografisch-technischen und zeitlichen Rahmen bestimmt.

Die logistische Infrastruktur eines Wirtschaftsraumes wird durch die Anzahl, die Leistungsfähigkeit und die Verteilung von Logistikknoten von Verkehrswegen bestimmt. Der **Logistikraum** kann somit abhängig vom Verkehrsträger große geographische Regionen und Verkehrswege, aber auch ein Stadtgebiet oder ein Betriebsgelände umfassen.

Der technische Logistikraum beschreibt im engeren Sinn das logistische Verhalten

- an einem regionalen Standort (City, Warenverteilzentrum),
- in einem Gebäude oder einer räumlichen Zone in diesem Gebäude oder auf einer Freifläche (Verkaufsraum, Lager) oder
- in einem mobilen Objekt (Container, Eisenbahnwagen, Schiff).

2.2 Intelligenter Logistikraum

Unter einem Intelligenten Logistikraum wird der Wirkungsbereich von mobilen Objekten (Verkehrs-, Transport- und Umschlagmittel, Waren, Personen) in einer logistischen Infrastruktur mit einer IT-technischen Umgebungsintelligenz (Ambient Intelligence) verstanden. Der intelligente Logistikraum wird dabei durch standardisierte logistische Prozesse in einem topografisch-technischen und zeitlichen Rahmen bestimmt, die durch die IT-technische Umgebungsintelligenz sehr robust ablaufen.

Unter Ambient Intelligence ist ein technologisches Paradigma zu verstehen, über die Vernetzung von Sensoren, Funkmodulen und Computerprozessoren u.a. den Menschen in seinen Handlungen zu unterstützen, so natürlich auch in den hier betrachteten Produktions- und Logistikprozessen.

Diesem Anspruch folgend werden IT-Systeme zur Identifikation, Ortung und Zustandsüberwachung miteinander zu Multisensorsystemen vernetzt, um das Verhalten der logistischen Prozesse von Gütern und Personen in einem Logistikraum mit ähnlichen Mitteln ganzheitlich zu erfassen und zu

steuern. Um Personen und Güter für vielfältige Aufgaben in unterschiedlichen logistischen Prozessen unter variablen Sicherheitsanforderungen weltweit ähnlich analysieren und behandeln zu können, ist eine Standardisierung der Sensorik sowie der auszutauschenden Daten und deren Datenschnittstellen zwingend notwendig. Somit ist die Zielstellung zur Schaffung des **Intelligenten Standardisierten Logistikraumes** beschrieben.

Logistikraum				
<i>Standort</i>	Metropole	Flughafen	Cargohub	...
<i>Gebäude</i>	Wareneingang/ -ausgang	Warenausgang	Kommissionierplatz	...
<i>Mobiles Objekt</i>	Fahrzeug	Container	Paket	...
Umgebungsintelligenz				
<i>IT-Technologien</i>	Identifikation	Lokalisierung	Kommunikation	Zustandserfassung
<i>Sensortechnologien</i>	funkbasiert	bildbasiert	kombiniert	
<i>Echtzeitnähe</i>	Dokumentation	Qualitätssicherung	Monitoring	Steuerung
Prozess				
<i>Intelligente Objekte</i>	Infrastruktur	Mobiles Equipment	Soziale Gruppe	Fahrzeug
<i>Prozess</i>	Transportieren	Umschlagen	Lagern	Kontrollieren
<i>Sicherheit</i>	Arbeitssicherheit	Prozesssicherheit	Zivile Sicherheit	...

Abb. 1: Morphologie zur Ausprägung Intelligenter Standardisierter Logistikräume

Die Ausprägung reicht somit vom einzelnen Container (der durch die in ihm integrierte Sensorik zu einem intelligenten Logistikraum wird, indem er neben seiner Lager- und Transportfunktion vielfältige Aufgaben von der Zutritts- und Berechtigungskontrolle bis zur Zustandserhaltung der Fracht übernimmt) bis zum Logistikknoten, der durch die Ausstattung mit Sensorsystemen die Identifikation, Ortung und Zustandsüberwachung der in seinem Raum agierenden Objekte und Personen ermöglicht. Durch die Kombination einzelner Intelligenter Standardisierter Logistikräume, wie bspw. Intelligenter Ladungsträger an den Kanten eines Logistiknetzes und Intelligenter Infrastrukturen im Logistikknoten, werden umfassende Intelligente Logistikräume mit einer hohen Komplexität geschaffen. Dabei liegt insbesondere im Bereich der Informationslogistik die Herausforderung in der objektübergreifenden Integration der Sensorinformationen, die in den zeitweilig auch ineinander verschachtelten Logistikräumen (z.B. Intelligenter Container im Logistikknoten mit Umgebungsintelligenz) gewonnen werden.

2.3 Bezug zu anderen Konzepten

Durch die Definition Intelligenter Logistikräume werden Aspekte verschiedener anderer Konzepte aufgegriffen. So zielt die zentrale Bereitstellung der entlang der Prozesskette in den einzelnen Logistikräumen gewonnenen Informationen auf die grundlegende Idee der Cloud Logistics ab. Dabei geht es nicht nur um die spezifische Anwendung des Cloud Computing im Bereich der Logistik. Neben der cloudbasierten Datenintegration werden weiterhin Ressourcen, Kapazitäten, Prozesse und Dienstleistungen über Unternehmensgrenzen hinweg koordiniert. Somit beschreibt das Konzept der Cloud Logistics ein Netz von sich dezentral selbst organisierenden Ressourcen, wie es auch in Konzepten des Internet der Dinge [3] oder Multi-Agenten-Systemen eine Rolle spielt [4]. Diese Konzepte werden für die Umsetzung Intelligenter Logistikräume in der Zukunft eine zunehmend wichtige Rolle spielen.

Weiter detailliert bzgl. der technischen Umsetzbarkeit ist die Beschreibung der Smart Logistics, wie sie von Uckelmann vorgenommen wurde [5]. Basierend auf der Definition von Smart Services und Smart Products werden Smart Logistics durch die Nutzung technischer Systeme auf Materialflussebene und die Nutzung der gewonnenen Daten zum Monitoring der Prozesse beschrieben. Für diese Zwecke werden die nachfolgenden Kerntechnologien benannt:

- Identifikation – Auto-ID-Systeme wie RFID
- Lokalisierung – GNSS-basiert, lokale Ortung bild- oder funkbasiert
- Zustandsüberwachung – z.B. Temperatur- oder Feuchtigkeitssensoren

Ziel des Technologieeinsatzes ist es die Erreichung bzw. Einhaltung der Zielfunktionen der „4R“ in der Logistik zu überprüfen (das richtige Produkt zur richtigen Zeit am richtigen Ort und im richtigen Zustand).

Der Ansatz der Intelligenten Logistikräume erweitert das Konzept der Smart Logistics um Aspekte der Safety und Security. Dadurch werden die genutzten Sensorsysteme im Sinne einer Mehrfachnutzung und multidimensionaler Sensordatenauswertung in die Produktions- und Logistikprozesse einbezogen. Der grundlegende Ansatz zur Integration von Sensortechnologien in Logistikprozessen ist davon getrieben diese auf ihre Prozess-Sicherheit zu monitoren. Durch die Zunahme an gesetzlichen Vorschriften und branchenspezifischen Reglementierungen wächst gleichzeitig der Zwang Security-Aspekte im Sinne der Zivilen Sicherheit mittels Sensortechnologien zu überwachen. Weiterführend lassen sich in Echtzeit gewonnene Tracking-Daten auch zu Zwecken der Arbeitssicherheit nutzen, so dass sich neben den zu untersuchenden Objektebenen und den Informationsebenen die grundlegenden Sicherheitszielstellungen zum Sensoreinsatz in Intelligenten Logistikräumen gegenüberstellen lassen (s. Abb. 2 [6]).

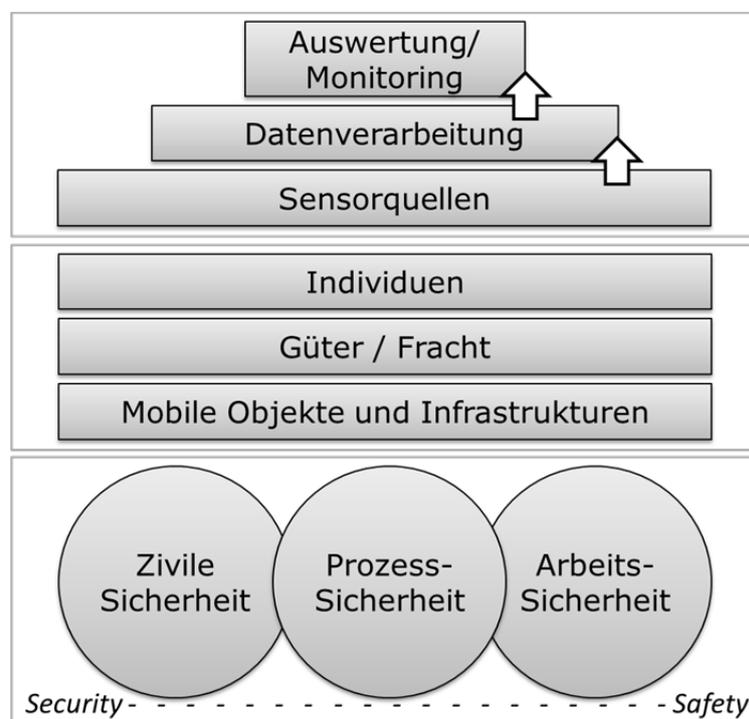


Abbildung 2: Elements of Smart Logistics Zones

3. Anwendungsbeispiele

Mit der Definition Intelligenter Logistikräume entsteht die Maßgabe Logistiksysteme mit entsprechenden Sensorsystemen auszustatten, um über die Generierung einer Ambient Intelligence die prozessrelevanten Informationen auf Ebene der Materialflüsse erfassen zu können und an die übergeordneten Stellen der Datenverarbeitung, -bewertung und das unternehmensübergreifende Monitoring zu übergeben. Auf der Ebene der Datenerfassung und -verarbeitung ist es hinsichtlich der Standardisierung Intelligenter Logistikräume erforderlich an den einzelnen Stellen der Supply Chains eine Vergleichbarkeit der Erfassungsqualität zu gewährleisten. Nachfolgend werden zwei Systemlösungen vorgestellt, die in sich geschlossene Intelligente Logistikräume darstellen und durch die sichere Datenerfassung als wichtige Datenquelle für Tracing Operationen in übergeordneten Logistikräumen darstellen.

3.1 Sichere Identifikation von Objekten im Pulk

Durch die zunehmende Nutzung von RFID in Produktions- und Logistikprozessen nehmen die Anforderungen an die Erfassungstechnologien stetig zu. Vor allem für die sichere Erfassung von RFID-getaggten Warenpuls sind Technologien erforderlich, die zum einen eine sichere Erfassung der einzelnen Tags gewährleisten und zum anderen sogenannte Falsch-Positiv-Lesungen ausschließen.

Ein Praxisbeispiel für diese Anforderungen stellt die Bekleidungsindustrie dar. Durch das Einnähen von UHF RFID-Transpondern in die einzelnen Kleidungsstücke können diese entlang der Lieferkette bis in den Shop-Bereich auf Item-Ebene erfasst und verfolgt werden. Für die Erfassung der Lieferungen in der Lieferkette ist es erforderlich innerhalb der bestehenden Materialflussprozesse in Transportkartons verpackte Waren sicher im Pulk zu erfassen, um innerhalb der Transportkette die Warenein- und -ausgänge in den jeweiligen Lager- und Kommissionierungsorten zu dokumentieren.

Hier hat das Fraunhofer IFF mit der Entwicklung von RFID-Tunnelgates auf Basis einer Modenverwirbelung für UHF RFID eine patentierte Lösung geschaffen. Diese Tunnelgates, die in ihrer Größenausprägung für verschiedenste Anwendungen frei skalierbar sind (vgl. Abb. 3 [7]), stellen in sich geschlossene Intelligente Logistikräume dar. Das Prinzip der sicheren Pulkerfassung lässt sich somit für die Schaffung Intelligenter Logistikräume in verschiedensten Anwendungen der Produktion und Logistik übertragen, wo es möglich ist, durch metallisch abgeschirmte Bereiche einen eindeutigen Leseraum zu Erfassung von RFID Tags zu schaffen.

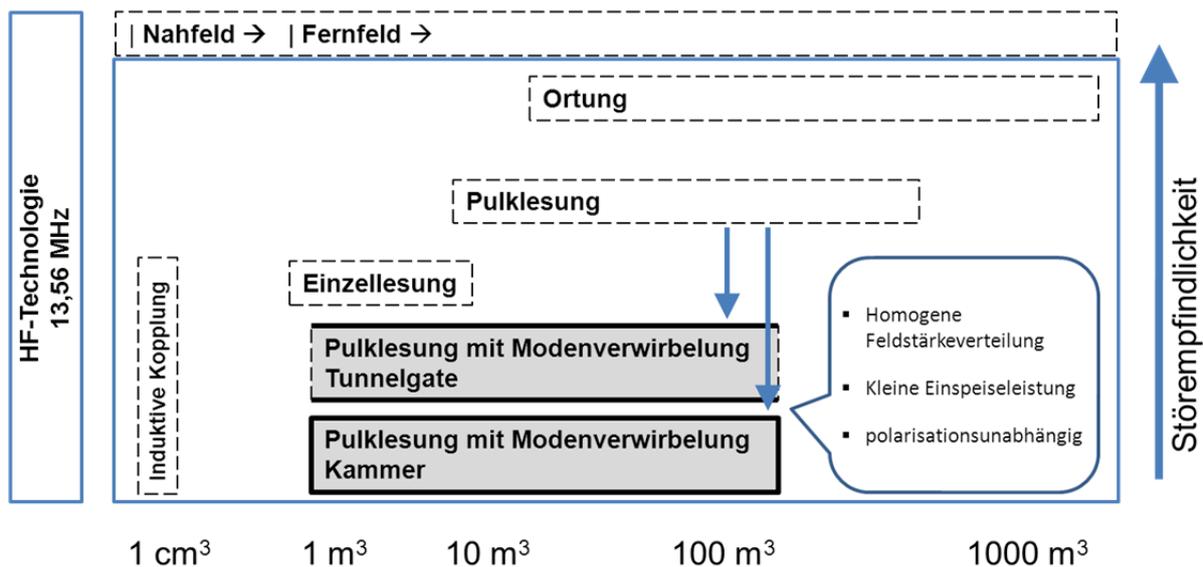


Abbildung 3: Das Prinzip der Modenverwirbelung im Vergleich zu anderen RFID-Leseverfahren

Die Anwendung der RFID-Tunnelgates ist von der Anwendung auf Paketebene bis zur Erfassung kompletter LKW-Ladungen frei skalierbar (s. Abb. 4 und 5).



Abb. 4 und 5: Beispielanwendungen für RFID-Tunnelgates (Fotos: Dirk Mahler/Martin Kirch, Fraunhofer IFF)

3.2 Objektortung

Neben dem GNSS-basierten Tracking von Objekten im Bereich der Strecktransporte gibt es zunehmend den Bedarf an Lösungen zum intralogistischen Tracking von Objekten in der Produktion oder in Logistik-Hubs. Zu diesem Zweck existieren verschiedene Ansätze zur Nutzung bildbasierter und funkbasierter Systeme, die auf den jeweiligen Anwendungsfall abgestimmt werden müssen. Dabei stellt das Tracking von Fahrzeugen und Objekten zur Analyse des Prozessstatus eine mögliche Anwendung von Echtzeit-Ortungssystemen (RTLS) dar.

Neben der Ableitung des Prozessstatus aus Bewegungsprofilen können diese auch zu Zwecken der Arbeitssicherheit genutzt werden. Gerade im Intralogistikbereich mit dem Transport und Umschlag von großen Gütern durch Gabelstapler und Reachstacker bestehen zunehmend Anforderungen Materialflussprozesse arbeitsschutztechnisch durch Hilfssysteme abzusichern.

Auf Basis eines funkbasierten lokalen Ortungssystems zur hochgenauen Ortung von getaggten Betriebsmitteln, können deren Bewegungskurven in Echtzeit analysiert werden. Auf dieser Basis lassen sich die Bewegungen hinsichtlich möglicher Kollisionen mit anderen mobilen getrackten Objekten oder mit der im System hinterlegten Infrastruktur bewerten.

Abbildung 6 gibt einen Überblick, über die Testumgebung des Galileo-Testfeldes Sachsen-Anhalt im Hanseterminal Magdeburg [7], wo ein entsprechendes System exemplarisch umgesetzt wurde.

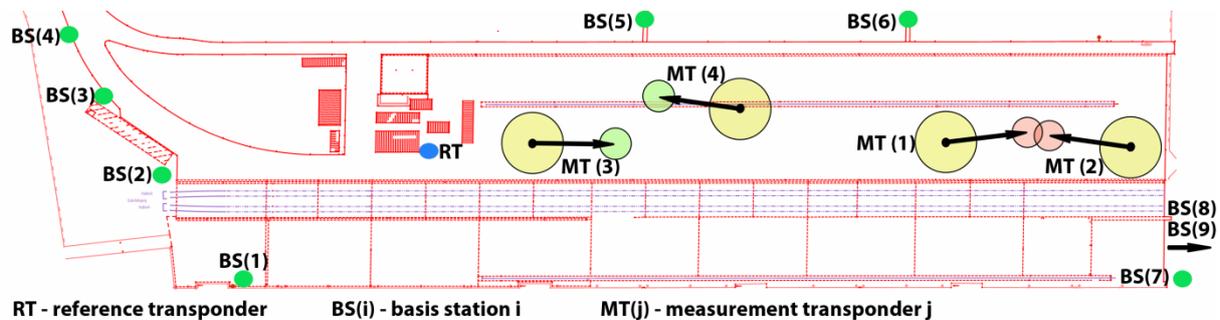


Abbildung 6: LPM im Hanseterminal Magdeburg mit Anwendung eines Kollisionserkennungssystems

Die Anwendung eines RTLS zum Aufbau von Umgebungsintelligenz im Bereich eines Produktionsstandortes oder Logistik-Hubs kann dabei um weitere Systeme ergänzt werden. So sind im Hanseterminal beispielsweise auch Kamerasysteme zur Generierung einer Virtuellen Draufsicht installiert. Intelligente Logistikräume kombinieren somit mitunter technische Einzelsysteme zu Hybridsystemen.

4. Galileo-Testfeld Sachsen-Anhalt

Eine wichtige Infrastruktur für das Fraunhofer IFF zur Entwicklung von Lösungen zur Schaffung intelligenter Logistikräume ist das Galileo-Testfeld Sachsen-Anhalt. Im derzeit modernsten Galileo-Testfeld in Deutschland werden satellitengestützte Anwendungen für die Verkehrs- und Logistikbranche, die Telematik und die funkgestützte Kommunikation getestet und weiterentwickelt. Langfristiges Forschungsziel ist die Vernetzung der verschiedenen Technologien und der Aufbau von intelligenten, umweltorientierten Verkehrssystemen und Logistikdiensten. Somit decken sich die Zielstellungen des Galileo-Testfeldes Sachsen-Anhalt mit der Zielstellung zur Entwicklung und Erprobung von Lösungen zur Schaffung intelligenter Logistikräume.

Der Fokus liegt dabei vor allem auf der Verknüpfung von GNSS-basierten Lösungen mit anderweitigen technischen Systemen zur Identifikation, lokal hochgenauer Ortung (auch Indoor) und Zustandsüberwachung. Mit der Einführung des europäischen Galileo-GNSS-Systems können logistische Prozesse noch exakter verfolgt werden, ob im Hafen oder auf der Straße. Vielfältige Forschungsansätze sind gegeben: im logistischen Prozess bspw. beim Übergang von der Outdoor- zur Indoor-Ortung der Ware und der weiteren permanenten Identifikation und Zustandsüberwachung. Das Testfeld stellt für die Erprobung von Einzellösungen und deren Verknüpfung verschiedene Outdoor- und Indoor-Testumgebungen bereit. Im Testfeld können neben modernsten Förder- und Hebetechologien und -techniken, umfangreiche RFID-Ausstattungen und Funknetze für Tests genutzt werden. Elektromobile als Technologie-Plattformen gehören ebenfalls zum Portfolio des Testfeldes. Neueste terrestrische Ortungstechnologien zur Container-Logistik werden im Telematik-

Testfeld des Hanseterminals im produktiven Umfeld des Magdeburger Hafens genutzt, um Logistik-Prozesse präzise und permanent verfolgen zu können.

Quellen

- [1] Transportation & Logistics 2030. Volume 4: Securing the supply chain. PwC 2011, www.pwc.com/tl2030.
- [2] Pfohl, H.-C.: Logistiksysteme: Betriebswirtschaftliche Grundlagen S. 328, Springer-Verlag 2009.
- [3] Bullinger, H. J.; ten Hompel, M. (2007): Internet der Dinge. Springer, Berlin Heidelberg 2007.
- [4] Um, WanSup; Lu, Huitian; Hall, Teresa J. K. (2010): A Study of Multi-Agent Based Supply Chain Modeling and Management, in: iBusiness, 2010, 2, 333-341.
- [5] Uckelmann, D. (2008): A Definition Approach to Smart Logistics. In: S. Balandin et al. (Eds): NEW2AN 2008, LNCS 5174, pp. 273-284, Springer, Berlin Heidelberg 2008.
- [6] Schenk, M.; Krampe, A.; Poenicke, O.; Richter, K.; Seidel, H. (2012): Informationslogistik, in: Grundlagen der Logistik, 4. Auflage, Huss-Verlag, München 2012.
- [7] Schenk, M.; Jumar, U. (2010): Galileo-Testfeld Sachsen-Anhalt – Anwendungsschwerpunkte Verkehr und Logistik. BVL, 27. Deutscher Logistik-Kongress, Berlin 2010.