
Identifizierung von Internet of Things Use-Cases in der Logistik

Bachelorarbeit

zur Erlangung des Grades Bachelor of Science
im Studiengang Wirtschaftsinformatik

Vorgelegt von

Arthur Henne

Immatrikulationsnummer: 211100714

ahenne@uni-koblenz.de

Fachbereich 4: Informatik

Institut für Wirtschafts- und Verwaltungsinformatik

Universität Koblenz-Landau

Betreuer:

Prof. Dr. Susan P. Williams

Verena Hausmann, M. Sc.

Erklärung

Ich versichere,

dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Mit der Einstellung dieser Arbeit in die Bibliothek bin ich einverstanden. Der Veröffentlichung dieser Arbeit im Internet stimme ich zu.

Arthur Henne

März 2017

Zusammenfassung

In den letzten Jahren hat das Internet of Things in Unternehmen sowie der Literatur wegen seiner Innovationspotenziale zunehmend Aufmerksamkeit gewonnen. Auch die Logistik bleibt von dem wachsenden Interesse am Internet of Things nicht unberührt, da die Globalisierung und der steigende Konkurrenzdruck sie ständig vor neue Herausforderungen stellt. Deshalb wird nach Ansätzen und Anwendungen geforscht, wie die Logistik zur Bewältigung ihrer Herausforderungen von den Konzepten des Internet of Things, seinen Ideen sowie Technologien profitieren kann. Diese Ausarbeitung befasst sich mit der Identifikation jener Ansätze und Anwendungen in Logistikprozessen. Dazu wird aktuelle Literatur hinsichtlich des Innovationspotenzials des Internet of Things für die Logistik und ihre Prozesse untersucht. Das Ergebnis dieser Arbeit ist eine strukturierte Übersicht von identifizierten IoT Logistik Use Cases, inklusive der verwendeten Devices sowie der betroffenen Stakeholder. Die Fragen, ob das Internet of Things den Erwartungen gerecht wird, welchen Nutzen die IoT Use-Cases bieten und welche Problembereiche sich infolge des Einsatzes von Internet of Things Technologien ergeben, werden am Ende dieser Ausarbeitung geklärt.

Abstract

In the last few years the Internet of things has gained increased attention from authors as well as companies due to its innovation potential. The rising interest in the Internet of Things has also affected the logistics, which currently suffers from the effects of the globalization and the ever-increasing competitive pressure. Thus, there are efforts to discover how the logistics can profit from the use of IoT concepts, ideas and technologies to help it overcome its challenges. This research study focuses on the identification of these efforts and the corresponding research for logistics processes. For that purpose the researcher explored current literature referring to this topic. The final outcome of this paper is a structured overview of the identified IoT use-cases, their corresponding technologies and devices and finally their affected stakeholders. Whether the expectations regarding the IoT implementation in logistics processes are met, how

companies can profit from these use-cases and which problems potentially arise by using IoT devices and technologies in logistics are answered at the end of this paper.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	ii
Abstract	ii
Abbildungsverzeichnis	vi
Tabellenverzeichnis	vii
Abkürzungsverzeichnis	viii
1. Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Zielsetzung	4
1.3 Aufbau der Arbeit	4
2. Theoretische Grundlagen	6
2.1 Internet of Things.....	6
2.2 Smart Objects	8
2.2 Logistik	9
3. Technologien und Devices	12
3.1 Barcode	12
3.2 RFID.....	14
3.3 Drahtlose Sensornetzwerke	17
3.4 Vergleich der Technologien.....	19
4. Use-Cases	21
4.1 Fleet-Management.....	22
4.2 Inventarmanagement	26
4.3 Last-Mile-Lieferung	30
4.4 Transport von sensiblen und kurzlebigen Gütern	33

4.5 Kommissionierung: Pick-by-Vision	37
4.6 Smart Warehouse	40
4.7 Zentrale Informationsplattform.....	44
5. Diskussion	47
6. Zusammenfassung und Ausblick.....	52
Literaturverzeichnis.....	55

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Potenziale des Internet of Things für Logistikprozesse	3
Abbildung 2 - Umsätze der Logistik.....	10
Abbildung 3 - Scanprozess eines Barcodes	13
Abbildung 4 - RFID-System-Architektur	16
Abbildung 5 - Struktur eines drahtlosen Sensornetzwerks.....	19
Abbildung 6 - Szenario Baumaterial	24
Abbildung 7 - Phasenplan der RFID Umsetzung der Metro Group	28
Abbildung 8 - Last-Mile Lieferung	32
Abbildung 9 - Beispielszenario eines Lebensmitteltransports.....	34
Abbildung 10 – TraQ Beispiel.....	36
Abbildung 11 - DHL Smart Warehouse	43
Abbildung 12 - Resilience 360	45
Abbildung 13 - Wachstumsrate verbundener Objekte.....	53

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Potenziale der IoT Technologien.....	19
Tabelle 2 - Stakeholder des Fleet-Managements	26
Tabelle 3 - Stakeholder des Inventarmanagements	30
Tabelle 4 - Stakeholder der Last-Mile-Lieferung	33
Tabelle 5 - Stakeholder des Transports sensibler Güter	37
Tabelle 6 - Stakeholder der Pick-by-Voice-Kommissionierung.....	40
Tabelle 7 - Stakeholder des smarten Warenlagers.....	44
Tabelle 8 - Stakeholder zentraler Informationsplattformen.....	46
Tabelle 9 - Übersicht der Use-Cases und ihrer Technologien	48

Abkürzungsverzeichnis

EAN-13	<i>European Article Number (13-stellig)</i>
EPC	<i>Electronic Product Code</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
RFID	<i>Radio frequency identification</i>
RFID-Systeme	<i>Radio-Frequency-Identification-Systeme</i>
UPC.....	<i>Universal Product Code</i>

1. Einleitung

In den letzten Jahren hat das Internet of Things (IoT) mehr und mehr an Bedeutung gewonnen. Auch Unternehmen zeigen mit ihrer Vorstellung von neuen Internet of Things Produkten und Services wachsendes Interesse (Wortmann, Flüchter, 2015: S. 1). So stand im Mobile World Congress 2017, der größten Mobilfunkmesse Europas, das Internet of Things bei Messebesuchern und Unternehmen gleichermaßen im Mittelpunkt. Beispielsweise stellte Nokia mit dem IoT basierten Serviceprodukt *Nokia WING* einen interessanten Use-Case vor, mit dem das globale Management von Frachten mittels Trackinginformationen auf einer zentralen Plattform vereinfacht werden soll (Gill, 2017, o. S.).

McKinsey geht noch einen Schritt weiter und bezeichnet das Internet of Things als einen „Hype“ (McKinsey, 2015, o. S.), der unzählige neue Möglichkeiten eröffnet. Seien es Unternehmen, Konsumenten oder gar ganze Städte: Alle können von der Verschmelzung der digitalen und physischen Welt des Internet of Things profitieren (McKinsey, 2015, o. S.). Im Kontext dieser Arbeit stellt sich die Frage, inwiefern die Logistik von den Entwicklungen des IoT profitieren kann und welche Möglichkeiten ihr das Internet of Things eröffnet. Das folgende Teilkapitel knüpft an diese Fragestellung an und legt die Motivation für den Einsatz des Internet of Things in der Logistik dar.

1.1 Motivation

Zu den grundlegenden Aufgaben der Logistik gehört, „die richtige Ware am richtigen Ort zum richtigen Zeitpunkt in richtiger Menge sowie Qualität zum richtigen Preis bereitzustellen“ (nachfolgend als 6 R der Logistik abgekürzt, Decker u. a., 2008: S. 158, eigene Übersetzung). Allerdings steht die Logistik heutzutage vor einer Reihe von Problemfeldern und Herausforderungen, die die Aufgabenerfüllung nach den 6 R der Logistik zunehmend erschweren.

Zunächst sind aktuelle, von Brand u. a. (2009) identifizierte Problemfaktoren zu benennen, die durch die zurückliegende Finanzkrise im Jahr 2007 begünstigt wurden. Darunter fallen die steigenden Kraftstoffpreise und Personalkosten. Insgesamt führen beide Faktoren zu steigenden Transportkosten, die angesichts des ebenfalls wachsenden Konkurrenzdrucks eine Belastung für Logistiker darstellen. Insbesondere kleine

und mittelständige Unternehmen mit dem Schwerpunkt des einfachen Gütertransports leiden unter dieser Entwicklung, was sich an der Anzahl der Insolvenzen widerspiegelt. Hinzu kommt insbesondere bei komplexeren Logistikabläufen wie der Planung ein wachsender Fachkräftemangel (Brand u. a., 2009: S. 27–28). Diese Problemfelder drängen Logistikunternehmen dazu, Anpassungen und Optimierungen an ihren Prozessen vorzunehmen, um weiterhin konkurrenzfähig zu bleiben. Brand u. a. (2009: S. 27–29) sehen hierzu großes Potenzial im Internet der Dinge und seinen Technologien.

Zum anderen üben neuartige Anforderungen an bestehende Logistiksysteme Druck auf Logistikunternehmen aus, wie ten Hompel und Kerner (2015) feststellen. Dazu gehört das sich ständig ändernde Konsumentenverhalten. Ein möglicher Auslöser dafür ist der Wunsch nach zunehmend individuelleren Produkten der Konsumenten, der eine starke Beeinflussung ihres Kaufverhaltens hervorruft (ten Hompel, Kerner, 2015: S. 176). Aber auch die Globalisierung und damit die globale Verfügbarkeit einer Vielzahl unterschiedlicher Produkte, zwischen denen die Konsumenten nun die Auswahl haben, ist ein Einflussfaktor. Infolge dieser Problemstellungen wird der Einsatz von Internet of Things Konzepten im Logistiksektor von Experten bereits seit Längerem diskutiert, da die Notwendigkeit besteht, herkömmliche statische Systeme an derartige neue Anforderungen anzupassen. Ten Hompel und Kerner sehen in den Konzepten und Technologien des Internet of Things, insbesondere in der Dezentralisierung, einen zielführenden Lösungsansatz zur Flexibilisierung statischer Systeme. (ten Hompel, Kerner, 2015: S. 176)

Als Motivationsfaktoren für den Internet of Things Einsatz in der Logistik lässt sich somit festhalten, dass die Logistik mit neuartigen Anforderungen und Problemfaktoren zu kämpfen hat, die der Erfüllung der Logistikaufgaben nach den 6 R der Logistik entgegenstehen. Diverse Autoren sehen im Internet of Things das Potenzial, bestehende Problembereiche der Logistik zu eliminieren. Allerdings sprechen auch IoT Innovationspotenziale dafür, Konzepte und Ideen des Internet of Things in der Logistik zu implementieren.

McKinsey & Company beziffern die erschließbaren Potenziale aller IoT Anwendungen auf rund 560 - 580 Milliarden US-Dollar pro Jahr bis 2025. Der Großteil dieser Summe wird der Logistik zugesprochen. Insbesondere ihre Automatisierung (Routing,

selbststeuernde Lieferfahrzeuge) wird hervorgehoben (McKinsey, 2015: S. 7). Dies wird beispielsweise im Use-Case des Kapitels 4.1 näher betrachtet. Weitere Internet of Things Potenziale gehen aus einem Trendreport von DHL in Kooperation mit CISCO hervor, insbesondere im Kontext der Prozessoptimierung. Dies soll in nachfolgender Abbildung dargestellt werden:



Abbildung 1 - Innovationspotenziale des Internet of Things für Logistikprozesse

Quelle: (Macaulay u. a., 2015: S. 7)

Zu nennen sind unter anderem das Echtzeit-Monitoring von Sendungen und Lieferungen, das Messen von Laufzeit- und Sensordaten zur Performanceüberwachung sowie die Optimierung der Zusammenarbeit zwischen Menschen und Maschinen (Macaulay u. a., 2015: S. 7).

Das Internet of Things bietet eine Vielzahl von Motivationsgründen für Logistikunternehmen zur Implementation seiner Konzepte und Technologien, sei es zur optimierten Aufgabenerfüllung nach den 6 R der Logistik oder zur Ausschöpfung neuartiger Po-

tenziale. Es bleiben noch die Fragen offen, welche Logistikprozesse inwieweit unterstützt werden können, welche Internet of Things Devices und Technologien sich zur Implementierung anbieten und schließlich, wer die in diesen Prozessen betroffenen Stakeholder sind. Hieran knüpft das nachfolgende Teilkapitel 1.2 mit der Zielsetzung dieser Ausarbeitung an.

1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist die Identifikation potenzieller Use-Cases des Internets of Things in der Logistik. Diese Use-Cases sollen anhand aktueller Literatur herausgearbeitet werden. Die nachfolgende Forschungsfrage sowie die dazugehörigen Teilfragen F1–F3 stehen im Mittelpunkt:

- F:** Für welche Logistikprozesse bietet das Internet of Things Innovationspotential?
- 1.:** Wie sieht ein IoT gestützter Logistikprozess aus und welchen Mehrwert bietet er?
 - 2.:** Wer sind die Stakeholder in den zu identifizierenden Internet of Things Logistikprozessen?
 - 3.:** Welche Technologien und Devices kommen in den zu identifizierenden Internet of Things Logistikprozessen zum Einsatz?

Das Ergebnis dieser Ausarbeitung ist die Beantwortung der Forschungsfragen sowie ihrer Teilfragen. Kapitel 4, das den Kern dieser Arbeit darstellt, liefert zu diesem Zweck eine strukturierte Übersicht identifizierter Internet of Things Use-Cases aus der Logistik. Zunächst folgt, wie die Arbeit aufgebaut ist.

1.3 Aufbau der Arbeit

Im zweiten Kapitel sollen die zur Beantwortung der Forschungsfragen notwendigen theoretischen Kenntnisse erläutert werden. Dazu gehört die Begrifflichkeit des Internet of Things, seiner Konzepte sowie seiner Ideen. Ein weiterer Schwerpunkt des zweiten

Kapitels ist, ein grundlegendes Verständnis für die Logistik und ihre Prozesse zu vermitteln.

Gegenstand des dritten Kapitels ist die Darlegung der Internet of Things Technologien und -Devices, die in den Logistik Use-Cases des Kapitels 4 von Bedeutung sind. Insbesondere sind das Barcodes, die RFID-Systeme sowie drahtlose Sensornetzwerke. Zum Abschluss des Kapitels werden diese drei Technologien gegenübergestellt und anhand der Aspekte Leistungsvermögen und Kosten verglichen.

Anknüpfend an die Grundlagen aus dem zweiten sowie dritten Kapitel werden in Kapitel 4 die identifizierten Internet of Things Logistik Use-Cases vorgestellt und erläutert. Von besonderem Interesse sind hier die Stakeholder in den genannten Prozessen sowie die zum Einsatz kommenden Technologien und Devices.

Das Kapitel 5 rekapituliert die Ergebnisse der vorangehenden Kapitel 1–4 in Form einer Diskussion. Dabei soll das Innovationspotenzial des Internet of Things möglichen Problemfeldern und Herausforderungen gegenübergestellt werden.

Das 6. und letzte Kapitel dieser Arbeit fasst die Ergebnisse der vorherigen Kapitel kurz zusammen. Schließlich soll ein Ausblick auf die erwartete Entwicklung des Internet of Things dargelegt werden.

2. Theoretische Grundlagen

Um die in Kapitel 1.2 erläuterten Forschungsfragen beantworten zu können, ist ein grundlegendes Verständnis vom Internet of Things vonnöten. Dieses grundlegende Verständnis soll im nächsten Teilkapitel vermittelt werden.

2.1 Internet of Things

Das Internet of Things ist keine neuartige Erscheinung. Bereits im Jahr 1999 prägte Kevin Ashton diesen Begriff in seiner Präsentation vor dem Konsumgüterkonzern Procter & Gamble. Seine Vision bestand darin, das Supply-Chain-Management von Procter & Gamble mithilfe der RFID-Technologie mit dem Internet zu verknüpfen. Ziel der RFID-Implementation war, Computer dazu zu befähigen, akkurate Umweltdaten ohne menschlichen Einfluss zu erheben (Ashton, 2009: S. 1).

Seitdem wird der Begriff „Internet of Things“ vielfach aufgegriffen und diskutiert – auch abseits des von Ashton intendierten Einsatzbereiches des Supply-Chain-Managements. Unternehmen sehen mittlerweile Innovationspotenzial in einer Vielzahl von Sektoren – von Smart Healthcare, zu Smart Cities bis hin zu Smart Homes. Was man in der heutigen Zeit unter „Internet of Things“ versteht, lässt sich aufgrund einer Vielfalt von Definitionen nicht klar beantworten. Dafür wird der Begriff in der Literatur zu weitläufig verwendet.

Der Begriff besteht aus den zwei Komponenten „Internet“ und „Things“. Die erste Komponente, das Internet, ist ein im alltäglichen Sprachgebrauch üblicher und bekannter Begriff. Gemeint ist damit ein weltweites Netzwerk von Computern und anderen kommunikationsfähigen Devices. Dies ermöglicht unter anderem die digitale Kommunikation und den Datenaustausch untereinander, unabhängig von der Entfernung der Kommunikationspartner (Rouse, o. J. , o. S.). Es bleibt also festzuhalten, dass es ausgehend von der Begrifflichkeit um Vernetzung und Kommunikation geht.

Die zweite namensgebende Komponente, „Things“ (deutsch: ‚Dinge‘), wird vom Duden folgendermaßen definiert: „nicht näher bezeichneter Gegenstand, nicht näher bezeichneter Sache“ (Duden, o. J. , o. S.). Abgeleitet aus dieser Definition kann es sich bei jedem Objekt um ein Ding handeln, da keine weiteren Beschränkungen vorliegen.

Betrachtet man die beiden Teilkomponenten des Begriffs „Internet der Dinge“ gesamtlich, kann eine erste Schlussfolgerung gezogen werden, was damit ausgedrückt wird. Er suggeriert, dass es um die Vernetzung von Objekten geht, um ihnen das Kommunizieren zu ermöglichen. Die Ähnlichkeit dieser Definition mit Ansätzen anderer Autoren bekräftigt diese Schlussfolgerung. Xu u. a. definieren „Internet of Things“ folgendermaßen: „The Internet of Things (IoT) aims to connect individual smart ‘network enabled’ objects to the Internet using wireless/wired technologies for secure and efficient deployment of services using these objects“ (Xu u. a., 2013: S. 1). Sie beschreiben die Konnektivität von Objekten, gehen jedoch mit ihrem Ansatz einen Schritt weiter und erläutern das Mittel zur Objektverknüpfung in Form von kabelgebundenen/-losen Technologien. Zusätzlich ist hier die Rede von einem sicheren und effizienten Einsatz dieser Objekte.

Auch die von Usländer u. a. verfasste Definition des Begriffs „Internet of Things“ deckt sich grundlegend mit der Begriffsschlussfolgerung, legt dieser allerdings noch Einschränkungen in Form von Spezifikationen und Erweiterungen auf. So werden die Objekte näher definiert. Diese sind nicht länger unspezifisch, sondern nun entweder „Gegenstände des alltäglichen Gebrauchs“, oder industrielle Güter wie Produktionsmaschinen oder Produkte. Interessant ist bei dieser Definition die zweite von Usländer u. a. genannte Einschränkung, nämlich die geforderte Autonomie der Objekte bezüglich ihrer Kommunikation (Usländer u. a., 2014: S. 1–2).

Brand u. a. nennen die technologische Autonomie sogar ein „*zentrales Charakteristikum*“ des Internet of Things (Brand u. a., 2009: S. 8). Dem schließen sich auch Gubbi u. a. mit ihrer Definition an: „Although the definition of ‘Things’ has changed as technology evolved, the main goal of making a computer sense information without the aid of human intervention remains the same.“ (Gubbi u. a., 2013: S. 1646). Die Rede ist hier vom unveränderten Hauptziel des Internet of Things.

In Anbetracht dieser Definitionen reicht es nicht aus, nur zu sagen, dass es lediglich um die Konnektivität und Vernetzung von Objekten geht. Die dadurch ermöglichte Kommunikation der Devices muss zudem autonom ablaufen, damit vom Internet of Things die Rede sein kann. Technologien und Devices, die dies leisten können, wie

beispielsweise RFID, werden dabei meist als Internet of Things Technologien klassifiziert. Damit stellt das Internet of Things zusätzlich einen Oberbegriff für Technologien dar, die die autonome Kommunikation miteinander ermöglichen.

Der Aspekt der Autonomie sorgt dafür, dass sich gerade Unternehmen für das Internet of Things interessieren. Automatisierte Prozesse haben Einsparungspotenziale in Form von Kosten und Zeit durch den damit verbundenen, verringerten Arbeitsaufwand. Insbesondere der Logistiksektor kann, wie Ashton bereits 1999 ansprach, davon profitieren. Wie genau das geschieht und für welche Prozesse das Internet of Things Innovationspotenziale bietet, wird in Kapitel 4 behandelt.

2.2 Smart Objects

Die Verschmelzung von Internet of Things Konzepten und Technologien mit Alltagsgegenständen, Produkten und Maschinen wird als Smart Object bezeichnet. Diese mit Informationstechnologien ausgestatteten Smart Objects können neben der physischen Ebene zusätzlich in der digitalen Ebene mit anderen Smart Objects und Menschen interagieren, ihren Zustand mittels Sensoren kommunizieren und autonom auf Änderungen reagieren (Mattern, Flörkemeier, 2010: S. 107).

Beispielsweise können Lastkraftwagen, die in Form des Gütertransports lediglich mit der physischen Ebene interagieren, mittels zusätzlicher Sensoren ihren Standort sowie aktuelle Informationen über die transportierte Ladung messen und über das Internet weiterleiten. In diesem Beispiel ist der Lkw selbst das Smart Object. Durch den Zugang zur digitalen Ebene ergeben sich einem Objekt neuartige Möglichkeiten und Potenziale. Welche Technologien des Internet of Things sich in der Logistik dazu eignen, soll Kapitel 3 behandeln.

López u. a. (2012) identifizieren die folgenden Eigenschaften, die ein Smart Object erfüllen muss, um als solches klassifiziert zu werden. Es muss eindeutig identifizierbar sein (López u. a., 2012: S. 295). Diese Forderung ist durch den Einsatz des EPC (electronic product code) erfüllt. Der EPC ist eine auf der RFID-Technologie basierende, von der Organisation EPCGlobal ins Leben gerufene Standardisierungsbemühung (Bassi u. a., 2013: S. 222). Dieser weltweit standardisierte 96-Bit-Code wird jedem Smart Object zugewiesen, sodass es global identifiziert werden kann (Uckelmann, 2008: S. 277).

Die zweite von López u. a. (2012) genannte Eigenschaft von Smart Objects ist die Fähigkeit, die Sensordaten angebrachter Sensoren auslesen und speichern zu können. Weiterhin müssen diese ausgelesenen Daten auch anderen Objekten und Systemen zugänglich sein. Überdies stellt die Kommunikation mit anderen Smart Objects einen zentralen Aspekt dar. Schlussendlich ist gefordert, dass Smart Objects basierend auf Umwelteinflüssen selbstständig Entscheidungen treffen können, die nicht nur sich selbst, sondern auch ihr Verhalten angesichts anderer Smart Objects steuern (López u. a., 2012: S. 295).

In der Summe lässt sich sagen, dass all diese Eigenschaften mit den Konzepten des Internet of Things konform sind und mittels ihrer Technologien umgesetzt werden können. In den folgenden Kapiteln wird der Begriff „Smart Object“ des Öfteren verwendet. Gemeint ist in dem Fall das hier vorgestellte Konstrukt aus einem Produkt bzw. Objekt mit eindeutiger Identität, das mittels Internet of Things-Sensorik die zuvor aufgezählten Eigenschaften aufweist.

2.2 Logistik

Der Logistiksektor stellt mit einem inländischen Umsatzvolumen von rund 240 Milliarden Euro alleine im Jahr 2015 nach der Handels- und Automobilbranche den drittgrößten Wirtschaftssektor Deutschlands dar. Die erste Hälfte dieser Summe entfällt auf den Gütertransport zwischen zwei unterschiedlichen Standorten. Die andere Hälfte ist der Intralogistik zuzurechnen, das sind Logistikprozesse und Güterbewegungen innerhalb der Warenlager (Bundesvereinigung Logistik, o. J., o. S.). Abbildung 2 verdeutlicht zudem den Wachstumstrend des Sektors von 2003 bis 2009. In einer Zeitspanne von sechs Jahren ist das Umsatzvolumen um knapp 50 Prozent angewachsen (vgl. Abbildung 2). Durch dieses Wachstum müssen zusehends mehr Prozesse ausgeführt und gemanagt werden, wofür sich die Konzepte des Internets der Dinge anbieten. Diese und weitere Herausforderungen (vgl. Kapitel 1.1) sowie die herausragende Bedeutung der Logistik als Wirtschaftszweig führen zu Diskussion über den Einsatz von Internet of Things Technologien und Konzepten in der Logistik (ten Hompel, Kerner, 2015: S. 176).

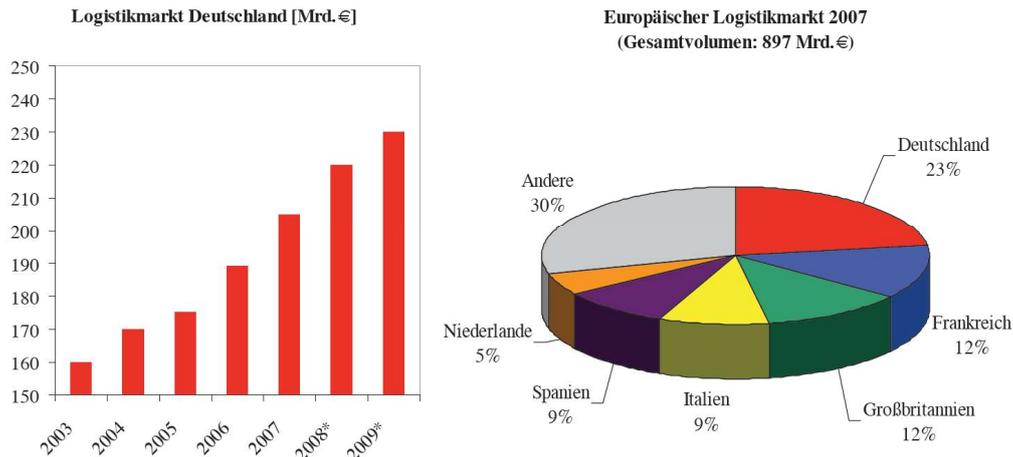


Abbildung 2 - Umsätze der Logistik

Quelle: (Brand u. a., 2009: S. 26)

Laut dem Wirtschaftslexikon Gabler versteht man unter „Logistik“ Folgendes: „[...] alle Aufgaben zur integrierten Planung, Koordination, Durchführung und Kontrolle der Güterflüsse sowie der güterbezogenen Informationen von den Entstehungsenken bis hin zu den Verbrauchssenken“ (Krieger, o. J., o. S.). Demnach sind alle Steuerungs- und Transportprozesse, die den Güterfluss in irgendeiner Form betreffen, ein Teil der Logistik. Diese Definition ist alleinstehend zu vage, um ein klares Bild von Logistikprozessen zu vermitteln. Die Bundesvereinigung für Logistik spezifiziert diese Planungs-, Koordinations- und Durchführungsaufgaben folgendermaßen: „Allgemein gesehen besteht die fortwährende Aufgabe der Logistik in der Sicherstellung von Transport, Lagerung, Bereitstellung, Beschaffung und Verteilung von Gütern, Personen, Geld, Informationen und Energie“ (Bundesvereinigung Logistik, o. J., o. S.).

Das Aufgabengespann sowie die Ziele der Logistik werden dabei in drei Segmente unterteilt, die der Unternehmenslogistik unterstehen. Die nachfolgenden Erkenntnisse sind Martin (Martin, 2011: S. 3–9) entnommen.

- **Beschaffungslogistik:** Hier werden Prozesse bezüglich des Waren- und Informationsflusses, vom Wareneingang bis zum Abtransport, sowie der dazugehörigen Planung und Steuerung abgehandelt. Ihre zentrale Aufgabe ist die Rohstoffversorgung des Unternehmens, um nachgelagerte Prozesse, wie die Produktion, durchführen zu können.

- **Produktionslogistik:** Die Produktionslogistik ist auf die Rohstoffversorgung durch die Beschaffungslogistik angewiesen, um ihrem Ziel der termingerechten und kostengünstigen Produktion nachgehen zu können. Sie befasst sich mit dem Transport zwischen den Produktionsstätten und mit dem Materialfluss innerhalb des Unternehmens (die sogenannte Intralogistik).
- **Distributionslogistik:** Ziel der Distributionslogistik ist es schließlich, die Produktionsgüter und Waren termingerecht beim Endkunden abzuliefern. Dazu gehören neben dem eigentlichen Transport auch Management- und Planungsprozesse des Materialflusses zwischen dem Unternehmen und dem Kunden.

Durch seine herausragende Bedeutung als Industriesektor und dem breiten Spektrum an komplexen Aufgaben ist ein effizientes Management von Logistikprozessen daher notwendig (Lattner, Timm, 2010: S. 1). So sieht Walmart, eines der weltgrößten Einzelhandelsunternehmen, potenzielle Kostensenkungen von etwa 25 Prozent durch eine effizientere Wertschöpfungskette (Werner, 2013: S. 1). Einer der Kernaspekte des Internet of Things ist die Automatisierung von Prozesse, die durch die autonome Kommunikation der Smart Objects ermöglicht wird. In der Regel geht damit eine Effizienzsteigerung in Form von Kosten und Zeit einher (McKinsey, 2015: S. 68). Der Einsatz des Internet of Things empfiehlt sich daher besonders in diesem Sektor, auch um die Komplexität von Logistikprozessen durch automatische Steuervorrichtungen zu verringern. Welche Devices und Technologien des Internet of Things in diesem Kontext dazu geeignet sind, wird im folgenden Kapitel vorgestellt.

3. Technologien und Devices

In diesem Kapitel werden die für die Use-Cases des vierten Kapitels relevanten Technologien sowie ihre Devices erläutert. Das Teilkapitel 3.4 stellt diese bezüglich ihres Leistungsspektrums sowie ihrer Kosten gegenüber. Den Anfang macht eine bereits seit Jahren etablierte Technologie: der Barcode.

3.1 Barcode

Bei Barcodesystemen wird das zu identifizierende Produkt mit einem Label versehen, das mit dem dazugehörigen Barcode bedruckt ist. Ein entsprechendes Barcode-Lesegerät entschlüsselt den Strichcode und leitet ihn zur Verarbeitung an unternehmensinterne Informationssysteme weiter (Decker u. a., 2008: S. 159).

Die Art der Weiterverarbeitung ist vielseitig und hängt vom zugrunde liegenden Logistikprozess ab. Bei einem Wareneingang werden beispielsweise grundlegende Informationen über die Art und Herkunft des Produkts erfasst und kommuniziert. Geht es an die Lagerung des Produkts, berichtet der Scanner dies dem Informationssystem, das den Bestand aktualisiert. Verlässt das Produkt das Lager wieder, erfolgt nach dem Scan eine automatische Ausbuchung aus dem elektronischen Warenbestand (Hong-ying, 2009: S. 735). Als Lesegerät kommen sowohl dedizierte Apparate als auch Smartphones zum Einsatz (Reischach u. a., 2010: S. 1). Durch die weite Verbreitung von Smartphones ist eine Einbindung der Konsumenten in die barcodegestützte Lieferkette möglich, wodurch diese bei Interesse im Einzelhandel ohne Weiteres zusätzliche Produktinformationen erhalten können (Reischach u. a., 2010: S. 1–2). Abbildung 3 stellt diese Prozedur vereinfacht dar.

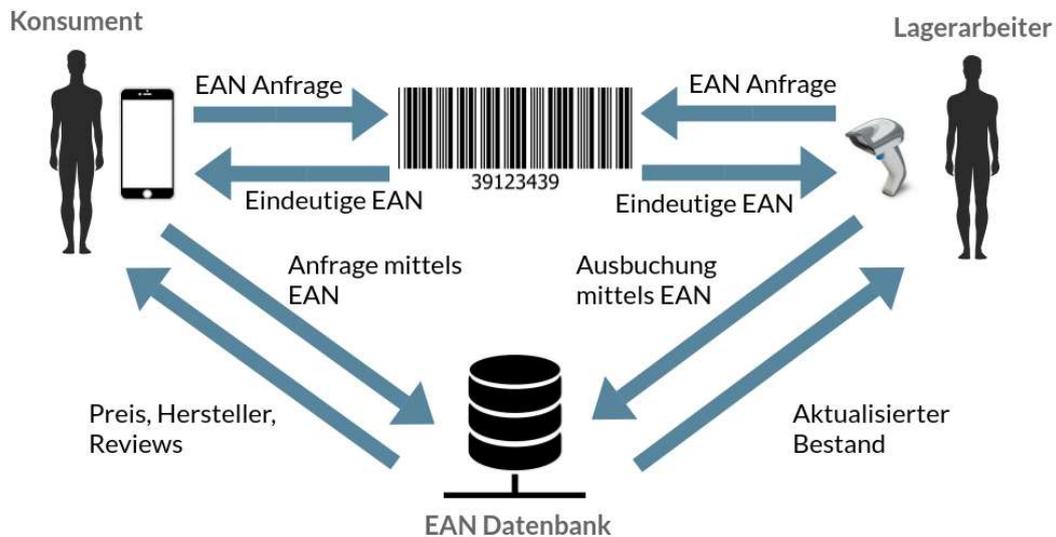


Abbildung 3 - Scanprozess eines Barcodes

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Decker (2008), Hong-ying (2009), Reischach (2010).

Die Barcodetechnologie stellt die wohl einfachste Methode der Logistikprozessoptimierung dar. Gleichwohl ist sie auch die am häufigsten verwendete Technologie (Aulbur, 2015, o. S.). Begründet liegt dies in ihrer Ausgereiftheit durch den langjährigen Einsatz in verschiedenen Industriezweigen- und -sektoren sowie ihrer vergleichsweise niedrigen Einsatzkosten (Wenxue u. a., 2014: S. 1). Dadurch existieren industrieweite und etablierte Standards, auf die die Barcodetechnologie zurückgreifen kann, was die Implementation simplifiziert. Internationale Standards, die sich im Supply-Chain-Management und in der Warenhauslogistik durchgesetzt haben, sind unter anderen EAN-13, der insbesondere bei Handelswaren eingesetzt wird, als auch der UPC, der zur Kennzeichnung von Konsumgütern zum Einsatz kommt (Hong-ying, 2009: S. 1). Dies ermöglicht die eindeutige Identifikation jedes Produkts mittels global verfügbarer Datenbanken, die auf Anfrage weitere Produktinformationen zu dem dazugehörigen Barcode liefern (beispielsweise www.ean-search.org als öffentliche Datenbank für den EAN-Standard).

Trotz ihres langjährigen Einsatzes wird die Barcodetechnologie aufgrund ihrer Fähigkeit, Smart Objects identifizieren zu können als Technologie des Internet of Things eingestuft (López u. a., 2012: S. 292). Nach Uckelmann (2008) ist die Barcodetechnologie jedoch mit einigen Einschränkungen verbunden. Zum einen muss jedes Smart

Object der Barcodetechnologie einzeln erfasst werden. Wie Kapitel 3.2 zeigt, ist der Erfassungsprozess mittels einer RFID-Implementation wesentlich komfortabler. Insbesondere bei einer großen Menge einzelner Produkte ist die angestrebte, erhöhte Prozesseffizienz kaum gegeben. Zum anderen muss das entsprechende Lesegerät manuell an die Labels herangeführt werden, um den Lesevorgang zu initiieren. Erst wenn das Label in Sicht- und Reichweite des Lesegeräts ist, erfolgt eine Erfassung. Dies ist mit einem zusätzlichen Arbeitsschritt verbunden, der sowohl bei RFID als auch bei Smart Sensor Networks entfällt. Überdies sind Barcode-Labels anfällig für Verunreinigungen und Verschmutzungen, die zu ihrer Unlesbarkeit führen können und somit ihre Zuverlässigkeit mindern (Uckelmann, 2008: S. 277)

Dennoch haben Barcodes in der Logistik aufgrund ihrer Simplizität des Einsatzes und der geringen Tag- und Lesegerätkosten eine Existenzberechtigung, wie die Use-Cases des vierten Kapitels aufzeigen.

3.2 RFID

Ihren Namen verdanken Radio-Frequency-Identification-Systeme (RFID-Systeme) ihrer technischen Grundlage: der Funk- und Radartechnologie (Finkenzeller, 2015: S. 9). Sie stellt die Basistechnologie für das Supply-Chain-Management und den Logistiksektor dar, wenn es um die Prozessoptimierung geht und befindet sich seit der Jahrtausendwende im Einsatz und in der Entwicklung mit dem Schwerpunkt Güter-Tracking und -Tracing (Bassi u. a., 2013: S. 3).

Die Devices eines RFID-Systems sind ein Transponder, der ein Produkt durch seine Anbringung zur Kommunikation befähigt und es zu einem Smart Object macht, sowie entsprechende, dedizierte Lesegeräte (Finkenzeller, 2015: S. 9).

Laut Strassner u. a. (2005) versteht man unter einem Transponder ein Device, das neben einem Mikrochip zur Datenspeicherung auch eine Antenne zur Kommunikation besitzt. Um eine eindeutige Identität herzustellen, werden Transponder mit einer einzigartigen ID (meist dem EPC) versehen, was ihnen auch die gezielte Kommunikation untereinander ermöglicht. Auch Varianten von Transpondern mit zusätzlicher Sensorik kommen zum Einsatz (vgl. Kapitel 3.3)(Strassner, Fleisch, 2005: S. 46).

Grundsätzlich unterscheidet man zwei Arten von Transpondern auf Basis ihrer Energieversorgung. Passive Transponder werden durch ein elektromagnetisches Feld induktiv mit Elektrizität versorgt. Der Wegfall einer eigenen Batterie senkt die Kosten passiver Transponder, mindert jedoch zugleich ihre Leistungsfähigkeit in Form einer geringeren Sendereichweite. Im Gegensatz dazu werden aktive Transponder von einer eigenen Batterie gespeist, wodurch mehr Energie für die Sendeleistung zur Verfügung steht. Damit erreichen sie eine wesentlich höhere Sendereichweite, sind allerdings obsolet, sobald die Batterie entleert ist (Brand u. a., 2009: S. 36–37).

Da RFID-Transponder sich nicht statisch wie etwa Barcode-Labels verhalten, sondern beliebig häufig überschreibbar sind, verfügen die Lesegeräte neben einer Leseinheit auch über eine Schreibeinheit. Zusätzlich sind sie mit einer Schnittstelle zur Anbindung an ERP- und Informationssysteme in Form von USB oder LAN ausgestattet (Finckenzeller, 2015: S. 11). Auch mobile Varianten mit begrenzter Kommunikationsreichweite auf Basis des WLAN-Standards sind möglich (Thiesse, Gross, 2006: S. 179).

Strassner und Fleisch (2005) benennen neben RFID-Transpondern und -Lesegeräten eine weitere essenzielle Komponente von RFID-Systemen: die Middleware. Durch den autonomen Scanprozess fällt eine große Datenmenge an, die ohne Middleware ungefiltert an betriebliche Informationssysteme weitergeleitet wird. Dies kann die Performance des unternehmensinternen Netzwerkes beeinträchtigen. Um dem entgegenzuwirken, werden Devices zwischen die Informationssysteme und Lesegeräte geschaltet, die eine Informationsfilterfunktion übernehmen. Gefiltert wird nach bestimmten, zuvor definierten Regeln, i. e. werden unnötige Doppelerfassungen automatisch aussortiert (Strassner, Fleisch, 2005: S. 46). Der Aufbau und das Zusammenspiel der genannten Devices ist in Abbildung 4 visualisiert.

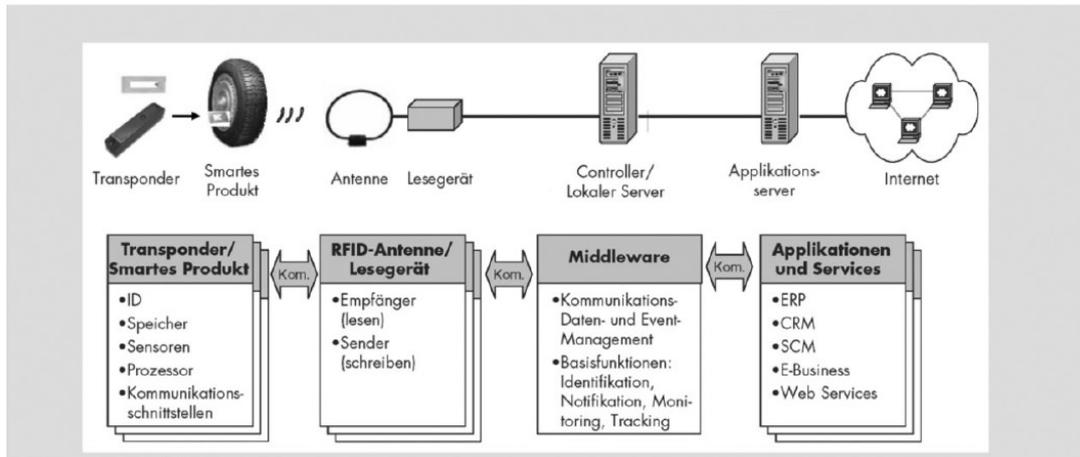


Abbildung 4 - RFID-System-Architektur

Quelle: (Strassner, Fleisch, 2005: S. 47)

Laut Uckelmann (2008) bieten RFID-Systeme gegenüber ähnlichen Technologien zahlreiche Vorteile. Die bei der Barcodetechnologie kritisierte Einzelerfassung entfällt bei RFID-Systemen. Darüber hinaus ist bei RFID-Systemen kein Sichtkontakt nötig, Reichweitebeschränkungen der Lesegeräte bestehen jedoch weiterhin. Auch sind RFID-Transponder resistent gegen einen Ausfall durch Verunreinigungen. Weitere Vorteile sind wiederbeschreibbare Transponder sowie die Datenflussgeschwindigkeit, bedingt durch die Autonomie des Kommunikationsprozesses zwischen Transponder und Lesegerät sowie einer nahtlosen Anbindung an unternehmensinterne Informationssysteme (Uckelmann, 2008: S. 276–277). Damit heben RFID-Systeme sich deutlich vom Funktionsumfang von der Barcodetechnologie ab, die auf die Produktidentifikation beschränkt ist.

Mithilfe der RFID-Technologie ist das Tracking und Tracing von Produkten innerhalb einer Wertschöpfungskette vollständig realisierbar. Selbst Monitoring kann mittels zusätzlicher Sensorik umgesetzt werden. Was noch fehlt, um alle Logistikaufgaben abdecken zu können, ist die Fähigkeit der Echtzeitreaktion auf äußere Umstände sowie die eigenständige Optimierung bezüglich der Kommunikation und des Informationsaustausches. Zu diesem Zweck bieten sich drahtlose Sensornetzwerke an, die im folgenden Teilkapitel thematisiert werden.

3.3 Drahtlose Sensornetzwerke

Decker u. a. (2008: S. 159) definieren drahtlose Sensornetzwerke folgendermaßen: „Wireless Sensor Networks are an upcoming advanced Smart Item technology for logistics processes. Sensor nodes are tiny, embedded sensing and computing systems, which operate collaboratively in a Network.“ (Decker u. a., 2008: S. 159). Im Wesentlichen beschreibt dieser Ansatz einen Verbund von winzigen Sensoren, welche in einer nicht weiter spezifizierten Form miteinander kooperieren.

Matin und Islam (2012) spezifizieren mit ihrer Definition den Zweck der Kooperation: „Wireless Sensor Networks (WSNs) can be defined as a self-configured and infrastructureless wireless networks to monitor physical or environmental conditions, such as temperature, sound, vibration, pressure, motion or pollutants and to cooperatively pass their data through the network to a main location or sink where the data can be observed and analyzed.“ (Matin, Islam, 2012: S. 3). Demnach steht bei drahtlosen Sensornetzwerken der gemeinsame Datenfluss und -austausch verschiedener Sensordaten zu einem zentralen Element im Vordergrund. Eine große Besonderheit dieser Netzwerke liegt in ihrer Autonomie („self-configured“) bezüglich der Kommunikation, die, wie Kapitel 2.1 herausgestellt, ein zentrales Internet of Things Konzept ist. Diese Autonomie birgt insbesondere in der Prozessoptimierung großes Innovationspotenzial, da sie einige Teilprozesse, wie die manuelle Informationsabfrage, automatisiert. Daneben benennt Zhao (2011: S. 50–51) weitere Potenziale und Vorteile drahtloser Sensornetzwerke für das Prozessmanagement und -controlling in industriellen Anwendungen gegenüber herkömmlichen, kabelgebundenen Systemen:

- keine Kabelbeschränkungen, wodurch die Skalierbarkeit dieser Netzwerke gewährleistet ist
- vereinfachte Wartung durch den Wegfall von physischen, korrodierenden Kabelkomponenten
- geringere Einsatzkosten, da die Verkabelung und Installation einen Großteil der verursachten Kosten ausmacht

Die grundlegenden Komponenten jedes drahtlosen Sensornetzwerkes sind verschiedenartige Sensoren. Sensoren sind Devices, die einen äußeren Impuls bzw. Reiz in ein messbares Signal umwandeln. Beispiele für messbare Impulse sind Temperatur, Feuchtigkeit, chemische Reaktionen oder Bewegungen. Daraus generiert der Sensor

Informationen in Form elektrischer Signale. Diese Messfähigkeit stellt die Basisfunktionalität eines jeden Sensors dar, die durch zusätzliche Komponenten erweitert wird. Zu nennen sind Speichermodule, um die gemessenen Informationen aufzuzeichnen, sowie Kommunikationsmodule, die eine Interaktion mit anderen Sensoren und Devices ermöglichen (Fraden, 2010: S. 4–9). Die Implementation von RFID-Tags und -Readern stellt hierbei eine kostengünstige Möglichkeit der drahtlosen Kommunikationsbefähigung dar. Auch deshalb treten drahtlose Sensornetzwerke vorwiegend mit RFID-Devices auf, wie die Use-Cases des 4. Kapitels verdeutlichen. (Fescioglunver u. a., 2014: S. 1370). Unterschieden wird bei Sensoren zwischen aktiven, mit einer eigenen Batterie ausgestatteten Sensoren, sowie passiven Sensoren, die aus ihrem Impuls ausreichend Energie generieren können (Fraden, 2010: S. 4–9). Diese Art der Sensorklassifizierung ist bereits aus der RFID-Technologie bekannt (vgl. Kapitel 3.2). Sowohl aktive als auch passive Sensoren leiten in drahtlosen Sensornetzwerken ihre Sensordaten an Senken weiter, die als Datenzentrale dieser Netzwerke fungieren. Der Datenfluss von einem Sensorknoten zur Senke erfolgt bei mangelnder Sendeleistung des Knotens über andere Knoten, die die Daten innerhalb des Sensornetzwerkes bis zur Senke weiterleiten. Diese aggregiert alle ankommenden Daten und leitet sie über eine externe Schnittstelle (beispielsweise dem Internet) an betriebliche Informationssysteme weiter (Buratti u. a., 2009: S. 6871). Laut Buratti u. a. (2009) sind drahtlose Sensornetzwerke auch bei einer großen Anzahl von Einzelknoten durch das Hinzufügen zusätzlicher Senken performant. Diese Skalierbarkeit ist insbesondere in der Logistik, wo eine Vielzahl von Smart Objects gehandhabt wird, von großer Bedeutung (Buratti u. a., 2009: S. 6871). Abbildung 5 stellt das hier beschriebene Konstrukt eines drahtlosen Sensornetzwerks mit einer Senke vereinfacht dar:

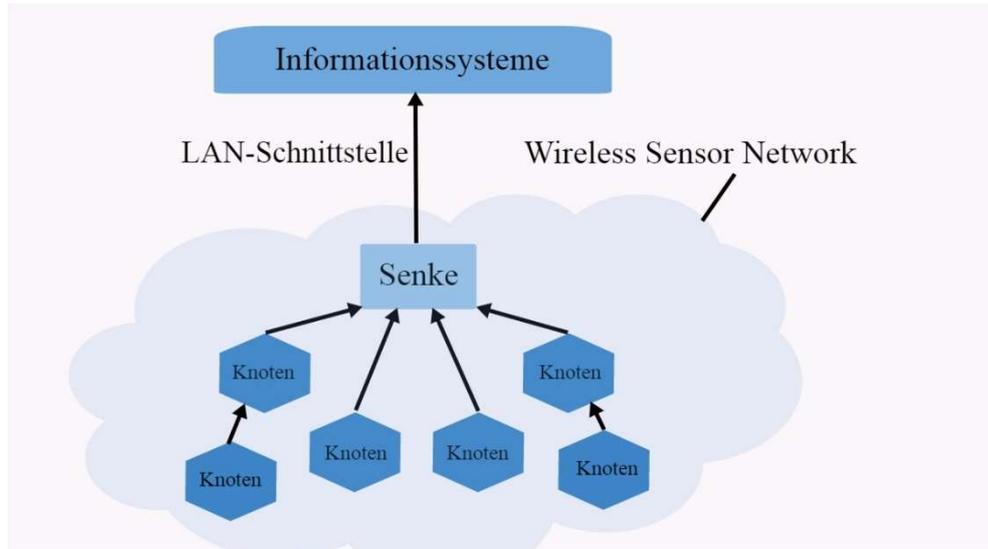


Abbildung 5 - Struktur eines drahtlosen Sensornetzwerks

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an (Buratti u. a., 2009: S. 6872)

3.4 Vergleich der Technologien

Die nachfolgende Tabelle illustriert das Leistungsvermögen der einzelnen Internet of Things Technologien im Logistiksektor:

Tabelle 1 - Potenziale der IoT Technologien

Technologie	Logistikmethoden					
	Identifikation	Nachverfolgung	Ortung	Überwachung	Echtzeit-Anpassung	Optimierung
Barcode	✓	✓	✗	✗	✗	✗
Radio-Frequency Identifier (RFID)	✓	✓	✓	✓	✗	✗
Drahtlose Sensornetzwerke (WSN)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Decker (2008: S. 158).

Die erste Zeile der Tabelle beinhaltet Logistikmethoden zur Bewältigung verschiedener Logistikaufgaben (6 R der Logistik). Mittels *Identifikation* ist es möglich, die richtige Ware zu erfassen. Die *Warenverfolgung* befähigt Logistiker, die richtige Menge sicherzustellen. Die *Ortung* gibt Aufschluss darüber, ob sich die Ware am richtigen Ort befindet. Die richtige Warenqualität wird von Sensoren überprüft und *überwacht*. Durch *Echtzeit-Anpassungen* am Lieferprozess auf unvorhergesehene Ereignisse kann die Ware zur richtigen Zeit bereitgestellt werden. Die zusätzlichen sensorischen Daten können schließlich ausgewertet werden, um *Optimierungen* am Lieferprozess vorzunehmen. Infolge der resultierenden Effizienzsteigerung der Optimierung kann die Ware schließlich zum richtigen Preis bereitgestellt werden (Decker u. a., 2008: S. 158).

Wie Tabelle 1 zeigt, unterscheiden sich die drei vorgestellten Technologien grundlegend hinsichtlich ihres Leistungsumfangs. Die Barcodetechnologie bietet eine kostengünstige Möglichkeit, durch standardisierte Produktkennzeichnungen die Identifizierung von Waren zu implementieren. Allerdings können Waren lediglich einzeln erfasst werden, was bei einer großen Warenmenge zeitaufwendig und umständlich ist. Daher ist sie für die Warenverfolgung und dem Sicherstellen der richtigen Warenmenge nur bedingt geeignet. RFID-Systeme unterliegen diesen Einschränkungen nicht und sind zusätzlich imstande, die Ortung von Waren umzusetzen. Aufgrund eingeschränkter Sensorik scheitern RFID-Systeme jedoch meist am Monitoring. Dazu sind drahtlose Sensornetzwerke geeignet. Selbst die Echtzeitanpassung von Prozessen kann mit ihnen umgesetzt werden. Zudem liefern Sensoren präzise Umgebungsdaten, die zur Analyse bestehender Logistikprozesse genutzt werden. Auf dieser Basis können Optimierungen vorgenommen werden, beispielsweise durch verbesserte Transportrouten (vgl. Kapitel 4.1)(Decker u. a., 2008: S. 159).

Ein weiterer Vergleichsaspekt der drei Technologien sind ihre Kosten. Barcode-Labels haben trotz ihres geringen Leistungsumfangs den Vorzug der geringen Transponderkosten. Da bei Barcodesystemen bedruckte Labels als Transponder fungieren, bewegen sich ihre Kosten in der Standardausführung bei etwa 0,01 € pro Label. Die technisch überlegenen RFID-Transponder sind in ihrer Minimalausführung mit mindestens 0,10 € pro Transponder beziffert. Daher lohnt sich der Einsatz von RFID-Systemen bisher nur bei hochwertigen Produkten und komplexen Prozessen, in denen die verringerte Fehlerrate von RFID-Transpondern einen deutlichen Mehrwert bietet (Aulbur, 2015, o. S.).

Drahtlose Sensornetzwerke sind zwar die leistungsfähigste, hier vorgestellte Technologie, allerdings mit rund 0,35 € auch die mit Abstand teuerste (IC INSIGHTS, 2016, o. S.). Wie das nachfolgende Kapitel zeigt, findet sich für jede genannte Technologie ein Use-Case in der Logistik.

4. Use-Cases

In seinem Werk *Writing effective use cases* beschreibt Alistair Cockburn (2000) eine Methode, die bereits in den 1960er-Jahren von Ivar Jacobson entwickelt und Ende der 1980er-Jahre veröffentlicht wurde – den Use-Case. Diese Methode dient je nach Einsatzzweck entweder der Erfassung von Anforderungen an Softwaresysteme vor ihrer Einführung oder der Beschreibung von Geschäftsprozessen. Dabei wird ein System bzw. Geschäftsprozess sowie seine Interaktionen mit verschiedenen Stakeholdern betrachtet. Die aus diesen Interaktionen entstehenden Szenarien werden schließlich in Form eines Use-Cases dokumentiert, meist in textueller oder tabellarischer Form (Cockburn, 2000: S. 1).

In dieser Arbeit stehen Use-Cases im Kontext der Geschäftsprozessbeschreibung im Mittelpunkt. Die vorgestellten Use-Cases sind dabei inhaltlich folgendermaßen strukturiert:

1. Einleitung: Zunächst erfolgt eine kurze Darlegung der Motivation für den Internet of Things Use-Case. Abhängig vom jeweiligen Use-Case ist die Motivation beispielsweise eine erwartete Effizienzsteigerung im Vergleich zu herkömmlichen Logistikprozessen.
2. Szenario: Im Anschluss an die Einleitung folgt mindestens ein Internet of Things Use-Case Szenario, das auf die involvierten Stakeholder und Devices eingeht und ihre Rollen aufzeigt. Das Szenario wird unter anderem in Form von Beispielszenarien und Praxisbeispielen aus der Literatur vorgestellt.
3. Bewertung: Optional folgt den Szenarien eine kurze Beurteilung und ein Abgleich mit der im ersten Abschnitt vorgestellten Motivation. Eine gesamtthemenbezogene Evaluation der Use-Cases ist für Kapitel 5 dieser Arbeit, der Diskussion, vorgesehen.
4. Stakeholderübersicht: Zum Abschluss eines jeden Use-Cases werden die identifizierten Stakeholder der vorgestellten Szenarien tabellarisch erfasst und übersichtlich dargestellt.

4.1 Fleet-Management

Nach einer von CISCO durchgeführten Studie, in der Internet of Things Use-Cases sowohl in privaten als auch öffentlichen Sektoren analysiert wurden, beträgt das gesamte Internet of Things Nutzenpotenzial rund 8 Billionen US-Dollar (Macaulay u. a., 2015: S. 4). Mit 2,1 Billionen US-Dollar hat das Management von Vermögenswerten einen Anteil von rund 25 Prozent der Gesamtsumme, was ihre außerordentliche Bedeutung hervorhebt. Vermögenswerte im Kontext der Logistik sind beispielsweise Transportfahrzeuge oder Container. Eine der heutigen Herausforderungen des Fleet-Managements, das sich unter anderem mit dem effektiven Management von Transportfahrzeugen beschäftigt, ist die hohe Leerlauf- und Ausfallzeit von Transportfahrzeugen, die größtenteils durch die langsame Kommunikation bedingt ist. Insbesondere hier soll das Internet of Things ansetzen, um die Prozesseffizienz zu erhöhen (Geoff, 2016, o. S.).

Zur technischen Umsetzung werden sowohl RFID-Transponder, die zusätzlich mit einem GPS-Modul versehen sind, als auch drahtlose Sensornetzwerke benötigt. Die RFID-Tags geben Aufschluss über die Identität der Lieferung, die anhand des EPC-Standards von jedem Teilnehmer der Wertschöpfungskette eingesehen werden kann. Dank der zusätzlichen GPS-Integration können die RFID-Transponder ihren Standort jederzeit kommunizieren. Durch ihre Anbringung an das Liefergut, beispielsweise an ganze Paletten oder einzelne Produkte, wird dieses zu einem Smart Object. Auch das mit drahtlosen Sensornetzwerken ausgestattete Transportfahrzeug ist selbst ein Smart Object, das Variablen wie Luftfeuchtigkeit und Umgebungstemperatur des Transportgutes erfassen kann (Shankar, o. J., o. S.).

Die anfallenden Sensordaten werden an einen Servicedienstleister weitergeleitet, der sie verarbeitet und auswertet. Beispielsweise kann er anhand der Standortinformationen umliegende Verkehrsstaus identifizieren und allen möglicherweise betroffenen Transporteuren kommunizieren (Nechifor u. a., 2015: S. 159). Als zentraler Sensordatenspeicher bietet sich eine skalierbare Cloudplattform an, die die Daten nach einem Rechtesystem an Stakeholder innerhalb der Wertschöpfungskette verteilt. Durch spezielle Algorithmen kann die Plattform die Sensordaten selbstständig auswerten und

Alternativrouten berechnen, den Fahrer bei Änderungen der Umgebungsvariablen informieren und völlige Transparenz über den ganzen Transportprozess schaffen (vgl. Kapitel 4.7)(Geoff, 2016, o. S.).

Tatsächlich gab es schon Bemühungen in der autonomen Entscheidungstreffung durch die Europäische Kommission, das EURIDICE-Projekt. Das Ziel des Projektes war die Schaffung einer offenen Serviceplattform, die unter anderem mittels Datenanalysen eigenständige Entscheidungen treffen kann(SingularLogic, o. J., o. S.). Die Plattform setzt sich sowohl aus einer dezentralen als auch einer zentralen Komponente zusammen. In der zentralen Komponente werden die Sensorinformationen aggregiert und mittels mobiler Webservices Stakeholdern entlang der Supply Chain verfügbar gemacht. Interessanter ist für das Fleet-Management jedoch die dezentrale Komponente, in der die Datenanalysemethoden zum Einsatz kommen. Zusätzliche Softwarekomponenten sammeln gekoppelt mit den RFID-Transpondern die umliegenden Sensordaten und werten diese vor Ort aus, noch bevor sie weiter kommuniziert (Schumacher u. a., 2010: S. 20). Wenn eine Auffälligkeit vorliegt, wie etwa ein Temperaturanstieg bei Tiefkühlwaren, sendet das System eine Benachrichtigung (unter anderem) in Form einer E-Mail an den Fahrer des Transporters mit zusätzlichen Anweisungen (Forcolin u. a., 2011: S. 4). Dadurch kann das Rerouting effizienter gestaltet werden, da zeitaufwendige Zwischenschritte durch die autonome Entscheidungsfindung entfallen (Schumacher u. a., 2010: S. 20)

Nachfolgend soll das smarte Fleet-Management beispielhaft an einem Szenario nach Nechifor u. a. (2015) verdeutlicht werden:

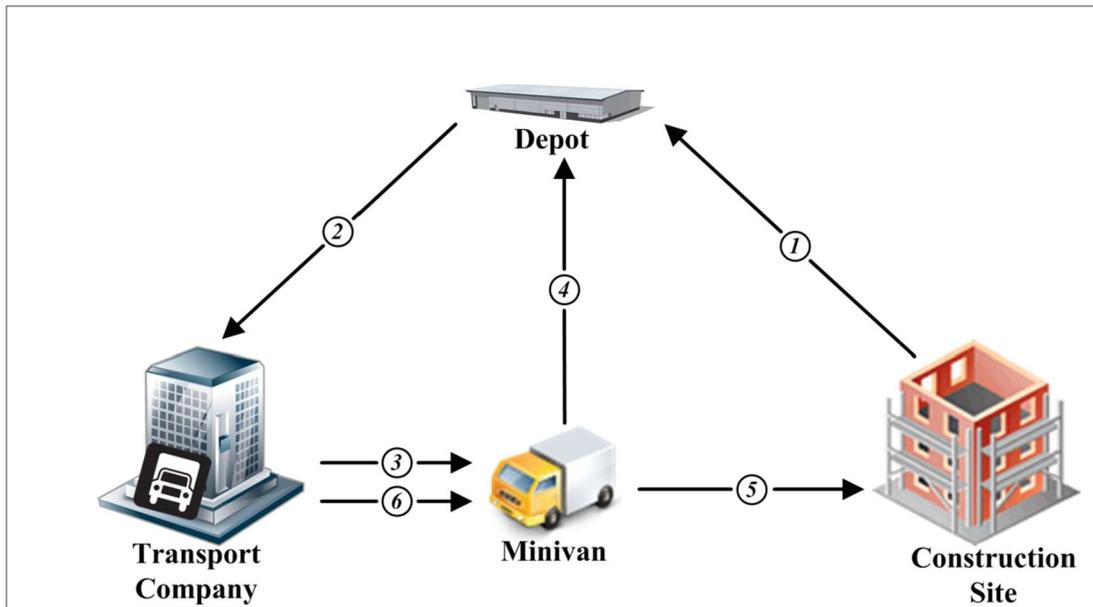
Beispielszenario: Baumaterial

Abbildung 6 - Szenario Baumaterial

Quelle: (Nechifor u. a., 2015: S. 12)

Eine städtische Großbaustelle verfügt nicht über genug Lagervolumen, um die benötigten Baumaterialien zwischenzulagern. Allerdings hat sie ein außerstädtisches Depot, das über alle notwendigen Baumaterialien verfügt. Daher initiiert die Baustelle eine Auftragsanfrage mit der Liste aller benötigten Materialien an das Depot, das diese annimmt und an ein nahegelegenes Logistikunternehmen weiterleitet. Dieses beauftragt nun seine Fahrer, die Materialien aus dem Depot abzuholen und schnellstmöglich zur Baustelle zu transportieren. Zeit ist hierbei ein wichtiger Faktor, da der Bauprozess ohne die Materialien nicht fortgesetzt werden kann. Während des gesamten Transportprozess analysiert das Logistikunternehmen die Verkehrsdaten und spricht bei Bedarf Handlungsempfehlungen aus. Schließlich entlädt der Transporter die Waren aus dem Depot zeitig an der Baustelle, wodurch der Betrieb mit minimalem Zeitverlust wieder aufgenommen werden kann (Nechifor u. a., 2015: S. 12).

Weiteres Potenzial des IoT-gestützten Fleet-Managements kann zudem mit Kapazitätssensoren ausgeschöpft werden. Diese Sensoren messen die freien Kapazitäten von Transportern auf ihren Routen und analysieren diese. Mithilfe von Optimierungsalgorithmen können die Sensordaten ausgewertet und effizientere Routen berechnet werden, die die Kapazität der Transporter maximal ausschöpfen (Macaulay u. a., 2015: S. 20).

Die Vorteile des IoT-gestützten Fleet-Managements sind vielzählig. Die Prognosen sorgen für eine verbesserte Fahrzeugauslastung und Effizienz, was die gesamte Produktivität fördert und die Betriebskosten senkt (Deloitte, 2016: S. 12). Nach Shankar (o. J., o. S.) ist unter anderem die Verringerung von Redundanzen für die Effizienzsteigerung verantwortlich. Unnötige Transportwege, die je nach Sektor zwischen 10 und 28 Prozent der gesamten Transportstrecke ausmachen, können minimiert werden (Nechifor u. a., 2015: S. 12). Zum anderen kann die Route nach Bedarf flexibel angepasst werden, wenn äußere Umstände (zum Beispiels Staus) den planmäßigen Transport behindern. Weiterhin leistet das smarte Fleet-Management einen Beitrag zur Nachhaltigkeit durch den verringerten Kraftstoffverbrauch sowie Schadstoffausstoß. Auch wird die Transparenz entlang der gesamten Supply Chain gefördert, da Ortungssensoren jederzeit über den aktuellen Verbleib einer Lieferung informieren. Davon profitieren neben den Transportunternehmen und Manufakturisten auch die Kunden, die stets über den Verbleib einer Lieferung informiert sind (Deloitte, 2016: S. 12–13). Angesichts der Vorteile und Nutzenpotenziale, die das Internet of Things für das Fleet-Management bietet, ist dieser Use-Case für Unternehmen besonders interessant. Tabelle 2 stellt zusammenfassend die Stakeholder dar, die es nach dem Forschungsziel F2 zu identifiziert gilt:

Tabelle 2 - Stakeholder des Fleet-Managements

Übersicht der Stakeholder	
Stakeholder	Beschreibung
Logistikdienstleister	Stattet seine Vermögenswerte (Transportfahrzeuge) mit drahtlosen Sensoren und RFID-Transpondern aus, ändert Lieferprozesse und Routen auf Basis der ausgewerteten Sensordaten. Wertet Sensordaten gegebenenfalls selbst aus.
Serviceanbieter (intern oder extern)	Erhält Sensordaten, erstellt auf deren Basis Vorhersageanalysen und identifiziert frühzeitig potenzielle Probleme.
Cloudanbieter	Stellt eine zentrale Plattform zur Speicherung der Daten zur Verfügung. Erlaubt anderen Stakeholdern Datenzugriff bei Anfrage.
Empfänger der Lieferung	Greift auf die Daten der Cloudplattform zu (beispielsweise mittels einer individuellen Sendungsnummer).

Quelle: eigene Darstellung, in Anlehnung an (Deloitte, 2016; Geoff, 2016; Macaulay u. a., 2015; Nechifor u. a., 2015; Shankar, o. J.).

4.2 Inventarmanagement

Eines der grundlegenden Ziele aller Teilnehmer einer Wertschöpfungskette ist die Schaffung von Transparenz über den Status eines Produktes. Aktuelle Herausforderungen des Supply-Chain-Managements sind teilweise durch das Fehlen von Transparenz begründet. Darunter fallen beispielsweise Fälle von überschüssigem Inventar, das seine Haltbarkeitsdauer bereits überschritten hat und noch nicht aussortiert wurde, sowie fehlendes Inventar durch Diebstähle. Der Einsatz von RFID-Transpondern bietet potenziell Abhilfe. So kann das Inventar in Echtzeit überwacht und die Vorlaufzeit effektiv verringert werden (Fescioglu-Unver u. a., 2014: S. 1371).

Ein weiteres Ziel des Inventarmanagements ist es, die richtigen Waren zur richtigen Zeit und Menge an der richtigen Stelle verfügbar zu machen. Dies ist insbesondere bei Produkten mit begrenzter Haltbarkeit, beispielsweise bei Lebensmitteln, von großer Bedeutung. Diese verursachen nicht nur bei der Lagerung Kosten und nehmen wertvollen Lagerplatz ein, auch ihre Entsorgung am Ende der Lagerungsbeständigkeit ist für Unternehmen ein Grund zur Besorgnis (Saygin, 2007: S. 1046).

Warenhaus- und Inventarmanagement setzt sich aus drei grundlegenden Komponenten zusammen; der Wareneingang, die Warenlagerung und der Warenausgang. Herkömmliche Lösungen arbeiten ohne Sensoren und basieren auf manuellen Buchungen, entweder in Papierform oder direkt in Informationssystemen. Dieser Prozess ist allerdings fehleranfällig, was zur Folge hat, dass Unternehmen zusätzliches Personal zur Inventarüberwachung beschäftigen müssen, um eine ausreichende Verlässlichkeit der Bestandsdaten gewährleisten zu können (Hong-ying, 2009: S. 733). Dieses Personal durchläuft alle Lagerplätze und identifiziert fehlende sowie verfallende Produkte und meldet sie. Als Reaktion darauf wird manuell eine Bestandsänderung gebucht und bei Bedarf eine Bestellung getätigt. Dieser Prozess bietet für das Internet of Things Innovationspotenziale durch die Automatisierung der Bestandskontrolle und Bestellauslösung (Saygin, 2007: S. 1047).

Um ein RFID-gestütztes Inventarmanagement zu betreiben, werden zunächst Bestandsüter entweder einzeln oder als ganze Paletten und Container mit Transpondern versehen. Zusätzlich werden RFID-Lesegeräte an Positionen angebracht, wo Inventarbewegungen stattfinden, beispielsweise an Eingangstoren zu Lagerhallen oder an den Transportern selbst (sogenannte Gateways). Passieren Smart Objects ein Gateway, aktualisiert dieses den aktuellen Standort der gescannten Produkte und teilt dieses mittels einer Netzwerkanbindung allen betroffenen Stakeholdern mit (Fescioglu-Unver u. a., 2014: S. 1372–1373).

Im Web finden sich bereits Berichte und Projekte zur Implementation des Internet of Things im Bereich des Inventarmanagements. So plante die Future Store Initiative der Metro Group bereits im Jahr 2005 den Einsatz von RFID entlang der Wertschöpfungskette. Abbildung 7 stellt den Phasenplan der Metro Group dar und bietet Einsicht in eine mögliche Implementation.

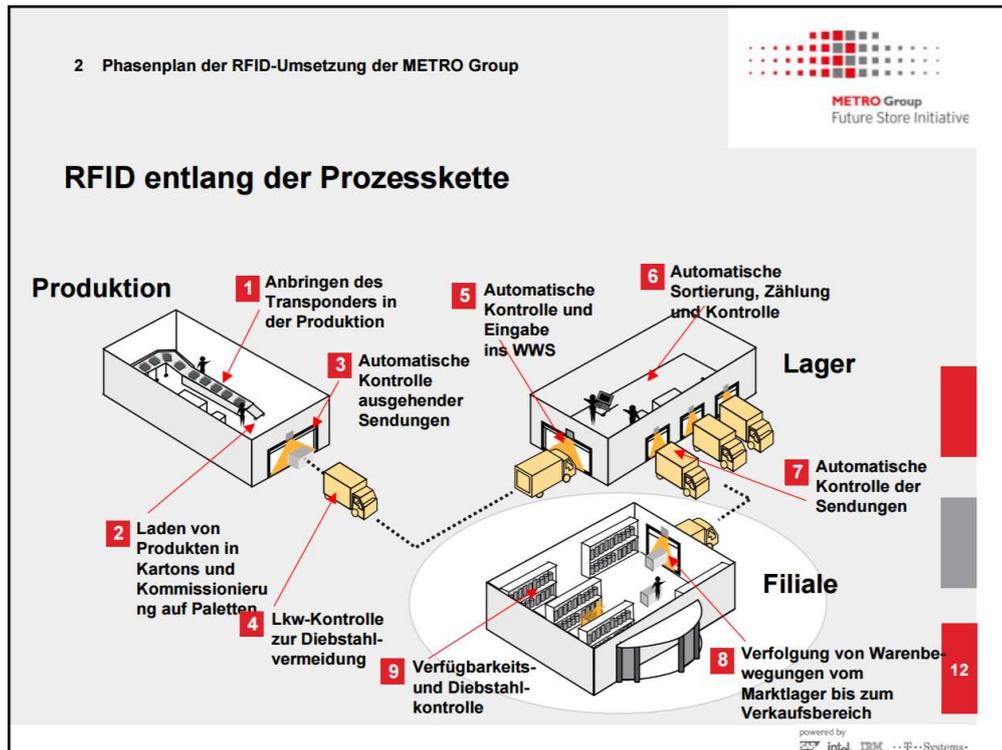


Abbildung 7 - Phasenplan der RFID Umsetzung der Metro Group

Quelle: (Robeck, 2005: S. 12)

Im ersten Schritt des Plans werden Transponder schon während der Produktion an den Produkten angebracht. Um dies zu erreichen, werden Handelspartner und Lieferanten aktiv gefördert und unterstützt, RFID in den Produktionsprozess einzubringen, unter anderem mithilfe von Mitarbeiterschulungen. Die smarten Objekte werden dann kommissioniert und palettenweise verfrachtet. Gateways am Lagerausgang stellen den Abtransport automatisch fest. Während des ganzen Transportprozesses wird stets der Standort der Sendung überwacht, was ihren Diebstahl erschwert. Erreicht die Sendung das Warenlager, erfolgt erneut eine Buchung in dessen Informationssystem. Das Management innerhalb des Lagers wird durch RFID-Sensoren, Gateways und die automatische Sortierung, Zählung und Kontrolle deutlich vereinfacht. Anschließend muss das Smart Object weiterbefördert werden, was wiederum stetiger Überwachung unterliegt. Kommt es schließlich in der Filiale an, kann durch die dortigen RFID-Lesegeräte eine automatische Buchung erfolgen. Filialen der Metro Group profitieren hier weiterhin von der RFID-Implementation durch Verfügbarkeits- und Diebstahlkontrollen (Robeck, 2005: S. 12).

Die Vorteile kann die Metro Group mit praxisnahen Daten nachweisen. Seit ihrer Einführung konnte durch die Automatisierung mittels RFID eine Zeitersparnis zwischen 22 und 80 Prozent, je nach Prozess, festgestellt werden. Zudem habe man innerhalb weniger Wochen nach Einführung eine deutlich höhere Prozesserfolgsrate verzeichnen können (von ehemals ≈ 50 Prozent auf ≈ 90 Prozent) (Robeck, 2005: S. 16–17). Zu den weiteren Vorteilen gehören der verringerte Personal- sowie Managementaufwand, da Sensoren die mühsame, von Hand ausgeführte Arbeit übernehmen und automatisieren. Durch diese Substitution menschlicher Arbeit durch Sensoren sinkt gleichzeitig die Fehlerrate, was die Kosten des gesamten Prozesses verringert (Hong-ying, 2009: S. 733).

Die Internet of Things Implementation im Inventarmanagement beschränkt sich jedoch nicht nur auf Vorteile, sondern bringt auch Herausforderungen mit sich. Bei einer von Strassner und Fleisch (2005) durchgeführte Unternehmensbefragung gaben drei Unternehmen an, erste Versuche zur automatischen Erfassung von Großbehältern durchgeführt zu haben. Allerdings war die erreichte Fehlerrate im Gegensatz zu den Ergebnissen der Metro Group für einen operativen Einsatz deutlich zu hoch. Weitere Unternehmen waren Unzufrieden mit der Zuverlässigkeit und Reichweite der Transpondererfassung. Bemängelt wurde auch die Störanfälligkeit der Transponder in einem metallischen Umfeld (Strassner, Fleisch, 2005: S. 51). Diese praxisnahen Ergebnisse decken sich weder mit dem theoretisch ermittelten Nutzen noch mit den ebenfalls praxisnahen Beobachtungen der Metro Group. Begründet sehen Strassner und Fleisch (2005: S. 51) dies im fehlenden Know-how im Umgang mit dieser Technologie sowie dem Fehlen von Standardsoftware. Die Metro Group konnte dem durch die frühzeitige Integration und Beteiligung möglichst vieler Handelspartner sowie deren Unterstützung in Form von Schulungen erfolgreich entgegenwirken.

Die nachfolgende Tabelle gibt abschließend eine Übersicht über alle in den Prozess involvierten Stakeholder, generiert aus den in den vorigen Abschnitten gewonnenen Erkenntnissen.

Tabelle 3 - Stakeholder des Inventarmanagements

Übersicht der Stakeholder	
Stakeholder	Beschreibung
Produkthersteller	Versieht während der Produktion seine Produkte mit RFID-Transpondern.
Logistikdienstleister	Befördert die Smart Objects zur nächsten Station der Wertschöpfungskette. Transportfahrzeuge werden selbst mittels RFID-Sensoren zu Smart Objects.
Zwischenhändler, Warenlager	Verbucht eingehende sowie ausgehende Sendungen automatisch mittels Gateways.
Einzelhändler	Verfolgt den Warenverbleib stetig, bucht eingehende Lieferungen automatisch ein und betreibt eine Verfügbarkeits- sowie Diebstahlkontrolle der Produkte.
Endverbraucher	Profitiert indirekt durch das verbesserte Inventarmanagement des Einzelhändlers, wodurch Engpässe frühzeitig erkannt und beseitigt werden können.

Quelle: eigene Darstellung, in Anlehnung an (Fescioglu-Unver u. a., 2014; Hongying, 2009; Robeck, 2005; Saygin, 2007; Strassner, Fleisch, 2005).

4.3 Last-Mile-Lieferung

Die Last Mile stellt für Logistikunternehmen den finalen Abschnitt der Supply Chain dar. In einer globalen Wertschöpfungskette durchläuft die Lieferung mehrere Logistikzentren, bis sie an ihrem Zielort eintrifft. Der Transport vom letzten Zentrum zum Empfänger, die im wahrsten Sinne des Wortes letzten Meilen, geben diesem Prozess ihren Namen (Walsh, 2006, o. S.).

Nach Schätzung eines DHL-Trendreports verbringen Fahrer zwischen 40 und 60 Prozent ihrer Zeit mit der Identifikation und Lokalisierung des Transportgutes im Lieferfahrzeug, anstatt mit dem Ausfahren der Lieferung. Diese Ineffizienz macht die letzte Meile zu einem der kostspieligsten und ineffizientesten Abschnitte der Lieferkette (Glockner u. a., 2014: S. 17). Ziel ist es, den Lieferprozess der Last Mile mit geeigneten Werkzeugen zu optimieren, um die Transparenz und Agilität des Prozesses zu steigern (Walsh, 2006, o. S.). Walsh (2006, o. S.) benennt zu diesem Zweck Informationstechnologien als essenziellen Faktor.

An dieser Stelle kann das Internet of Things anknüpfen. Mittels Sensoren und Scannern können Unternehmen detaillierte Prozessdaten aufzeichnen und auswerten. Auf Basis der Prozessdaten werden beispielsweise Liefertrainingsprogramme erstellt sowie effizientere Routen berechnet (Loten, 2016: S. 2).

Ein weiteres Anwendungsfeld sind smarte Paketkästen. Sie informieren einerseits darüber, ob sie bei der Abholung berücksichtigt werden müssen, und teilen dies dementsprechend dem Logistiker mit. Andererseits benachrichtigt der Paketkasten den Empfänger, falls eine Sendung hinterlegt ist. Smart Objects im Haushalt (i. e. Kühlschränke mit drahtlosen Sensoren) sind in der Lage, automatisch Bestellungen über fehlende Produkte aufzugeben, die dann mittels einer Internetschnittstelle an den Logistiker übermittelt wird. Amazon hat hierzu ein Patent für einen Algorithmus, der geplante, aber noch nicht getätigte Bestellungen vorhersagen soll. Die vorhergesagten Informationen können in künftigen Routenplanungen berücksichtigt werden, wodurch die Vorlaufzeit sinkt (Macaulay u. a., 2015: S. 22–23). Interessant ist auch der Last-Mile Use-Case der flexiblen Lieferung. Nach Auswertung der vorliegenden Sensordaten kann der Empfänger über ein erwartetes Zustelldatum unterrichtet werden. Dieser kann bei Bedarf die Lieferzeit oder sogar den Lieferort ändern. Wenn für ihn frühzeitig abzusehen ist, dass er die Sendung nicht entgegennehmen kann, lässt sich eine Lieferung an den Nachbarn oder eine Packstation einrichten. Die Möglichkeiten, erhobene Sensordaten auszuwerten, sind also vielfältig (Macaulay u. a., 2015: S. 22–23). Abbildung 8 zeigt potenzielle Quellen für Sensordaten, die vom Logistiker verarbeitet und bei der effizienten Last-Mile Routenplanung berücksichtigt werden können.



Abbildung 8 - Last-Mile Lieferung

Quelle: (Macaulay u. a., 2015: S. 23)

Eine agile und reaktionsfähige Last-Mile Lieferkette bietet Logistikern zahlreiche Vorteile. Sie vereinfacht das Management von saisonbedingten Spitzenbelastungen und hilft, den Güterbedarf schneller und effizienter decken zu können (Walsh, 2006, o. S.). Die erhobenen Sensordaten bieten eine Grundlage für spezielle Liefertrainingsprogramme, effizientere Routen und geben Aufschluss über den optimalen Transporter für eine Last-Mile Lieferung. In einigen Fällen ist beispielsweise der Einsatz von mehreren Kleintransportern aufgrund ihrer höheren Manövrierbarkeit dem von einzelnen Großtransportern vorzuziehen. Weiterhin lassen sich aus den Daten optimale Standorte für Logistikzentren ermitteln, um Lieferwege zu oft befahrenen Gegenden zu minimieren (Loten, 2016: S. 2).

Abschließend folgt eine tabellarische Stakeholderübersicht.

Tabelle 4 - Stakeholder der Last-Mile-Lieferung

Übersicht der Stakeholder	
Stakeholder	Beschreibung
Logistikdienstleister	Reagiert auf Sensordaten und berechnet effiziente Routen. Eröffnet bei Bedarf neue Logistikzentren in Schlüsselpositionen.
Smart Object User	Installieren entsprechende Smart Objects bei Bedarf, die Bestellungen benötigter Produkte automatisch über eine Schnittstelle an den Logistikdienstleister weiterleiten.

Quelle: eigene Darstellung, in Anlehnung an (Glockner u. a., 2014; Loten, 2016; Macaulay u. a., 2015; Walsh, 2006).

4.4 Transport von sensiblen und kurzlebigen Gütern

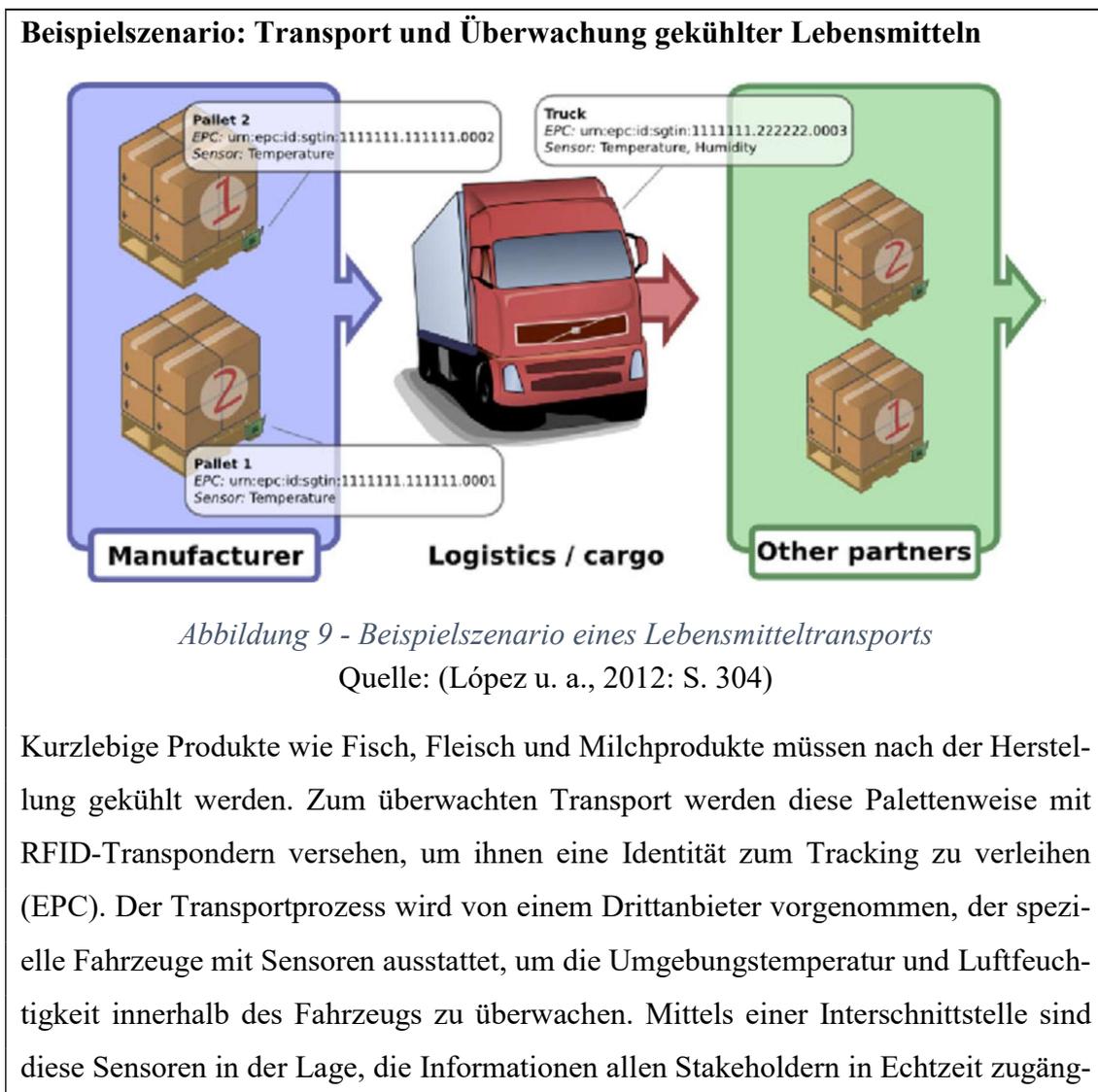
Der Lebensmitteltransport stellt die Logistik durch seine hohe Komplexität vor große Herausforderungen. Hohe Kundenanforderungen an die Lebensmittelqualität stehen den Kosten gegenüber, die die Qualitätssicherung mit sich bringt. Heutzutage gelingt ein Gleichgewicht zwischen der Qualität und den Kosten nur bedingt, wie verschiedene Kennzahlen offenbaren (Dada, Thiesse, 2008: S. 140). Gustavsson u. a. (2011, o. S.) beziffern den globalen Verlust von Lebensmitteln innerhalb der Supply Chain auf etwa 33 Prozent bzw. 1,3 Milliarden Tonnen jährlich. Dies stellt Unternehmen vor Verlusten in Milliardenhöhe und wirft die Frage auf, wie der Transport dieser Güter effizienter gestaltet werden kann (Edwards, 2007, o. S.).

Erste Ansätze versuchen, dieses Problem mittels eines verbessertes Fleet-Managements (vgl. Kapitel 4.1) zu lösen (Castro u. a., 2011: S. 559). Unvorhersehbare, äußere Einflüsse auf den Transportprozess wie Staus oder Maschinenausfälle stellen für das Management dieser Prozesse bedeutende Herausforderungen dar. Durch intelligentes Routing, wie es beispielsweise im IoT-gestützten Fleet-Management vorgestellt wurde, sowie mit einem transparenten Lieferprozess kann die Transportzeit und der damit verbundene der Verlust von Lebensmitteln während des Transports durch Fäulnis oder ähnliches minimiert werden (López u. a., 2012: S. 304).

Neure Ansätze beschäftigten sich mit der Implementation von RFID-Transpondern in Kombination mit drahtlosen Sensornetzwerken (Castro u. a., 2011: S. 559). Diese

Technologien ermöglichen das Überwachen von Lebensmitteln auf Einzel-, Paletten- oder Containerbasis im Kontext verschiedener Umgebungsvariablen wie der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit oder Bewegungsdaten wie die Beschleunigung. Dazu finden sich in der Literatur zahlreiche, theoretische Anwendungsszenarien, die den Einsatz und Nutzen der Internet of Things Implementation in den Transport untersuchen (Dada, Thiesse, 2008: S. 141).

Ein konkretes Einsatzszenario wird beispielsweise von López u. a. (2012) beschrieben. Im Folgenden soll dieses Szenario aufgegriffen werden, um beispielhaft aufzuzeigen, wie der Prozess des Lebensmitteltransports vom Internet of Things unterstützt und aufgewertet werden kann. Es basiert auf künstlichen Musterdaten und nicht auf tatsächlichen Implementationen und dient lediglich der Veranschaulichung.



lich zu machen, sofern sie über die EPC der Produkte verfügen. Anhand der anfallenden Kontextdaten können die Stakeholder den Transportprozess vom Hersteller bis zum Konsumenten überwachen und frühzeitig auf Anomalien reagieren. Dies führt zu einer Verringerung transportbedingter Verluste und gewährleistet die Frische der Güter. Auch werden gesetzliche Anforderungen anhand von Sensorlogdaten nachgewiesen (López u. a., 2012: S. 304–305)

Der Einsatz von Sensoren zur Überwachung von Transportzuständen beschränkt sich in der Literatur jedoch nicht ausschließlich auf Lebensmittel. Castro u. a. (2011) beschreiben ein Anwendungsszenario, in dem der Transport von Blutbeuteln mittels Sensoren unterstützt werden kann. Dieser unterliegt strengen gesetzlichen Regulierungen, da Qualitätsschwankungen gravierende, negative Auswirkungen auf den Empfänger des Blutes haben. Analog zum zuvor beschriebenen Beispielszenario wird Blut meist gefroren transportiert, wobei die Temperatur kontinuierlich überwacht werden muss. Gegenwärtig erfolgt nur eine verzögerte Auslesung und Auswertung der Temperaturwerte an ihrem Zielort. Erst dort wird festgestellt, ob das Blut die Richtwerte überschritten hat und gegebenenfalls entsorgt werden muss. Castro u. a. (2011) schlägt daher den Einsatz von RFID-Transpondern mit proaktiver Überwachung vor, die auf Auffälligkeit reagieren und diese kommunizieren. Ähnlich wie bei López werden Verluste damit minimiert und die Frische des Blutes sichergestellt (Castro u. a., 2011: S. 561–562).

Interessant ist in diesem Kontext ein Produkt der Firma Bosch, das nach eigenen Aussagen noch im Jahr 2017 marktreif sein soll. Dabei handelt es sich um einen intelligenten Behälter namens *TraQ*, was ein Akronym für „Tracking Quality“ darstellt. Dieser Behälter ist mit Sensoren ausgestattet, die Umgebungsvariablen wie Temperatur und Beschleunigung erfassen und mittels einer 4G-Schnittstelle kommunizieren können. Dadurch sollen Stakeholder entlang der Supply Chain in Echtzeit auf die Sensordaten reagieren können (vgl. Abbildung 10) (von Janczewski, 2016, o. S.).

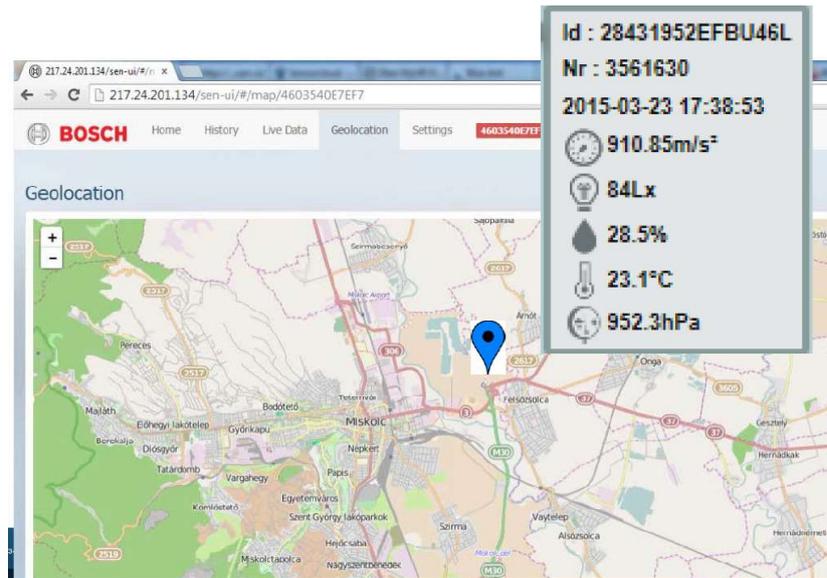


Abbildung 10 – TraQ Beispiel

Quelle: (Reuter, 2015: S. 17)

Das Ziel der Datenerhebung durch *TraQ* ist die Qualitätssicherung mit geringstmöglichem Aufwand. Damit ist Bosch eines der ersten Unternehmen, das Logistikdienstleistern eine einfache Lösung für den Use-Case des Transports sensibler Güter bietet (Reuter, 2015: S. 17).

Die hier vorgestellten Szenarien machen deutlich, welchen Nutzen die Internet of Things Konzepte und Technologien für Unternehmen beim Transport sensibler Güter bieten. Herkömmliche, manuelle Überwachungsmethoden verursachen einen hohen Arbeits- und Zeitaufwand und liefern Daten verzögert. Die Autonomisierung durch Sensornetzwerke und RFID-Transponder wirkt dem effektiv entgegen (Castro u. a., 2011: S. 564). Auch werden Abfallprodukte durch das bessere Qualitätsmanagement reduziert und Kosten eingespart. Ferner kann die Frische der Güter gewährleistet werden, die unter Umständen gesetzlichen Regulierungen unterstehen (López u. a., 2012: S. 303).

Trotz des genannten Nutzens, den die Implementation von Internet of Things Technologien mit sich bringt, sieht Edward (2007, o. S.) zahlreiche Hürden. Unter anderem schrecken die hohen Erstanschaffungskosten der Technologien in Kombination mit der Tatsache, dass diese weitestgehend unerprobt sind, Unternehmen von ihrem Einsatz ab. Auch wird an ihrer Zuverlässigkeit und Interoperabilität gezweifelt (Edwards,

2007, o. S.). Die folgende Tabelle stellt die Stakeholder in den dargelegten Prozessen übersichtlich dar.

Tabelle 5 - Stakeholder des Transports sensibler Güter

Übersicht der Stakeholder	
Stakeholder	Beschreibung
Produkthersteller	Versieht seine Produkte während der Produktion mit RFID-Transpondern.
Logistikdienstleister	Stattet Transportfahrzeuge mit drahtlosen Sensornetzwerken zur Überwachung von Umgebungsvariablen aus.
Berechtigte Dritte	Sonstige Teilnehmer der Lieferkette, die ein berechtigtes Interesse an der Qualitätssicherung haben (beispielsweise Einzelhändler, Lebensmittelprüfer). Können den Zustand mittels des EPC in Echtzeit kontrollieren.
Endverbraucher	Hat die Sicherheit, dass sein Produkt über die gesamte Lieferkette hinsichtlich der Qualitätsmerkmale überwacht wurde.
Sonstige Unternehmen	Bieten Sensorlösungen zur einfachen Implementation und Überwachung an, i. e. Bosch <i>TraQ</i> .

Quelle: eigene Darstellung, in Anlehnung an (Castro u. a., 2011; Dada, Thiesse, 2008; Edwards, 2007; Gustavsson u. a., 2011; von Janczewski, 2016; Reuter, 2015).

4.5 Smarte Kommissionierung

Unter „Kommissionierung“ versteht man den „Vorgang der Zusammenstellung von Gütern nach vorgegebenen Aufträgen aus einem Gesamtsortiment“ (Krieger, o. J. , o. S.). Üblicherweise ist dies der letzte Prozessschritt einer Wertschöpfungskette vor der tatsächlichen Auslieferung an den Konsumenten. Fehler in der Kommissionierung können daher die Kundenbeziehungen belasten, wodurch die Fehlervermeidung in den Vordergrund rückt. Reif und Günther (2009) sehen in der Prozessautomatisierung das Potenzial zur Fehlervermeidung. Demnach sei der Mensch bedingt durch seine Flexibilität die erste Wahl zur Kommissionierung und sollte mittels technischer Geräte dabei unterstützt werden (Reif, Günthner, 2009: S. 1).

Doch nicht nur die Fehlervermeidung stellt die Logistik bei der Kommissionierung vor Herausforderungen. Schätzungen zufolge kann man die anteiligen Kosten der Kommissionierung gemessen an den gesamten Warenlagerbetriebskosten mit 55 Prozent beziffern. Damit ist sie der kostenintensivste Prozess im Warenlagermanagement. Ineffizienzen treiben die operativen Kosten maßgeblich in die Höhe, was sich auf die gesamte Lieferkette auswirkt (De Koster u. a., 2007: S. 2).

Aktuell setzt die Mehrheit der Warenlager auf eine Pick-by-Paper-Kommissionierung (Glockner u. a., 2014: S. 13). Dieser Ansatz basiert auf einer Auftragsliste auf Papier, die nach und nach vom Kommissionierer abgearbeitet und abgehakt wird. Allerdings ist dies nicht nur zeitaufwendig, sondern auch fehleranfällig. Nach erfolgreicher Abarbeitung müssen weiterhin die Bestandsänderungen manuell in die Informationssysteme gebucht werden, was zur Folge hat, dass Mengenfehler auftreten können (Günthner u. a., 2009: S. 12). Um diese Unzulänglichkeiten zu vermeiden, setzen modernere Implementierungen auf visuelle Hilfestellungen beim Kommissionieren (Pick-by-Light), bei denen Lampen an Lagerregalen den Beschäftigten führen. Auch sprachgesteuerte Ansätze (Pick-by-Voice) bieten eine Effizienzsteigerung und Fehlerminderung. Problematisch ist hierbei, dass hohe Anschaffungskosten und ein begrenztes Einsatzfeld dem Nutzen gegenüberstehen (Günthner u. a., 2009: S. 214). Die Lösung liefert Pick-by-Vision, das die Vorteile von Pick-by-Light und Pick-by-Voice vereint und dem Kommissionierer Informationen in Echtzeit verfügbar machen kann, während es ihre Schwächen ausgleicht (Intralogistik, 2016, o. S.).

Der Pick-by-Vision-Ansatz basiert neben Internet of Things Konzepten auch auf Augmented-Reality-Technologien wie Datenbrillen. Dadurch kann der Kommissionierer mithilfe von Kontextinformationen, die direkt in sein Sichtfeld eingeblendet werden, Auftragslisten effizient abarbeiten und profitiert zusätzlich davon, die Hände für alle Arbeitsschritte frei zu haben. Es gibt bereits erste Versuche des Einsatzes von Datenbrillen in der Kommissionierung. Der modernere Ansatz versieht die Datenbrille mit besseren Datenschnittstellen sowie einer verbesserten Datenverarbeitungskapazität (Stocker u. a., 2016: S. 1).

Der datenbrillengestützte Prozess kann folgendermaßen aussehen: Beschäftigte erhalten per Display in Echtzeit Informationen zur Auftragsposition, die sie Schritt für

Schritt durch den ganzen Auftrag leiten. Angekommen am mit Barcode-Labels versehenen Lagerort scannt eine zusätzliche Kamera diesen automatisch ein und übermittelt die Produktinformationen mittels einer drahtlosen Schnittstelle an betriebliche ERP-Systeme. Dieses kommuniziert wiederum auftragsbezogene Details und leitet den nächsten Arbeitsschritt an den Lagerarbeiter weiter. Durch den ständigen Informationsaustausch und -abgleich mit den ERP-Systemen in Echtzeit entfallen Inkonsistenzen in der Bestandskontrolle, wie sie bei der Pick-by-Paper-Methode üblich sind. Auch macht diese Implementation von den Vorteilen der Barcodetechnologie gebrauch und verzichtet auf dedizierte Barcodescanner, da die Datenbrillen selbstständig dazu in der Lage sind (Intralogistik, 2016, o. S.).

McKinsey (2015: S. 8) sieht für Unternehmen große Potenziale der Adaption von Internet of Things- sowie Augmented-Reality-Systemen. Ersten Studien zufolge bietet Pick-by-Vision eine Erhöhung der Kommissionierungseffizienz um 30 Prozent sowie eine erhöhte Flexibilität (Bartneck, 2015: S. 13). Weiterhin ist eine deutlich verringerte Fehlerrate, die ein grundlegendes Problem der Intralogistik darstellt, in Höhe von bis zu 40 Prozent zu verzeichnen. Nicht zuletzt sind Pick-by-Vision-Systeme besonders innovativ. Eventuell bestehende Sprachbarrieren können überbrückt werden. Auch eignen sie sich zur Einarbeitung neuer Mitarbeiter sowie zu Schulungen von Stammbeschäftigten. Diese vielzähligen Nutzenaspekte wurden bereits von namhaften Unternehmen erkannt und in Feldversuchen und Pilotprojekten erprobt (Glockner u. a., 2014: S. 13–14). So hat unter anderem der Logistiker DHL in Partnerschaft mit seinen Kunden Ricoh und Ubimax in einem seiner Distributionszentren in den Niederlanden ein erfolgreiches Pilotprojekt mit smarten Datenbrillen absolviert. Die Praxis zeigt eine messbare 25 prozentige Steigerung der Effizienz in der Kommissionierung. Unter diesem Gesichtspunkt plant DHL die Ausweitung dieser Technologien auf weitere Bereiche der Lieferkette (DHL, 2016, o. S.).

Auch der Automobilhersteller Volkswagen kann ähnlich gute Ergebnisse nach seiner dreimonatigen Testphase präsentieren. Erwähnenswert ist besonders die Implementation zur Fehlervermeidung: Entnimmt der Lagerarbeiter das Produkt, scannt die Brille den dazugehörigen Barcode und gleicht die Informationen mit den ERP-Systemen ab. Der Arbeiter bekommt an dieser Stelle direkt visuelles Feedback bei korrekter oder falscher Entnahme und kann entsprechend reagieren. Auch VW plant die Expansion

der Datenbrille in andere Unternehmensbereiche und Werke (Volkswagen, 2015, o. S.).

Für eine Übersicht der involvierten Stakeholder folgt Tabelle 6.

Tabelle 6 - Stakeholder der Pick-by-Voice-Kommissionierung

Übersicht der Stakeholder	
Stakeholder	Beschreibung
Unternehmen (Warenlager)	Stattet Beschäftigte mit Datenbrillen aus und schult sie. Profitiert unter anderem von besseren Kundenbeziehungen durch eine verringerte Fehlerquote.
Kommissionierer	Wird in seinen Arbeitsschritten durch die Datenbrille unterstützt und kann effizienter arbeiten.
Kunden und Konsumenten	Hauptprofiteure der Fehlerminderung durch Datenbrillen; sie erhalten die richtige Ware zur richtigen Zeit durch eine insgesamt höhere Prozesseffizienz.

Quelle: eigene Darstellung, in Anlehnung an (Bartneck, 2015; De Koster u. a., 2007; DHL, 2016; Glockner u. a., 2014; Günthner u. a., 2009; Intralogistik, 2016; Stocker u. a., 2016; Volkswagen, 2015)

4.6 Smart Warehouse

Die bisherigen Use-Cases machen deutlich, dass sich die Technologien des Internet of Things besonders zur Erhebung zusätzlicher Daten und Prozessinformationen sowie deren Analyse eignen. Auf Basis dieser Daten können Ineffizienzen schnell erkannt und beseitigt werden (Macaulay u. a., 2015: S. 15). Kapitel 4.5 zeigt, wie Sensordaten Beschäftigte in intralogistischen Prozessen unterstützen können. In diesem Teilkapitel soll die Vernetzung und Datenerhebung durch Internet of Things-Sensoren und -Transponder nicht am Menschen selbst, sondern an Maschinen innerhalb eines Warenlagers betrachtet werden.

Im Jahr 2025 sollen Internet of Things Applikationen in Warenlagern einen potenziellen Mehrwert von 1,2–3,7 Billionen US-Dollar jährlich erwirtschaften können. Der Großteil davon soll auf die Optimierung lagerinterner Prozesse entfallen, der durch

einen optimierten Workflow erzielt wird. Grundlage dafür sind Sensordaten zum Tracking und Monitoring. Anhand dieser wird die Performance von Maschinen den Umständen angepasst und optimiert (McKinsey, 2015: S. 66). Diese Performancesteigerung ist für Logistiker von großer Bedeutung, betrachtet man die Rolle der Warenlager als den zentralen Drehort jeder Wertschöpfungskette. Durch schnellere und kosteneffizientere Warenlagerprozesse können Unternehmen sich einen Wettbewerbsvorteil verschaffen. Aufgrund der meist breiten Warenvelfalt und den stark begrenzten Lagerkapazitäten gestaltet sich dies allerdings als große Herausforderung. Hieran können Internet of Things Systeme anknüpfen, indem sie Maschinen und sonstige Vermögenswerte mit RFID-Transpondern und Sensoren versehen (Macaulay u. a., 2015: S. 15–16).

Eine Anwendungsmöglichkeit der Sensordaten besteht in der verbesserten Auslastung von Unternehmensressourcen innerhalb des Warenlagers. Das Prinzip ähnelt dem in Kapitel 4.1 beschriebenen Kapazitätsmanagement von Transportern. Die vernetzten unternehmerischen Ressourcen sammeln Informationen, wie beispielsweise ihren aktuellen Auslastungsgrad, und übermitteln diese an eine zentrale Sammelstelle. Ein Manager überwacht die Informationen in Echtzeit und erlässt optimierende Maßnahmen. Bei einer Überbelastung oder Überproduktion wird der Output verringert. Analog dazu wird bei einer Unterproduktion der Output bedarfsgerecht erhöht. Schließlich werden die Prozessdaten ausgewertet und optimale Nutzungsprofile für die Maschinen und Ressourcen erstellt (Macaulay u. a., 2015: S. 16).

Ein Praxisbeispiel dafür findet sich im Real-Time-Location-System der Firma Swisslog mit dem Namen *SmartLIFT*. Ziel des Produkts ist es, mittels an der Warenlagerdecke angebrachter Barcode-Labels ein Echtzeitüberwachungssystem von Gabelstaplern und ihrem Transportgut zu schaffen. Zur Ortung sind die Gabelstapler mit einem auf die Decke gerichteten Barcode-Lesegerät ausgestattet, das kontinuierlich die aktuelle Position erfasst und an ERP-Systeme weiterleitet. Damit ist das Management jederzeit über den aktuellen Standort und die Arbeitsgeschwindigkeit der Gabelstapler informiert und kann die Daten zur Berechnung effizienterer Routen verwenden. Mittels einer Webapplikation werden die erhobenen Daten aufbereitet dargestellt, unter anderem werden die Auslastung, die Leerlaufzeit und die Palettenzahl des Beschäftigten als Performanceparameter aufbereitet. Swisslog beziffert den Nutzen ihres Produktes mit einer Produktivitätssteigerung durch besseres Ressourcenmanagement um

20–30 Prozent (Swisslog, 2014: S. 12). Im Mai 2014 hat die Firma Bobcat in einem Pilotprojekt 25 ihrer Gabelstapler mit *SmartLIFT* versehen und konnte diese theoretischen Zahlen bestätigen (etwa 25–30 Prozent). Bei einer Amortisationszeit von 18 Monaten plant Bobcat nun die Expansion auf weitere Warenlager (Wormer, 2014, o. S.).

Weiteres Innovationspotenzial bietet das Internet of Things in der vorrausschauenden Wartung von Maschinen. Zustandsüberwachungssensoren, zum Beispiel auf Wärmebasis, sowie Kameras können den Belastungsgrad überwachen und über eine Schnittstelle kommunizieren. Bei Auffälligkeiten wird Alarm geschlagen, sodass vorzeitige Reparaturen und Wartungen größere Schäden verhindern können. Die Daten können zudem analysiert und Prognosen zur Lebenszeit der Maschinen aufgestellt werden. Sofern sich ein Ausfall abzeichnet, kann das Management frühzeitig Ersatzgeräte organisieren (Macaulay u. a., 2015: S. 17).

Es besteht zudem die Möglichkeit, die ganze Warenlagerinfrastruktur miteinander zu vernetzen. Intelligente, vernetzte Lampen nehmen per Sensoren ihre Umwelt wahr und passen die Beleuchtungsintensivität entsprechend an, was nicht nur einen Beitrag zur Nachhaltigkeit leistet, sondern auch die Betriebskosten verringert. Nach demselben Prinzip kann auch die lagerinterne Temperatur nach Bedarf autonom angepasst werden. Bemerken Sensoren eine unzureichende Belüftung, wird der Output der Ventilatoren erhöht (Macaulay u. a., 2015: S. 14–15). Die folgende Abbildung demonstriert, wie das vernetzte Warenhaus aussehen kann.



Abbildung 11 - DHL Smart Warehouse

Quelle: (Macaulay u. a., 2015: S. 16)

Zur Umsetzung der Use-Cases eines smarten Warelagers haben Deepak u. a. (2015) sich mit dem technologischen Aspekt befasst. Die Basis dafür stellen passive RFID-Transponder dar, die von einem Lesegerät mit Energie versorgt werden. Ergänzt werden die Transponder durch verschiedene Sensortypen (Bewegung, Druck, Wärme, Licht), die Umweltvariablen fortlaufend aufzeichnen und im Mikrochip abspeichern. Die Lesegeräte fragen die Sensorinformation aller Transponder regelmäßig ab und sind an betriebliche Informationssysteme angebunden, die als zentrale Datensammelstellen dienen (Deepak u. a., 2015: S. 483–484). Damit ist das Management jederzeit über ihre Ressourcen sowie ihrer Performance informiert. Die identifizierten Stakeholder werden nachfolgend in Tabelle 7 aufgeführt.

Tabelle 7 - Stakeholder des smarten Warenlagers

Übersicht der Stakeholder	
Stakeholder	Beschreibung
Unternehmen (Warenlager)	Profitiert von einer erhöhten Effizienz in verschiedenen Prozessen. Eine frühe Implementation von IoT-Technologien verschafft Wettbewerbsvorteile.
Beschäftigte	Erleichterte Arbeit durch effizientere Technologien, die Arbeitsschritte in größerem Umfang unterstützen können (i. e. Datenbrille).

Quelle: eigene Darstellung, in Anlehnung an (Deepak u. a., 2015; Macaulay u. a., 2015; McKinsey, 2015; Swisslog, 2014; Wormer, 2014).

4.7 Zentrale Informationsplattform

Das globale Supply-Chain-Management umfasst viele verschiedene Aspekte, unter anderem den Erwerb und die Versorgung von Gütern, die Produktion, sowie den Transport, die Lagerung und schließlich den Verkauf des Endproduktes. In diesen Prozessen fallen verschiedene Information an, die etwa Aufschluss über den Standort oder den Zustand eines Gutes geben. Zum effizienten Management von globalen Lieferketten ist eine weitreichende Versorgung mit diesen Prozessinformationen essenziell. Xu u. a. (2013) sehen als Konsequenz einer ausbleibenden Informationsbereitstellung der Stakeholder untereinander nicht nur mögliche Ineffizienzen, sondern gar den Zusammenbruch der gesamten Lieferkette. Das Problem ergibt sich daraus, dass die Stakeholder unabhängig voneinander an verschiedenen, teilweise global verteilten Standorten tätig sind. So müssen die erhobenen Sensordaten an mehrere Informationssysteme gleichzeitig und vorzugsweise verzögerungsfrei kommuniziert werden, da jedes Unternehmen eigene Systeme und Applikationen dafür anbietet (Xu u. a., 2013: S. 397–398).

Dieses dezentrale Management von globalen Lieferketten mit traditionellen, unzusammenhängenden Systemen ist zur Zufriedenstellung heutiger Kundenanforderungen nicht länger ausreichend. Zudem ist es insuffizient zur Bewältigung des sich signifikant verändernden, globalen Geschäftsumfeldes (Kwok u. a., 2013: S. 240). Aus diesen Gründen beschäftigen sich diverse Autoren mit der Erforschung einer IoT basier-

ten, global übergreifenden Infrastruktur. Ziel ist die weitreichende Verbreitung relevanter Informationen entlang der gesamten Wertschöpfungskette in Echtzeit (Xu u. a., 2013: S. 397). Im Folgenden soll auf eine solche Plattform exemplarisch näher eingegangen werden.

Im Januar 2014 stellte DHL erstmals ihr Plattform *Resilience 360* vor. Ziel der Plattform ist die ganzheitliche Überwachung der Wertschöpfungskette auf globaler Ebene. Der Schwerpunkt liegt dabei auf dem Risikomanagement, das sich durch die frühzeitige Identifikation von Lieferkettenunterbrechungen (i. e. durch Umweltkatastrophen) auszeichnet. Damit können betroffene Unternehmen frühzeitig Korrekturmaßnahmen einleiten, um den Schaden möglichst gering zu halten (Hartmann, 2014, o. S.). Dies gelingt durch die Bereitstellung einer zentralen Plattform, die relevante Daten zur Lieferkette von allen beteiligten Stakeholdern mittels RFID-Transpondern und Sensoren erfasst und sammelt, diese auswertet und visualisiert. Falls die Echtzeitauswertung der Daten potenzielle Risiken aufzeigt, schlägt *Resilience 360* den betroffenen Stakeholdern entsprechende Gegenmaßnahmen vor (Harrington, Smith, 2014: S. 22) (vgl. Abbildung 12).



Abbildung 12 - Resilience 360

Quelle: (DHL, o. J., o. S.)

Die Vorteile dieser Lösung sind vielfältig: Produktionsstillstände und Verzögerungen können effektiv vermieden werden. Des Weiteren entstehen keine potenziellen Verluste durch eine Unterbrechung der Wertschöpfungskette, da sie dank der Echtzeitüberwachung an Robustheit gewinnt. Eine Unterbrechung der Wertschöpfungskette geht zudem mit einem möglichen Imageschaden und Einbußen an Marktanteilen einher, die mit einer robusten Wertschöpfungskette minimiert werden können. In Anbetracht dieser Vorteile stellt das IoT-gestützte, zentrale Management mithilfe einer gemeinsamen Informationsplattform einen interessanten Use-Case dar (DHL, o. J. , o. S.).

Zum Kapitelabschluss folgt eine Übersicht über die Stakeholder dieses Prozesses.

Tabelle 8 - Stakeholder zentraler Informationsplattformen

Übersicht der Stakeholder	
Stakeholder	Beschreibung
Serviceanbieter (hier: DHL)	Stellt seinen Kunden eine zentrale Informationsplattform zur Verfügung, die Daten aggregiert und auswertet. Schlägt seinen Kunden Handlungsempfehlen vor.
Risk-Management-Experten	Beraten und versorgen den Serviceanbieter mit relevanten Risk-Management-Faktoren, i. e. Umgebungsvariablen wie Wetter, Umwelt
Kunden des Serviceanbieters	Kann auf Basis der Handlungsempfehlung des Serviceanbieters in Echtzeit auf Risikofaktoren reagieren und eine robuste Lieferkette schaffen.

Quelle: eigene Darstellung, in Anlehnung an (DHL, o. J.; Harrington, Smith, 2014; Hartmann, 2014; Kwok u. a., 2013; Xu u. a., 2013).

5. Diskussion

Die Erwartungen an den Einsatz von Internet of Things Technologien und Konzepten in der Logistik werden im Motivationskapitel dieser Arbeit dargelegt (vgl. Kapitel 1.1). Demnach bietet das Internet of Things das Potenzial, die Logistik bei der Erfüllung ihrer Aufgaben nach den 6 R der Logistik angesichts völlig neuer Anforderungen zu unterstützen, wie etwa dem sich ständig ändernden Konsumentenverhalten. Die Frage, ob die Erwartungen an das Innovationspotenzial des Internet of Things in der Logistik erfüllt werden können, kann nun mithilfe des Kapitels 4 beantwortet werden. Angesichts der Tatsache, dass ein breites Spektrum von Use-Cases identifiziert wurde, von intralogistischen Prozessen bis zum Transport und Management, kann diese Erwartung als erfüllt bezeichnet werden. Zahlreiche Berichte von Pionieren wie DHL, Bosch und Walmart zeigen, dass die identifizierten Use-Cases nicht nur theoretische Modelle sind, sondern bereits heute Praxisrelevanz beinhalten. Die Folgerung, dass das Internet of Things in der Tat Innovationspotenzial für verschiedene Logistikprozesse bietet, ist eine erste Erkenntnis dieser Arbeit.

Um die Praxisrelevanz einiger vorgestellter Use-Cases zu untermauern, werden Lösungen und Produkte von sowohl direkt involvierten Stakeholdern als auch von Drittanbietern vorgestellt. Darunter das Produkt *TraQ* der Firma Bosch (vgl. Kapitel 4.4), *smartLIFT* der Firma Swisslog und *Resilience 360* der Firma DHL, sie alle sind ohne die Technologien des Internet of Things nicht umsetzbar. Dies führt zu der Schlussfolgerung, dass das Internet of Things nicht nur ein Antreiber zur Prozessinnovation in der Logistik ist, sondern auch die Basis für neuartige Produkte und Geschäftsmodelle von Drittanbietern darstellt.

Betrachtet man die Häufigkeit des Auftretens der drei hier vorgestellten Technologien, nämlich Barcodes, RFID sowie drahtlose Sensornetzwerke, lässt sich eine weitere Erkenntnis formulieren. Einen Überblick darüber verschafft die nachfolgende Tabelle:

Tabelle 9 - Übersicht der Use-Cases und ihrer Technologien

Use-Case	Technologie		
	Barcode	RFID	Sensor Netzwerke
Fleet Management	X	✓	✓
Inventarmanagement	X	✓	X
Last-Mile Lieferung	X	✓	✓
Transport sensibler Güter	X	✓	✓
Smarte Kommissionierung	✓	X	X
Smart Warehouse	✓	✓	✓
Zentrale Informationsplattform	X	✓	✓

RFID-Systeme und drahtlose Sensornetzwerke haben eine deutlich höhere Präsenz in den vorgestellten Use-Cases als Barcodesysteme. Wie Kapitel 3.4 ausführt, haben Barcodes nicht nur das geringere Leistungsspektrum und decken lediglich die Identifikation von Gütern vollständig ab, sondern unterliegen den anderen Technologien auch wegen technischer Defizite wie etwa der fehlenden Pulkerfassung oder die Anfälligkeit bei Verschmutzungen. Ihr Einsatzbereich beschränkt sich daher lediglich auf intralogistische Prozesse wie die smarte Kommissionierung oder das smarte Warenlager. Tatsächlich sind Barcodes in diesen Einsatzbereichen nach Aulbur (2015, o. S.) sogar die erste Wahl, wenn es um die Einführung eines Identifikationssystems geht. Gründe dafür sieht Aulbur (2015, o. S.) in der Kostendifferenz zwischen Barcodes und RFID-Systemen sowie drahtlosen Sensornetzwerken (vgl. Kapitel 3.4). Erst unter Einbezug mehrerer verschiedener Stakeholder entlang der Wertschöpfungskette kommt demnach die Implementation einer potenteren Technologie infrage (Aulbur, 2015, o. S.). Der Einbezug von mehreren Stakeholdern ermöglicht Unternehmen, die Kosten unter allen beteiligten Parteien aufzuteilen, sodass jedes nutzenziehende Unternehmen in die Finanzierung involviert ist und somit die Kosten für jeden Einzelnen sinken.

Den Aspekt der Kostenverteilung haben bereits Decker u. a. (2008) untersucht und ein Kostenmodell aufgestellt. Demnach trägt jeder Stakeholder einen Kostenanteil gemäß seinem resultierenden Nutzen (Decker u. a., 2008: S. 157). Zu kritisieren ist hierbei, dass der Nutzen kein kardinal messbarer Indikator ist und die Aussagekraft der errech-

neten Werte infrage gestellt werden kann. Zum Problem wird dies, wenn der geschätzte Nutzen und der errechnete Wert eine subjektiv zu hohe Differenz bilden. Infolge wären betroffene Stakeholder nicht bereit, den Differenzbetrag zu zahlen, und das Kostenmodell wird scheitern, da keine Einigung bezüglich der Kostenverteilung erzielt wird.

Dass eine Einigung von Stakeholdern innerhalb einer Wertschöpfungskette in der Praxis dennoch funktioniert, zeigt das Beispiel des Inventarmanagements der Firma Walmart (vgl. Kapitel 4.2). Hierbei werden Partnerunternehmen durch finanzielle Anreize angeregt, Sensoren und Transponder in ihre Prozesse zu integrieren. Zusätzlich bot Walmart Schulungen für den Umgang mit diesen Devices für betroffene Mitarbeiter dieser Unternehmen an. Allerdings hat nicht jedes Unternehmen die finanziellen Mittel wie Walmart, um eine derartige Lösung zu realisieren; immerhin ist das Unternehmen nach einem aktuellen Forbes-Ranking eines der umsatzstärksten Unternehmen weltweit (Forbes, 2016, o. S.). Eine vollständig zufriedenstellende Lösung, in der jeder Stakeholder einen objektiv gerechten Kostenanteil trägt, bleibt für kleine und mittelständige Unternehmen aus. Festzuhalten ist also, dass RFID-Systeme und Sensornetzwerke den Barcodesystemen bei extralogistischen Prozessen trotz ihrer ökonomischen Herausforderungen vorzuziehen sind.

Allerdings stellt nicht nur der ökonomische Aspekt Unternehmen vor Probleme, die es zu berücksichtigen gilt. Aus technischer Sicht ist die große, anfallende Datenmenge eine potenzielle Herausforderung. Kapitel 4.7 beschreibt beispielhaft, wie das Internet of Things die Sensordaten in einer zentralen Plattform aggregieren und schließlich analysieren kann. Abhängig von der Granularität der Daten können so gewaltige Datenmengen entstehen, die zur Überlastung der Serverplattform führen können (Thiesse u. a., 2009: S. 42). Die verantwortlichen Parteien haben hier mit technischen Vorkehrungen sicherzustellen, dass die Serverkapazitäten den zu erwartenden Datenmengen standhalten. Das Produkt *Resilience 360* der Firma DHL fokussiert sich auf das Risikomanagement von Teilnehmern einer Lieferkette, um Verzögerungen und Unterbrechungen zu vermeiden. Ein Plattformausfall würde jedoch genau diese Konsequenzen nach sich ziehen.

Eine weitere technische Herausforderung ergibt sich bei der Integration von Sensornetzwerken und Transpondern in bereits bestehende Ökosysteme. Einige der in Kapitel 3 vorgestellten, industrieweiten Standards (wie z. B. EAN, EPC) nehmen der Integrationsfragestellung zumindest einen Teil ihrer Komplexität ab (Deloitte, 2016: S. 20). Auch All-in-One-Lösungen wie beispielsweise der intelligente Behälter *TraQ* der Firma Bosch (vgl. Kapitel 4.4) erleichtern interessierten Unternehmen die Implementation von Internet of Things Technologien in ihre Anwendungen.

Aus Sicht des Datenschutzes wirft unter anderem die IoT-gestützte Arbeit (beispielsweise die smarte Kommissionierung mittels einer Datenbrille, vgl. Kapitel 4.5) die Frage auf, welche Daten über welchen Angestellten erhoben werden. Besonders bedenklich ist, dass seine Handlungen aller Arbeitsprozesse völlig transparent sind. Das Management kann in Echtzeit einsehen, welcher Mitarbeiter sich wann wo befindet. Damit können beispielsweise Bewegungsprofile der betroffenen Mitarbeiter erstellt werden, die als personenbezogene Daten einem gesetzlichen Schutz unterliegen (Arbeitsrechte, o. J.). Auch kann die Performance anhand der Bewegungsprofile und der Anzahl kommissionierter Artikel exakt beziffert werden. Hier müssen entsprechende Vorkehrungen vom Arbeitgeber getroffen werden, um einen datenschutzkonformen Einsatz von Internet of Things-Technologien während der Arbeit zu gewährleisten.

Auch der überbetriebliche Schutz von Prozess- und Unternehmensdaten, die gegebenenfalls von Smart Objects erfasst werden, stellt ein Problemfeld dar. Die Smart Objects durchlaufen verschiedene Stakeholder, die diese ohne zusätzliche Schutzvorkehrungen auslesen können. Hier bietet sich ein Rechtssystem an, das nur autorisierten Parteien Zugriff auf solche Informationen gewährt (López u. a., 2012: S. 113).

Letztendlich kann durch die Automatisierung von Teilprozessen ein soziales Problemfeld entstehen. Unter anderem ist das IoT-gestützte Inventarmanagement zur Bestandskontrolle (i. e. Inventur) in der Regel nicht nur effizienter, sondern auch präziser als Angestellte. Die Substitution von Humankapital durch Devices kann in Zukunft, wenn der Preis für Sensoren und Transponder weiter gefallen ist, von Unternehmen in Betracht gezogen werden. Dies würde zu einer weitreichenden Arbeitslosigkeit führen, wenn anderenorts keine neuen Arbeitsstellen durch das Internet of Things geschaffen werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Unternehmen vor der Implementation sowohl technische, ökonomische, datenschutzrechtliche als auch soziale Problemfelder bei Internet of Things Use-Cases berücksichtigen müssen. Diese müssen mit dem zu erwartenden Nutzen im Vorfeld abgewogen werden, um entscheiden zu können, ob und an welcher Stelle der Einsatz von Internet of Things Technologien und -Konzepten für das eigene Unternehmen profitabel ist.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Die leitende Forschungsfrage dieser Arbeit war, für welche Logistikprozesse das Internet of Things Innovationspotenziale bietet. Dabei sollten insbesondere die involvierten Stakeholder sowie die zum Einsatz kommenden Devices und Technologien identifiziert werden.

Um eine theoretische, für das weitere Verständnis benötigte Grundlagen zu schaffen, beschäftigte sich das zweite Kapitel mit einem Definitionsansatz des Internets of Things sowie der Logistik. Der Begriff des Smart Objects, der im Kontext dieser Arbeit auftritt, wurde ebenfalls im Zuge des Kapitels näher beleuchtet.

Kapitel 3 behandelt die für die Use-Cases relevanten Internet of Things Technologien, nämlich Barcodes, RFID und drahtlose Sensornetzwerke. Eine zentrale Erkenntnis des Kapitels ist, dass die Technologien sich sowohl in ihrem Leistungsvermögen als auch hinsichtlich ihrer Anschaffungskosten grundlegend unterscheiden. RFID und Sensornetzwerke gelten als potentere Technologien, da sie deutlich mehr grundlegende Logistikziele abdecken können als Barcodes (vgl. Tabelle 1).

Dass die Barcodetechnologie dennoch einen Einsatzbereich hat, zeigt schließlich der Hauptteil dieser Arbeit, Kapitel 4. Hier werden zahlreiche Internet of Things Use-Cases, ihr Nutzen, ihre Stakeholder sowie die verwendeten Devices identifiziert und dargelegt. Mit Abschluss des Kapitels 4 werden die zugrunde liegende Forschungsfrage sowie ihre Teilfragen 1. – 3. beantwortet (vgl. Kapitel 1.2).

Nicht zuletzt sind im vorangehenden Kapitel, dem Diskussionsteil dieser Arbeit, zentrale Erkenntnisse festgehalten. Dazu gehört der Umstand, dass das Internet of Things eine Vielzahl von Potenzialen für die Logistik bietet, was sich an zahlreichen Use-Cases bemerkbar macht. Dabei müssen Unternehmen jedoch potenzielle Problemfelder berücksichtigen, um das volle Potenzial, das das Motivationskapitel beziffert, ausschöpfen zu können.

Zusammenfassend ist der Beitrag dieser Arbeit eine zentrale, detaillierte Übersicht über verschiedene Internet of Things Use-Cases in der Logistik, von intralogistischen Lagerprozessen bis zu unternehmensübergreifenden Transporten. Es werden Vergleiche

che mit herkömmlichen Prozessen und Systemen gezogen und der Mehrwert der Internet of Things Implementation vorgestellt. Die Diskussion der Use-Cases runden diese Übersicht insbesondere im Hinblick der potenziellen Herausforderungen ab.

Viele der hier vorgestellten Use-Cases befinden sich noch in einer frühen Phase. Beispielsweise datieren Pilotprojekte des Produkts *smartLIFT* der Firma Swisslog auf das Jahr 2014. Weitere Berichte von Pilotprojekten der Firmen DHL und Ricoh zu intelligenten Datenbrillen im Kontext smarter Kommissionierung stammen aus dem Jahr 2016. Dieser Trend zeigt sich durchgängig bei allen Berichten mit Praxisbezug.

Das Internet of Things ist also fast zwei Jahrzehnte nach der erstmaligen Prägung des Begriffs durch Kevin Ashton im Jahr 1999 noch nicht vollständig ausgereift (Ashton, 2009, o. S.). Angesichts des stetigen technologischen Fortschritts (Mattern, Flörke-meier, 2010: S. 107) ist mit einer weiteren Verbreitung des Internet of Things zu rechnen. Abbildung 13 stellt dieses Wachstum dar.

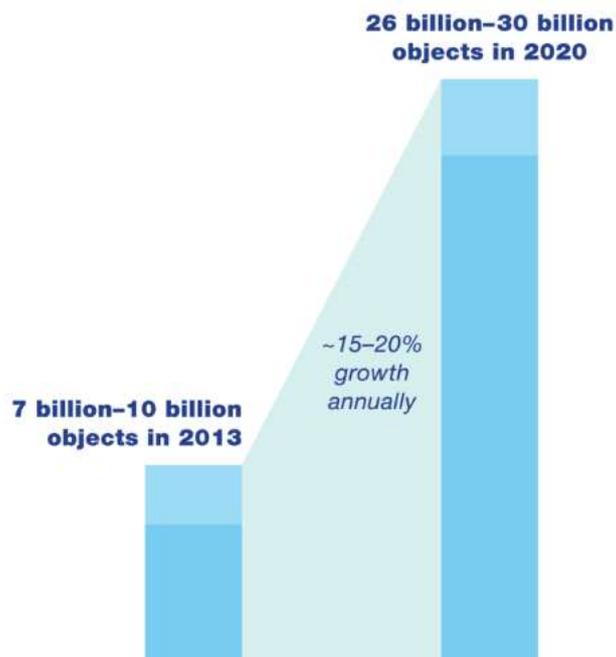


Abbildung 13 - Wachstumsrate verbundener Objekte

Quelle: (Bauer u. a., 2014, o. S.)

Hier wird das Ausmaß der zu erwartenden Verbreitung deutlich. Demnach ist mit Wachstumsraten in Höhe von 15 bis 20 Prozent im Kontext der Verbreitung mobiler Objekten zu rechnen. Auch auf dem Mobile World Congress 2017, einer der größten Mobilfunkmessen, ist das Internet of Things eines der großen Themen, mit vernetzten

Produkten namhafter Unternehmen wie Mercedes (Bager u. a., 2017, o. S.). Der Trend ist klar: Das Internet of Things wird mit der Zeit zunehmend an Bedeutung gewinnen.

Ob die Logistik und ihre Prozesse Profiteure dieses Trends sind, welche bestehenden Prozesse noch weiter unterstützt werden können und welche neuartigen, innovativen Prozesse sich aus dieser Verbreitung von smarten Devices entwickeln, bleibt abzuwarten und stellt für zukünftige Forschungen eine potenzielle Fragestellung dar.

Literaturverzeichnis

- Arbeitsrechte (o. J.): „Mitarbeiterüberwachung - was ist Arbeitgebern erlaubt und was verboten?“. *Arbeitsrechte*. Abgerufen am 06.03.2017 von <http://www.arbeitsrechte.de/mitarbeiterueberwachung/>.
- Ashton, Kevin (2009): „That „Internet of Things“ Thing“. In: RFID-Journal.
- Aulbur, Dirk (2015): „RFID und Barcode im Vergleich | viaLog Logistik“. *viaLog Logistik Beratung GmbH*. Abgerufen am 03.03.2017 von <http://vialog-logistik.com/blog/2015/02/24/rfid-und-barcode-im-vergleich/>.
- Bager, Jo; Briegleb, Volker; Porteck, Stefan (2017): „MWC 2017: Die mobile Welt in der nächsten Entwicklungsstufe“. *heise online*. Abgerufen am 06.03.2017 von <http://www.heise.de/newsticker/meldung/MWC-2017-Die-mobile-Welt-in-der-naechsten-Entwicklungsstufe-3633856.html>.
- Bartneck, Norbert (2015): „Kommissionierung 2020“. Hochschule Ulm 2015.
- Bassi, Alessandro; Bauer, Martin; Fiedler, Martin; u. a. (Hrsg.) (2013): *Enabling Things to Talk - Designing IoT solutions with the IoT Architectural Reference Model*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. — ISBN: 978-3-642-40402-3
- Bauer, Harald; Patel, Mark; Veira, Jan (2014): „The Internet of Things: Sizing up the opportunity | McKinsey & Company“. Abgerufen am 06.03.2017 von <http://www.mckinsey.com/industries/high-tech/our-insights/the-internet-of-things-sizing-up-the-opportunity>.
- Brand, Leif; Hülser, Tim; Grimm, Vera; u. a. (2009): *Internet der Dinge - Perspektiven der Logistik*. (Übersichtsstudie) Düsseldorf: VDI e.V.
- Bundesvereinigung Logistik (o. J.): „Die Bundesvereinigung Logistik erklärt: Was ist Logistik?“. Abgerufen am 24.10.2016 von <http://www.bvl.de/wissen/logistik-bereiche>.
- Buratti, Chiara; Conti, Andrea; Dardari, Davide; u. a. (2009): „An Overview on Wireless Sensor Networks Technology and Evolution“. In: *Sensors (Basel, Switzerland)*. 9 (9), S. 6869–6896, DOI: 10.3390/s90906869.

- Castro, Miguel; Jara, Antonio J.; Skarmeta, Antonio FG (2011): „Analysis of the future iot capabilities“. In: *V International Symposium on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence, UCAmI*. Springer Berlin Heidelberg, DOI: 10.1007/978-3-642-24082-9_68.
- Cockburn, Alistair (2000): *Writing Effective Use Cases*. 1 edition. Boston: Addison-Wesley Professional. — ISBN: 978-0-201-70225-5
- Dada, Ali; Thiesse, Frédéric (2008): „Sensor applications in the supply chain: the example of quality-based issuing of perishables“. In: *The Internet of Things*. Springer Berlin Heidelberg, S. 140–154, DOI: 0.1007/978-3-540-78731-0_9.
- De Koster, René; Le-Duc, Tho; Roodbergen, Kees Jan (2007): „Design and control of warehouse order picking: A literature review“. In: *European Journal of Operational Research.*, S. 481–501.
- Decker, Christian; Berchtold, Martin; Chaves, Leonardo Weiss F.; u. a. (2008): „Cost-benefit model for smart items in the supply chain“. In: *The Internet of Things*. Springer Berlin Heidelberg, S. 155–172, DOI: 10.1007/978-3-540-78731-0_10.
- Deepak; Shaw, Amitav; Nayak, Biswajit (2015): „Smart Warehouse: An RFID-IoT Approach“. In: *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*. IJARCCCE, S. 483–385, DOI: DOI 10.17148/IJARCCCE.2015.49106. — ISBN: ISSN 2278-1021
- Deloitte (2016): *Industrielles Internet der Dinge und die Rolle von Telekommunikationsunternehmen*.
- DHL (2016): „Deutsche Post DHL Group | 26. Jan. 15: DHL testet erfolgreich Augmented Reality-Anwendung im Lagerbetrieb“. Abgerufen am 10.02.2017 von http://www.dpdhl.com/de/presse/pressemitteilungen/2015/dhl_testet_augmented_reality-anwendung.html.
- DHL (o. J.): „DHL RESILIENCE 360“. *dhl.com/Resilience*. Abgerufen am 01.03.2017 von http://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/logistics/resilience360/dhl_resilience_360_flyer_en.pdf.
- Duden (o. J.): „Duden | Startseite“. *duden*. Abgerufen am 13.03.2017 von <http://www.duden.de/>.

- Edwards, John (2007): „Cold Chain Heats Up RFID Adoption“. *Rfidjournal*. Abgerufen am 03.02.2017 von <https://www.rfidjournal.com/purchase-access?type=Article&id=3243&r=%2Farticles%2Fview%3F3243>.
- Fescioglu-Unver, Nilgun; Choi, Sung Hee; Sheen, Dongmok; u. a. (2014): „RFID in production and service systems: Technology, applications and issues“. In: *Information Systems Frontiers*. 17 (6), S. 1369–1380, DOI: 10.1007/s10796-014-9518-1.
- Finkenzeller, Klaus (2015): *RFID-Handbuch: Grundlagen und praktische Anwendungen von Transpondern, kontaktlosen Chipkarten und NFC*. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG. — ISBN: 978-3-446-44439-3
- Forbes (2016): „Wal-Mart Stores on the Forbes Global 2000 List“. *Forbes*. Abgerufen am 04.03.2017 von <https://www.forbes.com/companies/wal-mart-stores/>.
- Forcolin, M.; Fracasso, E.; Tumanischvili, F.; u. a. (2011): „EURIDICE #x2014; IoT applied to logistics using the Intelligent Cargo concept“. In: *2011 17th International Conference on Concurrent Enterprising (ICE)*., S. 1–9.
- Fraden, Jacob (2010): *Handbook of Modern Sensors*. Fourth Edition. New York, NY: Springer New York. — ISBN: 978-1-4419-6465-6
- Geoff, Annesley (2016): „How the Internet of Things can optimize Fleet Management“. *The Network Effect*. Abgerufen am 26.01.2017 von <http://supplychainbeyond.com/internet-things-iot-optimize-fleet-management/>.
- Gill, Bob (2017): „Industrial IoT at Mobile World Congress 2017“. *Industrial IoT/Industrie 4.0 Viewpoints*. Abgerufen am 12.03.2017 von <https://industrial-iot.com/2017/03/industrial-iot-at-mobile-world-congress-2017/>.
- Glockner, Holger; Jannek, Kai; Mahn, Johannes; u. a. (2014): *Augmented reality in logistics*. (Trendreport).
- Gubbi, Jayavardhana; Buyya, Rajkumar; Marusic, Slaven; u. a. (2013): „Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions“. In: *Future Generation Computer Systems*. 29 (7), S. 1645–1660, DOI: 10.1016/j.future.2013.01.010.

- Günthner, Willibald A.; Blomeyer, Niels; Reif, Rupert; u. a. (Hrsg.) (2009): *Pick-by-Vision: Augmented Reality unterstützte Kommissionierung*. Garching: Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluß Logistik (fml), Techn. Univ. München. — ISBN: 978-3-941702-02-8
- Gustavsson, Jenny; Cederberg, Christel; Sonesson, Ulf (2011): *Global food losses and food waste: extent, causes and prevention ; study conducted for the International Congress Save Food! at Interpack 2011, [16 - 17 May], Düsseldorf, Germany*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. — ISBN: 978-92-5-107205-9
- Harrington, Lisa; Smith, Robert H. (2014): „The resilient supply chain“. In: *DHL Supply Chain*.
- Hartmann, Sabine (2014): „DHL Resilience360 - neues Instrument für Risikomanagement in der Logistikdpdhl“. *Deutsche Post DHL Group*. Abgerufen am 01.03.2017 von http://www.dpdhl.com/de/presse/pressemitteilungen/2014/dhl_resilience360_risikomanagement.html.
- ten Hompel, Michael; Kerner, Sören (2015): „Logistik 4.0: Die Vision vom Internet der autonomen Dinge“. In: *Informatik-Spektrum*. 38 (3), S. 176–182, DOI: 10.1007/s00287-015-0876-y.
- Hong-ying, S. (2009): „The Application of Barcode Technology in Logistics and Warehouse Management“. In: *First International Workshop on Education Technology and Computer Science, 2009. ETCS '09.*, S. 732–735, DOI: 10.1109/ETCS.2009.698.
- IC INSIGHTS (2016): „Sensor Sales Keep Hitting New Records But Price Erosion Curbs Growth“.
- Intralogistik (2016): „Pick-by-Vision - Smart Glasses in der Kommissionierung“. *Intralogistik*. Abgerufen am 20.07.2016 von <http://intralogistik.tips/pick-by-vision-smart-glasses-in-der-kommissionierung/>.
- von Janczewski, Bettina (2016): „Bosch und Fraunhofer lassen Internet der Dinge Wirklichkeit werden - Fraunhofer IML“. *Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML*. Abgerufen am 03.02.2017 von http://www.iml.fraunhofer.de/de/presse_medien/pressemitteilungen/bosch-und-fraunhofer-lassen-internet-der-dinge-wirklichkeit-werd.html.

Krieger, Winfried (o. J.): „Definition » Logistik « | Gabler Wirtschaftslexikon“. Abgerufen am 24.10.2016a von <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/logistik.html>.

Krieger, Winfried (o. J.): „Definition » Kommissionierung « | Gabler Wirtschaftslexikon“. Abgerufen am 09.02.2017b von <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/kommissionierung.html>.

Kwok, S. K.; Lee, W. B.; Cheung, C. F. (2013): „collaborative supply chain integration“. In: *Collaborative Systems for Production Management: IFIP TC5/WG5. 7 Eighth International Conference on Advances in Production Management Systems September 8–13, 2002, Eindhoven, The Netherlands*. Springer, S. 231.

Lattner, Andreas D.; Timm, Ingo J. (2010): „Themenschwerpunkt „Logistik““. In: *KI - Künstliche Intelligenz*. 24 (2), S. 97–97, DOI: 10.1007/s13218-010-0042-2.

López, Tomás Sánchez; Ranasinghe, Damith C.; Harrison, Mark; u. a. (2012): „Adding sense to the Internet of Things: An architecture framework for Smart Object systems“. In: *Personal and Ubiquitous Computing*. 16 (3), S. 291–308, DOI: 10.1007/s00779-011-0399-8.

Loten, Angus (2016): „MIT Team Uses Big Data, IoT to Speed Up Last Mile Deliveries - The CIO Report - WSJ“. *CIO Journal*.

Macaulay, James; DHL; Cisco; u. a. (2015): *Internet of Things in Logistics*. Cisco.

Martin, Heinrich (2011): „Unternehmen und Logistik“. In: *Transport- und Lagerlogistik*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, S. 1–21, DOI: 10.1007/978-3-8348-8106-9_1. — ISBN: 978-3-8348-1350-3

Matin, M.A.; Islam, M.M. (2012): „Overview of Wireless Sensor Network“. In: Matin, Mohammad (Hrsg.) *Wireless Sensor Networks - Technology and Protocols*. InTech. — ISBN: 978-953-51-0735-4

Mattern, Friedemann; Flörkemeier, Christian (2010): „Vom Internet der Computer zum Internet der Dinge“. In: *Informatik-Spektrum*. 33 (2), S. 107–121, DOI: 10.1007/s00287-010-0417-7.

McKinsey (2015): *The Internet of Things: Mapping the Value beyond the hype*.

- Nechifor, Septimiu; Puiu, Dan; Târnauca, Bogdan; u. a. (Hrsg.) (2015): „Automatic Aspects of IoT Based Systems: A Logistics Domain Scheduling Example“. In: *Interoperability and Open-Source Solutions for the Internet of Things - International Workshop, FP7 OpenIoT Project*. Cham: Springer International Publishing (Lecture Notes in Computer Science). — ISBN: 978-3-319-16545-5
- Reif, Rupert; Günthner, Willibald A. (2009): „Pick-by-vision: augmented reality supported order picking“. In: *The Visual Computer*. 25 (5–7), S. 461–467, DOI: 10.1007/s00371-009-0348-y.
- Reischach, F. von; Karpischek, S.; Michahelles, F.; u. a. (2010): „Evaluation of 1D barcode scanning on mobile phones“. In: *Internet of Things (IOT), 2010.*, S. 1–5, DOI: 10.1109/IOT.2010.5678457.
- Reuter, Andreas (2015): *Global Logistics@Bosch - Nachhaltige Geschäftsbeziehungen und gemeinsames weltweites Wachstum im Fokus*. (Solver Place Events).
- Robeck, Matthias (2005): „Der RFID Rollout in der METRO Group“. München 20.7.2005.
- Rouse, Margaret (o. J.): „What is Internet? - Definition from WhatIs.com“. *SearchWinDevelopment*. Abgerufen am 11.03.2017 von <http://searchwindevelopment.techtarget.com/definition/Internet>.
- Saygin, C. (2007): „Adaptive inventory management using RFID data“. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 32 (9–10), S. 1045–1051, DOI: 10.1007/s00170-006-0405-x.
- Schumacher, Jens; Gschweidl, Manfred; Rieder, Mathias (2010): „EURIDICE—An enabler for intelligent cargo for the logistics sector“. In: *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics.*, S. 18–28.
- Shankar, Udaya (o. J.): „How the Internet of Things Impacts Supply Chains - Inbound Logistics“. *inbound logistics*. Abgerufen am 26.01.2017 von <http://www.inboundlogistics.com/cms/article/how-the-internet-of-things-impacts-supply-chains/>.
- SingularLogic (o. J.): „EURIDICE“. *SingularLogic*. Abgerufen am 27.02.2017 von <https://portal.singularlogic.eu/en/en/eu-project/7922/euridice>.

- Stocker, Alexander; Spitzer, Michael; Kaiser, Christian; u. a. (2016): „Datenbrillengestützte Checklisten in der Fahrzeugmontage“. In: *Informatik-Spektrum.*, S. 1–9, DOI: 10.1007/s00287-016-0965-6.
- Strassner, Dipl-Wirtsch Inform Martin; Fleisch, Elgar (2005): „Innovationspotenzial von RFID für das Supply-Chain-Management“. In: *Wirtschaftsinformatik.* 47 (1), S. 45–54.
- Swisslog (2014): „SmartLIFT - Smart LABOR, INVENTORY AND FORKLIFT TRACKING SYSTEM“. Abgerufen am von http://www.swisslog.com/-/media/Swisslog/Documents/WDS/06_WDS_CountryPages/NA/Swisslog_SmartLIFT_Introduction.pdf.
- Thiesse, Dipl-Wirtsch-Inf Frédéric; Gross, Dipl-Inform Sandra (2006): „Integration von RFID in die betriebliche IT-Landschaft“. In: *Wirtschaftsinformatik.* 48 (3), S. 178–187.
- Thiesse, F.; Floerkemeier, C.; Harrison, M.; u. a. (2009): „Technology, Standards, and Real-World Deployments of the EPC Network“. In: *IEEE Internet Computing.* 13 (2), S. 36–43, DOI: 10.1109/MIC.2009.46.
- Uckelmann, Dieter (2008): „A Definition Approach to Smart Logistics“. In: Balandin, Sergey; Moltchanov, Dmitri; Koucheryavy, Yevgeni (Hrsg.) *Next Generation Teletraffic and Wired/Wireless Advanced Networking.* Springer Berlin Heidelberg (Lecture Notes in Computer Science), S. 273–284, DOI: 10.1007/978-3-540-85500-2_28. — ISBN: 978-3-540-85499-9
- Usländer, Thomas; Pfrommer, Julius; Schleipen, Miriam (2014): „Das Internet der Dinge in der Automation–Anforderungen und Technologien“. In: *Konferenz KomMA, Lemgo.* Fraunhofer IOSB.
- Volkswagen (2015): „Volkswagen bringt 3D-Datenbrille in den Serieneinsatz“. *Volkswagen-media-services.* Abgerufen am 10.02.2017 von https://www.volkswagen-media-services.com/detailpage/-/detail/Volkswagen-bringt-3D-Datenbrille-in-den-Serieneinsatz/view/2904399/7a5bbec13158edd433c6630f5ac445da?p_p_auth=Py4ah8Ku.
- Walsh, Francis (2006): „Last Mile Logistics: Key to Competing in the Retail Race - Inbound Logistics“. *inboundlogistics.* Abgerufen am

30.01.2017 von <http://www.inboundlogistics.com/cms/article/last-mile-logistics-key-to-competing-in-the-retail-race/>.

- Wenxue, C.; Qinghao, H.; Guanxiang, Z.; u. a. (2014): „Development of vegetable traceability system based on RFID and Barcode technology“. In: *2014 11th International Conference on Service Systems and Service Management (ICSSSM)*., S. 1–5, DOI: 10.1109/ICSSSM.2014.6874134.
- Werner, Hartmut (2013): *Supply Chain Management: Grundlagen, Strategien, Instrumente und Controlling*. Springer-Verlag. — ISBN: 978-3-8349-3769-8
- Wormer, Phil Van (2014): „How Bobcat used SmartLIFT technology to boost warehouse performance“. Abgerufen am 12.02.2017 von <http://info.totaltraxinc.com/blog/how-bobcat-used-smartlift-technology-to-boost-warehouse-performance>.
- Wortmann, Felix; Flüchter, Kristina (2015): „Internet of Things: Technology and Value Added“. In: Berkeley, DOI: 10.1007/s12599-015-0383-3.
- Xu, R.; Yang, L.; Yang, S. H. (2013): „Architecture Design of Internet of Things in Logistics Management for Emergency Response“. In: *Green Computing and Communications (GreenCom), 2013 IEEE and Internet of Things (iThings/CPSCoM), IEEE International Conference on and IEEE Cyber, Physical and Social Computing.*, S. 395–402, DOI: 10.1109/GreenCom-iThings-CPSCoM.2013.85.
- Zhao, Gang (2011): „Wireless Sensor Networks for Industrial Process Monitoring and Control: A Survey“. In: *Network Protocols and Algorithms*. 3 (1), DOI: 10.5296/npa.v3i1.580.