

SCHLUSSBERICHT

Trans4Goods - Sicherheit im Güterlandtransport mittels sicherer Informationsmuster an der Fracht

Teilvorhaben: Aktivitätsanalyse und Frühwarnung



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF
Bekanntmachung „Sicherung der Warenketten“
Forschung für die zivile Sicherheit
Projektträger VDI Technologiezentrum GmbH

Zuwendungsempfänger:

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.
ausführende Stelle - Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und –automatisierung IFF, Magdeburg

Förderkennzeichen: 13N11242

Laufzeit: 01.10.2010 – 31.12.2013

Kontakt:

Fraunhofer Institut für Fabrikbetrieb und –automatisierung IFF
Prof. Dr.-Ing. Klaus Richter
Materialflusstechnik und –systeme
Sandtorstr. 22, 39106 Magdeburg
Email: klaus.richter@iff.fraunhofer.de

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	3
Abkürzungsverzeichnis	4
I. Kurzdarstellung	6
1. Aufgabenstellung	7
2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde	8
3. Planung und Ablauf des Vorhabens	10
4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	11
5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen	14
II. Schlussbericht – Eingehende Darstellung	16
1. Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen in Gegenüberstellung zu den Zielvorgaben	16
AP 1 Ist-Analyse	16
AP 2 Ableitung der Optimierungsbedarfe – Soll-Konzept	18
AP 3 Entwicklung von Lösungen	23
AP 4 Kosten-Nutzen-Analyse	32
AP 5 Demonstrator	40
AP 6 Integriertes ganzheitliches Konzept	45
AP 7 Leitfaden	46
2. Darstellung der wichtigsten Positionen des Zahlenmäßigen Nachweises	46
3. Darstellung der Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	47
4. Darstellung des voraussichtlichen Nutzens, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplanes	48
5. Darstellung des während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen	50
6. Darstellung der erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen der Ergebnisse	50
Literaturverzeichnis	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Projektvorgehensweise	10
Abbildung 2: Funktionsweise von Tiefenwertsensoren nach PrimeSense™	21
Abbildung 3: Objektebenen und Technologieeinsatz für den Soll-Ist-Vergleich als Frachtfingerprint	22
Abbildung 4: UHF-Transpondermessungen	24
Abbildung 5: Prinzip der Histogrammauswertung	25
Abbildung 6: Histogramme einer Testpalette mit Gutänderungen	26
Abbildung 7: Histogrammvergleich einer manipulierten Testanordnung	27
Abbildung 8: Beispiel für Verdeckungen und Unterschneidungen bei diagonalen Sensoranordnungen	28
Abbildung 9: Visualisierung von Ähnlichkeitsuntersuchungen an Test-Paletten	28
Abbildung 10: QR-Code als dezentraler Datenträger des Frachtfingerprints	30
Abbildung 11: Wirtschaftlichkeitsanalyse	35
Abbildung 12: links - RFID-Tunnel für Frachtfingerprint Paket; rechts - RFID-Gate für Frachtfingerprint Palette	41
Abbildung 13: links - Top-View-Konzept; rechts - Verschattungseffekt	43
Abbildung 14: Multi-Sensor-Anordnung	44
Abbildung 15: Mobiles Konzept Tiefenbildscan	44

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Projektpartner und Teilvorhaben in Trans4Goods	6
Tabelle 2: Auszug Bedrohungsszenarien	17
Tabelle 3: Gegenüberstellung optischer und RFID-basierter Kennzeichnungen	19
Tabelle 4: Beispiel Datenmodell	19
Tabelle 5: Merkmale der HF- und UHF-Verfahren im Vergleich, Stand 2011	20
Tabelle 6: FMEA Ist-Situation	33
Tabelle 7: FMEA Soll-Situation	34
Tabelle 8: Änderung der Risikopotenzialzahl	35
Tabelle 9: Kostenkategorien	36
Tabelle 10: Nutzenkategorien	38
Tabelle 11: Auszug Testfälle	42

Abkürzungsverzeichnis

AEO	Authorised Economic Operator
AMG	Arzneimittelgesetz
AP	Arbeitspaket
API	Application Programming Interface
AR	Augmented Reality
AutoID	Automatische Identifikation und Datenerfassung
AMWHV	Verordnung über die Anwendung der Guten Herstellungspraxis bei der Herstellung von Arzneimitteln und Wirkstoffen
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BOS	Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
BPI	Bundesverband der Pharmazeutischen Industrie
C++	Objektorientierte Programmiersprache
C#	Objektorientierte Programmiersprache
C-TPAT	Customs-Trade Partnership Against Terrorism
EPC	Electronic Product Code
EPCIS	Electronic Product Code Information Services, Standard für den Austausch EPC-basierter Ereignisse
EU	Europäische Union
FDA	US Food and Drug Administration
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
GDP	Good Distribution Praxis
GMP	Good Manufacturing Practice
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communication: Standard für volldigitale Mobilfunknetze, der auch als zweite Generation (2. G) der Telekommunikation gilt und Nachfolger der analogen Datenübertragung (1. G) ist.
GS1	Global Standards One, weltweite Organisation, die globale Standards zur Verbesserung von Wertschöpfungsketten gestaltet und umsetzt
GUI	Graphical User Interface, Nutzerschnittstelle
HF	RFID High Frequency, passiv 13,56 MHz
HTTP(S)	Hypertext Transfer Protocol (Secure)
IATA	International Air Transportation Association
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
IP	Internet Protocol
KEP	Kurier-, Express- und Paketdienst
LBA	Luftfahrtbundesamt
LLRP	Low Level Reader Protocol, Protokoll zur Kommunikation mit RFID-Readern über TCP, das LLRP wurde von EPCGlobal ratifiziert

LuftSiG	Luftsicherheitsgesetz
RFID	Radio Frequency Identifikation
RPZ	Risikopotenzialzahl
TAPA	Transported Asset Protection Association
TID	Transponder-ID
UHF	RFID Ultra High Frequency, passiv 860 bis 960 MHz
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System, Mobilfunkstandard der dritten Generation (3G)

I. Kurzdarstellung

Das diesem Schlussbericht zugrundeliegende Vorhaben
Trans4Goods – Sicherheit im Güterlandtransport mittels sicherer Informationsmuster an der Fracht

Teilvorhaben Fraunhofer IFF - Aktivitätsanalyse und Frühwarnung

wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 13N11242 im Zeitraum 01.10.2010 bis 31.12.2013 gefördert. Die Projektförderung erfolgte innerhalb der Bekanntmachung „Sicherung der Warenketten“ vom 18. Dezember 2008 im Rahmen des Programms „Forschung für die zivile Sicherheit“ der Bundesregierung.

Das Gesamtvorhaben Trans4Goods wurde durch die in Tabelle 1 genannten Projektpartner bearbeitet. Es sind die Projektpartner aufgeführt, die zum Projektende aktiv beteiligt waren, da es während der Projektlaufzeit zu Veränderungen in der Partnerkonstellation kam.

Tabelle 1: Projektpartner und Teilvorhaben in Trans4Goods

Verbundkoordinator: Fraunhofer Institut für Fabrikbetrieb und – automatisierung IFF Kompetenzfeld Materialflusstechnik und – systeme Sandtorstr. 22, 39106 Magdeburg	Fraunhofer IFF – Aktivitätsanalyse und Frühwarnung
DHL Solutions & Innovations Junkersring 55, 53844 Troisdorf	DSI – Sichere Logistik und sichere Informationsmuster
Oncotec Pharma Produktion GmbH Am Pharmapark 1, 06861 Dessau-Roßlau	Oncotec – Sichere Pharmazeutische Produkte
STI Security Training International GmbH Ostring 3, 65205 Wiesbaden	STI – Prozesse und Menschen
Technische Universität Berlin, Institut für Luft- und Raumfahrt, Forschungsstelle Sicherheit Marchstraße 12, 10587 Berlin	TUB – Recht und Sicherheit
T-Systems Multimedia Solutions GmbH Riesaer Straße 5-7, 01129 Dresden	T-Systems MMS – Signaturunterstützte IKT- Infrastruktur für die sichere Lieferketten

1. Aufgabenstellung

Kennzeichnend für die Märkte des See- und des Luftverkehrs ist ihre begrenzte Zahl von Unternehmen, die vor allem in räumlich klar definierten und kontrollierbaren Gebieten aktiv sind. Die im Fokus des Projekts stehende Lieferkette des Landverkehrs hat in ihrer Gesamtheit völlig andere Dimensionen. Allein im Sektor der Verkehrs- und verwandten Nebenleistungen sind über eine halbe Million Unternehmen in Europa aktiv, vom multinationalen Großkonzern bis zum Kleindienstleister, die in einer Vielzahl von Kulturen und Geschäftsumfeldern verwurzelt sind. Etwa 33 % des Ferngüterverkehrs innerhalb der EU werden heute über die Straße abgewickelt (Stand 2011), wobei nach Schätzungen der EU der Güterverkehr bis 2050 um etwa 80 % steigen dürfte (gegenüber 2005)¹.

In hohem Maße normsetzende und für alle Unternehmen im Landverkehr geltende Sicherheitsmaßnahmen, analog zu den Vorgaben des LuftSiG, würden zu erheblichen Mehraufwendungen beim Transport und zu einem Bruch der Lieferkette führen. Vielmehr soll es je nach Art der beförderten Fracht, der Position eines Unternehmens innerhalb der Lieferkette und der Anfälligkeit der Infrastruktur möglich werden, das notwendige Sicherheitsniveau zu bestimmen. Dazu haben immer mehr Unternehmen und Verbände eigene Sicherheitsstandards festgelegt zum Schutz eigener Aktivitäten im Landverkehr und als Instrument zur Auswahl ihrer Partner innerhalb der Lieferkette (u.a. TAPA, AEO, C-TPAT).

In der Praxis ist es bisher unmöglich, mit einer einzigen umfassenden Aktion, ähnlich wie im Luft- und im Seeverkehr, Vorschriften und Maßnahmen für die Lieferkette des Landverkehrs zu erlassen. Realistischer ist die Identifizierung von Mindestsicherheitsanforderungen und begleitenden Hightech-Methoden, die schrittweise an den technischen Fortschritt und neu auftretende Risiken angepasst werden können, um in einem gegebenen Betriebsumfeld für ausreichende Sicherheit zu sorgen.

Das Ziel des Gesamtprojektes Trans4Goods war es daher, unter Verwendung verschlüsselter Produkt- und Lieferinformationen zentral und an der Ware selbst echtzeitnah die aktuelle, sicherheitsbezogene und logistische Situation an jedem Punkt einer Warenkette zu ermitteln, um darauf aufbauend mit Hilfe von adaptiven Analysemodellen Entscheidungshilfen für die operative Ebene zur Verfügung zu stellen. Dabei kommt es neben der situationsbezogenen Bereitstellung der Informationen auf Basis der gesammelten Daten auf eine anforderungsgerechte Qualifizierung der Mitarbeiter im operativen Bereich an in dem Sinn, dass diese Mitarbeiter effizient und fehlerfrei notwendige einzuleitende Maßnahmen erkennen und ausführen können.

Auf Basis einer Prozess- und Anforderungsanalyse im Bereich der Pharmaindustrie und zugehöriger Transportlogistik wurden technische und organisatorische Maßnahmen abgeleitet und bewertet, die der Optimierung der Sicherheitssituation und der Systeminnovation der Lieferkette bis hin zum Endkunden dienen. Optimierungsmaßnahmen und Einzeltechnologien

¹ TRANSTOOLS-Verkehrsmodelle, (Anhang 5 der Folgenabschätzung zum Weißbuch, SEK [2011] 358), online: http://ec.europa.eu/transport/strategies/facts-and-figures/all-themes/index_de.htm; 14. April 2011

wurden dabei nicht singular sondern unternehmensübergreifend betrachtet, um auch Themen wie Faktor Mensch, Organisation und Administration über eine übergreifende Systemintegration zu erfassen. Es wurde besonderer Wert darauf gelegt, dass die zu entwickelnden Maßnahmen und Lösungen so definiert sind, dass Kapazitäten, Effizienz und Qualität der Lieferketten im Landverkehr nicht eingeschränkt werden. Die Lösungen wurden dazu hinsichtlich ihrer Wirkung auf die allgemeine Sicherheitssituation sowie weiterführend in Bezug zu konkreten Bedrohungsszenarien und bestehenden Risiken bewertet. Ausgewählte technische Maßnahmen wurden zwecks Überprüfung auf Praxistauglichkeit im Rahmen eines Pre-Check-Demonstrators (Labortest) sowie eines Feldtests mittels einer realen Pharma-Lieferkette unter Verwendung einer ganzheitlichen, multisensorischen Systemarchitektur beispielhaft realisiert. Grundlegende Erkenntnisse und Vorgehensweisen aus dem Projekt wurden in einem verallgemeinerten Leitfaden zusammengefasst.

Für das Fraunhofer IFF ergaben sich anhand der Zielstellungen des Gesamtvorhabens die folgenden Forschungsziele:

- Konzeption bzw. Definition einer Erweiterten Sendungshistorie als Zusammenfassung von Produkt-, Transport- und Kontrollhistorie, unter den Aspekten „zentraler“ und „dezentraler“ Datensatz.
- Technische Konzepte für die echtzeitnahe zentrale (Leitstand) und dezentrale Erfassung (Produkt, Fracht) von relevanten Zuständen einer Frachtsendung über die Transportkette zur Erhöhung der logistischen Robustheit bei Ausfall / Manipulation zentraler IT-Systeme.
- Einsatz von Datamining und Neuronalen Netzen zur forensischen Aktivitätsanalyse der Erweiterten Sendungshistorie zur Ableitung von Maßnahmen bzw. zum Nachweis der manipulationsfreien Transportkette (auf dezentraler Fracht- und auf zentraler Leitstandebene).
- Überprüfung der Praxistauglichkeit spezifischer entwickelter Konzepte und Algorithmen im Rahmen eines Pre-Check-Demonstrators und weiterführend in einem Feldtest-Demonstrator.

Im Ergebnis entstanden Technologie- und Szenarioorientierte Module (z. B. AutoID, RFID, 3D-Sensorik) für einen Leitfaden zur Sicheren Warenkette im Landverkehr.

2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Für die Ausgestaltung des Projektes konnte auf verschiedenste Standardtechnologien (u.a. AutoID-Technologien, ISO/IEC Identifikationsstandards, Konzepte für DataMining/Informationsmusteranalyse, Track and Trace Ansätze für verschiedene Branchen [u.a. *Dittrich 2008, Finkenzeller 2008, Kern 2007, Schmid und Brockmann 2006, Ungurean 2011*]) zurückgegriffen werden. Diese Technologien wurden zum einen miteinander und zum anderen mit neuen innovativen Sensortechnologien kombiniert, um ein ganzheitliches Sicherheitskonzept zu entwickeln. Das Fraunhofer IFF hat im Projekt auf Vorerfahrungen mit der Konzeption und Umsetzung Sensor- und AutoID-basierter Lösungen (optische und funkbasierte Identifikation) im Umfeld von Produktions- und Logistikbereichen aufgebaut. Damit konnten die Arbeiten zur Auswahl von Sensortechnologien, optischer und funkbasierter Datenträger sowie zugehöriger Schreib-Lese-Technik zielorientiert ausgeführt werden, da Grundlagen- und Erfahrungswissen

genutzt wurde. Das gleich trifft auf den Einsatz von low-cost 3D²-Sensorik zu, als messwertgebendem Verfahren zu Objektkonturen oder –oberflächen.

Die zu entwickelnden Lösungen konnten frühzeitig vor Ort im Galileo-Testfeld Sachsen-Anhalt³ unter Laborbedingungen implementiert, und unter variierenden Bedingungen getestet und validiert werden. Hierdurch konnten eine hohe Ergebnisqualität und eine schnelle Übertragbarkeit auf andere Testumgebungen wie bspw. die Lieferkette im Rahmen des Feldtests gewährleistet werden.

Die Projektpartner Oncotec und DHL DSI haben mit Informationen, Daten sowie ihrer Fachexpertise zur Konzeption und Umsetzung des Teilvorhabens des Fraunhofer IFF beigetragen. Verschiedene Fachbereiche dieser Unternehmen waren wichtige Gesprächspartner für die Analyse- (*AP1*), Konzeptions- (*AP2*) und Testphase (*AP5*). Weiterhin war die Umsetzung des *AP 5 Demonstrator* unter Nutzung der Infrastrukturen weiterer Pharmaunternehmen als Referenz für eine reale Lieferkette eine wesentliche Voraussetzung für den Nachweis der einfachen Integrierbarkeit und damit Praxistauglichkeit der entwickelten Demonstratorsysteme des IFF und des Verbundes.

T-Systems MMS integrierte die IFF-Sensor-Lösungen in das IKT-Gesamtsystem für eine sichere Lieferkette. Durch die TUB wurde die rechtliche Lage auf nationaler und europäischer Ebene mit Bezug zum Einsatz der oben aufgeführten Technologien sowie im Kontext u.a. von Produkthaftung, Transportwesen und Datenschutzerfordernungen sondiert. Die Arbeiten dienten der rechtskonformen Umsetzung der Lösungen. STI unterstützte das Vorhaben mit Kenntnissen zu transportbezogenen Sicherheitsstandards im Luft- und Landverkehr sowie zum Einsatz von Detektions- und Kontrolltechnik bei Frachttransporten, z.B. bei Zollkontrollen.

² 3D – Synonym für die räumliche Darstellung von Körpern. Es ist eine Darstellungsvariante, die meistens aus den Raumdimensionen Länge, Breite und Höhe besteht. Ziel der 3D-Sensorik ist es, Informationen nicht nur in 2D, sondern direkt in 3D aufzunehmen und so vor allem Informationen über Distanzen in den jeweiligen Messbereichen zu bekommen

³ www.galileo.ovgu.de

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Durch das Projektkonsortium wurde eine Struktur für das Vorgehen im Gesamtvorhaben Trans4Goods erarbeitet. Es wurden sieben Arbeitspakete definiert, welche die im Rahmen des Projektes zu lösenden Aufgaben beschreiben. Die Vorgehensweise ist in Abbildung 1 dargestellt.

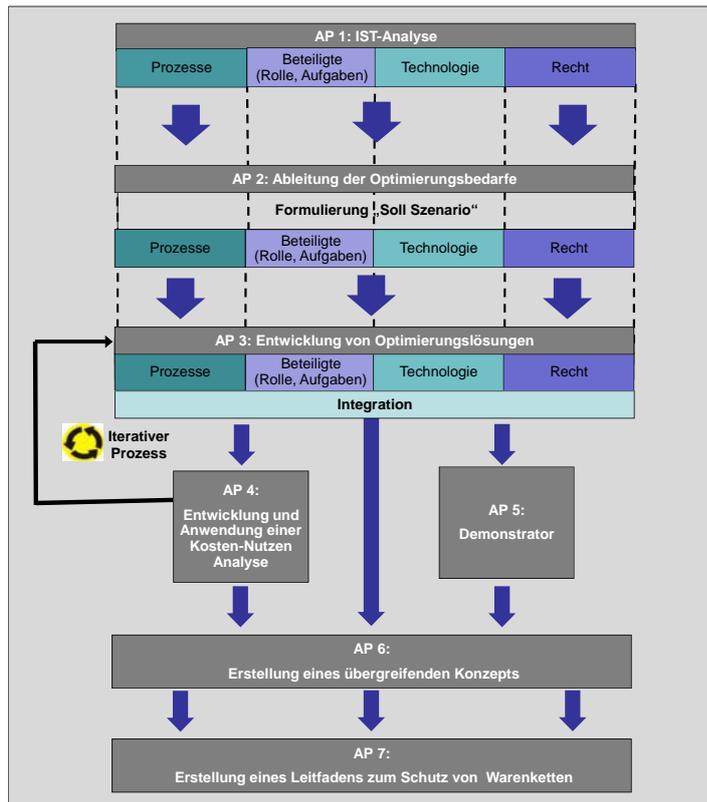


Abbildung 1: Projektvorgehensweise

Das Fraunhofer IFF hat sich fachlich mit Blick auf die Nutzung von Sensorsystemen und die Erfassung von Daten für die Situationseinschätzung in die folgenden Arbeitspakete des Gesamtvorhabens integriert:

- Verbundkoordinator und wissenschaftliche Begleitung auf technischer Ebene
- Aufbauend auf dem Verschlüsselungs- und RFID-Konzept werden Verfahren zum Monitoring von Frachtläufen sowie Logik-Konzepte zur Bewertung der gespeicherten Datenhistorie und Frachtzustände zur Situations- und Störfallerkennung entwickelt
 - Aufnahme und Bewertung bestehender logistischer Prozessketten und der bestehenden Systeme, Informations- und Logistikmittel sowie heute genutzte Daten und Formate in einem Pharma-Produktionsnetzwerk (interne Traceability) und im Warentransport (externe Traceability) (AP 1)

- Mitarbeit bei der Auswahl der einzusetzenden AutoID-Verfahren, Datenträger und Geräte, Beschreibung der Datenhaltungskonzepte (Data on Tag, Data on Network) (AP 2)
- Entwicklung der informationstechnischen Algorithmen und Logik-Konzepte zur Informationsmustererkennung (Frachtfingerprint, Neuronales Netz Tourdatenanalyse, Informationsmuster auf Leitstandebene) und Ermittlung der „Normalmuster“ zu Warenursprung, Logistik- und Sicherheitshistorie, die für operative Entscheidungen genutzt werden sollen (AP 3)
- Erstellung einer Kosten-Nutzen-Analyse unter Berücksichtigung eines Modells zur Bewertung von Sicherheitsmaßnahmen bzw. des -niveaus (AP 4)
- Pre-Check Demonstrator im Laborumfeld des Fraunhofer IFF und Feldtest (AP 5)
- Mitarbeit bei der Erstellung eines übergreifenden Konzepts (AP 6)
- Mitarbeit bei der Erstellung eines Leitfadens (AP 7)

Das Gesamtvorhaben hatte ursprünglich eine Laufzeit vom 01.10.2010 bis zum 30.09.2013 mit 36 Projektmonaten. Im Projektverlauf kam es aufgrund des Ausscheidens eines Technologie-Partners zu erneuten Antragsverfahren mit entsprechendem Nachholbedarf bzw. Nachlauf bei der Bearbeitung der Arbeitspakete. Der neue Partner T-Systems MMS hatte aufgrund des späteren Einstiegs einen anderen Arbeits- und Zeitplan als die übrigen Partner, konnte im Projektverlauf aber gut integriert werden. Einem anderen Arbeitsplan folgte ebenfalls die TUB, da deren Projekthinhalte einer anderen Zielrichtung folgten. Letztlich haben der Partnerersatz sowie damit verbundene Änderungen in der Konzeption und Umsetzung des Vorhabens zu einer zuwendungsneutralen Verlängerung der Projektlaufzeit um drei Monate bis zum 31.12.2013 geführt.

Das Gesamtvorhaben Trans4Goods beinhaltete einen Meilenstein, der im Projektmonat 21 absolviert wurde. Am 16. Januar 2014 wurde die Abschlussveranstaltung zum Verbundprojekt in den Räumlichkeiten des Fraunhofer IFF in Magdeburg durchgeführt.

4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Bezüglich des Einsatzes von AutoID-Technologien (Barcode, Matrixcode, Bo-Code, RFID, etc.) zur sicheren Identifikation von Ware, Verpackungseinheiten, Fracht oder Ladungsträgern bestehen vielfältige technische Alternativen (Grundlagen u.a. in *Kern 2007, Finkenzeller 2008*) und zahlreiche Standards (z.B. ISO/IEC, GS1) und branchenbezogene Einsatzempfehlungen (z.B. VDA-Richtlinien, ZVEI-Leitfaden). Vielen Ansätzen ist allerdings gemeinsam, dass sie in der praktischen Anwendung voneinander isolierte Objektbereiche oder Anwendungsfelder beinhalten, d.h. jeder Partner einer Logistikkette kann nur auf Informationen zum Objekt zugreifen, die in seinem Verantwortungsbereich liegen. Damit ist derzeit eine durchgehende Informationskette über mehrere Unternehmen nicht gegeben. Dadurch kann einem Endkunden gegenüber nicht gewährleistet werden, dass die bestellte Ware nicht manipuliert oder ausgetauscht worden ist, zumal dieser in vielen Fällen als Partner der Lieferkette nicht berücksichtigt ist.

Es besteht der Trend, mehr Produkte und Waren mit einer eindeutigen Identifikation über AutoID-Technologien (optische Datenträger wie Barcode, 2D-Code oder RFID-Transponder) und auch mit Zusatzinformationen auszustatten, welche automatisiert verarbeitet und zur Steuerung und Überwachung eingesetzt werden können. In direktem Zusammenhang damit steht das Bemühen, Schutzkonzepte und Herkunftsnachweise (Datenverschlüsselung / Kryptografie, Signaturen) an die Produkte und Waren zu bringen, als Schutz vor Plagiaten oder Fälschungen. Die Bedeutung dieses Aspekts nimmt bei vielen Warenproduzenten unterschiedlicher Branchen zu (u.a. *ICC 2006, Schöch und Hillbrand 2006, Reinecke et al 2008, VDMA 2008, Durchholz 2010, Günther 2011*).

Ansätze zur Gestaltung einer „sicheren“ Informierung und Kommunikation lassen sich z.B. einerseits in den Bemühungen des Bundesamtes für Sicherheit in der Informationstechnik (u.a. Erhöhung der IT-Sicherheit für Behörden, Verwaltung und Justiz; Sicherheit von Webanwendungen; Leitfaden IT-Sicherheit / Kryptokonzepte), andererseits in der Gestaltung von technischen Systemen für das Intelligente Monitoring und die Analyse von Online-Daten sehen (u.a. *Jakobs et al 2001, Dittmann 2006, Dittrich 2008, Mock 2012*). Im Kontext von SmartData Anwendungen führt dies zu Intelligenten Softwaresystemen (DataMining, Informationsmusteranalyse) zur automatischen Datenfusion von Informationen aus verschiedenen Quellen mit dem Ziel, verdächtige Beziehungen und Muster zu erkennen. Konzepte aus dem Schiffstransport (z.B. die Projekte SCREEN, ConTraffic) überwachen hier mittels technischer Lokalisierung Schiffsbewegungen und untersuchen diese auf „atypische“ Wege. Eine Übertragung solcher Ansätze auf den Landverkehr war zu Projektbeginn nicht bekannt.

Andererseits stehen zunehmend kostengünstige Sensoreinheiten (z.B. Temperatur, Schock, Feuchtigkeit) für Anwendungen in der Logistik zur Verfügung. Diese liefern ihre Daten vornehmlich in isolierte Portale eines Dienstleisters, von denen der Anwender sie beziehen kann. Eine Verknüpfung mit den Transportdaten findet in der Regel nicht statt, außer wenn das Fahrzeug mit der entsprechenden Sensorik zur zeitglichen Erfassung der Daten ausgestattet ist. Eine detaillierte Überwachung einzelner Frachteinheiten im Laderaum mit Sensorik, z. B. zur Ermittlung der Temperaturverteilung im Laderaum, ist dann nur schwer möglich. Der Versender muss sich hier auf die Zuverlässigkeit des Transporteurs bei der Transportausführung, z. B. durch Anwendung der GDP-Richtlinien, verlassen. Auch hier ergeben sich Potentiale über Datenfusion mehr Transparenz über Ereignisse und die Einhaltung von Vorgaben in der Lieferkette zu gewinnen. Voraussetzung sind lokale oder mobile Erfassungseinheiten, die Informationen an ein zentrales IT-System in Echtzeit geben.

Gleichzeitig drängen neuartige Sensortechnologien und –konzepte, z.T. in Verbindung mit neuen Consumerprodukten, in die Industrie. Für das Projekt relevant war hier als Anwendung von 3D-Sensoren in der industriellen Bildverarbeitung (u.a. *Häusler 1999, Lange 2000, Bauer 2008*) low cost 3D-Sensorik, anfänglich auf Basis der Xbox von Microsoft bzw. der PrimeSense™ Technologie. Der Vorteil dieser Technologie wird im industriellen Bereich in niedrigeren Kosten bei weniger komplexen Anforderungen an die Genauigkeit im Vergleich mit herkömmlichen Methoden der Bildverarbeitung gesehen. Dieser Umstand gewinnt an Bedeutung wenn man unterstellt, dass durch stetig steigendes Fertigungsoutsourcing von Teilkomponenten, die nicht zur Kernkompetenz eines Unternehmens gehören, immer mehr Schnittstellen im Netzwerk von OEMs und Zulieferern entstehen, an denen eine Qualitätskontrolle der Teilegeometrie notwendig sein wird. Des Weiteren sind Unternehmen bestrebt hohe Kosten und Imageverlust durch

Qualitätsprobleme zu minimieren. Die systematische Einführung einer 100 % Prüfung in Produktionsanlagen wird die Konsequenz sein. 3D-Methoden werden hier eine wichtige Rolle spielen. Im Rahmen des Projektes und aufgrund bereits bestehender Vorerfahrungen mit der Anwendung von 3D-Sensorik, wurden im Projekt daher 3D-Messverfahren auf Frachtstücke angewendet, um zu ermitteln, welche Daten für die Logistikobjektanalyse sinnvoll generierbar sind, um z. B. die Unversehrtheit von Frachtstücken nachvollziehen zu können. Bei der Entwicklung von neuen Technologien ist besonders darauf zu achten, dass diese an ihren späteren Anwendungsbereich angepasst werden. Zum Beispiel müssen die Sensoren für den Einsatz in rauen Logistikumgebungen oder unter bestimmten Temperaturbedingungen geeignet sein.

In diesem Zusammenhang kann durch die Vernetzung von RFID als digitalem Produktgedächtnis, beliebigen Sensortechnologien, Steuerungslogiken und Intelligenten Softwaresystemen eine neue Qualität in den Prozessen entstehen. Der Fokus liegt nicht mehr nur auf dem Anbieten in situ benötigter Information, sondern weitergehend in der (auch automatisierten) Befähigung zum Handeln der beteiligten Personen.

Für die Durchführung der Arbeiten wurde u.a. auf folgende Spezifikationen zurückgegriffen:

- Anwendungsstandards zum Barcode-Tagging in der Lieferkette (ISO 17358 Anwendungsanforderungen, ISO 17363 Frachtcontainer, ISO 17364 Wiederverwendbare Transporteinheiten, ISO 17365 Transporteinheiten, ISO 17366 Produktverpackungen, ISO 17367 Produkttagging)
- Anwendungsstandards zum RFID-Tagging in der Lieferkette (ISO/IEC 18000- 3 Parameters for Air Interface Communications at 13.56 MHz– 13,56 MHz, ISO/IEC 18000 – 6 Parameters for Air Interface Communications at 860 to 960 MHz)
- Anwendungsstandards zum QR-Code Einsatz (ISO/IEC 18004 - Information technology — Automatic identification and data capture techniques — Bar code symbology — QR Code)
- Anwendungsempfehlung - Profile für Anforderungserfordernisse an RFID (ISO/IEC TR 18001)
- VDA 5501 – RFID im Behältermanagement der Supply Chain, VDA 5509 - AutoID/RFID-Einsatz und Datentransfer zur Verfolgung von Bauteilen und Komponenten in der Fahrzeugentwicklung, VDA 5510 - RFID zur Verfolgung von Teilen und Baugruppen in der Automobilindustrie, VDA 5520 - RFID in der Fahrzeugdistribution
- VDI 4476 - Qualifizierung von UHF-RFID-Transpondern im Produktionsprozess, VDI 4472 Blatt 4 - Kosten-Nutzenbewertung von RFID-Systemen in der Logistik, VDI 4472 Blatt 6 – Einsatz der RFID Technologie in der Kühlkette
- EU-Forschungsprojekt BRIDGE – Security Analysis Report (Building Radio Frequency Identification Solutions for the Global Environment)
- PriceWaterhouseCooper Transportation&Logistics 2030, Vol. 4 – Securing the Supply Chain
- ZVEI Leitfaden für Identifikation und Traceability in der Elektro und Elektronikindustrie
- EU-Richtlinie Pharma 2011/62/EU

Es wurden keine Verfahren oder Schutzrechte Dritter im Vorhaben angewendet.

Im Rahmen des Projektes sind Fachveröffentlichungen zum Stand der Technik ausgewertet worden. Der Stand der technologischen Entwicklung und des zugehörigen Marktangebotes mit Bezug zu den Arbeitsinhalten des Fraunhofer IFF im Gesamtvorhaben wurde über

Internetrecherche und die Teilnahme an Tagungen und Messen verfolgt. Patentrecherchen auf Basis der Plattformen patbase.com und depatisnet.dpma.de wurden kontinuierlich durchgeführt.

Eine weitere Grundlage für die Projektarbeit bildete die aktuelle Gesetzeslage u.a. zum Transportrecht, Datenschutz- und Signaturrecht welche durch die TU Berlin, Forschungsstelle Sicherheit am Institut für Luft- und Raumfahrt recherchiert wurde. STI brachte Kenntnisse zu spezifischen Sicherheitsstandards diverser Transportverbände in das Projekt ein. T-Systems MMS wendete im Projekt die GS1 EPCglobal Spezifikationen und Standards an. Oncotec brachte seine Fachexpertise zu GxP-Anforderungen und zur Richtlinie EU 2011/62/EU ein. Details hierzu sind den Schlussberichten der Projektpartner zu entnehmen.

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Im Projekt wurden neben den Projektpartnern über Oncotec weitere Unternehmen und Dienstleister aus dem Pharmabereich eingebunden. Bedürfnisse und Anforderungen dieser Partner flossen in die Bearbeitung der *AP 2 Soll-Konzept* und *AP 3 Entwicklung der Lösungen* ein. Die technische Umsetzung wurden von diesen Partnern innerhalb des *AP 5 Demonstrator* zum Teil mit bewertet. DSI hat zum selben Zweck verschiedene Fachbereiche der DHL für das Konsortium kontaktiert und auf gleiche Weise eingebunden.

Für die Umsetzung der UHF-RFID-Lösung mit Signaturfähigkeit wurden z. T. im Verbund Gespräche und Workshops mit AutoID-Spezialanbietern geführt. Zu einer engeren Zusammenarbeit kam es aber nicht.

Tests der entwickelten Lösungen wurden unter Laborbedingungen im Galileo-Testfeld Sachsen-Anhalt⁴ durchgeführt.

Über die Bekanntmachung „Sicherung der Warenketten“ wurde durch das Konsortium von „SafeMed - Systemgestaltung zur wirtschaftlichen Sicherung der Medikamentenversorgungskette“ Kontakt zu Trans4Goods aufgenommen. Durch den Austausch von Informationen zu den jeweiligen Projektinhalten konnte festgestellt werden, dass Trans4Goods nur einen geringen Teil des avisierten Lösungsraums von SafeMed betrifft, dass aber das in Trans4Goods verfolgte Systemkonzept den in SafeMed ermittelten Anforderungen an die Pharma-Lieferkette voll entspricht.

Weiterhin wurde im Projektverlauf Kontakt zur Initiative securPharm⁵ aufgenommen. Mit securPharm hat eine gemeinsame Initiative der beteiligten Verbände ein System entwickelt, mit dem sich künftig die Echtheit von Arzneimitteln in der Apotheke prüfen lässt. Dieses wird seit dem Jahr 2013 in einem Pilotversuch getestet. Das System soll den neuen Vorgaben der Europäischen Union für die Fälschungsabwehr entsprechen und – wenn es später flächendeckend eingeführt

⁴ Das Entwicklungslabor und Testfeld für Ortung, Navigation und Kommunikation in Verkehr und Logistik ist das Referenzprojekt der Landesinitiative Angewandte Verkehrsforschung / Galileo-Transport des Landes Sachsen-Anhalt.

⁵ <http://www.securpharm.de/securpharm-initiative.html>

wird – sicherstellen, dass Patienten dauerhaft eine sichere Quelle für Medikamente haben. securPharm verfolgt hierbei einen End-to-End Ansatz mit zwei voneinander getrennten Datenbanksystemen für Herstellerunternehmen und Apotheker. Die Trans4Goods-Partner sehen hier Potentiale, die securPharm-Lösung mit den eigenen Projektergebnissen sinnvoll unterstützen und die technischen Funktionen von securPharm erweitern zu können. Daher wird auch nach Projektende versucht werden, die Kontakte zur Initiative und den beteiligten Pharmaverbänden zu vertiefen.

II. Schlussbericht – Eingehende Darstellung

1. Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen in Gegenüberstellung zu den Zielvorgaben

Die Zielstellung des Gesamtvorhabens Trans4Goods und die daraus abgeleiteten Ziele des Teilvorhabens des Fraunhofer IFF sind in Abschnitt *1.1 Aufgabenstellung* dargestellt. Den Zielen folgend wurde das Teilvorhaben des Fraunhofer IFF in die in Abschnitt *1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens* genannten Arbeitspakete des Gesamtvorhabens eingeordnet und die Inhalte des Meilensteins festgelegt. Die Verwendung der Zuwendung sowie die erzielten Ergebnisse des Fraunhofer IFF werden nachfolgend untergliedert in die einzelnen Arbeitspakete dargestellt.

AP 1 Ist-Analyse

Zusammen mit allen Projektpartnern wurden die Arbeiten zum *AP 1 Ist-Analyse* durchgeführt. Dies betraf zum einen die Prozesse des Lohnherstellers Oncotec von der auftragsbezogenen Produktion über weitere Pharma-Unternehmen bis zur Auslieferung an die jeweiligen Oncotec-Endkunden („interne Traceability“), hier Pharma-Hersteller und Großhändler. Zu den Prozessen wurden die verwendeten Kennzeichnungen und Dokumente an den Produkten und Verpackungen, Ladungsträgern und Transporthilfsmitteln aufgenommen und hinsichtlich ihres Erstellungsaufwandes, des Aufwands für das Handling, Gefahr der Vertauschung, des Verlustes oder der Manipulation u. ä. bewertet. Weiterhin wurden durch Oncotec die mit den Prozessen in Verbindung stehenden Einzeldaten, Dokumente und Informationsflüsse in IT-Systemen der beteiligten Pharma-Partner ermittelt und beschrieben. Die Ergebnisse wurden durch Oncotec als Ist-Prozess dokumentiert.

Beginnend bei den Endkunden von Oncotec wurden dann zusammen mit DHL DSI die Logistikprozesse im Pharmabereich, vom Pharma-Hersteller / Großhändler bis zum Verbraucher, wie Apotheke, Krankenhaus, Arztpraxis, Patient, betrachtet („externe Traceability“). Es wurden durch DSI zwei Transportarten von Produkten detaillierter untersucht: Luftfracht international und Landtransport in die Türkei. Es wurden ebenfalls die mit den Prozessen in Verbindung stehenden Einzeldaten, Dokumente und Informationsflüsse in die DHL-IT-Systeme beschrieben. Die Ergebnisse wurden durch DSI als Ist-Prozess dokumentiert.

Weiterhin wurden zusammen mit Oncotec, DSI und STI die Gefährdungen und Risiken im Pharmabereich und im Transportwesen anhand publizierter (u.a. *Huster 2007, Klein 2010, Müller-Wondorf 2011, PWC 2011, Mayer 2012, DVZ 2013, Semmann und Granzow 2014*) sowie jeweils unternehmensintern bekannter Ereignisse zusammen getragen, und hinsichtlich möglicher Maßnahmen zur Abwehr und damit ihrer Relevanz für das Projekt Trans4Goods bewertet. Die Ereignisanalyse wurde durch eine Auswahl von relevanten Szenarien abgeschlossen, denen aus

Sicht der Projektpartner eine hohe Eintrittswahrscheinlichkeit zuzuordnen ist (vgl. Auszug in Tabelle 2). Die nachfolgend konzipierten technischen und organisatorischen Lösungen greifen diese ermittelten Bedrohungsszenarien auf unter Berücksichtigung der Anforderungen aktueller branchenbezogener Sicherheitsstandards sowie einzusetzender Kontrollverfahren, die durch STI dokumentiert wurden. Das IFF hat sich im AP auf die Ermittlung der eingesetzten Kennzeichnungen, Formulare und Daten sowie zugehöriger Informationsflüsse im Ist sowie zu Erkenntnissen zu aktuell fehlenden Daten für eine Verbesserung der Abläufe konzentriert, mit dem Ziel, die vorhandenen Daten und Informationsflüsse hinsichtlich ihrer Einsetzbarkeit für eine erweiterte Sendungshistorie zu bewerten. Im Ergebnis wurden weitere Datenelemente definiert, die für eine eindeutige Identifikation von Objekten und Erfassung von Zuständen sowie Prozessstationen unerlässlich sind.

Szenarien wie z. B. die Verunreinigung von Produktionsstoffen oder ein Austausch des Produktinhalts, Diebstahl ganzer LKWs, Detektion von Sprengstoffen wurden folgend nicht weiter betrachtet, da diese mit den im Projekt eingesetzten Technologien nicht erkannt werden können.

Tabelle 2: Auszug Bedrohungsszenarien

Objekt	Szenario	Objekt	Szenario
Produkt	Verwechslung Produkt	Kartons auf Palette	Verlust Karton, Beschädigung Karton
Produkt	Havariefall, Unfall	Kartons auf Palette	Unbekanntes Objekt hinzu
Produkt auf Ladungsträger	Verwechslung Produkt (Chargenreinheit), Austausch oder Verlust Produkt	Kartons auf Palette	Unerlaubte Änderung der Packstruktur Palette
Produkt in Sekundärverpackung	falsche Sekundärverpackung, falsches Produkt in Sekundärverpackung	Palette auf LKW	Verlust Palette
Sekundärverpackung in Karton	Verlust Sekundärverpackung	Palette auf LKW (LKW GPS-Logs); Stationshistorie im Vergleich mit der geplanten Lieferkette	Abweichung von „Standardroute“ oder unbekannte/ ungewöhnliche Route; zeitliche Abweichung
Karton	Verwechslung / Vertauschen Karton	Palette und Kontrollmethoden	Anwendung falscher Kontrollmethoden
Karton	Beschädigung, Öffnung Karton	Kühlkette	Vorgaben werden nicht eingehalten
Karton	Austausch Kartoninhalt	Zentrales IT-System	Ausfall

AP 2 Ableitung der Optimierungsbedarfe – Soll-Konzept

In diesem AP wurden anhand der Ergebnisse des AP 1 zusammen mit Oncotec und DSI für die Prozesse der internen und externen Traceability die Soll-Prozess-Konzepte entwickelt. Besonders berücksichtigt wurden dazu die Anforderungen durch GMP, 16. AMG-Novelle, AMWHV, EU GDP Guideline 2013/C 68/01, EU Richtlinie 2011/62/EU, FDA-Richtlinien / 21 CFR Part 11 und E-Pedigree.

Hierzu wurden von Oncotec Varianten der Kennzeichnung auf Produktebene am Beispiel von Vials mit Flüssigprodukten untersucht, die prozesstechnisch besondere Anforderungen an die Kennzeichnungstechnologie stellen, u.a. kleine Größe der Kennzeichnung, da kleine Produkte im Portfolio, oder die Einhaltung von Reinraumanforderungen beim Aufbringen der Kennzeichnung.

Auf Verpackungsebene (Sekundärverpackung) wurden adäquate Analysen angestellt, allerdings sind die Anforderungen an die Kennzeichnungstechnologie nicht so hoch wie auf der Produktebene von Oncotec, da hier keine Reinraumanforderungen bestehen und auch mehr Fläche auf den Verpackungen für die Anbringung von Kennzeichnungen zur Verfügung steht. Hier ergaben sich zu berücksichtigende Aspekte aus dem Bereich Pharma-Verpackungsdesign und Marketing.

Unter diesen Voraussetzungen wurden von Oncotec verschiedene Verfahren zum Aufbringen der Kennzeichnungen (u.a. Druck, Laser-Gravur, Etikett, RFID-Label) zusammengestellt und zusammen mit den Projektpartnern auf ihre Eignung bewertet. Im Ergebnis wurde RFID (passiv) als geeignete Kennzeichnungstechnologie für Oncotec auf Produkt- sowie Verpackungsebene für das Projekt festgelegt (zu Grundlagen vgl. *Coulon und Decker 2005, Kummer et al 2005, Chikova und Loos 2006, Finkenzeller 2006, Kern 2007, Finkenzeller 2008*). Mit entscheidend waren hierfür die folgenden Aspekte des RFID-Einsatzes: Daten können dezentral am Objekt geändert werden, die Beschleunigung von Handlingsprozessen durch schnelle Identifikation, die Einhaltung der Erfordernisse der GMP-Richtlinie, die Möglichkeit der zukünftigen Forderung von RFID auf Pharmaprodukten z. B. durch die FDA, die Einschätzung von RFID als zukunftssträchtiger Technologie (vgl. u. a. *Gan et al 2006, Gillert und Hansen 2007, Ungurean et al 2011*). Ähnlich gelagerte Untersuchungen wurden durch DSI für die Kennzeichnung von Stückgut und Frachteinheiten durchgeführt. Die bei DHL eingesetzten Systeme zur Sendungsverfolgung verwenden standardmäßig Barcodelösungen, auf internationalen Märkten z.T. auch DataMatrix oder RFID-Kennzeichnungen. Auch hier wurde die RFID-Technologie als Zukunftstechnologie bewertet, allerdings mit anderen Restriktionen (z. B. größere Transponder möglich, raue Logistikumgebung).

In einem nächsten Schritt wurde festgelegt, welche Daten auf welcher Ebene (Produkt, erste Umverpackung, zweite Umverpackung, erste Transporteinheit usw.) für die eindeutige Identifikation und Rückverfolgbarkeit notwendig sind. Die Daten, die auf den verschiedenen Item-Ebenen berücksichtigt werden sollen, wurden in tabellarischer Form dargestellt und nach den Anforderungen Data-on-Tag (am Produkt, an der Verpackung usw.) und Data-on-Network (zentrale Datenbank, Leitstand) zugeordnet. Für alle Daten wurden Festlegungen für die Lese- und Schreibrechte der einzelnen Beteiligten der Lieferkette getroffen (Tabelle 4).

Tabelle 3: Gegenüberstellung optische und RFID-basierte Kennzeichnung

	Barcode, 2D-Code	RFID
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> – Kostengünstig auf Produkte und Verpackungen druckbar bzw. als Etikett erzeugbar – Fehlertolerantes Auslesen bei 2D-Code möglich 	<ul style="list-style-type: none"> – Dateninhalt ist unabhängig von der physischen Größe des Transponders – Kopiersicherheit und Fälschungssicherheit mit entsprechenden Maßnahmen möglich – Daten auf dem Transponder sind änderbar – Auslesen der Daten berührungslos und ohne Sichtkontakt möglich – Pulklesefähig in Abhängigkeit von der Frequenz
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> – Auslesen nur mit Sichtkontakt möglich – Nicht pulklesefähig – Daten sind nicht änderbar – Physische Größe des Codes wächst mit dem Dateninhalt – Keine Kopier- und damit Fälschungssicherheit bei Barcode – Störeinflüsse wie Schmutz, Gegenlicht oder Beschädigung des Codes 	<ul style="list-style-type: none"> – Teurer als Barcode oder 2D-Code-Etikett – Störeinflüsse wie Metall, EMV, Flüssigkeit müssen bei der Transponderauswahl berücksichtigt werden

In Tabelle 4 ist beispielhaft dargestellt, wie das Datenmodell eines Logistikdienstleisters gestaltet und welche Berechtigungen zum Schreiben (S) und Lesen (L) der Daten vergeben sein könnten.

Tabelle 4: Beispiel Datenmodell

Information	Format	Stellen	Versender	Logistik-Dienstleister	Empfänger	Behörde / Zoll	Daten auf Transponder	Daten in Datenbank
Absender	alphanumerisch	20	S	L + S	L	L	X	X
Empfänger	alphanumerisch	20	S	L + S	L	L	X	X
Sendungs-Nr.	numerisch	20	---	S	L	L	X	X
Sendungsgewicht	numerisch	4	S	L + S	L	L	---	X
Anzahl Packstücke	numerisch	3	S	L + S	L	L	---	X

Aus den Datenmodellen für die interne und die externe Traceability ließen sich die jeweilig benötigten Speicherbedarfe der einzusetzenden Transponder ermitteln. Eine sehr intensive Diskussion zur Auswahl der geeignetsten RFID-Frequenz wurde im Verbund geführt. Aufgrund der Menge der Data-on-Tag Daten bestand die ursprüngliche Tendenz bei der Produktkennzeichnung eher hin zur HF-Technologie, da diese bei vertretbaren Preisen sehr hohe Speicherkapazitäten bietet. Andererseits ist in Logistikanwendungen häufig die UHF-Technologie vertreten, die ebenfalls kostengünstig aber zum damaligen Projektstand 2011 nur mit wenig Speicherplatz (max.

512 Bit) verfügbar war. Hintergrund ist, dass in Logistikanwendungen häufig nur ein Identifikator verwendet wird, der wenig Speicherplatz benötigt (z.B. 96 oder 128 Bit). Die folgende Tabelle 5 gibt die Merkmale der HF- und der UHF-Technologie wieder.

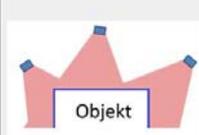
Tabelle 5: Merkmale der HF- und UHF-Verfahren im Vergleich, Stand 2011

Kriterium	HF	UHF
Speicherkapazität des Datenträgers	groß, z.B. bis 4kByte	gering, aktuell bis 0,5kByte (Standardprodukte)
Lesegeschwindigkeit	mittel bzw. abhängig vom Datenvolumen, z.B. bis zu 2 Sekunden bei 2 kByte Dateninhalt	schnell, da geringerer Dateninhalt als bei HF bzw. optimierter Speicherzugriff bei Nutzung von EPC
Schreibgeschwindigkeit	generell langsamer als beim Auslesen	generell langsamer als beim Auslesen
max. Distanz Lesen	mittel, z.B. 0,3 bis 1,2m in Abhängigkeit vom Umfeld	hoch, z.B. bis zu 12m in Abhängigkeit vom Umfeld
Wiederbeschreibbarkeit bzw. Datenaktualisierung	ja, RW-Transponder	ja, RW-Transponder
Pulkfähigkeit	gering, z.B. < 10 Stck.in 1 Sekunde in Abhängigkeit vom Umfeld	hoch, z.B. 400 Stck. in 1 Sekunde (für 96-Bit EPC-Nummer) in Abhängigkeit vom Umfeld
Physische Lebensdauer	Etikett / Label: gering Hard-Tag: hoch (20-50 Jahre garantiert)	Etikett / Label: gering Hard-Tag: hoch (20-50 Jahre garantiert)
Art der Lesegeräte	Stationäre oder mobile Endgeräte im zugehörigen Frequenzbereich	Stationäre oder mobile Endgeräte im zugehörigen Frequenzbereich

Vom Fraunhofer IFF wurden mit Standardtranspondern und RFID-Schreib-Lese-Geräten Untersuchungen zur Performance der beiden Varianten durchgeführt, hierfür stellte Oncotec dem IFF entsprechendes Testmaterial zur Verfügung. Als Ergebnis wurde festgehalten, dass die HF-Technologie in jedem Fall „sicher“ funktionieren würde (auch im Sinn der Vermeidung von unerwünschten Mehrfachlesungen von Transpondern), ein HF-Einsatz aber das Bestehen einer parallelen Infrastruktur zu UHF in der Logistik bedeuten würde, was die Wirtschaftlichkeit der angestrebten Lösung stark beeinflusst. Mit Blick auf die Anforderungen der betrachteten Produkte entschied sich das Konsortium, generell im UHF-Bereich auf allen zu betrachtenden Item-Ebenen zu arbeiten. Es zeichnete sich schon damals ab, dass die Speichergrößen von UHF-Transpondern zukünftig nicht bei der vorhandenen Größe verbleiben würden. T-System MMS und Fraunhofer IFF haben daraufhin nach geeigneten passiven UHF-Transpondern für das Projekt recherchiert und entsprechende Angebote beschafft. Im Projektverlauf wurden in Abhängigkeit vom verfügbaren Angebot weitere Transpondertypen beschafft und getestet, hier ging es u.a. auch um die Signaturfähigkeit von UHF-Transpondern.

Auf Basis dieser Erkenntnisse wurden durch das Konsortium die logistischen Soll-Prozesse, Informations-Erfassungspunkte und –arten, sowie die Informationsflüsse für die Bereiche interne und externe Traceability festgelegt. Diese wurden durch Oncotec und DSI dokumentiert. Das IFF legte folgend die hierfür notwendige technische RFID- Ausstattung (Datenträger, Schreib-Lese-Technik) fest.

Weiterhin wurden vom IFF experimentelle Untersuchungen zum Einsatz von 3D-Tiefenwertsensoren am Beispiel verschiedener Objektstrukturen (Einzelprodukte, Einzelpakete, gepackte Palette) durchgeführt, um neben den mit RFID getaggten Objekten weitere Charakteristika als Eingangsdaten für die angestrebte Informationsmustererkennung zu generieren. Auch diese Ergebnisse wurden dokumentiert.

Modellart	3D-Gesamtmodell	3D-Teilansicht
Berechnung	Multiview	Single View
Skizze		

Tiefenbildtechnologie nach PrimeSense™

Allgemein:

- zweistufiges Verfahren zur Erfassung dreidimensionaler Strukturinformationen von Objekten mit Hilfe von „Strukturierter Beleuchtung“
- Belegung der erfassten Tiefenwerte mit Echtfarbe-Daten

Funktionsweise:

- Beleuchtung der Objektszene mit einem bekannten und entfernungs-dynamischen Infrarotmuster
- Erfassung des Infrarotmusters durch eine IR-Kamera und Abgleich der Szene mit Referenzbildern im Sensor (1. Stufe)
- Nähere Berechnung des Tiefenwertes durch Triangulation (2. Stufe)

Abbildung 2: Funktionsweise von Tiefenwertsensoren nach PrimeSense™

Folgend wurden in Zusammenarbeit mit Oncotec, DSI, STI und T-Systems MMS Informationsmuster bewertet, anhand deren eine Aussage zur Sicherheit der Fracht getroffen werden kann. In Verbindung mit dem von T-Systems MMS verfolgten Track und Trace Ansatz auf Basis von EPCIS (GS1 EPCglobal) stellt die Kombination von RFID-Daten der verschiedenen Item-Ebenen eine Form von Informationsmustern dar, die durch eine lokale und/oder zentrale Instanz ausgewertet, und die z. B. auf Abweichungen und Manipulationen hinweisen können. Ergänzt werden können die RFID-Daten stationsbezogen durch Tiefenwertdaten und Daten beliebiger weiterer Sensoren. Damit ergaben sich folgende Auswertemöglichkeiten:

- Identifizierung von Objekten bzw. der Produkte anhand der RFID-Tag-IDs (nicht lösbare Verbindung zum Produkt). Fehlen einzelne Tags oder sind unbekannte Tags hinzugekommen, muss ein Zugriff auf die Sendung erfolgt sein. Im Zuge der logistischen Prozesse und der Umverpackung werden zudem weitere Tags auf anderen Ebenen verwendet. Bei einer Manipulation können auch hier Abweichungen entstehen, wenn z. B. die Tag-IDs der Produkte nicht mit der bekannten Tag-ID der Umverpackungsebenen übereinstimmen.
- Als weitere Möglichkeit wurden Informationen aus der visuellen Erfassung der Objekt- bzw. Frachtkontur mittels eines Tiefenbildsensors (Frachtscan) betrachtet. Der Frachtscan beinhaltet z. B. folgende Informationen: Verhältnis Länge zu Breite zu Höhe des Objekts, Tiefenabstandswerte des Objektes zum Sensor, Farbe u.a. Jedes Objekt erzeugt somit einen Informationsdatensatz mit bestimmten Parametern. Durch den Vergleich der Parameter kann nachfolgend wieder eine Objektklassifikation erfolgen. Eine eindeutige Identifikation eines Objektes ist damit aber nur begrenzt möglich.
- Daher wurde als weitere Möglichkeit bei Frachteinheiten wie gefüllten Kartons oder gepackten Paletten die Kombination von RFID-Tag-IDs mit zugehörigen Frachtscans untersucht, was eine breitere Auswertebasis in Form eines „Frachtfingerprints“ erlaubt. Es können Kombinationen der Daten aus Tiefenbild- und RFID-Technologie gebildet werden, die als Muster betrachtet werden können. Die folgende Abbildung 3 gibt einen Überblick über die anwendbaren Kombinationen für einen Soll/Ist-Abgleich von Objekten bzw. Sendungen, wobei vorausgesetzt wird, dass an den Stationen der Warenkette solche Untersuchungen möglich sind. Eine lokale Auswertung vor Ort (Vergleich der Daten der Vorgängerstation mit Daten der aktuellen Station) setzt eine entsprechende Mitführung von Vergleichsdaten an der

Ware voraus, z. B. über QR-Codes oder weitere passive Transponder. Ein zentraler Soll-Ist-Vergleich setzt die Anbindung einer Frachtfingerprint-Station an das zentrale IKT-System voraus.

n - jeweilige Anzahl

	Produkt	Produkt auf Ladungsträger	Stückgut, Produkt versandfertig verpackt	Palette
RFID - Einzellesung	ID Produkt	ID LT	ID Paket	ID Palette
RFID - Pulklesung	ID Produkt, max. n Stck.	ID Produkt, max. n Stck. je LT	ID Produkt in Paket, max. n Stck. je Paket	ID Paket auf Palette, max. n Stck. auf Palette
Tiefenwert Volumen	Volumen	Volumen	Volumen	Volumen
Tiefenwert Histogramm	Kontur	Kontur	Kontur	Kontur

Abbildung 3: Objektebenen und Technologieeinsatz für den Soll-Ist-Vergleich als Frachtfingerprint

Im *AP 3* erfolgte hierzu die Integration von RFID-Lesetechnik und 3D-Tiefenbild in Hardwareumgebungen (IFF-Station mit RFID-Lesefunktion und Fracht-Tiefenbildscan) mit entsprechender Informationsmustersauswertung als Frachtfingerprint.

Eine weitere Möglichkeit einer intelligenten Datennutzung ist die Erkennung von Mustern eines Transport- oder Tourverlaufs mittels eines Neuronalen Netzes, welche die angefahrenen Stationen einbezieht. Mittels Soll-Ist-Vergleichen können zum einen zeitliche Abweichungen oder räumliche Abweichungen im Tourverlauf erkannt werden. Andererseits können Daten hinsichtlich ihrer Konsistenz untersucht werden. Auch die bloße Identifizierung der letzten angefahrenen Station kann berücksichtigt werden. Diese Möglichkeit wurde im Projekt im *AP 3* ebenfalls genauer untersucht.

Als Ergebnis des *AP 2* wurden die folgenden Logiken zur Analyse von Daten lokal und zentral im IT-System, die zugehörigen Sensortechniken und Schnittstellen festgelegt, sowie Konzepte zur Visualisierung der Ergebnisse lokal und im Leitstand, und deren Integration in Handlungsabläufe und Entscheidungsprozesse erarbeitet.

- RFID-Daten im Soll-Ist-Vergleich auf verschiedenen Objektebenen,
- Frachtfingerprint (RFID-Erfassung in Kombination mit Tiefenwertscan) auf der Ebene Paket und Palette,
- Temperaturüberwachung mit SmartSensor Technologie auf verschiedenen Objektebenen,

- Stationshistorie, Lieferkettenmonitoring mit Neuronalem Netz und als Soll-Ist-Vergleich im zentralen IT-System (Leitstand).

Diese Logiken wurden im *AP 3* im Zuge der Umsetzung der konzipierten Lösungen realisiert implementiert.

AP 3 Entwicklung von Lösungen

Das *AP 3* betraf im Kern die Erstellung der konzipierten technischen Lösungen der IKT-Infrastruktur inkl. der Erfassungsstationen. Die entwickelten Datenmodelle und Logiken und die festgelegten Schreib-Lese- und Berechtigungen waren Ausgangsbasis der IT-technischen Umsetzung durch T-Systems MMS, wobei die folgenden Funktionen auf Basis der Spezifikation GS1 EPCglobal EPCIS dann im *AP 3* umgesetzt wurden:

- Einsatz passiver UHF-Transponder für verschiedene Objekttypen (Items), EPC Class1 Gen2
- Nutzung von EPC und Transponder-ID (TID) zur eindeutigen Objektidentifikation
- Einsatz kryptografischer Checksummen und Signaturen auf den Transpondern
- Track und Trace der Logistikereignisse nach GS1 EPCIS Standard (dezentrale, unternehmensübergreifende Informationserfassung und zentrales Monitoring) über stationäre und mobile Erfassungseinheiten (vgl. *Schäfer 2012*)
- Zentrale Datenbank mit Zusatzfunktionen (Leitstand)
- Erweiterung der EPCIS-Logistikereignisdaten mit Daten zu Frachtfingerprint, Temperatur- und Gewichtsdaten
- Validierung der Logistikereignisse mittels Complex Event Processing (vgl. *Süß 2013*)
- Alarmkonfiguration unter Berücksichtigung vorgegebener Ereignismuster und Funktionen zur Benachrichtigungsweiterleitung

Die ausführliche Beschreibung der IT-technischen Lösung ist dem Schlussbericht von T-Systems MMS zu entnehmen.

Das IFF befasste sich im *AP 3* mit der Umsetzung der benötigten RFID- und Frachtfingerprint-Stationen sowie der Umsetzung des Neuronalen Netzes für die Tourdatenanalyse in Echtzeit.

RFID-Stationen

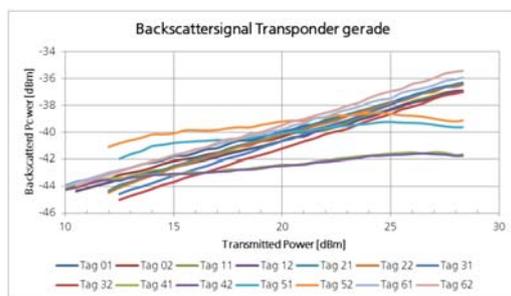
Anhand der in *AP2* entwickelten Soll-Prozess-Konzepte wurden für Produkt-Ladungsträger-Konstellationen Tag-Reader-Anordnungen getestet und für den Einsatz im Demonstrator evaluiert. Die untersuchten Kombinationen bilden die wesentlichen Aufgaben zur Erfassung von Objekten an Stationen der internen und der externen Traceability (Referenzlogistikette) ab. Für die Untersuchungen wurde entsprechendes Testmaterial (Produkte, Verpackungen, Ladungsträger, Transporthilfen) vom Partner Oncotec zur Verfügung gestellt.

Es wurden die folgenden technische Anordnungen geschaffen:

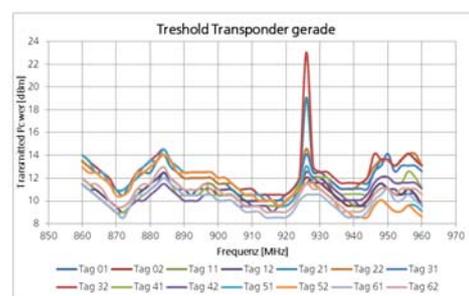
- Einzellesung / Einzelschreibung Transponder auf Produkt als UHF-Nahfeldanordnung

- Einzellesung / Einzelschreibung Transponder auf Umverpackung / Initialisierung Transponder auf Behälter als UHF-Fernfeldanordnung
- Pulklesung Produkt-Transponder auf Ladungsträger (UHF-Nahfeld)
- Pulklesung Transponder auf Umverpackung (UHF-Fernfeld) + Tiefenwertscan
- Pulklesung Paket-Transponder auf Palette (UHF-Fernfeld) + Tiefenwertscan

UHF-Transponder und ihre Lese-Charakteristiken wurden mit Hilfe des Systems Tagformance® von Voyantic messtechnisch erfasst und hinsichtlich ihrer Eignung bewertet. Die Messungen wurden in Abhängigkeit von neuen Marktangeboten kontinuierlich im Projekt fortgesetzt.



Backscatter: Reflektierte Leistung des RFID-Transponders bei steigender Sendeleistung



Threshold: Schwellwert der Sendeleistung bei dem der RFID-Transponder antwortet, gemessen über den Frequenzbereich

Abbildung 4: UHF-Transpondermessungen

Im Zusammenhang mit den getesteten Flüssig-Produkten und der durch die Produktgröße beschränkte Größe der UHF-Transponder konnte festgestellt werden, dass eine sichere Identifikation nur im Nahfeld (< 30cm) möglich ist. Für die Produkte wurde daher im Feldtest ein UHF-Standardtransponder für kleine Objekte mit Spezifikation für pharmazeutische Produkte eingesetzt. Produktgrößen, Flüssigkeitsmenge je Produktgröße und Anbringungsort der Transponder auf den Produkten wurden für die Untersuchungen variiert. Die zwei geeignetsten Varianten hieraus wurden für alle weiteren Tests eingesetzt. Eine Pulklesung war im Nahfeld möglich, so dass die produktionsspezifischen Ladungsträger mit den getaggtten Produkten vollständig erfasst werden können. Zur Verbesserung der Identifikation im Nahfeld wurden vom IFF weitere, am Markt neu verfügbare Reader-Antennen- bzw. Tag-Reader-Kombinationen jeweils projektbegleitend im Laborumfeld getestet.

Auf der Umverpackung wurden größere UHF-Transponder für den Fernfeldeinsatz eingesetzt. Die Pulklesung beinhaltet hier die Erfassung der Umverpackungstransponder, wobei die getaggtten Produkte in den Umverpackungen enthalten sind. Aufgrund der Nahfeldcharakteristik der Produkt-Transponder werden diese aber nicht mit ausgelesen. Weitere Anordnungen mit UHF-Transpondern auf Paketen, Behältern und Ladungsträgern sind Stand der Technik.

Weitere Untersuchungen bezogen sich auf die Transponder-Charakteristiken beim Schreiben von Daten. Generell werden hierfür höhere Feldstärken bzw. Sendeleistungen als bei Leseprozessen benötigt, und mussten daher ermittelt bzw. für die Programmierung festgelegt werden. Die jeweiligen Untersuchungsergebnisse zur Schreib-Lese-Charakteristik der im Projekt eingesetzten

Transponder wurden von T-Systems MMS in der Implementierung der jeweiligen Reader-Ansteuerung (Stationsbezogen) mittels LLRP umgesetzt.

Frachtfingerprint

Für den Frachtfingerprint als Kombination von RFID-Scanliste und 3D-Tiefenwertscan wurden mit Tiefenwertensoren verschiedener Anbieter messtechnische Untersuchungen auf verschiedenen Gutebenen (Produkt, Ladungsträger mit / ohne Produkt, Paket, Pakete auf Palette) durchgeführt. Bei einem Tiefenwertscan handelt es sich um ein fotografisches, dreidimensionales Abbild der (gesamten) Oberfläche eines Objektes. Aus einem Tiefenbild kann ein Histogramm der Tiefenwertdaten und der Volumenwert (abgeleitet aus den Tiefenwerten für Länge, Breite, Höhe) generiert werden. Die folgende Abbildung verdeutlicht das Prinzip eines Tiefenwertscans und der darauf basierenden Histogrammauswertung.

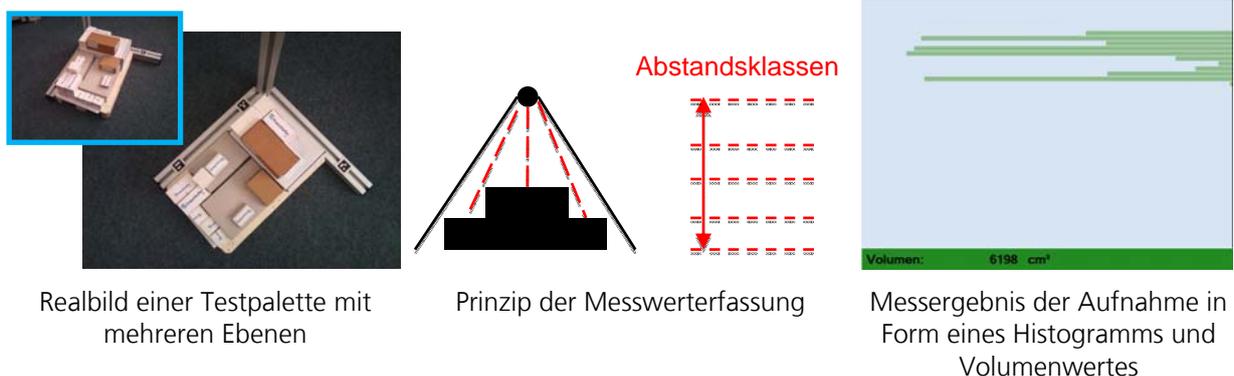


Abbildung 5: Prinzip der Histogrammauswertung

Änderungen in der Geometrie des Objektes, z. B. das Verschieben von Objekten auf der obersten Ebene oder das Entfernen von Objekten der obersten Ebene lassen sich durch Abweichungen im Histogramm feststellen, wie die folgende Abbildung verdeutlicht. Durch den Vergleich von zwei Tiefenwertscans des gleichen Objektes in gleicher Position lässt sich Erkennen, ob physische Änderungen aufgetreten sind.

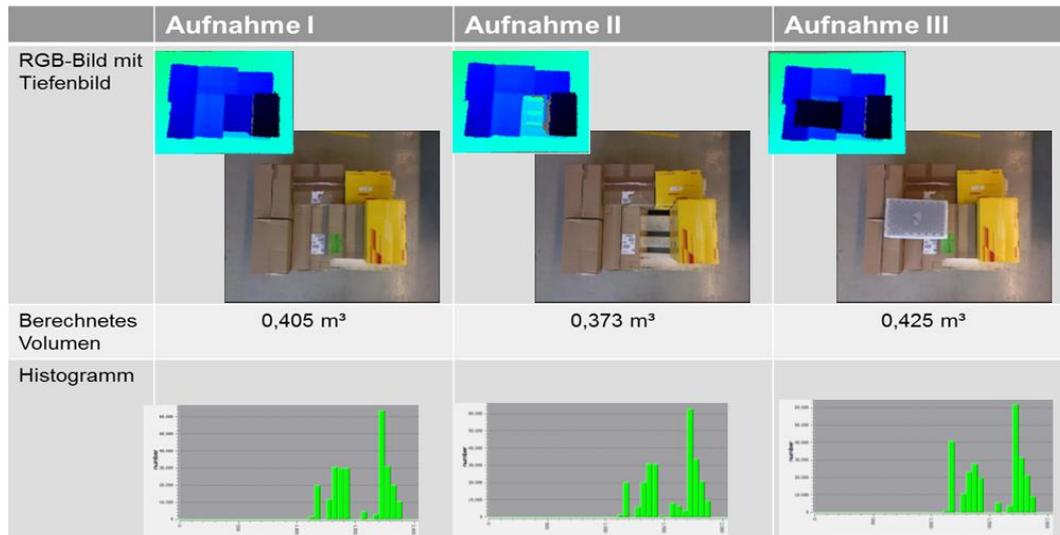


Abbildung 6: Histogramme einer Testpalette mit Gutänderungen

In einem ersten Schritt wurden Untersuchungen mit einem einzelnen Sensor (Single View vgl. Abbildung 2) durchgeführt, wobei Gut- und Sensorposition vorher festgelegt wurden. Die Sensorhöhe und der Sensor-Neigungswinkel wurden in verschiedenen Messreihen variiert. Wichtige Erkenntnisse wurden zum Signalrauschen der Tiefenwertensoren gewonnen als Basis für die Entwicklung von Bildverarbeitungsalgorithmen, die das Sensorrauschen aus den Messwerten geeignet unterdrücken. Weitere Arbeiten bezogen sich auf die Entwicklung von Algorithmen, die den Vergleich der Tiefenwertmatrizen (Informationsmustervergleich) durchführen. Dadurch ist ein Vergleich zeitlich voneinander unabhängiger Messreihen, aufgenommen mit dem gleichen Sensortyp, eines identischen Objektes möglich. Die folgende Abbildung zeigt die entwickelte Software-Oberfläche zum Histogrammvergleich einer manipulierten Testanordnung. Die Differenzbeträge in den jeweiligen Histogrammen sind dabei gelb markiert.

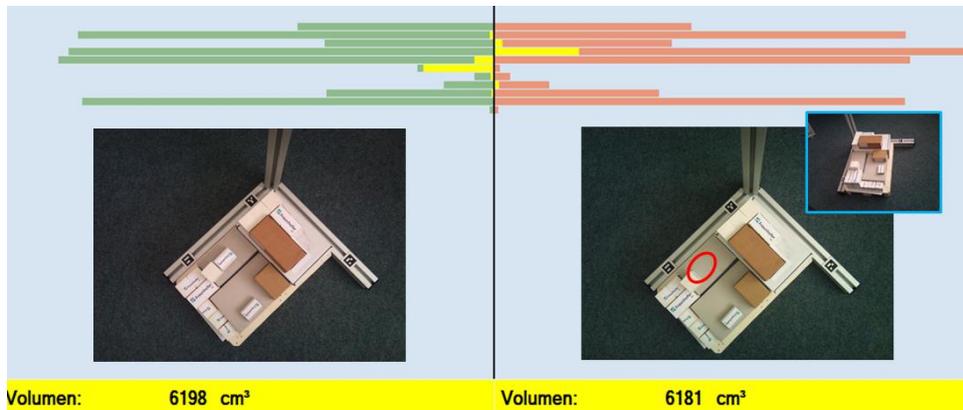


Abbildung 7: Histogrammvergleich einer manipulierten Testanordnung

Im Projekt wurde die kostengünstige PrimeSense™ Technologie betrachtet. Prinzipiell können auch weitere Tiefenwertsensoren (z.B. TOF – Time of Flight) für solche Aufgaben zur Anwendung kommen, wenn die Wirtschaftlichkeit gegeben ist. Die Entwicklung auf diesem Gebiet wird marktbedingt z. T. stark beeinflusst durch die Produktstrategien von Google oder MS Windows.

Da bei dem SingleView-Konzept eine Veränderung der Lage des Scan-Objektes zu einer räumlichen Drehung der Tiefenwertdatenmatrix führt, die den Vergleich zweier zeitlich voneinander unabhängiger Messreihen erschwert, wurde vom IFF nach Möglichkeiten für die Behandlung solcher Lageunterschiede gesucht. Diese Unterschiede treten z. B. auf, wenn an einer Station die Sensor-Objekt-Anordnung nicht identisch mit der Anordnung an der Vorgängerstation ist, z. B. durch eine andere Ausrichtung der Palette unter dem Sensor. Die Lagetreue der Palette kann entweder durch mechanische Hilfsmittel vor Ort erzeugt, oder durch eine andere Sensoranordnung ausgeglichen werden. Es wurden mit diesem Ziel Untersuchungen durchgeführt, in denen nicht ein einzelner sondern mehrere Tiefenwertsensoren gleichzeitig bei einem Tiefenwertscan eines Objektes (MultiView vgl. Abbildung 2) zum Einsatz kommen, wodurch ein genaueres 3D-Abbild eines Objektes entsteht, das gegen Lageunterschiede und Verdeckungen „robuster“, aber damit auch deutlich datenintensiver ist (vgl. Abbildung 8).



Abbildung 8: Beispiel für Verdeckungen und Unterschneidungen bei diagonaler Sensoranordnung im Vergleich mit der Draufsicht

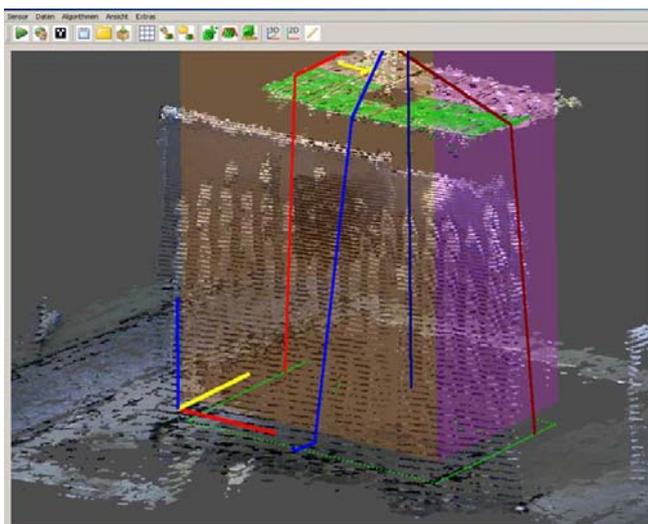


Abbildung 9: Visualisierung von Ähnlichkeitsuntersuchungen an Test-Paletten

Im Ergebnis wurde eine MultiSensoranordnung entwickelt, die innerhalb des AP 5 gemeinsam mit DHL DSI im produktiven Umfeld getestet wurde.

Bei allen Untersuchungen wurden die Daten der Sensoren auf einem PC vor Ort verarbeitet. Es kristallisierte sich heraus, dass zur Erreichung von Echtzeitanforderungen eine lokale Datenvorverarbeitung am Scanpunkt durch weitere Hard- und Softwarekomponenten (u.a. SingleBoardComputer, VisualAssistX) ab einer bestimmten Anzahl von Sensoren notwendig ist. Ziel zukünftiger Arbeiten wird es daher sein, eine kostengünstige Sensordatenverarbeitungs- und Kommunikationseinheit an einem Tiefenwertscanpunkt als Embedded System zu schaffen. Basis hierfür kann die industrietaugliche 3D-Einheit der Firma ifak System GmbH sein, die für den Feldtest bei DHL mit entsprechender IFF-Software ausgestattet wurde.

Der Tiefenwertscan wurde abschließend in am IFF vorhandene RFID-Gates zur Erfassung der RFID-Tag-Daten eines Scanobjektes (Paket, Palette) integriert (vgl. Abbildung 12). Damit wurden im Pre-Check-Demonstrator und im Feldtest Frachtfingerprints erzeugt. Die Visualisierung der Ergebnisse erfolgt lokal als Anzeige der Liste der erkannten Transponder-Kennungen (EPC-Werte) sowie als Histogramm. Parallel werden die RFID- und Tiefenwertdaten im zentralen IT-System abgespeichert, und stehen dort für Vorgänger-Nachfolger-Vergleiche zur Verfügung. Damit ist an jedem Punkt der Lieferkette, wo ein Frachtfingerprint erfolgt die Kontrolle möglich, ob das Objekt manipuliert wurde, und zwar hinsichtlich:

- Abweichungen in der Frachtkontur (Tiefenbild - Volumen / Kontur),
- Abweichungen in der Frachtliste (RFID-Tag-Liste),
- optional: Gewicht, Temperatur im Soll-Ist-Vergleich,
- RFID / Tiefenbildsensorik als eigenständiges System zur Mustererkennung auch lokal vor Ort.

Für den Fall, dass das zentrale System nicht zur Verfügung steht, wurde weiterhin ein Konzept entwickelt, an einer Station einen QR-Code zu erzeugen, der die Daten des Frachtfingerprints eines Objektes sowie weitere beliebige Daten enthält. An nachfolgenden Stationen kann der QR-Code mittels einer beliebigen 2D-Code App ausgelesen werden und die Daten manuell mit den Anzeigewerten verglichen werden. Über eine spezielle IFF-App ist die Verbindungsaufnahme über WLAN zur lokalen Station möglich, wodurch per Importfunktion die Daten der Vorgängerstation für den lokalen Informationsmustervergleich zur Verfügung stehen.

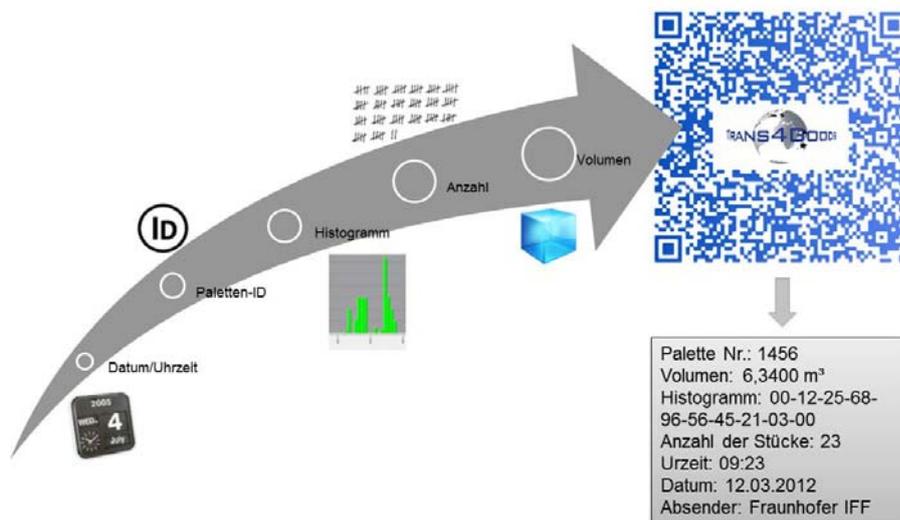


Abbildung 10: QR-Code als dezentraler Datenträger des Frachtfingerprints

Neuronales Netz zur Tourdatenanalyse

Weitere Arbeiten bezogen sich auf die Datenanalyse und die Entwicklung von intelligenten Algorithmen auf Basis Neuronaler Netze (u.a. *Jain und Dubbes 1988, Schöneburg et al 1990, Rojas 1996, Han und Kamber 2000, Lämmel 2003, Perl 2003, Crone 2010*) für die Auswertung der „erweiterten Sendungshistorie“. Da in 2012 noch keine Datenmuster aus dem zu entwickelnden zentralen System gewonnen werden konnten, wurde dieser Aufgabenbereich auf die Logistik-Stationshistorie bezogen. Hierfür wurden GPS-Tourdaten aus einer Region von einem KEP-Dienstleister über einen mehrmonatigen Zeitraum herangezogen.

In einem ersten Schritt erfolgte eine Analyse der Rohdaten (Fahrzeug-Kennung, Datum/Uhrzeit, GPS-Daten), mit dem Ziel, die Konfigurationsdaten für das Neuronale Netz zu ermitteln. In einem zweiten Schritt wurde mittels der Programmierumgebung MatLab⁶ (Neuronal Net Toolbox, MatLab Compiler) ein Neuronales Netz (FeatureKohonenMap FKM) in verschiedenen Konfigurationsvarianten (Anzahl Neuronen, Anzahl geografischer Stützpunkte zur Tourdefinition) programmiert, mit einem Teil der vorhandenen Daten trainiert und die Ergebnisse gegeneinander evaluiert. Im Ergebnis wurde eine gut geeignete Netzvariante für die weitere Arbeit verwendet und für die Tourklassifikation eingesetzt. Die Tourklassifikation in Echtzeit erfolgt hierzu nach dem Prinzip dem trainierten Neuronalen Netz Echtzeitdaten einzuspeisen, wodurch eine Prognose des weiteren Tourverlaufs möglich ist. Damit lassen sich Dispositionsaufgaben im Kurzzeithorizont unterstützen.

⁶ MatLab ist eine höhere Programmiersprache und interaktive Umgebung für numerische Berechnungen, Visualisierung und Programmierung

Der entwickelte Ansatz wurde weitergehend daraufhin überprüft, ob er sich auf andere Tourdatenstrukturen übertragen lässt, wie sie von Flottenmanagementsystemen erfasst werden. Dazu hat DHL DSI historische Daten von Liefertouren zur Verfügung gestellt, die weitere Informationen wie die oben genannten enthielten, z. B. Zündung ein/aus, Laderaumtür verschlossen/offen. Die GPS- und die weiteren Daten werden über die in die Fahrzeuge eingebauten Telematikeinheiten erfasst und an die Flottenportale gesendet. Die mit diesen Daten durchgeführten Untersuchungen bedingten die Erstellung einer neuen Netzkonfiguration und eines erneuten Netztrainings, da gänzlich neue regionale Tourverläufe und mehr Datenelemente als zuvor betrachtet wurden. Die prinzipielle Übertragbarkeit des Ansatzes konnte insofern nachgewiesen werden, dass die Tourklassifikation in beiden Fällen nach den gleichen Kriterien, aber in unterschiedlicher Ausprägung des Neuronalen Netzes (Anzahl Neuronen / Cluster, Anzahl Tourstützpunkte) erfolgte. Durch die Hinzunahme der weiteren Daten (Zündung, Laderaumtür) wurden auch mehr Neuronen-Cluster gebildet, die innerhalb einer Tourklasse weitere Unterscheidungspunkte darstellten.

Mit der eingesetzten Methode der Datenanalyse und dem entwickelten Neuronalen Netz ist die Zuordnung von Ist-Tourverläufen zu bekannten Tourtypen aus der Vergangenheit mit bestimmten räumlich-geografischen, zeitlichen und weiteren Merkmalen möglich. In Abhängigkeit von der Frequenz der Datenübertragung von fahrzeugbezogenen GPS-Daten und Zusatzinformationen lassen sich Transporte in Echtzeit bzw. in kurzen Zeitabständen überwachen. Abweichungen von zuvor bekannten Touren oder gänzlich neue Tourverläufe werden sicher vom Neuronalen Netz erkannt, ebenso inkonsistente Daten z. B. bedingt durch Fehlfunktionen der Telematik oder der Datenkommunikation. Zusammenfassend wurde eine Methode entwickelt und erprobt, mit der Daten, die einen „normalen“ Verlauf eines Transportes charakterisieren, strukturiert ermittelt und dargestellt, und Abweichungen hiervon sicher und echtzeitnah erkannt werden können.

DHL DSI und Fraunhofer IFF wollen diesen methodischen Ansatz weiter verfolgen. Auf Seiten von T-Systems MMS besteht weiterhin das Interesse, diese Methode auf umfangreichere Daten (Tourdaten, Sensordaten, Prüf- und Kontrolldaten usw.), wie sie im zentralen Datenbanksystem zur Verfügung stehen, anzuwenden. Allerdings würde sich hierfür eine auswertbare Menge an realen Daten erst durch eine längerfristige Nutzung des Systems erzeugen lassen. Entsprechende weitere Forschungsarbeiten wären dann dem Bereich Business Intelligence und Big Data bzw. Smart Data zuzuordnen.

Die Erreichung der gestellten Ziele des Teilvorhabens des Fraunhofer IFF zu den AP1 bis AP3 konnte anlässlich des Meilensteintreffens im Juni 2012 im Projektverbund dargestellt und bestätigt werden.

AP 4 Kosten-Nutzen-Analyse

Risikobewertung mit FMEA

Im *AP 4 – Kosten-Nutzen-Analyse* wurde anhand der Ergebnisse des *AP 1 Ist-Analyse* und *AP 2 Soll-Prozesse* zusammen mit allen Projektpartnern eine Vorgehensweise zur Bestimmung des Sicherheitsniveaus entwickelt und auf die Prozesse angewendet. Basis ist die Prozess-FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), wie sie in der pharmazeutischen Industrie im Rahmen des GMP häufig zur Anwendung kommt. Mit deren Ergebnis kann im weiteren Verlauf in der Kosten-Nutzen-Analyse der quantifizierbare Nutzen den entstehenden Kosten gegenübergestellt werden. Es wurde zwischen den Prozessen innerhalb des Pharamanetzwerks (Oncotec - interne Traceability) sowie den nach Produktfinalisierung auftretenden Prozessen mit Blick auf die Auslieferung zum Endkunden (DHL - externe Traceability) unterschieden. Begründet ist dies durch die unterschiedlichen Bedingungen, Kennzeichnungsebenen und Risiken, die in den jeweiligen Bereichen bestehen. Mit den Projektpartnern wurden hierzu mehrere Workshops durchgeführt, in denen Prozessschritte, Ereignisse und mögliche Risiken und Schwachstellen definiert wurden. Die Ergebnisse wurden jeweils für die zuvor genannten Bereiche dokumentiert.

Im ersten Schritt der FMEA wurden die Prozesse auf potentielle Fehlerursachen, -arten und -folgen hin untersucht. Die möglichen Fehler erhalten eine Risikopotentialzahl RPZ. Diese wird aus den Faktoren:

- Bedeutung B
- Auftretswahrscheinlichkeit A
- Entdeckungswahrscheinlichkeit E

gebildet. Die Bedeutung des Fehlers beinhaltet die Auswirkungen auf das Unternehmen bei Fehler- oder Ereigniseintritt.

$$RPZ = B * A * E$$

Die Untersetzung der Faktoren obliegt dem Unternehmen, welches die FMEA durchführt. Im Projekt wurde ein 3er Cluster gewählt. Das heißt, 1 für gering, 2 für mittel, 3 für hoch. Betrachtet wurde zuerst die Ist-Situation, welcher anschließend die Soll-Situation unter Einsatz der entwickelten Konzepte und Lösungen gegenübergestellt wurde. Der Soll-Prozess beinhaltet neue Prozessschritte, welche die Sicherheit und Transparenz in der Lieferkette erhöhen, indem Arbeiten und Kontrollen durch den Technikeinsatz beschleunigt und Transparenz geschaffen wird. Betrachtet wurden hierbei ausschließlich die im Projekt entwickelten Konzepte und Lösungen, da die Einbeziehung aller aktuell möglichen technischen und organisatorischen Systeme zur Verbesserung von ziviler Sicherheit (z.B. Sprengstoffsensoren, Videoüberwachung) und Prozesssicherheit in der Logistik (z.B. Geo-Fencing von Lieferfahrzeugen) den Rahmen des Projektes überzogen hätte. Dabei wurden auch neue Fehlerquellen, die durch den Einsatz der neuen Technologie auftreten können, nicht vernachlässigt. Aufgrund neuer Fehlermöglichkeiten ließen sich ebenso neue zusätzliche Maßnahmen identifizieren.

Die Vorgehensweise der durchgeführten FMEA ist exemplarisch in Tabelle 6 und 7 wiedergegeben.

Tabelle 6: FMEA Ist-Situation (Beispiel)

Ort	Prozessschritt	Ereignis	Fehler	B	A	E	RPZ
Bereich 1	Tags kontrollieren (vor Aufbringen auf Produkt)	keine Kennzeichnung, ungekennzeichnetes Produkt	Produkt nicht identifizierbar	3	3	3	27
Bereich 1	Kennzeichnung nach Produktion	keine Kennzeichnung, ungekennzeichnetes Produkt	Produkt nicht identifizierbar	3	3	3	27
Bereich 1	Kennzeichnung nach Produktion	manuelles Zählen	falsche Produktanzahl	3	2	3	18
Bereich 1	Sichtprüfung	keine Kennzeichnung, ungekennzeichnetes Produkt	Produkt nicht identifizierbar	3	3	3	27
Bereich 1	Sichtprüfung	manuelles Zählen	falsche Produktanzahl	3	2	3	18
Bereich 1	Sichtprüfung	Produkt wird manuell aussortiert	Dokumentationsfehler	3	1	2	6
Bereich 1	Sichtprüfung	manuelles Zählen	falsche Produktanzahl	3	2	3	18
Bereich 1	Verpackung für Transport	manuelles Zählen	fehlendes Produkt	3	2	2	12
Bereich 1	Verpackung für Transport	manuelles Zählen	falsche Anzahl Kisten	3	1	2	6
Bereich 1	Verpackung für Transport	-	-	-	-	-	
Bereich 1	Verpackung für Transport	manuelles Zählen	Dokumentationsfehler	3	2	2	12
Bereich 1	Verpackung für Transport	Temperatur-Abweichung	keine Temperatur-Zuordnung zu Kiste	3	2	3	18
Bereich 1	Warenausgang Bereich 1	Transport	Dokumentationsfehler	3	1	2	6

Die zu ergreifenden Maßnahmen sollten darauf ausgerichtet werden, entweder die Auftretswahrscheinlichkeit zu reduzieren, die Entdeckungswahrscheinlichkeit zu erhöhen oder, sofern möglich, die Bedeutung des Fehlers zu minimieren. Die Fehlerbedeutung kann zum Beispiel dadurch reduziert werden, dass geeignete Sofortmaßnahmen implementiert werden, die bei der Entdeckung des Fehlers eingeleitet werden. Die zu ergreifenden Maßnahmen wurden für die betroffenen Prozessschritte dokumentiert.

Tabelle 7: FMEA Soll-Situation (Beispiel)

Ort	Prozessschritt	Ereignis	Fehler	B	A	E	RPZ
Bereich 1	Tags kontrollieren (vor Aufbringen auf Produkt)	Tag lesen, Daten schreiben, Lesen	Tag nicht lesbar	3	2	3	18
Bereich 1	Kennzeichnung nach Produktion	Tag beschreiben, danach lesen	Daten stimmen nicht überein	3	1	1	3
Bereich 1	Kennzeichnung nach Produktion	Produkts zählen (letztes Produkt)	Anzahl stimmt nicht	3	2	1	6
Bereich 1	Sichtprüfung	Lesen vor Sichtprüfung	Untermischung	3	3	1	9
Bereich 1	Sichtprüfung	Produkts zählen vor Sichtprüfung (letztes Produkt)	Anzahl stimmt nicht	3	1	1	3
Bereich 1	Sichtprüfung	Produkt wird manuell aussortiert	kein Austrag aus Datenbank	3	1	2	6
Bereich 1	Sichtprüfung	Produkts zählen nach Sichtprüfung (letztes Produkt)	Bilanz stimmt nicht	3	1	1	3
Bereich 1	Verpackung für Transport	Verheiraten Tags Produkt mit Tag Kiste	falsches oder fehlendes Produkt	3	2	1	6
Bereich 1	Verpackung für Transport	Kisten zählen	Bilanz stimmt nicht	3	1	1	3
Bereich 1	Verpackung für Transport	Zuordnung Produkt-Kiste in Datenbank					
Bereich 1	Verpackung für Transport	Verheiraten Tags Kiste mit Tag Palette	falsche oder fehlende Kiste	3	1	1	3
Bereich 1	Verpackung für Transport	Temperatur-Logger in Kiste		3	2	1	6
Bereich 1	Warenausgang Bereich 1	Versand - Datum+Zeit	-				

Die erreichte Verbesserung kann daran bemessen werden, inwiefern sich die Risiken im Gesamtprozess reduzieren. Die zeigt beispielhaft die Veränderung der Risikoprioritätenszahl RPZ vor und nach Prozessänderung in der betrachteten Logistikkette.

Partner- und prozessbezogen ergibt sich z. T. ein hohes Verbesserungspotential durch die Einführung der im Projekt entwickelten Lösungen. Dieses Potential ist umso höher, wenn bisher keine oder nicht-automatisiert verfolgbare Kennzeichnungen an den Produkten verwendet wurden (z. B. Partner 1 und 3). Es profitieren auch nicht alle Partner gleichmäßig am Verbesserungspotential, z. B. wenn bei einem Akteur nur wenige Handhabungsprozesse mit dem Produkt erfolgen (Partner 2). Wenn von Barcodekennzeichnung auf RFID umgestellt wird, ergeben sich Substituierungseffekte bei dem Akteur (Partner 4).

Weiterhin werden durch den Einsatz des Frachtfingerprints weitere Potentiale zur Objektsicherheit und Prozessverbesserung realisiert.

Tabelle 8: Änderung der Risikopotenzialzahl

Partner	RPZ Ist	RPZ Soll	Verbesserung
Partner 1	195	66	66%
Partner 2	12	12	0%
Partner 3	70	37	47%
Partner 4	74	68	8%

Kosten-Nutzen-Analyse

Zur Analyse der Kosten- und Nutzen-Kriterien wurden anhand der Ist- und Soll-Prozesse und zugehöriger technischer Ausstattung gemeinsam mit allen Partnern entsprechende Merkmale aufgestellt und deren Relevanz diskutiert. Es wurden unterschiedliche Aspekte aber auch unterschiedliche Sichten der direkt Beteiligten sowie indirekt profitierender Endnutzer wie Endkunden oder Behörden berücksichtigt. Weiterhin wurden mögliche Betriebsrisiken, (positive und negative) Effekte in der gesamten Warenkette und ein heute mathematisch schwer beschreibbarer Gewinn an Sicherheit berücksichtigt. Der Gewinn an Sicherheit wurde daher über die ermittelten Änderungen der RPZ dargestellt.

Die folgende Abbildung (*Antweiler 1995, S. 64*) gibt die zu betrachtenden Kosten- und Nutzen-Kategorien wieder.

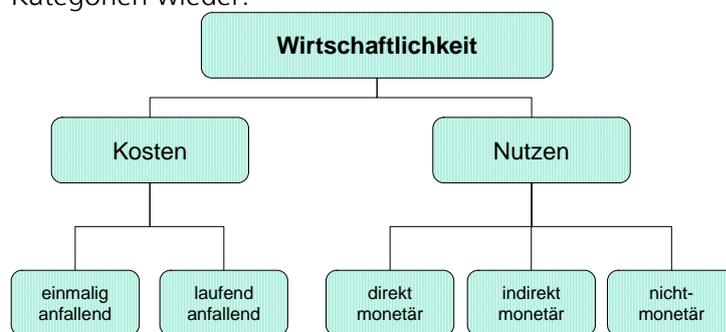


Abbildung 11: Wirtschaftlichkeitsanalyse

Für die Kostenanalyse wurden die in Tabelle 9 dargestellten Größen, aufgeschlüsselt auf die Bereiche interne und externe Traceability, herangezogen.

Tabelle 9: Kostenkategorien

Einmalige Kosten	Laufende Kosten
<ul style="list-style-type: none"> – Beschaffungskosten für Hard- und Software (Lesegeräte, Middleware, 3D- oder Temperatur-Sensorik) – Um- und Aufrüstungskosten für die Anbindung der RFID-Stationen an bestehende Anlagen (z.B. materialflusstechnische Komponenten) – Beschaffungskosten / Implementierungskosten für weitere Telematikkomponenten (z.B. GPS, Fahrzeug-Sensorik) – Kosten der Erstausrüstung von Produktions- oder Transportbehältern mit RFID – Personalkosten für die Beschaffung und Implementierung von RFID sowie Pilottest und Rollout im Unternehmen (Projektleiter / Projektteam) – Ausbildungskosten / Schulungskosten für Mitarbeiter – Kosten für die Nutzung oder Anpassung infrastruktureller Ressourcen (Umwidmung Stellplätze, Anpassung Verfahrensanweisungen o.ä.) – Kosten für Anbindung an interne IT-Systeme (einmalig Schnittstellen) – Kosten für Anbindung an externe IT-Systeme (einmalig Schnittstellen) – Registrierungskosten für Telematik z.B. Lizenzen – Projekt- und Beratungskosten für externe Berater – Lizenzkosten z.B. für Software (z.B. Benachrichtigungsdienst) 	<ul style="list-style-type: none"> – Beschaffungskosten für die laufende Kennzeichnung der Objekte mit RFID (Objekt, Umverpackung, Versandeinheiten) – Kosten für die Wiederbeschaffung von Transpondern für Behälter, Ladungsträger, Transporthilfsmittel (z.B. nach Beschädigung, Schwund) – Betriebskosten der RFID-Stationen (Schreib-/Lesestationen): <ul style="list-style-type: none"> ○ Energie- / Medienverbrauch im Betrieb ○ Evaluierungskosten für Prüfung / Kalibrierung / Wartung der Hardware (z.B. anhand einer Referenzpalette mit gekennzeichneten Objekten) ○ Kosten für den Service der Software (z.B. Lizenzen im Betrieb, Updates, Anpassungen für IT-Sicherheit) – Laufende Kosten für Anbindung an interne IT-Systeme (pauschale Kosten oder per Transaktion) – Laufende Kosten für Anbindung an externe IT-Systeme z.B. Track&Trace-System (pauschale Kosten oder per Transaktion) – Ausbildungskosten / Schulungskosten für Mitarbeiter – Betriebskosten für Telematikkomponenten (z.B. Lizenzen für GPS, Fahrzeug-Sensorik)

Bei den laufenden Kosten haben die Speicherkapazität, die Bauform des Transponders sowie die benötigten Transponderstückzahlen einen großen Einfluss auf den Preis der Datenträger. Da sowohl Oncotec als auch DSI im Betrieb sehr hohe Stückzahlen benötigen würden, ist ein wirtschaftliches Verhältnis der Kosten der Datenträger zum Wert der zu kennzeichnenden Objekte gegeben.

Das Teilvorhaben des Fraunhofer IFF lieferte Eingangsgrößen zur Kosten-Nutzen-Analyse für Beschaffungs-, Implementierungs- und Betriebskosten der technischen Ausstattung für die funktechnischen und 3D-bildbasierten Schreib-Lese-Stationen. Durch T-Systems MMS wurden adäquate Größen für die IKT-Infrastruktur hard- und softwareseitig und von DSI für die SmartSensor-Technologie zur Temperaturüberwachung ermittelt. Oncotec und DSI als

exemplarische Endanwender haben weiterhin unternehmensspezifische Kosten (z. B. Schnittstellen zu internen IT-Systemen, Schulungskosten) ermittelt. Die Ergebnisse wurden jeweils dokumentiert.

Als Nutzenkategorien wurden im Projekt unterschieden:

- Direkter Nutzen: Einsparpotenziale (quantitativ, monetär)
- Indirekter Nutzen: "weiche" Faktoren (qualitativ)
- Direkter Nutzen: Änderung des Sicherheitsniveaus (qualitativ)

Wie in Tabelle 10 dargestellt, können die konkreten Nutzen-Ausprägungen in Abhängigkeit vom involvierten Akteur oder Stakeholder variieren. Die Tabelle zeigt Beispiele aus Sicht unterschiedlicher Beteiligter. Dabei können die benannten Informationen wie z.B. die Gefahrgutkennzeichnung entweder vom RFID-Datenträger und/oder aus einer Datenbank (Herstellerdatenbank, Track&Trace-System) stammen.

Die im Vorfeld durchgeführte FMEA wurde genutzt, um die Verbesserung zu verdeutlichen, die mit den entwickelten Konzepten und Maßnahmen erreicht werden kann. Dadurch konnten rein qualitative Betrachtungen und Bewertungen quantifiziert werden. Die FMEA kann über die genannten Nutzenkategorien hinaus für die Bewertung weiterer Bedrohungsszenarien eingesetzt werden.

Tabelle 10: Nutzenkategorien

Hersteller
<ul style="list-style-type: none"> – Einsparung von Prozesszeiten beim Produkthandling (z.B. Pulklesung, automatische Dokumentation) – Einsparung von Suchzeiten bei Fehl- oder Falschmengen (z.B. Zählen, Chargenreinheit) – Reduzierung von Rückrufmengen durch Kenntnis der verursachenden Parameter und der dadurch betroffenen Produkte – Echtzeitnahe Erkennung von Abweichungen (z.B. Stückzahlen, Art der Objekte, Frachtfingerprint) – Zeiteinsparung durch eindeutige Kennzeichnung der Produkte im internen Produktionsnetz (Track & Trace) – Automatische Dokumentation von Prozessen / Transparenz – Mögliche Integration eines Herkunftsnachweises (Produktauthentifizierung, Plagiatsschutz)
Nutzen für Mitarbeiter
<ul style="list-style-type: none"> – Kein Ab- und Wiederaufbauen Paletten notwendig z.B. bei Zählung oder Bestimmung der Objektart bei Pulklesung (Reduzierung wiederholender körperlicher Tätigkeiten) – Dadurch weniger körperliche Anstrengung, Reduzierung von Bruch oder Beschädigung sensibler Güter – Einfachere Informationsbeschaffung durch Informationen direkt am Objekt z.B. zum Gefahrguthandling – Entlastung von papierbasierten Dokumentationsprozessen – Erfolgskontrolle in situ und nicht nachlaufend
Nutzen für Endkunden
<ul style="list-style-type: none"> – Möglichkeit der Produktauthentifizierung beim Hersteller, Erkennung von Plagiaten / Fälschungen – Vereinfachung und Beschleunigung von Prozessen mit dem Hersteller z.B. bei Ersatzbeschaffung, Reklamation – Vereinfachung und Beschleunigung von Prozessen z.B. Einsparung durch automatisierten Wareneingang und automatischen Datenabgleich – Anwendersicherheit durch gesicherte Lieferkette (z.B. bekannte Lieferkettenteilnehmer, Lieferkettenmonitoring) – Durch RFID-Kennzeichnung Zugang zu weiteren Produktinformationen im Internet (Herstellerinformationen)
Nutzen für weitere Stakeholder wie Behörden, Feuerwehr, Zoll
<ul style="list-style-type: none"> – Möglichkeit der Produktauthentifizierung beim Hersteller, Erkennung von Plagiaten / Fälschungen – Einsparung von Recherche- und Prozesszeit bei der Objekt- oder Vorgangsidentifikation – Einfachere Informationsbeschaffung durch Informationen direkt am Objekt z.B. zum Gefahrguthandling – Durch RFID-Kennzeichnung einfacherer Zugang zu weiteren Produktinformationen im Internet (z.B. Herstellerinformationen, Zoll ATLAS)

Eine detailliertere Nutzenbetrachtung wurde durch Oncotec, DSI, T-Systems MMS für ihre jeweiligen Anwendungsbereiche durchgeführt und dokumentiert. STI betrachtete die Auswirkungen des Einsatzes der entwickelten Lösungen auf Zoll- und Sicherheitskontrollen. Weitere Betrachtungen des Fraunhofer IFF bezogen sich auf den Nutzen der Informationsweitergabe mittels QR-Codes an der Fracht beim Ausfall zentraler IT-Systeme, um mit Hilfe des im QR-Code gespeicherten Frachtfingerprints und den Vergleich mit den

Messergebnissen vor Ort schnell zur Entscheidung zu kommen, ob die Fracht als „sicher“ oder „unsicher“ einzustufen ist. Bei der Implementierung solcher Systeme müssen daher Aspekte

- der Ausfallsicherheit der Komponenten (z.B. durch Redundanz im System),
- der dezentralen, temporären Speicherung von Daten im Ereignisfall (z.B. zur nachvollziehbaren Dokumentation des Ereignisses),
- der, zumindest zeitweise, autarken Energieversorgung im Ereignisfall (z.B. durch Batteriepufferung),
- der technischen Eigendiagnose (z.B. Fehlfunktion infolge von Sabotageakten)

berücksichtigt werden.

Als Ergebnis des *AP 4* kann festgestellt werden, dass sich bezogen auf die Partner in der Lieferkette unterschiedliche Risikominimierungen und Amortisationszeiten ergeben. Die Amortisationsdauer wird maßgeblich davon beeinflusst, wie die technische Ausgangssituation ist (z. B. AutoID wird bereits eingesetzt), wie viele Prozessschritte jeweils unterstützt bzw. wie viele Erfassungsstationen benötigt werden, und ob es Nebeneffekte bzw. Synergien mit anderen Aufgabenbereichen im Unternehmen oder sogar unternehmensübergreifend gibt. Die Veränderung des Risikopotentials wird wesentlich durch die Art und Anzahl der unterstützten Prozesse sowie die Möglichkeit der Erhöhung der Entdeckungswahrscheinlichkeit durch den Technologieeinsatz beeinflusst. Nutzenpotentiale konnten für alle Partner in der Lieferkette nachgewiesen werden.

AP 5 Demonstrator

Arbeitspaket 5 befasste sich mit der Einbindung der in *AP 3* entwickelten technischen Lösungen in ein integriertes IT- und Logikkonzept mit anschließender Umsetzung in Demonstratoren. Das *AP 5* wurde von T-Systems MMS geleitet, da hier die führende IKT-Infrastruktur verwaltet wurde. Technologisch mitwirkend im Arbeitspaket waren Fraunhofer IFF und DSI, deren technische Lösungen unter einer einheitlichen Systemarchitektur und darauf aufbauender Informationsflüsse integriert wurden. Die von DSI ins Projekt eingebrachte DHL SmartSensor-Technologie zur Temperaturüberwachung ist im Schlussbericht von DSI erläutert. Weitere Beteiligte im *AP 5* waren Oncotec, STI und TU Berlin.

RFID-Infrastruktur

Die IFF-eigenen RFID-Lösungen wurden zusammen mit dem Projektpartner T-Systems MMS daten- und funktionstechnisch in das IKT-Gesamtsystem integriert. Im Rahmen des Pre-Check-Demonstrators im Galileo Testfeld Sachsen-Anhalt wurden unter Laborbedingungen Testläufe absolviert. Es wurden die in *AP 3* entwickelten Anordnungen (Einzelschreibung / -lesung, Pulklesung) mit verschiedenen Produkt-Verpackungs-Ladungsträger-Kombinationen getestet und die Schnittstellen zum zentralen Leitstand überprüft.

Das IFF hat zwei Lösungen als Kombination von RFID-Pulk-Lesefunktion und Fracht-Tiefenbildscan entwickelt, an der ein Frachtfingerprint auf Paketebene (einzelnes Paket) oder auf Palettenebene (Pakete auf Palette) erfolgen kann (vgl. Abbildung 12). Hierfür wurde ebenfalls die datentechnische Schnittstelle zum zentralen Leitstand implementiert. Lokal werden über eine grafische Oberfläche die Tag-Liste und die Werte des Tiefenwertescans dargestellt. Ein Vergleichswert (z.B. Referenzscan aus der Vergangenheit) für beide Informationen kann entweder aus dem zentralen System (T-Systems MMS) oder von einem am Paket oder der Palette befindlichen QR-Code kommen. Abweichungen zwischen den beiden Messwertreihen werden im Histogrammvergleich durch Farbmarkierungen hervorgehoben, so dass ein Bediener schnell erkennt, wo es Besonderheiten gibt. Im Labortest wurden die zur Entwicklung der Algorithmen genutzten Testobjektanordnungen (vgl. *AP 3*) durch reale Referenzanordnungen ersetzt und Anpassungen bei der Sensoranordnung vorgenommen.

Für den Aufbau des Gesamtsystems wurden die RFID-Lösungen und Frachtfingerprint-Stationen datentechnisch in das zentrale System (Basis EPCIS) eingebunden.

Im Ergebnis der Labortests wurden durch T-Systems MMS softwareseitig Änderungen zur Verbesserung der Gesamtleistung vorgenommen. Vom IFF wurden hardwareseitig Anpassungen der Antennenanordnung und -abschirmung für RFID-Einzelschreibung und -lesung vorgenommen.



Abbildung 12: links - RFID-Tunnel für Frachtfingerprint Paket; rechts - RFID-Gate für Frachtfingerprint Palette

Der Testbetrieb diente als Voraussetzung für die exemplarische Umsetzung im Feldtest.

Begleitend zu den Entwicklungen des Pre-Check-Demonstrators erfolgte zusammen mit den Partnern die Vorbereitung der Feldtest-Szenarios. Hierzu wurden unter Leitung von T-Systems MMS gemeinsam mit allen Projektpartnern Testpläne (u. a. Ziel, Sicherheitsszenario, Sicherheitsbild, Maßnahme) generiert, welche die im Vorfeld identifizierten sicherheitssensitiven Aspekte oder Handlungen abbildeten und im Feldtest abgearbeitet wurden.

Feldtest Gesamtsystem

Der Feldtest fand im dritten Quartal 2013 am Beispiel einer realen Lieferkette in einem Verbund von Pharmaunternehmen sowie an Standorten der DHL bzw. von DSI statt. Der Feldtest wurde genutzt, um die spezifischen Anforderungen von verschiedenen Endnutzern an die vorhandenen Funktionen zu überprüfen. Dazu wurden die zuvor definierten Testszenarios durchgespielt. Nachfolgende Tabelle zeigt einen Auszug aus der Gesamtheit der Testfälle. Besonderer Wert wurde darauf gelegt, mögliche Manipulationen und Fehlhandlungen gezielt als Testfall zu erzeugen und die Reaktion des Systems (lokal und Leitstand) hierauf zu erfassen. Die Ergebnisse wurden von T-Systems MMS ausgewertet und dokumentiert. Bis zum Projektende wurden die Testergebnisse zur Anpassung von Funktionen und zugehöriger Nutzeroberflächen (GUIs), der Darstellung von Ergebnissen und Reports, sowie zur Verbesserung der Anzeige von Anweisungen für Nutzer auf lokaler und zentraler IT-Ebene genutzt.

Tabelle 11: Auszug Testfälle

Systemkomponente	Testfall
RFID-Stationen	Detektion von Vollständigkeit und Manipulation über RFID (Soll-Ist-Vergleich) Einzelschreibung eines Produkttransponders (EPC 96 Bit, User Memory 512 Bit) Einzellesung eines Produkttransponders (EPC 96 Bit, User Memory 512 Bit) Verheirateten Produkte mit Ladungsträger (Aggregation) Verheirateten Ladungsträger mit Palette (Aggregation)
Aktiver Smart Sensor	Temperaturerfassung über aktiven Smart Sensor und Darstellung in Echtzeit im Leitstand
Frachtfingerprint Palette	Detektion von Diebstahl, Manipulation als auch Beschädigung der Fracht auf Palette
Zentraler Leitstand	Lokalisierung und Status einer Lieferkette Anzeigen eines Alarms und Beheben eines Alarms Anlegen eines neuen Benutzers „Hersteller“ Konfiguration von neuen Alarmdefinitionen Erzeugen von Reports und Auswertungen (Alarmer) Erzeugen von Reports und Auswertungen (Rückverfolgung von Chargen) Ermittlung der Anzahl erfasster Produkte an einem Standort an einem bestimmten Tag und zu einem bestimmten Prozess

Ein separater Feldtest des IFF-Demonstrators Frachtfingerprint-Palette (ohne RFID-Erfassungsfunktion) erfolgte zusammen mit DHL DSI und ist nachfolgend beschrieben.

Frachtfingerprint-Palette (Tiefenbildscan)

In vielen Logistikunternehmen wird das Gewicht einer Palette in Verbindung mit einem Foto der Palette erfasst. Ziel ist u.a. die Feststellung des Zustands einer Palette beim Warenübergang aus haftungstechnischen Gründen. Hierzu gibt es verschiedene Systemlösungen am Markt, die sich durch die jeweiligen Investitions- und Betriebskosten sowie die Integrationsfähigkeit in intralogistische IT-Systeme voneinander unterscheiden. Diese Situation ist auch bei verschiedenen Bereichen der DHL vorzufinden, wodurch die Motivation gegeben war, den Frachtfingerprint-Palette im Realbetrieb zu testen. Da bei den DHL-Sparten Barcode-Lösungen zur Frachtverfolgung im Einsatz sind, entfiel die RFID-Identifikation von Objekten und es kam allein der Tiefenbildscan (3D-Sensor) zum Einsatz. Hierfür wurde ein Sensorsystem der Firma ifak System GmbH eingesetzt, das den Umgebungsbedingungen entsprechend den Schutzgrad IP 54 hat und die für eine IT-technische Anbindung benötigten Kommunikationsschnittstellen (Ethernet / LAN, Modbus und Profinet) enthält. Das Sensorsystem, ebenfalls mit PrimeSense-Technologie, wurde mit der entwickelten IFF-Lösung zum Tiefenbildscan ausgestattet.

Um die Messdatenerfassung bestmöglich in die Prozesse zu integrieren, wurden zwei Konzepte (stationär, mobil) mit unterschiedlichen Ausprägungen, angepasst an die Bedingungen im Realbetrieb, getestet.

Ein Testkonzept betrachtete eine **stationäre Erfassung** aller relevanten Daten über eine Gate-Konstruktion, die von mit Wiegesystem ausgestatteten Gabelstaplern durchfahren wird. Dabei wurden die folgenden Daten einer Palette erfasst:

- 3D-Sensor: Breite – Länge – Höhe (Volumen als abgeleitete Größe aus den Messwerten); RGB-Bild der Palette
- Wiegesystem des Staplers: Gewicht

Für den Frachtfingerprint wurden diese Daten mit den Sendungsdaten (Sendungsnummer) verknüpft und in eine DHL-Datenbank übermittelt. Getestet wurden für die stationäre Anordnung zwei Sensor-Installationsvarianten (orthogonal, diagonal), um zu ermitteln, welche die besten Messergebnisse liefert.

Top-View-System (orthogonale Anordnung):

Ein einzelner 3D-Sensor wird an einem Gate angebracht, so dass die Punktwolke orthogonal auf dem Messobjekt auftrifft (siehe Abbildung 13 - links). Nachteilig ist, dass hier Verschattungseffekte an den Seitenkanten auftreten können, die zu einer Verfälschung der Messergebnisse führen können. Ragen aus einer Palettenstruktur Objekte heraus, z.B. Pakete, können diese nicht erkannt werden (siehe Abbildung 13 - rechts). Auch für fotografische Dokumente (RGB-Bild) ist diese Anordnung nicht optimal, da die Seiten des Frachtguts gar nicht oder nur teilweise einsehbar sind.

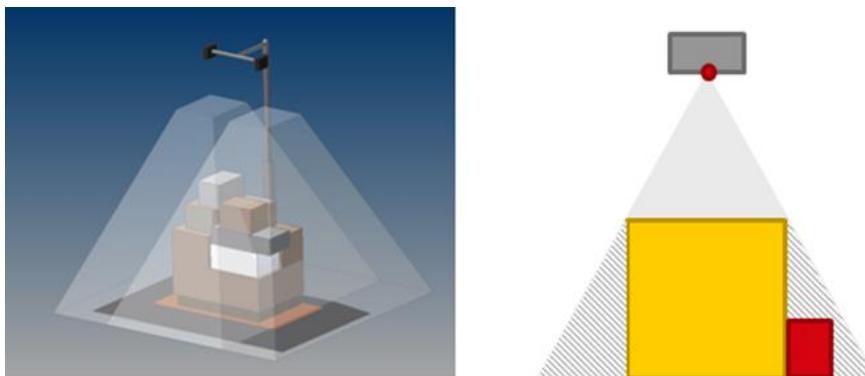


Abbildung 13: links - Top-View-Konzept; rechts - Verschattungseffekt

Top-View-System (diagonale Anordnung):

Zur Vermeidung der Nachteile der orthogonalen Messanordnung wurde eine Multi-Sensor-Anordnung mit diagonaler Ausrichtung getestet (siehe Abbildung 14). Hierdurch lassen sich fünf Seiten einer Palette messtechnisch erfassen, was eine vollständige und korrekte Vermessung sowie Fotodokumentation gewährleistet. Im Test wurde ebenfalls untersucht, wie sich bei einer Multi-View-Anordnung die 3D-Sensoren gegenseitig beeinflussen. Da verschiedene Sensoren mehrere Punktwolken auf denselben Bereich projizieren, kann es zu Überlagerungen kommen, wodurch ein beeinflusster Sensor keine validen Tiefenwerte mehr ermittelt. Durch die Modifikation der räumlichen Sensoranordnung und gegebenenfalls den Einsatz von Polarisationsfiltern kann dieses Problem behoben werden.

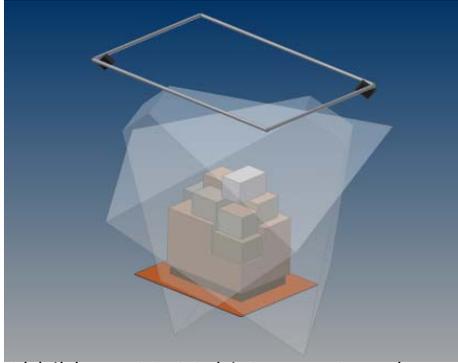


Abbildung 14: Multi-Sensor-Anordnung

Weiterhin betraf der Test ein **mobiles Konzept**, wo die 3D-Sensoren in einen Gabelstapler integriert sind (siehe Abbildung 15). Die Datenauswertung erfolgte über einen in den Stapler integrierten PC, der die gesamten Daten (Tiefenbild, Gewicht) erfasst, verarbeitet und die Ergebnisse über eine drahtlose Schnittstelle an die Datenbank übermittelt. Die Testläufe haben gezeigt, dass es aufgrund der Sensorinstallation an den Gabeln Restriktionen bei der korrekten Erfassung der Höhe, Länge und Breite der Fracht sowie durch Schattenbildung vor der transportierten Palette gibt, so dass diese Lösung nur für bestimmte Palettenkonstellationen sinnvoll einsetzbar ist.



Abbildung 15: Mobiles Konzept Tiefenbildscan

Im Ergebnis hat der Test mit DSI bzw. den Anwendern von DHL dem Frachtfingerprint als Multi-View-System großes Potential für logistische Anwendungen aufgezeigt. Begründet ist dies in den geringen Investitionskosten im Vergleich mit den aktuell eingesetzten Technologien und Systemen zur Vermessung von Frachteinheiten, sowie der einfachen Integrierbarkeit in die bestehenden Prozesse. Daher wird der bildbasierte Frachtfingerprint im Hands-on Lab von DHL in Troisdorf in zwei verschiedenen Ausführungen ausgestellt:

- Demonstrator für Palettenerfassung (diagonale Sensoranordnung)
- Demonstrator für Paketerfassung (orthogonale Sensoranordnung)

Weitere Informationen hierzu sind dem Schlussbericht von DSI zu entnehmen.

Tourdatenanalyse

Die IFF-Lösung zur Tourdatenanalyse mittels Neuronalem Netz wurde mit vom Feldtest unabhängigen Daten bereits im *AP 3* getestet, da sich abzeichnete, dass die statistische Gesamtheit der beim Feldtest erzeugten Tourdaten für belastbare Aussagen nicht ausreichend sein würde. Die prinzipielle Eignung des entwickelten Neuronalen Netzes für Aufgaben der tourbezogenen Datenmusteranalysen wurde im *AP 3* anhand von Realdaten zweier unterschiedlicher Logistikunternehmen nachgewiesen. Eine Übertragung des Ansatzes auf weitere Daten des zentralen Systems wurde nicht vorgenommen, da im Verbund die prinzipielle Machbarkeit als gegeben bewertet wurde. Für zukünftige Forschungsarbeiten in Richtung SmartData-Anwendungen für die Logistik stellen die gesammelten Erkenntnisse aber eine wichtige Grundlage dar.

AP 6 Integriertes ganzheitliches Konzept

Das entwickelte System verkörpert für den Projektverbund unter dem Aspekt „Sicherheit“ das Leitstandkonzept der Zukunft, wo verschiedene Sensortechnologien integriert, in Echtzeit Daten erfasst und zentral und dezentral im Kontext zueinander ausgewertet werden (Validator / Mustererkennung). Die Auswertung der erfassten Daten und Bewertung der Sensorsignale unterschiedlicher Anwendungssysteme kann über den Validator im Leitstand für unterschiedliche Sicherheitsszenarien über Filter differenziert werden, wodurch sich ein Sicherheitsmanagement in verschiedenen Ausprägungen gestalten lässt. Die auf der unteren Ebene bestehenden Sensor- und IT-Lösungen können wiederum ebenso abgestufte Auswerte- und Ereignisprozeduren implementiert haben, die jeweils auch gefilterte oder aggregierte Informationen über den Validator an den Trans4Goods-Leitstand geben.

In diesem *AP 6* wurde daher die Übertragung und Verallgemeinerung der Projektergebnisse innerhalb einer standardisierten Methodik zum Einsatz des Gesamtsystems in unterschiedlichen Branchen (Pharma, Fashion, Aviation, Automotive) durchgeführt. Im Vergleich mit RFID-Projekten anderer Branchen ließ sich feststellen, dass im Projekt ein RFID-basiertes Track und Trace Anwendungskonzept Pharma erfolgreich getestet wurde. Gemeinsamkeiten mit anderen Branchen ergeben sich im RFID-Einsatz sowie der Anwendung von „Data-on-Tag“ und „Data-on-Net“ Datenmodellen. Bei der Betrachtung der spezifischen produktbezogenen Daten, unabhängig davon ob „on-Tag“ oder „on-Net“, ergeben sich zwischen den Branchen erhebliche Unterschiede (z.B. Bauteildaten Automotive, Produktdaten ZVEI vs. Produktdaten Pharma). Der in Trans4Goods verfolgte EPCIS-Systemansatz lässt aber eine branchenspezifische Konfiguration des jeweiligen Datenmodells über den User Memory der Transponder und die Extension Data Fields in der zentralen EPCIS-Datenbank zu. Der Einsatz innovativer Sensorik (RFID, Tiefenbild, SmartSensor) als zusätzliche Hilfsmittel sowie das Track & Trace - System in Verbindung mit der automatischen Validierung der Logistikereignisdaten, ermöglichen ein neues Sicherheitslevel für die Lieferkette.

Das entwickelte Prozessmodell, IT- und Event-Management-Konzept sind branchenübergreifend auf Basis von EPCIS einsetzbar (Referenzen für Automotive, Aviation, Retail, Food) bzw. werden dort auch eingesetzt. Ergänzungen auf der Ebene der Eventtypen und der einsetzbaren Applikation Identifier sind in Abstimmung mit GS1global möglich.

Bisherige Ansätze erweiternd im Trans4Goods Projekt ist, dass Autoritäten wie BOS relevante, elektronische Informationen (Transport-, Waren-, Gefahrgutinformationen) als auch echtzeitnah Alarmierungen zu spezifizierten Bedrohungsszenarien (bspw. automatisierter Abgleich mit aktuellen Sanktionslisten, Herkunftsnachweis) erhalten können. Zudem erfolgte die Entwicklung des Trans4Goods-Systems rechtskonform und mit Blick auf den Pharmabereich unter Berücksichtigung der zukünftigen Anforderungen der Richtlinie 2011/62/EU.

AP 7 Leitfaden

Aufgabe des AP 7 unter Leitung von STI war die Erstellung eines Leitfadens für Praxisanwender als Empfehlung beim Aufbau von AutoID-Strukturen und einer Systemarchitektur zur Objektidentifikation und –verfolgung in Logistikketten. Berücksichtigt wurde dabei die Betrachtung von Prozesssicherheit und der Grundsicherheit in Logistikprozessen auf organisatorischer, personeller und technischer Ebene unter Berücksichtigung der aktuellen Gesetzgebung.

Hier erfolgte durch das Teilvorhaben eine verallgemeinerte Beschreibung von Grundlagen zur Auswahl und Bewertung von AutoID-Technologien mit Fokus auf RFID, den Grundlagen von Tiefenwertsensorik und deren Anwendung als Tiefenwertscan und Frachtfingerprint, zur Vorgehensweise bei der Risikobewertung mittels FMEA und zur Kosten-Nutzen-Analyse. Basis waren die Ergebnisse der vorgelagerten Arbeitspakete.

Der Leitfaden kann über die Projektpartner bezogen werden.

2. Darstellung der wichtigsten Positionen des Zahlenmäßigen Nachweises

Der Finanzierungsplan des Teilvorhabens umfasste die folgenden Positionen:

- Personalkosten zur inhaltlichen Bearbeitung der APs
- Reisekosten für Projekttreffen auf bilateraler und Verbundebene, Inland
- Materialkosten für die Erstellung der Demonstrationssysteme

Kostenposition	Erteilte Zuwendung 575.039 (Euro)
0813 - Material	3,50 %
0837 - Personal	95,00 %
0838 – Reisen	1,50 %

Die mit dem Finanzierungsplan ursprünglich beantragten Mittel für die oben aufgeführten Positionen wurden eingehalten. Es wurden vornehmlich Personalkosten nachgewiesen. Ferner wurden zu inhaltlichen Abstimmungszwecken während der Bearbeitung der Arbeitspakete und zur Vorbereitung und Durchführung der Demonstratoren Reisen unternommen. Materialkosten für Hardware entstanden bei der Entwicklung der Lösungen für die Beschaffung von RFID-

Technik, RFID-Datenträgern und 3D-Sensoren, Kommunikationstechnik, Installations- und Verbrauchsmaterial für die Erstellung der Demonstratoren. Softwareseitig wurden verschiedene Entwicklungsumgebungen (Programmierung, Visualisierung) benötigt. Unteraufträge wurden nicht vergeben.

3. Darstellung der Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die im Teilvorhaben des Fraunhofer IFF angestrebten Ziele wurden in der Antragsphase mit den anderen Projektbeteiligten abgestimmt und durch die Projektplanung fixiert. Die in der Antragsphase getroffenen Schätzungen für die Arbeits- und Materialaufwände wurden weitgehend bestätigt.

Die Umsetzung der Ziele des Gesamtvorhabens war auch von den Ergebnissen des Teilvorhabens des Fraunhofer IFF abhängig. Das IFF leistete hier mit seinen Technologie-Lösungen einen weitreichenden Beitrag zur Systeminnovation und Systemintegration. Über die Erfassung der verschiedenen Datenquellen und über die Weiterverarbeitung und Datenaggregation werden verschiedene Funktionen zum Lieferkettenmonitoring und zur –Analyse unterstützt. Die entwickelten Lösungen allein und im Verbund mit dem zentralen IT-System sind geeignet, das Sicherheitsniveau und die Transparenz in Logistikabläufen deutlich zu erhöhen. Sie eröffnen die Möglichkeit, Alarme und sonstige Informationen aus den einzelnen Subsystemen über eine einheitliche Oberfläche automatisch zu korrelieren, und so bei Bedarf sehr schnell und gezielt Maßnahmen zu ergreifen und auf Bedrohungen oder Vorfälle zu reagieren. Sowohl die Einzellösungen (T-Systems MMS, Fraunhofer IFF, DSI) sowie das Integrations-Konzept über alle technologischen Lösungen in Trans4Goods, wurden in der Praxis bisher nicht umgesetzt, wodurch eine grundsätzliche Notwendigkeit der Arbeiten gegeben war. Die Notwendigkeit der Zuwendung wurde durch verschiedene wissenschaftlich technische Risiken begründet, die im Vorfeld nicht exakt bestimmt werden konnten. Insbesondere die Entwicklung der Tiefenwertsensorik für den Frachtfingerprint und die damit verbundenen Untersuchungen stellten einen hochwertigen und aufwändigen Forschungsansatz dar. Hier wurde eine neue technische Lösung entwickelt und erprobt, die ein spezifisches Problem der Vermessung von Logistikobjekten aufgreift, wie sie bisher nicht zu geringen Kosten verfügbar ist. Auch war die Robustheit dieser Lösung im operativen Betrieb eines Logistikunternehmens im Vorfeld schwer einzuschätzen. Hier müssen auch künftig Forschungsarbeiten und Entwicklungsleistungen realisiert werden.

Weiterhin war mit Projektbeginn nicht sichergestellt, dass für die betrachteten Flüssig-Produkte, die zudem auch kleine Größen aufweisen, geeignete Standardtransponder mit ausreichendem UserMemory (512 Bit Data-on-Tag) und zu verträglichen Kosten zur Verfügung stehen. Da Flüssigkeiten und Metall für die UHF-Technologie problematisch sind, hätte die Kennzeichnung auf Produktebene nicht mit UHF ausgeführt werden können, was die Wirtschaftlichkeit der angestrebten Lösung verschlechtert.

Zur Entwicklung aller Lösungen waren umfangreiche Arbeiten notwendig. Neben den Erkenntnissen aus der Bestandsaufnahme wurden aktuelle technologische Entwicklungen recherchiert und verfolgt. Die Ideenfindung, Diskussion, Abstimmung und Weiterentwicklung

erfolgte zusammen mit den Projektpartnern und weiteren Experten aus der AutoID- und Pharma-Branche, z. T. in einem iterativen Prozess. Dieses Vorgehen war unumgänglich für die Zielerreichung.

Alle entwickelten Lösungen wurden am IFF unter Laborbedingungen getestet und erprobt. Für die Integration der Lösungen in das zentrale IT-System (Leitstand) war eine intensive Implementierungsphase notwendig, die mit dem Pre-Check-Demonstrator in Magdeburg abgeschlossen wurde. Für den Feldtest-Demonstrator anhand einer realen Pharma-Lieferkette waren die Labortests und der Pre-Check-Demonstrator unbedingt notwendig, um die Leistungsfähigkeit, die praktische Anwendbarkeit und das Potential für den Einsatz der entwickelten Lösungen in einem realen Umfeld zu evaluieren.

Durch die Projektförderung konnte das wirtschaftliche und technische Risiko zur Entwicklung der Lösungen reduziert werden, die unter Berücksichtigung der (national noch nicht) verbindlichen Anforderungen der EU-Richtlinie 2011/62/EU sowie der FDA 21 CFR Part 11 erfolgte. Kernpunkt der Schutzkonzepte ist jeweils die Serialisierung der einzelnen Produkte, deren Herstellungsebene, die interne und externe Distribution (*Ident 2014*). Hierzu war ein vielschichtiges Know-How erforderlich, da komplette Serialisierungslösungen in den meisten Branchen nicht Stand der Technik sind. Voraussichtlich bis Mitte 2014 will die EU-Kommission verbindlich die einheitlichen Sicherheitsmerkmale vorlegen, die dann drei Jahre später in Kraft treten. Das wird Klarheit darüber schaffen, inwieweit das geforderte Sicherheitsniveau im Pharmalogistikbereich die im Projekt entwickelten Konzepte und technischen Lösungen betreffen wird. Hier sind ggf. dann Anpassungen vorzunehmen.

4. Darstellung des voraussichtlichen Nutzens, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplanes

Das durchgeführte Vorhaben widmete sich sowohl mit seiner inhaltlichen als auch mit der technischen Thematik außerordentlich zukunftsorientierten Aufgabenstellungen der Gestaltung unternehmensübergreifender Informationsflüsse zur Sicherung von Warenketten. Das Fraunhofer IFF hat ein praxisorientiertes Produktkonzept für die technologiebasierte Identifikation und Überwachung von verschiedenen logistischen Objekttypen entworfen, erprobt und in das entwickelte Gesamtsystem integriert. Hierzu wurden Kenntnisse zu marktüblichen und neuen Sensortechnologien vertieft und deren Anwendung in Produktions- und Logistik-Bereichen beispielhaft konzipiert und getestet. Im Ergebnis entstand ein Lösungsportfolio, dessen Subsysteme einzeln oder als Gesamtlösung eingesetzt werden können. Ziel der Arbeiten war es, Personal in Produktion und Logistik, aber auch BOS neue Werkzeuge anzubieten, die auf Basis von Sensorinfrastrukturen dem Menschen automatisch Informationen zur Einschätzung der Sicherheit eines Objektes oder Vorgangs anbieten, und mit quantifizierten Informationen die Entscheidungsfindung durch die Mitarbeiter konstruktiv unterstützen (vgl. *Schenk et al 2013*).

Zentraler Punkt der Arbeiten war die Entwicklung des Frachtfingerprints als Kombination aus 3D- und RFID-Sensorik, zum einen als Basis für die Erfassung und Analyse von Objekt- und Frachtdaten als lokales System vor Ort, zum anderen für die Weitergabe der Ergebnisse an die zentrale IT-

Komponente Leitstand (*Plate und Gebert 2012*). Das Konzept des Frachtfingerprints als innovative Form der sicherheitsbezogenen Informationsmusteranalyse kann auf beliebige Objekttypen angewendet werden. Potentielle Endanwender aus den Bereichen Transport, KEP und Warehouse haben hier Interesse gezeigt. Diese Kontakte gilt es zu vertiefen. Generell werden die entwickelten Frachtfingerprint-Demonstratoren nach Projektende auch im Galileo-Testfeld Sachsen-Anhalt⁷ als allgemein zugängliche Systeme bereit stehen.

Durch das Projekt wurde die Kompetenz auf dem Gebiet der Tiefenwertsensorik (3D-Sensor) vertieft und erweitert. Der Tiefenwertsensor als low cost Lösung ist als Sensortechnologie für eine Vielzahl weiterer Anwendungsgebiete geeignet, wo es um die Erkennung von Objekten oder Objektkonturen geht. Durch die Zusammenarbeit mit der ifak System GmbH konnte ein industrietaugliches Sensorsystem im Projekt eingesetzt werden. Im Kontext sicherheitskritischer Anwendungen kann die Tiefenbildsensorik Ausgangspunkt zur Erkennung der Manipulationsfreiheit von Objekten (Objektgröße/-volumen/-kontur; Objektlage/-ausrichtung) werden. Weiterführende Arbeiten werden vom Fraunhofer IFF bspw. für die Überwachung von Frachträumen oder Lagerflächen durchgeführt werden (*Borstell et al 2013a* und *2013b*). Bildbasierte Demonstratoren zur Paletten- und Paketerfassung mittels 3D-Sensor werden durch DHL im Hands-on Lab vorgestellt.

Ein weiterer wichtiger Aspekt war die Integration der Daten und Informationen im Leitstand, dem zentralen IT-System von Trans4Goods. Aspekte der Synchronisation von Ereignisdaten und der Echtzeitfähigkeit der Subsysteme mussten beachtet werden, um einen hohen Mehrwert zu generieren. Zusammen mit den technisch orientierten Projektpartnern T-Systems MMS und DSI besteht eine gute Ausgangsbasis, die entwickelten Teillösungen in Kombination mit dem übergeordneten IT-System und in loser Partnerkonstellation weiter zu entwickeln. Das betrifft u.a. die Integration von Tiefenwertsensoren in andere stationäre Detektionssysteme wie bspw. Röntgengeräte zur Generierung erweiterter Informationsmuster. Hierzu wird das Projekt „E-Sec-Log“⁸, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der Bekanntmachung „Luftfrachtsicherheit“ gefördert wird, und in welches das Fraunhofer IFF involviert ist, einen Beitrag leisten.

Ein ebenso relevantes Ergebnis des Teilvorhabens war die Tourdatenanalyse mit Neuronalen Netzen. Gespräche mit Dispositions- und Transportverantwortlichen in Logistikunternehmen haben gezeigt, dass bei diesen Unternehmen ein hohes Interesse besteht, die bereits vorhandenen Daten für Analysen im Kurzzeithorizont zum Monitoring und zur Steuerung ablaufender Transportvorgänge zu nutzen. Ziel ist die Erkennung von Unregelmäßigkeiten oder Abweichungen von einem „Normalgeschehen“. Ein weiterer Aspekt besteht in der Analyse dieser Daten im Langfristbereich zur Optimierung von Tour- und Routenplanungen für ein verbessertes Angebot an Endkunden. Aktuelle Entwicklungen gehen in die Richtung der Entwicklung von Lösungen für BigData bzw. SmartData-Anwendungen.

⁷ www.galileo.ovgu.de

⁸ <http://www.eseclog.de/index.php>

Wichtige Erkenntnisse konnten weiterhin bezüglich konkreter Aspekte zur Risikominierung und zur Quantifizierung von Nutzenpotentialen für die eingesetzten Technologien gesammelt werden, die für die Beratung von Industriekunden einen wichtigen Beitrag darstellen.

5. Darstellung des während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Dem Fraunhofer IFF sind während der Vorhabensdurchführung keine FuE-Ergebnisse Dritter bekannt geworden, die für die Bearbeitung der Arbeitspakete von Relevanz gewesen wären. Somit wird davon ausgegangen, dass die Verwertung der in Trans4Goods erarbeiteten Ergebnisse in vollem Umfang möglich sein wird.

Die parallel zum Projekt arbeitende Initiative securPharm, die sich in einer bereits sehr weit entwickelten Erprobungsphase befindet, stellt eine andere Ausprägung eines Track und Trace-Systems dar. Produktions- und Distributionsprozesse oder auch Produkt-Herstellungsebenen werden überhaupt nicht erfasst, da es allein um die Authentifizierung von serialisierten Arzneimitteln geht. Verschiedene Funktionen oder die Validierung von Logistikereignissen sowie das Lieferkettenmonitoring betreffend, geht Trans4Goods über den aktuellen securPharm-Ansatz hinaus. Die Abbildung der securPharm-Anforderungen an eine sichere Lieferkette ist daher mit dem entwickelten Trans4Goods-Gesamtsystem möglich.

6. Darstellung der erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen der Ergebnisse

Durch das Fraunhofer IFF wurden die Ergebnisse des Vorhabens in den folgenden Veröffentlichungen und Vorträgen verbreitet:

- Pressemitteilung zum Projekt-Kick-Off (mit neuem Partner T-Systems MMS), Juli 2012
- Fraunhofer IFF und T-Systems MMS: Borstell, H., Cao, L., Richter, K., Schäfer, C.: Security in Supply Chains in the Scope of Surface Transport of Goods by Secure Information Patterns on the Freight – Trans4Goods. Future Security, Springer, Berlin, 2012
- DHL und Fraunhofer IFF: Trendstudie „Low Cost Sensor Technology – A DHL perspective on implications and use cases for the logistics industry“⁹, 2013
- Poster BMBF-Innovationsforum Zivile Sicherheit, Berlin, 2012
- Fraunhofer IFF Jahresbericht 2012: Plate, C., Gebert, B.: Finanzierbare Sicherheit und mehr Effizienz in der Logistik. S. 32f.
- Fraunhofer IFF Jahresbericht 2013: Richter, K., Plate, C.: Innovative Technologien für mehr Sicherheit im Güterlandtransport, S. 76f.
- Abschlussveranstaltung Trans4Goods, Magdeburg, 16. Januar 2014

⁹ http://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about_us/innovation/CSI_Study_Low_Sensor.pdf; abgerufen 02. Februar 2014

- Leitfaden "Sicherung von Logistikketten unter Einsatz von Auto-ID Verfahren", 2014
- Logistik Newsletter der Fa. MedXPress, Februar 2014
- T-Systems MMS und Fraunhofer IFF: Taubeneck, I., Ohme, K., Richter, K.: „Sichere Lieferketten“ in Logistik heute, März 2014

Informationen zum Projekt wurden auf den Internetseiten des IFF (www.iff.fraunhofer.de) sowie auf dem Forschungsportal Sachsen-Anhalt (www.forschung-sachsen-anhalt.de) eingestellt. Das Fraunhofer IFF hat sich weiterhin an der inhaltlichen Gestaltung des Internetauftritts www.trans4goods.org beteiligt.

Erkenntnisse aus dem Projekt werden durch das Fraunhofer IFF in die aktuelle Erarbeitung der DIN-Spezifikation „AutoID und Rückverfolgbarkeit“¹⁰ im DIN Normenausschuss Informationstechnik und Anwendungen (DIN NIA 043-01-31) einfließen. Hier ist die Beschreibung branchenbezogener Module, z. B. für die Pharmaindustrie, Bestandteil der Arbeiten.

Weiterhin ist das Fraunhofer IFF ebenfalls in den Arbeitskreis Track and Trace des VDMA¹¹ involviert. Hier kann festgehalten werden, dass das Gesamtsystemkonzept von Trans4Goods ebenfalls fast alle Anforderungen aus diesem Industriebereich an eine Einzelobjektverfolgung intern und extern abdeckt.

Die entwickelten IFF-Demonstratoren stehen für die Öffentlichkeit im Laborumfeld des Fraunhofer IFF bzw. im Galileo-Testfeld Sachsen-Anhalt zur Verfügung. Demonstratoren zum Tiefenwertscan am Beispiel Paket und Palette sind im Hands-on Lab der DHL ausgestellt.

¹⁰ <http://www.nia.din.de/cmd?level=tpl-artikel&languageid=de&bcrumblevel=1&cmstextid=207317>; abgerufen 01. März 2014

¹¹ <http://sw.vdma.org/article/-/articleview/3137483>; abgerufen 02. Mai 2014

Literaturverzeichnis

- Antweiler 1995 Antweiler, J.: Wirtschaftlichkeitsanalyse von Informations- und Kommunikationssystemen (IKS), DataKontext Verlag, Köln, 1995
- Bauer 2008 Bauer, N. (Hrsg.): Handbuch zur industriellen Bildverarbeitung. Fraunhofer Allianz Vision. 2. Auflage, Fraunhofer IRB Verlag, 2008
- Berndt 2008 Berndt, D.: Optische 3D-Messung in der industriellen Anwendung, Fraunhofer IRB Verlag, Magdeburg, 2008
- Borstell et al 2013a Borstell, H., Cao, L., Kluth, J., Richter, K.: Prozessintegrierte Volumenerfassung von logistischen Palettenstrukturen auf Basis von Low-Cost-Tiefenbildsensoren. In: Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik (Hrsg.): Tagungsband 3D-Nordost 2013 – 16. Anwendungsbezogener Workshop zur Erfassung, Modellierung, Verarbeitung und Auswertung von 3D-Daten im Rahmen der GFal-Workshopfamilie NordOst. Berlin, 2013, S. 115-124
- Borstell et al 2013b Borstell, H., Cao, L., Richter, K.: Mobile Monitoring of Loading Space Using 3D-Sensors for Real Time Route Planning: Vortrag. Konferenz der Wissenschaftlichen Kommission Logistik im Verband der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft e.V., Universität Bremen, 11.-13. September 2013
- BSI 2004 Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik: Risiken und Chancen des Einsatzes von RFID-Systemen: Trends und Entwicklungen in Technologien, Anwendungen und Sicherheit. Ingelheim: SecuMedia, 2004
- Chikova und Loos 2006 Chikova, P.; Loos, P.: Ansatz zur Verbesserung von unternehmensübergreifenden End-to-End-Prozessen mithilfe der RFID-Technologie. In: Lehner, F.; Nösekabel, H.; Kleinschmidt, P. (Hrsg.): Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2006. Band 1. Berlin: GITO, 2006
- Coulon und Decker 2005 Coulon, C.-H. ; Decker, J. : Generelle Übersicht und Auswertung der RFID-Anwendungsfälle. In: Seifert, W.; Decker, J. (Hrsg.): RFID in der Logistik: Erfolgsfaktoren für die Praxis: Dokumentation des BVL-Arbeitskreises „RFID in der Logistik“. Hamburg: Dt. Verkehrs-Verlag, 2005
- Crone 2010 Crone, S. F.: Neuronale Netze zur Disposition und Prognose im Handel. In: Betriebswirtschaftliche Forschung zur Unternehmensführung, Hrsg.: Hansmann, K. W. et al, Gabler-Verlag, 2010
- Dittmann 2006 Dittmann, L.: Der angemessene Grad an Visibilität in Logistik-Netzwerken. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag, 2006
- Dittrich 2008 Dittrich, Ingo: Ein Beitrag zur Optimierung der Informationslogistik im Ersatzteilwesen der Automobilindustrie. Dissertation. Technischen Universität Kaiserslautern, 2008, S. 14
- Durchholz 2010 Durchholz, J.; Stockenberger, Günthner, W.A.: Dokumentierte Authentifizierung als wirksamer Schutz vor Produktpiraterie für Komponenten im Maschinen- und Anlagenbau. Technische Universität München. WGT 2010
- DVZ 2013 DVZ Logistik und Verlader: Frachtdiebstahl nimmt 2013 zu.
- EU 2009/387/EG EMPFEHLUNG DER KOMMISSION vom 12. Mai 2009 zur Umsetzung der Grundsätze der Wahrung der Privatsphäre und des Datenschutzes in RFID- gestützten Anwendungen (Bekannt gegeben unter Aktenzeichen K(2009) 3200) (2009/387/EG); <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:122:0047:0051:DE:PDF>
- Finkenzeller 2006 Finkenzeller, Klaus: RFID-Handbuch : Grundlagen und praktische Anwendungen induktiver Funkanlagen, Transponder und kontaktloser Chipkarten. München, Wien: Hanser, 2006
- Finkenzeller 2008 Finkenzeller, Klaus: RFID-Handbuch - Grundlagen und praktische Anwendungen von Transpondern, kontaktlosen Chipkarten und NFC. München: Hanser-Verlag, 5. Auflage, 2008
- Fleisch und Strassner 2005 Fleisch, E.; Strassner, M.: Innovationspotenzial von RFID für das Supply-Chain-Management. In: Wirtschaftsinformatik; 47. Jg. (2005), S. 45-54

- Gan et al 2006 Gan, O.P.; Zhao, Y. Z., Luo, M., Zhang, J. B., Zhou, J. H.: System Architecture and Data Design for RFID-Based Item Level Track and Trace. In: Engineering Asset Management, Proceedings of the 1st World Congress on Engineering Asset Management (WCEAM) 11 – 14 July 2006, S. 1098-1103
- Gillert und Hansen 2007 Gillert, F.; Hansen, W.-R.: RFID für die Optimierung von Geschäftsprozessen: Prozess-Strukturen, IT-Architekturen, RFID-Infrastruktur. München, Wien: Hanser, 2007
- Häusler 1999 Häusler, G.: Three Dimensional Sensors – Potentials and Limitations. In: Handbook of Computer Vision and Applications, 1999
- Günther 2011 Günther, W. A. (Hrsg.): Leitfaden zum Schutz vor Produktpiraterie durch Bauteilkennzeichnung – kostenloser Download unter <http://www.proauthent.de/>; 02. Mai 2011
- Hippner 2002 Hippner, Merzenich und Wilde, 2002, S. 10
- Huster 2007 Huster, F.: Straßentransport durch organisierte Kriminalität zunehmend bedroht – EP beklagt Untätigkeit der EU-Mitgliedsstaaten, Bonn, 2007
- Han und Kamber 2000 Han, J., Kamber, M.: Data Mining: Concepts and Techniques. Morgan Kaufmann Publishers, 2000
- Hu et al 2004 Hu, W., Tan, T., Wang L., Maybank, S.: A Survey on Visual Surveillance of Object Motion and Behaviors. In: IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics/ Part C: Applications and Reviews. Piscataway: IEEE Press, 2004, Band 34(3), S. 334–352
- ICC 2006 ICC Counterfeiting Intelligence Bureau: anti-Counterfeitign Technology – A Guide to Protecting and Authenticating Products and Documents. ICC Publication No 630: 2006
- Ident 2014 N.N.: Serialisierung unter Zeitdruck – Fälschungs- und Manipulationssicherheit in der Pharmakette. In: Ident 4/14, 2014, S. 56f.
- Jain u. Dubes 1988 Jain, A. K.; Dubes, R. C.: Algorithms for Clustering Data, Prentice Hall Advanced Reference Series, Englewood, 1988
- Jakobs et al 2001 Jakobs, K., Pils, C., Wallbaum, M.: Using the Internet in Transport Logistics – The Example of a Track and Trace System. In: Lorenz, P. (Hrsg.): First International Conference on Networking Colmar, France, July 9–13, Proceedings, Part I, S. 194-203, 2001
- Kern 2007 Kern, C. J.: Anwendung von RFID-Systemen. Berlin, Heidelberg, New York: Springer 2007
- Klein 2010 Klein, M.: Banden stehlen Lastwagen auf Bestellung
- Kummer et al 2005 Kummer, S., Einbock, M., Westerheide, C.: RFID in der Logistik: Handbuch für die Praxis. Wien: Bohmann, 2005
- Lange 2000 Lange, R.: 3D Time-of-flight distance measurement with custom solid-state image sensors in CMOS/CCD-technology. Dissertationsschrift, Universität Siegen, 2000
- Lämmel 2003 Lämmel, U.: Data-Mining mittels künstlicher neuronaler Netze, Wismarer Diskussionspapiere, Hochschule Wismar, Heft 7, 2003
- Mayer 2012 Mayer, H. W.: Frachtdiebstahl zunehmend auf Bestellung, VDI Nachrichten, 27.01.2012
- Mock 2012 Mock, Werner: Standards für die Rückverfolgbarkeit in der Automobilindustrie und weitere Entwicklungen. Workshop „AutoID-gestützte Rückverfolgung“ DIN, 16.11.2012. http://www.nia.din.de/sixcms_upload/media/2397/Automobilindustrie.pdf; 03. Juni 2013
- Müller-Wondorf 2011 Müller-Wondorf, R.: Allianz gegen den Diebstahl von hochwertiger Fracht, VDI Nachrichten, 14.01.2011
- Perl 2003 Perl, J.: A Neural Network Approach to Movement. In W.I. Schöllhorn et al (Hrsg.), European Workshop on Movement Science, (S. 12–13). Köln: Strauß, 2003
- Plate und Gebert 2012 Plate, C., Gebert, B.: Finanzierbare Sicherheit und mehr Effizienz in der Logistik. In: Schenk, M. (Hrsg.): Jahresbericht 2012: Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und – automatisierung IFF Magdeburg. Stuttgart, Fraunhofer Verlag, 2012, S. 32f.
- Price Waterhouse Coopers 2011 Price Waterhouse Coopers: Transportation and Logistics 2030, Volume 4: Securing the Supply Chain, www.pwc.com/tl2030, 2011

- Reinecke et al 2008 Reinecke, M.; Gärtner, H.; Overmeyer, L.: Schutzkonzepte gegen Produktpiraterie in der Pharmaindustrie. In: Industrie Management 6/2008
- Rojas 1996 Rojas, R.: Theorie der neuronalen Netze: Eine systematische Einführung. Springer-Lehrbuch, korr. Nachdruck 1. Auflage, 1996
- Schäfer 2012 Schäfer, C.: Konzeption einer IT-Infrastruktur zur hochskalierbaren Verwaltung von Logistikereignisdaten in globalen Landlieferketten. Informatik, University of Applied Sciences Hochschule Zittau/Görlitz, Masterarbeit, 2012
- Schenk et al 2013 Schenk, M., Richter, K., Poenicke, O., Müller, A.: Intelligente Logistikräume für die sichere Warenkette. In: free beratung Gesellschaft für Kommunikation im Marketing mbH (Hrsg.): Jahrbuch der Logistik 2013. Korschbroich: free beratung Gesellschaft für Kommunikation im Marketing mbH, 2013, S. 48-52
- Schmid und Brockmann 2006 Schmid, S., Brockmann, C.: Marktübersicht: Tracking & Tracing Lösungen in der Logistik. In: PPS-Management 11 (2006) 2, S. 52-61
- Schöch und Hillbrand 2006 Schöch, R., Hillbrand, C.: Ein integrierter Ansatz für diskrete und stetige Sendungsverfolgung auf Stückgutebene mittels RFID und GSM. In: Mattfeld, D.C., Suhl, L. /Hrsg.): Informationssysteme in Transprt und Verkehr, Wirtschaftsinformatik, 2006.
- Schöneburg et al 1990 Schöneburg, E., Hansen, N., Gawelczyk, A.: Neuronale Netzwerke – Einführung, Überblick und Anwendungsmöglichkeiten. Markt&Technik Verlag AG, München, 1990
- Semman und Granzow 2014 Semmann, C. und Granzow, A.: Frachtdiebstahl nimmt 2013 zu. DVZ Logistik und Verlader. Ausgabe März 2014
- Strassner et al 2005 Strassner, M.; Plenge, C.; Stroh, S.: Potenziale der RFID-Technologie für das Supply Chain Management in der Automobilindustrie. In: Fleisch, E.; Mattern, F. (Hrsg.): Das Internet der Dinge: Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis: Visionen, Technologien, Anwendungen, Handlungsanleitungen. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2005
- Süß 2013 Süß, B.: Konzeption eines Validators für RFID-gestützte Logistikdaten mittels Distributed Event Processing. Technische Universität Dresden, Informatik, Masterarbeit, 2013
- Ungurean et al 2011 Ungurean, I., Turcu, C., Gaitan, V., Popa, V.: An RFID-Based Anti-Counterfeiting Track and Trace Solution. In: Turcu, Cr. (Hrsg.): Designing and Deploying RFID Applications, InTech, DOI: 10.5772/23562. Available from: <http://www.intechopen.com/books/designing-and-deploying-rfid-applications/an-rfid-based-anti-counterfeiting-track-and-trace-solution>
- Viola und Jones 2001 Viola, P.; Jones, M.: Robust Real-time Object Detection. In: Int'l Journal of Computer Vision. 2001
- VDMA 2008 VDMA: Untersuchung zur Produkt- und Markenpiraterie. Frankfurt: VDMA 2008
- ZVEI 2009 Leitfaden Identifikation und Traceability in der Elektro und Elektronikindustrie. ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V., Frankfurt am Main, 2009